



バージョン14

プロファイル機能

「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・プルースト

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 プロファイル機能』 Cary, NC: SAS Institute Inc.

JMP® 14 プロファイル機能

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默示的な保証を含め、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默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默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、業務の中止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默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默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、業務の中止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默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默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、付隨的損害、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、業務の中止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默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默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、付隨的損害、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、業務の中止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、サプライセンスする、もしくはコピーを販売する権利を含むがそれに限らず、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、業務の中止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默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默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、業務の中止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

プロファイル機能

1 JMPの概要	13
マニュアルとその他のリソース	
表記規則	15
JMPのマニュアル	15
JMPドキュメンテーションライブラリ	16
JMPヘルプ	22
JMPを習得するためのその他のリソース	22
チュートリアル	22
サンプルデーターテーブル	22
統計用語とJSL用語の習得	23
JMPを使用するためのヒント	23
ツールヒント	23
JMP User Community	24
JMP関連書籍	24
「JMPスター」ウィンドウ	24
テクニカルサポート	24
2 プロファイルについて	25
応答曲面の視覚化と最適化	
プロファイルプラットフォームの概要	27
プロファイルについて	28
JMPのプロファイル機能	28
「プロファイル」起動ウィンドウ	30
あてはめのグループ	31
プロファイルの解釈	31
「プロファイル」プラットフォームのオプション	35
プロファイルに関する共通の機能	36
線形制約	36
誤差因子	38
3 プロファイル	41
応答曲面の断面を因子ごとに調べる	
予測プロファイルの例	43
「予測プロファイル」プラットフォームの起動	44
「予測プロファイル」のオプション	45

満足度プロファイルと最適化	50
満足度関数の作成	51
満足度関数の使用法	52
満足度プロファイル	53
カスタマイズした満足度関数	54
変数重要度の評価	56
バギング	59
予測プロファイルの別例	60
応答変数が複数ある場合の満足度関数の例	60
モデルに誤差因子が含まれる例	62
1つの応答変数に対する変数重要度の例	67
複数の応答変数に対する変数重要度の例	69
バギングを使用して予測精度を高める例	71
バギングを使用して予測精度を測る例	74
「予測プロファイル」の統計的詳細	77
変数重要度の評価	77
誤差伝播の法則による区間	79
4 等高線プロファイル	81
2因子に対する応答変数の等高線図を調べる	
等高線プロファイルの概要	83
等高線プロファイルの例	83
「等高線プロファイル」プラットフォームの起動	85
「等高線プロファイル」レポート	85
因子の設定パネル	85
応答の設定パネル	86
「等高線プロファイル」プラットフォームのオプション	87
制約の陰影の設定	88
等高線プロファイルの別例	88
5 曲面プロット	93
3因子に対する応答変数の等値面を調べる	
曲面プロットおよび曲面プロファイルの概要	95
「曲面プロット」プラットフォームの例	95
「曲面プロット」プラットフォームの起動	98
「曲面プロット」レポート	99
曲面プロット	100
「表示形式」設定パネル	101
独立変数	102
従属変数	103
「曲面プロット」プラットフォームのオプション	104
ポップアップメニューのオプション	105
「従属変数」のオプション	106

曲面のプロパティ	107
キーボードショートカット	109
「曲面プロット」プラットフォームの別例	109
1つの数学関数の曲面プロットを生成する	109
等値面のプロット	110
6 配合プロファイル	113
三角図で因子の効果を調べる	
配合プロファイルの概要	115
三角図の概要	115
配合成分が4つ以上の三角図	116
配合プロファイルの例	117
「配合プロファイル」プラットフォームの起動	118
「配合プロファイル」レポート	118
因子の設定パネル	118
応答の設定パネル	119
「配合プロファイル」プラットフォームのオプション	119
配合プロファイルのカスタマイズ	120
線形制約	121
「配合プロファイル」プラットフォームの別例	121
配合成分以外の因子を含む例	122
複数の応答変数と5つの配合成分がある例	124
7 カスタムプロファイル	129
数値計算により応答曲面を調べる	
カスタムプロファイルの概要	131
カスタムプロファイルの例	131
「カスタムプロファイル」プラットフォームの起動	133
「カスタムプロファイル」レポート	134
因子の設定パネル	134
応答の設定パネル	135
最適化の設定パネル	135
「カスタムプロファイル」プラットフォームのオプション	136
8 シミュレータ	137
因子におけるばらつきの影響を調べる	
シミュレータの概要	139
シミュレータの例	139
シミュレータの起動	142
因子に対するシミュレーションの設定	142
応答変数に対するシミュレーションの設定	144
「シミュレータ」レポート	145
「シミュレータ」レポートのオプション	145

不適合率プロファイル	146
許容差設計の紹介	147
グラフのスケール	147
不適合率	148
シミュレーションの手法と詳細	148
メモ	148
不適合率パラメトリックプロファイル	149
シミュレーション実験	150
仕様限界	150
シミュレータの別例	150
不適合率プロファイルの例	151
確率的最適化の例	154
一般的な計算式のシミュレーションの例	162
シミュレータの統計的詳細	165
9 Excel プロファイル	167
Microsoft Excelで保存したモデルを視覚化する	
Excel プロファイルの概要	169
Excel モデルの例	169
JMP プロファイルの実行	171
線形制約の使用	172
プロファイル線の解像度	172
Excel のモデルを JMP から読み込む	173
A 参考文献	175
索引	177
プロファイル機能	

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	15
JMP のマニュアル	15
JMP ドキュメンテーションライブラリ	16
JMP ヘルプ	22
JMP を習得するためのその他のリソース	22
チュートリアル	22
サンプルデータテーブル	22
統計用語と JSL 用語の習得	23
JMP を使用するためのヒント	23
ツールヒント	23
JMP User Community	24
JMP 関連書籍	24
「JMP スターター」 ウィンドウ	24
テクニカルサポート	24

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	[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： <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 [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。

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	[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： <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• 散布団行列• 三角図• ツリーマップ• チャート• 重ね合わせプロット 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。
『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	[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： <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">• 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">• 曲線のあてはめ• 非線形回帰• 関数データエクスプローラ• 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">• 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プローラ <p>[分析] > [発展的なモデル] > [発展的な実験計画モデル] で使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"> • 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"> • 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"> • 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	[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： <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	[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： <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 を使うま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いでしよう。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

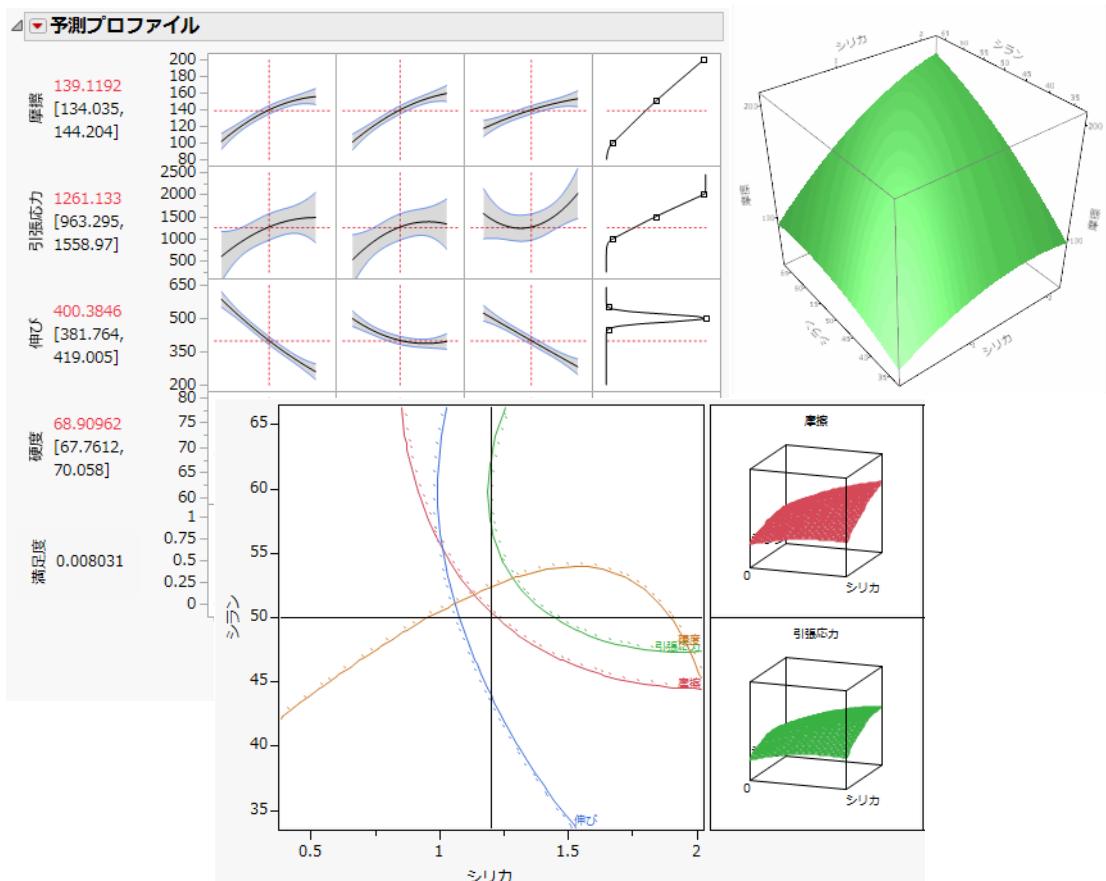
JMP のテクニカルサポートは、JMP のエンジニアが担当し、その多くは、統計学などの技術的な分野の知識を有しています。

<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。

プロファイルについて 応答曲面の視覚化と最適化

「プロファイル」は、応答曲面を視覚化し、因子を1~2個ずつ変化させた時の変化を調べます。プロファイルには、応答曲面の断面が描かれます。プロファイルでは、応答曲面の変化を対話的に検討できます。モデルをデータにあてはめただけでは、分析は終わりません。モデルの適合度を見て、応答曲面を吟味し、そして、応答を最適化する因子の値を求めて、初めて分析は完結します。

図2.1 プロファイルの例



目次

プロファイルプラットフォームの概要	27
プロファイルについて	28
JMPのプロファイル機能	28
「プロファイル」起動ウィンドウ	30
あてはめのグループ	31
プロファイルの解釈	31
「プロファイル」プラットフォームのオプション	35
プロファイルに関する共通の機能	36
線形制約	36
誤差因子	38

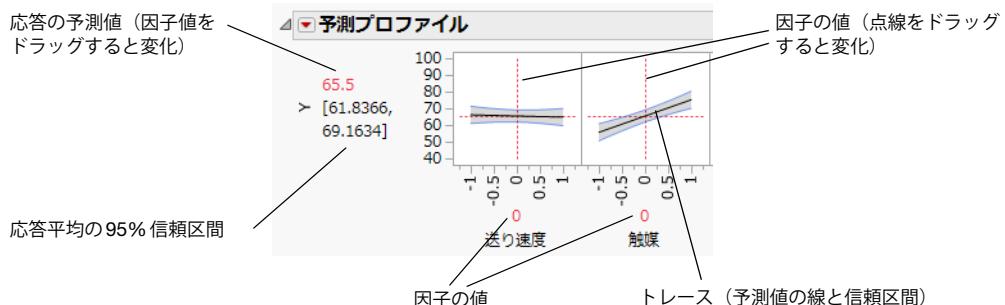
プロファイルプラットフォームの概要

「予測プロファイル」は、各 X 变数で応答曲面を切ったときの「断面図」を描画します（図 2.2 参照）。この「断面図」は、他の X 变数の値は固定したまま 1 つの X 变数だけを変化させた時の、応答变数の予測値の変化をトレースしたグラフになっています。予測プロファイルでは、X 变数の値を変更すると、プロファイルと応答の予測値が（自動的にリアルタイムで）再計算されます。

- 各 X 变数に対して表示される縦の点線は、現在の値を示す現在の設定を示します。名義尺度の变数の場合、X 軸はカテゴリを示します。
各 X 变数の現在の値が、因子名の上に表示されます。この値を変更するには、グラフの中をクリックするか、または点線を任意の値までドラッグします。
- 横の点線は、X 变数の現在値に対する各 Y 变数の予測値を示します。
- プロット内の黒色の線を見ると、個々の X 变数の値を変更したときに予測値がどのように変化するかがわかります。いくつかの分析プラットフォームにおけるプロファイルでは、予測値の 95% 信頼区間が、連続变数の場合は青い実線の曲線で、カテゴリカル变数の場合は誤差バーで、予測トレースの周りに描かれます。連続变数の場合は、信頼区間の領域に陰影が描かれます。

「予測プロファイル」は、一度に 1 つずつ变数の値を変化させたときに、応答变数の予測値にどのような影響を及ぼすかを描画したグラフです。

図 2.2 予測プロファイルの図解



予測プロファイルは、次の場合には予測値の信頼区間を求めます。ある 1 つの応答变数について、予測式の列だけではなく、標準誤差の計算式の列も保存されており、それら 2 列をプロファイルに指定した場合です。その場合、それらの列ごとに 1 つずつプロファイルが作成されるのではなく、標準誤差から信頼区間が求められ、予測値とともに信頼区間が描画されます。

プロファイルについて

応答曲面は、説明変数（因子）Xと応答変数（目的変数）Yが1つずつであれば簡単にグラフにできます。しかし、変数が複数あると、グラフで描くのは難しくなります。JMPのプロファイルを使えば、応答曲面のさまざまな断面を、対話的に見ることができます。

最適な因子設定を見つけ、望ましい応答を得るには、満足度プロファイルと最適化の機能が役立ちます。ほとんどのプロファイルは、計算速度向上させるため、マルチスレッドにも対応しています。因子にはばらつき（変動）がある場合には、シミュレーションと不適合率プロファイルによって、因子のばらつきに対してロバスト（頑健）な設定を知ることができます。

- 「JMP のプロファイル機能」
- 「「プロファイル」起動ウィンドウ」
- 「あてはめのグループ」

JMP のプロファイル機能

JMPには、数種類のプロファイル機能が用意されています。これらは、メインメニューの【グラフ】から呼び出せるだけでなく、様々なプラットフォームのなかで使われています。メインメニューの【グラフ】から呼び出せる機能を用いると、データ列の計算式からプロファイルを作成できます。

表2.1 プロファイル機能の概要

	説明	機能
予測プロファイル	各説明変数（各因子）で縦にスライスした断面を示す。このとき他の説明変数は現在の値に固定されている	満足度・最適化・シミュレータ・誤差の伝播
等高線プロファイル	2因子に対する等高線を描いた横の断面	シミュレータ
曲面プロファイル	2因子に対する応答曲面を描いた3次元プロット。または3因子に対する等高曲面。	曲面のグラフ化
配合プロファイル	配合因子に対する等高線プロファイル	三角図と等高線
カスタムプロファイル	数値を最適化する、グラフを描かないプロファイル	一般的な最適化やシミュレータ
Excel プロファイル	Excel ワークシートに保存されているモデル（計算式）からプロファイルを作成する	Excel モデルを使ったプロファイル

表2.2に、使用できるプロファイルの種類を示します。カスタムプロファイルは、[グラフ] メニューからのみ使用できます。(ただし、「モデルの比較」プラットフォームでは、カスタムプロファイルを使用できます。)

表2.2 JMP プロファイルの場所

場所	プロファ イル	等高線プロ ファイル	曲面プロ ファイル	配合プロ ファイル
[グラフ] メニュー (専用プラットフォーム)	○	○	○	○
モデルのあてはめ: 最小2乗	○	○	○	○
モデルのあてはめ: 一般化回帰	○			
モデルのあてはめ: 混合モデル	○	○	○	○
モデルのあてはめ: ロジスティック	○			
モデルのあてはめ: 対数線形 - 分散	○	○	○	
モデルのあてはめ: 一般化線形モデル	○	○	○	
モデルのあてはめ: PLS回帰	○			
ニューラル	○	○	○	
モデルの比較	○	○	○	○
非線形回帰: 因子と応答	○	○	○	
非線形回帰: パラメータと SSE	○	○	○	
非線形回帰: 曲線のあてはめ	○			
Gauss 過程	○	○	○	
PLS回帰	○			
寿命の一変量	○			
寿命の二変量	○		○	
再生モデルによる分析	○			
選択モデル	○			
カスタム計画予測分散	○		○	

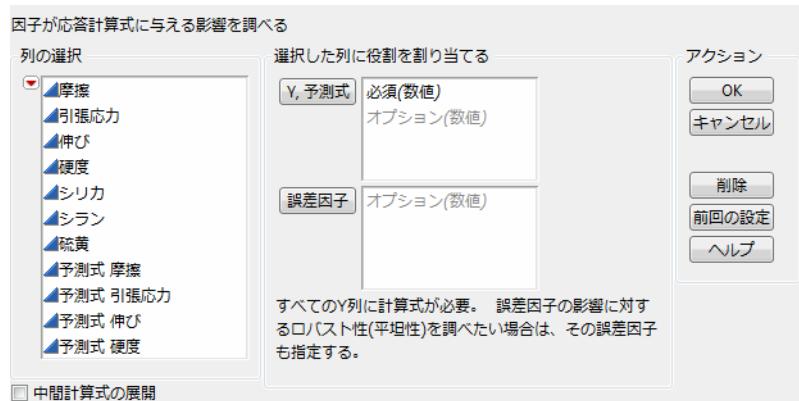
メモ: 本書に出てくる次の用語は、それぞれ同義です。

- 説明変数・因子・入力変数・X列・独立変数・(因子の) 設定・項
- 目的変数・応答・応答変数・出力変数・Y列・従属変数・結果 (アウトカム)

「プロファイル」起動ウィンドウ

別の分析プラットフォームからではなく、[グラフ] メニューからプロファイルを起動する場合は、計算式が含まれている列を [Y, 予測式] に指定します。ここで指定する計算式の列は、予め、分析プラットフォームなどをを利用して保存しておく必要があります。

図2.3 「プロファイル」起動ウィンドウ



計算式の中で参照されている列が、プロファイルの X 列になります（ただし、その列が [Y, 予測式] に指定されている場合は、その列は X 列として使われません）。

Y, 予測式 応答変数の予測式を計算式として含む列。

誤差因子 微分した式をプロファイルする場合に使用します。誤差因子の詳細については、「誤差因子」（38 ページ）を参照してください。

中間計算式の展開 Y列の計算式に使われている列が、さらに計算式を含んでいる場合に、その内側の計算式が展開され、そこで参照されている列がプロファイルの X 列になります。このオプションが選択したときに計算式が展開されないようにするには、列プロパティで「その他」を選択し、「計算式の展開」（英語は、「Expand Formula」）という名前の列プロパティを作成し、その値を 0 とします。詳細は、「[中間計算式の展開](#)」を参照してください。

「曲面プロット」プラットフォームについては、「曲面プロット」章に説明があります。「曲面プロファイル」と「曲面プロット」プラットフォームは似ていますが、「曲面プロット」の方がより多くの機能を備えています。「曲面プロット」と「曲面プロファイル」には、他のプロファイルに共通する一部の機能が備わっていません。

中間計算式の展開

「プロファイル」起動ウィンドウには「中間計算式の展開」というチェックボックスがあります。このオプションをオンにしておくと、プロファイルの作成に使う計算式にさらに他の列への参照を含んだ計算式が入っている場合、中間の計算式ではなく最終的な参照先を考慮してプロファイルが作成されます。

たとえば、2水準（AとB）のロジスティック回帰をあてはめる場合を考えてみましょう。計算式（**Prob[A]** と **Prob[B]**）は、**Lin[x]**列の関数であり、さらに **Lin[x]**自体は、別の列**x**の関数です。そこで、[中間計算式の展開] を選択して **Prob[A]** のプロファイルを作成すると、**Lin[x]**ではなく **x**を参照先としてプロファイルが作成されます。

また、[中間計算式の展開] チェックボックスがオンになっているときは、プラットフォームの赤い三角ボタンのメニューにおいて [展開した計算式を保存] コマンドが使用可能になります。このコマンドを使用すると、中間の列ではなく最終の列の関数として作成されたプロファイルの計算式が新しい列に保存されます。

あてはめのグループ

「モデルのあてはめ」プラットフォームで、複数のY変数に対してREMLまたはステップワイズ法の手法を指定した場合、「あてはめのグループ」レポートに複数の結果がまとめられて表示されます。このレポートでは、複数のY変数を1つのプロファイルにまとめて表示できます。「あてはめのグループ」の赤い三角ボタンのメニューに、複数のY変数をまとめたプロファイルを作成するためのコマンドがあります。なお、個別にプロファイルを作成したい場合は、それぞれの「モデルのあてはめ」レポートからプロファイルのコマンドを選択してください。

ステップワイズ法でBy変数を指定した場合も、「あてはめのグループ」レポートが作成されます。このレポートでも、複数のモデルが1つのプロファイルにまとめられます。

また、スクリプト言語のFit Groupコマンドを使えば、さまざまなプラットフォームであてはめた複数のモデルを、1つのプロファイルにまとめることができます。詳細については、『スクリプトガイド』の「プラットフォームのスクリプト」章を参照してください。

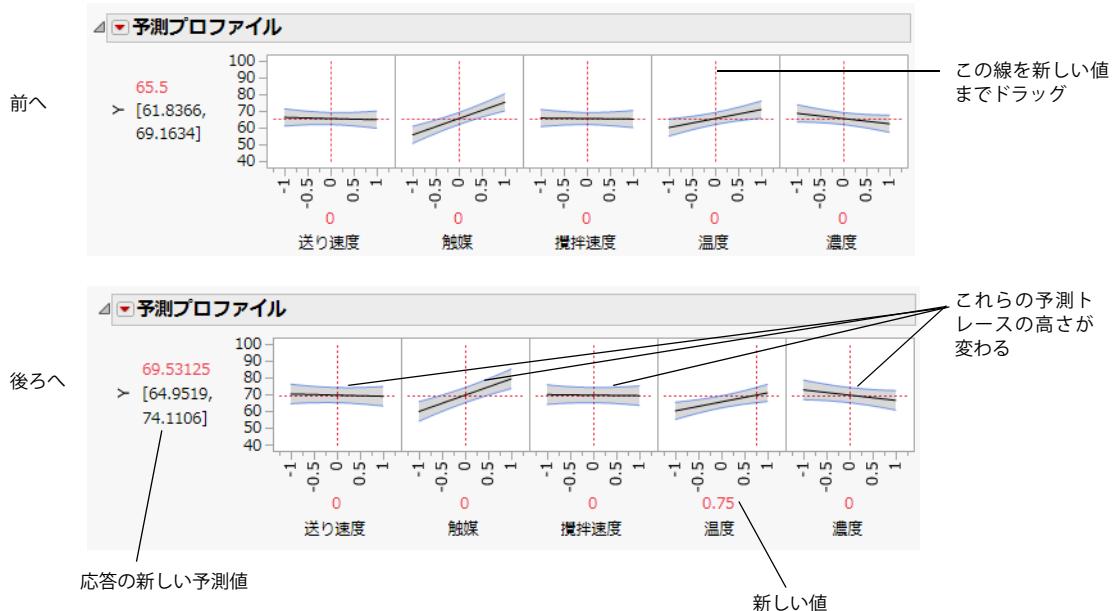
プロファイルの解釈

図2.4は、予測プロファイルの使い方を説明しています。予測プロファイルを解釈する際、次のような点に注意が必要です。

- 因子の重要度は、予測トレースの傾きによって、ある程度は評価できます。モデルに曲面項（2乗項など）がある場合は、トレースが曲線になる因子もあります。
- 因子の値を変更してもその因子の予測トレースは変化しませんが、他のすべての因子の予測トレースは変化します。応答変数（Y）の値を示す水平線は、Xの現在値を表す垂直線と予測トレースとの交点を必ず通ります。

メモ: モデルに交互作用または交差積がある場合は、他の項の値を変更すると、予測トレースの傾きと形が変わります。この変化は、交互作用効果の大きさを表します。交互作用効果がない場合は、トレースの高さが変わるだけで、傾きや形は変わりません。

図2.4 1つの因子を0から0.75に変更



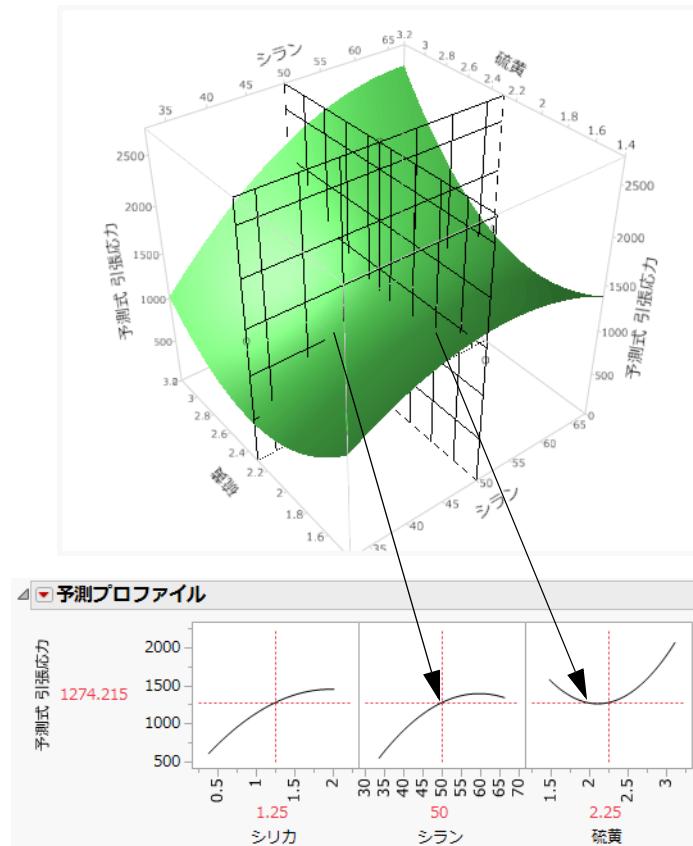
特に、応答変数が複数あり、複雑な基準を使って最適化したい場合は、予測プロファイルが役に立ちます。

グラフの中をクリックするか、現在値の線を左右へドラッグすると、因子の値が変わります。応答変数の値が変化する様子は、グラフ内の水平線を見ているとわかります。軸をダブルクリックすると、軸の設定を変更するためのウィンドウが開きます。

断面としてのプロファイル

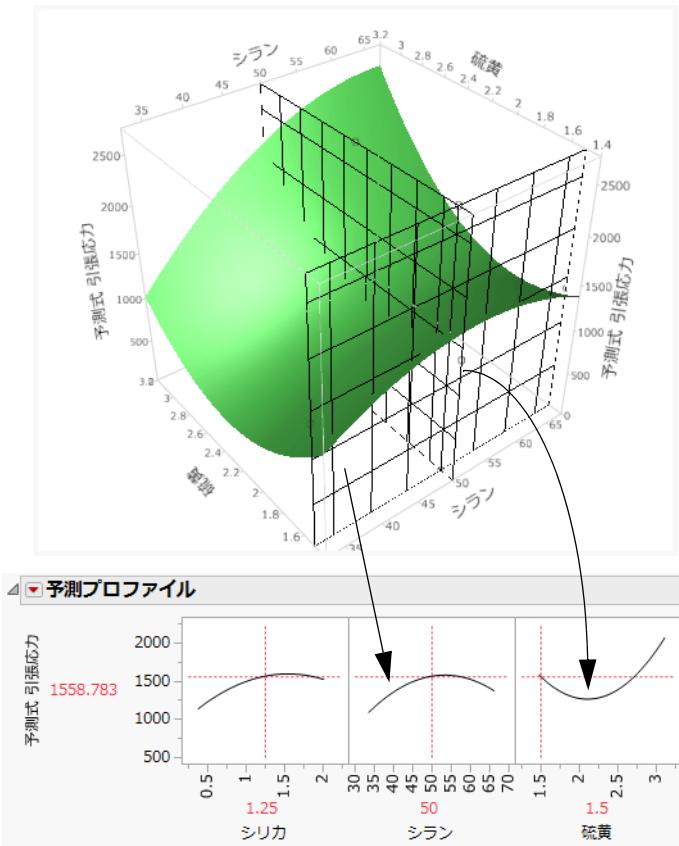
「Tiretread.jmp」データを例として、「シリカ」の値を固定し、「引張応力」を「硫黄」と「シラン」の関数として表した式の応答曲面を見てみましょう。グリッドは、「硫黄」の値2.25において「シラン」と平行に曲面を切断しています。グリッドと曲面の交差線に注目してください。この交差線をたどっていったものが、「シラン」のプロファイルです。同じように、グリッドは、「シラン」の値50において「硫黄」と平行に曲面を切断しています。この交差線をたどっていったものが、「硫黄」のプロファイルです。

図2.5 断面としてのプロファイル



次に、「硫黄」の値を 2.25 から 1.5 に変えてみましょう。

図2.6 断面としてのプロファイル

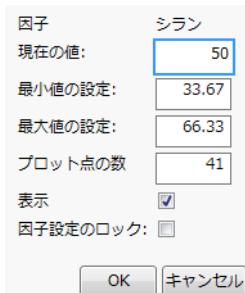


予測プロファイルを見ると、「硫黄」の新しい値は同じ曲線上に沿って動いているだけで、「硫黄」の曲線自体には変化がありません。しかし、「シラン」のプロファイルは、新しい「硫黄」の値で作成されているので、変化しています。前よりも位置が全体的に高く、頂点がずれて現在の値（50）に近くで最大となっています。

因子値の設定とロック

Altキー（Macintoshの場合はOptionキー）を押しながらグラフ内をクリックすると、因子設定を入力するためのウィンドウが開きます。

図2.7 連続尺度の因子の「因子設定」ウィンドウ



連続尺度の因子については、次の値を指定できます。

現在の値 プロファイルを計算する際の基準となる値。グラフ内では赤色の縦線で示されます。

最小値の設定 因子のX軸における最小値。

最大値の設定 因子のX軸における最大値。

プロット点の数 因子の予測トレースをプロットするときに使用する点の個数。

表示 因子をプロファイルに表示するかどうかを指定します。

因子設定のロック 因子の値を現在の設定で固定します。

「プロファイル」プラットフォームのオプション

「プロファイル」のタイトルバーにある赤い三角ボタンのメニューを開くと、次のようなオプションが表示されます。

プロファイル 予測プロファイルの表示／非表示が切り替わります。

等高線プロファイル 等高線プロファイルの表示／非表示が切り替わります。

カスタムプロファイル カスタムプロファイルの表示／非表示が切り替わります。

曲面プロファイル 曲面プロファイルの表示／非表示が切り替わります。

配合プロファイル 配合プロファイルの表示／非表示が切り替わります。

Flash(.SWF)形式で保存 (機能的に制限された) プロファイルをAdobe Flashファイルとして保存します。

保存されたFlashファイルは、プレゼンテーションやWebアプリケーションで利用できます。HTMLページも保存し、プロファイルをブラウザで表示することもできます。[Flash (.SWF)形式で保存] コマンドは、応答変数がカテゴリカルな場合には使用できません。このオプションの詳細については、

<http://wwwjmp.com/support/swfhelp/ja/> を参照してください。

JMP上のプロファイルでは、JMPでサポートされているすべての関数が使えます。しかし、Flashファイルのプロファイルで使える関数は次のものに限られています。Add、Subtract、Multiply、Divide、Minus、Power、Root、Sqrt、Abs、Floor、Ceiling、Min、Max、Equal、Not Equal、Greater、Less、GreaterorEqual、LessorEqual、Or、And、Not、Exp、Log、Log10、Sine、Cosine、Tangent、SinH、CosH、TanH、ArcSine、ArcCosine、ArcTangent、ArcSineH、ArcCosH、ArcTanH、Squish、If、Match、Choose。

メモ:一部のプラットフォームで作成される列の計算式に対しては、[Flash (SWF)形式で保存] オプションを使用できません。

計算式の表示 スクリプトウィンドウが開き、プロファイルに使われている計算式がすべて表示されます。

OPTMODELの計算式 SASプロシージャのOPTMODEL用コードを作成します。CtrlキーとShiftキーを押して赤い三角ボタンをクリックすると、[OPTMODELの計算式] を選択できます。

多くのプラットフォームで、次のオプションを使用できます。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。

プロファイルに関する共通の機能

- 「線形制約」
- 「誤差因子」

線形制約

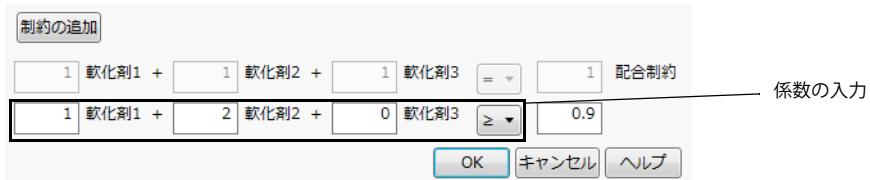
「予測プロファイル」、「カスタムプロファイル」、「配合プロファイル」では、線形制約を設定できます。線形制約を入力する2通りの方法について、以下で説明します。

赤い三角ボタンのメニューのオプション

赤い三角ボタンのメニューを使って線形制約を入力する場合は、「予測プロファイル」または「カスタムプロファイル」のメニューから [線形制約の変更] を選択します。

ウィンドウが開いたら、[制約の追加] ボタンをクリックし、テキストボックスに係数を入力します。たとえば、 $p1 + 2*p2 \geq 0.9$ という制約を入力するときは、図2.8のように係数を入力します。配合計画のデータからプロファイルを作成する場合は、図にあるように、配合計画における制約式（配合因子を合計すると1になる制約式）が予め設定されています（このデフォルトの制約式は、変更することができません）。

図2.8 係数の入力



[OK] をクリックすると、プロファイルのトレースが更新され、制約を組み込んだ状態で以降の分析と最適化が行われます。

追加しようとした制約に実現可能な解がない場合は、ログにメッセージが記録され、制約は追加されません。制約制約を削除するには、すべての係数に0を入力します。

あるプロファイルに加えた制約は、保存しない限り、他のプロファイルに適用することができません。たとえば、「予測プロファイル」に加えた制約を「カスタムプロファイル」で使用することはできません。他のプロファイルでも現在の制約を適用するためには、そのプロファイルにおいて赤い三角ボタンのメニューを使うか、次節で説明する [線形制約の保存] コマンドを使って制約を保存します。

「制約」のテーブルスクリプト

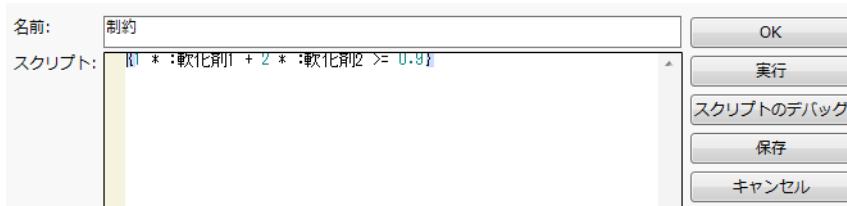
あるプロファイルに加えた制約を他のプロファイルにも適用したいときは、プラットフォームの赤い三角ボタンのメニューにある [線形制約の保存] コマンドを使います。たとえば、「予測プロファイル」に制約を加えた場合は、「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューにある [線形制約の保存] を選択します。そうすると、「制約」という名前のテーブルスクリプトが作成されます。このテーブルスクリプトの例を図2.9に示します。

図2.9 「制約」テーブルスクリプト

塑性剤	軟化剤1
● 1	0.474
● 2	0.726
● 3	0.849

「制約」テーブルスクリプトは、制約式を含んでいるリストです。このリストは、編集が可能です。また、「制約」テーブルスクリプトとして保存しておけば、他のプロファイルでも自動的に使用されますので、処理ごとに制約を入力し直す必要がなくなります。「制約」を表示または編集するには、赤い三角ボタンを右クリックし、[編集] を選択します。図2.8の制約の内容を図2.10に示します。

図2.10 「制約」の例



「制約」テーブルスクリプトは手動で作成することもできます。それには、テーブル名の隣にある赤い三角ボタンをクリックしてメニューを開き、[新規スクリプト] を選択します。

メモ: 「制約」テーブルスクリプトを手動で作成するときは、必ず「制約」という名前をつけてください。また、制約変数の名前が、大文字と小文字の区別も含め、必ず列名と一致していることを確認してください。たとえば、図2.10で、列名が「p1」、「p2」である場合には、「P1」、「P2」と入力することはできません。

「制約」テーブルスクリプトは、実験計画において線形制約を指定したときにも作成されます。

[線形制約の変更] と [線形制約の保存] の両コマンドは、「配合プロファイル」では使用できません。「配合プロファイル」の処理に線形制約を設定するには、この節で説明した方法に従って「制約」テーブルスクリプトを作成する必要があります。

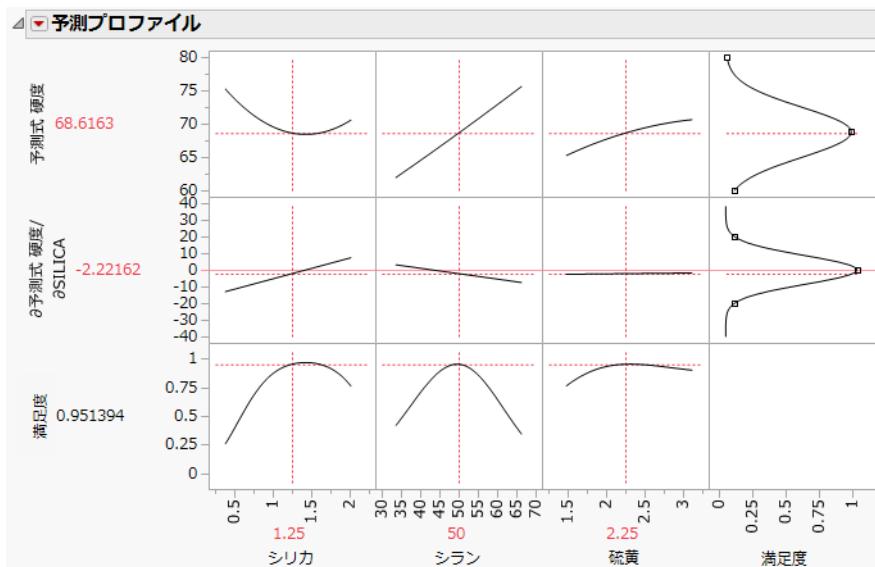
誤差因子

メモ: 誤差因子を含む状況での最適化は、予測プロファイル、等高線プロファイル、カスタムプロファイル、配合プロファイルで使用できます。

工程変数にばらつき（変動）がある状況でも、安定して許容範囲内になる製品を製造できるような設計を、「ロバスト設計」と言います。実験では制御できる因子のなかには、実際の現場では制御できないばらつきをもつ因子もあります。一般的に、因子がもつばらつきは、応答に対して影響を与えます。応答に伝達されるばらつきを、伝達変動（transmitted variation）と呼びます。このようなばらつきのある因子を誤差因子といいます。その一部は、環境誤差因子など、実際の現場だけではなく実験においても制御できないものもあります。いくつかの因子に関して、平均は自分が望むものに変更できるかもしれません、多くの場合、標準偏差は制御できません。異なる製造段階から生じる中間生産物に関する因子では、標準偏差を制御できないケースがほとんどです。

工程をロバストにするには、誤差因子に関して応答曲面が最も平坦になるところに設定を合わせ、誤差因子が工程に及ぼす影響を最小限に抑えるアプローチが有効です。「応答曲面が最も平坦になるところ」は、数学的に言えば、各応答を各誤差因子について一次微分した式（1階導関数）が0になるようなところです。JMPのプロファイルには、微分式を自動的に計算する機能もあります。

図2.11 誤差因子の例



誤差因子のあるモデルは、次の手順で分析します。

- 適切なモデルを（[モデルのあてはめ] などで）あてはめます。
- 【保存】 > 【予測式】 コマンドを使ってモデルをデータテーブルに保存します。
- 【プロファイル】 を起動します（[グラフ] メニュー）。
- 予測式に [Y, 予測式] の役割を割り当て、誤差因子に [誤差因子] の役割を割り当てます。
- 【OK】 をクリックします。

作成されたプロファイルには、応答関数を誤差因子で微分した式が表示されています。微分式に対する満足度関数は、0のときに満足度が最大になるように設定されています。

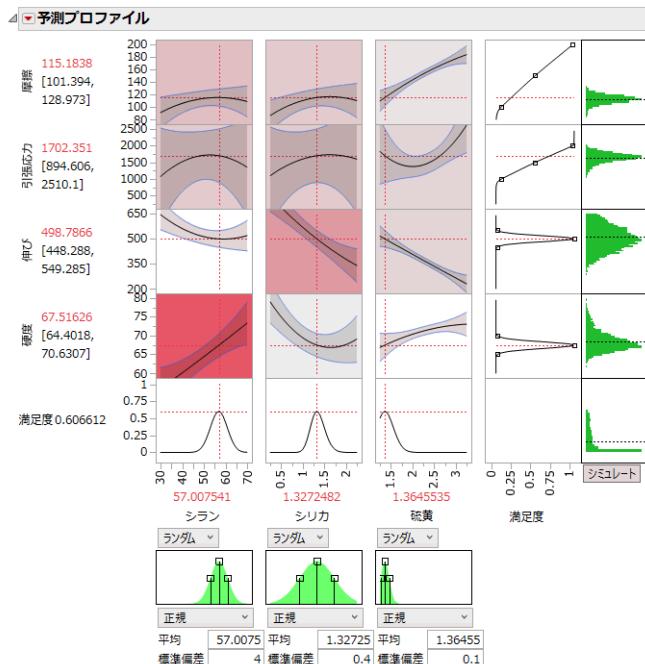
- 【プロファイル】 メニューから 【最適化と満足度】 > 【満足度の最大化】 を選択します。
これにより、誤差因子から生じる伝達変動を最小に抑えながら、因子の最適設定が探し出されます。

プロファイル 応答曲面を因子ごとに調べる

「予測プロファイル」では、モデルの様々な情報を確認できます。予測プロファイルでは、次のことができます。

- 各因子の設定を変更したときに、予測モデルがどのように変化するかを確認する。
- 1つまたは複数の応答変数について目標を設定し、その目標を達成するための因子設定を探る。
- 因子の変化に対するモデルの感度を知る。
- 因子の重要度を評価する。この機能は、線形モデルのみならず、非線形モデルなどの複雑なモデルでも使えます。
- 因子や応答を乱数でシミュレートし、シミュレーションの結果を検討する。

