



バージョン 13

# プロフィール機能 第 2 版

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

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

**13.1**



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. 2017.  
『JMP® 13 プロファイル機能 第2版』 Cary, NC: SAS Institute Inc.

## **JMP® 13 プロファイル機能 第2版**

Copyright © 2017, 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、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.

2017 年 2 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 © 1998-2014 by Neil Hodgson <neilh@scintilla.org>.

All Rights Reserved.

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

- Rソフトウェア: Copyright © 1999-2012, R Foundation for Statistical Computing.
- MATLABソフトウェア: Copyright © 1984-2012, The MathWorks, Inc. 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。他の商標は、www.mathworks.com/trademarksに一覧されています。他の製品名やブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標である可能性があります。
- libopc: Copyright © 2011, Florian Reuter. All rights reserved.

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

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

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

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

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

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



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

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

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

- UNIX ファイルに使用された解凍アルゴリズムについて:

Copyright © 1985, 1986, 1992, 1993

カリフォルニア大学評議員。All rights reserved.

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

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

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

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

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

All rights reserved.

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

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

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



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

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







# 目次

## プロファイル機能

---

### 1 JMPの概要

マニュアルとその他のリソース .....	13
表記規則 .....	14
JMPのマニュアル .....	15
JMP ドキュメンテーションライブラリ .....	15
JMP ヘルプ .....	21
JMPを習得するためのその他のリソース .....	21
チュートリアル .....	21
サンプルデータテーブル .....	22
統計用語とJSL用語の習得 .....	22
JMPを使用するためのヒント .....	22
ツールヒント .....	23
JMP User Community .....	23
JMPer Cable .....	23
JMP 関連書籍 .....	23
「JMP スターター」 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

応答曲面の視覚化と最適化 .....	25
プロファイルの概要 .....	26
プロファイルについて .....	27
JMPのプロファイル機能 .....	27
「プロファイル」 起動ウィンドウ .....	29
あてはめのグループ .....	30
プロファイルの解釈 .....	30
「プロファイル」 プラットフォームのオプション .....	34
プロファイルに関する共通トピック .....	35
線形制約 .....	35
誤差因子 .....	37

### 3 プロファイル

応答曲面の断面を因子ごとに調べる .....	41
予測プロファイルの例 .....	42
「予測プロファイル」 プラットフォームの起動 .....	43



「予測プロファイル」のオプション	43
満足度プロファイルと最適化	49
満足度関数の作成	50
満足度関数の使用法	51
満足度プロファイル	52
カスタマイズした満足度関数	53
変数重要度の評価	54
バギング	57
予測プロファイルの別例	59
応答変数が複数ある場合の満足度関数の例	59
モデルに誤差因子が含まれる例	60
1つの応答に対する変数重要度の例	64
複数の応答に対する変数重要度の例	66
バギングを使用して予測能力を高める例	68
バギングを使用して予測の精度を測る例	71
「予測プロファイル」の統計的詳細	74
変数重要度の評価	74
誤差伝播の法則による区間	75

## 4 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	77
等高線プロファイルの概要	78
等高線プロファイルの例	78
「等高線プロファイル」プラットフォームの起動	80
「等高線プロファイル」レポート	80
因子の設定パネル	80
応答の設定パネル	81
「等高線プロファイル」プラットフォームのオプション	81
制約の陰影の設定	82
等高線プロファイルの別例	83
最適な設定を探索する	83

## 5 曲面プロット

3因子に対する応答変数の等高線図を調べる	87
曲面プロットおよび曲面プロファイルの概要	88
「曲面プロット」プラットフォームの例	88
「曲面プロット」プラットフォームの起動	91
「曲面プロット」レポート	92
曲面プロット	93
「表示形式」設定パネル	94
独立変数	95
従属変数	96
「曲面プロット」プラットフォームのオプション	97



ポップアップメニューのオプション	98
「従属変数」のオプション	99
曲面のプロパティ	99
キーボードショートカット	101
「曲面プロット」プラットフォームの別例	101
1つの数学関数の曲面プロットを生成する	101
等値面のプロット	102

## 6 配合プロフィール

三角図で因子の効果を調べる	105
配合プロフィールの概要	106
三角図の概要	106
配合成分が4つ以上の三角図	107
配合プロフィールの例	108
「配合プロフィール」プラットフォームの起動	109
「配合プロフィール」レポート	109
因子の設定パネル	109
応答の設定パネル	110
「配合プロフィール」プラットフォームのオプション	110
配合プロフィールのカスタマイズ	111
線形制約	111
「配合プロフィール」プラットフォームの別例	112
配合成分以外の因子を含む例	112
複数の応答と5つの配合成分がある例	115

## 7 カスタムプロフィール

数値計算により応答曲面を調べる	121
カスタムプロフィールの概要	122
カスタムプロフィールの例	122
「カスタムプロフィール」プラットフォームの起動	124
「カスタムプロフィール」レポート	124
因子の設定パネル	124
応答の設定パネル	125
最適化の設定パネル	125
「カスタムプロフィール」プラットフォームのオプション	126

## 8 シミュレータ

応答に対する変動の効果を調べる	127
シミュレータの概要	128
シミュレータの例	129
因子の指定	131
「シミュレータ」レポートのオプション	133
「応答」レポートのオプション	134



「シミュレーションのデータテーブル」レポートのオプション .....	134
「仕様限界」レポートのオプション .....	134
仕様限界 .....	135
一般的なモデルのシミュレーション .....	137
不適合率プロファイル .....	140
許容差設計について .....	140
グラフのスケール .....	141
不適合率の期待値 .....	141
シミュレーションの手法と詳細 .....	142
メモ .....	142
不適合率パラメトリックプロファイル .....	142
シミュレーション実験 .....	143
シミュレータの別例 .....	143
不適合率プロファイルの例 .....	143
確率的最適化の例 .....	148
シミュレータの統計の詳細 .....	156
正規加重分布 .....	156

## 9 Excel プロファイル

Microsoft Excel で保存したモデルを視覚化する .....	159
Excel プロファイルの概要 .....	160
Excel モデルの例 .....	160
JMP プロファイルの実行 .....	162
線形制約の使用 .....	163
プロファイル線の解像度 .....	163
Excel のモデルを JMP から読み込む .....	164

## A 参考文献

### 索引

プロファイル機能 .....	167
----------------	-----



# 第 1 章

## JMP の概要 マニュアルとその他のリソース

---

この章には以下の情報が記載されています。


- 本書の表記法
- JMP のマニュアル
- JMP ヘルプ
- その他のリソース
  - その他の JMP のドキュメンテーション
  - チュートリアル
  - 索引
  - Web リソース
  - テクニカルサポートのオプション



---

## 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*（斜体）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
  - 変数名は斜体で表記
  - スクリプトの出力は斜体で表記
- 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](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
『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	<p>[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：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 一変量の分布</li><li>• 二変量の関係</li><li>• 表の作成</li><li>• テキストエクスプローラ</li></ul> <p>[分析] &gt; [二変量の関係] で二変量、一元配置分散分析、分割表に対する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方法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実行方法の説明も含まれています。</p>



マニュアル	目的	内容
『グラフ機能』	データに合った理想的なグラフを見つける	<p>[グラフ] メニューからアクセスできる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• グラフビルダー</li><li>• 重ね合わせプロット</li><li>• 三次元散布図</li><li>• 等高線図</li><li>• バブルプロット</li><li>• パラレルプロット</li><li>• セルプロット</li><li>• ツリーマップ</li><li>• 散布図行列</li><li>• 三角図</li><li>• チャート</li></ul> <p>このマニュアルには背景マップやカスタムマップの作成方法も記載されています。</p>
『プロファイル機能』	対話式のプロファイルツールの使い方を学ぶ。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。誤差因子の分析が、ランダム入力を使用したシミュレーションの実行とともに含まれています。
『実験計画 (DOE)』	実験の計画方法と適切な標本サイズの決定方法を学ぶ	[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	<p>[分析] メニューの「モデルのあてはめ」プラットフォームで利用できる、以下の手法の説明：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>標準最小2乗</li><li>ステップワイズ</li><li>一般化回帰</li><li>混合モデル</li><li>MANOVA</li><li>対数線形-分散</li><li>名義ロジスティック</li><li>順序ロジスティック</li><li>一般化線形モデル</li></ul>



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] &gt; [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"><li>モデル化ユーティリティ</li><li>ニューラル</li><li>パーティション</li><li>ブートストラップ森</li><li>ブースティングツリー</li><li>K近傍法</li><li>単純Bayes</li><li>モデルの比較</li><li>計算式デボ</li></ul> <p>[分析] &gt; [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"><li>曲線のあてはめ</li><li>非線形回帰</li><li>Gauss 過程</li><li>時系列分析</li><li>対応のあるペア</li></ul> <p>[分析] &gt; [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"><li>応答のスクリーニング</li><li>工程のスクリーニング</li><li>説明変数のスクリーニング</li><li>アソシエーション分析</li></ul> <p>[分析] &gt; [発展的なモデル] &gt; [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] &gt; [多変量] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 多変量の相関</li> <li>• 主成分分析</li> <li>• 判別分析</li> <li>• PLS</li> </ul> <p>[分析] &gt; [クラスター分析] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 階層型クラスター分析</li> <li>• K Means クラスター分析</li> <li>• 正規混合</li> <li>• 潜在クラス分析</li> <li>• 変数のクラスタリング</li> </ul>
『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] &gt; [品質と工程] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 管理図ビルダーと個々の管理図</li> <li>• 測定システム分析</li> <li>• 計量値/計数値ゲージチャート</li> <li>• 工程能力</li> <li>• パレート図</li> <li>• 特性要因図</li> </ul>



マニュアル	目的	内容
『信頼性/生存時間分析』	製品やシステムにおける信頼性を評価し、向上させる方法、および人や製品の生存時間データを分析する方法について学ぶ	<p>[分析] &gt; [信頼性/生存時間分析] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 寿命の一変量</li> <li>• 寿命の二変量</li> <li>• 累積損傷</li> <li>• 再生モデルによる分析</li> <li>• 劣化分析と破壊劣化</li> <li>• 信頼性予測</li> <li>• 信頼性成長</li> <li>• 信頼性ブロック図</li> <li>• 修理可能システムのシミュレーション</li> <li>• 生存時間分析</li> <li>• 生存時間(パラメトリック)のあてはめ</li> <li>• 比例ハザードのあてはめ</li> </ul>
『消費者調査』	消費者選好を調査し、その洞察を使用してより良い製品やサービスを作成するための方法を学ぶ	<p>[分析] &gt; [消費者調査] メニューで利用できる以下のプラットフォームの説明：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• カテゴリカル</li> <li>• 多重対応分析</li> <li>• 多次元尺度構成</li> <li>• 因子分析</li> <li>• 選択モデル</li> <li>• MaxDiff</li> <li>• アップリフト</li> <li>• 項目分析</li> </ul>
『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 ([「チュートリアル」](#) (21 ページ) を参照)
- サンプルデータ ([「サンプルデータテーブル」](#) (22 ページ) を参照)
- 索引 ([「統計用語と JSL 用語の習得」](#) (22 ページ) を参照)
- 使い方ヒント ([「JMP を使用するためのヒント」](#) (22 ページ) を参照)
- Web リソース ([「JMP User Community」](#) (23 ページ) を参照)
- 専門誌『JMPer Cable』([「JMPer Cable」](#) (23 ページ) を参照)
- JMP に関する書籍 ([「JMP 関連書籍」](#) (23 ページ) を参照)
- JMP スターター ([「JMP スターター」 ウィンドウ](#) (24 ページ) を参照)
- 教育用リソース ([「サンプルデータテーブル」](#) (22 ページ) を参照)

