



バージョン 14

品質と工程

「真の発見の旅とは、新しい風景を探すことではなく、新たな視点を持つことである。」
マルセル・ブルースト

JMP, A Business Unit of SAS
SAS Campus Drive
Cary, NC 27513

このマニュアルを引用する場合は、次の正式表記を使用してください: SAS Institute Inc. 2018.
『JMP® 14 品質と工程』 Cary, NC: SAS Institute Inc.

JMP® 14 品質と工程

Copyright © 2018, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

All rights reserved. Produced in the United States of America.

印刷物の場合: この出版物のいかなる部分も、出版元である SAS Institute Inc. の書面による許可なく、電子的、機械的、複写など、形式や方法を問わず、複製すること、検索システムへ格納すること、および転送することを禁止します。

Web からのダウンロードや電子本の場合: この出版物の使用については、入手した時点で、ベンダーが規定した条件が適用されます。

この出版物を、インターネットまたはその他のいかなる方法でも、出版元の許可なくスキャン、アップロード、および配布することは違法であり、法律によって罰せられます。正規の電子版のみを入手し、著作権を侵害する不正コピーに関与または加担しないでください。著作権の保護に関するご理解をお願いいたします。

米国 政府のライセンス権利、権利の制限: 本ソフトウェアとそのマニュアルは、私的な費用負担の下に開発された商業的コンピュータソフトウェアであり、米国政府に対して権利を制限した上で提供されます。米国政府による本ソフトウェアの使用、複製または開示は、該当する範囲で FAR 12.212, DFAR 227.7202-1(a), DFAR 227.7202-3(a), DFAR 227.7202-4 に従った本合意書のライセンス条件に従うものとし、米国連邦法の下で求められる範囲において、FAR 52.227-19（2007 年 12 月）で規定されている制限された最小限の権利に従うものとします。FAR 52.227-19 が適用される場合、この条項は、その (c) 項に基づく通告の役目を果たし、本ソフトウェアまたはマニュアルにその他の通告を添付する必要はありません。本ソフトウェアおよびマニュアルにおける政府の権利は、本合意書で規定されている権利に限られます。

SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina 27513-2414.

2018 年 3 月

SAS® と、SAS Institute Inc. の他の製品名およびサービス名は、米国および他の国における SAS Institute Inc. の登録商標または商標です。® は、米国において登録されていることを示します。

他のブランド名および製品名は、それぞれの会社の商標です。

SASソフトウェアは、オープンソースのソフトウェアを含むがそれに限らない、特定のサードパーティ製ソフトウェアと共に提供される場合があります。かかるソフトウェアは、適用されるサードパーティソフトウェアライセンス契約に基づいてライセンスを得たものです。SASソフトウェアと共に配布されるサードパーティ製ソフトウェアに関する情報は、<http://support.sas.com/thirdpartylicenses>を参照してください。

テクノロジーライセンスに関する通知

- Scintilla - Copyright © 1998-2017 by Neil Hodgson <neilh@scintilla.org>.

All Rights Reserved.

何らかの目的でこのソフトウェアとそのマニュアルを手数料なしで使用、コピー、変更および配布することは、これをもって許可されます。ただし、すべてのコピーに上記の著作権に関する通知が記載されていること、および補助的なマニュアルに著作権に関する通知とこの許可に関する通知の両方が記載されていることを条件とします。

NEIL HODGSONは、商業性および適合性の黙示的な保証を含め、このソフトウェアに関するすべての保証を放棄します。NEIL HODGSONは、いかなる場合においても、それが契約、過失、もしくは他の不法行為のどれであれ、このソフトウェアの使用もしくは性能から生じた、もしくはそれに関連して生じた使用、データ、もしくは利益の損失の結果として生じる特別損害、間接損害、もしくは付随的損害を始めとするいかなる損害に対しても責任を負いません。

- Telerik RadControls: Copyright © 2002-2012, Telerik. 含まれている Telerik RadControlsをJMP以外で使用することは許可されていません。
- ZLIB圧縮ライブラリ - Copyright © 1995-2005, Jean-Loup Gailly and Mark Adler.
- Natural Earthを使用して作成。無料のベクトルおよびラスター地図データ @ naturalearthdata.com.
- パッケージ - Copyright © 2009-2010, Stéphane Sudre (s.sudre.free.fr). All rights reserved.

ソースおよびバイナリの形で、そのまま、もしくは変更を加えて再配布および使用することは、次のような条件を満たす限り、許可されます。

再配布するソースコードには、上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。

バイナリ形式で再配布する場合は、共に提供されるマニュアルなどの資料に上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。

事前に書面による許可を得ることなく、このソフトウェアから派生した製品の推奨または宣伝のためにWhiteBoxの名前やその貢献者の名前を使用することはできません。

このソフトウェアは、著作権保有者および貢献者によって「現状のままで」提供され、商業性および特定の目的に対する適合性に関する黙示的な保証を含むがそれに限らない、いかなる明示的もしくは黙示的な保証も行われません。いかなる場合においても、著作権保有者または貢献者は、損害の原因が何であれ、そして法的責任の根拠が何であれ、つまり、契約、厳格責任、不法行為（過失その他を含む）の

どれであれ、かかる損害の発生する可能性を事前に知らされていたとしても、このソフトウェアをどのように使用して生じた損害であれ、いかなる直接損害、間接損害、付随的損害、特別損害、懲罰的損害、もしくは結果損害（代替品または代替サービスの調達、使用機会、データもしくは利益の損失、業務の中断を含むがそれに限らない）に対しても責任を負いません。

- iODBCソフトウェア - Copyright © 1995-2006, OpenLink Software Inc and Ke Jin (www.iodbc.org). All rights reserved.

ソースおよびバイナリの形で、そのまま、もしくは変更を加えて再配布および使用することは、次のような条件を満たす限り、許可されます。

- 再配布するソースコードには、上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。
- バイナリ形式で再配布する場合は、共に提供されるマニュアルなどの資料に上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。
- 事前に書面による許可を得ることなく、このソフトウェアから派生した製品の推奨または宣伝のためにOpenLink Software Inc.の名前やその貢献者の名前を使用することはできません。

このソフトウェアは、著作権保有者および貢献者によって「現状のままで」提供され、商業性および特定の目的に対する適合性に関する黙示的な保証を含むがそれに限らない、いかなる明示的もしくは黙示的な保証も行われません。いかなる場合においても、OPENLINKまたは貢献者は、損害の原因が何であれ、そして法的責任の根拠が何であれ、つまり、契約、厳格責任、不法行為（過失その他を含む）のどれであれ、かかる損害の発生する可能性を事前に知らされていたとしても、このソフトウェアをどのように使用して生じた損害であれ、いかなる直接損害、間接損害、付随的損害、特別損害、懲罰的損害、もしくは結果損害（代替品または代替サービスの調達、使用機会、データもしくは利益の損失、業務の中断を含むがそれに限らない）に対しても責任を負いません。

- bzip2、関連ライブラリの「libbzip2」、およびすべてのマニュアル: Copyright © 1996-2010, Julian R Seward. All rights reserved.

ソースおよびバイナリの形で、そのまま、もしくは変更を加えて再配布および使用することは、次のような条件を満たす限り、許可されます。

再配布するソースコードには、上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。

このソフトウェアの供給源は正しく表記しなければならず、使用者が元のソフトウェアを記述したと主張することはできません。ある製品の中でこのソフトウェアを使用する場合は、その製品のマニュアルに謝辞を記載してもらえるとありがたいですが、必須ではありません。

ソースに変更を加えたバージョンには、その旨を明記しなければならず、元のソフトウェアとは違うものであることを明確にしてください。

事前に書面による許可を得ることなく、このソフトウェアから派生した製品の推奨または宣伝のために作成者の名前を使用することはできません。

このソフトウェアは、作成者によって「現状のままで」提供され、商業性および特定の目的に対する適合性に関する黙示的な保証を含むがそれに限らない、いかなる明示的もしくは黙示的な保証も行われません。いかなる場合においても、作成者は、損害の原因が何であれ、そして法的責任の根拠が何であれ、つまり、契約、厳格責任、不法行為（過失その他を含む）のどれであれ、かかる損害の発生する可能性を事前に知らされていたとしても、このソフトウェアをどのように使用して生じた損害であれ、いかなる直接損害、間接損害、付随的損害、特別損害、懲罰的損害、もしくは結果損害（代替品または代替サービスの調達、使用機会、データもしくは利益の損失、業務の中断を含むがそれに限らない）に対しても責任を負いません。

- Rソフトウェア: Copyright © 1999-2012, R Foundation for Statistical Computing.
- MATLABソフトウェア: Copyright © 1984-2012, The MathWorks, Inc. は米国特許法および国際特許法によって保護されています。www.mathworks.com/patentsを参照してください。MATLAB および Simulink は、The MathWorks, Inc. の登録商標です。
他の商標については、www.mathworks.com/trademarksを参照してください。他の製品名やブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標である可能性があります。
- libopc: Copyright © 2011, Florian Reuter. All rights reserved.

ソースおよびバイナリの形で、そのまま、もしくは変更を加えて再配布および使用することは、次のような条件を満たす限り、許可されます。

- 再配布するソースコードには、上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。
- バイナリ形式で再配布する場合は、共に提供されるマニュアルなどの資料に上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。
- 事前に書面による許可を得ることなく、このソフトウェアから派生した製品の推奨または宣伝のために Florian Reuter の名前やその貢献者の名前を使用することはできません。

このソフトウェアは、著作権保有者および貢献者によって「現状のままで」提供され、商業性および特定の目的に対する適合性に関する黙示的な保証を含むがそれに限らない、いかなる明示的もしくは黙示的な保証も行われません。いかなる場合においても、著作権保有者または貢献者は、損害の原因が何であれ、そして法的責任の根拠が何であれ、つまり、契約、厳格責任、不法行為（過失その他を含む）のどれであれ、かかる損害の発生する可能性を事前に知らされていたとしても、このソフトウェアをどのように使用して生じた損害であれ、いかなる直接損害、間接損害、付随的損害、特別損害、懲罰的損害、もしくは結果損害（代替品または代替サービスの調達、使用機会、データもしくは利益の損失、業務の中断を含むがそれに限らない）に対しても責任を負いません。

- libxml2 - ソースコードに特に記載がある場合を除く（たとえば、使用しているライセンスは類似しているが、著作権の通知が異なる `hash.c`、`list.c` ファイルや `trio` ファイル）、すべてのファイル:

Copyright © 1998 - 2003 Daniel Veillard. All Rights Reserved.

これをもって、このソフトウェアのコピーと関連する文書ファイル（「本ソフトウェア」）を入手した人すべてに対し、無料で本ソフトウェアを使用、コピー、変更、マージ、パブリッシュ、配布、サブライセンスする、もしくはコピーを販売する権利を含むがそれに限定せず、本ソフトウェアを制限なく取り扱う権利、および本ソフトウェアの供給相手に対してそうすることを許可する権利が付与されます。ただし、以下の条件を満たさなければなりません。

上記の著作権に関する通知とこの許可に関する通知が、本ソフトウェアのコピーのすべてまたは大部分に記載されていること。

このソフトウェアは、「現状のままで」提供され、商業性および特定の目的に対する適合性、および非侵害の保証を含むがそれに限らない、いかなる明示的もしくは黙示的な保証も行われません。DANIEL VEILLARDは、いかなる場合においても、それが契約、過失、もしくは他の不法行為のどれであれ、本ソフトウェアから、もしくは本ソフトウェアに関連して、または本ソフトウェアの使用もしくは他の取り扱いに関連して生じた申し立て、損害賠償もしくは他の義務に対し、責任を負いません。

この通知に含まれているものを除き、Daniel Veillardから事前により書面による許可を得ることなく、本ソフトウェアの広告、またはその他の手段による本ソフトウェアの販売、使用もしくは他の取り扱いの宣伝にDaniel Veillardの名前を使用することはできません。

- UNIX ファイルに使用された解凍アルゴリズムについて：

Copyright © 1985, 1986, 1992, 1993

カリフォルニア大学評議員。All rights reserved.

このソフトウェアは、評議員および貢献者によって「現状のままで」提供され、商業性および特定の目的に対する適合性に関する黙示的な保証を含むがそれに限らない、いかなる明示的もしくは黙示的な保証も行われません。いかなる場合においても、評議員または貢献者は、損害の原因が何であれ、そして法的責任の根拠が何であれ、つまり、契約、厳格責任、不法行為（過失その他を含む）のどれであれ、かかる損害の発生する可能性を事前に知らされていたとしても、このソフトウェアをどのように使用して生じた損害であれ、いかなる直接損害、間接損害、付随的損害、特別損害、懲罰的損害、もしくは結果損害（代替品または代替サービスの調達、使用機会、データもしくは利益の損失、業務の中断を含むがそれに限らない）に対しても責任を負いません。

1. 再配布するソースコードには、上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。
2. バイナリ形式で再配布する場合は、共に提供されるマニュアルなどの資料に上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。
3. 事前により書面による許可を得ることなく、このソフトウェアから派生した製品の推奨または宣伝のために大学の名前や貢献者の名前を使用することはできません。

- Snowball - Copyright © 2001, Dr Martin Porter, Copyright © 2002, Richard Boulton.

All rights reserved.

ソースおよびバイナリの形で、そのまま、もしくは変更を加えて再配布および使用することは、次のような条件を満たす限り、許可されます。

1. 再配布するソースコードには、上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。
2. バイナリ形式で再配布する場合は、共に提供されるマニュアルなどの資料に上記の著作権に関する通知、この条件リスト、これに続く放棄声明が記載されていなければなりません。
3. 事前に書面による許可を得ることなく、このソフトウェアから派生した製品の推奨または宣伝のために著作権保有者の名前や貢献者の名前を使用することはできません。

このソフトウェアは、著作権保有者および貢献者によって「現状のままで」提供され、商業性および特定の目的に対する適合性に関する黙示的な保証を含むがそれに限らない、いかなる明示的もしくは黙示的な保証も行われません。いかなる場合においても、著作権保有者または貢献者は、損害の原因が何であれ、そして法的責任の根拠が何であれ、つまり、契約、厳格責任、不法行為（過失その他を含む）のどれであれ、かかる損害の発生する可能性を事前に知らされていたとしても、このソフトウェアをどのように使用して生じた損害であれ、いかなる直接損害、間接損害、付随的損害、特別損害、懲罰的損害、もしくは結果損害（代替品または代替サービスの調達、使用機会、データもしくは利益の損失、業務の中断を含むがそれに限らない）に対しても責任を負いません。

目次

品質と工程

1	JMPの概要	17
	マニュアルとその他のリソース	
	表記規則	19
	JMPのマニュアル	19
	JMPドキュメンテーションライブラリ	20
	JMPヘルプ	26
	JMPを習得するためのその他のリソース	26
	チュートリアル	26
	サンプルデータテーブル	26
	統計用語とJSL用語の習得	27
	JMPを使用するためのヒント	27
	ツールヒント	27
	JMP User Community	28
	JMP関連書籍	28
	「JMPスターター」ウィンドウ	28
	テクニカルサポート	28
2	品質と工程の評価	29
	工程と製品を改善するための機能	
3	管理図ビルダー	31
	管理図を対話的に作成する	
	管理図ビルダーの概要	33
	管理図ビルダーの例	33
	管理図の種類	35
	計量値の管理図	35
	計数値の管理図	36
	まれなイベントの管理図	37
	管理図の種類	38
	管理図ビルダーの起動	40
	「管理図ビルダー」ウィンドウ	42
	管理図ビルダーのオプション	43

赤い三角ボタンのメニューのオプション	43
オプションパネルと右クリックメニューに用意されているオプション	45
軸を右クリックすると表示されるオプション	53
管理限界の設定方法	53
管理限界の例	54
サブグループの除外および非表示	62
管理図ビルダーの別例	63
フェーズがある Xbar-R 管理図の例	63
P 管理図の例	66
NP 管理図の例	68
C 管理図の例	69
U 管理図の例	71
G 管理図の例	72
T 管理図の例	73
3 種の管理図の例	74
「管理図ビルダー」プラットフォームの統計の詳細	76
XBar-R 管理図の管理限界	77
XBar-S 管理図の管理限界	78
個々の測定値 - 移動範囲管理図の管理限界	79
P 管理図と NP 管理図の管理限界	79
U 管理図と C 管理図の管理限界	80
Levey-Jennings 管理図	80
G 管理図の管理限界	81
T 管理図の管理限界	82
3 種の管理図の管理限界	82
4 統計的管理図	85
計量値管理図と計数値管理図を作成する	
「管理図」プラットフォームの概要	87
「管理図」プラットフォームの例	87
Shewhart 管理図の種類	89
計数値の管理図	90
「管理図」プラットフォームの起動	92
工程に関する情報	93
管理図の種類に関する情報	95
管理限界の指定	95
統計量の指定	96
「管理図」レポート	97
「管理図」プラットフォームのオプション	99
「管理図」ウィンドウのオプション	99

各管理図に対するオプション	102
限界値の保存と取得	104
標本の除外・非表示・削除	108
「管理図」プラットフォームの別例	109
ランチャートの例	109
XBar - R 管理図の例	110
サブグループの標本サイズが異なるときの Xbar -S 管理図の例	112
IR 管理図（個々の測定値と移動範囲の管理図）の例	113
P 管理図の例	114
NP 管理図の例	115
C 管理図の例	116
U 管理図の例	117
UWMA 管理図の例	118
EWMA 管理図の例	119
予め集計管理図の例	120
フェーズの例	122
「管理図」プラットフォームの統計的詳細	123
メディアン移動範囲管理図の管理限界	123
UWMA 管理図の管理限界	123
EWMA 管理図の管理限界	124
5 CUSUM(累積和) 管理図	125
表形式 CUSUM 管理図の作成	
「CUSUM(累積和) 管理図」プラットフォームの概要	127
CUSUM 管理図の例	127
「CUSUM(累積和) 管理図」プラットフォームの起動	128
「CUSUM(累積和) 管理図」プラットフォームのレポート	129
設定パネル	129
CUSUM 管理図	130
「CUSUM(累積和) 管理図」プラットフォームのオプション	130
「平均連長 (ARL)」レポート	132
CUSUM 管理図の別例	133
[データ単位] オプションの例	133
サブグループを含む CUSUM 管理図の例	134
「CUSUM(累積和) 管理図」プラットフォームの統計的詳細	135
CUSUM 管理図の統計的詳細	135
シフトの検出の統計的詳細	137
平均連長の統計的詳細	137

6	VマスクCUSUM管理図	139
	工程平均の小さなシフトを検出するためのVマスク形式CUSUM管理図	
	VマスクCUSUM管理図の概要	141
	VマスクCUSUM管理図の例	141
	「VマスクCUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの起動	143
	VマスクCUSUM管理図	145
	両側VマスクCUSUM管理図の解釈	146
	片側CUSUM管理図の解釈	147
	「VマスクCUSUM(累積和)」管理図プラットフォームのオプション	147
	片側CUSUM管理図の例	148
	「VマスクCUSUM(累積和)」管理図の統計的詳細	149
	片側CUSUM管理図	150
	両側CUSUM管理図	151
7	多変量管理図	153
	工程に関する複数の特性を同時に監視する	
	多変量管理図の概要	155
	多変量管理図の例	155
	手順2: 目標統計量を保存する	156
	手順3: 工程を監視する	157
	「多変量管理図」プラットフォームの起動	158
	多変量管理図	158
	「多変量管理図」プラットフォームのオプション	160
	T2乗の分割	161
	変化点の検出	161
	主成分分析	162
	多変量管理図の別例	162
	サブグループ化したデータを使用した工程監視の例	162
	T2乗の分割の例	165
	変化点を検出する例	168
	多変量管理図の統計的詳細	169
	個々のデータに対する多変量管理図の統計的詳細	169
	サブグループに分けたデータに対する多変量管理図の統計的詳細	170
	変化点の検出の統計的詳細	173
8	測定システム分析	177
	EMP法による計量値の測定システム分析	
	測定システム分析の概要	179
	測定システム分析の例	179
	「測定システム分析」プラットフォームの起動	182

「測定システム分析」プラットフォームのオプション	184
平均図	185
範囲図または標準偏差図	186
EMP 分析	186
測定の有効桁数	188
変化検出プロファイル	188
バイアスの比較	193
繰り返し誤差の比較	194
測定システム分析の別例	194
測定システム分析の統計的詳細	200
9 計量値用ゲージチャート	203
Gauge R&R による計量値の測定システム分析	
変動性図の概要	205
変動性図の例	205
「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームの起動	206
「計量値用ゲージ」チャート	208
「計量値用ゲージ」プラットフォームのオプション	209
等分散性の検定	211
分散成分	212
Gauge R&R 分析について	213
[ゲージ R&R] オプション	214
判別比	216
誤分類率	216
バイアスレポート	217
直線性	217
変動性図の別例	218
等分散性の検定の例	218
[バイアスレポート] オプションの例	220
変動性図の統計的詳細	223
分散成分の統計的詳細	223
判別比の統計的詳細	224
10 計数値用ゲージチャート	225
カテゴリカル測定データの一致性評価	
計数値用ゲージチャートの概要	227
計数値用ゲージチャートの例	227
「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームの起動	228
「計数値用ゲージ」のチャートとレポート	230
一致性レポート	231

有効性レポート	232
「計数値用ゲージ」プラットフォームのオプション	233
計数値用ゲージチャートの統計的詳細	234
「一貫性レポート」の統計的詳細	235

11 工程能力

時間経過に伴う工程のばらつきを測定する

「工程能力」プラットフォームの概要	241
正規分布に従うデータの分析例	243
非正規分布に従うデータの分析例	244
「工程能力」プラットフォームの起動	248
工程の選択	249
サブグループ化	249
履歴情報	250
分布オプション	251
その他の指定	252
仕様限界の入力	252
「仕様限界」ウィンドウ	253
仕様限界のデータテーブル	253
「仕様限界」列プロパティ	254
「工程能力分析」レポート	255
ゴールプロット	256
工程能力箱ひげ図	258
工程能力指数プロット	260
「工程能力」プラットフォームのオプション	262
各列に対する詳細レポート	264
正規化箱ひげ図	270
工程性能プロット	271
要約レポート	272
ゴールプロットの要約テーブルを作成	273
「工程能力」プラットフォームの別例	274
安定状態の工程における工程能力	274
安定状態でない工程の工程能力分析	278
非正規データのPpkに対する信頼限界のシミュレーション	281
「工程能力」プラットフォームの統計的詳細	287
ばらつきに関する統計量	287
ゴールプロットと工程能力箱ひげ図の表記法	290
ゴールプロット	290
目標値がない工程の工程能力箱ひげ図	292
正規分布の工程能力指数	292

非正規分布の工程能力指数: パーセント点法とZ-スコア法	296
サポートされている確率分布	297
12 パレート図	301
少数の重要な問題点を探し出す	
「パレート図」プラットフォームの概要	303
「パレート図」プラットフォームの例	303
「パレート図」プラットフォームの起動	306
「パレート図」レポート	307
「パレート図」プラットフォームのオプション	308
[原因] のオプション	309
「パレート図」プラットフォームの別例	310
[原因を組み合わせる] オプションの例	311
グループ全体で一定の標本サイズを使用した例	312
グループ全体で一定でない標本サイズを使用した例	314
1元層別パレート図の例	315
2元層別パレート図の例	317
「パレート図」プラットフォームの統計的詳細	318
13 特性要因図	321
問題の原因を整理する	
特性要因図の概要	323
特性要因図の例	323
データの準備	324
「特性要因図」プラットフォームの起動	324
特性要因図	325
コンテキストメニュー	325
特性要因図の保存	328
特性要因図をデータテーブルとして保存する	329
特性要因図をジャーナルとして保存する	329
特性要因図をスクリプトとして保存する	329
A 複数のプラットフォームで共通する機能	331
品質と工程	
仕様限界の管理	333
「仕様限界の管理」のオプション	335
B 参考文献	337
索引	339
品質と工程	

第 1 章

JMP の概要 マニュアルとその他のリソース


この章には表記規則、各JMPドキュメンテーションの説明、ヘルプシステムなど、JMPマニュアルの詳細と、他のサポートの記載場所が掲載されています。

目次

表記規則	19
JMPのマニュアル.....	19
JMPドキュメンテーションライブラリ	20
JMPヘルプ	26
JMPを習得するためのその他のリソース.....	26
チュートリアル	26
サンプルデータテーブル	26
統計用語とJSL用語の習得	27
JMPを使用するためのヒント	27
ツールヒント	27
JMP User Community	28
JMP関連書籍.....	28
「JMPスターター」ウィンドウ	28
テクニカルサポート	28

表記規則

マニュアルの内容と画面に表示される情報を対応付けるために、次のような表記規則を使っています。

- サンプルデータ名、列名、パス名、ファイル名、ファイル拡張子、およびフォルダ名は「」で囲んで表記しています。
- スクリプトのコードはLucida Sans Typewriterフォントで表記しています。
- スクリプトコードの結果（ログに表示されるもの）はLucida Sans Typewriterフォントで表記し、先に示すコードよりインデントされています。
- クリックまたは選択する項目は □ で囲んで太字で表記しています。これには以下の項目があります。
 - ボタン
 - チェックボックス
 - コマンド
 - 選択可能なリスト項目
 - メニュー
 - オプション
 - タブ名
 - テキストボックス
- 次の項目の表記規則は下記のとおりです。
 - 重要な単語や句、JMPに固有の定義を持つ単語や句は太字または「」で囲んで表記
 - マニュアルのタイトルは『』で囲んで表記
 - 変数名は「」で囲んで太字で表記
- JMP Proのみの機能にはJMP Proアイコン  がついています。JMP Proの機能の概要については https://www.jmp.com/ja_jp/software/predictive-analytics-software.html をご覧ください。

メモ: 特別な情報および制限事項には、この文のように「メモ」という見出しがついています。

ヒント: 役に立つ情報には「ヒント」という見出しがついています。

JMPのマニュアル

JMPでは、PDF形式のマニュアルが用意されています。

- PDF版は[ヘルプ] > [ドキュメンテーション] メニューまたはJMPオンラインヘルプのフッタから開くことができます。

- 検索しやすいようにすべてのドキュメンテーションが1つのPDFファイルにまとめられた『JMPドキュメンテーションライブラリ』と呼ばれるファイルがあります。『JMPドキュメンテーションライブラリ』のPDFファイルは [ヘルプ] > [ドキュメンテーション] メニューから開くことができます。

JMP ドキュメンテーションライブラリ

以下の表は、JMPライブラリに含まれている各ドキュメンテーションの目的および内容をまとめたものです。

マニュアル	目的	内容
『はじめてのJMP』	JMPをあまりご存知ない方を対象とした入門ガイド	JMPの紹介と、データを作成および分析し始めるための情報や、結果の共有方法についても学びます。
『JMPの使用法』	JMPのデータテーブルと、基本操作を理解する	一般的なJMPの概念と、データの読み込み、列プロパティの変更、データの並べ替え、SASへの接続など、JMP全体にわたる機能の説明
『基本的な統計分析』	このマニュアルを見ながら、基本的な分析を行う	<div>[分析] メニューからアクセスできる以下のプラットフォームの説明：</div> <ul style="list-style-type: none">• 一変量の分布• 二変量の関係• 表の作成• テキストエクスプローラ <div>[分析] > [二変量の関係] で二変量分析、一元配置分散分析、分割表分析を実行する方法の説明。ブートストラップを使用した標本分布の近似やシミュレーションの機能を使用したパラメトリックな標本再抽出の説明も含まれています。</div>

マニュアル	目的	内容
『グラフ機能』	データに合った理想的なグラフを見つける	<p>[グラフ] メニューからアクセスできる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> • グラフビルダー • 三次元散布図 • 等高線図 • バブルプロット • パラレルプロット • セルプロット • 散布図行列 • 三角図 • ツリーマップ • チャート • 重ね合わせプロット <p>このマニュアルには背景マップやカスタムマップの作成方法も記載されています。</p>
『プロファイル機能』	プロファイルの使い方を学ぶ。任意の応答曲面の断面を表示できるようになります。	[グラフ] メニューに表示されるすべてのプロファイルについて。誤差因子（ランダムな入力値）がある状況のシミュレーションについても説明されています。
『実験計画 (DOE)』	実験計画と標本サイズ設計を学ぶ	[実験計画 (DOE)] メニューと [分析] > [発展的なモデル] メニューの「発展的な実験計画モデル」に関するすべてのトピックについて。

マニュアル	目的	内容
『基本的な回帰モデル』	「モデルのあてはめ」プラットフォームとその多くの手法について学ぶ	<div>[分析] メニューの「モデルのあてはめ」プラットフォームで使用できる、以下の手法の説明：</div> <ul style="list-style-type: none">標準最小2乗ステップワイズ一般化回帰混合モデルMANOVA対数線形-分散名義ロジスティック順序ロジスティック一般化線形モデル

マニュアル	目的	内容
『予測モデルおよび発展的なモデル』	さらなるモデリング手法について学ぶ	<p>[分析] > [予測モデル] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> モデル化ユーティリティ ニューラル パーティション ブートストラップ森 ブースティングツリー K近傍法 単純Bayes モデルの比較 計算式デボ <p>[分析] > [発展的なモデル] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> 曲線のあてはめ 非線形回帰 関数データエクスペローラ Gauss過程 時系列分析 対応のあるペア <p>[分析] > [スクリーニング] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> 応答のスクリーニング 工程のスクリーニング 説明変数のスクリーニング アソシエーション分析 プロセス履歴エクスペローラ <p>[分析] > [発展的なモデル] > [発展的な実験計画モデル] で利用できるプラットフォームについては、『実験計画 (DOE)』に説明があります。</p>


マニュアル	目的	内容
『多変量分析』	複数の変数を同時に分析するための手法について理解を深める	<p>[分析] > [多変量] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none">• 多変量の相関• 主成分分析• 判別分析• PLS• 多重対応分析• 因子分析• 多次元尺度構成• 項目分析 <p>[分析] > [クラスター分析] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none">• 階層型クラスター分析• K Means クラスター分析• 正規混合• 潜在クラス分析• 変数のクラスタリング
『品質と工程』	工程を評価し、向上させるためのツールについて理解を深める	<p>[分析] > [品質と工程] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none">• 管理図ビルダーと個々の管理図• 測定システム分析• 計量値/計数値ゲージチャート• 工程能力• パレート図• 特性要因図• 仕様限界の管理

マニュアル	目的	内容
『信頼性/生存時間分析』	製品やシステムにおける信頼性を評価し、向上させる方法、および人や製品の生存時間データを分析する方法について学ぶ	<p>[分析] > [信頼性/生存時間分析] メニューで 使用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 寿命の一変量 • 寿命の二変量 • 累積損傷 • 再生モデルによる分析 • 劣化分析と破壊劣化 • 信頼性予測 • 信頼性成長 • 信頼性ブロック図 • 修理可能システムのシミュレーション • 生存時間分析 • 生存時間(パラメトリック)のあてはめ • 比例ハザードのあてはめ
『消費者調査』	消費者選好を調査し、その洞察を使用してより良い製品やサービスを作成するための方法を学ぶ	<p>[分析] > [消費者調査] メニューで使用できる 以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> • カテゴリカル • 選択モデル • MaxDiff • アップリフト • 多重因子分析
『スクリプトガイド』	パワフルなJMPスクリプト言語（JSL）の活用方法について学ぶ	スクリプトの作成やデバッグ、データテーブルの操作、ディスプレイボックスの構築、JMPアプリケーションの作成など。
『スクリプト構文リファレンス』	JSL 関数、その引数、およびオブジェクトやディスプレイボックスに送信するメッセージについて理解を深める	JSL コマンドの構文、例、および注意書き。

メモ： [ドキュメンテーション] メニューでは、印刷可能な2つのリファレンスカードも用意されています。『メニューカード』はJMPのメニューをまとめた表で、『クイックリファレンス』はJMPのショートカットキーをまとめた表です。

JMP ヘルプ

JMP ヘルプは、一連のマニュアルの簡易版です。JMP のヘルプは、次のいくつかの方法で開くことができます。

- Windows では、F1 キーを押すとヘルプシステムウィンドウが開きます。
- データテーブルまたはレポートウィンドウの特定の部分のヘルプを表示します。[ツール] メニューからヘルプツール  を選択した後、データテーブルやレポートウィンドウの任意の位置でクリックすると、その部分に関するヘルプが表示されます。
- JMP ウィンドウ内で [ヘルプ] ボタンをクリックします。
- Windows の場合、[ヘルプ] メニューの [ヘルプの目次]、[ヘルプの検索]、[ヘルプの索引] の各オプションを使用して、JMP ヘルプ内を検索し、目的の内容を表示します。Mac の場合、[ヘルプ] > [JMP ヘルプ] を選択します。

JMP を習得するためのその他のリソース

JMP のマニュアルと JMP ヘルプの他、次のリソースも JMP の学習に役立ちます。

- [「チュートリアル」](#)
- [「サンプルデータテーブル」](#)
- [「統計用語と JSL 用語の習得」](#)
- [「JMP を使用するためのヒント」](#)
- [「ツールヒント」](#)
- [「JMP User Community」](#)
- [「JMP 関連書籍」](#)
- [「「JMP スターター」ウィンドウ」](#)

チュートリアル

[ヘルプ] > [チュートリアル] を選択して、JMP のチュートリアルを表示できます。[チュートリアル] メニューの最初の項目は [チュートリアルディレクトリ] です。この項目を選択すると、すべてのチュートリアルをカテゴリ別に整理した新しいウィンドウが開きます。

JMP に慣れていない方は、まず [初心者用チュートリアル] を試してみてください。JMP のインターフェースおよび基本的な使用方法を学ぶことができます。

他のチュートリアルでは、実験の計画、標本平均と定数の比較など、JMP の具体的な活用法を学習できます。

サンプルデータテーブル

JMP のマニュアルで取り上げる例は、すべてサンプルデータを使用しています。サンプルデータディレクトリを開くには、[ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択します。

サンプルデータテーブルを文字コード順に並べた一覧を表示する、またはカテゴリごとにサンプルデータを表示するには、[ヘルプ] > [サンプルデータ] を選択します。

サンプルデータテーブルは次のディレクトリにインストールされています。

Windows の場合: C:\Program Files\SAS\JMP\14\Samples\Data

Macintosh の場合: \Library\Application Support\JMP\14\Samples\Data

JMP Pro では、サンプルデータが (JMP ではなく) JMPPRO ディレクトリにインストールされています。シングルユーザーライセンス版の JMP (JMP シュリンクラップ) では、サンプルデータが JMPSW ディレクトリにインストールされています。

サンプルデータの使用例を参照するには、[ヘルプ] > [サンプルデータ] を選択し、教育用セクションから検索してください。教育用リソースについては、<http://jmp.com/tools> にも情報があります。

統計用語と JSL 用語の習得

[ヘルプ] メニューには、次の索引が用意されています。

統計の索引 統計用語が説明されています。

スクリプトの索引 JSL 関数、オブジェクト、ディスプレイボックスに関する情報を検索できます。スクリプトの索引からサンプルスクリプトを編集して実行することもできます。

JMP を使用するためのヒント

JMP を最初に起動すると、「使い方ヒント」ウィンドウが表示されます。このウィンドウには、JMP を使う上でのヒントが表示されます。

「使い方ヒント」ウィンドウを表示しないようにするには、[起動時にヒントを表示する] のチェックを外します。再表示するには、[ヘルプ] > [使い方ヒント] を選択します。または、「環境設定」ウィンドウで非表示に設定することもできます。

ツールヒント

次のような項目の上にカーソルを置くと、その項目を説明するツールヒントが表示されます。

- メニューまたはツールバーのオプション
- グラフ内のラベル
- レポートウィンドウ内の結果 (テキスト) (カーソルで円を描くと表示される)
- 「ホームウィンドウ」内のファイル名またはウィンドウ名
- スクリプトエディタ内のコード

ヒント: Windowsでは、JMP環境設定でツールヒントを表示しないよう設定できます。[ファイル] > [環境設定] > [一般] を選択し、[メニューのヒントを表示] の選択を解除します。このオプションは、Macintoshでは使用できません。

JMP User Community

JMP User Community では、さまざまな方法でJMPをさらに習得したり、他のSASユーザとのコミュニケーションを図ったりできます。ラーニングライブラリには1ページガイド、チュートリアル、デモなどが用意されており、JMPを使い始める上でとても便利です。また、JMPのさまざまなトレーニングコースに登録して、自己教育を進めることも可能です。

その他のリソースとして、ディスカッションフォーラム、サンプルデータやスクリプトファイルの交換、Webcastセミナー、ソーシャルネットワークグループなども利用できます。

WebサイトのJMPリソースにアクセスするには、[ヘルプ] > [JMP User Community] を選択するか、<https://community.jmp.com/> をご覧ください。

JMP 関連書籍

JMP 関連書籍は、次のJMP Web ページで紹介されています。

http://www.jmp.com/ja_jp/academic/books-for-jmp-users.html

「JMP スターター」 ウィンドウ

JMP またはデータ分析にあまり慣れていないユーザは、「JMP スターター」ウィンドウから開始するとよいでしょう。カテゴリ分けされた項目には説明がついており、ボタンをクリックするだけで該当の機能を起動できます。「JMP スターター」ウィンドウには、[分析]、[グラフ]、[テーブル]、および [ファイル] メニュー内の多くのオプションがあります。また、JMP Pro の機能やプラットフォームのリストも含まれています。

- 「JMP スターター」ウィンドウを開くには、[表示] (Macintosh では [ウィンドウ]) > [JMP スターター] を選択します。
- Windows で JMP の起動時に自動的に「JMP スターター」を表示するには、[ファイル] > [環境設定] > [一般] を選び、「開始時のJMPウィンドウ」リストから [JMP スターター] を選択します。Macintosh では、[JMP] > [環境設定] > [起動時にJMPスターターウィンドウを表示する] を選択します。

テクニカルサポート

JMP のテクニカルサポートは、JMP のエンジニアが担当し、その多くは、統計学などの技術的な分野の知識を有しています。

<http://www.jmp.com/japan/support> には、テクニカルサポートへの連絡方法などが記載されています。

第2章

品質と工程の評価

工程と製品を改善するための機能

このマニュアルでは、品質や工程を評価・改善するために JMP で用意されている機能を解説します。

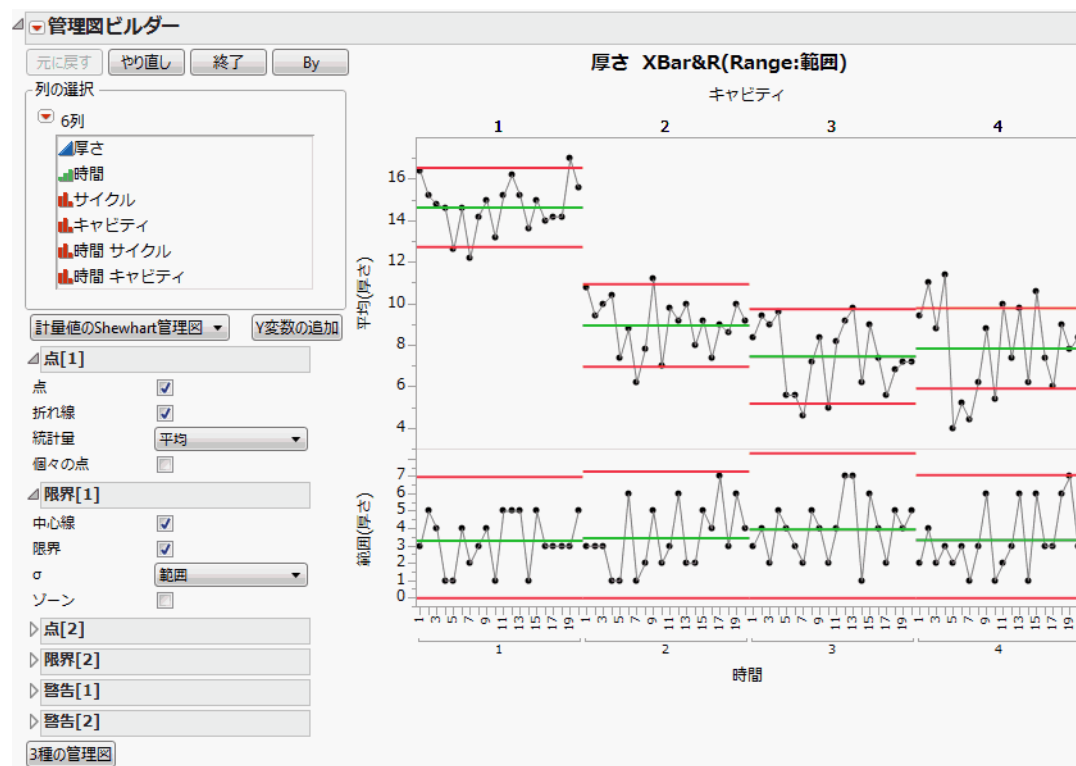
- 管理図は、主要な変数の把握に役立ち、工程が統計学的な見地から管理状態にあるか、管理状態から逸脱しているかを示します。第3章「[管理図ビルダー](#)」および第4章「[統計的管理図](#)」では、対話式管理図プラットフォーム「[管理図ビルダー](#)」の紹介も含め、JMPで管理図を作成する方法について説明します。第5章「[CUSUM\(累積和\)管理図](#)」では、累積和管理図に基づく意思決定を説明しています。工程に生じる小さなシフトを検出したい場合は、第6章「[VマスクCUSUM管理図](#)」をご覧ください。工程における複数の特性を同時に監視したい場合は、第7章「[多変量管理図](#)」をご覧ください。
- 「測定システム分析」プラットフォームは、測定システムの精度・一貫性・バイアス（偏り）を評価します。工程を分析する前に、まずは工程が正確に測定されているかどうかを調べる必要があります。観測値のばらつきのほとんどが測定によるものだったら、工程について確かなことを探り出すことはできません。そのため、あらかじめ、測定システム分析を行って、測定精度を調べる必要があります。詳細は、第8章「[測定システム分析](#)」を参照してください。
- 「計量値 / 計数値ゲージチャート」プラットフォームでは、計量値用ゲージチャートや計数値用ゲージチャートを作成します。計量値用ゲージチャートでは、連続量の測定値を分析し、システムの精度を把握できます。計数値用ゲージチャートでは、カテゴリカルな測定値を分析し、応答間の一致性を調査できます。なお、このプラットフォームは、測定システムの分析だけではなく、一般的なデータに見られるばらつきを調べることもできます。詳細については、第9章「[計量値用ゲージチャート](#)」および第10章「[計数値用ゲージチャート](#)」をそれぞれ参照してください。
- 「工程能力分析」プラットフォームは、仕様限界（規格限界）内に製品が作られているかどうかを調べます。中心とばらつきによって分布を要約し、それらを仕様限界と比較します。このプラットフォームでは、長期と短期のばらつきに基づいて工程能力指数を計算します。仕様限界とばらつきを比較して評価するので、適合率の改善に役立ちます。詳細は、第11章「[工程能力](#)」を参照してください。
- 「パレート図」プラットフォームは、品質上の問題が発生する頻度（度数）を調べます。度数を把握し、早急に対処が必要な問題を見極めることができます。詳細は、第12章「[パレート図](#)」を参照してください。
- 「特性要因図」プラットフォームでは、問題の原因を整理するのに役立つ特性要因図を作成できます。特性要因図は、ミーティングで意見を出し合うときや、実験の準備段階で必要な変数を認識するときなどに使います。特性要因図で変数を取り上げた後、実験や分析を行って要因を特定します。詳細は、第13章「[特性要因図](#)」を参照してください。

第3章

管理図ビルダー 管理図を対話的に作成する

管理図は、工程における変動（ばらつき）を監視するためのグラフです。管理図ビルダーは、工程データから管理図を描きます。管理図に描きたい変数を選択してゾーンにドラッグすると、データに基づいて適切な種類の管理図が自動的に選択されます。変数をドラッグするとすぐに管理図が描かれるので、すばやく分析が行えます。分析の途中で、別の種類の管理図にしたり、管理図の設定を変更したりすることもすばやく行えます。

図3.1 管理図ビルダーの例



目次

管理図ビルダーの概要	33
管理図ビルダーの例	33
管理図の種類	35
計量値の管理図	35
計数値の管理図	36
まれなイベントの管理図	37
管理図の種類	38
管理図ビルダーの起動	40
「管理図ビルダー」ウィンドウ	42
管理図ビルダーのオプション	43
赤い三角ボタンのメニューのオプション	43
オプションパネルと右クリックメニューに用意されているオプション	45
軸を右クリックすると表示されるオプション	53
管理限界の設定方法	53
管理限界の例	54
サブグループの除外および非表示	62
管理図ビルダーの別例	63
フェーズがある Xbar-R 管理図の例	63
P 管理図の例	66
NP 管理図の例	68
C 管理図の例	69
U 管理図の例	71
G 管理図の例	72
T 管理図の例	73
3 種の管理図の例	74
「管理図ビルダー」プラットフォームの統計的詳細	76
XBar-R 管理図の管理限界	77
XBar-S 管理図の管理限界	78
個々の測定値 - 移動範囲管理図の管理限界	79
P 管理図と NP 管理図の管理限界	79
U 管理図と C 管理図の管理限界	80
Levey-Jennings 管理図	80
G 管理図の管理限界	81
T 管理図の管理限界	82
3 種の管理図の管理限界	82

管理図ビルダーの概要

管理図は、工程における変動（ばらつき）を調べるためのグラフです。製造業などで、工程が予測可能で安定した状態にあるかどうかを判断するために管理図は使われています。工程における変動が通常の状態と異なっていると判断された場合には、より低コストで高品質の製品を製造できるように工程を改善します。

「管理図ビルダー」では、さまざまな管理図を対話的に作成できます。管理図ビルダーは、いくつかの種類の管理図（計量値・計数値の Shewhart 管理図、および、まれなイベントの管理図）を作成できるだけでなく、問題解決や工程能力分析も対話的に行えます。管理図は、大きく分けると計量値と計数値の管理図に分類されます。また、まれなイベントの管理図は、従来の管理図では扱えない、発生頻度の極めて低い事象に対する管理図です。

管理図ビルダーでは、管理図の種類を事前に指定する必要はありません。データ列をワークスペースにドラッグすると、データのタイプと標本サイズに従って適切な管理図が自動的に作成されます。基本的管理図が作成されたら、メニューから各種のオプションを選択し、次のような操作を実行できます。

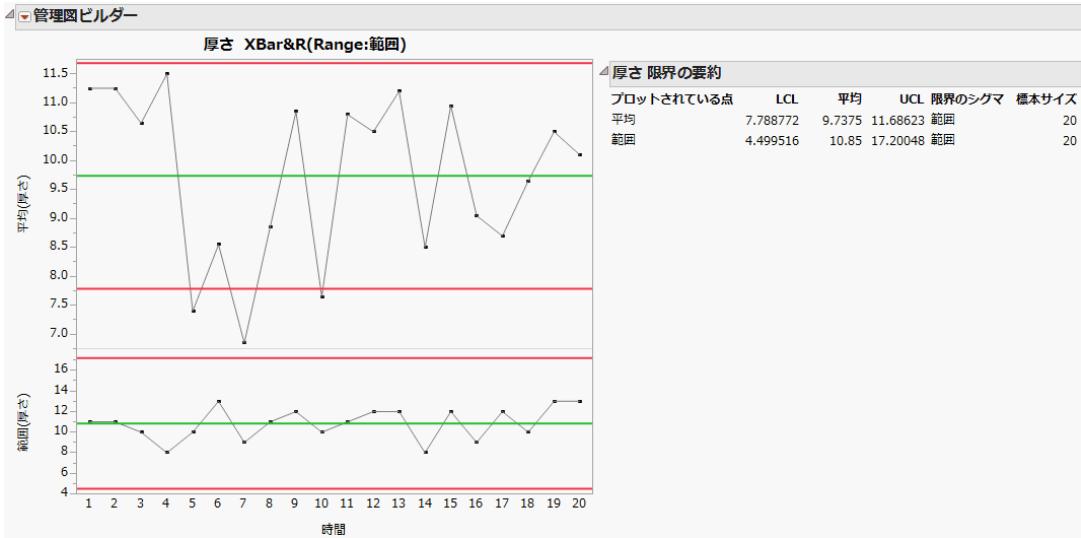
- 管理図の種類を変更する。プラットフォームを再起動しなくても、計数値・計量値・まれなイベントの管理図を切り替えることができます。
- 管理図に表示する統計量を変更する。プラットフォームを再起動しなくても、変数の追加・削除・交換ができます。
- 管理図の形式を設定し、複数の X 変数で定義されるサブグループを作成する。
- 「3 種の管理図」（サブグループ平均・群内変動・群間変動をプロットした管理図）を描く。

管理図ビルダーの例

この例では、「Socket Thickness.jmp」サンプルデータを使用し、ソケットの厚さを測定したデータを扱います。製造工程で不適合品数が増えたため、その原因を調査することにしました。管理図ビルダーを使用して、データのばらつきと工程の管理状態を調査します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Socket Thickness.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「厚さ」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「時間」を「サブグループ」ゾーン（ウィンドウの下部）にドラッグします。

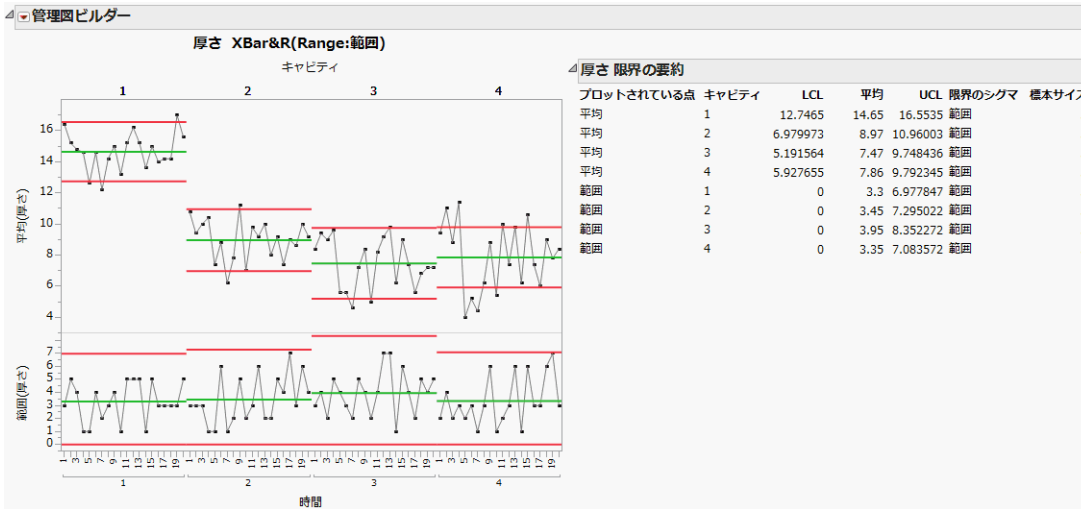
図3.2 ソケットの厚さに対する管理図



「平均」の図を見ると、下側管理限界（7.788772）より下に点がいくつかあります。そこで、別の変数がこの問題の原因となっているかどうかを検討してみましょう。

5. 「キャビティ」を「フェーズ」ゾーンにドラッグします。

図3.3 キャビティごとの管理図



「平均」の図から、次のようなことがわかります。

- キャビティ間に差があり、それぞれ管理限界が異なる。
- キャビティ 1 はソケットの厚さの平均が高く、キャビティ間の差をさらに調査する必要があることを示唆している。
- どのキャビティでも、管理限界の外に点が見られる。このため、キャビティごとにデータが管理状態にならない理由を調査する必要があります。

各キャビティの「範囲」の図から、測定値の群内変動は管理限界内に収まっていることがわかります。

管理図の種類

管理図ビルダーでは、各種の管理図（計量値・計数値の Shewhart 管理図、および、まれなイベントの管理図）を作成できます。管理図を作成する際に、管理図の種類を事前に指定する必要はありません。管理図に描きたい変数（列）を選択し、ゾーンにドラッグアンドドロップします。データ列をワークスペースにドラッグすると、データのタイプと標本サイズに従って適切な管理図が自動的に作成されます。基本的管理図が作成されたら、メニューから各種のオプションを選択し、管理図の種類、表示する統計量、図の表示形式を変更できます。

計量値の管理図

計量値の管理図には、プロットされるサブグループの要約統計量の種類によって、次のようなものがあります。

- \bar{X} 管理図は、サブグループの平均をプロットしたもので、「位置図」（location chart）などと呼ばれています。
- R 管理図は、サブグループの範囲（最大 - 最小）を表示し、「ばらつき図」（dispersion chart）などと呼ばれています。
- S 管理図は、サブグループの標準偏差をプロットしたものです。
- 予め集計管理図（presummarize chart）は、サブグループの平均や標準偏差をプロットしたものです。
- 個々の測定値の管理図（individual measurement chart）は、個々の測定値をプロットしたものです。
- 移動範囲管理図は、2つの連続した測定値の移動範囲をプロットしたものです。

メモ: なお、ばらつき図だけを削除したり、環境設定において「2種の管理図を表示」をオフにしたりすると、位置図のみが表示されます。「2種の管理図を表示」はメニューにはありませんが、スクリプトにて「Show Two Shewhart Charts(0)」を実行すると位置図だけが表示されます。

XBar 管理図・R 管理図・S 管理図

これらの管理図は連続尺度の品質特性（計量値）を分析するのに使われています。通常は、工程平均を示す XBar 管理図と、その下に、対応する R 管理図または S 管理図を描きます。

個々の測定値に対する管理図

個々の測定値管理図（individual measurement chart）は、個々の測定値をプロットしたものです。サブグループ標本に測定値が1つずつしか含まれていないときに適しています。個々の測定値に対する管理図には、対応する移動範囲管理図も一緒に表示されます。移動範囲管理図は、2つの連続する測定値の移動範囲をプロットしたものです。

予め集計管理図

予め集計管理図（presummarize chart）では、集計して求めた統計量を個々の測定値として描いた管理図です。データが同じ工程単位を繰り返し測定したものである場合、それらの繰り返しした測定値を工程単位ごとに1つの値に予め集計することができます。ただし、そのような予め集計することは、同一の工程単位または同一の測定単位で繰り返し測定が行われたものでない限り、使用することをお勧めしません。

予め集計管理図では、標本サイズまたは標本ラベルをもとに工程列が集計され、標本平均や標準偏差が計算されます。それから、ウィンドウで選択したオプションに従って予め集計したデータの管理図が作成されます。

Levey-Jennings 管理図

Levey-Jennings 法の管理図では、長期シグマに基づいて、工程平均と管理限界を計算します。管理限界は、中央線から 3s の位置にあります。Levey-Jennings 法の管理図の標準偏差（s）は、「一変量の分布」プラットフォームの標準偏差と同じ方法で計算されます。

計数値の管理図

これまで紹介してきた管理図では、工程変数に対する測定データを使っていました。工程変数に対する測定データは通常、連続量であるため、それらには連続量の理論に基づいた管理図を用います。もう1つのデータの種類の、度数データ（文字データの場合は水準ごとの個数）です。度数データの変数は、不適合品数や不適合数などの離散値を取ります。そのような離散値を取るデータには、2項分布やPoisson分布に基づく計数値管理図を使用します。度数に対する管理図における度数は、サブグループごとに求められます。そのため、複数の管理図を比較するときは、サブグループごとの検査品数や検査範囲が同じになっていることを確認する必要があります。計数値管理図は、計量値管理図と同じように、プロットする統計量によっていくつかの種類に分類されています。

表3.1 計数値管理図の種類

	統計量	
σ	割合や比率	度数
二項	P 管理図	NP 管理図
Poisson	U 管理図	C 管理図

管理図ビルダーでは、選択した変数に基づいて自動的に基本的な管理図が作成されます。たとえば、 X 変数が未指定の場合は、二項分布の確率を推定することはできないので、まずC管理図が作成されます。ここで X 変数（もしくは試行回数を含む列）を追加すると、サブグループごとの度数がサブグループの標本サイズを下回っている場合は、NP管理図に切り替わります。基本的管理図が作成されたら、メニューから各種のオプションを選択し、管理図の種類、表示する統計量、図の表示形式を変更できます。

- P管理図は、各サブグループの不適合品率をプロットしたもので、標本サイズは必ずしも一定ではありません。P管理図では、各サブグループが N_i 個のアイテムから成り、各アイテムは適合か不適合かで判断されます。1サブグループにおける不適合品数は、 N_i 以下でなければいけません。
- NP管理図は、各サブグループの不適合品数をプロットします。NP管理図では、各サブグループが N 個のアイテムから成り、各アイテムは適合か不適合かによって判断されます。サブグループにおける不適合品数は、すべて N 以下でなければいけません。
- C管理図は、各サブグループの不適合数をプロットしたもので、各サブグループは通常、1つの検査単位から成ります。
- U管理図は、各サブグループの1ユニット（1つの検査単位）あたりの不適合数をプロットしたもので、各サブグループの検査単位数は必ずしも一定ではありません。

まれなイベントの管理図

まれなイベントの管理図（rare event chart）は、工程における発生頻度の極めて低い事象（希少事象）に関するデータを調査するための管理図です。希少事象を従来の管理図で調査することは、あまり効果的ではありません。従来の管理図は希少事象を取り扱うのが難しかったのですが、まれなイベントの管理図はその問題を克服するために提案されました。管理図ビルダーでは、まれなイベントの管理図を2種類（G管理図とT管理図）作成できます。

G管理図は、まれに発生するミスや不適合事象が起こってから、次に似たような不適合事象が起こるまでの間の機会の回数に対する管理図です。G管理図のデータは、希少事象の発生から発生までの間のユニット数です。たとえば、商品が毎日製造される生産現場では、生産ラインの予定外停止が起きることがあります。この場合、ラインが停止してから次に停止するまでの間に製造されたユニット数をプロットしたものが、G管理図です。このようなデータを伝統的な管理図でそのままプロットしても、状況を理解する助けにはなりません。G管理図は、このようなデータを従来の管理図と同じような形式で視覚化できるため便利です。

T管理図は、前回の事象発生からの次の事象発生までの経過時間に対する管理図です。T管理図のデータは、希少事象が前回発生してから次に同じ希少事象が発生するまでに経過した時間です。まれな事象のデータは、事象が生じた回数を従来の計数値管理図でプロットすると、ゼロに点が密集し、たまに1に点が現れます。G管理図やT管理図では、多数の点が管理外と判定される事態を回避できます。G管理図やT管理図は、まれな事象のデータに対しても特殊原因によるばらつきなのか、一般原因によるばらつきなのかを区別することができます。

T管理図では、時間間隔数を表す負でない整数データを扱います。

- ここで扱うデータは、ある事象が発生してから次に同じ事象が発生するまでの間隔数です。扱えるデータは、正の整数です。
- イベント i と $i-1$ の間の時間間隔数を表すデータが、分析対象です。

G管理図と同様、T管理図でも、故障などの事象が発生する間隔の変化を検出します。T管理図では、上限管理限界の上にある点は、ある事象の発生から次の発生までの時間が長くなっていることを意味し、つまり、そのような場合は、事象の発生率が低下したと判断できます。逆に、下限管理限界の下にある点は、事象の発生率が上昇していることを示唆します。

これら2つの管理図は、ある事象が発生してから次に発生するまでの間隔をデータとして用いているという点から、他の管理図との基本的な違いが1つあります。つまり、上側管理限界の上にある管理外の点は、事象の発生間隔が大幅に長くなっていることを示すため、通常、望ましい状態と考えられます。G管理図とT管理図では、事象間の間隔を表す指標が異なります。G管理図は事象の個数、T管理図は間隔数を使用します。

表3.2 まれなイベントの管理図の種類

	統計量
σ	分布
負の二項分布	G管理図
Weibull分布	T管理図

管理図の種類

通常、管理図のほとんどは、管理図ビルダーだけではなく、「管理図」プラットフォームでも作成できます。しかし、管理図をすばやく簡単に作成するには、まず管理図ビルダーを試してください。管理図ビルダーでは、データに基づいて適切な種類の管理図が自動的に選択されます。表3.3から表3.7は、各種の管理図についてまとめたものです。

表3.3 X変数がない個々のデータに対する計量値管理図:

図の種類	管理図ビルダーのオプション	
	[点] > [統計量]	[限界] > [σ]
個々の測定値	個々の測定値	移動範囲
移動範囲 (個々の測定値)	移動範囲	移動範囲
Levey-Jennings 法	個々の測定値	Levey-Jennings 法

表3.4 X変数がある要約データに対する計量値管理図:

図の種類	管理図ビルダーのオプション	
	[点] > [統計量]	[限界] > [σ]
XBar (管理限界の計算に範囲を使用)	平均	範囲
XBar (管理限界の計算に標準偏差を使用)	平均	標準偏差
R	範囲	範囲
S	標準偏差	標準偏差
Levey-Jennings 法	個々の測定値 (各群標本サイズが 1 であるときのみ)	Levey-Jennings 法

表3.5 予め集計管理図

図の種類	管理図ビルダーのオプション	
	[点] > [統計量]	[限界] > [σ]
グループ平均 (測定値)	平均	移動範囲
グループ標準偏差 (測定値)	標準偏差	移動範囲
グループ平均 (移動範囲)	平均 (移動範囲)	移動範囲
グループ標準偏差 (移動範囲)	標準偏差 (移動範囲)	移動範囲

表3.6 計数値管理図

図の種類	管理図ビルダーのオプション	
	[点] > [統計量]	[限界] > [σ]
P 管理図	割合	二項
NP 管理図	度数	二項
C 管理図	度数	Poisson
U 管理図	割合	Poisson

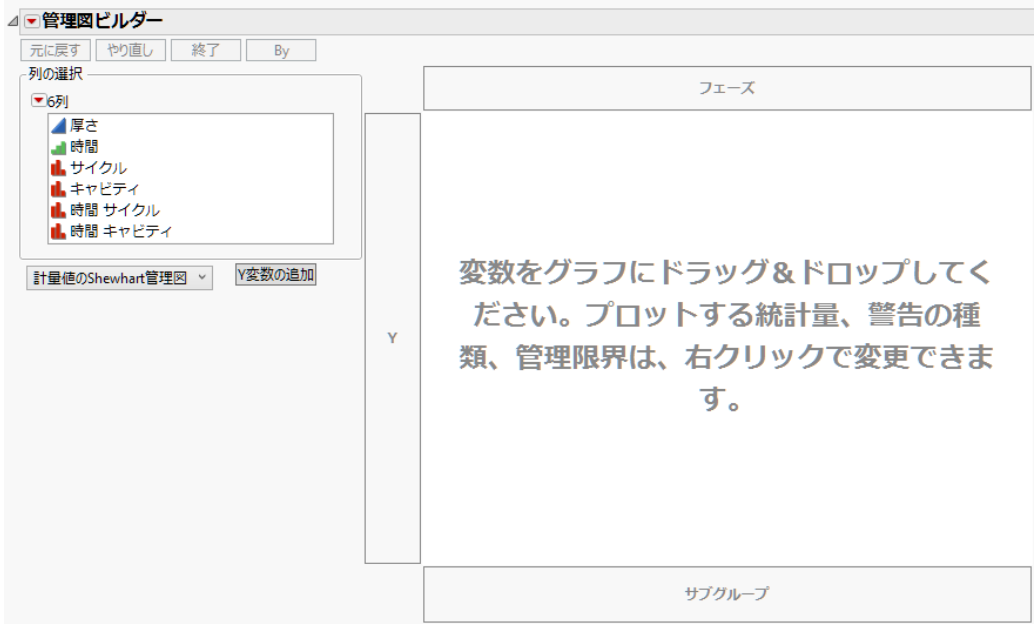
表3.7 まれなイベントの管理図

図の種類	管理図ビルダーのオプション	
	[点] > [統計量]	[限界] > [σ]
G 管理図	度数	負の二項
T 管理図	度数	Weibull

管理図ビルダーの起動

管理図ビルダーを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。

図3.4 「管理図ビルダー」 ウィンドウ



管理図の作成を開始するには、「**列の選択**」リストボックスにある変数をゾーンにドラッグします。中央部に変数をドロップすると、連続尺度かカテゴリカルな変数かによって、配置先が自動的に決まります。管理図ビルダーには次のようなゾーンがあります。

Y 工程変数を割り当てます。

サブグループ サブグループ変数を割り当てます。複数の列を組み合わせるサブグループの水準を定義する場合は、「**サブグループ**」ゾーンに複数の変数を追加します。サブグループ変数を割り当てた場合、管理図上の各点は、サブグループごとに計算された要約統計量を表します。

フェーズ フェーズ変数を割り当てます。[フェーズ] 変数を割り当てると、管理限界がフェーズごとに計算されます。[「フェーズごとに色を塗る」](#) (65ページ) も参照してください。

最初の「管理図ビルダー」ウィンドウには次のボタンがあります。

元に戻す ウィンドウで行った直前の変更内容を元に戻します。

やり直し ウィンドウをデフォルトの状態に戻します。データがすべて削除され、ゾーンに何も割り当てられていない状態に戻ります。

終了 ボタンと「**列の選択**」リストボックスが非表示になり、ドロップゾーンのアウトラインもすべて表示されなくなります。この形式でグラフを他のプログラムにコピーすれば、すぐにプレゼンテーションに利用できます。ウィンドウを対話モードに戻すには、「管理図ビルダー」の赤い三角ボタンをクリックし、**[設定パネルの表示]** をクリックします。

By ここで指定した列の値ごとに、個別に分析が行われます。

計量値の Shewhart 管理図／計数値の Shewhart 管理図／まれなイベント [計量値の Shewhart 管理図]・[計数値の Shewhart 管理図]・[まれなイベント]の中から管理図の種類を選択できます。[計数値の Shewhart 管理図] を選択した場合は、「**試行回数**」というボックスとゾーンが表示されます。

試行回数 計数値管理図が選択された場合に、ロットサイズを割り当てます。管理図の種類として [計数値の Shewhart 管理図] を選択した場合に表示されます。

Y 変数の追加 「**列の選択**」ボックスで選択した列に対し、現在の管理図と同じ種類の管理図が追加で作成されます。そのとき、選択されている列が、新しい管理図の「**Y**」変数になります。

変数を管理図にドラッグすると、ウィンドウ左側にボタンやオプションが表示されます。これらを使用して、管理図の項目の表示／非表示を切り替えたり、項目を入れ替えたりすることができます (図 3.5 を参照)。これらの機能 (「点」・「限界」・「警告」など) の多くは、管理図を右クリックしたときにメニューに表示されるオプション群と同じです。詳細については、[「オプションパネルと右クリックメニューに用意されているオプション」](#) (45 ページ) を参照してください。警告とルールの詳細については、「**テスト**」 (48 ページ) および「**ウェストガードルール**」 (51 ページ) を参照してください。

3 種の管理図 計量値管理図の場合は、3 種の管理図 (three-way chart) を作成できます。この管理図を描くには、サブグループの標本サイズが 2 以上でなければいけません。デフォルトでは、サブグループ平均・群内変動・群間変動という 3 種類の情報に関する統計量がプロットされます。デフォルトでは、平均値に対する管理図 (この管理図の管理限界は、予め集計した平均値の移動範囲から求められています)、平均値に対する移動範囲管理図、範囲に対する管理図の 3 種が作成されます。

イベントの選択 どのデータ値をイベントとするかを選択します。いくつかのデータ値に関しては、どれがイベントであるかは自動的に認識されます (たとえば、「合格」／「不合格」は「不合格」がイベントに自動的に認識されます)。試験結果において注目するイベントを変更したい場合は、画面上でそのイベントを選択すれば、管理図にすぐに反映されます。「イベントの選択」で選択された水準はイベントとしてカウントされ、他のすべての水準は非イベントとしてカウントされます。

「イベントの選択」は、名義尺度または順序尺度の変数を使用した計数値管理図の場合にのみ表示されます。整数値の名義尺度列または順序尺度の列に対して「イベントの選択」を行いたい場合は、赤い三角ボタンから「イベントの選択を使用」オプションを選択する必要があります。連続尺度の変数を使用した計量値管理図では、「イベントの選択を使用」オプションは表示されません。

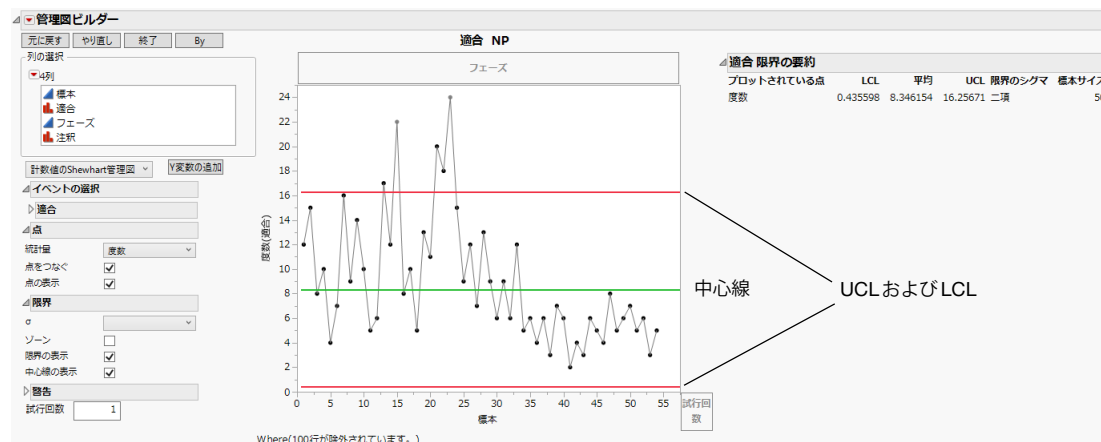
「管理図ビルダー」ウィンドウ

管理図は、工程が統計的管理状態にあるかどうかを判断するのに役立ちます。レポートされる内容は、選択した管理図の種類によって異なります。データを追加するたび、またはデータテーブルを変更するたびに、管理図は動的に更新されます。図3.5は、「Bottle Tops.jmp」サンプルデータに対して「管理図ビルダー」を実行した結果です。

管理図ビルダーの実行例

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Bottle Tops.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「適合」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「標本」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。

図3.5 「管理図ビルダー」ウィンドウ



他の変数を各種ゾーンにドラッグして分析をさらに進めたり、「管理図ビルダーのオプション」を使用してデータをさらに検討したりすることができます。管理図を右クリックすると表示されるオプションの一部（点、限界、警告、ゾーンの表示／非表示、統計量の選択、 σ の選択など）は、管理図の左側にも表示されています。

管理図には、次のような特徴があります。

- 管理図上の各点は、個々の測定値または要約統計量を示します。サブグループは、工程の群間変動をできるだけ精確に捉えられるよう、**合理的に**設定されている必要があります。
- 管理図の縦軸は、計算された要約統計量を表します。
- 管理図の横軸は、標本のサブグループを表す時間軸です。時間の経過に沿って工程を観察することは、工程が変化しているかどうかを評価する上で重要です。

緑の線は中心線で、データの平均を示します。中心線は、工程が統計的管理状態にあるときの要約統計量の平均値（期待値）を示します。本来、測定値は中心線の両側に等しく分布します。そうでない場合は、工程平均が変化している証拠と考えられます。

- 2本の赤い線は、上側管理限界（UCL; Upper Control Limit）と下側管理限界（LCL; Lower Control Limit）です。工程が統計的管理状態にあるときに要約統計量変動すると思われる範囲を示します。工程変動が一般原因によるものだけである場合、すべての点が管理限界内にランダムに分布します。
- 管理限界の外に点がある場合は、特殊原因による変動があると考えられます。

「管理図ビルダー」ウィンドウのオプションで作成した管理図は、データテーブルのデータを変更したり、データを追加したりすると、リアルタイムで更新されます。管理図に異常な変動が見られ、それが工程の劣化によるものである場合は、適切に対処し、工程を統計的管理状態に戻す必要があります。異常な変動が工程の改善を意味する場合は、その原因を詳しく調べ、意識的に工程に組み込む必要があります。

軸上をダブルクリックすると、該当する「軸の指定」ウィンドウが開き、軸上に表示されるラベルの形式、軸の範囲、目盛りの数、グリッド線、参照線などを指定することができます。

管理図ビルダーのオプション

管理図ビルダーのオプションは、赤い三角ボタンをクリックするか、管理図上または軸上を右クリックすると表示されます。右クリックして表示できるオプションの一部は、ウィンドウの左下にも表示されます。管理図ビルダーの大半のオプションについては、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [管理図ビルダー] で環境設定を指定できます。

- 「赤い三角ボタンのメニューのオプション」
- 「オプションパネルと右クリックメニューに用意されているオプション」
- 「軸を右クリックすると表示されるオプション」

赤い三角ボタンのメニューのオプション

設定パネルの表示 次の要素の表示／非表示を切り替えます。

- ボタン
- 「列の選択」ボックス
- ドロップゾーンの枠線

限界の要約を表示 「限界の要約」レポートの表示／非表示を切り替えます。「限界の要約」レポートには、管理図ごとに管理限界（LCLおよびUCL）、中心線（平均）、プロットされている点と限界、標本サイズが表示されます。まれなイベントの管理図の場合、標本サイズは表示されません。

工程能力分析を表示 （このオプションは、「仕様限界」列プロパティが設定されている列に対して計量値 Shewhart 管理図を描いた場合のみ使用できます。）「工程能力分析」レポートの表示／非表示を切り替えます。「工程能力分析」レポートの詳細については、「[「工程能力分析」レポート](#)」（255 ページ）を参照してください。

メモ: Y 変数に変動がない場合（推定されたシグマがゼロの場合）、[工程能力分析を表示] は使用できません。

限界値の取得 データテーブルに保存されている管理限界を読み込みます。

除外されている領域を表示 標本が除外されている領域を表示または非表示にします。

サブグループの標本サイズを指定 サブグループの標本サイズを設定します。なお、管理限界および σ の計算には欠測値が考慮されます。

限界値の保存 管理限界を次のいずれかの方法で保存します。

列に 管理限界を Y 変数の列プロパティとして保存します。限界値が一定である場合にのみ、選択されている管理図の種類の LCL・平均・UCL が保存されます。このオプションは、フェーズがある管理図では使用できません。また、標本サイズが一定でない場合も、このオプションは使用できません。

新しいテーブルに 各管理図の平均とシグマを、新規作成したデータテーブルに保存します。限界値が一定である場合、各管理図の LCL・平均・UCL も保存されます。フェーズがある場合、各フェーズに対する値が保存されます。

要約の保存 標本ラベル・標本サイズ・統計量・中心線・管理限界・テスト・警告・故障数などの情報を新しいデータテーブルに保存します。データテーブルに保存される統計量の種類は、管理図の種類によって異なります。

欠測値のカテゴリを含める カテゴリカルな X 変数において欠測値である行をまとめ、それらの欠測値のグループを1つのカテゴリとして扱います。このオプションを無効にすると、X 変数が欠測値である行はすべて、グラフに表示されないと同時に、計算からも除外されます。

X 変数が連続尺度の場合や、カテゴリカルな Y 変数を指定した場合は、欠測値のグループをどこに表示するかが曖昧であるため、このオプションは表示されません。このオプションは、デフォルトで有効になっています。

メモ: [欠測値のカテゴリを含める] が有効で、カテゴリカルな X 変数に欠測値がある場合、管理図ビルダーでの工程能力分析の結果が、「工程能力分析」プラットフォームでの結果と一致しません。

イベントの選択を使用 （数値のY変数に対して計数値用管理図を選択した場合にのみ表示されます。）データ値を（度数データではなくて）1つ1つのカテゴリと見なして管理図を描きます。いずれのデータ値をイベントと見なして管理図を描くかを選択するセクションがオプションパネルに表示されます。

以下のオプションについて詳しくは、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

ローカルデータフィルタ 現在のレポートにおいて、データをフィルタリングするローカルデータフィルタの表示／非表示を切り替えます。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションに対応しているプラットフォームにおいては、[自動再計算] オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

メモ: 列スイッチャーは、1つのY変数に対して、なおかつそのY変数に関連付けられている管理図が2つ以下である場合に、使用できます。選択した管理図の種類に応じて、Yの役割に適した列のみが「列スイッチャー」リストに表示されます。

メモ: 「管理図ビルダー」では [自動再計算] オプションがデフォルトでオンになっており、オフにすることはできません。

オプションパネルと右クリックメニューに用意されているオプション

次のオプションは、簡単に指定できるよう管理図の左側に表示されているのに加え、管理図を右クリックした場合にも表示されます。

点 次のようなオプションが表示されます。

統計量 管理図にプロットされる統計量を変更することができます。[「統計量」](#) (47 ページ) を参照してください。

個々の点 サブグループ内の個々のデータ値の表示／非表示を切り替えます。このオプションは、サブグループ変数を指定した場合、または [「標本サイズの設定」](#) を行った場合にのみ表示されます。このオプションは、計数値管理図やまれなイベントの管理図では使用できません。

点をつなぐ 点の間の接続線を表示します。

点の表示 管理図で点の表示／非表示を切り替えます。

限界 次のようなオプションが表示されます。

σ シグマの計算方法を指定します。[「 \$\sigma\$ 」](#) (47 ページ) を参照してください。

ゾーン 管理図でゾーンの表示／非表示を切り替えます。平均から上下に1、2、3シグマ離れた位置にゾーンの境界線が引かれます。管理図ビルダーでは、ゾーンが重なって表示されることはありません。平均から上側と下側の管理限界までの距離が等しくない場合、各ゾーンの幅は $(UCL - Avg)/3$ となります。ゾーンは、下側管理限界（LCL）より下側、および、上側管理限界（UCL）より上側には描画されません。このオプションは、計量値管理図と計数値管理図の場合にのみ表示されます。

仕様限界 管理図で仕様限界の表示／非表示を切り替えます。データテーブルに「仕様限界」の列プロパティがある場合のみ表示されます。この列プロパティの使用方法については、『JMPの使用法』の「列情報ウィンドウ」章を参照してください。

管理限界の設定 管理図に描き、かつ、テストに用いる管理限界を設定できます。「管理限界の設定」ウィンドウで[OK]をクリックすると、指定した管理限界がすべてのグループに適用されます。指定した管理限界を削除するには、もう一度このオプションを選択します。

限界の追加 管理図に追加する管理限界を指定します。ここで追加した管理限界はテストには使用されません。

限界の表示 管理図で管理限界の表示／非表示を切り替えます。

中心線の表示 管理図で中心線の表示／非表示を切り替えます。

ばらつき図の追加 グラフ領域にばらつきに関する管理図を追加します。グラフの種類は、[点]のオプションで変更できます。ばらつき図は、範囲・標準偏差・移動範囲など、ばらつきを表す統計量のいずれかをプロットした管理図で、データの変動を表します。このオプションは、計量値管理図の場合にのみ表示されます。

サブグループの標本サイズを指定 サブグループの標本サイズを設定します。なお、管理限界および σ の計算には欠測値が考慮されます。

警告 次のようなオプションが表示されます。

テストのカスタマイズ 自分独自のテストを作成したり、複数のテストを同時に選択／選択解除したりできます。このオプションを選択すると、「テストのカスタマイズ」ウィンドウが表示され、テストの内容を指定できます。テストの説明のチェックボックスを選択し、nに対応する数とラベルを入力してください。設定内容を環境設定として保存したり、デフォルトの設定に戻したりすることができます。このオプションは、計量値管理図と計数値管理図の場合にのみ表示されます。

テスト 管理図に関するいくつかのテストを選択できます。用意されているテストの詳細については、「[テスト](#)」(48ページ)を参照してください。このオプションは、計量値管理図と計数値管理図の場合にのみ表示されます。

メモ: 管理図上でフラグがついた点にカーソルを移動すると、テストで検出された異常の内容が表示されます。

ウェストガードルール どのウェストガードルールを用いるかを選択できます。ウェストガードルールは、ゾーンではなく σ を基準とするので、一定の標本サイズを想定しなくても計算できます。テストの詳細については、「[ウェストガードルール](#)」(51ページ)を参照してください。このオプションは、計量値管理図と計数値管理図の場合にのみ表示されます。

限界を超えた点のテスト 管理限界の外にある点をピックアップします。管理限界外にある点が管理図上でわかりやすく表示されます。このテストは限界値が求めることができるすべての管理図で使用でき、標本サイズが一定であるかどうかは問いません。

グラフを削除 管理図を削除します。

メモ: [行]、[グラフ]、[カスタマイズ]、[編集] の各メニューについては、『JMPの使用法』を参照してください。

統計量

管理図上にプロットする統計量の種類は変更できます。選択されている管理図の種類によって、利用できるオプションが異なります。

計量値管理図の場合は、次のオプションを使って、管理図上にプロットする統計量の種類を変更できます。

個々の測定値 管理図の各点が、データテーブルにおける個々のデータ値を表します。

平均 管理図の各点が、各サブグループの平均値を表します。

範囲 管理図の各点が、各サブグループの範囲を表します。

標準偏差 管理図の各点が、各サブグループの標準偏差を表します。

平均(移動範囲) 連続した2つのサブグループ平均から、移動範囲を計算します。

標準偏差(移動範囲) 連続した2つのサブグループ標準偏差から、移動範囲を計算します。

移動範囲 管理図の各点が、2つの連続した測定値の差を表します。

メモ: [平均]・[範囲]・[標準偏差]・[平均(移動範囲)]・[標準偏差(移動範囲)] は、標本サイズが1より大きいサブグループ変数が指定されている場合、または標本サイズが設定されている場合にのみ表示されます。

計数値管理図の場合は、次のオプションを使って、管理図上にプロットする統計量の種類を変更できます。

割合 管理図の各点が、各サブグループにおける不適合品の割合を表します。

度数 管理図の各点が、各サブグループにおける不適合品の個数を表します。

なお、まれなイベントの管理図においては、管理図上にプロットされる統計量は2種類あります。

σ

管理図の σ （シグマ）の計算方法を変更できます。選択されている管理図の種類によって、利用できるオプションが異なります。

計量値管理図の場合は、次のオプションを使用できます。

範囲 各サブグループの範囲に基づいて、シグマの推定値を計算します。

標準偏差 各サブグループの標準偏差に基づいて、シグマの推定値を計算します。

移動範囲 移動範囲に基づいてシグマの推定値を計算します。計算に使われる移動範囲は、管理図上で連続してプロットされている2点の差です。

Levey-Jennings 法 すべてのデータ値から計算される通常の標準偏差をシグマの推定値とします。管理図にフェーズがある場合、シグマは各フェーズで個別に計算されます。

計数値管理図の場合は、次のオプションを使用できます。

二項 二項分布に基づいてシグマの推定値を計算します。二項分布は、特定の試行回数で実験を行ったときの成功回数が従う分布です。[二項] を選択した場合は、P 管理図または NP 管理図が作成されます。

Poisson Poisson 分布に基づいてシグマの推定値を計算します。Poisson 分布は、一定の期間や領域において事象が起きた回数が従う分布です。[Poisson] を選択した場合は、C 管理図または U 管理図が作成されます。

まれなイベントの管理図の場合は、次のオプションを使用できます。

負の二項 負の二項分布に基づいてシグマの推定値を計算します。負の二項分布は、一連の試行を行ったときに、特定の回数だけ失敗するまでに成功した回数が従う分布です。[負の二項] を選択すると、G 管理図が作成されます。

Weibull Weibull 分布に基づいてシグマの推定値を計算します。Weibull 分布は、故障間隔を表すのに使われる分布です。[Weibull] を選択すると、T 管理図が作成されます。

テスト

右クリックメニューまたはウィンドウの左側に表示される [警告] オプションには、テストを選択するための [テスト] サブメニューがあります。このサブメニューから、特殊原因のテスト (Western Electric ルール) を複数選択することができます。Nelson (1984) は、管理図での特殊原因テストを番号で分類しました。標本サイズが一定かどうかに関係なく、これらのテストは使用できます。

テストの結果、特定のサブグループについて異常が検出された場合、その点にテスト番号が表示されます。複数のテストを選択し、1つの点が2つ以上のテストで同時に異常だと判断された場合は、小さい方のテスト番号だけが表示されます。管理図上でフラグがついた点にカーソルを移動すると、テストで検出された異常の具体的な内容が表示されます。

ヒント: 一度に複数のテストを追加・削除するには、設定パネルの [警告] > [テスト] の下にあるチェックボックスにて、テストを選択・非選択します。

表3.8 (50 ページ) は、8つのテストの解説、図3.7は各テストのグラフです。テストの説明では、次のような用語とルールが使われています。

- 上側管理限界 (UCL) と下側管理限界 (LCL) に挟まれた領域は、1シグマごとの幅で6つのゾーンに分割されます。

- それら6つの各ゾーンは、上からA・B・C・C・B・Aと名付けられています。Cが中心線に最も近いゾーンです。
- ある点が「Bゾーン以上にある」というのは、CゾーンとBゾーンの境界線より外側に位置するという意味です。つまり、「Bゾーン以上にある」というのは、中心線からの距離が1標準偏差を超えていることを指します。
- 点が2つのゾーンの境界線上に位置するときは、内側のゾーンに属するとみなします。たとえば、AゾーンとBゾーンの境界線にある点は、Bゾーンに属するとみなされます。

メモ:

- テスト1～8は、すべてのShewhart管理図に適用できます。
- テスト1・2・5・6は管理図の上側半分と下側半分に別々に適用され、
- テスト3・4・7・8は管理図全体に適用されます。
- 連続的な点に関するテストでは、除外されているデータ行があっても、それまでの度数は0にリセットされません。
- 除外されているデータ行は、連続的な点に関するテストにおけるカウントには考慮されません。

管理図のテストについては、Nelsonの論文（[1984](#), [1985](#)）で詳細に説明されています。

図3.6 Western Electricルールのゾーン

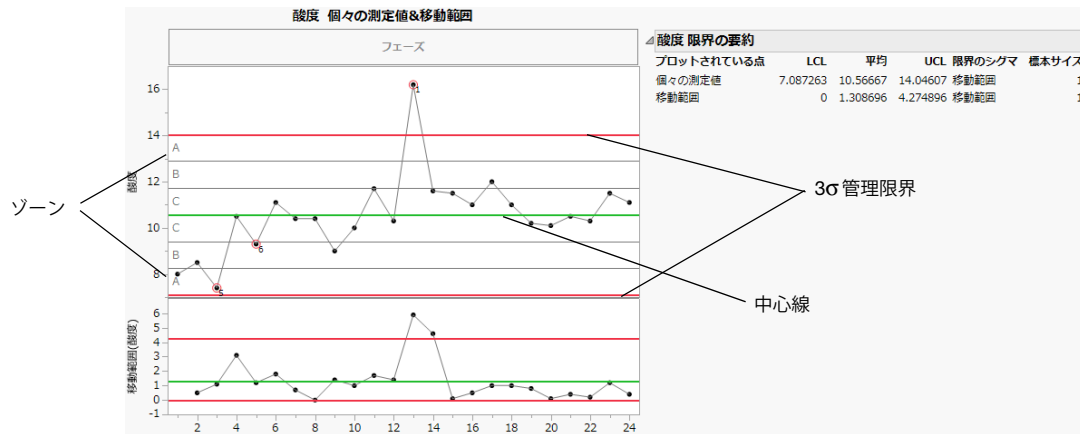


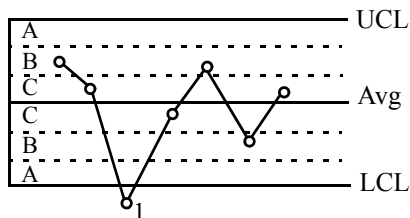
表3.8 特殊原因のテストの説明および解釈^a

テスト1	1点がAゾーンを超えている	平均のシフトや標準偏差の増加など、単一のサブグループにおける異常を検出する。なお、ばらつき図 ($R \cdot S \cdot \text{移動範囲}$) にて、ばらつきの変化を見ることができます。
テスト2	連続した9点がどちらか一方（上側または下側）のCゾーン以上にある	工程平均のシフトを検出する。
テスト3	連続した6点が常に増加または減少している	工程平均の傾向を検出する。
テスト4	連続した14点が交互に上がったたり下がったりしている	2つの機械、2か所の仕入れ業者、2名のオペレータなどが交互に使用される場合に生じる体系的な効果を検出する。
テスト5	連続した3点のうち最後の点を含む2点がAゾーン以上にある	工程平均のシフトや標準偏差の増加を検出する。3点のうち2点がAゾーン以上にあれば、異常があると判断される。
テスト6	連続した5点のうち最後の点を含む4点がBゾーン以上にある	工程平均のシフトを検出する。5点のうち4点がBゾーン以上にあれば、異常と判断される。
テスト7	連続した15点がCゾーンにある	各サブグループの測定値が、複数の層から同じように抽出されていることを示唆する。ばらつきの減少も検出する。
テスト8	連続した8点がCゾーンには1点もない	各サブグループが、異なる平均をもつ異なる層から抽出された測定値であることを示唆する。

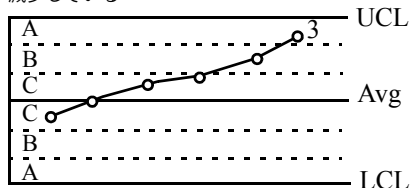
a. Nelson ([1984](#), [1985](#))