図3.1 4つの応答を指定した予測プロファイル（シミュレータと重要度の色付けを適用）



目次

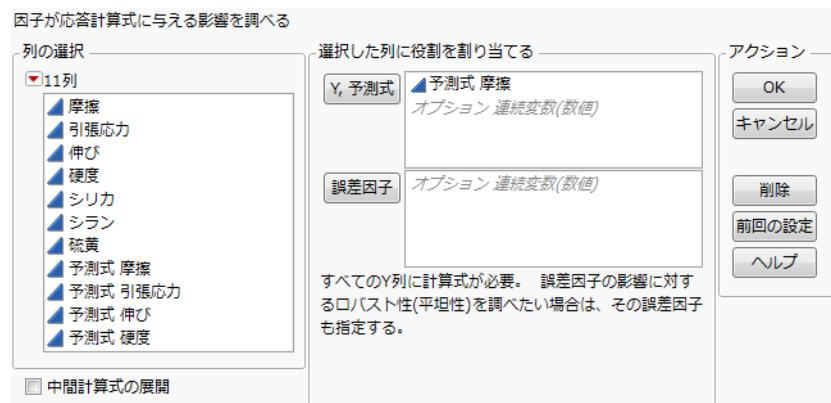
予測プロファイルの例	43
「予測プロファイル」プラットフォームの起動	44
「予測プロファイル」のオプション	45
満足度プロファイルと最適化	50
満足度関数の作成	51
満足度関数の使用法	52
満足度プロファイル	53
カスタマイズした満足度関数	54
変数重要度の評価	56
バギング	59
予測プロファイルの別例	60
応答変数が複数ある場合の満足度関数の例	60
モデルに誤差因子が含まれる例	62
1つの応答変数に対する変数重要度の例	67
複数の応答変数に対する変数重要度の例	69
バギングを使用して予測精度を高める例	71
バギングを使用して予測精度を測る例	74
「予測プロファイル」の統計的詳細	77
変数重要度の評価	77
誤差伝播の法則による区間	79

予測プロファイルの例

この例では、「Tiretread.jmp」サンプルデータを使用します。3つの因子（「シリカ」、「シラン」、「硫黄」）と、4つの応答（「摩擦」、「引張応力」、「伸び」、「硬度」）があります。タイヤのトレッドを開発するにあたり、最適な3つの因子の組み合わせを見つけたいとしましょう。Derringer and Suich (1980) を参照してください。

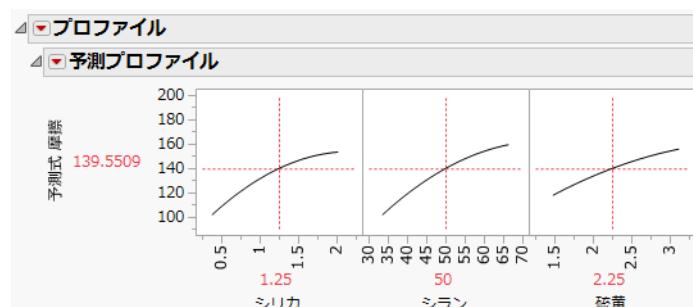
1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [プロファイル] を選択します。
3. 「予測式 摩擦」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。

図3.2 入力後の「予測プロファイル」起動ウィンドウ



4. [OK] をクリックします。

図3.3 「予測プロファイル」レポートウィンドウ

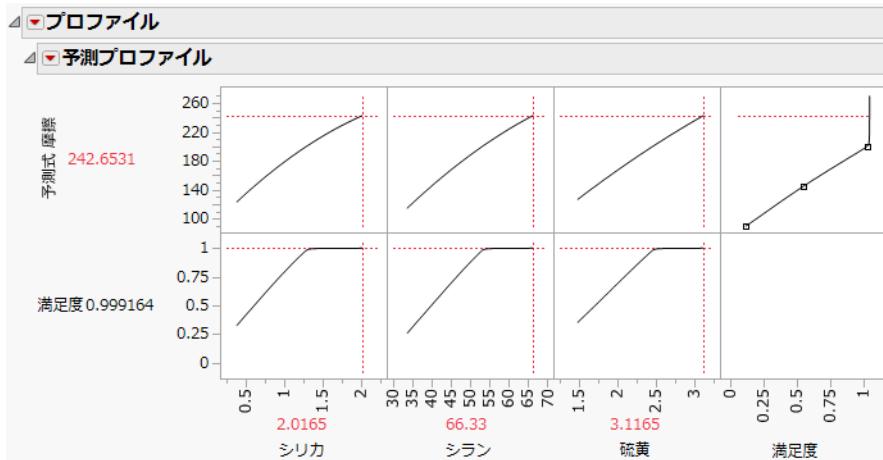


プロファイルは、対話的に操作できます。赤い縦線は、因子の現在の値を表しています。各因子の現在の値は、各因子の横軸の下にも赤字で表示されます。グラフの縦軸に赤字で示される数値は、因子の現在の値に対する応答の予測値です。プロファイル内の赤い縦軸をクリックしてドラッグすることにより、因子の現在の値を変更できます。また、各因子の横軸の下にある赤字部分をクリックして特定の数値を入力することでも、因子の現在の値を変更できます。

5. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、[最適化と満足度] > [満足度関数] を選択します。
6. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、[最適化と満足度] > [満足度の最大化] を選択します。

ヒント: プロット上で「摩擦」の最大値を表示するには、「予測プロファイル」の縦軸を調整する必要があります。

図3.4 「満足度の最大化」レポート



満足度を最大化することで、「摩擦」が最大化されました。この例では、すべての因子を因子範囲内の最大値に設定したときに「摩擦」が最大化されます。

「予測プロファイル」プラットフォームの起動

「予測プロファイル」プラットフォームは、次のいずれかの方法で起動できます。

- [グラフ] メニューから直接「プロファイル」プラットフォームを起動できます。この方法で起動した場合は、「プロファイル」の起動ウィンドウが表示されます。詳細については、「プロファイルについて」章の「[「プロファイル」起動ウィンドウ](#)」(30ページ) を参照してください。
- 多くのモデルプラットフォームにおいても、赤い三角ボタンのメニューから予測プロファイルを起動することができます。どのプラットフォームで予測プロファイルを使用できるかについては、「プロファイルについて」章の「[JMPプロファイルの場所](#)」(29ページ) を参照してください。
- 「モデルの比較」プラットフォームからも、予測プロファイルを起動できます。「モデルの比較」の赤い三角ボタンのメニューから [プロファイル] を選択すると、予測プロファイルが起動します。
- **JMP PRO** 「計算式デポ」プラットフォームからも、「予測プロファイル」を起動できます。「計算式デポ」の赤い三角ボタンのメニューから [プロファイル] を選択すると、予測プロファイルが起動します。

「予測プロファイル」のオプション

「予測プロファイル」のタイトルバーにある赤い三角ボタンのメニューを開くと、次のようなオプションが表示されます。

最適化と満足度 このサブメニューには、次のオプションが表示されます。

満足度関数 満足度関数の表示／非表示を切り替えます。満足度関数については、「[満足度プロファイルと最適化](#)」(50ページ) に解説があります。

満足度の最大化 満足度関数が最大になるように因子の値が設定されます。なお、応答変数が複数ある場合には、各応答変数の重要度が考慮されます。

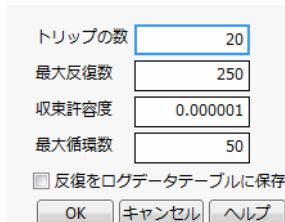
メモ: 満足度関数を最適化する設定は、1つではない場合がほとんどです。「満足度の最大化」オプションでは、そのような設定のうちの1つが示されます。「等高線プロファイル」は、満足度を最適化する因子のいくつかの組み合わせを見つけるのに便利なツールです。「等高線プロファイル」章の「[最適な設定を探索する](#)」(88ページ) の例を参照してください。

メモ: 因子の列プロパティの「因子の役割」が「離散数値」に設定されているときは、モデルのあてはめにおいては、連続変数として扱われます。しかし、プロファイルでは、因子が離散水準のみをとるという条件を反映し、カテゴリカルな項として扱われ、満足度関数の最適化では、離散的な水準のなかで最適なものが選択されます。

最大化して記録 満足度関数を最大にして、そのときの設定を記録します。

最大化オプション 「最大化オプション」ウィンドウが開き、最適化の設定を調整できます。

図3.5 「最大化オプション」 ウィンドウ



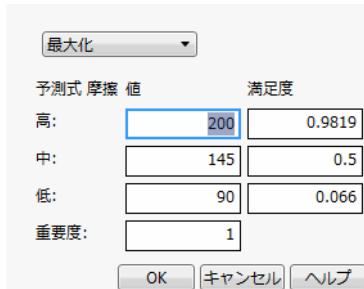
各グリッド点で最大化 少なくとも1つの因子がロックされているときに使用できるオプションです。

ロックされている因子で等間隔にグリッド点が配置され、そのグリッド点ごとに満足度が最大化されます。カテゴリカルな因子に対してこの機能を使うと、因子の水準の組み合わせごとに最適条件を求めるることができます。

満足度の保存 満足度関数の設定（3つの設定値と、それに対する満足度）が、データテーブルの各応答列に「応答変数の限界」列プロパティとして保存されます。これらの値は、満足度プロットにおけるハンドルの座標です。

満足度の設定 「応答目標」 ウィンドウが開き、満足度を特定の値に設定できます。

図3.6 「応答目標」 ウィンドウ



満足度計算式の保存 データテーブル内に満足度の計算式を保存した列が作成されます。満足度の計算式は、あてはめた計算式が使用できる場合はその計算式を使用し、あてはめた計算式が使用できないケースでは応答変数を使用します。

変数重要度の評価 このコマンドを選択すると、因子の重要度が計算されます。重要度には、いくつかの指標があります。この重要度は、モデルの種類やあてはめの手法には関係なく使用できます。詳細については、「[変数重要度の評価](#)」(56ページ) を参照してください。

バギング (「予測プロファイル」が組み込まれた特定のモデルプラットフォームでのみ使用可能) 「バギング」 ウィンドウが開きます。バギング (Bagging: Bootstrap Aggregating) は、元データから復元抽出を何回も行い、抽出された各データにモデルをあてはめます。そして、得られた予測値を組み合わせて最終的なモデルを構成します。バギングにより、予測のばらつきが小さいモデルを得られる場合があります。詳細については、「[バギング](#)」(59ページ) を参照してください。

シミュレータ シミュレータが開きます。シミュレータは、モデルの因子と予測にランダムな誤差を追加してモンテカルロシミュレーションを実行します。一般には、因子を最適な設定で固定し、制御できない因子とモデル誤差において乱数を生成します。シミュレータによって、応答が仕様限界外になる割合を調べることができます。詳細については、「[シミュレータ](#)」章 (137ページ) を参照してください。

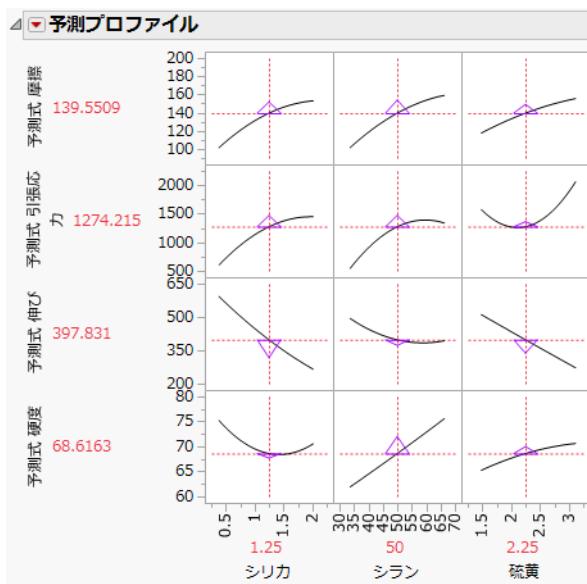
交互作用プロファイル 交互作用プロットの表示／非表示を切り替えます。このプロットの表示は、「予測プロファイル」の因子の値を変更すると更新されます。因子の現在値を変化させたときに2因子間交互作用がどのように変化するかを見れば、3因子間交互作用も視覚的に捉えることができます。ある因子の現在値を変更すると、その因子を含まない交互作用のグラフが変化します。

信頼区間 「予測プロファイル」のプロットで信頼区間の表示／非表示を切り替えます。信頼区間は、カテゴリカル因子の場合はバー（棒）で、連続因子の場合は曲線で描かれます。このオプションは、特定のあてはめプラットフォームからプロファイルを実行した場合か、または「予測プロファイル」起動ウィンドウで標準誤差の列を指定した場合のみ、使用できます。

誤差伝播の法則による区間 (いずれかの因子または応答変数に [Sigma] 列プロパティが設定されている場合のみ、表示されます。) 因子のばらつき（変動）から推定される応答の 3σ 区間を表示します。因子をあまり正確に制御できないような状況において、因子におけるばらつきによって応答の値もばらついてしまう状態を、「誤差の伝播」(POE: Propagation Of Error) と言います。「誤差伝播の法則による区間」(79ページ) を参照してください。

感度インジケータ 感度インジケータは、紫色の三角形のことです。その高さと向きにより、現在値における予測式の偏微分値を表します (図3.7を参照)。大規模なプロファイルを作成した場合でも、感度の高いセルをすばやく見つけることができます。

図3.7 感度インジケータ



限界でのプロファイルの処理 配合計画は、因子の範囲が制約されています。そのため、プロファイルでも、因子の現在値は制約を満たしているものにしか設定できません。配合計画のプロファイルにおいて、曲線が突然方向を変えることがあるのは制約を満たすようにプロファイルを描いているためです。

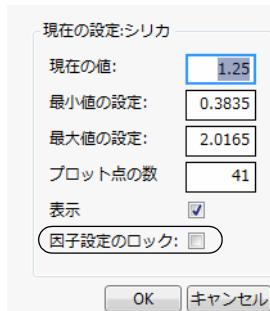
配合成分は、通常、0以上1以下を範囲とし、合計すると1になるという制約があります。これ以外の制約をもつ配合成分がある場合は、「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューに「限界でのプロファイルの処理」という新しいサブメニューが表示されます。このサブメニューには次の2つのオプションが含まれます。

限界で折り返し 因子の設定値を制約条件の境界に沿って続けてプロットします。

限界で停止 因子の設定値において配合の比を厳密に保てる領域だけプロットします。

因子グリッドのリセット 因子別のウィンドウで、因子の設定値を入力したり、設定をロックしたり、グリッドを調整したりできます。詳細については、「[因子値の設定とロック](#)」(34ページ) を参照してください。

図3.8 「因子設定」 ウィンドウ



因子設定 このサブメニューには、次のオプションが表示されます。

設定を記録 因子における現在の設定値を記録します。設定値を記録した表が、レポートに追加されます。
記録した設定値の横には、その設定値を選択するためのラジオボタンが表示されます。

行のデータを設定 データテーブルのある行の値をプロファイルにおける因子の設定値（X変数の設定値）に割り当てます。

設定スクリプトのコピー 現在のプロファイルにおける因子の設定値をクリップボードにコピーします。

設定スクリプトの貼り付け クリップボードにコピーした因子の設定値を、別のプロファイルに貼り付けます。

設定をテーブルに追加 現在のプロファイルにおける因子の設定値を、データテーブルの最後に追加します。この機能は、現在の設定値に基づいて追加実験を行いたい場合に便利です。

因子設定の配信 現在のプロファイルにおける因子の設定値を他のプロファイルに配信します。このとき、プロファイルを互いに連動させません。このオプションでは、1つのプロファイルで因子を変更しても、[因子設定の配信] オプションが再選択されない限り、他のプロファイルは変更されません。

すべてのプロファイルを連動 プロファイルを連動させると、あるプロファイルで因子の設定値を変更した場合に、曲面プロットも含め、すべてのプロファイルに変更が反映されます。このオプションはすべてのプロファイルを対象としていますので、設定／解除がすべてのプロファイルに適用されます。

スクリプトの設定 現在のプロファイルにおける因子の設定値を変更したときに呼び出されるスクリプトを設定します。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、リストをログに書き込むには、次のような関数を定義します。

```
ProfileCallbackLog = Function({arg}, show(arg));
```

そして、「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。

因子の設定値をグローバル値に変換するには、次の関数を使います。

```
ProfileCallbackAssign = Function({arg}, evalList(arg));
```

1因子ごとに因子の設定値をスクリプト変数に代入するには、次のような指定を行います。

```
ProfileCallbackAccess = Function({arg},f1=arg["factor1"];f2=arg["factor2"]);
```

スレッドを使用しない マルチスレッド化せずに、プロファイルが実行されます。何らかの理由で、マルチスレッドがうまく機能しないときに使ってください。

デフォルト水準数 各連続変数におけるデフォルトの水準数を設定できます。このオプションは、予測プロファイルが特に大きい場合に便利です。JMPでは、トレースを初めて計算する前に、計算にかかる時間が判定されます。計算時間が3秒を超える場合は、警告として、デフォルト水準数を減らすと計算が速くなることが通知されます。

グリッドテーブルの出力 因子の各グリッドにおける応答変数と満足度関数の値を含むデータテーブルが、新しく作成されます。

因子の数が多いと、[グリッドテーブルの出力] コマンドで作成されるデータテーブルは、サイズが大きくなります。サイズが大きくなり、メモリに入りきらない可能性がある場合には、メッセージが出力されます。そのような場合は、一部の因子をロックして、定数の値しかとらないようにしてください。列をロックするには、予測プロファイルのグラフ内を Altキーまたは Optionキーを押しながらクリックしてウインドウを開き、[因子設定のロック] チェックボックスをオンにします。

乱数テーブルの出力 シミュレーション回数を入力すると、それと同数の行のデータテーブルが乱数によって作成されます。作成されたデータテーブルには、因子に対しては一様分布の乱数が生成され、またその因子値に対する予測値が計算されます。「シミュレータ」を開いてすべての因子に r 一様分布を設定しても同じ結果が得られますが、このコマンドを使った方が、操作は簡単です。このコマンドは、[グリッドテーブルの出力] と似ていますが、因子の値がグリッドではなく乱数で生成されます。

一様分布の乱数に従った因子のデータテーブルを作成する第一の目的は、グラフを使って多変量の因子空間を調べることです。これはモンテカルロフィルタという手法です。

応答の値が特定の範囲に収まるような因子設定を調べたいとしましょう。条件に当てはまらない点を（グラフ上でブラシツールを使ったり、データフィルタを使ったりして）選択し、非表示にすれば、望ましい結果が出る因子空間だけが残ります。

一部の行が、赤い点の付いた選択状態で表示される場合があります。これらは、複数の応答変数の満足度に対するパレート最適点の集合（Parate frontier）です。「パレート最適点の集合」とは、ある応答変数の満足度を犠牲にしなければ他の応答変数の満足度を高めることができない状態を指します。

線形制約の変更 線形制約を追加、変更、または削除できます。指定した制約は、プロファイルの処理で考慮されます。「[線形制約](#)」(36ページ) を参照してください。

線形制約の保存 現在の線形制約を「制約」という名前のテーブルスクリプトに保存します。「[線形制約](#)」(36ページ) を参照してください。

条件付き予測 モデルに変量効果が含まれている場合に表示されます。変量効果も考慮した予測値が、プロファイルの計算に使用されます。

表示形式 このサブメニューには、次のオプションが表示されます。

複数行に配置 1行において表示するプロットの数を入力します。このオプションは、プロットを横長に並べるよりも縦長に並べて表示したい場合に便利です。

X変数の並べ替え このオプションを選択すると、ウィンドウが開き、因子の順序をドラッグして並べ替えることができます。

Y変数の並べ替え このオプションを選択すると、ウィンドウが開き、応答の順序をドラッグして並べ替えることができます。

Y軸を自動調整 応答が軸の範囲外にあるときに縦軸を再スケールし、すべての応答が軸の範囲内に収まるようにします。

作成方法の表示 計算式を作成したプラットフォーム名を表示するか非表示にするかを切り替えます。このプラットフォーム名はプロファイルの縦軸に表示されます。(このオプションは、応答列に「予測対象」列プロパティが設定されており、かつ、その列プロパティに「作成方法」引数が指定されている場合のみ利用可能です。)

満足度プロファイルと最適化

満足度関数は、1つまたは複数の応答変数に対して定義できます。複数の応答変数について最適化を行う場合は、複数の異なる最適条件を設定したいことがあるでしょう。たとえば、ある応答変数は最大化し、別の応答変数は最小化し、もう1つの応答変数は特定の目標値に近づけたい、といった最適化を行いたいことがあるでしょう。

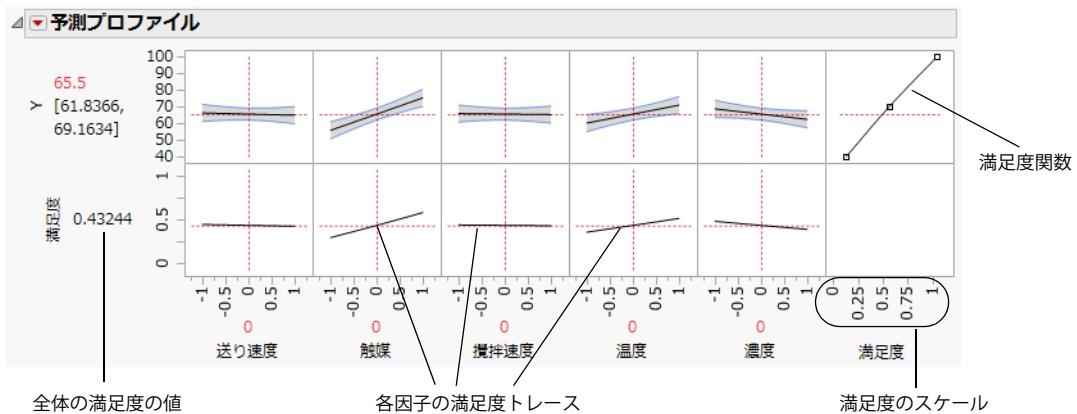
そのような場合には、各応答変数に対して別々の満足度関数を指定してください。複数の応答変数に対する全体の満足度関数は、各応答変数の満足度関数の幾何平均として定義されています。複数の応答変数に対する全体の満足度関数の詳細については、Derringer and Suich (1980) を参照してください。

満足度関数を使うには、「予測プロファイル」のタイトルバーにある赤い三角ボタンをクリックし、メニューから【最適化と満足度】>【満足度関数】を選択します。

メモ: 応答列に「応答変数の限界」プロパティが設定されている場合、満足度関数はデフォルトで表示されます。

このコマンドによって、プロット行列の一番下に新しい行が追加され、満足度をグラフ化したもののが表示されます。図3.9にあるとおり、この行は各因子の満足度トレースを示すプロットからなります。さらに、各Y変数の満足度関数を調整するための列も追加されます。全体の満足度の値は、満足度トレースの行における縦軸の左側に0~1の範囲で表示されます。

図3.9 予測プロファイルの満足度関数



満足度関数の作成

個々の満足度関数は、3つの定義点を通る滑らかな区分関数です。この3つの点（低、中、高）は制御点と呼ばれています。これらの制御点を対話的に操作することで、満足度関数の形状を変更できます。

- 最小化と最大化の満足度関数は3つの区分から成り、裾の部分は指数関数、中間部分は3次関数で補間されます。
- 目標に合わせる場合の満足度関数も、3つの制御点を通る滑らかな区分関数になっています。中間値の両側は、別々の正規分布密度関数になっています。そして、裾の部分は指数関数になっています。
- 応答目標を「なし」に指定した場合は、満足度関数を自由に指定できます。両端の値に比べ、中間値での満足度が低くなるように設定する場合は、このオプションを使用してください。計算式を使って、分析者独自の満足度関数を定義することもできます。「[カスタマイズした満足度関数](#)」(54ページ) を参照してください。

[低] および [高] の制御点は、0または1にはできません。このように構成された満足度関数は、最大化、目標に合わせる、最小化といった設定を切り替えるのに適しています。

メモ: JMPでは、Derringer and Suich (1980) の関数型は使用していません。これらの式は、滑らかでなく、JMPの最適化アルゴリズムでうまく機能しないことがあります。

複数の応答変数を最適化する満足度関数

複数の応答変数を最適化する際には、全体に対する満足度関数を最大化します。複数の応答変数に対する全体の満足度関数は、各応答変数の満足度関数の幾何平均として定義されています。

k 個の応答変数に対する個々の満足度関数を、 d_1, d_2, \dots, d_k と表すとします。この場合、全体の満足度関数は、次のように、個々の満足度関数の幾何平均と定義されています。

$$D = d_1^{1/k} d_2^{1/k} \dots d_k^{1/k}$$

「重要度」の値を、列プロパティの「応答変数の限界」の設定画面または「応答目標」ウィンドウで定義した場合は、その値が全体の満足度関数に組み込まれます。重要度の値は、合計が 1 になるようにスケールが調整されます。スケールを調整した重要度の値を、 w_1, w_2, \dots, w_k で表すとしましょう。この場合、全体の満足度関数は、次のように、個々の満足度関数の重み付きの幾何平均として定義されます。

$$D = d_1^{w_1} d_2^{w_2} \dots d_k^{w_k}$$

最適化アルゴリズム

全体の満足度関数、または、1 つの満足度関数（応答が 1 つの場合）を最適化する処理は、次のとおりです。

- カテゴリカルな因子の場合は、座標交換アルゴリズムを使用します。
- 連続尺度の因子の場合は、最急降下法を使用します。
- 制約や配合因子がある場合は、Wolfe の縮小勾配法を使用します。

満足度関数の使用法

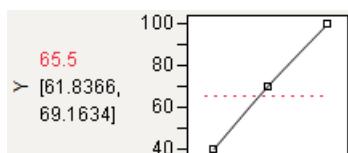
満足度関数の形状を変更するには、関数ハンドルをドラッグし、応答変数の特定の値のところまで動かします。

ハンドルをドラッグして満足度関数を変更すると即座に、その満足度関数に対応した満足度トレースが最後の行に描画されます。満足度トレースで水平に描かれている点線は、現在の因子設定における全体の満足度を表します。全体の満足度の数値は、満足度トレースの行の左側に表示されます。ハンドルをドラッグする代わりに、[最適化と満足度] > [満足度の設定] を選択してハンドル点の値を入力することもできます。

図 3.10 は、満足度関数を示しています。

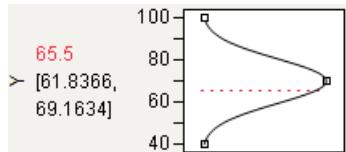
最大化 満足度関数のデフォルトは最大化（望大特性。「大きければ大きいほど良い」）です。「高」の制御点は、Y が最大で、満足度が最高（ほとんど 1）の位置に置かれます。一方、「低」の制御点は、Y が最小で、満足度が最低（ほとんど 0）の位置に置かれます。

図 3.10 最大化のための満足度関数



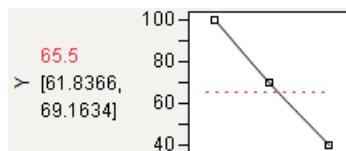
目標値に合わせる 「最適値」となる目標値を指定します（望目特性）。次図の例では、「中」の制御点が、Yが70で、満足度が最高（1）の位置に置かれています。また、「低」と「高」の制御点は、それぞれYが40と100程度で、満足度が0の位置に置かれています。このような設定は、Yが40や100に近づくほど、望ましくない状態になることを示しています。

図3.11 目標値に合わせるための満足度関数



最小化 最小化（望小特性。「小さければ小さいほど良い」）の満足度関数では、応答変数の小さい値が低い満足度に、応答変数の大きい値が高い満足度に割り当てられます。最小化の曲線は、最大化の曲線を線対称に反転した形になります。

図3.12 最小化のための満足度関数



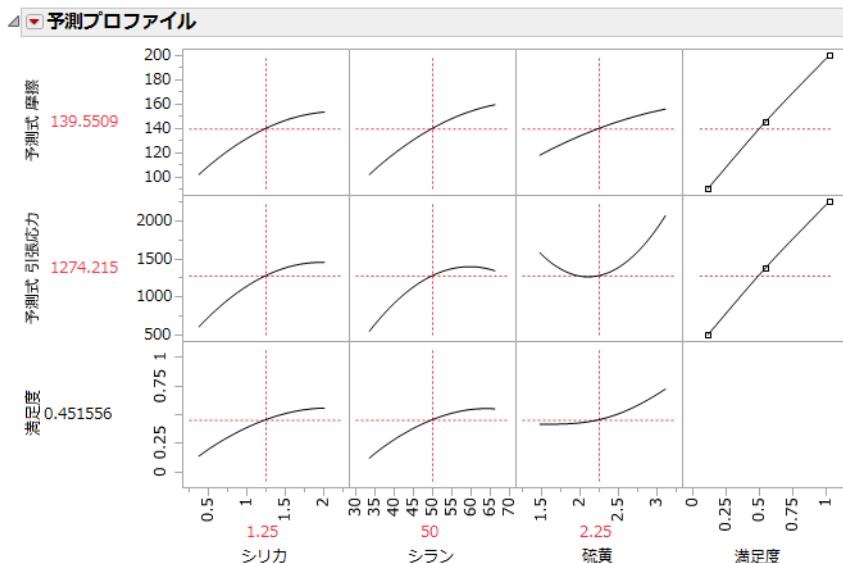
メモ: 最大化または最小化の満足度関数の高低いずれかの制御点を中間点のY値の向こう側にドラッグすると、点が逆の方向に並び、最小化は最大化に、最大化は最小化に変わります。

満足度プロファイル

プロットの最後の行に、全体の満足度をトレースしたプロットが表示されます。縦軸の「満足度」の隣に表示される数値は、各応答変数に対する満足度の幾何平均です。この行のプロットは、全体に対する満足度を、因子を1つずつ変更したときのトレースとして描いています。

たとえば、図3.13は、2つの応答変数に対する満足度を示しています。この例では、「摩擦」と「引張応力」を最大化するのが目的です。満足度のトレースを見ると、「シリカ」、「シラン」、「硫黄」を高くすると満足度が上がることがわかります。

図3.13 予測プロファイルにおける満足度



カスタマイズした満足度関数

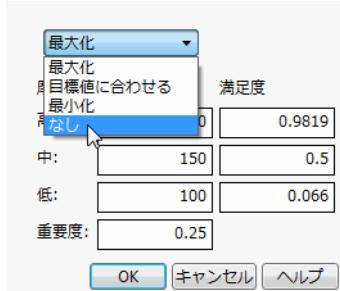
満足度関数は、カスタマイズすることができます。たとえば、次の関数を最大化するとしましょう。

図3.14 関数に基づく満足度の最大化

$$\begin{aligned}
 & \text{予測式. 摩耗} \\
 & 96 \\
 & + \text{予測式. 引張応力} \\
 & + 700 \\
 & + \frac{33}{[(\text{予測式. 伸び} - 450) + 1]} \\
 & + \frac{2}{[(\text{予測式. 硬度} - 67) + 1]}
 \end{aligned}$$

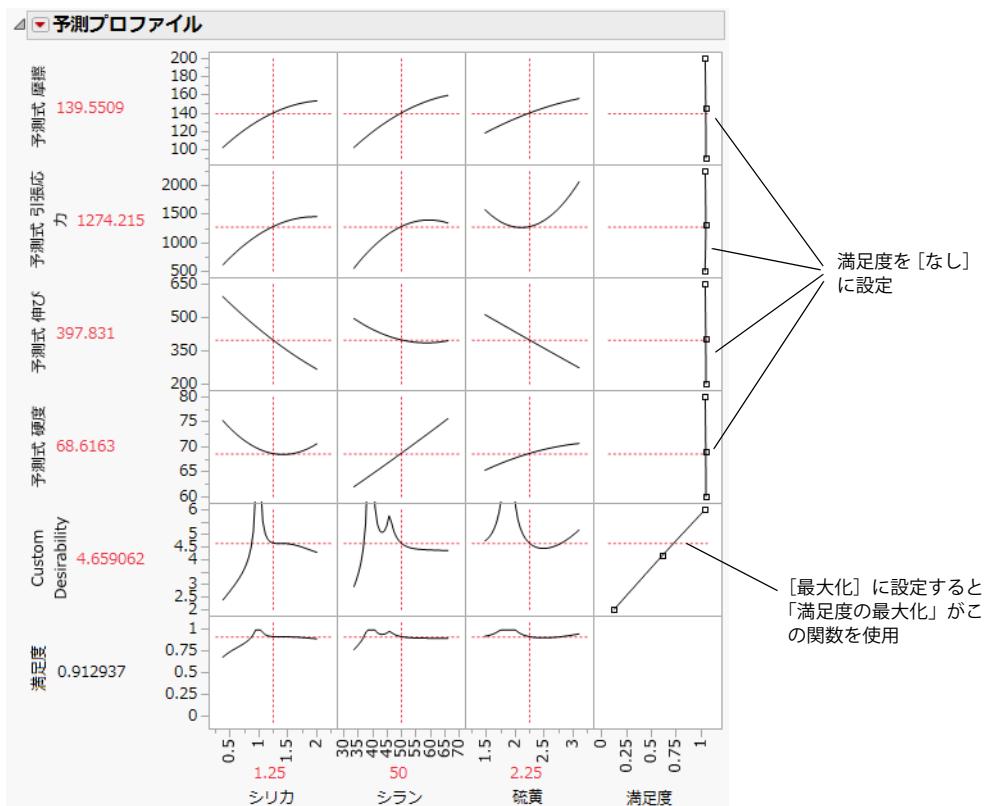
まず、「カスタム満足度」という列を作成して上の計算式を保存します。次に、[グラフ] > [プロファイル] を選択してプラットフォームを起動します。すべての「予測式」列と「カスタム満足度」列を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。[中間計算式の展開] オプションにチェックマークをつけます。赤い三角ボタンのメニューから [最適化と満足度] > [満足度関数] を選択し、満足度関数をオンにします。「カスタム満足度」以外の列の満足度関数は、オフにする必要があります。オフにするには、満足度関数のプロットをダブルクリックし、開いたウィンドウで [なし] を選択します（図3.15）。「カスタム満足度」の満足度だけを [最大化] に設定します。

図3.15 応答目標を「なし」に設定



この時点での「最適化と満足度」 > 「満足度の最大化」を選択すると、先ほど定義した「カスタム満足度」の関数だけが使用されます。

図3.16 カスタム満足度の最大化



変数重要度の評価

プロファイルでは、変数重要度（variable importance）を計算できます。モデルの種類やあてはめの手法とは関係なく、このコマンドは使えます。プロファイルでの因子重要度の計算においては、あてはめたモデルは、応答変数の予測値を計算するためだけに使われます。各因子をそれぞれの範囲内で変化させることにより、応答変数に対する予測値の変動が算出されます。因子が変化したときに応答変数の予測値が大きく変動する場合、「モデルにおいてその因子は重要である」と判断できます。

メモ: なお、「変数重要度の評価」は、「モデルのあてはめ」においてカテゴリカルな応答変数が3水準以上の場合には使用できません。

「変数重要度の評価」は、「グラフ」メニューから「予測プロファイル」を選択した場合にも使用できます。

変数重要度の詳細については、「[変数重要度の評価](#)」(77ページ) を参照してください。また、Saltelli (2002) も参照してください。

メモ: 変数重要度を評価するには、すべての列が同じデータテーブルに保存されている必要があります。

「変数重要度」レポート

「変数重要度の評価」メニューには次のオプションがあり、それぞれ重要度の計算方法が異なります。

独立な一様分布の入力 因子ごとに、データの最小値と最大値で定義される一様分布の乱数を生成します。因子間に相関がなく、分析で求めた範囲全体に値が一様に分布すると想定できる場合は、このオプションを使用してください。また、制約や配合因子がない実験計画には、このオプションが適しています。

独立な標本再抽出の入力 モンテカルロ法を用いて、因子ごとにデータから標本を再抽出します。因子間には相関がないが、一様分布には従わないと想定できる場合は、このオプションを使用してください。

従属する標本再抽出の入力 因子間における相関を加味するため、最近傍法に基づいてデータを抽出します。データから計算された分散と共分散が、因子間に存在すると仮定されます。因子間に相関があると想定される場合は、このオプションを使用してください。このオプションは、標本サイズに強く左右されます。標本サイズが小さい場合は、結果の信頼性が低くなります。

メモ: 「独立な標本再抽出の入力」と「従属する標本再抽出の入力」は、観察研究での使用を目的としています。後者のほうが前者よりも時間がかかりますが、多重共線性をより適切に扱うことができ、データから離れた領域を外挿しないという特徴があります。

線形制約が課された入力 因子ごとに、線形制約で定義される領域において一様分布の乱数を生成します。線形制約を指定するには、「予測プロファイル」で定義するか、または「実験計画 (DOE)」のプラットフォームで予め定義してください。このオプションを選択し線形制約を課して乱数を生成したときも、乱数は最小および最大の観測値の範囲に制限されます。線形制約が存在し、その制約が入力の分布に影響を及ぼしていると思われる場合には、このオプションを使用してください。

これらのアルゴリズムの処理時間は、予測値を評価する計算時間に左右されます。一般的には「独立な一様分布の入力」が一番速く、「従属する標本再抽出の入力」が一番遅くなります。処理が終わらない場合は、「現在の重要度を適用」を選択して、途中で計算を打ち切ることもできます。

メモ: 変数重要度はモンテカルロ法の乱数によって求められます。このため、1回目に計算した場合と次に計算した場合とで、重要度が若干異なることがあります。

「変数重要度」レポート

「変数重要度の評価」の各オプションを選択すると、「要約レポート」と「周辺モデルプロット」が表示されます。変数重要度が計算されると、「予測プロファイル」において、変数重要度の大きい順に因子が並べ替えられます。複数の応答変数が指定されている場合は、「全体」レポートにおける「全効果」の大きい順に因子が並べ替えられます。また、複数の変数重要度が計算された場合、最後に実行したレポートの「全効果」の大きい順に因子が並び替えられます。

要約レポート

応答変数ごとに1つずつ、次の要素を示す表が作成されます。

列 対象となる因子。

主効果 該当する因子単独での重要度。他の因子との組み合わせではなく、因子単体の相対的な寄与度。

全効果 関係する他の因子と組み合わせた、全効果の重要度。該当する因子単体の効果と、組み合わせの効果をすべて加味した場合の相対的な寄与度。「全効果」の値は、棒グラフでも示されます。[「重み」\(57ページ\)](#) を参照してください。

主効果 標準誤差 モンテカルロ法における、主効果の重要度に対する標準誤差。この列は非表示になっています。表示するには、レポートを右クリックして [列] > [主効果 標準誤差] を選択します。デフォルトでは、この標準誤差が0.01未満になるまで標本抽出が継続されます。計算の詳細については、「[変数重要度の標準誤差](#)」(78ページ) を参照してください（「従属する標本再抽出の入力」オプションでは、この列は表示されません）。

全効果 標準誤差 モンテカルロ法における、全効果の重要度に対する標準誤差。この列は非表示になっています。表示するには、レポートを右クリックして [列] > [全効果 標準誤差] を選択します。デフォルトでは、この標準誤差が0.01未満になるまで標本抽出が継続されます。計算の詳細については、「[変数重要度の標準誤差](#)」(78ページ) を参照してください（「従属する標本再抽出の入力」オプションでは、この列は表示されません）。

重み 「全効果」の値を示すプロット。このプロットは表の右側に表示されます。このプロットの表示／非表示を切り替えるには、レポートを右クリックして [列] > [重み] を選択します。

閾値評価が欠測値となった割合 モンテカルロ法による標本において、生成された入力値に対して予測値が計算できず、欠測値になってしまった割合。割合がゼロ以外の場合は、表の下部に注記としてこのメッセージが表示されます。

メモ: 応答変数を複数指定した場合、「要約レポート」には「全体」表がまず表示され、各応答変数の表がその後に続きます。「全体」レポートに表示される重要度は、全応答変数の重要度の平均値です。

周辺モデルプロット

「周辺モデルプロット」レポート（図3.36を参照）には、行列形式でプロットが表示されます。行が応答変数を、列が因子を表します。因子は、重要度が大きい順に並べられます。この並び替えに使われる重要度は、「全体」表の「全効果」に表示されています。

周辺モデルプロットには、1つの因子ごとに、因子の値に対する周辺平均がプロットされています。この周辺平均が、主効果の重要度を計算するときに使われています。周辺平均プロットは、応答変数の断面を示すプロファイルとは異なります。周辺モデルプロットは、因子の主効果を理解するのに役に立ちます。

選択したシミュレーション方法によって、「周辺モデルプロット」にプロットされる値は異なります。また、シミュレートされた入力値に基づくため、滑らかな曲線にならない場合もあります。

赤い三角ボタンのメニューを使って、プロット上で以下の情報の表示／非表示を切り替えることができます。

推定値 因子の関数として、モンテカルロ法によって得られた値の平均値を滑らかに結んだ曲線です。

メモ: この平均値はモンテカルロ法の乱数に基づいているので、分析を実行するたびに値が異なります。

信頼区間 モンテカルロ法で得られた平均値の95%信頼区間です。信頼区間が狭すぎて見えないことがよくあるので、その場合はスケールを拡大してください。[従属する標本再抽出の入力]を選択したときは、このオプションは使用できません。

メモ: 信頼区間はモンテカルロ法の乱数に基づいているので、分析を実行するたびに値が異なります。

データ 因子の値に対する応答変数の実測値がプロットされます。これは乱数で得られるものではなく、実測値です。

「変数重要度」のオプション

「変数重要度」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。

因子を主効果の大きい順に並べ替え 「予測プロファイル」のセルを主効果の重要度（「主効果」の値）に基づいて並べ替えます。

因子を全効果の大きい順に並び替え 「予測プロファイル」のセルを全効果の重要度（「全効果」の値）に基づいて並べ替えます。

プロファイルの色付け 「プロファイル」のセルを「全効果」の重要度別に色付けします。重要度を赤から白のグラデーションで表します。

メモ: 「要約レポート」の行をクリックすると、データテーブルで該当する列が選択されるので、さらに分析を進めたい場合に便利です。

バギング

バギング (Bagging; Bootstrap Aggregating) は、予測精度を高めたり、予測の信頼性を確認したりするための手法です。ニューラルネットワークやパーティション（分類木・回帰木）などの、不安定なモデルに対して特に役立ちます。