## 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\13\Samples\Data

Macintoshの場合: \Library\Application Support\JMP\13\Samples\Data

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

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

## 統計用語とJSL用語の習得

【ヘルプ】メニューには、次の索引が用意されています。

**統計の索引** 統計用語が説明されています。

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

## JMPを使用するためのヒント

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

「使い方ヒント」ウィンドウを表示しないようにするには、【起動時にヒントを表示する】のチェックを外します。再表示するには、【ヘルプ】>【使い方ヒント】を選択します。または、「環境設定」ウィンドウで非表示に設定することもできます。詳細については、『JMPの使用法』を参照してください。



## 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。

## JMPer Cable

JMPer Cable は、JMP ユーザを対象とした年刊の専門誌です。JMPer Cable は次の JMP Web サイトで閲覧可能です。

<http://www.jmp.com/about/newsletters/jmpercable/>（英語）

## 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。

[https://www.jmp.com/ja\\_jp/academic/books-for-jmp-users.html](https://www.jmp.com/ja_jp/academic/books-for-jmp-users.html)



## 「JMP スターター」 ウィンドウ

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

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

---

## テクニカルサポート

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

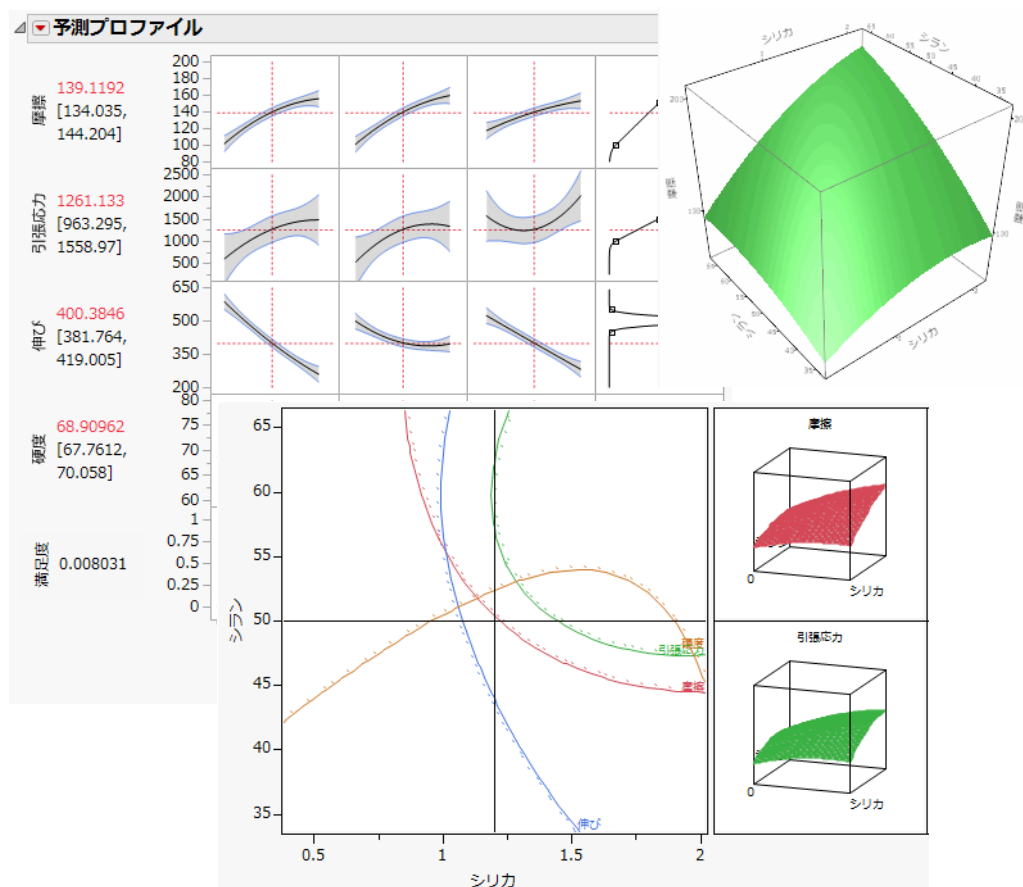
<http://www.jmp.com/japan/support> には、テクニカルサポートへの連絡方法などが記載されています。



## プロファイルについて

### 応答曲面の視覚化と最適化

### 図2.1 プロファイルの例





## プロファイルの概要

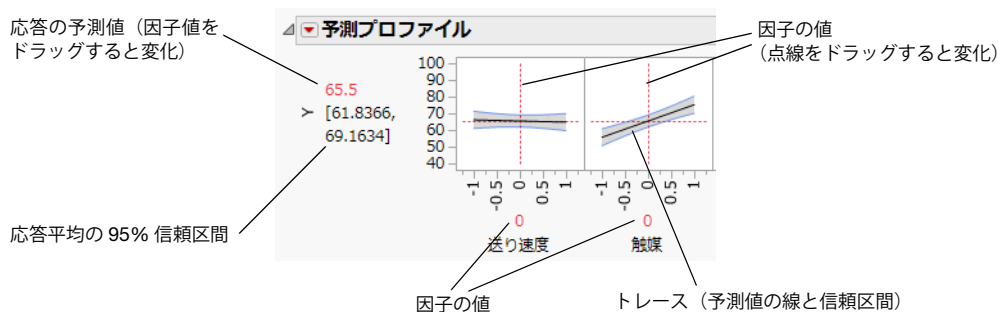
**メモ:**「破壊劣化」プラットフォームのプロファイルの詳細については、『信頼性/生存時間分析』の「破壊劣化」章を参照してください。

「プロファイル」は、各  $X$  変数の断面図を描画します (図 2.2)。この「断面図」は、他の  $X$  変数の値は固定したまま 1 つの  $X$  変数だけを変化させた時の、応答変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。JMP のプロファイルでは、 $X$  変数の値を変更すると、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  $X$  変数に対して表示される縦の点線は、**現在の値**または**現在の設定**を示します。名義尺度の変数の場合、 $X$  軸はカテゴリを示します。
- 各  $X$  変数の現在の値が、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、 $X$  変数の現在値に対する各  $Y$  変数の**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  $X$  変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、連続変数の場合は青い実線の曲線、カテゴリカル変数の場合は誤差バーの高さとして、予測トレースの周りに表示されます。連続変数の場合は、信頼区間の領域に陰影が表示されます。

「プロファイル」は、一度に 1 つずつ  $X$  変数の値を変化させることで、応答変数の予測値にどのような影響を  $X$  変数が及ぼしているかを描画したグラフです。

図 2.2 トレースの図解



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 つの応答列について、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  $X$  と目的変数  $Y$  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、計算速度を向上させるため、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

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
プロファイル (予測プロファイル)	各因子で縦にスライスした断面を示す。他の因子は現在値で固定されている	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因子ずつの等高線を表示した横の断面	シミュレータ
曲面プロファイル	2因子ずつの応答の3次元プロット、または3因子ずつの等高線図	曲面のグラフ化
配合プロファイル	配合因子の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、グラフでないプロファイル	一般的な最適化、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。

- 因子、入力変数、X 列、独立変数、設定、項
- 応答、応答変数、出力変数、Y 列、従属変数、結果

前述の表中に太字で記載した「プロファイル」は、5種類あるプロファイルのうちの特定の1つを指します。特に、他の4つのプロファイルと区別する必要がある場合は、この「プロファイル」を「予測プロファイル」と呼びます。



## 「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利用して保存しておく必要があります。

図2.3に、一般的な「プロファイル」起動ウィンドウの例を示します。

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** 計算式を含む応答列。

**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](#)」(37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ある「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、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、ある程度まで評価できます。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。

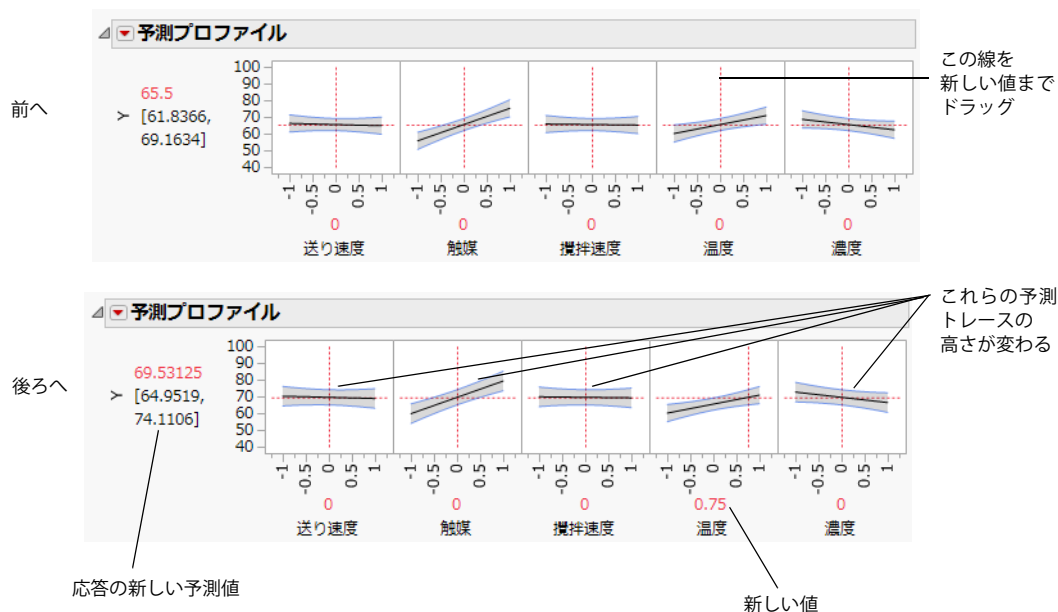
---

**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。

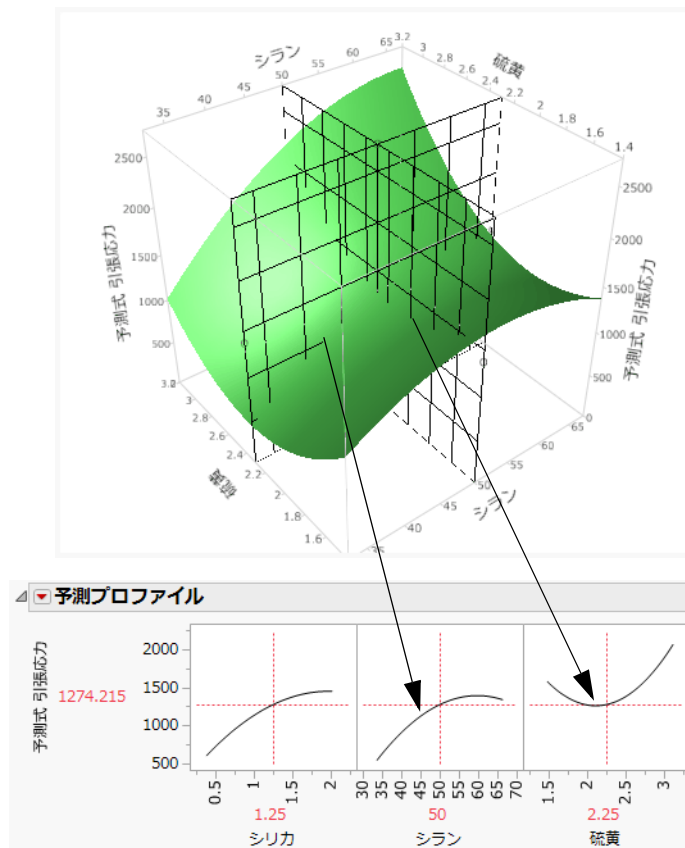
グラフの中をクリックするか、現在値の線を左右へドラッグすると、因子の値が変わります。応答変数の値が変化する様子は、グラフ内の水平線を見ているとわかります。軸をダブルクリックすると、軸の設定を変更するためのウィンドウが開きます。