図3.7 特殊原因のテストのグラフ¹

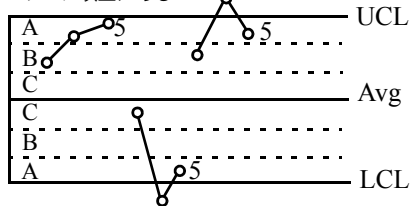
テスト1: 1点がAゾーンを超えている



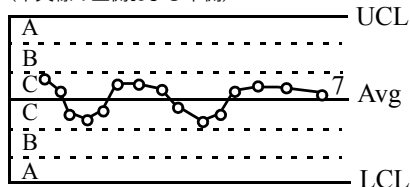
テスト3: 連続した6点が常に増加または減少している



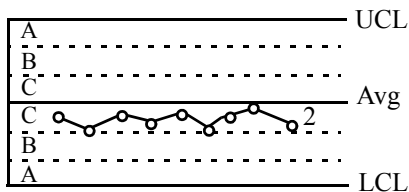
テスト5: 連続した3点のうち2点がAゾーン以上にある



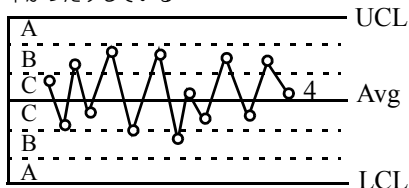
テスト7: 連続した15点がCゾーンにある
(中央線の上側および下側)



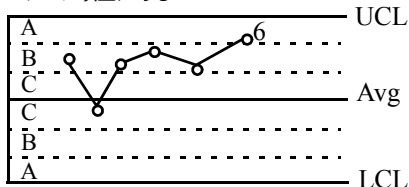
テスト2: 連続した9点がどちらか一方
(上側または下側)のCゾーン以上にある



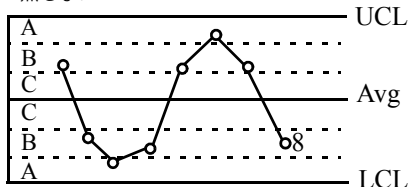
テスト4: 連続した14点が交互に上がったたり
下がったりしている



テスト6: 連続した5点のうち4点が
Bゾーン以上にある



テスト8: 連続した8点がCゾーンには
1点もない



ウェストガードルール

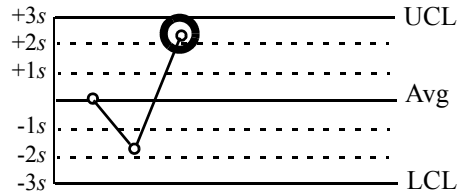
ウェストガードルールは、管理図を右クリックしたときに表示されるメニューまたはウィンドウの左側に表示される【警告】オプションの【ウェストガードルール】サブメニューを使って実行します。各テストには、判断基準となるルールの省略形が名前としてついています。たとえば「1 2s」は、1つの点が平均から2標準偏差離れているかどうかのテストを表します。

1. Nelson (1984, 1985)

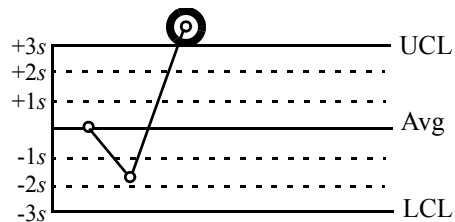
メモ:

- 連続的な点に関するテストでは、除外されているデータ行があっても、それまでの度数は0にリセットされません。
- 除外されているデータ行は、連続的な点に関するテストにおけるカウントには考慮されません。

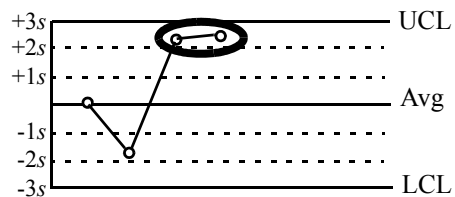
ルール 1 2Sは、管理限界を平均から2標準偏差の位置に設定します。Levey-Jennings管理図でよく使用されています。管理限界を超える点が1つでもあると、このルールにより検出されます。



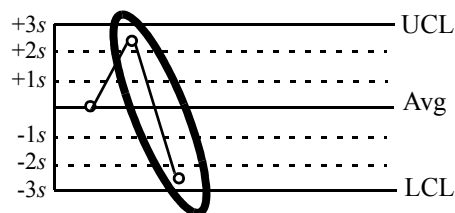
ルール 1 3Sは、管理限界を平均から3標準偏差の位置に設定します。Levey-Jennings管理図でよく使用されています。管理限界を超える点が1つでもあると、このルールにより検出されます。



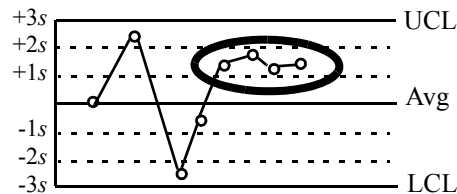
ルール 2 2Sは、連続した2つの点が平均から2標準偏差より離れているケースを検出します。



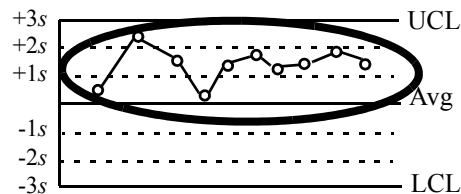
ルール R 4Sは、1つの点が平均から2標準偏差以上離れ、その前の点が、平均から逆の方向に2標準偏差以上離れたケースを検出します。



ルール4 1Sは、連続した4点が平均から1標準偏差より離れているケースを検出します。



ルール10 Xは、連続した10点が平均の片側（上または下）にあるケースを検出します。



軸を右クリックすると表示されるオプション

削除 変数の割り当てを解除します。

グラフを削除 グラフ全体を削除します。

[軸の設定]・[軸の設定を元に戻す]・[軸ラベルの追加]・[軸ラベルの削除]・[編集] の各オプションについては、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

管理限界の設定方法

多くの場合、工程におけるばらつきから、管理図の管理限界をどれぐらいに設定するかを決めます。UCL（上側管理限界; Upper Control Limit）、中心線、LCL（下側管理限界; Lower Control Limit）は、管理図ビルダーにて管理図を作成すればデータから自動的に計算されます。これらの計算された管理限界をもとに、工程が変化した時点や、どのように工程を調整すればよいかを知ることができます。

管理限界は、工程能力でよく使用される仕様限界（規格限界）とは異なります。

表3.9 管理限界と仕様限界

管理限界	仕様限界
データから計算	顧客または計画によって与えられる
ばらつきに基づく	システム要件に基づく
要約統計量に適用	個々の測定値に適用
主に工程に関する測定に適用	製品の特性に適用
工程からのフィードバック	顧客からの要望

管理限界の例

この例では、ある工場における印刷工程について考えます。印刷物の行においては、ゆがみ・厚み・長さなどにばらつきがあります。この例では、1行の長さについて検討します。1行の長さが16 cm +/- 0.2 cmであれば、良好とみなされます。長さがそれを上回ると、文章がページからはみ出すことがあります。長さがそれを下回ると、ページに無駄なスペースが多く生じます。印刷を実行するたびに、最初と最後の本が測定に使用されます。行の長さは、本ごとの特定のページで測定されます。

「この工程は安定しているか？」や「印刷の品質は一定か？」といった疑問に答えるには、適切な管理限界を求めて、管理図を描く必要があります。

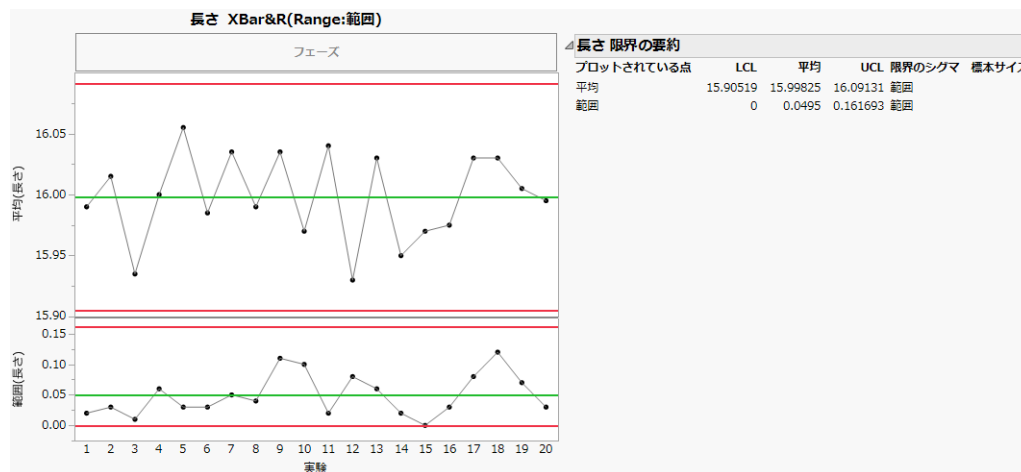
この例は、3つの操作手順を説明しています。ほとんどの場合において、まずは「基準となる管理限界の算出」で説明されている手順を行います。この手順では、JMPによって管理限界をデータから求めます。次に、これらの管理限界を新しいデータに適用します。それには、「管理限界の設定」、または（フェーズごとに分かれているデータに対しては）「複数の管理限界を設定」で説明されている手順を行います。

基準となる管理限界の算出

まず最初に、既存の工程が安定しているかどうかを検証します。安定している場合、そのデータから計算された管理限界を基準として新たなデータに対して使用することができます。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Line Length.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「長さ」を「Y」ゾーンにドラッグします。
「長さの個々の測定値 & 移動範囲」管理図が表示されます。データ内に自然なサブグループがなければ、この管理図は適切です。しかし、この例では、印刷実行ごとに分けられているグループが自然なサブグループになっています。
4. 「実行」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。

図3.8 印刷実行をサブグループとしたXBar-R管理図



このXBar-R管理図は、水平方向に3本のラインが描かれています。この3本のラインは、計算されたLCL（下側管理限界）、平均、UCL（上側管理限界）です。

すべての点がこれらの管理限界内にランダムにプロットされているのが理想的です。グラフを見ると、管理限界外となっている点はなく、点にはパターンがないように見えます。さらに細かく見るために、Nelson/Western Electricテストを実行してパターンを確認し、これらのテストのいずれかが失敗していないかを確認してみましょう。

5. Xbar管理図を右クリックし、[警告] > [テスト] > [すべてのテスト] を選択します。

円で囲まれたり、フラグを付けられたりした点は1つもありません。これは、工程が安定していることを意味します。

工程が安定していない場合には、どのように変更すれば工程を安定するかをさらに分析します。この例では、工程はすでに安定しているので、その分析は省略できます。これで、この管理限界を新しいデータに使用できます。「[管理限界の設定](#)」(55ページ)に進んでください。データにフェーズがある場合には、「[複数の管理限界を設定](#)」(60ページ)に進んでください。

管理限界の設定

工程が安定していることを確認できたので、そのデータから計算された管理限界を新しいデータに適用し、新しいデータが既存の安定した工程と同じようにばらついているかどうかを調べます。この手順では、プロットするデータから管理限界を計算するのではなく、既存のデータから計算された管理限界を設定します。

管理図ビルダーにおいて既存の管理限界を設定するには、次のような方法があります。

- 「[\[管理限界の設定\] オプション](#)」(56ページ)
- 「[\[列プロパティの追加\]](#)」(57ページ)
- 「[\[限界値の取得\] オプションの使用](#)」(58ページ)
- 「[\[行の除外\]](#)」(59ページ)

【管理限界の設定】 オプション

管理限界を指定する簡単な方法の一つは、「管理図ビルダー」の【管理限界の設定】オプションを使用することです。

1. 【ヘルプ】 > 【サンプルデータライブラリ】を選択し、「Quality Control」フォルダにある「New Length Data.jmp」を開きます。

これは、新しいデータを含むデータテーブルです。

2. 【分析】 > 【品質と工程】 > 【管理図ビルダー】を選択します。
3. 「長さ」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「実行」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。
5. 平均の管理図（Xbar 管理図）を右クリックして、【限界】 > 【管理限界の設定】を選択します。
6. 次の管理限界をキーボードで入力します。

- LCL - 15.90519
- 平均 - 15.99825
- UCL - 16.09131

これらは、図3.8で求められた Xbar 管理図の管理限界です。

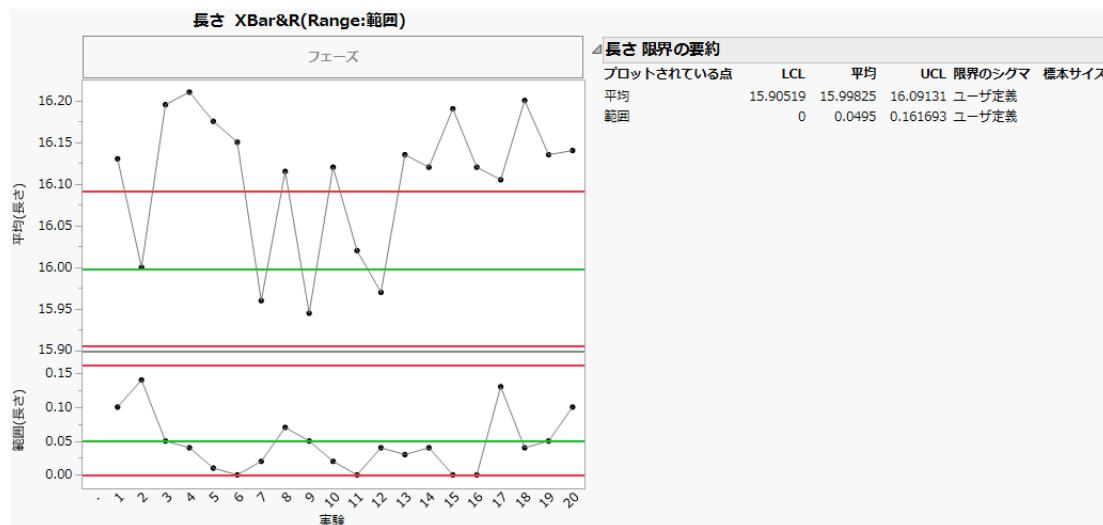
7. 【OK】をクリックします。
8. 範囲の管理図（R 管理図）を右クリックして、【限界】 > 【管理限界の設定】を選択します。
9. 次の管理限界を入力します。

- LCL - 0
- 平均 - 0.0495
- UCL - 0.161693

これらは、図3.8で求めた R 管理図に対する管理限界です。

10. 【OK】をクリックします。

図3.9 既存の管理限界を設定したXBar-R管理図



以上の操作により、プロットしているデータから管理限界を計算するのではなく、既存の管理限界が設定されます。ウィンドウ右側にある「長さ 限界の要約」レポートでは、「限界のシグマ」列には「ユーザ定義」と表示されるようになりました。多くの点が、管理限界外にプロットされています。また、分布の位置が中心線よりも高くなっています。この工程は、管理限界を計算するのに使用した元のデータとは大きく異なっています。

列プロパティの追加

既存の管理限界を指定する別の方法は、「管理限界」列プロパティを新規データテーブルの列に設定することです。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「New Length Data.jmp」を開きます。
これは、新しいデータを含むテーブルです。
2. [長さ] 列を選択して、[列] > [列情報] をクリックします。
3. [列プロパティ] > [管理限界] をクリックします。
4. デフォルトの状態では、[Xbar] が選択されているので、平均の管理図 (Xbar 管理図) に対する管理限界が設定されます。次の管理限界を入力します。
 - 平均 - 15.99825
 - LCL - 15.90519
 - UCL - 16.09131

これらは、図3.8で求められたXbar管理図の管理限界です。

サブグループの標本サイズの値は欠測値としておきます。この値は、「管理図ビルダー」プラットフォームで使用されません。

5. [XBar] をクリックして、[R (Range: 範囲)] に変更します。範囲の管理図 (R 管理図) に次の管理限界を入力します。

- 平均 - 0.0495
- LCL - 0
- UCL - 0.161693

これらは、図 3.8 で求めた R 管理図に対する管理限界です。

サブグループの標本サイズの値は欠測値としておきます。この値は、「管理図ビルダー」プラットフォームで使用されません。

6. [OK] をクリックします。

以上の操作により、「長さ」列に対して XBar-R 管理図の管理限界が設定できました。これで、上記で設定した管理限界をもつ管理図が描かれます。

7. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。

8. 「長さ」を「Y」ゾーンにドラッグします。

9. 「実行」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。

描かれる管理図は、図 3.9 と同じです。

[限界値の取得] オプションの使用

[限界値の取得] オプションを用いて管理限界を設定する方法は、最も柔軟です。次のような状況では、この方法を使用する必要があります。

- 多くの工程変数に既存の管理限界を設定する場合
- 異なるフェーズに対して別々の既存の管理限界を設定したい場合（「[複数の管理限界を設定](#)」（60 ページ）を参照）

[限界値の取得] オプションを用いるには、既存の管理限界を含んだデータテーブルが必要です。管理限界のデータテーブルを作成する方法についての詳細は、「統計的管理図」章の「[限界値の保存と取得](#)」（104 ページ）を参照してください。

次の説明では、管理限界のデータテーブルはすでに作成されているものとします。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「New Length Data.jmp」を開きます。

これは、新しいデータを含むデータテーブルです。

2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。

3. 「長さ」を「Y」ゾーンにドラッグします。

4. 「実行」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。

5. 「管理図ビルダー」の赤い三角ボタンをクリックして、**「限界値の取得」**を選択します。この例に対応した既存の管理限界は「Length Limits.jmp」というデータテーブルに保存されています。そのデータテーブルを開きます。デフォルトでは、このファイルは次の場所にあります。

- Windows では、C:\Program Files\SAS\JMP\<version>\Samples\Data\Quality Control
- Macintosh では、\Library\Application Support\JMP\<version>\Samples\Data\Quality Control

描かれる管理図は、図3.9と同じです。

行の除外

既存の管理限界を設定する別の方法は、データテーブルの行を除外することです。この方法の利点の一つは、同じグラフに既存のデータと新しいデータの両方を表示できることです。これは、相違点を確認するのに役立ちます。

この手法を使用するには、次の基準を満たしている必要があります。

- 既存のデータと新しいデータは、同じデータテーブルに保存されている必要があります。
- 既存のデータと新しいデータは、すべて同じサブグループサイズである必要があります。
- 新しいデータはすべて、データテーブルで除外されている必要があります（データテーブルにて [行] > [除外/除外しない] を使用すると、行が除外されます）。

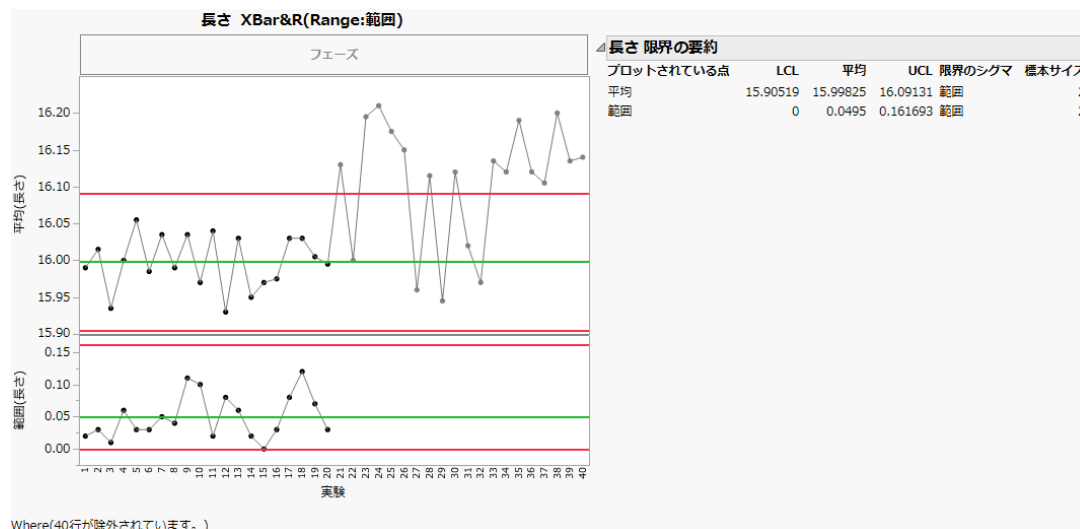
次の例では、新しいデータの行はすでに除外されています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Combined.jmp」を開きます。

このテーブルには新しいデータと既存のデータが含まれ、新しいデータは除外されています。

2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「長さ」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「実行」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。

図3.10 除外データのあるXBar-R管理図



JMPでは、除外されていない行（既存のデータ）だけを使用して管理限界を作成します。除外されている行（新しいデータ）は依然としてグラフに（淡色で）表示されますが、これらのデータは管理限界の計算には一切、使われていません。

複数の管理限界を設定

この例では、異なる各フェーズに対して異なる管理限界を設定します。データテーブルにて「管理限界」列プロパティで設定する方法、[管理限界の設定] オプションで設定する方法、データテーブルで行を除外する方法は、管理図全体に対して1つの管理限界しか指定できません。そのため、複数のフェーズがある場合にはそれらの方法では既存の管理限界を指定することはできません。フェーズのある管理図には、[限界値の取得] オプションを用いる必要があります。

ある印刷会社では、3つの別々の場所において製本しています。そして、背表紙からページが剥がれるときの力を測定しています。それぞれの場所で製本に使用している機械は異なり、設置されている国も別々です。このため、それら3つの場所では別々に管理限界を設けたほうが良いと考えられます。3つの製造場所のデータについて、次の分析を行います。

1. 既存の工程データに基づいた管理図を作成します。
2. 実験計画などに基づいて、既存の工程を改善します。
3. 改善した後の新しい工程からデータを収集します。
4. 新しい工程データに基づいた新たな管理図を作成します。

この例の最終目標は、既存の工程データから製造場所ごとに計算された管理限界を使用して、管理図に新しいデータをプロットすることです。そうすれば、印刷会社は改善した後の新しい工程におけるばらつきを、既存の工程におけるばらつきと比較できます。

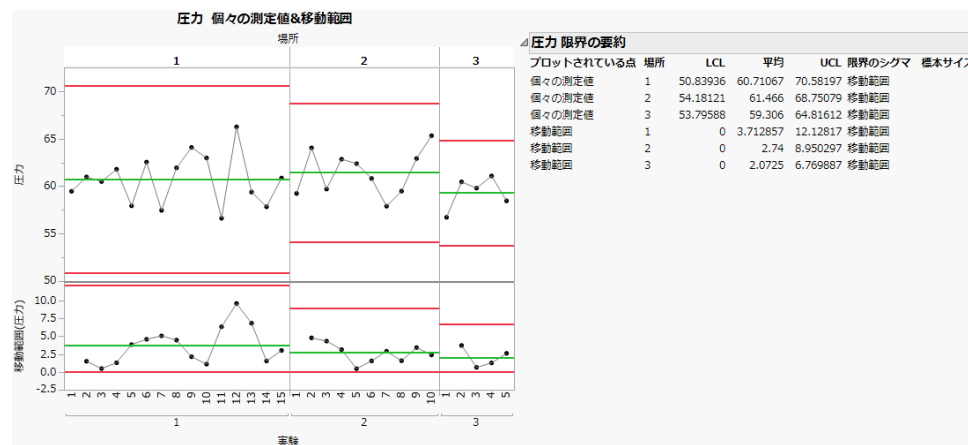
既存の工程データに基づいた管理限界の算出

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Phase Historical Data.jmp」を開きます。

このテーブルには、3つの場所すべてに関する既存の工程データが含まれています。

2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「圧力」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「実行」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。
5. 「場所」を「フェーズ」ゾーンにドラッグします。

図3.11 既存データに関する規準管理図



更新された工程に基づいた管理図の作成

1. 図3.11のレポートで、「管理図ビルダー」の隣にある赤い三角ボタンをクリックして、[限界値の保存] > [新しいテーブルに] を選択します。

こうすることにより、管理限界を含むデータテーブルが作成されます。

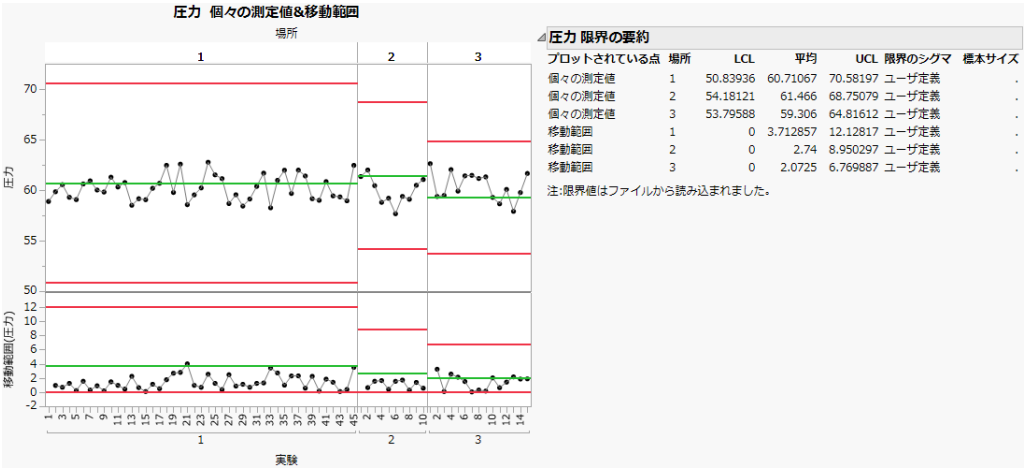
2. 後でアクセスできるように、この管理限界のデータテーブルを任意の場所に保存します。
3. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Phase New Data.jmp」を開きます。

このデータは、3つの場所すべてから収集された新しい工程データです。

4. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
5. 「圧力」を「Y」ゾーンにドラッグします。
6. 「実行」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。
7. 「場所」を「フェーズ」ゾーンにドラッグします。
8. 「管理図ビルダー」の隣の赤い三角ボタンをクリックして、[限界値の取得] を選択します。手順2で保存した管理限界のデータテーブルを開きます。

これによって、既存の管理限界が新しいデータに適用されます。

図3.12 既存の管理限界をもつ新しいデータの管理図



以上の操作手順により、新しいデータをプロットしながら、既存の管理限界が管理図に使われます。どの点も、管理限界を超えていません。印刷会社の目標は、工程におけるばらつきを低減することです。移動範囲管理図を見ると、ほとんどの点は平均の線よりプロットされています。特に場所1と2においては、ばらつきが減少しているのは明白です。場所3では、場所1と2ほど明らかではありません。有意な変化かどうかまでは分かりませんが、ばらつきは減少しているようです。新しい工程は古い工程に比べて、ばらつきが小さくなっています。

サブグループの除外および非表示

データテーブルの行に対して除外や非表示の属性を設定した場合は、次のように処理されます。

- サブグループ内のすべての行に「除外」行属性を設定した場合、そのサブグループは計算からは除外されますが、管理図上には表示されます（ただし、淡色表示になります）。
- 「非表示」行属性をもつデータは計算には含まれますが、管理図上には表示されません。
- 非表示の行と除外された行は、どちらも特殊原因のテストには含まれます。除外された行には特殊原因の番号が表示される場合がありますが、非表示の行には番号は表示されません。非表示の行の点は、特殊原因のテストで検出された場合も管理図には表示されません。
- サブグループ内の一部の行だけを除外した場合（サブグループにおいて少なくとも1つは除外していない行がある場合）には、除外した行は、統計量や管理限界の計算から除外されます。
- 負の値および非整数値のチェックはデータ全体（除外した値も含む）に対して実行されます。
- テストは除外したすべてのサブグループにも適用されます。テストを実行すると、除外したサブグループにもフラグが付きます。

管理図ビルダーの別例

メモ: この節のいくつかの例では、設定パネルをまったく用いません。設定パネルの表示と非表示を切り替えるには、赤い三角ボタンのメニューから「設定パネルの表示」を選択します。

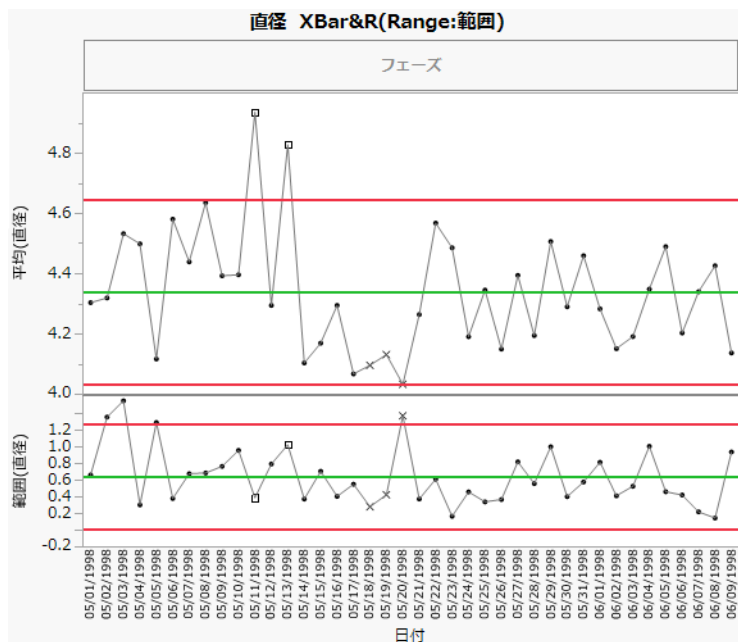
- 「フェーズがある Xbar-R 管理図の例」
- 「P 管理図の例」
- 「NP 管理図の例」
- 「C 管理図の例」
- 「U 管理図の例」
- 「G 管理図の例」
- 「T 管理図の例」
- 「3 種の管理図の例」

フェーズがある Xbar-R 管理図の例

医療用チューブのメーカーが、新規の製造工程を調べるために、チューブの直径を測定しました。測定対象は、過去40日間に製造されたチューブです。データ収集を開始してから20日後（フェーズ1）、製造機器に調整を加えました。その後20日間（フェーズ2）の製造工程が管理状態にあるかどうかを調べるため、データを分析してみましょう。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Diameter.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「直径」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「日付」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。

図3.13 「直径」の管理図

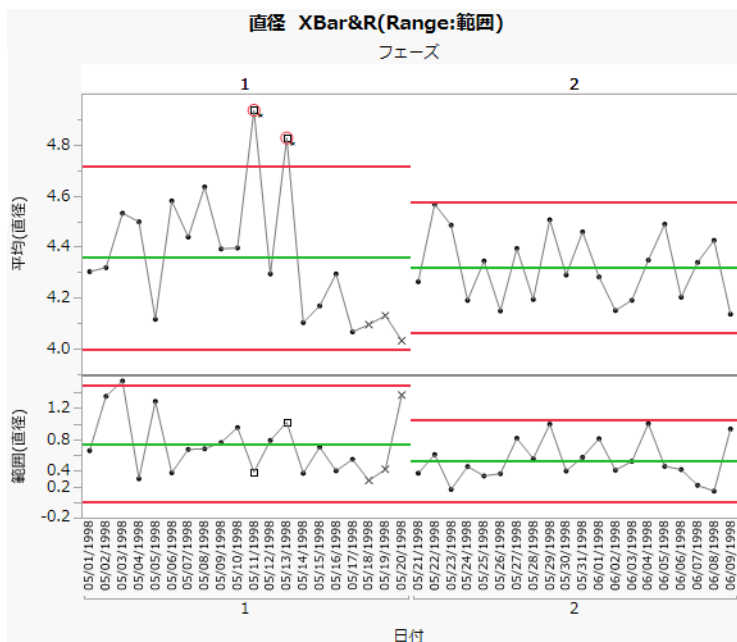


前半の20日間の方がばらつきが大きく、平均の管理図（Xbar管理図）を見ると、3つの点が管理限界の外にあります。20日後に製造機器が調整されたので、それ以降は新しい管理限界が設けたほうがよいでしょう。

フェーズごとに管理限界を個別に計算するには、次の手順に従います。

5. 「フェーズ」を「フェーズ」ゾーンにドラッグします。
6. 「平均」の管理図を右クリックし、[警告] > [限界を超えた点のテスト] を選択します。

図3.14 各フェーズの管理図



〔フェーズ〕変数の指定により、フェーズ2の管理限界はフェーズ2のデータのみを使用して求められたものになります。フェーズ2の観測値はいずれも管理限界内に収まっています。このことから、製造機器の調整後、工程は管理状態にあると結論することができます。

フェーズごとに色を塗る

管理図に異なるフェーズがある場合、それらの異なるフェーズに別々の背景色を付けて識別しやすくすることができます。

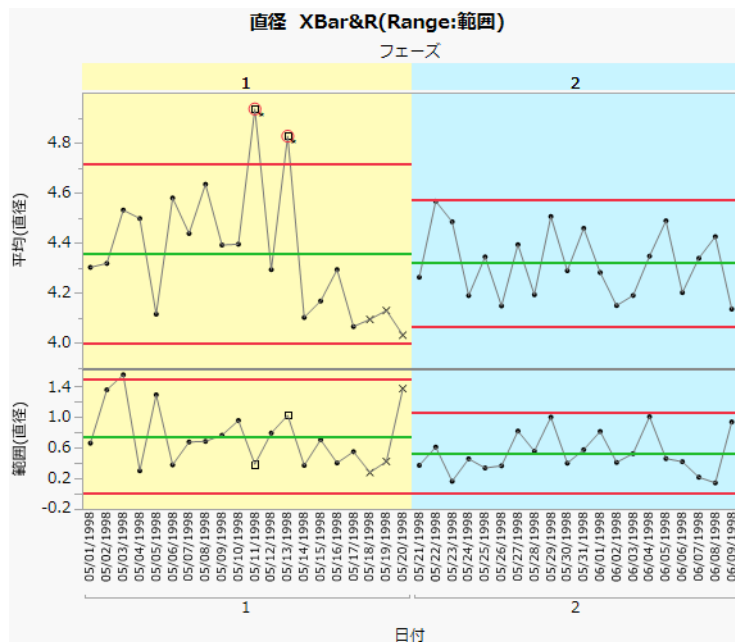
1. 図3.14に示すチャートでX軸をダブルクリックします。
2. 〔範囲を指定〕を選択します。
3. 「最小値」(最小のスケール)に「-0.5」と入力します。
4. 「最大値」(最大のスケール)に「19.5」と入力します。
5. 色を、たとえば黄色に変更します。透明度を40%に変更します。
6. 〔追加〕をクリックします。
7. 〔範囲を指定〕をクリックします。
8. 「最小値」(境界線)に「19.5」と入力します。
9. 「最大値」(軸の最大)に「39.5」と入力します。
10. 色を、たとえば水色に変更します。透明度を40%に変更します。

11. [追加] をクリックします。

プレビュー表示で管理図の外観を確認できます。

12. [OK] をクリックします。

図3.15 色付けした管理図



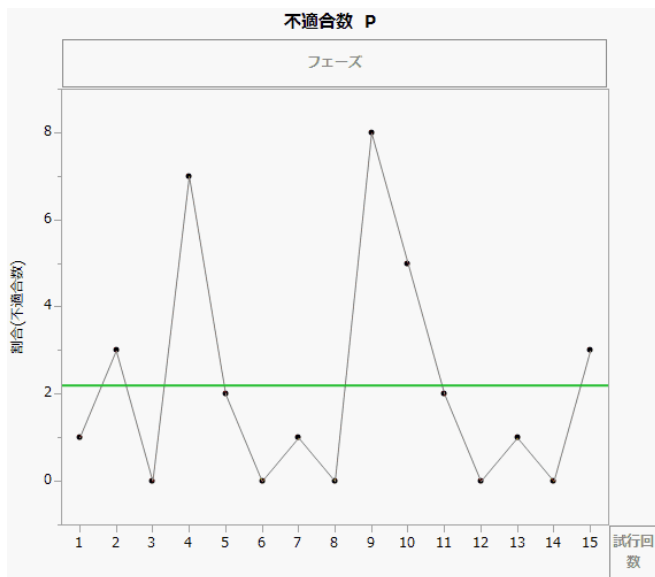
P 管理図の例

「Washers.jmp」サンプルデータには、ロットごとの不適合品の個数が記録されています。ロットサイズの列は2つ用意されています。出典は、『ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis』(American Society for Testing and Materials (1976)) です。「ロットサイズ」と「ロットサイズ2」の管理図を比較することにより、標本サイズが一定の場合と、標本サイズが異なる場合の違いを確認できます。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Washers.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「不適合品数」を「Y」ゾーンにドラッグします。
「個々の測定値 & 移動範囲」管理図が表示されます。
4. ドロップダウンから「計数値の Shewhart 管理図」を選択し、管理図の種類を計数値管理図に変更します。
C 管理図が表示されます。
5. 「 σ 」を「[二項]」に変更すると、NP 管理図に切り替わります。

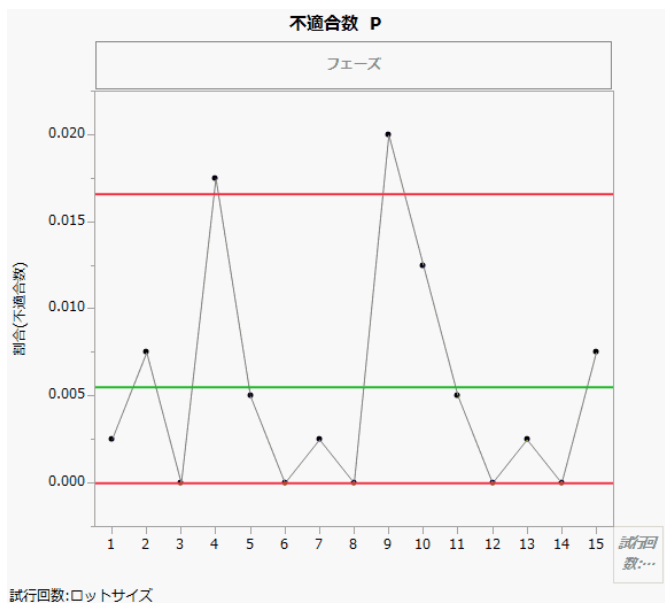
6. 「統計量」を「度数」から「割合」に変更すると、P管理図に切り替わります。

図3.16 P管理図



7. 「ロットサイズ」を「試行回数」ゾーンにドラッグします。

図3.17 ロットサイズを指定したP管理図



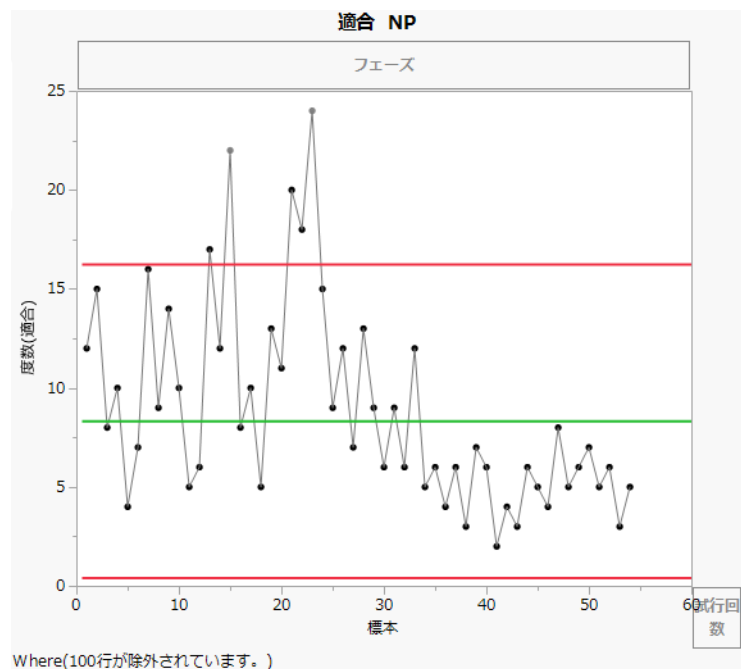
「ロットサイズ」または「ロットサイズ2」を「試行回数」ゾーンにドラッグし、それぞれの管理図を比較すると、ロットサイズが一定の場合と、ロットサイズが異なる場合の違いを確認できます。

NP 管理図の例

「Bottle Tops.jmp」サンプルデータは、ボトルキャップの製造工程をシミュレートしたデータです。「標本」は各ボトルの標本ID番号です。「適合」は、ボトルのキャップが設計基準を満たしているかどうかを示します。「フェーズ」列では、工程を調整する前の期間を第1フェーズ、工程を調整した後の期間を第2フェーズとしています。工程の変更に関する注釈も記録されています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Bottle Tops.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「標本」を「サブグループ」ゾーンにドラッグします。
4. 「適合」を「Y」ゾーンにドラッグします。

図3.18 NP管理図



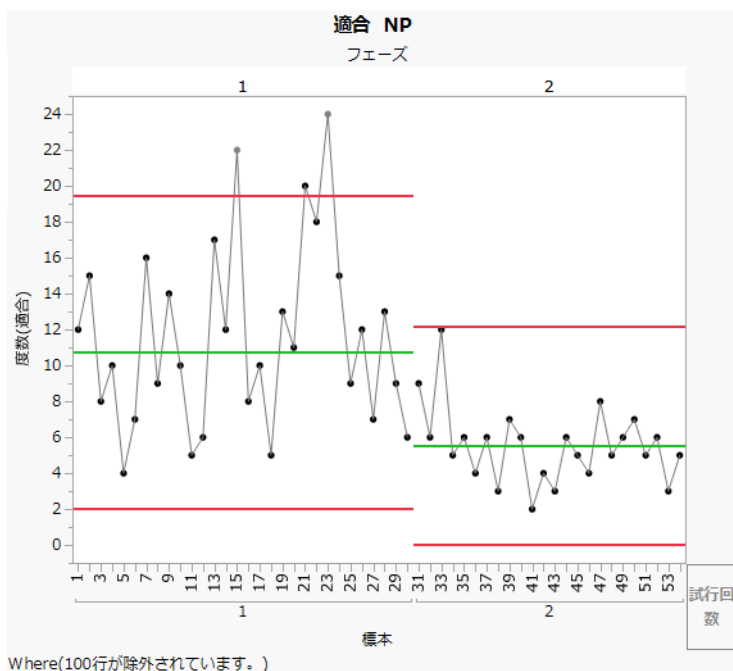
当初の工程において不適合品が多く、5つの点（標本13, 15, 21, 22, 23）が上側管理限界の外側にあります。標本15には「new material」（新材料の導入）、標本23には「new operator」（新しいオペレーターの配属）が発生したという注釈が記録されています。フェーズ1が終わった時点で製造機が調整されました。

そのため、フェーズ2が管理状態にあるかどうかを評価するには、全期間のデータから求められた管理限界を使用するべきではありません。

各フェーズの管理限界を個別に計算するには、次の手順に従います。

5. 「フェーズ」を「フェーズ」ゾーンにドラッグします。

図3.19 フェーズがあるNP管理図



「フェーズ」変数の指定により、フェーズ2の管理限界はフェーズ2のデータのみを使用して求められたものになります。フェーズ2ではいずれの点も管理限界内に収まっています。このことから、製造機の調整後、工程は管理状態にあると結論することができます。

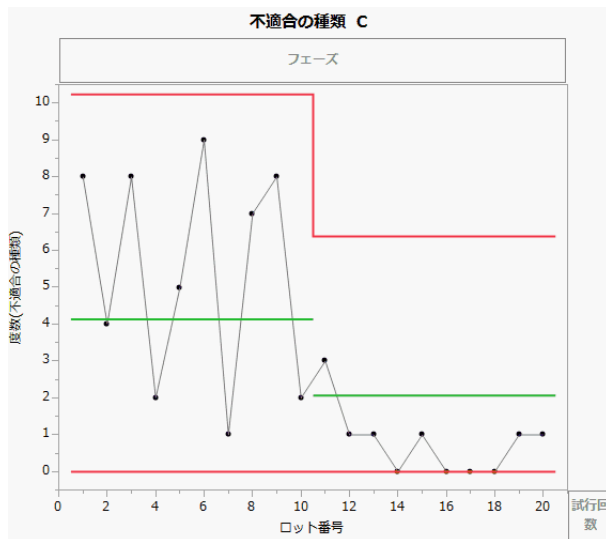
C 管理図の例

「Cabinet Defects.jmp」サンプルデータは、2つの期間に製造されたキャビネットの不適合の種類に関するデータをまとめたものです。

1. 「ヘルプ」 > 「サンプルデータライブラリ」を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Cabinet Defects.jmp」を開きます。
 2. 「分析」 > 「品質と工程」 > 「管理図ビルダー」を選択します。
 3. 「不適合の種類」を「Y」ゾーンにドラッグします。
 4. 「ロット番号」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。
- 「不適合の種類」のNP管理図が表示されます。

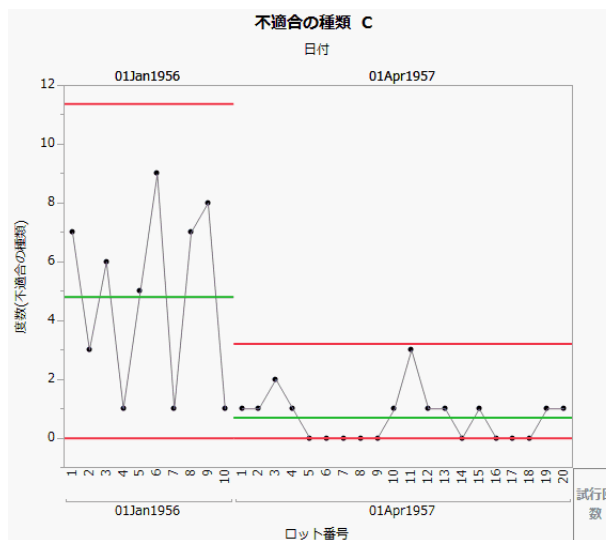
5. 「σ」のリストから **[Poisson]** を選択してC管理図に切り替えます。
6. 「不適合の種類」の開閉アイコンをクリックして開きます。不適合の種類の値がすべて表示されますが、**[Bruised veneer]** だけが選択され、管理図上に表示されています。他の不適合の種類を選択すると、管理図が即座に更新されます。今はそのままにしておきます。

図3.20 「不適合の種類」のC管理図



7. フェーズ変数を追加するには、「日付」を「フェーズ」ゾーンにドラッグします。

図3.21 「不適合の種類」のC管理図（フェーズを指定）



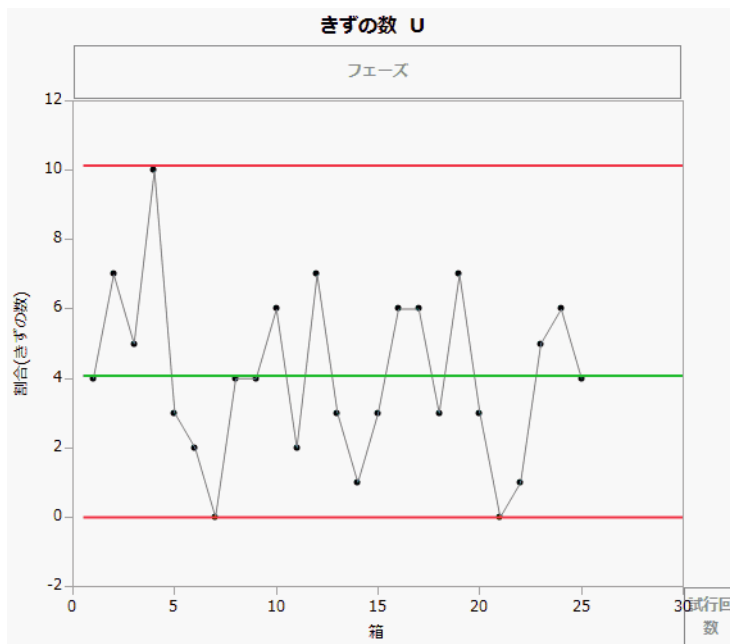
これで、2つの期間における結果を確認できます。どちらの期間でも、すべての点が管理限界内に収まっています。「イベントの選択」で他の不適合の種類を選択すると、管理限界が更新され、選択した種類の不適合に関する結果を確認できます。

U 管理図の例

「Shirts.jmp」サンプルデータテーブルには、箱詰めしているシャツにおけるきずの数が記録されています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Shirts.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「きずの数」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「箱」を「サブグループ」ゾーンにドラッグします。
「きずの数」の「個々の測定値&移動範囲」管理図が表示されます。
5. 計数値管理図に変更するには、ドロップダウンリストから「計数値の Shewhart 管理図」を選択します。
「きずの数」のC管理図が表示されます。
6. 「統計量」を「度数」から「割合」に変更すると、U管理図に切り替わります。

図3.22 U管理図



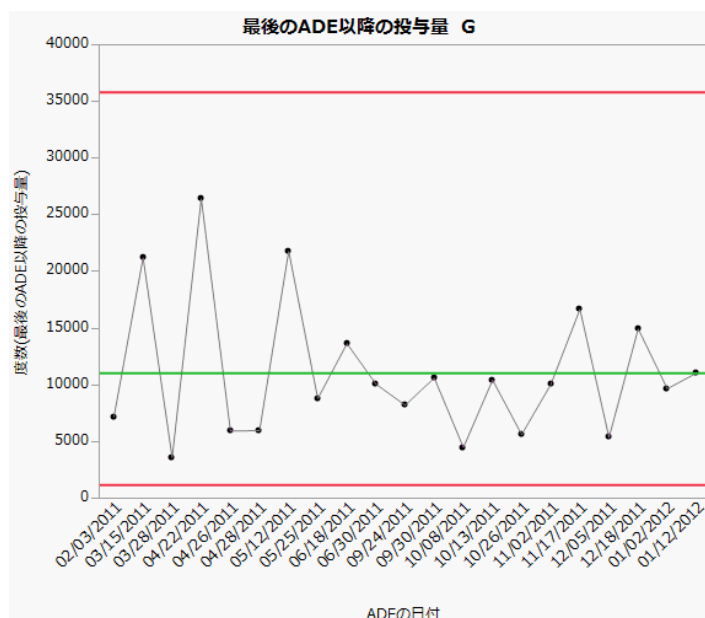
すべての点が管理限界の内側にあります。

G 管理図の例

まれなイベントの管理図は、(故障が起きてから次の故障が生じるまでの機会数や時間間隔などの)正規分布に従わないデータを分析する場合に役立ちます。G 管理図では、まれにしか発生しない事象(希少事象)の発生頻度が想定より高くなっていないかどうか、何らかの介入が必要となっていないかを効率的に見極めることができます。G 管理図は、希少事象が前回起こってから次に生じるまでの機会数に対する管理図です。この種のデータを標準的な Shewhart 管理図でプロットすると、管理限界の幅が狭くなりすぎ、多くの点が誤って管理外と判断される可能性があります。「Adverse Reactions.jsp」サンプルデータは、乱数シミュレーションにより作成された疑似データであり、入院患者の薬物有害事象(ADE; Adverse Drug Events)について追跡した報告データを模しています。「薬物有害事象」とは、薬物を投与された患者に生じたあらゆる好ましくない症状や反応を指します。有害事象が生じた日付と、最後の有害事象の経過日数がデータとして記録されています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Adverse Reactions.jsp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「最後の ADE 以降の投与量」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「ADE の日付」を「サブグループ」ゾーンにドラッグします。
「最後の ADE 以降の投与量」の「個々の測定値 & 移動範囲」管理図が表示されます。
5. まれなイベントの管理図に変更するには、ドロップダウンリストから「まれなイベント」を選択します。
「最後の ADE 以降の投与量」の G 管理図に、前回の有害事象発生後からの投与量が表示されます。

図3.23 G 管理図

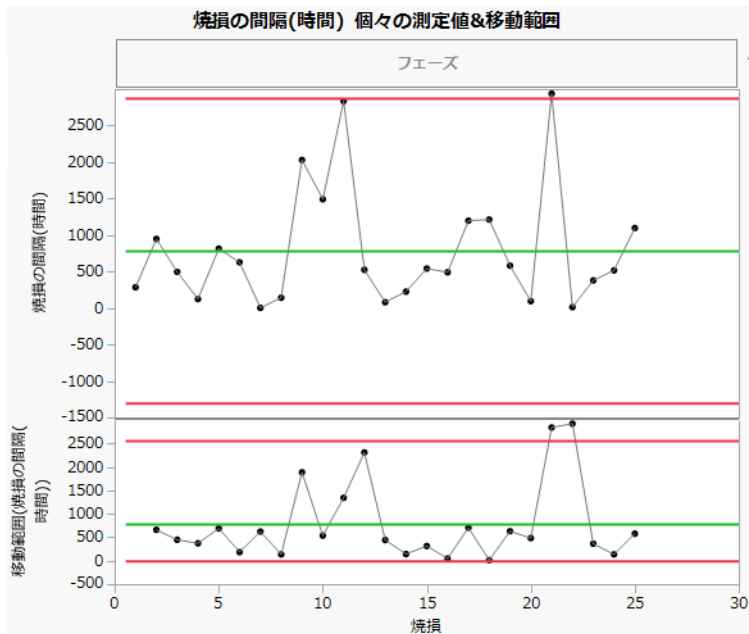


T管理図の例

まれなイベントの管理図は、(故障が起きてから次の故障が生じるまでの機会数や時間間隔などの) 正規分布に従わないデータを分析する場合に役立ちます。T管理図は、希少事象が前回発生してから次に生じるまでに経過した時間に対する管理図です。この種のデータを標準的なShewhart管理図でプロットすると、管理限界の幅が狭くなりすぎ、多くの点が誤って管理外と判断される可能性があります。「Fan Burnout.jmp」サンプルデータは、ファンの製造工程を乱数シミュレーションで生成した疑似データです。第1列は焼損したファンを示し、第2列は焼損から次の焼損までに経過した時間数を示します。

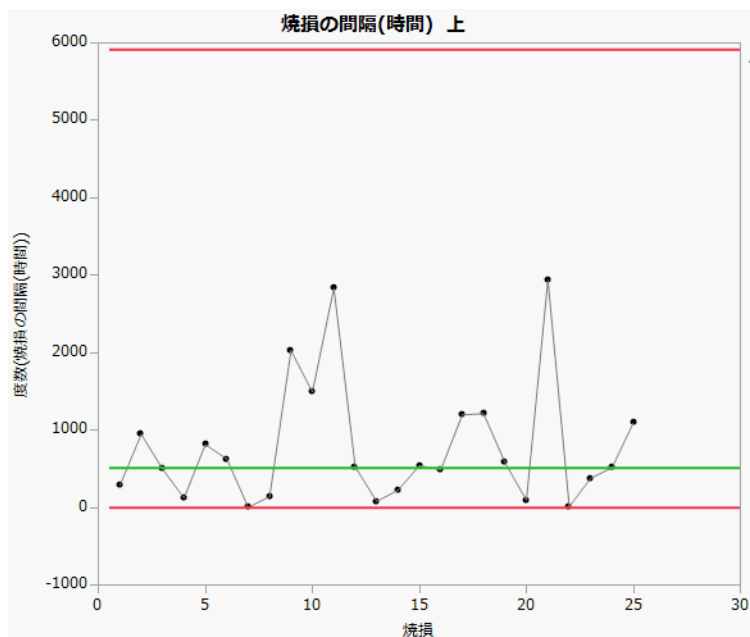
1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Fan Burnout.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「焼損の間隔(時間)」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「焼損」を「サブグループ」ゾーンにドラッグします。

図3.24 「焼損」の「個々の測定値&移動範囲」管理図



5. まれなイベントの管理図に変更するには、ドロップダウンリストから「まれなイベント」を選択します。
「焼損の間隔(時間)」のG管理図が表示されます。すべての点が管理限界の内側にあることがわかります。
6. 「 σ 」を[負の二項] から [Weibull] に変更すると、T管理図に切り替わります。

図3.25 「焼損の間隔(時間)」のT管理図



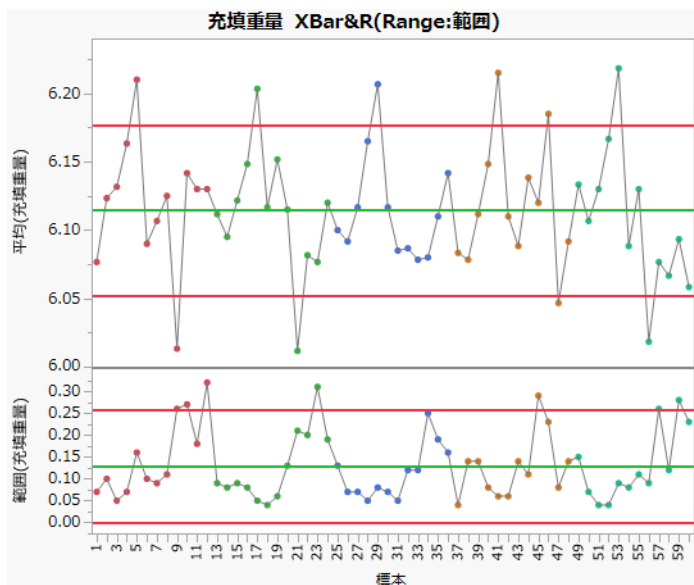
T管理図では、すべての点が管理限界の内側に収まっています。この分析に関しては、「個々の測定値&移動範囲」管理図は管理限界の範囲が狭すぎ、適切ではなかったということがわかります。

3種の管理図の例

統計的管理状態であっても、バッチ内変動だけでなく、バッチ間変動もある場合に、3種の管理図は役に立ちます。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Vial Fill Weights.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「充填重量」を「Y」ゾーンにドラッグします。
4. 「標本」を「サブグループ」ゾーン（下部）にドラッグします。

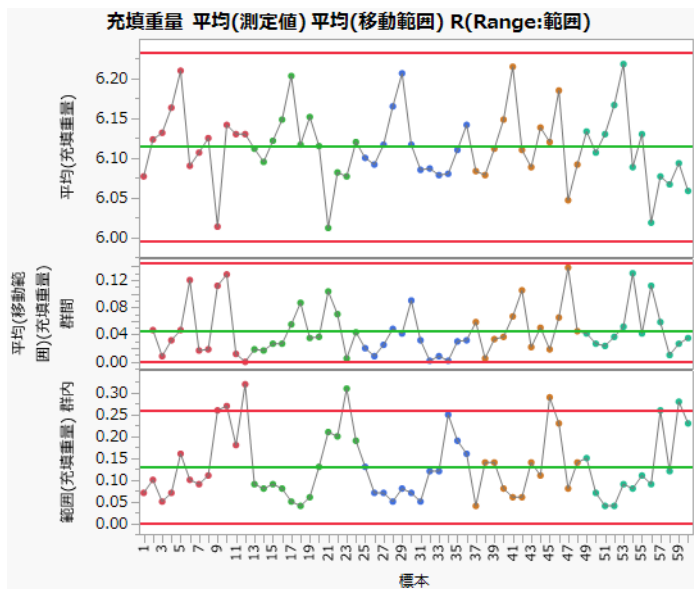
図3.26 XBar-R管理図

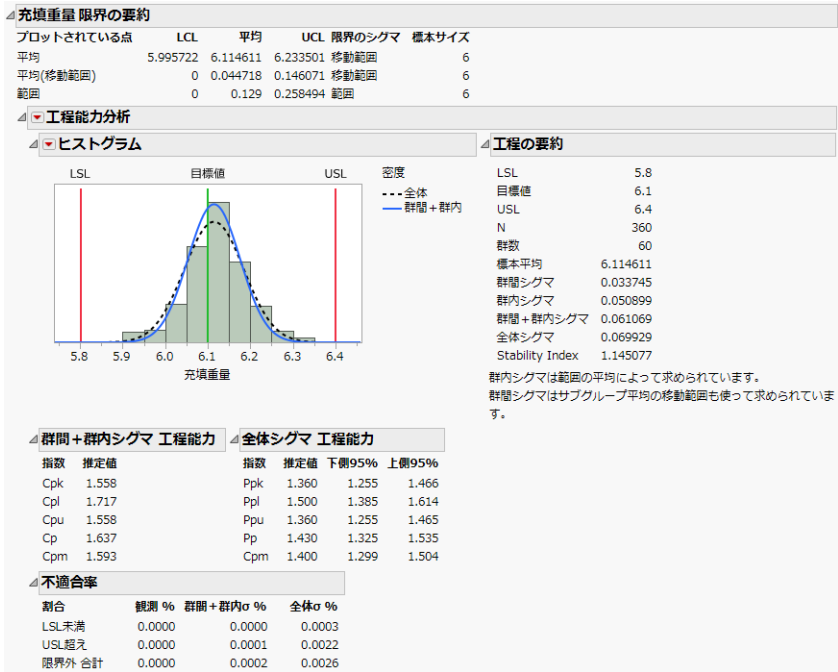


範囲の管理図(R管理図)は、各標本の範囲をプロットすることに注意してください。平均の管理図(XBar管理図)の管理限界は、そのR管理図の平均から計算されています。

5. 左下の【3種の管理図】をクリックします。

図3.27 3種の管理図





移動範囲の管理図が、XBar 管理図と R 管理図の間に表示されます。XBar 管理図の新しく算出された管理限界は、ロット平均の移動範囲をもとに計算されています。

「管理図ビルダー」プラットフォームの統計の詳細

メモ: 「管理図ビルダー」ではなく「管理図」プラットフォームで作成された管理図の場合は、計算式中の3を k で置き換えてください。

メモ: JMP では、American Society for Testing and Materials (1951) で説明されている方法を使用しています。同書では、標準的な管理図に関して、サブグループの標本サイズが25までの定数を算出しています。サブグループの標本サイズが25を超えるサンプルでは、JMP は σ の推定と管理限界の計算の両方で、サブグループの標本サイズ25に対する管理図定数を使用しています。

- 「XBar-R 管理図の管理限界」
- 「XBar-S 管理図の管理限界」
- 「個々の測定値 - 移動範囲管理図の管理限界」
- 「P 管理図と NP 管理図の管理限界」
- 「U 管理図と C 管理図の管理限界」
- 「Levey-Jennings 管理図」

- 「G管理図の管理限界」
- 「T管理図の管理限界」
- 「3種の管理図の管理限界」

XBar-R 管理図の管理限界

JMPの \bar{X} -R 管理図では、管理限界が次式により計算されます。

$$\bar{X} \text{ 管理図の下側管理限界 (LCL)} = \bar{X}_w - \frac{3\hat{\sigma}}{\sqrt{n_i}}$$

$$\bar{X} \text{ 管理図の上側管理限界 (UCL)} = \bar{X}_w + \frac{3\hat{\sigma}}{\sqrt{n_i}}$$

$$R \text{ 管理図の下側管理限界 (LCL)} = \max(d_2(n_i)\hat{\sigma} - 3d_3(n_i)\hat{\sigma}, 0)$$

$$R \text{ 管理図の上側管理限界 (UCL)} = d_2(n_i)\hat{\sigma} + 3d_3(n_i)\hat{\sigma}$$

R 管理図の中心線: 第 i サブグループの中心線は、デフォルトでは R_i の期待値の推定値を示し、 $d_2(n_i)\hat{\sigma}$ で計算されます。この式で、 $\hat{\sigma}$ は σ の推定値です。3 は σ に対する乗数です。

\bar{X} -R 管理図では、標準偏差は次式により推定されます。

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{R_1}{d_2(n_1)} + \dots + \frac{R_N}{d_2(n_N)}}{N}$$

ここで

\bar{X}_w = サブグループ平均の重み付き平均

σ = 工程の標準偏差

n_i = i 番目のサブグループの標本サイズ

$d_2(n)$ は、母標準偏差が 1 である n 個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の期待値

$d_3(n)$ は、母標準偏差が 1 である n 個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の標準偏差

R_i は、 i 番目のサブグループの範囲

N は、 $n_i \geq 2$ であるサブグループの数

XBar-S 管理図の管理限界

JMP の \bar{X} -S 管理図では、管理限界が次式により計算されます。

$$\bar{X} \text{ 管理図の下側管理限界 (LCL)} = \bar{X}_w - \frac{3\hat{\sigma}}{\sqrt{n_i}}$$

$$\bar{X} \text{ 管理図の上側管理限界 (UCL)} = \bar{X}_w + \frac{3\hat{\sigma}}{\sqrt{n_i}}$$

$$S \text{ 管理図の下側管理限界 (LCL)} = \max(c_4(n_i)\hat{\sigma} - 3c_5(n_i)\hat{\sigma}, 0)$$

$$S \text{ 管理図の上側管理限界 (UCL)} = c_4(n_i)\hat{\sigma} + 3c_5(n_i)\hat{\sigma}$$

S 管理図の中心線: 第 i サブグループの中心線は、デフォルトでは s_i の期待値の推定値を示し、 $c_4(n_i)\hat{\sigma}$ で計算されます。この式で、 $\hat{\sigma}$ は σ の推定値です。3 は σ に対する乗数です。

\bar{X} -S 管理図では、標準偏差は次式により推定されます。

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{s_1}{c_4(n_1)} + \dots + \frac{s_N}{c_4(n_N)}}{N}$$

ここで

\bar{X}_w = サブグループ平均の重み付き平均

σ = 工程の標準偏差

n_i = i 番目のサブグループの標本サイズ

$c_4(n)$ は、母標準偏差が 1 である n 個の独立した正規分布に従う確率変数の標準偏差の期待値

$c_5(n)$ は、母標準偏差が 1 である n 個の独立した正規分布に従う確率変数の標準偏差の標準偏差

N は、 $n_i \geq 2$ であるサブグループの数

s_i は、 i 番目のサブグループから計算された標準偏差

個々の測定値 - 移動範囲管理図の管理限界

個々の測定値に対する管理図の管理限界は、次のように計算されます。

$$\text{個々の測定値管理図の下側管理限界 (LCL)} = \bar{X} - 3\hat{\sigma}$$

$$\text{個々の測定値管理図の上側管理限界 (UCL)} = \bar{X} + 3\hat{\sigma}$$

移動範囲の管理図の管理限界は、次のように計算されます。

$$\text{移動範囲管理図の下側管理限界 (LCL)} = 0$$

$$\text{移動範囲管理図の上側管理限界 (UCL)} = d_2(n)\hat{\sigma} + 3d_3(n)\hat{\sigma}$$

個々の測定値 - 移動範囲管理図では、標準偏差は次式により推定されます。

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2(n)}$$

ここで

\bar{X} = 個々の測定値の平均

$\overline{MR} = (MR_2 + MR_3 + \dots + MR_N) / (N - 1)$ で算出した非欠測値の移動範囲の平均 ($MR_i = |x_i - x_{i-1}|$)

σ = 工程の標準偏差

$d_2(n)$ は、母標準偏差が1である n 個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の期待値

$d_3(n)$ は、母標準偏差が1である n 個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の標準偏差

メモ: 「管理図ビルダー」プラットフォームの移動範囲の管理図では、移動範囲の区間 (n) が2に設定されます。

P 管理図と NP 管理図の管理限界

P 管理図と NP 管理図では、管理限界は次のように計算されます。

$$\text{P 管理図の下側管理限界 (LCL)} = \max(\bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_i}, 0)$$

$$\text{P 管理図の上側管理限界 (UCL)} = \min(\bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_i}, 1)$$

$$\text{NP 管理図の下側管理限界 (LCL)} = \max(n_i\bar{p} - 3\sqrt{n_i\bar{p}(1-\bar{p})}, 0)$$

$$\text{NP 管理図の上側管理限界 (UCL)} = \min(n_i\bar{p} + 3\sqrt{n_i\bar{p}(1-\bar{p})}, n_i)$$

ここで

\bar{p} は、全サブグループの不適合品率の平均

$$\bar{p} = \frac{n_1 p_1 + \dots + n_N p_N}{n_1 + \dots + n_N} = \frac{X_1 + \dots + X_N}{n_1 + \dots + n_N}$$

n_i は、 i 番目のサブグループのアイテム数

U 管理図と C 管理図の管理限界

U 管理図と C 管理図では、管理限界は次のように計算されます。

$$\text{U 管理図の下側管理限界 (LCL)} = \max(\bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n_i}, 0)$$

$$\text{U 管理図の上側管理限界 (UCL)} = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n_i}$$

$$\text{C 管理図の下側管理限界 (LCL)} = \max(n_i \bar{u} - 3\sqrt{n_i \bar{u}}, 0)$$

$$\text{C 管理図の上側管理限界 (UCL)} = n_i \bar{u} + 3\sqrt{n_i \bar{u}}$$

管理限界は、 n_i に従って変化します。

u_i は、 i 番目のサブグループにおけるユニットあたりの不適合数。一般に、 $u_i = c_i/n_i$

c_i は、 i 番目のサブグループにおける不適合数の合計

n_i は、 i 番目のサブグループの検査ユニット数

\bar{u} は、全サブグループのユニットあたり不適合数の平均。数量 \bar{u} は、重み付き平均として計算される

$$\bar{u} = \frac{n_1 u_1 + \dots + n_N u_N}{n_1 + \dots + n_N} = \frac{c_1 + \dots + c_N}{n_1 + \dots + n_N}$$

N は、サブグループの数

Levey-Jennings 管理図

Levey-Jennings 法の管理図では、長期シグマに基づいて、工程平均と管理限界を計算します。管理限界は、中央線から $3s$ の位置にあります。

Levey-Jennings 法の管理図の標準偏差 (s) は、「一変量の分布」プラットフォームの標準偏差と同じ方法で計算されます。

$$s = \sqrt{\frac{N}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$$

G 管理図の管理限界

負の二項分布は、幾何分布やPoisson分布を拡張した分布です。Poisson分布に基づいて計算される理論的な分散よりもデータの分散が大きいときに、負の二項分布は使われています。負の二項分布に基づく管理限界としては、一般的には、正確に求める方法と、近似的に求める方法があります。近似的な管理限界は、負の二項分布をカイ2乗分布で近似します。なお、サブグループの標本サイズにかかわらず、すべてのデータが個々の測定値として処理されます。

X が (μ, k) をパラメータとする負の二項分布に従うとした場合、次式が近似的に成り立ちます。

$$P(X \leq r) \sim P(X_v^2 \leq \frac{2r+1}{1+\mu k})$$

ここで

X_v^2 は、自由度 $v = 2\mu / (1+\mu k)$ のカイ2乗分布に従う変数。

この式に従い、近似的な上側管理限界と下側管理限界を求めることができます。片側の有意水準（片側方向で第1種の誤りを犯す確率）が α であるとき、近似的な上側管理限界（UCL）は次式を満たします。

$$P(X > \text{UCL}) = 1 - P(X_v^2 \leq \frac{2\text{UCL}+1}{1+\mu k}) = \alpha$$

同様に、近似的な下側管理限界（LCL）は次式を満たします。

$$P(X < \text{LCL}) = 1 - P(X_v^2 \geq \frac{2\text{LCL}+1}{1+\mu k}) = \alpha$$

したがって、近似的な下限管理限界（LCL）と上限管理限界（UCL）は、それぞれ次のように計算されます。

$$\text{UCL} = \frac{X_{v, 1-\alpha}^2(1+\mu k) - 1}{2}$$

$$\text{LCL} = \frac{X_{v, \alpha}^2(1+\mu k) - 1}{2}$$

ここで

$X_{v, 1-\alpha}^2$ （および $X_{v, \alpha}^2$ ）は、自由度が $v = 2\mu / (1+\mu k)$ であるカイ2乗分布の上限（および下限）パーセント点です。なお、下側管理限界が負の数になった場合は0に設定されます。

負の二項分布に従う管理限界については、Hoffman（2003）を参照してください。

T 管理図の管理限界

データに0がない場合、形状パラメータと尺度パラメータの推定値がデータから計算され、それを基に Weibull 分布のパーセント点が求められます。

次式によって、管理限界を求めます。

$p1$ = 標準正規分布の -3 における累積確率

$p2 = 0.50$ (標準正規分布の 0 における累積確率)

$p3$ = 標準正規分布の 3 における累積確率

中心線 = Weibull Quantile ($p2, \beta, \alpha$)

UCL = Weibull Quantile ($p1, \beta, \alpha$)

LCL = Weibull Quantile ($p3, \beta, \alpha$)

ここで

β は Weibull 分位点関数の形状パラメータ、 α は尺度パラメータです。Weibull 分位点関数の詳細については、[\[ヘルプ\] > \[スクリプトの索引\]](#) を参照してください。

3 種の管理図の管理限界

群内シグマ

3 種の管理図における群内シグマ推定値は、範囲の平均を使用して推定されます。この群内シグマ推定値を求めるのに適切な管理図は、[\[平均 \(測定値\)\]](#)・[\[平均 \(移動範囲\)\]](#)・[\[R 管理図\]](#) だけです。

$$\hat{\sigma}_{\text{within}} = \frac{\frac{R_1}{d_2(n_1)} + \dots + \frac{R_N}{d_2(n_N)}}{N}$$

この式では、次のような表記を使用しています。

R_i = i 番目のサブグループの範囲

n_i = i 番目のサブグループの標本サイズ

$d_2(n_i)$ は、母標準偏差が 1 である n_i 個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の期待値

$N = n_i \geq 2$ であるサブグループの数

群間シグマ

3種の管理図における群間シグマ推定値は、サブグループの平均の移動範囲を使用して推定されます。

$$\hat{\sigma}_{\text{between}} = \sqrt{\left(\frac{\overline{MR}}{d_2(2)}\right)^2 - \frac{\hat{\sigma}_{\text{within}}^2}{H}}$$

この式では、次のような表記を使用しています。

$\overline{MR} = (MR_2 + MR_3 + \dots + MR_N) / (N - 1)$ で算出した非欠測値の移動範囲の平均 ($MR_i = |y_i - y_{i-1}|$)
 $d_2(2)$ は、母標準偏差が1である2個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の期待値

$$H = \frac{N}{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \dots + \frac{1}{n_N}} \quad (\text{サブグループの標本サイズの調和平均})。$$

メモ: 群間シグマが負の値になると推定される場合、0に設定されます。

群間+群内シグマ

3種の管理図における群間+群内シグマ推定値は、群内シグマと群間シグマ推定値の組み合わせを使用して推定されます。

$$\hat{\sigma}_{\text{between-and-within}} = \sqrt{\hat{\sigma}_{\text{within}}^2 + \hat{\sigma}_{\text{between}}^2}$$

第4章

統計的管理図

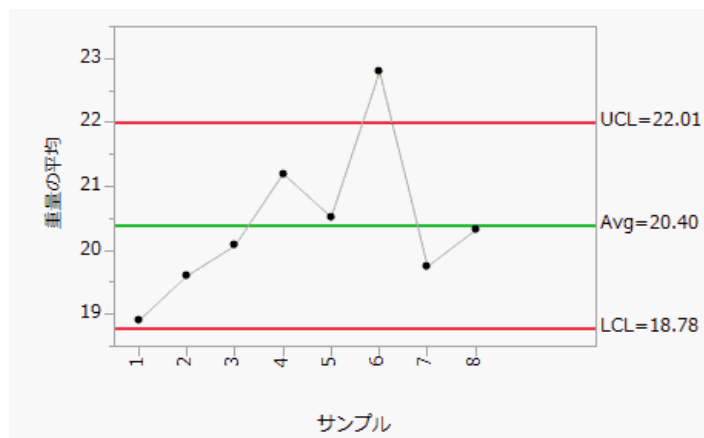
計量値管理図と計数値管理図を作成する

管理図は、工程における変動（ばらつき）を監視するためのグラフです。工程における変動が自然な場合には、管理限界内に収まります。管理図では、管理限界を基準にして、一般原因による変動と特殊原因による変動を見分けます。通常、特殊原因による変動が見られる場合は、それを取り除き、工程を管理状態に戻すために、何らかの改善を行います。また、工程能力を判断するうえでも、一般原因による変動を定量化することは重要です。

JMPの「管理図」プラットフォームでは、いろいろな管理図とランチャートを作成できます。管理図によって工程を改善するのを手助けするために、[管理図]メニューのオプションでは、次のような種類の管理図を選択できます。また、いくつかのフェーズに分かれているデータを、1つの管理図に描くことができます。

- ランチャート
- \bar{X} 管理図、 R 管理図、 S 管理図
- IR 管理図（個々の測定値と移動範囲の管理図）
- P 管理図・ NP 管理図・ C 管理図・ U 管理図
- $UWMA$ 管理図と $EWMA$ 管理図
- $CUSUM$ （累積和）管理図
- 予め集計管理図・Levey-Jennings管理図・多変量管理図
- \bar{X} ・ R ・ S ・ IR ・ P ・ NP ・ C ・ U ・予め集計・Levey-Jenning法の管理図に関して、フェーズがある場合の管理図

図4.1 管理図の例



目次

「管理図」プラットフォームの概要	87
「管理図」プラットフォームの例	87
Shewhart 管理図の種類	89
計量値の管理図	89
計数値の管理図	90
「管理図」プラットフォームの起動	92
工程に関する情報	93
管理図の種類に関する情報	95
管理限界の指定	95
統計量の指定	96
「管理図」レポート	97
「管理図」プラットフォームのオプション	99
「管理図」ウィンドウのオプション	99
各管理図に対するオプション	102
限界値の保存と取得	104
標本の除外・非表示・削除	108
「管理図」プラットフォームの別例	109
ランチャートの例	109
XBar - R 管理図の例	110
サブグループの標本サイズが異なるときの Xbar - S 管理図の例	112
IR 管理図（個々の測定値と移動範囲の管理図）の例	113
P 管理図の例	114
NP 管理図の例	115
C 管理図の例	116
U 管理図の例	117
UWMA 管理図の例	118
EWMA 管理図の例	119
予め集計管理図の例	120
フェーズの例	122
「管理図」プラットフォームの統計的詳細	123
メディアン移動範囲管理図の管理限界	123
UWMA 管理図の管理限界	123
EWMA 管理図の管理限界	124

「管理図」プラットフォームの概要

管理図は、工程における変動（ばらつき）を調べるためのグラフです。製造業などで、工程が予測可能で安定した状態にあるかどうかを判断するために管理図は使われています。工程における変動が通常の状態と異なっていると判断された場合には、より低コストで高品質の製品を製造できるように工程を改善します。

どのような工程でも、経時的に測定される測定値にはばらつきが見られます。測定値のばらつきは次の2種類に大別されます。

- **一般原因（通常原因）**による変動。安定状態にある工程でも、測定値のランダムなばらつきは避けられません。ばらつきが通常原因によるものだけの場合、測定値は予測される限界内に収まります。
- **異常原因（特殊原因）**による変動。特殊原因による変動がある場合の例としては、工程平均が変わる、管理限界の外に点が見られる、測定値が徐々に上がるまたは下がる傾向にあるなどが挙げられます。このような変動は、ツールや機械の故障、装置の劣化、原材料の変化などが要因となっている可能性があります。工程における変化や不具合は通常、異常原因による測定値のばらつきとして現れます。

管理図では、一般原因による工程変動を定量化することにより特殊原因を見つけられます。管理図で一般原因による変動かそうでないかを判断するひとつの方法は、管理限界を用いることです。管理限界は、一般原因による変動のみを含む工程の測定値の範囲を示したものです。測定点が管理限界内にあれば、工程は安定状態にあります。測定点が管理限界の外側にある場合、特殊原因が存在することを示唆しています。そのような場合は、工程を管理内の状態に戻すため、何らかの対処が必要です。

管理図がどれほど役に立つかは、標本抽出の方法により左右されます。標本抽出は合理的に計画してください。工程を代表するサブグループを選択する必要があります。合理的なサブグループ化とは、工程の標本抽出時に、特殊原因が群内変動ではなく群間変動として現れるようにサブグループを選択することです。

管理図は、大きく分けると計量値と計数値の管理図に分類されます。計量値の管理図には、移動平均管理図とCUSUM（累積和）管理図も含まれます。CUSUM管理図は、計数値に対して使われることもあります。詳細については、「[移動平均管理図](#)」（89ページ）および「[VマスクCUSUM管理図](#)」章（139ページ）を参照してください。

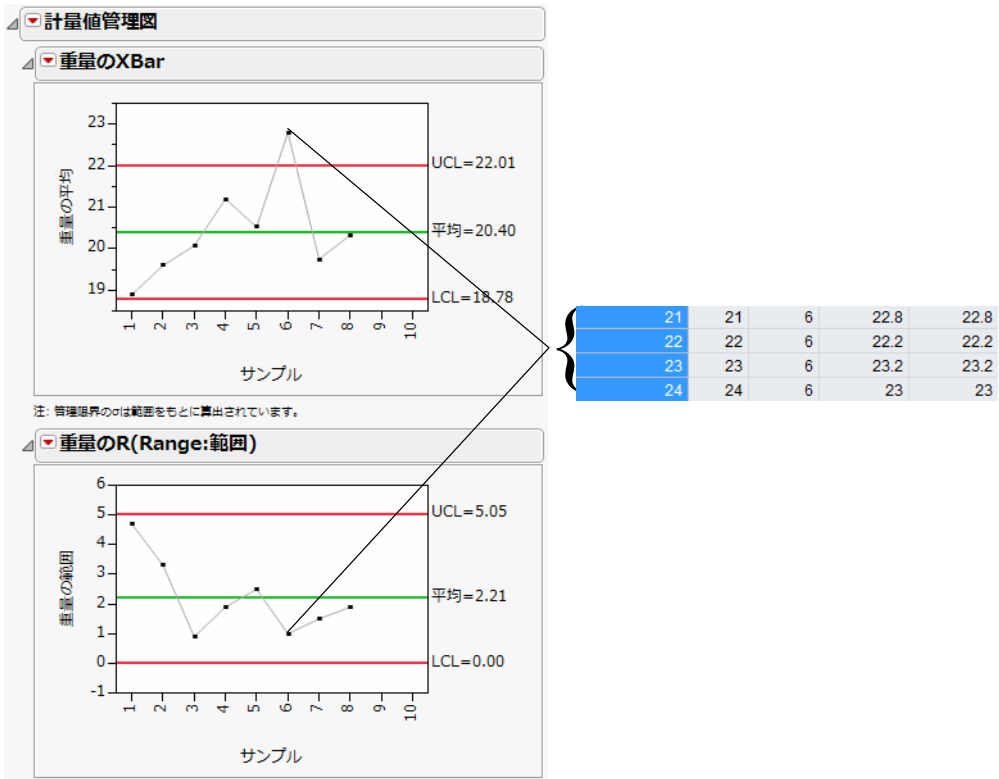
「管理図」プラットフォームの例

次の例は、サンプルデータフォルダ内の「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」サンプルデータを使っています（出典は、『ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis』）。分析対象となる品質特性は「重量」列で、サブグループの標本サイズは4に設定してあります。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [XBar] を選択します。
[XBar] と [R(Range: 範囲)] が選択されていることを確認します。
3. 「重量」を選択し、[工程] をクリックします。

- 4. 「サンプル」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
- 5. [OK] をクリックします。

図4.2 「Coating」データの計量値管理図



工程の \bar{X} -R 管理図は図4.2のようになります。サンプル6は、工程が統計的管理状態にないことを示しています。標本の値を調べるには、どちらかの管理図上でサンプル6の点をクリックします。すると、対応する行がデータテーブル内で強調表示されます。

メモ: \bar{X} 管理図と S 管理図を同時に選択した場合、 \bar{X} 管理図の管理限界は標準偏差に基づいて計算されます。それ以外の場合は、 \bar{X} 管理図の管理限界は範囲に基づいて計算されます。

Shewhart 管理図の種類

管理図は、大きく分けると計量値と計数値の管理図に分類されます。

計量値の管理図

計量値の管理図には、プロットされるサブグループの要約統計量の種類によって、次のようなものがあります。

- ランチャートは、データを点のつながりとして表示します。
- \bar{X} 管理図は、サブグループの平均をプロットしたものです。
- R 管理図は、サブグループの範囲（最大値－最小値）をプロットしたものです。
- S 管理図は、サブグループの標準偏差をプロットしたものです。
- 予め集計管理図は、サブグループの平均や標準偏差をプロットしたものです。

[IR] を選択した場合は、次の2つの管理図が描かれます。

- 個々の測定値管理図は、個々の測定値をプロットしたものです。
- 移動範囲管理図は、2つ以上の連続した測定値の移動範囲をプロットしたものです。

ランチャート

ランチャートは、データを折れ線によって描きます。ウィンドウまたはスクリプトを使って**標本ラベル**の列が指定されているときは、ランチャートにグループ平均をプロットすることもできます。

XBar 管理図、R 管理図、S 管理図

これらの管理図は連続尺度の品質特性（計量値）を分析するのに使われていて、工程平均を示す XBar 管理図と、その下に、対応する R 管理図または S 管理図が表示されます。

個々の測定値に対する管理図

個々の測定値管理図は、個々の測定値をプロットしたものです。サブグループ標本に測定値が1つずつしか含まれていないときに適しています。

移動範囲管理図は、2つ以上の連続した測定値の移動範囲をプロットしたものです。移動範囲は、「**移動範囲の区間**」ボックスに入力した数の測定値から計算されます。デフォルトは2です。移動範囲は相関しているので、移動範囲管理図を解釈するときに注意が必要です。

移動平均管理図

移動平均管理図では、移動平均の計算に、サブグループの平均ではなく個々の測定値を使用することもできます。ただし、個々の測定値の移動平均管理図は、個々の測定値と移動範囲の管理図 (IR 管理図) とは異なります。

一様加重移動平均管理図

一様加重移動平均（UWMA：Uniformly Weighted Moving Average）管理図（単に、移動平均管理図ともいう）の各点は、 w 個の最近のサブグループ平均（現在のものも含む）の平均です。新しく標本サブグループを入手すると、 w 個のサブグループ平均の中で最も古いものを除外し、代わりに新しい標本サブグループを入れて、新しい移動平均が計算されます。定数 w は移動平均の範囲（スパン）と呼ばれ、移動平均の計算に使用するサブグループの数を指します。範囲 (w) の値が大きければ大きいほど UWMA 管理図の線は滑らかになり、シフトが線に及ぼす影響が小さくなります。つまり、 w の値が大きいと、小さなシフトは図に現れないようになります。

指数加重移動平均管理図

指数加重移動平均（EWMA: Exponentially Weighted Moving Average）管理図（GMA: 幾何移動平均管理図ともいう）の各点は、現在のサブグループ平均も含め、以前のサブグループ平均すべてを合わせて計算した加重平均です。時間をさかのぼるにつれて、重みを指数的に減少させています。現在のサブグループ平均に割り当てられる重み ($0 < \text{重み} \leq 1$) は、EWMA 管理図のパラメータです。重みの値を小さくすると、小さなシフトがあっても現在の移動平均の結果にはあまり影響を与えなくなります。

予め集計管理図

データが同じ工程単位を繰り返し測定したものである場合、その繰り返した測定値を単位ごとに1つの値に予め集計することができます。ただし、予め集計の管理図は、同一の工程単位または測定単位で繰り返し測定が行われたものでない限り、使用することをお勧めしません。

予め集計では、標本サイズまたは標本ラベルをもとに工程列が集計され、標本平均や標準偏差が計算されます。それから、起動ウィンドウで選択したオプションに従って予め集計したデータの管理図が作成されます。起動ウィンドウには、工程能力分析を追加するためのチェックボックスも用意されています。

計数値の管理図

これまで紹介してきた管理図では、工程変数として測定データを使います。測定データは通常、連続量であるため、それには連続量の理論に基づいた管理図を用います。管理図で扱われるもう1つのデータの種類の、度数データです。度数データの変数は、不適合品数や不適合数などの離散値を取ります。離散値を取るデータには、2項分布やPoisson分布に基づく計数値管理図を使用します。度数はサブグループごとに測定されるため、複数の管理図を比較するときは、サブグループごとのアイテム数に大きな差がないことを確認する必要があります。計数値管理図は、計量値管理図と同じように、サブグループの標本統計量によっていくつかの種類に分類されています。

計数値管理図の種類と選択基準

各アイテムが、適合か不適合かによって判断される

P 管理図 不適合品率を表示します。

NP 管理図 不適合品数を表示します。

各アイテムに関して、不適合数が数えられている

C管理図 不適合数を表示します。

U管理図 不適合率を表示します。

計数値管理図の場合は、工程変数として、不適合品数や不適合数といった度数、もしくは不適合品率や不適合率といった率を含む列を指定します。すべてのデータが0～1の非整数値である場合以外は、データは度数とみなされます。

- P管理図は、各サブグループの不適合品率をプロットしたもので、標本サイズが一定でなくても構いません。P管理図では、各サブグループが N_i 個のアイテムから成り、各アイテムは適合か不適合かで判断されるため、サブグループ内の不適合品数は最高で N_i です。
- NP管理図は、各サブグループの不適合品数をプロットします。NP管理図では、各サブグループが N 個のアイテムから成り、各アイテムは適合か不適合かによって判断されるため、サブグループの不適合品数は最高で N です。

メモ: P管理図またはNP管理図で「Sigma」列プロパティを使用する場合、この列プロパティの値は割合に相当するものでなければなりません。これらの管理図ではシグマを割合と標本サイズの関数として算出します。

- C管理図は、各サブグループの不適合数をプロットしたもので、各サブグループは通常、1つの検査単位から成ります。

注意: C管理図で標本サイズまたは一定のサイズを指定しなかった場合、標本ラベルが標本サイズとして使用されます。

- U管理図は、各サブグループのユニット（単位）あたりの不適合率をプロットしたもので、各サブグループの検査単位数は必ずしも一定ではありません。

注意: U管理図でユニットサイズまたは一定のサイズを指定しなかった場合、標本ラベルがユニットサイズとして使用されます。

Levey-Jennings 管理図

Levey-Jennings 法の手管理図では、長期シグマに基づいて、工程平均と管理限界を計算します。管理限界は、中央線から $3s$ の位置にあります。Levey-Jennings 法の手管理図におけるシグマ標準偏差 (s) は、「一変量の分布」プラットフォームの標準偏差と同じ方法で計算されます。