バギングでは、元データから復元抽出を M 回行います。抽出されたデータセットのサイズは、元のデータセットのサイズと同じです。次に、抽出された各データセットにモデルをあてはめます。その結果、元のデータセットの各行に対して M 個の予測が生成されます。最終的な予測値は、 M 個の予測の平均値になります。

バギングは、多くの分析プラットフォームで使用できます。バギングを使用するには、「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、メニューから [バギング予測の保存] を選択します。「バギング」ウィンドウが開き、次のオプションが表示されます。

ブートストラップ標本数 データからの無作為抽出と、そこからのモデルの生成といった一連の処理を反復する回数を設定します。大きい数を設定したほうが、予測が正確になります。デフォルトでは、100に設定されています。

乱数シード値 分析結果を再現したい場合は、乱数シード値を設定しておき、後で分析を行うときに同じ乱数シード値を入力します。デフォルトでは、乱数シード値は設定されていません。

小数の重み Bayes 流のバギングを行います。この方法では、ブートストラップを実行するたびに、各データ行にゼロでない、小数の重みが割り当てられます。各抽出において、小数の重みで重み付けられたデータ行からモデルが推定され、予測値が算出されます。デフォルトではこのオプションは選択されておらず、単純なバギングが行われます。

ヒント: [小数の重み] オプションは、分析に使用したデータの標本サイズが小さい場合や、ロジスティック回帰における分離 (separation) を懸念する場合に、使用してください。

[小数の重み] で生成される重みは、全体では標本サイズと同じになるようになっています。[小数の重み] では、ブートストラップの各抽出において、各データ行に対して小数の重みが求められますが、これらの重みの合計は、モデルの推定で使用された標本サイズ n になっています。重みの計算方法の詳細については、「ブートストラップ」章の [「小数の重みの計算」](#) (345 ページ) を参照してください。

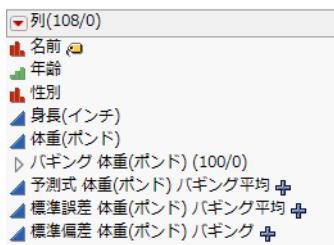
予測式の保存 バギングの予測値を計算式として保存します。このオプションは、分析プラットフォーム内でバギングを実行する場合にのみ、使用できます。

メモ: [予測式の保存] を使用できない場合は、予測値だけが保存されるというメッセージが表示されます。

バギングを実行すると、元のデータテーブルに新しい列が自動的に作成されます。M回の各抽出から得られたそれぞれの予測式は、非表示の列として保存されます。それらの平均である最終的な予測値は、「予測式 <列名> バギング平均」という列名で保存されます。最終的な予測値の標準偏差は、「標準偏差 <列名> バギング」という列名で保存されます。最終的な予測値の標準誤差は、「標準誤差 <列名> バギング平均」という列名で保存されます。標準誤差は、標準偏差を $\sqrt{M-1}$ で割った値です。なお、「<列名>」は、バギングの対象となっている応答変数の列名です。

標準誤差は、予測精度を検討するために役立ちます。標準誤差がごく小さい場合は、そのデータ行に対する予測が精確であることを表します。バギングの詳細については、Hastie et al. (2009) を参照してください。

図3.17 バギングの列



予測プロファイルの別例

ここでは、単独の「予測プロファイル」プラットフォーム、および、多くの分析プラットフォームに組み込まれている「予測プロファイル」について、様々な使用例を紹介します。

- 「応答変数が複数ある場合の満足度関数の例」
- 「モデルに誤差因子が含まれる例」
- 「1つの応答変数に対する変数重要度の例」
- 「複数の応答変数に対する変数重要度の例」
- 「バギングを使用して予測精度を高める例」
- 「バギングを使用して予測精度を測る例」

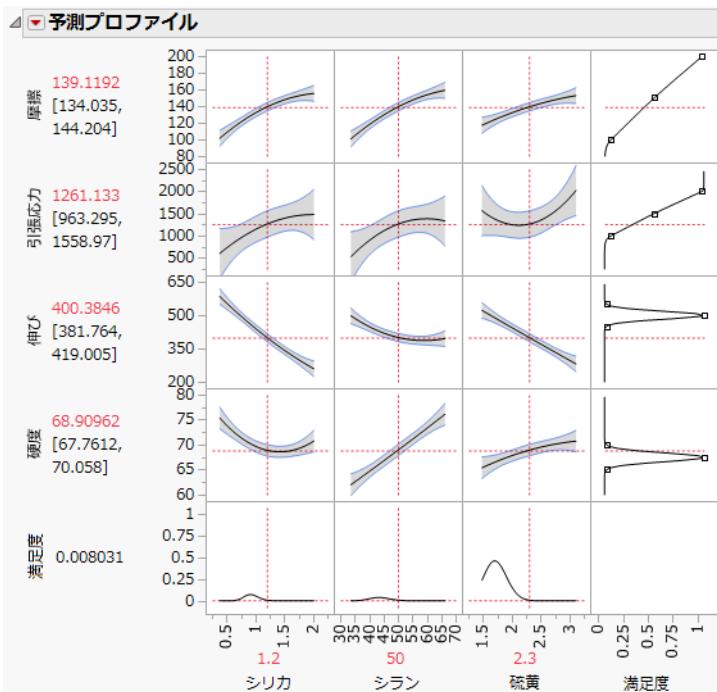
応答変数が複数ある場合の満足度関数の例

満足度関数は、複数の応答変数がある場合に特に役立ちます。満足度関数のアイデアは Derringer and Suich (1980) によって考案されたもので、次のような例を挙げて説明されています。応答変数は、「摩擦」、「引張応力」、「伸び」、「硬度」の4つです。因子は、中心複合計画によって決められた「シリカ」、「シラン」、「硫黄」の3つです。

このデータは、サンプルデータのフォルダに、「Tiretread.jmp」データテーブルとして保存されています。データテーブル内の「4 応答の応答曲面モデル」スクリプトを実行すると、4つの応答変数に対し、2次応答曲面モデルがあてはめられます。結果のレポートには、各応答変数に対する結果に統いて、予測プロファイルが表示されます（図3.18）。満足度関数は、次のように定義されています。

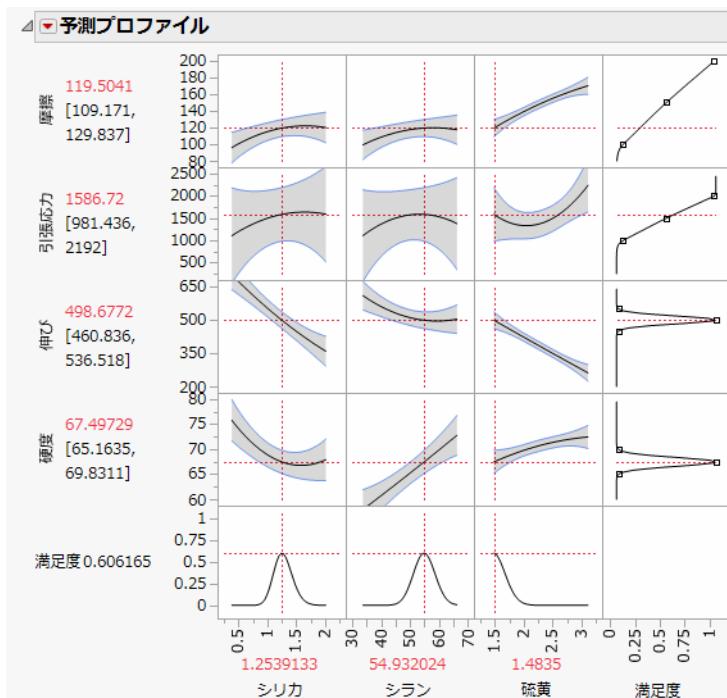
1. 「摩擦」と「引張応力」は値が大きいほど満足度が高い。
2. 「伸び」は500（目標値）である場合に満足度が最も高い。
3. 「硬度」は67.5（目標値）である場合に満足度が最も高い。

図3.18 複数応答変数の予測プロファイル（最適化する前）



満足度を最大にするため、「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから【最適化と満足度】>【満足度の最大化】を選択します。結果は図3.19のようになります。一番下に表示されている満足度トレースを見ると、効果の値を現在の値以外の場所にずらせば、満足度が下がることがわかります。つまり、これ以上調整を加えると、全体の満足度が低下してしまうのです。

図3.19 最適化後の予測プロファイル



モデルに誤差因子が含まれる例

例として「Tiretread.jmp」データテーブルを分析してみましょう。このデータテーブルは、タイヤメーカーがシリカ、シラン、硫黄の含有量を因子とし、タイヤの硬度を目標値の70.0に合わせることを行った実験の結果です。シランと硫黄の量は簡単（かつ正確）に制御が可能ですが、シリカには無視できないばらつきがあります。

比較のため、まず誤差因子のばらつきを考慮せずに、硬度を最適化するための因子設定を見つけます。

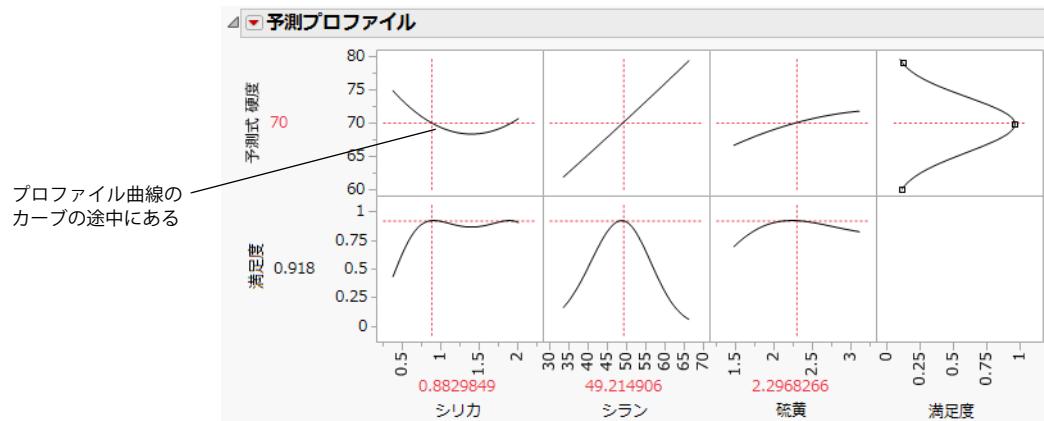
1. [グラフ] > [プロファイル] を選択して予測プロファイルを起動します。
2. 「予測式 硬度」に [Y, 予測式] の役割を割り当てます。
3. [OK] をクリックします。
4. 「予測プロファイル」のメニューから [最適化と満足度] > [満足度関数] を選択します。
5. 満足度関数のプロットをダブルクリックすると、「応答目標」ウィンドウが開きます。リストから [目標値に合わせる] を選択します。

6. [最適化と満足度] > [満足度の最大化] を選択して「硬度」を目標値に一致させるような因子設定を見つけます。

予測プロファイルは次の図のようになります。「シリカ」の最適値がプロファイル曲線のカーブの途中にあることに注意してください。これは、「シリカ」のばらつきの多くが、応答の「硬度」に伝達されることを示しています。

メモ: 目標値を達成する因子設定の組み合わせは1つとは限らないので、ユーザによる分析の結果がここで紹介するものと一致しないこともあります。

図3.20 「硬度」の満足度の最大化

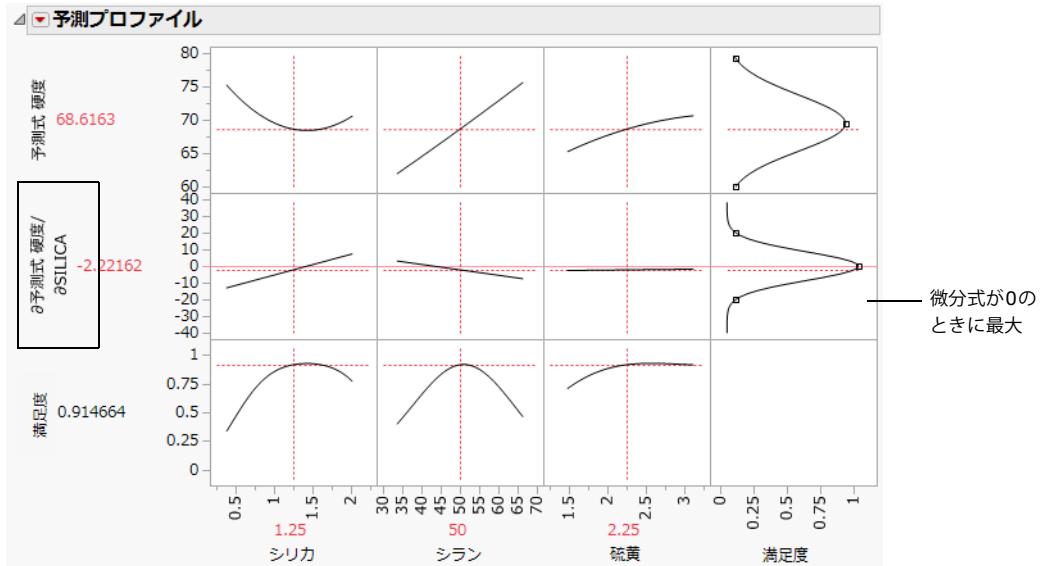


そこで今度は、「硬度」を目標値に合わせるだけでなく、因子の値が「シリカ」の曲線の平坦な部分にくるようにします。次の手順により、「シリカ」を誤差因子として追加します。

- [グラフ] > [プロファイル] を選択します。
- 「予測式 硬度」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。
- 「シリカ」を選択し、[誤差因子] をクリックします。
- [OK] をクリックします。
- 前に行ったように「予測式 硬度」の満足度関数を変更します。

今回のプロファイルで最適化すると、目標値に近づけるだけではなくて、予測式を誤差因子で微分した式がゼロである、つまり、誤差因子において最も平坦である位置が探し出されます。

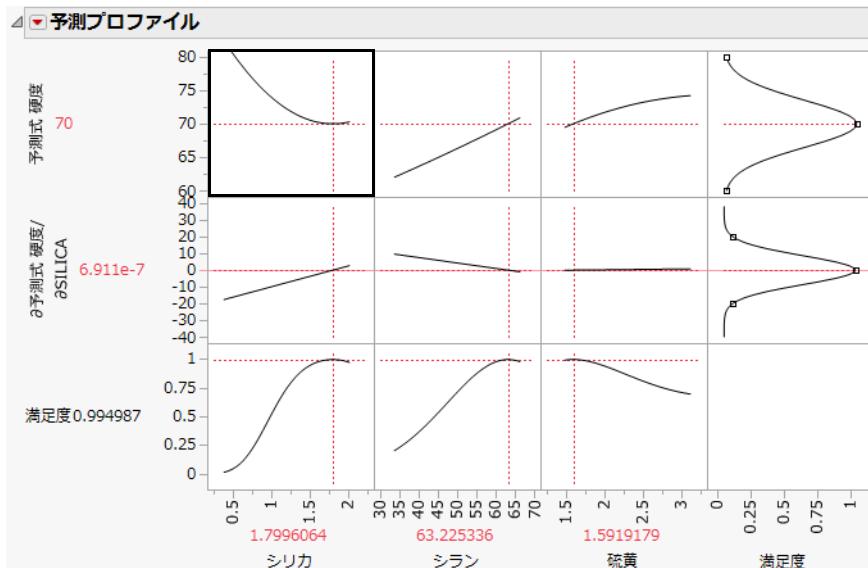
図3.21 シリカについての予測式の微分



6. [最適化と満足度] > [満足度の最大化] を選択すると、誤差因子を考慮した上で、因子の最適設定が探し出されます。

今度は、「硬度」が目標値に一致するだけでなく、「シリカ」において平坦な領域が探し出されています。この性質により、今回の分析で探し出された設定値では、「シリカ」のばらつきは、あまり「硬度」に伝達されません。

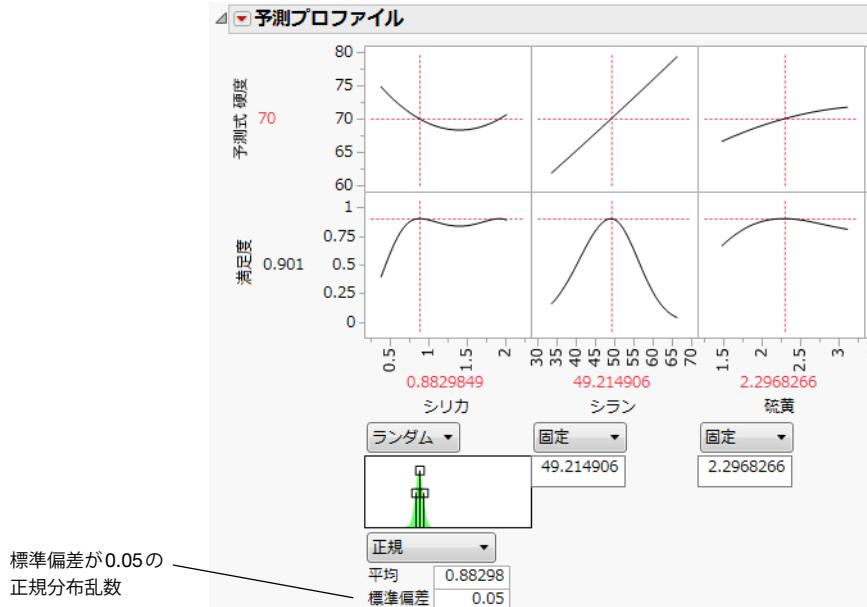
図3.22 満足度の最大化



これらの設定の違いによって、出力の分散がどれくらい異なるかは簡単に調べることができます。それには、各プロファイル（誤差因子のあるものと、ないもの）で次の手順を行います。

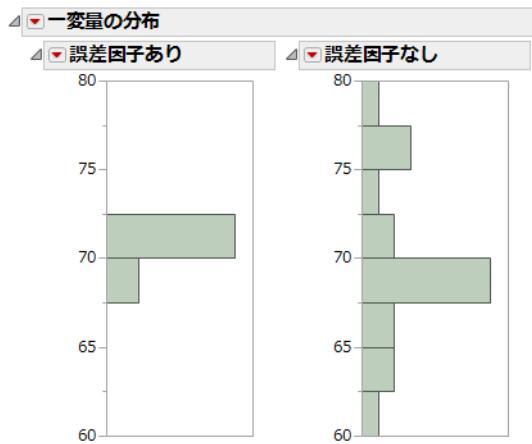
1. プラットフォームのメニューから【シミュレータ】を選択します。
2. 「シリカ」に【ランダム】を選択し、標準偏差が0.05の正規分布の乱数を割り当てます。

図3.23 正規乱数の設定



3. 【シミュレート】をクリックします。
 4. 【シミュレーションのデータテーブル】ノードの下にある【テーブルの作成】ボタンをクリックします。
- 誤差因子を考慮しなかった場合と、考慮した場合では、シミュレーションの結果は大きく異なります。これら2つの結果を比較するために、いずれかの結果を別のデータテーブルにコピーしましょう。比較が可能な予測ヒストグラムを作成するためには、2つの予測列を1つのデータテーブルに保存しておく必要があります。
5. シミュレーションで得られたデータテーブルの片方から「予測式 硬度」列をコピーし、他方のデータテーブルに貼り付けます。2つの列に、それぞれ「誤差因子なし」、「誤差因子あり」など、異なる名前をつけます。
 6. 【分析】>【一変量の分布】を選択し、両方の予測列に【Y】の役割を割り当てます。
 7. ヒストグラムが表示されたら、「一変量の分布」タイトルバーにある赤い三角ボタンのメニューから【スケールの統一】を選択します。

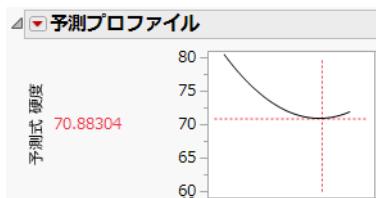
図3.24 誤差因子を考慮しなかった場合と考慮した場合の比較



ヒストグラムを見ると、分析に誤差因子を含めない場合の方が「硬度」のばらつきがずっと大きいことがわかります。

また、誤差因子を含めた場合のヒストグラムは、興味深い形状になっています。上のヒストグラムの比較を見ると、「誤差因子あり」の分布では、データが一方向だけに延びています。予測が歪んでいるのは、「硬度」は「シリカ」との関係において最小となるためです（図3.25）。そのため、「シリカ」にばらつきがあれば、「硬度」は増加する一方です。ロバストでない解を使用した場合、ばらつきはどちらの方向にも伝達されます。

図3.25 「シリカ」に対する「硬度」の最小値を示した予測プロファイル



1つの応答変数に対する変数重要度の例

「Boston Housing.jmp」サンプルデータには、住宅価格の中央値に影響を及ぼしていると考えられる13の因子に関するデータが記録されています。ここでは、ニューラルネットワークを使用してモデルをあてはめてみます。ニューラルネットワークの場合、通常の回帰分析で行われているような仮説検定によっては、各因子の重要度を評価できません。そこで、ここでは「変数重要度の評価」オプションを使用してみます。

処理の一部で乱数を用いているため、実際の結果は、以下と違ったものになりますが、おおむね同じになるはずです。この例では、乱数を用いている処理が2個所あります。第1に、ニューラルネットワークをあてはめる際に、*k*分割交差検証を用います。この時、学習データと検証データに無作為に元のデータが分割されます。第2に、因子重要度の計算で、無作為に抽出した標本を使います。

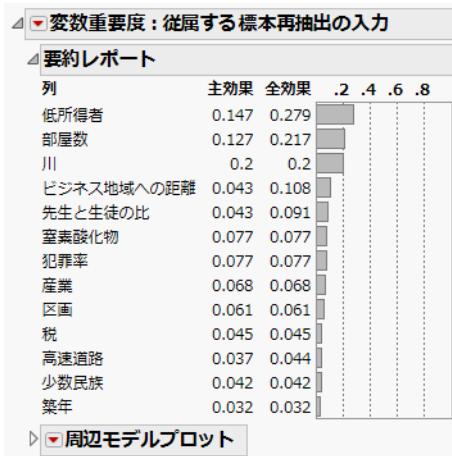
1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Boston Housing.jmp」を開きます。
2. [分析] > [予測モデル] > [ニューラル] を選択します。
3. 「列の選択」リストで「持ち家の価格」を選択し、[Y, 目的変数] をクリックします。
4. 「列の選択」リストで他のすべての列を選択し、[X, 説明変数] をクリックします。
5. [OK] をクリックします。
6. 「ニューラル」の「モデルの設定」パネルで、「検証法」の下のリストから [K分割] を選択します。
[K分割] を選択すると、「分割数」が表示され、デフォルト値の5に設定されます。
7. (オプション)「乱数シード値」に「123」と入力します。

メモ: ニューラルネットワークモデルでは、検証セットが無作為に抽出されるため、結果がいつも同じではありません。上記のものと同じ乱数シード値を入力すると、以下と結果を再現できます。

8. [実行] をクリックします。
9. 「モデル NTanH(3)」レポートの赤い三角ボタンをクリックし、[プロファイル] を選択します。
レポートの末尾に「予測プロファイル」が表示されます。後で比較できるよう、因子の並び順を覚えておいてください。
- 因子間に相関関係があるため、その点を考慮して、重要度計算時の標本抽出法として「従属する標本再抽出の入力」を選択します。
10. 「予測プロファイル」の横にある赤い三角ボタンのメニューから「変数重要度の評価」>「従属する標本再抽出の入力」を選択します。

「変数重要度: 従属する標本再抽出の入力」レポートが表示されます(図3.26)。「予測プロファイル」のセルの並び順が、レポートの「全効果」の値の大きい順に変化している点を確認してください。図3.26の「全効果」の値から、「部屋数」と「低所得者」が応答の予測値に大きい影響力を持つ因子だと判断できます。

図3.26 「従属する標本再抽出の入力」レポート

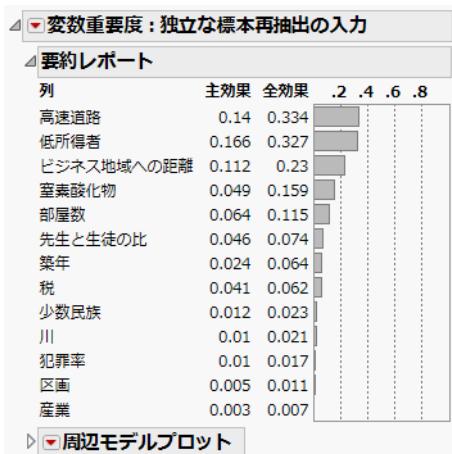


因子間に相関があると仮定して求めた重要度と、因子が相互に独立であると仮定して求めた重要度を比較してみてもよいでしょう。

- 11.「予測プロファイル」の横にある赤い三角ボタンのメニューから【変数重要度の評価】>【独立な標本再抽出の入力】を選択します。

因子間の相関がなく、分布が一様分布でない場合には、この【独立な標本再抽出の入力】オプションを用いるのが良いでしょう。「変数重要度：独立な標本再抽出の入力」レポートを図3.27に示します。ここでも、予測値に対する寄与率の高い因子として「高速道路」と「低所得者」の2因子を確認できます。

図3.27 「独立な標本再抽出の入力」レポート



複数の応答変数に対する変数重要度の例

「Tiretread.jmp」サンプルデータは、直交表を使った実験計画の結果です。直交表を用いているので、因子間の相関はありません。ここでは、因子の値は、計画で定義したものだけではなく、計画領域の範囲で自由に調整できるとします。このような場合は、重要度の計算に用いるシミュレーション法として「独立な一様分布の入力」を選択します。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。

2. 「4応答の応答曲面モデル」スクリプトを実行します。

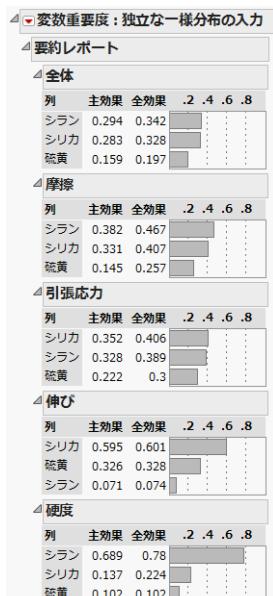
レポートの末尾に「予測プロファイル」が表示されます。

3. 「予測プロファイル」の横にある赤い三角ボタンのメニューから [変数重要度の評価] > [独立な一様分布の入力] を選択します。

図3.28のような「要約レポート」が作成されます。重要度は無作為抽出の標本に基づくため、実際の推定値は、下図に示されているものとは若干異なる場合があります。

レポートには、4つの応答ごとに1つずつ表が表示されます。「全体」表には、因子重要度の4応答間の平均が表示されます。「予測プロファイル」の因子（図3.29）は、「全体」表の「全効果」に示される重要度の値に従って並べ替えられます。

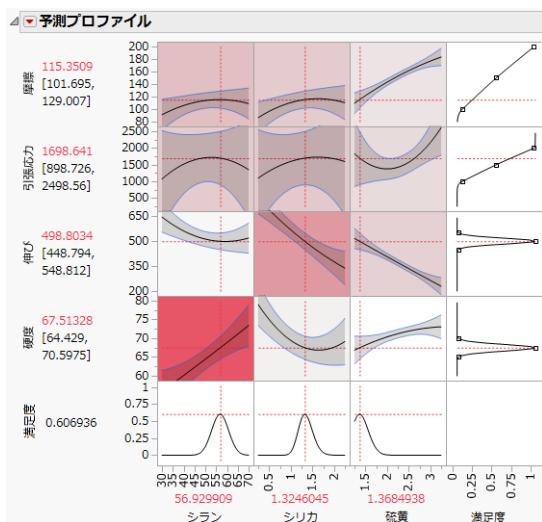
図3.28 4応答の「要約レポート」



4. 「変数重要度： 独立な一様分布の入力」の横にある赤い三角ボタンのメニューから [プロファイルの色付け] を選択します。

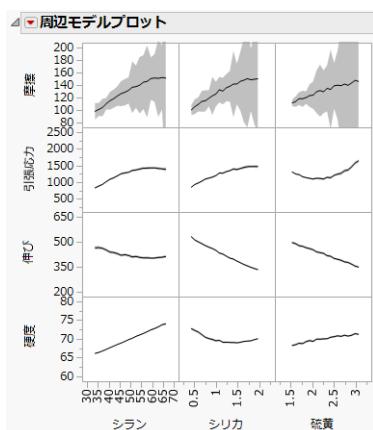
プロファイルの各パネルが色分けされ、「全効果」の重要度が赤から白のグラデーションで示されます。たとえば、重要度が一番高い因子は、「硬度」に対する「シリカ」であると簡単に見分けることができます。

図3.29 4応答の予測プロファイル



「周辺モデルプロット」(図3.30) は、因子ごとに、それ以外の2つの因子が一様分布に従うとした場合の、応答の周辺平均がプロットされています。

図3.30 4応答の「周辺モデルプロット」



バギングを使用して予測精度を高める例

バギングは様々な目的で使用されますが、そのうちの1つに、予測能力を高めるというものがあります。特に、不安定なモデルで役立ちます。この例では、「Tiretread.jmp」サンプルデータを使用します。3つの因子（「シリカ」、「シラン」、「硫黄」）と、4つの応答（「摩擦」、「引張応力」、「伸び」、「硬度」）があります。まず、これらの3つの因子から4つの応答変数を同時に予測するモデルとして、ニューラルネットワークモデルをあてはめます。次に、ニューラルネットワークモデルでバギングを実行します。最後に、予測結果を比較し、バギングによって予測能力が向上したことを確かめます。

ニューラルネットワークモデルのあてはめ

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
2. [分析] > [予測モデル] > [ニューラル] を選択します。
3. 「摩擦」、「引張応力」、「伸び」、「硬度」を選択し、[Y, 目的変数] をクリックします。
4. 「シリカ」、「シラン」、「硫黄」を選択し、[X, 説明変数] をクリックします。
5. [OK] をクリックします。
6. (オプション) 「乱数シード値」に「2121」と入力します。

メモ: ニューラルネットワークモデルでは、検証セットが無作為に抽出されるため、結果がいつも同じではありません。上記のものと同じシード値を入力すると、以下と同じ結果を再現できます。

7. [実行] をクリックします。
8. 「モデル NTanH(3)」の赤い三角ボタンをクリックし、[計算式の保存] を選択します。

メモ: このオプションを使用すると、ニューラルネットワークモデルのすべての応答変数の予測値がデータテーブルに保存されます。後で、これらの値をバギングから得た予測値と比較します。

バギングの実行

初期モデルを作成したら、このモデルを使ってバギングを実行します。バギングは、[予測プロファイル] から実行できます。

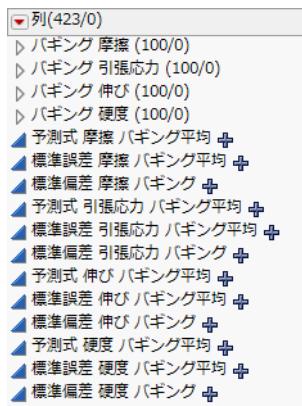
1. 「モデル NTanH(3)」の赤い三角ボタンをクリックし、[プロファイル] を選択します。
レポートの末尾に「予測プロファイル」が表示されます。
2. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、メニューから [バギング予測の保存] を選択します。
3. 「ブートストラップ標本数」の横に「100」と入力します。
4. (オプション) 「乱数シード値」に「2121」と入力します。

メモ: 無作為に復元抽出されるため、結果はいつも同じではありません。以下と同じ結果を再現するには、上記の「乱数シード値」を設定してください。

5. [OK] をクリックします。

データテーブルのウィンドウに戻ります。「予測式 <列名> バギング平均」、「標準誤差 <列名> バギング平均」、「標準偏差 <列名> バギング」の3つの新しい列が追加されています。「予測式 <列名> バギング平均」列が、最終的な予測値です。

図 3.31 バギングの後にデータテーブルに追加された列

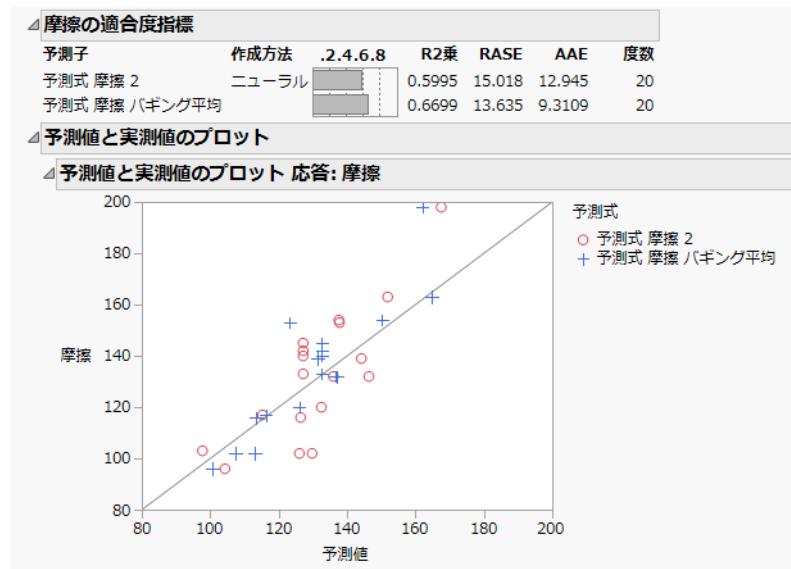


予測値の比較

バギングによって予測能力が向上したかどうかを確認するために、バギングのモデルと元のモデルの予測値を比較してみましょう。「モデルの比較」プラットフォームを使用して、応答変数ごとに比較します。

1. [分析] > [予測モデル] > [モデルの比較] を選択します。
 2. 「予測式摩擦 2」を選択し、[Y, 予測子] をクリックします。
 3. 「予測式 摩擦 バギング平均」を選択し、[Y, 予測子] をクリックします。
 4. [OK] をクリックします。
- ウィンドウが開き、列名のリストが表示されます。
5. [摩擦] を選択して [OK] をクリックします。
 6. 「モデルの比較」の赤い三角ボタンのメニューから [予測値と実測値のプロット] を選択します。

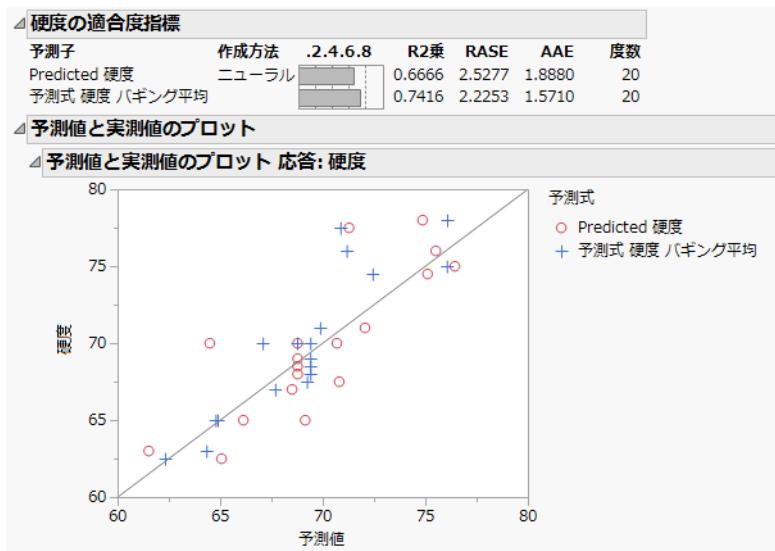
図3.32 「摩擦」に対する予測値の比較



「適合度指標」と「予測値と実測値のプロット」を、図3.32に示します。バギングによる予測値は青で、元のニューラルネットワークモデルによる予測値は赤で示されています。全体的に見て、元のモデルよりもバギングの予測値のほうが、線の近くに位置しています。バギングの予測値のほうが線に近いため、その「R2乗」の値は0.6803と、元のモデルの値よりも大きくなっています。つまり、バギングによって「摩擦」の予測値が向上したと結論付けることができます。

この例では、「摩擦」の予測値を比較しました。他の応答変数の予測値を比較するには、ステップ2からステップ6までの手順を繰り返してください。その際、「摩擦」を別の応答変数に変更します。図3.33は、「硬度の適合度指標」レポートです。このレポートでも、「摩擦の適合度指標」レポートと同様の結果が導かれています。バギングの予測値の「R2乗」の値は、元のモデルの値よりもわずかに大きく、適合度が向上していることが示唆されています。

図3.33 「硬度」に対する予測値の比較



バギングを使用して予測精度を測る例

バギングのもう1つの使用例は、標準誤差などの分布情報に基づいて、予測の精度を測ることです。[各予測を計算式として保存] オプションをバギングで使用できるプラットフォームでは、新しく追加されたデータに対して予測値を求め、その予測精度を検討することができます。[各予測を計算式として保存] オプションは、「標準最小2乗」、「一般化回帰」、「一般化線形モデル」の各プラットフォームにおけるバギングで使用できます。

「Tiretread.jmp」データテーブルで、「摩擦」のみを3因子で予測するとしましょう。この例では、「摩擦」を予測するために、一般化回帰モデルをあてはめます。次に、このモデルでバギングを実行します。最後に、新しく追加されたデータに対して予測値を求め、その予測の精度を検討します。検討材料として、予測の信頼区間を求めます。

一般化回帰モデルのあてはめ

- [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
- [分析] > [モデルのあてはめ] を選択します。
- 「摩擦」を選択し、[Y] をクリックします。
- 「手法」のリストから [一般化回帰] を選択します。
- 「シリカ」、「シラン」、「硫黄」を選択し、[追加] をクリックします。
- [実行] をクリックします。
- [実行] をクリックします。

バギングの実行

1. 「適応法 Lasso による推定（検証法：検証列）」の赤い三角ボタンのメニューから、[プロファイル] > [プロファイル] を選択します。
レポートの末尾に「予測プロファイル」が表示されます。
2. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、メニューから [バギング予測の保存] を選択します。
3. 「ブートストラップ標本数」の横に「500」と入力します。
4. (オプション) 「乱数シード値」に「4321」と入力します。

メモ: 無作為に復元抽出されるため、結果はいつも同じではありません。この例と同じ結果を再現するには、上記の「乱数シード値」を設定してください。

5. [各予測を計算式として保存] が選択されていることを確認します。
6. [OK] をクリックします。

メモ: この設定では、「[バギングを使用して予測精度を高める例](#)」(71ページ) よりも処理に時間がかかる可能性があります。標本数が大きいほうが、予測分布の推定が向上します。

データテーブルのウィンドウに戻ります。「予測式 摩擦 バギング平均」、「標準誤差 摩擦 バギング平均」、「標準偏差 摩擦 バギング」の3つの新しい列が追加されています。「予測式 摩擦 バギング平均」列が、最終的な予測値です。

新しく追加したデータに対する予測

データテーブルの各行に、「摩擦」の予測式とその標準誤差が追加されました。ここで、「シリカ」、「シラン」、「硫黄」がそれぞれ0.9、43、2という値になっているときの予測値を求めるとしています。先ほど、[各予測を計算式として保存] オプションを使って、個々のバギングモデルの計算式を保存しました。この保存した計算式によって、応答変数である「摩擦」を予測し、その信頼区間を求めることができます。ここでは、先ほど述べた因子値について、M個の予測値を求め、その分布を求めることにします。これらM個の予測値を平均したものが、最終的な予測値となります。また、M個の予測値の分布を見れば、予測の精度がわかります。

1. データテーブルで、[行] > [行の追加] を選択します。
2. 「追加する行数」に「1」と入力し、[OK] をクリックします。
3. 新しい行の「シリカ」の列に、「0.9」と入力します。
4. 新しい行の「シラン」の列に、「43」と入力します。
5. 新しい行の「硫黄」の列に、「2」と入力します。

新しい行の予測式の列が自動的に計算されます。

図3.34 新しい行の値

	摩擦	引張応力	伸び	硬度	シリカ	シラン	硫酸
1	102	900	470	67.5	0.7	40	2.8
2	120	860	410	65	1.7	40	1.8
3	117	800	570	77.5	0.7	60	1.8
4	198	2294	240	74.5	1.7	60	2.8
5	103	490	640	62.5	0.7	40	1.8
6	132	1289	270	67	1.7	40	2.8
7	132	1270	410	78	0.7	60	2.8
8	139	1090	380	70	1.7	60	1.8
9	102	770	590	76	0.3835	50	2.3
10	154	1690	260	70	2.0165	50	2.3
11	96	700	520	63	1.2	33.67	2.3
12	163	1540	380	75	1.2	66.33	2.3
13	116	2184	520	65	1.2	50	1.4835
14	153	1784	290	71	1.2	50	3.1165
15	133	1300	380	70	1.2	50	2.3
16	133	1300	380	68.5	1.2	50	2.3
17	140	1145	430	68	1.2	50	2.3
18	142	1090	430	68	1.2	50	2.3
19	145	1260	390	69	1.2	50	2.3
20	142	1344	390	70	1.2	50	2.3
21	*	*	*	*	0.9	43	2

- [テーブル] > [転置] を選びます。
- 「バギング 摩擦 (500/0)」を選択し、[転置する列] をクリックします。
- [OK] をクリックします。
- [分析] > [一変量の分布] を選択します。
- 「行 21」を選択して、[Y, 列] をクリックします。

メモ: 「行 21」は、新しく追加したデータ行の予測値に対応しています。

- [OK] をクリックします。
- 「行 21」の赤い三角ボタンをクリックし、メニューから [表示オプション] > [横に並べる] を選択します。

図3.35 「一変量の分布」レポート

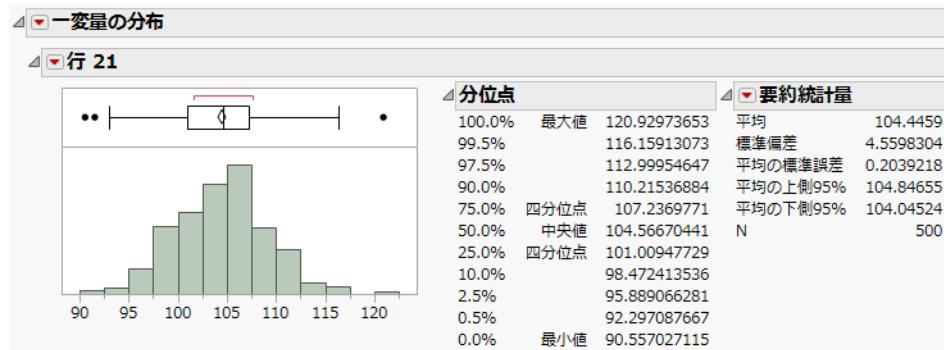


図3.35の「一変量の分布」レポートには、各バギングモデルからの摩擦の予測値の分布情報が表示されています。新しく追加したデータに対する「摩擦」の最終的な予測値は104.44です。これは、M個のバギング予測の平均値です。この予測値の標準誤差は、4.56です。分位点から、この新しく追加したデータに対する予測値の信頼区間も求めることができます。この例では、新しい予測値の95%信頼区間は、95.89～112.98です。