## 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。



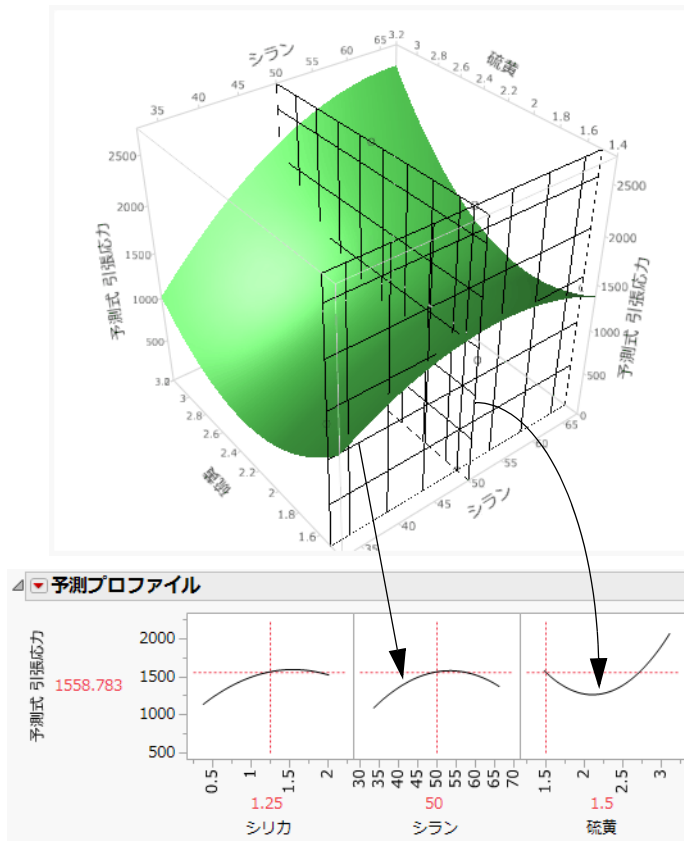
図2.5 断面としてのプロフィール



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ィール



プロフィールを見ると、「硫黄」の新しい値は同じ曲線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、「シリカ」のプロフィールは、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）に近くなっています。



## 因子の値の設定とロック

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

因子	シラン
現在の値:	50
最小値の設定:	33.67
最大値の設定:	66.33
プロット点の数	41
表示	<input checked="" type="checkbox"/>
因子設定のロック:	<input type="checkbox"/>
<div>OK キャンセル</div>	

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表示されます。

**最小値の設定** 因子の軸に表示される最小値。

**最大値の設定** 因子の軸に表示される最大値。

**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** 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://www.jmp.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定されています。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** JSL 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** 分析を繰り返すオプションや、やり直すオプションを含みます。[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でこのオプションを使用すると、データテーブルに加えた変更が、該当するレポートウィンドウに即座に反映されます。

**スクリプトの保存** レポートを再現するスクリプトを複数の場所に保存するオプションを含みます。

---

## プロファイルに関する共通トピック

ここでは、複数のプロファイルプラットフォームに共通する情報や機能について説明します。

### 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、 $p1 + 2 \cdot p2 \geq 0.9$  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、配合計画に対する制約式（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」のテーブルプロパティ／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。**【線形制約の保存】** コマンドを使うと、「制約」という名前のテーブルスクリプトが作成されます。このテーブルプロパティの例を図2.9に示します。

図2.9 「制約」テーブルスクリプト

計画	端点計画	軟化剤1
1		0.474
2		0.726
3		0.849

「制約」テーブルプロパティは、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」テーブルプロパティ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

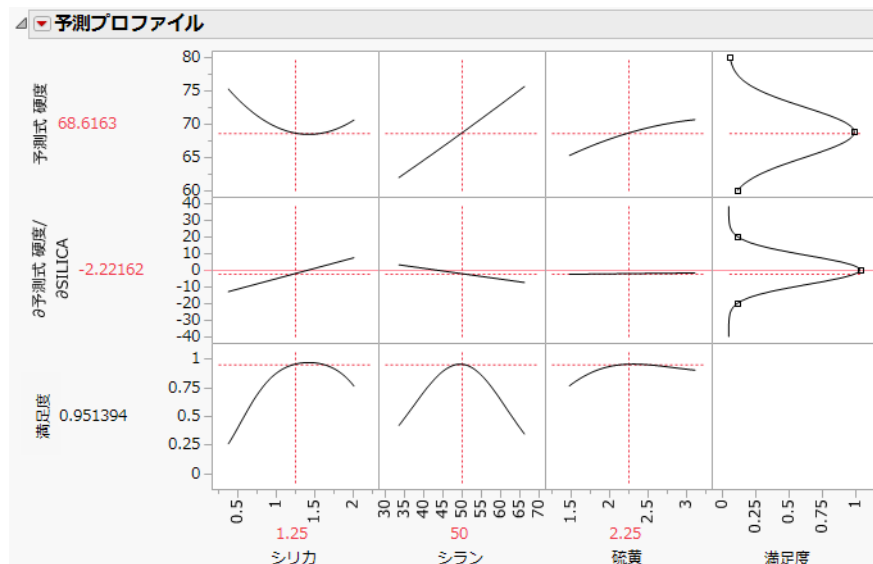
**メモ：**誤差因子の最適化は、予測プロファイル、等高線プロファイル、カスタムプロファイル、配合プロファイルでも使用できます。

工程に対するロバストエンジニアリングは、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の製品を製造するための技術です。因子のなかには、実験では特定の設定値に制御できるのに、実際の現場では制御できないばらつきをもつものもあります。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。応答に伝達されたばらつきを、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、まったく制御できない性質のもので、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が、多くの場合、標準偏差は制御できません。異なる工程や製造段階から生じる中間生産物的な因子では、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



工程に対するロバストエンジニアリングは、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の製品を製造するための技術です。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ものもあります。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。応答に伝達されたばらつきを、**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、まったく制御できない性質のものです。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が、多くの場合、標準偏差は制御できません。異なる工程や製造段階から生じる中間生産物的な因子では、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。

誤差因子のあるモデルは、次の手順で分析します。

1. 適切なモデルを（[モデルのあてはめ]などで）あてはめます。
2. [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。
3. [プロファイル] を起動します（[グラフ] メニュー）。
4. 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。
5. [実行] 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。



6. [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。







# 第3章

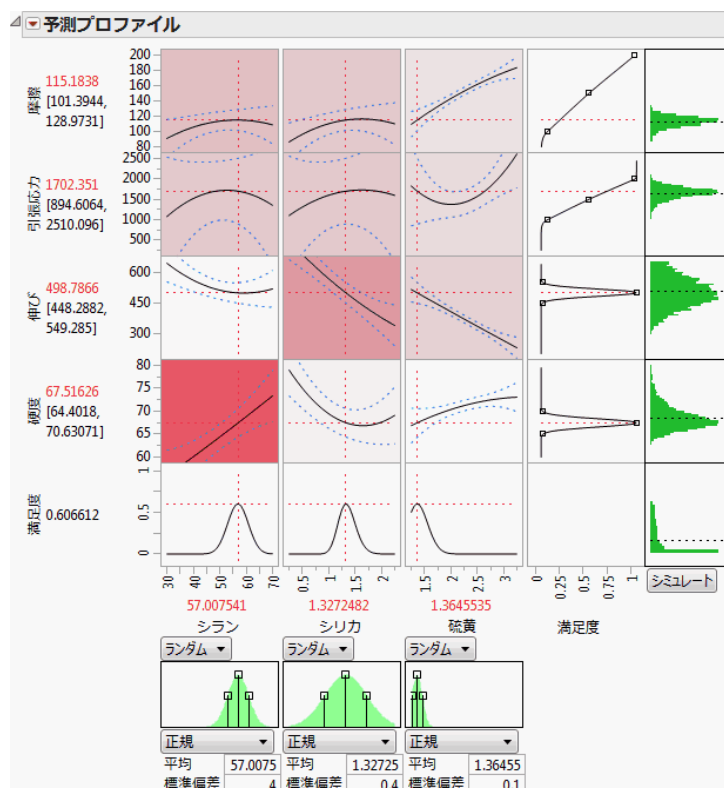
## プロファイル

### 応答曲面の断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」を、略して、単に「プロファイル」と言います）。予測プロファイルでは、次のことを行えます。

- 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プロファイル（シミュレータと重要度の色付けを適用）



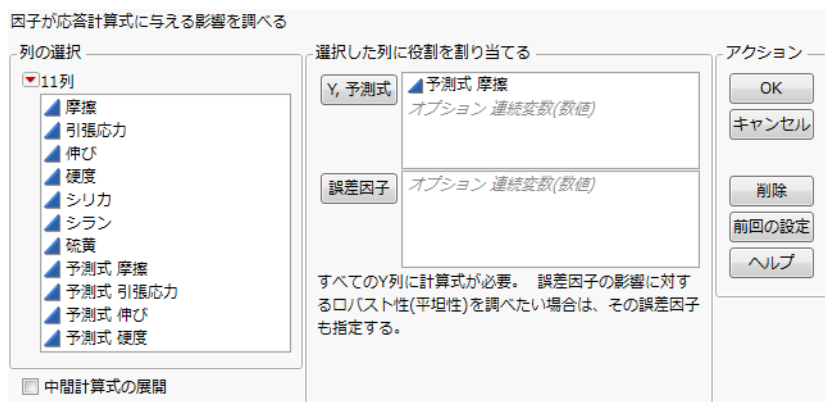


## 予測プロファイルの例

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。

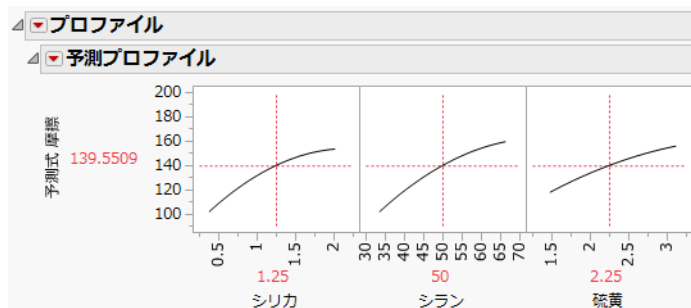
1. [ヘルプ] > [サンプルデータライブラリ] を選択し、「Tiretread.jmp」を開きます。
2. [グラフ] > [プロファイル] を選択します。
3. 「予測式 摩擦」を選択し、[Y, 予測式] をクリックします。

図3.2 入力後の「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 「プロファイル」レポートウィンドウ



プロファイルは、インタラクティブに操作できます。赤い垂線は、因子の現在の値を表しています。各因子の現在の値は、水平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、因子の現在の値に基づく応答の予測値です。赤い垂線をクリックしてドラッグすると、因子の現在の値が変わります。また、因子の赤字の値をクリックすると、特定の値に設定できます。このプロファイルを見ると、す




すべての因子を最高水準に設定すると、「摩擦」が最大化されることがわかります。応答の最適化の詳細については、「[満足度プロファイルと最適化](#)」(49ページ)を参照してください。