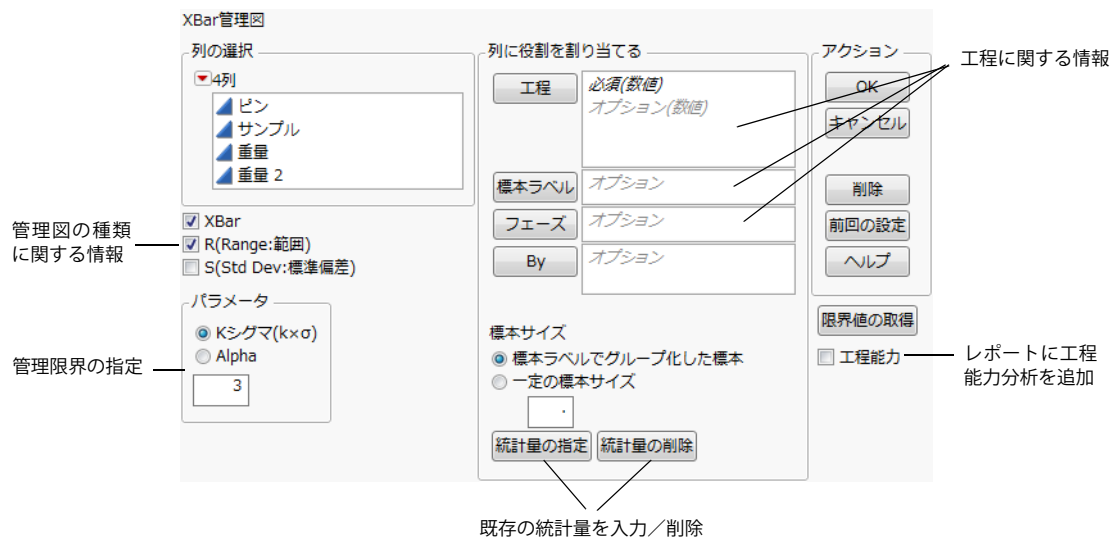
「管理図」プラットフォームの起動

「管理図」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [管理図] から該当する管理図の種類を選択します。図4.3のような「管理図」起動ウィンドウが開きます。ウィンドウに表示される具体的な内容は、選択した管理図の種類によって若干異なります。最初は、次の種類の情報が表示されます。

- 工程に関する情報（測定値変数の選択に利用）
- 管理図の種類に関する情報
- 管理限界の指定
- 統計量の指定

それぞれの領域に表示される情報は、選択した管理図の種類によって異なります。起動ウィンドウで、どのような管理図を作成するかを詳しく指定します。以下の節で、ウィンドウ内の各パネルについて説明します。

図4.3 「XBar管理図」起動ウィンドウ



工程に関する情報

起動ウィンドウには、データテーブルにある列がリストされます。ここで、分析対象となる変数とサブグループ標本のサイズを指定します。

工程

管理図にプロットする変数を選択します。

- 計量値管理図の場合は、測定値を指定します。
- 計数値管理図の場合は、不適合品数や不適合数といった度数、もしくは、不適合品率や不適合率といった率を指定します。すべてのデータが0～1の非整数値である場合以外は、データは度数とみなされます。

メモ: データテーブルの行は、管理図に表示する順序で並べ替えておく必要があります。**[標本ラベル]** 変数を指定する場合でも、データは管理図に表示する順序で並べ替えておかねばなりません。

標本ラベル

横軸のラベルにする変数を指定すれば、サイズの異なるサブグループを作成することができます。標本ラベル変数を指定しなかった場合、サブグループ標本に対する通し番号が横軸のラベルになります。

- サブグループの標本サイズが等しいときは、「**一定の標本サイズ**」オプションを選択し、テキストボックスにその標本サイズを入力します。標本ラベルの変数を指定した場合は、その変数の値が横軸のラベルになります。標本の欠測値の有無に関係なく、標本サイズは管理限界の計算時に考慮されます。
- サブグループ標本の行数が異なる場合や欠測値がある場合に列で各標本を識別するには、**[標本ラベルでグループ化した標本]** オプションを選択し、各標本を識別する値を含む列を指定してください。

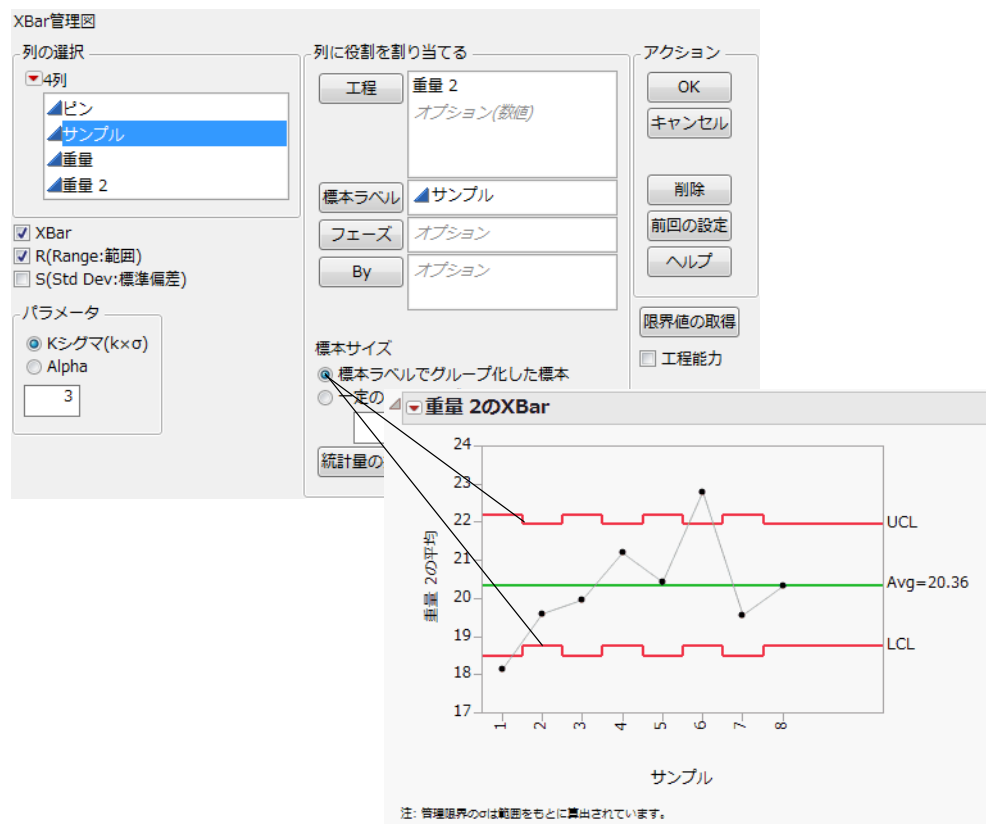
計数値管理図（P・NP・C・U管理図）では、データテーブルにおける1行が、1つのサブグループを表します。選択内容に応じて、「**標本サイズ**」、「**一定のサイズ**」、または「**ユニットサイズ**」などの追加のオプションが起動ウィンドウに表示されます。計数値管理図では、サブグループの標本サイズやユニットサイズを含んだ列を指定することもできます。管理図の種類として**IR**を選択した場合、**[移動範囲の区間]** テキストボックスが表示されます。このテキストボックスに入力するのは、**移動範囲**を計算するための測定値の個数です。

メモ:

- データテーブルの行は、管理図に表示する順序で並べ替えておく必要があります。**[標本ラベル]** 変数を指定する場合でも、データは管理図に表示する順に並べ替えておかねばなりません。
- **定数サイズ**に指定した値の非整数部分は、切り捨てられます。サブグループの標本サイズが一定の非整数になっている場合は、その非整数の定数を含む列をデータテーブルに用意し、その列を指定する必要があります。

図4.4は、サンプルデータの「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」データの \bar{X} 管理図で、サブグループの標本サイズが異なります。

図4.4 サブグループの標本サイズが異なる計量値管理図



フェーズ

「フェーズ」には、異なるフェーズ (phase; セクション) を識別する列を指定します。「フェーズ」とは、データテーブル内の連続する行をグループにまとめたものです。たとえば、新しい工程で生産を開始する前と後は異なるフェーズだと定義できます。指定したフェーズ変数の水準ごとに、シグマや限界値が新たに計算され、また、ゾーンやテストの結果が新たに計算されます。

$\bar{X} \cdot R \cdot S \cdot IR \cdot P \cdot NP \cdot C \cdot U$ ・予め集計・Levey-Jennings法の管理図の場合は、起動ウィンドウに【フェーズ】ボタンがあります。このボタンでフェーズ変数を指定すると、フェーズ変数の値によってグループ分けされます。限界値をデータテーブルに保存する際は、各フェーズに対して計算されたシグマと限界値が保存されます。例については、「[フェーズの例](#)」(122 ページ)を参照してください。

By

ここで指定した列の値ごとに、個別に分析が行われます。

管理図の種類に関する情報

管理図には、大きく分けて計量値管理図と計数値管理図の2種類があります。計量値管理図のうち、移動平均管理図とCUSUM（累積和）管理図はやや特殊なものです。

図4.5 計量値管理図のウィンドウのオプション

<input checked="" type="checkbox"/> XBar	XBar 管理図・R 管理図・S 管理図
<input type="checkbox"/> R(Range:範囲)	
<input checked="" type="checkbox"/> S(Std Dev:標準偏差)	
<input checked="" type="checkbox"/> 個々の測定値	IR
<input checked="" type="checkbox"/> 移動範囲(平均)	
<input type="checkbox"/> メディアン移動範囲	
移動範囲の区間 <input type="text" value="2"/>	
移動平均の範囲 <input type="text" value="2"/>	UWMA
重み <input type="text" value="0.2"/>	EWMA
<input checked="" type="checkbox"/> 両側	CUSUM（累積和）
<input type="checkbox"/> データ単位	
<input checked="" type="checkbox"/> グループ平均(測定値)	予め集計
<input type="checkbox"/> グループ標準偏差(測定値)	
<input checked="" type="checkbox"/> グループ平均(移動範囲)	
<input type="checkbox"/> グループ標準偏差(移動範囲)	
<input type="checkbox"/> グループ平均(メディアン移動範囲)	
<input type="checkbox"/> グループ標準偏差(メディアン移動範囲)	
移動範囲の区間 <input type="text" value="2"/>	

- [XBar] 管理図を選択すると、「XBar」・「R」・「S」のチェックボックスが表示されます。
- [IR] を選択すると、「個々の測定値」・「移動範囲」・「メディアン移動範囲」管理図のチェックボックスが表示されます。
- 一様加重移動平均（[UWMA]）と指数加重移動平均（[EWMA]）は、平均に対する管理図です。
- [CUSUM（累積和）] 管理図は、平均または個々の測定値に対する管理図です。
- [予め集計] を用いる場合には、どの統計量を予め集計するかを指定する必要があります。
- [P]・[NP]・[C]・[U] 管理図、[ランチャート]、および [Levey-Jennings 法] 管理図には、追加指定する項目はありません。

それぞれの種類については、「[「管理図」プラットフォームの概要](#)」（87ページ）の節で説明しています。

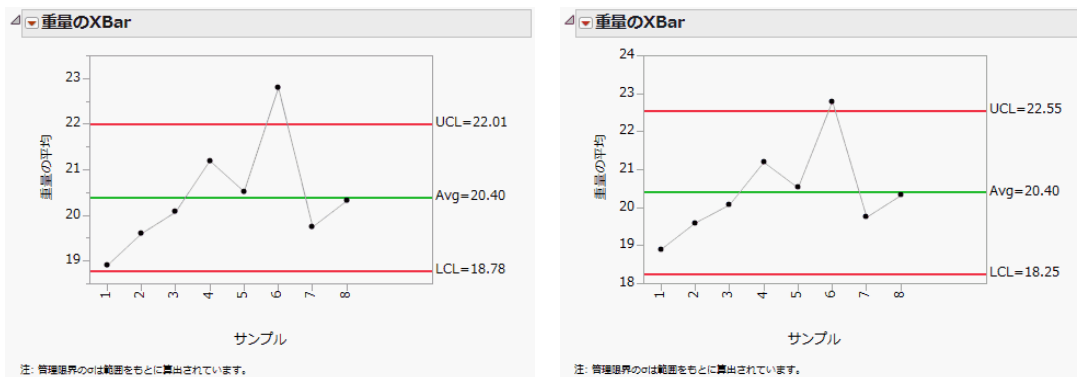
管理限界の指定

管理限界は、 k の倍数（**Kシグマ**）と有意水準（**Alpha**）のどちらかの値に基づき現在のデータから計算することができます。また、工程変数の列の列プロパティに予め設定しておくか、または、限界値のデータテーブルに予め保存しておくか、いずれかの方法で管理限界を指定することもできます。限界値のデータテーブルおよび [限界値の取得] ボタンについては、「[限界値の保存と取得](#)」（104ページ）で説明しています。[**Kシグマ** ($k\sigma$)] または [**Alpha**] を指定する場合は、どちらか一方だけを指定してください。[**Kシグマ** ($k\sigma$)] は、デフォルトでは3（3シグマ）に設定されています。

Kシグマ ($k\sigma$)

このオプションは、各標本における標準誤差に対する倍数によって、管理限界を設定します。[Kシグマ ($k\sigma$)] を指定すると、期待値より標準誤差の k 倍だけ大きい値および小さい値が管理限界になります。 k を指定するには、[Kシグマ ($k\sigma$)] のラジオボタンをクリックし、テキストボックスに正の値を入力します。通常は、 k を3 (3σ) に設定します。図4.6の例は、「Coating.jsp」データの \bar{X} 管理図で、Kシグマが3のときと4のときを比較したものです。

図4.6 Kシグマが3（左図）と4（右図）のときの管理図



Alpha

管理限界（確率限界（**probability limits**）とも呼ばれる）として、工程が管理された状態にあるときに、サブグループの統計量が管理限界を超える確率（**Alpha**）を使用します。Alphaを指定するには、[Alpha] ラジオボタンをクリックし、確率の値を入力します。通常、Alphaは0.01～0.001の間に設定します。正規性を仮定した \bar{X} 管理図で、管理状態にあるときのパラメータが既知である場合、Kシグマ3に相当するAlpha値は、0.0027です。

統計量の指定

工程変数を指定した後、「管理図」起動ウィンドウに[統計量の指定] ボタンがある場合にこれをクリックすると、ウィンドウの下部にテキストボックスのタブが開きます。そこに工程変数として使う既知の統計量（つまり、既存のデータから取得した統計量）を入力すると、その値を使って管理図が作成されます。図では、工程変数の標準偏差が1、測定値の平均が20になっています。

図4.7 統計量の指定の例

XBar管理図で使用する既知の統計量

重量 2

Sigma	1
平均値(測定値)	20
平均値(範囲)	.
平均値(標準偏差)	.

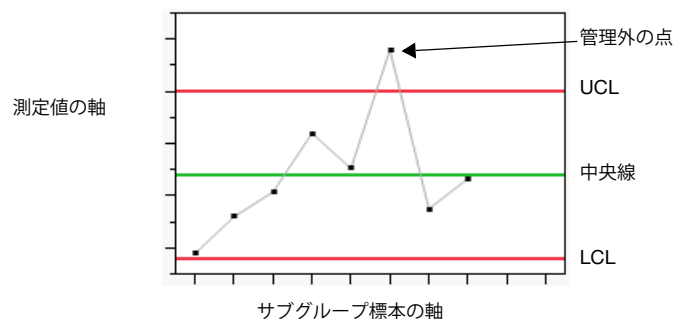
メモ: ユーザが指定した平均には、プロット上で「 μ_0 」というラベルが付きます。

「管理図」起動ウィンドウ（図4.3）の【工程能力】オプションを選択すると、プラットフォームの起動時に仕様限界を入力するウィンドウが開きます。管理図で計算されたシグマが、工程能力分析の「管理図シグマ」での計算に利用されます。仕様限界を入力して【OK】をクリックすると、管理図と同じウィンドウに工程能力分析が表示されます。工程能力指数の計算については、『基本的な統計分析』の「一変量の分布」章を参照してください。

「管理図」レポート

作成される管理図は、工程が統計的管理状態にあるかどうかの判断材料として役立ちます。レポートの内容は、選択した管理図の種類によって異なります。図4.8は、単純な管理図を例に、各部について説明しています。データを追加するたび、またはデータテーブルを変更するたびに、管理図は動的に更新されます。

図4.8 管理図の例



メモ: データテーブルで除外されている行は、ランチャート・P管理図・U管理図・C管理図では非表示になります。

管理図には、次のような特徴があります。

- 管理図上の各点は、個々の測定値または要約統計量を示します。図 4.8 では、各点は各標本の平均を表しています。
サブグループは、工程の群間変動をできるだけ精確に捉えられるよう、**合理的に**設定されている必要があります。
- 管理図の縦軸は、計算された要約統計量を表します。
- 管理図の横軸は、標本のサブグループを表す時間軸です。時間の経過に沿って工程を観察することは、工程が変化しているかどうかを評価する上で重要です。
- 緑の線は中心線で、データの平均を示します。中心線は、工程が統計的管理状態にあるときの要約統計量の平均値（期待値）を示します。本来、測定値は中心線の両側に等しく分布します。そうでない場合は、工程平均が変化している証拠と考えられます。
- 2本の赤い線は、上側管理限界（UCL; Upper Control Limit）と下側管理限界（LCL; Lower Control Limit）です。工程が統計的管理状態にあるときに要約統計量が変動すると思われる範囲を示します。工程変動が一般原因によるものだけである場合、すべての点が管理限界内にランダムに分布します。図 4.8 では、点のうち1つが上側管理限界より上にあります。この点は、特殊原因による変動を示す可能性が高く、場合によっては不具合かも知れません。
- 管理限界（CUSUM 管理図の場合は V マスク）の外に点がある場合は、特殊原因による変動があると考えられます。

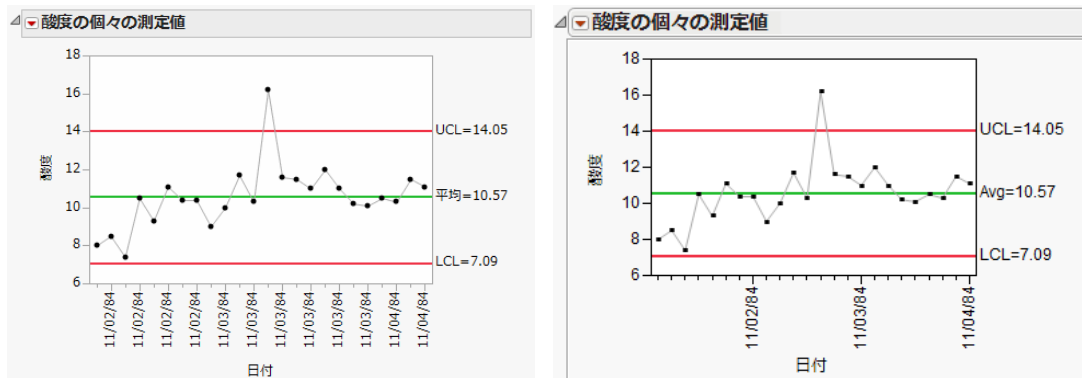
各プラットフォームで作成された管理図は、データテーブルに新しいデータが追加されたときにリアルタイムで更新されます。

管理図に異常原因による変動が見られ、それが工程の劣化によるものである場合は、適切に対処し、工程を統計的管理状態に戻す必要があります。異常原因による変動が工程の改善を意味する場合は、変動の原因を詳しく調べ、意識的に工程に組み込む必要があります。

X 軸または Y 軸上をダブルクリックすると、該当する「軸の指定」ウィンドウが開き、軸上に表示されるラベルの形式、軸の値の範囲、目盛りの数、グリッド線、参照線などを指定することができます。

たとえば、「Pickles.jmp」データは、3 日間にわたって測定したデータを記録したものです。図 4.9 では、デフォルトで X 軸の 1 つおきの目盛りにラベルがついています。図 4.9 の左側のようにラベルが見にくい状態になってしまうことがあります。8 つの目盛りごとにラベルをつければ、日付ごとに 1 つのラベルがつき、右側のプロットのようになります。

図4.9 X軸の目盛りのラベルを調整した例



ヒント: 警告とルールの詳細については、本書の「テスト」(48ページ) および「管理図ビルダー」章の「ウェストガードルール」(51ページ)を参照してください。

「管理図」プラットフォームのオプション

管理図の赤い三角ボタンのメニューでは、プラットフォーム内のいろいろな要素を調整できます。

- 一番上のタイトルバーにあるメニューは、プラットフォームウィンドウ全体に作用するメニューです。選択した管理図の種類によって異なるメニュー項目が表示されます。「[「管理図」ウィンドウのオプション](#)」(99ページ)を参照してください。
- 管理図の種類を表示したタイトルバーにあるメニューは、1つ1つの管理図に対するオプションです。「[各管理図に対するオプション](#)」(102ページ)を参照してください。

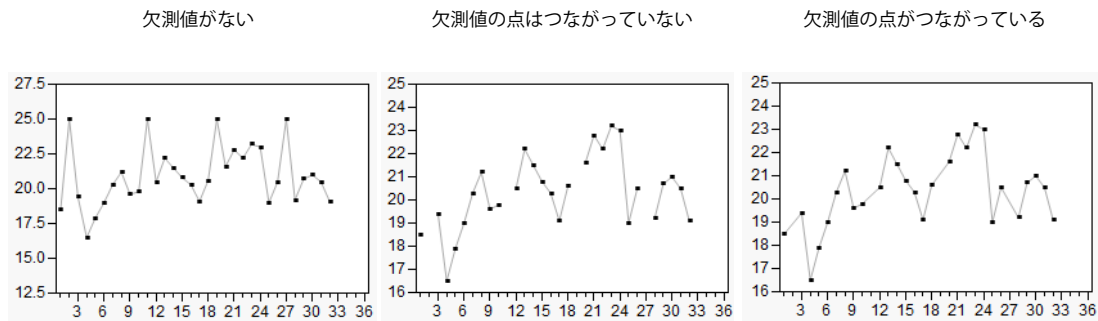
「管理図」ウィンドウのオプション

ウィンドウ最上部のタイトルバーにある赤い三角ボタンのメニューには、レポートウィンドウに関連するオプションがあります。たとえば、起動ダイアログにて[XBar]と[R]を両方とも選択した場合、XBar管理図とR管理図の表示／非表示を個別に切り替えることができます。使用できるオプションの種類は、管理図の種類によって異なります。グレー表示になっているオプションは選択できません。

限界値の凡例を表示 プロットの右に位置する平均(中心線)、LCL(下側管理限界)、UCL(上側管理限界)の表示／非表示を切り替えます。

欠測値をつなぐ 欠測値となっている標本があっても点を直線でつなぎます。図4.10の左側の管理図は、欠測値となっている標本がない管理図です。中央の管理図では、番号が2, 11, 19, 27である標本欠測値となっているのですが、これらの点はつながれていません。右側の管理図では、「[欠測値をつなぐ](#)」オプションが選択されています(デフォルトの設定)。

図4.10 「欠測値をつなぐ」 オプションの例



中央値の使用 ランチャートでは、各ランチャートの赤い三角ボタンのメニューから「中心線の表示」オプションを選択すると、中心値の位置に線が表示されます。中心線で使われる統計量は、メインの「ランチャート」の赤い三角ボタンのメニューにある「中央値の使用」の設定に左右されます。「中央値の使用」がオンになっているときは中央値、それ以外の場合は平均が中心線になります。限界値をファイルに保存すると、全体平均と中央値も保存されます。

工程能力 工程能力分析を実行します。このオプションを選択すると、工程変数の下側仕様限界・目標値・上側仕様限界を入力するウィンドウが表示されます。

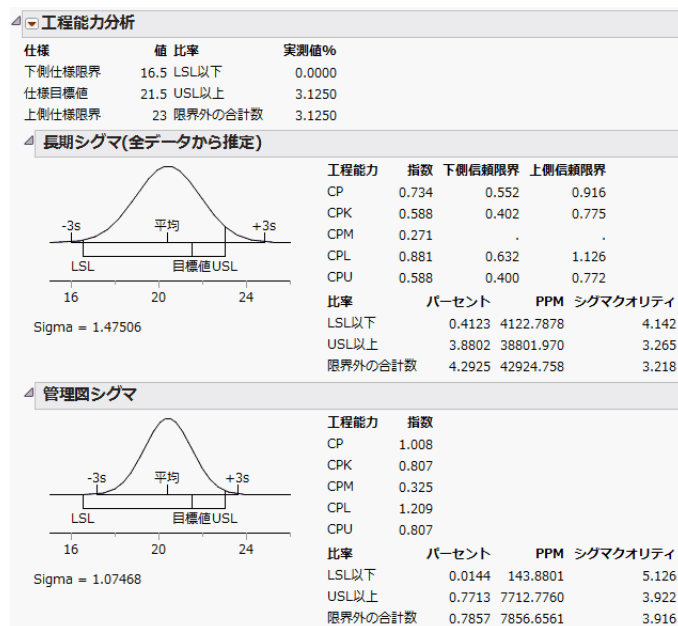
図4.11 「工程能力分析」ウィンドウ

下側仕様限界	16.5
目標値	21.5
上側仕様限界	23

OK キャンセル ヘルプ

図4.12は、「Coating.jmp」を使用し、下側仕様限界を16.5、目標値を21.5、上側仕様限界を23とした場合の「工程能力分析」レポートです。

図4.12 「Coating.jmp」の「工程能力分析」レポート



工程能力分析の詳細については、『基本的な統計分析』の「一変量の分布」章を参照してください。

σの保存 σの計算結果が、JMPデータテーブル内の工程変数列に列プロパティとして保存されます。

限界値の保存 管理限界を次のいずれかの方法で保存します。

列に 管理限界を応答変数（Y変数）の列プロパティとして保存します。管理限界値が定数である場合、管理図の種類ごとにLCL・平均・UCLが保存されます。このオプションは、フェーズがある管理図では使用できません。さらに、管理図において標本サイズが定数でない場合、このオプションは効果がありません。

新しいテーブルに 各管理図の平均とシグマを、新規作成したデータテーブルに保存します。管理限界値が定数である場合、LCL・Avg、UCLも保存されます。フェーズがある場合、各フェーズに対して情報が保存されます。このデータテーブルに保存しておけば、管理限界値を後で使用できます。それには、「管理図」起動ウィンドウで「**限界値の取得**」をクリックし、保存したデータテーブルを選択します。詳細は、「**限界値の保存と取得**」（104ページ）の節を参照してください。

要約の保存 新しいデータテーブルに、標本ラベル、標本サイズ、プロットに表示されている統計量、中心線、管理限界が保存されます。データテーブルに保存される統計量の種類は、管理図の種類によって異なります。

警告スクリプト 特殊原因のテストで異常が検出されたことを知らせるスクリプトを作成し、実行することができます。結果はログに出力されるか、または読み上げられます。詳細については、本書の「管理図ビルダー」章の「**テスト**」（48ページ）を参照してください。警告スクリプトの書き方の詳細は、『スクリプトガイド』の「プラットフォーム」章を参照してください。

以下のオプションについて詳しくは、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションに対応しているプラットフォームにおいては、[自動再計算] オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

By グループのスクリプトを保存 By 変数の全水準に対するレポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。起動ウィンドウでBy 変数を指定した場合のみ使用可能です。

各管理図に対するオプション

各管理図名の横にある赤い三角ボタンをクリックすると、メニューが開き、その管理図に関するオプションが表示されます。一部のオプションは、管理図上を右クリックしたときに[チャートオプション]の下にも表示されます。

箱ひげ図 サブグループ平均をプロットしたXbar管理図に、箱ひげ図が重ねて表示されます。箱ひげ図は、サブグループの最大値、最小値、75%点、25%点、メディアン（中央値）を示します。[点の表示] オプションをオフにしない限り、サブグループ平均を表すマーカーも表示されます。なお、表示されている管理限界は、サブグループ平均に対してだけ適用できるものです。[箱ひげ図] は、 \bar{X} 管理図だけで使用できるオプションです。箱ひげ図は、サブグループの標本サイズが大きいとき（各サブグループ内の標本数が10を超えると）に適しています。

垂線 プロット点から中心線へ、垂直線を引きます。

点をつなぐ データ点をつなぐ折れ線の表示／非表示を切り替えます。

点の表示 要約統計量を表す点の表示／非表示を切り替えます。デフォルトでは表示されます。[箱ひげ図] オプションを選択しているときにサブグループ平均を示すマーカーを表示したくない場合には、このオプションをオフにしてください。

線の色 点をつなぐ線の色をJMPカラーパレットから選択できます。

中心線の色 中心線の色をJMPカラーパレットから選択できます。

限界値の色 管理限界を示す線の色をJMPカラーパレットから選択できます。

線の幅 管理限界を示す線の幅を選択できます。選択肢は「細線」、「標準」、「太線」です。

点マーカー 管理図で使用するマーカーを選択できます。

中心線の表示 デフォルトでは、中心線が緑色で表示されます。[中心線の表示] をオフにすると、管理図から中心線とその凡例が取り除かれます。

管理限界の表示 管理限界と凡例の表示／非表示を切り替えます。

管理限界の表示桁数 ラベルに表示する小数点以下桁数を指定できます。

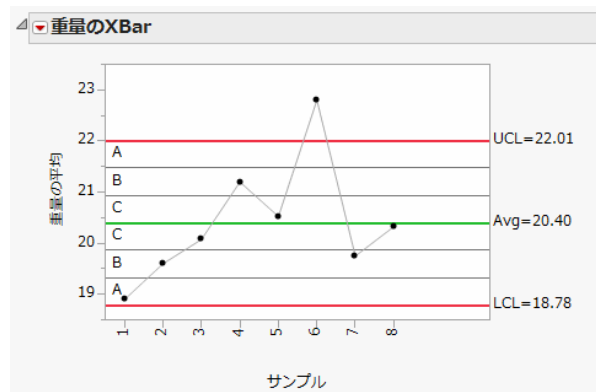
テスト サブメニューが開くので、適用するテストを選択します。すると、そのテストで異常と見なされたものが表示されるようになります。テストは、管理限界を 3σ に設定した場合だけ適用されます。テスト1～4は、XBar管理図、個々の測定値の管理図、および計数値管理図にだけ適用されます。テスト5～8は、XBar管理図、予め集計管理図、個々の測定値の管理図にだけ適用されます。適用できないオプションは、グレー表示になっています。標本サイズが等しくない場合、[テスト]のオプションはグレー表示になります。[テスト]オプションまたは[ゾーンの表示]オプションが選択されている状態で、管理図が開いている間に標本が変更され、標本サイズが一定になった場合は、すぐにオプションが適用され、管理図上に表示されます。この8つの特殊原因テスト (special causes test) は、**Western Electricルール**とも呼ばれます。特殊原因テストの詳細については、「管理図ビルダー」章の「[テスト](#)」(48ページ)を参照してください。

ウェストガードルール ウェストガードルールは、工程が管理状態にあるか管理状態から逸脱しているかを判断する指標となります。各テストには、判断基準となるルールの省略形が名前としてついています。「管理図ビルダー」章の「[ウェストガードルール](#)」(51ページ)における説明と図を参照してください。

限界を超えた点のテスト このコマンドを実行すると、管理限界を超えた点すべてに、「*」という印が付きます。これは管理限界値が指定されたすべての管理図で使用でき、標本サイズが一定であるかどうかや、 k の大きさや管理限界の幅は問いません。たとえば、標本サイズが異なる場合に、このコマンドを使ってR管理図において管理限界を超えるすべての点に印を付けることができます。

ゾーンの表示 ゾーンの線の表示／非表示を切り替えます。ゾーンにはA・B・Cというラベルがついています(図は、「Coating.jmp」データの「重量」をプロットしたXbar管理図です)。ゾーンの線がテストでの境界線となります。中心線の下上に、それぞれ 1σ の間隔をあけて3本ずつ線が引かれ、それらで3つのゾーンに分けられます。

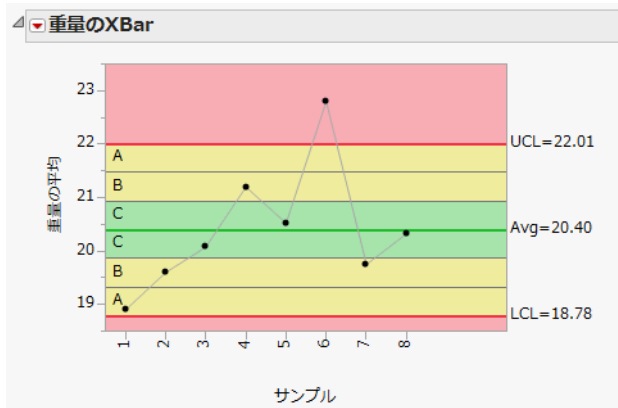
図4.13 ゾーンの表示



ゾーンで色分け ゾーンの色表示のオン／オフを切り替えます。このオプションをオンにすると、ゾーンが緑色・黄色・赤色で表示されます。緑色は、中心線から 1σ までの領域です。黄色は、中心線から $2\sigma \sim 3\sigma$

の領域です。そして、赤色は、 3σ を超えた領域です。ゾーンでの色分けは、ゾーン線の有無に関わらず設定できます。

図4.14 ゾーンで色分けした管理図



OC 曲線 一部の管理図では、検査特性曲線（OC 曲線: Operating Characteristic curve）が表示できます。JMP では、 $\bar{X} \cdot P \cdot NP \cdot C \cdot U$ 管理図だけに OC 曲線を表示できます。OC 曲線は、ロットが品質検査に合格する確率が、標本の品質とともにどのように変化するかを表します。管理図オプションから [OC 曲線] オプションを選択すると、新しいウィンドウが開き、管理図内のすべての計算値をそのまま使った OC 曲線が表示されます。または、JMP スターターの [管理] タブから直接起動することもできます。OC 曲線のもとになる管理図を選択し、ウィンドウが開いたら、「目標値」・「下側管理限界」・「上側管理限界」・「k」・「シグマ」・「標本サイズ」を指定します。同様に、1 回抜取検査と 2 回抜取検査の OC 曲線を描くこともできます。それには、[表示] > [JMP スターター] > [管理] (カテゴリのリスト内) > [OC 曲線] の順にクリックします。ポップアップウィンドウが開いたら、[1 回抜取検査] または [2 回抜取検査] を選択します。次に開いたウィンドウで、(1 回抜取検査を指定した場合は) 合格判定個数・検査数・ロットの大きさを指定します。[OK] をクリックすると、指定どおりの OC 曲線が表示されます。

限界値の保存と取得

JMP の管理図では、管理限界に既知の値を指定することができます。

- 上側管理限界・下側管理限界・中心線の値。
- 平均や標準偏差など、管理限界の計算に必要なパラメータ。

これらの管理限界やパラメータの値を指定したい場合には、それらの値を「限界値テーブル」として JMP データテーブルに保存しておくか、JMP データテーブル内の工程変数列に列プロパティとして保存しておきます。限界値テーブルに保存された管理限界は、起動ダイアログにある [限界値の取得] オプションによって読み込むことができます。

ヒント: 仕様限界を複数の列に同時に追加するには、『品質と工程』の付録「統計的詳細」を参照してください。

最も簡単に限界値テーブルを作成する方法は、管理図のプラットフォームで計算された結果を保存することです。各管理図の赤い三角ボタンのメニューにある「**限界値の保存**」コマンドを使えば、標本の値から計算された管理限界値が自動的に保存されます。限界値テーブルに保存されるデータの種類の、管理図の種類によって異なります。また、独自の限界値テーブルを作成することも可能です。

どの限界値テーブルにも、以下のものがが必要です。

- 行を識別するためのキーワードを含んだ列。
- 既知の標準パラメータ値または管理限界値を含んだ列。管理図のプラットフォームで分析を行うには、この列に、データテーブル内の該当する工程変数と同じ名前を付ける必要があります。

次表では、管理図および「管理図ビルダー」で作成されたデータテーブルにおけるキーワードとそれに関連付けられた管理図について説明しています。

表 4.1 限界値テーブルのキーワードと、それに対応した管理図

キーワード	管理図	意味
_Ksigma	管理図ビルダー 以外 のすべて	シグマの乗数。管理限界の計算に使われ ます。管理限界が有意水準を使って設定されて いる場合は、欠測値になります。
_Alpha	管理図ビルダー 以外 のすべて	管理限界の計算に使用される第1種の誤りの 確率 (α 水準)。
_Range Span	個々の測定値・移動範囲・ メディアン移動範囲	移動範囲を計算するときの測定値の個数。 「管理図ビルダー」プラットフォームでは移 動範囲の区間が常に2であるため、使用でき ません。
_Std Dev	\bar{X} ・ R ・ S ・個々の測定値・ 移動範囲	既知の工程標準偏差。
_U	$C \cdot U$	単位あたりの不適合数の、既知の平均。
_P	$NP \cdot P$	不適合品率の、既知の平均。
_LCL・_UCL	\bar{X} ・個々の測定値・ P ・ NP ・ C ・ U ・ G ・ T	XBar 管理図・個々の測定値管理図・計数値 管理図・まれなイベントの管理図の下側およ び上側管理限界。
_AvgR	R ・移動平均	範囲の平均、または移動範囲の平均。

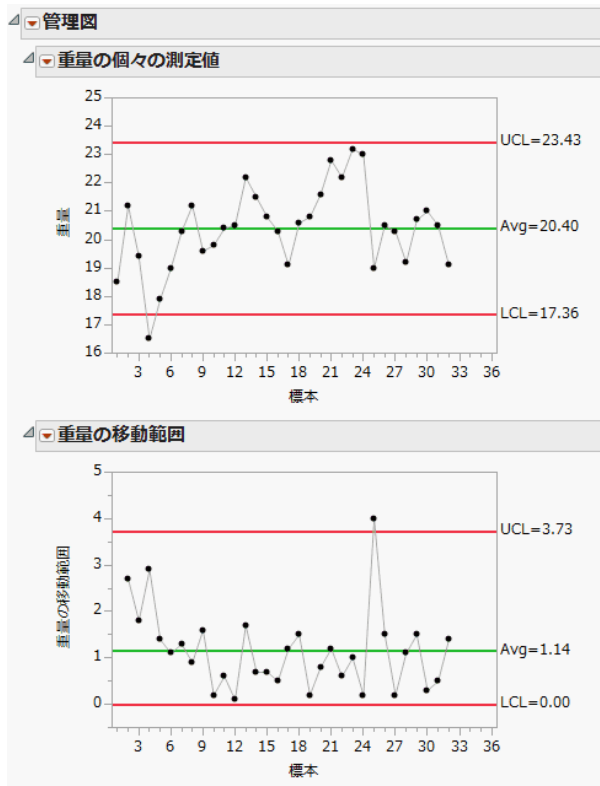
表4.1 限界値テーブルのキーワードと、それに対応した管理図（続き）

キーワード	管理図	意味
_LCLR、_UCLR	R・移動平均	R管理図または移動範囲管理図の下側管理限界。 R管理図または移動範囲管理図の上側管理限界。
_AvgS・_LCLS・_UCLS	S	S管理図における、標準偏差の平均、上側および下側管理限界。
_AvgR_PreMeans _AvgR_PreStdDev _LCLR_PreMeans _LCLR_PreStdDev _UCLR_PreMeans _UCLR_PreStdDev _Avg_PreMeans _Avg_PreStdDev _LCL_PreMeans _LCL_PreStdDev _UCL_PreMeans _UCL_PreStdDev	個々の測定値・移動範囲	予め集計した平均または標準偏差をもとに計算される平均、上側管理限界、および下側管理限界。

管理限界値を保存するには、新しいデータテーブルに保存するか、応答列における列プロパティに保存します。[新しいテーブルに] コマンドで管理限界を保存する場合、データテーブルに書き込まれる限界値キーワードは、表示されている管理図の種類によって異なります。

図4.15は、「Coating.jmp」で「限界値の保存」を実行したときに作成されるデータテーブルの例です。この図では、「_Mean」（平均）・「_LCL」（下側管理限界）・「_UCL」（上側管理限界）値行に保存されている値は、個々の測定値に対する管理図のものです。一方、接尾辞にRがついている値（「_AvgR」（範囲の平均）・「_LCLR」（範囲の下側管理限界）・「_UCLR」（範囲の上側管理限界））は、移動範囲管理図のものです。この限界値テーブルを使って再び同じ種類の管理図を作成する場合、「_LimitsKey」列のキーワードで限界値が区別されます。

図4.15 データテーブルに限界値を保存する例



	_LimitsKey	重量
1	_KSigma	3
2	_Alpha	0.0026997961
3	_Range Span	2
4	_Std Dev	1.0120139729
5	_Mean	20.396875
6	_LCL	17.360833081
7	_UCL	23.432916919
8	_AvgR	1.1419354839
9	_LCLR	0
10	_UCLR	3.7301687077

「_KSigma」(Kシグマ)・「_Alpha」(有意水準)・「_Range Span」(移動範囲の区間)の値は「管理図」起動ウィンドウで指定できます。JMPでは、設定値の検索は常にウィンドウ内から行われ、ウィンドウで指定された設定値のほうが限界値テーブルの値よりも優先します。

未知のキーワードを含んだ行と、行の属性が「除外された行」となっているものは無視されます。「_Range Span」・「_KSigma」・「_Alpha」・「_Sample Size」(標本サイズ)以外では、値が指定されていない場合、それらの統計量や管理限界はデータから推定されます。

標本の除外・非表示・削除

次表は、標本（サブグループ）の除外や非表示が処理に与える影響をまとめたものです。

表4.2 標本の除外・非表示・削除

管理図を作成する前に標本の行をすべて除外した	標本は管理限界の計算には含まれないが、グラフには表示される。
管理図を作成した後で標本を除外した	標本は管理限界の計算に含まれ、グラフにも表示される。グラフを開いたまま標本を除外しても、分析結果には何の影響も及びません。
管理図を作成する前に標本が非表示になっていた	標本は管理限界の計算には含まれるが、グラフには表示されない。
管理図を作成した後で標本を非表示にした	標本は管理限界の計算には含まれるが、グラフには表示されない。標本を示すマーカーがグラフから消えますが、標本ラベルは軸上に表示されたままで、管理限界も変化しません。
管理図を作成する前に標本の行をすべて除外し、かつ非表示にした	標本は管理限界の計算には含まれず、グラフにも表示されない。
管理図を作成した後で標本の行をすべて除外し、かつ非表示にした	標本は管理限界の計算には含まれるが、グラフには表示されない。標本を示すマーカーがグラフから消えますが、標本ラベルは軸上に表示されたままで、管理限界も変化しません。
管理図を作成する前に標本がデータから削除された	標本は管理限界の計算に含まれず、標本の値は軸に表示されず、標本を示すマーカーもグラフに表示されない。
管理図を作成した後に標本がデータから削除された	標本は管理限界の計算には含まれず、グラフにも表示されない。標本を示すマーカーがグラフから消え、標本ラベルが軸上から削除され、グラフも管理限界も変化します。

追記:

- ・「非表示かつ除外」の属性は、標本内における先頭のデータ行のものだけがチェックされます。たとえば、標本内における2行目が非表示になっていても、第1行目が表示されていれば、標本は管理図上に表示されます。
- ・「除外する／表示しない」ルールには例外が1つあります。非表示の行と除外された行は、どちらも特殊原因のテストには含まれます。除外された行には特殊原因の番号が表示される場合がありますが、非表示の行には番号は表示されません。非表示の行の点は、特殊原因のテストで検出された場合も管理図には表示されません。
- ・このような特別なルール（表4.2（108ページ））で除外と非表示が取り扱われているため、管理図は自動再計算の機能に対応していません。

「管理図」プラットフォームの別例

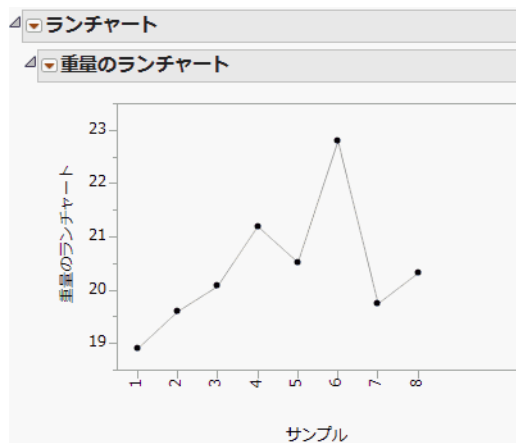
- 「ランチャートの例」
- 「XBar - R 管理図の例」
- 「サブグループの標本サイズが異なるときの Xbar -S 管理図の例」
- 「IR 管理図（個々の測定値と移動範囲の管理図）の例」
- 「P 管理図の例」
- 「NP 管理図の例」
- 「C 管理図の例」
- 「U 管理図の例」
- 「UWMA 管理図の例」
- 「EWMA 管理図の例」
- 「予め集計管理図の例」
- 「フェーズの例」

ランチャートの例

ランチャートは、データを折れ線によって描きます。次の例は、サンプルデータフォルダ内の「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」サンプルデータ（出典は、『ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis』）の「重量」変数を使ったランチャートです。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [ランチャート] を選択します。
3. 「重量」を選択し、[工程] をクリックします。
4. 「サンプル」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
5. [OK] をクリックします。

図4.16 ランチャート



XBar - R 管理図の例

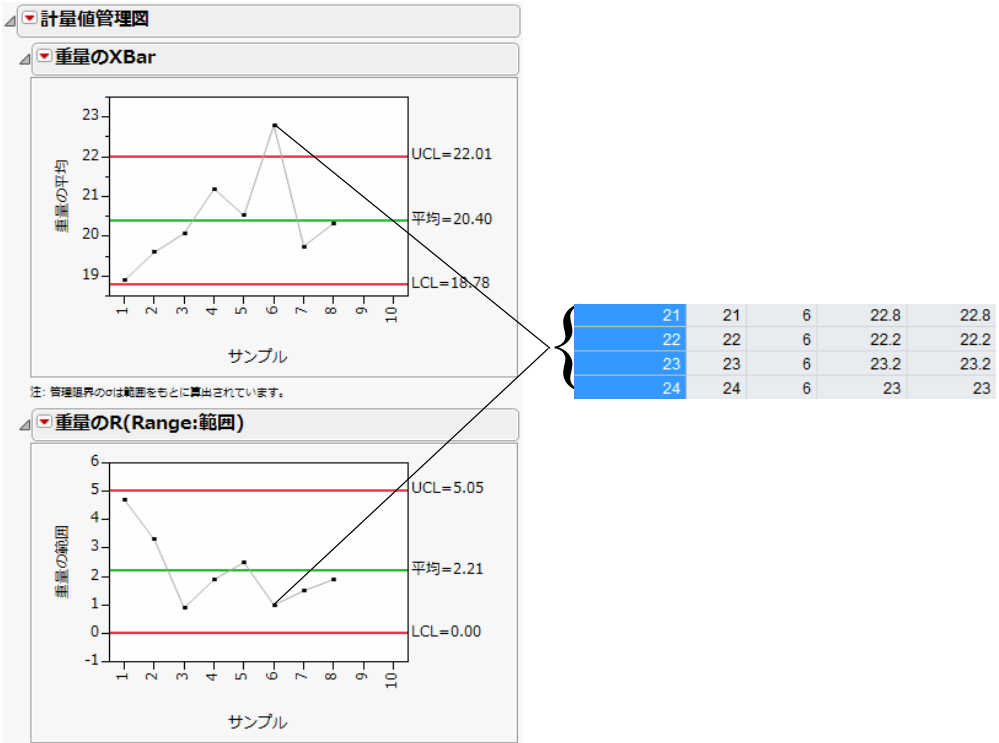
次の例では、「Coating.jmp」データテーブルを使います。分析対象となる品質特性は「重量」列で、サブグループの標本サイズは4に設定してあります。工程の \bar{X} -R管理図は図4.17のようになります。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [XBar] を選択します。
[XBar] と [R(Range: 範囲)] が選択されていることを確認します。
3. 「重量」を選択し、[工程] をクリックします。
4. 「サンプル」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
5. [OK] をクリックします。

サンプル6は、工程が統計的管理状態にないことを示しています。標本の値を調べるには、どちらかの管理図上でサンプル6の点をクリックします。すると、対応する行がデータテーブル内で強調表示されます。

メモ: \bar{X} 管理図と S 管理図を同時に選択した場合、 \bar{X} 管理図の管理限界は標準偏差に基づいて計算されます。それ以外の場合は、 \bar{X} 管理図の管理限界は範囲に基づいて計算されます。

図4.17 「Coating」データの計量値管理図



6. 「重量」のXBar 管理図で右クリックし、[チャートオプション] > [箱ひげ図] を選択します。
7. Y 軸（重量の平均）をダブルクリックし、最小値を16に変更して [OK] をクリックします。

図4.18 「Coating」データの箱ひげ図

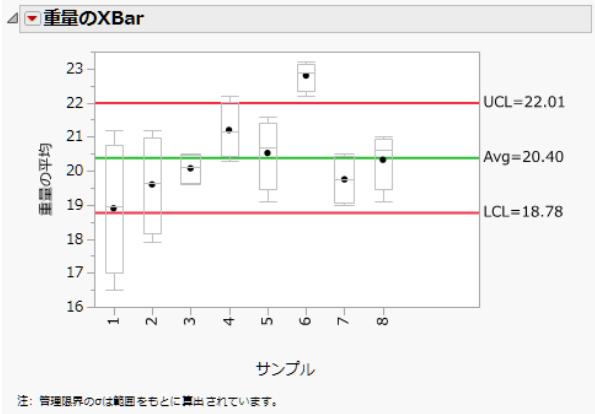


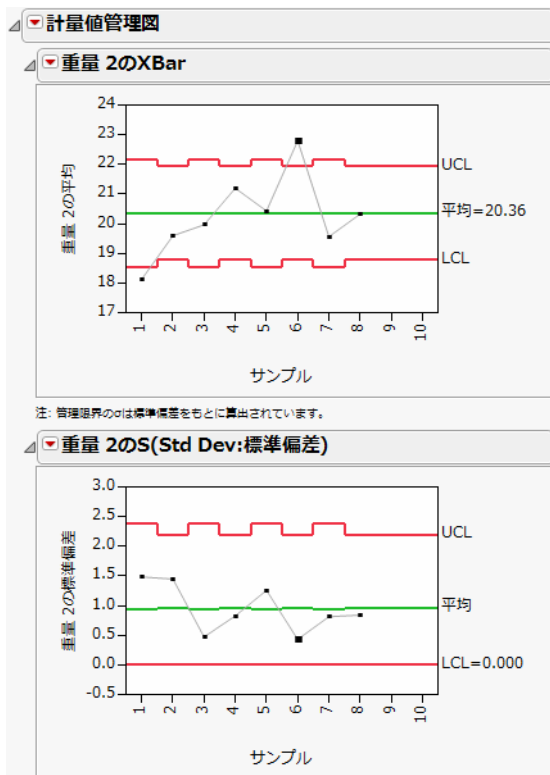
図4.18の箱ひげ図を見ると、標本6は値が大きく、範囲が狭いことがわかります。

サブグループの標本サイズが異なるときのXbar -S管理図の例

次の例では、「Coating.jmp」データテーブルを使います。「重量2」列を分析対象としたとき、工程の \bar{X} -S管理図は図4.19のようになります。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [XBar] を選択します。
3. 管理図の種類として[XBar]と[S (Stddev: 標準偏差)]を選択します。
4. 「重量2」を選択し、[工程]をクリックします。
5. 「サンプル」を選択し、[標本ラベル]をクリックします。
「標本サイズ」のオプションが自動的に[標本ラベルでグループ化した標本]に変わります。
6. [OK] をクリックします。

図4.19 サブグループの標本サイズが異なるときの \bar{X} -S管理図



データの「重量2」列にはいくつか欠測値があるため、管理限界の値が一定ではありません。どのサンプルもオブザベーションの数は同じですが、サンプル1, 3, 5, 7には欠測値が含まれています。

メモ: 標本サイズが等しくない場合、[テスト] のオプションはグレー表示になります。[テスト] オプションまたは [ゾーンの表示] オプションが選択されている状態で、管理図が開いている間に標本が変更され、サイズが一定になった場合は、すぐにオプションが適用され、管理図上に表示されます。

IR 管理図（個々の測定値と移動範囲の管理図）の例

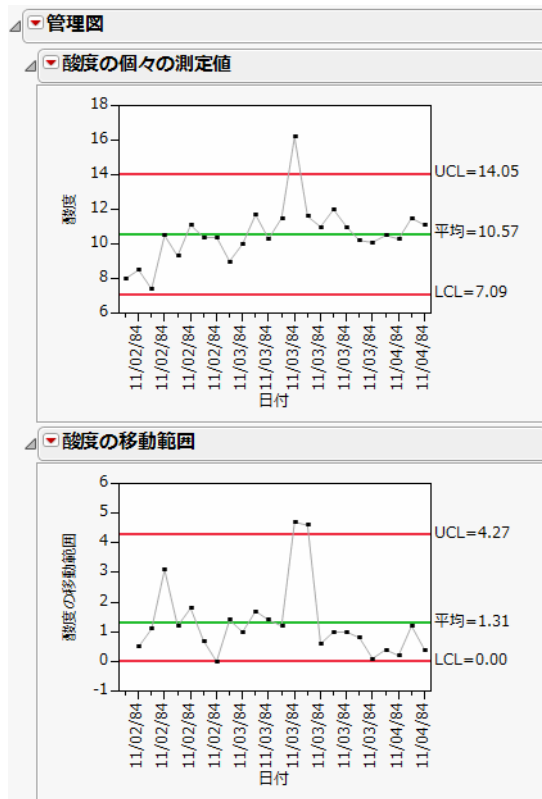
サンプルデータの「Quality Control」フォルダの「Pickles.jmp」データは、ピクルスのバットに含まれた酸度をまとめたものです。ピクルスは酸に敏感な上に大きなバットで製造されるため、酸度が高すぎるとバット全体が不良品になってしまいます。4つのバット内の酸度を、毎日午後1時・2時・3時に計測し、日付・時刻・酸度の測定値をデータテーブルにまとめました。IR 管理図（個々の測定値と移動範囲の管理図）を作成し、横軸に日付のラベルを表示します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Pickles.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [IR] を選択します。
3. 管理図の種類として [個々の測定値] と [移動範囲(平均)] を選択します。
4. 「酸度」を選択し、[工程] をクリックします。
5. 「日付」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
6. [OK] をクリックします。

図4.20にある個々の測定値と移動範囲の管理図では、各バット内の酸度が監視できます。

メモ: 「メディアン移動範囲」管理図も評価できます。管理図の種類として「メディアン移動範囲」と「個々の測定値」を選択した場合、個々の測定値の管理図は、移動範囲の平均ではなく、移動範囲の中央値（メディアン）をシグマの計算に使用します。

図4.20 「Pickles」データの個々の測定値および移動範囲の管理図



P 管理図の例

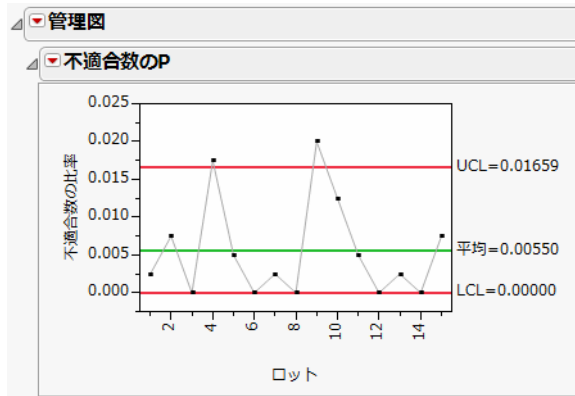
メモ: P 管理図を作成する際に [工程能力] を選択すると、「一変量の分布」プラットフォームによって二項分布があてはめられ、二項分布に基づく工程能力分析が行われます。

「Quality Control」フォルダ内の「Washers.jmp」データは、亜鉛メッキが施されたワッシャー 15 ロット、各 400 個のうちの不適合品の個数をまとめたものです。検査されたのは、亜鉛メッキが粗い、鉄鋼が露出している、などの仕上げの不良です。仕上げに不良のあるワッシャーは不適合品とみなされます。不適合品の度数は、400 個から成る各ロットに何個の不適合ワッシャーがあるかを示します。「Washers.jmp」データテーブルを使い、ここでは標本サイズを表す変数を指定します。これにより、異なる標本サイズの使用が可能になります。ただし、この例のデータでは、標本サイズは一定です。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Washers.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [P] を選択します。
3. 「不適合数」を選択し、[工程] をクリックします。

4. 「ロット」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
5. 「ロットサイズ」を選択し、[標本サイズ] をクリックします。
6. [OK] をクリックします。

図4.21 P管理図



P管理図は、不適合品の割合です。見た目は図4.22のNP管理図と同じですが、Y軸、平均、および管理限界は度数ではなくて割合をもとに計算されています。

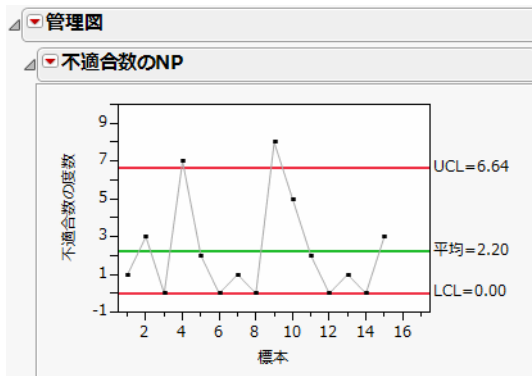
NP管理図の例

メモ: NP管理図を作成する際に[工程能力]を選択すると、「一変量の分布」プラットフォームによって二項分布があてはめられ、二項分布に基づく工程能力分析が行われます。

次の例では、「Washers.jmp」データテーブルを使います。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Washers.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [NP] を選択します。
3. 「不適合数」を選択し、[工程] をクリックします。
4. 「一定のサイズ」を「400」に変更します。
5. [OK] をクリックします。

図4.22 NP管理図



不適合品数をプロットしたNP管理図が表示されます。点4と9が、上側管理限界より上にあります。

C管理図の例

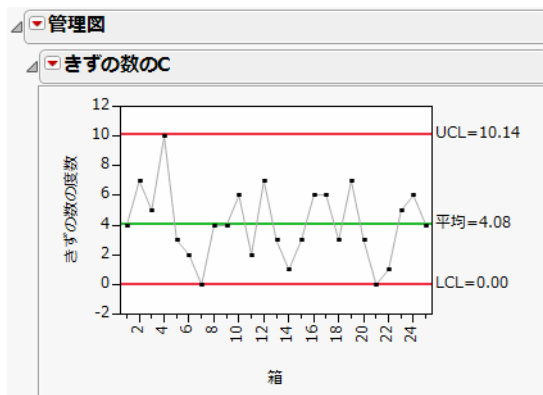
C管理図は、サブグループ標本内における不適合数を監視します。

メモ: C管理図を作成する際に[工程能力]を選択すると、「一変量の分布」プラットフォームによってPoisson分布があてはめられ、Poisson分布に基づく工程能力分析が行われます。

この例ではシャツの品質を取り上げましょう。あるアパレルメーカーは、シャツを10枚ずつ箱に詰めて出荷します。出荷の前に、シャツにきずがないかどうかを検査されます。シャツ1枚あたりのきずの平均数を調べるため、箱あたりのきずの数を10で割った値を記録しました。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Shirts.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [C] を選択します。
3. 「きずの数」を選択し、[工程] をクリックします。
4. 「箱」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
5. 「1箱の枚数」を選択し、[標本サイズ] をクリックします。
6. [OK] をクリックします。

図4.23 C管理図



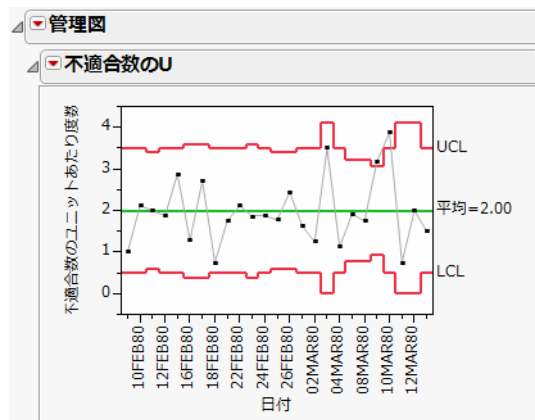
U管理図の例

「Quality Control」フォルダ内の「Braces.jmp」データは、自動車を支える留め金具の各ケース内の不適合数を記録したものです。留め金具1ケースを、1検査単位（1ユニット）としています。ユニットサイズ（サブグループ標本のサイズ、検査単位の数）は、1日あたりに検査されるケースの個数で、日によって異なります。図4.24のようなU管理図を作成すると、1ケースあたりにおける留め金具の不適合数を監視することができます。上側管理限界と下側管理限界は、ユニットサイズによって異なります。

メモ: U管理図を作成する際に[工程能力]を選択すると、「一変量の分布」プラットフォームによってPoisson分布があてはめられ、Poisson分布に基づく工程能力分析が行われます。[工程能力]を使用する場合は、ユニットサイズが一定でなければなりません。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Braces.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [U] を選択します。
3. 「不適合数」を選択し、[工程] をクリックします。
4. 「日付」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
5. 「ユニットサイズ」を選択し、[ユニットサイズ] をクリックします。
6. [OK] をクリックします。

図4.24 U管理図



UWMA 管理図の例

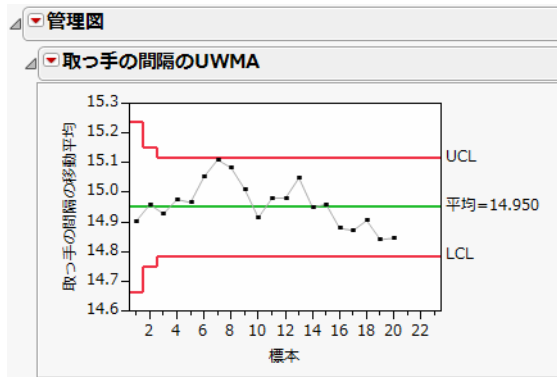
「Clips1.jmp」サンプルデータの分析対象は、製造された金属製クリップの取っ手の間隔です。工程における平均間隔の変化を監視するために、毎日5つのクリップを選んでサブグループとし、移動平均の範囲を3に設定して UWMA 管理図を作成します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Clips1.jmp」を開きます。
1. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [UWMA] を選択します。
2. 「取っ手の間隔」を選択し、[工程] をクリックします。
3. 「サンプル」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
4. [移動平均の範囲] を「3」に変更します。
5. [OK] をクリックします。

この結果が、図4.25のグラフです。第1日の点は、最初のサブグループ標本、つまり第1日に取った5つの値の平均です。第2日の点は、第1日と第2日のサブグループ平均を合わせて計算した平均を表します。第2日以降の点は、その日と前2日間のサブグループ平均を合わせた平均です。

取っ手の間隔の平均値には減少傾向が見られますが、 3σ 管理限界の外まで落ち込んだ点はありません。

図4.25 「Clips1」データのUWMA管理図



EWMA 管理図の例

次の例では、「Clips1.jmp」データテーブルを使います。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Clips1.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [EWMA] を選択します。
3. 「取っ手の間隔」を選択し、[工程] をクリックします。
4. 「サンプル」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
5. 「重み」を「0.5」に変更します。
6. [OK] をクリックします。

図4.26 EWMA 管理図

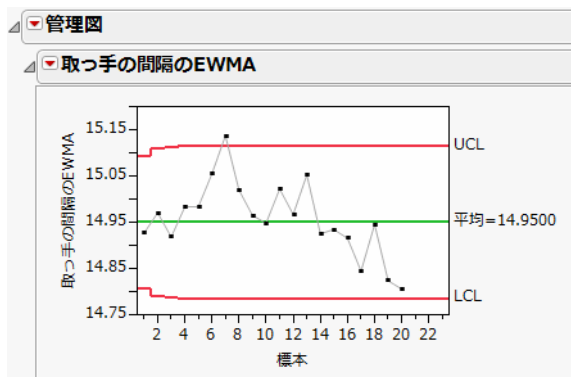


図4.25で使われているデータと同じデータを用いて、EWMA 管理図が描かれます。重みは0.5に設定してあります。

予め集計管理図の例

次の例では、「Coating.jmp」データテーブルを使います。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [予め集計] を選択します。
3. 「重量」を選択し、[工程] をクリックします。
4. 「サンプル」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
5. [グループ平均(測定値)] と [グループ平均(移動範囲)] の両方を選択します。[標本ラベル] 変数を指定した場合、自動的に [標本ラベルでグループ化した標本] が選択されます。

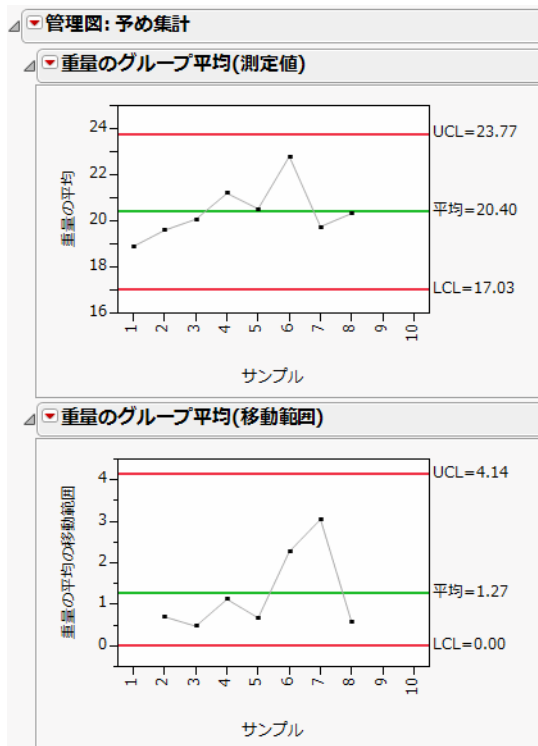
予め集計管理図では、[グループ平均] の管理図と [グループ標準偏差] の管理図の一方、または両方を作成できます。そして、それら平均や標準偏差をもとに、IR 管理図（個々の測定値と移動範囲の管理図）を作成します。

[グループ平均] オプションを選択した場合は、各標本の平均を計算し、それらの平均を個々の値とみなして、IR 管理図を作成します。

[グループ標準偏差] オプションを選択した場合は、各標本の標準偏差を計算し、それらの標準偏差を個々の値とみなして、IR 管理図を作成します。

6. [OK] をクリックします。

図4.27 予め集計したデータの管理図の例



〔グループ平均(測定値)〕および〔グループ標準偏差(測定値)〕の予め集計して作成された管理図では、点はそれぞれ \bar{X} 管理図と S 管理図と同じになりますが、管理限界の値が異なります。予め集計した管理図では、集計したデータから管理限界が計算されるためです。

引き続き「Coating.jmp」サンプルデータを使い、予め集計した管理図を別の方法で作成してみましょう。

1. [テーブル] > [要約] を選択します。
2. 「サンプル」を選択し、[グループ化] をクリックします。
3. [重量] を選択して、[統計量] > [平均値] と [統計量] > [標準偏差] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。
5. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [IR] を選択します。
6. 「平均(重量)」と「標準偏差(重量)」を選択し、[工程] をクリックします。
7. [OK] をクリックします。

作成される管理図は、予め集計した管理図と一致します。

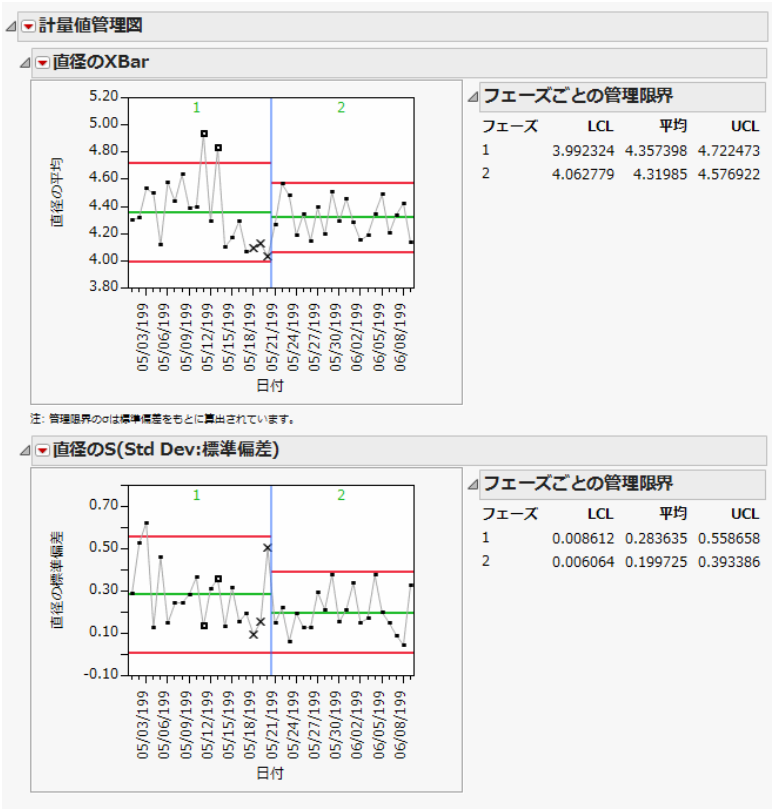
フェーズの例

この例では、サンプルデータの「Quality Control」フォルダにある「Diameter.jmp」を用います。このデータテーブルには、最初のプロトタイプ（フェーズ1）と2番目のプロトタイプ（フェーズ2）で計測した直径が日付と共に記録されています。

- 1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Diameter.jmp」を開きます。
- 2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [XBar] を選択します。
- 3. 「直径」を選択し、[工程] をクリックします。
- 4. 「日付」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
- 5. 「フェーズ」を選択し、[フェーズ] をクリックします。
- 6. [S (Std Dev: 標準偏差)] と [XBar] を選択します。
- 7. [OK] をクリックします。

作成された管理図を見ると、フェーズごとに異なる管理限界が設定されています。

図4.28 フェーズを指定した管理図



「管理図」プラットフォームの統計的詳細

- [「メディアン移動範囲管理図の管理限界」](#)
- [「UWMA 管理図の管理限界」](#)
- [「EWMA 管理図の管理限界」](#)

メモ: この節で述べられていない管理図 (\bar{X} ・R・P・NP など) については、「管理図ビルダー」章の [「管理図ビルダー」プラットフォームの統計的詳細](#) (76 ページ) を参照してください。

メディアン移動範囲管理図の管理限界

メディアン移動範囲の管理図の管理限界は、次のように計算されます。

$$LCL_{MMR} = \max(0, MMR - kd_3(n)\hat{\sigma})$$

$$UCL_{MMR} = MMR + kd_3(n)\hat{\sigma}$$

ここで

MMR は非欠測値の移動範囲のメディアン

$$\hat{\sigma} = MMR/0.954$$

$d_3(n)$ は、母標準偏差が 1 である n 個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の標準誤差

UWMA 管理図の管理限界

UWMA 管理図の各サブグループ i の管理限界は、次のように計算されます。

$$LCL_i = \bar{X}_w - k \frac{\hat{\sigma}}{\min(i, w)} \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_{i-1}} + \dots + \frac{1}{n_{1+\max(i-w, 0)}}}$$

$$UCL_i = \bar{X}_w + k \frac{\hat{\sigma}}{\min(i, w)} \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_{i-1}} + \dots + \frac{1}{n_{1+\max(i-w, 0)}}}$$

ここで

w は、移動平均を計算する区間の幅 (移動平均における項数)

n_i は、 i 番目のサブグループの標本サイズ

k は、標準偏差に対する乗数

\bar{X}_w は、サブグループ平均の重み付き平均

$\hat{\sigma}$ は、工程の標準偏差の推定値

EWMA 管理図の管理限界

EWMA 管理図の管理限界は、次のように計算されます。

$$\text{下側管理限界 (LCL)} = \bar{X}_w - k\hat{\sigma}r \sqrt{\sum_{j=0}^{i-1} \frac{(1-r)^{2j}}{n_{i-j}}}$$

$$\text{上側管理限界 (UCL)} = \bar{X}_w + k\hat{\sigma}r \sqrt{\sum_{j=0}^{i-1} \frac{(1-r)^{2j}}{n_{i-j}}}$$

ここで

r は、指数加重移動平均における重みパラメータ ($0 < r \leq 1$)

x_{ij} は、 i 番目のサブグループの j 番目の測定値 ($j = 1, 2, 3 \dots n_i$)

n_i は、 i 番目のサブグループの標本サイズ

k は、標準偏差に対する乗数

\bar{X}_w は、サブグループ平均の重み付き平均

$\hat{\sigma}$ は、工程の標準偏差の推定値

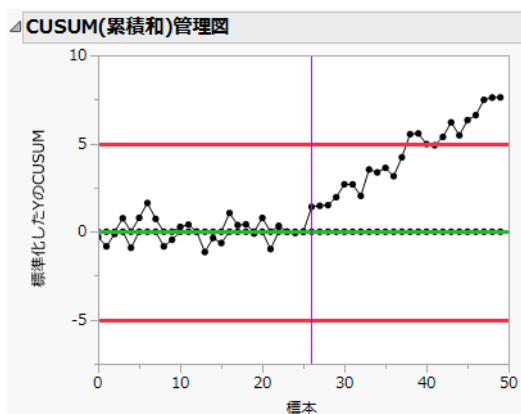
第5章

CUSUM(累積和)管理図 表形式 CUSUM 管理図の作成

CUSUM 管理図(累積和管理図)は、通常の管理図よりも、工程における小さなシフトを検出できます。CUSUM 管理図は、平均が少しずつ大きくなったり、小さくなったりしている場合など、突然の変動ではなく、徐々に変化が生じていることを検知するのに役立ちます。「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームは、Shewhart 管理図と同じように、一定の決定限界をもつ形式の管理図を作成します。この形式の CUSUM 管理図は、**表形式の CUSUM 管理図 (tabular CUSUM chart)** とも呼ばれています。CUSUM 管理図には、V マスク形式もあります。V マスク形式の CUSUM 管理図を作成する方法については、[第6章「V マスク CUSUM 管理図」](#)を参照してください。

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームには、平均連長 (ARL; Average Run Length) の情報も含まれています。**平均連長**とは、管理限界外になるまでの標本数（もしくは測定値数）の平均です。特定の仮定のもとで、特に分散が一定だという仮定のもとで、どれぐらいの平均連長があるかを求めることで、累積和管理図を評価することができます。

図5.1 CUSUM 管理図



目次

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの概要..... 127

CUSUM管理図の例..... 127

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの起動..... 128

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームのレポート..... 129

 設定パネル..... 129

 CUSUM管理図..... 130

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームのオプション..... 130

 「平均連長(ARL)」レポート..... 132

CUSUM管理図の別例..... 133

 〔データ単位〕オプションの例..... 133

 サブグループを含むCUSUM管理図の例..... 134

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの統計的詳細..... 135

 CUSUM管理図の統計的詳細..... 135

 シフトの検出の統計的詳細..... 137

 平均連長の統計的詳細..... 137

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの概要

表形式のCUSUM管理図（tabular CUSUM chart）は、2つの片側管理図が重ねて描かれています。この片側管理図では、工程が管理限界外となっているかどうかを判断するための決定限界が引かれ、また、シフトが発生したと思われる時点に縦線が引かれます。「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームを使用するには、重要だと考えられる平均の最小変化を決めておく必要があります。標準偏差の単位または元データの単位で、CUSUM管理図を描くことができます。表形式のCUSUM管理図の詳細は、Woodall and Adams（1998）およびMontgomery（2013）を参照してください。

CUSUM管理図には、Vマスクの形式もあります。Vマスク形式のCUSUM管理図を作成するには、「[VマスクCUSUM管理図](#)」章（139ページ）を参照してください。

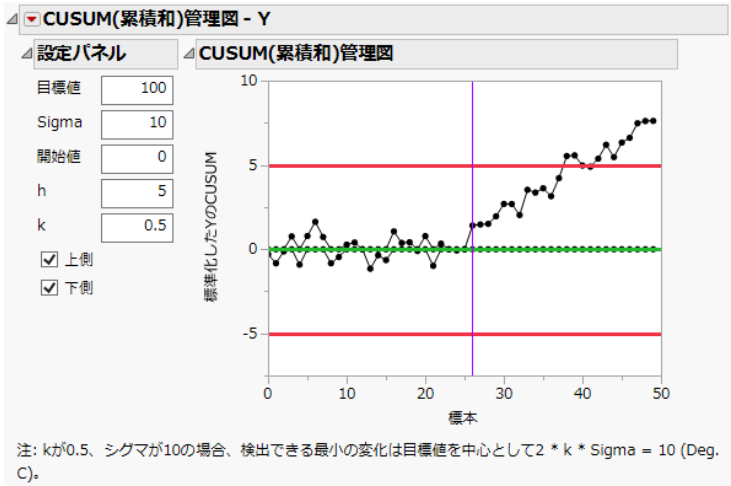
メモ：「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームで求められた要約結果は、Vマスク形式のCUSUM管理図とは異なっています。Vマスク形式のCUSUM管理図は、上側および下側オプションが選択された「CUSUM(累積和)管理図」とは一致しません。ただし、[管理図] > [CUSUM（累積和）] で呼び出されるプラットフォームでは、片側のCUSUM管理図も作成できます。その片側の結果は、「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームのものと一致します。

CUSUM 管理図の例

エンジン温度の小さなシフトを検出したいとします。データテーブルには、エンジンのサーモスタットからの温度測定が記録されています。

1. [ヘルプ]>[サンプルデータライブラリ]を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Engine Temperature Sensor.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [CUSUM(累積和)管理図] を選択します。
3. 「Y」を選択し、[Y] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。
5. 「目標値」ボックスに「100」と入力します。
6. 「 σ 」ボックスに「10」と入力します。
7. [上側] および [下側] のチェックボックスが選択されていることを確認いたします。

図5.2 「CUSUM(累積和)管理図」レポート



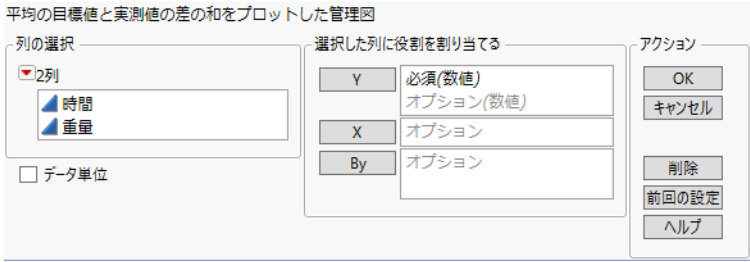
CUSUM管理図における縦線は、サンプル26付近で温度のシフトが始まったことを示しています。

メモ: 「Engine Temperature Sensor.jmp」で「IMR 管理図」テーブルスクリプトを実行することにより、この結果を個々の測定値の管理図と比較することができます。このスクリプトはNelsonテストも実行するのですが、すべてのNelsonテストにパスしています。

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの起動

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [CUSUM(累積和)管理図] を選択します。

図5.3 「CUSUM(累積和)管理図」起動ウィンドウ



Y 管理図に表示する工程変数を指定します。

メモ: データテーブルの行は、管理図に表示する順序で並べ替えておく必要があります。

X X軸にラベルを付けるサブグループ変数を識別します。この列の値に重複がある場合、個々の測定値ではなくて、各X値ごとの平均がプロットされます。

By By変数の水準ごとに個別のレポートが作成されます。複数のBy変数を割り当てた場合、それらのBy変数の水準の組み合わせごとに個別のレポートが作成されます。

データ単位 このオプションをオンにすると、標準偏差単位ではなく、データ単位が使用されます。デフォルトでは、管理図とパラメータは標準偏差単位で表示されています。起動ウィンドウで「データ単位」オプションを選択すると、元データの単位に基づいて管理図が描かれ、パラメータが計算されます。

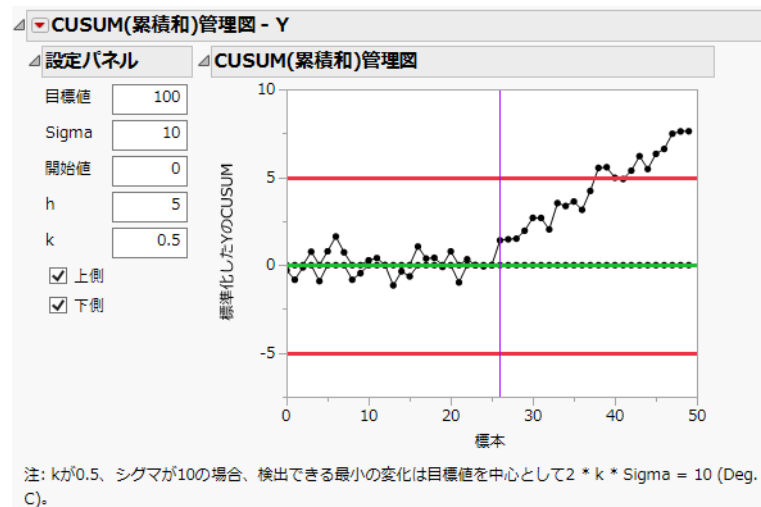
標準偏差を単位とする場合、 h および k パラメータの値は、工程の標準偏差には依存しません。これには利点があります。

起動ウィンドウの詳細については、『JMPの使用法』の「はじめに」章を参照してください。

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームのレポート

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームが作成するデフォルトのレポートは、パラメータを設定するパネルと、CUSUM管理図で構成されています。

図5.4 「CUSUM(累積和)管理図」レポート



設定パネル

「設定パネル」レポートには、管理図のパラメータの現在値が含まれています。現在値は、テキストボックスに表示されており、これらの値は別の数値に変更できます。また、「上側」と「下側」のチェックボックスがあります。起動ウィンドウで「データ単位」オプションを指定した場合、この設定はチェックボックス下の設定パネルに表示されます。

「設定パネル」レポートに表示されるオプションは次のとおりです。

目標値 既知である平均値。これは、管理図の中心線の値です。デフォルトでは、このパラメータはY列の全体平均に設定されます。

Sigma 既知である標準偏差の値。デフォルトでは、このパラメータはY列の移動範囲の平均に設定されます。X変数がある場合には、Sigmaは要約データの移動範囲の平均に設定されます。

開始値 先頭の標本より前における累積和の値。ゼロでない値で累積和を開始すると、管理図の先頭付近でのCUSUM管理図の感度が高くなります。このパラメータは、高速初期応答 (FIR: Fast Initial Response) とも呼ばれています。デフォルトでは、このパラメータは0に設定されています。

hまたはH 決定限界を定義するパラメータの値。起動ウィンドウで「データ単位」オプションが選択されていない場合、これはhパラメータです。起動ウィンドウで「データ単位」オプションが選択されている場合、これはHパラメータです。 $H = h \times \sigma$ です。デフォルトでは、 $h = 5$ で、 $H = 5 \times \sigma$ です。

kまたはK 平均の検出したい最小変化を定義するパラメータの値。起動ウィンドウで「データ単位」オプションが選択されていない場合、これはkパラメータです。起動ウィンドウで「データ単位」オプションが選択されている場合、これはKパラメータです。 $K = k \times \sigma$ です。デフォルトでは、 $k = 0.5$ で、 $K = \sigma/2$ です。

上側 正の累積和に対する情報の表示／非表示を切り替えます。これらの値は、 C^+ 値です。

下側 負の累積和に関する情報の表示／非表示を切り替えます。これらの値は、 C^- 値です。

データ単位の使用 起動ウィンドウで「データ単位」オプションが選択した場合には、この注意書きが表示されます。この場合、CUSUM管理図の値は中心化はされていますが標準化されていないことを示しています。

CUSUM 管理図

「CUSUM(累積和)管理図」レポートには、CUSUM管理図(累積和管理図)が描かれています。このCUSUM管理図には、現在の管理図パラメータの設定値から計算される決定限界も描かれます。各データ行の番号(X変数が指定されている場合はサブグループ名)が、管理図の横軸に表示されます。縦軸方向には、中心化されたデータ値の正／負の累積和がプロットされます。なお、起動ウィンドウで「データ単位」オプションが選択されていない場合、縦軸方向には、標準化されたデータ値の正／負の累積和がプロットされます。起動ウィンドウで「データ単位」オプションが選択されている場合、縦軸法には、中心化はされているが尺度化はされていないデータ値の正／負の累積和がプロットされます。

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームのオプション

「CUSUM(累積和)管理図」の赤い三角ボタンには、次のようなオプションがあります。

限界の表示 CUSUM管理図において、上側および下側決定限界の表示／非表示を切り替えます。

中心線の表示 CUSUM管理図において、中心線の表示／非表示を切り替えます。

シフト線の表示（データ中に検出されたシフトがある場合のみ使用可能。）CUSUM管理図において、シフトが生じてる時点を示す縦軸の表示／非表示を切り替えます。このシフト線は、シフトの開始時点に描画されます。

- C^+ の値が上側管理限界を上回ったときに、正のシフトが生じていると判定されます。 C^+ の値がゼロからゼロ以外になった最初の時点が、シフトの開始時点とされます。
- C^- の値が下側管理限界を下回ったときに、負のシフトが生じていると判定されます。 C^- の値がゼロからゼロ以外になった最初の時点が、シフトの開始時点とされます。

ARLの表示 平均連長（ARL：Average Run Length）の表示／非表示を切り替えます。「[「平均連長\(ARL\)」レポート](#)」（132ページ）を参照してください。

ARLプロファイル パラメータ h および k に対して平均連長を描いたプロファイルの表示／非表示を切り替えます。起動ウィンドウで「データ単位」オプションを指定してある場合、パラメータ H および K に対する平均連長のプロファイルが描かれます。

指定されたシフトの平均連長（ARL）は、決定限界外となるまでの連の平均的長さです。たとえば、シフトが0におけるARLは、工程が統計的管理状態にある場合に、決定限界外となるまでの連の平均的長さです。工程が統計的管理状態にある場合は、シフトは生じていないので、シフトの大きさは0です。

ARLプロファイルにおいて、CUSUM管理図の様々な設定に対する平均連長を調べることができます。「設定パネル」レポートのパラメータを更新すると、ARLプロファイルも更新されます。ARL(0)が大きくなっており、かつ、ARL(Δ)が小さくなっているものが、理想的なCUSUM管理図です。ここで、 Δ は、想定される平均のシフトです。

ARLプロファイルは、「設定パネル」レポートの「上側」および「下側」オプションの設定によっても異なります。

- 「上側」オプションと「下側」オプションの両方が選択された場合、ARLプロファイルはCUSUM管理図の上側決定限界または下側決定限界のいずれかを超えるまでの平均連長を表します。
- 「上側」オプションだけが選択された場合、ARLプロファイルはCUSUM管理図の上側決定限界を超えるまでの平均連長を表します。
- 「下側」オプションだけが選択された場合、ARLプロファイルはCUSUM管理図の下側決定限界を超えるまでの平均連長を表します。

ARLプロファイルの隣の赤い三角ボタンのメニューにあるオプションの詳細は、『プロファイル機能』の「プロファイル」章を参照してください。

設定パネル 設定パネルの表示／非表示を切り替えます。設定パネルでは、CUSUM管理図のパラメータ値や下側／上側を指定できます。

パラメータレポート パラメータに関する現在値のレポートの表示／非表示を切り替えます。

要約の保存 CUSUM管理図の各サブグループの統計量を含む新しいデータテーブルを作成します。サブグループの番号・標本サイズ・平均、および、シフト開始の指示変数、上側・下側累積和、LCL・UCLが、新しいデータテーブルに保存されます。

デフォルトに戻す すべてのパラメータをデフォルト値にリセットします。

以下のオプションについて詳しくは、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションに対応しているプラットフォームにおいては、[自動再計算] オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

By グループのスクリプトを保存 By 変数の全水準に対するレポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。起動ウィンドウでBy 変数を指定した場合のみ使用可能です。

「平均連長(ARL)」レポート

「平均連長(ARL)」レポートには、ARL 値に関する表が含まれています。平均連長(ARL)は、決定限界外となるまでの連の平均的な長さです。たとえば、シフト0に対するARLは、工程が統計的管理状態になっているときに、決定限界外となるまでの連の平均的な長さです。工程が統計的管理状態にある場合、シフトは生じていませんので、シフトの大きさは0です。

ARL プロファイルにおいて、CUSUM管理図の様々な設定に対する平均連長を調べることができます。「設定パネル」レポートの h および k パラメータを変更すると、「ARL」レポートも更新されます。ARL(0)が大きくなっており、かつ、ARL(Δ)が小さくなっているものが、理想的なCUSUM管理図です。ここで、 Δ は、想定される平均のシフトです。

「平均連長(ARL)」レポートは、「設定パネル」レポートの[上側] および [下側] オプションの設定によっても異なります。いずれかのオプションが1つだけ選択されていると、「ARL」レポートは、対応する片側CUSUM管理図をもとに計算されます。オプションが両方とも選択されていると、「ARL」レポートは、両方のCUSUM管理図を計算に使用します。両方のCUSUM管理図から計算されるARL値と、正および負の片側ARLの間には次式のような関係があります。

$$\frac{1}{\text{ARL}} = \frac{1}{\text{正の ARL}} + \frac{1}{\text{負の ARL}}$$

ARL 表

ARL 表では、0と3までの間を0.25で増分しているシフトに対する平均連長(Δ)が示されています。「データ単位」オプションが指定される場合には、このシフトは $2 \cdot K / \text{Sigma}^2$ で表されます。[データ単位] オプションが指定されていない場合には、このシフトは $2 \cdot k / \text{Sigma}$ で表されます。