「予測プロファイル」の統計的詳細

- 「変数重要度の評価」
- 「誤差伝播の法則による区間」

変数重要度の評価

この節では、変数重要度の計算方法について詳説します。

背景

予測モデルを表す関数を、 f とします。また、モデルの因子（主効果）を、 x_1, x_2, \dots, x_n とします。 $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ という関係が成り立っているとします。

- y の期待値 $E(y)$ は、 x_1, x_2, \dots, x_n の同時分布において、それらの変数で y を積分したものです。
- y の分散 $Var(y)$ は、 x_1, x_2, \dots, x_n の同時分布において、それらの変数で $(y - E(y))^2$ を積分したものです。

主効果

x_j の y に対する主効果を、 $Var(E(y | x_j))$ と定義します。この定義において、まず、 x_j が与えられたときの条件付き期待値を求め、そして、その条件付き期待値の分散を x_j の周辺分布から求めます。言い換えると、 $Var(E(y | x_j))$ は、「 x_j が与えられたときの y の条件付き平均」の分散になっています。

次に、主効果 x_j に対する y の感度 (sensitivity) を、 $Var(E(y|x_j))/Var(y)$ という比率によって定義します。「要約レポート」の「主効果」列に示される変数重要度は、乱数シミュレーションによってこの比率を推定した値です（「[標本抽出に伴う誤差の調整](#)」(78ページ) を参照）。

全効果

「全効果」は、 x_j にかかるすべての項による、 $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ の分散への寄与全体を表します。全効果の計算は、関数的分解に基づいています。関数的分解では、関数 f が、定数および 1 变数だけからなる項、複数の变数を組み合わせた項などを示す関数に分解されます。このように分解された成分は、分散分析における主効果、交互作用や高次の効果に相当します Saltelli (2002) ; Sobol (1993) をご参考ください。

x_j の全効果を計算するにあたっては、まず、分解された成分のうち、 x_j を含む項が識別されます。そして、それらの各項について、条件付き期待値の分散が計算されます。その後、それらの各項の分散が合計されます。この合計値は、 x_j を含む複数の項が、 $Var(y)$ に対して、全体としてどれくらい寄与しているかを示します。各 x_j について、これらの値は、ユーザによって選択された、入力变数のシミュレーション方法に基づいて算出されます。こうして算出された値は、「全効果」という列に表示されます（「[標本抽出に伴う誤差の調整](#)」(78ページ) も参照してください）。

x_1 と x_2 という 2 因子しかない簡単な場合で、全効果の重要度がどのように算出されるか考えてみましょう。 x_1 が関係する全効果の重要度は、次式で算出されます。

$$\frac{Var(E(y|x_1)) + Var(E(y|x_1, x_2))}{Var(y)}$$

標本抽出に伴う誤差の調整

「要約レポート」の「主効果」と「全効果」に出力される推定値は、標本抽出によって算出されているため、誤差が生じます。その標本抽出の誤差は、次に述べる方法で調整される場合があります。「全効果」が、「主効果」より小さくなった場合は、「全効果」が「主効果」と等しい値に設定されます。また、「主効果」の合計が 1 より大きくなる場合は、合計が 1 になるように値が正規化されます。

変数重要度の標準誤差

入力变数に対して独立性を仮定した場合には、重要度の標準誤差が計算されます。この標準誤差は、モンテカルロ法の計算精度を表すものです。重要度の計算において、この標準誤差は以下のように使われます。

- ラテン超方格法によって、データを複数組、生成します。
- データの各組ごとに、主効果と全効果の重要度を計算します。
- この重要度に対する標準誤差の推定値が、全因子について閾値の 0.01 を下回るまで、上記の計算が繰り返されます。

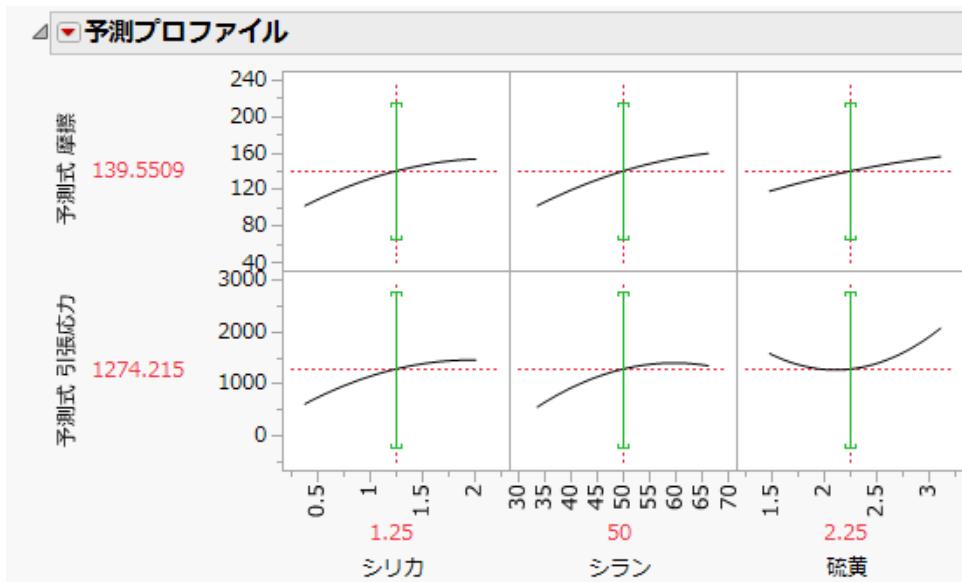
レポートに表示される標準誤差は、反復計算が終了した時点での標準誤差です。

誤差伝播の法則による区間

誤差の伝播 (POE: Propagation Of Error) は、因子をあまり正確に制御できないような状況において、因子におけるばらつき（変動）によって、応答の値もばらついてしまう状態を指します。

JMPのプロファイルは、まず因子と応答変数の列に「Sigma」列プロパティがあるかどうかを調べます。 「Sigma」列プロパティは、列の標準偏差（シグマ）を指定するためのプロパティで、[列] > [列情報] をクリックすると表示されます。「Sigma」の列プロパティが存在する場合は、[予測プロファイル] ドロップダウンメニューの [誤差伝播の法則による区間] コマンドが選択可能になります。このコマンドを選択すると、因子のばらつきから推定される応答の 3σ 区間が表示されます。

図3.36 予測プロファイルに緑色で表示された誤差伝播の法則による区間



POEはグラフ内に緑色の線で表示されます。この線は、「POE分散」の平方根を3倍したものを予測値にプラスマイナスした範囲を示します。「POE分散」は、次式により計算されます。

$$\sum_{i=1}^N \left(\sigma_{x_i}^2 \times \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \right) + \sigma_y^2$$

ここで、 σ_y は応答列に対してユーザが指定したシグマ、 σ_x は因子列に対してユーザが指定したシグマです。

これらの偏微分は、次の数値微分によって計算されます。

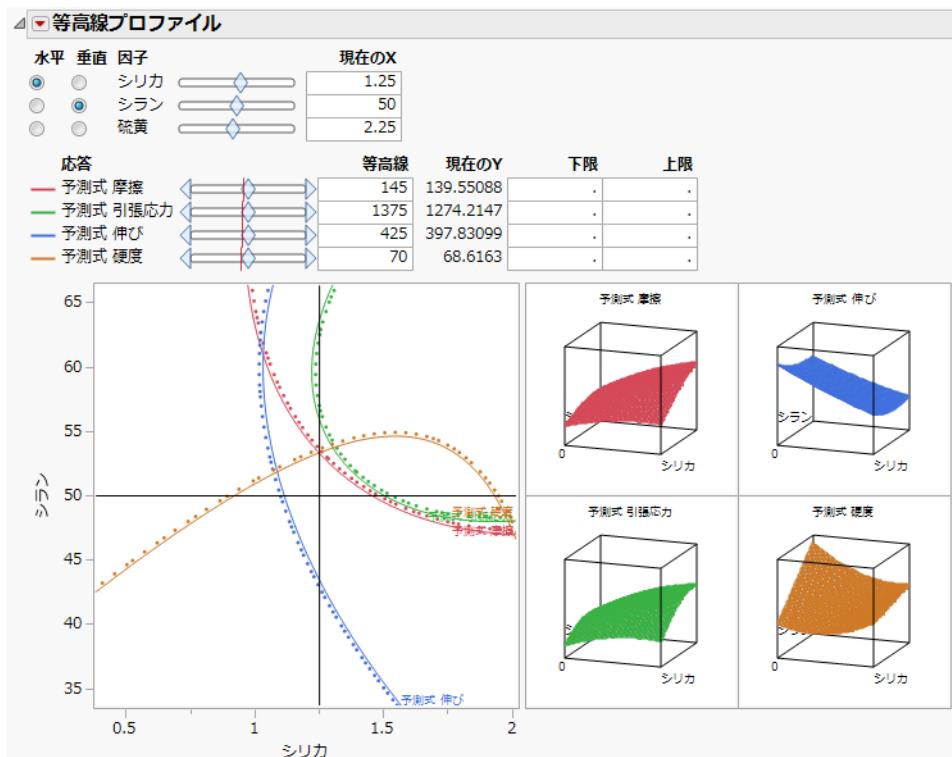
δ として「Xの範囲÷10000」を用いた中心差分

POEの区間は、応答曲面の傾きが大きい部分では広くなります。因子のばらつきに対してロバスト（頑健）にするには、応答曲面が平らになっている場所を探し出し、因子のばらつきが応答に与える影響を最小限に抑えなければいけません。

等高線プロファイル 2因子に対する応答変数の等高線図を調べる

[等高線プロファイル] は、2因子に対する応答変数の等高線図を表示します。等高線プロファイルを使えば、応答曲面を対話的に最適化できます。

図4.1 等高線プロファイルの例



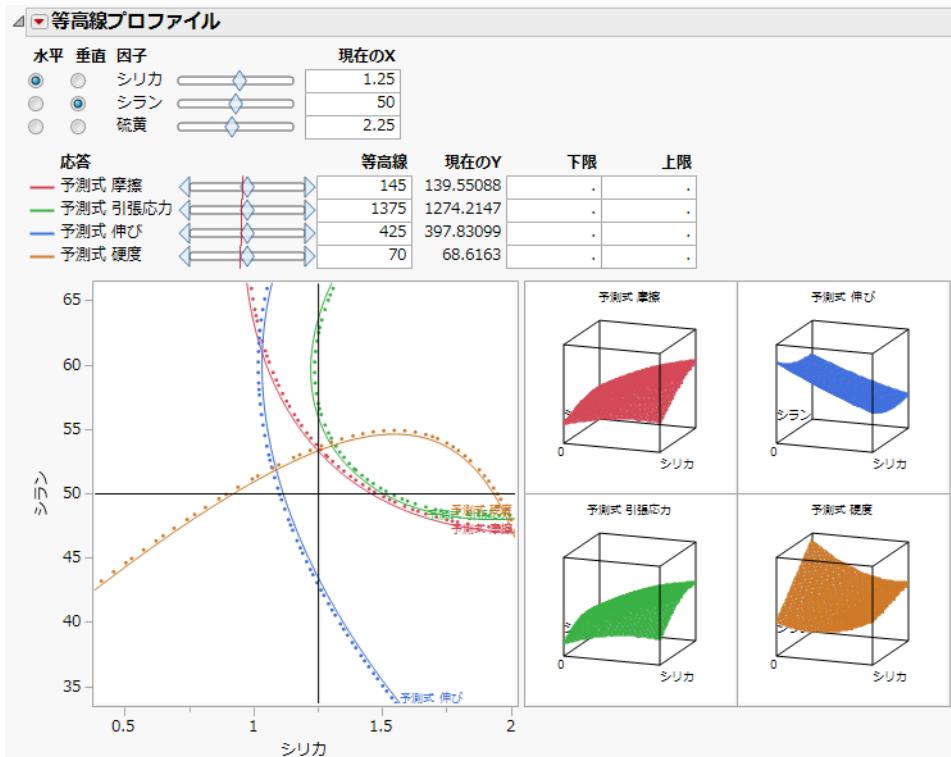
目次

等高線プロファイルの概要	83
等高線プロファイルの例	83
「等高線プロファイル」プラットフォームの起動	85
「等高線プロファイル」レポート	85
因子の設定パネル	85
応答の設定パネル	86
「等高線プロファイル」プラットフォームのオプション	87
制約の陰影の設定	88
等高線プロファイルの別例	88
最適な設定を探索する	88

等高線プロファイルの概要

【等高線プロファイル】は、2因子に対する応答変数の等高線図を表示します。他の因子を特定の値に変更して、等高線にどのように影響するかを確認することもできます。等高線プロファイルを使えば、応答曲面を対話的に最適化できます。3次元の曲面プロットも描かれます。図4.2は、「Tiretread.jmp」サンプルデータから作成した等高線プロファイル例です。

図4.2 等高線プロファイル



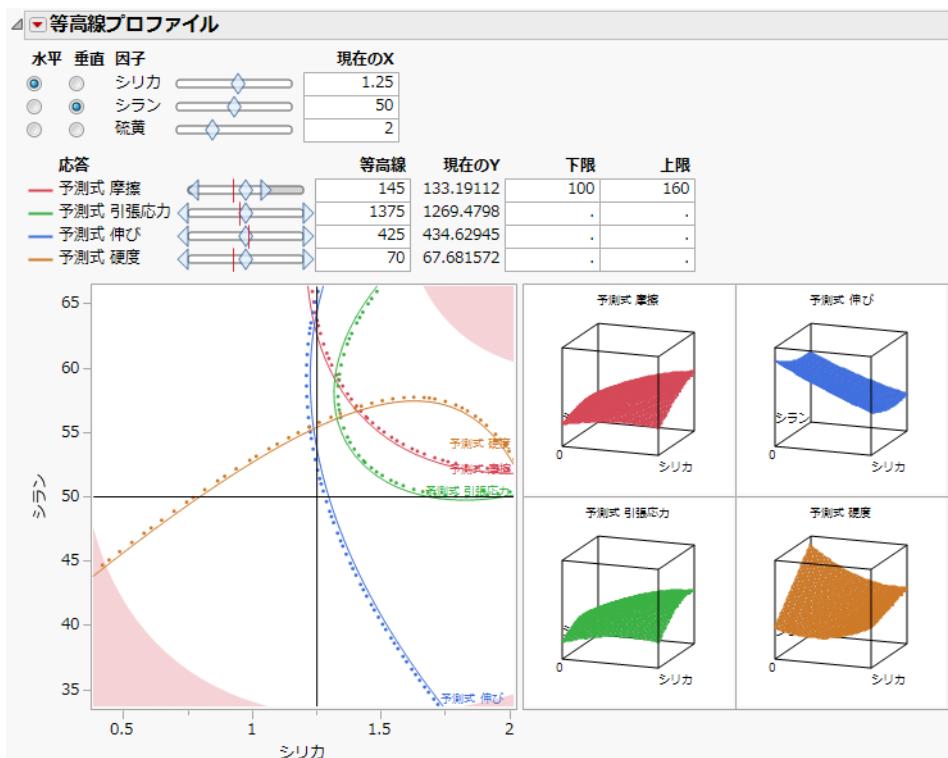
等高線プロファイルの例

この例では、「Tiretread.jmp」サンプルデータを使用します。3つの因子（「シリカ」、「シラン」、「硫黄」）と、4つの応答（「摩擦」、「引張応力」、「伸び」、「硬度」）があります。このデータテーブルには、4つの応答変数の予測式があらかじめ列に保存されています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [等高線プロファイル] を選択します。

3. 「予測式 摩擦」、「予測式 引張応力」、「予測式 伸び」、「予測式 硬度」を選択し、[Y, 予測式]をクリックします。
 4. [OK] をクリックします。
- 水平軸（横軸）が「シリカ」で、垂直軸（縦軸）が「シラン」の等高線プロットが描かれます。「硫黄」の値は2.25に設定されています。図4.2を参照してください。
5. 「硫黄」の「現在のX」のボックスをクリックし、「2」と入力します。ボックスの外をクリックすると、値が設定されます。
 6. 「予測式 摩擦」の「下限」ボックスに、「100」と入力します。
 7. 「予測式 摩擦」の「上限」ボックスに、「160」と入力します。
 8. ボックスの外をクリックすると、プロットが更新されます。

図4.3 「Tiretread.jmp」の等高線プロファイル



「硫黄」の値を変更したため、等高線と曲面プロットは図4.2と異なっています。「硫黄」のスライダバーを動かして値を変更し、等高線と曲面プロットがどのように変化するかを観察してみましょう。等高線プロット上の陰影つきの領域は、「摩擦」の「下限」、「上限」の外側にあたる領域です。

「等高線プロファイル」プラットフォームの起動

「等高線プロファイル」プラットフォームは、次のいずれかの方法で起動できます。

- [グラフ] メニューから直接「等高線プロファイル」プラットフォームを起動できます。この方法で起動した場合は、「等高線プロファイル」の起動ウィンドウが表示されます。詳細については、「プロファイルについて」章の「[「プロファイル」起動ウィンドウ](#)」(30ページ) を参照してください。
- 多くのモデルプラットフォームにおいても、赤い三角ボタンのメニューから等高線プロファイルを起動することができます。どのプラットフォームで等高線プロファイルを使用できるかについては、「プロファイルについて」章の「[JMPプロファイルの場所](#)」(29ページ) を参照してください。
- 「モデルの比較」プラットフォームからも、等高線プロファイルを起動できます。「モデルの比較」の赤い三角ボタンのメニューから [等高線プロファイル] を選択すると、等高線プロファイルが起動します。次に、「プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから [等高線プロファイル] を選択してください。
- **JMP[®] PRO** 「計算式デポ」プラットフォームからも、等高線プロファイルを起動できます。まず、「計算式デポ」の赤い三角ボタンのメニューから [プロファイル] を選択し、対象のモデルを選択します。次に、「プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから [等高線プロファイル] を選択すると、等高線プロファイルが起動します。

「等高線プロファイル」レポート

「等高線プロファイル」レポートが最初に開いたときには、等高線プロファイルのプロット、各応答変数の曲面プロット、因子の設定パネル、応答の設定パネルが表示されます。これらの等高線の値は、応答変数の調整スライダ、もしくは「等高線」列への入力によって変更できます。応答変数ごとに色の違う等高線が表示されます。等高線の片側に表示される点線は、応答変数の値が大きくなる方向を示しています。

- 「因子の設定パネル」
- 「応答の設定パネル」

因子の設定パネル

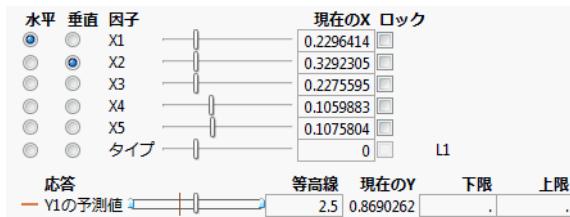
水平、垂直 等高線プロファイルおよび曲面プロットで、水平軸（横軸）と垂直軸（縦軸）に割り当てる因子をラジオボタンで指定します。

因子 因子のリスト。

現在のX 因子の現在の設定値。因子の設定値を変更するには、ボックスをクリックして入力するか、またはスライダを使用します。スライダのスケールを変更するには、スライダを右クリックして [スライダのスケール変更] を選択します。1つの因子の設定値を変更すると、他の因子の値は変わりませんが、応答の設定パネルの値は変わります。グラフ上に十字で表示されているのが、**現在のX**の位置です。

ロック 説明変数が4つ以上ある配合計画で表示されます。このコマンドを使って配合効果の値の設定をロックすると、他の配合効果が変更されたために配合の調整が必要になっても、ロックした設定には影響が及びません。ロックした列がある場合、それによって制限された領域が陰影つきで表示されます。

図4.4 列のロック



応答の設定パネル

応答 応答変数のリストと、色の凡例が示されます。各応答変数に対する色を変更するには、色の凡例を右クリックしてください。

等高線 等高線プロファイルに表示される等高線の現在の値です。ボックスをクリックすると、値を変更できます。スライダを使って等高線の値を変更することもできます。

現在のY 現在のXの値に対する、応答変数の予測値です。この値は、スライダ上に赤い線で示されます。因子の値を変更すると、それに応じて値が更新されます。

下限 応答変数の下限値を設定できます。ボックスをクリックして設定するか、スライダの左にある三角形をクリックします。応答列の列プロパティの「仕様限界」で「下側仕様限界」の値が設定されている場合は、その値が「下限」の初期値に使用されます。

上限 応答変数の上限値を設定できます。ボックスをクリックして設定するか、スライダの右にある三角形をクリックします。応答列の列プロパティの「仕様限界」で「上側仕様限界」の値が設定されている場合は、その値が「上限」の初期値に使用されます。

応答変数の下限と上限を指定すると、それらの範囲に収まっていない領域が陰影で示されます。

「等高線プロファイル」プラットフォームのオプション

グリッド密度 メッシュプロット（曲面プロット）の密度を設定します。

グラフの更新 グラフの更新のしかたを指定します。（高速マシンでは、違いがほとんどわからない場合もあります。）次の2つのオプションがあります。

マウスを移動するたびに マウスのドラッグに応じてグラフが変化し続けます。これがデフォルトの設定です。

マウスボタンを放すたびに マウスのボタンを放したときに、グラフを更新します。

曲面プロット メッシュプロットの表示／非表示を切り替えます。

等高線ラベル 等高線ラベルの表示／非表示を切り替えます。ラベルは、等高線と同じ色で表示されます。

等高線グリッド 等高線プロファイル上に、ユーザが指定した間隔で等高線が描かれます。

等高線グリッドの削除 描いた等高線グリッドを削除します。

因子設定 このサブメニューには、等高線プロファイルの設定を保存して JMP の別の部分に移すためのコマンドが含まれています。「プロファイル」章の「[因子設定](#)」(48ページ) を参照してください。

シミュレータ シミュレータが開きます。「[シミュレータ](#)」章 (137ページ) を参照してください。

増加方向を表す点線 各等高線に対する点線の表示／非表示を切り替えます。この点線は、応答の増加方向を示しています。

等高線を現在値に設定 等高線が現在の Y 値の位置を通るようにリセットします。つまり、等高線図上の十字ツールの交点を通るように等高線が描かれます。このとき、Y の調整スライダでの設定もそのように変更されます。

Xコントロールを左側に並べる X と Y の設定パネルを横に並べて X の設定パネルを左側に配置するか、縦に並べて X の設定パネルを上部に配置するかを切り替えます。

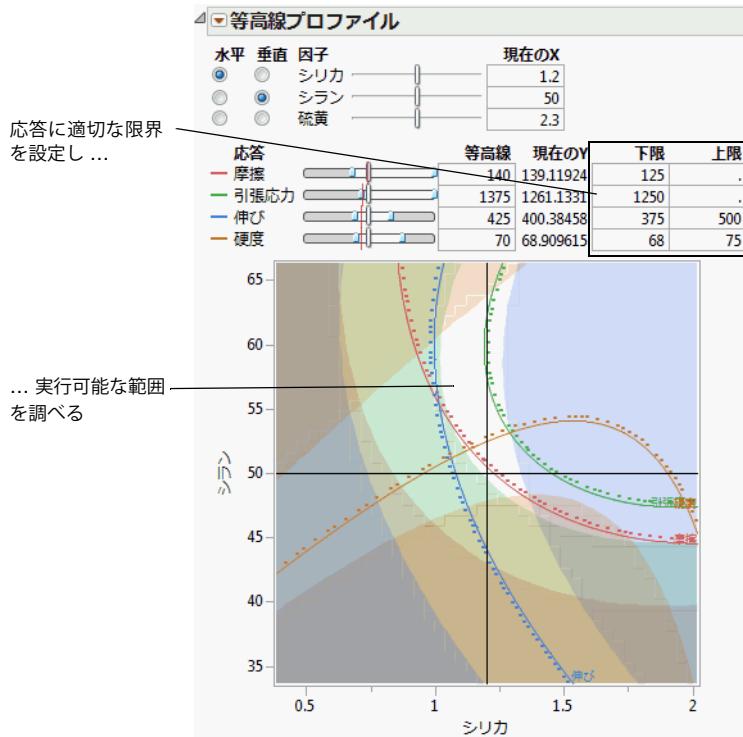
X設定を表示しない X の設定パネル（「因子」の設定パネル）の表示／非表示を切り替えます。

Y設定を表示しない Y の設定パネル（「応答」の設定パネル）の表示／非表示を切り替えます。

制約の陰影の設定

応答変数に対して下限と上限を指定すると、その外側にあたる領域が陰影で表示されます。陰影のない白色の部分が条件に合った領域です。図4.5を参照してください。

図4.5 等高線プロファイルに陰影をつける設定



等高線プロファイルの別例

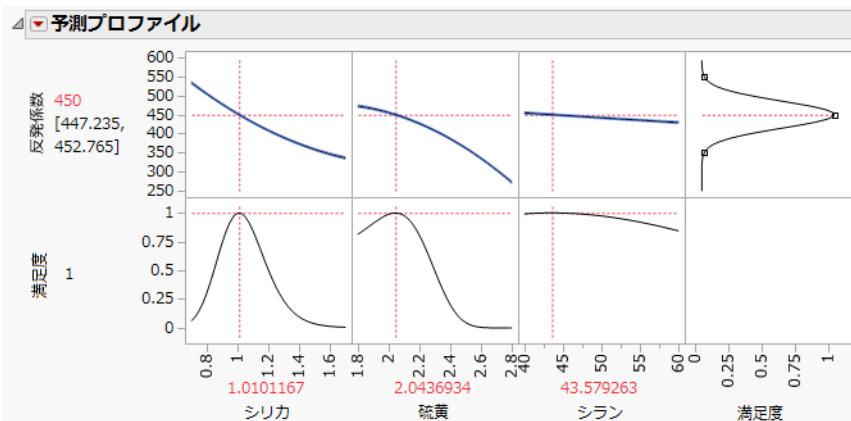
最適な設定を探索する

応答曲面上の最適な設定を見つける際に、満足度関数がよく使用されます。「予測プロファイル」の「[満足度の最大化]」機能を使えば、満足度を最大化する応答の予測値から、最適な因子水準の組み合わせを1つ求めることができます。しかしながら、満足度関数を最適化する因子水準の組み合わせは、多数存在する場合があります。「等高線プロファイル」は、満足度を最大化する他の設定を見つけるのに便利なツールです。

この例では、タイヤのトレッドに関する実験データを含む「Bounce Data.jmp」データテーブルを使用します。応答の「反発係数」を、「シリカ」、「シラン」、「硫黄」という3つの変数から推定します。モデルを作成し、「予測プロファイル」の「満足度の最大化」オプションを使用して、満足度関数を最大化する「反発係数」の値とその因子設定を求めます。その後に、「等高線プロファイル」を使用して、その「反発係数」の値にするための他の因子設定を調べます。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Design Experiment」フォルダの「Bounce Data.jmp」を開きます。
2. 「モデル」スクリプトの横の緑の三角ボタンクリックし、プラットフォームの起動ウィンドウで [実行] をクリックします。
3. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューをクリックし、[最適化と満足度] > [満足度の最大化] を選択します。

図4.6 満足度を最大化する設定

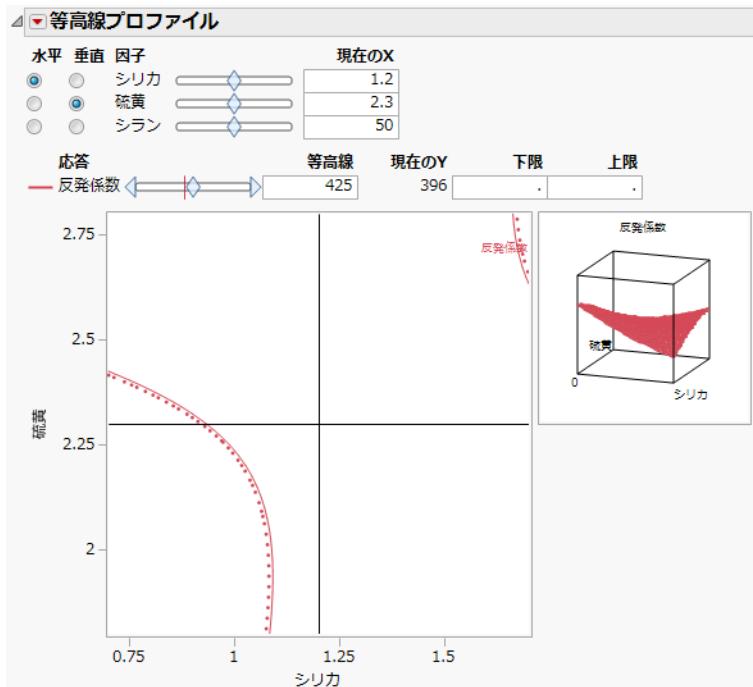


満足度関数を最大化する「反発係数」の値は、450です。「反発係数」がこの予測値450になる因子水準の組み合わせの1つは、「シリカ」= 1.0101、「硫黄」= 2.0437、「シラン」= 43.5792です。

4. 「応答 反発係数」の赤い三角ボタンをクリックし、[因子プロファイル] > [等高線プロファイル] を選択します。

新しい設定の組み合わせが確実に満足度を最大化するように、「反発係数」の予測値が450から2単位以内に収まるようにしたいとしましょう。また、「シラン」は高水準にすることにし、60に固定します。

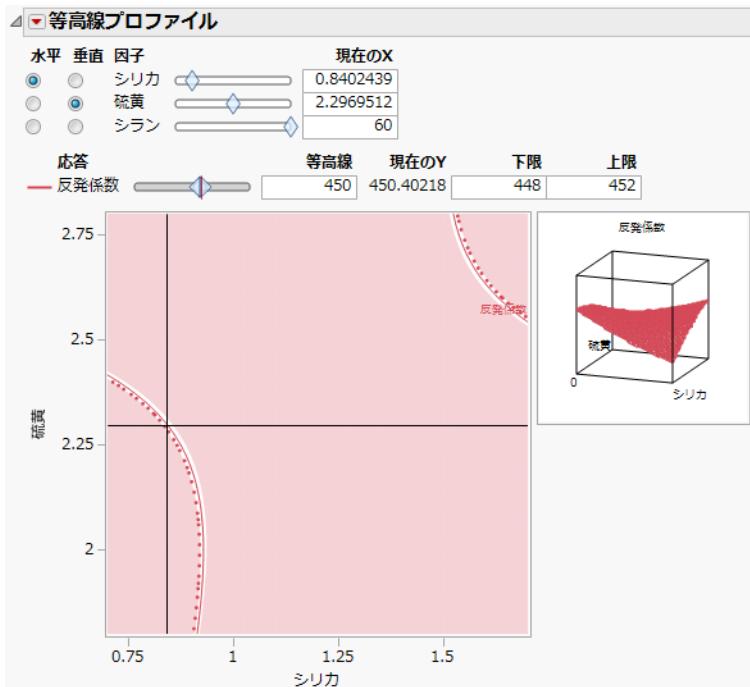
図4.7 「Bounce Data.jmp」の等高線プロファイル



最初のプロットでは、「シラン」が50に設定されたときの「シリカ」と「硫黄」の等高線が描かれています。等高線は、「反発係数」=425に対するものです。

5. 応答の設定パネルで、「反発係数」の「等高線」の値を、450に設定します。「反発係数」の「下限」と「上限」を、それぞれ448と452に設定します。Enterキーを押します。
6. 「シラン」の「現在のX」を、60に設定します。

図4.8 最適設定の等高線プロファイル



赤い実線の曲線上の値が、「反発係数」の予測値が450となる「シリカ」と「硫酸」の値の組み合わせです。陰影の付いていない領域では、「反発係数」の予測値は448～452の間に收まります。プロット上に表示される十字を陰影の付いていない領域にドラッグして、「シリカ」と「硫酸」の値の組み合わせを見つけることができます。そのような値の例の1つを、図4.8に示しています。

第5章

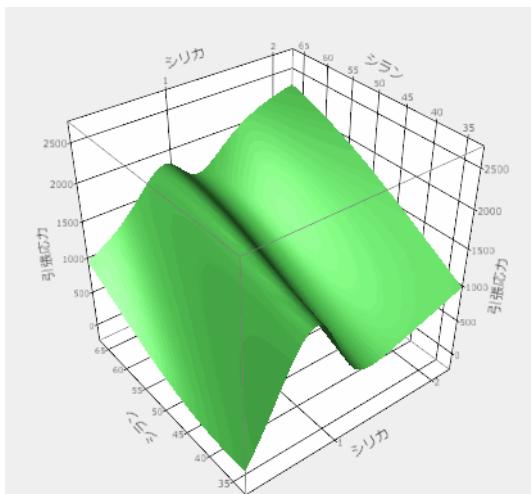
曲面プロット 3因子に対する応答変数の等値面を調べる

曲面プロットは、1つまたはそれ以上の従属変数（応答変数）を滑らかな曲面で表した3次元のプロットです。1つの曲面プロットに、従属変数を4つまで表示することができます。

JMPでは、次のいずれかの方法で曲面プロットを生成できます。

- 「曲面プロット」プラットフォームによって独立したレポートとして計算式から曲面を描く。計算式には、データテーブルの列の計算式を使用するか、またはデータ点と関係なく数学関数を指定することもできます。
- モデルのプラットフォームの多くに [曲面プロファイル] オプションが備わっており、これらのプラットフォームレポート上で、あてはめたモデルの曲面プロットを生成できます。

図5.1 曲面プロットの例



目次

曲面プロットおよび曲面プロファイルの概要.....	95
「曲面プロット」プラットフォームの例.....	95
「曲面プロット」プラットフォームの起動.....	98
「曲面プロット」レポート.....	99
曲面プロット	100
「表示形式」設定パネル	101
独立変数	102
従属変数	103
「曲面プロット」プラットフォームのオプション	104
ポップアップメニューのオプション	105
「従属変数」のオプション	106
曲面のプロパティ	107
キーボードショートカット	109
「曲面プロット」プラットフォームの別例	109
1つの数学関数の曲面プロットを生成する	109
等値面のプロット	110

曲面プロットおよび曲面プロファイルの概要

「曲面プロット」プラットフォームと「曲面プロファイル」プラットフォームは、点や曲面を3次元上にプロットします。

曲面プロットは、独立したプラットフォーム（[グラフ] > [曲面プロット]）で作成できるだけでなく、多数のレポートにオプション（[曲面プロファイル]）として用意されています。どちらも機能はほとんど同じです。

プロットする対象は、点と曲面のいずれか、またはその両方です。曲面プロットに点が表示されている場合は、その点はデータテーブルとリンクされています。点をクリックするか、またはブラシツールを使うと点を選択できます。データテーブルで適用した色とマーカーは、曲面プロットにも反映されます。

曲面は、数式、または、点の集合で定義されるポリゴンによって描かれます。滑らかな曲面やメッシュとして表示したり、等高線を追加したりできます。また、曲面プロットのラベル、軸、ライトを変更することもできます。

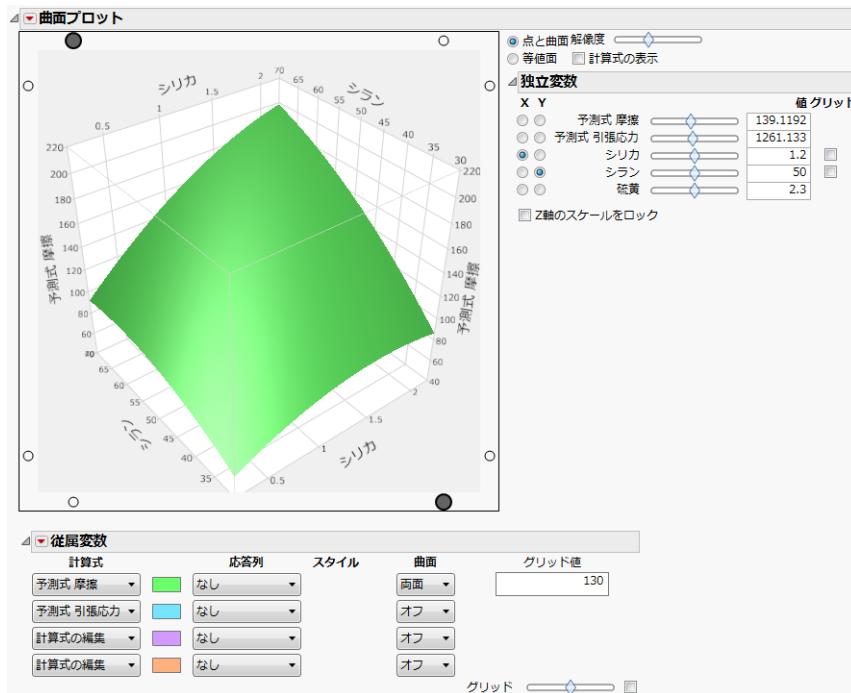
曲面プロットは、JMPスクリプト言語（JSL）の3Dシーンコマンドを使って構築されています。曲面プロットを右クリックすると、ポップアップメニューにOpenGLのシーンコマンドが表示されます。OpenGLのシーンコマンドの詳細については、『スクリプトガイド』の「3Dシーン」章を参照してください。

「曲面プロット」プラットフォームの例

この例では、「Tiretread.jmp」サンプルデータを使用します。3つの因子（「シリカ」、「シラン」、「硫黄」）と、4つの応答（「摩擦」、「引張応力」、「伸び」、「硬度」）があります。このデータテーブルには、4つの応答変数の予測式があらかじめ列に保存されています。この予測式の列を使って、2つの応答変数の曲面を観察してみましょう。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [曲面プロット] を選択します。
3. 「予測式 摩擦」、「予測式 引張応力」を選択し、[列] をクリックして、[OK] をクリックします。

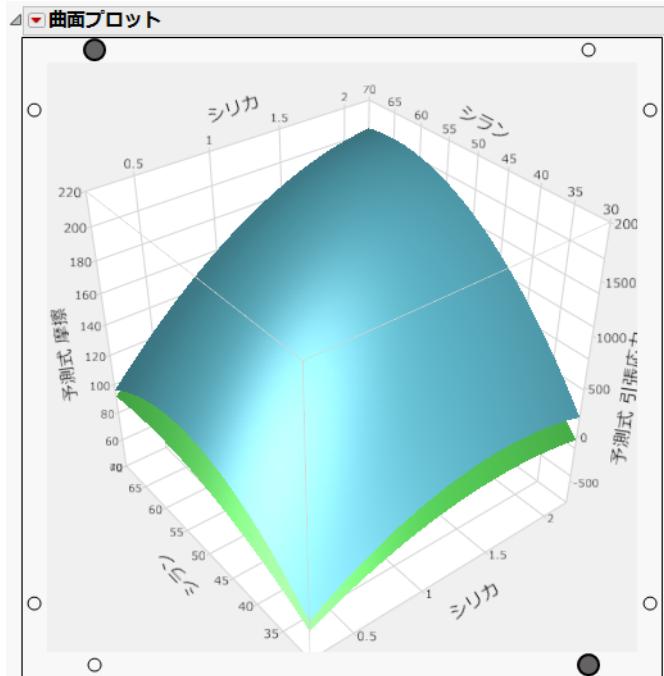
図5.2 最初の「曲面プロット」レポート



デフォルトでは、「摩擦」の予測曲面だけがプロットに表示されています。「独立変数」レポートを見ると、摩擦と引張応力の値には大きな違いがあり、スケールが異なるということがわかります。

4. 「従属変数」レポートで、「予測式 引張応力」の「曲面」リストから【両面】を選択します。
5. 「曲面プロット」の赤い三角ボタンをクリックし、【応答の軸を個別にスケール】を選択します。

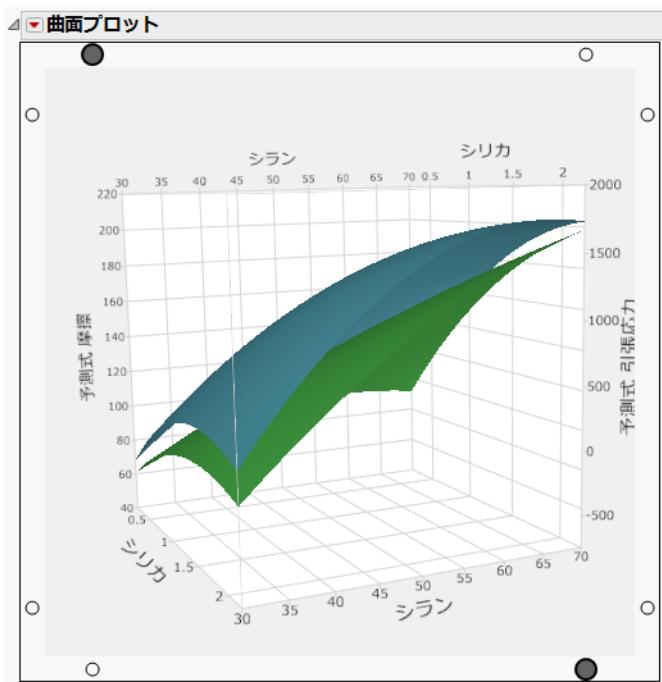
図5.3 「摩擦」と「引張応力」の予測曲面



「予測式 摩擦」は片方のZ軸に、「予測式 引張応力」はもう片方のZ軸に表示されます。つまり、各応答に異なるスケールが適用されています。このプロットで、考慮される因子は「シリカ」と「シラン」の2つです。曲面プロットは、グラフ内でクリックしたりドラッグすることによって回転させることができます。この操作によって、予測曲面を別の視点から観察することができます。たとえば、図5.4では、2つの説明変数に基づく「摩擦」と「引張応力」の予測曲面は、スケールは異なりますが、似通っていることがわかります。「独立変数」の設定パネルを使って、説明変数の組み合わせを変更し、曲面プロットにどのように影響するのかを観察してみましょう。