---

## 「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」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](#)」(29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の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](#)」(28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、「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] を選択してください。
-  「計算式デポ」プラットフォームから、「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] を選択してください。

---

## 「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](#)」(49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その他の因子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](#)」(83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3.4 「最大化オプション」ウィンドウ

トリップの数	20
最大反復数	250
収束許容度	0.000001
最大循環数	50
<input type="checkbox"/> 反復をログデータテーブルに保存	
OK キャンセル ヘルプ	

**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3.5 「応答目標」ウィンドウ

最大化		
予測式	摩擦値	満足度
高:	200	0.9819
中:	145	0.5
低:	90	0.066
重要度:	1	
OK キャンセル ヘルプ		

**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。ただし、応答変数が、連続尺度または2値のときしか使用できません。詳細については、「[変数重要度の評価](#)」(54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る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](#)」(57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乱数を生成して、応答が仕様限界外になる割合を調べるために使用します。詳細については、「[シミュレータ](#)」章(127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、「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次交互作用がどのように変化するかを見れば、3次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。

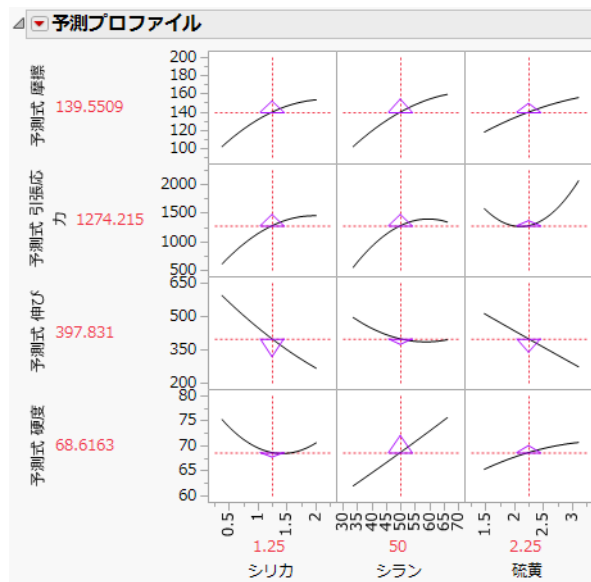
**信頼区間** プロファイルのプロットで信頼区間の表示／非表示を切り替えます。区間は、カテゴリカル因子の場合は棒、連続因子の場合は曲線で示されます。このオプションは、特定のあてはめプラットフォームからプロファイルを実行した場合か、または「プロファイル」起動ウィンドウで標準誤差の列を指定した場合のみ、使用できます。

**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の列プロパティが [Sigma] に設定されている場合のみ、表示されます。) 因子のばらつきから推定される応答の $3\sigma$ 区間を表示します。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。「[誤差伝播の法則による区間](#)」(75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、現在値におけるプロファイル関数の偏微分値を表します (図3.6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3.6 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、制約を超えた値を因子に対して設定できないようになっています。配合計画においては、プロファイルの曲線が突然方向を変えることがあるのはそのためです。

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** 設定値は、制約条件の境界に沿って続きます。

**限界で停止** 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、現在の設定の値を入力したり、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、「因子の値の設定とロック」(34ページ)を参照してください。



図3.7 「因子設定」ウィンドウ

現在の設定:シリカ

現在の値: 1.25

最小値の設定: 0.3835

最大値の設定: 2.0165

プロット点の数: 41

表示 ☒

因子設定のロック: ☐

OK キャンセル

**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** 現在の設定値を記録します。現在の値が記録された表が、レポートに追加されます。記録した設定の横には、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の X 変数に割り当てます。

**設定スクリプトのコピー** 現在のプロファイルの設定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プロファイルの設定を、別のレポートのプロファイルに貼り付けます。

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

**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。これはすべてのプロファイルを対象としたグローバルなオプションなので、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** 因子が変化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 因子ごとに値にアクセスするには、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** 各連続変数のデフォルトの水準数を設定できます。このオプションは、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が、新しいデータテーブルとして作成されます。

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ィンドウを開き、[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、一様分布の乱数をもつ因子と、それに対する予測値が含まれています。「シミュレータ」を開いてすべての因子に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うか、データフィルタで）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。制約は、「予測プロファイル」の処理に組み込まれます。「[線形制約](#)」（35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「制約」という名前のテーブルスクリプトに保存できます。「[線形制約](#)」（35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。変量効果の予測値が、予測値とプロファイルの計算にも使用されます。

**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** 横に並べて表示するプロットの数を入力します。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Y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。

## 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。

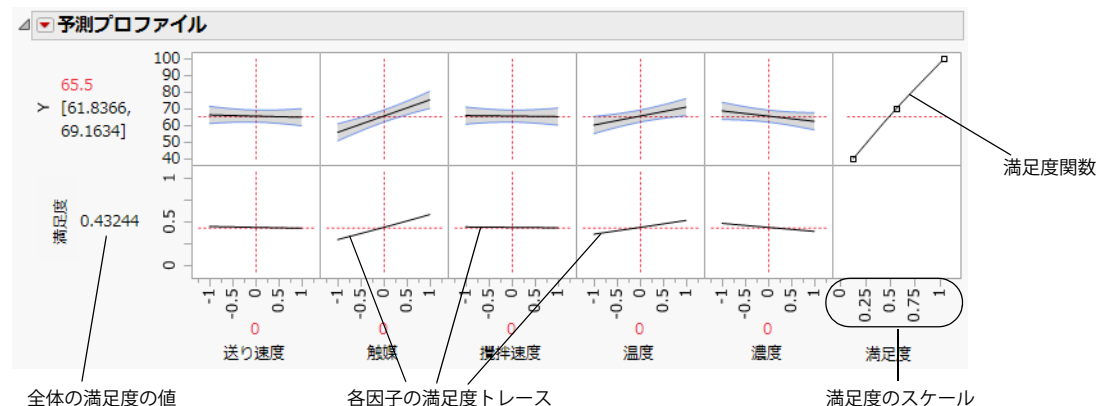
そのような場合には、各応答変数に対して満足度関数を指定します。すべての応答を考慮した全体の満足度（望ましさ）は、各応答変数の満足度の幾何平均として定義できます。応答の組み合わせの詳細については、Derringer and Suich（1980）を参照してください。

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が表示されます。図3.8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成ります。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の左側に0～1の範囲で表示されます。

図3.8 満足度関数プロファイル





## 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、インタラクティブに操作して満足度関数の形状を制御することができます。

- 最小化と最大化の関数は3つの区分から成り、裾の部分は指数関数、制御点の間は3次関数で補間されます。
- 目標に合わせる場合の関数は、中間値の両側が別々の正規分布密度関数で構成されています。この関数も、3つの制御点を通る滑らかな区分関数になっています。裾の部分には指数関数があてはめられます。
- 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、満足度のカスタム関数を作成することもできます。「[カスタマイズした満足度関数](#)」(53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るためです。

---

### 複数の応答を最適化する満足度関数

複数の応答を最適化するには、全体の満足度関数が定義されて、それが最大化されます。複数の応答に対する全体の満足度関数は、各応答の満足度関数の幾何平均として定義されています。

$k$  個の応答に対する個々の満足度関数を、 $d_1$ 、 $d_2$ 、...、 $d_k$  と表すとしてします。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、 $w_1$ 、 $w_2$ 、...、 $w_k$  で表すとしてしましょう。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

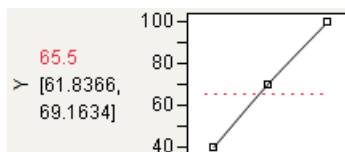
満足度関数の形状を変更するには、関数ハンドルをドラッグし、応答変数の特定の値のところまで動かします。

ハンドルをドラッグして満足度関数を変更すると、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表示されます。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3.9は、満足度の設定手順を示しています。

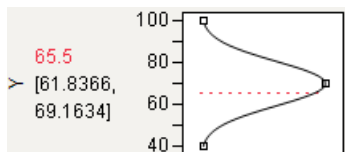
**最大化** 満足度関数のデフォルトは最大化（望大特性。「大きければ大きいほど良い」）です。「高」の制御点は、**Y**が最大で、満足度が最高（ほとんど1）の位置に置かれます。一方、「低」の制御点は、**Y**が最小で、満足度が最低（ほとんど0）の位置に置かれます。

図3.9 満足度の最大化



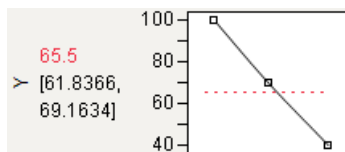
**目標値に合わせる** 「最適値」となる目標値を指定します（望目特性）。次図の例では、「中」の制御点が、**Y**が70で、満足度が最高（1）の位置に置かれています。また、「低」と「高」の制御点は、それぞれ**Y**が40と100程度で、満足度が0の位置に置かれています。このような設定は、**Y**が40や100に近づくほど、望ましくない状態になることを示しています。

図3.10 満足度の目標値の設定



**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、応答変数の高い値が低い満足度に、低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3.11 満足度の最小化





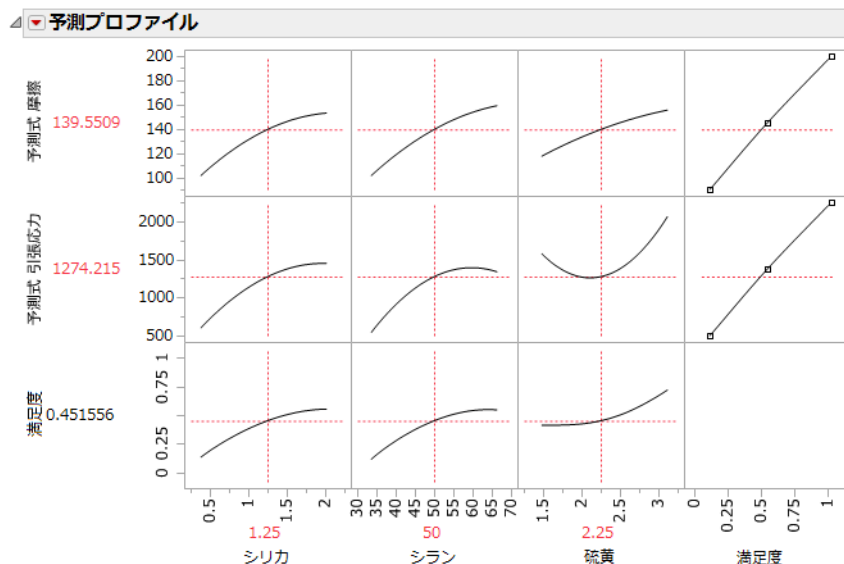
メモ: 最大化または最小化の満足度関数の高低いずれかの制御点を中間点のY値の向こう側にドラッグすると、点が逆の方向に並び、最小化は最大化に、最大化は最小化に変わります。

## 満足度プロファイル

プロットの最後の行に、全体の満足度のトレースが表示されます。垂直軸の「満足度」の隣に表示される数値は、各応答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表しています。

たとえば、図3.12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3.12 満足度と因子の値を調整した予測プロファイルプロット





## カスタマイズした満足度関数

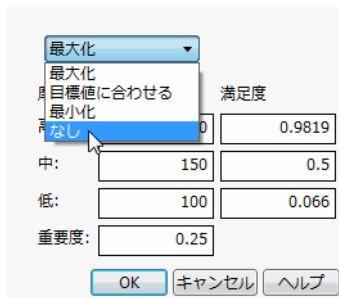
満足度関数は、カスタマイズすることができます。たとえば、次の関数を最大化するとしましょう。