ARL グラフ

ARL グラフは、0から3までの間のシフト(Δ)に対する平均連長を描いています。このグラフは、グラフ左側に示されているARL表の数値をプロットしたものです。

CUSUM 管理図の別例

- 「[データ単位] オプションの例」
- 「サブグループを含む CUSUM 管理図の例」

[データ単位] オプションの例

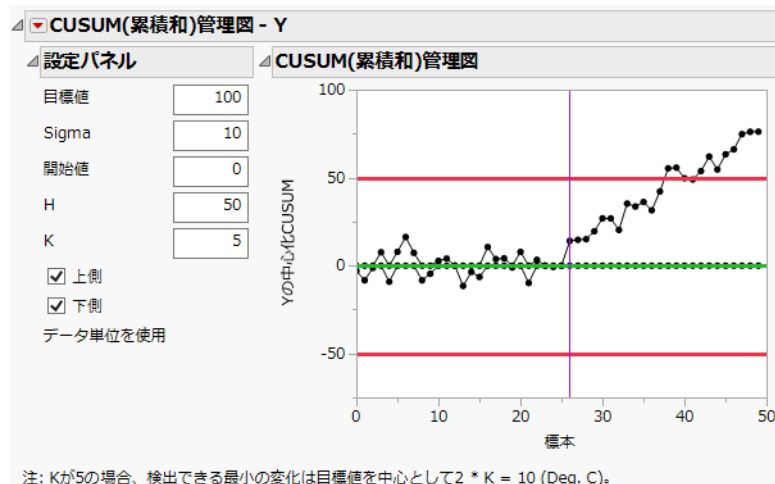
この例では [データ単位] オプションを使用して、「CUSUM 管理図の例」(127 ページ) を再び分析します。エンジン温度の小さなシフトを検出したいとします。データテーブルには、エンジンのサーモスタットからの温度測定が記録されています。

1. [ヘルプ]>[サンプルデータライブラリ]を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Engine Temperature Sensor.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [CUSUM(累積和)管理図] を選択します。
3. 「Y」を選択し、[Y] をクリックします。
4. [データ単位] の横にあるボックスを選択します。
5. [OK] をクリックします。
6. 「目標値」ボックスに「100」と入力します。
7. 「 σ 」ボックスに「10」と入力します。

開始値以下のオプションは H および K で、h および k ではありません。これらのパラメータは、標準偏差の単位ではなく、データ列の単位で指定されるようになりました。

8. [上側] と [下側] の両方におけるチェックボックスがオンになっていることを確認します。

図 5.5 「CUSUM(累積和)管理図」レポート



σ を単位とした例のように、CUSUM管理図の縦の線は、サンプル26付近で温度測定値のシフトが始まっています。

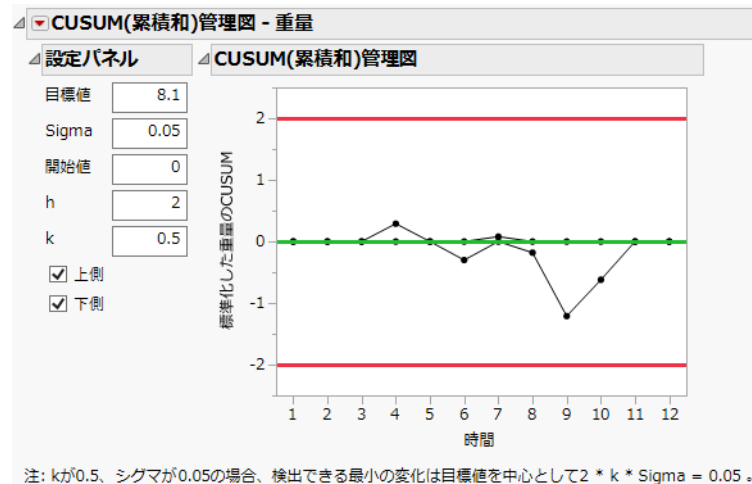
サブグループを含むCUSUM管理図の例

ここで扱うデータ例は、2サイクルエンジンのオイル用添加剤を8オンスずつ缶に充填する機械から測定されたものです。充填の工程は統計的管理状態にあると考えられています。工程は、充填された缶全体の平均重量(μ_0)が8.10オンスになるように調整されています。前回の分析から、充填重量の標準偏差(σ_0)が0.05オンスであることがわかっています。

サブグループとして4缶を標本抽出し、重量を計測する作業を、1時間に1回、12時間にわたって行いました。「Oil1 Cusum.jmp」データテーブルの各行は、「重量」の測定値と、それが測定された「時間」です。データは、「時間」の昇順で並べられています。ここでは、 2σ を決定限界とします。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Oil1 Cusum.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [CUSUM(累積和)管理図] を選択します。
3. 「重量」を選択し、[Y] をクリックします。
4. 「時間」を選択し、[X] をクリックします。
5. [OK] をクリックします。
6. 「目標値」ボックスに「8.1」と入力します。
これは、工程の目標平均値です。
7. 「 σ 」ボックスに「0.05」と入力します。
これは、工程変数の既知である標準偏差です。
8. 「h」ボックスに「2」と入力します。
これにより、各方向への2つの標準偏差の決定限界が定義されます。
9. [上側] と [下側] の両方におけるチェックボックスがオンになっていることを確認します。

図5.6 CUSUM 管理図



CUSUM管理図を見ると、上側決定限界や下側決定限界の外側にある点はありません。つまり、工程でシフトが発生したという証拠はありません。

メモ: Montgomery (2013) は、「CUSUM 管理図においては、かなりの「規模の経済性」(economy of scale) があるか、またはその他の妥当な理由がある場合だけ、2以上のサイズのサブグループを用いるべき」と述べています。表形式 CUSUM 管理図で合理的なサブグループを使用しても、管理図による検出力が改善されるとは限りません。

「CUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの統計的詳細

- [「CUSUM管理図の統計的詳細」](#)
- [「シフトの検出の統計的詳細」](#)
- [「平均連長の統計的詳細」](#)

CUSUM 管理図の統計的詳細

このセクションでは、CUSUM 管理図の作成に使用される統計量を定義します。これらの統計量の一部は、[要約の保存] コマンドで作成されたデータテーブルにも保存されます。

片側累積和

C^+ および C^- の定義は、[データ単位] オプションの設定により異なります。

メモ: 「要約の保存」データテーブルでは、 C^+ および C^- は、それぞれ「上側累積和」および「下側累積和」という列名になっています。

標準化された単位での累積和

[データ単位] オプションが選択されていない場合、 C^+ および C^- は次のように定義されます。

$$C_i^+ = \max\left(0, \frac{x_i - T}{\sigma} - k + C_{i-1}^+\right)$$

$$C_i^- = \min\left(0, \frac{x_i - T}{\sigma} + k + C_{i-1}^-\right)$$

ここで

x_i は、 i 番目の時点での工程変数

T は工程変数の目標値

σ は工程変数の標準偏差

k は、標準偏差の単位で表した参照値

開始値が指定されていると、その値が C^+ の初期値として使用され、その値の符号を逆にしたものが C^- の初期値として使用されます。それ以外の場合、 C^+ および C^- の初期値はゼロです。

データ単位の累積和

[データ単位] オプションが選択されている場合、それぞれのステップの C^+ および C^- は次のように定義されます。

$$C_i^+ = \max(0, (x_i - T) - K + C_{i-1}^+)$$

$$C_i^- = \min(0, (x_i - T) + K + C_{i-1}^-)$$

ここで

x_i は i 番目の時点での工程変数

T は工程変数の目標値

σ は工程変数の標準偏差

K は、データ単位で表した参照値

開始値が指定されていると、その値が C^+ の初期値として使用され、その値の符号を逆にしたものが C^- の初期値として使用されます。それ以外の場合、 C^+ および C^- の初期値はゼロです。

正または負の連のカウント

N^+ は、直近のゼロ値から、 C^+ がどれだけゼロでないかを数えたものです。 N^- は、直近のゼロ値から、 C^- がどれだけゼロでないかを数えたものです。

メモ：「要約の保存」データテーブルでは、 N^+ および N^- は、それぞれ「正の連」、「負の連」という列名になっています。

シフトの検出の統計的詳細

C^+ の値が上側決定限界を上回ったときに、正のシフトが生じていると判定されます。 C^+ の値がゼロからゼロ以外になった最初の時点が、シフトの開始時点とされます。

C^- の値が下側決定限界を下回ったときに、正のシフトが生じていると判定されます。 C^- の値がゼロからゼロ以外になった最初の時点が、シフトの開始時点とされます。

平均連長の統計的詳細

片側平均連長（ARL）値は、Goel and Wu（1971）で説明されている（Gauss型求積法にて24点を用いた）数値積分によって計算されます。開始値が0より大きい場合、この値はLucas and Crosier（1982）のAppendix A.1にある方法にしたがって計算されます。

両方のCUSUM管理図から計算されるARL値と、正および負の片側ARLの間には次式のような関係があります。

$$\frac{1}{\text{ARL}} = \frac{1}{\text{正の ARL}} + \frac{1}{\text{負の ARL}}$$

Lucas and Crosier（1982）では、開始値 S_0 がゼロ以外の値に設定されているCUSUM管理図について説明しています。これは、「高速初期応答」（FIR; fast initial response）と呼ばれることもあります。平均連長の計算を見ると、工程が管理された状態にあるときはFIRを使用してもほとんど効果がありませんが、その初期段階で管理外の状態になっている場合には、標準のCUSUM管理図よりも早く検出することができます。

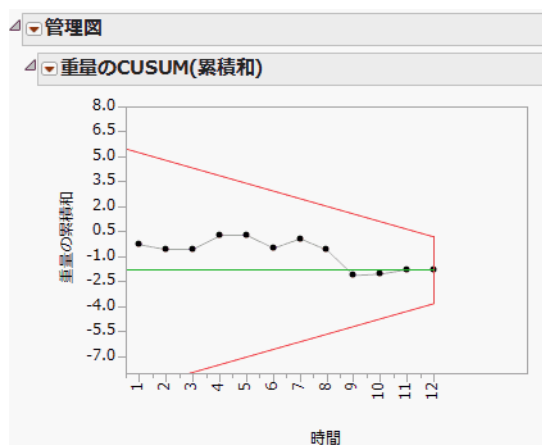
第 6 章

V マスク CUSUM 管理図

工程平均の小さなシフトを検出するためのVマスク形式CUSUM管理図

CUSUM 管理図（累積和管理図）は、個々の測定値やサブグループの平均値の、目標値からのズレの累積和を描きます。CUSUM 管理図は、工程の平均における小さなシフトを検出するのに役立ちます。通常の Shewhart 管理図は、シフトが 2～3 シグマを超えている場合など、突発的で大きな変化は検出できますが、シフトが 1 シグマだけの場合など、小さな変化を検出しにくいという短所があります。

図 6.1 V マスク CUSUM 管理図の例



目次

VマスクCUSUM管理図の概要..... 141

VマスクCUSUM管理図の例..... 141

「VマスクCUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの起動..... 143

VマスクCUSUM管理図..... 145

 両側VマスクCUSUM管理図の解釈..... 146

 片側CUSUM管理図の解釈..... 147

「VマスクCUSUM(累積和)」管理図プラットフォームのオプション..... 147

片側CUSUM管理図の例..... 148

「VマスクCUSUM(累積和)」管理図の統計的詳細..... 149

 片側CUSUM管理図..... 150

 両側CUSUM管理図..... 151

VマスクCUSUM管理図の概要

CUSUM管理図（累積和管理図）は、個々の測定値やサブグループの平均値の、目標値からのズレの累積和を描きます。CUSUM管理図は、工程の平均における小さなシフトを検出するのに役立ちます。通常のShewhart管理図は、シフトが2～3シグマを超えている場合など、突発的で大きな変化は検出できますが、シフトが1シグマだけの場合など、小さな変化を検出しにくいという短所があります。

CUSUM管理図の形式としては、この章で説明するVマスク形式のほかに、表形式のCUSUM管理図もあります。表形式のCUSUM管理図を作成するには、「CUSUM(累積和)管理図」章（125ページ）を参照してください。次のような理由で、Vマスク形式よりも、表形式のCUSUM管理図を推奨します。

- Vマスクは、各時点での決定限界を見るのに移動させる必要があります。1つの場所だけにVマスクを配置すればいいわけではありません。
- Vマスク形式での累積和は、目標にぴったり合った工程でもグラフの中心から大きく外れることがあります。

注意: Montgomery (2013) は、「Vマスク手順の使用には強く反対」しています。

VマスクCUSUM管理図の例

ここで扱うデータ例は、2サイクルエンジンのオイル用添加剤を8オンスずつ缶に充填する機械から測定されたものです。充填の工程は統計的管理状態にあると考えられています。工程は、充填された缶全体の平均重量(μ_0) が8.10オンスになるように調整されています。前回の分析から、充填重量の標準偏差(σ_0) が0.05オンスであることがわかっています。

サブグループとして4缶を標本抽出し、重量を計測する作業を、1時間に1回、12時間にわたって行いました。「Oil1 Cusum.jmp」データテーブルの各行は、「重量」の測定値と、それが測定された「時間」です。データは、「時間」の昇順で並べられています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Oil1 Cusum.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [CUSUM(累積和)] を選択します。
3. 「重量」を選択し、[工程] をクリックします。
4. 「時間」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
5. [両側] チェックボックスにマークをつけます。
6. 「パラメータ」領域で [H] ボタンをクリックして「2」と入力します。
7. [統計量の指定] をクリックします。
8. 「目標値」として「8.1」を入力します。

8.1は充填後の缶の平均重量（オンス）で、これを目標値とします。

9. 「 δ 」に「1」を入力します。

1は、検出したい最小のシフトの絶対値です。標準偏差または標準誤差の乗数で指定します。

10. 「Sigma」として「0.05」を入力します。

0.05は、すでに判明している充填重量（オンス）の標準偏差（ σ_0 ）です。

図6.2 設定後の起動ウィンドウ

CUSUM(累積和)管理図

列の選択
▼ 2列
時間
重量

☒ 両側
☐ データ単位

パラメータ
☐ Kシグマ($k \times \sigma$)
☒ H K
2 0

列に役割を割り当てる
工程 重量
オプション(数値)
標準ラベル 時間
By オプション

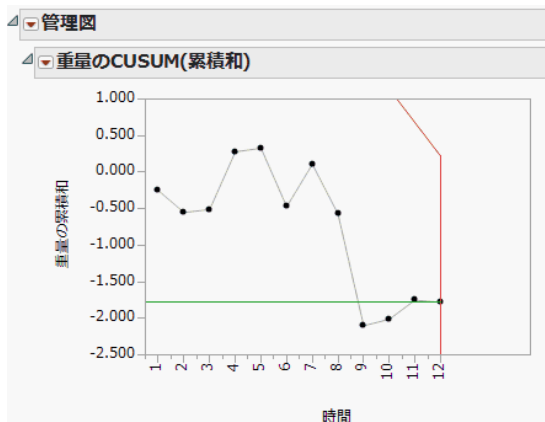
標準サイズ
☒ 標準ラベルでグループ化した標本
☐ 一定の標準サイズ
.
統計量の指定 統計量の削除

アクション
OK
キャンセル
削除
前回の設定
ヘルプ
限界値の取得
☐ 工程能力

CUSUM(累積和)管理図で使用する既知の統計量
重量
目標値 8.1
 δ 1
シフト .
Sigma 0.05
開始値 .

11. [OK] をクリックします。

図6.3 「Oil1 Cusum.jmp」の両側CUSUM管理図



最も新しい点（時間=12）から広がっているVマスクと点を比較することで、管理図を解釈することができます。Vマスクからはみ出ている点がないので、工程にシフトが生じた証拠はないと言えます。「[両側VマスクCUSUM\(累積和\)管理図の解釈](#)」（146ページ）を参照してください。

「VマスクCUSUM(累積和)管理図」プラットフォームの起動

「VマスクCUSUM(累積和)管理図」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [管理図] > [CUSUM(累積和)] を選択します。

図6.4 「CUSUM(累積和)管理図」起動ウィンドウ

工程 管理図に表示する変数を指定します。

メモ: データテーブルの行は、管理図に表示する順序で並べ替えておく必要があります。[標準ラベル] 変数が指定されている場合でも、データは適切に並べ替えておかねばなりません。

標本ラベル 横軸のラベルにする変数を指定すれば、サイズの異なるサブグループを作成することができます。変数を指定しなかった場合、サブグループ標本に対する通し番号が横軸のラベルになります。「統計的管理図」章の「[標本ラベル](#)」(93ページ)を参照してください。

By 指定した列の水準ごとにレポートが作成されます。

両側 このオプションを選択すると、両側CUSUM管理図が作成され、選択しない場合は片側CUSUM管理図になります。片側CUSUM管理図において、[H] の値を指定すると、決定限界が表示されます。

データ単位 このオプションを選択すると、サブグループ平均や個々の測定値を標準化しないで累積和が計算され、CUSUM管理図の縦軸がデータと同じ単位でスケールされます。

メモ: 「データ単位」を選択する場合は、サブグループの標本サイズが一定でなければなりません。

Kシグマ ($k \times \sigma$) このオプションは、各標本における標準誤差に対する倍数によって、管理限界を設定します。[H] の下に表示されるボックスにKシグマの値を入力します。期待値より標準誤差のk倍だけ大きい値および小さい値が管理限界になります。

H 両側CUSUM管理図の場合、Vマスクの原点とVマスクの上下の線との垂直距離 (h) を指します (図6.6を参照)。片側CUSUM管理図の場合、このHの値は決定限界です。「H」には、標準誤差の何倍にするかを入力します。

K 参照値 (k) として、ゼロより大きい値を指定します。

標本ラベルでグループ化した標本 各標本を識別する値を含む列を指定します。「統計的管理図」章の「[標本ラベル](#)」(93ページ)を参照してください。

一定の標本サイズ 標本のサブグループのサイズが等しいときは、このオプションを選択します。「統計的管理図」章の「[標本ラベル](#)」(93ページ)を参照してください。

統計量の指定 「CUSUM(累積和)管理図で使用する既知の統計量」領域で、工程変数に関する次の値を指定します。

- 「**目標値**」には、工程の目標値を指定します。指定する値は、データと同じ単位でスケールされていなければなりません。
- 「**δ**」は、検出したい最小のシフトの絶対値です。標準偏差または標準誤差の乗数で指定します。「δ」は「シフト」オプション (この後すぐ説明があります) の代わりということができます。「シフト」と「δ」の関係は、次のような式で表されます。

$$\delta = \frac{\Delta}{(\sigma/(\sqrt{n}))}$$

ここで、δはデルタ、Δはシフト、σは工程標準偏差、nは (共通の) サブグループ標本サイズです。

- 「**シフト**」には、目標値からの上または下へのシフトとして検出したい最小値を指定します。シフトの値には、サブグループ平均におけるシフトを、データと同じ単位で指定してください。「シフト」と「δ」のいずれかを入力することによって、シフトを指定することができます。

- 「Sigma」には、工程標準偏差 (σ) として既知の標準偏差 (σ_0) を指定します。デフォルトでは、データから Sigma の推定値が自動的に計算されます。
- 「開始値」には、片側 CUSUM 管理図の場合に、累積和 S_0 の初期値を指定します (S_0 は、通常は 0 です)。標準誤差の何倍にするかを入力します。

統計量の削除 「CUSUM(累積和)管理図で使用する既知の統計量」領域に指定されている値をすべて削除します。

限界値の取得 JMP データテーブルに保存されている既知の管理限界値を使用できます。「統計的管理図」章の「[限界値の保存と取得](#)」(104 ページ) を参照してください。

工程能力 工程が特定の仕様限界に適合しているかどうかを測定します。起動ウィンドウで **[OK]** をクリックしたときに、仕様限界や目標値が列プロパティとして定義されていない場合は、仕様限界や目標値を入力するウィンドウが表示されます。『基本的な統計分析』の「一変量の分布」章を参照してください。

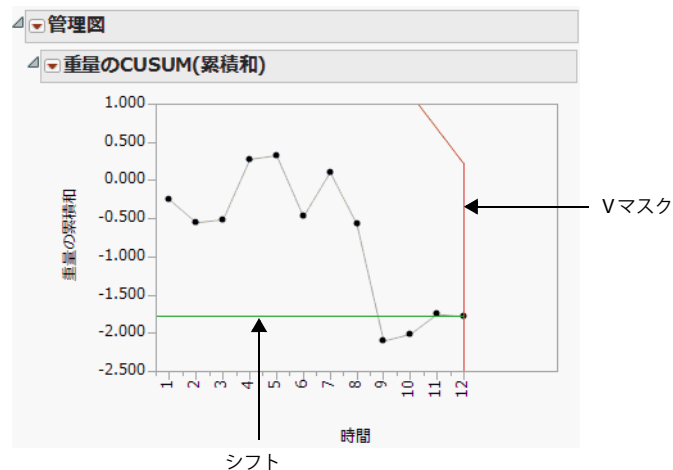
起動ウィンドウの詳細については、『JMP の使用法』の「はじめに」章を参照してください。

V マスク CUSUM 管理図

CUSUM 管理図には、特定の目標値から一方向へのシフトを検出する片側のものと、両方向のシフトを検出する両側のものがあります。

図 6.5 は、「[V マスク CUSUM 管理図の例](#)」(141 ページ) の手順に従って作成したものです。

図 6.5 両側 CUSUM 管理図の例



次の点を念頭に置いてください。

- 手のひらツールで点をクリックすると、シフトと V マスクは、その時点のものになります。

- 既存のCUSUM管理図のデータテーブルに新しいデータが追加された場合は、管理図が自動的に更新されます。

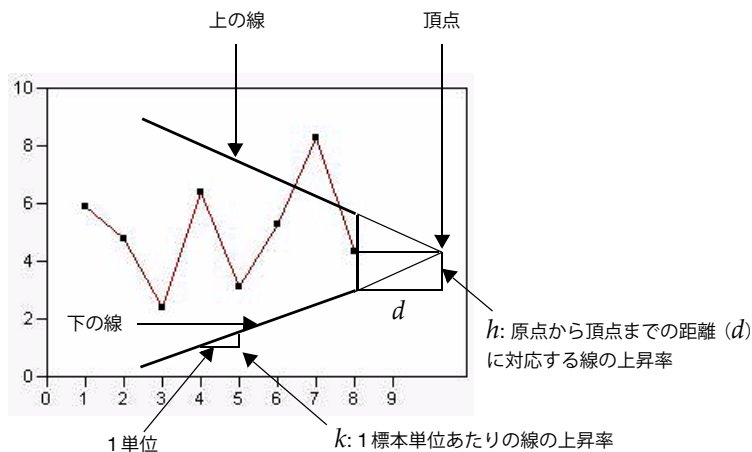
その他のオプションについては、「[「VマスクCUSUM\(累積和\)」管理図プラットフォームのオプション](#)」(147ページ)を参照してください。

両側VマスクCUSUM管理図の解釈

メモ: [「VマスクCUSUM管理図の例」](#)(141ページ)も参照してください。

両側CUSUM管理図を解釈するには、点を、Vマスクとして描かれている決定限界の線と比較します。Vマスクは、V字を横に寝かせた形で、両側CUSUM管理図に描かれています。このV字形は決定限界を示しています。最も新しくプロットされた点を原点として、そこからX軸上を戻るように線が引かれます(図6.6)。データが収集されるにつれて一連の累積和が更新され、原点が新しい点に移動します。

図6.6 両側CUSUM管理図のVマスク



平均がシフトすると、CUSUM管理図上では点の傾きが変化するので、平均がシフトしたことがすぐにわかります。傾きが変化している点がシフトの生じた点です。前にプロットされた点の中にVマスクの上下にはみ出ているものがあるときは、工程が**管理外**であると判断できます。下の線から点のはみ出ている場合は、平均が上昇していることを示し、上の線から点のはみ出ている場合は、平均が下降していることを示します。

CUSUM管理図と、通常のShewhart管理図には、次のような違いがいくつかあります。

- 通常の管理図では、点が、そのサブグループ内の情報だけに基づいてプロットされます。CUSUM管理図の点には、以前に取ったすべてのサブグループ(現在のものも含む)の値が影響しています。
- 通常の管理図では、管理外であることを示す点があるかどうかを判断するのに、管理限界を示す水平な線を基準にします。CUSUM管理図では、Vマスクか、水平線で決定限界が描かれます。

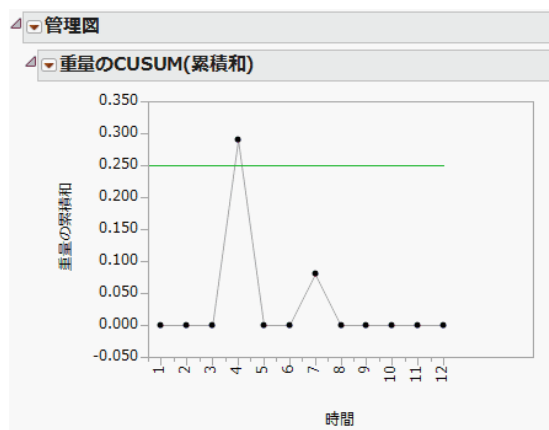
- 通常の管理図では、管理限界として 3σ の値を設定するのが標準的です。CUSUM管理図では、決定限界は平均連長で決まります。

CUSUM管理図は、工程平均における小さなシフトを検出する際により効果的です。Vマスクでは、 1σ のシフトを通常の管理図に比べて4倍の速度で検出できると言われています (Lucas 1976)。

片側CUSUM管理図の解釈

データが目標値に近づいているか、あるいは超えているかを、目標値の片側だけで調べるには、片側CUSUM管理図を作成します。

図6.7 片側CUSUM管理図の例



起動ウィンドウでHに対して指定した値の位置に、**決定限界**の水平な線が描かれます。この例では、その値は0.25です。この決定限界（0.25）を超えるものは、工程にシフトが生じたか、工程が管理外の状態であることを示唆します。この例では、4つ目でシフトが生じていると判断できます。片側CUSUM管理図では、Vマスクではなくて、水平な決定限界が使われます。

「VマスクCUSUM(累積和)」管理図プラットフォームのオプション

「管理図」の横の赤い三角ボタンのメニューに表示されるオプションについては、「統計的管理図」章の「[「管理図」ウィンドウのオプション](#)」(99ページ)を参照してください。「CUSUM(累積和)」の赤い三角ボタンをクリックすると、次のオプションが表示されます。

点の表示 データ点の表示／非表示を切り替えます。

点をつなぐ データ点をつなぐ折れ線を表示します。

マスクの色 (「Vマスクの表示」が選択されている場合にのみ適用) Vマスクの線の色を選択できます。

線の色 (「点をつなぐ」が選択されている場合にのみ適用) 点をつなぐ折れ線の色を選択できます。

中心線の色 （[シフトの表示] が選択されている場合にのみ適用）中心線の色を選択できます。

シフトの表示 起動ウィンドウで入力したシフトの表示／非表示を切り替えます。

Vマスクの表示 Vマスクの表示／非表示を切り替えます。Vマスクは、CUSUM管理図の起動ウィンドウで指定したパラメータをもとに計算されます。

パラメータの表示 CUSUM管理図のパラメータを示すレポートの表示／非表示を切り替えます。

ARLの表示 平均連長（ARL：Average Run Length）の表示／非表示を切り替えます。平均連長とは、管理外の状況になるまでのサブグループ数の期待値です。

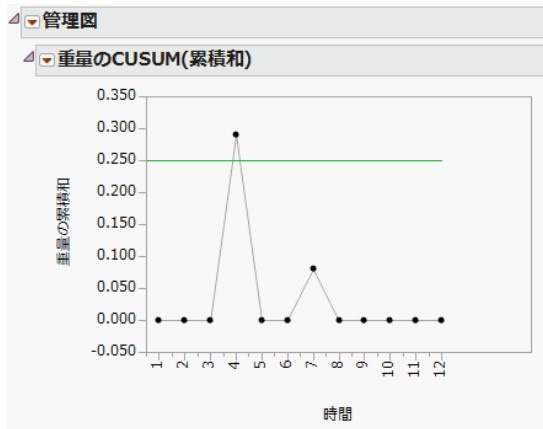
- － ARL (δ) は、指定した δ のシフトを検出するのに必要な平均連長を指します。ARL (δ) はARL1ともいいます。
- － ARL (0) は、指定したパラメータにおいて工程が管理状態にあるときの平均連長を指します。ARL (0) はARL0ともいいます (Montgomery 2013)。

片側CUSUM管理図の例

「VマスクCUSUM管理図の例」(141ページ) で使用したエンジンオイルのデータをもう一度見てみましょう。生産者にとってはコストが重要なので、過少な充填はさほど問題になりませんが、過剰充填は回避する必要があります。そこで、CUSUM管理図を作成し、過剰充填が生じていないかを調べます。平均値 (8.1 オンス) との差は0.25 オンスまで許容されます。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Oil1 Cusum.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [CUSUM(累積和)] を選択します。
3. [両側] の選択を解除します。
4. 「重量」を選択し、[工程] をクリックします。
5. 「時間」を選択し、[標本ラベル] をクリックします。
6. [H] をクリックし、「0.25」と入力します。
7. [統計量の指定] をクリックします。
8. 「目標値」として「8.1」を入力します。
8.1は充填後の缶の平均重量 (オンス) で、これを目標値とします。
9. 「 δ 」に「1」を入力します。
1は、検出したい最小のシフトの絶対値です。標準偏差または標準誤差の乗数で指定します。
10. 「Sigma」として「0.05」を入力します。
0.05は、すでに判明している充填重量 (オンス) の標準偏差 (σ_0) です。
11. [OK] をクリックします。

図6.8 「Oil1 Cusum.jmp」データの片側CUSUM（累積和）管理図



入力したH値（0.25）の位置に決定限界が描かれています。「時間」の4の位置で過剰充填が生じていることがわかります。

「VマスクCUSUM(累積和)」管理図の統計的詳細

この節の計算式では、次の記号を用います。

- μ は、母集団の平均を表します。工程平均や工程水準（process level）とも呼ばれます。
- μ_0 は、母集団の平均に対する目標値を表します。 μ_0 を \bar{X}_0 という記号で表すこともあります。American Society for Quality Statistics Division (2004) を参照してください。起動ウィンドウの「CUSUM(累積和)管理図で使用する既知の統計量」領域の「目標値」で μ_0 を指定できます。
- σ は、母集団の標準偏差を表します。 $\hat{\sigma}$ は、 σ の推定値を表します。
- σ_0 は、既知の標準偏差を表します。起動ウィンドウの「CUSUM(累積和)管理図で使用する既知の統計量」領域の「Sigma」で σ_0 を指定できます。
- n は、CUSUM管理図における各サブグループの標本サイズを表します。
- δ は、検出する μ のシフトを表し、標準偏差の乗数として表したものです。起動ウィンドウの「CUSUM(累積和)管理図で使用する既知の統計量」領域の「 δ 」において、この δ を指定できます。
- Δ は、検出したい μ のシフトを、データ単位で表したものです。標本サイズ n がサブグループ間で一定の場合は、次式が成り立ちます。

$$\Delta = \delta \sigma_{\bar{X}} = (\delta \sigma) / \sqrt{n}$$

起動ウィンドウの「CUSUM(累積和)管理図で使用する既知の統計量」領域の「シフト」で Δ を指定できます。

メモ：統計学者によっては、 Δ を D と表記する場合があります。

片側CUSUM管理図

正のシフト

正のシフト δ を検出する片側CUSUM管理図では、次式に基づき、 t 番目のサブグループの累積和を計算します。

$$S_t = \max(0, S_{t-1} + (z_t - k))$$

($t = 1, 2, \dots, n$ の場合)。 $S_0 = 0$ です。また、 z_t は両側CUSUM管理図の時と同じように定義され、パラメータ k (参照値) は正の値です。パラメータ k を起動ウィンドウで指定しなかった場合、 k は $\delta/2$ に設定されます。この S_t は、**上側累積和** といいます。 S_t は、次のようにも表せます。

$$\max\left(0, S_{t-1} + \frac{\bar{X}_t - (\mu_0 + k\sigma_{\bar{X}_t})}{\sigma_{\bar{X}_t}}\right)$$

このため、数列 S_t は、 μ_0 から標準偏差の k 倍よりも大きいサブグループの偏差を累積します。 S_t が正の値 h (決定限界) を超えると、工程にシフトが生じたか、工程が管理外であると判断できます。

負のシフト

負のシフトを検出する片側CUSUM管理図では、次式に基づき、 t 番目のサブグループの累積和を計算します。

$$S_t = \max(0, S_{t-1} - (z_t + k))$$

($t = 1, 2, \dots, n$ の場合)。 $S_0 = 0$ です。また、 z_t は両側CUSUM管理図の時と同じように定義され、パラメータ k (参照値) は正の値です。パラメータ k を起動ウィンドウで指定しなかった場合、 k は $\delta/2$ に設定されます。この S_t は、**下側累積和** といいます。 S_t は、次のようにも表せます。

$$\max\left(0, S_{t-1} - \frac{\bar{X}_t - (\mu_0 - k\sigma_{\bar{X}_t})}{\sigma_{\bar{X}_t}}\right)$$

このため、数列 S_t は、 μ_0 から標準誤差の k 倍よりも小さいサブグループの偏差の絶対値を累積します。 S_t が正の値 h (決定限界) を超えると、工程にシフトが生じたか、工程が管理外であると判断できます。

S_t と h はともに、 δ が正であるか負であるかに関係なく、常に正の値です。一部の統計学者が定義した負のシフトを検出するための管理図では、 S_t が負の決定限界を下回った場合にシフトが発生したことを表します。

Lucas and Crosier (1982) は、高速初期応答 (FIR: Fast Initial Response) について述べています。ここでは、累積和の初期値 S_0 に開始値を設定することが述べられています。平均連長の計算を見ると、工程が管理された状態にあるときはFIRを使用してもほとんど効果はありませんが、その初期段階で管理外の状態になっている場合には、標準のCUSUM管理図よりも早く検出することができます。起動ウィンドウの「CUSUM(累積和)管理図で使用する既知の統計量」領域の「開始値」で開始値を指定できます。

一定の標本サイズ

サブグループの標本サイズが一定 ($= n$) の場合は、累積和がデータと同じ単位でスケールされている方が解釈しやすい場合があります。 $\delta > 0$ の場合には、データと同じ単位でスケールされている累積和は、次のように計算されます。

$$S_t = \max(0, S_{t-1} + (\bar{X}_t - (\mu_0 + k\sigma/\sqrt{n})))$$

$\delta < 0$ の場合、式は次のようになります。

$$S_t = \max(0, S_{t-1} - (\bar{X}_t - (\mu_0 - k\sigma/\sqrt{n})))$$

どちらの場合も、パラメータ k のスケールが $k' = k\sigma/\sqrt{n}$ に変更されます。起動ウィンドウにおいてパラメータ k を指定しなかった場合、 k' が $\delta/2$ に設定されます。 S_t が $h' = h\sigma/\sqrt{n}$ を超えた場合、シフトが生じたことを意味します。統計学者によっては、 h' を H と表記する場合があります。

両側CUSUM管理図

両側CUSUM管理図の場合は、 t 番目のサブグループに次の累積和 S_t がプロットされます。

$$S_t = S_{t-1} + z_t$$

($t = 1, 2, \dots, n$ の場合)。ここで、 $S_0 = 0$ であり、 z_t の項は次のように計算します。

$$z_t = (\bar{X}_t - \mu_0)/(\sigma/\sqrt{n_t})$$

ここで、 \bar{X}_t は t 番目のサブグループの平均を示し、 n_t は t 番目のサブグループの標本サイズを示します。サブグループの標本が個々の測定値 x_t から成る場合は、 z_t の項は次のように単純化されます。

$$z_t = (x_t - \mu_0)/\sigma$$

最初の式は、次のように書き換えられます。

$$S_t = \sum_{i=1}^t z_i = \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \mu_0)/\sigma_{\bar{X}_i}$$

数列 S_t は、目標平均 μ_0 からのサブグループ平均の偏差を標準化したものを累積します。

実際の場面ではサブグループの標本サイズ n_i は等しいこと ($n_i = n$) が多いですが、その場合、 S_t の式は次のように単純化できます。

$$S_t = (1/\sigma_{\bar{X}}) \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \mu_0) = (\sqrt{n}/\sigma) \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \mu_0)$$

また、用途によっては、 S_t を次のように計算する方が解釈しやすい場合があります。

$$S_t = \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \mu_0)$$

この累積和は、データと同じ単位でスケールされます。この場合、Vマスクのパラメータ h と k は、それぞれ $h' = h\sigma/\sqrt{n}$ と $k' = k\sigma/\sqrt{n}$ にスケールが変更されます。統計学者によっては、 k' を F 、 h' を H と表記する場合があります。

工程が管理された状態にあり、平均 μ が目標値 μ_0 であるか、それに近い値である場合、累積和はランダムウォーク（酔歩）に従います。ランダムウォークに従っている場合、点はゼロから離れることはありますが、 μ_0 からの正と負のずれが相殺されるため、傾きが現れることはありません。 μ が正の方向にシフトすると上向きの傾きが現れ、 μ が負の方向にシフトすると下向きの傾きが現れます。

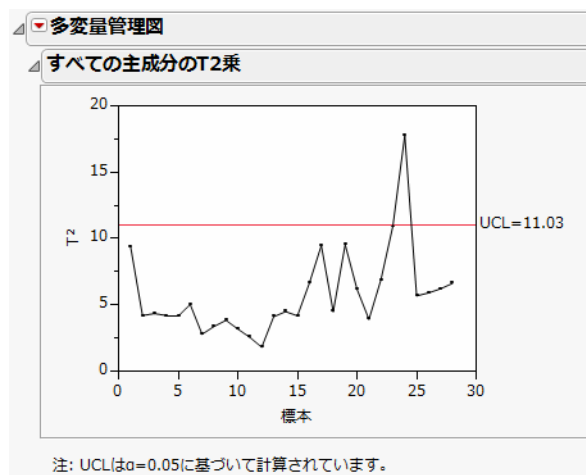
第7章

多変量管理図

工程に関する複数の特性を同時に監視する

多変量管理図は、相関がある2つ以上の工程変数を監視するときに使用します。一変量の管理図は、1変数ずつしか監視できませんが、多変量管理図では相関のある複数の変数を監視します。「多変量管理図」プラットフォームは、Hotellingの T^2 管理図を描きます。このプラットフォームは、履歴データをもとに工程が安定していたかどうかを判断するだけでなく、新しいデータをもとに工程を監視することもできます。

図7.1 多変量管理図の例



目次

- 多変量管理図の概要 155
- 多変量管理図の例 155
 - 手順1: 工程が安定状態かどうかを判断する 155
 - 手順2: 目標統計量を保存する 156
 - 手順3: 工程を監視する 157
- 「多変量管理図」プラットフォームの起動 158
- 多変量管理図 158
- 「多変量管理図」プラットフォームのオプション 160
 - T2乗の分割 161
 - 変化点の検出 161
 - 主成分分析 162
- 多変量管理図の別例 162
 - サブグループ化したデータを使用した工程監視の例 162
 - T2乗の分割の例 165
 - 変化点を検出する例 168
- 多変量管理図の統計的詳細 169
 - 個々のデータに対する多変量管理図の統計的詳細 169
 - サブグループに分けたデータに対する多変量管理図の統計的詳細 170
 - 変化点の検出の統計的詳細 173

多変量管理図の概要

多変量管理図は、相関がある2つ以上の工程変数を監視するときに使用します。一変量の管理図は、1変数ずつしかを監視できませんが、多変量管理図では相関のある複数の変数を監視します。Hotellingの T^2 管理図（単に T^2 管理図ともいう）は、多変量管理図の1つです。 T^2 管理図では、工程平均におけるシフトを検出したり、複数の変数間の関係を調べたりできます。1つずつのオブザベーションにも、合理的なサブグループで要約した平均にも使用できます。

多変量管理図の管理限界は、現在のデータからでも、履歴データからでも求めることができます。現在のデータから作成した管理図を「フェーズI」の管理図、履歴データから管理限界を求めた管理図を「フェーズII」の管理図といいます。フェーズIでは、工程が安定していることを確認し、工程の目標統計量を計算します。フェーズIIの多変量管理図は、フェーズIのデータから計算された目標統計量に基づいて工程の新しいデータを監視します。

フェーズIIの多変量管理図を作成するには、まず、工程が安定している期間を見極めます。

1. フェーズI管理図を作成し、得られたデータにおいて工程が安定しているかどうかを確認します。
このフェーズIで使用したデータが、履歴データになります。
2. この履歴データの目標統計量を保存します。
3. 手順2で保存した目標統計量をもとに、フェーズII管理図によって実際の工程を監視します。

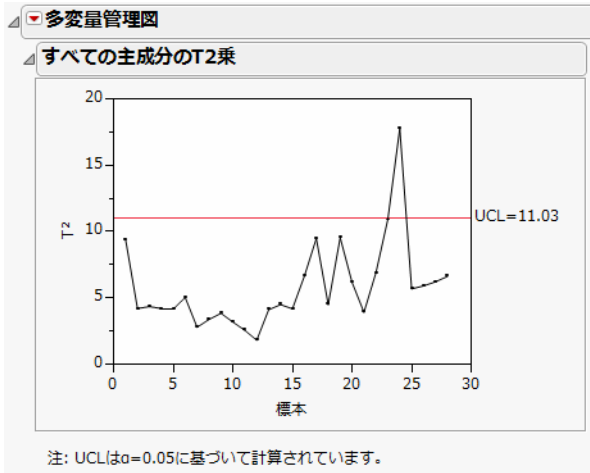
多変量管理図の例

次の例では、サブグループ化されていないデータの管理図を作成します。蒸気タービンエンジンに関する測定データを使用します。サブグループ化されたデータを使用する例については、[「サブグループ化したデータを使用した工程監視の例」](#)（162ページ）を参照してください。

手順 1: 工程が安定状態かどうかを判断する

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Steam Turbine Historical.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [多変量管理図] を選択します。
3. すべての列を選択し、[Y, 列] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。

図7.2 最初の多変量管理図



管理外の点が1つしかないので、この工程は統計的管理状態にあると判断して妥当でしょう。そこで、このデータに基づいて目標値を設定します。

手順 2: 目標統計量を保存する

- 1. 赤い三角ボタンのメニューから「目標統計量の保存」を選択します。
すると、工程の目標統計量を保存した新しいデータテーブルが作成されます。

図7.3 蒸気タービンのデータの目標統計量

	Ref_Stats	燃料	蒸気量	蒸気温度	メガワット	冷却温度	圧力
1	_SampleSize	28	28	28	28	28	28
2	_NumSample	1	1	1	1	1	1
3	_Mean	237595.78571	179015.78571	846.39285714	20.647142857	53.871428571	29.139285714
4	_Std	7247.6859825	4374.3063819	2.9481857034	0.5341650261	0.2088010623	0.0497347461
5	_Corr_燃料	1	0.8714382899	-0.549875041	0.8558570808	-0.270049819	-0.469928462
6	_Corr_蒸気量	0.8714382899	1	-0.629023927	0.9852529223	-0.223127002	-0.533056185
7	_Corr_蒸気温度	-0.549875041	-0.629023927	1	-0.595214609	0.2475387217	0.2192147319
8	_Corr_メガワット	0.8558570808	0.9852529223	-0.595214609	1	-0.207305813	-0.50447312
9	_Corr_冷却温度	-0.270049819	-0.223127002	0.2475387217	-0.207305813	1	0.3617461646
10	_Corr_圧力	-0.469928462	-0.533056185	0.2192147319	-0.50447312	0.3617461646	1

- 2. この新しいデータテーブルを「Steam Turbine Targets.jmp」という名前で保存します。
目標統計量が確立されたので、工程を監視する多変量管理図を作成します。

手順3: 工程を監視する

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Steam Turbine Current.jmp」を開きます。

このサンプルデータテーブルには、工程の最近のオブザベーションが記録されています。

2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [多変量管理図] を選択します。
3. すべての列を選択し、[Y, 列] をクリックします。
4. [目標統計量の取得] をクリックします。
5. 先ほど保存した「Steam Turbine Targets.jmp」テーブルを開きます。
6. [OK] をクリックします。

デフォルトの α 水準は0.05です。これを0.001に変更します。

7. 赤い三角ボタンのメニューから [α 水準の設定] > [その他] を選択します。
8. 「0.001」と入力して [OK] をクリックします。

図7.4 蒸気タービンのデータの管理図

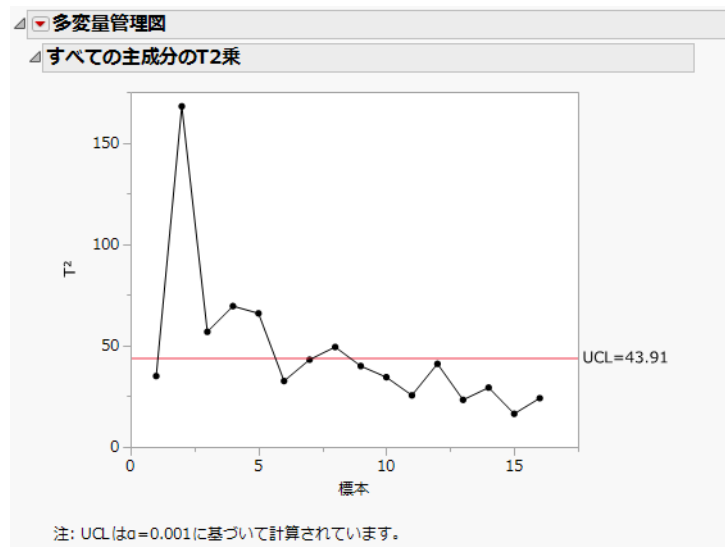


図7.4を見ると、2, 3, 4, 5, 8行目のデータが管理外となっています。これは、これらのデータ行は「Steam Turbine Historical.jmp」に保存された過去のデータに適合していません。工程をさらに調査する必要があることを示唆しています。原因究明のため、一変量の管理図を個別に調べたり、その他の一変量解析を試してみたりするのも有効です。

「多変量管理図」プラットフォームの起動

「多変量管理図」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [管理図] > [多変量管理図]を選択します。

図7.5 「多変量管理図」起動ウィンドウ

Y, 列 分析の対象となる列を指定します。

サブグループ化 サブグループ化されたデータを含む列を指定します。サブグループは、階層上、「グループ」の内部にあります。

グループ化 もっとも上の階層のレベルでどのグループに属するかを示す列を指定します。

重み データに重み（重要度、影響度など）をつけるのに使う変数の列を指定します。

度数 この役割を割り当てた列の値は、各行の度数（繰り返し数）を表します。データテーブルのデータがすでに要約されている場合に便利です。

By 指定した列の水準ごとにレポートが作成されます。

目標統計量の取得 このボタンをクリックすると、工程の過去のデータから計算した目標値が保存されている JMP データテーブルを選択できます。

多変量管理図

多変量管理図では、工程におけるシフトをすばやく検出し、特殊原因による変動が生じていないか工程を監視できます。

図7.6は、「[多変量管理図の例](#)」（155ページ）の手順に従って作成したものです。

図7.6 多変量管理図



ヒント: その他のオプションについては、「[「多変量管理図」プラットフォームのオプション](#)」(160ページ)を参照してください。

多変量管理図には、Hotellingの T^2 統計量がプロットされます。管理限界の計算方法は、目標値が指定されているかどうかによって異なります。 T^2 統計量と上側管理限界(UCL; Upper Control Limit)の計算方法については、「[「多変量管理図の統計的詳細](#)」(169ページ)を参照してください。管理限界の詳細については、Tracy, et al. (1992)を参照してください。

上の例では、両方のデータセットの「主成分分析」レポートで、「固有値」の1行目の値（主成分分析の第1主成分に対応）が、分析対象の変数による総変動の約95%を説明しています。両方の「固有ベクトル」テーブルの値から、第1主成分が主に「燃料」と「蒸気量」の情報を表していることがわかります。このことから、この第1主成分だけに着目した方が、感度がより良い管理図を作成できると予想できます。「主成分分析」レポートの詳細については、「[主成分分析](#)」（162ページ）を参照してください。

「多変量管理図」プラットフォームのオプション

プラットフォームの赤い三角ボタンのメニューには、次のオプションが表示されます。

T2乗図 T^2 管理図を表示します。Hotellingの T^2 管理図は、XBar管理図を拡張し、相関を考慮した多変量管理図です。

T2乗の分割 Yの主成分に基づいた多変量管理図を作成します。 T^2 の主成分の数を指定できます。「[T2乗の分割](#)」（161ページ）を参照してください。

α 水準の設定 管理限界の計算に使う α 水準を設定します。デフォルトは0.05です。

共分散行列 「共分散行列」レポートを表示します。共分散行列は、二変量間の線形関係の強さを測る指標です。

相関行列 「相関行列」レポートを表示します。

共分散行列の逆行列 共分散行列の逆行列、または特異行列の場合は共分散行列の一般逆行列を表示します。

相関行列の逆行列 相関行列の逆行列、または特異行列の場合は相関行列の一般逆行列を表示します。

平均の表示 各グループの平均を表示します。

T2乗の保存 データテーブルに新しい列を作成し、 T^2 の計算式を保存します。

T2乗の計算式の保存 データテーブルに新しい列を作成し、 T^2 の値の計算式を保存します。

目標統計量の保存 新しいデータテーブルに工程の目標統計量を保存します。目標統計量として、標本サイズ・サブグループ数・平均・標準偏差・相関係数が保存されます。

変化点の検出 （サブグループ化されたデータの場合は適用外）各行の検定統計量から「変化点の検出」プロットを作成し、変化点が現れた行番号を表示します。「[変化点の検出](#)」（161ページ）を参照してください。

主成分分析 固有値および対応する固有ベクトルを示すレポートを表示します。主成分分析では、監視対象の複数の変数のうち、工程変動に対する寄与率の高いものを見極めることができます。「[主成分分析](#)」（162ページ）を参照してください。

主成分の保存 データテーブルに新しい列を作成し、尺度化した主成分を保存します。

T2乗の分割

監視している特性の数が多い状況などに対して、[T2乗の分割] オプションによって、主成分に基づく管理図を作成できます。測定値における変動の大部分が少数の主成分で説明される場合、それらの少数の主成分から作成した多変量管理図の方が、元データの全次元に基づく管理図より、感度が良くなりやすいです。

また、[T2乗の分割] オプションは、共分散行列が悪条件 (ill-conditioned) になる場合にも役立ちます。このような場合、固有値が小さい主成分 (変動に対する寄与率が低い主成分) が、 T^2 に大きく影響し、間違った結果に導く可能性があります。工程の振る舞いを調べるときは、こうした重要度の低い成分は無視した方が得策です。

[T2乗の分割] オプションを選択すると、採用する主成分の数を指定するウィンドウが表示されます。

このオプションを使うと、「大きな主成分の T2 乗」と「小さな主成分の T2 乗」という 2 つの多変量管理図が作成されます。たとえば、オプションの初回選択時に主成分数として r を入力した場合、「大きな主成分の T2 乗」管理図は、大きいものから r 個の固有値に対応する r 個の主成分に基づいて作成されます。この場合の r は、「主成分分析: 共分散行列から」レポートの「寄与率」列と「累積寄与率」列から判断できる、変動の大半を説明している主成分の数です。「小さな主成分の T2 乗」管理図は、残りの主成分に基づいて作成されます。

サブグループごとにおいて、「大きな主成分の T2 乗」管理図の T^2 値と、「小さな主成分の T2 乗」管理図の T^2 値の和は、「すべての主成分の T2 乗」レポートに示される総 T^2 値に等しくなります。分割した T^2 値の計算方法の詳細については、Kourti and MacGregor (1996) を参照してください。

変化点の検出

多変量データにおける、平均ベクトル、共分散行列、またはその両方の変化 (シフト) を検出します。この手法では、データを 2 つに分けた時の尤度比検定統計量を計算します。管理図にプロットされる統計量は、オブザベーションの尤度比検定統計量を次の積で割ったものです。

- シフトがないと仮定したときの近似期待値。
- 上側管理限界の近似値。

上側管理限界の近似値で割ることで、プロットされる点に対する上側管理限界が 1 になります。「変化点の検出」プロットを見ると、どこで変化が生じているかがすぐに分かります。管理図統計量が最大になっている時点が、変化が生じている時点だと解釈できます。JMP の [変化点の検出] は、Sullivan and Woodall (2000) に基づくもので、「変化点の検出の統計的詳細」(173 ページ) で解説されています。

メモ: [変化点の検出] は、データ内に見られる 1 つのシフトの検出を目的としています。複数のシフトを検出するには、データを分割してからさらに [変化点の検出] を行う必要があります。

「変化点の検出」プロットについては、以下の点に留意してください。

- 値の中で 1.0 を超えるものは、データにシフトが生じた可能性を示唆します。
- 「変化点の検出」プロットの管理図統計量は、対象 (平均ベクトルや共分散行列) の尤度比統計量を正規化のための係数で割って求められています。
- 「変化点の検出」プロットで最大の検定統計量を持つオブザベーションが、データの変化点にあたります。

「散布図行列」については、以下の点に留意してください。

- この散布図行列では、標本平均ベクトルにおけるシフトを視覚的に読み取れます。
- 「[変化点を検出する例](#)」(168ページ)では、データが2つのグループに分割されています。最初の24個のオブザベーションは第1グループ、残りのオブザベーションは第2グループにまとめられています。

主成分分析

「主成分分析」レポートには、次の情報が表示されます。

固有値 共分散行列の固有値。

寄与率 対応する固有ベクトルで説明される変動の割合。棒グラフもあわせて表示されます。

累積寄与率 対応する固有ベクトルで説明される変動の割合の累積値。

カイ2乗 該当する次元以降の固有値がすべて等しいかどうかを検定する検定統計量が表示されます。ここで使用するのは、Bartlettの球面性検定です。この検定で帰無仮説が棄却される場合、該当する主成分には変数に対してまだ何かしらの関連が残っていると判断できます。

自由度 カイ2乗検定の自由度。

p値(Prob>ChiSq) 検定の p 値。

固有ベクトル 固有値に対応する固有ベクトルの表。ここに表示されている各固有ベクトルは、対応する固有値の平方根で割られています。

主成分分析の詳細については、『多変量分析』の「主成分分析」章を参照してください。

多変量管理図の別例

- 「[サブグループ化したデータを使用した工程監視の例](#)」
- 「[T2乗の分割の例](#)」
- 「[変化点を検出する例](#)」

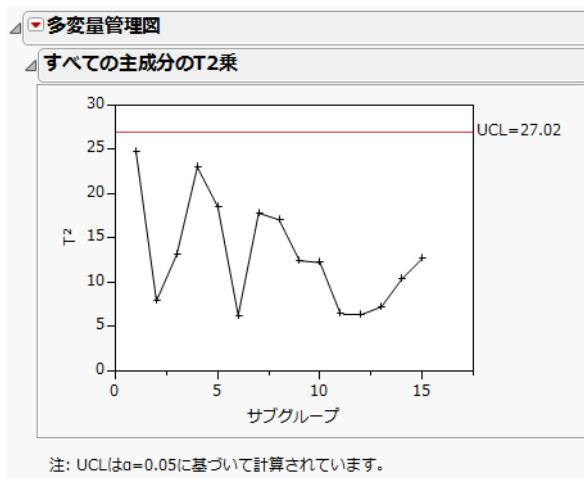
サブグループ化したデータを使用した工程監視の例

データをサブグループ化した場合でも、多変量管理図による分析の流れは、個々のデータを扱う場合とあまり変わりません。「[多変量管理図の例](#)」(155ページ)を参照してください。まず履歴データから管理図を作成して目標統計量を保存し、その目標値を使用して工程を監視します。

手順1: 工程が安定状態かどうかを判断する

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Aluminum Pins Historical.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [多変量管理図] を選択します。
3. 「直径」と「長さ」の列をすべて選択し、[Y, 列] をクリックします。
4. 「サブグループ」を選択し、[サブグループ化] をクリックします。
5. [OK] をクリックします。

図7.7 サブグループ化したデータの多変量管理図（手順1）



工程が統計的管理状態にあるようなので、このままこのデータを使用して目標統計量を作成します。

手順2: 目標統計量を保存する

1. 赤い三角ボタンのメニューから[目標統計量の保存]を選択します。
すると、工程の目標統計量を保存した新しいデータテーブルが作成されます。
2. この新しいデータテーブルを「Aluminum Pins Targets.jmp」という名前で保存します。
目標統計量が確立されたので、工程を監視する多変量管理図を作成します。

手順3: 工程を監視する

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Aluminum Pins Current.jmp」を開きます。
このサンプルデータテーブルには、工程における最近の測定値が記録されています。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図] > [多変量管理図] を選択します。
3. 「直径」と「長さ」の列をすべて選択し、[Y, 列] をクリックします。

- 4. 「サブグループ」を選択し、[サブグループ化] をクリックします。
- 5. [目標統計量の取得] をクリックします。
- 6. 先ほど保存した「Aluminum Pins Targets.jmp」テーブルを開きます。
- 7. [OK] をクリックします。
- 8. 赤い三角ボタンのメニューから [平均の表示] を選択します。

[平均の表示] オプションを選択すると各サブグループの平均が表示されますので、他のサブグループと一番かけ離れたサブグループがどれかを判断できます。

図7.8 サブグループ化したデータの多変量管理図（手順3）

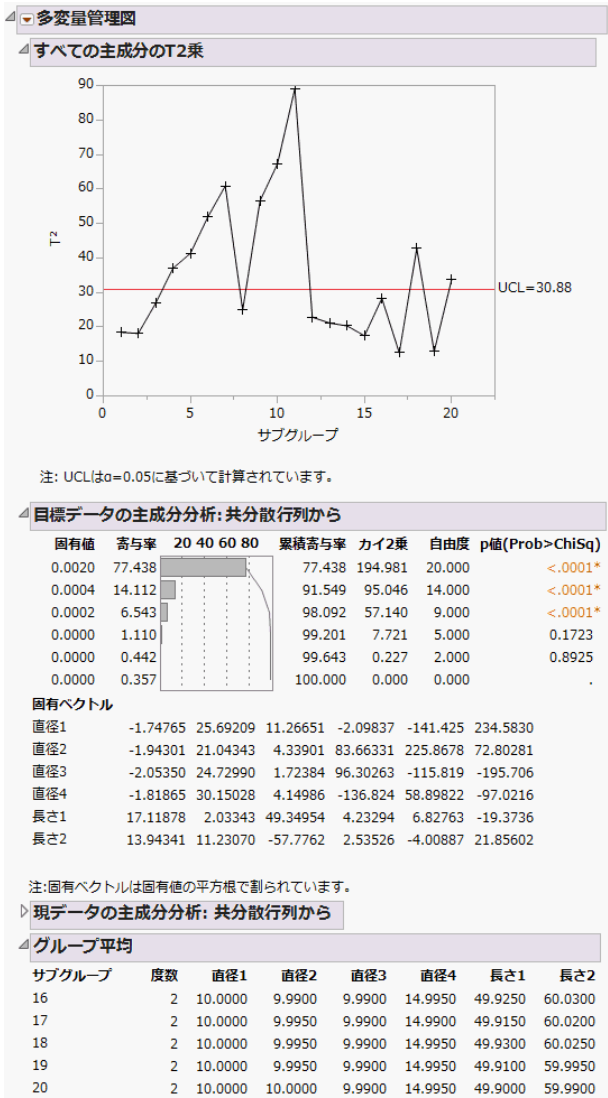


図7.8では、サブグループ4～7, 9～11, 18, 20で管理限界を超えています。これは、これらのサブグループの測定値が「Aluminum Pins Historical.jmp」に保存された過去のデータに合っていないこと、工程をさらに調査する必要があることを示唆しています。これらの点で工程が管理限界外になっている原因を究明するため、一変量の管理図を個別に調べたり、その他の一変量解析を試してみたりするのも有効です。

さらに、この工程を監視する別の方法として、大きな主成分に焦点を当ててもよいでしょう。この例では、履歴データから、最初の3つの主成分が総変動の約98%を説明していることがわかります。このことから、最初の3つの主成分に基づく管理図を作成し、これら3つの主成分によって現在のデータを監視してもよいでしょう。なお、この例で「T2乗の分割」オプションを選択すると、将来の工程を監視するための管理図の管理限界として、過去の履歴データから求めた管理限界が使われます。

T2乗の分割の例

この例では、工程の振る舞いを調べる場合、「T2乗の分割」を使って、重要な成分とあまり重要でない成分に分けます。この例では、50本の棒のそれぞれで、均一な間隔を置いた12箇所のコーティングを調べました。測定値の変動を調べ、変動の原因をさらに調べる必要があるかどうかを判断します。

1. 「ヘルプ」>「サンプルデータライブラリ」を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Thickness.jmp」を開きます。
2. 「分析」>「品質と工程」>「管理図」>「多変量管理図」を選択します。
3. 「厚さ」のすべての列を選択し、「Y, 列」をクリックします。
4. 「OK」をクリックします。

現在の有意水準は0.05に設定されています。これは、誤警報率が5%であることを示します。この誤警報率を1%に変更しましょう。

5. 赤い三角ボタンメニューから「 α 水準の設定」>「0.01」を選択します。

図7.9 「Thickness.jmp」の最初の変多量管理図

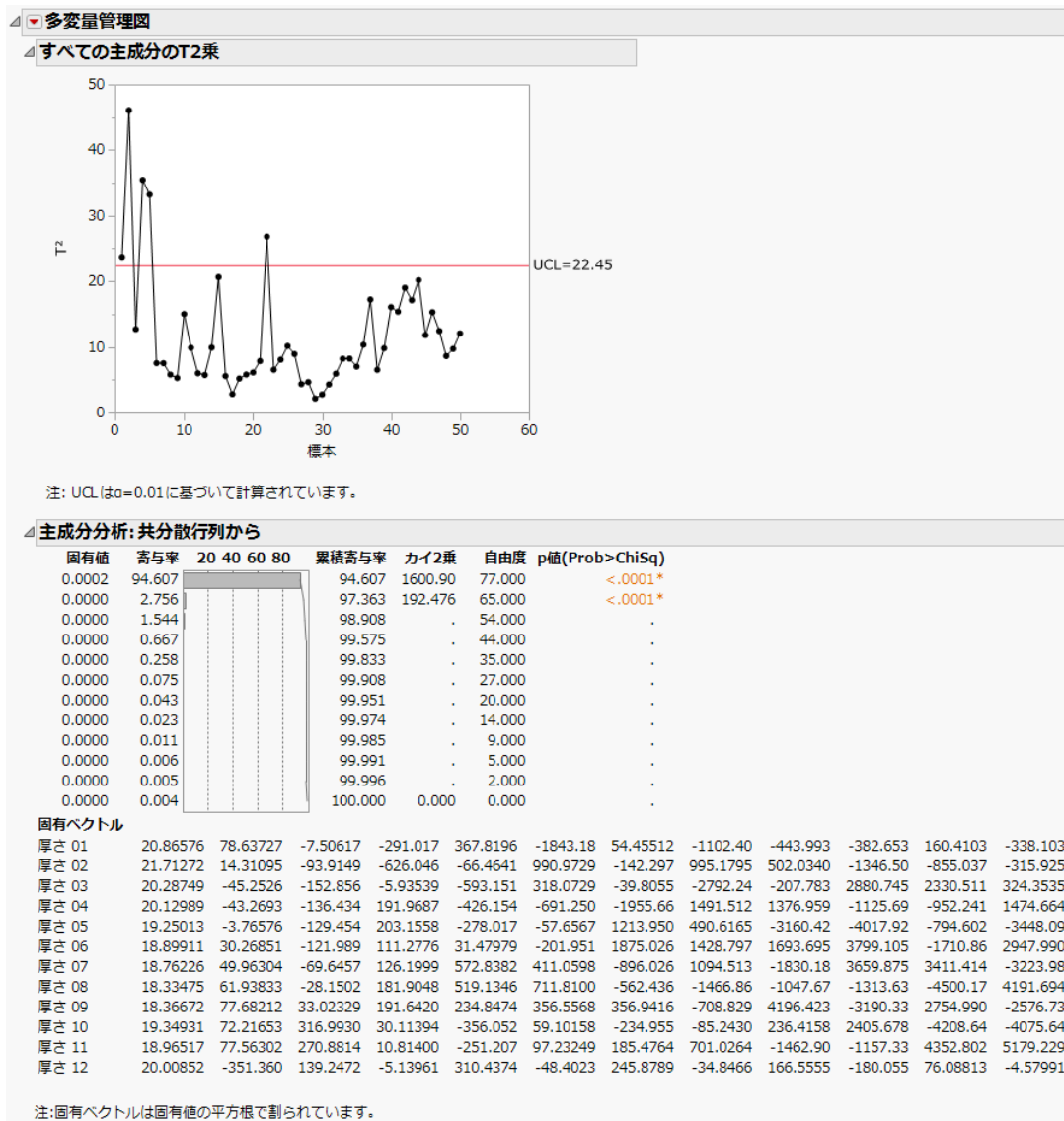
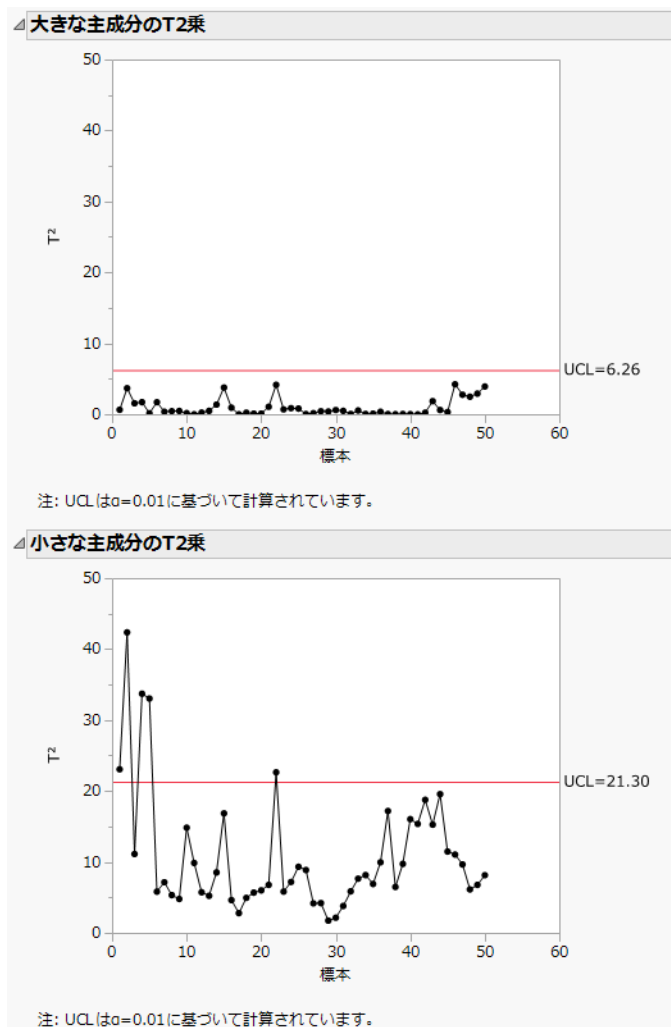


図7.9の全体の管理図は、棒1, 2, 4, 5, 22には何かしらの特殊原因が影響しているだろうことを示唆しています。「主成分分析」レポートを見ると、12個の厚さの測定値における約95%の変動は、最初の主成分によって説明できることがわかります。第1主成分だけに関連する変動についてさらに調べていきましょう。

- 赤い三角ボタンのメニューから「T2乗の分割」を選択します。
- 主成分の数をデフォルトの1としたまま「OK」をクリックします。

図7.10 T2乗で分割された管理図



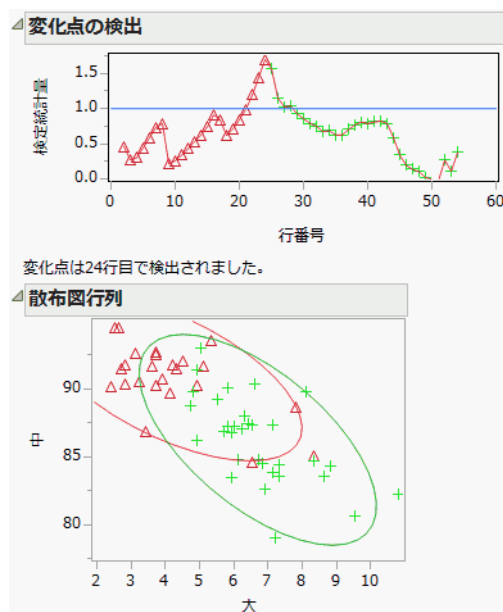
「すべての主成分のT2乗」レポートとは対照的に、最初の成分だけの変動を反映した「大きな主成分のT2乗」チャートには、特殊原因が存在する証拠が見られません。「小さな主成分のT2乗」チャートから、特殊原因がその他の小さな成分の中に存在することがわかります。小さな成分が説明する変動は多くないため、それらの変動はノイズであろうと考えられます。したがって、厚さの測定値における変動には、大きな問題はないと判断できます。

変化点を検出する例

「変化点の検出」を使用して、データのどこでシフトが生じているかを判断できます。

1. 「ヘルプ」>「サンプルデータライブラリ」を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Gravel.jmp」を開きます。
2. 「分析」>「品質と工程」>「管理図」>「多変量管理図」を選択します。
3. 「大」と「中」を選択し、「Y, 列」をクリックします。
4. 「OK」をクリックします。
5. 赤い三角ボタンのメニューから「変化点の検出」を選択します。

図7.11 「Gravel.jmp」の「変化点の検出」プロット



ヒント: データによっては、軸をドラッグしないと、2つのグループの確率楕円を確認できない場合があります。

「変化点の検出」プロットで、1.0を超える値は、データにシフトが生じた可能性を示唆します。24行目で変化点が発見されており、これは、その直後にシフトが生じていることが示唆されています。両グループの95%の確率楕円を比べたときにサイズ、形状、向きが似ていることから、両グループの標本共分散行列は似ていることがわかります。

多変量管理図の統計的詳細

- 「個々のデータに対する多変量管理図の統計的詳細」
- 「サブグループに分けたデータに対する多変量管理図の統計的詳細」
- 「変化点の検出の統計的詳細」

個々のデータに対する多変量管理図の統計的詳細

測定データがサブグループ化されていない場合、サブグループの標本サイズ (n) は1になります。全体の標本サイズを m 、測定対象となっている特性の数を p とします。 T^2 統計量は、オブザベーションごとに計算され、プロットされます。 T^2 統計量と上側管理限界 (UCL; Upper Control Limit) の計算は、目標統計量の元のデータによって異なります。フェーズI管理図の管理限界は、管理図上にプロットされたのと同じデータから計算されます。フェーズII管理図の管理限界は、履歴データから求めた目標統計量に基づいて計算されます。Hotelling の T^2 管理図の T^2 統計量と管理限界の計算方法について詳しくは、Montgomery (2013) を参照してください。

フェーズI管理図の計算

フェーズI管理図では、 i 番目のオブザベーションの T^2 統計量は次のように定義されます。

$$T_i^2 = (Y_i - \bar{Y})' S^{-1} (Y_i - \bar{Y})$$

ここで

Y_i は、 i 番目のオブザベーションにおける p 個の測定値の列ベクトル。

\bar{Y} は、 p 個の変数の標本平均の列ベクトル。

S^{-1} は、標本共分散行列の逆行列。

i 番目のオブザベーションに対する T_i^2 が、多変量管理図上に点としてプロットされます。

フェーズIの管理限界を計算する際、上側管理限界 (UCL) は、ベータ分布に基づきます。上側管理限界は、次のように定義されます。

$$UCL = \frac{(m-1)^2}{m} \beta \left[1 - \alpha, \frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2} \right]$$

ここで

p = 変数 (列) の数

m = オブザベーションの数

$$\beta_{\left[1-\alpha, \frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}\right]} = \text{パラメータが}\left(\frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}\right)\text{であるベータ分布の}(1-\alpha)\text{分位点}$$

フェーズII管理図の計算

フェーズII管理図では、履歴データを用いて計算します。ここで履歴データを X とします。その場合、 i 番目のオブザベーションの T^2 統計量は、次のように定義されます。

$$T_i^2 = (Y_i - \bar{X})' S_X^{-1} (Y_i - \bar{X})$$

ここで

Y_i は、 i 番目のオブザベーションにおける p 個の測定値の列ベクトル。

\bar{X} は、履歴データセットから求めた p 個の変数の標本平均の列ベクトル。

S_X^{-1} は、履歴データセットから求めた標本共分散行列の逆行列。

i 個のオブザベーションそれぞれの T_i^2 値は、多変量管理図上に点としてプロットされます。

フェーズIIの管理限界を計算する際、新しいオブザベーションは履歴データからは独立しています。この場合、上側管理限界（UCL）は F 分布の関数となり、目標値の計算に使用した履歴データセット中のオブザベーション数によってその定義は異なります。UCLは次式で定義されます。

$$UCL = \begin{cases} \frac{p(m+1)(m-1)}{m(m-p)} F_{[1-\alpha, p, m-p]} & m \leq 100 \text{ の場合} \\ \frac{p(m-1)}{m-p} F_{[1-\alpha, p, m-p]} & m > 100 \text{ の場合} \end{cases}$$

ここで

p = 変数（列）の数

m = 履歴データにおけるオブザベーションの数

$F_{[1-\alpha, p, m-p]} = F(p, m-p)$ 分布の $(1-\alpha)$ 分位点

サブグループに分けたデータに対する多変量管理図の統計的詳細

p 個の変数を監視し、標本サイズ n が1より大きいサブグループが m 個得られたとします。 T^2 統計量は、サブグループごとに計算され、プロットされます。 T^2 統計量と上側管理限界（UCL）の計算は、目標統計量を求めたデータの種類によって異なります。フェーズI管理図の管理限界は、管理図上にプロットされたのと同じデータから計算されます。フェーズII管理図の管理限界は、履歴データセットから求めた目標統計量に基づいて計算されます。Hotellingの T^2 管理図の T^2 統計量と管理限界の計算方法について詳しくは、Montgomery (2013) を参照してください。

フェーズI管理図の計算

フェーズI管理図では、 j 番目のサブグループの T^2 統計量は次のように定義されます。

$$T_j^2 = (\bar{Y}_j - \bar{Y})' S_p^{-1} (\bar{Y}_j - \bar{Y})$$

ここで

\bar{Y}_j は、 j 番目のサブグループにおける p 個の測定値の n 個の列ベクトルの平均。

$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{Y}_j$ はサブグループ平均の平均値。

S_j は、 j 番目のサブグループにおける n 個のオブザベーションの標本共分散行列。

$S_p = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_j$ は、群内共分散行列の平均として求めた、プールした共分散行列。

フェーズIの上側管理限界（UCL）は、次のように定義されます。

$$UCL = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{[1-\alpha, p, mn-m-p+1]}$$

ここで

p = 変数（列）の数

n = 各サブグループの標本サイズ

m = サブグループの数

$F_{[1-\alpha, p, mn-m-p+1]} = F(p, mn-m-p+1)$ 分布の第 $(1-\alpha)$ 分位点

フェーズII管理図の計算

フェーズII管理図では、目標統計量の計算の元となった履歴データセットを X とします。 j 番目のオブザベーションの T^2 統計量は、次のように定義されます。

$$T_j^2 = (\bar{Y}_j - \bar{X})' S_p^{-1} (\bar{Y}_j - \bar{X})$$

ここで

\bar{Y}_j は、 j 番目のサブグループにおける p 個の測定値の n 個の列ベクトルの平均。

\bar{X}_k は、履歴データセットから求めた、 k 番目のサブグループにおける p 個の測定値の n 個の列ベクトルの平均。

$\bar{X} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{X}_k$ は、オブザベーションの全体平均。

S_k は、履歴データセットから求めた、 k 番目のサブグループにおける n 個のオブザベーションの標本共分散行列。

$S_p = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m S_k$ は、群内共分散行列の平均として求めた、プールした共分散行列。

フェーズIIの上側管理限界（UCL）は、次のように定義されます。

$$UCL = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{[1-\alpha, p, mn-m-p+1]}$$

ここで

p = 変数（列）の数

n = サブグループの標本サイズ

m = 履歴データセット内のサブグループの数

$F_{[1-\alpha, p, mn-m-p+1]}$ = $F(p, mn-m-p+1)$ 分布の第 $(1-\alpha)$ 分位点

サブグループに分けたデータの検定統計量の加算性

独立した正規分布に従う mn 個のオブザベーションから成る標本を、標本サイズが n の合理的なサブグループ m 個にグループ化したとします。ここで、 j 番目のサブグループにおける平均 \bar{Y}_j と目標値との距離を T_M^2 と表します。（この T_M^2 は、前節で求めた、サブグループ化されたデータにおける T^2 です。）一方、各サブグループの個々のデータに関して、群内変動や、全体的な変動を表す、 T^2 統計量も定義できます。これら3つの T^2 統計量には、平方和のように加算性があります。具体的には、 m 個のサブグループのそれぞれについて、次のような関係が成り立ちます。

$$T_{A_j}^2 = T_{M_j}^2 + T_{D_j}^2$$

次の定義のすべてにおいて、 S_p は、フェーズIとフェーズIIのどちらの管理図かによって、これまでの節と同様に定義されます。また、 μ はフェーズIの管理図の \bar{Y} 、フェーズIIの管理図の \bar{X} とします。

j 番目のサブグループの目標値からの距離は、次のように定義されます。

$$T_{M_j}^2 = n(\bar{Y}_j - \mu)' S_p^{-1} (\bar{Y}_j - \mu)$$

j 番目のサブグループにおける群内変動は、次のように定義されます。

$$T_{D_j}^2 = \sum_{i=1}^n (Y_{ji} - \bar{Y}_j)' S_P^{-1} (Y_{ji} - \bar{Y}_j)$$

ここで、 Y_{ji} は第 j サブグループにおける i 番目の列ベクトル (p 個の測定値を要素としてもつ列ベクトル) です。

j 番目のサブグループにおける全体的な変動は、次のように定義されます。

$$T_{A_j}^2 = \sum_{i=1}^n (Y_{ji} - \mu)' S_P^{-1} (Y_{ji} - \mu)$$

ここで、 Y_{ji} は第 j サブグループにおける i 番目の列ベクトル (p 個の測定値を要素としてもつ列ベクトル) です。

メモ：「多変量管理図」の赤い三角ボタンのメニューから [T2 乗の保存] や [T2 乗の計算式の保存] オプションを選択すると各行に保存される値は、上記の3つの式で計算される、第 i 番目に対する結果です。

変化点の検出の統計的詳細

ここでは、Sullivan and Woodall (2000) に沿って説明します。

仮定

平均ベクトル μ_i と共分散行列 Σ_i を持つ次元 p の多変量分布を $N_p(\mu_i, \Sigma_i)$ とします。 x_i は、次のような分布に従う m (ここで、 $m > p$) 個の独立したオブザベーションだと仮定します。

$$x_i \sim N_p(\mu_i, \Sigma_i), \quad i = 1, \dots, m$$

工程が安定しているなら、平均 μ_i と共分散行列 Σ_i は共通の値となり、 x_i が $N_p(\mu, \Sigma)$ の分布に従います。

オブザベーション m_1 とオブザベーション m_1+1 の間で、平均ベクトルと共分散行列のどちらか、または両方に1つの変化が生じたとしましょう。その場合、次の条件が満たされます。

- オブザベーション1からオブザベーション m_1 までは、同じ平均ベクトルと同じ共分散行列 (μ_a, Σ_a) を持ちます。
- オブザベーション m_1+1 からオブザベーション m までは、同じ平均ベクトルと共分散行列 (μ_b, Σ_b) を持ちます。
- 次のいずれかが起こります。
 - 変化が平均に影響する場合は、 $\mu_a \neq \mu_b$ 。
 - 変化が共分散行列に影響する場合は、 $\Sigma_a \neq \Sigma_b$ 。
 - 変化が平均と共分散行列の両方に影響する場合は、 $\mu_a \neq \mu_b$ 、および $\Sigma_a \neq \Sigma_b$ 。

概要

ここで採用されている尤度比検定の枠組みは、平均ベクトルと共分散行列のいずれか、または両方に生じた変化を検出するものです。尤度比検定統計量から、上側管理限界の近似値が1となるような、管理図の統計量が計算されます。この管理図の統計量は、 m_1 の可能なすべての値に対してプロットされます。管理図の統計量が上側管理限界である1を超えた場合、それは、シフトが生じたことを示唆します。シフトが1つしか生じていないと仮定すると、そのシフトは、管理図の統計量が最大であるオブザベーションの直後に始まったと考えられます。

尤度比検定統計量

最初の m_1 個のオブザベーションにおける対数尤度関数の2倍の最大値は、次のように計算されます。

$$l_1 = -m_1 k_1 \log[2\pi] - m_1 \log[|S_1|_{k_1}] - m_1 k_1$$

l_1 の等式では、次のような表記を使用しています。

- S_1 は、最初の m_1 個のオブザベーションの共分散行列の最尤推定値です。
- $k_1 = \text{Min}[p, m_1 - 1]$ は、 $p \times p$ の行列 S_1 のランクです。
- $|S_1|_{k_1}$ という表記は、行列 S_1 の一般化した行列式を表し、その k_1 個の正の固有値 λ_j の積として定義されます。

$$|S_1|_{k_1} = \prod_{j=1}^{k_1} \lambda_j$$

一般化した行列式は、 S_1 がフルランクを持つ場合、通常の行列式に等しくなります。

後に続く $m_2 = m - m_1$ 個のオブザベーションの対数尤度関数の2倍の最大値を l_2 とし、 m 個すべてのオブザベーションの対数尤度の2倍の最大値を l_0 とします。 l_2 と l_0 は、どちらも l_1 と同様の計算式で求められます。

尤度比検定統計量は、 $l_1 + l_2$ の和を l_0 と比較します。 $l_1 + l_2$ の和は、 m_1 でシフトが生じていると仮定したときの対数尤度の2倍です。 l_0 の値は、シフトがないと仮定したときの対数尤度の2倍です。 l_0 が $l_1 + l_2$ を大幅に下回る場合、工程は不安定な状態にあると考えられます。

変化がオブザベーション $m_1 + 1$ で始まるかどうかを検定する尤度比検定統計量は、次のようにして求めます。

$$\begin{aligned} \text{lrt}[m_1] &= (l_1 + l_2 - l_0) \\ &= (m_1(p - k_1) + m_2(p - k_2))(1 + \log(2\pi)) \\ &\quad + m \log[|S|] - m_1 \log[|S_1|_{k_1}] - m_2 \log[|S_2|_{k_2}] \end{aligned}$$

尤度比検定統計量の分布は、自由度が $p(p+3)/2$ のカイ2乗分布に近似的に従います。対数尤度比の値が大きい場合は、該当の時点における前後で工程には変化が生じたと考えられます。

管理図統計量

シミュレーションから、 $\text{lrt}[m_1]$ の期待値は、期間内におけるオブザベーションの位置によって異なり、さらに、特に p と m に依存することがわかっています。Sullivan and Woodall (2000)を参照してください。

$\text{lrt}[m_1]$ の期待値の近似計算式は、シミュレーションから計算されます。期待値の p への依存を弱める目的で、 $\text{lrt}[m_1]$ は、その漸近期待値である $p(p+3)/2$ で割られます。

$\text{lrt}[m_1]$ を $p(p+3)/2$ で割ったものの期待値に対する近似値として、次の式が使われています。

$$\text{ev}[m, p, m_1] = \begin{cases} a_p + m_1 b_{p'} & m_1 < p+1 \text{ の場合} \\ a_p + (m - m_1) b_{p'} & m - m_1 < p+1 \text{ の場合} \\ 1 + \frac{m - 2p - 1}{(m_1 - p)(m - p - m_1)} & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

ここで

$$a_p = -\frac{0.08684(p - 14.69)(p - 2.036)}{(p - 2)}$$

および

$$b_p = \frac{0.1228(p - 1.839)}{(p - 2)}$$

なお、 $p=2$ で、 $m_1=2$ または $m_2=2$ の場合には、 $\text{ev}[m, p, m_1] = 1.3505$ とします。

メモ: この近似式は、 $p > 12$ または $m < (2p + 4)$ の場合には近似がよくありません。そのような場合は、上記の近似式によってではなく、乱数シミュレーションによって近似の期待値を求めるべきです。

工程が安定していると仮定した場合に、誤って管理外であると判断する確率が約0.05であるときの上側管理限界の近似値は、次式で計算します。

$$\begin{aligned} \text{UCL}[m, p] \cong & (3.338 - 2.115\log[p] + 0.8819(\log[p])^2 - 0.1382(\log[p])^3) \\ & + (0.6389 - 0.3518\log[p] + 0.01784(\log[p])^3)\log[m]. \end{aligned}$$

この計算式は、 m と p に依存します。

管理図の統計量は、尤度比検定統計量の対数の2倍を、 $p(p+3)$ 、その期待値の近似値、および、その管理限界の近似値で割ったものとして定義されています。管理限界の近似値で割ることにより、算出された管理図の統計量の上側管理限界は1となります。最終的に、管理図の統計量は次式で計算されます。

$$\hat{y}[m_1] = \frac{2\text{lrt}[m_1]}{p(p+3)(\text{ev}[m,p,m_1]\text{UCL}[m,p])}$$

第8章

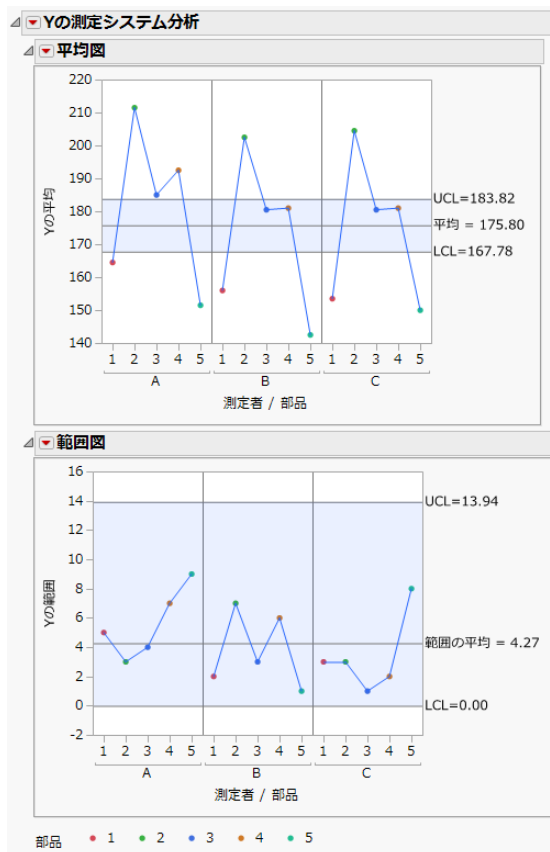
測定システム分析

EMP 法による計量値の測定システム分析

「測定システム分析」プラットフォームは、測定システムの精度・一貫性・かたより（バイアス）を評価します。工程を分析する前に、工程が正確に測定されているかどうかを調べる必要があります。測定値のばらつき（変動）の大部分が測定そのものに起因しているとしたら、工程について確かなことを探り出すことはできません。そのため、あらかじめ、測定システム分析（MSA: Measurement System Analysis）を行って、測定システムの測定精度を調べる必要があります。

この章では、EMP 分析（測定プロセス評価）だけを説明します。Gauge R&R 分析については、「計量値用ゲージチャート」章（203ページ）で解説しています。

図8.1 測定システム分析の例



目次

測定システム分析の概要..... 179

測定システム分析の例 179

「測定システム分析」プラットフォームの起動..... 182

「測定システム分析」プラットフォームのオプション 184

 平均図 185

 範囲図または標準偏差図 186

 EMP分析..... 186

 測定の有効桁数 188

 変化検出プロファイル 188

 バイアスの比較 193

 繰り返し誤差の比較..... 194

測定システム分析の別例..... 194

測定システム分析の統計的詳細 200

測定システム分析の概要

「測定システム分析」プラットフォームで提供されている EMP 法は、Donald J. Wheeler の『EMP III Using Imperfect Data』(2006) に基づく手法です。EMP 法 (Evaluating the Measurement Process: 測定プロセス評価) の結果はグラフが多く、解釈しやすくなっています。また、それらの結果に基づき、分析者は測定システムを改善できます。

「測定システム分析」プラットフォームでは、Gauge R&R 分析も行えます。Gauge R&R 分析でも、測定値のばらつきのうち、どの程度が測定者 (再現性) に起因し、どの程度が繰り返し誤差 (併行性) に起因するかを分析します。Gauge R&R は、交差作用モデルと枝分かれモデルの多くの組み合わせで使用できます。また、データのバランス (釣合い) が取れていなくても使用できます。詳細については、「計量値用ゲージチャート」章 (203 ページ) を参照してください。

シックスシグマの DMAIC 手順 (Define 「定義」・Measure 「測定」・Analyze 「分析」・Improve 「改善」・Control 「管理」) において、測定システム分析は、「測定」フェーズで用います。一方、管理図は、「管理」フェーズで用います。測定システム分析の結果は、将来、工程のデータを見る時に役立ちます。管理図を構成し、解釈するのに、測定システム分析の結果が役立ちます。