ヒント: 回転した後に元の状態に戻すには、曲面プロット上で右クリックし、[リセット] を選択します。

図5.4 回転させた予測曲面



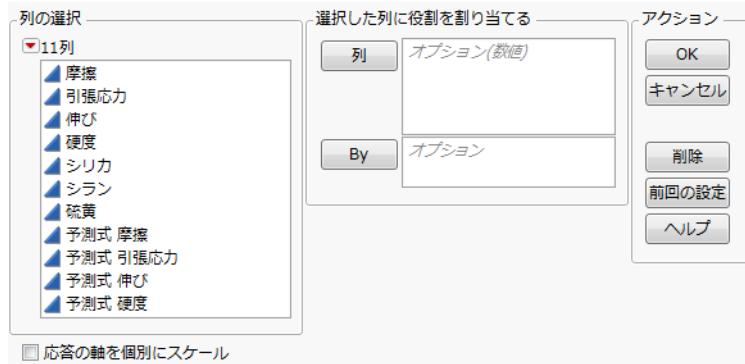
「曲面プロット」プラットフォームの起動

「曲面プロット」または「曲面プロファイル」は、次のいずれかの方法で起動できます。

- 「曲面プロット」プラットフォームを直接起動するには、[グラフ] メニューから「曲面プロット」を選択します。データテーブルが開いている場合は、図5.5のようなウィンドウが表示されます。曲面の描画にデータテーブルを使用したくない場合は、列を指定しないまま [OK] をクリックしてください。列を指定しなかった場合や、開かれているデータテーブルがない場合には、図5.12のような曲面プロットが表示されます。
- モデルのプラットフォームの多くでも、赤い三角ボタンのメニューから、「曲面プロファイル」を起動することができます。赤い三角のメニューから「曲面プロファイル」を選択すると、曲面プロファイルが起動します。どのプラットフォームで曲面プロファイルを使用できるかについては、「プロファイルについて」章の「JMPプロファイルの場所」(29ページ)を参照してください。
- 「モデルの比較」プラットフォームからも、「曲面プロファイル」プラットフォームを起動できます。まず、「モデルの比較」の赤い三角ボタンのメニューから「プロファイル」を選択します。次に、「プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから「曲面プロファイル」を選択してください。

- **JMP[®] PRO** 「計算式デボ」プラットフォームからも、「曲面プロファイル」プラットフォームを起動できます。まず、「計算式デボ」の赤い三角ボタンのメニューから〔プロファイル〕を選択し、対象のモデルを選択します。次に、「プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから〔曲面プロファイル〕を選択してください。

図5.5 「曲面プロット」起動ウィンドウ



列 プロットする列を指定します。[列] の役割を割り当てる能够るのは数値変数だけです。

By 変数の水準ごとに個別に曲面プロットを作成する場合に、その変数を指定します。

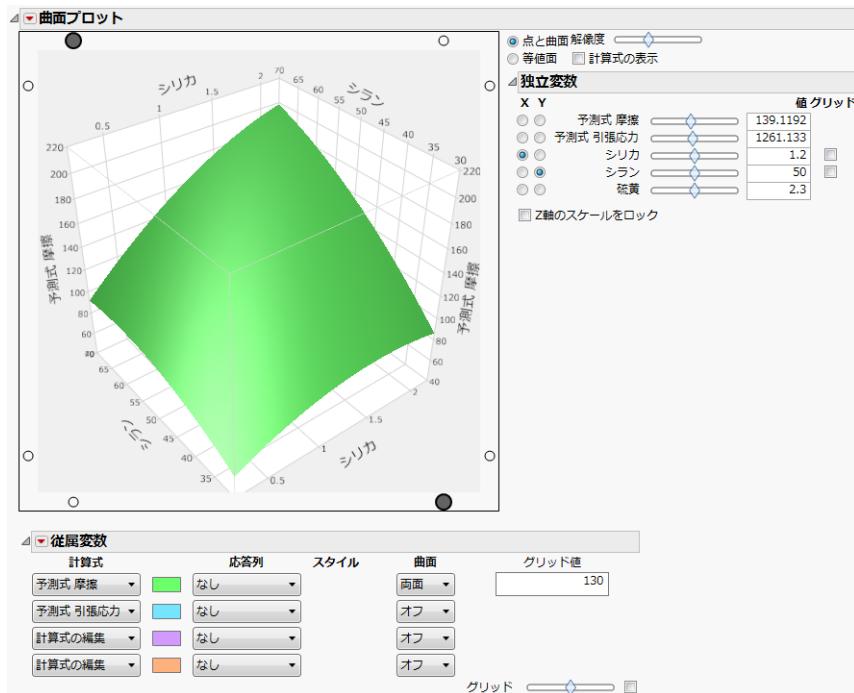
応答の軸を個別にスケール 曲面プロットの従属変数（応答変数）ごとに異なるスケールを適用します。

メモ: オフにすると、すべての従属変数の軸スケールが、[列] の役割に最初に追加した項目のスケールと同じになります。

「曲面プロット」レポート

「曲面プロット」レポートが最初に開いたときには、曲面プロット、表示形式の設定パネル、「独立変数」の設定パネル、「従属変数」の設定パネルが表示されます。予測式の列を複数指定した場合でも、最初のレポート画面では1つ目の曲面だけが表示されています。従属変数としてデータ値を含む列を複数指定した場合は、最初のレポート画面ですべての点が表示されます。

図5.6 「曲面プロット」レポートの例



曲面プロット

曲面プロットでは、以下の操作や設定を行えます。

回転 曲面プロット上で、カーソルの隣に円と矢印のアイコン(☞)が表示される場所でクリックしてドラッグすると、プロットを任意の方向に回転させることができます。

メモ: 上下左右の矢印キーを使用してプロットを回転させることもできます。

軸の設定 軸をダブルクリックすると、軸を設定するためのウィンドウが表示されます。このウィンドウでは、スケール、目盛り間隔、および軸ラベルの設定を変更できます。JMPの他のグラフと同様、手のひらツールを使って軸を調整および伸縮できます。軸の上にカーソルを置くと、カーソルが手のひらツールに変わります。

ライト デフォルトでは、プロットにはライトが当たっています。プロット上には、ライトの位置と色を変更するためのつまみが8個あります。ライトによって、プロットの各所を明るくしたり、影を付けたりできます。図5.7では、8つのうちの4つのつまみを示しています。

ライトは次のように調整できます。

- つまみを右クリックしてライトのオンとオフを切り替えることができます。点灯するライト数が多いほどプロットが明るくなり、少なくすると暗くなります。
- ライトの位置を変更するには、つまみをドラッグします。
- つまみを右クリックしてライトの色を変更できます。デフォルトの色は白です。

図5.7 ライトの設定つまみ



「表示形式」設定パネル

「表示形式」設定パネルのオプションは、モデルのプラットフォームにおける赤い三角ボタンのメニューから「曲面プロファイル」を選択した場合と、「曲面プロット」プラットフォームを単体で起動したときとでは異なります。図5.8に、モデルのプラットフォームから起動した場合の「表示形式」設定パネルの例を示します。

「曲面プロット」の表示形式設定パネル

レポートの右上に、曲面プロットの表示形式を指定するオプションが表示されます。

点と曲面 面、点、線を表示します。

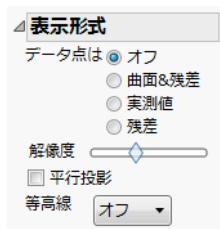
等値面 等値面の表示に変わります。詳細については、「[等値面のプロット](#)」(110ページ)を参照してください。

計算式の表示 計算式の編集ボックスが表示され、曲面の計算式を編集することができます。この編集ボックスは、起動ウィンドウで計算式の列を指定した場合にのみ表示されます。

解像度 「解像度」スライダは、計算式で評価される点の個数を調整します。解像度が低いと、関数の急激な変化などが確認しにくい場合があります。解像度が高すぎると、曲面の表示に時間がかかります。

「曲面プロファイル」の「表示形式」設定パネル

図5.8 「表示形式」設定パネル



モデルのプラットフォームでは、「表示形式」設定パネルに次のオプションが表示されます。

データ点は データ点の表示形式のオプションが表示されます。

オフ データ点を非表示にします。

曲面&残差 曲面に残差を足したものを、点として表示します。残差とは、実測値から予測値を引いた値のことです。

実測値 実測値の点を表示します。

残差 残差値を表示します（残差は0の周りに分布するため、多くの場合、プロットの範囲から外れて表示されます）。

解像度 「解像度」スライダは、計算式で評価される点の個数を調整します。解像度が低いと、関数の急激な変化などが確認しにくい場合があります。解像度が高すぎると、曲面の表示に時間がかかります。

平行投影 3次元のものを2次元上に投影する方法において、軸同士が直角となるように投影します。

等高線 曲面に対する等高線の位置を指定します。[オフ]、[下]、[上]、[曲面上] のオプションがあります。

独立変数

「独立変数」レポートには、次のオプションがあります。

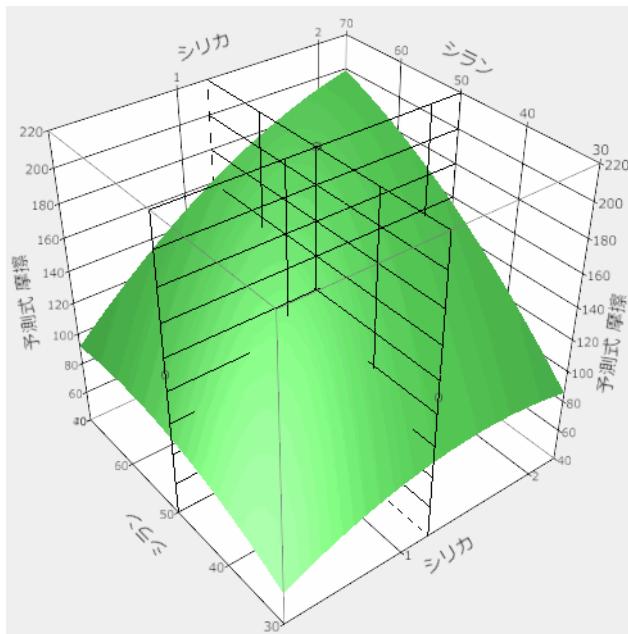
X、Y X軸とY軸に表示する独立変数を、ラジオボタンで選択します。この機能は、独立変数が3つ以上ある場合に便利です。

値 スライダとテキストボックスで各変数の現在値を設定します。この設定は、軸に表示されていない変数特に重要です。描画されている曲面は、この値で切り取られた3次元上の断面ということができます。スライダを動かしていろいろな断面を見てみましょう。

Z軸のスケールをロック Z軸を現在の設定でロックします。軸に表示されていない変数のスライダを動かす際に便利です。

グリッド このチェックボックスを選択すると、その変数の軸に垂直なグリッドが表示されます。スライダを動かすと、グリッドの位置が移動されます。各グリッドの細かさは、軸の設定で調整できます。図5.9は、X軸とY軸のグリッドを表示した例です。

図5.9 X軸とY軸のグリッド



従属変数

「従属変数」に表示される設定の種類は、「表示形式」設定パネルで「点と曲面」または「等値面」のどちらを選択したかによって異なります。

点と曲面の設定パネル

「点と曲面」を選択すると、「従属変数」のデフォルトの設定パネルは図5.6のようになります。

計算式 プロットに曲面として表示する計算式を、1つまたは複数選択できます。

応答列 データ値を点としてプロットする列を選択します。

スタイル（「応答列」を選択した場合にのみ、表示されます。）点の表示形式を選択します。次のオプションがあります。

点 個々の点を、データテーブルの行の属性で設定された色およびマーカーで表示します。

垂線 X-Y平面から点へ垂直に線を引きます。もしくは曲面がプロットされている場合は、曲面から点へ線を引きます。

メッシュ 点を三角のメッシュでつなぎます。

曲面 点を通る曲面を三角平面で描きます。

オフ 点は表示されません。

曲面 曲面の上部または下部の表示／非表示を切り替えることができます。[表のみ] または [裏のみ] を選択すると、曲面の反対側が暗くなります。

グリッド、グリッド値 チェックボックスをオンにすると、従属変数に対するグリッドが描かれます。スライダを使って、グリッドの値を調整できます。スライドの上にある「グリッド値」のテキストボックスに、値を入力することもできます。

等値面の設定パネル

「等値面」の設定パネルは、「点と曲面」のものとほぼ同じです。図5.10に示すように、若干、異なる部分があります。

図5.10 等値面の「従属変数」設定パネル



値 従属変数に対する等値面を調整するスライダとテキストボックスが表示されます。スライダを使って、等値面の値を調整できます。スライドの隣にあるテキストボックスに、値を入力することもできます。

「曲面プロット」プラットフォームのオプション

「曲面プロット」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。

設定パネル 設定パネルの表示／非表示を切り替えます（「表示形式」、「独立変数」、「従属変数」の設定パネルがあります）。

応答の軸を個別にスケール 応答の軸を個別にスケールします。詳細は、「[「曲面プロット」プラットフォームの起動](#)」(98ページ) を参照してください。

ウィンドウに合わせて伸縮 レポートウィンドウのサイズを変更したときに、プロットのサイズも変更するかどうかを指定します。

自動（デフォルト） ウィンドウの内容に基づいてスケールが決まります。たとえば、By変数を指定したプロットや、「モデルのあではめ」プラットフォームから「曲面プロファイル」を実行した場合は、ウィンドウのサイズを変更してもプロットは伸縮せず、表示領域の外にはみでます。

オン 常にプロットのサイズをウィンドウサイズに合わせて調整します。

オフ プロットのサイズを変更しません。

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。

ポップアップメニューのオプション

プロット上の任意の位置を右クリックすると、次のポップアップメニューが表示されます。

曲面のプロパティ (曲面を右クリックすると表示されます。)「曲面のプロパティ」ウィンドウを表示します。

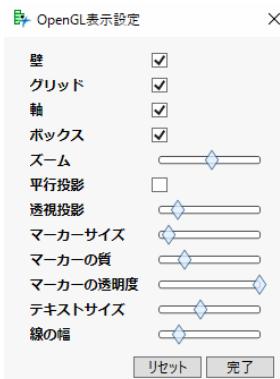
「表示形式」設定パネルで「点と曲面」を選んだときのみ使用できます。詳細については、「[曲面のプロパティ](#)」(107ページ) を参照してください。

曲面のプロパティ (等値面を右クリックすると表示されます。)「曲面のプロパティ」ウィンドウを表示します。「表示形式」設定パネルで「[等値面]」を選んだときのみ使用できます。詳細については、「[曲面のプロパティ](#)」(107ページ) を参照してください。

凡例の表示 凡例を表示または非表示にします。

リセット プロットを最初の視点に戻します。壁や背景の色を変更した場合は、変更後の色が維持されます。

設定 各種のプロット設定を変更するためのウィンドウが表示されます。OpenGLのシーンコマンドの詳細については、『スクリプトガイド』の「3Dシーン」章を参照してください。



ライト枠を非表示 ライトの設定パネルの表示／非表示が切り替わります。

壁の色 プロットの壁の色を変更できます。

背景色の設定 プロットの背景色を変更できます。

行 行の色やマーカーを変更したり、表示／非表示を切り替えたり、点のラベルを表示したりできます。

ハードウェアアクセラレーションを使用 画面の描画速度が速くなります。たとえば、プロットを回転しているときの再描画速度が遅い場合などは、このオプションで描画速度が向上する可能性があります。

天体球の表示 天体球の使用に関するオプションが表示されます。天体球はプロットの周囲に表示される球体で、回転の方向をわかりやすく示します。

「従属変数」のオプション

「従属変数」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。

計算式 「従属変数」の設定パネルで、「計算式」の列の表示／非表示を切り替えます。

曲面 「従属変数」の設定パネルで、「曲面」の列の表示／非表示を切り替えます。

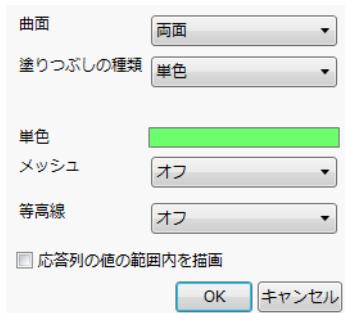
点 「従属変数」の設定パネルで、「応答列」の列の表示／非表示を切り替えます。

応答グリッド グリッドの設定オプションの表示／非表示を切り替えます。

曲面のプロパティ

「表示形式」設定パネルで「点と曲面」を選択し、プロット内の曲面を右クリックして「曲面のプロパティ」を選択すると、曲面のプロパティを変更するウィンドウが表示されます。プロット対象として「等高面」を選択した場合も、曲面を右クリックして「曲面のプロパティ」を選択すると、似たようなウィンドウが表示されます。「曲面のプロパティ」ウィンドウでは、曲面の色や不透明度、等高線などの表示形式を変更することができます。また、曲面プロット上のメッシュの表示／非表示を切り替えることもできます。

図5.11 「曲面のプロパティ」 ウィンドウ



曲面 曲面の上部または下部の表示／非表示を切り替えることができます。「表のみ」または「裏のみ」を選択すると、曲面の反対側が暗くなります。

塗りつぶしの種類 曲面を単色で塗りつぶすか、連続または不連続なグラデーションで塗りつぶすことができます。

単色（「塗りつぶしの種類」で「単色」を選択した場合のみ、使用できます。）曲面の色を選択できます。

曲面の塗り（「塗りつぶしの種類」でグラデーションを選択した場合のみ、使用できます。）グラデーションを適用する従属変数を指定します。「塗りつぶしの種類」で「連続グラデーション」を選択した場合は、「カスタム」を選ぶこともできます。

カスタム（「塗りつぶしの種類」で「連続グラデーション」を選択し、「曲面の塗り」で「カスタム」を選択した場合のみ、使用できます。）応答の値を定義する式を指定します。塗りつぶしに用いる値を、JSL (JMPスクリプト言語) の式で記述します。このとき、指定する式においては列名によってデータテーブルの列を参照することができます。

曲面のカラーテーマ（「塗りつぶしの種類」でグラデーションを選択した場合のみ、使用できます。）曲面のカラーテーマを変更したり、カスタムのカラーテーマを定義したりできます。カラーテーマの詳細については、『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。

グラデーション水準数（「塗りつぶしの種類」で〔不連続グラデーション〕を選択した場合のみ、使用できます。）曲面プロットに適用する色の数を指定します。

曲面の色範囲（「塗りつぶしの種類」でグラデーションを選択した場合のみ、使用できます。）グラデーションの端をどこに設定するか選択できます。〔データ〕を選択すると、グラデーションの端は、曲面に指定した列のデータ範囲によって決まります。〔軸〕を選択すると、従属変数の軸の範囲によって決まります。

注意：「曲面の色範囲」で〔軸〕を選択してから、曲面プロットの軸の範囲を変更すると、グラデーションの各色が対応する値の範囲も変わります。

ライト 曲面プロットのライトを変更できます。〔なし〕、〔低反射〕、〔通常〕のいずれかを選びます。

メッシュ X軸またはY軸の片方向または双方向で曲面のメッシュの表示／非表示を切り替えることができます。

メッシュの色（「メッシュ」で〔オフ〕以外を選択した場合のみ、使用できます。）曲面のメッシュの色を選択します。

等高線 上下または曲面上の等高線の表示／非表示を切り替えることができます。表示するように選択した場合は、〔等高線の色〕オプションが表示され、色を変更できます。

等高線の色（「等高線」で〔オフ〕以外を選択した場合のみ、使用できます。）等高線の色を選択します。

応答列の値の範囲内を描画 曲面が描かれる範囲を、応答列のデータ範囲に制限します（応答列が選択されている場合）。このチェックボックスをオンにすると、応答列のデータ範囲外には曲面が描画されません。

メモ：このオプションに相当するJSLにおけるメッセージはClip Sheet(Boolean)です。このメッセージを特定の応答列に送るには、その応答列の番号を添えます。たとえば、Clip Sheet2(1)とした場合、プロットの範囲が第2応答列のデータの範囲に限定されます。例については、〔ヘルプ〕メニューの〔スクリプトの索引〕を参照してください。

キーボードショートカット

曲面プロットは、次のキーボードショートカットで操作できます。

表5.1 曲面プロット用キーボードショートカット

キー	関数
左／右／上／下向き矢印	回転
Home、End	斜め回転
Enter (Return)	仮想天体球の表示／非表示を切り替え
Delete	反時計回りにロール
Ctrl	回転速度を10倍にアップ
Shift	連続回転

「曲面プロット」プラットフォームの別例

- 「1つの数学関数の曲面プロットを生成する」
- 「等値面のプロット」

1つの数学関数の曲面プロットを生成する

「曲面プロット」プラットフォームでは、データ点を使わずに、数学関数のグラフを生成することができます。

- [グラフ] > [曲面プロット] を選択します。

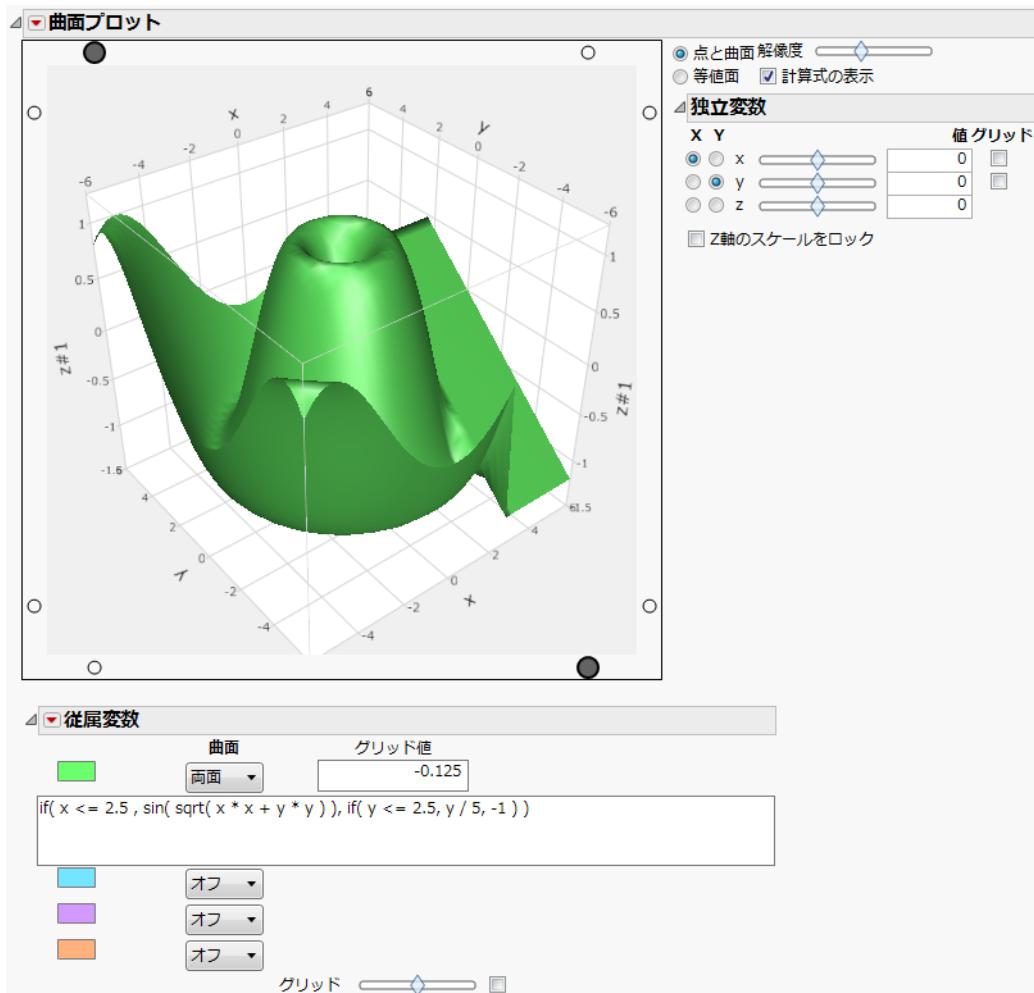
メモ: データテーブルは、開いていても開いていなくても、どちらでも構いません。

- [OK] をクリックします。

「曲面プロット」の起動ウィンドウで列を選ばずに [OK] をクリックすると、デフォルトの曲面プロットレポートが表示されます。データテーブルが開かれていない場合は、起動ウィンドウは表示されず、この手順は省略されます。

- 表示形式の設定パネルで [計算式の表示] チェックボックスを選択すると、計算式のテキストボックスが表示されます。

図5.12 デフォルトの計算式の曲面プロット



ボックスにはデフォルトの関数が表示されます。独自の関数をプロットしたいときは、その関数をボックスに入力します。

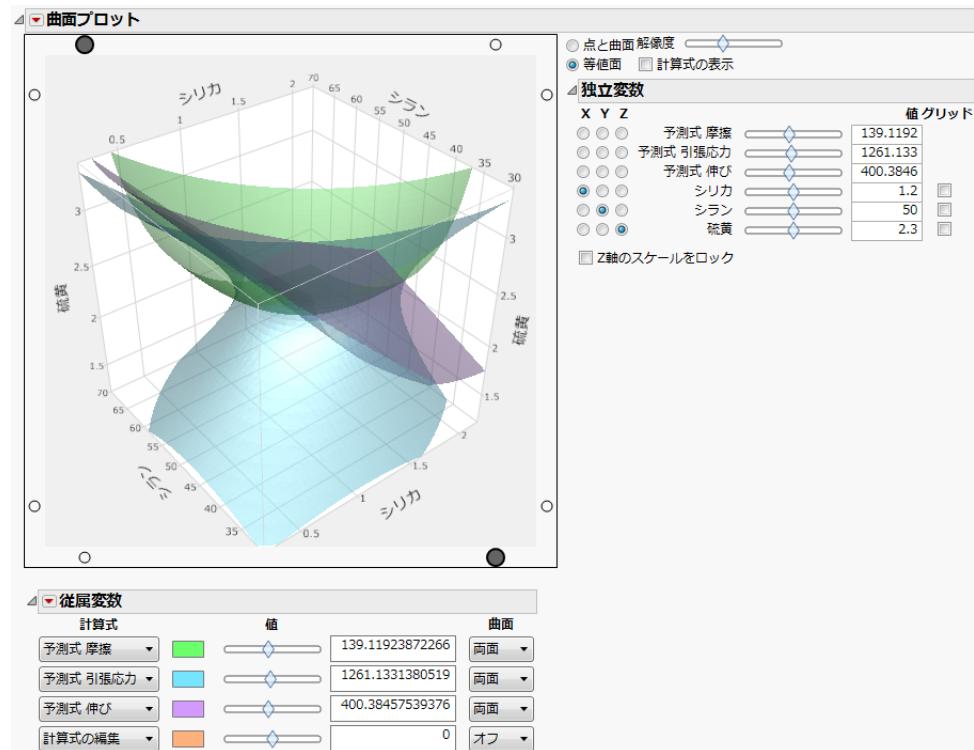
等値面のプロット

等値面は、2次元上に描かれる等高線図を、3次元に拡張したものです。等値面を作成するには、独立変数が3つある計算式が必要です。解像度のスライダは、計算式を $n \times n \times n$ 個の点について評価するときの n の値を指定します。「従属変数」セクションにある「値」スライダは、等値面の値（等高線のレベル）を指定します。

この例では、「Tiretread.jmp」サンプルデータを使用します。「4応答の応答曲面モデル」スクリプトを実行すると、「摩擦」、「引張応力」、「伸び」、「硬度」を従属変数とした応答曲面モデルが作成されます。この4つの応答の予測式は、データテーブルに保存されています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [曲面プロット] を選択します。
3. [予測式 摩擦]、[予測式 引張応力]、[予測式 伸び] を選択し、[列] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。
5. 表示形式の設定パネルで、[等値面] を選択します。
6. 「従属変数」レポートで、3つの変数すべての「曲面」メニューから [両面] を選択します。

図5.13 3変数の等値面



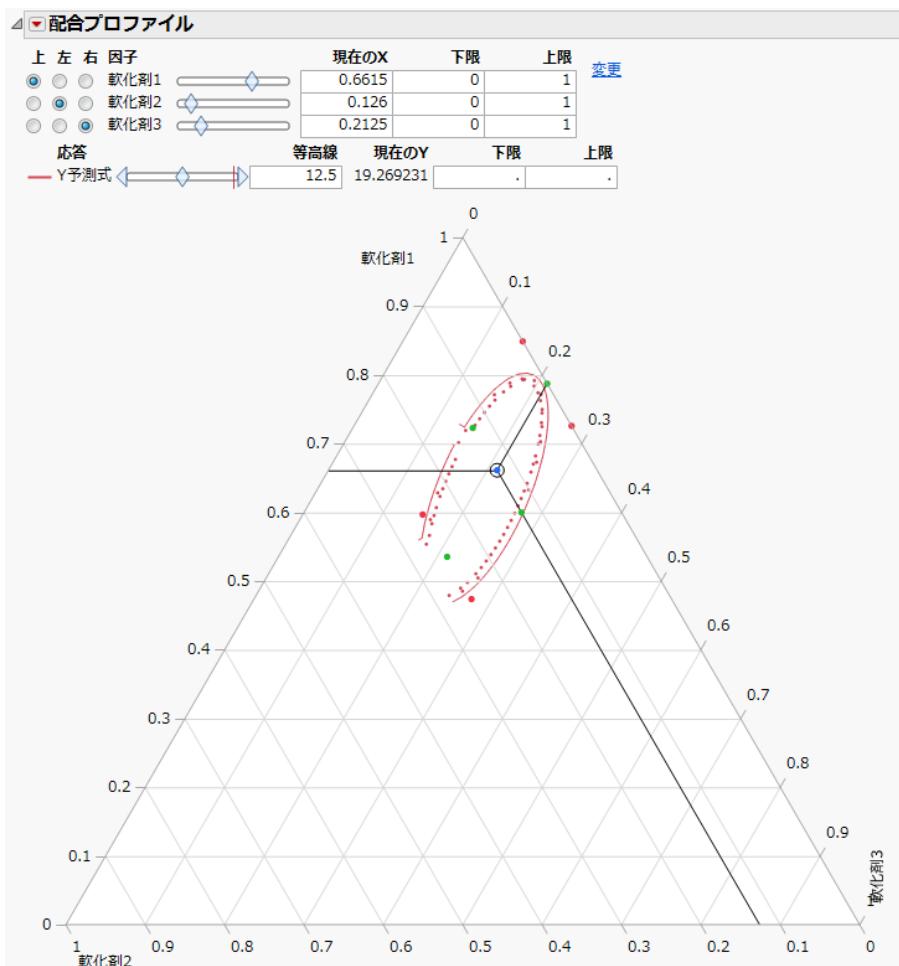
「Tiretread」のデータにおいて、「摩擦」はある程度大きく、「伸び」はある程度以上小さいことが望まれているとします。「引張応力」のスライダを動かせば、「引張応力」のどの値が他の2つの曲面によって示される許容範囲内にあるかがわかります。

第6章

配合プロファイル 三角図で因子の効果を調べる

「配合プロファイル」は、3つ以上の配合成分をもつ配合モデルの予測値を示す等高線を、三角図に描きます。
「配合プロファイル」は、配合計画の応答曲面を視覚化し、最適化するのに便利です。

図6.1 配合プロファイルの例



目次

配合プロファイルの概要	115
三角図の概要	115
配合成分が4つ以上の三角図	116
配合プロファイルの例	117
「配合プロファイル」プラットフォームの起動	118
「配合プロファイル」レポート	118
因子の設定パネル	118
応答の設定パネル	119
「配合プロファイル」プラットフォームのオプション	119
配合プロファイルのカスタマイズ	120
線形制約	121
「配合プロファイル」プラットフォームの別例	121
配合成分以外の因子を含む例	122
複数の応答変数と5つの配合成分がある例	124

配合プロファイルの概要

「配合プロファイル」は、3つ以上の配合成分をもつ配合モデルの予測値を示す等高線を、三角図に描きます。「配合プロファイル」は、配合計画の応答曲面を視覚化し、最適化するのに便利です。

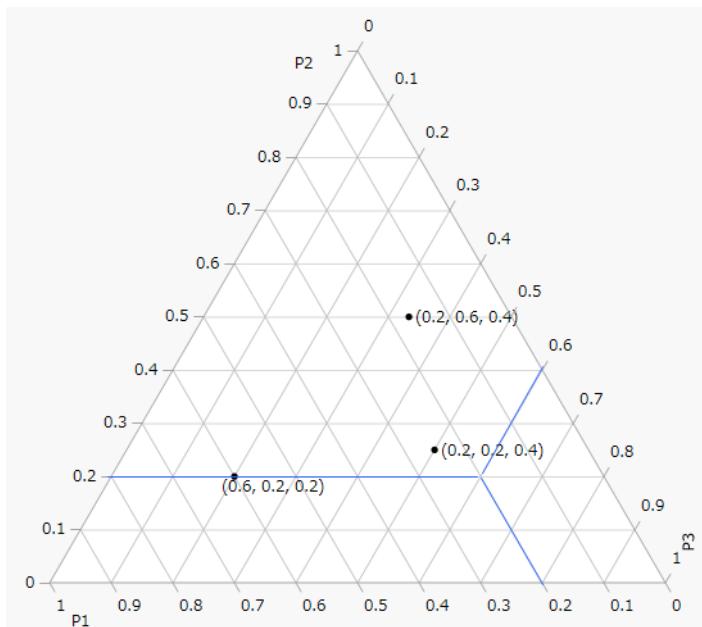
「配合プロファイル」の機能の多くは、「[「等高線プロファイル」プラットフォームのオプション](#)」(87ページ)に記述されている「等高線プロファイル」の機能と共に通しています。「配合プロファイル」に固有の特徴は、三角図を使用することです。

三角図の概要

三角図は、合計値が定数になる3つの配合成分を、2次元で表現したものです。正三角形であり、3つの辺が各成分に対応しています。制約がない場合は、三角形の3つの各頂点は、1つの成分の値が1 (100%) で、他の成分が0 (0%) という状態を表しています。配合成分に制約がある場合は、三角図の中で、取り得る値の領域が表示されます。それ以外の領域は、除外されていることを示すために陰影が付けられています。

図6.2は、3つの配合成分P1、P2、P3を描いた△図です。この3つの配合成分には制約がなく、いずれも0 (0%) ~ 1 (100%) の割合を占めることができます。3つの点が、その座標 (P1, P2, P3)とともにプロットされます。 $(0.2, 0.2, 0.6)$ の点からは青い線が表示されています。この青い線を辿ると、各配合成分の軸における座標が分かります。

図6.2 三角図の例



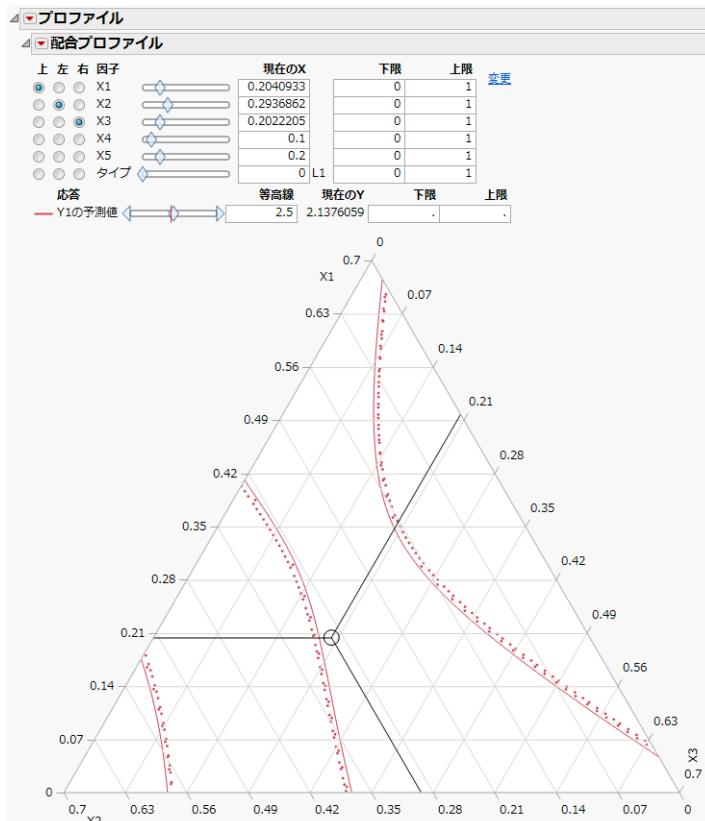
配合成分が4つ以上の三角図

三角図では、一度に3つの配合成分しか表示できません。配合成分が4つ以上の場合には、軸に表示される3つの配合成分の合計値は、軸に表示されていない配合成分の合計値を1から引いた値となります。つまり、プロット軸の最大値は、軸に表示されていない配合成分の合計を1から引いた値になります。

図6.3は、因子が5つある配合計画の配合プロファイルの三角図です。「Five Factor Mixture.jmp」データテーブルを使い、「Y1の予測値」列を計算式としています。プロットに表示されている因子は、x1、x2、x3の3つで、x4とx5は表示されていません。この例の配合成分には制約はありません。つまり、すべての下限値は0に設定され、すべての上限値は1に設定されています。x4の値は0.1、x5の値は0.2で、合計0.3になっています。この場合、x1、x2、x3の合計は、 $1 - 0.3 = 0.7$ に等しくなります。プロット軸の最大値が1ではなく0.7になっていることに注意してください。

x4またはx5の値を変更すると、x1、x2、x3の値も、因子すべての合計が1になるという制約と、各因子の割合を考慮した上で変更されます。

図6.3 非表示の因子の値を反映し、軸のスケールが変更された三角図



配合プロファイルの例

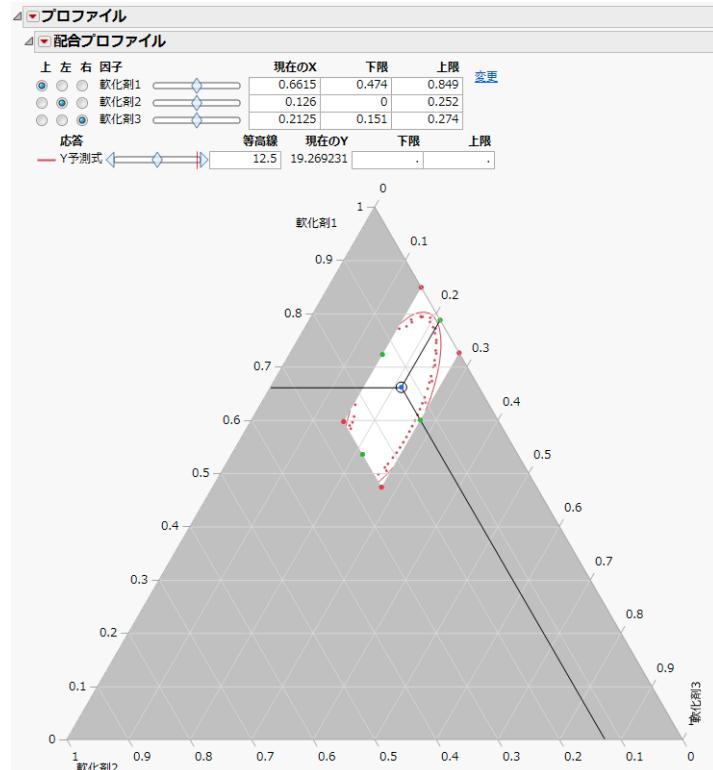
この例では、「Plasticizer.jmp」サンプルデータを使用します。このデータテーブルには、3つの配合成分（軟化剤1、軟化剤2、軟化剤3）と、1つの応答（Y）が含まれています。配合成分の水準には、制約があります。このデータテーブルには、応答変数の予測式があらかじめ列に保存されています。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Plasticizer.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [配合プロファイル] を選択します。
3. 「Y予測式」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。
4. [Y, 予測式] に表示されている「Y」を選択し、[削除] をクリックします。

メモ: 「列の選択」リストの「Y」にはYの役割が割り当てられています。この役割により、起動ウィンドウが開いたときに、列が自動的に割り当てられます。このケースでは、配合プロファイルを起動したときに、「Y」列がYに割り当てられます。配合プロファイルの場合、ここに計算式のある列を指定する必要がありますが、この「Y」列には計算式が設定されていません。

5. [OK] をクリックします。

図6.4 配合プロファイルの例



因子のスライドを動かし、応答にどのように影響するかを観察してみましょう。陰影の付いていない領域が、この例の配合因子が取り得る領域になっています。

「配合プロファイル」プラットフォームの起動

「配合プロファイル」プラットフォームは、次のいずれかの方法で起動できます。

- ・ [グラフ] メニューから直接「配合プロファイル」プラットフォームを起動できます。この方法で起動した場合は、「配合プロファイル」起動ウィンドウが表示されます。詳細については、「プロファイルについて」章の「「プロファイル」起動ウィンドウ」(30ページ) を参照してください。
- ・ 多くのモデルのプラットフォームにおいても、赤い三角ボタンのメニューから「配合プロファイル」を起動することができます。どのプラットフォームで配合プロファイルを使用できるかについては、「プロファイルについて」章の「JMPプロファイルの場所」(29ページ) を参照してください。
- ・ 「モデルの比較」プラットフォームからも、「配合プロファイル」を起動できます。まず、「モデルの比較」の赤い三角ボタンのメニューから [プロファイル] を選択します。次に、「プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから [配合プロファイル] を選択してください。
- ・ **JMP[®] PRO** 「計算式デポ」プラットフォームからも、「配合プロファイル」を起動できます。まず、「計算式デポ」の赤い三角ボタンのメニューから [プロファイル] を選択し、対象のモデルを選択します。次に、「プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから [配合プロファイル] を選択してください。

「配合プロファイル」レポート

「配合プロファイル」レポートが最初に開いたときには、配合プロファイルのプロット、因子の設定パネル、応答の設定パネルが表示されます。

- ・ 「因子の設定パネル」
- ・ 「応答の設定パネル」

因子の設定パネル

図6.5 因子の設定パネル

上	左	右	因子	現在のX	下限	上限	変更
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	軟化剤1	0.6615	0.474	0.849	
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	軟化剤2	0.126	0	0.252	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	軟化剤3	0.2125	0.151	0.274	

上、左、右 配合プロファイルのプロットで、各軸に割り当てる因子をラジオボタンで指定します。それぞれ、上、左、右の軸ラベルに対応します。

因子 因子のリスト。

現在のX 因子の現在の設定値。因子の値を変更するには、ボックスをクリックします。すべての因子の合計が常に一定になるよう、他の因子の値も変更されます。スライダを使って因子の値を変更することもできます。