図3.13 関数に基づく満足度の最大化

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

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] > [プロフィール] 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。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3.14)。「カスタム満足度」の満足度だけを [最大化] に設定します。

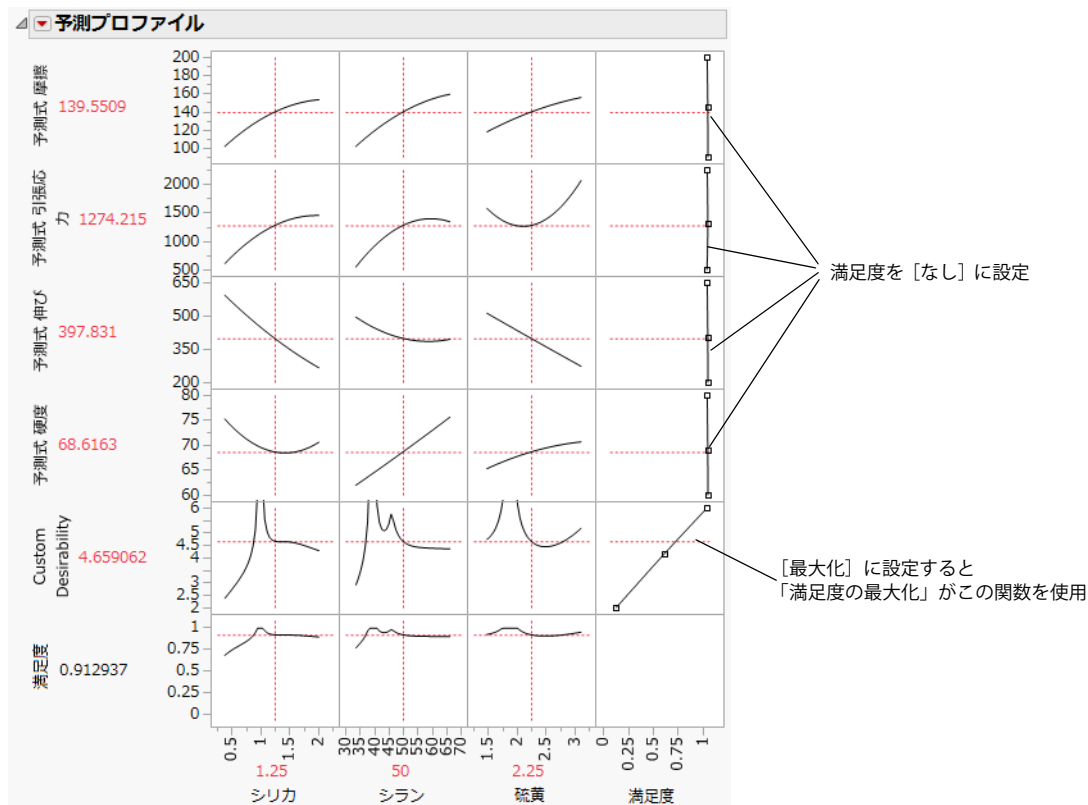
図3.14 応答目標を [なし] に設定



この時点で [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3.15 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、応答が連続尺度または2値の場合、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、応答が連続尺度や2値であれば、このコマンドは使えます。因子重要度の計算において、あてはめたモデルは、応答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、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：**「変数重要度の評価」は、水準が3つ以上のカテゴリカルな応答では使用できません。

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

統計量の詳細については、「[変数重要度の評価](#)」(74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、すべての列を同じデータテーブルから抽出する必要があります。

---

## 「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。線形制約は「プロファイル」で定義するか、または実験計画との関連で作成します。また、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:** 独立な入力または線形制約のある入力を使用する場合は、モンテカルロ法で求めた標本を使って重要度が計算されます。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、「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び替えられます。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び替えられます。また、複数の「変数重要度」が計算された場合、一番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](#)」(56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](#)」(75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](#)」(75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。一番右端の列のさらに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。

**関数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3.35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、応答の断面を示すプロフ  
ァイルのプロットとは異なります。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、シミュレートした値の推定平均値を滑らかに結んだ曲線です。

---

**メモ:** 推定平均値はシミュレートした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** シミュレートした平均値の95%信頼区間です。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:** 信頼区間はシミュレートした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の実測値（シミュレーションではない値）がプロットされます。

#### 「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** 「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** 「プロファイル」のセルを因子の重要度（「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、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シード値を入力します。デフォルトでは、シード値は設定されていません。

**小数の重み** Bayes法に基づいて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、各オブザベーションにゼロでない重みが割り当てられます。予測モデルには、この重み付きのオブザベーションが使用されます。デフォルトではこのオプションは選択されておらず、単純なバギング分析が行われます。

---

**ヒント：** [小数の重み] オプションは、分析に使用したオブザベーションの数が小さい場合や、ロジスティック回帰における分離を懸念する場合に、使用してください。

---

[小数の重み] を選択したとしましょう。ブートストラップを実行するたびに、使用される各オブザベーションにゼロでない重みが割り当てられます。これらの重みの合計は、モデルで使用されているオブザベーションの数  $n$  になります。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](#)」(331 ページ) を参照してください。

**予測式の保存** バギング予測の計算式を列プロパティに保存します。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。

---

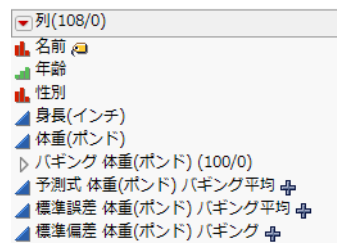
**メモ：** [予測式の保存] を使用できない場合は、予測値だけが保存されるというメッセージが表示されます。

---

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。 $M$  個のバギング予測のセットは、非表示の列として保存されます。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、そのオブザベーション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3.16 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。

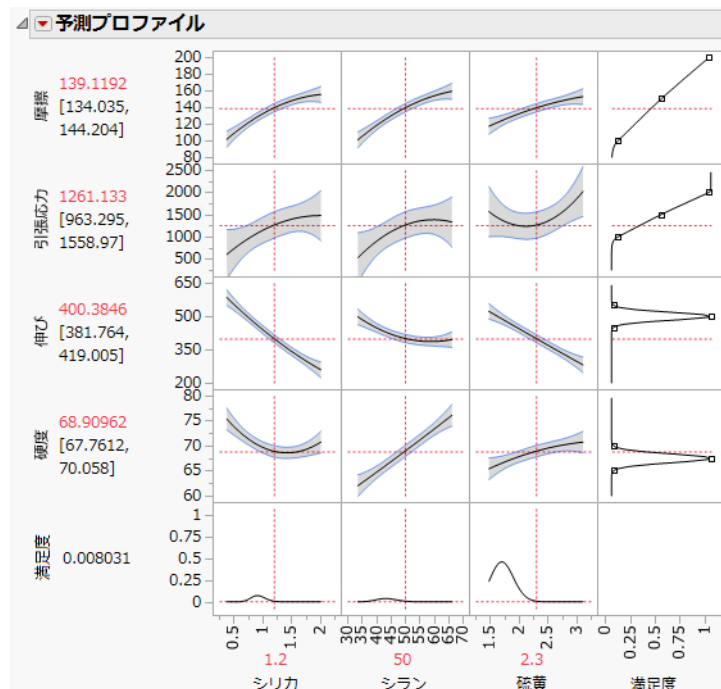
### 応答変数が複数ある場合の満足度関数の例

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、中心複合計画で使用された「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」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続いて、予測プロファイルが表示されます（図 3.17）。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高い。

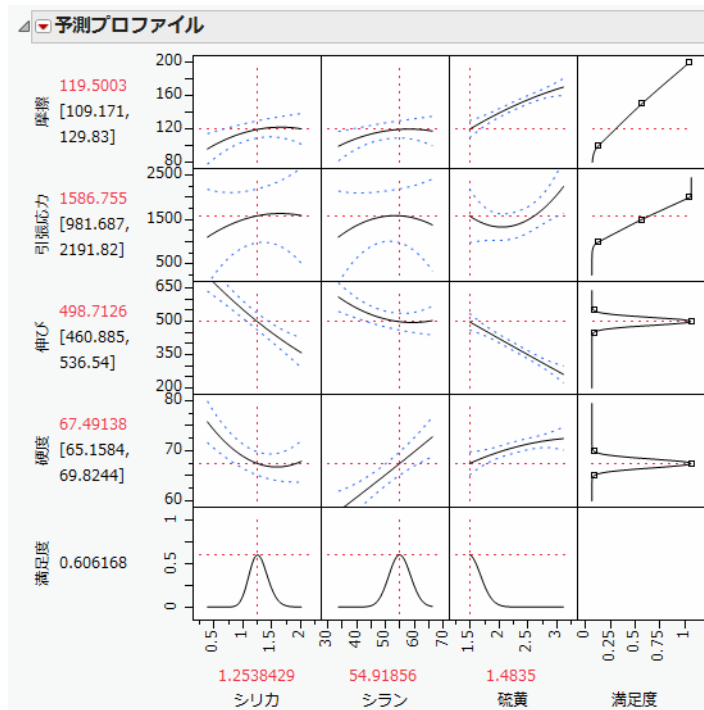
図 3.17 複数応答変数のプロファイル（最適化する前）





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3.18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3.18 最適化後のプロファイル



## 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に合わせることを目的に行った実験の結果です。シランと硫黄の量は簡単（かつ精確）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。

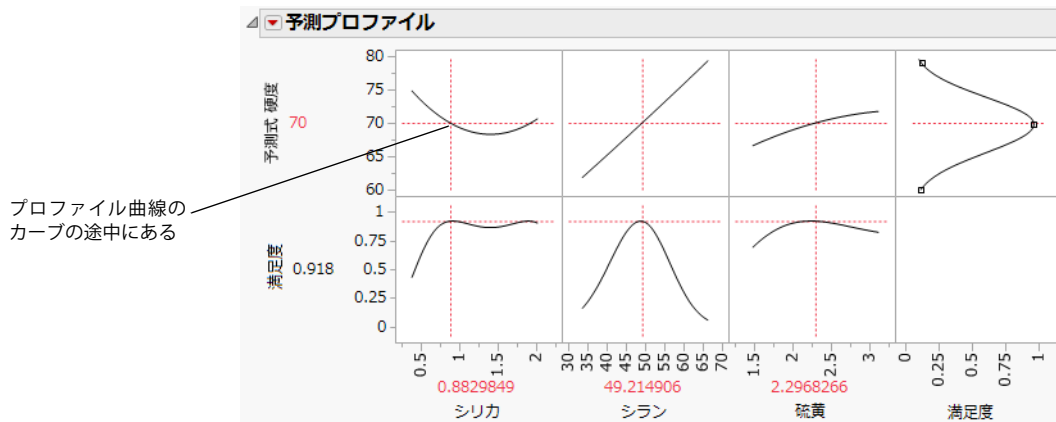


- 満足度関数のプロットをダブルクリックすると、「応答目標」ウィンドウが開きます。リストから「目標値に合わせる」を選択します。
- 「最適化と満足度」>「満足度の最大化」を選択して「硬度」を目標値に一致させるような因子設定を見つけます。