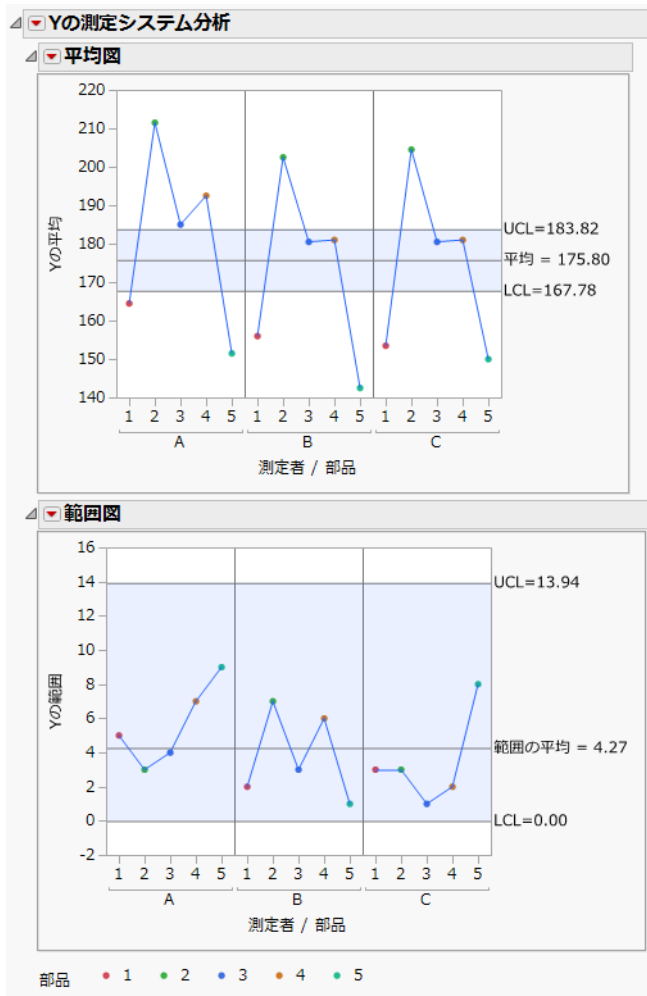
管理図の詳細は、「管理図ビルダー」(31 ページ) を参照してください。

測定システム分析の例

このデータ例では、3 名の測定者が、同じ 5 個の部品を測定しています。測定値のばらつきを調べ、測定システムの精度を検証してみましょう。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Variability Data」フォルダにある「Gasket.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [測定システム分析] を選択します。
3. 「Y」に [Y, 応答変数] の役割を割り当てます。
4. 「部品」に [部品, 標本 ID] の役割を割り当てます。
5. 「測定者」に [X, グループ変数] の役割を割り当てます。
「分析方法」が [EMP] に、「ばらつき図の種類」が [範囲] に、「モデルの種類」が「交差」に設定されていることを確認してください。図 8.5 を参照してください。
6. [OK] をクリックします。

図8.2 MSAの初期レポート



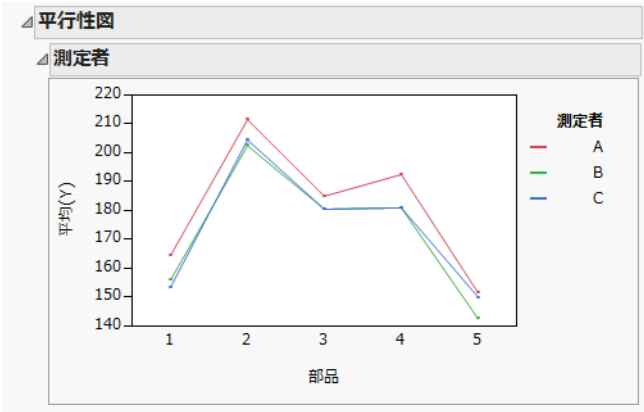
「平均図」には、「測定者」と「部品」の組み合わせごとに、測定値の平均が表示されます。この例では、部品の測定値の多くの平均が、管理限界の外側になっています。これは、測定システムによって、部品間の違いを検出できていることを意味しており、望ましい結果です。

「範囲図」には、「測定者」と「部品」の組み合わせごとに、測定値のばらつきが表示されます。この例では、範囲は管理限界の範囲内です。これは望ましい結果です。測定者ごとの測定結果が似ていて、測定のばらつきも似ていることを意味するからです。

各部品の色分けについては、チャートの下に凡例があります。

- 「Yの測定システム分析」の赤い三角ボタンをクリックし、[平行性図] を選択します。

図8.3 測定者と部品の平行性図



平行性図は、測定者ごとの各部品の測定値の平均を示します。この例では、折れ線はほぼ平行で、特に大きく交差していません。測定者と部品の間に交互作用はないと言えます。

ヒント: 交互作用がある場合は、重大な問題が存在する可能性があり、さらなる調査が必要です。

8. 「Yの測定システム分析」の赤い三角ボタンをクリックし、[EMP分析]を選択します。

図8.4 「EMP分析」レポート

測定システム分析

EMP分析

EMP分析	結果	説明
繰り返し誤差	3.7812	セル内誤差
自由度	13.39	セル内誤差の推定に使用された情報量
公算誤差	2.5504	1回の測定における誤差の中央値
級内相関 (バイアス除去後)	0.9745	バイアス要因を除去した場合の、部品によるばらつきの割合
級内相関 (バイアス含む)	0.9437	バイアス要因を含む場合の、部品によるばらつきの割合
バイアスの影響	0.0308	バイアス要因によって減少する級内相関の量

システム	等級
現状(バイアス含む)	第1級
実現可能(バイアス除去後)	第1級

工程監視の等級分けについて

等級	級内相関	工程からの信号の減衰	ルール1だけによる検出確率 ※	ルール1〜4による検出確率 ※
第1級	0.80 - 1.00	11%より小さい	0.99 - 1.00	1.00
第2級	0.50 - 0.80	11% - 29%	0.88 - 0.99	1.00
第3級	0.20 - 0.50	29% - 55%	0.40 - 0.88	0.92 - 1.00
第4級	0.00 - 0.20	55%より大きい	0.03 - 0.40	0.08 - 0.92

*Wheelerが示した確率。ルール1の確率は、標準偏差の3倍のシフトが起きたときに、10個のサブグループのいずれか1つで警告が生じる確率。4つのルールは、Nelsonのルール1、5、6、2に対応。

「EMP分析」レポートには、測定システムの評価や等級付けに関する統計量が表示されます。「級内相関」は、測定値の総変動に対する、部品の寄与率です。

「EMP分析」レポートから、次のようなことがわかります。

- 「級内相関」が1に近いことから、測定値のばらつきのほとんどは、測定システムではなく、部品のばらつきによって生じていると言えます。
- 「等級」は「第1級」です。「第1級」の場合、工程からの信号が減衰する割合は、11%未満です。
- 「第1級」の場合、テスト1だけで、変化を検出できる確率は99%以上です。
- 「第1級」の場合、テスト1～4によって、変化を検出できる確率は100%です。

メモ: 管理図におけるテスト、および工程に生じた変化の検出についての詳細は、「[変化検出プロファイル](#)」(188ページ)を参照してください。

測定者と部品の間に交互作用はなく、測定によるばらつきは非常に小さいので（「等級」が「第1級」なので）、測定システムは非常に良いと言えます。

「測定システム分析」プラットフォームの起動

「測定システム分析」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [測定システム分析] を選択します。

図8.5 「測定システム分析」ウィンドウ

「測定システム分析」ウィンドウには次のような機能があります。

列の選択 現在のデータテーブルにある列が、すべて表示されます。ここで列を選択して、役割を割り当てます。

分析方法 使用する分析方法として、[EMP] または [Gauge R&R] を選択します。この章では、EMP 分析（測定プロセス評価）だけを説明します。Gauge R&R 分析については、「計量値用ゲージチャート」章（203ページ）を参照してください。

ばらつき図の種類 ばらつきを見るためのグラフとして、[範囲] または [標準偏差] を選択します。

メモ: 分析として [EMP] を選択した場合、ばらつき図の種類によって、統計量の計算方法が決められます。ばらつき図の種類として [範囲] が選択され、かつ、1 因子、または、2 因子のバランスが取れた交差モデルの場合、範囲に基づき統計量が計算されます。それ以外の場合は、標準偏差に基づく統計量がレポートに表示されます。

モデルの種類 モデルの種類を以下から選択します。

- 主効果: 指定された変数を名義尺度の主効果として、主効果だけのモデルをあてはめます。
- 交差: すべての因子のいずれの水準でも、別の因子のすべての水準が存在しているときに、すべての交互作用を含んだモデルをあてはめます。
- 2 因子までの交互作用: 2 つの因子において、一方の因子の各水準が、もう片方の因子のすべての水準に存在しているときに、2 因子までの交互作用を含んだモデルをあてはめます。
- 枝分かれ: ある因子の特定の水準が、別の因子のある 1 水準でしか存在しないときに、枝分かれモデルをあてはめます。
- 交差後、枝分かれ (3 因子の場合のみ): 交差後、枝分かれする 3 因子のモデルをあてはめます。
- 枝分かれ後、交差 (3 因子の場合のみ): 枝分かれ後、交差する 3 因子のモデルをあてはめます。

オプション 次のようなオプションが表示されます。

- [分析の設定] では、REML 推定における、最大反復回数と収束限界を設定します。
- [有意水準の指定] では、信頼水準 ($1-\alpha$) を指定します。

Y, 応答変数 測定値の列を指定します。

部品, 標本 ID 部品またはユニットを表す列を指定します。

X, グループ変数 グループ変数を表す列を指定します。

By ここで指定した変数の水準ごとに、分析が実行され、レポートが作成されます。

「測定システム分析」プラットフォームのオプション

「測定システム分析」の赤い三角ボタンをクリックすると、プラットフォームのオプションが表示されます。オプションを選択すると、該当するグラフやレポートが「測定システム分析」レポートに表示されます。オプションの選択を解除すると、該当するグラフやレポートが削除されます。次のいずれかのオプションを選択します。

平均図 部品変数と X 変数の組み合わせごとに、測定値の平均値がプロットされます。「平均図」では、測定誤差の影響を受けても、部品の違いを検出できるかどうかを見てください。部品の違いを検出することが目的なので、「平均図」では、管理限界外の平均値があるほうが望ましいです。「[平均図](#)」(185 ページ)を参照してください。

範囲図 部品変数と X 変数の組み合わせごとに、ばらつき（変動）の統計量がプロットされます。範囲図は、起動ウィンドウの「ばらつき図の種類」で「[範囲](#)」を選択している場合のみ表示されます。「範囲図」では、サブグループ内におけるばらつきの一貫性が確認できます。誤差が等分散であり、「範囲図」において範囲が管理限界内に収まっているのが望ましいです。「[範囲図または標準偏差図](#)」(186 ページ)を参照してください。

標準偏差図 部品変数と X 変数の組み合わせごとに、標準偏差の統計量がプロットされます。標準偏差図は、起動ウィンドウの「ばらつき図の種類」で「[標準偏差](#)」を選択している場合のみ表示されます。「標準偏差図」では、サブグループ内におけるばらつきの一貫性が確認できます。誤差が等分散であり、「標準偏差図」において標準偏差が管理限界内に収まっているのが望ましいです。「[範囲図または標準偏差図](#)」(186 ページ)を参照してください。

平行性図 部品ごとの測定値の平均が、重ね合わせてプロットされます。折れ線が平行でない場合や交差している場合、部品変数と X 変数に交互作用があることを示唆しています。

ヒント: 交互作用がある場合は、重大な問題が存在する可能性があり、さらなる調査が必要です。たとえば、部品と測定者の間に交互作用がある場合は、測定者ごとに測定方法が異なっているなどの原因が考えられます。この場合、測定値のばらつきは、予測できなくなってしまう。さらに調査し、測定者ごとの測定値が同じパターンでない原因を調べる必要があります。

EMP 分析 測定システムを評価するための統計量がレポートされます。「[EMP 分析](#)」(186 ページ)を参照してください。

測定の有効桁数 測定システムの分解能がレポートされます。「[測定の有効桁数](#)」(188 ページ)を参照してください。

バイアスの比較 X 変数の平均が異なるかどうかを、平均分析 (ANOM; ANalysis Of Means) によって検定したグラフです。「[バイアスの比較](#)」(193 ページ)を参照してください。

繰り返し誤差の比較 繰り返し誤差の分散が異なるグループがあるかどうかを、分散の平均分析 (ANOMV) または範囲の平均分析によって検定したグラフです。「[繰り返し誤差の比較](#)」(194 ページ)を参照してください。

変化検出プロファイル 管理図によって変化を検出できる確率を示した、対話的なグラフです。[「変化検出プロファイル」](#) (188 ページ) を参照してください。

分散成分 分散成分の推定値がレポートされます。このレポートの結果は、範囲ではなく分散に基づいて計算されます。分散成分の推定には、バランスが取れているデータの場合には EMS 法、バランスが取れていないデータの場合には REML 法が使われます。

メモ: このレポートは、「変動性図」プラットフォームの「分散成分」レポートとほぼ同じです。ただし、EMS 法、または REML 法だけが推定に使われ、Bayes 法による推定は行われません。詳細は、「計量値用ゲージチャート」章の[「分散成分」](#) (212 ページ) を参照してください。

EMP ゲージ R&R 分析 測定値のばらつきに関するレポートです。測定値の全変動において、部品による変動と、測定システムによる変動が、それぞれ、どれくらい寄与しているかがレポートされます。このレポートの結果は、範囲ではなく分散に基づいて計算されます。

メモ: このレポートは、「変動性図」プラットフォームの「Gauge R&R」レポートに似ています。ただし、このレポートのモデルには、「再現精度」の交互作用が含まれていません。Gauge R&R 分析の詳細は、「計量値用ゲージチャート」章の[「Gauge R&R 分析について」](#) (213 ページ) を参照してください。

以下のオプションについて詳しくは、『JMP の使用法』の「JMP のレポート」章を参照してください。

ローカルデータフィルタ 現在のレポートにおいて、データをフィルタリングするローカルデータフィルタの表示／非表示を切り替えます。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションに対応しているプラットフォームにおいては、[自動再計算] オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

By グループのスクリプトを保存 By 変数の全水準に対するレポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。起動ウィンドウで By 変数を指定した場合のみ使用可能です。

平均図

「平均図」の赤い三角ボタンをクリックすると、次のオプションが表示されます。

全体平均の表示 Y 変数の全体平均が図に表示されます。

平均の接続線を表示 平均値をつなぐ折れ線が表示されます。

管理限界の表示 上側管理限界 (UCL; Upper Control Limit) と下側管理限界 (LCL; Lower Control Limit) を表す線と、上下の管理限界値が表示されます。

管理限界の陰影を表示 UCLとLCLの間が淡色で塗りつぶされます。

区切り線の表示 X変数間を区切る垂直線が表示されます。

データの表示 データ点が図に表示されます。

メモ:「平均図」では、列を入れ替えることができます。それには、軸上に表示されてる列名をドラッグして、軸上の別の箇所にドロップするか、データテーブルの「列」パネルで列をクリックし、軸上にドラッグします。

範囲図または標準偏差図

「範囲図」または「標準偏差図」の赤い三角ボタンをクリックすると、次のようなオプションが表示されます。

ばらつきの平均を表示 範囲の平均または標準偏差の平均が図に表示されます。

接続線の表示 範囲または標準偏差をつなぐ折れ線が表示されます。

管理限界の表示 上側管理限界(UCL)と下側管理限界(LCL)を表す線と、上下の管理限界値が表示されます。

管理限界の陰影を表示 UCLとLCLの間が淡色で塗りつぶされます。

区切り線の表示 X変数間を区切る垂直線が表示されます。

メモ:「範囲図」や「標準偏差図」でも、列を入れ替えることができます。それには、軸上に表示されてる列名をドラッグして、軸上の別の箇所にドロップするか、データテーブルの「列」パネルで列をクリックし、軸上にドラッグします。

EMP分析

メモ:「分析方法」に[EMP]、「ばらつき図の種類」に[範囲]を選択し、1因子または2因子交差モデルを選択した場合で、かつ、データのバランスが取れている場合には、範囲に基づいたEMP分析が行われます。それ以外の場合は、標準偏差に基づいたEMP分析が行われます。

「EMP分析」レポートには、測定システムの評価や等級付けに関する統計量が表示されます。このレポートにより、次のようなことが分かります。

- 管理図による工程監視を行うとき、どの程度、測定誤差が影響を与えるか？
- 管理図のどのテストを行えばいいか？
- 工程からの信号が、どの程度、減衰するか？
- バイアス要因がシステムに与える影響の大きさ。バイアス要因によって、級内相関がどの程度、減少しているか？

「EMP 分析」レポートには、次のような統計量が表示されます。

繰り返し誤差 同じ測定条件でも生じるばらつき、つまり、併行精度（repeatability）を示します。繰り返し誤差は、「セル内誤差」（within error）、または「純粋誤差」（pure error）とも呼ばれています。

自由度 繰り返し誤差の推定に使われた情報量を示します。

公算誤差 “probable error”（確率誤差、蓋然誤差）です。繰り返し誤差（の絶対値）の中央値です。測定の分解能を示す統計量で、測定の有効桁数を決める上で参考になります。詳細は、「[測定の有効桁数](#)」（188ページ）を参照してください。

級内相関 総変動における部品の寄与率を示します。測定のばらつきが小さくなるほど、値は1に近づきます。

- 「級内相関（バイアス除去後）」は、バイアス要因または交互作用を考慮せずに計算した級内相関です。
- 「級内相関（バイアス含む）」は、バイアス要因（測定者、測定器など）を考慮に入れて計算した級内相関です。
- 「級内相関（バイアスと交互作用含む）」は、バイアス要因と交互作用を考慮に入れて計算した級内相関です。この値は、交差モデルを用いて、かつ、範囲ではなく標準偏差に基づき推定した場合にのみ表示されます。

バイアスの影響 バイアス要因によって級内相関が小さくなる度合い。

バイアスと交互作用の影響 バイアス要因と交互作用によって級内相関が小さくなる度合い。この値は、交差モデルを用いて、かつ、範囲ではなく標準偏差に基づき推定した場合にのみ表示されます。

工程監視の等級

測定システムの「等級」もレポートされます。「等級」を理解するには、「工程監視の等級分けについて」という凡例に記載されている情報を、まず理解する必要があります。

図8.6 工程監視の等級分けについて

工程監視の等級分けについて				
等級	級内相関	工程からの信号の減衰	ルール1だけによる検出確率 ※	ルール1～4による検出確率 ※
第1級	0.80 - 1.00	11%より小さい	0.99 - 1.00	1.00
第2級	0.50 - 0.80	11% - 29%	0.88 - 0.99	1.00
第3級	0.20 - 0.50	29% - 55%	0.40 - 0.88	0.92 - 1.00
第4級	0.00 - 0.20	55%より大きい	0.03 - 0.40	0.08 - 0.92

※Wheelerが示した確率。ルール1の確率は、標準偏差の3倍のシフトが起きたときに、10個のサブグループのいずれか1つで警告が生じる確率。4つのルールは、Nelsonのルール1、5、6、2に対応。

この凡例には、第1級から第4級までの等級について説明しています。等級ごとに次のような情報が表示されます。

- 各等級に対応する級内相関の値
- 工程からの信号の減衰量

- Wheeler (2006) で説明されている方法で（ルール1だけを用いた場合、または、ルール1～4のすべてを用いた場合）、10個のサブグループによって、3シグマの変化を検出できる確率

Wheeler (2006) では、ウェスタン・エレクトリック (Western Electric) の8つのテストのうち、4つだけを用いています。「変化検出プロファイル」では、8つのテストすべてを選択できます。なお、Wheeler (2006) において、ルール1, 2, 3, 4と呼ばれているものは、ウェスタン・エレクトリックにおける、1, 5, 6, 2番のテストです。

ヒント: 凡例を非表示にするには、「測定システム分析」プラットフォームの環境設定で「工程監視の等級を示す凡例の表示」をオフにします。

測定の有効桁数

「測定の有効桁数」レポートは、測定の有効桁数を決めるのに役立ちます。有効桁数を増やしたり、逆に減らしたりする必要があるか、または、現在の桁数のままで良いかが表示されます。次の点を念頭に置いてください。

- 「公算誤差」(probable error; 確率誤差、蓋然誤差) は、繰り返し誤差 (の絶対値) の中央値です。
- 「現在の測定単位」には、現在のデータから推察された測定単位が、10 のべき乗で表示されます。この数値が、「最小有効測定単位」・「測定単位の下限」・「最大有効測定単位」と比較され、有効桁数の提案がなされます。
- 有効桁数を減らすと、測定値の最終桁における数字がもつ不確かさは減ります。しかし、数値を丸めたことによる誤差は大きくなります。一方、有効桁数を増やすと、数値の丸めによる誤差は小さくなります。しかし、測定値の最終桁における数字は、不確かさが増します。

変化検出プロファイル

変化検出プロファイルによって、工程を監視する管理図の感度を評価できます。変化検出プロファイルは、工程の平均や標準偏差におけるシフトを検出する確率を求めます。管理図によってシフトを検出できる確率は、測定誤差の分散によって影響を受けます。変化検出プロファイルは、設定された管理限界において警告が生じる確率を求めます。変化検出プロファイルは、工程を監視している管理図が次の k 個のサブグループに対して警告を発する確率を求めます。

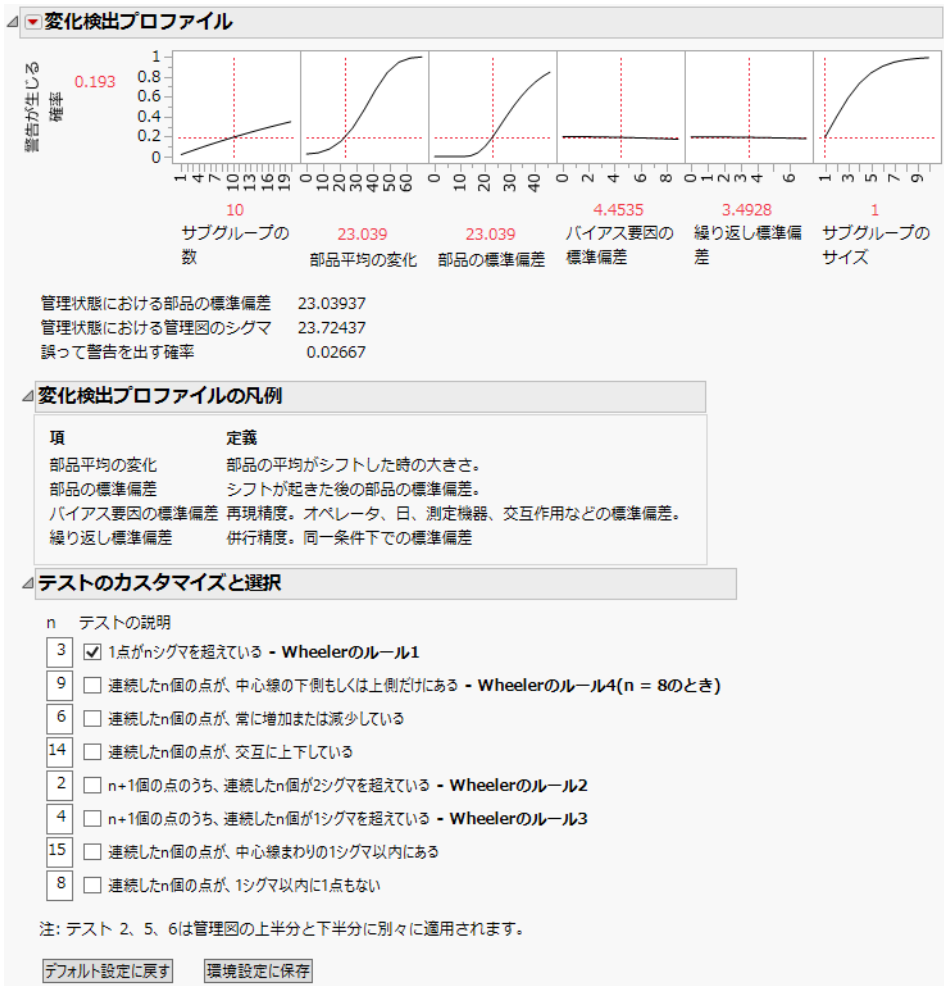
管理図でのサブグループの標本サイズは、ユーザが設定できます。次の点を念頭に置いてください。

- サブグループのサイズが1の場合、個々の測定値に対する管理図になります。
- サブグループのサイズが2以上の場合、XBar 管理図になります。

サブグループのサイズを変更することによって、管理図の感度がどれぐらい変化するかを調べられます。また、バイアスと繰り返し誤差を減らすことの利点も調べられます。

図8.7は、「Variability Data」フォルダにある「Gasket.jmp」サンプルデータの「変化検出プロファイル」レポートです。

図8.7 「Gasket.jmp」の変化検出プロファイル



警告が生じる確率

「警告が生じる確率」とは、工程における変化を検出する確率です。変化は、「変化検出プロファイル」の「部品平均の変化」と「部品の標準偏差」の設定によって定義されます。そして、「テストのカスタマイズと選択」アウトラインで選択されているテストが、プロファイルで指定されているサブグループの数に適用されたときの確率が計算されます。

個々の測定値チャート（サブグループのサイズが1の場合）やXBar管理図（サブグループのサイズが2以上の場合）で使われる管理限界は、「管理状態における管理図のシグマ」に基づいて設定されます。この「管理状態における管理図のシグマ」には、バイアス要因による変動（再現精度）や、繰り返しによる変動（併行精度）も含まれています。それらは、最初の設定では、測定システム分析で得られた推定値になっています。さらに、この「管理状態における管理図のシグマ」には、「管理状態における部品の標準偏差」も含まれています。この値は、「管理状態における管理図のシグマ」や「誤って警報を出す確率」とともに、プロファイルの下に表示されます。

管理状態における部品の標準偏差 測定誤差を除いた、部品だけの標準偏差。安定状態にある工程における部品だけのばらつきを示しています。この「管理状態における部品の標準偏差」のデフォルト値は、測定システム分析によって推定された部品成分の標準偏差で、その値は「分散成分」レポートで表示されます。

測定システム分析では特定の性質をもつ部品だけを測定することが多いので、測定システム分析で求められた部品のばらつきは、必ずしも生産における部品のばらつきを表していません。「変化検出プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから「**管理状態における部品の標準偏差の変更**」を選択すると、部品の標準偏差を任意の値に変更できます。

管理状態における管理図のシグマ 管理限界の計算に使用するシグマの値。この値は、「管理状態における部品の標準偏差」・「バイアス要因の標準偏差」・「繰り返し標準偏差」（変化検出プロファイルで指定）・「サブグループのサイズ」から計算されます。再現精度の影響は、サブグループ内で一定であると仮定されます。

サイズが n のサブグループの場合、管理限界は次の値に設定されます。

$$\pm 3(\text{管理図のシグマ})/(\sqrt{n})$$

管理状態における管理図のシグマは、次に示す要素の平方和の平方根です。

- 管理状態における部品の標準偏差
- 変化検出プロファイルで指定されたバイアス要因の標準偏差に \sqrt{n} を掛けたもの
- 変化検出プロファイルで指定された繰り返し標準偏差

再現精度の影響はサブグループの中で一定であるという仮定が考慮されて、バイアス要因の標準偏差は \sqrt{n} と掛け合わされています。

「管理状態における部品の標準偏差」・「バイアス要因の標準偏差」・「繰り返し標準偏差」・「サブグループのサイズ」を変更すると、「管理状態における管理図のシグマ」は更新されます。

誤って警報を出す確率 部品の平均または標準偏差に変化がないのに、管理図が誤って警報を出す確率。「サブグループの数」を変更したり、「テストのカスタマイズと選択」でテストを変更したりすると、「誤って警報を出す確率」が更新されます。

「分散成分」レポートの詳細については、「計量値用ゲージチャート」章の「[分散成分](#)」（212ページ）を参照してください。

変化検出プロファイルの設定

サブグループの数 警告が発せられる確率を計算するサブグループの数です。サブグループの数が k に設定された場合、プロファイルは、管理図がこれら k 個のサブグループに基づいて少なくとも1回の警告を発する確率を示します。「サブグループの数」はデフォルトでは10に設定されています。数を変更するには、プロット内の縦線をドラッグします。

部品平均の変化 部品平均の変化です。初期値は、1シグマとなっています。その初期値は、測定システム分析によって推定された部品成分の標準偏差です。この推定値は、「分散成分」レポートに表示されます。「部品平均の変化」を変更するには、プロット内の縦線をドラッグするか、またはプロットの下の値をクリックします。

部品の標準偏差 測定誤差を除いた、部品だけの標準偏差。その初期値は、測定システム分析によって推定された部品成分の標準偏差です。この推定値は、「分散成分」レポートに表示されます。「部品の標準偏差」を変更するには、プロット内の縦線をドラッグするか、またはプロットの下の値をクリックします。

バイアス要因の標準偏差 再現精度に関連する要因の標準偏差。バイアス要因には、測定者と測定機器が含まれます。このバイアス要因のばらつきには、部品や併行精度のばらつきは含まれません。初期値は、測定システム分析によって推定された再現精度と交互作用の標準偏差から計算されます。これらの推定値は「分散成分」レポートに表示されます。「バイアス要因の標準偏差」を変更するには、プロット内の縦線をドラッグするか、またはプロットの下の値をクリックします。

繰り返し標準偏差 繰り返し誤差の標準偏差（併行精度）です。初期値は、測定システム分析によって推定された群内変動の標準偏差です。この推定値は「分散成分」レポートに表示されます。「繰り返し標準偏差」を変更するには、プロット内の縦線をドラッグするか、またはプロットの下の値をクリックします。

サブグループのサイズ 各サブグループにおいて使用する標本サイズ。デフォルトでは1に設定されています。標本サイズを大きくしたときに、管理図による検出力がどのように変化するかを調べることができます。標本サイズを1から2以上の値にすると、個々の測定値の管理図からXBar管理図に切り替えた場合にどうなるかを確認できます。サブグループのサイズを変更するには、プロット内の縦線をドラッグします。

変化検出プロファイルのオプション

「変化検出プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューには、いくつかのオプションがあります。ここでは、1つのオプションだけを説明します。

管理状態における部品の標準偏差の変更 安定状態にある工程における部品の標準偏差を指定します。この「管理状態における部品の標準偏差」は、測定誤差を除いた、部品だけの変動を意味します。新しい値を入力して[OK]をクリックします。

この「管理状態における部品の標準偏差」のデフォルト値は、測定システム分析によって推定された部品成分の標準偏差です。この値は「分散成分」レポートに表示されます。

EMP分析で使われた部品が工程からの無作為抽出されたものではない場合に、このオプションを用いてください。

因子グリッドのリセット ウィンドウが開き、因子ごとに、現在の値の入力や設定のロック、グリッド上での表示の制御などができます。詳細については、『プロファイル機能』の「プロファイルについて」章を参照してください。

因子設定 このサブメニューには、次のようなオプションが含まれます。

設定を記録 レポートに新しいアウトラインノードが作成され、[設定を記録] コマンドを実行するたびに、現在の設定の値が追加されていきます。記録された設定の前に表示されるラジオボタンを使い、特定の設定にリセットすることができます。

設定スクリプトのコピー 現在のプロファイルの設定がクリップボードにコピーされます。

設定スクリプトの貼り付け クリップボードにコピーされたプロファイルの設定が、別のレポートに貼り付けられます。

スクリプトの設定 ここで設定したスクリプトは、因子に変更を加えるたびに呼び出されます。設定したスクリプトは、次のような形式の引数リストを受け取ります。

```
{factor1 = n1, factor2 = n2, ...}
```

たとえば、このリストをログに書き込むには、まず関数を定義します。

```
ProfileCallbackLog = Function({arg}, show(arg));
```

次に、「スクリプトの設定」ダイアログボックスに `ProfileCallbackLog` と入力します。

類似した関数に、因子の値をグローバル値に変換するものがあります。

```
ProfileCallbackAssign = Function({arg}, evalList(arg));
```

また、値に1ずつアクセスするには次のような関数を使用します。

```
ProfileCallbackAccess = Function({arg}, f1=arg["factor1"]; f2=arg["factor2"]);
```

変化検出プロファイルの凡例

この凡例には、「変化検出プロファイル」の4つの設定について、簡単な説明文が記載されています。詳細は、[「変化検出プロファイルの設定」](#) (191 ページ) を参照してください。

ヒント: 凡例を非表示にするには、「EMP 測定システム分析」プラットフォームの環境設定で **「変化検出プロファイルの凡例の表示」** をオフにします。

テストのカスタマイズと選択

「テストのカスタマイズと選択」パネルで、管理図の k 個のサブグループに適用したいテストを選択、カスタマイズします。8 個のテストは Nelson (1984) に基づいています。テストの詳細については、「管理図ビルダー」章の [「テスト」](#) (48 ページ) を参照してください。

「変化検出プロファイル」の計算は、これらのテストを考慮します。「警告が生じる確率」と「誤って警報を出す確率」の値は、テストを追加するごとに増えていきます。計算は疑似乱数シミュレーションに基づくため、プロファイルの更新が若干遅れる場合があります。

「テストのカスタマイズと選択」パネルには、次のようなオプションがあります。

デフォルト設定に戻す 環境設定に保存した設定がない場合、このオプションを選択すると、1つ目のテストだけが選択された状態にリセットされます。 n の値も、「管理図ビルダー」章の「[テスト](#)」(48ページ)の値にリセットされます。環境設定に保存した設定がある場合、このオプションは選択しているテストをリセットし、 n の値を環境設定で指定している値に戻します。

メモ: 管理図でのテストに対する環境設定を開くには、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [管理図ビルダー] を選択します。カスタムテスト1～8が「テストのカスタマイズと選択」に表示される8個のテストに対応します。

環境設定に保存 選択したテストと n の値を、今後の分析で使用するために保存します。これらの環境設定を、「管理図ビルダー」プラットフォームの環境設定に保存します。

バイアスの比較

[バイアスの比較] オプションを選択すると、「平均分析」グラフが作成されます。「平均分析」(ANOM; ANalysis Of Means)は、グループごとの平均を、全体の平均と比較します。ここでの「平均分析」のグラフは、測定者ごとの平均を見て、平均が高すぎたり、低すぎたりしている測定者がいないかを確認できます。

「平均分析」の赤い三角ボタンをクリックすると、次のようなオプションが表示されます。

α 水準の設定 サブメニューに表示されている有意水準を選択するか、[その他]を選択して自分で数値を入力します。有意水準を変更すると、上側決定限界と下側決定限界が変更されます。

要約レポートの表示 グループ平均と決定限界を示すレポートが表示されます。グループ平均が上側決定限界の上、または下側決定限界の下にある場合は、それもレポートされます。

表示オプション 次のようなオプションが表示されます。

- [決定限界の表示] を選択すると、上側決定限界 (UDL; Upper Decision Limit) と下側決定限界 (LDL; Lower Decision Limit) を表す線と、限界の値が表示されます。
- [決定限界の陰影の表示] を選択すると、UDL と LDL の間が淡色で塗りつぶされます。
- [中心線の表示] を選択すると、平均を示す中心線が表示されます。
- [点のオプション] では、グラフの表示形式を垂線、接続線、または点のみに切り替えることができます。

繰り返し誤差の比較

【繰り返し誤差の比較】オプションを選択すると、「分散の平均分析」または「範囲の平均分析」のグラフが作成されます。このグラフは、繰り返し誤差のばらつきに、測定者間で差があるかどうかを示しています。このグラフで、たとえば、各測定者において、測定のばらつきが違っているかどうかを調べることができます。「範囲の平均分析」グラフは、分散成分が範囲により推定されている場合に表示されます。

- 平均分析の赤い三角ボタンのメニューに表示されるオプションについては、「[バイアスの比較](#)」（193 ページ）を参照してください。
- 分散に対する平均分析については、「計量値用ゲージチャート」章の「[分散成分](#)」（212 ページ）を参照してください。

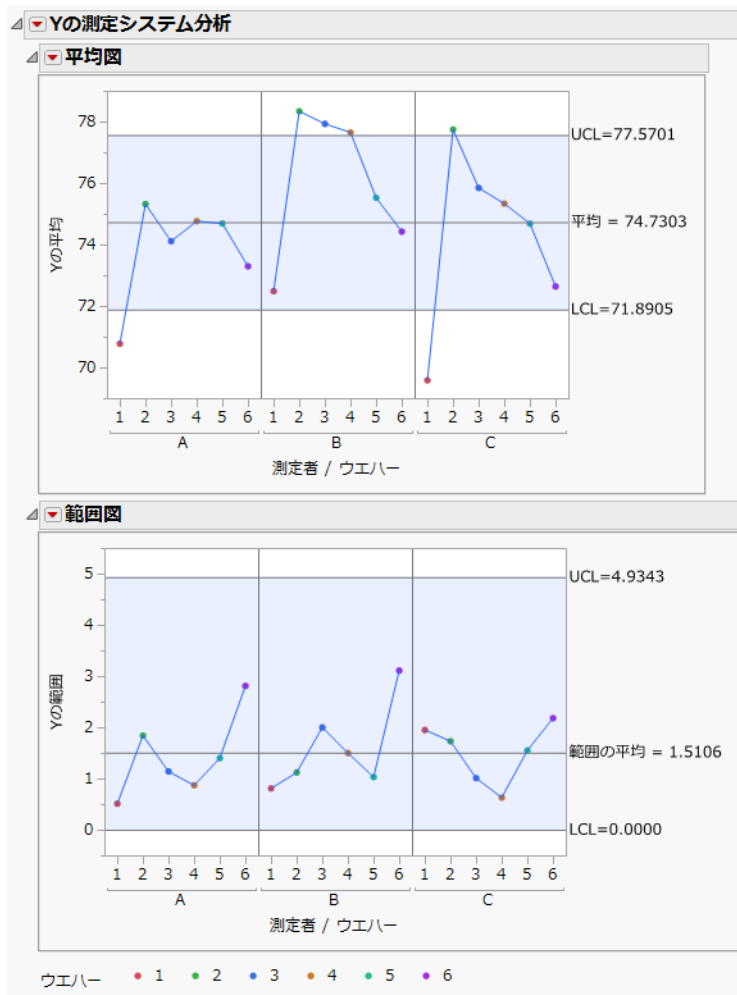
測定システム分析の別例

この例では、6枚のウェハーを、3名の測定者が2回ずつ測定しています。測定システムの精度について詳しく調べてみましょう。

初期分析の実行

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Variability Data」フォルダにある「Wafer.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [測定システム分析] を選択します。
3. 「Y」に [Y, 応答変数] の役割を割り当てます。
4. 「ウェハー」に [部品, 標本ID] の役割を割り当てます。
5. 「測定者」に [X, グループ変数] の役割を割り当てます。
「分析方法」が [EMP] に、「ばらつき図の種類」が [範囲] に、「モデルの種類」が「交差」に設定されていることを確認してください。
6. [OK] をクリックします。

図8.8 平均図と範囲図



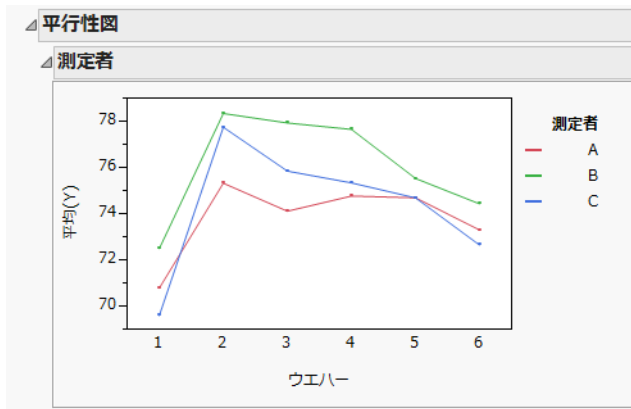
平均図には、管理限界を超えた部品測定値の平均の一部が表示されます。これは、測定によって、部品間の違いを検出できていることを意味しており、望ましい結果です。

範囲図には、管理限界を超えた点は表示されません。これは、測定者による測定値が部品内で一定にばらついていることを示し、望ましい結果です。

交互作用の検討

測定者と部品の間の交互作用を調べましょう。「Yの測定システム分析」の赤い三角ボタンをクリックし、[平行性図] を選択します。

図8.9 平行性図

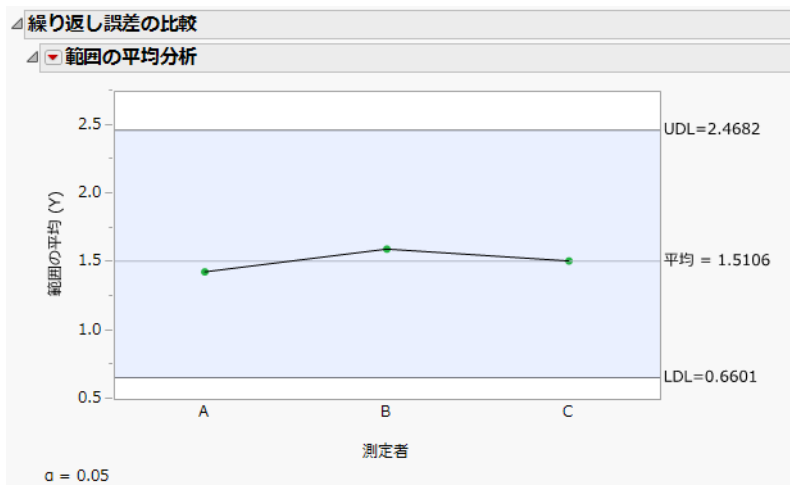


測定者別の平行性図を見ると、折れ線グラフがおおむね平行し、大きく交差する箇所也没有ありません。

測定者の一貫性の検討

測定者ごとに見られるばらつきについて、さらに詳しく検討しましょう。「Yの測定システム分析」の赤い三角ボタンをクリックし、[繰り返し誤差の比較] を選択します。

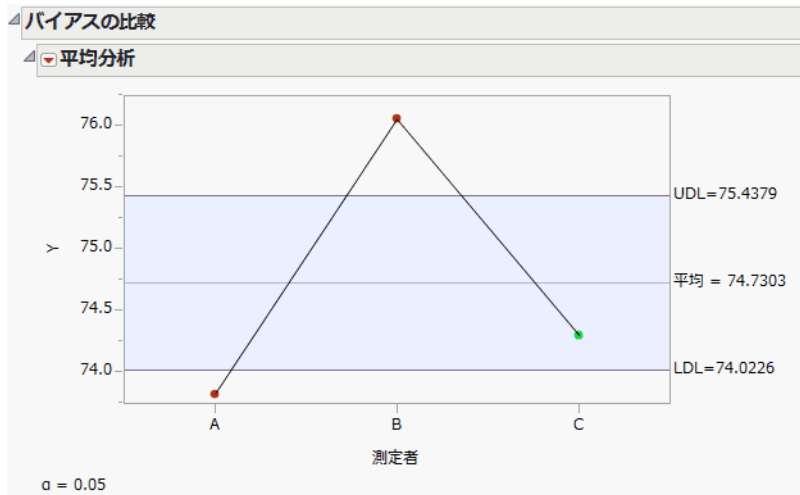
図8.10 繰り返し誤差の比較



「繰り返し誤差の比較」レポートから、各測定者の繰り返し誤差がいずれも、全体の繰り返し誤差と有意に異なることがわかります。測定者の測定が一貫していると考えてよいでしょう。

念のため、「バイアスの比較」グラフも見てみましょう。このグラフは、測定者ごとの平均を見て、平均が高すぎたり、低すぎたりしている測定者がいないかを確認できます。「Yの測定システム分析」の赤い三角ボタンをクリックし、[バイアスの比較] を選択します。

図8.11 バイアスの比較



「バイアスの比較」グラフからは、次のようなことがわかります。

- 測定者AとBは、全体平均からの偏りが大きく、測定バイアスが生じています。
- 測定者Aは、低い方向にバイアスが生じています。
- 測定者Bは、高い方向にバイアスが生じています。
- 測定者Cには、全体平均との有意差は見られません。

測定システムの等級分け

「EMP分析」レポートを参考に、測定システムを等級分けし、改善点を探ってみましょう。「Yの測定システム分析」の赤い三角ボタンをクリックし、**[EMP分析]**を選択します。

図8.13 変化検出プロファイル



デフォルトでは、3シグマの限界を超えている点を検出するテストだけが選択されています。また、デフォルトのサブグループのサイズは1で、つまり、個々の測定値の管理図を使用したときの結果です。

部品の標準偏差の2倍だけ平均がシフトしたときの変化を10個以下のサブグループによって検出できる確率を調べてみましょう。「部品平均の変化」の値2.1701をクリックして、4.34 (2.17の2倍) に変更します。部品の標準偏差の2倍だけ平均がシフトしたとき、それを検出できる確率は56.9%です。

次に、部品の標準偏差の2倍だけのシフトを検出する確率が、バイアスを排除することでどのように変化するかを見てみましょう。「バイアス要因の標準偏差」の値を1.1256から0に変更してください。変化を検出する確率は67.8%に高まります。

最後に、さらにテストを追加して、部品の標準偏差の2倍だけのシフトを検出する確率を調べてみましょう。1つ目のテストに加えて、2, 5, 6つ目のテスト (Wheelerのルール4, 2, 3) を選択してみてください。バイアスのかかった変動がない状況で、これら4つのテストによって、シフトを検出する確率は99.9%です。

サブグループの標本サイズを増やした場合の効果も調べることができます。サブグループの標本サイズを1より大きくした場合、管理図はXBar管理図になります。「バイアス要因の標準偏差」の値を1.1256に戻し、1つ目のテストだけが選択されている状態に戻してください。そして、プロファイルの「サブグループのサイズ」を4に設定してください。部品の標準偏差の2倍だけ平均がシフトしたとき、そのシフトをこの設定で検出する確率は98.5%となります。

測定単位の検討

最後に、測定値の桁数が適切かどうかを調べてみましょう。「Yの測定システム分析」の赤い三角ボタンをクリックし、[測定の有効桁数]を選択します。

図8.14 測定の有効桁数

測定の有効桁数			
要因	値 説明		
公算誤差	(PE)	0.9029	1回の測定における誤差の中央値
現在の測定単位	(MI)	0.01	データから推察された測定単位(10のべき乗)
測定単位の下限	(0.1*PE)	0.0903	測定単位はこの値より小さくすべきではない
最小有効測定単位	(0.22*PE)	0.1986	測定値の間隔はこの値より大きいとより効果的
最大有効測定単位	(2.2*PE)	1.9865	この値より小さい測定単位が有効である
対処法: 測定値を1桁減らす。			
理由: 現在の測定の1単位は0.01になっており、単位の下限より小さいです。測定値を丸めて、桁数を少なくすべきです。			

「現在の測定単位」は0.01で、「測定単位の下限」の0.09を下回っています。この結果は、測定値の桁数を1桁減らして、0.01から0.1に単位を変更したほうが良いことを示唆しています。

測定システム分析の統計的詳細

「級内相関（バイアス除去後）」は、次のように計算されます。

$$r_{pe} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_{pe}^2}$$

「級内相関（バイアス含む）」は、次のように計算されます。

$$r_b = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_b^2 + \hat{\sigma}_{pe}^2}$$

「級内相関（バイアスと交互作用含む）」は、次のように計算されます。

$$r_{int} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_b^2 + \hat{\sigma}_{int}^2 + \hat{\sigma}_{pe}^2}$$

公算誤差（probable error; 確率誤差、蓋然誤差）は、次のように計算されます。

$$Z_{0.75} \times \hat{\sigma}_{pe}$$

これらの式で使われている記号の意味は、以下の通りです。

$\hat{\sigma}_{pe}^2$ = 繰り返し誤差（純粋誤差）の分散推定値

$\hat{\sigma}_p^2$ = 部品（製品）の分散推定値

$\hat{\sigma}_b^2$ = バイアス要因の分散推定値

$\hat{\sigma}_{int}^2$ = 交互作用の分散推定値

$Z_{0.75}$ = 標準正規分布の75%分位点

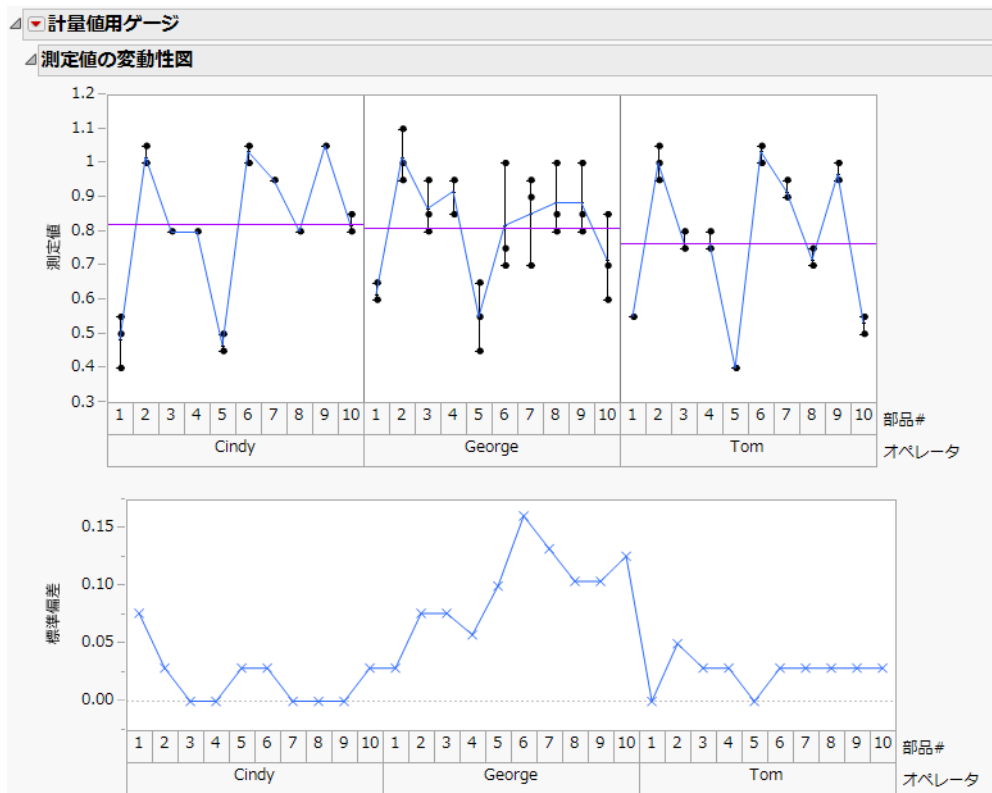
第9章

計量値用ゲージチャート Gauge R&Rによる計量値の測定システム分析

計量値用ゲージチャートでは、連続尺度の測定値を分析し、測定システムの測定精度を調べることができます。なお、このプラットフォームは、測定システムだけではなく、一般的なデータに見られるばらつきを調べることができます。

ヒント: この章では、計量値用ゲージチャートだけを扱います。計数値用ゲージチャートの詳細については、「[計数値用ゲージチャート](#)」章（225ページ）を参照してください。

図9.1 変動性図の例



目次

変動性図の概要	205
変動性図の例	205
「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームの起動	206
「計量値用ゲージ」チャート	208
「計量値用ゲージ」プラットフォームのオプション	209
等分散性の検定	211
分散成分	212
Gauge R&R 分析について	213
[ゲージ R&R] オプション	214
判別比	216
誤分類率	216
バイアスレポート	217
直線性	217
変動性図の別例	218
等分散性の検定の例	218
[バイアスレポート] オプションの例	220
変動性図の統計的詳細	223
分散成分の統計的詳細	223
判別比の統計的詳細	224

変動性図の概要

ヒント: 変動性図は従来、マルチバリチャート (multi vari chart: 多変動図) と呼ばれていましたが、この名前は知名度が低いため、より一般的な意味を持つ「変動性図」(variability chart) という名前を採用しています。

管理図では時間ごとに工程の変動 (ばらつき) が描かれるのに対し、変動性図では、オペレータ (測定者) ・部品・繰り返し条件・計器などのカテゴリごとに変動が描かれます。変動性図では、グループ変数のカテゴリごとにデータや平均などが図示されます。それらのグループの情報は、横方向に並べて描かれます。平均・範囲・標準偏差がカテゴリごとに表示され、カテゴリ間でこれらの値がどのように異なるかを確かめることができます。カテゴリ間に見られる平均や分散の違いを調べるため、いろいろなオプションが用意されています。

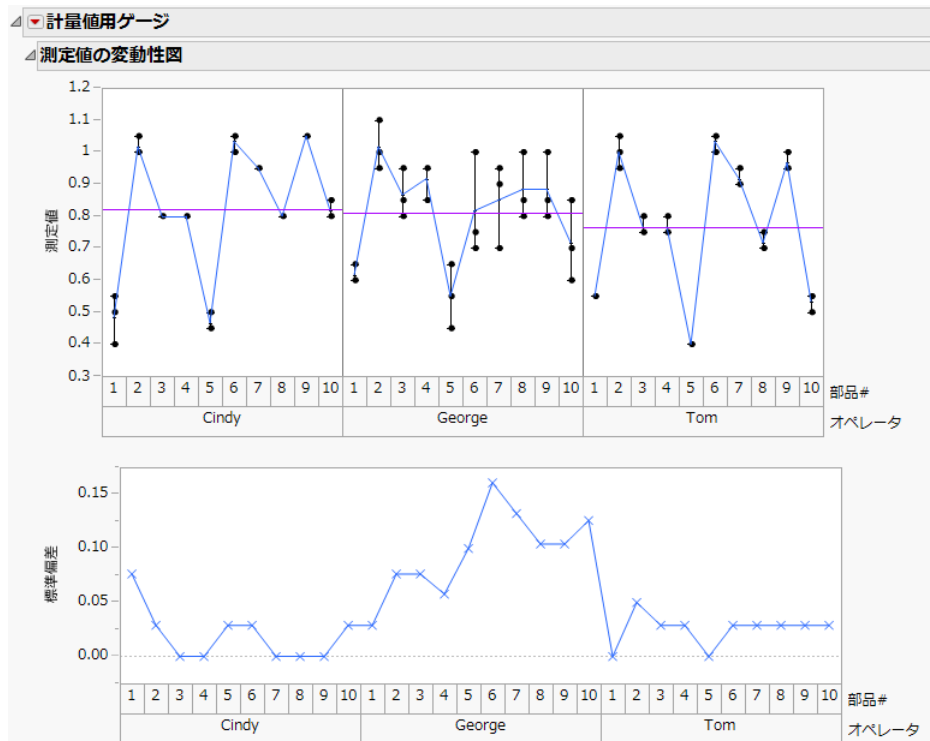
変動性図は、主に Gauge R&R (Gage Repeatability and Reproducibility: 測定の再現精度および併行精度) のような測定精度の分析に使用します。Gauge R&R は、変動性のうち、どれだけがオペレータ間の変動 (再現性) に起因し、どれだけが測定の繰り返し誤差 (併行性、繰り返し性) に起因するかを調べるものです。Gauge R&R は、交差作用モデルと枝分かれモデルの多くの組み合わせで使用できます。また、データのバランス (釣合い) が取れていなくても使用できます。

変動性図の例

この例では、部品の測定値を記録したデータを分析します。3名のオペレータ (Cindy, George, Tom) が10個の部品についてそれぞれ測定しました。各自が1つの部品につきそれぞれ3回測定したため、合計90件の測定値が記録されています。オペレータごとに見られるばらつきについて検討します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Variability Data」フォルダにある「2 Factors Crossed.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [計量値/計数値ゲージチャート] を選択します。
3. 「チャートの種類」で [計量値] を選択します。
4. 「測定値」を選択し、[Y, 応答変数] をクリックします。
5. 「オペレータ」を選択し、[X, グループ変数] をクリックします。
6. 「部品 #」を選択し、[部品, 標本 ID] をクリックします。
7. [OK] をクリックします。
8. 「計量値用ゲージ」の赤い三角ボタンのメニューで、[グループ平均の表示] と [セル平均をつなぐ] を選択します。

図9.2 変動性図の例



「標準偏差」図を見ると、CindyとGeorgeの測定値のばらつきがTomに比べて大きく、Tomが最も精確に測定していることを示唆しています。Georgeの測定値のばらつきが一番大きく、Georgeの測定方法が他の測定者とは何かしら異なっている可能性を示唆しています。

「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームの起動

「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [計量値/計数値ゲージチャート] を選択します。そして、「チャートの種類」を[計量値]に設定します。

図9.3 「変動性図/計数値用ゲージ(多変動図)」起動ウィンドウ

グループ間での応答の違いを検討

列の選択
4列
測定値
オペレータ
部品#
基準

チャートの種類
計量値

モデルタイプ
後で決定

オプション
分析の設定
有意水準の指定

選択した列に役割を割り当てる

Y, 応答変数	必須(数値) オプション(数値)
基準	オプション
X, グループ変数	必須 オプション
度数	オプション(数値)
部品, 標本ID	オプション
By	オプション

グループ変数には、オペレータや計器などの列を指定する。

アクション
OK
キャンセル
削除
前回の設定
ヘルプ

チャートの種類 計量値ゲージ分析（連続尺度の応答変数に対するゲージ分析）または計数値ゲージ分析（合格／不合格などのカテゴリカルな応答変数に対するゲージ分析）のいずれかを選択できます。

メモ: この章では、計量値用ゲージチャートについて解説します。計数値用ゲージチャートの詳細については、「[計数値用ゲージチャート](#)」章（225ページ）を参照してください。

モデルタイプ モデルの種類（「主効果」、「交差」、「枝分かれ」など）を指定します。「[分散成分の統計的詳細](#)」（223ページ）を参照してください。

分析の設定 分散成分の計算方法を指定します。「[分析の設定](#)」（212ページ）を参照してください。

有意水準の指定 プラットフォームで使用する有意水準を指定します。

Y, 応答変数 測定値を含んだ列を指定します。Y列を複数指定すると、応答変数ごとに個別の変動性図が作成されます。

基準 測定される部品の「真」の値（既知の値）を含む列を、「基準」の列として指定すると、**バイアス**および**直線性**の分析オプションが使用可能になります。これらのオプションは、観測した測定値と参照値（基準値）との差に関する分析を行います。「[バイアスレポート](#)」（217ページ）および「[直線性](#)」（217ページ）を参照してください。

X, グループ変数 測定値をグループに分けるための列を指定します。因子が枝分かれ階層になっているときは、高位の項から順に指定していきます。ゲージ分析の場合、まずオペレータを、次に部品を指定します。

度数 この役割を割り当てた列の値は、各行の度数（繰り返し数）を表します。データが集計されている場合に便利です。

部品, 標本ID 測定対象の部品または標本を指定します。

By 指定した列の水準ごとにレポートが作成されます。

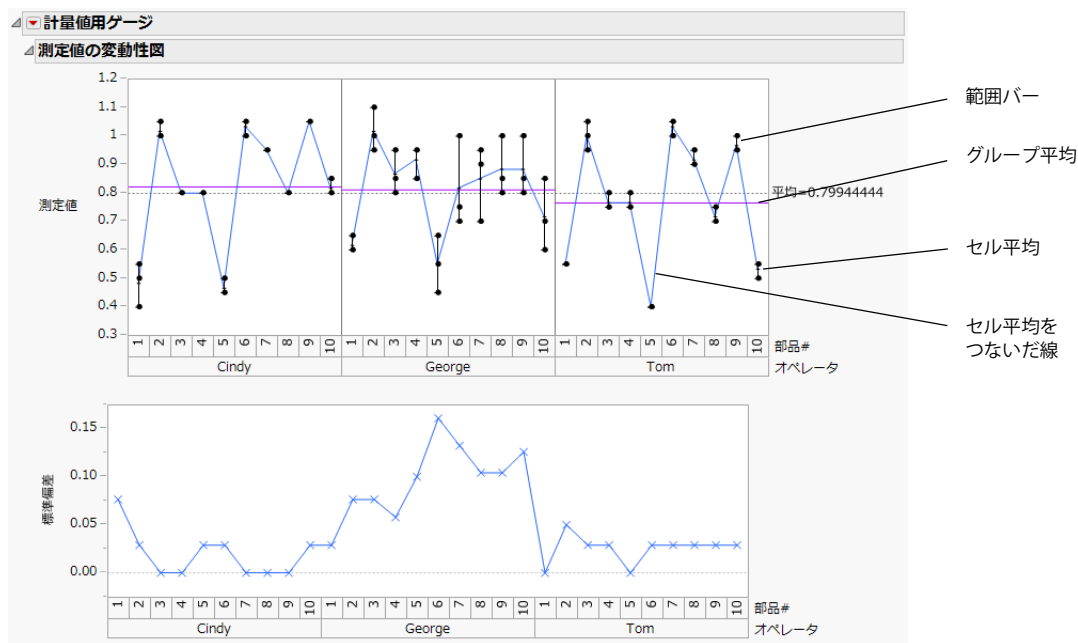
起動ウィンドウの詳細については、『JMPの使用法』の「はじめに」章を参照してください。

「計量値用ゲージ」チャート

変動性図と標準偏差図に、変動のパターンが図示されます。これらのチャートを参考に、どのような変動（群内変動・群間変動・時間変動）が生じているかを確認できます。いずれかの要因による変動が大きければ、その要因による変動を減らすよう対処できます。

図9.4は、「変動性図の例」（205ページ）の手順に従って作成したものです。

図9.4 「計量値用ゲージ」チャート



これらの図では、Y軸に応答、X軸に複数のカテゴリが表示されます。

図9.4の「測定値」の図には、各測定者による測定値の範囲が部品ごとに表示されています。また、この図には、各測定値もプロットされています。最大値と最小値を示すバーは、各セルの範囲を示しています。平均を示すバーは、各セルの平均値を示しています。標準偏差図は、各測定者における部品ごとの標準偏差を表します。

図9.4で示されている図には、いくつかのオプションが用意されています。「計量値用ゲージ」プラットフォームのオプション」（209ページ）を参照してください。

また、次の操作によって、図で使われている変数を入れ替えることができます。

- ・ 軸上の既存の変数をドラッグして別の軸にドロップする。変数を図上にドラッグするか軸ラベルをクリックすると、軸ラベルが強調表示されます。強調表示された箇所に変数をドロップできます。
- ・ データテーブルの「列」パネルで変数をクリックし、軸の上にドラッグする。

なお、他のプラットフォームでは、データテーブルで行が除外されていても、その行はチャートやグラフには表示されますが、変動性図では除外された行は表示されません。

「計量値用ゲージ」プラットフォームのオプション

赤い三角ボタンのメニューのオプションを使用して、図の外観を変更したり、Gauge R&R 分析を実行したり、分散成分の推定値を計算したりできます。

メモ: 図9.4に、一部のオプションの使用結果が図示されています。

ヒント: これらのオプションのデフォルトの動作を設定するには、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [変動性図] を選択します。

チャートを縦に並べる 図の表示方向を縦または横に切り替えます。

変動性図 変動性図の表示／非表示を切り替えます。

点の表示 個々のデータ行を表す点の表示／非表示を切り替えます。

範囲バーの表示 各セルの最大値と最小値を示すバーの表示／非表示を切り替えます。

セル平均の表示 各セルの平均を示すマーカーの表示／非表示を切り替えます。

セル平均をつなぐ 各セルの平均をつなぐ直線の表示／非表示を切り替えます。

区切り線の表示 [X, グループ変数] の水準間の区切り線の表示／非表示を切り替えます。

グループ平均の表示 ([X, グループ変数] を2つ以上、または [X, グループ変数] を1つと [部品, 標本ID] を1つ割り当てた場合にのみ使用可能) グループごとの平均の表示／非表示を切り替えます。平均は、横の実線で表示されます。グループ変数が3つ以上ある場合にこのオプションを選択すると、まず、変数を選択するためのウィンドウが呼び出されます。

全体平均の表示 グラフ全体の平均の表示／非表示を切り替えます。平均は、グレーの横の点線で表示されます。

全体中央値の表示 グラフ全体の中央値の表示／非表示を切り替えます。中央値は、青の横の点線で表示されます。

箱ひげ図の表示 箱ひげ図の表示／非表示を切り替えます。

平均のひし形 平均のひし形の表示／非表示を切り替えます。信頼区間には、各セルの群内標準偏差が使用されます。

XBar 管理限界 変動性図上で上側管理限界線と下側管理限界線の表示／非表示を切り替えます。

点をずらす 点をランダムにずらし、一致した点が重なって表示されないようにします。

標準平均の表示 ([基準] 変数を指定した場合にのみ使用可能) 基準列の平均の表示／非表示を切り替えます。

変動性要約レポート 要約レポートの表示／非表示を切り替えます。要約レポートは、平均・標準偏差・平均の標準誤差・下側および上側信頼限界・オブザベーション数(測定値の個数)・最小値・最大値で構成されます。

標準偏差図 各セルの標準偏差を示すグラフの表示／非表示を切り替えます。

標準偏差の平均 標準偏差図において、標準偏差の平均を示す線の表示／非表示を切り替えます。

S 管理限界 標準偏差図において、下側信頼限界と上側信頼限界を示す線の表示／非表示を切り替えます。

標準偏差のグループ平均 標準偏差図において、標準偏差のグループ平均を示す線の表示／非表示を切り替えます。

等分散性の検定 グループごとの分散を比較する検定を実行します。[「等分散性の検定」](#)(211 ページ)を参照してください。

分散成分 特定のモデルに対して、分散成分 (variance component) の推定値が計算されます。分散成分は、主効果・交差・枝分かれ・交差後枝分かれ (3 因子のとき)・枝分かれ後交差 (3 因子のとき) のモデルについて計算することが可能です。[「分散成分」](#)(212 ページ)を参照してください。

ゲージ分析 次のオプションが表示されます。

- **[ゲージ R&R]** では、第 1 因子をグループ変数の列、最後の因子を部品とみなし、分散成分の推定値を使って Gauge R&R 分析のレポートが作成されます (起動ウィンドウにおいて、[部品] の列を明示的に指定することもできます)。[「\[ゲージ R&R\] オプション」](#)(214 ページ)を参照してください。
- **[判別比]** は、ある測定が特定の製品のために有用かどうかを相対的に割り出したもので、測定誤差の分散に対して、全体分散がどれほど大きいかを表す指標です。[「判別比」](#)(216 ページ)を参照してください。
- **[誤分類率]** は、指定された仕様限界を用いたときに、良い部品が不適合品と分類されてしまう確率と、悪い部品が適合品と分類されてしまう確率を算出します。[「誤分類率」](#)(216 ページ)を参照してください。
- **[バイアスレポート]** は、測定値と基準値の差の平均を表示します。平均バイアスのグラフと要約表が作成されます。このオプションは、起動ウィンドウで [基準] 変数を指定した場合にのみ選択できます。[「バイアスレポート」](#)(217 ページ)を参照してください。
- **[直線性]** は、基準値を X 変数、バイアスを Y 変数として回帰分析を行います。この分析では、部品のサイズとバイアスとの関係が調べられます。傾きが 0 に等しくなるのが理想的です。傾きが 0 でない場合は、部品の大きさによって測定値の傾向が異なることを示唆しています。このオプションは、起動ウィンドウで [基準] 変数を指定した場合にのみ選択できます。[「直線性」](#)(217 ページ)を参照してください。

- [ゲージ R&R プロット] サブメニューからは、[平均プロット]（モデルの各主効果と応答平均の関係）と[標準偏差プロット]が選択できます。モデルが純粋に枝分かれしている場合、グラフに枝分かれの構造が表示されます。モデルが純粋に交差している場合、交互作用グラフが表示されます。そのどちらでもない場合は、効果別にプロットが作成されます。標準偏差プロットにおける標準偏差の平均（赤い線）は、分散の重み付き平均の平方根です。
- [AIAG ラベル] を使用すると、品質に関する統計量に米国自動車工業会（AIAG）が定める標準に沿ったラベルをつけることができます。AIAG 標準は、自動車産業で広く普及しています。

以下のオプションについて詳しくは、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

ローカルデータフィルタ 現在のレポートにおいて、データをフィルタリングするローカルデータフィルタの表示／非表示を切り替えます。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションに対応しているプラットフォームにおいては、[自動再計算] オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

By グループのスクリプトを保存 By 変数の全水準に対するレポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。起動ウィンドウで By 変数を指定した場合のみ使用可能です。

等分散性の検定

メモ：「[等分散性の検定の例](#)」（218 ページ）を参照してください。

[等分散性の検定] オプションをオンにすると、グループごとの分散を比較する検定が実行されます。分散の平均分析（ANOMV; ANalysisOf Means for Variances）に基づいて、どのグループの標準偏差が、全体における標準偏差（グループ分散の平均の平方根）と異なるかが検定されます。

この手法では、正規分布に従っていないデータに対しても頑健となるように、並べ替えのシミュレーションを用いて決定限界を求めます。分析法の詳細については、Wludyka and Sa (2004) を参照してください。シミュレーションが採用されているため、このオプションを使用するたびに決定限界が若干異なります。毎回同じ結果を得るためには、Ctrl キーと Shift キーを押しながらオプションを選択し、同じ乱数シード値を指定します。

検定レポートの赤い三角ボタンをクリックすると、次のオプションがメニューに表示されます。

有意水準の設定 この検定の α 水準を設定します。

要約レポートの表示 検定の要約レポートの表示／非表示を切り替えます。要約レポートには、プロット上と同じ値が表示されます。

表示オプション 決定限界・決定限界の陰影・中心線・垂線の表示／非表示を切り替えることができます。

分散成分

【分散成分】オプションは、測定値のばらつきをモデル化します。このモデルでは、「測定値は、いろいろな変量効果を一定の平均に加えたものである」と仮定されています。

メモ：【分散成分】オプションを選択すると、起動ウィンドウで「モデルタイプ」が未選択だった場合（【後で決定】を選択した場合）、モデルの種類を選択するためのウィンドウが開きます。モデルタイプの詳細については、「[「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームの起動](#)」（206 ページ）を参照してください。

図9.5 「分散成分」レポートの例

分散分析					
要因	自由度	平方和	平均平方	F値	p値(Prob>F)
オペレータ	2	0.054889	0.02744	1.3150	0.2931
部品#	9	2.633583	0.29262	14.0209	<.0001*
オペレータ*部品#	18	0.375667	0.02087	5.0425	<.0001*
セル内	60	0.248333	0.00414		
合計	89	3.312472	0.03722		

分散成分				
成分	分散成分	全体に対する%	20406080	平方根(分散成分)
オペレータ	0.00021914	0.5461		0.01480
部品#	0.03019444	75.2		0.17377
オペレータ*部品#	0.00557716	13.9		0.07468
セル内	0.00413889	10.3		0.06433
合計	0.04012963	100.0		0.20032

「分散分析」レポートは、分散成分の推定にEMS法が使用されている場合にのみ表示されます。このレポートには、モデルに含まれている各効果の有意性が表示されます。

「分散成分」表には、分散成分の推定値が表示されます。「[分散成分の統計的詳細](#)」（223 ページ）を参照してください。

分析の設定

起動ウィンドウで【分析の設定】をクリックすると、分散成分の計算方法を選択できます。

図9.6 「分析の設定」ウィンドウ

分析の設定

☒ 最適な分析を選択(EMS、REML、またはBayes)
 ☐ 最適な分析を選択(EMSまたはREML)
 ☐ REML分析を使用
 ☐ Bayes分析を使用

最大反復回数

100 (REML分析にのみ影響)

収束限界

1e-8 (REML分析にのみ影響)

積分の点数

128 (Bayes分析にのみ影響)

関数評価の最大回数

65536 (Bayes分析にのみ影響)

OK

キャンセル

ヘルプ

最適な分析を選択 (EMS、REML、または Bayes) 次の論理に従い、最適な分析法を EMS 法・REML 法・Bayes 法の中から選択します。

- データのバランス（釣り合い）が取れていて、負の分散成分がない場合は、EMS 法（期待平均平方法）で分散成分の推定値が計算されます。
- データのバランスが取れていない場合は、REML 法（制限最尤法）が使用されます。ただし、分散成分の推定値が負になる場合は、Bayes 法が使用されます。
- EMS 法を用いて分散成分の推定値が負になる場合は、Bayes 法が使用されます。
- 分散成分に交絡関係がある場合は、制約付きの REML 法が使用され、分散成分の推定値が負となった場合は 0 とされます。

最適な分析を選択 (EMS または REML) 最適な分析法を EMS 法または REML 法から選択します。[最適な分析を選択 (EMS、REML、または Bayes)] オプションと同じ論理に従いますが、分散成分の推定値が負になる場合でも Bayes 法は使用されません。分散成分の推定値が負になる場合は、制約付きの REML 法が使用され、負の分散成分は常に 0 とされます。

REML 分析を使用 データのバランスが取れている場合も、分散成分を非負とする制約付きの REML 法を使用します。この制約付きの REML 法では、バランスの取れていないデータも扱え、また、負の分散成分は常に 0 とされます。

Bayes 分析を使用 Bayes 法を使用します。Bayes 法では、バランスの取れていないデータを扱うことができ、分散成分の推定値は常にゼロでない正の値になります。分散成分に交絡関係がある場合は、制約付きの REML 法が使用され、分散成分の推定値が負となった場合は 0 とされます。JMP で採用している手法では、調整を加えた Jeffreys の事前分布を用いて事後平均が算出されます。詳細は、Portnoy (1971) および Sahai (1974) を参照してください。

最大反復回数 (REML 法にのみ適用) 問題が複雑で最適計算が収束しない場合は、反復回数を増やすと収束する場合があります。この値を増やすと、最適化における反復回数が多くなります。

収束限界 (REML 法にのみ適用) 高い精度が求められる場合は、収束限界を小さくした方が良いです。この値を小さくすると、最適化における収束値の精度を向上できますが、計算時間が長くなります。収束限界を大きい値にすれば結果が短時間で得られますが、精度は低くなります。

積分の分点数 (Bayes 法にのみ適用) 積分の分点数を増やすと、結果の数値精度は良くなりますが、計算時間が長くなります。この値を小さくすると、計算時間は短くなりますが、精度は悪くなります。

関数評価の最大回数 (Bayes 法にのみ適用) 関数評価の最大回数を増やすと、結果の数値精度は良くなりますが、計算時間が長くなります。この値を小さくすると、計算時間は短くなりますが、精度は悪くなります。

Gauge R&R 分析について

Gauge R&R 分析では、測定値のばらつきのうち、どの程度が測定者（再現性）に起因し、どの程度が繰り返し誤差（併行性）に起因するかを分析します。JMP の Gauge R&R は、交差モデルや枝分かれモデルのあらゆる組み合わせに対応しています。また、バランスが取れていないデータにも対応しています。

ヒント: EMP法を行う「測定システム分析」プラットフォームでも、測定システムの分析を行えます。詳細については、「[測定システム分析](#)」章（177ページ）を参照してください。

Gauge R&R分析を行うには、まず、工程で生じるであろう部品の母集団から、標本を無作為抽出します。次に、複数のオペレータ（測定者）を無作為に選び、各部品を何度か測定してもらいます。こうして得られた測定値には、次のような原因によって変動（ばらつき）があります。

- 部品ごとに生じる**工程変動**。測定の信頼性がとても高い場合には、データのばらつきはこの変動だけに起因します。
- 同じ部品を同じ条件で測定しても生じる測定の変動、つまり**併行精度**（repeatability）。表9.1（214ページ）では**セル内変動**と呼ばれています。
- 部品を測定するのが複数のオペレータであることから生じる変動、つまり**再現精度**（reproducibility）。

Gauge R&R分析では、これらの変動が併行精度と再現精度に分類されてレポートされます。

表9.1 Gauge R&R分析での項と和の定義

分散の和	用語と略称	別名
「セル内」変動	併行精度（EV）	設備変動
「オペレータ+オペレータ*部品」による変動	再現精度（AV）	評価者による変動
「オペレータ*部品」による変動	交互作用（IV）	交互作用による変動
「セル内+オペレータ+オペレータ*部品」による変動	Gauge R&R（RR）	測定による変動
「部品」による変動	部品による変動（PV）	部品による変動
「セル内+オペレータ+オペレータ*部品+部品」による変動	合計変動（TV）	合計変動

管理図では、時間の経過につれて管理限界から外れてしまった処理を見ることができますが、一方、変動性図では、平均や分散が他とは異なるオペレータ・計器・部品を見ることができます。

[ゲージ R&R] オプション

[ゲージ R&R] オプションで表示される指標は、オペレータと部品に対するゲージ調査に関するものです。
[ゲージ R&R] オプションを選択すると、モデルの種類を選択するためのウィンドウが表示されます（起動ウィンドウで選択していない場合）。その次に、ゲージ R&R の仕様を変更します。

メモ: 「変動性図」のプラットフォームの環境設定に、[Gauge R&Rの指定ダイアログを表示] というオプションがあります。このオプションは、デフォルトではオンになっています。データテーブル内で定義されている仕様限界を使用するには、このオプションをオフにしてください。

Gauge R&Rの仕様を入力/確認

「Gauge R&Rの仕様を入力/確認」ウィンドウには次のオプションがあります。

許容範囲の入力方法 許容範囲の入力方法を次の中から選択します。

〔許容範囲〕を選択すると、許容範囲を直接入力できます（許容範囲 = USL - LSL）。

〔LSL/USL〕を選択すると、仕様限界を入力できます。その値から許容範囲が自動的に計算されます。

K, シグマ乗数 Kには、シグマに掛け合わせる定数を指定します。たとえば、「6」を入力すると、シグマが6倍されます（シックスシグマ工程）。

ヒント: Kのデフォルト値を変更するには、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [変動性図] を選択します。

許容範囲, USL-LSL 工程の許容範囲（上側仕様限界と下側仕様限界の差）を入力します。

仕様限界 上側仕様限界と下側仕様限界を入力します。詳細は、『JMPの使用法』の「列情報ウィンドウ」章を参照してください。

履歴平均 許容範囲の入力方法として [LSL/USL] を選んで、片側の仕様限界だけを指定した場合、履歴平均が使われ、「USL - 履歴平均」または「履歴平均 - LSL」によって許容範囲が設定されます。なお、片側の仕様限界だけを設定し、「履歴平均」を入力しなかった場合は、全体平均が使用されます。

履歴 σ ばらつきの値（履歴や過去の結果に基づく値）を入力します。

「Gauge R&R」レポート

図9.7 「Gauge R&R」レポートの例

Gauge R&R

要因	変動(6*標準偏差)	変動は6*sqrt(分散)で計算
併行精度	(EV)	0.3860052 設備による変動 V(セル内)
再現精度	(AV)	0.4568005 判定者による変動 V(オペレータ) + V(オペレータ*部品#)
オペレータ		0.0888194 V(オペレータ)
オペレータ*部品#		0.4480823 V(オペレータ*部品#)
Gauge R&R	(RR)	0.5980524 測定による変動 V(セル内) + V(オペレータ) + V(オペレータ*部品#)
部品による変動	(PV)	1.0425929 部品による変動 V(部品#)
合計変動	(TV)	1.2019429 合計変動 V(セル内) + V(オペレータ) + V(オペレータ*部品#) + V(部品#)
6 k		
49.7571 % Gauge R&R = 100*(RR/TV)		
0.57362 部品変動(PV)と測定精度(RR)との比		
2 異なるカテゴリの数は = 1.41(PV/RR)		
最後に指定された列部品#が、部品の列として使用されています。		

Gauge R&R

測定	変動(6*標準偏差)	変動は6*sqrt(分散)で計算
オペレータ*部品#	(IV)	0.4480823 交互作用による変動 V(オペレータ*部品#)
併行精度	(EV)	0.3860052 設備による変動 V(セル内)
再現精度	(AV)	0.4568005 判定者による変動 V(オペレータ)+V(オペレータ*部品#)
Gauge R&R	(RR)	0.5980524 測定による変動 V(セル内)+V(オペレータ)+V(オペレータ*部品#)
部品による変動	(PV)	1.0425929 部品による変動 V(部品#)
合計変動	(TV)	1.2019429 合計変動 V(セル内)+V(オペレータ)+V(オペレータ*部品#)+V(部品#)
6 k		
49.7571 % Gauge R&R = 100*(RR/TV)		
0.57362 部品変動(PV)と測定精度(RR)との比		
2 異なるカテゴリの数は = 1.41(PV/RR)		

完全な「Gauge R&R」レポート

簡略版の「Gauge R&R」レポート

メモ: 簡略版の「Gauge R&R」レポートを生成するには、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [変動性図] > [簡略ゲージ R&R レポート] を選択します。

「変動」列の値は、分散成分の和の平方根に k の値（この例では6）を掛けたものです。

表9.2は、測定のばらつきの大きさを示す指標である「% Gage R&R」について、Barrentine (1991) が提案している基準をまとめています。

表9.2 測定のばらつきが占める割合に対する基準

～10%	優良
11%～20%	適切
21%～30%	ぎりぎりを受け入れられる
30%～	受け入れることはできない

次の点に注意してください。

- 「Gauge R&Rの仕様を入力/確認」ウィンドウで[許容範囲]を指定した場合は、「Gauge R&R」レポートに「許容範囲に対する %」列が表示されます。この列の値は、 $100 * (\text{変動} / \text{許容範囲})$ という式で計算されます。また、レポートの下部に「精度と許容範囲の比」も表示されます。この比は、測定のばらつきが、許容範囲（仕様限界の範囲）においてどれぐらい占めているかを示します。
- 「Gauge R&Rの仕様を入力/確認」ウィンドウで[履歴 σ]を指定した場合は、「Gauge R&R」レポートに「工程 (%)」列が表示されます。この列の値は、 $100 * (\text{変動} / (K * \text{履歴 } \sigma))$ という式で計算されます。
- 「異なるカテゴリの数」(NDC; Number of distinct categories) は、 $(1.41 * (PV/RR))$ という式で求めた値を整数に切り下げたものです。

判別比

判別比は、「ある部品や製品のばらつきを調べるのに現在の測定システムが有用かどうか」を示す指標で、一般に、判別比が2未満のときは、「現在の測定システムでは製品のばらつきを検出できず、測定システムを改善する必要がある」ということが示唆されます。判別比が4より大きいときは、「許容できない製品のばらつきが的確に検出されるため、生産工程を改善するために現在の測定システムを用いることができる」ということが示唆されます。

詳細については、「判別比の統計的詳細」(224 ページ) を参照してください。

誤分類率

測定誤差により、優良部品が不適合品と分類され、不良部品が適合品と分類される場合があります。これを誤分類といいます。[誤分類率] オプションを選択すると、モデルの種類を選択するためのウィンドウと仕様限界を入力するためのウィンドウが表示されます（いずれも指定していない場合）。

図9.8 「誤分類率」レポートの例

誤分類率	
説明	確率
良い部品で、誤って棄却される確率	0.0802
悪い部品で、誤って受容される確率	0.2787
部品が良く、かつ棄却される確率	0.0735
部品が悪く、かつ受容される確率	0.0235
部品が良い確率	0.9157

次の点を念頭に置いてください。

- 1番目と2番目の値は条件付き確率です。
- 3番目と4番目の値は結合確率です。
- 5番目の値は周辺確率です。
- 先頭から4つの値は誤りの確率で、測定で生じるばらつきが小さくなると、この確率も小さくなります。

バイアスレポート

【バイアスレポート】を選択すると、「全体の測定バイアス」と「基準ごとの測定バイアス」のグラフおよび要約表が表示されます。X変数の各水準におけるバイアス（観測値と基準値の差）の平均が表示されます。バイアスに対するt検定も行われます。

【バイアスレポート】オプションは、起動ウィンドウで【基準】変数を指定した場合にのみ選択できます。

「測定バイアス」レポートの赤い三角ボタンをクリックすると、次のオプションがメニューに表示されます。

信頼区間 各部品の平均バイアスに対して信頼区間を計算し、「基準ごとの測定バイアス」プロット上にマークを表示します。

測定誤差グラフ すべてのグループ変数をまとめて比較した測定誤差グラフと、グループ変数ごとに個別の測定誤差グラフが作成されます。

直線性

【直線性】オプションは、基準変数をX変数、バイアスをY変数として使用し、回帰分析を行います。この分析では、部品のサイズとバイアスとの関係が調べられます。傾きが0に等しくなるのが理想的です。もし傾きが0とは有意に異なっているのであれば、部品の実際の大きさ（すなわち、基準として厳密に測定された測定値）と測定バイアスの間に有意な関係があると結論できます。

【直線性】オプションは、起動ウィンドウで【基準】変数を指定した場合にのみ選択できます。

レポートには次の情報が表示されます。

- 基準ごとのバイアスの要約統計量。
- 「直線の傾きが0である」に対する検定の分散分析表。

- 傾き（直線性）や切片（バイアス）などの直線のパラメータ。切片の検定は、傾きの検定で「傾きが0である」という仮説が棄却されなかった場合のみ有用です。
- 回帰式は、グラフの下に表示されます。

「直線性」レポートの赤い三角ボタンをクリックすると、次のオプションがメニューに表示されます。

α 水準の設定 バイアスの信頼区間で使用している α 水準を変更できます。

グループごとの直線性 起動ウィンドウで **[X, グループ変数]** に指定した変数の水準ごとに、個別の直線性プロットを作成します。

変動性図の別例

- 「[等分散性の検定の例](#)」
- 「[\[バイアスレポート\] オプションの例](#)」

等分散性の検定の例

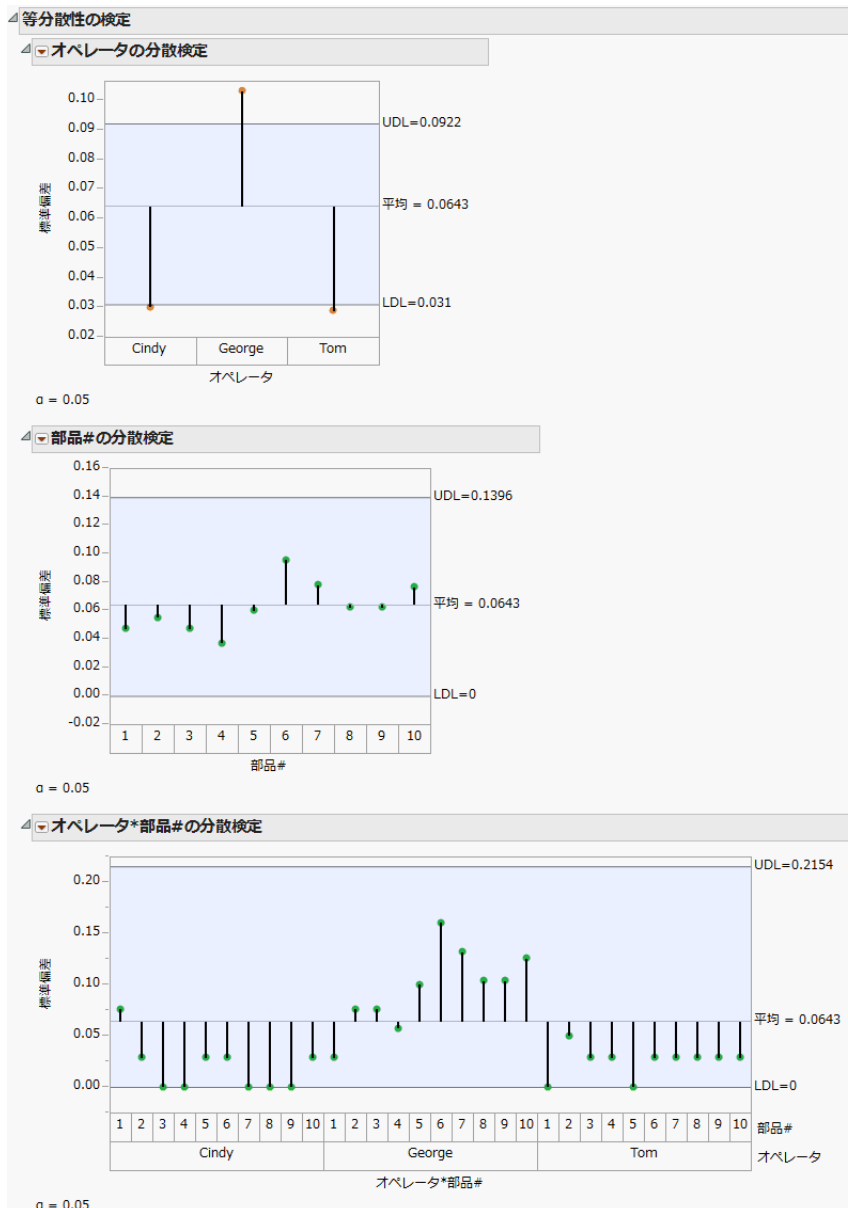
この例では、部品の測定値を記録したデータを分析します。3名のオペレータ（Cindy, George, Tom）が10個の部品についてそれぞれ測定しました。各自が各部品をそれぞれ3回評価したため、合計90件の測定値が記録されています。以下の点を検討します。

- 測定値のばらつきが、オペレータごとに異なるかどうか
- 測定値のばらつきが、部品ごとに異なるかどうか
- 測定値のばらつきが、オペレータと部品の組み合わせごとに異なるかどうか

すべてのグループで、測定値のばらつきが同じであるのが理想的です。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Variability Data」フォルダにある「2 Factors Crossed.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [計量値/計数値ゲージチャート] を選択します。
3. 「測定値」を選択し、[Y, 応答変数] をクリックします。
4. 「オペレータ」を選択し、[X, グループ変数] をクリックします。
5. 「部品 #」を選択し、[部品, 標本 ID] をクリックします。
6. [OK] をクリックします。
7. 赤い三角ボタンのメニューから「[等分散性の検定](#)」を選択します。
8. [交差] を選択します。
9. [OK] をクリックします。