下限 各因子の下限値です。ボックスをクリックすると、値を変更できます。

上限 各因子の上限値です。ボックスをクリックすると、値を変更できます。

メモ: 下限や上限を設定すると、取り得る値以外の領域に陰影が付きます。

変更 「因子設定」ウィンドウが開きます。「「配合プロファイル」プラットフォームのオプション」(119ページ) を参照してください。

応答の設定パネル

図6.6 応答の設定パネル



応答 1つまたは複数の応答列のリスト。

等高線 配合プロファイルに表示されている等高線の現在の値です。ボックスをクリックすると、値を変更できます。スライダを使って等高線の値を変更することもできます。

現在のY 現在のXの値に対する、応答の予測値です。この値は、プロットに表示されている十字の交点です。因子の値を変更すると、それに応じて値が更新されます。

下限 応答の下限値を設定できます。

上限 応答の上限値を設定できます。

メモ: 下限や上限を設定すると、取り得る値以外の領域に陰影が付きます。

「配合プロファイル」プラットフォームのオプション

因子の値を指定 因子の値を指定するダイアログボックスが開きます。ここに入力されている値の合計は、1である必要があります。合計が一定であるなどの制約に応じて、入力された値をJMPが調整する場合があります。このオプションは、レポートウィンドウの [変更] ボタンと同じです。

点の表示 プロット上で個々の点の表示／非表示が切り替わります。

現在値の表示 プロット上で交差する3本の線の表示／非表示が切り替わります。線が交差する点は、現在の因子値を示します。プロットの上側に表示されている「現在のX」の値は、3本の線が交差する点の座標を示しています。

制約の表示 因子の制約を表す陰影の表示／非表示が切り替わります。これらの制約は、プロットの上にある「下限」列と「上限」列に入力するか、因子の「配合」の列の属性に入力します。

増加方向を表す点線 各等高線に対する点線の表示／非表示が切り替わります。この点線は、応答の増加方向を示しています。

等高線グリッド ユーザが指定した間隔で等高線が描かれます。

等高線グリッドの削除 プロットから等高線グリッドを削除します。

因子設定 このサブメニューには、配合プロファイルの設定を保存してJMPの別の部分に移すためのコマンドが含まれています。コマンドの詳細については、「[因子設定](#)」(48ページ) にある予測プロファイルのコマンドの説明を参照してください。

配合プロファイルのカスタマイズ

配合プロファイルの見た目をカスタマイズするには、プロット上で右クリックし、[カスタマイズ] を選択します。

等高線 線の色、塗りつぶしの色、色の透明度などを変更します。プロットに複数の組の等高線がある場合は、各組に対して個別に設定できます。

成分の制約 成分の制約の表示設定を変更します。

線形制約 線形制約の表示設定を変更します。

グリッド線 グリッド線を変更するには、ここではなくて「軸の設定」ウィンドウを使ってください。

参照線 グリッド線を変更するには、ここではなくて「軸の設定」ウィンドウを使ってください。

なお、「軸の設定」ウィンドウは、プロットの軸をダブルクリックすると開きます。「軸の設定」ウィンドウでは、目盛り、グリッド線、参照線といった軸のプロパティを細かく指定することができます。

十字 プロット上の十字の表示設定を変更します。

マーカー プロットのマーカーの表示設定を変更します。

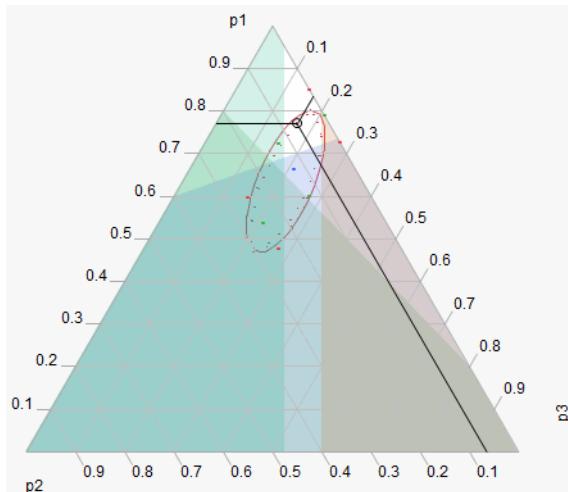
線形制約

「配合プロファイル」では、線形制約を表示できます。ただし、「配合プロファイル」は、データテーブルの「制約」テーブルスクリプトでしか線形制約を設定できません。「制約」テーブルスクリプトの作成方法については、「プロファイルについて」章の「[線形制約](#)」(36 ページ) を参照してください。

制約を使用しているときは、取り得る値以外の領域に、プロファイル上でカラーの陰影がつきます。図 6.7 の配合プロファイルには、4 つの制約があり、それぞれが陰影として表示されています。陰影のない白色の部分が制約内にある領域です。制約は次のとおりです。

- $4*p2 + p3 \leq 0.8$
- $p2 + 1.5*p3 \leq 0.4$
- $p1 + 2*p2 \geq 0.8$
- $p1 + 2*p2 \leq 0.95$

図 6.7 線形制約を示すカラーの陰影



「配合プロファイル」プラットフォームの別例

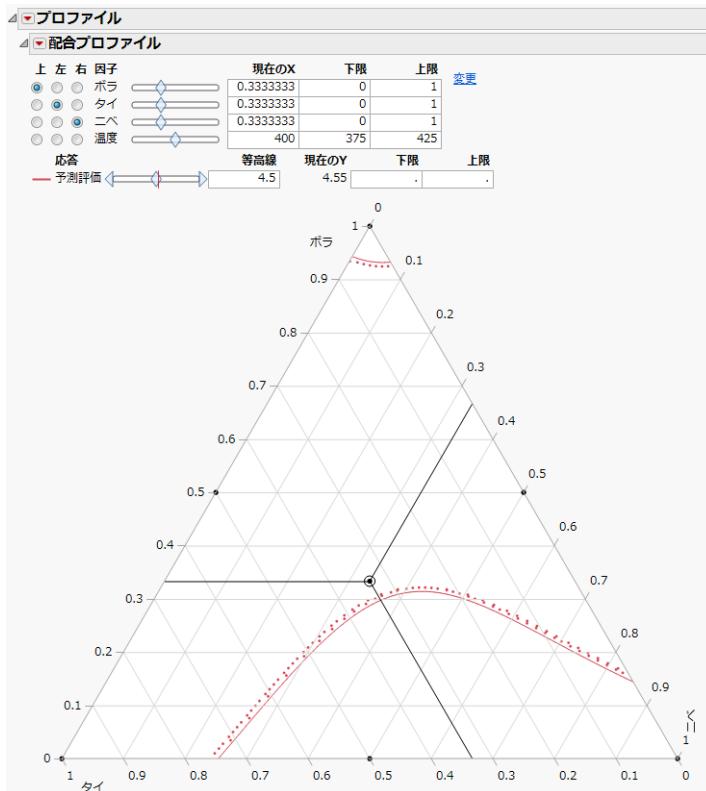
- 「配合成分以外の因子を含む例」
- 「複数の応答変数と 5 つの配合成分がある例」

配合成分以外の因子を含む例

この例では、「Fish Patty.jmp」サンプルデータを使用します。ここでは、Cornell (1990) で取り上げられている、魚のパティの舌触りを最適化するための実験データをアレンジしたデータテーブルを使います。「ボラ」、「タイ」、「ニベ」の列が配合成分です。各列の値は、魚のパティ中の魚肉の割合を示しています。「温度」列は工程変数で、パティを焼くときのオーブンの温度です。応答変数である「評価」列は、舌触りの良さを測定したもので、値が大きいほど良い評価を表します。データに応答曲面モデルがあてはめられ、その予測式が「予測評価」という列に保存されています。

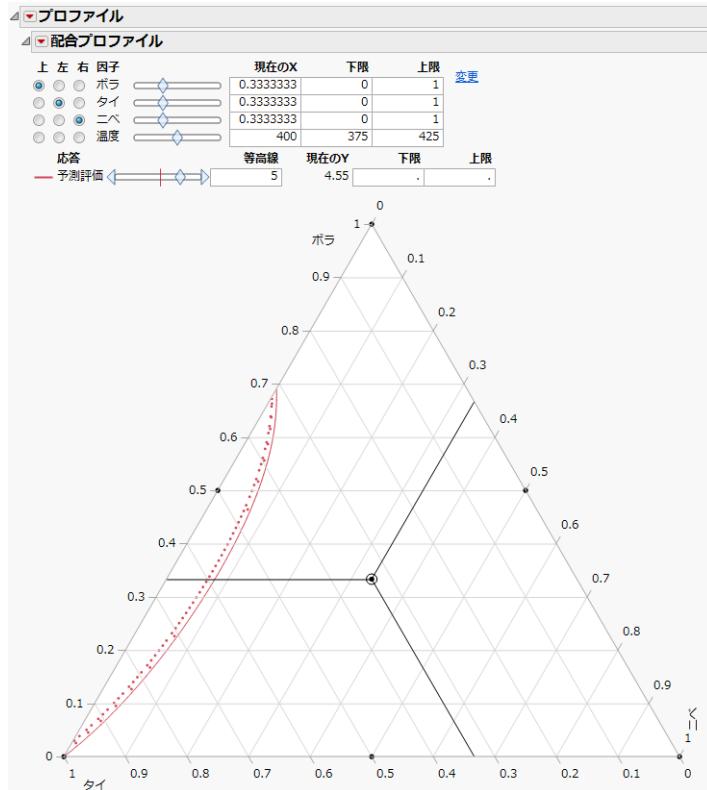
1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Fish Patty.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [配合プロファイル] を選択します。
3. 「予測評価」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。

図6.8 「配合プロファイル」の最初の出力



5. メーカー側は、評価を5以上にしたいと考えています。「予測評価」の調整スライダを使って等高線を5に近づけてみましょう。または、「等高線」テキストボックスに「5」と入力し、等高線の値を5に設定することもできます。

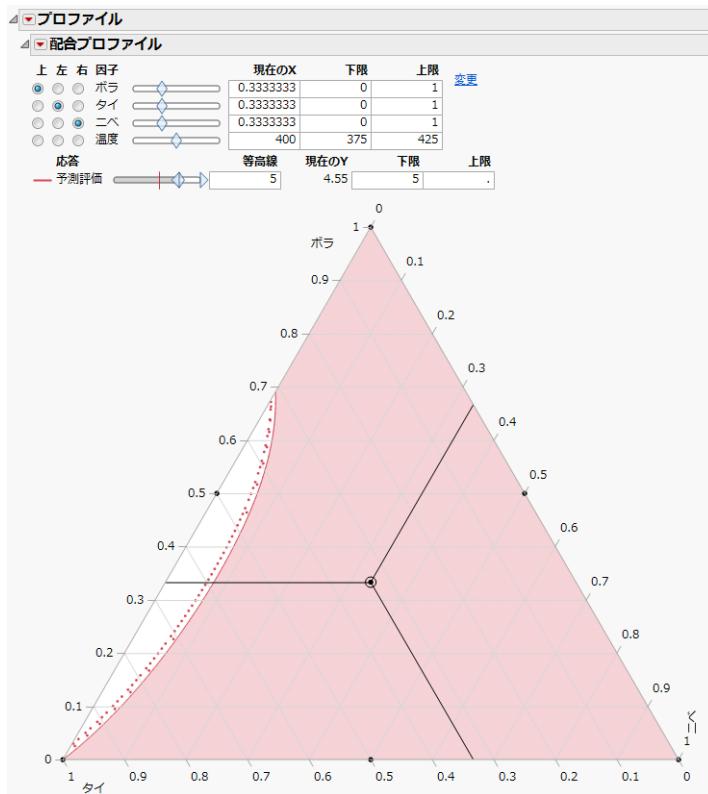
図6.9 「予測評価」が5のときの等高線



等高線に付随した点線は、「予測評価」の増加方向を示しています。

6. 「予測評価」の「下限」のボックスに、「5」と入力します。すると、プロットに薄赤色の陰影が表示されます。陰影つきの領域における因子の組み合わせでは、評価が5を下回ります。評価が5以上のパーティを製造するためには、条件に合った（陰影のついていない）領域に因子を設定する必要があります。この領域を見ると、条件を満たすには、「ニベ」の割合を低く（10%未満）、「ボラ」の割合をやや低く（70%未満）、「タイ」の割合をやや高く（30%以上）しなければいけないことがわかります。これは、調理温度が400度の場合です。

図6.10 「予測評価」が5以上になる領域



7. 「温度」のスライドを動かして温度を変更し、可能な領域がどのように変化するかを観察してみましょう。

この後の分析作業としては、次のようなものが考えられます。

- 4つの因子すべてを同時に考慮して応答を最適化する。「カスタムプロファイル」章（129ページ）または「プロファイル」章の「満足度プロファイルと最適化」（50ページ）を参照してください。
- 応答を、因子とモデル誤差に見られる確率変動の関数としてシミュレーションする。「シミュレータ」章（137ページ）を参照してください。

複数の応答変数と5つの配合成分がある例

この例では、「Five Factor Mixture.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、5つの配合成分（「x1」～「x5」）、カテゴリカルな工程因子が1つ（「タイプ」）、応答変数が3つ（「Y1」、「Y2」、「Y3」）あります。各応答変数に応答曲面モデルをあてはめ、その予測式を保存したものが「Y1の予測値」、「Y2の予測値」、「Y3の予測値」です。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Five Factor Mixture.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [配合プロファイル] を選択します。
3. [Y1の予測値]、[Y2の予測値]、[Y3の予測値] を選択して、[Y, 予測式] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。
5. 「Y3の予測値」の「等高線」テキストボックスに「3」を入力して等高線を追加します。

図 6.11 「Y3の予測値」の等高線を 3 に設定した配合プロファイル

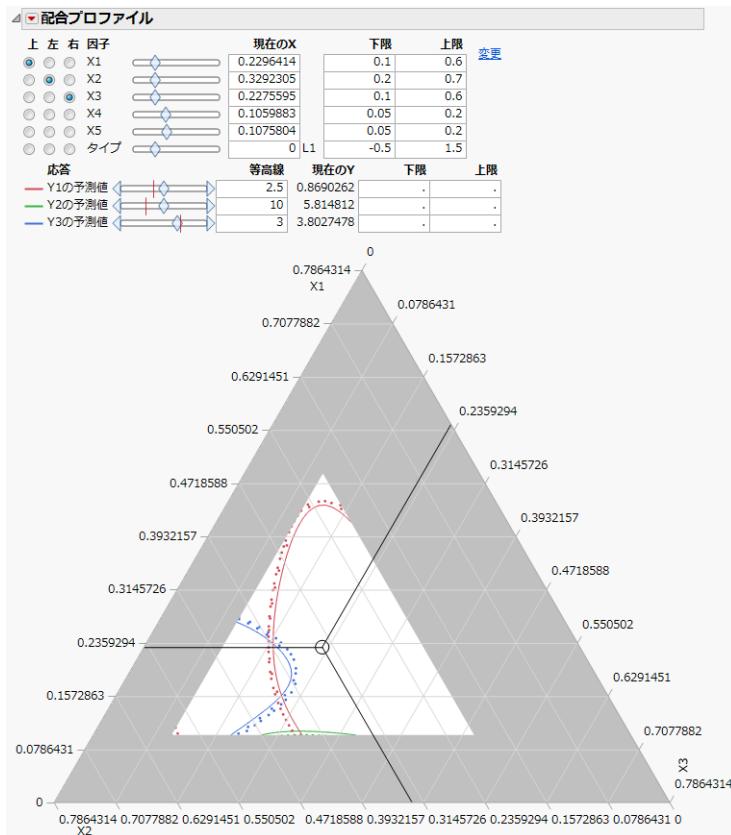


図 6.11 のレポートについて、詳しく見てみましょう。

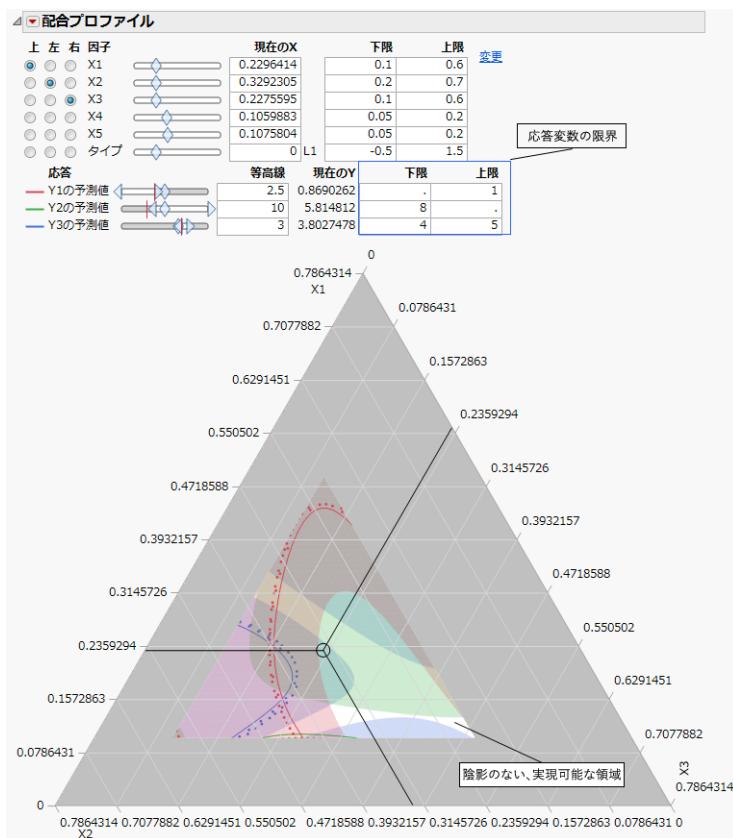
- 軸に表示されている因子は **X1**、**X2**、**X3** で、軸ラベルと、因子の設定パネルのラジオボタンからそのことがわかります。すべての配合因子に下限と上限がありますが、それらの下限と上限はデータテーブルにおける各列の列プロパティとしてあらかじめ入力されています。列プロパティの入力方法については、『JMP の使用法』の「列情報ウインドウ」章を参照してください。また、「下限」と「上限」のテキストボックスに値を直接入力することもできます。
- 陰影の付いていない白い領域が、取り得る値の領域です。この領域は、因子の上限と下限によって決まります。

- プロットに表示されている「x1」、「x2」、「x3」は、ラジオボタンがオンになっています。
- カテゴリカルな因子である「タイプ」にもラジオボタンが表示されていますが、この因子をプロットに含めることはできません。「タイプ」の現在の値、L1は、「現在のX」テキストボックスのすぐ右に表示されています。「タイプ」の「現在のX」テキストボックスには、L1の代わりに「0」が表示されています。
- 3つの予測式は、すべてプロットに含まれており、色分けして表示されています。

メーカーは、「Y1」を1より小さく、「Y2」を8より大きく、「Y3」を4～5（目標は4.5）にしたいと考えているとしましょう。「配合プロファイル」を使えば、応答曲面を調べ、最適な因子設定を特定することができます。

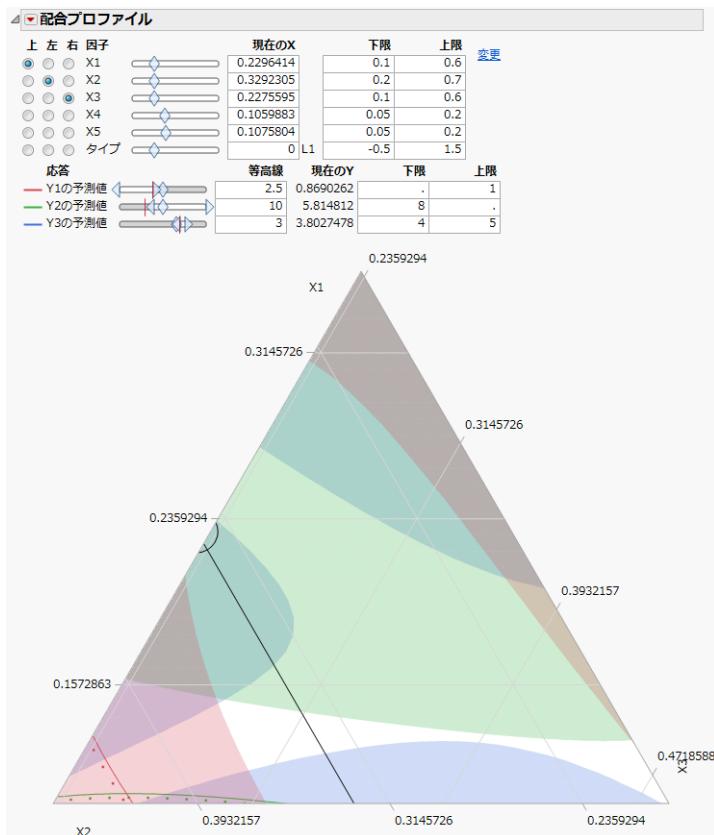
- 「Y1 の予測値」の「上限」ボックスに、「1」と入力します。「Y2 の予測値」の「下限」ボックスに、「8」と入力します。「Y3 の予測値」の「下限」ボックスに「4」、「上限」ボックスに「5」と入力します。
- 陰影のない、白い部分が条件に合った領域です。「応答」の調整スライダを使って等高線をその領域に配置します。または、十字を実現可能な領域に動かします。

図6.12 応答の範囲設定後の実現可能な領域



- 虫めがねツール（🔍）を使って、取り得る値の領域を拡大します。

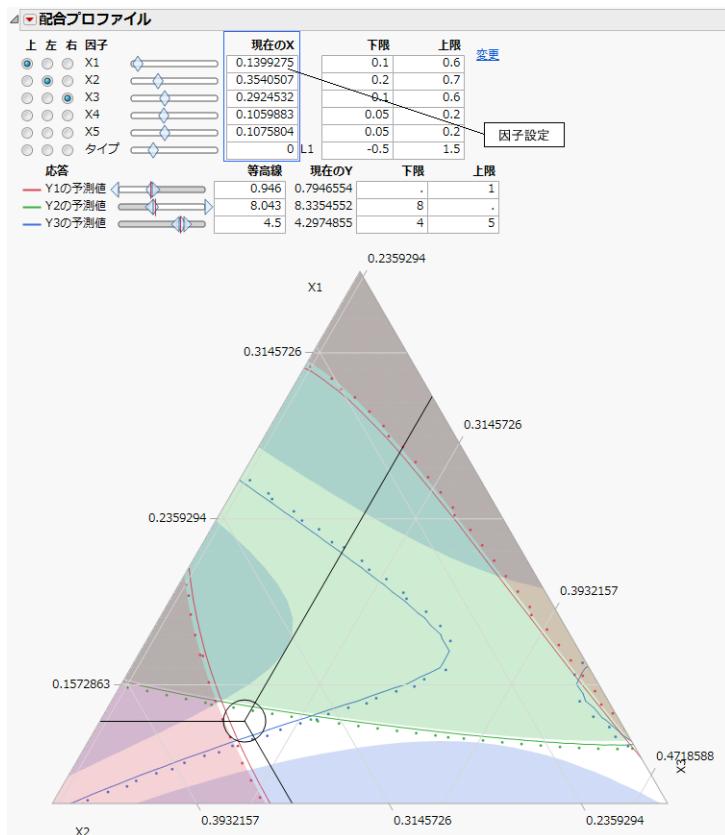
図6.13 条件に合う領域を拡大した三角図



メーカーの目標は、Y1 を最大化し、Y2 を最小化し、Y3 を 4.5 にすることです。

9. 「Y1 の予測値」の調整スライダまたは「等高線」テキストボックスを使って、実現可能な領域内で赤い等高線を最大化します。増加方向を表す点線を見れば、応答変数の予測値が増加する方向がわかります。
10. 「Y2 の予測値」の調整スライダまたは「等高線」テキストボックスを使って、実現可能な領域内で緑色の等高線を最小化します。
11. 「Y3 の予測値」の「等高線」テキストボックスに「4.5」を入力して、青い等高線を目標値に設定します。3つの等高線は、1点では交わりません。「Y3」を目標値に設定すると、「Y1」と「Y2」を最適化できないので、妥協する必要があります。それには、3本の直線によって表される現在値を、等高線で囲まれた領域の中央に移動して、そこでの座標を調べます。なお、これらの等高線は、「x4」、「x5」、「タイプ」の現在の値に対してのみ成立していることに注意してください。

図6.14 最適な因子の値



12. 「配合プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、[因子設定] > [設定の記録] を選択して、現在の設定を保存します。設定がレポートウィンドウの下部に追加されます。

図6.15 設定の記録

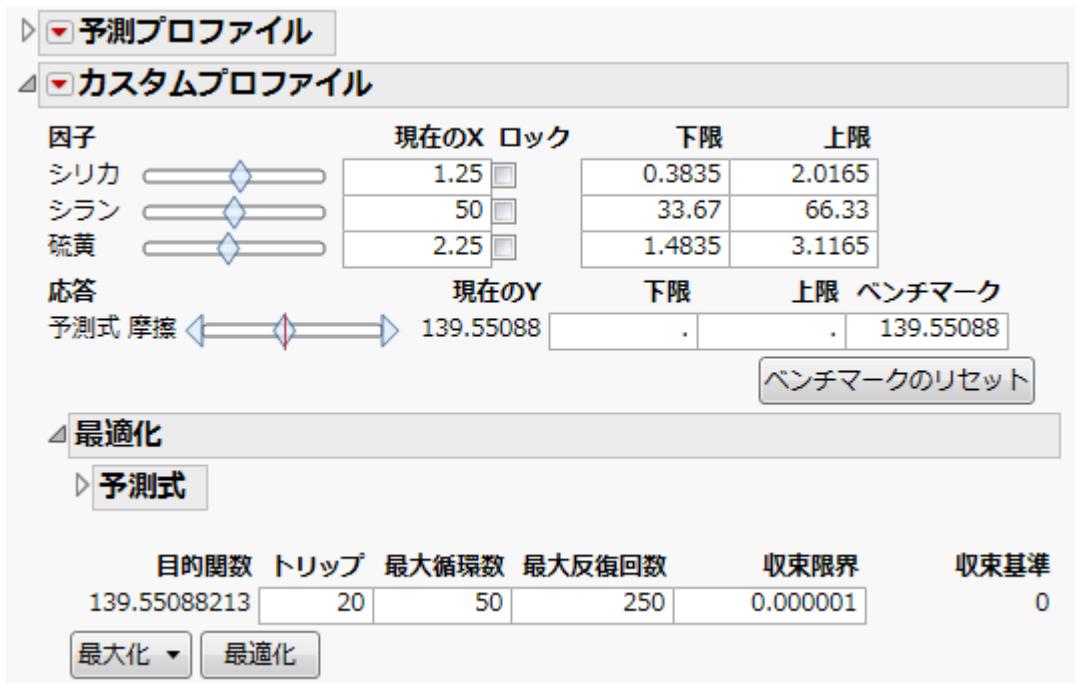
設定の記録									
設定	X1	X2	X3	X4	X5	タイプ	Y1の予測値	Y2の予測値	Y3の予測値
設定1	0.1352764	0.359975	0.29118	0.1059883	0.1075804	L1	0.9244618	8.5514568	4.3705523

現在の設定を保存すれば、その後「x4」、「x5」、「タイプ」の値を変更し、条件に合った領域がどのように変化するかを調べられます。「設定の記録」レポートを見れば、「タイプ」の各水準における因子設定と予測値を比較することができます。

カスタムプロファイル 数値計算により応答曲面を調べる

「カスタムプロファイル」では、グラフを表示せずに、因子設定を最適化します。これは、問題が大規模で、視覚的に把握しようとするとグラフの数が多くなってしまう場合に有効な方法です。

図7.1 カスタムプロファイルの例



目次

カスタムプロファイルの概要	131
カスタムプロファイルの例	131
「カスタムプロファイル」 プラットフォームの起動	133
「カスタムプロファイル」 レポート	134
因子の設定パネル	134
応答の設定パネル	135
最適化の設定パネル	135
「カスタムプロファイル」 プラットフォームのオプション	136

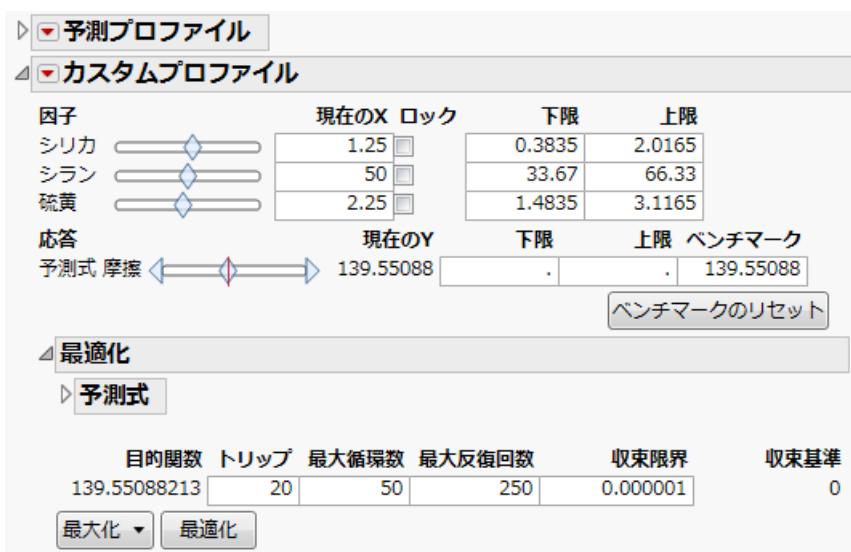
カスタムプロファイルの概要

「カスタムプロファイル」では、グラフを表示せずに、因子設定を最適化します。「カスタムプロファイル」は、問題の規模に関わらず使用できるのが特徴です。標準のプロファイルではグラフが多くなりすぎてしまうような大規模な問題で、特に便利です。

「カスタムプロファイル」レポートのフィールドの多くは、他のプロファイルと同じです。「ベンチマーク」フィールドには、応答変数の予測値に対するベンチマークが表示されます。別の因子設定に基づく結果に更新して、その結果をこのベンチマーク値と比較できます。

「最適化」レポートでは、最適化の対象とする計算式や、最適化の詳細を指定します。

図7.2 カスタムプロファイル

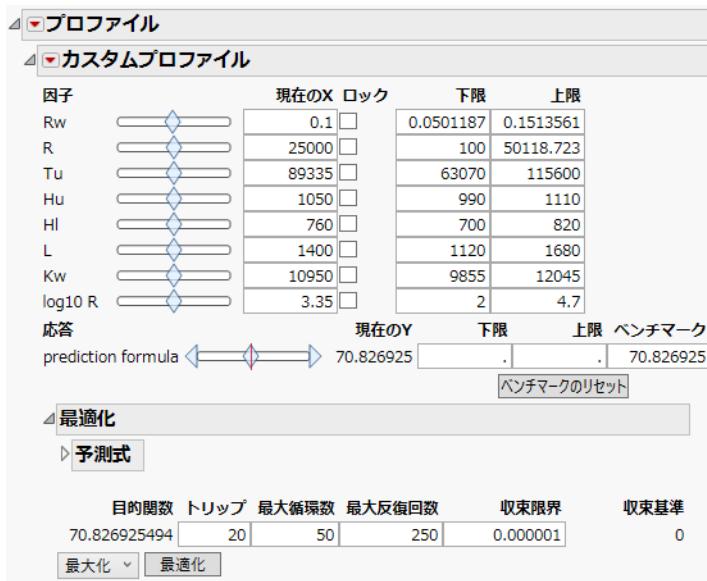


カスタムプロファイルの例

この例では、地面から2つの帶水層まで掘った試錐孔の水の流れに関するデータを使用します。予測値を最適化してみましょう。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Design Experiment」フォルダの「Borehole Latin Hypercube.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [カスタムプロファイル] を選択します。
3. 「prediction formula」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。

図7.3 「カスタムプロファイル」レポート



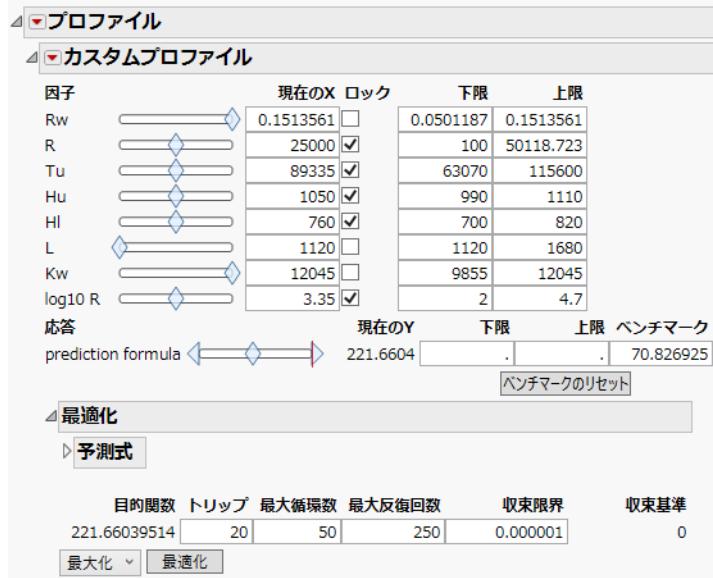
「ベンチマーク」の値は70.83となっています。「現在のY」も、70.83です。この値は、すべての因子を平均値に設定したときの応答の予測値です。

予測値を最適化する因子のX値の検索を試みます。しかし、実際にはモデルの因子の中で試錐孔に関係するものだけが操作可能です。他の因子は制御できません。このため、制御できない因子を平均値でロックし、制御できる因子を最適化します。

メモ: 因子の記述を表示するには、データテーブルで該当する列を右クリックし、[列情報] を選択します。

5. 「カスタムプロファイル」レポートの中で、R、Tu、Hu、HI、および log10 R の横の [ロック] チェックボックスを選択します。
6. 「カスタムプロファイル」レポートの [最適化] ボタンをクリックします。

図7.4 最適化された「カスタムプロファイル」レポート



最適化処理を実行すると、応答の予測値は 221.66 となりました。この 221.66 という最適値を得るには、**Rw** と **Kw** を最大値に設定し、**L** を最小値に設定します。この最適値は、最初のベンチマーク値 70.83 よりも大きくなっています。

「カスタムプロファイル」プラットフォームの起動

「カスタムプロファイル」プラットフォームは、次のいずれかの方法で起動できます。

- 〔グラフ〕メニューから直接「カスタムプロファイル」プラットフォームを起動できます。この方法で起動した場合は、「カスタムプロファイル」の起動ウィンドウが表示されます。詳細については、「プロファイルについて」章の「[「プロファイル」起動ウィンドウ](#)」(30 ページ) を参照してください。
- 多くのモデルのプラットフォームにおいても、赤い三角ボタンのメニューからカスタムプロファイルを起動することができます。どのプラットフォームでカスタムプロファイルを使用できるかについては、「プロファイルについて」章の「[JMP プロファイルの場所](#)」(29 ページ) を参照してください。
- 「モデルの比較」プラットフォームからも、「カスタムプロファイル」を起動できます。まず、「モデルの比較」の赤い三角ボタンのメニューから [プロファイル] を選択します。次に、「プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから [カスタムプロファイル] を選択してください。
- JMP PRO** 「計算式デボ」プラットフォームからも、「カスタムプロファイル」を起動できます。まず、「計算式デボ」の赤い三角ボタンのメニューから [プロファイル] を選択し、対象のモデルを選択します。次に、「プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから [カスタムプロファイル] を選択してください。

「カスタムプロファイル」レポート

「カスタムプロファイル」レポートが最初に開いたときには、因子の設定パネル、応答の設定パネル、最適化の設定パネルが表示されます。

- 「因子の設定パネル」
- 「応答の設定パネル」
- 「最適化の設定パネル」

因子の設定パネル

図7.5 因子の設定パネル

因子	現在のX	ロック	下限	上限
Rw	0.1513561	<input type="checkbox"/>	0.0501187	0.1513561
R	100	<input type="checkbox"/>	100	50118.723
Tu	115600	<input type="checkbox"/>	63070	115600
Hu	1110	<input type="checkbox"/>	990	1110
HI	700	<input type="checkbox"/>	700	820
L	1120	<input type="checkbox"/>	1120	1680
Kw	12045	<input type="checkbox"/>	9855	12045
log10 R	2	<input type="checkbox"/>	2	4.7

因子 モデルに含まれている因子のリスト。

現在のX 現在の因子の設定値。因子の設定値を変更するには、ボックスをクリックします。スライダを使って因子の設定値を変更することもできます。

ロック 因子をロックして、最適化を実行したときに変化しないようにすることができます。因子をロックしても、スライダを使用するか、または「現在のX」のボックスをクリックすれば変更することができます。ロックするか否かは最適化においてのみ考慮されます。

名義尺度の列 名義尺度の因子に対しては、「ロック」列の右側にある列（何も列名がない一番右側の列）に、現在の値が表示されます。

メモ: 名義尺度の因子に対しては、「現在のX」の列には現在のコード値（数値）が表示されます。

下限 各因子の下限値です。ボックスをクリックすると、値を変更できます。

上限 各因子の上限値です。ボックスをクリックすると、値を変更できます。

応答の設定パネル

図7.6 応答の設定パネル



応答 一つまたは複数の応答列のリスト。

現在のY 現在のXの値に対する、応答の予測値です。因子の値を変更すると、それに応じて値が更新されます。

下限 応答の下限値を設定できます。

上限 応答の上限値を設定できます。

ベンチマーク 応答の予測値を保存しておくことができます。初期値は、すべての因子を平均値に設定したときの、応答の予測値です。

ベンチマークのリセット ベンチマーク値を、現在の予測値に設定します。

最適化の設定パネル

図7.7 最適化の設定パネル



計算式 最適化の対象となる式です。応答変数が1つの場合は、その列の名前が表示されます。応答変数が複数ある場合は、満足度関数の合計が表示されます。目的式は、編集できます。

目的関数 目的関数の現在の値です。応答変数が1つの場合、応答の予測値が目的関数に使われます。応答変数が複数ある場合、満足度関数が目的関数に使われます。満足度関数の詳細については、「プロファイル」章の「満足度プロファイルと最適化」(50ページ) を参照してください。

トリップ アルゴリズム全体において、ランダムに初期値を設定する処理を何回行うかです。各トリップにおける開始点は、毎回異なります。異なる初期値によって最適化を何回も行うことにより、局所解への収束が軽減されます。

最大循環数 最適化アルゴリズムにおける循環数の最大数です。1回の循環における処理では、1つの因子ごとに行う最適化がすべての因子に対して行われます。

最大反復回数 1回の循環内における反復計算において、反復する回数の最大値です。

収束限界 最適化アルゴリズムの反復計算における収束基準の上限値です。「収束基準」の値がこの値より小さくなった時点で、反復計算を終了します。

収束基準 最適化アルゴリズムにおける収束基準の値が表示されます。

最大化 目的関数を最大化するか、または最小化するかを選択できます。

最適化 最適化アルゴリズムを開始します。

「カスタムプロファイル」プラットフォームのオプション

因子設定 「予測プロファイル」の【因子設定】のサブメニューと同じです。「プロファイル」章の「[因子設定](#)」(48ページ) を参照してください。

反復のログ出力 最適化アルゴリズムの反復に関するログをデータテーブルに出力します。データテーブルは、【最適化】ボタンをクリックした後に生成されます。

線形制約の変更 線形制約を追加、変更、または削除できます。「カスタムプロファイル」で、この制約が使用されます。「プロファイルについて」章の「[線形制約](#)」(36ページ) を参照してください。

線形制約の保存 既存の線形制約をデータテーブルスクリプトとして保存し、「制約」という名前を付けます。「プロファイルについて」章の「[線形制約](#)」(36ページ) を参照してください。

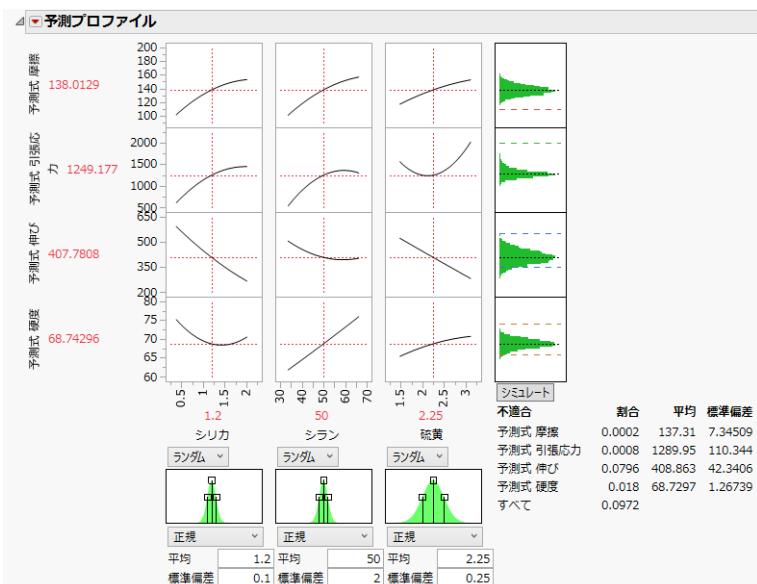
シミュレータ シミュレータが開きます。[第8章「シミュレータ」](#) を参照してください。

シミュレータ 因子におけるばらつきの影響を調べる

「プロファイル」のシミュレーション機能では、因子（入力変数）や誤差（ノイズ）に対して乱数を生成し、それらに対する応答変数の分布を調べることができます。この機能では、因子や誤差に対して確率分布を指定した後、乱数シミュレーションを行います。結果は、データテーブルに保存することもできます。

「予測プロファイル」のシミュレータは、グラフによって視覚的に設定や結果が描かれます。各因子に対する確率分布の設定は、プロファイルのグラフの下に表示されます。また、応答変数のヒストグラムが描かれます。

図8.1 予測プロファイルとシミュレータの例



目次

シミュレータの概要	139
シミュレータの例	139
シミュレータの起動	142
因子に対するシミュレーションの設定	142
応答変数に対するシミュレーションの設定	144
「シミュレータ」レポート	145
「シミュレータ」レポートのオプション	145
不適合率プロファイル	146
許容差設計の紹介	147
グラフのスケール	147
不適合率	148
シミュレーションの手法と詳細	148
メモ	148
不適合率パラメトリックプロファイル	149
シミュレーション実験	150
仕様限界	150
シミュレータの別例	150
不適合率プロファイルの例	151
確率的最適化の例	154
一般的な計算式のシミュレーションの例	162
シミュレータの統計的詳細	165
正規加重分布	165