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3.19 「硬度」の満足度の最大化



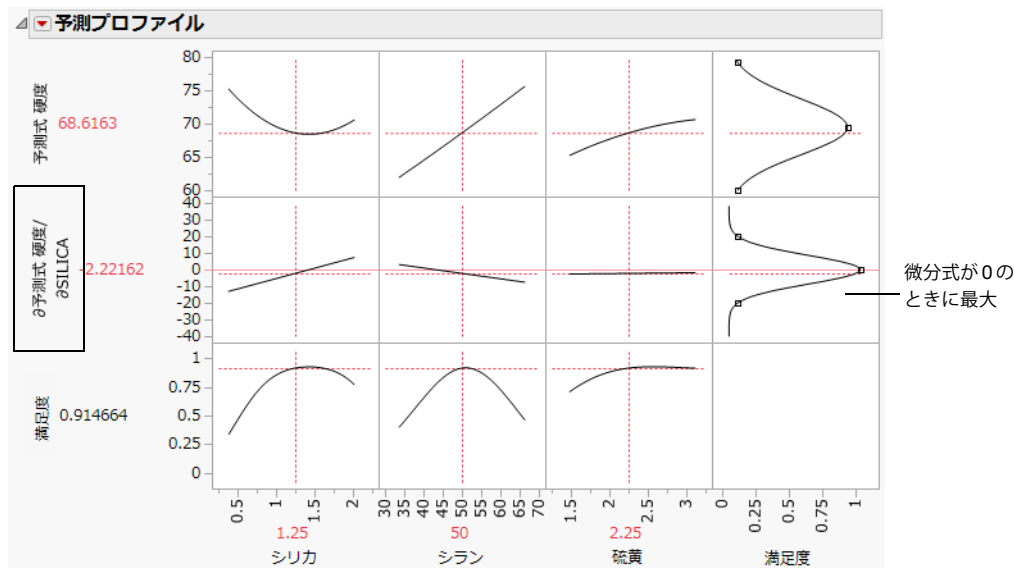
そこで今度は、「硬度」を目標値に合わせるだけでなく、因子の値が「シリカ」の曲線の平坦な部分にくるようにします。次の手順により、「シリカ」を誤差因子として追加します。

- 「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なく、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。



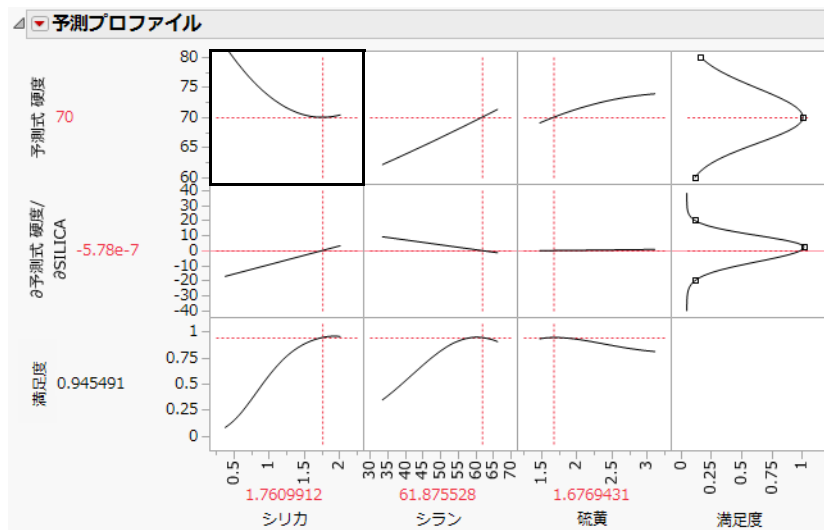
図3.20 シリカについての予測式の微分



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3.21 満足度の最大化

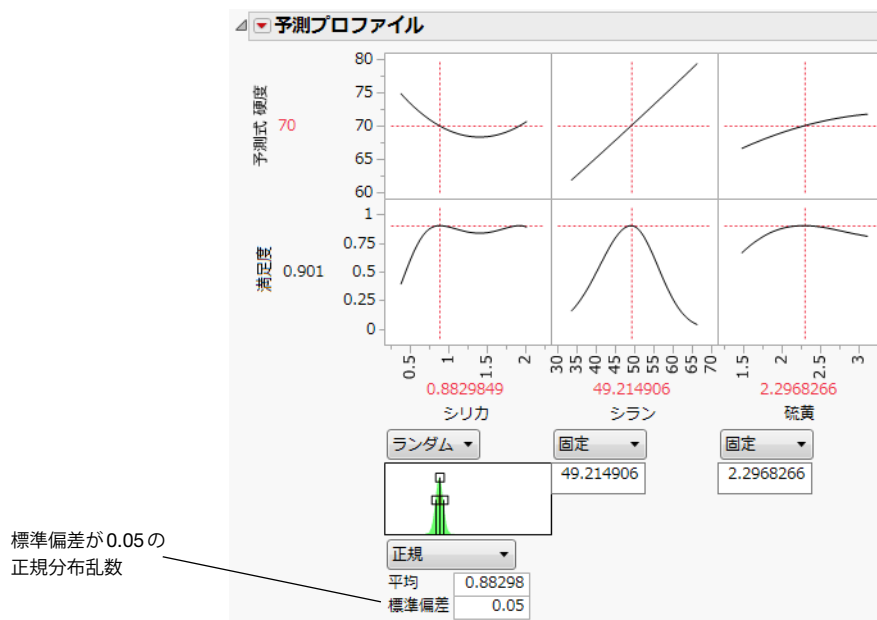




これらの設定の違いによって、出力の分散がどれくらい異なるかは簡単に調べることができます。それには、各プロファイル（誤差因子のあるものと、ないもの）で次の手順を行います。

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。

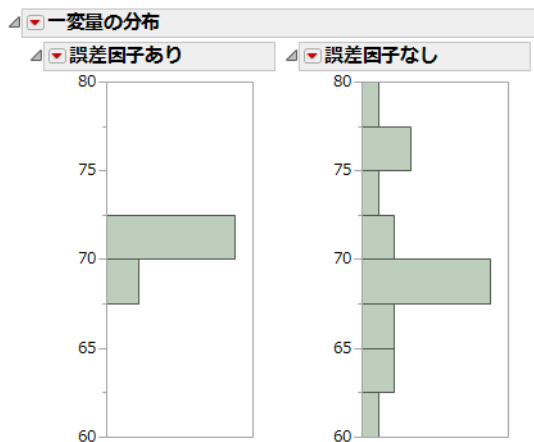
図3.22 ランダム正規分布の設定



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. シミュレーションテーブルの片方から「予測式 硬度」列をコピーし、他方の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。



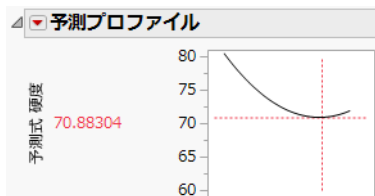
図3.23 誤差因子を考慮しなかった場合と考慮した場合の比較



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3.24）。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3.24 「シリカ」に対する「硬度」の最小値を示したプロファイル



## 1つの応答に対する変数重要度の例

「Boston Housing.jmp」サンプルデータテーブルには、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、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。この例では、乱数を用いている処理が2箇所あります。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. [実行] をクリックします。
8. 「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。

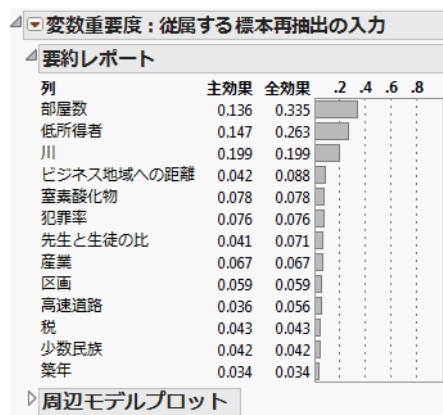
レポートの末尾に「予測プロファイル」が表示されます。後で比較できるよう、因子の並び順を覚えておいてください。

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。

9. 「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3.25)。「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3.25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3.25 「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ください。



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」>「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3.26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「低所得者」と「部屋数」の2因子を確認できます。ただし、両者の重要度の値の順序は、先ほどの「従属する標本再抽出の入力」の場合とは逆になっています。

図3.26 「独立な標本再抽出の入力」レポート



## 複数の応答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3.27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。「プロファイル」の因子（図3.28）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3.27 4 応答の「要約レポート」

▼ 変数重要度: 独立な一様分布の入力

▲ 要約レポート

▲ 全体

列	主効果	全効果	.2	.4	.6	.8
シラン	0.294	0.342				
シリカ	0.283	0.328				
硫黄	0.159	0.197				

▲ 摩擦

列	主効果	全効果	.2	.4	.6	.8
シラン	0.382	0.467				
シリカ	0.331	0.407				
硫黄	0.145	0.257				

▲ 引張応力

列	主効果	全効果	.2	.4	.6	.8
シリカ	0.352	0.406				
シラン	0.328	0.389				
硫黄	0.222	0.3				

▲ 伸び

列	主効果	全効果	.2	.4	.6	.8
シリカ	0.595	0.601				
硫黄	0.326	0.328				
シラン	0.071	0.074				

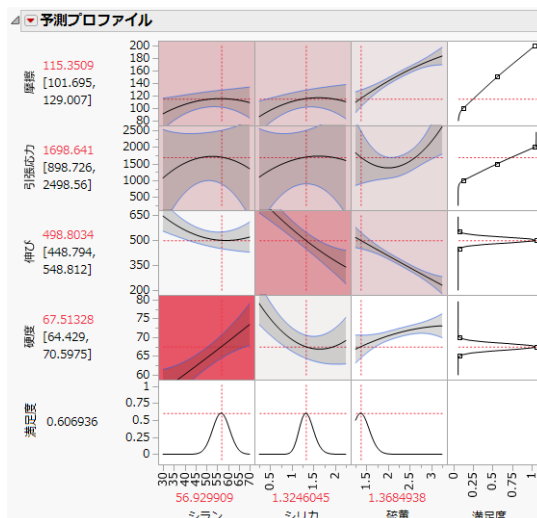
▲ 硬度

列	主効果	全効果	.2	.4	.6	.8
シラン	0.689	0.78				
シリカ	0.137	0.224				
硫黄	0.102	0.102				

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「シラン」であると簡単に見分けることができます。

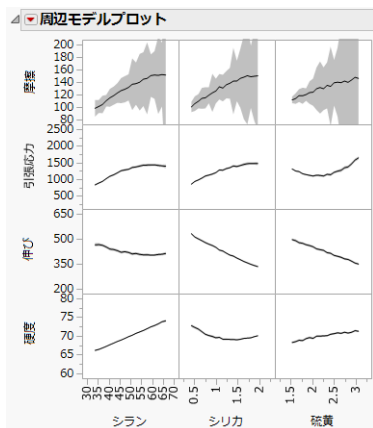
図3.28 4 応答のプロファイル





「周辺モデルプロット」(図3.29)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3.29 4応答の「周辺モデルプロット」



## バギングを使用して予測能力を高める例

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(「摩耗」、「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. 「摩耗」、「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。上の例と同じシード値を入力すると、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、[プロファイル] から実行できます。

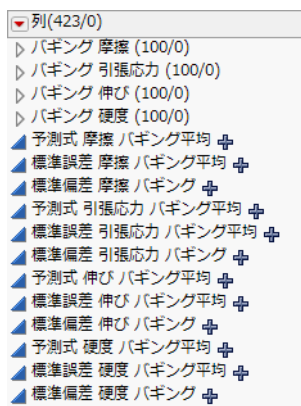
1. 「モデル NTanH(3)」の赤い三角ボタンをクリックし、[プロファイル] を選択します。  
レポートの末尾に「予測プロファイル」が表示されます。
2. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンをクリックし、メニューから[バギング予測の保存]を選択します。
3. 「ブートストラップ標本数」の横に「100」と入力します。
4. (オプション)「乱数シード値」に「2121」と入力します。