図9.9 「等分散性の検定」レポート



メモ: シミュレーションが採用されているため、このオプションを使用するたびに決定限界が若干異なります。

「オペレータの分散検定」では、3つの水準すべてが上側決定限界または下側決定限界を超えています。このことから、各オペレータにおけるばらつきは、全体の平均的なばらつきと異なっていると結論できます。この分析結果を受けて、なぜ、オペレータ間でばらつきが異なったのかを考える必要があるでしょう。

「部品#の分散検定」と「オペレータ*部品#の分散検定」では、どの水準も決定限界を超えていません。したがって、それぞれの分散は、分散の平均と統計的有意差はないと結論づけられます。グラフを見ても、これらのグループの分散は似たような大きさになっています。

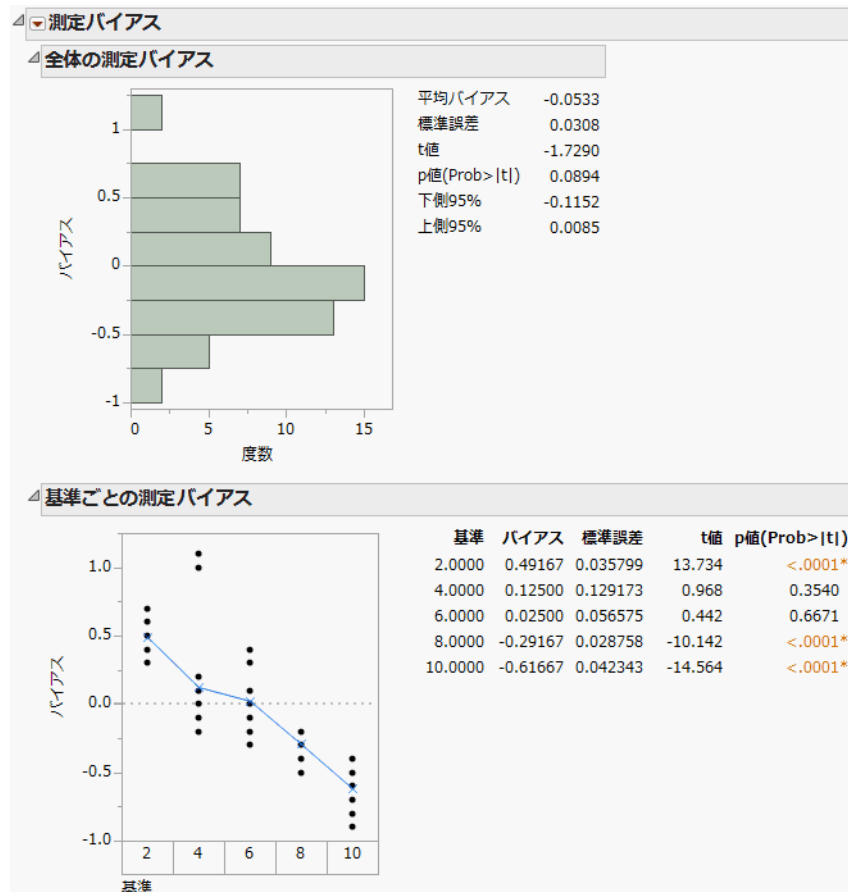
[バイアスレポート] オプションの例

メモ: 本節で用いているのデータは、Automotive Industry Action Group (2002) からの引用です。

工場の責任者として、新しい測定システムを工程に導入することを検討しているとしましょう。製造部品承認プロセス (PPAP: Production Part Approval Process) の一環として、測定システムのバイアスと直線性を評価する必要があります。測定システムが使われる工程から、実際の製品のばらつきに従っている5つの部品を抽出しました。まず、基準値を決めるために、各部品をケガキ検査で測定しました。そして、主任オペレータが各部品を12回測定しました。なお、部品は、測定するその日に無作為に抽出されました。この例では、全体の測定バイアスと個々の測定バイアス（基準値ごとの測定バイアス）を検討します。

1. [ヘルプ]>[サンプルデータライブラリ]を選択し、「Variability Data」フォルダにある「MSALinearity.jmp」を開きます。
2. [分析]>[品質と工程]>[計量値/計数値ゲージチャート]を選択します。
3. 「応答」を選択し、[Y, 応答変数]をクリックします。
4. 「基準」を選択し、[基準]をクリックします。
5. 「部品」を選択し、[X, グループ変数]をクリックします。
6. [OK]をクリックします。
7. 赤い三角ボタンのメニューから[ゲージ分析]>[バイアスレポート]を選択します。

図9.10 「測定バイアス」 レポート



測定値ごとにバイアス（「応答」-「基準」）が計算されます。「全体の測定バイアス」レポートには、バイアスのヒストグラムと、平均バイアスが0であるかどうかのt検定が表示されます。「平均バイアス」はちょうどぴったり0ではなく、-0.0533になっています。ただし、95%信頼区間(-0.1152, 0.0085)にゼロが含まれるため、「平均バイアス」とゼロとの間には、有意水準5%で統計的有意差は見られません。また、 p 値が0.05より大きいことから、「平均バイアス」と0との間には有意水準5%で統計的有意差が見られないことが分かります。

「基準ごとの測定バイアス」には、各部品の平均バイアスが表示されます。グラフには、各部品の平均バイアスの他に実際のバイアスの値もプロットされているので、広がりわかります。この例では、部品番号1（基準値2）は高い方向に、部品番号4と5（基準値8, 10）は低い方向にバイアスが生じています。

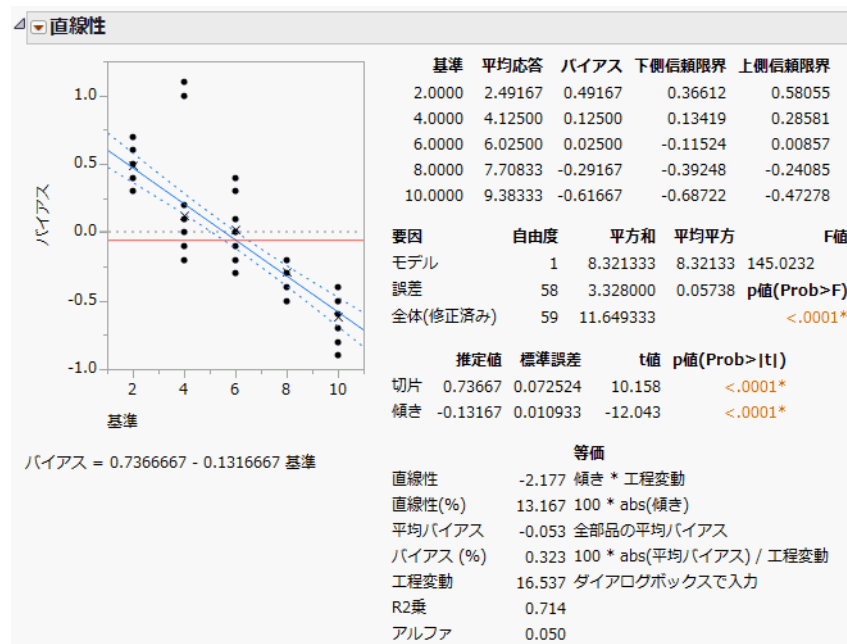
ヒント: バイアスの信頼区間を表示するには、表を右クリックして「列」>「下側95%」と「上側95%」を選択します。

直線性の例

本節でも、[バイアスレポート] オプションを説明した前節と同じデータを使用します。本節では、直線性を調べ、部品の大きさとオペレータの測定バイアスの間に有意な関係があるかどうかを判定します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Variability Data」フォルダにある「MSALinearity.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [計量値/計数値ゲージチャート] を選択します。
3. 「応答」を選択し、[Y, 応答変数] をクリックします。
4. 「基準」を選択し、[基準] をクリックします。
5. 「部品」を選択し、[X, グループ変数] をクリックします。
6. [OK] をクリックします。
7. 赤い三角ボタンのメニューから [ゲージ分析] > [直線性] を選択します。
8. 「工程変動 (K*履歴σ) を指定」ウィンドウが表示されるので、「16.5368」と入力します。

図9.11 直線性



次の点を念頭に置いてください。

- 傾きは -0.131667 です。この値は、グラフの下に表示されている回帰式と、3 番目の表から知ることができます。
- 傾きに対する t 検定の p 値はかなり小さくなっています (p<0.0001)。この検定は、バイアスが基準値とともに変化するかどうかを評価します。

p 値が小さいため、部品の大きさと、オペレータの測定バイアスとの間には有意な直線関係があると結論できます。この関係はグラフでも確認できます。基準値が小さいと高い方向に測定バイアスが生じ、逆に、基準値が大きいと低い方向にバイアスが生じています。

変動性図の統計的詳細

- 「分散成分の統計的詳細」
- 「判別比の統計的詳細」

分散成分の統計的詳細

選択するモデルの種類は、データの収集方法によって異なります。たとえば、オペレータが同じ部品を測定している場合は交差モデル、異なる部品を測定している場合は枝分かれモデルを選択します。具体例として、 B が A から枝分かれしているとして、次のように、 $na \times nb \times nw$ 個の測定値があるとします。

- 変量効果 A の水準が na 個
- A の各水準に nb 個ずつある変量効果 B の水準が $na \times nb$ 個
- A 内の B の各水準に nw 個ずつある変量効果が $na \times nb \times nw$ 個

$$y_{ijk} = u + Za_i + Zb_{ij} + Zw_{ijk}$$

Z は、各階層における変量効果を表します。どの Z も、その他の変量効果とは相関がない、平均がゼロの変量効果と仮定されています。この仮定のもとでは、応答 Y の分散は、各 Z 成分の分散の和として求められます。

$$\text{Var}(y_{ijk}) = \text{Var}(Za_i) + \text{Var}(Zb_{ij}) + \text{Var}(Zw_{ijk})$$

表9.3は、使用できるモデルと、各モデル内の効果をまとめたものです。

表9.3 「変動性図」プラットフォームで使用できるモデル

モデル	因子数	モデル内の効果
主効果	1	A
	2	A, B
	無制限	因子数に合わせて以下同様

表 9.3 「変動性図」プラットフォームで使用できるモデル（続き）

モデル	因子数	モデル内の効果
交差	1	A
	2	A, B, A*B
	3	A, B, A*B, C, A*C, B*C, A*B*C
	4	A, B, A*B, C, A*C, B*C, A*B*C, D, A*D, B*D, A*B*D, C*D, A*C*D, B*C*D, A*B*C*D、
	無制限	因子数に合わせて以下同様
枝分かれ	1	A
	2	A, B(A)
	3	A, B(A), C(A,B)
	4	A, B(A), C(A,B), D(A,B,C)
	無制限	因子数に合わせて以下同様
交差後、枝分かれ	3	A, B, A*B, C(A,B)
枝分れ後、交差	3	A, B(A), C, A*C, C*B(A)

判別比の統計的詳細

判別比とは、測定誤差の分散を、測定値全体の合計分散と比べた指標です。判別比は、枝分かれしたものも含め、すべての主効果に対して計算されます。判別比（D）は、次式で計算されます。

$$D = \sqrt{2\left(\frac{P}{T-P}\right) + 1}$$

ここで

P = 該当する要素の分散（の推定値）

T = 合計分散（の推定値）

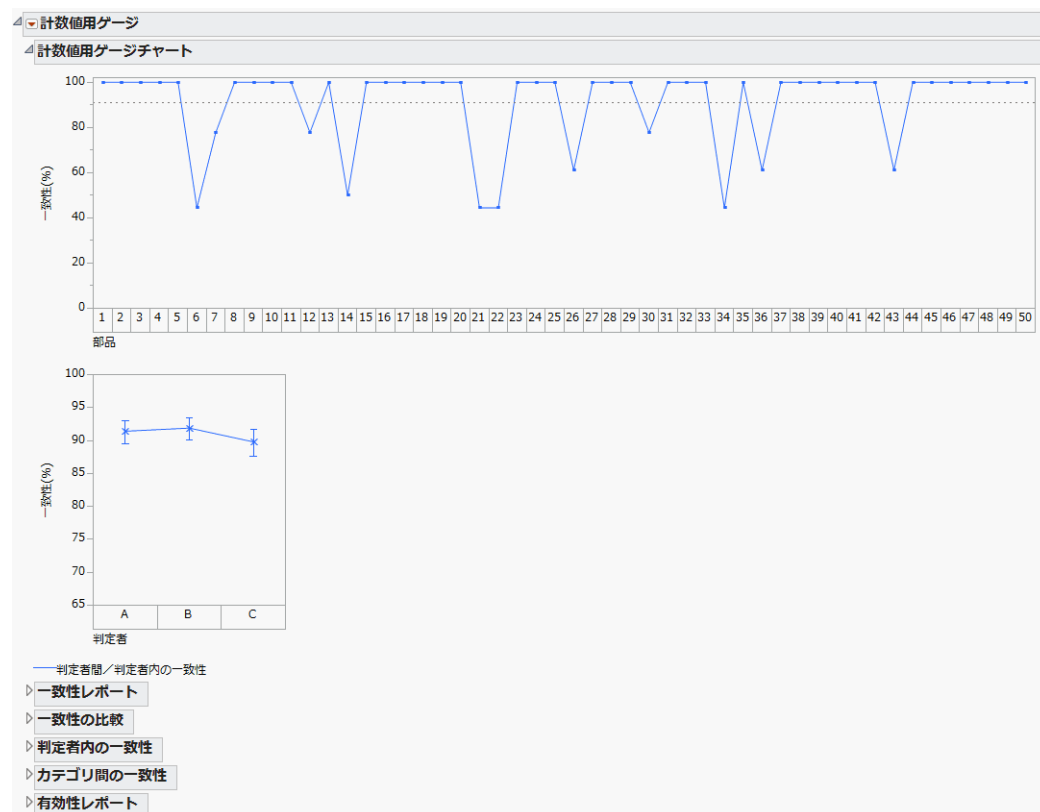
第10章

計数値用ゲージチャート カテゴリカル測定データの一致性評価

計数値用ゲージチャートは、カテゴリカルな測定値を分析し、各応答（たとえば判定者）の一致性を測ります。**計数値データ**とは、分析対象である変数がカテゴリを表す特性値であるものを指します。典型的な例は、2つの結果しかないデータ（合格／不合格など）です。判定者による部品判定の有効性、判定者間の一致率、同一判定者の複数回判定間の一致率などを調べることができます。

ヒント: この章では、計数値用ゲージチャートだけを扱います。計量値用ゲージチャートの詳細については、「[計量値用ゲージチャート](#)」章（203ページ）を参照してください。

図10.1 計数値用ゲージチャートの例



目次

計数値用ゲージチャートの概要 227

計数値用ゲージチャートの例 227

「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームの起動..... 228

「計数値用ゲージ」のチャートとレポート 230

 一致性レポート 231

 有効性レポート 232

「計数値用ゲージ」プラットフォームのオプション 233

計数値用ゲージチャートの統計的詳細 234

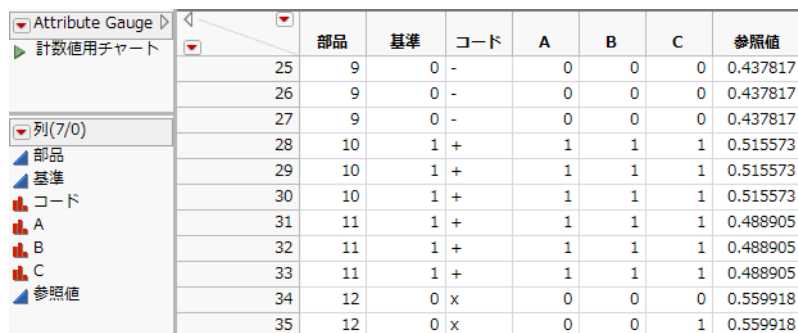
 「一致性レポート」の統計的詳細 235

計数値用ゲージチャートの概要

計数値用ゲージチャートを作成する前に、データの形式を次のように整えておく必要があります。

- 判定者間の一致率を比較するには、データテーブルにおいて、判定者ごとに1列ずつ結果を保存しておく必要があります。これらの列に、起動ウィンドウで[Y, 応答変数]の役割を割り当てます。図10.2では、判定者(A, B, C)ごとに、全部で3列で結果が保存されています。
- 各列に保存する応答は、文字列(合格/不合格)、数値(0/1)のいずれでもかまいません。図10.2では、判定者の応答は数値(合格の場合は1、不合格の場合は0)で保存されています。応答列のデータタイプはすべて同じであることが必要です。
- [X, グループ変数]として使用したいその他の変数は、それぞれ1つの列に入れておきます(図10.2の[部品]列を参照)。「基準」列も定義して、その基準と各判定結果を比較することもできます。基準列と応答列のデータタイプは同じである必要があります。

図10.2 計数値用ゲージチャート



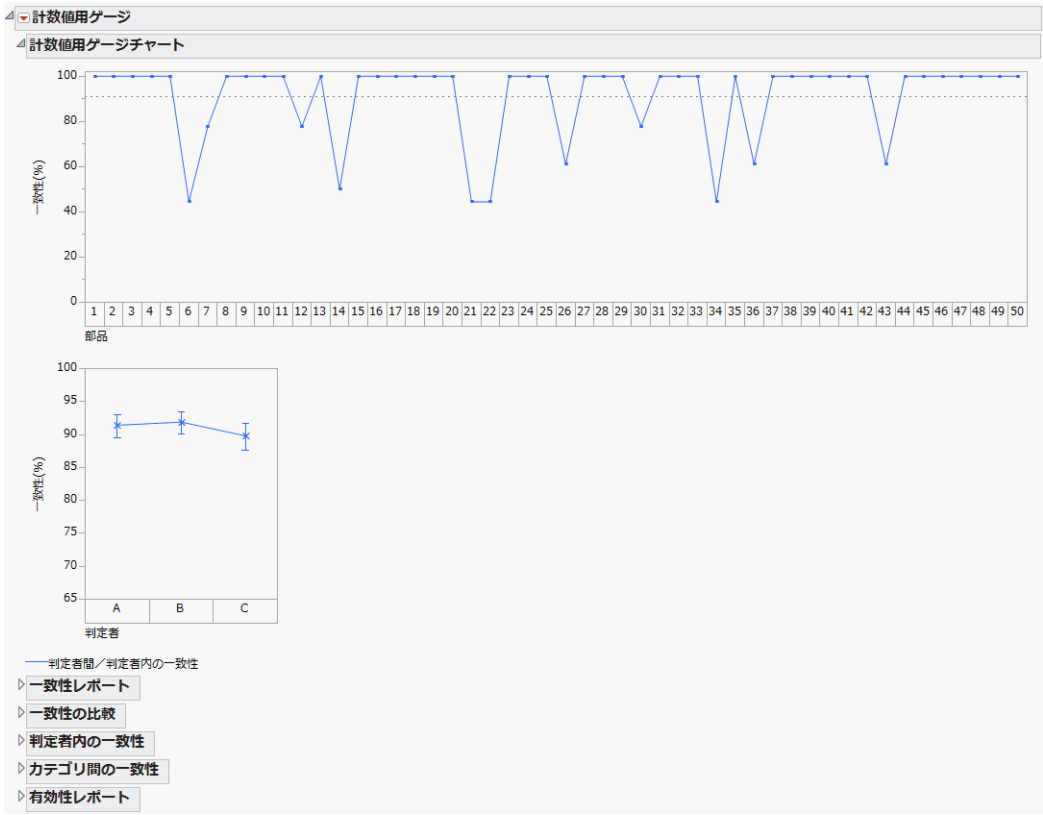
	部品	基準	コード	A	B	C	参照値
	25	9	0 -	0	0	0	0.437817
	26	9	0 -	0	0	0	0.437817
	27	9	0 -	0	0	0	0.437817
	28	10	1 +	1	1	1	0.515573
	29	10	1 +	1	1	1	0.515573
	30	10	1 +	1	1	1	0.515573
	31	11	1 +	1	1	1	0.488905
	32	11	1 +	1	1	1	0.488905
	33	11	1 +	1	1	1	0.488905
	34	12	0 x	0	0	0	0.559918
	35	12	0 x	0	0	1	0.559918

計数値用ゲージチャートの例

部品の評価(合格/不合格)を記録したデータがあるとします。3人の判定者(A, B, C)が50個の部品をそれぞれ3回ずつ評価し、0(合格)または1(不合格)の判定を下しています。判定者による部品判定の有効性、判定者間の一致率、同一判定者の複数回判定間の一致率などを調べます。

- [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Attribute Gauge.jmp」を開きます。
- [分析] > [品質と工程] > [計量値/計数値ゲージチャート] を選択します。
- 「チャートの種類」で[計数値]を選択します。
- 「A」、「B」、「C」を選択し、[Y, 応答変数]をクリックします。
- 「基準」を選択し、[基準]をクリックします。
- 「部品」を選択し、[X, グループ変数]をクリックします。
- [OK] をクリックします。

図 10.3 計数値用ゲージチャートの例



1 番目のチャート（「部品」）には、部品ごとに判定者間の一致率が表示されます。たとえば、部品 6, 12, 14, 21, 22 などで一致率が下がっていることがわかります。これらの部品は、判定が難しかったことが伺えます。

2 番目のチャート（「判定者」）は、判定者ごとに、自分自身および他者との一致率が、全部品について集計されて表示されます。この例では、判定者の判定能力は比較的似通っているようです。判定者 C の一致率が一番低いですが、差はさほど大きくありません（91% に対して約 89% 程度）。

「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームの起動

「計量値/計数値ゲージチャート」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [計量値/計数値ゲージチャート] を選択します。そして、「チャートの種類」を [計数値] に設定します。

図10.4「変動性図/計数値用ゲージ(多変動図)」起動ウィンドウ

チャートの種類 計量値ゲージ分析（連続尺度の応答変数に対するゲージ分析）または計数値ゲージ分析（合格／不合格などのカテゴリカルな応答変数に対するゲージ分析）のいずれかを選択できます。

メモ: この章では、計数値用ゲージチャートについて解説します。計量値用ゲージチャートの詳細については、「[計量値用ゲージチャート](#)」章（203 ページ）を参照してください。

有意水準の指定 プラットフォームで使用する有意水準を指定します。

Y, 応答変数 各判定者による評価が記録されている列を指定します。計数値ゲージチャートでは、複数の列を指定する必要があります。

基準 部品の「真」の値（既知の値）を含む列を、[基準] の列として指定すると、各判定者による判定を基準と比較した結果として、レポートウィンドウに「有効性レポート」が追加され、また、「一致性の比較」レポートにも結果が追加されます。

X, グループ変数 測定値をグループに分けるための列を指定します。因子が枝分かれ階層になっているときは、高位の項から順に指定していきます。

度数 この役割を割り当てた列の値は、各行の度数（繰り返し数）を表します。データが集計されている場合に便利です。

By 指定した列の水準ごとにレポートが作成されます。

起動ウィンドウの詳細については、『JMP の使用法』の「はじめに」章を参照してください。

「計数値用ゲージ」のチャートとレポート

「計数値用ゲージチャート」には、分析対象の部品ごとに、判定者の一致率（agreement）を示す「一致性 (%)」がプロットされます。各部品の一致率は、判定結果のすべてのペアについて、一致しているかどうかを数えて計算します。「計数値用ゲージチャートの統計的詳細」（234 ページ）を参照してください。

図10.5は、「計数値用ゲージチャートの例」（227 ページ）の手順に従って作成したものです。

図10.5 計数値用ゲージチャート

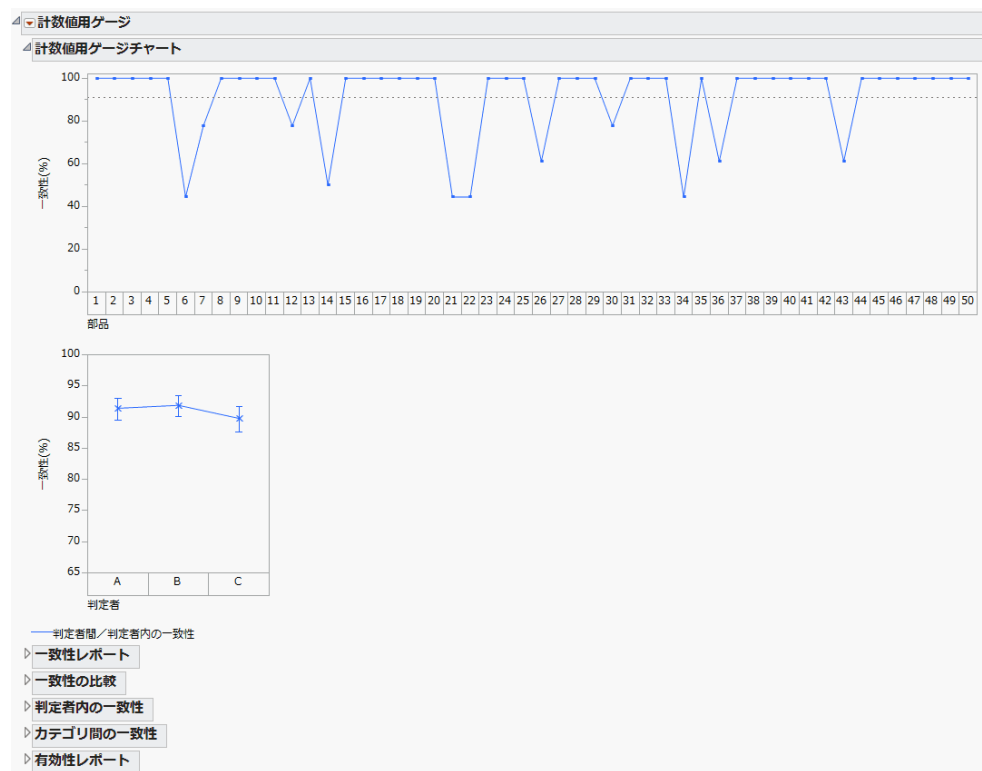


図10.5の1番目のチャートでは、すべてのXグループ変数（この場合は「部品」）がX軸に表示され、2番目のチャートでは、すべてのY変数（通常、およびこの例では、「判定者」）がX軸に表示されています。

- 1番目のチャートで、「一致性 (%)」の値が低い部品を探し、この部品に対する判定が一致していない理由を調べます。
- 2番目のチャートで、「一致性 (%)」の値が低い判定者を探し、その判定者の判定が、自分自身および他者と一致していない理由を調べます。

その他のオプションについては、「「計数値用ゲージ」プラットフォームのオプション」（233 ページ）を参照してください。

一貫性レポート

メモ:「カッパ」値は、一致率を表す統計量です。カッパ値が1に近いほど一致率は高く、0に近づくほど一致率は低くなります。

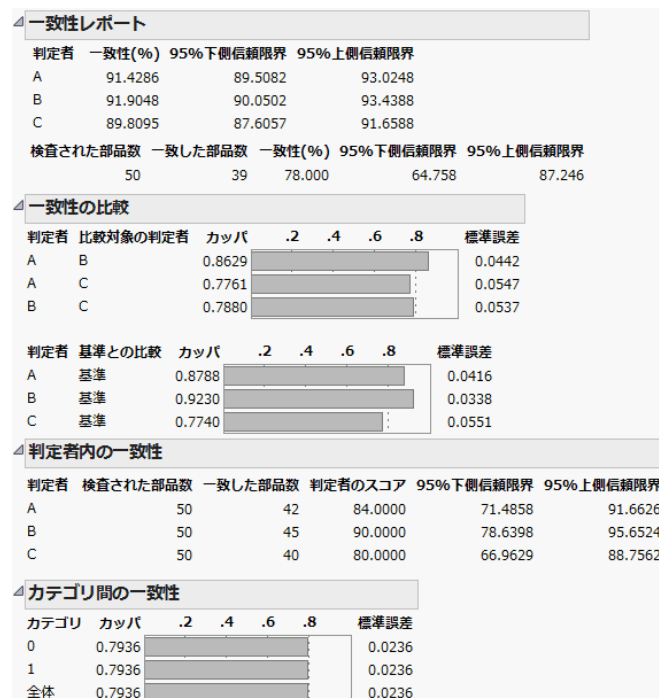
「一貫性レポート」には、判定者別にまとめた一致率と全体の一致率が表示されます。このレポートは、「計数値用ゲージチャート」レポートの2番目のチャートに表示されているデータを数値化したものです。図10.5を参照してください。

「一貫性の比較」レポートには、ある判定者の判定と、別の判定者の判定との一致性を示すカッパ統計量が、すべての判定者のペアに対して表示されます。また、起動ウィンドウで「基準」変数を指定した場合は、各判定者の判定と基準値との一致性を示すカッパ統計量も表示されます。

「判定者内の一貫性」レポートの「検査された部品数」は、該当の判定者が検査した部品の総数です。また、「一致した部品数」は、該当の判定者において、すべての判定が同じになっている部品の総数です。「判定者のスコア」は、「一致した部品数」を「検査された部品数」で割った値です。その信頼区間は、スコア法 (Agresti and Coull (1998)) で計算されています。

「カテゴリごとの一貫性」レポートには、判定者間において判定が偶然によらずに一致する度合いが表示されます。この指標は、ある決められた人数の判定者が複数の部品を評価した場合において、判定者間の一致性を評価します。

図10.6 一貫性レポート



適合性レポート

「適合性レポート」は、誤って警告を出す確率と、見逃してしまう確率をまとめたものです。「適合性レポート」は、評価の水準が2つ（合格／不合格、0／1など）の場合にのみ表示されます。

次の情報が表示されます。

誤警報 実際には適合の部品を、不適合品と判定すること。

誤分類 実際には不適合の部品を、適合品と判定すること。

誤警報率 本当は適合品なのに誤って不適合品とした部品の個数を、真の適合品の総数で割った値。

誤分類率 本当は不適合品なのに誤って適合とした部品の個数を、真の不適合品の総数で割った値。

「適合性レポート」の赤い三角ボタンをクリックすると、次のオプションがメニューに表示されます。

適合品カテゴリの変更 応答変数のいずれのカテゴリが適合／不適合であるかを、現在のものと逆にします。

流出率の計算 流出率（不適合品が製造され、検出されない確率）を計算できます。流出率は、不適合品が製造される確率と、不適合品を検査で見逃す確率（誤分類率）とを掛けて求めます。ここでは、不適合品が製造される確率（不適合品率）を指定します。

メモ: このプラットフォームでは、欠測値が個別のカテゴリとみなされます。これを回避するには、データテーブルにおける欠測値の行を除外してください。

「計数値用ゲージ」プラットフォームのオプション

「計数値用ゲージ」の赤い三角ボタンをクリックすると、次のようなオプションが表示されます。

計数値用ゲージチャート チャートの表示／非表示が切り替わります。

一致性の点を表示 一致性を示す点の表示／非表示が切り替わります。

一致性の点を接続 一致性を示す点をつなぎます。

判定者ごとの一致性の信頼区間 判定者ごとの一致性の信頼区間の表示／非表示が切り替わります。

一致性のグループ平均を表示 一致性のグループ平均の表示／非表示が切り替わります。このオプションは、`[X, グループ変数]` に複数の列が指定されている場合に選択できます。

一致性の全体平均を表示 一致性の全体平均の表示／非表示が切り替わります。

有効性の点を表示 有効性チャートにおいて、有効性を示す点の表示／非表示が切り替わります。

有効性の点を接続 有効性チャートにおいて、有効性を示す点をつなぎます。

判定者ごとの有効性の信頼区間 「計数値用ゲージチャート」の2番目のチャートにおいて、信頼区間の表示／非表示が切り替わります。図10.5を参照してください。

有効性レポート 「有効性レポート」の表示／非表示が切り替わります。このレポートは、各判定者を基準と比較したときのカッパ統計量を表示します。

以下のオプションについて詳しくは、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

ローカルデータフィルタ 現在のレポートにおいて、データをフィルタリングするローカルデータフィルタの表示／非表示を切り替えます。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションに対応しているプラットフォームにおいては、[自動再計算] オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

By グループのスクリプトを保存 By 変数の全水準に対するレポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。起動ウィンドウでBy 変数を指定した場合のみ使用可能です。

計数値用ゲージチャートの統計的詳細

図10.5の1番目のチャートでは、すべての[X, グループ変数] がX軸に表示されています。1番目のチャートにおける「一致性(%)」の値は次式で計算されます。

$$\text{部品 } i \text{ の一致性 (\%)} = \frac{\sum_{l=1}^k \binom{\text{応答水準 } l \text{ の度数}}{2}}{\binom{N_i}{2}}$$

図10.5の2番目のチャートでは、すべての[Y, 応答変数] がX軸に表示されています。2番目のチャートにおける「一致性(%)」の値は次式で計算されます。

$$\text{判定者 } k \text{ の一致性 (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{r_i} \text{部品 } i \text{ に対する判定者 } k \text{ の } j \text{ 回目の判定と一致するもののうち、まだ数えていないものの度数} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{r_i} N_{i-j} \right)}$$

これらの式で使われている各記号の意味は、次の通りです。

- n = 部品の数（グループ変数をもつ水準の数）
- r_i = 部品 i ($i = 1, \dots, n$) の判定回数（繰り返し数）
- m = 判定者の数
- k = 水準の数
- $N_i = m \times r_{jo}$ 部品 i ($i = 1, \dots, n$) の判定回数。これには、判定者全員を表す応答と、部品ごとの繰り返しの判定も含まれます。たとえば、部品 i が3人の判定者により3回判定された場合、 N_i は $3 \times 3 = 9$ となります。

例として、3人の判定者による次のようなデータを取り上げてみましょう。各判定者は、同一部品を、3回、繰り返し判定しています。

表10.1 判定者A、B、Cによる3回の測定

	A	B	C
1	1	1	1
2	1	1	0
3	0	0	0

この表のデータを使った場合、式は次のようになります。

$$\text{一致性(\%)} = \frac{\binom{4}{2} + \binom{5}{2}}{\binom{9}{2}} = \frac{16}{36} = 0.444$$

$$\text{一致性(\%)} [\text{判定者A}] = \text{一致性(\%)} [\text{判定者B}] = \frac{4+3+3}{8+7+6} = \frac{10}{21} = 0.476$$

$$\text{一致性(\%)} [\text{判定者C}] = \frac{4+3+2}{8+7+6} = \frac{9}{21} = 0.4286$$

「一致性レポート」の統計的詳細

判定者間の一致性を表す指標には、次の単純カッパ係数が使われています。

$$\hat{\kappa} = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

ここで

$$P_0 = \sum_i p_{ii}$$

および

$$P_e = \sum_i p_{i.} p_{.i}$$

2つの応答変数を、 n 個の部品に対する2つの独立した判定であると考えたとき、判定者どうしの判定が完全に一致するとカッパ係数が1になります。観測された一致性が偶然による一致性を上回るとカッパ係数が正の値になり、数値の大きさが一致性の高さを表します。実際にはほとんどあり得ないケースですが、観測された一致性が偶然による一致性を下回ると、カッパが負になります。カッパ係数の最小値は、周辺度数に応じて-1から0までの間の値を取ります。

単純カッパ係数の漸近分散は、次のような推定式で計算されます。

$$\text{var} = \frac{A + B - C}{(1 - P_e)^2 n}$$

ここで

$$A = \sum_i p_{ii} \left[1 - (p_{i.} + p_{.i})(1 - \kappa) \right]$$

$$B = (1 - \kappa)^2 \sum_{i \neq j} \sum p_{ij} (p_{.i} + p_{.j})^2$$

および

$$C = \left[\kappa - P_e(1 - \kappa) \right]^2$$

レポートには、カッパ統計量の棒グラフも描かれ、また、標準誤差も計算されます。

メモ: 計数値用ゲージチャートのカッパ統計量は、変数の水準が同じでない場合にも計算されます。

「カテゴリごとの一致性」に計算されている指標には、次に述べるカテゴリごとのカッパ統計量 (Fleiss 1981) が使われています。

以下の式において、次の記号を用います。

- n = 部品の数 (グループ変数がある水準の数)
- m = 判定者の数

- k = 水準の数
- r_i = 部品 i ($i = 1, \dots, n$) の判定回数 (繰り返し数)
- $N_i = m \times r_i$. 部品 i ($i = 1, 2, \dots, n$) の判定回数。これには、判定者全員を表す応答と、部品ごとの繰り返し判定も含まれます。たとえば、部品 i が2人の判定者により3回判定された場合、 N_i は $3 \times 2 = 6$ となります。
- x_{ij} を、部品 i ($i = 1, 2, \dots, n$) において水準 j ($j = 1, 2, \dots, k$) と判定された回数とします。カテゴリごとのカップパ統計量は、次のように計算されます。

$$\hat{\kappa}_j = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}(N_i - x_{ij})}{(\bar{p}_j \bar{q}_j) \sum_{i=1}^n N_i(N_i - 1)} \quad \text{ここで} \quad \bar{p}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad \bar{q}_j = 1 - \bar{p}_j$$

これらをまとめた全体のカップパ統計量は、次のように計算されます。

$$\hat{\bar{\kappa}} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{q}_j \bar{p}_j \hat{\kappa}_j}{\sum_{j=1}^k \bar{p}_j \bar{q}_j}$$

$\hat{\kappa}_j$ と $\hat{\bar{\kappa}}$ の分散は、次の式で計算されます。

$$\text{var}(\hat{\kappa}_j) = \frac{2}{nN(N-1)}$$

$$\text{var}(\hat{\bar{\kappa}}) = \frac{\frac{2}{\left(\sum_{j=1}^k \bar{p}_j \bar{q}_j\right)^2}}{nN(N-1)} \times \left[\left(\sum_{j=1}^k \bar{p}_j \bar{q}_j \right)^2 - \sum_{j=1}^k \bar{p}_j \bar{q}_j (\bar{q}_j - \bar{p}_j) \right]$$

部品あたりの判定回数が等しい場合 ($i=1, \dots, n$ のすべてで $N_i = N$ の場合) のみ、 $\hat{\kappa}_j$ および $\hat{\bar{\kappa}}$ の標準誤差が表示されます。

第11章

工程能力

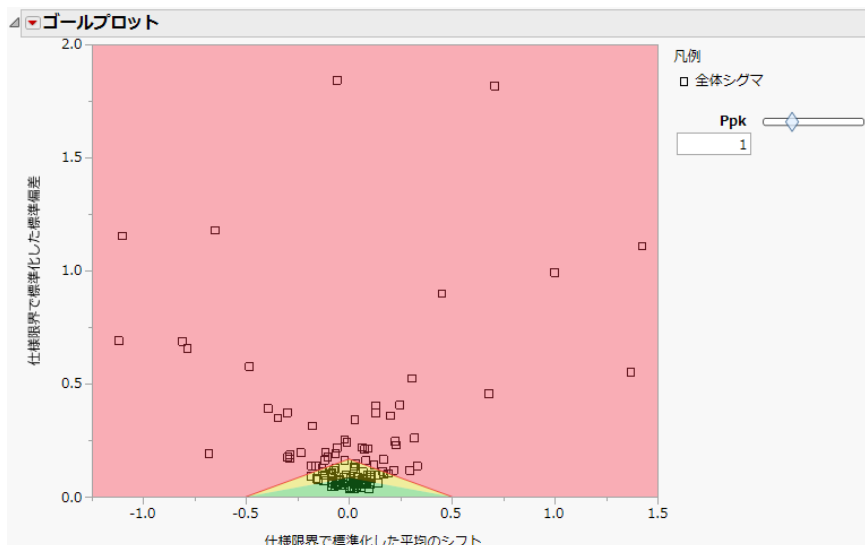
時間経過に伴う工程のばらつきを測定する

工程能力分析は、工程管理で使われており、与えられた仕様限界（規格限界）に照らして工程がどれほど優れているかを調べる分析です。優れた工程とは、安定した状態にあり、かつ、仕様限界内にほどよく収まる製品を一貫して生産できる工程です。工程能力指数（capability index）は、工程のパフォーマンスを示す指標で、工程の中心と変動（ばらつき）を、仕様限界に照らして要約した指標です。

ゴールプロットや箱ひげ図のようなグラフツールを使うと、工程や製品が仕様限界内に収まっているかどうかを視覚的に把握できます。「各列に対する詳細レポート」では、分析対象の変数ごとに工程能力レポートが表示されます。分析結果は、工程のばらつきを仕様や規格と照らし合わせ、適合率を高めるのに役立ちます。

サブグループを指定して、サブグループ内のばらつきを工程の全体的なばらつきと比較することもできます。また、正規分布以外の確率分布を仮定した工程能力指数も計算できます。さらに、用意されている確率分布のいずれにも従わないデータに対して、ノンパラメトリックな工程能力指数も計算できます。

図11.1 「工程能力」プラットフォームの例



目次

「工程能力」プラットフォームの概要	241
正規分布に従うデータの分析例	243
非正規分布に従うデータの分析例	244
「工程能力」プラットフォームの起動	248
工程の選択	249
サブグループ化	249
履歴情報	250
分布オプション	251
その他の指定	252
仕様限界の入力	252
「仕様限界」ウィンドウ	253
仕様限界のデータテーブル	253
「仕様限界」列プロパティ	254
「工程能力分析」レポート	255
ゴールプロット	256
工程能力箱ひげ図	258
工程能力指数プロット	260
「工程能力」プラットフォームのオプション	262
各列に対する詳細レポート	264
正規化箱ひげ図	270
工程性能プロット	271
要約レポート	272
ゴールプロットの要約テーブルを作成	273
「工程能力」プラットフォームの別例	274
安定状態の工程における工程能力	274
安定状態でない工程の工程能力分析	278
非正規データのPpkに対する信頼限界のシミュレーション	281
「工程能力」プラットフォームの統計的詳細	287
ばらつきに関する統計量	287
ゴールプロットと工程能力箱ひげ図の表記法	290
ゴールプロット	290
目標値がない工程の工程能力箱ひげ図	292
正規分布の工程能力指数	292
非正規分布の工程能力指数: パーセント点法とZ-スコア法	296
サポートされている確率分布	297

「工程能力」プラットフォームの概要

「工程能力」プラットフォームでは、さまざまなツールを使って、工程が特定の仕様限界に適合しているかどうかを測定できます。デフォルトでは、正規分布を使ってあてはめた変数に対し、ゴールプロット・工程能力箱ひげ図・工程能力指数プロットが描かれます。ただし、非正規分布の工程能力指数は、工程能力指数プロットだけで描かれます。これらのグラフ以外に、正規化箱ひげ図・要約レポート・各列に対する詳細レポートを追加できます。

仕様限界は、次のような方法で指定できます。

- データテーブルにおける各列に、列プロパティを設定する
- 起動ウィンドウにおいて、仕様限界ダイアログを表示するように指定する
- 仕様限界のデータテーブルから仕様限界を読み込む
- 「仕様限界の管理」を用いる（[分析] > [品質と工程] > [仕様限界の管理]）

両側・片側の仕様限界や、非対称の仕様限界を指定することができます。


メモ: 新しい「工程能力」プラットフォームは、[分析] > [一変量の分布] および [分析] > [品質と工程] > [管理図] で実行される機能を大幅に改良しています。

工程能力指数

工程能力指数は、仕様限界に応じた製品を生産する能力を示した指標です。工程能力指数は、品質特性の平均と標準偏差の推定値を、仕様限界に照らし合わせて計算されます。群内推定値から計算された工程能力指数（Cpk）は、群内のばらつきから推定した標準偏差に基づきます。全体推定値から計算された工程能力指数（Ppk）は、工程データ全体から推定した標準偏差に基づきます。[「正規分布の工程能力指数」](#)（292 ページ）および [「ばらつきに関する統計量」](#)（287 ページ）を参照してください。

平均や標準偏差の推定値は、中心やばらつきが安定している場合のみ、妥当なものになります。そのため、群内推定値から計算された工程能力指数（Cpk）は、工程のばらつきが安定していなければ解釈できません。また、全体推定値から計算された工程能力指数（Ppk）は、工程の中心とばらつきの両方が安定していなければ解釈できません。

また、標本サイズが小さいと、工程能力指数は標準誤差が大きいかもかもしれません。「工程能力」プラットフォームでは、ほとんどの工程能力指数に対して信頼区間が示されます。これらも考慮して、工程能力指数がとりうる範囲を推測してください。

メモ: たとえば、非正規分布の場合などは、信頼区間は算出されません。しかし、そのような場合でも、シミュレーション機能によって信頼区間を求めることができます。例として、[「非正規データのPpkに対する信頼限界のシミュレーション」](#)（281 ページ）を参照してください。

工程能力指数の値に関するガイドラインは、Montgomery（2013）を参照してください。工程能力指数は、1.33 以上となることが推奨されています。ただし、シックスシグマにおいては、1 万あたりの不適合率が非常に小さいことを要求しており、より高い工程能力水準を目標にしています。

非正規分布に対する工程能力指数

「工程能力」プラットフォームは、正規分布・ベータ分布・指数分布・ガンマ分布・Johnson分布・対数正規分布・二重正規混合分布・三重正規混合分布・Weibull分布に基づいた工程能力指数を求めることができます。[最良] オプションは、これらの確率分布の中から最良の分布を特定し、その確率分布に対して工程能力指数を計算します。このプラットフォームには、ノンパラメトリックな分布をあてはめて、そこから工程能力指数を計算する [ノンパラメトリック] オプションも用意されています。

非正規分布に対しては、分位点法（「パーセント点法」や「ISO方式」とも呼ばれる）と、Z-スコア法（「Bothe方式」とも呼ばれる）のいずれかで工程能力指数を求めることができます。これらの手法については、「[非正規分布の工程能力指数：パーセント点法とZ-スコア法](#)」（296ページ）を参照してください。

メモ： 工程能力分析は、[分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] においても用意されています。ただし、非正規分布は、「工程能力」プラットフォームでしか使用できません。

全体シグマと群内シグマの推定値

「工程能力」プラットフォームでは、正規分布に基づく工程能力指数は、長期的に計算されたばらつきの推定値（**全体シグマ**）、および、短期的に計算されたばらつきの推定値（**群内シグマ**）のいずれでも計算できます。工程が安定していれば、長期的に見たときのばらつきと、短期的に見たときのばらつきは似たようなものであり、全体シグマと群内シグマは同じような値になるはずです。正規化箱ひげ図や要約レポートも、全体シグマと群内シグマのいずれに基づいても計算できます。安定した工程および不安定な工程で計算される工程能力指数の例については、「[「工程能力」プラットフォームの別例](#)」（274ページ）を参照してください。

群内シグマを推定するには、起動ウィンドウでサブグループを指定します。それには、サブグループを定義する列を指定するか、または、[一定のサブグループサイズ] を選択します。いずれの選択でも、群内シグマは、標準偏差の平均によって、または、範囲の平均によって計算される、母標準偏差の不偏推定値です。サブグループを指定しなかった場合、サイズ2のサブグループの移動範囲を使用して、群内シグマは推定されます。なお、これらの方法ではなくて、「履歴シグマ」（過去の工程データから得られた標準偏差の推定値）も指定できます。

工程能力指数の表記

「工程能力」プラットフォームでは、次の2種類の工程能力指数を計算できます。工程能力指数の計算方法については、「[正規分布の工程能力指数](#)」（292ページ）を参照してください。

- Cpk, Cpl, Cpu, Cp, Cpm。これらの指数は、群内シグマ（短期における標準偏差の推定値）に基づきます。
- Ppk, Ppl, Ppu, Pp, Cpm。これらの指数は、全体シグマ（長期における標準偏差の推定値）に基づきます。全体シグマは、工程が安定した状態でないと解釈できません。Montgomery (2013) を参照してください。

「工程能力」プラットフォームは、適切な AIAG 表記法によって工程能力指数を表示します。「Ppk」は、全体シグマから算出された指標を示します。一方、「Cpk」は、群内シグマから算出された指標を示します。

メモ： [AIAG (Ppk) ラベル] のプラットフォームの環境設定は、デフォルトで選択されています。レポートを Cp 表記法で表示したい場合は、「工程能力」の下でこの環境設定の選択を解除します。

工程能力分析の詳細については、Montgomery (2013) および Wheeler (2004) を参照してください。

正規分布に従うデータの分析例

この例では、「Semiconductor Capability.jmp」サンプルデータを使用します。このデータの各変数は、半導体メーカーが製造中のウェハーについて測定したものです。各変数に対する仕様限界は、データテーブルの各列に、[列プロパティ] > [仕様限界] 列プロパティによって保存されています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Semiconductor Capability.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [工程能力] を選択します。
3. [Processes] の横の白い三角ボタンをクリックすると、連続尺度変数がすべて表示されます。
4. 「PNP1」、「PNP2」、「NPN2」、「PNP3」、「IVP1」、「PNP4」、「NPN3」、「IVP2」を選択し、[Y, 工程変数] をクリックします。
5. [OK] をクリックします。
6. 「ゴールプロット」の赤い三角ボタンメニューから [全体シグマの点にラベル] を選択します。
7. 「工程能力指数プロット」の赤い三角ボタンメニューから [全体シグマの点にラベル] を選択します。

図11.2 「Semiconductor Capability.jmp」の例の分析結果

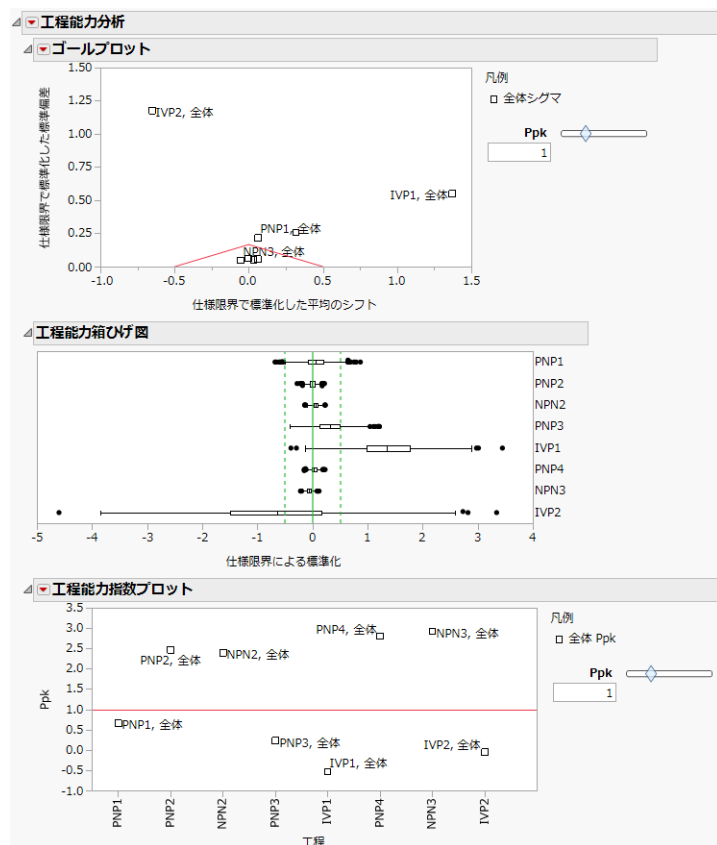


図11.2の「ゴールプロット」は、変数ごとに、仕様限界で正規化した平均のシフトをX軸上、仕様限界で正規化した標準偏差をY軸上に示したものです。プロット中央下部にある赤い直線で定義された三角形の領域は、「ゴール」を表しており、工程能力指数が指定された値以上となる領域を示しています。プロットの下にあるPpkのスライダをドラッグすると、この領域を調整できます。スライダを1に設定すると、「PNP1」、「PNP3」、「IVP1」、「IVP2」がゴールの三角形の外側になり、仕様限界から外れていると判断できます。

「工程能力箱ひげ図」レポートは、分析対象の各変数についての箱ひげ図です。各列の値は、その目標値で中心化され、仕様限界の範囲で尺度化されます。この例では、すべての工程変数に上側と下側の仕様限界があり、その値は目標値を中心に左右対称です。緑色の実線は目標値、点線は仕様限界を表します。

「IVP1」は、点の大部分が上側仕様限界（USL）を超えています。「IVP2」は、大部分が目標値を下回っています。「PNP2」は、すべてのデータ値が仕様限界内に収まっていることから、目標に達していると考えられます。

工程能力指数プロットは、各変数のPpk値を示します。4つの変数は、非常に優れた工程のもので、Ppkの値が2以上となっています。Ppkの値が1未満の変数が4つあります。

非正規分布に従うデータの分析例

「Process Measurements.jmp」サンプルデータには、ある製品の製造に必要な7種類の工程における測定値が含まれています。各工程の仕様限界は、データテーブルの各列に、列プロパティとして保存されています。まず、工程データの分析を検討してみると、正規分布でないことがわかります。そのため、「工程能力」プラットフォームで非正規分布に基づく工程能力指数を計算する機能を使用します。

分布を表示する

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Process Measurements.jmp」を開きます。
2. [分析] > [一変量の分布] を選択します。
3. 「列の選択」リストから7列すべてを選択し、[Y, 列] をクリックします。
4. [ヒストグラムのみ] チェックボックスをオンにします。
5. [OK] をクリックします。

ヒストグラムを見るとほとんどの分布は歪んでいて、正規分布に従っていないようです。そこで、工程ごとに、いくつかの確率分布から最もよくあてはまるものを見つけて工程能力指数を計算してみましょう。

工程能力分析を実行する

1. [分析] > [品質と工程] > [工程能力] を選択します。
2. 「列の選択」リストから7列すべてを選択し、[Y, 工程変数] をクリックします。
3. [Y, 工程変数] リストから7列すべてを選択します。
4. 「分布オプション」パネルを開き、「分布」メニューから[最良]を選択します。

5. [工程分布の設定] をクリックします。

「Y, 工程変数」リストの変数名に「&分布(最良)」という接尾辞が追加されます。[最良] オプションは、各変数に最もあてはまりの良いパラメトリックな確率分布をあてはめます。用意されているパラメトリックな確率分布は、正規分布・ベータ分布・指数分布・ガンマ分布・Johnson分布・対数正規分布・二重正規混合分布・三重正規混合分布・Weibull分布です。図11.3を参照してください。

6. 「非正規分布のオプション」アウトラインを開きます。「非正規の工程能力指数手法」が[パーセント点]、「Johnson分布の推定法」が[分位点一致]、「分布を比較する規準」が[AICc]に設定されていることを確認します。

図11.3 設定後の起動ウィンドウ

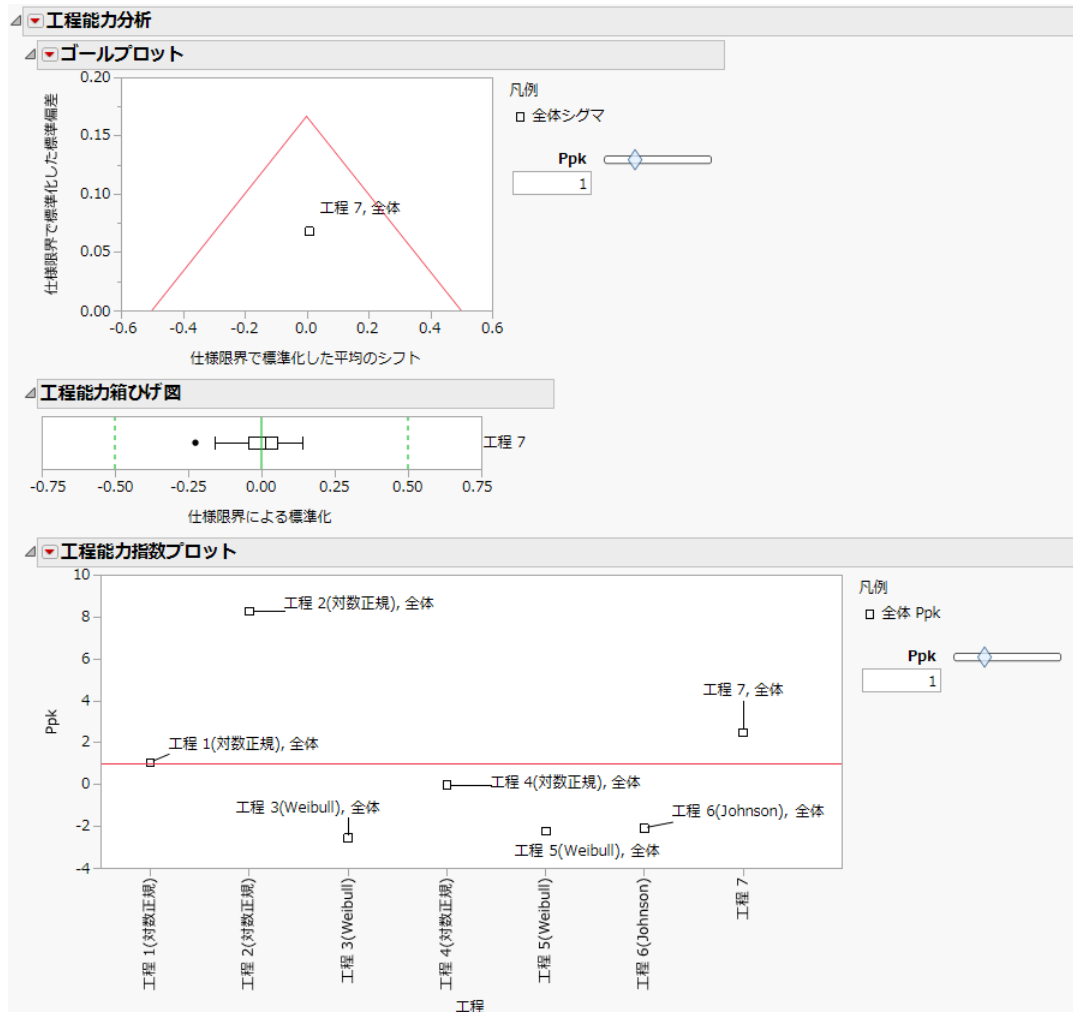
Johnson分布の推定法は、デフォルトでは[分位点一致]手法となっています。これは、最尤推定に比べて、計算時間が早く、また、数値結果が発散することが少ないからです。なお、「一変量の分布」プラットフォームでは、Johnson分布の推定には最尤法が使用されています。

7. [OK] をクリックします。

8. 「ゴールプロット」の赤い三角ボタンメニューから[全体シグマの点にラベル]を選択します。

9. 「工程能力指数プロット」の赤い三角ボタンメニューから[全体シグマの点にラベル]を選択します。

図11.4 変数にラベルを表示した初期レポート



メモ: プロット上でラベルをクリックしてドラッグし、ラベルの配置を変えると、ラベルが読みやすくなります。また、「工程能力指数プロット」の右側の枠線をクリックしてドラッグし、広くしても、ラベルが読みやすくなります。

「目標プロット」には、「**工程 7**」の点だけが表示されています。また、「工程能力箱ひげ図」には、「**工程 7**」の箱ひげ図が1つ表示されています。これは、「**工程 7**」の最良のあてはめが正規分布であるためです。

10. 「工程能力指数プロット」の下で、「Ppk」の値を2に設定します。

「工程能力指数プロット」には、7つの工程すべてのPpk値が表示されます。「**工程 2**」と「**工程 7**」の工程能力指数だけが2を上回っています。「工程能力指数プロット」では、変数名のすぐ右側に、最もあては

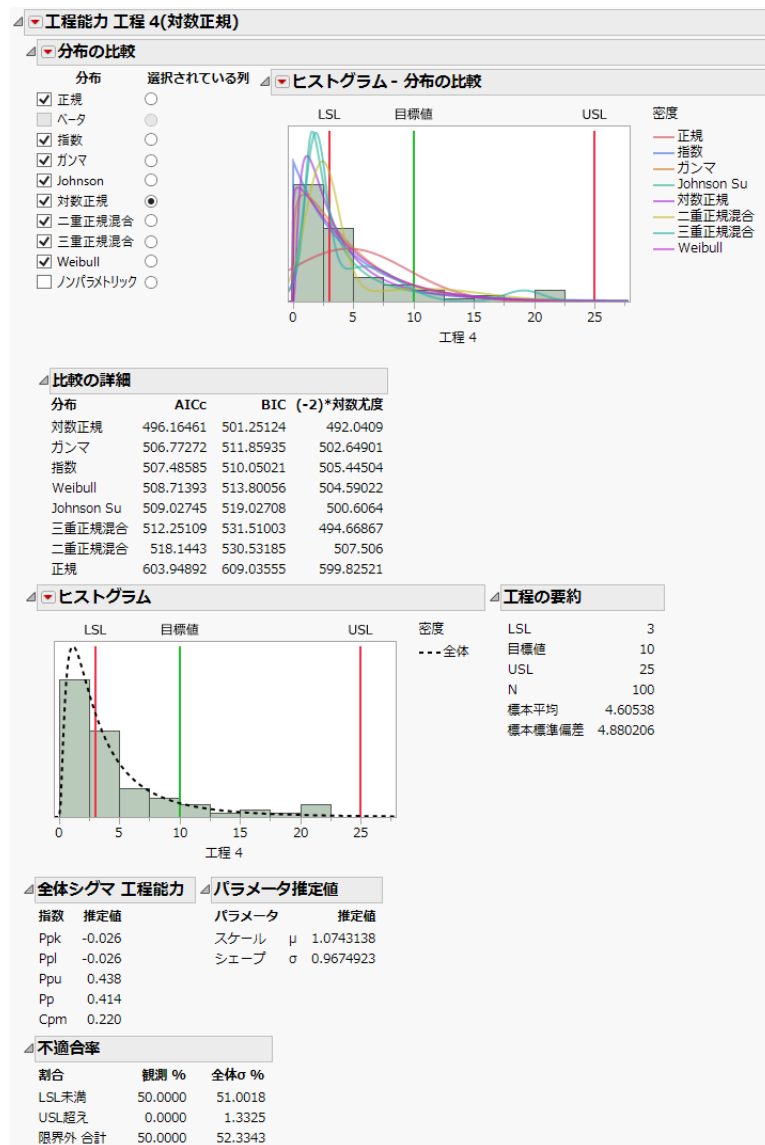
まりの良い非正規分布の名前が括弧で囲んで表示されます。「工程 7」は、最もあてはまりの良い分布が正規分布であるため、分布名は表示されません。

11. 「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューから、「各列に対する詳細レポート」を選択します。

起動ウィンドウで「最良」のあてはめを指定したため、各分布の赤い三角ボタンのメニューで「分布の比較」が選択されています。

12. 下へスクロールし、「工程能力 工程 4(対数正規)」のレポートを確認してみましょう。

図11.5 「工程 4」の詳細レポート



「**工程 4**」のレポートのタイトルは、工程能力の計算に対数正規分布が使われたことを示しています。「分布の比較」レポートのチェックボックスを見ると、[ノンパラメトリック]と[ベータ]以外のすべてのボックスがオンになっており、8つの分布があてはめられたことがわかります。（これは、起動ウィンドウで「最良」の分布を求めたためです。）「選択されている列」で「対数正規」のラジオボタンがオンになっているのは、「工程 4」のレポートでは対数正規分布を使って工程能力や不適合率の推定値が計算されていることを意味します。

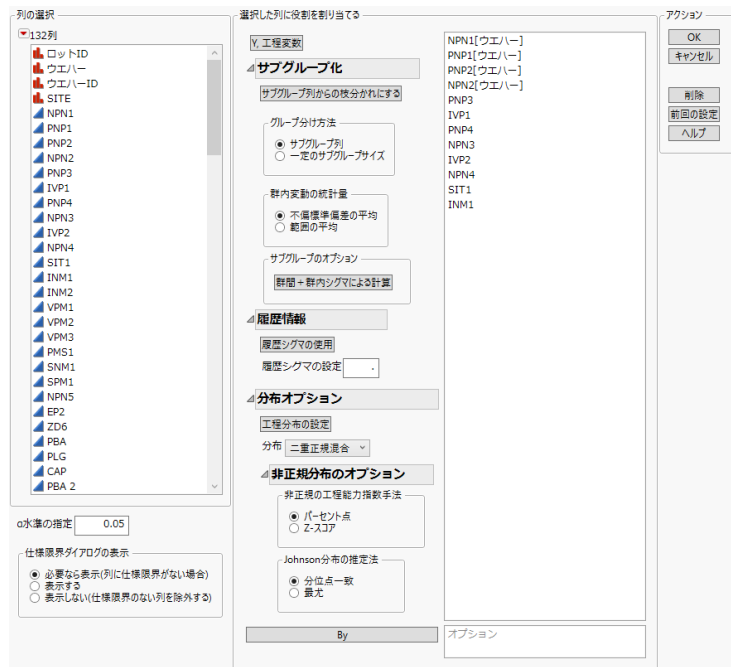
「分布の比較」レポートは、8つの分布のあてはまりを比較しています。「ヒストグラム - 分布の比較」レポートでは、分布のあてはまりをグラフで確認することができ、「比較の詳細」レポートでは分布の適合度統計量を確認できます。プロットと適合度統計量の両方から、あてはめた確率分布のうち最もあてはまりの良いのは対数正規分布であると判断できます。

「各列の詳細レポート」にデフォルトで表示される情報は、確率分布の密度関数が重ねて描かれたヒストグラム、工程の要約、全体シグマに基づく工程能力指数、パラメータ推定値、不適合率の観測値と推定値です。

「工程能力」プラットフォームの起動

「工程能力」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [工程能力] を選択します。図 11.6 は、「Semiconductor Capability.jmp」データテーブルに対する起動ダイアログです。すべてのアウトラインとパネルを開いた状態にしています。

図 11.6 「工程能力」の起動ウィンドウ



「工程能力」の起動ウィンドウには、次のようなアウトラインとオプションがあります。

- 「[工程の選択](#)」(249ページ)
- 「[サブグループ化](#)」(249ページ)
- 「[履歴情報](#)」(250ページ)
- 「[分布オプション](#)」(251ページ)
- 「[その他の指定](#)」(252ページ)

起動ウィンドウで[OK]をクリックすると、次のいずれかでない場合には「仕様限界」ウィンドウが開きます。

- データテーブルのすべての列に仕様限界が含まれている。
- 起動ウィンドウで「**表示しない(仕様限界のない列を除外する)**」を選択した。

「仕様限界」ウィンドウは、起動ウィンドウで「表示する」を選択した際にも表示されます。「仕様限界」ウィンドウでの設定が終わると、「工程能力分析」レポートが表示されます。

工程の選択

工程能力分析に含める工程変数を選択します。

Y, 工程変数 分析の対象となる変数を割り当てます。

メモ:

- 「工程能力」起動ウィンドウの「列の選択」リストには、「変換」メニューがありません。工程能力分析で変換列を使用するには、データテーブルの列見出しで右クリックし、「**計算式列の新規作成**」を選択し、変換列を作成します。計算式列の作成について詳しくは、『JMPの使用法』の「データの入力と編集」章を参照してください。
- 「工程能力」プラットフォームでは、仮想結合したデータテーブルの参照列は使用できません。

サブグループ化

サブグループ化のオプションによって、「Y, 工程変数」のリストにある各変数に、サブグループIDの列、または、サブグループを構成するための一定の標本サイズを割り当てることができます。

データテーブルの列によってサブグループを定義する

1. 「Y, 工程変数」のリストで、変数を選択します。
2. 「グループ分け方法」として「**サブグループ列**」を選択します。
3. 「列の選択」リストから、サブグループの列を選択します。
4. 「**サブグループ列からの枝分かれにする**」をクリックします。

「Y, 工程変数」リストの変数名の右に括弧で囲んだサブグループ列が表示されます。

一定のサブグループサイズを使ってサブグループを作成する

1. 「Y, 工程変数」のリストで、変数を選択します。
2. 「グループ分け方法」として「一定のサブグループサイズ」を選択します。
3. 「サブグループサイズを指定」にサブグループの標本サイズを入力します。
4. 「標本サイズによるサブグループ化」をクリックします。

「Y, 工程変数」リストの変数名の右に括弧で囲んだサブグループサイズ（サブグループの標本サイズ）が表示されます。

サブグループ列からの枝分かれにする サブグループ列を選択した場合に表示されます。「列の選択」リストで選択した列が、選択されている「Y, 工程変数」列のサブグループの定義に使用されます。

標本サイズによるサブグループ化 「一定のサブグループサイズ」を選択した場合に表示されます。「サブグループサイズを指定」のボックスで指定したサブグループの標本サイズを使って、選択されている「Y, 工程変数」列のサブグループが定義されます。

サブグループサイズを設定 「一定のサブグループサイズ」を選択した場合に表示されます。選択されている「Y, 工程変数」列に適用するサブグループの標本サイズを指定します。この値を適用するには、「標本サイズによるサブグループ化」をクリックします。

群内変動の統計量 （「サブグループ化」を使用している場合のみ表示されます。）標準偏差の群内推定値（群内シグマ）を、標準偏差と範囲のどちらを使って計算するか、指定します。

群間+群内シグマによる計算 （「サブグループ化」を使用している場合のみ表示されます。）工程能力分析におけるシグマの推定において、「群間+群内」による推定値が使われます。

履歴情報

このアウトラインでは、「Y, 工程変数」リスト内の変数に、過去のデータから求められた標準偏差の値を割り当てることができます。

1. 「Y, 工程変数」のリストで、変数を選択します。
2. 「履歴シグマの設定」のボックスに値を入力します。
3. シグマに指定した値を適用するには、「履歴シグマの使用」をクリックします。

指定した値が、「Y, 工程変数」リストの変数名の横に「& σ ()」という形式で表示されます。

メモ: 履歴シグマを設定すると、それ以前に割り当てていたサブグループの設定はキャンセルされ、削除されます。

分布オプション

特に指定しない限り、「Y, 工程変数」の変数はすべて正規分布に従うものと仮定して分析されます。「分布オプション」アウトラインを使うと、「Y, 工程変数」に他の確率分布や計算方法を割り当て、関連するオプションを指定することができます。

- 使用可能な分布は、正規分布・ベータ分布・指数分布・ガンマ分布・Johnson分布・対数正規分布・二重正規混合分布・三重正規混合分布・Weibull分布です。Johnson分布以外は、最尤法を使ってあてはめられます。「[Johnson分布の推定法](#)」(251ページ)を参照してください。
- [最良] オプションは、用意されているパラメトリックな確率分布のうち最もあてはまりの良いものを特定し、適用します。
- [ノンパラメトリック] オプションは、カーネル密度推定法によって分布をノンパラメトリックに推定します。

非正規分布に関連するその他のオプションについては、「[非正規分布のオプション](#)」(251ページ)を参照してください。

分布の指定

1. 「Y, 工程変数」のリストで、変数を選択します。
2. 「分布」のリストから確率分布を選択します。
3. その確率分布を選択された変数に適用するため、[工程分布の設定] をクリックします。

指定した確率分布が、「Y, 工程変数」リストの変数名の横に「&分布 ()」という形式で表示されます。

メモ: 正規分布以外の確率分布を選択した場合、サブグループ列や履歴シグマを割り当てることはできません。それらのオプションは、非正規分布を仮定した工程能力指数の計算ではサポートされていないためです。「[非正規分布の工程能力指数: パーセント点法とZ-スコア法](#)」(296ページ)を参照してください。

非正規分布のオプション

非正規の工程能力指数手法 非正規分布に基づく工程能力指数の計算に使用する手法を指定します。「[非正規分布の工程能力指数: パーセント点法とZ-スコア法](#)」(296ページ)を参照してください。

Johnson分布の推定法 Johnson分布を推定する方法を指定します。パラメータを推定する前に、Johnson分布族 (Johnson Su分布・Johnson Sb分布・Johnson Sl分布) のの中から最もあてはまりの良い確率分布が特定されます。その手順については、Slifker and Shapiro (1980) で解説されています。

分位点一致 デフォルトで使用される手法です。この手法は、最尤法よりも、計算時間が短く、推定が発散することも少ないです。Johnson分布族 (Johnson Su分布・Johnson Sb分布・Johnson Sl分布) のの中から最もあてはまりの良い確率分布を選択した後に、分位点一致法をパラメータが推定されます。Slifker and Shapiro (1980) を参照してください。

最尤 パラメータを、最尤法で推定します。

分布を比較する規準（「最良」分布を選択した場合に表示されます。）最良の分布を選択するための規準を指定します。ここで指定した選択規準の統計量は、「比較の詳細」レポートにおいて、確率分布の表示順を並び替えるのにもつかわれます。「[比較の規準で並べ替え](#)」（270 ページ）を参照してください。

その他の指定

By By 変数の水準ごとに個別のレポートが作成されます。複数の By 変数を割り当てた場合、それらの By 変数の水準の組み合わせごとに個別のレポートが作成されます。

α 水準の指定 信頼限界の有意水準を指定します。

仕様限界ダイアログの表示 仕様限界のない列をどのように扱うかを指定します。

メモ: 仕様限界を指定するには、データテーブルのすべての工程変数に対して「仕様限界」列プロパティを指定しておくか、もしくは、予め仕様限界を保存しておいたデータテーブルから読み込む（「[仕様限界のデータテーブル](#)」（253 ページ）を参照）のが便利です。仕様限界が指定されていない列がある場合は、起動ウィンドウで「OK」をクリックすると、対話式に仕様限界を指定する「仕様限界」ウィンドウが呼び出されます（ただし、起動ウィンドウで「表示しない(仕様限界がない列を除外する)」を選択した場合は除きます）。

仕様限界の入力

下側仕様限界（LSL; Lower Specification Limits）・上側仕様限界（USL; Upper Specification Limits）・目標値は、それぞれ、品質の下限・上限・狙い値を意味しています。

仕様限界を入力するには、次のような方法があります。

- 起動ウィンドウで列を選択した後、「仕様限界」ウィンドウで値を入力します。「[仕様限界](#)」ウィンドウ（253 ページ）を参照してください。
- 仕様限界が保存されたデータテーブルから仕様限界を読み込みます。「[仕様限界のデータテーブル](#)」（253 ページ）を参照してください。
- データテーブルの各工程列に「仕様限界」列プロパティとして仕様限界を設定します。「[仕様限界](#)」列プロパティ」（254 ページ）を参照してください。
- スクリプトにおいて仕様限界を指定し、スクリプトで工程能力分析を実行する。「[工程能力分析](#)」レポート」（255 ページ）を参照してください。

各工程列に対して、上側もしくは下側のいずれかの仕様限界だけを指定してもかまいません。上側仕様限界だけを指定した場合、箱ひげ図とゴールプロットの点は青色で表示されます。下側仕様限界だけを指定した場合、箱ひげ図とゴールプロットの点は赤色で表示されます。

「仕様限界」ウィンドウ

起動ウィンドウで [OK] をクリックすると、いずれかの列に仕様限界が含まれておらず、起動ウィンドウで [表示しない (仕様限界のない列を除外する)] を選択していない場合は、「仕様限界」ウィンドウが表示されます。「仕様限界」ウィンドウは、起動ウィンドウで [表示する] を選択した際にも表示されます。図11.7は、「Cities.jmp」サンプルデータテーブルの「仕様限界」ウィンドウです。直前に起動ウィンドウで、「オゾン」・「一酸化炭素」・「二酸化炭素」・「一酸化窒素」の各列を工程変数として指定しました。既知の仕様限界を入力して、[OK] をクリックすると「工程能力分析」レポートが表示されます。

図11.7 「Cities.jmp」の「仕様限界」ウィンドウ

工程	LSL	目標値	USL
オゾン	.	.	.
一酸化炭素	.	.	.
二酸化炭素	.	.	.
一酸化窒素	.	.	.

仕様限界のデータテーブル

「仕様限界」ウィンドウにて [データテーブルから仕様限界をロード] オプションを使って、データテーブルから仕様限界を読み込むこともできます。[データテーブルを選択] ボタンをクリックして、仕様限界を含んだデータテーブルを選択します。仕様限界が含まれた適切なデータテーブルを選択すると、仕様限界の値がウィンドウに読み込まれます。[OK] をクリックすると、「工程能力分析」レポートが表示されます。

仕様限界のデータテーブルには、縦長と横長の2つの形式があります。縦長形式のデータテーブルには、工程列の列名を含む列が1列と、仕様限界キーワードの列が複数あります。横長形式のデータテーブルには、工程列ごとに1つの列と、仕様限界キーワードの列が1列あります。どちらの形式も、[データテーブルから仕様限界をロード] オプションを使って読み込めます。

- 縦長形式のデータテーブルは、4つの列と、工程列と同数の行で構成されます。最初の列は、データタイプが文字列で、値は、「工程能力」プラットフォームで分析する列（工程列）の名前です。他の3列には、必ず「LSL」、「Target」、「USL」という列名をつけてください。これらの列名の前にアンダースコアを付けることもできます。

図11.8 縦長形式の仕様限界データテーブルの例

	工程	_LSL	_Target	_USL
1	オゾン	0.075	0.15	0.25
2	一酸化炭素	5	7	12
3	二酸化硫黄	0.01	0.04	0.09
4	一酸化窒素	0.01	0.025	0.04

- 横長形式のデータテーブルは、「工程能力」プラットフォームでの分析対象である列と同数の列に「_LimitsKey」という列を加えた構成で、1つの応答列に対して行を3行だけ用意してください。「_LimitsKey」列の各行には、必ず「_LSL」、「_Target」、「_USL」というキーワードを入力してください。

図11.9 横長形式の仕様限界データテーブルの例

	_LimitsKey	オゾン	一酸化炭素	二酸化硫黄	一酸化窒素
1	_LSL	0	5	0	0
2	_Target	0.05	10	0.03	0.025
3	_USL	0.1	20	0.08	0.6

最も簡単に限界値データテーブルを作成する方法は、「工程能力」プラットフォームで計算された結果を保存することです。「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューにある「仕様限界の保存」オプションを使えば、現在、使われている仕様限界値が自動的に保存されます。仕様限界を入力または読み込んだ後で、次の操作を実行できます。

- 仕様限界をデータテーブル内の列に保存するには、**「仕様限界を列プロパティとして保存」**を選択します。
- 仕様限界を新しい縦長形式のデータテーブルに保存するには、**「仕様限界を新しいテーブルに保存」**を選択します。非正規分布を1つ以上選択した場合は、その選択された確率分布の名前を含む**「Distribution」**という列も仕様限界データテーブルに追加されます。

詳細は、「[「工程能力」プラットフォームのオプション](#)」(262ページ)を参照してください。

「仕様限界」列プロパティ

データテーブルで分析対象とする列において「列プロパティ」>「仕様限界」を選択して、工程能力分析で用いる仕様限界を列プロパティとして保存しておくこともできます。この「仕様限界」列プロパティは、数値列だけに適用できます。

仕様限界が片側しかないものも指定できます。また、目標値がないものも指定できます。下側仕様限界・上側仕様限界・目標値のうち、該当するものを入力してください。

図11.10は、「Cities.jmp」サンプルデータの「オゾン」の「列プロパティ」ウィンドウの「仕様限界」セクションです。

図11.10 「列プロパティ」ウィンドウの「仕様限界」セクション

テーブル 'Cities' の 'オゾン'

列名

☐ ロック

データタイプ

尺度

表示形式 総桁数

☐ 桁区切り (,) を使用

列プロパティ

仕様限界

仕様限界を指定すると、【一変量の分布】プラットフォームで工程能力分析が実行される。下のボックスをクリックして値を入力。

下側仕様限界

上側仕様限界

☐ グラフ上に参照線を表示

OK

キャンセル

適用

ヘルプ

削除

ヒント: 仕様限界を列プロパティとして保存しておく、同じ仕様限界を用いて分析を繰り返すことができます。

「工程能力分析」レポート

「工程能力」プラットフォームは、デフォルトで次のようなレポートを作成します。

- ・「[ゴールプロット](#)」(256 ページ) (少なくとも 1 つの変数に対して正規分布があてはめられた場合。正規分布があてはめられた変数の点だけが表示されます)
- ・「[工程能力箱ひげ図](#)」(258 ページ) (少なくとも 1 つの変数に対して正規分布があてはめられた場合。正規分布があてはめられた変数の点だけが表示されます)
- ・「[工程能力指数プロット](#)」(260 ページ)

図11.2 (243 ページ) は、デフォルトの「工程能力分析」レポートの例です。

「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューを使うと、各列に対する詳細レポート・正規化箱ひげ図・要約レポートを追加できます。赤い三角ボタンのメニューには、仕様限界外となっている行をデータテーブルで選択するためのオプションや、要約データテーブルの作成、分析対象列の表示順序の変更、仕様限界の保存のためのオプションがあります。各オプションについては、「[「工程能力」プラットフォームのオプション](#)」(262 ページ) を参照してください。

レポートのデフォルトの設定は、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [工程能力] で変更できます。オプションによって作成されるレポートの外観を変更することもできます。それには、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] をクリックし、工程能力分析関連の項目を選択してください。

ゴールプロット

「ゴールプロット」は、変数ごとに、仕様限界で正規化した平均のシフトを X 軸上、仕様限界で正規化した標準偏差を Y 軸上に示したものです。各変数が仕様に従っているかどうかをすばやく確認したいときに便利です。デフォルトでは、ゴールプロットには、全体シグマを使って計算された各列の点だけが表示されます。点の上にカーソルを置くと、変数名と、その点を計算するのに使用されたシグマの手法が表示されます。ゴールプロットの座標の計算の詳細については、「[ゴールプロット](#)」(290 ページ) を参照してください。

メモ: 非正規分布をあてはめた工程変数は、ゴールプロットにはプロットされません。

ゴールプロットの点

「ゴールプロット」上の点は、行ではなく列に対応します。「ゴールプロット」の点を選択すると、データテーブル内の対応する列が選択されます。

「ゴールプロット」の点は、「ゴールプロットの要約テーブル」の行にもリンクされています。この「ゴールプロットの要約テーブル」では、各行が1つの工程列に対応しています。「ゴールプロット」上で点を選択して右クリックし、行の属性を適用することができます。この行の属性は、「ゴールプロットの要約テーブル」の行に適用されます。同様に、「ゴールプロットの要約テーブル」内で行の属性を適用すると、それが「ゴールプロット」に反映されます。この「ゴールプロットの要約テーブル」を表示するには、「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューにある「[ゴールプロットの要約テーブルを作成](#)」(273 ページ) を参照してください。

ヒント: 「ゴールプロット」上で点を非表示にした場合、その点を再び表示するには、「ゴールプロットの要約テーブル」の中で該当する行の属性を「非表示」から「表示」に変更する必要があります。

ゴールプロットの三角形

「ゴールプロット」の中央下部に、ゴールプロットの三角形が表示されます。プロットの下のスライダを使い、ゴールの三角形のサイズを調整することができます。

デフォルトでは、Ppk スライダの値が1に設定されています。これは、(目標値が LSL と USL の中間にあり、かつ、目標値を平均とした正規分布にデータが従っている場合に) 不適合率が約0.0027であることに相当します。ゴールを示す三角形は、編集ボックスに入力されている Ppk の値に該当します。Ppk の値を変更するには、スライダを動かすか、ボックスに新しい値を入力します。

JMP は、デフォルトでは Ppk の値でゴールプロットを作成します。この環境設定は、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [工程能力] で変更できます。また、[AIAG (Ppk) ラベル] 環境設定をオフにすると、ゴールプロットの下のスライダーに表示されているラベルを含め、すべてのラベルが「Ppk」から「Cpk」に変更されます。

ゴールプロットのオプション

「ゴールプロット」の赤い三角ボタンのメニューには、次のようなオプションがあります。

群内シグマの点を表示 群内シグマの推定値を使って計算した点の表示／非表示を切り替えます。

群内シグマ もしくは 群間+群内シグマの点を表示 （起動ウィンドウの少なくとも1つの工程で「群間+群内シグマによる計算」が選択されている場合のみ使用可能。）群内シグマの推定値、または指定されている場合は群間+群内シグマの推定値を使用して、計算された点の表示／非表示を切り替えます。

全体シグマの点を表示 全体シグマの推定値を使って計算した点の表示／非表示を切り替えます。

水準ごとに色を塗る Ppk の各水準を示す色の表示／非表示を切り替えます。図11.11を参照してください。
「水準ごとに色を塗る」を選択すると、プロットに色のついた領域が現れます。色のついた領域は、次のような意味を持ちます。以下の説明において、 p は「PpK」の下のボックスに入力されている値です。

- 赤色の領域は、 $Ppk < p$
- 黄色の領域は、 $p < Ppk < 2p$
- 緑色の領域は、 $2p < Ppk$

群内シグマの点にラベル 群内シグマの推定値を使って計算した点のラベルの表示／非表示を切り替えます。

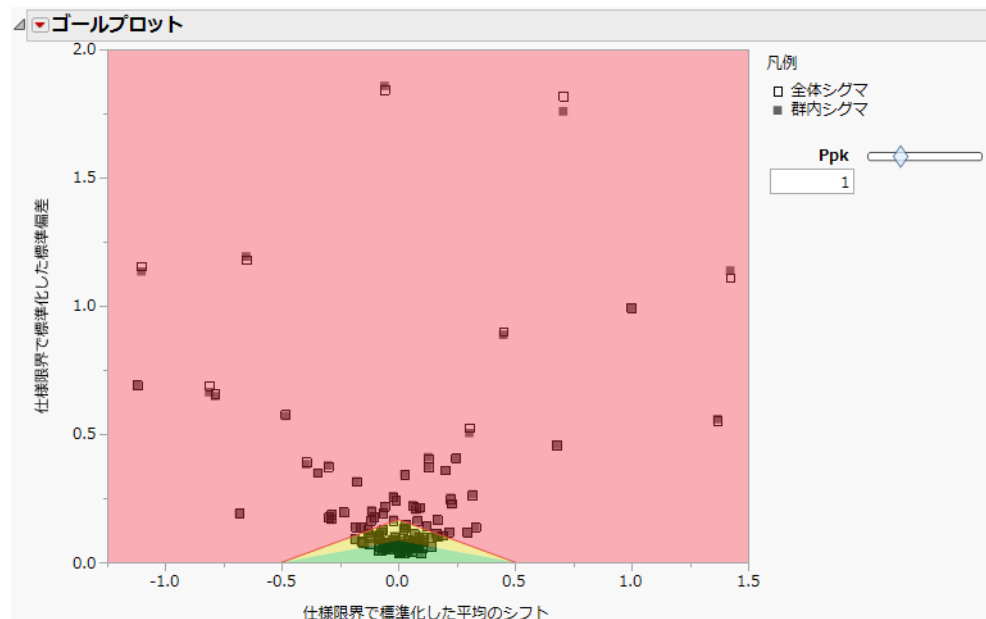
群内シグマ もしくは 群間+群内シグマの点にラベル （起動ウィンドウで、「群間+群内シグマによる計算」が少なくとも1工程で選択されている場合のみ使用可能。）群内シグマ推定値、または指定されている場合は、群間+群内シグマ推定値を使用して、計算される点のラベルの表示／非表示を切り替えます。

全体シグマの点にラベル 全体シグマの推定値を使って計算した点のラベルの表示／非表示を切り替えます。

不適合率の等高線 指定された不適合率を示す等高線の表示／非表示を切り替えます。

図11.11は、「Semiconductor Capability.jsp」サンプルデータに関する「ゴールプロット」で、「ゴールプロット」の赤い三角ボタンのメニューから「水準ごとに色を塗る」と「群内シグマの点を表示」を選択した結果を示しています。

図11.11 ゴールプロット



仕様限界が片側の場合、またはない場合

ある列に仕様限界が1つしかない場合、マーカーと色が次のように適用されます。

- 上側仕様限界 (USL) だけが指定されているときは、「ゴールプロット」上の点が、右側の尖った青色の三角形として表示されます。
- 下側仕様限界 (LSL) だけが指定されているときは、「ゴールプロット」上の点が、左側の尖った赤色の三角形として表示されます。
- 少なくとも1つの工程が、上側仕様限界だけを持つ場合は、ゴールの三角形の右半分が青色になります。
- 少なくとも1つの工程が、下側仕様限界だけを持つ場合は、ゴールの三角形の左半分が赤色になります。

上側仕様限界だけを持つ青色の工程は、ゴールの三角形の青色 (右側) の部分と比較します。下側仕様限界だけを持つ赤色の工程は、ゴールの三角形の赤色 (左側) の部分と比較します。点の座標がどのように計算されるかについては、「[ゴールプロット](#)」(290ページ) を参照してください。

工程能力箱ひげ図

「工程能力箱ひげ図」は、分析対象の各変数についての箱ひげ図です。各列の値は、その目標値で中心化され、仕様限界の範囲で尺度化されます。目標値が仕様限界の真中ではない場合、値は、目標値と仕様限界との差のうち小さいほうを2倍したもので尺度化されます。つまり、工程列 Y_j に対して次のように計算されます (表記については「[ゴールプロットと工程能力箱ひげ図の表記法](#)」(290ページ) を参照)。