シミュレータの概要

「プロファイル」のシミュレーション機能では、モデル因子（入力変数）や誤差（ノイズ）に対して乱数を生成し、それに対する応答変数の分布を調べることができます。この機能では、因子や誤差に対して確率分布を指定した後、乱数シミュレーションを行います。結果は、出力データテーブルに保存することもできます。

シミュレータの使用例としては、工程の不適合率（不良率）を予測したり、因子のばらつき（変動）に対して不適合率がロバストかどうかを調べたりするなどの用途があります。応答に仕様限界が設定されている場合は、それがシミュレーションの結果出力に表示されるので、工程能力をシミュレーションにより事前に分析できます。仕様限界の詳しい情報については、『JMPの使用法』の「列情報ウィンドウ」章をご参照ください。

予測プロファイル・等高線プロファイル・カスタムプロファイルにおいてシミュレータを呼び出すことができます。シミュレータの外見は、呼び出されたプロファイルの種類により異なります。

予測プロファイル

予測プロファイルのシミュレータは、グラフによって視覚的に設定や結果が描かれます。各因子に対する確率分布の設定が、プロファイルのグラフの下に表示されます。また、応答のヒストグラムが、グラフの右に描かれます。

等高線プロファイルとカスタムプロファイル

等高線プロファイルとカスタムプロファイルのシミュレータは、設定や結果の視覚的なグラフがありません。また、等高線プロファイルとカスタムプロファイルでは、ヒストグラムも描かれず、全体にテキスト中心のインターフェースになっています。しかし、操作は予測プロファイルと同様であり、また保存されるデータテーブルも同じです。

メモ: シミュレータは、配合因子でも使用できます。その場合、各配合因子に対して制約無しの乱数を生成してから、その乱数を配合比率に調整することで、制約を満たすようにします。

シミュレータの例

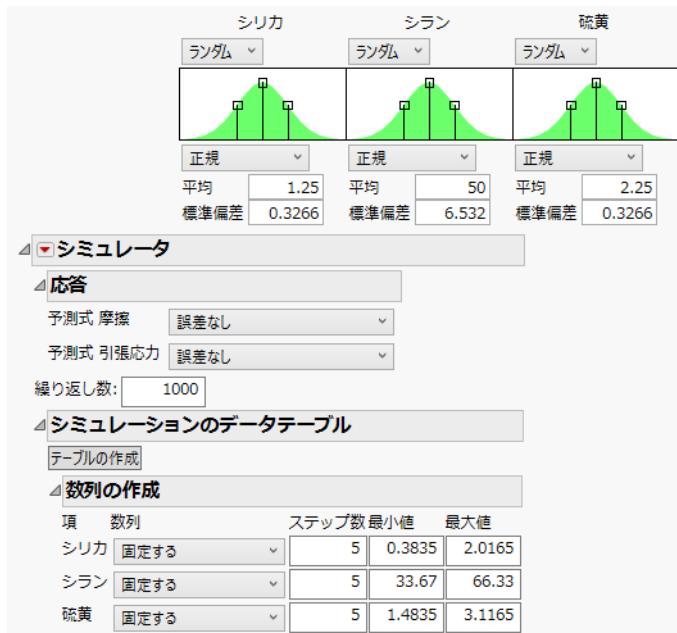
「数列の作成」にあるオプションを使えば、入力値の平均が変化したとき（「位置母数の等差数列」）や、ばらつきが変化したとき（「尺度母数の等差数列」）に、応答変数の分布がどのように変化するかを確認できます。

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [プロファイル] を選択します。
3. 「予測式 摩擦」と「予測式 引張応力」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。
5. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、[シミュレータ] を選択します。
6. 各因子の下で [ランダム] を選択します。

メモ: 「ランダム」を選択したときのデフォルトの確率分布は正規分布です。

7. 「繰り返し数」の値を1000に変更します。
8. 「シミュレーションのデータテーブル」を開き、「数列の作成」を開きます。

図8.2 シミュレータの設定



ここでは、因子（入力変数）の位置（つまり平均）が変化したときに、応答がどのように変化するかを調べていきましょう。因子の位置を変更したときの影響を調べるには、[位置母数の等差数列] を使用します。一方、因子のばらつきを変更したときの影響を調べるには、[尺度母数の等差数列] を使用します。

9. 「シリカ」の「数列」として [位置母数の等差数列] を選択します。「ステップ数」は5のままにしておきます。「最小値」を1に設定し、「最大値」を2に設定します。
10. 「シラン」の「数列」として [位置母数の等差数列] を選択します。「ステップ数」は5のままにしておきます。「最小値」を40に設定し、「最大値」を60に設定します。
11. 「硫黄」の「数列」として [位置母数の等差数列] を選択します。「ステップ数」は5のままにしておきます。「最小値」を2に設定し、「最大値」を3に設定します。

図8.3 「数列の作成」の設定

項 数列	ステップ数	最小値	最大値
シリカ [位置母数の等差数列]	5	1	2
シラン [位置母数の等差数列]	5	40	60
硫黄 [位置母数の等差数列]	5	2	3

12. [テーブルの作成] をクリックします。

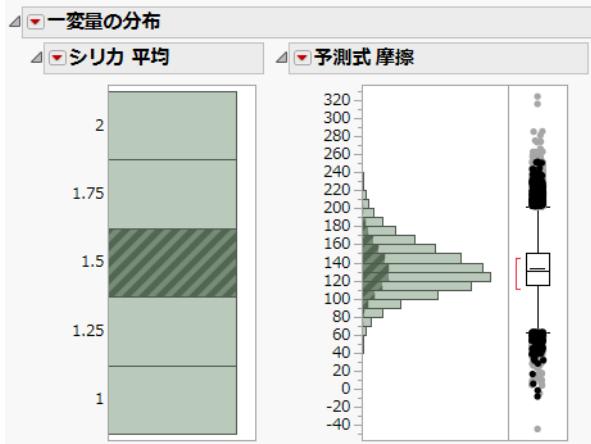
「シリカ 平均」・「シラン 平均」・「硫黄 平均」の各列はそれぞれの範囲において5水準になっています。例えば、「シリカ 平均」の値は、1, 1.25, 1.5, 1.75, 2 です。「シリカ」・「シラン」・「硫黄」の各列における値は、5つのうちのいずれかの平均と一定の標準偏差をもつ正規分布からの乱数になっています。[予測式 摩擦] および[予測式 引張応力] の値は、そのような乱数になっているために、因子の平均を変化させたときに応答変数の分布がどのように変化するのかを把握できます。

13. [分析] > [一変量の分布] を選択します。

14. 「シリカ 平均」と「予測式 摩擦」を選択し、[Y, 列] をクリックします。

15. [OK] をクリックします。

図8.4 「シリカ 平均」と「予測式 摩擦」の分布



「シリカ 平均」でいずれかのヒストグラムの棒をクリックすると、シリカをその選択した平均に変更した場合、かつ、シランと硫黄が平均が変化している正規分布に従っている場合、摩耗の予測値がどのように変化するかを把握できます。

シミュレータの起動

シミュレータは、予測プロファイル・等高線プロファイル・カスタムプロファイルの赤い三角形のメニューから呼び出すことができます。予測プロファイルからシミュレータを起動すると、各因子に対する確率分布の設定がプロファイルのグラフの下に描かれます。等高線プロファイルおよびカスタムプロファイルからシミュレータを起動すると、各因子に対する確率分布の設定がそれぞれのプロファイルレポートの下に表示されます。詳細については、「[因子に対するシミュレーションの設定](#)」(142ページ) を参照してください。

「応答」レポートにおいては、応答における誤差に関するパラメータを定義できます。「[応答変数に対するシミュレーションの設定](#)」(144ページ) を参照してください。また「応答」レポートでは、シミュレーション回数も設定できます。

予測プロファイルからシミュレータにアクセスすると、各応答変数の右側にヒストグラムが表示されます。ヒストグラムの下に [シミュレート] ボタンがあります。因子と応答に設定を指定したら、応答値をシミュレートするために [シミュレート] をクリックします。[シミュレート] ボタンがクリックされるたびに、乱数が生成され、ヒストグラムも更新されます。等高線プロファイルとカスタムプロファイルで応答をシミュレートするには、「[シミュレーションのデータテーブル](#)」を開き、「[テーブルの作成](#)」をクリックします。詳細については、「[不適合率プロファイル](#)」(146ページ) を参照してください。

因子に対するシミュレーションの設定

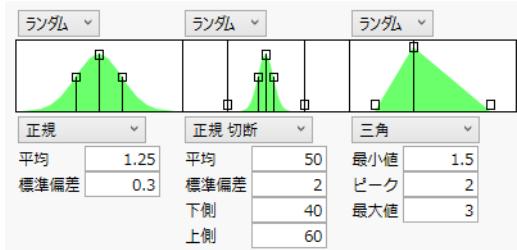
デフォルトでは、因子（入力変数）と応答変数（出力変数）との関係は、プロファイルが起動されたときのモデルによって定義されています。シミュレーションに関するオプションにより、因子や応答のシミュレーションに関する設定を変更できます。因子に関しては、たとえば、確率分布の位置母数（平均）や尺度母数（ばらつき）を変更したりできます。

固定 すべてのシミュレーションにおいてプロファイルの現在値に因子を固定します。

ランダム 指定された確率分布に基づき、因子に対して乱数を生成します。[ランダム] を選択すると、確率分布に関するオプションが表示されます。オプションの詳細については、「[連続尺度の因子](#)」(143ページ) と「[カテゴリカルな因子](#)」(144ページ) を参照してください。

メモ: デフォルトの確率分布は、現在の因子設定を母平均とし、また因子の範囲を 5 で割ったものを母標準偏差とする正規分布です。

図8.5 3つの確率分布の例



式 JSL (JMPスクリプト言語) の式に基づいて因子の値を生成します。これにより、分析者独自の確率分布も指定できます。たとえば、負の値が生じないような切断正規分布の乱数を生成するには、以下のようない式にします。

```
Max(0,RandomNormal](5,2))
```

式を入力した後、[リセット] ボタンをクリックすると式が設定されます。

多変量 多変量正規分布に基づく乱数を生成します。まず、各因子に対しては、平均と標準偏差を指定してください。また、それらに加えて、相関行列を「X相関の指定」レポートに指定してください。因子間に相関があると考えられる場面で、このオプションを利用することが考えられます。

図8.6 [多変量] オプションで相関行列を定義する



連続尺度の因子

利用可能な確率分布の多くは、「JMPの使用法」の「関数計算式リファレンス」章に説明されているような標準的な確率分布です。シミュレータだけで利用されている特殊な確率分布には、以下のようなものがあります。

正規 加重 与えられた平均と標準偏差を持つ正規分布から乱数を生成しますが、このとき重みを与えます。
[正規 加重] オプションは、正規分布の裾に位置する非常に稀なイベントをシミュレートするための特殊な方法です。不適合率が非常に低いような状況をシミュレートするときに役立ちます。「[シミュレータの統計的詳細](#)」(165ページ) を参照してください。

正規 切断 下限と上限をもつ切断正規分布から乱数を生成します。生成された乱数のうち、下限や上限を超える値は廃棄され、残ったものだけが採択されます。品質検査において、該当の因子に関する特性が仕様限界を満たさないと廃棄しているような状況をシミュレートするのに役立ちます。

正規 打ち切り 下限と上限の打ち切りがある正規分布から乱数を生成します。生成された乱数のうち、限界を超えているものがその限界値に置き換えられます。このため、限界値において点の密度が高くなります。入力が仕様限界を満たさない場合に仕様限界内に収まるまでやり直しをするようなシステムをシミュレートするのに有効です。

標本 データテーブル内の因子の列からランダムに値を選択することにより乱数を生成します。

外部 他のデータテーブル内の列からランダムに値を選択することにより乱数を生成します。このオプションを選択した場合、用いるデータテーブルと列を選択してください。

メモ: [標本] または [外部] を選択すると、[連携] チェックボックスが表示されます。このチェックボックスは、2つ以上の因子が [標本] または [外部] に設定される場合に使用されます。チェックマークをつけると、それらの因子の値はデータテーブル内の同じ行からランダムに抽出されます。この機能により、連携された2つの列のあいだの相関構造を再現できます。[連携] オプションを、異なるデータテーブルに属する2つの列に使用したいときは、各列の行数が等しいことを確認してください。

カテゴリカルな因子

カテゴリカルな因子の場合、多項分布から乱数が生成されます。分析者は、各カテゴリに対して確率を指定します。デフォルトでは、その確率はデータテーブルにおいて観測された割合に設定されています。プロット内でハンドルを使用するか、「確率」列で数値を変更することでその確率を変更することができます。確率の合計は1になります。

メモ: 選択した確率の合計が1にならない場合、[シミュレート] ボタンをクリックすると合計が1になるよう自動的に補正されます。

因子のシミュレーションが [ランダム] に設定されると、因子がカテゴリカルな場合は確率関数が、因子が連続尺度の場合は確率密度関数のグラフが表示されます。グラフは連続分布の場合、分布の形状を表示します。グラフ上に点（ハンドル）が表示されており、この点をドラッグすると分布が変化します。正規分布の場合、平均と、平均 \pm 1標準偏差に点が配置されています。切断正規分布と打ち切り正規分布では、上下限値にも点があります。一様分布では上下限値、三角分布では上下限値と最頻値に点が配置されています。

応答変数に対するシミュレーションの設定

応答変数に対するシミュレーションの設定では、モデルにおけるランダムな誤差への指定を行います。因子だけによって応答のばらつきのすべてが説明されずに、応答のばらつきのいくつかがランダムな誤差によることがあります。そのような場合にそのランダムな誤差を指定してください。

誤差なし 因子だけにおけるばらつきによって乱数が生成されます。つまり、応答にランダムな誤差が追加されません。

ランダム誤差の追加 平均がゼロで、かつ指定された標準偏差をもつ正規分布から誤差の乱数を生成し、それを応答に追加します。

加重ランダム誤差の追加 分布の裾に位置する非常に稀なイベントをシミュレートするために用いられる加重標本抽出法に基づいて誤差の乱数を生成し、それを応答に追加します。

多変量誤差の追加 多変量正規分布に基づいて誤差の乱数を生成し、それを応答に追加します。各応答に対しては、標準偏差を指定してください。また、「Y相関の指定」レポートにおいて応答変数間の相関行列を指定してください。

モデルの応答分布に基づく乱数（「モデルのあてはめ」プラットフォームの〔標準最小2乗〕手法と〔一般化回帰〕手法にのみ利用可能。）「モデルのあてはめ」起動ウィンドウにおいて指定された確率分布に基づいて誤差の乱数を生成します。

「シミュレータ」レポート

「シミュレータ」レポートは、次を含みます。

シミュレーションのデータテーブル [テーブルの作成] ボタンがあります。このボタンをクリックすると、シミュレーションした結果を含むデータテーブルが作成されます。応答列に仕様限界が設定されている場合は、データテーブルに「Y 仕様限界内」という列が生成され、シミュレートした応答値が仕様限界内であるかどうかが示されます。データテーブルには、「目的関数」という列もあります。「満足度関数」をシミュレーションの前にプロファイルに指定している場合には、この「目的関数」列には満足度関数の値が出力されます。「満足度関数」がシミュレーションの前に指定していない場合には、この列の値はすべて欠測値になっています。

数列の作成（確率分布として〔正規〕・〔一様〕・〔三角〕を指定した場合のみに利用可能です。）「数列の作成」は各因子の位置母数・尺度母数のいくつかの組み合わせに対するシミュレーションを可能にします。シミュレーションの結果はデータテーブルに保存されます。各因子に対して、位置母数または尺度母数のどちらかの数列を指定できます。等差数列として、ステップ数と、範囲を指定してください。等差数列における組み合わせごとに、「繰り返し数」に指定した回数のシミュレーションが実行されます。たとえば、2つの因子があり、それぞれの「ステップ数」が5に、「繰り返し数」が100に設定されている場合は、シミュレーションの結果のデータテーブルは、全部で2,500行になります。

「シミュレータ」レポートのオプション

「シミュレータ」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。

ヒストグラムの自動更新 ヒストグラムの更新を自動にするかどうかを切り替えます。このオプションが選択された場合、因子設定ハンドルをドラッグした時点で新しくシミュレートされた値をもとにヒストグラムが更新されます。デフォルトではこのオプションはオフになっています。

不適合率プロファイル（仕様限界が指定されるときのみ利用可能です。）因子ごとに、不適合率を因子の関数として描きます。詳細は、「[不適合率プロファイル](#)」（146ページ）を参照してください。

不適合率パラメトリックプロファイル（不適合率プロファイルが起動されるとき利用可能です。）因子ごとに、不適合率を因子の確率分布パラメータの関数として描きます。詳細は、「[不適合率パラメトリックプロファイル](#)」(149ページ) を参照してください。

層数（「シミュレータ」の赤い三角メニューをクリックする前にシフトキーを長押ししたときのみ表示されます。）正規加重分布の層数を指定するためのダイアログが開きます。詳細は、「[シミュレータの統計的詳細](#)」(165ページ) を参照してください。

乱数シード値の設定（「シミュレータ」の赤い三角メニューをクリックする前にシフトキーを長押ししたときのみ表示されます。）シミュレーションの乱数シード値を指定するためのダイアログが開きます。乱数シード値を0以外の値に設定すれば、シミュレーション結果を再現することができます。デフォルトでは乱数シード値は0に設定されています。[テーブルの作成] ボタンで作成されるデータを再現したい場合には、乱数シード値に0以外の同じ値を指定してください。

シミュレーション実験（確率分布として [正規]・[一様]・[三角] を指定している場合のみ利用可能です。）因子に対する確率分布の位置を変化させたときのシミュレーション実験を実行します。ウィンドウが開いたら、実験回数と使用する因子空間の割合、実験で変更する因子を指定します。実験で変更しない因子は、現在のプロファイルでの設定値に固定されます。詳細は、「[シミュレーション実験](#)」(150ページ) を参照してください。

仕様限界 応答の仕様限界を設定・編集する表を開きます。[保存] ボタンをクリックすると、ここで指定した仕様限界が、データテーブルで該当する応答列の列プロパティに保存されます。詳細は、「[仕様限界](#)」(150ページ) を参照してください。

不適合率プロファイル

不適合率プロファイルを使用するには、少なくとも1つの応答列に仕様限界が定義されなくてはなりません。不適合率プロファイルは、他の因子はランダムに分布しているという条件のもとで、不適合の確率（仕様内に収まっていない確率）を各因子ごとにその因子の関数として表します。これは許容差設計 (tolerance design) での1つの過程として、不適合になるのに最も影響しているだろう因子を視覚化するとき使用されます。

分析者によって指定された仕様限界が不適合率の計算に使用されます。また、各因子に指定された確率分布は応答値をシミュレートするために使用されます。

意味のある結果を得るには、シミュレーション設定において少なくとも1つの因子において [ランダム] を指定してください。[ランダム] を指定しないと、シミュレーションの出力は定数になり、結果が仕様内であれば不適合率は常にゼロ、結果が仕様外であれば不適合率は常に1になります。

ヒント: なお、非常に低い不適合率を推定する必要がある場合、[正規加重] オプションの使用を考慮してください。[正規加重] オプションは、100万個につき数個というような低い不適合率でも数千回のシミュレーションを行うだけで比較的安定した推定値を計算できます。

許容差設計の紹介

許容差設計 (tolerance design) とは、入力のばらつき（変動）を制御することにより、不適合率をどれだけ制御できるかを調べることです。

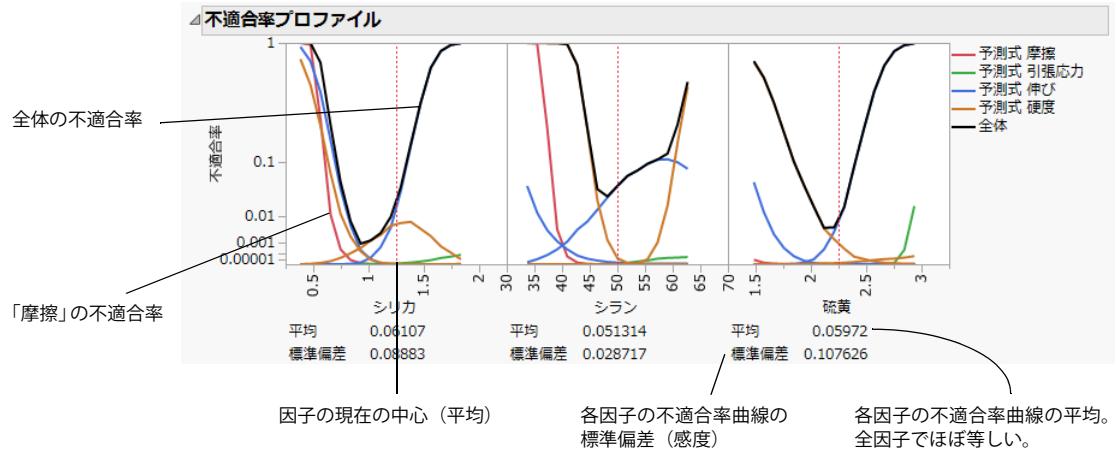
許容差設計においては、入力となる因子にはばらつきがあると仮定されます。許容差設計においては、各因子はばらつくと仮定され、また許容範囲が仕様限界によって定義されます。その因子（入力）におけるばらつきは応答（出力）に影響します。応答に対しても、仕様限界が指定されています。

許容差設計の分析により、因子に対する仕様限界が厳しすぎることが分かることがあります。このような場合は因子（入力）に対する仕様限界を緩めることで、応答（出力）の品質を落とさずに製造コストを下げることができます。これは、許容差設計がコストの削減につながるケースです。

また、仕様限界をより厳しくするか、目標値を変更すれば品質が向上することもあります。いずれのケースでも、因子（入力）におけるばらつきが不適合率にどのように影響を与えるかを知ることが重要です。

不適合率プロファイルは、それぞれの因子ごとに、因子の関数として不適合を表したグラフです。該当の1因子を特定の値に固定し、他の因子は指定された確率分布に従っているときの不適合率を描いています。複数の応答変数があり、それに仕様限界が指定されている場合、各応答変数を異なる色で描いた不適合率曲線も描かれます。その場合、黒色の曲線が全体の不適合率を示しています。

図8.7 不適合率プロファイル



グラフのスケール

不適合率は、3乗根のスケールが使用されるので、高い不適合率と低い不適合率の両方を詳しく調べられます。

不適合率

シミュレートされた全体の不適合率の平均と標準偏差は各不適合率プロファイルの下に示されます。この平均値は、不適合率曲線を、その因子に指定された確率分布で積分することにより求められています。この平均値はいくつかの条件が揃えばすべての因子で近い値になりますが、それでもシミュレーション誤差と数値誤差のために、少し異なります。

この平均値は、設定された確率分布の状況で生じる全体の不適合率に対する推定値です。全体の不適合率に対する推定値は、別の求め方ですが、予測プロファイルの「シミュレート」ボタンの下にある表の「割合」列にも表示されます。

メモ: この「割合」列に計算される全体の不適合率は、仕様限界を定義された応答が1つ以上ある場合に、「シミュレート」ボタンをクリックすると計算されます。

この「割合」列に計算される全体の不適合率は、数値積分の範囲が限られていることやシミュレーション誤差によって、不適合率プロファイルでの積分値とは少し異なる結果になります。これらの不適合率の差が大きい場合は、シミュレーションの回数を増やしてみてください。また、不適合率プロファイルにおける各因子のX軸が十分に広い範囲になっており、積分する範囲内に設定した確率分布が十分収まっていることを確認ください。

不適合率プロファイルの標準偏差は、不適合率がどれほど因子の変化に対して敏感かを示す指標です。因子プロファイルが平坦になっているか、もしくは因子の確率分布のばらつきが小さければ、この標準偏差は小さくなります。この標準偏差が大きければ大きいほど、因子の変更が不適合率のばらつきにもたらす影響が大きくなります。すべての因子の標準偏差を比較することで、どの因子を変更すれば不適合率が削減できるかを検討できます。

平均と標準偏差は、因子に対する確率分布の設定を変更すると更新されます。因子に対する確率分布の設定を変更することにより、因子をどのように変更すれば、不適合率を減らせるかを検討できます。因子に対する確率密度関数もしくは確率関数のグラフにあるハンドルをドラッグし、因子の確率分布の変化によって不適合率がどのように変わるかを調べてください。ただし、因子の分布に対する変更を不適合率プロファイルに反映させるためには、[再実行] ボタンをクリックして更新されたシミュレーションを生成する必要があります。

シミュレーションの手法と詳細

因子「**X1**」の不適合率プロファイルがどのように作成されるかを説明します。**X1**において、均等な間隔で k 個のグリッド点を選び出し、そのグリッド点ごとに「繰り返し数」と同数のシミュレーションを実行します。(デフォルトでは、 k は、17に設定されています)。各グリッド点において、仕様限界を満たさない不適合が m 個生じた場合、そのグリッド点における不適合率は m/n と計算されます。こうして計算された不適合率をつなげて、**X1**の連続関数としてプロットします。

メモ

- 分布を変更した場合、不適合率プロファイルの曲線は自動的に再計算されません。不適合率プロファイルの曲線を更新するには、[再実行] ボタンをクリックしてください。

- 不適合率プロファイルの目的は、一般的な最適化ではありません。「一般的な最適化」とは、問題のあらゆる側面を考慮した関数を使って、コストと見合せながら品質を最適化するというものです。Space Filling計画で実験計画を立てて、近似的なモデルを用いてモデル化すれば、より一般的な最適化を行えるかもしれません。
- 不適合率プロファイルは、率が低い部分でぎざぎざになる傾向があります。3乗根スケールが使用されるために低い率での差異が誇張されることが理由の1つです。不適合率プロファイルが滑らかでないのは、シミュレーションの回数が足りないためかもしれません。全体の不適合率曲線（黒色）が滑らかで、それぞれの不適合率がある程度一貫していれば、シミュレーションの回数は十分で解は安定している判断できます。全体の不適合率曲線が滑らかでない場合、シミュレーション実行回数を増やしてみてください。通常は、2万回程度に設定すれば曲線は安定します。

不適合率パラメトリックプロファイル

不適合率パラメトリックプロファイルは、因子に対する確率分布の変化が不適合率にどのように影響するかを調べるもので、各因子における確率分布のパラメータが変化したときの影響を調べられます。不適合率パラメトリックプロファイルでは、次の4種類の影響が調べられます。

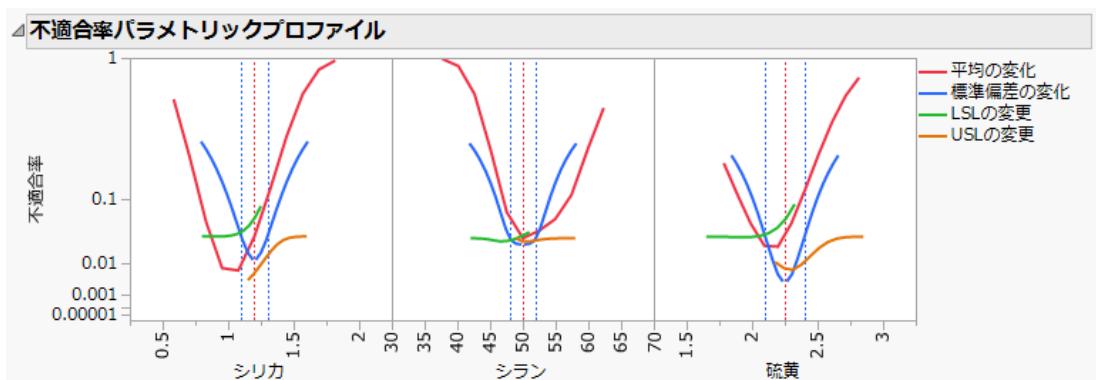
平均の変化 平均の変化は、赤い曲線で示されます。現在の値は、赤い点線の垂線で示されます。

標準偏差の変化 ばらつきを減少させる効果は、青い曲線で示されます。平均±1標準偏差の位置に、青い点線の垂線が表示されます。曲線上の最小値は、不適合率にばらつきがない状態を示します。

LSLの変更 下限仕様限界（部品を不適合とする下側閾値）の変化は、緑の曲線で示されます。

USLの変更 上限仕様限界（部品を不適合とする上側閾値）の変化は、オレンジの曲線で示されます。

図8.8 不適合率パラメトリックプロファイル



シミュレーション実験

[シミュレーション実験] オプションは、確率分布の位置を変化させたときの影響を調べるシミュレーション実験を実行します。[シミュレーション実験] を選択して、実験回数と使用する因子空間の割合、実験に含める因子を指定します。実験に含めない因子については、プロファイルに表示されている因子の現在値に実験で使用される値が固定されます。

実験計画の種類は、ラテン超方格法です。各計画点において、「繰り返し数」と同数の乱数が生成されます。その乱数は、計画点を中心とし、ばらつきと形状は指定された分布のものが使用されます。作成されるデータテーブルには、計画点と同数の行があります。また、作成されるデータテーブルには、応答変数ごとの不適合率と、全体の不適合率が含まれます。ここで得られたシミュレーション実験の結果から全体の不適合率に対するモデルを作成するには、Gauss過程モデルが適しています。Gauss過程モデルに関する詳しい情報は、『予測モデルおよび発展的なモデル』の「Gauss過程」章を参照してください。

仕様限界

応答列に仕様限界を追加するには、希望する列を右クリックし、[列プロパティ] > [仕様限界] を選択してください。列プロパティウィンドウ内には [下側仕様限界]、[目標値]、[上側仕様限界] に値を入力するボックスがあります。または、「シミュレータ」の赤い三角メニューの中で [仕様限界] オプションを使用して仕様限界を定義することもできます。

プロファイルは、仕様限界のある応答に対応しており、さまざまな機能が用意されています。

- プロファイルは、データテーブルに満足度の座標を示す「応答変数の限界」プロパティが設定されていない場合、「仕様限界」プロパティを探し、それらの仕様限界に従って満足度関数を作成します。応答限界の詳しい情報については、『JMPの使用法』の「列情報ウィンドウ」章をご参照ください。
- シミュレーション結果を含むデータテーブルを作成したバイア、そのデータテーブルにおける応答列にも「仕様限界」列プロパティが設定されます。これにより、「一変量の分布」などで、不適合率や工程能力指數を簡単に求めることができます。
- 仕様限界を追加すると、[不適合率プロファイル] が使えるようになります。

シミュレータの別例

- 「不適合率プロファイルの例」
- 「確率的最適化の例」
- 「一般的な計算式のシミュレーションの例」

不適合率プロファイルの例

ここでは、「Tiretread.jmp」データテーブルを使用して、不適合率プロファイルの使用手順の1例を紹介します。「Tiretread.jmp」サンプルデータは、「シリカ」、「シラン」、「硫黄」がタイヤのトレッドにおける4つの性質にどのような効果を及ぼすかを調べた実験結果です。

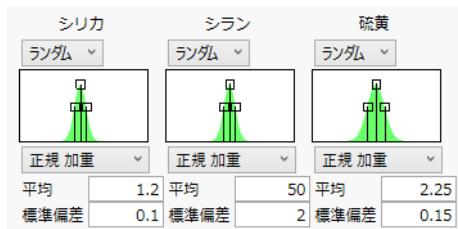
シミュレータに仕様限界を追加する

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [プロファイル] を選択します。
3. 「予測式 摩擦」、「予測式 引張応力」、「予測式 伸び」、「予測式 硬度」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。
4. [OK] をクリックします。
5. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、[シミュレータ] を選択します。
6. 「シミュレータ」の赤い三角形をクリックし、[仕様限界] を選択します。

メモ: 列に列プロパティとして仕様限界が保存されている場合には、それらの保存されている仕様限界が、シミュレータの「仕様限界」表に表示されます。

7. 仕様限界を次のように設定します。
 - 「摩擦」には LSL を 110 に設定します。
 - 「引張応力」には USL を 2000 に設定します。
 - 「伸び」には LSL を 350、USL を 550 に設定します。
 - 「硬度」には LSL を 66、USL を 74 に設定します。
8. [保存] をクリックしてデータテーブルに仕様限界を保存します。
9. 各因子の下で [ランダム] を選択します。
10. 各因子に対する確率分布を図 8.9 のように設定します。

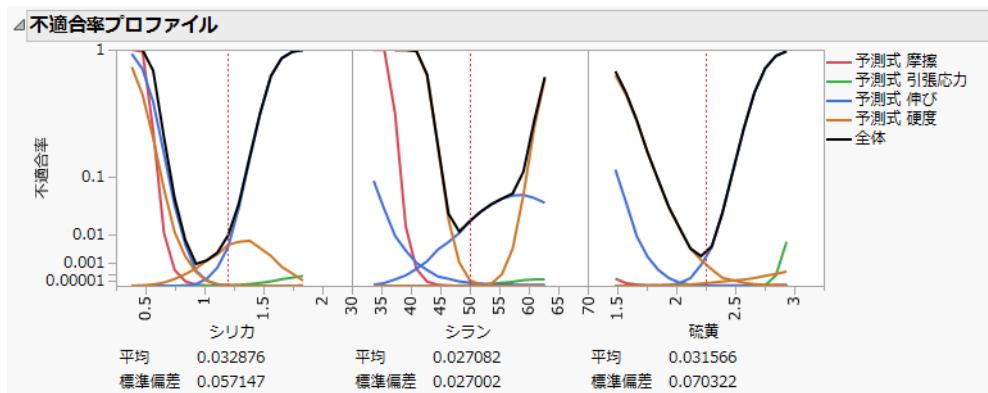
図8.9 プロファイルでの確率分布の設定



[不適合率プロファイル] と [不適合率パラメータプロファイル] を開きます。

- 「シミュレータ」の赤い三角形をクリックし、[不適合率プロファイル] を選択します。

図8.10 不適合率プロファイル



メモ: 不適合率プロファイルは、因子に対して生成された乱数に基づいています。実際に得られる値は図8.10に表示されるものと少し異なります。

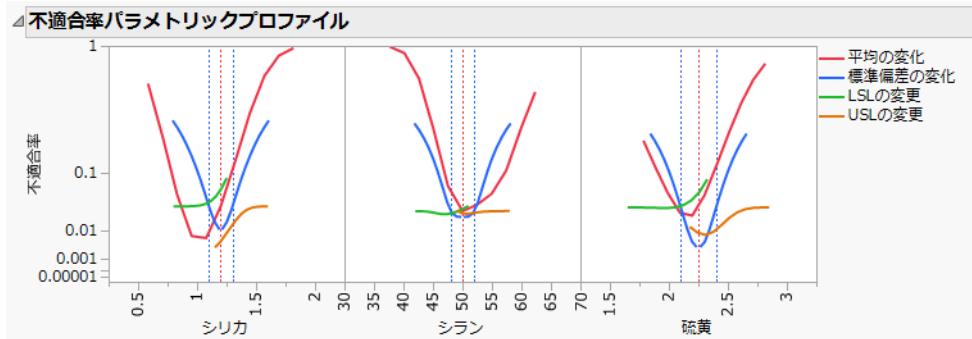
黒い曲線は、該当の1因子をX軸の値に固定し、他のすべての因子は指定された確率分布に従っているときの全体の不適合率です。

「シリカ」における全体の不適合率に注目してみましょう。シリカが約1であるときに、全体の不適合率は最も小さくなります。そして、シリカを1から増加または減少させると、不適合率はほぼ1まで急増します。「シリカ」は、それ自体、ランダムに変化する因子になっています。「シリカ」における不適合率の曲線を積分すると、約0.03です。この数値は「シリカ」の「平均」として表示されます。全体の不適合率に対する推定値は、シミュレーションのヒストグラムの下にある表にも表示されています。不適合率プロファイルの「平均」と、シミュレーションのヒストグラムの下になる数値はどちらも約0.03であり類似しています。

また、不適合率プロファイルには、不適合率の「標準偏差」も計算されています。これは、不適合率の変化の度合いを示しています。「シリカ」の「標準偏差」は0.057です。標準偏差は、その因子に対する不適合率の感度を表しています。3つの因子の標準偏差を比較してみると、「硫黄」が「シリカ」と「シラン」よりもずっと高い値であることがわかります。つまり、不適合率を改善するためには、「硫黄」の分布を改善するのが近道のようです。分布を変化させる方法としては、平均を変化させる、標準偏差を変化させる、特定の仕様限界を満たさない入力を拒絶することで分布を切断する、の3つが挙げられます。

- 「シミュレータ」の赤い三角形をクリックし、[不適合率パラメトリックプロファイル] を選択します。

図8.11 不適合率パラメトリックプロファイル



まず、「硫黄」を例に説明をします。パラメトリックプロファイルの4つの曲線において、各因子の確率分布を変化させると不適合率がどのように変化するかが描かれています。

赤い曲線は、「平均の変化」を表します。この赤い曲線と縦の赤い点線の交わっているところが現在の不適合率(0.03)です。「平均の変化」の曲線は、「硫黄」の確率分布における平均が変化したときの、全体の不適合率の変化を示しています。平均をわずかに左にずらせば、不適合率が低くなります。このプロット上で十字ツールを使うと、平均を左にずらすと不適合率がおよそ0.02まで低くなることがわかります。

青い曲線は、「標準偏差の変化」を表します。この青い曲線と2本の青い点線の交わっているところが現在の不適合率(0.03)です。標準偏差の青い曲線は、因子の確率分布における標準偏差を変化させたときの、全体の不適合率の変化を示しています。平均 ± 1 標準偏差の位置に、青色の縦点線は引かれています。青色の曲線は、中心あたりで左右対称に描かれます。青色の曲線は中心において最小値となります。これは、標準偏差が0のときの不適合率です。「硫黄」のばらつきを完全に取り除いた場合、不適合率はおよそ0.003にまで小さくなります。これは現在値の0.03よりかなり低い値です。他の不適合率パラメトリックプロファイルを見ると、他の因子のばらつきを減らすより、「硫黄」のばらつきを減らす方が効果的なことがわかります。これは、不適合率プロファイルにおける「硫黄」の標準偏差から予想される結果に一致します。

緑の曲線は「LSLの変更」に関する曲線です。今回の例では、「硫黄」のLSL(下側仕様限界)を変更しても不適合率はあまり改善しません。緑の曲線は、全範囲において現在の不適合率よりも上側に位置しています。このことから、ばらつきを減らすために、「硫黄」が少なすぎるものは破棄したとしても、全体の不適合率は小さくならないと言えます。

オレンジ色の曲線は、「USLの変更」に関する曲線です。今回の例では、「硫黄」のUSL(上側仕様限界)を変更すると不適合率が改善することを示しています。右から曲線を眺めていくと、曲線が現在の不適合率(0.03)よりも次第に小さくなっていくことがわかります。「硫黄」のUSLを低く設定することで多くの素材を捨てることにはなるでしょうけれども、不適合率は改善します。しかし、「硫黄」のUSLを分布の中心ぐらいまでずらすのは、素材の半分を捨ててしまうことになるので、現実的な案とは言えません。

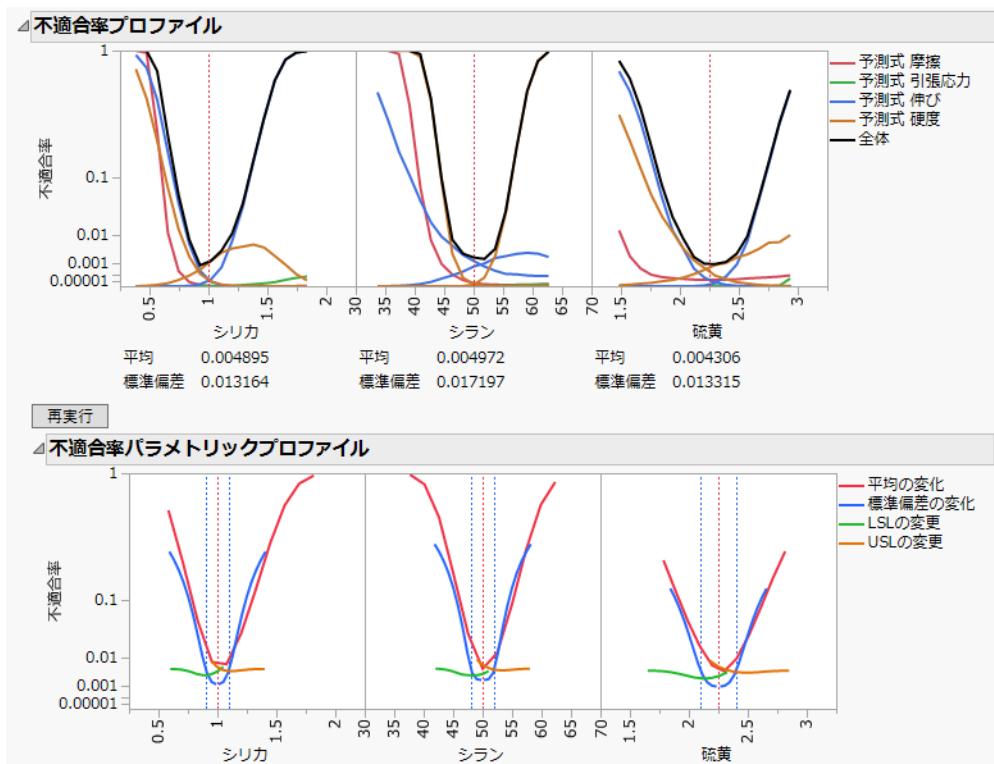
すべての因子を検討したとき、さらに調べるべき選択肢が2つあります。それら2つは、「シリカ」の平均を約1までずらすか、「硫黄」のばらつきを減らすことです。一般に、工程平均の方が工程変動よりも変更が簡単なので、「シリカ」の平均を1に変更するのが妥当でしょう。

3. 「予測プロファイル」において1.2だった「シリカ」の平均を1.0に変更します。

4. [不適合率プロファイル] の下で [再実行] をクリックします。

クリックすると、不適合率プロファイルが「シリカ」の新しい値に基づいて更新されます。

図 8.12 調整後の不適合率

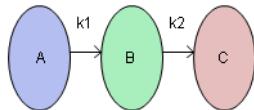


「シリカ」の平均を 1.2 から 1.0 に変更することで不適合率は 0.03 から約 0.004 に減少し、かなりの改善がみられました。分布を変化させたり、シミュレーションを再実行したりすることで、他の変更も簡単に調べることができます。