**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。この例と同じ結果を再現するには、「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。各応答変数について、「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3.30 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

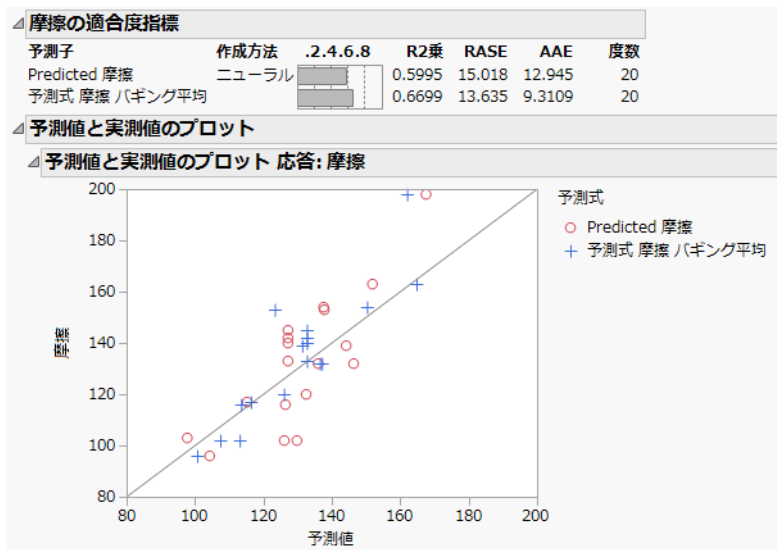
バギングによって予測能力が向上したかどうかを確認するために、バギングのモデルと元のモデルの予測値を比較してみましょう。「モデルの比較」プラットフォームを使用して、応答変数ごとに比較します。

1. [分析] > [予測モデル] > [モデルの比較] を選択します。



2. 「Predicted 摩擦」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3.31 「摩擦」の予測値の比較

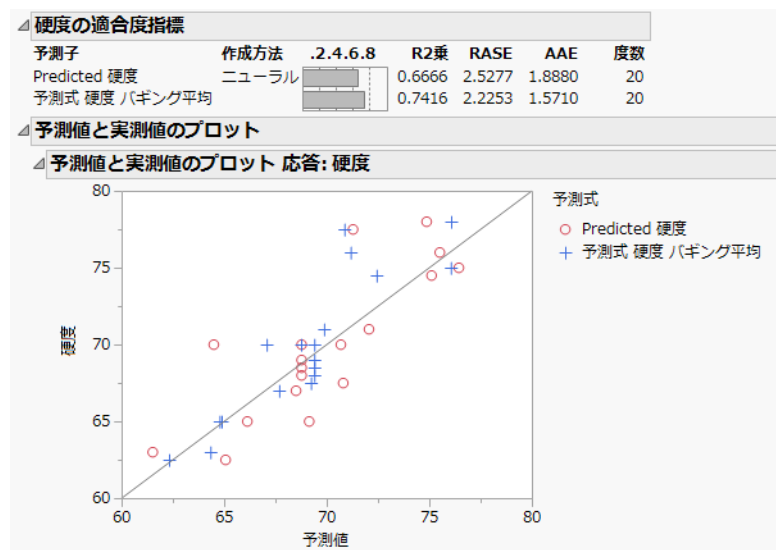


「適合度指標」と「予測値と実測値のプロット」を、図3.31に示します。バギングによる予測値は青で、元のニューラルネットワークモデルによる予測値は赤で示されています。全体的に見て、元のモデルよりもバギングの予測値のほうが、線の近くに位置しています。バギングの予測値のほうが線に近いので、その「R2乗」の値は0.6699と、元のモデルの値よりも大きくなっています。つまり、バギングによって「摩擦」の予測値が向上したと結論付けることができます。

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、手順2から手順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3.32は、「硬度の適合度指標」レポートの例です。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、あてはめと予測値が向上していることが示唆されています。



図3.32 「硬度」の予測値の比較



## バギングを使用して予測の精度を測る例

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利用できるプラットフォームでは、新しいオブザベーション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、新しいオブザベーションに対して予測を作成し、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

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] > [モデルのあてはめ] を選択します。
3. 「摩擦」を選択し、[Y] をクリックします。
4. 「手法」のリストから [一般化回帰] を選択します。
5. 「シリカ」、「シラン」、「硫黄」を選択し、[追加] をクリックします。
6. [実行] をクリックします。
7. [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、「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能力を高める例」(68 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。

## 新しいオブザベーションに対する予測

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、「摩擦」の応答を予測し、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3.33 新しい行の値

7/5列	摩擦	引張応力	伸び	硬度	シリカ	シラン	硫黄
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

6. [テーブル] > [転置] を選びます。
7. 「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。
8. [OK] をクリックします。
9. [分析] > [一変量の分布] を選択します。
10. 「行 21」を選択して、[Y, 列] をクリックします。

メモ：「行 21」は、新しいオブザベーションの予測値に対応しています。

11. [OK] をクリックします。
12. 「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3.34 「一変量の分布」レポート

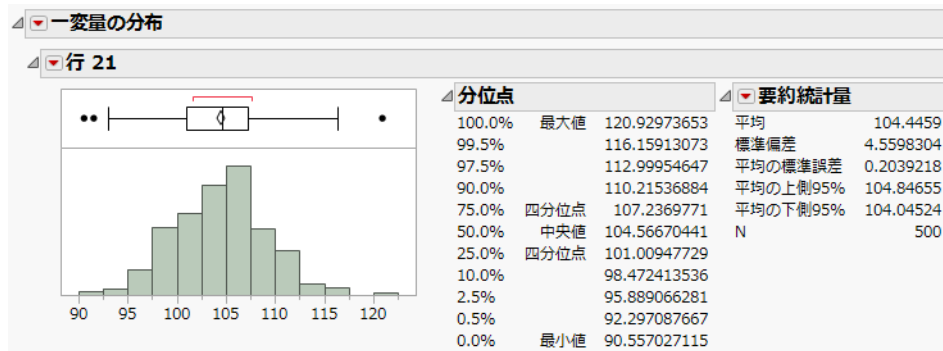


図3.34の「一変量の分布」レポートには、各バギングモデルからの摩擦の予測値の分布情報が表示されています。新しいオブザベーションに対する「摩擦」の最終的な予測値は104.45です。これは、 $M$ 個のバギング予測の平均値です。この予測値の標準誤差は、4.56です。分位点から、新しい予測値の信頼区間を求めることもできます。この例では、新しい予測値の95%信頼区間は、95.89～113.00です。

## 「予測プロファイル」の統計的詳細

ここでは、「予測プロファイル」プラットフォームで利用できるオプションの統計的詳細について説明します。

### 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](#)」(75ページ)を参照)。



## 全効果

「全効果」は、 $x_j$ にかかわ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、1変数だけからなる項、複数の変数を組み合わせた項に分解されます。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）およびSobol（1993）を参照してください）。

$x_j$ 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、全体としてどれぐ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、入力変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](#)」（75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

入力変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。

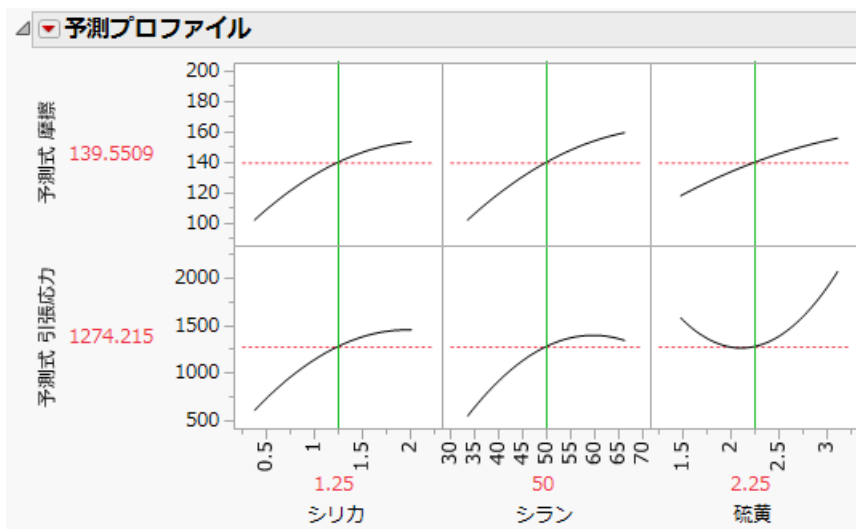
## 誤差伝播の法則による区間

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に「Sigma」の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、[予測プロフィール] 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3.35 予測プロフィー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、 $\sigma_y$ は応答列に対してユーザが指定したシグマ、 $\sigma_x$ は因子列に対してユーザが指定したシグマです。