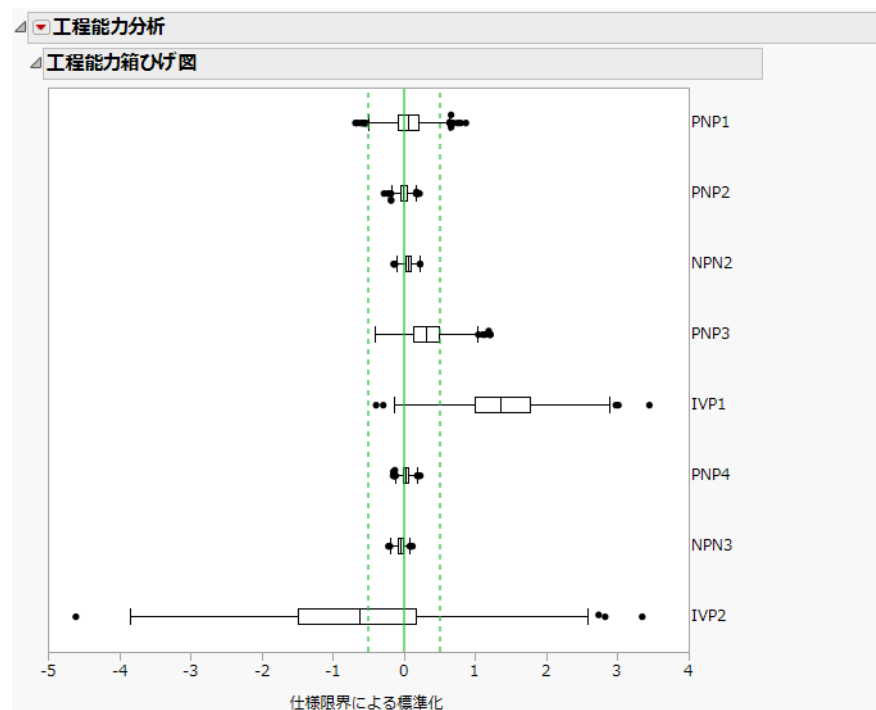
$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - T_j}{2 \times \min(T_j - LSL_j, USL_j - T_j)}$$

仕様限界が片側しか指定されていない工程の場合は、「仕様限界が片側の場合、またはない場合」(258ページ)を参照してください。目標値がない工程の場合は、「目標値がない工程の工程能力箱ひげ図」(292ページ)を参照してください。

メモ: 非正規分布をあてはめた工程変数は、工程能力箱ひげ図には表示されません。

図11.11は、「Semiconductor Capability.jmp」サンプルデータの8つの変数に対する「工程能力箱ひげ図」レポートです。

図11.12 工程能力箱ひげ図



工程能力箱ひげ図を見ると、±0.5の位置に緑色の点線が表示されています。

- 工程の目標値が仕様限界の真ん中にある場合、緑色の点線は、標準化した仕様限界を表します。
- 工程の目標値が仕様限界の真ん中ではない場合、緑色の点線のいずれかが、目標値に近い方の仕様限界を標準化したものを表します。もう一方の点線は、逆方向に同じ距離を取った位置にあります。

このプロットでは、各変数とその仕様限界と比較することができます。たとえば、図11.12の「IVP1」では、点の大部分が上側仕様限界を超えていますが、「IVP2」を見ると、大部分が目標値を下回っています。「PNP2」は、すべての点が仕様限界内に収まっていることから、目標に達していると考えられます。

仕様限界が片側の場合、またはない場合

ある列に仕様限界が1つしかない場合、次のように色が適用されます。

- 上側仕様限界（USL）しか指定されていない列は青色で、
- 下側仕様限界（LSL）しか指定されていない列は赤色で、箱ひげ図が描かれます。
- 少なくとも1つの工程が上側仕様限界だけを持つ場合、0.5の位置に青色の点線が表示されます。
- 少なくとも1つの工程が下側仕様限界だけを持つ場合、-0.5の位置に赤色の点線が表示されます。

ある工程に、下側仕様限界と目標値だけが指定されているとしましょう。工程能力箱ひげ図は、次のように変換したデータ値から作成されます。表記については「[ゴールプロットと工程能力箱ひげ図の表記法](#)」（290ページ）を参照してください。

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - T_j}{2(T_j - LSL_j)}$$

ある工程に、上側仕様限界と目標値だけが指定されているとしましょう。工程能力箱ひげ図は、次のように変換したデータ値から作成されます。

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - T_j}{2(USL_j - T_j)}$$

仕様限界が片側しかなく、目標値がない工程の扱いについては、「[片側の仕様限界があり、目標値がない場合](#)」（292ページ）を参照してください。

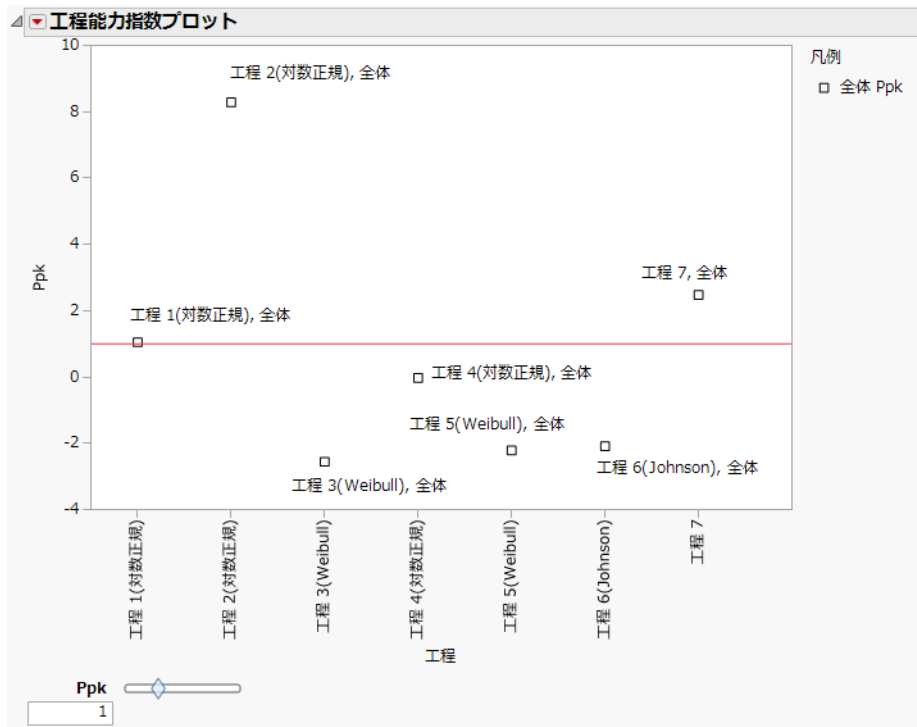
工程能力指数プロット

工程能力指数プロットには、「Y, 工程変数」として入力したすべての変数のPpk値が表示されます。

- 変数名は横軸に表示されます。非正規分布をあてはめた場合、その分布名が、変数名の後ろに括弧で囲んで表示されます。
- 縦軸は、Ppk値を示します。
- プロットの下にあるスライダでPpk値を指定すると、その位置に水平の線が表示されます。

図11.13は、「Process Measurements.jmp」サンプルデータの「工程能力指数プロット」レポートです。変数のうち7つが非正規分布であてはめられています。「**工程 7**」は、正規分布であてはめられています。「工程能力指数プロット」の赤い三角ボタンのメニューにある「全体シグマの点にラベル」オプションを使い、点にラベルを付けています。

図 11.13 非正規分布を使った工程能力指数プロット



工程能力指数プロットのオプション

「工程能力指数プロット」の赤い三角ボタンのメニューには、次のようなオプションがあります。

群内シグマの点を表示 群内シグマの推定値を使って計算した点の表示／非表示を切り替えます。

群内シグマ もしくは 群間+群内シグマの点を表示 （起動ウィンドウの少なくとも1つの工程で「群間+群内シグマによる計算」が選択されている場合のみ使用可能。）群内シグマの推定値、または指定されている場合は群間+群内シグマの推定値を使用して、計算された点の表示／非表示を切り替えます。

全体シグマの点を表示 全体シグマの推定値を使って計算した点の表示／非表示を切り替えます。

水準ごとに色を塗る Ppkの各水準を示す色の表示／非表示を切り替えます。[水準ごとに色を塗る]を選択すると、プロットに色のついた領域が現れます。色のついた領域は、次のような意味を持ちます。以下の説明において、 p は「PpK」の下のボックスに入力されている値です。

- 赤色の領域は、 $Ppk < p$
- 黄色の領域は、 $p < Ppk < 2p$
- 緑色の領域は、 $2p < Ppk$

群内シグマの点にラベル 群内シグマの推定値を使って計算した点のラベルの表示／非表示を切り替えます。

群内シグマ もしくは 群間+群内シグマの点にラベル（起動ウィンドウで、「群間+群内シグマによる計算」が少なくとも1工程で選択されている場合のみ使用可能。）群内シグマ推定値、または指定されている場合は、群間+群内シグマ推定値を使用して、計算される点のラベルの表示／非表示を切り替えます。

全体シグマの点にラベル 全体シグマの推定値を使って計算した点のラベルの表示／非表示を切り替えます。

「工程能力」プラットフォームのオプション

「工程能力分析」の赤い三角ボタンをクリックすると、次のようなオプションが表示されます。

各列に対する詳細レポート 分析対象の変数ごとに対する詳細レポートの表示／非表示を切り替えます。詳細については、「[各列に対する詳細レポート](#)」（264ページ）を参照してください。

ゴールプロット ゴールプロットの表示／非表示を切り替えます。「ゴールプロット」は、変数ごとに、仕様限界で正規化した平均のシフトをX軸上、仕様限界で正規化した標準偏差をY軸上に示したものです。詳細については、「[ゴールプロット](#)」（256ページ）を参照してください。（正規分布を指定した変数のみがプロットに表示されます。）

工程能力箱ひげ図 各工程変数に対する工程能力箱ひげ図の表示／非表示を切り替えます。各列の値は、その目標値で中心化され、目標値と仕様限界の差の小さいほうのものを倍にした値で尺度化されます。詳細については、「[工程能力箱ひげ図](#)」（258ページ）を参照してください。（この工程能力箱ひげ図は、正規分布を指定した変数に対してのみ作成されます。）

正規化箱ひげ図 各工程変数の正規化した箱ひげ図を表示するオプションが2つ用意されています。各列は、平均を引き、その列の標準偏差の推定値で割ることで標準化されます。箱ひげ図の作成には、標準化したデータの分位点が使われます。詳細については、「[正規化箱ひげ図](#)」（270ページ）を参照してください。（正規化箱ひげ図は、正規分布を指定した変数に対してのみ作成されます。）

群内シグマの正規化箱ひげ図 「群内シグマの正規化箱ひげ図」というプロットの表示／非表示を切り替えます。標準偏差の群内推定値を使って箱ひげ図が作成されます。

群内シグマ もしくは 群間+群内シグマの正規化箱ひげ図（起動ウィンドウで、「群間+群内シグマによる計算」が少なくとも1工程で選択されている場合のみ使用可能。）群内シグマ推定値、または群間+群内シグマ推定値と呼ばれるプロットが表示するラベルの表示／非表示を切り替えます。箱ひげ図は、標準偏差の群内推定値、または指定されている場合は群間+群内推定値を使用して作成されます。

全体シグマの正規化箱ひげ図 「全体シグマの正規化箱ひげ図」というプロットの表示／非表示を切り替えます。標準偏差の全体推定値を使って箱ひげ図が作成されます。

工程能力指数プロット 「Y, 工程変数」として入力したすべての変数の全体Ppk値が表示されます。「[工程能力指数プロット](#)」（260ページ）を参照してください。

工程性能プロット Y軸に工程能力指数を、X軸に安定比をプロットした、の4象限グラフの表示／非表示を切り替えます。少なくとも1つの仕様限界が指定されている工程が、点でプロットされます。「[工程性能プロット](#)」（271ページ）を参照してください。

要約レポート 工程能力指数の要約レポートを表示するオプションが2つ用意されています。「[要約レポート](#)」(272ページ)を参照してください。

群内シグマの要約レポート 標準偏差の群内推定値を使って計算した工程能力指数の要約レポートの表示／非表示を切り替えます。(正規分布を指定した変数のみが対象となります。)

群内シグマ もしくは 群間+群内シグマの工程能力要約レポート (起動ウィンドウで、群間+群内シグマによる計算が少なくとも1工程で選択されている場合のみ使用可能。) 標準偏差のグループ内推定値、または指定されている場合、群間+群内推定値を使って計算した工程能力指数の要約レポートを表示または非表示にします。

全体シグマの要約レポート 標準偏差の全体推定値を使って計算した工程能力指数の要約レポートの表示／非表示を切り替えます。

アクションのオプション

赤い三角ボタンには、データを選択したり、表示順序を変更したりするオプションもあります。

仕様限界外の値 データテーブルで仕様限界外となっているセルについて、次のような処理を行います。

仕様限界外の値を選択 データテーブルの中で、仕様限界内に収まらない値が少なくとも1つある行と列を選択します。

仕様限界外の値に色を付ける データテーブルの中で、仕様限界の外にある値に対応するセルに色を付けます。値がUSLより上の場合は青で、LSLより下の場合は赤で色付けられます。

ヒント:一部のセルの色を削除するには、まず該当するセルをすべて選択します。そして、いずれかのセルを右クリックし、「色のクリア」を選択します。すべてのセルの色を削除するには、「仕様限界外の値に色を付ける」の選択を解除します。

ゴールプロットの要約テーブルを作成 ゴールプロットにプロットされた点に関する要約テーブルを作成します。このデータテーブルには、変数の名前、仕様限界で正規化した平均のシフト、および仕様限界で正規化した標準偏差が含まれます。テーブルには、1つの変数につき、群内シグマと全体シグマに対応する2つの行があります。詳細については、「[ゴールプロットの要約テーブルを作成](#)」(273ページ)を参照してください。

表示順序 箱ひげ図・要約レポート・詳細レポートにおいて、列の表示順序を変更します。次の方法で並べ替えることができます：[最初の表示順序]・[最初の表示順序の逆順]・[群内シグマCpkの昇順]・[群内シグマ もしくは 群間+群内シグマの昇順]・[群内シグマCpkの降順]・[群内シグマ もしくは 群間+群内シグマの降順]・[全体シグマPpkの昇順]・[全体シグマPpkの降順]。群内シグマを使って表示順序を決めるオプションは、正規分布が指定されている変数だけに適用されます。

メモ:「群内シグマ もしくは 群間+群内シグマ」の並べ替えオプションが使用できるのは、起動ウィンドウで少なくとも1つの工程に対して「群間+群内シグマによる計算」が選択されているときだけです。

仕様限界の保存 赤い三角ボタンには、仕様限界を保存するためのオプションも用意されています。

仕様限界を列プロパティとして保存 仕様限界を、分析における各変数の列プロパティに保存します。「仕様限界」列プロパティがない場合は作成されます。「仕様限界」列プロパティがある場合は、値が書き込まれます。詳細については、「[「仕様限界」列プロパティ](#)」(254ページ)を参照してください。

仕様限界を新しいテーブルに保存 仕様限界を縦長形式でデータテーブルに保存します。詳細については、「[仕様限界のデータテーブル](#)」(253ページ)を参照してください。

列のプロパティとして分布を保存 工程能力の計算に使用した分布を、「工程能力分布」列プロパティとして保存します。『JMPの使用法』の「列情報ウィンドウ」章を参照してください。

列に、「工程能力分布」プロパティがなくても、非正規分布を指定した「分布」プロパティがある場合には、「工程能力」プラットフォームはその非正規分布をあてはめます。ただし、その非正規分布が「工程能力」プラットフォームでサポートされていない場合は、Johnson分布をあてはめます。列に「工程能力分布」列プロパティがある場合、「工程能力」プラットフォームは、その列プロパティで指定されている確率分布を使用します。

メモ:「工程能力」プラットフォームだけで特定の確率分布を指定したいときは、その分布を「工程能力分布」列プロパティに保存してください。

ダイアログの再起動 プラットフォームの起動ウィンドウを開きます。その起動ダイアログでは、レポートの作成に使用された設定が指定されています。

以下のオプションについて詳しくは、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

ローカルデータフィルタ 現在のレポートにおいて、データをフィルタリングするローカルデータフィルタの表示／非表示を切り替えます。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションに対応しているプラットフォームにおいては、[自動再計算] オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

By グループのスクリプトを保存 By 変数の全水準に対するレポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。起動ウィンドウでBy 変数を指定した場合のみ使用可能です。

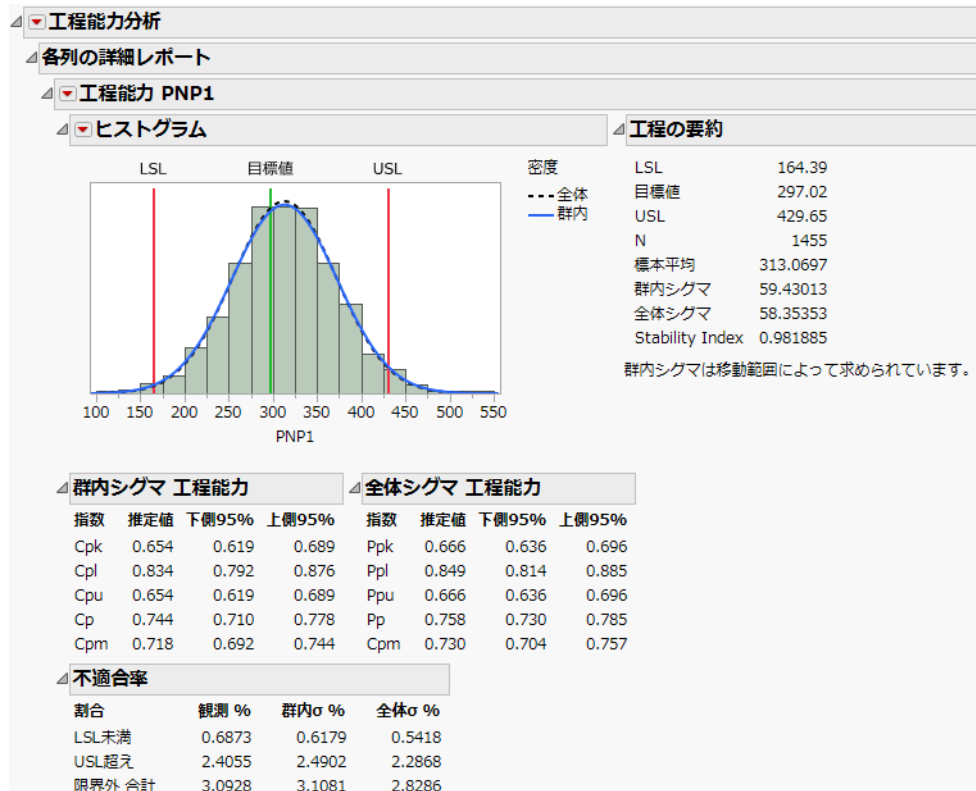
各列に対する詳細レポート

[各列に対する詳細レポート] オプションを選択すると、分析対象の変数ごとに、工程能力に関するレポートが作成されます。

正規分布の場合に対する詳細レポート

図11.14は、「[正規分布に従うデータの分析例](#)」(243ページ)で説明している「Semiconductor Capability.jmp」サンプルデータの「PNP1」列に対する詳細レポートです。

図11.14 各列に対する詳細レポート



正規分布に従う変数の「各列に対する詳細レポート」には、ヒストグラム、工程に関する要約の詳細、工程能力指数と不適合率の統計量が表示されます。ヒストグラムには、上側および下側の仕様限界、(指定されている場合は)工程の目標値、あてはめられた確率分布の密度曲線が表示されます。図11.14のヒストグラムに見られる2本の正規分布密度曲線のうち、一方は標準偏差の全体推定値、他方は標準偏差の群内推定値に基づいています。

工程に正規分布をあてはめた場合は、「工程の要約」に工程の安定性を示す「安定指数」が含まれます。安定指数は、次のように定義されます。

$$\text{「全体シグマ」} \div \text{「群内シグマ」}$$

起動ウィンドウで工程に「群間+群内シグマによる計算」が指定されている場合、その工程の安定指数は次のように定義されます。

$$\text{「全体シグマ」} \div \text{「群間+群内シグマ」}$$

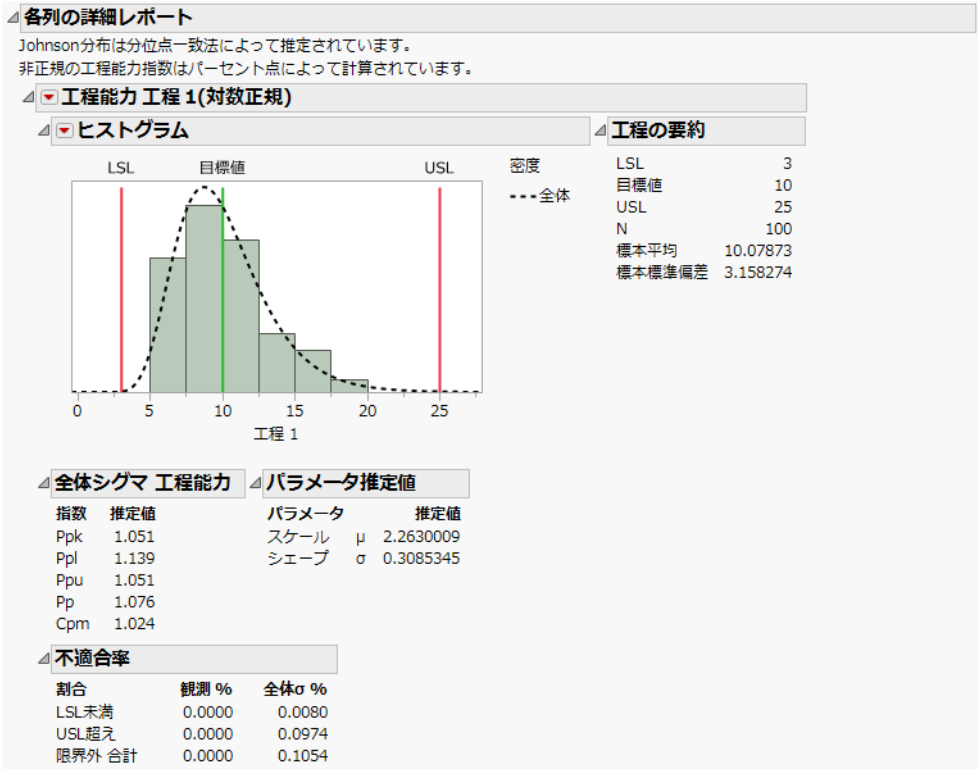
安定指数が1に近いと、工程が安定していることを示しています。安定指数が大きいほど、工程が安定していないことを示しています。

非正規分布

メモ：非正規分布をあてはめた工程に対しては、群内シグマに基づく工程能力指数、および安定指数は計算されません。

図11.15は、「非正規分布に従うデータの分析例」(244 ページ) で説明している「Process Measurements.jmp」 サンプルデータの「工程 1」列に対する詳細レポートです。

図11.15 「工程 1」の詳細レポート



レポートの冒頭には、起動ウィンドウで選択した非正規分布のオプションの要約がメモとして表示されます。

非正規分布に従う変数の「各列に対する詳細レポート」には、ヒストグラム、工程に関する要約の詳細、工程能力と不適合率の統計量が表示されます。ヒストグラムには、上側および下側の仕様限界、(指定されている場合は)工程の目標値が表示されます。また、あてはめた確率分布の密度曲線がヒストグラムに重ねて表示されます。ノンパラメトリックな分布を選択した場合、分布の密度曲線カーネル密度推定法で求められた密度です。

さらに、パラメトリックな非正規分布を選択した場合は「パラメータ推定値」、ノンパラメトリックな分布を選択した場合は「ノンパラメトリック密度」レポートが表示されます。「パラメータ推定値」(268 ページ) および「ノンパラメトリック密度」(268 ページ) を参照してください。

各列に対する詳細レポートのオプション

「各列に対する詳細レポート」の各変数のアウトラインには、「工程能力<変数名>」というタイトルが付きま
す。ただし、非正規分布を指定した場合は、その分布名もタイトルに追加されます。

それぞれの「工程能力」レポートに赤い三角ボタンのメニューがあり、次のようなオプションが用意されてい
ます。

分布の比較 工程の分布を比較するコントロールパネルを表示します。「[分布の比較](#)」(268 ページ) を参照し
てください。

工程の要約 各変数に関する要約統計量の表示／非表示を切り替えます。統計量としては、全体シグマの推定
値が表示され、正規分布を指定した場合は群内シグマの推定値と安定指数も表示されます。起動ウィンド
ウで少なくとも1つの工程に対して「群間+群内シグマによる計算」を指定した場合、「群間シグマ」と
「群間+群内シグマ」の推定値も含まれます。

ヒストグラム 各変数の分布を描いているヒストグラムの表示／非表示を切り替えます。「ヒストグラム」レ
ポートにある赤い三角ボタンのメニューには、ヒストグラムに重ねて描く要素を制御する次のようなオプ
ションが含まれます。

仕様限界の表示 ヒストグラム上で、工程の仕様限界を示す赤色の縦線を表示します。

目標値の表示 工程の目標値を示す緑色の縦線を表示します。

群内シグマ密度の表示 標本平均と群内シグマに基づく正規密度曲線を描きます。

群間+群内シグマ密度の表示 (起動ウィンドウで少なくとも1つの工程に「群間+群内シグマによる計
算」が選択されている場合のみ使用可能。) 標本平均と「群間+群内シグマ」に基づく正規密度曲線
を描きます。

全体シグマ密度の表示 標本平均と全体シグマに基づく正規密度曲線を描きます。

度数軸の表示 ヒストグラムの右側に、観測値の度数を示す軸を表示します。

密度軸の表示 ヒストグラムの右側に、密度を示す軸を表示します。

工程能力指数 次の工程能力指数レポートの表示を制御します。

群内シグマ 工程能力 (正規分布の場合に使用できます。) 群内シグマに基づく工程能力指数 (と信頼区
間) を表示します。

群間+群内シグマ 工程能力 (正規分布であり、起動ウィンドウで、「群間+群内シグマによる計算」が少
なくとも1工程で選択されている場合のみ使用可能。) 群間+群内シグマに基づく工程能力指数 (およ
び信頼区間) の表示／非表示を切り替えます。

群内シグマ Zベンチマーク (正規分布の場合に使用できます。) 群内シグマに基づく Zベンチマーク指数
(と信頼区間) を表示します。

群間+群内シグマ Zベンチマーク (正規分布であり、起動ウィンドウで「群間+群内シグマによる計算」
が少なくとも1工程で選択されている場合のみ使用可能。) 群間+群内シグマに基づく Zベンチマーク
インデックス (および信頼区間) の表示／非表示を切り替えます。

全体シグマ 工程能力 全体シグマに基づく工程能力指数（と信頼区間）を表示します。

全体シグマ Zベンチマーク（正規分布の場合に使用できます。）全体シグマに基づく Zベンチマーク指数（と信頼区間）を表示します。

不適合率 LSL 未満・USL 超え・仕様限界外となる割合の表示／非表示を切り替えます。この割合としては、観測値と予測値が計算されます。この「不適合率」表には、非表示の状態ですが、PPMと度数の列も含まれています（これらについても、観測値と予測値があります）。

パラメータ推定値（非正規分布で、かつ、ノンパラメトリック以外のものを選択した場合に使用できます。）選択した確率分布のパラメータの推定値をまとめた「パラメータ推定値」レポートを表示します。

Johnson 分布族を除くすべての分布で、最尤法を使った推定が行われます。Johnson 分布族のあてはめの詳細は、「[Johnson 分布の推定法](#)」（251 ページ）を参照してください。

正規分布・ベータ分布・指数分布・ガンマ分布・Johnson 分布・対数正規分布・Weibull 分布の各確率分布のパラメータと確率密度関数については、「[非正規分布の工程能力指数：パーセント点法と Z-スコア法](#)」（296 ページ）に説明があります。これらの確率分布のパラメータ表現は、「一変量の分布」プラットフォームで使用されているものと同じです。ただし、「工程能力」プラットフォームの確率分布は、閾値パラメータをサポートしていません。『基本的な統計分析』の「一変量の分布」章を参照してください。

ノンパラメトリック密度（分布として [ノンパラメトリック] を選択した場合に使用できます。）ノンパラメトリックな分布のあてはめに使用されるカーネルのバンド幅を調整するための「ノンパラメトリック密度スライダ」レポートを表示します。カーネルのバンド幅は、次の式で求められます。 n は標本サイズ（観測値の個数）、 S は n で割って求めた標本標準偏差です。

$$\text{bandwidth} = \frac{0.9S}{n^{1/5}}$$

分布の比較

「分布の比較」レポートでは、異なる確率分布を比較し、適用することができます。次の点を念頭に置いてください。

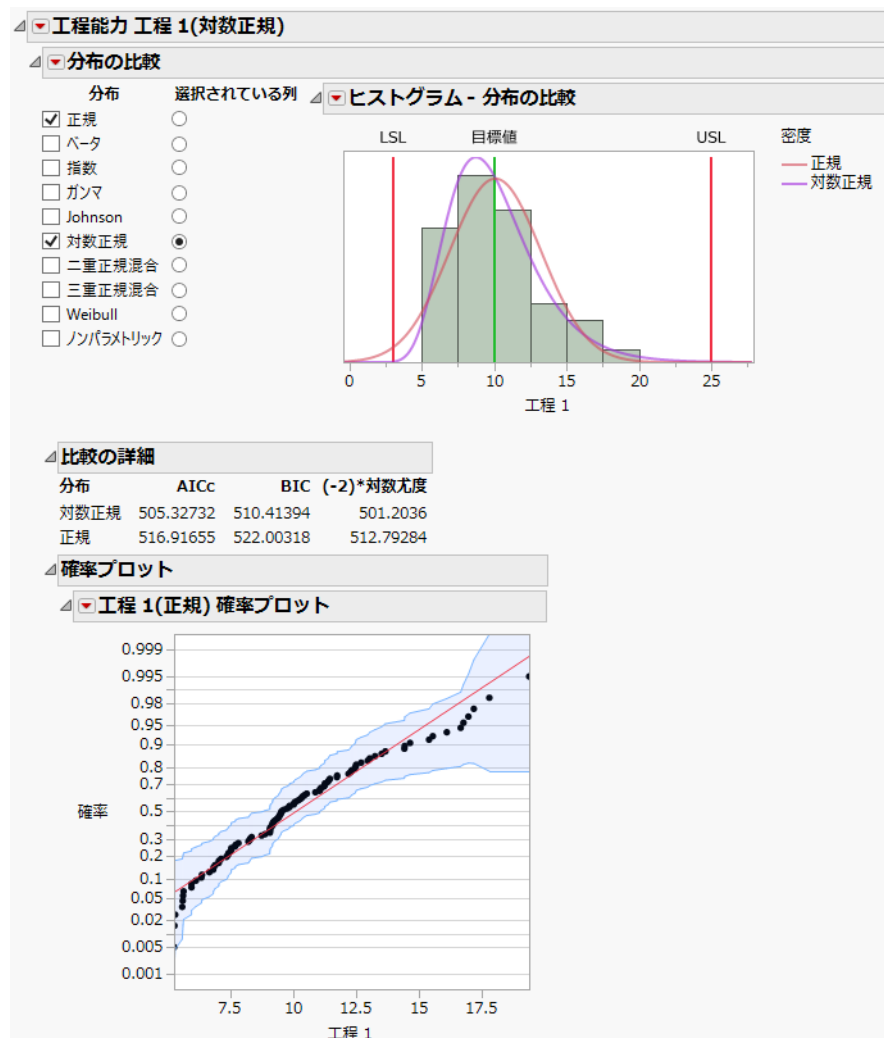
- 選択した確率分布は、「選択されている列」のラジオボタンがオンになっています。
- 最初の「比較の詳細」レポートには、すべてのあてはめた確率分布の適合度統計量が表示されます。[最良]の確率分布を選択した場合、「比較の詳細」レポートには、すべてのパラメトリックな確率分布の統計量が表示されます。
- 「分布」リストで比較したい確率分布にチェックマークを付けます。
 - 選択した各分布族で最もあてはまりの良い確率分布に対し、確率密度関数が計算され、「ヒストグラム - 分布の比較」レポートのヒストグラムに重ねて表示されます。
 - パラメトリックな確率分布の場合、「比較の詳細」レポートにあてはめの結果を含む行が追加されます。
 - 「分布」リストで [ノンパラメトリック] を選択した場合、カーネルのバンド幅を調整するための「ノンパラメトリック密度スライダ」レポートが「分布の比較」レポートに追加されます。[「ノンパラメトリック密度」](#)（268 ページ）を参照してください。

- 別の確率分布を選択するには、「選択されている列」のラジオボタンを使います。新たに選択した確率分布の結果が計算され、「工程能力分析」レポートが更新されます。

図11.16は、「Process Measurements.jmp」サンプルデータの「**工程 1**」の「分布の比較」レポートです。対数正規分布が選択されており、正規分布と比較されています。「比較の詳細」レポートには、両確率分布の適合度統計量が表示されます。

確率プロットを表示するには、「分布の比較」の赤い三角ボタンのメニューから「確率プロット」を選択します。図11.16の正規分布の確率プロットを見ると、点が線に沿って並んでいません。これは、適合度が悪いことを示します。

図11.16 正規分布の確率プロットを表示した「分布の比較」



「分布の比較」のオプション

「分布の比較」の赤い三角ボタンのメニューには、次のようなオプションが用意されています。

比較の詳細 各確率分布の $AICc \cdot BIC \cdot (-2)^*$ 対数尤度の値が表示されます。『基本的な回帰モデル』の付録「統計的詳細」を参照してください。（ノンパラメトリックな確率分布では使用できません。）

比較ヒストグラム 「ヒストグラム」の表示／非表示が切り替わります。

確率プロット あてはめたパラメトリックな確率分布それぞれの確率プロットの表示／非表示が切り替わります。図11.16を参照してください。グラフの横軸は、観測されたデータ値です。グラフの縦軸の座標は、そのデータ値の順位に対応した、あてはめた確率分布の分位点です。正規分布の場合、全体シグマの推定値を使って正規分布が決められます。

各確率プロットに関連付けられている赤い三角ボタンのメニューには、次のようなオプションがあります。

同時経験的信頼限界 データが選択されたパラメトリックな確率分布に従うと仮定したとき、真の確率関数が含まれる同時信頼水準を95%とする同時経験的信頼限界の表示／非表示を切り替えます。この同時経験的信頼限界は、すべての点において等しい推定精度を持ちます。この信頼限界から、選択したパラメトリックな確率分布がデータによくあてはまっているかどうかを判断できます。Nair (1984) と Meeker and Escobar (1998) を参照してください。

同時経験的信頼限界の陰影 同時経験的信頼限界の領域に陰影を付けます。

あてはめの直線 あてはめた確率分布の分位点を示す直線を表示します。

あてはめの信頼限界の陰影 あてはめた確率分布の累積分布関数に対する信頼限界の領域に陰影を付けます。あてはめた確率分布の累積分布関数に対する信頼限界は、信頼水準が $1 - \alpha$ で、 α には起動ウィンドウで指定した値が使われます。（信頼限界に意味があり、その計算が可能である場合のみ使用可能。）

あてはめた確率分布の累積分布関数に対する信頼限界は、可能であれば、確率分布 F を位置-尺度分布族として扱って、つまり、 $F(y) = G(z)$ として扱って算出されます。ここで、 $z = (y - \mu)/\sigma$ です。そして、 z に対する標準誤差を、デルタ法によって計算します。その後、その標準誤差を使い、 z の信頼区間をWald法で計算します。累積分布関数 F に対する信頼限界は、そうして求められた z に対するWald法の信頼限界を G によって変換したものです。なお、場合によっては、端に近いところで適切な信頼限界を求めるには、特別な調整が必要なことがあります。

比較の規準で並べ替え 「比較の詳細」にある分布が、選択した規準で並べ替えられます。起動ウィンドウの「分布を比較する規準」パネルで別の規準を選択していない限り、デフォルトでは $AICc$ の順に並びます。

正規化箱ひげ図

[正規化箱ひげ図] オプションは、タイトルで指定されたシグマを使用して正規化された箱ひげ図の表示／非表示を切り替えます。正規化箱ひげ図を作成するにあたり、JMPは各列の値から平均を引いて標準偏差で割ることにより、正規化（標準化）します。そして、これらの正規化した分位点を元に、各列の箱ひげ図を作成します。

図11.17 群内シグマの正規化箱ひげ図

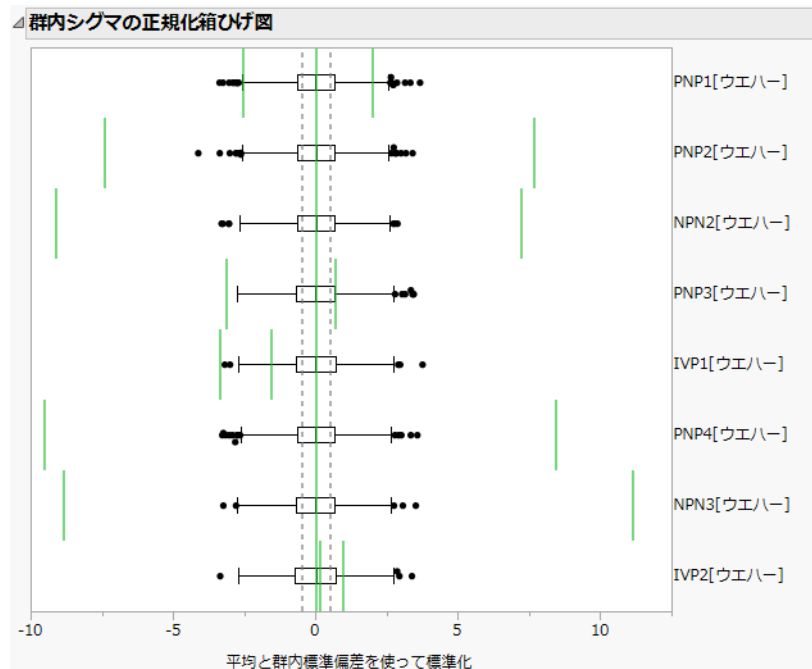


図11.17は、「Semiconductor Capability.jmp」サンプルデータで「ウェハー」をサブグループ変数とした場合の、いくつかの工程変数に対する群内シグマの正規化箱ひげ図です。

緑の縦線は、平均と各変数の標準偏差で正規化した、各変数の仕様限界を表しています。グレーの縦の点線は ± 0.5 の位置を示しています。すべてのデータは標準偏差1で正規化されているので、その幅は標準偏差に相当します。

工程性能プロット

「工程性能プロット」オプションは、X軸に安定指数を、Y軸に工程能力指数をプロットした第4象限グラフの表示／非表示を切り替えます。各工程が、点で表されています。各点のX座標は、工程の安定指数です。各点のY座標は、全体シグマから計算されたPpkです。プロットは、次のデフォルト境界線に従って、異なった色で塗られた4つの領域に分けられています。

- デフォルトでは、安定指数が1.5を超えていると、その工程は不安定とみなされます。
- デフォルトでは、Ppkが1.0より小さいと、その工程は仕様限界に適合していないとみなされます。

4象限を定義する境界は、プロットの下にある [Ppk] スライダーと [安定指数] スライダーを使用して調整することができます。目標とする工程能力と安定比の境界を、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [工程能力性能プロット] で環境設定することもできます。

凡例には、色を塗られた各領域に対する説明が記載されています。いずれかの工程で上側仕様限界または下側仕様限界を欠いている場合、これらの工程で使用するマーカーも凡例で説明されます。凡例にマーカーに対する説明がない場合は、プロットされているすべての工程に下側仕様限界と上側仕様限界があります。「仕様限界が片側の場合、またはない場合」(258ページ)を参照してください。

「工程性能プロット」の赤い三角ボタンをクリックすると、次のようなオプションが表示されます。

点にラベルを付ける 工程性能プロットの各点の表示／非表示を切り替えます。

図11.18 工程性能プロット

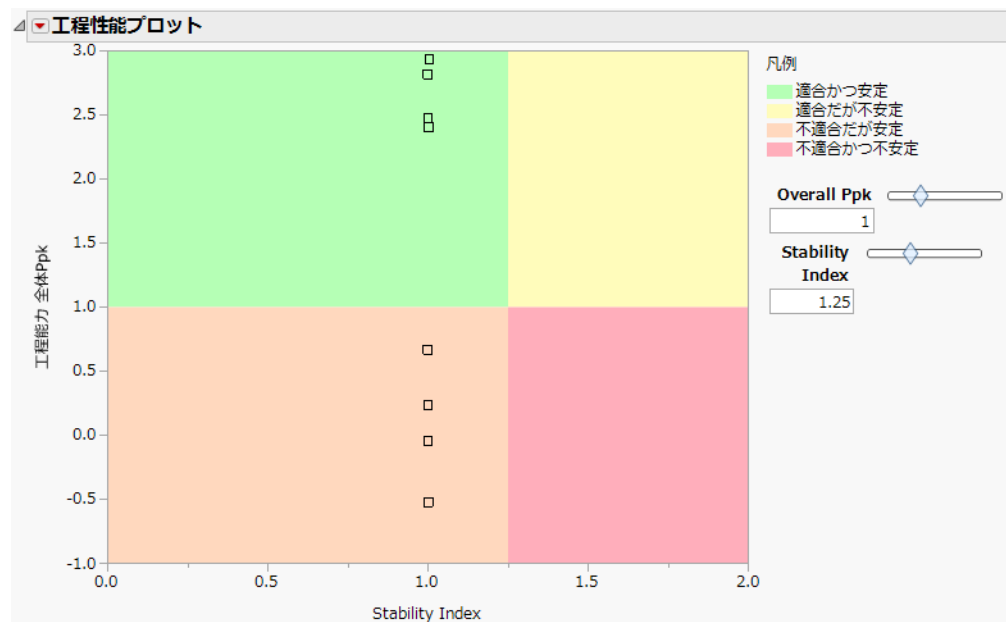


図11.18は、「Semiconductor Capability.jmp」サンプルデータで「ウェハー」をサブグループ変数とした場合の、いくつかの工程変数に対する工程性能プロットの正規化箱ひげ図です。

要約レポート

[要約レポート] オプションは、LSL・目標値・USL・標本平均・各種シグマ・安定指数・Cpk・Cpl・Cpu・Cp・Cpm・不適合率を含む表の表示／非表示を切り替えます。これらの統計量は、レポートのタイトルで示されているシグマ推定値を使用して計算されます。図11.19は、「正規分布に従うデータの分析例」(243ページ)で説明している両方の要約レポートの一部分です。このレポートには、次のような列をオプションで追加できます。

- Cpk・Cpl・Cpu・CP・Cpmの信頼区間
- 仕様限界外・LSL未満・USL超えの割合をPPM単位で表示したもの（予測値および観測値）

メモ: ここで「予測値」とは、選択された確率分布から求められた割合です。デフォルトでは、正規分布が確率分布として使われます。「観測値」は、観測されたデータにおける割合です。

- 標本標準偏差
- 標本サイズ (N) ・最小値 ・最大値

オプションの列を表示するには、レポート上で右クリックし、[列] サブメニューから列名を選択します。

全体シグマに基づくレポートには、群内シグマから計算された工程能力指数 ($Cpk \cdot Cpl \cdot Cpu \cdot Cp$) ではなく、全体シグマから計算された工程能力指数 ($Ppk \cdot Ppl \cdot Ppu \cdot Pp$) が表示されます。なお、全体シグマから計算された工程能力指数に対するラベル ($Ppk \cdot Ppl \cdot Ppu \cdot Pp$) は、環境設定における [AIAG (Ppk) ラベル] の設定によって変更できます。

図 11.19 群内シグマおよび全体シグマの工程能力要約レポート

工程能力分析											
群内シグマの工程能力要約レポート											
工程	LSL	目標値	USL	標本平均	群内シグマ	Stability Index	Cpk	Cpl	Cpu	Cp	Cpm
PNP1	164.39	297.02	429.65	313.0697	59.43013	0.981885	0.654	0.834	0.654	0.744	0.718
PNP2	-136.12	465.44	1067.01	456.6157	79.27036	1.007008	2.492	2.492	2.567	2.530	2.514
NPN2	96.59	113.75	130.9	115.7421	2.131652	0.98552	2.370	2.995	2.370	2.683	1.959
PNP3	118.68	130.29	141.9	137.6146	6.160912	0.983744	0.232	1.024	0.232	0.628	0.404
IVP1	59.62	63.41	67.2	73.78072	4.238298	0.990097	-0.518	1.114	-0.518	0.298	0.113
PNP4	-54.43	238.74	531.91	256.3756	33.22573	0.981389	2.764	3.118	2.764	2.941	2.598
NPN3	97.32	120.8	144.29	118.1352	2.362847	1.000809	2.936	2.936	3.690	3.313	2.198
IVP2	139.2	142.31	145.41	138.2432	7.406516	0.989286	-0.043	-0.043	0.323	0.140	0.122
全体シグマの工程能力要約レポート											
工程	LSL	目標値	USL	標本平均	全体シグマ	Stability Index	Ppk	Ppl	Ppu	Pp	Cpm
PNP1	164.39	297.02	429.65	313.0697	58.35353	0.981885	0.666	0.849	0.666	0.758	0.730
PNP2	-136.12	465.44	1067.01	456.6157	79.82589	1.007008	2.475	2.475	2.549	2.512	2.497
NPN2	96.59	113.75	130.9	115.7421	2.100786	0.98552	2.405	3.039	2.405	2.722	1.975
PNP3	118.68	130.29	141.9	137.6146	6.060762	0.983744	0.236	1.041	0.236	0.639	0.407
IVP1	59.62	63.41	67.2	73.78072	4.196326	0.990097	-0.523	1.125	-0.523	0.301	0.113
PNP4	-54.43	238.74	531.91	256.3756	32.60738	0.981389	2.817	3.177	2.817	2.997	2.636
NPN3	97.32	120.8	144.29	118.1352	2.364757	1.000809	2.934	2.934	3.687	3.310	2.197
IVP2	139.2	142.31	145.41	138.2432	7.327164	0.989286	-0.044	-0.044	0.326	0.141	0.123

ゴールプロットの要約テーブルを作成

[ゴールプロットの要約テーブルを作成] オプションは、ゴールプロットに関する要約統計量を含むデータテーブルを作成します。このデータテーブルには、各変数の名前、仕様限界で正規化した平均のシフト、仕様限界で正規化した標準偏差が保存されます。変数ごとに、それぞれのシグマの種類に対応する行が1つあります。

メモ: 変数が正規分布ではない分布であてはめられた場合、あてはめた確率分布の名前が括弧に囲まれた形で変数名に追加されます。仕様限界で正規化した平均のシフトと、仕様限界で正規化した標準偏差は、非正規分布の変数に対しては計算されません。

「ゴールプロット」上の点は、「ゴールプロットの要約テーブル」の行にリンクされています。「ゴールプロット」上のある点に行の属性を適用すれば、「ゴールプロットの要約テーブル」で該当する行の属性が変更されます。同様に、「ゴールプロットの要約テーブル」に適用した行の属性は、「ゴールプロット」に反映されます。

図11.20は、「正規分布に従うデータの分析例」(243ページ)で説明した「Semiconductor Capability.jmp」サンプルデータのゴールプロットの要約テーブルです。

図11.20 要約テーブル

	工程	シグマの種類	仕様限界で標準化した平均のシフト	仕様限界で標準化した標準偏差
1	PNP1	群内	0.0605056038	0.2240448185
2	PNP2	群内	-0.00733452	0.0658873257
3	NPN2	群内	0.0580798256	0.0621472935
4	PNP3	群内	0.3154424678	0.2653278331
5	IVP1	群内	1.3681693325	0.5591421926
6	PNP4	群内	0.0300774244	0.0566663241
7	NPN3	群内	-0.05674621	0.0503161575
8	IVP2	群内	-0.65593547	1.1945993146
9	PNP1	全体	0.0605056038	0.2199861461
10	PNP2	全体	-0.00733452	0.0663490674
11	NPN2	全体	0.0580798256	0.0612473972
12	PNP3	全体	0.3154424678	0.2610147096
13	IVP1	全体	1.3681693325	0.5536050447
14	PNP4	全体	0.0300774244	0.0556117297
15	NPN3	全体	-0.05674621	0.0503568396
16	IVP2	全体	-0.65593547	1.1818006873

「工程能力」プラットフォームの別例

- 「安定状態の工程における工程能力」
- 「安定状態でない工程の工程能力分析」
- 「非正規データのPpkに対する信頼限界のシミュレーション」

安定状態の工程における工程能力

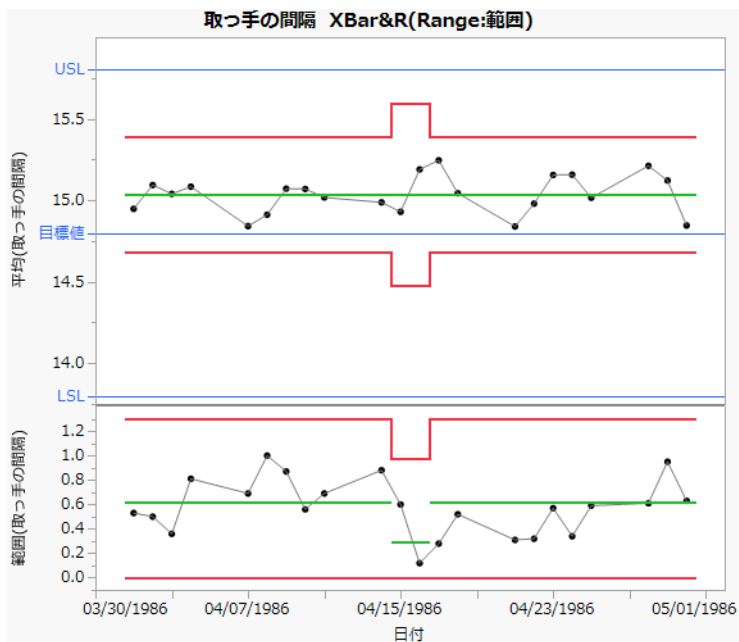
この例では、まず、不適合率を予測する前提が成立しているかどうかを確認します。そのために、まず、工程能力分析を管理図ビルダーから直接実行します。データは、サイズが5のサブグループ22群で構成されています。なお、2つの連続したサブグループに3個ずつ、合計6個の欠測値があります。

管理図ビルダーを介した工程能力分析

管理図ビルダーによって、工程の安定性と正規性をチェックすることができます。また、管理図ビルダーでも、工程能力分析を行えます。

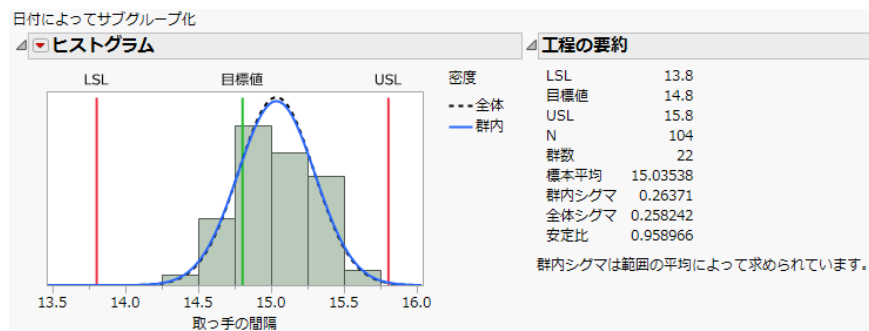
1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Clips2.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
3. 「日付」を「サブグループ」ゾーンにドラッグします。
4. 「取っ手の間隔」を「Y」ゾーンにドラッグします。

図11.21 取っ手の間隔のXBar管理図とR管理図



管理図から、「取っ手の間隔」が時間が経過しても安定していることがわかります。「取っ手の間隔」列に「仕様限界」列プロパティがあるので、「工程能力分析」レポートが管理図の右側に表示されます。

図11.22 「取っ手の間隔」の工程能力分析のヒストグラム



ヒストグラムとあてはめた青色の曲線から、「取っ手の間隔」の分布がほぼ正規分布に従うことがわかります。工程は安定していますが、「取っ手の間隔」の分布は仕様範囲の右側にシフトしています。

「工程の要約」レポートには、「仕様限界」列プロパティに保存されている仕様限界が表示されています。また、群内変動から計算されたシグマの推定値（群内シグマの推定値）が、標本の標準偏差から計算された全体の推定値（全体シグマの推定値）と大きく異なることも示されています。それにより、「安定指数」が1に近い値になっています（0.979268）。2乗した「安定比」では、0.958966です。この例の工程は安定しているため、安定指数が1に近くなることは期待される結果です。です。

5. 「不適合率」レポートの中を右クリックして、[列] サブメニューから「群内 σ PPM」を選択します。

図11.23 工程能力指数と「不適合率」レポート

群内シグマ 工程能力				全体シグマ 工程能力			
指数	推定値	下側95%	上側95%	指数	推定値	下側95%	上側95%
Cpk	0.966	0.805	1.128	Ppk	0.987	0.838	1.136
Cpl	1.562	1.314	1.808	Ppl	1.595	1.367	1.821
Cpu	0.966	0.805	1.127	Ppu	0.987	0.837	1.135
Cp	1.264	1.071	1.457	Pp	1.291	1.115	1.467
Cpm	0.943	0.828	1.058	Cpm	0.954	0.841	1.072

不適合率				
割合	観測 %	群内 σ %	全体 σ %	群内 σ PPM
LSL未満	0.0000	0.0001	0.0001	1.402263
USL超え	0.0000	0.1869	0.1534	1869.0329
限界外 合計	0.0000	0.1870	0.1535	1870.4352

サブグループの変動から計算されたCpkは0.966で、工程があまり優れていないことを示しています。Cplの値は優れたパフォーマンスを示していますが、これは工程が下側仕様限界からシフトして離れているからです。不適合の多くは、「取っ手の間隔」の値が大きいことに起因しています。

Cpkの信頼区間は広く、0.805～1.128であることに注目してください。104個の観測値があるにもかかわらず、信頼区間は広がっています。工程能力指数は比であるため、一般的に、推定のばらつきが非常に大きいです。工程能力指数の点推定値だけで解釈すると、間違った結論に至りやすいです。

「不適合率」レポートにおける仕様限界外となる割合の推定値は、工程の性能を知るための直接的な指標です。「不適合率」レポートにおけるPPMの値から、「取っ手の間隔」の値は下側仕様限界未満にはほとんどならないことがわかります（100万個につき1.4個）。一方、「取っ手の間隔」が上側仕様限界を超えるのは、100万個につき1869.0個です。

工程平均が目標値からずれている場合、 C_p の値は、工程平均が目標値に一致するように調整されたと仮定した場合の潜在的な工程能力を示します。この工程平均が目標値14.8に一致するように調整された場合、工程能力は1.264、信頼区間は1.071～1.457となります。

「工程能力」プラットフォーム

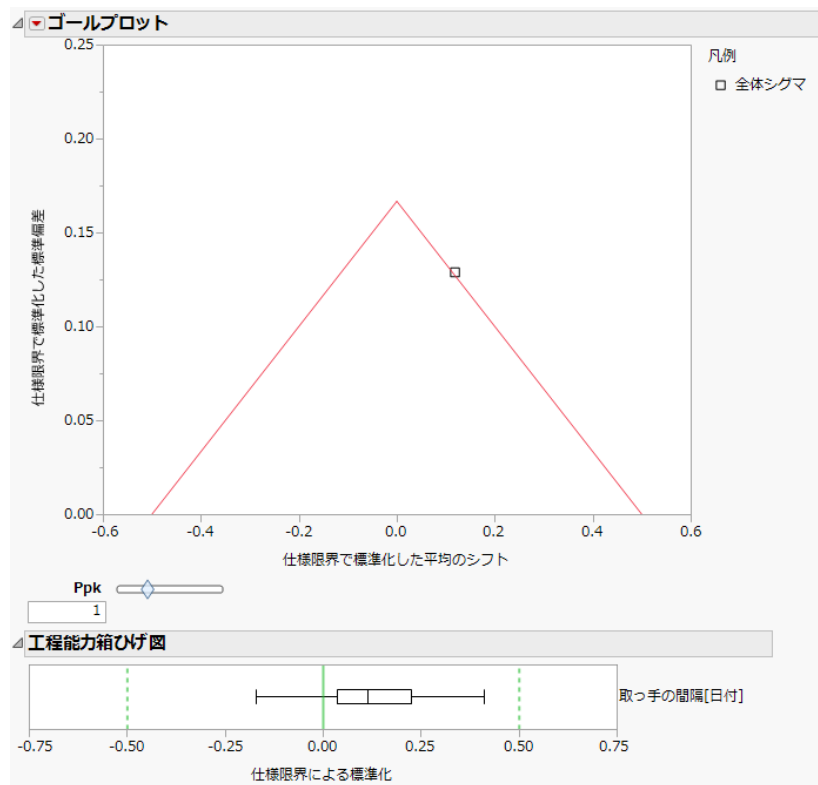
「取っ手の間隔」の安定性と正規性を確認したので、次に、「工程能力」プラットフォームによってその他の情報を見てみましょう。

1. [分析] > [品質と工程] > [工程能力] を選択します。
2. 「取っ手の間隔」を選択し、[Y, 工程変数] をクリックします。
3. 「サブグループ化」アウトラインを開きます。
4. 「列の選択」リストから[日付]を選択し、「役割」リストから[取っ手の間隔]を選択します。
5. [サブグループ列からの枝分かれにする] をクリックします。

デフォルトでは、「群内変動の統計量」は[不偏標準偏差の平均]に設定されています。管理図ビルダーの例（「[管理図ビルダーを介した工程能力分析](#)」（275ページ））では、群内範囲が使用されました。

6. [OK] をクリックします。

図11.24 「取っ手の間隔」のゴールプロットと箱ひげ図



ゴールプロットは、「取っ手の間隔」のPpkがほぼ1に等しいことを示しています。箱ひげ図は、ほとんどの値が仕様限界の範囲内にあることを示していますが、大部分のデータ値は仕様範囲内の右側にシフトしています。

7. 「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューから、「各列に対する詳細レポート」を選択します。

このレポートは、管理図ビルダーでも取得できるものです。ただし、先ほどの例の「群内シグマ」は、範囲の平均に基づいていましたが、今回の例では標準偏差の平均に基づいています。「[「取っ手の間隔」の工程能力分析のヒストグラム](#)」(276 ページ) および「[工程能力指数と「不適合率」レポート](#)」(276 ページ)を参照してください。

安定状態でない工程の工程能力分析

次の例は、工程が安定していないために全体変動が群内変動とは異なるケースです。この例では、サンプルデータフォルダ内の「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」サンプルデータを使っています（出典は、『ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis』）。対象とする工程変数は「重量」列で、「サンプル」列によってサブグループに分けられています。

「工程能力」プラットフォーム

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [工程能力] を選択します。
3. 「重量」を選択し、[Y, 工程変数] をクリックします。
4. 「サブグループ化」アウトラインを開きます。
5. 左側の「列の選択」リストで「サンプル」を選択します。
6. 「選択した列に役割を割り当てる」リストで「重量」を選択します。
7. [サブグループ列からの枝分かれにする] をクリックします。
8. [OK] をクリックします。
9. 「仕様限界」ウィンドウで、「LSL」に16、「目標値」に20、「USL」に24を入力します。
10. [OK] をクリックします。
11. 「ゴールプロット」の赤い三角ボタンのメニューから、「群内シグマの点を表示」を選択します。
12. 「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューから、「各列に対する詳細レポート」を選択します。

図11.25 「Coating.jmp」の「工程能力分析」レポート

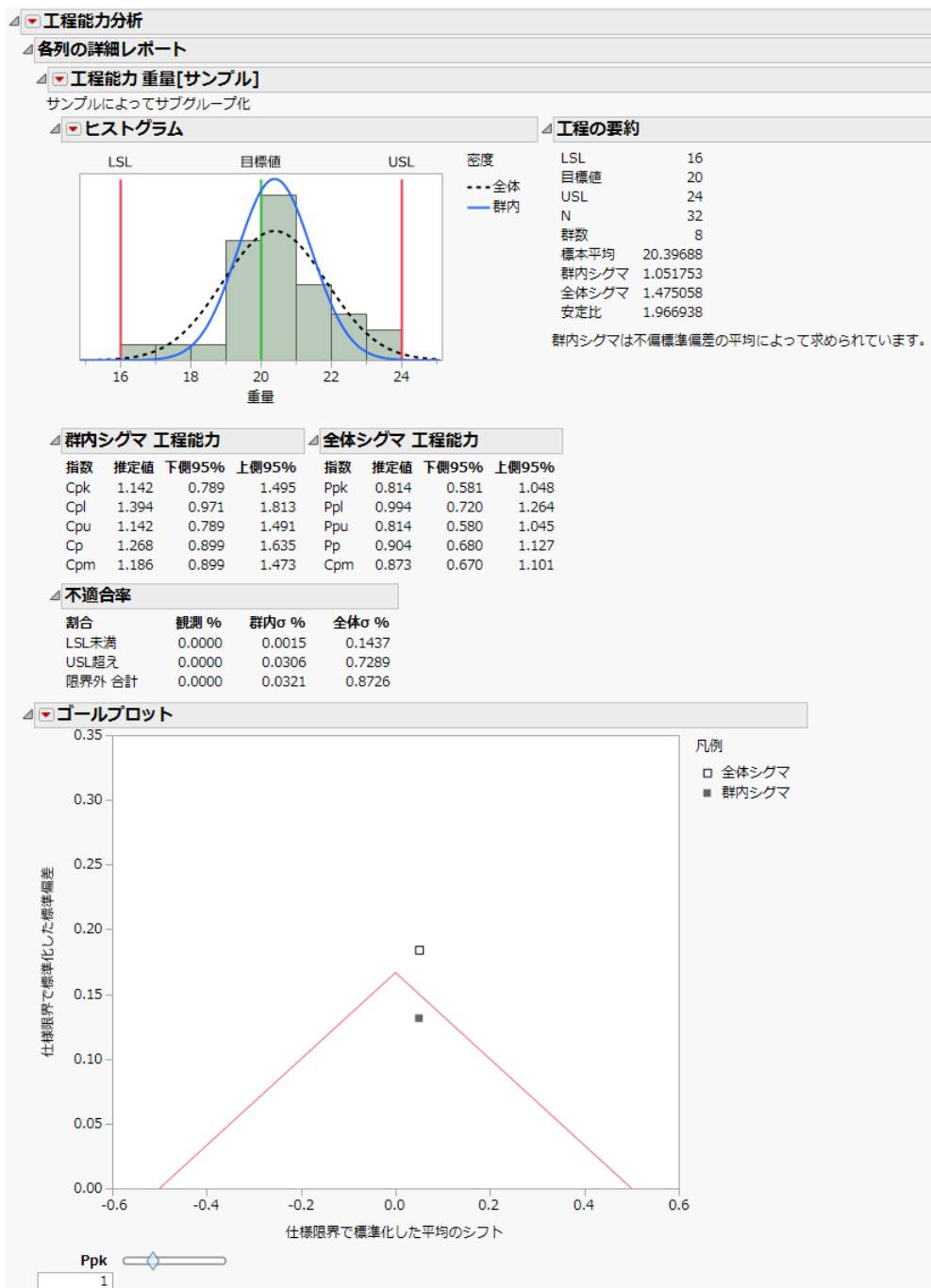


図11.25は、結果の「工程能力分析」レポートです。ゴールプロットには、2つの点が表示されています（これらの点のX座標は仕様限界に対して正規化した平均のシフトです。Y座標は仕様限界に対して正規化した標準偏差です）。「全体シグマ」というラベルが付いた点は、標本全体の標準偏差を使用して計算されています。「群内シグマ」というラベルが付いた点は、標準偏差の群内推定値を使用して計算されています。

全体シグマを使って計算された点は、 Ppk が1であることを示す三角形のゴールの外側にあります。これは、変数「重量」は不適合となることが多いことを示しています。

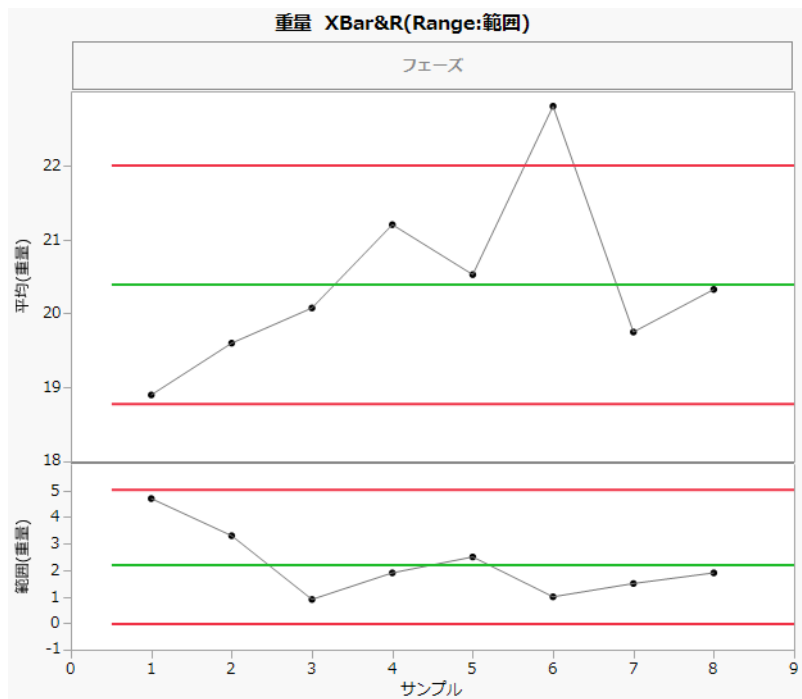
一方、群内シグマを使って計算された点はゴールプロットの中にあります。これは、工程が安定している状態であれば、「重量」変数は高い確率で仕様限界内に収まることを示しています。

安定性を評価するための管理図

管理図ビルダーを使って、「重量」の測定値が安定しているかどうかを調べてみましょう。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Coating.jmp」を開きます。
1. [分析] > [品質と工程] > [管理図ビルダー] を選択します。
2. 「サンプル」を「サブグループ」ゾーンにドラッグします。
3. 「重量」を「Y」ゾーンにドラッグします。

図11.26 「重量」のXBar管理図とR管理図



管理図から、「重量」の測定値が安定していないことがわかります。工程は、特殊原因によって影響を受けており、予測ができない状態になっています。そのため、この工程能力指数や不適合率の推定値にはかなり疑問が残ります。工程が予測できないため、全体シグマに基づく推定値さえも確かではありません。

図11.25のヒストグラムは、「重量」の分布を描いたものです。このヒストグラムには、両シグマの推定値に基づく正規分布曲線も描かれています。全体シグマに基づく正規曲線は、群内シグマのものよりも平らで幅が広がっています。このように全体シグマのほうが広がっているのは、全体シグマの推定値が、工程を不安定にさせる特殊原因によって大きくなっているからです。群内シグマの正規曲線は、工程を安定させることができたときの確率分布を表していると考えられます。

Cpkの推定値(1.142)をPpkの推定値(0.814)と比較してみましょう。PpkがCpkよりずっと小さくなっていますが、このことも工程が不安定だということのもう1つの証拠となります。Cpkのほうは、工程を安定させることができたときの工程能力指数を推定したものと考えられます。

メモ：[詳細レポートの非表示基準] 環境設定で、「各列の詳細レポート」をデフォルトで表示するかどうかを指定できます。この環境設定がオンの場合、工程変数の数が環境設定で指定された数以下であれば、「各列の詳細レポート」はデフォルトで表示されます。この環境設定は、[環境設定] > [プラットフォーム] > [工程能力分析] で変更できます。

非正規データのPpkに対する信頼限界のシミュレーション

この例では、まず「Tablet Measurements.jmp」にある、非正規分布に従う3つの変数に対し、工程能力分析を行います。その後、シミュレーション機能を使用して「純度」の不適合率に対する信頼限界を求めます。

非正規分布の工程能力分析

以下の手順を自分で実行しなくても、「Tablet Measurements.jmp」に保存されている「工程能力」テーブルスクリプトを実行すれば、同じ結果が得られます。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tablet Measurements.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [工程能力] を選択します。
3. 「重さ」・「厚さ」・「純度」を選択し、[Y, 工程変数] をクリックします。
4. 右側の「選択した列に役割を割り当てる」リストで「重さ」・「厚さ」・「純度」を選択します。
5. 「分布のオプション」アウトラインを開きます。
6. 「分布」リストから[最良]を選択します。
7. [工程分布の設定] をクリックします。

右側のリストにある列名に、「& 分布(最良)」という接尾辞が追加されます。

8. [OK] をクリックします。

「工程能力指数プロット」が作成され、 Ppk の値が表示されます。「厚さ」の変数だけが、 $Ppk = 1$ の線より上に位置しています。「純度」はほぼ線上にあります。測定値の個数は250で少なくないように思うかもしれませんが、 Ppk の推定値はばらつきが大きくなっています。「純度」 Ppk 値に対する信頼区間を計算して、そのことを確認してみましょう。

メモ: なお、どの変数にとっても正規分布が最良の分布ではなかったため、ゴールプロットは表示されていません。

9. 「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューから、[各列に対する詳細レポート] を選択します。

最良の分布は、次のとおりです。

- 「重さ」: 対数正規
- 「厚さ」: Johnson Sb (「工程能力 厚さ (Johnson)」というレポートタイトルの下のメモを参照)
- 「純度」: Weibull

シミュレーション列の作成

シミュレーション機能を使って Ppk の信頼限界を推定するには、あてはめたWeibull分布を反映したシミュレーション計算式を作成する必要があります。以下の手順を自分で実行しなくても、「シミュレーション列の追加」テーブルスクリプトを実行すれば、同じ結果が得られます。

1. 下にスクロールして「工程能力 純度 (Weibull)」レポートの「パラメータ推定値」レポートを見つけます。

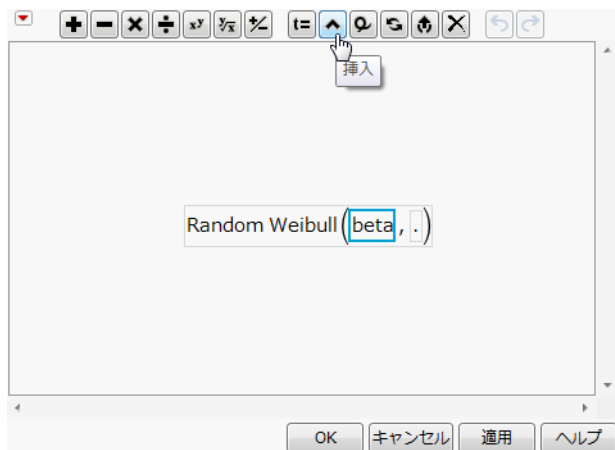
図11.27 「純度」のWeibullパラメータ推定値

パラメータ推定値		
パラメータ		推定値
スケール	α	99.918709
シェープ	β	1589.7168

これは、最良の分布であるWeibull分布のパラメータ推定値です。

2. 「Tablet Measurements.jmp」サンプルデータテーブルで、[列] > [列の新規作成] を選択します。
3. 「列名」として「Simulated Purity」を入力します。
4. 「列プロパティ」リストから [計算式] を選択します。
5. 計算式エディタで、[乱数] > [Random Weibull] を選択します。
6. 「beta」のプレースホルダーが選択されています。画面上部のアイコン一覧より、挿入アイコン (^) をクリックします。

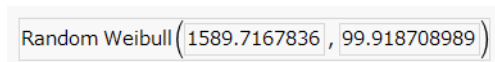
図11.28



これで、**alpha**パラメータのプレースホルダーが追加されます。

7. 「パラメータ推定値」レポートの任意の箇所ですクリックし、[データテーブルに出力] を選択します。
8. 作成されたデータテーブルの行2の「推定値」列の値をコピーします（1589.7167836）。
9. 計算式エディタウィンドウで、**Random Weibull** 計算式の「beta」のプレースホルダーを選択し、「1589.7167836」の値を貼り付けます。
10. 「パラメータ推定値」レポートから作成したデータテーブルで、行 1 の「推定値」列の値をコピーします（99.918708989）。
11. 計算式エディタウィンドウで、**Random Weibull** 計算式の「alpha」のプレースホルダーを選択し、「99.918708989」の値を貼り付けます。

図11.29 入力後の計算式ウィンドウ



12. 計算式エディタウィンドウで [OK] をクリックします。
 13. 「列の新規作成」ウィンドウで [OK] をクリックします。
- 「Simulated Purity」列には、最良の分布から値をシミュレーションする計算式が含まれています。

「純度」の Ppk の信頼区間と不適合率の期待値をシミュレートする

シミュレーション機能を使うと、分析全体が指定の回数だけ実行されます。必要な分析だけを実行し、計算の負担を減らせば、計算時間が短くなります。この例では、Weibull 分布があてはめられた「純度」だけに興味があるので、シミュレート機能を実行する前に、「純度」の分析だけを行います。

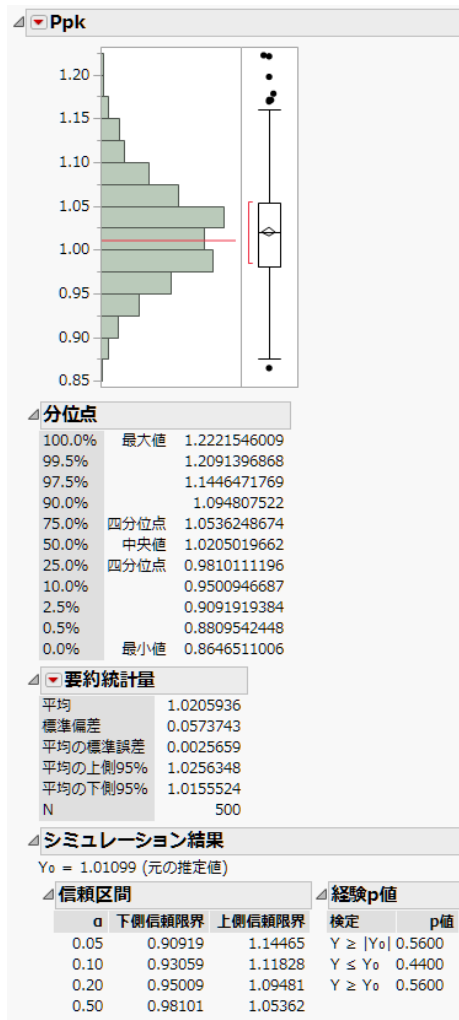
メモ: 計算時間を気にしなければ、以前のセクションで作成した同じレポートを使用して、手順7を開始します。

1. 「工程能力分析」レポートで、「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューから **【ダイアログの再起動】** を選択します。
2. (オプション)「工程能力分析」レポートを閉じます。
3. 起動ウィンドウの「**選択した列に役割を割り当てる**」リストで、「**重さ & 分布 (対数正規)**」と「**厚さ & 分布 (Johnson)**」を選択します。
4. **【削除】** をクリックします。
5. **【OK】** をクリックします。
6. 「工程能力分析」の赤い三角ボタンのメニューから、**【各列に対する詳細レポート】** を選択します。
Ppk と Ppl の両方の値が計算されていますが、値は同じです。なぜなら、「**純度**」には下側仕様限界しかないためです。
7. 「全体シグマ 工程能力」レポートで、「**推定値**」列を右クリックし、**【シミュレーション】** を選択します。
「**切り替え元の列**」リストで「**純度**」が選択されていることを確認します。「**切り替え先の列**」リストで「**Simulated Purity**」が選択されていることを確認します。
8. 「**標本数**」のボックスに「**500**」を入力します。

メモ: 次のステップは、必須ではありません。ただし実行すると、この例で紹介しているのとまったく同じシミュレーション値を得ることができます。

9. (オプション)「**乱数シード値**」のボックスに「**12345**」を入力します。
10. **【OK】** をクリックします。
計算には、多少時間がかかります。「工程能力 シミュレーション結果 (推定値)」というデータテーブルが開きます。このデータテーブルにある「**Ppk**」と「**Ppl**」の各列には、「**Simulated Purity**」の計算式に基づいて計算した500の値が含まれます。最初の行は、「**純度**」のデータに対して得られた元の値を含んでいます。この行の属性には除外が与えられています。「**純度**」は下側仕様限界しか持たないので、「**Ppk**」と「**Ppl**」の値は同じになります。
11. 「工程能力 シミュレーション結果 (推定値)」データテーブルで、「**一変量の分布**」スクリプトの緑色の三角ボタンをクリックします。

図11.30 シミュレーションで求めた「純度」のPpk値の分布



PpkとPplの2つの「一変量の分布」レポートが表示されます。ただし、「純度」は下側仕様限界しか持たないため、PpkとPplの値は同じです。そのため、「一変量の分布」レポートも内容は同じです。

「シミュレーションの結果」レポートを見ると、Ppkの95%信頼区間は0.909～1.145です。真のPpkの値は、1.0より大きい可能性は否定できません。つまり、「純度」に対する結果は、「[非正規分布の工程能力分析](#)」(281ページ)で作成した「工程能力指数プロット」のPpk=1の線より上に位置しているのかもしれない。

12. 「工程能力分析」レポートの「不適合率」レポートで、「全体 σ %」列を右クリックし、[シミュレーション] を選択します。

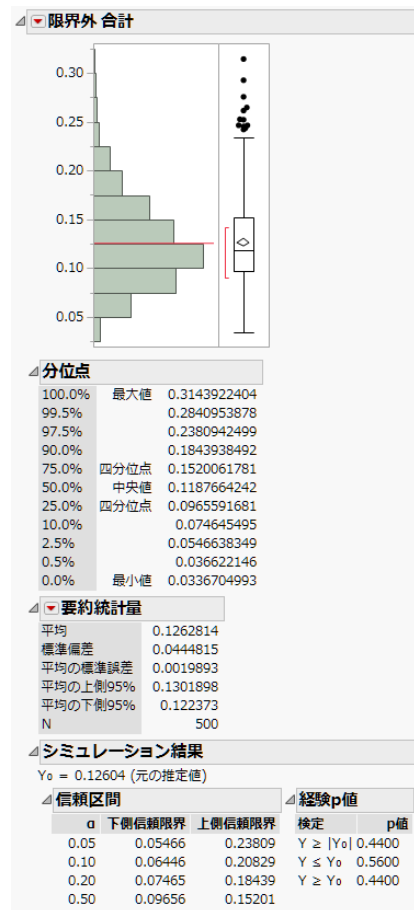
「切り替え元の列」リストで「純度」が選択されていることを確認します。「切り替え先の列」リストで「Simulated Purity」が選択されていることを確認します。

13. 「標本数」のボックスに「500」を入力します。
14. (オプション)「乱数シード値」のボックスに「12345」を入力します。
15. [OK] をクリックします。

計算には、多少時間がかかります。「工程能力 シミュレーション結果 (全体 σ %)」というデータテーブルが開きます。「純度」には下側仕様限界しかないため、「LSL未満」の値は「限界外 合計」と一致します。

16. 「工程能力 シミュレーション結果 (全体 σ %)」データテーブルで、「一変量の分布」スクリプトの緑色の三角ボタンをクリックします。

図11.31 「純度」の「限界外 合計」をシミュレーションした値の分布



ここでも、同一の「一変量の分布」レポートが2つ作成されます。「シミュレーションの結果」レポートを見ると、不適合の「全体 σ %」の95%信頼区間は0.055～0.238です。

「工程能力」プラットフォームの統計的詳細

- 「ばらつきに関する統計量」
- 「ゴールプロットと工程能力箱ひげ図の表記法」
- 「ゴールプロット」
- 「目標値がない工程の工程能力箱ひげ図」
- 「正規分布の工程能力指数」
- 「非正規分布の工程能力指数: パーセント点法とZ-スコア法」
- 「サポートされている確率分布」

ばらつきに関する統計量

工程の標準偏差を σ とします。「工程能力分析」プラットフォームでは、次の2種類の工程能力指数を計算できます。1種類目のPpk指数では、サブグループに左右されない方法で、データ全体を用いて σ を推定しています。このデータ全体を用いた推定値は、特殊原因と一般原因の両方のばらつきを含んでいる可能性があります。一方、2種類目のCpk指数では、一般原因によるばらつきだけを捉えようとした推定値に基づいています。このCpk指数は、群内だけの変動、もしくは、「群内+群間」の変動を用いて、 σ が推定されます。群内シグマは、工程が安定したときの標準偏差を予測しています。工程が安定していない場合、群内変動から推定されたシグマの推定値は、実際の σ とは著しく異なる場合があります。

全体シグマ

全体シグマはサブグループに左右されません。全体シグマでは、データ全体を使って、次式によって σ を推定します。

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$$

この式では、次のような表記を使用しています。

N = データ全体における欠測値以外の観測値の個数

y_i = i 番目の観測値

\bar{y} = データ全体における欠測値以外の観測値の平均

注意: 計算に用いた工程が安定している場合、「全体シグマ」はその工程の標準偏差を推定しています。しかし、工程が安定していない場合、工程の標準偏差はいくらになるかが分からず、全体シグマの推定値は疑わしいものになります。

群内変動に基づいたシグマの推定値

群内変動に基づいたシグマは、次の3方法のいずれかによって σ を推定します。

- 範囲の平均から群内シグマを推定する方法
- 標準偏差に対する不偏推定値の平均から群内シグマを推定する方法
- 移動範囲から群内シグマを推定する方法

起動ウィンドウでサブグループ列または一定のサブグループサイズを指定した場合、計算したい群内変動の統計量を指定できます。「[「工程能力」プラットフォームの起動](#)」(248ページ)を参照してください。サブグループ列、一定のサブグループサイズ、または履歴シグマを指定しなかった場合、JMPは、上記のうちの3つ目の手法(サイズ2のサブグループの移動範囲)を使用して群内シグマを推定します。

範囲の平均に基づいた群内シグマ

範囲の平均から推定される群内シグマは、 \bar{X} -R管理図で計算される標準偏差の推定値と同じです。

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{R_1}{d_2(n_1)} + \dots + \frac{R_N}{d_2(n_N)}}{N}$$

この式では、次のような表記を使用しています。

R_i = i 番目のサブグループの範囲

n_i = i 番目のサブグループの標本サイズ

$d_2(n_i)$ は、母標準偏差が1である n_i 個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の期待値

$N = n_i \geq 2$ であるサブグループの数

標準偏差に対する不偏推定値の平均に基づいた群内シグマ

標準偏差に対する不偏推定値の平均から推定される群内シグマは、 \bar{X} -S管理図で計算される標準偏差の推定値と同じです。

$$\hat{\sigma} = \frac{\frac{s_1}{c_4(n_1)} + \dots + \frac{s_N}{c_4(n_N)}}{N}$$

この式では、次のような表記を使用しています。

n_i = i 番目のサブグループの標本サイズ

$c_4(n_i)$ は、母標準偏差が1である n_i 個の独立した正規分布に従う確率変数の標準偏差の期待値

$N = n_i \geq 2$ であるサブグループの数

s_i は、 i 番目のサブグループの標本の標準偏差

移動範囲に基づいた群内シグマ

移動範囲から推定される群内シグマは、個々の測定値-移動範囲管理図（IR管理図）で計算される標準偏差の推定値と同じです。

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2(2)}$$

この式では、次のような表記を使用しています。

$\overline{MR} = (MR_2 + MR_3 + \dots + MR_N) / (N-1)$ で算出した非欠測値の移動範囲の平均（ $MR_i = |y_i - y_{i-1}|$ ）
 $d_2(2)$ は、母標準偏差が1である2個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の期待値

群間変動に基づいたシグマの推定値

移動範囲に基づいた群間シグマ

群間変動に基づいた σ の推定値は、サブグループ平均の移動範囲から推定されます。

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\left(\frac{\overline{MR}}{d_2(2)}\right)^2 - \frac{\hat{\sigma}_{\text{Within}}^2}{H}}$$

この式では、次のような表記を使用しています。

$\overline{MR} = (MR_2 + MR_3 + \dots + MR_N) / (N-1)$ で算出した非欠測値の移動範囲の平均（ $MR_i = |y_i - y_{i-1}|$ ）
 $d_2(2)$ は、母標準偏差が1である2個の独立した正規分布に従う確率変数の範囲の期待値
 σ_{within}^2 = 指定された方法で推定された群内シグマ推定値。

$$H = \frac{N}{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \dots + \frac{1}{n_N}} \quad (\text{サブグループの標本サイズの調和平均}).$$

群間変動と群内変動に基づいたシグマの推定値

群間+群内シグマ

群間変動および群内変動の組み合わせに基づく σ の推定値は、以下のように定義されます。

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\hat{\sigma}_{\text{within}}^2 + \hat{\sigma}_{\text{between}}^2}$$

ゴールプロットと工程能力箱ひげ図の表記法

次節で述べるゴールプロットと工程能力箱ひげ図の計算式には、次のような記号を用いています。

Y_{ij} = 工程 j の i 番目の観測値

\bar{Y}_j = 工程 j の平均

$SD(Y_j)$ = 工程 j の標準偏差

T_j = 工程 j の目標値

LSL_j = 工程 j の下側仕様限界

USL_j = 工程 j の上側仕様限界

ゴールプロット

ここでは、ゴールプロットにおける各点の座標である、仕様限界で正規化した平均のシフトと、仕様限界で正規化した標準偏差の計算方法について説明します。この節では、「[ゴールプロットと工程能力箱ひげ図の表記法](#)」(290 ページ) で定義した表記を使用します。

j 番目の列に対し、仕様限界で正規化した平均のシフトと仕様限界で正規化した標準偏差は、次のように定義されます。

$$\text{仕様限界で正規化した平均のシフト} = \frac{\bar{Y}_j - T_j}{2 \times \min(T_j - LSL_j, USL_j - T_j)}$$

$$\text{仕様限界で正規化した標準偏差} = \frac{SD(Y_j)}{2 \times \min(T_j - LSL_j, USL_j - T_j)}$$

メモ: LSL_j と USL_j のどちらかが欠測値の場合、目標値から欠測値以外の仕様限界までの距離の2倍が、ゴールプロットの座標の分母になります。

目標値がない工程のゴールプロット点

工程に、下側仕様限界と上側仕様限界があり、目標値がないとしましょう。その場合、「[ゴールプロット](#)」(290 ページ) で説明した式が使用されますが、 T_j は2つの仕様限界の中間点の値で置き換えられます。

工程に、片側の仕様限界しかなく、目標値もないとしましょう。その場合、ゴールプロットにおける点の(x,y)座標は、その工程の工程能力指数から算出されます。(正規分布を仮定した、平均と標準偏差から求める工程能力指数については、「[正規分布の工程能力指数](#)」(292 ページ) を参照してください。) 片側の工程能力指数の定義は、次のとおりです。

$$C_{pu} = \frac{USL_j - \bar{Y}_j}{3SD(Y_j)}$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{Y}_j - LSL_j}{3SD(Y_j)}$$

工程に上側と下側の仕様限界があり、目標値がその中間点の値である場合は、ゴールプロットにおける点の(x,y)座標は、次のような関係を満たします。

$$C_{pu} = (0.5 - x)/3y$$

$$C_{pl} = (0.5 + x)/3y$$

仕様限界が片側にしかなく、目標値もない工程について座標を求める場合は、これらの関係が使用されます。しかし、これだけでは点の座標が一意に定まりません。そこで、点を一意に定めるために、原点とその点とをつなぐ直線の傾きを決めています。その傾きを、上側仕様限界しかない場合には0.5、下側仕様限界しかない場合は-0.5にしています。なお、このような設定においても、ゴールプロットの三角形を調節するPpkのスライダが1に設定されていれば、工程能力指数が1に等しい工程の点はゴールプロットの三角形上にプロットされます。

ある工程に、上側の仕様限界しかなく、目標値もないとしましょう。(x,y)座標が0.5の傾きを持ち原点から延びる直線上にあると制約すると、(x,y)座標は次のようになります。

$$x = 1/(3C_{pu} + 2)$$

$$y = 1/(6C_{pu} + 4)$$

ある工程に、下側の仕様限界しかなく、目標値もないとしましょう。(x,y)座標が-0.5の傾きを持ち原点から延びる直線上にあると制約すると、(x,y)座標は次のようになります。

$$x = -1/(3C_{pl} + 2)$$

$$y = 1/(6C_{pl} + 4)$$

メモ: 上の式において、-0.6より小さい C_{pu} や C_{pl} は、-0.6に設定されます。上の式では、-2/3になると、xの分母が0になってしまいます。工程能力指数の下限を-0.6に制限することで、分母が0になってしまったり、符号が変わったりする問題を回避できます。

目標値がない工程の工程能力箱ひげ図

目標値のない場合、上側と下側の両方の仕様限界があるときと、片側の仕様限界しかないときが考えられます。この節では、「[ゴールプロットと工程能力箱ひげ図の表記法](#)」(290ページ)で定義した表記を使用します。

両側の仕様限界があり、目標値がない場合

j 番目の列に対して目標値が指定されていない場合、下式で変換した値を使って、工程能力箱ひげ図は描かれます。

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - (LSL_j + USL_j)/2}{USL_j - LSL_j}$$

片側の仕様限界があり、目標値がない場合

下側仕様限界だけが指定されているとしましょう。(上側仕様限界が指定されている場合も同様です。)

j 番目の列に対して目標値が指定されていない場合、下式で変換した値を使って、工程能力箱ひげ図は描かれます。

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - \bar{Y}_j}{2(\bar{Y}_j - LSL_j)}$$

メモ: 列に片側の仕様限界しかなく、目標値もない場合、標本平均が仕様限界の外にあると、その列の工程能力箱ひげ図は作成されません。

正規分布の工程能力指数

ここでは、正規分布に従うデータの工程能力指数の計算方法を具体的に説明します。

平均 μ と標準偏差 σ を持つ工程において、母集団の工程能力指数は次のように定義されます。そして、標本の工程能力指数は、各パラメータをその推定値に置き換えて計算されます。