確率的最適化の例

ここでは、Box and Draper (2007) の著作から借用し、アレンジした「Stochastic Optimization.jmp」データーテーブルを使います。ある化学反応プロセスで、化学物質 A が化学物質 B、化学物質 B が化学物質 C に変化するでしょう。化学物質 B の量は、反応時間と反応温度の関数として表されます。化学物質 B の収率を最適にする因子設定を、プロファイルとシミュレータを使用して探してみましょう。

図8.13 化学反応



この反応では化学物質Bの収率はアレニウスの法則に従っているとします。「収率」列に収率の計算式が保存されています。計算式は、「反応時間」と反応率の「k1」および「k2」の関数です。反応率は、「反応温度」(単位はケルビン)と既知の物理定数、 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ の関数です。そのため、「収率」は「反応時間」と「反応温度」の関数ということになります。

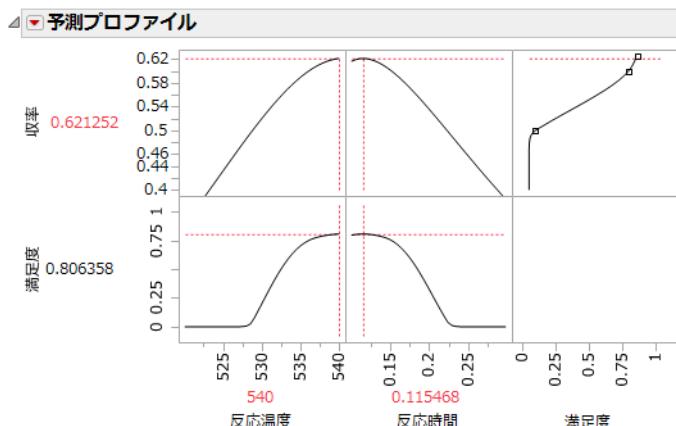
満足度関数を用いた収率の最大化

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Stochastic Optimization.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [プロファイル] を選択します。
3. 「収率」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。
4. [中間計算式の展開] をクリックし、[OK] をクリックします。

満足度関数を有効にした予測プロファイルが表示されます。満足度関数については、「プロファイル」章の「満足度プロファイルと最適化」(50ページ)を参照してください。

5. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、「最適化と満足度】> [満足度の最大化]を選択します。すると、「収率」が最大化され、グラフの「反応時間」と「反応温度」の値が最適値に設定されます。

図8.14 「収率」の最大値



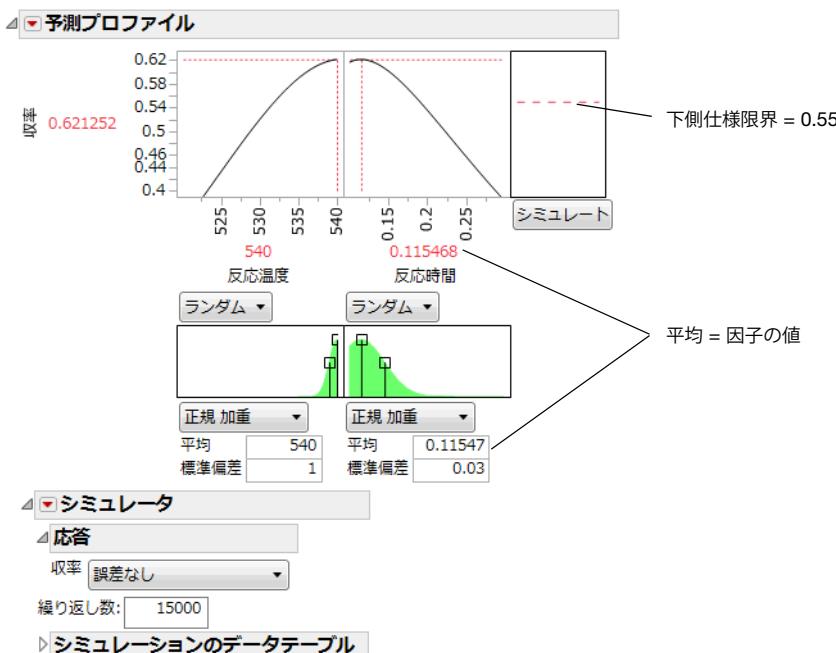
「収率」の値が最大(およそ0.62)になるのは、「反応時間」が0.115、「反応温度」が540度のときです。つまり、温度が高く、時間が短いのが最適と言えます(この最適化の計算においては、初期値が乱数によって決められているので、実際の結果は異なるかもしれません)。

最大収率の不適合率シミュレーション

実際の製造環境では、工程の入力因子を常に正確に制御できるとは限りません。入力因子（「反応時間」と「反応温度」）に確率変動があった場合、「収率」にはどのような影響が及ぶでしょうか。さらに、「収率」に仕様限界がある場合、仕様外となる製品の割合は何パーセントでしょうか。「シミュレータ」を使えば、「反応時間」と「反応温度」におけるばらつきによって、「収率」がどの程度ばらつき、そして不適合率がどれぐらいになるかを調べることができます。

1. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、[最適化と満足度] > [満足度関数] の選択を取り消します。
2. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、[シミュレータ] を選択します。
3. 「反応温度」に対して [ランダム] を選択し、平均 = 540、標準偏差 = 1 である [正規 加重] に設定します。
4. 「反応時間」に対しても [ランダム] を選択し、平均 = 0.115、標準偏差 = 0.03 をもつ [正規 加重] に設定します。
5. 「繰り返し数」の値を 15,000 に変更します。

図8.15 「シミュレータ」の設定

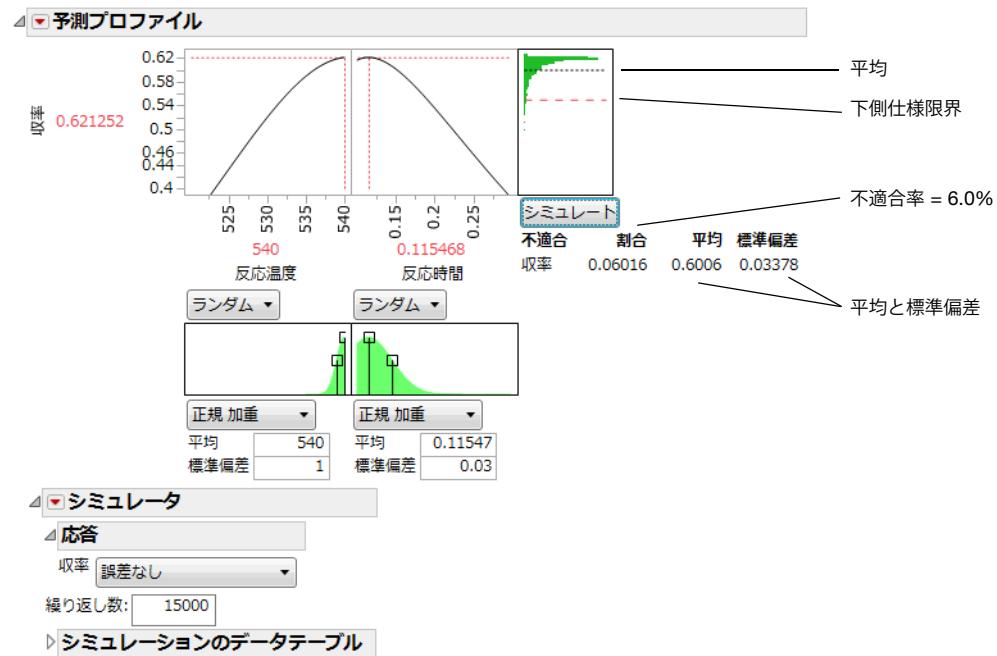


「収率」には、列プロパティとして 0.55 の下側仕様限界が設定されており、図 8.15 に赤い線として表示されています。

6. [シミュレート] ボタンをクリックします。

メモ: シミュレーションでは乱数が使われるため、実際の結果は図 8.16 に示されるものと多少異なります。

図8.16 シミュレーションの結果



反応温度 540 と 反応時間 0.115 により予測された「収率」は 0.62 です。このシミュレーションは温度と時間のばらつきを考慮しました。このシミュレーションでは、不適合率はおよそ 6% と推定されました。また、「収率」の標準偏差は 0.03 であると推定されました。不適合率はおよそ 6% ですが、これはおよそ 6% の製品が仕様外であることを意味します。

次に、シミュレータによって「収率」を高めながらも、不適合率が最小となるような「反応温度」と「反応時間」の設定を求めてみましょう。設定を変更する前に、後で比較するために「収率」が最大になるときの因子設定を保存しておきます。

7. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから、[因子設定] > [設定を記録] をクリックします。
8. 「最大収率」と入力し、[OK] をクリックします。

レポートウィンドウに設定が表示されます。

図8.17 「収率」が最大になるときの設定の記録

設定の記録			
設定	反応温度	反応時間	収率
● 最大収率	540	0.115468	0.6212525

9. 「反応温度」の平均値を 535 に変更します。

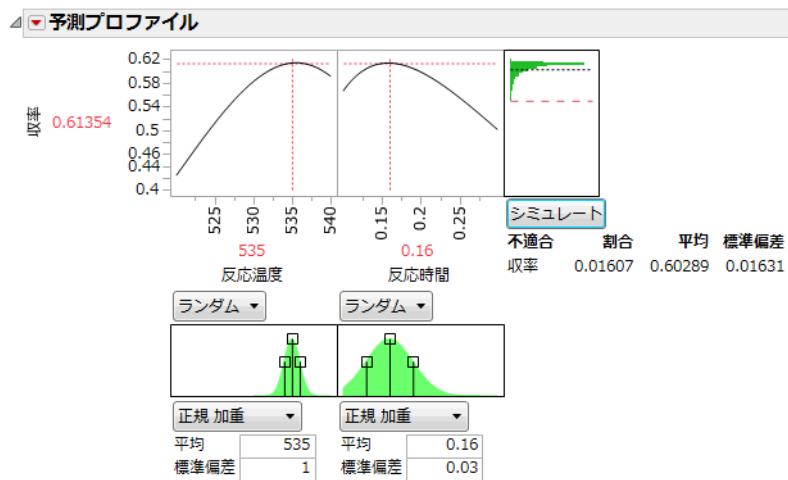
プロット内の「反応時間」の赤い点線を「収率」が最大になっている個所まで変更します。その値はおよそ 0.16 です。

10. 「反応時間」の平均値を0.16に変更します。

11. [シミュレート] をクリックします。

メモ: シミュレーションでは乱数が使われるため、実際の結果は図8.18に示されるものと多少異なります。

図8.18 「温度」が535のときの不適合率



入力因子設定を少々変更することで、予想された収率の減少を0.01未満に抑えながら不適合率を約1.8%に減少させることができます。つまり、因子はばらつかず特定の値に固定できる条件下で「収率」を最大にする最適設定は、因子にはらつきがある条件下で得られた最適設定とは一致しないことがわかります。

シミュレーション実験

[シミュレーション実験] を利用すると、不適合率を最小にする「反応温度」と「反応時間」の設定を特定できます。その設定を特定するには、[シミュレーション実験] を用いて「反応温度」と「反応時間」の実験点で不適合率のシミュレーションを実行します。その後、そのシミュレーションで得られた不適合率にモデルをあてはめ、不適合率を最小にする因子設定を特定します。

1. 「シミュレータ」の赤い三角形をクリックし、[シミュレーション実験] を選択します。
2. 実験実行数を80に設定し、因子空間の全体で実験するために実験空間の割合を1に設定します。
3. [OK] をクリックします。

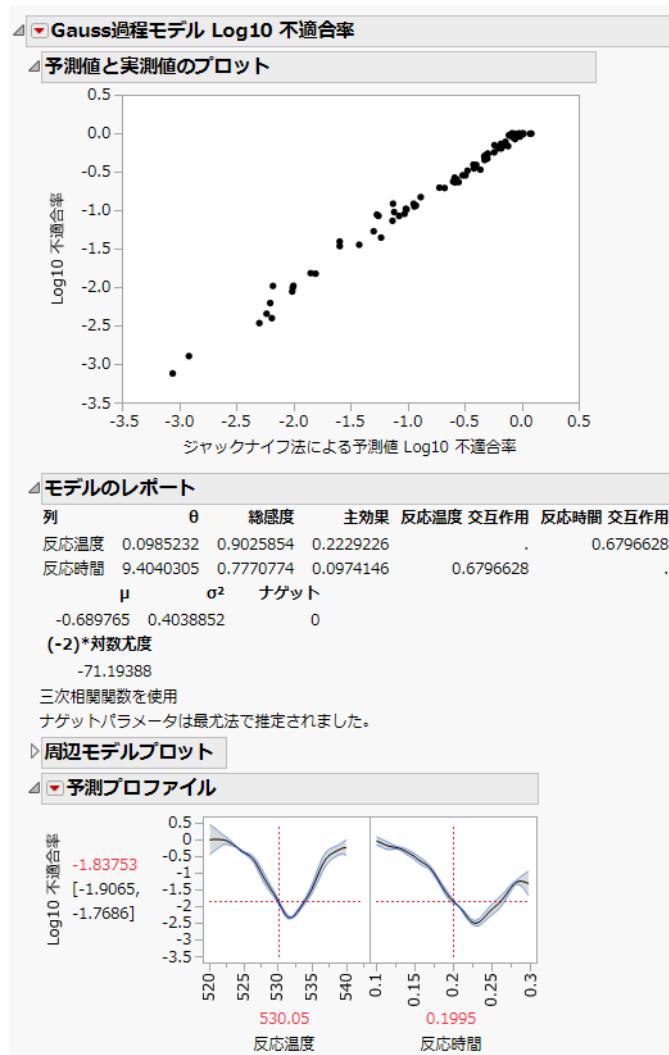
指定された因子の空間から、ラテン超方格法によって80の計画点を持つ計画が作成されます。そして、80個の各計画点において「繰り返し数」に指定した個数だけ乱数が生成されます。乱数の分布は計画点を中心とし、ばらつきと形状には因子に指定した分布のものが使用されます。

実験結果を収めたデータテーブルが作成されます。このデータテーブルでは、各計画点において、「全体不適合率」が計算されます。これで、「反応温度」と「反応時間」の関数によって不適合率を表すモデルをあてはめる準備ができました。

メモ: 「Stochastic Optimization」のプロファイルウィンドウは、開いたままになります。後ほどこのウィンドウに戻ります。

- 新しいデータテーブルから、「Gauss過程」スクリプトの横にある緑の三角形をクリックします。

図8.19 「Gauss過程」であてはめたモデル

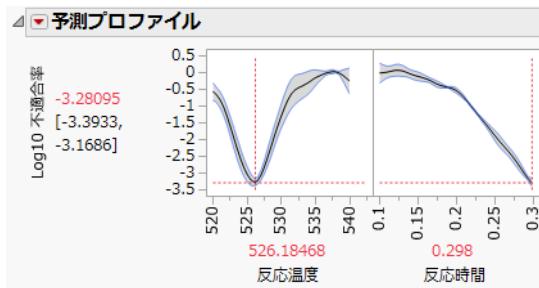


メモ: シミュレーションでは乱数が使われるため、実際の結果は多少異なる場合があります。

5. 不適合率を最小にする「反応温度」と「反応時間」の設定を特定するには、「予測プロファイル」の赤い三角形をクリックし、[最適化と満足度] > [満足度の最大化] を選択します。

満足度関数は、不適合率の最小化をするようにすでに設定されています。

図8.20 不適合率を最小化する設定



不適合率を最小にする設定は、「反応温度」がおよそ 526、「反応時間」がおよそ 0.3 です。

6. [元のプロファイルをこの因子設定にする] ボタンをクリックします。

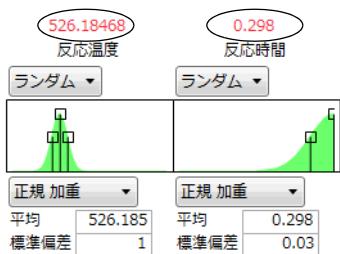
クリックすると、不適合率を最小にする「反応温度」と「反応時間」の設定が、元のプロファイルに適用となります。

7. 元の「プロファイル」レポートウィンドウに戻ります。

8. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから、[因子設定] > [設定を記録] をクリックします。

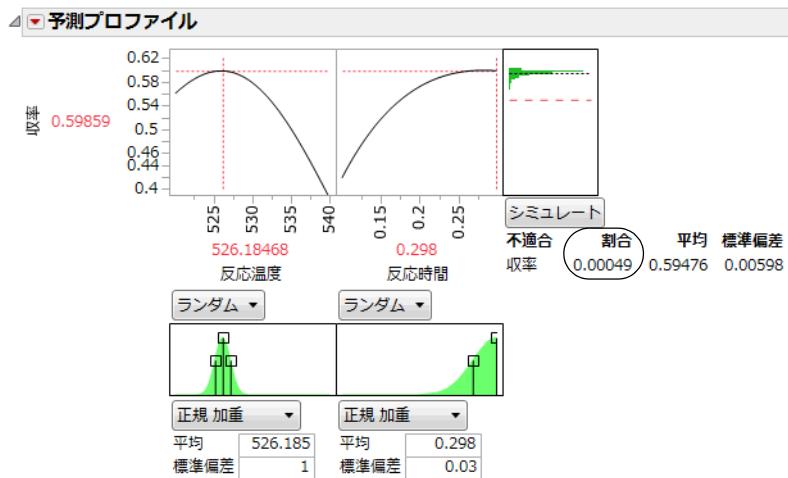
9. 「最小不適合率」を入力し、[OK] をクリックします。

図8.21 不適合率が最小になる設定



10. 新しい設定が記録されたところで、[シミュレート] ボタンをクリックし、不適合率を推定します。

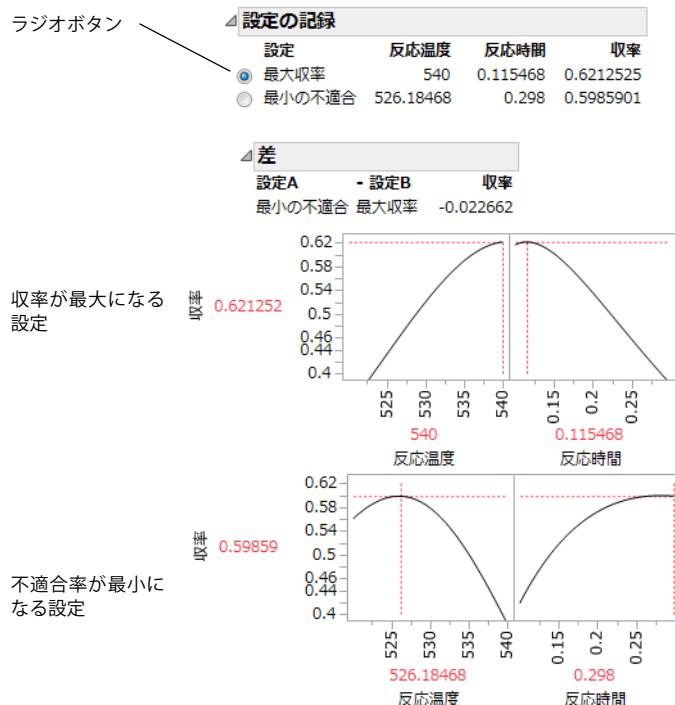
図8.22 不適合率の低下



不適合率は約0.05%になり、「収率」の最大化を目指としたときの約6.0%に比べ、大幅に低くなります。その改善率はおよそ120倍にもなります。最初の設定では、「収率」の平均が0.62でした。新しい平均は0.59です。平均「収率」は0.03減少してしまいましたが、その代わり不適合率は120倍にもなっています。[設定を記録] を使って設定を保存してあるので、前の設定と新しい設定を簡単に比較することができます。「差」レポートには差の要約が表示されます。

11. 各設定のプロファイルを見るには、[設定の記録] レポートにあるラジオボタンをクリックします。

図 8.23 設定の比較



これで、どの設定を使用すれば工程の品質が向上するかが判明しました。因子にばらつきがないなら、温度を高く、時間を短くすれば「収率」が最大になります。しかし、工程の入力因子に、この例で行ったシミュレーションのようなばらつきがある場合は、「収率」を最大にすると不適合率まで高くなってしまいます。そのため、因子にばらつきがある場合に不適合率を最小化するには、温度を低く、時間を長くする必要があります。

一般的な計算式のシミュレーションの例

プロファイルとシミュレータは、「モデルのあてはめ」で保存された計算式を主に使用します。しかし、列に保存された計算式であれば、どんな式でも用いることができます。特定の確率分布に従った財務モデルの結果を調べる際にも、シミュレーションを用いることができます。それには、モデルの計算式を列に保存したデータテーブルを作成した後、プロファイルを呼び出し、各因子の確率分布を指定します。

1. JMP ホームウィンドウで [ファイル] > [新規作成] > [スクリプト] を選択します。これによりスクリプト新規作成ウィンドウが開きます。

2. 以下のJSLスクリプトをスクリプト新規作成ウィンドウにコピー&ペーストします。

```
dt = New Table( "売上モデル" );
dt << New Column( "売上数量", Values( {1000, 2000} ) );
dt << New Column( "単位価格", Values( {2, 4} ) );
dt << New Column( "単位原価", Values( {2, 2.5} ) );
dt << New Column( "収益",
    Formula( :売上数量 * :単位価格 )
);
dt << New Column( "合計原価",
    Formula( :売上数量 * :単位原価 + 1200 )
);
dt << New Column( "利益",
    Formula( :収益 - :合計原価 ),
    Set Property( "仕様限界", {LSL( 0 )} )
);
Profiler(
    Y( :収益, :合計原価, :利益 ),
    Objective Formula( 利益 )
);
```

3. [スクリプト実行] アイコン をクリックしてスクリプトを実行します。またはキーボードで Ctrl-R を押します。

スクリプトにより図8.24 入力変数の上下限を含んだ下図のようなデータテーブルが作成されます。出力変数には計算式が保存されます。また、予測プロファイルも実行されます。

図8.24 スクリプトから作成したデータテーブル



The screenshot shows the Table window with the following data:

	売上数量 × 単位原価 + 1200						収益 - 合計原価 / 利益
	売上数量 × 単位価格			収益	合計原価	利益	
売上数量	単位価格	単位原価					
1	1000	2	2	2000	3200	-1200	
2	2000	4	2.5	8000	6200	1800	

The sidebar on the left lists the columns: Sales Model, 列(6/0), 売上数量, 単位価格, 単位原価, 収益, 合計原価, 利益.

4. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、[シミュレータ] を選択します。
5. 「売上数量」と「単位原価」の下のメニューで [ランダム] を選択します。
6. 因子パラメータを次のように入力します。
 - 「売上数量」は、「最小値」1000、「最大値」2000の [一様]。
 - 「単位価格」は3で [固定]。

- 「単位原価」は、「平均」2.25、「標準偏差」0.1の【正規】。

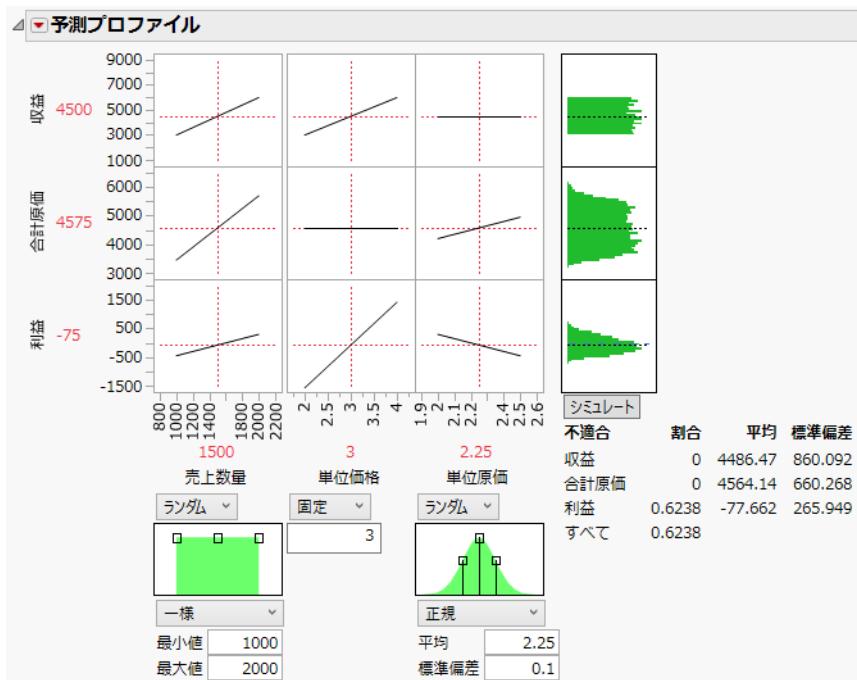
図8.25 予測プロファイルの指定



- 【シミュレート】ボタンをクリックします。

メモ: シミュレーションでは乱数が使われるため、実際の結果は図8.26に示されるものと多少異なります。

図8.26 シミュレータ



このモデルでは利益は得られそうもありません。「利益」の下側仕様限界を0とした場合、不適合率レポートによれば利益が上がらない確率は（このデータでは）62%です。

- 「単位価格」の固定値を3.25に変更します。
- 【シミュレート】ボタンをクリックします。

図8.27 結果

不適合	割合	平均	標準偏差
収益	0	4860.35	931.767
合計原価	0	4564.14	660.268
利益	0.214	296.211	327.227
すべて	0.214		

すると、利益が上がらない確率はおよそ21%にまで下がりました。

利益が上がらない確率をさらに下げたいのに、単位価格を引き上げることができない場合は、原価を抑えるか、売上を増やす方法を検討しなければなりません。

シミュレータの統計的詳細

正規加重分布

分布として【正規 加重】が選ばれた場合、多変量正規分布の中心からの距離で層別にした乱数生成法が使われます。この方法は、極端に大きな値や小さな値を考慮しなければいけない場合に、他の重点サンプリング法よりも良い結果をもたらすと考えられます。

最初に層数を定義します。各層は、0を中心とする、特定の区間を半径とする超球面になっています。 d 個の因子に対して、各層は半径を次に示す区間ごとに定義されています。

表8.1 層の距離

層の番号	内側の距離	外側の距離
0	0	\sqrt{d}
1	\sqrt{d}	$\sqrt{d + \sqrt{2d}}$
2	$\sqrt{d + \sqrt{2d}}$	$\sqrt{d + 2\sqrt{2d}}$
i	$\sqrt{d + (i - 1)\sqrt{2d}}$	$\sqrt{d + i\sqrt{2d}}$
$N_{\text{Strata}} - 1$	$\sqrt{d + \{(N_{\text{Strata}} - 1) - 1\}\sqrt{2d}}$	$\sqrt{d + (N_{\text{Strata}} - 1)\sqrt{2d}}$

デフォルトの層数は16です。層数を変更する場合は、Shiftキーを押したまま【シミュレータ】の赤い三角ボタンをクリックすると、非表示のコマンド【層数】が表示されるので、それを選択します。標本サイズが層の数でちょうど割り切れない場合は、標本サイズをその分だけ増やします。

1組の乱数を生成するのに次のような処理が行われます。

1. 第*i*個目の乱数生成に対する層として $\text{mod}(i - 1, N_{\text{Strata}})$ を選択します。
2. *n* 次元におけるランダムな方向を求めるために、*n* 個の独立な正規分布に従う乱数を生成し、その大きさを 1 にします。
3. 一様分布の乱数を、該当している層に対応したカイ²乗分布の分位点に変換することにより、中心からの距離の乱数を生成します。
4. 大きさ 1 に基準化されたランダムな方向をもつベクトルを、その距離の大きさになるように尺度変換します。
5. 最後に、生成された乱数を各因子の平均と標準偏差に合わせて変換します。

できあがった乱数の分布は、正しく加重して推定すれば、指定された平均と標準偏差を持った多変量正規分布の乱数として使えます。「一変量の分布」プラットフォームにおいて、重みを使って標準偏差などを計算しても、適切な推定値が計算されないことに注意をしてください。ただし、重みに大きな値（たとえば 10^{12} ）を掛け合わせ、それを「度数」として使えば、正しい標準偏差になります。

Excel プロファイル Microsoft Excel で保存したモデルを視覚化する

JMPのExcel用アドインは、Excelワークシートに保存されているモデル（計算式）からプロファイルを作成します。Excel用アドインは、JMPをインストールするときにインストールを選択できます。

図9.1 Excel モデルを使った予測プロファイルの例



目次

Excel プロファイルの概要	169
Excel モデルの例	169
JMP プロファイルの実行	171
線形制約の使用	172
プロファイル線の解像度	172
Excel のモデルを JMP から読み込む	173

Excel プロファイルの概要

JMP の Excel 用アドインは、Excel ワークシートに保存されているモデル（計算式）からプロファイルを作成します。Excel 用アドインは、JMP をインストールするときにインストールを選択できます。Excel 用アドインでプロファイルを作成するには、2 つの手順を踏みます。

1. [モデルの作成/編集] ボタン（Excel 2010～2016）をクリックして、JMP で必要なモデル情報を入力します。これは、各モデルで1回だけ行います。詳細については、「モデルの作成/編集」ウィンドウのヘルプボタンをクリックしてください。
2. [モデルの実行] ボタン（Excel 2010～2016）をクリックして、JMP のプロファイルを起動し、Excel モデルを実行します。詳細は、「[JMP プロファイルの実行](#)」（171 ページ）を参照してください。

メモ：

- Excel の「JMP」リボンにある「環境設定」・「データテーブル」・「グラフビルダー」・「一変量の分布」・「二変量の関係」・「モデルのあてはめ」・「時系列分析」・「管理図」のボタンは Excel プロファイルには必要ありません。これらの機能の詳細については、『JMP の使用法』の「データの読み込み」章を参照してください。
- アドインをインストールすると、Microsoft Excel に「JMP」というリボンが追加されます。「JMP」リボンがない場合は、JMP の「setup.exe」ファイルをダブルクリックし、[変更]、[Excel アドイン] を順に選択して、[次へ] をクリックしてください。

Excel モデルの例

Excelにおいてモデルを定義する場合、1つまたは複数の Excel の式式を用います。どの式式も、1つまたは複数のセルを参照していなければいけません。この例では、「Samples/Import Data」フォルダにあるサンプルデータ「Demand.xls」を使用します。

図9.2 Excel で定義された需要モデル

	A	B	C	D	E	F	G
1	JMP_Profiler						
2	Label	Inputs	Min	Max	Mean		
3	Amount Stocked		5	1	10	5	
4	Demand		6	1	10	1	
5	Air Freight		150	25	175	150	
6	Expiration Cost		50	25	100	50	
7	Label	Outputs	Min	Max	Mean		
8	Overall Cost		150	0	1000	100	
9							
10							

読み込み用サンプルデータ「Demand.xls」について

B8のセルに、総支出（Overall Cost）を算出する計算式が保存されています。数式バーで確認すると、次の4つのセルを参照していることが分かります。

- 在庫（Amount Stocked）。製品の在庫量です。
- 需要（Demand）。製品に対する顧客の需要です。
- 航空貨物料金（Air Freight）。需要が在庫量を上回ったときに、不足分を空輸するのにかかる、1個あたりの送料です。
- 処分コスト（Expiration Cost）。需要が在庫量を下回ったときに、過剰分の廃棄にかかる、1個あたりのコストです。

計算は次のように行われます。

- 在庫が需要を下回る場合、会社は「(需要 - 在庫) × 航空貨物料金」を払って不足分を空輸する必要があります。たとえば、需要が8で、在庫が6しかない場合、 $8 - 6 = 2$ 個を空輸するために $2 \times 150 = 300$ を払わなければなりません。
- 在庫が需要を上回る場合、会社は「(在庫 - 需要) × 処分コスト」を払って過剰分の製品を処分する必要があります。たとえば、需要が5で、在庫が8しかない場合、 $8 - 5 = 3$ 個を空輸するために $3 \times 50 = 150$ を払わなければなりません。
- 在庫が重要な場合は、空輸コストも処分コストもかかりません。
- 空輸と処分が同時に発生することはありません。

Excel でのモデル作成

1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、1つ上のフォルダに移動して、「Samples/Import Data」フォルダを開きます。
2. 「Demand.xls」をダブルクリックして、Microsoft Excelで開きます。
3. Microsoft Excelで、「JMP」リボンをクリックします。
4. [モデルの作成/編集] ボタン () をクリックします。
 「モデル」と「モデル名」の両フィールドに、ワークブック名が表示されます。
 「入力」と「出力」のフィールドに、ワークシートのデータから得られた情報が表示されます。
5. 「モデル名」フィールドに「顧客需要」と入力して、[Apply] をクリックします。
 「モデル」フィールドが更新されます。
6. 「入力」ボックスの「Air Freight」を選択して、下向きの矢印ボタン () をクリックします。
 「Air Freight」はプロファイルの最後に表示したいので、リストの末尾に移動しておきます。
7. [OK] をクリックします。
 Excel モデルがワークシートに保存されます。

メモ:

- 「モデルの作成 / 編集」ウィンドウのフィールドに自動的に値が挿入されない場合は、[選択] をクリックし、入力名または出力名を含むセルを選択してください。
 - 「入力」には、値を指定してから、[適用] をクリックします。「入力」は、計算式ではなく、値である必要があります。
 - 一方、「出力」は、入力セルの情報のみを含む計算式が指定されたセルである必要があります。
- なお、1つのワークシート内に複数のモデルを作成することもできます。「モデルの作成 / 編集」ウィンドウで、「モデル」の横のプラス記号 (+) をクリックしてください。必要に応じて「モデル名」フィールドの名前を変更し、[Apply] ボタンをクリックします。次に、必要に応じて「入力」と「出力」のフィールドに変更を加えて、[OK] をクリックします。
- 1つのワークシート内で1つのモデルの全体を定義する必要があります。別のワークシートのセルを参照することはできません。

JMP プロファイルの実行

Excel 用アドインで作成したモデルは、JMP プロファイルで実行できます。Excel 用アドインで次の手順を踏みます。

- Microsoft Excel で、「JMP」 リボンをクリックします。
- [モデルの実行] ボタンをクリックします。
- 実行したいモデルを選択します。
- [JMPでのプロファイル] をクリックします。
- JMP のプロファイルを使えば、複数の入力変数が出力変数に与えている影響がわかります。また、出力変数を取りうる範囲も確認できます。

図9.3 Excel モデルを使った予測プロファイルの例



メモ: 元の Excel のワークシートが変更されないよう、バッゲグランドでは JMP は Excel のコピーを作成し、それをプロファイルの計算に使用します。Excel ワークシートとプロファイルは動的にリンクされないため、Excel ワークシートで計算式を更新した場合には、変更を反映するために JMP プロファイルを再起動する必要があります。

線形制約の使用

JMP プロファイルでは、モデルの入力値を制限するための線形制約も指定できます。その場合、Excel ワークブックに制約を保存するかどうかを尋ねるダイアログボックスが表示されます。Excel ワークブックに制約を保存すると、Excel 用アドインでこのモデルのプロファイルが作成されるたびに制約が組み込まれます。

1. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、メニューから **【線形制約の変更】** を選択します。
2. **【制約の追加】** をクリックします。
3. 制約の値を入力します。
4. **【OK】** をクリックします。
5. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、メニューから **【線形制約の保存】** を選択します。
6. Excel ワークブックに制約を保存するかどうかを尋ねるダイアログボックスが表示されます。
7. **【はい】** をクリックします。

メモ: .xls ファイルを保存すると、互換性に関するエラーが発生することがあります。発生したら、**【続行】** をクリックしてファイルを保存します。

Excel でワークブックが開きます。モデルを実行すると、JMP プロファイルに線形制約が反映されます。線形制約の詳細については、「プロファイルについて」章の **「線形制約」** (36 ページ) を参照してください。

ヒント: ある線形制約式を削除するには、その制約式におけるすべての係数をゼロに設定します。

プロファイル線の解像度

「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューにある **【デフォルト水準数】** オプションは、プロファイル線の解像度を左右します。次の点に注目してください。

- デフォルト水準数は、Excel シートのモデルでは 17 です。
- JMP で作成したモデルでは 41 です。

このため、Excel と JMP においてまったく同じモデルを作成した場合でも、プロファイルの曲線のデフォルトにおける見栄えは異なるかもしれません。Excel シートのモデルに対して、デフォルトの水準数を多くすると、処理時間が長くなります。

Excel のモデルを JMP から読み込む

Excel ファイルでモデルの入力と出力を指定した後、JMP 側からその Excel ファイルを読み込み、プロファイルを作成することもできます。

1. [グラフ] > [Excel プロファイル] を選択します。
2. モデルを含む Excel ファイルを選択し、[開く] をクリックします。
3. Excel ファイルに複数のモデルが含まれている場合、プロファイルを作成するモデルを選択する必要があります。

Excel プロファイルは、次に示すようにスクリプトでも実行可能です。

```
Excel Profiler( "ワークブックのパス", <" モデル名 "> ) ;
```

複数のモデルが存在するのにモデルを指定しなかった場合、使用可能なモデルをリストしたウィンドウが開きます。Excel プロファイルを読み込むスクリプトの詳細については、『スクリプトガイド』の「JMP の拡張」章を参照してください。

付録 A

参考文献

- Box, G. E. P., and Draper, N. R. (1987). *Empirical Model-Building and Response Surfaces*. New York: John Wiley & Sons.
- Box, G. E. P., and Draper, N. R. (2007). *Response Surfaces, Mixtures, and Ridge Analyses*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.
- Cornell, J. A. (1990). *Experiments with Mixtures*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.
- Derringer, G., and Suich, R. (1980). "Simultaneous Optimization of Several Response Variables." *Journal of Quality Technology* 12.4:214-219.
- Hastie, T., Tibshirani, R., and Friedman, J. H. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. 2nd ed. New York: Springer-Verlag.
- Saltelli, A. (2002). "Making best use of model evaluations to compute sensitivity indices." *Computer Physics Communications* 145:280-297.
- Sobol, I. M. (1993). "Sensitivity Estimates for Nonlinear Mathematical Models." *MMCE* 1.4:407-414.

索引

プロファイル機能

A

Alt クリック 34

E

Excel プロファイル 169

F

Five Factor Mixture.jmp 124

Flash (SWF) 形式で保存 35

K

Kシグマ ($kx\sigma$) 79

L

LSL の変更 153

O

Option クリック 34

OPTMODEL の計算式 36

S

Stochastic Optimization.jmp 154

T

Tiretread.jmp 32, 62, 151

U

USL の変更 153

W-Z

Y, 予測式 30

Z 軸のスケールをロック 102

ア

あてはめのグループ 31

アレニウス 155

イ

因子グリッドのリセット 47

因子設定 48, 136

因子設定のロック 35, 49

ウ

ウィンドウに合わせて伸縮、曲面プロット 105

オ

応答曲面計画

予測プロファイル 89

応答変数の限界 150

力

各グリッド点で最大化 45

加重ランダム誤差の追加 145

カスタムプロファイル 131

感度インジケータ 47

キ

行のデータに設定 48

曲面の塗り 107

曲面プロット 95

曲面プロット 87

曲面プロファイル 95

ク

グラフの更新 87

グリッドテーブルの出力 49

グリッド密度 87

ケ

計算式の表示 36
 限界で折り返し 47
 限界で停止 47
 現在値 35
 現在値の表示 120
 現在の予測値 27

コ

交互作用 31
 交互作用プロファイル 46
 交差積の項 31
 誤差因子 30
 誤差伝播の法則による区間 45, 79
 誤差なし 144
 固定 142

サ

最小化 53
 最小値の設定 35
 最大化 52
 最大化オプション 45
 最大値 35

シ

式 143
 シミュレーション実験 146
 シミュレーション値のヒストグラム 139
 シミュレータ 49, 139
 シミュレータ 46
 従属する標本再抽出の入力 56
 仕様限界 146, 150–151
 条件付き予測 49
 信頼区間 46

ス

スクリプトの設定 48
 すべてのプロファイルを連動 48

セ

正規 打ち切り 144

正規 加重 143

正規 切断 143
 制約 36
 制約の表示 120
 設定スクリプトのコピー 48
 設定スクリプトの貼り付け 48
 設定を記録 48, 128
 設定をテーブルに追加 48
 線形制約 121
 線形制約 36
 線形制約が課された入力 56
 線形制約の変更 49, 136
 線形制約の保存 49, 136
 線の表示 120

ソ

増加方向を表す点線 87, 120
 層数 146

タ

多変量 144
 多変量誤差の追加 145

チ

チュートリアルの例
 等高線プロファイル 83–88
 満足度関数プロファイル 60–62
 中間計算式の展開 30

テ

データフィルタ 49
 デフォルト水準数 49
 展開した計算式を保存 31
 天体球 106

ト

等高線グリッド 87, 120
 等高線グリッドの削除 120
 等高線プロファイル 38–39, 83
 等高線ラベル 87
 等値面 110
 独立な一様分布の入力 56

プロファイル機能

独立な一様分布の入力による変数重要度の評価 56
独立な標本再抽出の入力 56
ドラッグ 27, 32, 52

ハ

ハードウェアアクセラレーション 106
配合プロファイル 113, 115
反復のログ出力 136

ヒ

ヒストグラムの自動更新 145
表示 35
標準偏差の変化 153
標本 144

フ

複数の応答変数 32, 60
防ぐ
 列の展開 30
不適合率パラメトリックプロファイル 146, 152
不適合率プロファイル 146
不適合率プロファイル 145, 152
プロット点の数 35
プロファイル
 従属する標本再抽出の入力 56
 線形制約が課された入力 56
 独立な標本再抽出の入力 56
 変数重要度の評価 56
プロファイル 27
プロファイル、概要 25–31
プロファイルのトレース 27

ヘ

平均のシフト 153
変数重要度 56
変量効果 142

マ

マウスの移動 87
マウスを離す 87
満足度関数 45, 50
満足度計算式の保存 46

満足度トレース 50
満足度の最大化 45
満足度の設定 46, 52
満足度の保存 45

メ

メッシュ 108

モ

目標値 53
モデルのあてはめプラットフォーム
 例 60–62, 83–88
モンテカルロフィルタ 49

ヨ

予測プロファイル 27

ラ

乱数シード値の設定 146
乱数テーブルの出力 49
ランダム誤差の追加 144

レ

列の展開を防ぐ 30