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu})$$

$$C_{pm} = \frac{\min(T - LSL, USL - T)}{3\sigma \sqrt{1 + \left(\frac{T - \mu}{\sigma}\right)^2}}$$

この計算式では、次のような表記を使用しています。

LSL = 下側仕様限界

USL = 上側仕様限界

T = 目標値

群内シグマの工程能力では、ユーザが指定したサブグループ分けの方法を使って、 σ が推定されます。全体シグマの工程能力では、標本の標準偏差を使って σ が推定されます。どちらか一方の仕様限界しか指定していない場合、指定されていない仕様限界のほうの工程能力指数は欠測値となります。

メモ：環境設定のデフォルト設定である「AIAG (Ppk) ラベル」を指定した場合、全体シグマに基づいた指数には、「Pp」・「Ppl」・「Ppu」・「Ppk」というラベルが使われます。ただし、指数 C_{pm} に対するラベルは、全体シグマでも「 C_{pm} 」のままです。この節の式では、いずれの式でも「Pp」ではなくて「Cp」と呼んでいます。

工程能力指数の信頼区間

工程能力指数の信頼区間は、正規分布の工程でのみ使用できます。信頼区間は、群内シグマおよび全体シグマの工程能力指数の両方で計算され、各列の詳細レポートに表示されます。

Cp

C_p の $100(1 - \alpha)\%$ 信頼区間は、次のように計算されます。

$$\left(\hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2, df}}{df}}, \hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2, df}}{df}} \right)$$

ここで

\hat{C}_p は、 C_p の推定値

$\chi^2_{\alpha/2, df}$ は、自由度 df のカイ2乗分布の $(\alpha/2)$ 番目分位点

df は、自由度

N は、標本サイズ（観測値の個数）

全体シグマの工程能力指数においては、自由度は $N - 1$ です。

バランス（釣合い）のとれていないサブグループから計算される群内シグマの工程能力については、自由度は $N - m$ です。ここで、 m はサブグループの数です。

バランスのとれたサブグループから計算される群内シグマの工程能力については、自由度の計算は群内シグマの推定法に依存しています。標準偏差の不偏推定値の平均で群内シグマを推定するとき、 $N - m$ に0.875～1の定数が掛けられます。Bissell (1990) を参照してください。群内シグマが範囲の平均で推定されるとき、サブグループの標本サイズに基づく式を使用して自由度は計算されます。David (1951) を参照してください。

Cpk

Cpkの100(1 - α)%信頼区間は、次のように計算されます。

$$\left(\hat{C}_{pk} \left[1 - \Phi^{-1}_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{9N\hat{C}_{pk}^2} + \frac{1}{2df}} \right], \hat{C}_{pk} \left[1 + \Phi^{-1}_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{9N\hat{C}_{pk}^2} + \frac{1}{2df}} \right] \right)$$

ここで

\hat{C}_{pk} は、Cpkの推定値

$\Phi^{-1}_{1-\alpha/2}$ は、(1 - $\alpha/2$) 番目の標準正規分布の分位点

N は、標本サイズ（観測値の個数）

df は、自由度

全体シグマ工程能力について、自由度は $N - 1$ です。

バランス（釣合い）のとれていないサブグループから計算される群内シグマの工程能力については、自由度は $N - m$ です。ここで、 m はサブグループの数です。

バランスのとれたサブグループから計算される群内シグマの工程能力については、自由度の計算は群内シグマ推定法に依存しています。標準偏差の不偏推定値の平均で群内シグマを推定するとき、 $N - m$ に0.875～1の定数が掛けられます。Bissell (1990) を参照してください。群内シグマが範囲の平均で推定されるとき、サブグループの標本サイズに基づく式を使用して自由度は計算されます。David (1951) を参照してください。

Cpm

✖️: Cpmの信頼区間は、目標値が下側仕様限界と上側仕様限界の真ん中にあるときだけ計算されます。

Cpmの100(1 - α)%信頼区間は、次のように計算されます。

$$\left(\hat{C}_{pm} \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2, \gamma}}{\gamma}}, \hat{C}_{pm} \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2, \gamma}}{\gamma}} \right)$$

ここで

\hat{C}_{pm} は、Cpmの推定値

$\chi_{\alpha/2, \gamma}^2$ は、自由度 γ のカイ 2 乗分布の $(\alpha/2)$ 番目分位点

$$\gamma = \frac{N \left(1 + \left(\frac{\bar{x} - T}{s} \right)^2 \right)^2}{1 + 2 \left(\frac{\bar{x} - T}{s} \right)^2}$$

N は、標本サイズ（観測値の個数）

\bar{x} は、標本平均

T は、目標値

s は、シグマの推定値

全体シグマの工程能力については、 s は全体シグマ推定値です。群内シグマの工程能力については、 s は群内シグマ推定値で置き換えられます。

ヒント：Cp・Cpk・Cpm の信頼区間についての詳細は、Pearn and Kotz（2006）を参照してください。

Cpl および Cpu

Cpl および Cpu の上側信頼限界と下側信頼限界は、Chou et al.（1990）の方法を使用して計算されます。

（CPL_L および CPL_U で示される）Cpl の 100(1 - α)% 信頼限界は、次の式を満たします。

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_L) \geq 3\hat{C}_{pl}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{ここで} \quad \delta_L = 3CPL_L\sqrt{n}$$

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_U) \leq 3\hat{C}_{pl}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{ここで} \quad \delta_U = 3CPL_U\sqrt{n}$$

ここで

$t_{n-1}(\delta)$ は、自由度 $n - 1$ で非中心パラメータ δ の t -分布

\hat{C}_{pl} は、Cpl の推定値

（CPU_L および CPU_U で示される）Cpu の 100(1 - α)% 信頼限界は、次の式を満たします。

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_L) \geq 3\hat{C}_{pu}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{ここで} \quad \delta_L = 3CPU_L\sqrt{n}$$

$$\Pr[t_{n-1}(\delta_U) \leq 3\hat{C}_{pu}\sqrt{n}] = \alpha/2 \quad \text{ここで} \quad \delta_U = 3CPU_U\sqrt{n}$$

ここで

$t_{n-1}(\delta)$ は、自由度 $n - 1$ で非中心パラメータ δ の t -分布

\hat{C}_{pu} は Cpu の推定値

非正規分布の工程能力指数：パーセント点法とZ-スコア法

この節では、非正規分布の工程能力指数を計算する方法について説明します。パーセント点法（ISO/分位点法）と、Z-スコア法（Bothe/Z-スコア法）の2つを取り上げます。非正規分布に対しては、何らかのパラメトリックな分布を推定するか、ノンパラメトリックに分布を推定するか、いずれかを行えます。その場合の工程能力指数は、パーセント点法とZ-スコア法のいずれかで計算できます。ただし、膨大な量のデータがない限り、ノンパラメトリックな推定では分布の裾における振る舞いを正確に推定できない傾向があります。

メモ： 確率分布として正規分布を仮定した場合には、パーセント点法とZ-スコア法のいずれの工程能力指数の計算式も、正規性を仮定したときの計算式と一致します。

この2つの手法の説明において、次の記号を使用します。

LSL = 下側仕様限界

USL = 上側仕様限界

T = 目標値

パーセント点法（ISO/分位点法）

パーセント点法は、標準的な工程能力指数の計算式における平均を、あてはめた分布の中央値（メディアン）に置き換えます。また、 6σ の範囲を、それに対応するパーセント点の範囲に置き換えます。この手法は、AIAG (2005) で取り上げられています。

あてはめた分布の 100α パーセント点を P_α とします。パーセント点法による工程能力指数は、次のように定義されます。

$$P_{pk} = \min\left(\frac{P_{0.5} - LSL}{P_{0.5} - P_{0.00135}}, \frac{USL - P_{0.5}}{P_{0.99865} - P_{0.5}}\right)$$

$$P_{pl} = \frac{P_{0.5} - LSL}{P_{0.5} - P_{0.00135}}$$

$$P_{pu} = \frac{USL - P_{0.5}}{P_{0.99865} - P_{0.5}}$$

$$P_p = \frac{USL - LSL}{P_{0.99865} - P_{0.00135}}$$

$$C_{pm} = \frac{\min\left(\frac{T - LSL}{P_{0.5} - P_{0.00135}}, \frac{USL - T}{P_{0.99865} - P_{0.5}}\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{\mu - T}{\sigma}\right)^2}}$$

Z-スコア法 (Bothe/Z-スコア法)

Z-スコア法は、仕様限界を、同じ累積確率を持つ標準正規分布の分位点に変換します。あてはめた非正規分布の仕様限界を、それと累積確率が等しい正規分布の分位点に変換し、工程能力指数を計算します。

ここで、工程には下側仕様限界 (LSL) と上側仕様限界 (USL) が指定されており、その非正規分布の分布関数を F とします。標準正規分布のスケールに変換した仕様限界を次のように定義します。

$$\begin{bmatrix} LSL_F = \Phi^{-1}(F(LSL)) \\ USL_F = \Phi^{-1}(F(USL)) \end{bmatrix}$$

そして、Z-スコア法による工程能力指数を、次のように定義します。

$$P_{pk} = \min(-LSL_F/3, USL_F/3)$$

$$P_{pl} = -LSL_F/3$$

$$P_{pu} = USL_F/3$$

$$P_p = (USL_F - LSL_F)/6$$

メモ: なお、Cpm は、目標値に基づく指標であるため、Z-スコア法では計算できません。

メモ: 優れた工程のデータでは、**F(LSL)** または **F(USL)** がそれぞれ0または1に近くなり、**LSL_F** または **USL_F** が計算できない場合があります。このような場合、JMP はデフォルトで自動的に Z-スコア方法からパーセント点方法に切り替えます。これにより、工程能力指数はより意味のあるものになります。このデフォルト設定をオフにするには、[ファイル] > [環境設定] > [プラットフォーム] > [工程能力] を選択します。

サポートされている確率分布

この節では、「工程能力分析」プラットフォームでサポートされている確率分布の確率密度関数 f を紹介します。また、Johnson 分布を除くすべての分布の期待値と分散も紹介します。

正規分布

$$f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right], -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$$

$$E(X) = \mu$$

$$\text{Var}(X) = \sigma^2$$

ベータ分布

$$f(x|\alpha, \beta) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, 0 \leq x \leq 1, \alpha > 0, \beta > 0$$

$$E(X) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

$$\text{Var}(X) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}$$

ここで、 $B(\cdot)$ はベータ関数です。

指数分布

$$f(x|\sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp(-x/\sigma), x > 0, \sigma > 0$$

$$E(X) = \sigma$$

$$\text{Var}(X) = \sigma^2$$

ガンマ分布

$$f(x|\alpha, \sigma) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\sigma^\alpha} x^{\alpha-1} \exp(-x/\sigma), x > 0, \alpha > 0, \sigma > 0$$

$$E(X) = \alpha\sigma$$

$$\text{Var}(X) = \alpha\sigma^2$$

ここで、 $\Gamma(\cdot)$ はガンマ関数です。

Johnson 分布

Johnson Su 分布

$$f(x|\gamma, \delta, \sigma, \theta) = \frac{\delta}{\sigma} \left[1 + \left(\frac{x-\theta}{\sigma} \right)^2 \right]^{-1/2} \phi \left[\gamma + \delta \sinh^{-1} \left(\frac{x-\theta}{\sigma} \right) \right], -\infty < x, \theta, \gamma < \infty, \theta > 0, \delta > 0$$

Johnson Sb 分布

$$f(x|\gamma, \delta, \sigma, \theta) = \phi \left[\gamma + \delta \ln \left(\frac{x-\theta}{\sigma - (x-\theta)} \right) \right] \left(\frac{\delta\sigma}{(x-\theta)(\sigma - (x-\theta))} \right), \theta < x < \theta + \sigma, \sigma > 0$$

Johnson SI 分布

$$f(x|\gamma, \delta, \sigma, \theta) = \frac{\delta}{|x - \theta|} \phi\left[\gamma + \delta \ln\left(\frac{x - \theta}{\sigma}\right)\right] \quad (\text{ここで } x > \theta \text{ (}\sigma = 1 \text{ の場合)、} x < \theta \text{ (}\sigma = -1 \text{ の場合)})$$

上式で、 $\phi(\cdot)$ は標準正規分布の確率密度関数です。

対数正規分布

$$f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{\exp\left[-\frac{(\log(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right]}{x}, \quad x > 0, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$$

$$E(X) = \exp(\mu + \sigma^2/2)$$

$$\text{Var}(X) = \exp(2(\mu + \sigma^2)) - \exp(2\mu + \sigma^2)$$

正規混合分布

二重正規混合分布と三重正規混合分布は、いずれも次のような確率密度関数になっています。

$$f(x|\mu_i, \sigma_i, \pi_i) = \sum_{i=1}^k \frac{\pi_i}{\sigma_i} \phi\left(\frac{x - \mu_i}{\sigma_i}\right)$$

$$E(X) = \sum_{i=1}^k \pi_i \mu_i$$

$$\text{Var}(X) = \sum_{i=1}^k \pi_i (\mu_i^2 + \sigma_i^2) - \left(\sum_{i=1}^k \pi_i \mu_i \right)^2$$

ここで、 μ_i , σ_i , π_i は、 i 番目のグループのそれぞれ平均・標準偏差・割合であり、 $\phi(\cdot)$ は、標準正規分布の確率密度関数です。二重正規混合分布では、 k は 2 です。三重正規混合分布では、 k は 3 です。各正規分布の平均と標準偏差、および、全体に対する割合を推定します。

Weibull 分布

$$f(x|\alpha, \beta) = \frac{\beta}{\alpha^\beta} x^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta\right], \quad \alpha > 0, \beta > 0$$

$$E(X) = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\text{Var}(X) = \alpha^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right\}$$

ここで、 $\Gamma(\cdot)$ はガンマ関数です。

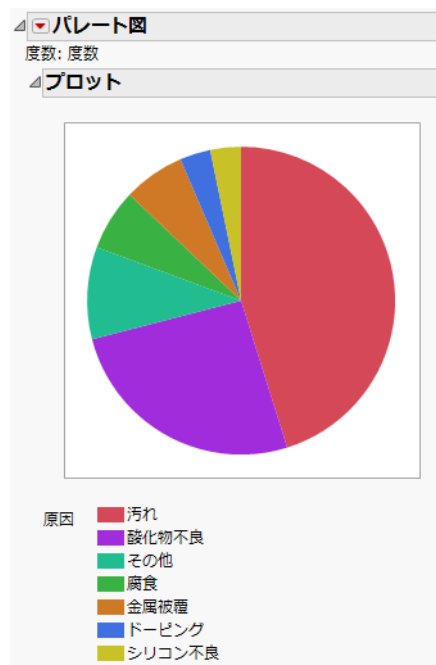
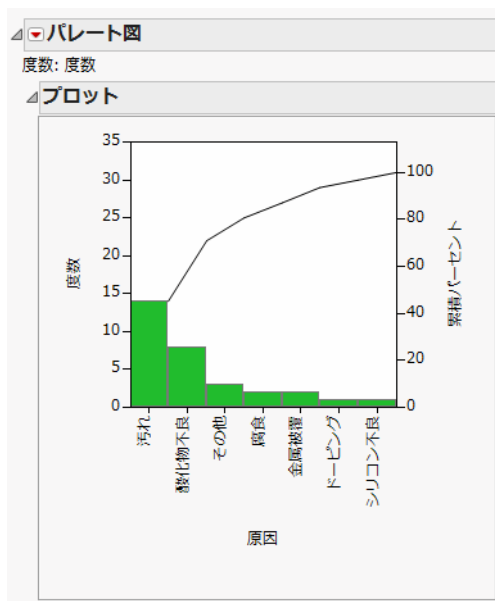
第12章

パレート図

少数の重要な問題点を探し出す

パレート図は、工程や作業の品質を統計的観点から改善していくためのグラフです。パレート図には、工程や作業で生じた問題点の重大性（度数）がわかりやすく示されます。度数を把握し、早急に対処が必要な問題を見極めることができます。

図12.1 パレート図の例



目次

「パレート図」プラットフォームの概要	303
「パレート図」プラットフォームの例	303
「パレート図」プラットフォームの起動	306
「パレート図」レポート	307
「パレート図」プラットフォームのオプション	308
[原因] のオプション	309
「パレート図」プラットフォームの別例	310
[原因を組み合わせる] オプションの例	311
グループ全体で一定の標本サイズを使用した例	312
グループ全体で一定でない標本サイズを使用した例	314
1元層別パレート図の例	315
2元層別パレート図の例	317
「パレート図」プラットフォームの統計的詳細	318
尤度比カイ2乗検定	318

「パレート図」プラットフォームの概要

「パレート図」プラットフォームでは、工程または作業で生じた問題点の度数（重大性）が表示されます。デフォルトの表示形式は、問題点を度数の降順に並べた棒グラフです。問題点の種類（カテゴリ）を表す値が含まれた列を Y（原因）変数に指定します。

1つの Y（原因）変数に対して、複数のパレート図を組み合わせた層別パレート図を作成することもできます。1つの X 変数の水準ごとの、または、2つの X 変数における水準の組み合わせごとのパレート図を1つにまとめて描くこともできます。なお、X に指定した列は、「分類変数」と呼びます。

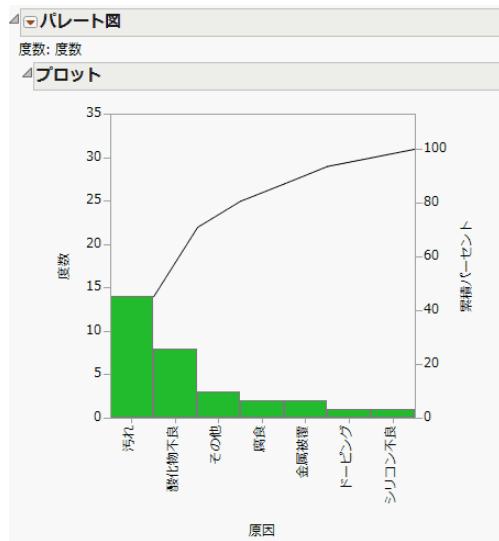
パレート図を作成できるのは、Y 変数（原因の変数）が1つ、X 変数（分類変数）が0～2個あるときです。変数が数値か文字列かの区別も、尺度の区別もありません。棒グラフと円グラフを切り替えることができます。すべての値が離散変数として扱われ、棒グラフの棒または円グラフの扇形は度数およびパーセントを表します。

「パレート図」プラットフォームの例

この例で使用する「Failure.jmp」サンプルデータは、「度数」の列がある不適合のデータであり、集積回路（IC）の製造工程で生じる不適合の原因と、不適合が生じた回数を種類別にまとめたものです。ここでは、工程に不適合を生じさせる一番の原因を探し出します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Failure.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [パレート図] を選択します。
3. 「原因」を選択して、[Y, 原因] をクリックします。
この列は、不適合の原因を記録しています。分析の対象となる Y 変数として指定する列です。
4. 「度数」を選択し、[度数] をクリックします。
この列には、不適合の頻度が種類別に記録されています。
5. [OK] をクリックします。

図12.2 「パレート図」レポートウィンドウ



各カテゴリの不適合に関して、左の軸に度数、右の軸に割合が示されています。棒は最も頻度の高い不適合から順に、左から右へと並べられています。曲線は不適合の度数を左から右へ足していったときの累計和を示します。

6. 「パレート図」の横にある赤い三角ボタンのメニューから【累積パーセント点のラベル】を選択します。
「汚れ」が不適合の約45%を占めていることがわかります。また、「酸化物不良」の棒の上にある折れ線の座標から、「汚れ」と「酸化物不良」の2つで不適合の約71%を占めることがわかります。
7. 赤い三角ボタンのメニューから【累積パーセント点のラベル】と【累積パーセント曲線の表示】の選択を解除します。
8. Y軸が、「度数」というラベルになっていることを確認します。
9. Y軸をダブルクリックして「Y軸の設定」ウィンドウを表示します。
 - － 「最大値」フィールドに「15」と入力します。
 - － 「目盛り間隔」フィールドに「2」と入力します。
 - － 「軸ラベル」パネルで、「グリッド線」の【大】チェックボックスを選択します。
 - － 【OK】をクリックします。
10. 赤い三角ボタンのメニューから【カテゴリの凡例】を選択します。

図12.3 表示オプションを適用したパレート図

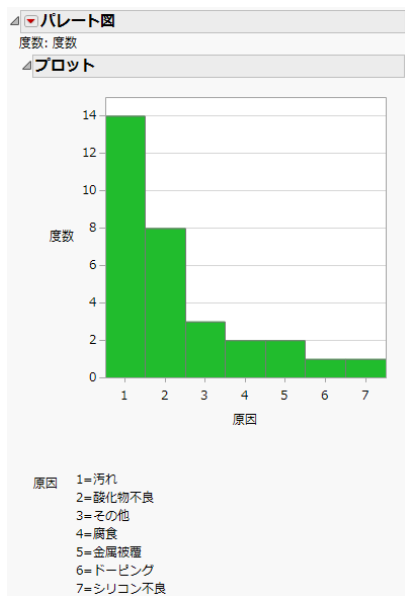
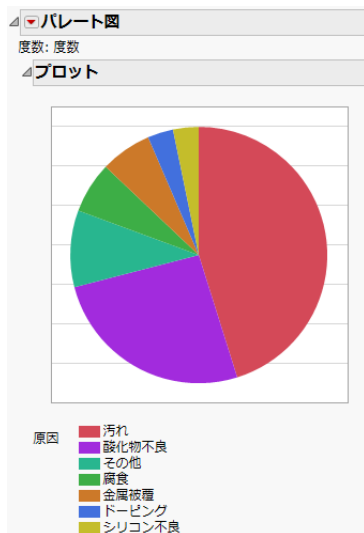


図12.3には、異なる種類の不適合の度数が、その凡例とともに表示されています。また、度数を示す縦軸のスケールを変更し、主目盛りにグリッド線を表示しています。

11. データを円グラフで表示するには、赤い三角ボタンのメニューから「円グラフ」を選択します。

図12.4 円グラフを使ったパレート図



「汚れ」と「酸化物不良」が不適合数の大半をしめていることが一目瞭然です。

「パレート図」プラットフォームの起動

「パレート図」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [パレート図] を選択します。

図12.5 「パレート図」起動ウィンドウ

「パレート図」起動ウィンドウには、次のようなオプションがあります。

Y, 原因 問題の原因を表す値が含まれた列を指定します。工程変数とも呼ばれ、分析の対象となる変数です。

X, グループ変数 グループ化に用いる列を指定します。グループ変数を指定すると、1つのウィンドウの中に、隣り合わせに並んだパレート図が作成されます。グループ変数は指定しなくても、1つ（[「1元層別パレート図の例」](#)（315ページ）を参照）または2つ（[「2元層別パレート図の例」](#)（317ページ）を参照）指定することもできます。

重み 各データ行（各オブザベーション）に異なる重みを付けるための変数を指定します。

度数 度数の値が含まれた列を指定します。

By ここで指定した列の値ごとに、個別に分析が行われます。

原因を組み合わせる 度数または割合の最小値を閾値として指定することにより、原因を組み合わせることができます。[原因を組み合わせる] オプションを選択し、[累積%] または [度数] のいずれかを選択して閾値を入力します。[累積%] オプションの場合は、全体に占める割合を閾値として指定し、その割合に満たない原因を1つにまとめて表示します。[度数] オプションの場合は、度数の閾値を指定できます。例として、[「原因を組み合わせる」オプションの例](#)（311ページ）を参照してください。

ユニットあたりの分析 グループ間で不適合率を比較できます。また、不適合率に対する95%信頼区間も計算されます。不適合率に関する分析を行うには、起動ウィンドウにおいて [ユニットあたりの分析] オプションを選択し、[定数] または [度数列の値] のいずれかを選択して、それぞれ「標本サイズ」または「原因コード」に値を入力します。[定数] オプションを選択した場合には、起動ウィンドウで一定の標本サイズを指定してください。一方、[度数列の値] オプションを選択した場合には、グループごとに異なる

る標本サイズを指定することができます。それには、[度数] 列のうち標本サイズを含む行がどれであるかを、[原因] 列の値で指定してください。

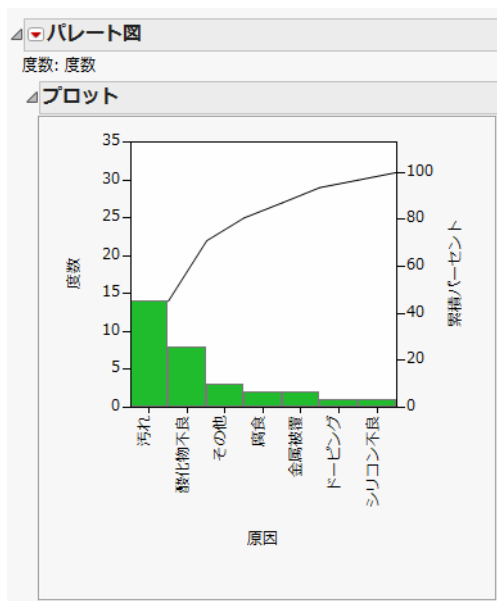
パレート図では原因を組み合わせることができますが、それによってユニットあたりの分析の計算が変わることはありません。

例として、「グループ全体で一定の標本サイズを使用した例」(312 ページ) および「グループ全体で一定でない標本サイズを使用した例」(314 ページ) を参照してください。

「パレート図」レポート

パレート図は、データ中に各変数が占める割合を示す棒グラフと、変数の累積割合を示す折れ線グラフで構成されます。

図12.6 パレート図の例



パレート図を作成できるのは、Y 変数（原因の変数）が1つ、X 変数（分類変数）が0～2 個あるときです。変数が数値か文字列かの区別も、尺度の区別もなく、すべての値が離散変数として扱われ、棒グラフの棒は度数およびパーセントを表します。パレート図は、次のような構成になっています。

- Y 変数が1つで X 変数がないときは、図が1つだけ作成され、棒は Y 変数の各値の度数を表します。例として、「**「パレート図」プラットフォームの例**」(303 ページ) を参照してください。
- Y 変数が1つで X 変数が1つのときは、横1列に並んだパレート図が作成されます。X 変数の水準ごとにパレート図が1つ作成され、棒は、各水準内における Y 変数の各値の度数を表します。全体を層別パレート図といい、1つ1つの図をセルといいます。X 変数の水準につき1つのセルがあります。X 変数は1つ

だけなので、このパレート図は**1元層別パレート図**と呼ばれます。例として、「[1元層別パレート図の例](#)」(315ページ)を参照してください。

- Y変数が1つでX変数が2つのときは、**m**行**n**列に並んだパレート図が作成されます。1番目のX変数の水準と同数(**m**)の行、2番目のX変数の水準と同数(**n**)の列ができます。X変数が2つなので、このパレート図は**2元層別パレート図**と呼ばれます。各行には、1番目のX変数の水準ごとのパレート図が並ぶことになります。一番左上のセルは**基準セル**と呼ばれます。基準セルの棒は度数の降順に並べられ、他のセルにおける棒はそれと同じ順序で並べられます。セルの行列の配置は変更できます。左上の角に移動したセルが新しい基準セルになり、セルの棒が基準セルでの度数に合わせて並べ替えられます。例として、「[2元層別パレート図の例](#)」(317ページ)を参照してください。
- それぞれの棒には、該当するデータテーブルにおいてそのY水準の行に割り当てられている色が適用されます。Y水準の行に色が割り当てられていない場合は、該当するすべての棒に同じ色が適用されます。行に異なる色が割り当てられているY水準がある場合、該当する棒は、データテーブルにおいて最初に現れるそのY水準の行の色になります。

「パレート図」の赤い三角ボタンのメニューのオプションを使用して、軸の種類や棒の配置を変更したり、棒グラフを円グラフに切り替えたりすることができます。詳細は、「[「パレート図」プラットフォームのオプション](#)」(308ページ)を参照してください。

「パレート図」プラットフォームのオプション

「パレート図」の横の赤い三角ボタンのメニューには、図の外観をカスタマイズできるコマンドが用意されています。その中の**【原因】**にはさらにサブメニューがあり、パレート図の個々の棒に適用されるオプションが含まれています。パレート図全体に作用するコマンドには、次のようなものがあります。

パーセント表示 左側の縦軸の表示において、度数とパーセントとで切り替えます。

Nの凡例 プロット内の合計標本サイズの表示／非表示を切り替えます。

カテゴリの凡例 カテゴリのラベルが各棒に表示されている状態と、カテゴリの凡例が別に表示される状態とで切り替えます。

円グラフ 棒グラフ／円グラフを切り替えます。

列の並べ替え、行の並べ替え パレート図がグループ変数によって分かれているときに、並べ替えを行います。

プロットのグループ化解除 グループ化されたパレート図を個別に表示します。

度数分析 ユニットあたりの不適合率を分析します。グループ間およびグループ内で不適合率を比較し、尤度比検定を実行します。

ユニットあたりの比率 グループ間で不適合率を比較します。標本サイズが指定されている場合は、1ユニットあたりの不適合率(DPU: Defect Per Unit)と100万ユニットあたり(PPM: Parts Per Million)の不適合率の各列がレポートに追加されます。

グループ内の比率の検定 尤度比カイ2乗検定を実行して、原因全体にわたる不適合率がグループ内で同じであるかどうかを判定します。詳細は、「[「パレート図」プラットフォームの統計的詳細](#)」(318ページ)を参照してください。

グループ間の比率の検定 尤度比カイ2乗検定を実行して、各原因の不適合率がグループ全体で同じかどうかを判別します。詳細は、「[「パレート図」プラットフォームの統計的詳細](#)」(318ページ)を参照してください。

累積パーセント曲線の表示 棒の上にある累積パーセント曲線と、右の縦軸に表示される累積パーセント軸の表示／非表示を切り替えます。

累積パーセント軸の表示 右の縦軸に表示される累積パーセント軸の表示／非表示を切り替えます。

累積パーセント点の表示 累積パーセント曲線上の点の表示／非表示を切り替えます。

累積パーセント点のラベル 累積パーセント曲線上の点に付くラベルの表示／非表示を切り替えます。

累積パーセント曲線の色 累積パーセント曲線の色を変更できます。

原因 サブメニューに、棒に適用するオプションが含まれています。詳しくは、次の「[\[原因\] のオプション](#)」(309ページ)の節を参照してください。

以下のオプションについて詳しくは、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

ローカルデータフィルタ 現在のレポートにおいて、データをフィルタリングするローカルデータフィルタの表示／非表示を切り替えます。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションに対応しているプラットフォームにおいては、[自動再計算] オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

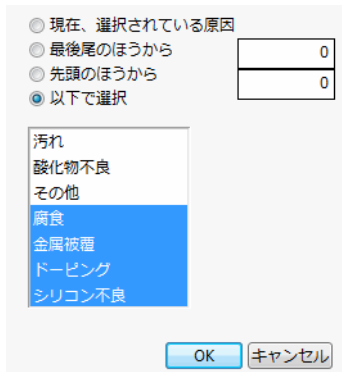
By グループのスクリプトを保存 By 変数の全水準に対するレポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。起動ウィンドウでBy 変数を指定した場合のみ使用可能です。

「原因」のオプション

棒を選択するには、棒をクリックします。隣り合わせに並んでいない複数の棒を選択するには、Ctrlキーを押しながらクリックします。棒を選択すると、赤い三角ボタンのメニューのオプションのうち、棒に関連するものが使用可能な状態になります。それらの棒に関連するオプションは、赤い三角ボタンのメニューにある「**原因**」サブメニューに含まれています。これらのオプションは、グラフ領域のどこかを右マウスボタンでコンテキストメニューを開いて表示することもできます。以下のオプションは、パレート図全体ではなく、選択した棒だけに適用されます。

原因の組み合わせ 選択されている（強調表示されている）棒を結合します。[現在、選択されている原因]・[最後尾のほうから]・[先頭のほうから]、または図12.7に示されているような項目のリストから選択できます。

図12.7「原因の組み合わせ」ウィンドウ



原因の分離 選択されている結合した棒を分離し、元の棒に戻します。

先頭に移動 選択されている棒が一番左、つまり先頭に移動します。

最後尾に移動 選択されている棒が一番右、つまり最後尾に移動します。

色 カラーパレットが開き、そこで選択した色が強調表示された棒に適用されます。

マーカー [累積パーセント点の表示] オプションがオンになっているときに、マーカーパレットからマーカーを選択すると、累積パーセント曲線上の点にそのマーカーが割り当てられます。

ラベル 強調表示されたすべての棒の上に、棒の値を表示します。

「パレート図」プラットフォームの別例

- 「[原因を組み合わせる] オプションの例」
- 「グループ全体で一定の標本サイズを使用した例」
- 「グループ全体で一定でない標本サイズを使用した例」
- 「1元層別パレート図の例」
- 「2元層別パレート図の例」

「原因を組み合わせる」オプションの例

この例で使用する「Failure.jmp」サンプルデータは、「度数」の列がある不適合のデータであり、集積回路（IC）の製造工程で生じる不適合の原因と、不適合が生じた回数を種類別にまとめたものです。この例では、閾値として2を指定します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Failure.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [パレート図] を選択します。
3. 「原因」を選択して、[Y, 原因] をクリックします。
4. 「度数」を選択し、[度数] をクリックします。
5. 「原因を組み合わせる」を選択し、その下にあるドロップダウンボックスで「度数」を選択します。
6. 閾値として「2」と入力します。
7. [OK] をクリックします。

図12.8 度数の閾値に2を指定したパレート図

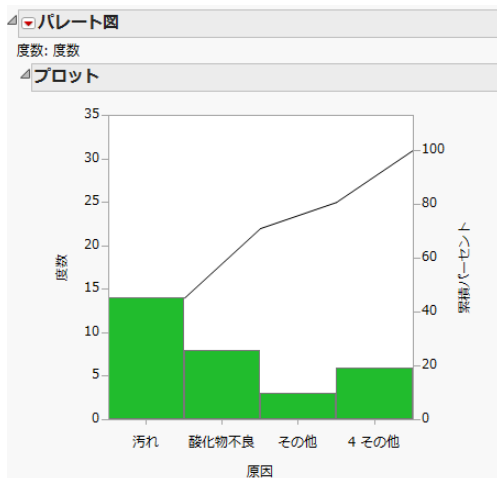
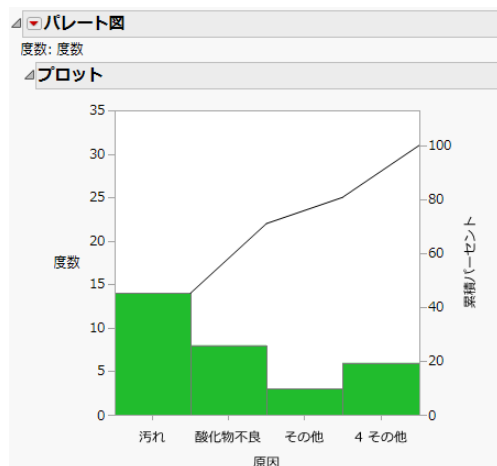


図12.8は、度数に対して2という閾値を指定した結果のパレート図です。「4 その他」という名前の棒に、度数が2以下の原因がすべて組み合わせられています。

8. 組み合わせられている棒を図12.9に示すように元に戻すには、[原因] > [原因の分離] を選択します。

図12.9 原因を分離したパレート図

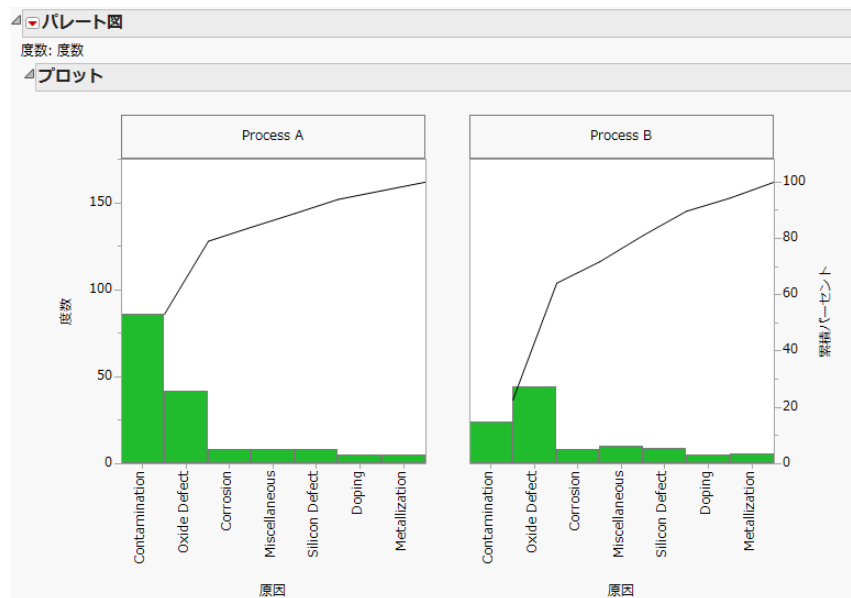


グループ全体で一定の標本サイズを使用した例

この例で使用する「Failures.jmp」サンプルデータは、「度数」の列がある不適合のデータであり、集積回路（IC）の2つの製造工程で生じる不適合の原因と、不適合が生じた回数を種類別にまとめたものです。この例では、一定の標本サイズとして1000を指定します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Failures.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [パレート図] を選択します。
3. 「原因」を選択して、[Y, 原因] をクリックします。
4. 「プロセス」を選択し、[X, グループ変数] をクリックします。
5. 「度数」を選択し、[度数] をクリックします。
6. [ユニットあたりの分析] を選択し、[定数] を選択します。
7. 「標本サイズ」に「1000」を入力します。
8. [OK] をクリックします。

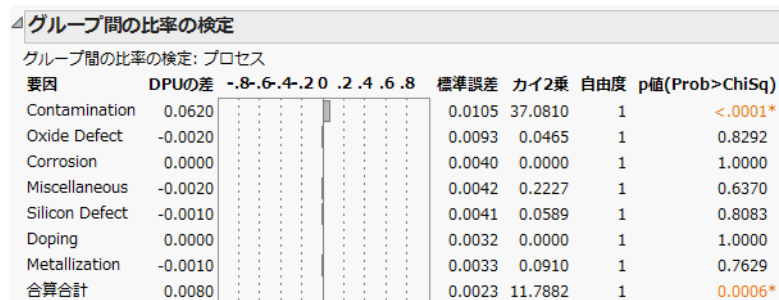
図12.10 「パレート図」レポートウィンドウ



「Process A」では、「Contamination」が不適合の一番の要因となっていますが、「Process B」では「Oxide Defect」が有力要因となっています。

9. 赤い三角ボタンのメニューから [度数分析] > [グループ間の比率の検定] を選択します。

図12.11 「グループ間の比率の検定」の結果



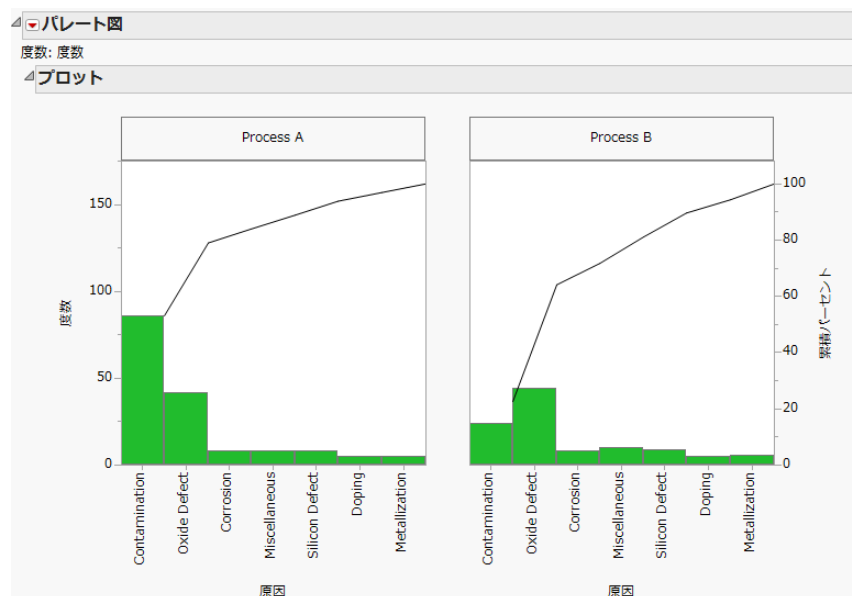
「Contamination」によるユニットあたりの度数（DPU）のグループ間（Process A と Process B）の差は約0.06になっています。

グループ全体で一定でない標本サイズを使用した例

この例で使用する「Failuressize.jmp」サンプルデータは、「度数」の列がある不適合のデータであり、集積回路（IC）の2つの製造工程で生じる不適合の原因と、不適合が生じた回数をその種類別にまとめたものです。諸原因（「Oxide Defect」や「Silicon Defect」など）の下に、「size」という値になっている行があります。原因コードとして「size」を指定して、該当する行を、標本サイズを含む行として指定します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Failuressize.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [パレート図] を選択します。
3. 「原因」を選択して、[Y, 原因] をクリックします。
4. 「プロセス」を選択し、[X, グループ変数] をクリックします。
5. 「度数」を選択し、[度数] をクリックします。
6. [ユニットあたりの分析] を選択し、[度数列の値] を選択します。
7. 「原因コード」に「size」と入力します。
8. [OK] をクリックします。

図12.12 「パレート図」レポートウィンドウ



9. 赤い三角ボタンのメニューから [度数分析] > [ユニットあたりの比率] と [度数分析] > [グループ間の比率の検定] を選択します。

図12.13 「ユニットあたりの比率」と「グループ間の比率の検定」の結果

▲ ユニットあたりの比率						
プロセス(整数)	要因	度数	DPU	PPM	下側95%	上側95%
1	Contamination	86	0.8515	851485.15	0.6811	1.0516
	Oxide Defect	42	0.4158	415841.58	0.2997	0.5621
	Corrosion	8	0.0792	79207.92	0.0342	0.1561
	Miscellaneous	8	0.0792	79207.92	0.0342	0.1561
	Silicon Defect	8	0.0792	79207.92	0.0342	0.1561
	Doping	5	0.0495	49504.95	0.0161	0.1155
	Metallization	5	0.0495	49504.95	0.0161	0.1155
	合算合計	162	0.2291	229137.20	0.1952	0.2673
	size	101				
2	Contamination	24	0.1655	165517.24	0.1061	0.2463
	Oxide Defect	44	0.3034	303448.28	0.2205	0.4074
	Corrosion	8	0.0552	55172.41	0.0238	0.1087
	Miscellaneous	10	0.0690	68965.52	0.0331	0.1268
	Silicon Defect	9	0.0621	62068.97	0.0284	0.1178
	Doping	5	0.0345	34482.76	0.0112	0.0805
	Metallization	6	0.0414	41379.31	0.0152	0.0901
	合算合計	106	0.1044	104433.50	0.0855	0.1263
	size	145				
▲ グループ間の比率の検定						
グループ間の比率の検定: プロセス(整数)						
要因	DPUの差	- .8 -.6 -.4 -.2 0 .2 .4 .6 .8	標準誤差	カイ2乗	自由度	p値(Prob>ChiSq)
Contamination	0.6860		0.0978	63.0776	1	<.0001*
Oxide Defect	0.1124		0.0788	2.1195	1	0.1454
Corrosion	0.0240		0.0341	0.5202	1	0.4707
Miscellaneous	0.0102		0.0355	0.0847	1	0.7710
Silicon Defect	0.0171		0.0348	0.2500	1	0.6171
Doping	0.0150		0.0270	0.3251	1	0.5685
Metallization	0.0081		0.0278	0.0871	1	0.7679
合算合計	0.1247		0.0207	40.7524	1	<.0001*

グループAの原因には標本サイズを101としてDPUを計算しています。一方、グループBの原因には標本サイズを145としてDPUを計算しています。

もしも2つのグループ変数（たとえば「日付」と「プロセス」）がある場合は、「ユニットあたりの比率」表には、各原因の「日付」と「プロセス」のすべての組み合わせに対して、比率（DPU）が表示されます。ただし、「グループ間の比率の検定」では、1つ1つのグループ間での差だけが検定されます。

1 元層別パレート図の例

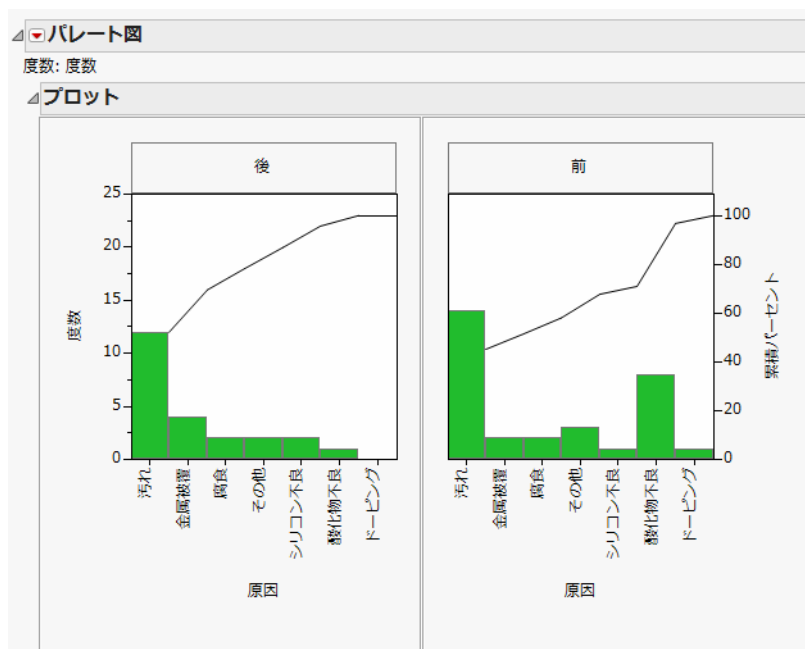
この例では、「Failure2.jmp」サンプルデータを使用します。このデータテーブルには、拡散炉の管を洗浄する前と洗浄した後に生産されたコンデンサーの標本の不適合が記録されています。不適合の種類ごとに、「洗浄」という変数が「前」または「後」の値を取ります。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Failure2.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [パレート図] を選択します。
3. 「原因」を選択して、[Y, 原因] をクリックします。
4. 「洗浄」を選択し、[X, グループ変数] をクリックします。

5. 「度数」を選択し、[度数] をクリックします。
6. [OK] をクリックします。

図12.14では、「洗浄」変数の値ごとにパレート図が隣り合わせに並んで表示されています（日本語版JMPにおいては、この図とは異なり、「前」が左側に「後」が右側に表示されます）。

図12.14 1元層別パレート図

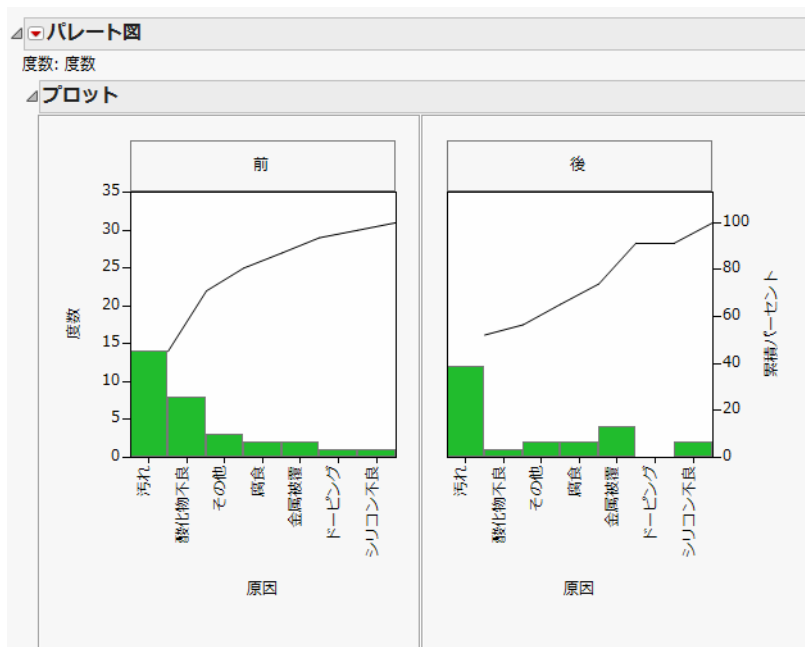


どちらの図も、縦軸と横軸のスケールは同じです。左側の図の棒はY軸の値が降順になるように並べられ、それと同じ順序で右側のセルでも棒が並べられています。

7. パレート図の並び順序を変更するには、左側の図のタイトル（「後」）をクリックし、右側の図のタイトル（「前」）にドラッグします。

2つの図を比較すると、洗浄後に「酸化物不良」が減少していることがわかりますが、図が図12.15のように「前」と「後」という自然な順序で並んでいた方が（同時に「原因」もそれに合わせて並べられた方が）、解釈はより簡単になります。原因は、左側の図における度数の降順で並べられる点に注意してください。

図12.15 セルの順序を変更した1元層別パレート図



2元層別パレート図の例

この例では、「Failure3.jmp」サンプルデータを使用します。コンデンサーの製造工程で、管の洗浄前と洗浄後の標本を3日間にわたって観察しました。このデータテーブルには、「日付」という列があり、値として「10月1日」・「10月2日」・「10月3日」が含まれています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Quality Control」フォルダにある「Failure3.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [パレート図] を選択します。
3. 「原因」を選択して、[Y, 原因] をクリックします。
4. 「洗浄」と「日付」を選択し、[X, グループ変数] をクリックします。
5. 「度数」を選択し、[度数] をクリックします。
6. [OK] をクリックします。

図12.16では、2つのX変数の各水準における原因の度数を示した2元層別パレート図が1つのウィンドウに表示されています（日本語版JMPでは、「前」のほう为上側に、「後」のほうが下側に表示されます）。一番左上のセルは**基準セル**と呼ばれます。基準セルの棒は度数の降順に並べられ、他のセルにおける棒はそれと同じ順序で並べられます。

7. 「汚れ」と「金属被覆」の棒をクリックすると、それに該当する棒が他のセルでも強調表示されます。

図12.16 2元層別パレート図

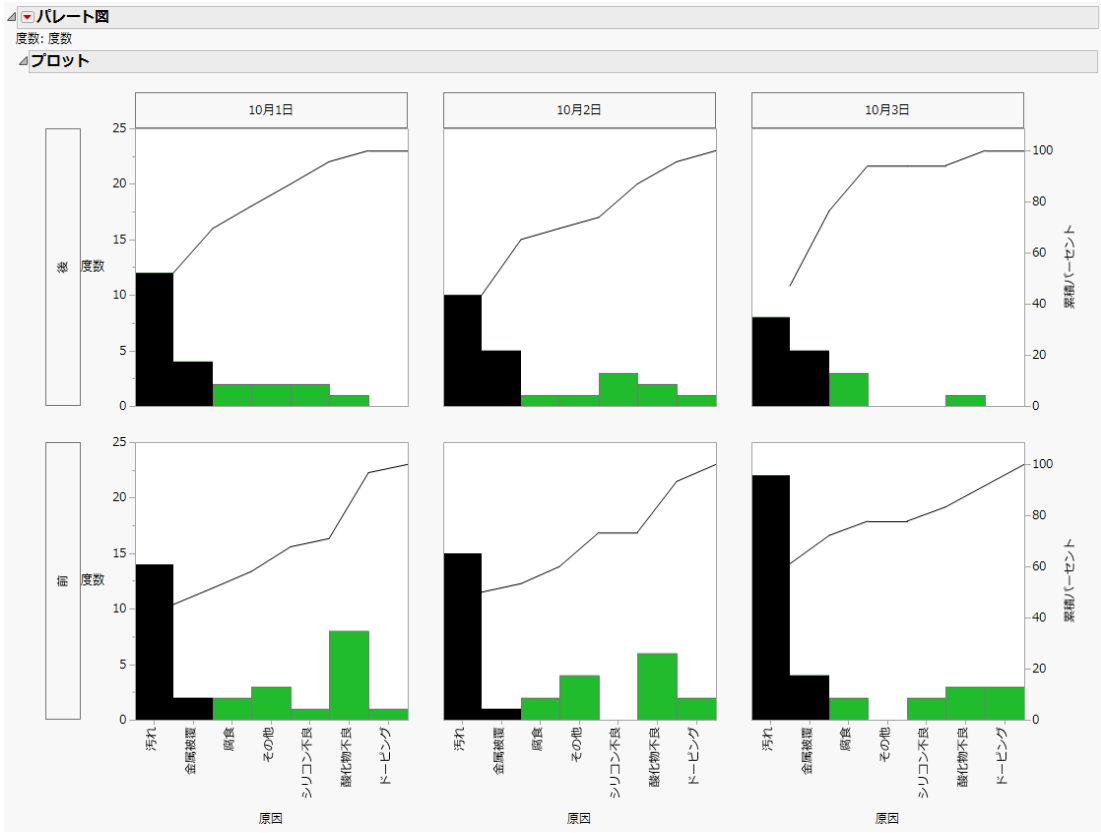


図12.16のパレート図は、**重要な原因**を選択した状態です。2元層別パレート図のすべてのセルで、それら2つの原因を表す棒が選択されています。「汚れ」と「金属被覆」はすべてのセルで重要な原因になっています。管の洗浄後、「汚れ」は改善されていることがわかります。

「パレート図」プラットフォームの統計的詳細

尤度比カイ2乗検定

表記

この節では、「パレート図」プラットフォームで計算される尤度比カイ2乗検定統計量を説明します。次の表記法を使用しています。

- n_{ij} は、グループ j における要因 i の観測度数です。
- E_j は、グループ j における期待度数です。これは、原因全体にわたる、各グループの平均度数です。

- E_i は、原因 i の期待度数です。これは、原因全体にわたる、各現員の平均度数です。

グループ内の尤度比カイ2乗検定統計量

$$G_j^2 = 2 \sum_{i=1}^K n_{ij} \ln(n_{ij}/E_j)$$

グループ全体における尤度比カイ2乗検定統計量

$$G_i^2 = 2 \sum_{j=1}^J n_{ij} \ln(n_{ij}/E_i)$$

第 13 章

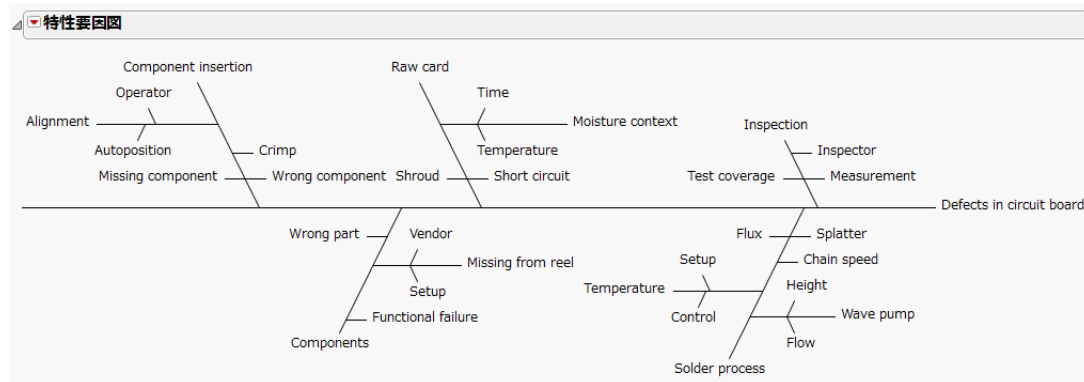
特性要因図

問題の原因を整理する

「特性要因図」プラットフォームでは、特性要因図を作成します。特性要因図は、「石川ダイアグラム」や「フィッシュボーンチャート（魚骨図）」とも呼ばれています。特性要因図は、次の用途で役に立ちます。

- 特性の要因（問題の原因）を整理する
- ミーティングで意見を出し合う（ブレインストーミング）
- 実験の準備段階で変数を識別する

図13.1 特性要因図の例



目次

特性要因図の概要 323

特性要因図の例 323

データの準備 324

「特性要因図」プラットフォームの起動 324

特性要因図 325

 コンテキストメニュー 325

特性要因図の保存 328

 特性要因図をデータテーブルとして保存する 329

 特性要因図をジャーナルとして保存する 329

 特性要因図をスクリプトとして保存する 329

特性要因図の概要

「特性要因図」プラットフォームでは、特性要因図を作成します。特性要因図は、「石川ダイヤグラム」や「フィッシュボーンチャート（魚骨図）」とも呼ばれています。特性要因図は、次の用途で役に立ちます。

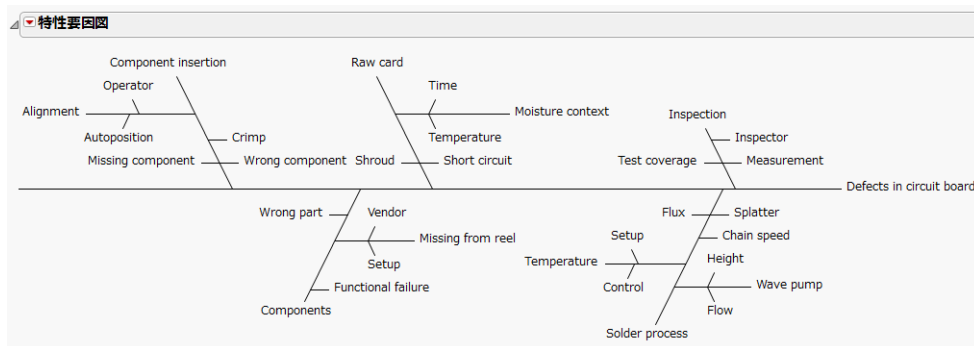
- 特性の要因（問題の原因）を整理する
- ミーティングで意見を出し合う（ブレインストーミング）
- 実験の準備段階で変数を識別する

特性要因図の例

回路基板の不具合に関するデータがあります。主要因と、不具合の原因候補を特性要因図で調べます。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Ishikawa.jsp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [特性要因図] を選択します。
3. 「親」を選択し、[X, 親] をクリックします。
4. 「子」を選択し、[Y, 子] をクリックします。
5. [OK] をクリックします。

図13.2 「Ishikawa.jsp」の特性要因図



主要因は、「Inspection」・「Solder process」・「Raw card」・「Components」・「Component insertion」です。これらの各主要因から、原因候補が枝分かれしています。たとえば、「Inspection」という要因では、「Inspector」・「Measurement」・「Test coverage」が枝分かれしています。

主要な要因ごとに、考えられる原因や変動の元となっているものをさらに検討することもできます。

データの準備

特性要因図を作成する前に、データが2列に格納されたデータテーブルを用意します。

図13.3 「Ishikawa.jmp」データテーブルの例

	親	子
1	Defects in circuit board	Inspection
2	Defects in circuit board	Solder process
3	Defects in circuit board	Raw card
4	Defects in circuit board	Components
5	Defects in circuit board	Component insertior
6	Inspection	Measurement
7	Inspection	Test coverage
8	Inspection	Inspector
9	Solder process	Splatter
10	Solder process	Flux
11	Solder process	Chain speed
12	Solder process	Temperature
13	Solder process	Wave pump
14	Temperature	Setup

「親」の「Defects in circuit board」という値にはいろいろな要因があり、それが「子」列にリストされています。その中の「Inspection」という要因は、それ自体がまた要因を持っており、それらが「子」列にリストされています。親の値に対して子をリストし、その子に対してさらに子を設定できます。（それ自体が子を持つ子は、「親」列にも「子」列にも表示されます）。

「特性要因図」プラットフォームの起動

「特性要因図」プラットフォームを起動するには、[分析] > [品質と工程] > [特性要因図] を選択します。

図13.4 「特性要因図」起動ウィンドウ

特性とその原因を表す特性要因図

列の選択

2列

親

子

選択した列に役割を割り当てる

Y, 子

オプション

X, 親

オプション

ラベル

オプション(文字)

By

オプション

アクション

OK

キャンセル

削除

前回の設定

ヘルプ

ヒント: データテーブルに関係のない基本の特性要因図を作成するには、[Y, 子] と [X, 親] のフィールドを空にして [OK] をクリックします。その後、右クリックメニューのオプションを使ってノードを編集します。[「コンテキストメニュー」](#) (325 ページ) を参照してください。

Y, 子 親要因に影響を与えている子要因を表す列を指定します。

X, 親 子要因から影響を受けている親要因を表す列を指定します。

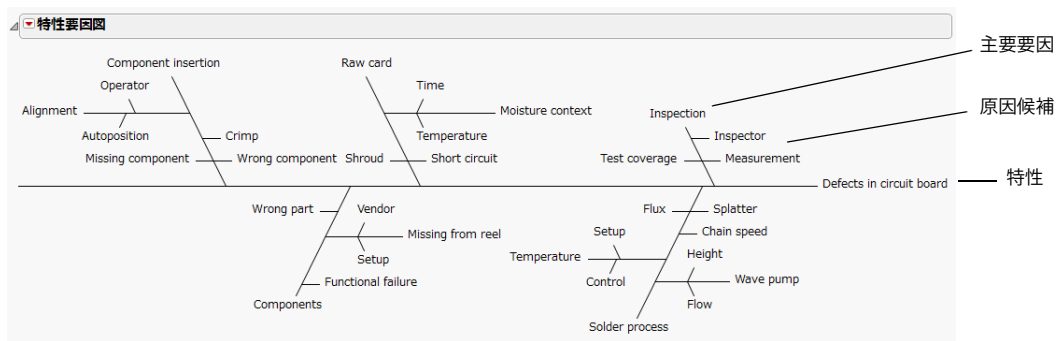
ラベル [ラベル] 列を指定すると、その列の値 (テキスト) が特性要因図上にラベルとして表示されます。

By [By] 変数の列を指定すると、By 変数の値ごとに個別の特性要因図が作成されます。

特性要因図

図13.5では、「Defects in circuit board」という特性 (問題) が中心線の右側に表示されています。中心線から上下に枝分かれした先端にあるのが主要な要因 (「Inspection」・「Solder process」・「Raw Card」など) で、それぞれの主要要因から、考えられる要因の候補が子として枝分かれしています。

図13.5 特性要因図



コンテキストメニュー

強調表示したノードを右クリックすると、テキストの変更、新しいノードの挿入、特性要因図の種類の変更などを実行できます。次の点を念頭に置いてください。

- 文字列を右クリックすると、フォントや色、テキストの配置、表示／非表示、書式を変更できます。
- ノードをクリックして強調表示し、名前を変更できます。
- ノードの位置を変更するには、ノードをクリックしてドラッグします。

〔テキスト〕メニュー

〔テキスト〕メニューには次のオプションがあります。

フォント テキストまたは数字のフォントを選択できます。

色 テキストまたは数字の色を選択できます。

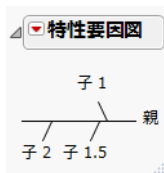
左に回転、右に回転、横に並べて表示 〔横に並べて表示〕を選択するとテキストや数字が水平になり、〔左に回転〕と〔右に回転〕で左右に90度回転します。

〔挿入〕メニュー

〔挿入〕メニューを使うと、既存のノードに項目を挿入することができます。〔挿入〕メニューには次のオプションがあります。

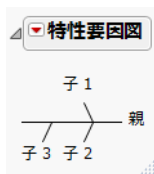
前へ 強調表示されたノードの右側に新しいノードを挿入します。たとえば、図13.6では、「子2」の前に「子1.5」を挿入しています。

図13.6 前に挿入



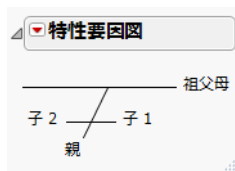
後ろへ 強調表示されたノードの左側に新しいノードを挿入します。たとえば、図13.7では、「子2」の後ろに「子3」を挿入しています。

図13.7 後ろに挿入



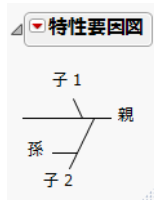
上へ 現在のノードの上のレベルに新しいノードを挿入します。たとえば、図13.8では、「親」の1つ上のレベルに「祖父母」を挿入しています。

図13.8 上に挿入



下へ 現在のノードの下レベルに新しいノードを挿入します。たとえば、図13.9では、「子2」の1つ下のレベルに「孫」を挿入しています。

図13.9 下に挿入



[移動] メニュー

[移動] メニューを使用してノードや枝を移動できます。[移動] メニューには次のオプションがあります。

最初へ 強調表示されたノードを、その親の下にある最初の位置へ移動します。

最後へ 強調表示されたノードを、その親の下にある最後の位置へ移動します。

反対側へ 強調表示されたノードを、親の線の反対側へ移動します。

左へ 水平方向に枝分かれした要素を、すべて親の左側に表示します。

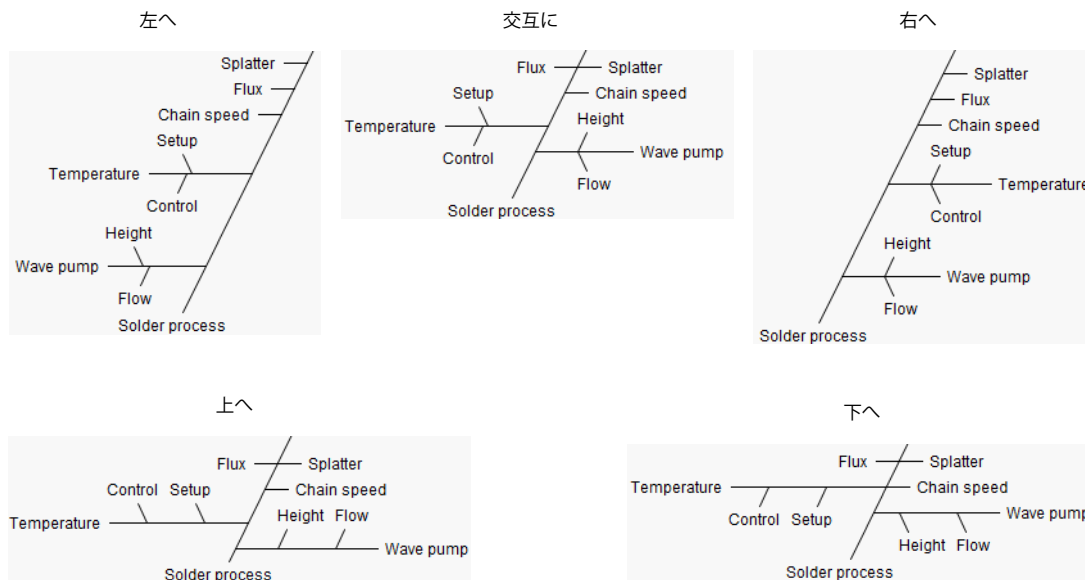
右へ 水平方向に枝分かれした要素を、すべて親の右側に表示します。

上へ 垂直方向に枝分かれした要素を、すべて親の上に表示します。

下へ 垂直方向に枝分かれした要素を、すべて親の下に表示します。

交互に 子を、親の線の両側に交互に表示します。

図13.10 移動オプション



その他のメニューオプション

強調表示したノードを右クリックしたときに表示されるメニューには、次のオプションもあります。

タイプの変更 チャート全体のタイプを [フィッシュボーン]、[階層化]、または [入れ子] に変更します。

編集不可能 [移動] と [タイプの変更] 以外のすべてのコマンドを無効にします。

テキストの折り返し幅 テキストを折り返して表示する場合のラベルの幅を指定できます。

データテーブルに出力 強調表示されているノードをデータテーブルとして保存します。特性要因図全体（特性）を強調表示すると、すべてのノードをデータテーブルとして保存できます。

閉じる 強調表示されたノードの表示／非表示を切り替えます。

削除 強調表示されたノードとその子をすべて削除します。

特性要因図の保存

特性要因図は、次のいずれかの方法で保存できます。

- データテーブルとして保存する
- ジャーナルとして保存する
- スクリプトとして保存する

特性要因図をデータテーブルとして保存する

この方法を使う場合は、次の点に注意してください。

- 他の作業でデータテーブルを更新する必要がある場合は、この保存方法が得策です。
- データテーブルではフォントや位置などのカスタマイズを表現できないため、カスタマイズの自由度は低くなります。

データテーブルとして保存するには、次の手順に従います。

1. 特性要因図全体を強調表示します。
2. 右クリックして[データテーブルに出力]を選択します。
3. 新しいデータテーブルを保存します。

特性要因図をジャーナルとして保存する

この方法を使う場合は、次の点に注意してください。

- さしあたりの作業としては、この方法が便利です。たとえば、特性要因図を手動で作成し、ジャーナルとして保存しておいて、後からそのジャーナルを開いて特性要因図の編集を続けることができます。
- カスタマイズした内容はジャーナル内にもみ保存され、ジャーナルはデータテーブルからは分離されます。

ダイアグラムをジャーナルとして保存するには、次の手順に従います。

1. 特性要因図全体を強調表示します。
2. 右クリックして[編集] > [ジャーナル]を選択します。
3. 新しいジャーナルを保存します。

特性要因図をスクリプトとして保存する

この方法を使う場合は、次の点に注意してください。

- 他の作業でこのデータテーブルを更新する必要がある場合は、この保存方法が得策です。
- データテーブルから特性要因図を作成した場合、簡単なスクリプトが作成されます。このスクリプトは該当するデータテーブルに対して再実行できますが、カスタマイズは適用されません。
- データテーブルを使わずに特性要因図を作成した場合（またはジャーナルから作成した場合）、もう少し複雑なスクリプトが作成されます。このスクリプトには、特性要因図の各部を追加およびカスタマイズするために必要なコマンドがすべて含まれています。

ダイアグラムをスクリプトとして保存するには、次の手順に従います。

1. 赤い三角ボタンのメニューから[スクリプトの保存] > [スクリプトウィンドウへ]を選択します。
2. 新しいスクリプトを保存します。

付録 **A**

複数のプラットフォームで共通する機能 品質と工程

この付録では、[分析] > [品質と工程] メニューにある多くのプラットフォームに共通する機能について説明します。具体的には、「仕様限界の管理」ユーティリティについて説明します。

目次

仕様限界の管理..... 333

「仕様限界の管理」ユーティリティの例..... 333

「仕様限界の管理」のオプション..... 335

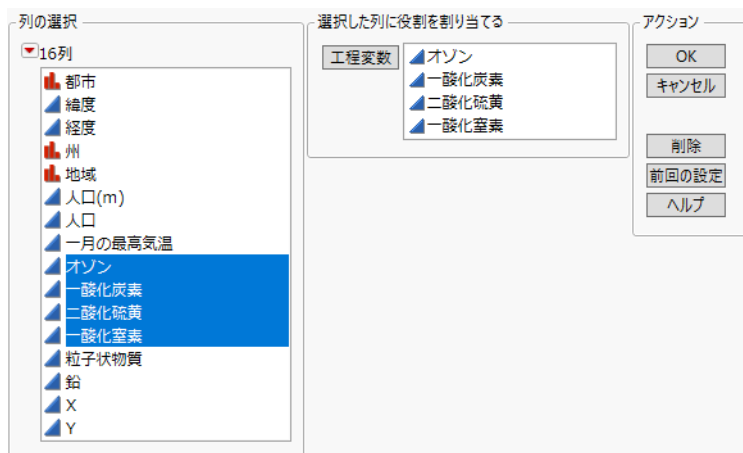
仕様限界の管理

「仕様限界の管理」ユーティリティを使用すると、複数の列に対して、仕様限界を一度にすばやく追加・編集できます。一度、仕様限界を追加すると、それらの仕様限界は後続の分析で利用できます。また、仕様限界を表す参照線をグラフに表示するかどうかも指定できます。

「仕様限界の管理」ユーティリティの例

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Cities.jmp」を開きます。
2. [分析] > [品質と工程] > [仕様限界の管理] を選択します。
3. 仕様限界をオンにする列を指定します。この例では、「オゾン」・「一酸化炭素」・「二酸化硫黄」・「一酸化窒素」を選択して、[工程変数] をクリックします。

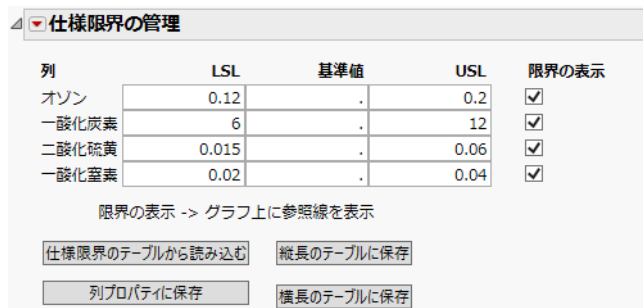
図A.1 列の指定



4. [OK] をクリックします。
5. 仕様限界を追加します。追加するには、JMP データテーブルから既存の仕様限界を読み込むか（[仕様限界のテーブルから読み込む]）、仕様限界を手動で入力します。この例では、仕様限界として次の値を手動で入力します。次の値を入力してください。
 - オゾン: LSL 0.12, USL 0.2
 - 一酸化炭素: LSL 6, USL 12
 - 二酸化硫黄: LSL 0.015, USL 0.06
 - 一酸化窒素: LSL 0.02, USL 0.04
6. [仕様限界の管理] の横の赤い三角ボタンをクリックし、[すべての列で仕様限界をグラフ表示] を選択します。

このオプションを選択すると、それらの列のグラフを作成したときに、仕様限界の参照線がグラフに描かれます。特定の列にだけ仕様限界の参照線を描きたい場合は、その列の横にある【限界の表示】チェックボックスだけをオンにします。

図A.2 仕様限界の設定



列	LSL	基準値	USL	限界の表示
オゾン	0.12	.	0.2	<input checked="" type="checkbox"/>
一酸化炭素	6	.	12	<input checked="" type="checkbox"/>
二酸化硫黄	0.015	.	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>
一酸化窒素	0.02	.	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>

限界の表示 -> グラフ上に参照線を表示

仕様限界のテーブルから読み込む 縦長のテーブルに保存

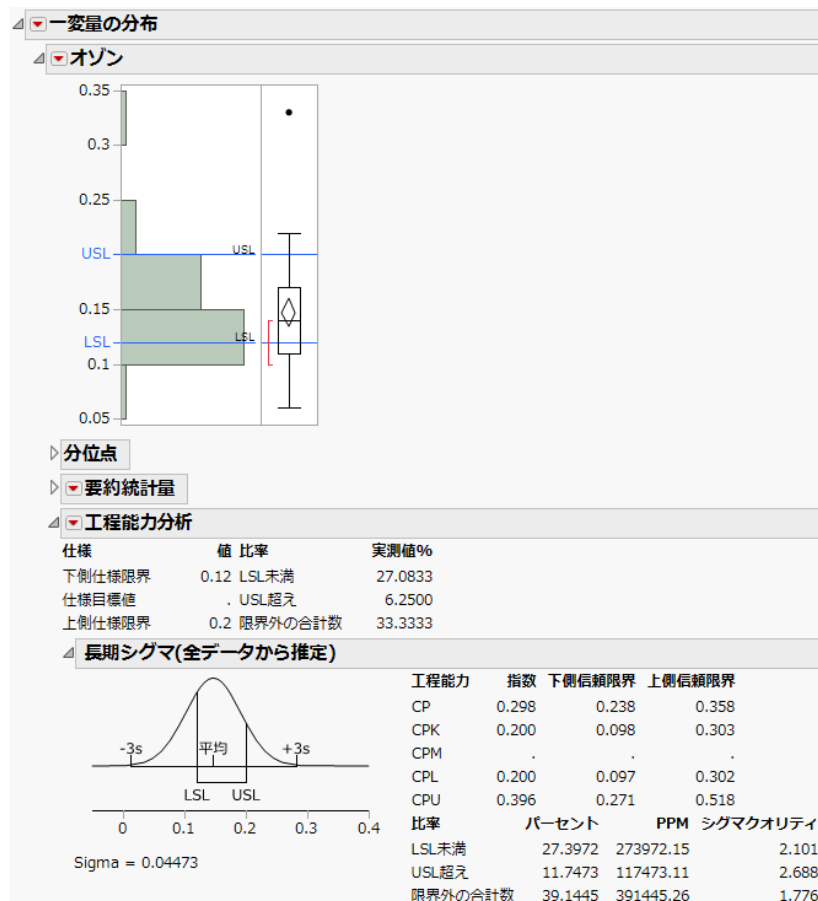
列プロパティに保存 横長のテーブルに保存

- 仕様限界の保存方法を指定します。この例では、【列プロパティに保存】をクリックします。この操作で、データテーブルの対応している列の列プロパティとして仕様限界が保存されます。新しいデータテーブルに（縦長形式または横長形式で）保存することもできます。

「Cities.jmp」データテーブルにおける列パネルで、「仕様限界」列プロパティを示すアスタリスクが「オゾン」・「一酸化炭素」・「二酸化硫黄」・「一酸化窒素」の横に表示されます。

- データテーブルにおいて仕様限界外となっているデータ値を視覚的に示すには、【仕様限界外の値に色を付ける】を選択します。このオプションを選択した後、「Cities.jmp」データテーブルを見ると、仕様限界外となっているデータ値のセルがすべて色づけされていることが分かります。
- これで工程能力分析などの分析を実行できるようになりました。この例では、【分析】>【一変量の分布】を選択します。
- 「オゾン」・「一酸化炭素」・「二酸化硫黄」・「一酸化窒素」を選択し、【Y, 列】をクリックします。
- 【OK】をクリックします。

図A.3 「一変量の分布」におけるオゾンの仕様限界



「オゾン」列に設定した仕様限界がヒストグラムに表示されます。[仕様限界] 列プロパティが列に設定されえる場合、「一変量の分布」を実行すると自動的に工程能力分析も実行されます。

「仕様限界の管理」のオプション

仕様限界を設定するウィンドウには、仕様限界を保存したり読み込んだりするボタンがあります。また、[仕様限界の管理] の横の赤い三角ボタンにもいくつかのオプションがあります。

ボタン

仕様限界のテーブルから読み込む データテーブルから仕様限界を読み込みます。

列プロパティに保存 データテーブルで対応している列の列プロパティとして仕様限界を保存します。

テーブルに保存（横長または縦長） 横長形式または縦長形式で新しいデータテーブルに仕様限界を保存します。

赤い三角ボタンのオプション

すべての列で仕様限界をグラフ表示 すべての列に対して「限界の表示」のチェックボックスを選択します。列に対して「限界の表示」チェックボックスが選択されていると、「仕様限界」列プロパティで「グラフ上に参照線を表示」オプションが選択されています。そして、「グラフ上に参照線を表示」オプションが選択されていると、グラフに参照線として仕様限界と目標値が描かれます。

メモ: なお、「限界の表示」のチェックボックスがすべて選択されている場合に、「すべての列で仕様限界をグラフ表示」オプションを選択すると、「限界の表示」の下すべてのチェックボックスが選択解除されます。

小数部分を丸める 仕様限界を丸める小数桁数を設定します。

仕様限界外の値に色を付ける 仕様限界外にあるデータ値のセルを色づけします。

以下のオプションについて詳しくは、『JMPの使用法』の「JMPのレポート」章を参照してください。

やり直し 分析を繰り返したり、やり直したりするオプションを含みます。また、「自動再計算」オプションに対応しているプラットフォームにおいては、「自動再計算」オプションを選択すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートに即座に反映されるようになります。

スクリプトの保存 レポートを再現するためのスクリプトを保存するオプションが、保存先ごとに用意されています。

-
- Agresti, A., and Coull, B. (1998). "Approximate is Better Than 'Exact' for Interval Estimation of Binomial Proportions." *The American Statistician* 52:119–126.
- American Society for Quality Statistics Division (2004). *Glossary and Tables for Statistical Quality Control*. 4th ed. Milwaukee, WI: ASQC Quality Press.
- American Society for Testing and Materials (1976). *ASTM Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials (1951). *ASTM Manual on Quality Control of Materials*. Philadelphia: ASTM.
- Automotive Industry Action Group (2002). *Measurement Systems Analysis Reference Manual*. 3rd ed. Troy, MI: Automotive Industry Action Group.
- AIAG (2005). *Statistical Process Control*. 2nd ed. Troy, MI: Automotive Industry Action Group.
- Barrentine, L. B. (1991). *Concepts for R&R Studies*. Milwaukee, WI: ASQC Quality Press.
- Bissell, A. F. (1990). "How Reliable Is Your Capability Index?" *Journal of the Royal Statistical Society, Series C* 39:331–340.
- Chou, Y.-M., Owen, D. B., and Borrego, S. A. (1990). "Lower confidence limits on process capability indices." *Journal of Quality Technology* 22:223–229.
- David, H. A. (1951). "Further Applications of Range to the Analysis of Variance." *Biometrika* 38:393–407.
- Fleiss, J. L. (1981). *Statistical Methods for Rates and Proportions*. New York: John Wiley & Sons.
- Goel, A. L., and Wu, S. M. (1971). "Determination of A.R.L. and a Contour Nomogram for Cusum Charts to Control Normal Mean." *Technometrics* 13:221–230.
- Hoffman, D. (2003). "Negative Binomial Control Limits for Count Data with Extra-Poisson Variation." *Pharmaceutical Statistics* 2:127–132.
- Kourti, T., and MacGregor, J. F. (1996). "Multivariate SPC Methods for Process and Product Monitoring." *Journal of Quality Technology* 28:409–428.
- Lucas, J. M. (1976). "The Design and Use of V-Mask Control Schemes." *Journal of Quality Technology* 8:1–12.
- Lucas, J. M., and Crosier, R. B. (1982). "Fast Initial Response for CUSUM Quality Control Schemes: Give Your CUSUM a Head Start." *Technometrics* 24:199–205.
- Meeker, W. Q., and Escobar, L. A. (1998). *Statistical Methods for Reliability Data*. New York: John Wiley & Sons.

- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. 7th ed. New York: John Wiley & Sons.
- Nair, V. N. (1984). "Confidence Bands for Survival Functions with Censored Data: A Comparative Study." *Technometrics* 26:265–275.
- Nelson, L. (1984). "The Shewhart Control Chart—Tests for Special Causes." *Journal of Quality Technology* 15:237–239.
- Nelson, L. (1985). "Interpreting Shewhart X Control Charts." *Journal of Quality Technology* 17:114–116.
- Pearn, W. L., and Kotz, S. (2006). *Encyclopedia and Handbook of Process Capability Indices*. Vol. 12 of Series on Quality, Reliability, and Engineering Statistics. New Jersey: World Scientific.
- Portnoy, S. (1971). "Formal Bayes Estimation with Application to a Random Effects Model." *The Annals of Mathematical Statistics* 42:1379–1402.
- Sahai, H. (1974). "Some Formal Bayes Estimators of Variance Components in the Balanced Three-Stage Nested Random Effects Model." *Communication in Statistics – Simulation and Computation* 3:233–242.
- Slifker, J. F., and Shapiro, S. S. (1980). "The Johnson System: Selection and Parameter Estimation." *Technometrics* 22:239–246.
- Sullivan, J. H., and Woodall, W. H. (2000). "Change-point detection of mean vector or covariance matrix shifts using multivariate individual observations." *IIE Transactions* 32:537–549.
- Tracy, N. D., Young, J. C., and Mason, R. L. (1992). "Multivariate Control Charts for Individual Observations." *Journal of Quality Technology* 24:88–95.
- Wheeler, D. J. (2004). *Advanced Topics in Statistical Process Control*. 2nd ed. Knoxville, TN: SPC Press.
- Wheeler, D. J. (2006). *EMP III Using Imperfect Data*. Knoxville, TN: SPC Press.
- Wludyka, P., and Sa, P. (2004). "A robust I-Sample analysis of means type randomization test for variances for unbalanced designs." *Journal of Statistical Computation and Simulation* 74:701–726.
- Woodall, W. H., and Adams, B. M. (1998). *Handbook of Statistical Methods for Engineers and Scientists*. 2nd ed. Chapter 7. New York: McGraw-Hill.

記号

_LimitsKey 254

σ のオプション 45, 47

α 水準の設定 160

数字

1 元層別パレート図 308

A

Aluminum Pins Historical.jmp 163

B

Bayes 法による分散成分 213

C

CUSUM (累積和) 管理図 125–137

C 管理図 116

E

EMP ゲージ R&R 分析 185

EMP 分析 184

EWMA 90

G

Gauge R&R 分析 205, 209, 214–216

H

Hotelling の T2 乗管理図 155

L

Levey-Jennings 法 95

M

MSA

起動 182

工程監視の等級分けについて 187

統計的詳細 200

例 179–182, 194–200

N

N の凡例 308

O

OC 曲線 104

P

P 管理図 115

R

R 管理図 35, 89

S

Steam Turbine Current.jmp 157

Steam Turbine Historical.jmp 155

S 管理限界 210

S 管理図 35, 89

T

T² 管理図 160

T2 乗の計算式の保存 160

T2 乗の分割 160

T2 乗の保存 160

U

UWMA 90

U 管理図 116

V

V マスク CUSUM(累積和) 管理図 139–152

W-Z

Western Electric ルール 48

XBar 管理限界 210

XBar 管理図 35, 89

Y, 原因の役割 306

Y 変数の追加 41

ア

予め集計 36, 89, 95

イ

石川ダイアグラム 321

一様性の比較 231

一様性レポート 231

一致度数 232

移動範囲管理図 89

移動平均管理図 36, 89

色 310

因子グリッドのリセット 192

ウ

ウェストガードルール 46, 51

エ

円グラフ 308

カ

カテゴリの凡例 308

管理図

C 116

P 115

R 35, 89

S 35, 89

U 116

V マスク CUSUM 125–137, 139–152

XBar 35, 89

移動範囲 89

移動平均 36, 89

個々の測定値 36, 89

管理図ビルダー

オプション 42–53

起動 40

複数のテストの削除 48

例 63–65

キ

基準セル 308, 317

級内相関 187

行の並べ替え 308

共分散行列 160

共分散行列の逆行列 160

ク

区切り線の表示 209

グラフを削除 47

繰り返し誤差の比較 184

グループ間の比率の検定 309

グループ内の比率の検定 309

グループ平均の表示 209

ケ

ゲージ分析 210

警告オプション 46

計数値データ 225

欠測値のカテゴリを含める 44

原因 308–309

原因の組み合わせ 310

原因の分離 310

限界値の取得

管理図ビルダー 44

管理図プラットフォーム 104

限界値の保存

管理図ビルダー 44

管理図プラットフォーム 104

限界のオプション 45

限界の追加オプション 46

限界の要約を表示 44

限界を超えた点のテストオプション 47

限界を表示オプション 46

検査特性曲線 104

コ

公算誤差 187

工程能力指数

正規分布に従う工程 241

非正規分布に従う工程 242

工程能力指数の表記, 工程能力分析 242

工程能力分析 90

管理図を使った 97

合理的なサブグループ化 87

個々の測定値 89

個々の測定値に対する管理図 36, 89

個々の点オプション 45

誤分類率 216

サ

最後尾に移動 310

削除オプション 53

サブグループ 40

シ

重要な原因 318

主成分の保存 160

主成分分析 160

仕様限界の読み込み 253

ス

スクリプト 209

スクリプトの設定 192

セ

設定パネルの表示 43

セル平均の表示 209

セル平均をつなぐ 209

全体シグマと群内シグマ, 工程能力分析 242

全体中央値の表示 209

全体平均の表示 209

先頭に移動 310

ソ

ゾーンオプション 46

相関行列 160

相関行列の逆行列 160

相対的度数のチャート 301

測定システム分析

MSA を参照

測定の有効桁数 184

タ

多変量管理図 155, 158–176

チ

チャートを縦に並べる 209

中央値の使用 100

中心線の表示 100

中心線の表示オプション 46

直線性分析 217

テ

適合性レポート 233

テストオプション 46

テストのカスタマイズオプション 46

点のオプション 45

点の表示 209

点の表示オプション 45

点をずらす 210

ト

統計量のオプション, 管理図 47

特性要因図 321

度数のチャート 301

度数の並べ替え 301

度数分析 308

ハ

パーセント表示 308

バイアスと交互作用の影響 187

バイアスの影響 187

バイアスの比較 184

箱ひげ図の表示 209

ばらつき図の種類 183

ばらつき図の追加 46

パレート図

オプション 309

例 310

範囲図 184

範囲バーの表示 209

判定者内の一致性 231

ヒ

層別パレート図 303, 307

非正規分布に従う工程, 工程能力分析 242

非正規分布のオプション, 工程能力分析 251

表形式CUSUM(累積和)管理図 125-137

標準偏差図 184, 210

標準偏差のグループ平均 210

標準偏差の平均 210

標準偏差プロット 211

標本サイズの設定 46

フ

フィッシュボーンチャート 321

フェーズ 41

フェーズの検出 160

プロットのグループ化解除 308

分散成分 185, 210, 212

分析の設定 183

分析方法 183

分類変数 303

へ

平均図 184

平均のひし形 210

平均の表示 160

平均プロット 211

平行性図 184

変化検出プロファイル 185, 188

変動性図プラットフォーム 208-211

Gauge R&R 214-216

オプション 209

起動 211

変動性要約レポート 210

マ

マーカー 310

マルチバリチャート 205

モ

目標統計量の取得 158

目標統計量の保存 156, 160

モデルタイプ 183

ヤ

役割

工程 303

ユ

有意水準の指定 183

有効性レポート 232

ヨ

要約の保存 44, 101

ラ

ラベル 310

ランチャート 95

ル

累積度数のチャート 301

累積パーセント曲線の色 309

累積パーセント曲線の表示 309

累積パーセント軸の表示 309

累積パーセント点の表示 309-310

累積パーセント点のラベル 309

レ

列の並べ替え 308