現在、これらの偏微分は、次のような数値微分によって計算されています。

$\delta$ 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。



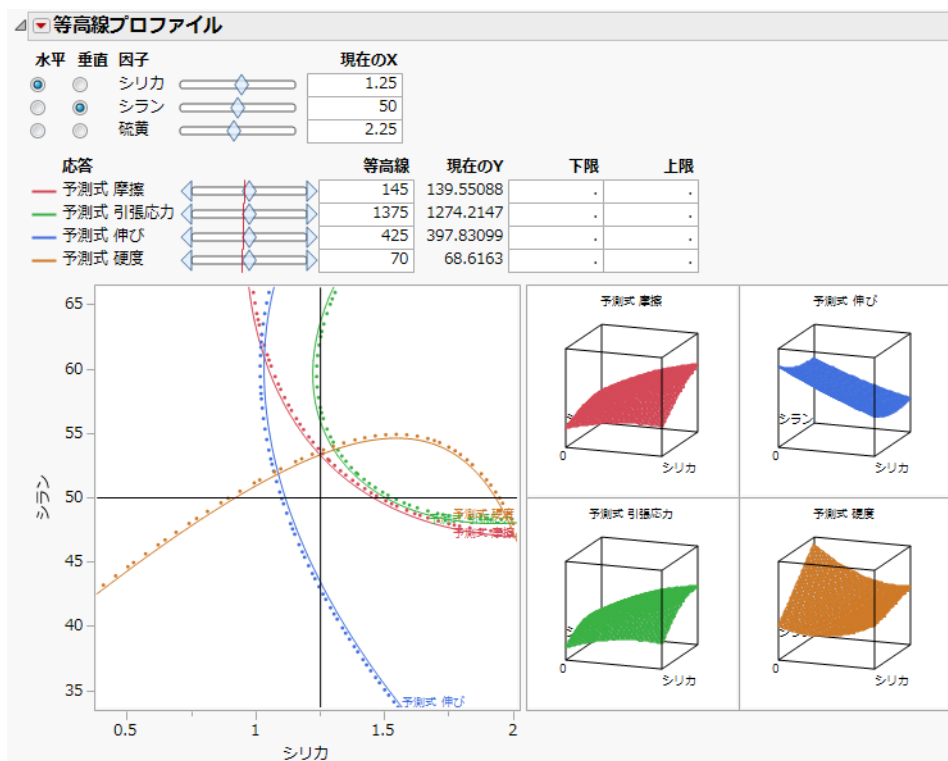
# 第4章

## 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

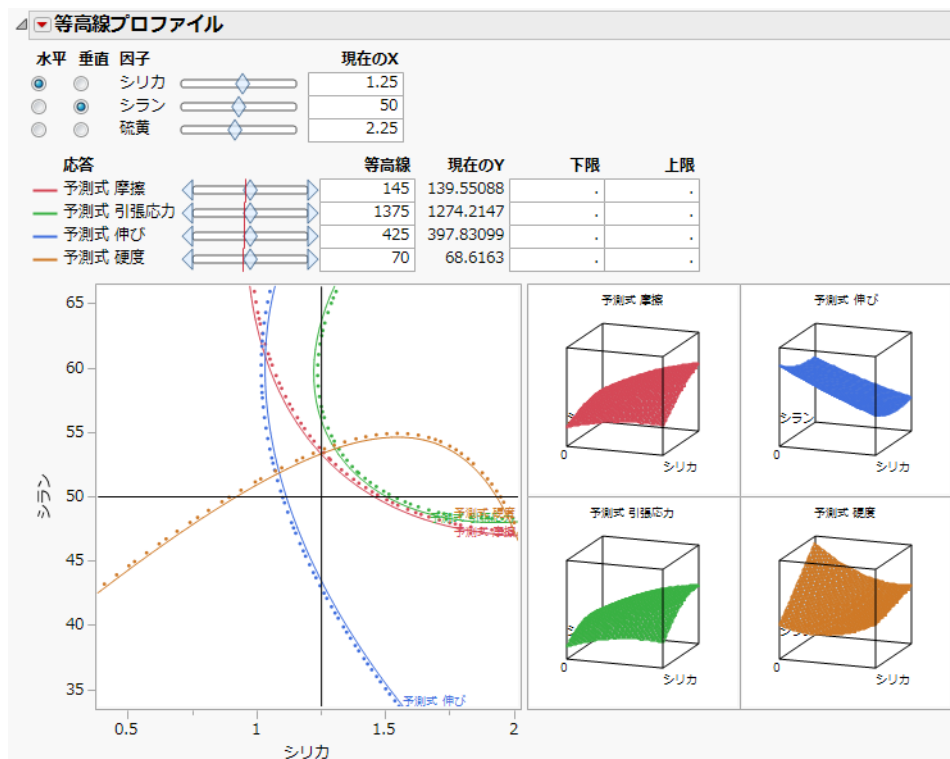




## 等高線プロファイルの概要

〔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。各応答変数の曲面プロットも表示されます。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



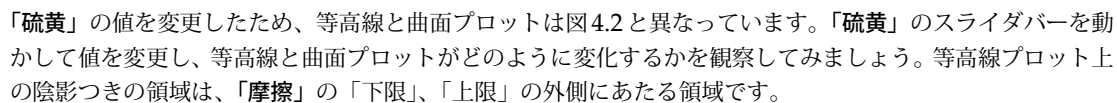
## 等高線プロファイルの例

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。




- 図4.3 「Tiretread.jmp」の等高線プロファイル





## 「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」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](#)」(29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](#)」(28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、「等高線プロファイル」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[等高線プロファイル]を選択してください。
-  「計算式デボ」プラットフォームから、「等高線プロファイル」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[等高線プロファイル]を選択してください。

## 「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

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

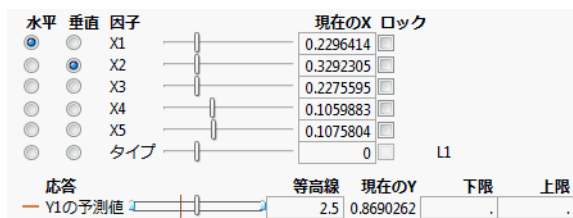
**因子** 因子のリストを表示します。

**現在のX** 現在の因子の設定値です。因子の値を変更するには、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が変わります。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** 応答のリストと、色の凡例が示されます。応答の色を変更するには、色の凡例を右クリックします。

**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の値に基づく、応答の予測値です。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。

応答の下限と上限を指定すると、等高線プロファイルのプロットに無効な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](#)」(47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(127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、等高線がすべて等高線図上の十字ツールの交点を通り、Yの調整スライダの設定も一致します。

**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。

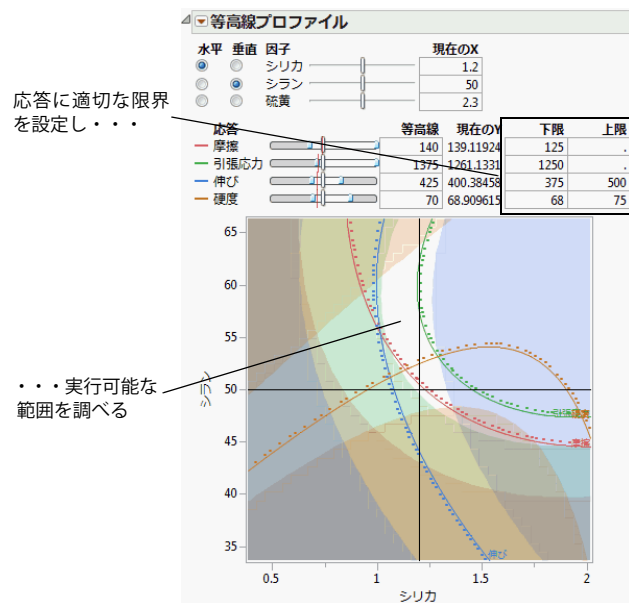
**X設定を表示しない** Xの設定パネル(「因子」の設定パネル)の表示／非表示を切り替えます。

**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

応答の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

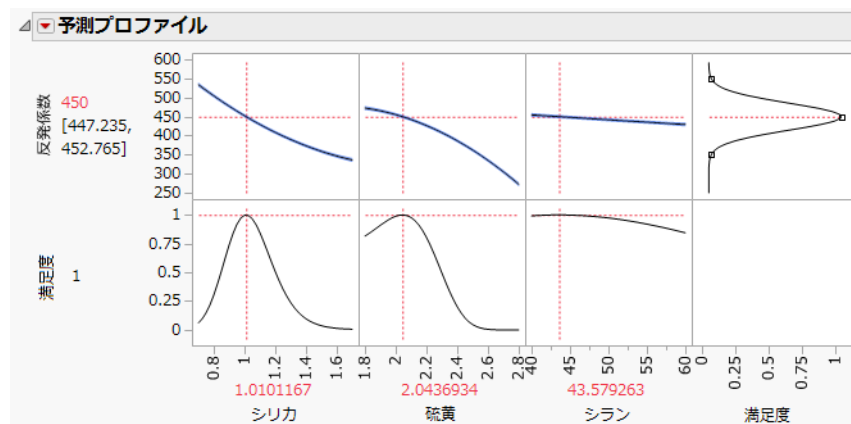
### 最適な設定を探索する

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その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をクリックし、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



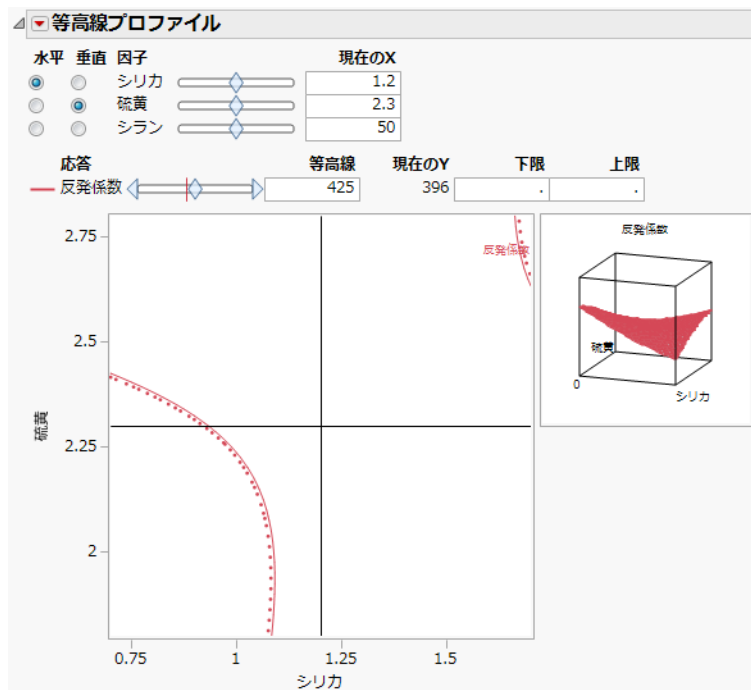
満足度関数を最大化する「反発係数」の値は、450です。「反発係数」がこの予測値450になる因子水準の組み合わせの1つは、「シリカ」=1.0101、「硫黄」=2.0437、「シラン」=43.5792です。

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

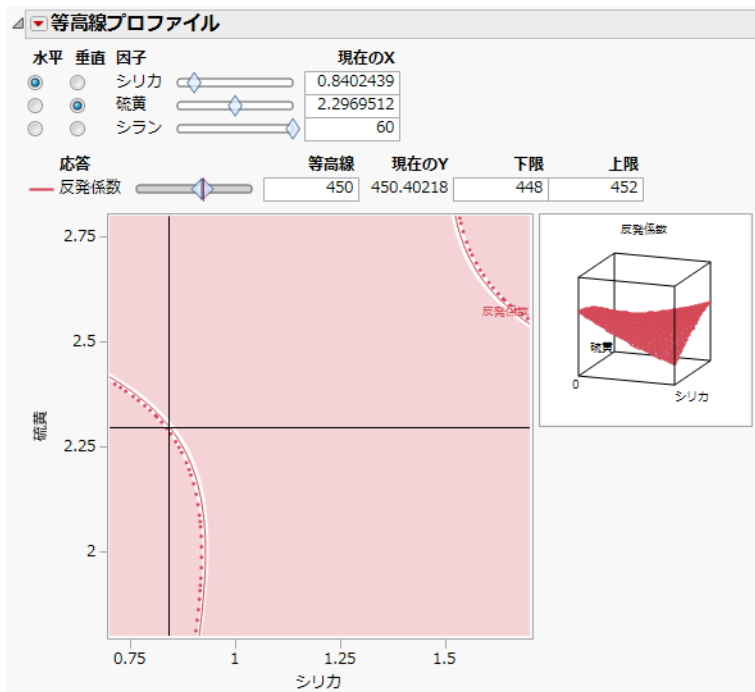


最初のプロットでは、「反発係数」= 425に対する「シリカ」と「硫黄」の値と、「シラン」の値 = 50が表示されています。

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「硫黄」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の間に収まります。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「硫黄」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

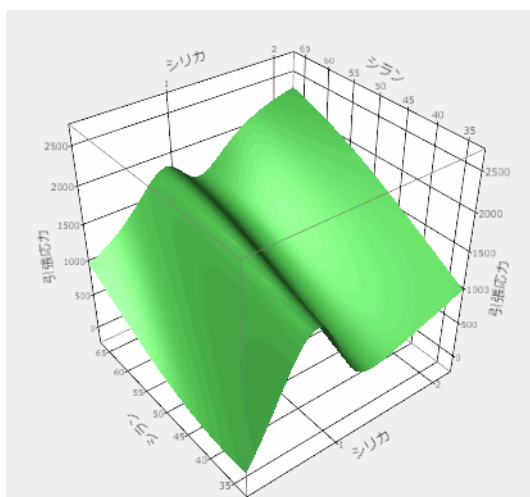
### 3因子に対する応答変数の等高線図を調べる

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」プラットフォームを使用して独立したレポートを生成し、計算式による曲面を表示します。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。
- モデルのあてはめ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





---

## 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、点と曲面を3次元でプロットするために使用します。

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。ポイントをクリックするか、またはブラシツールを使って点を選択できます。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。滑らかな曲面またはメッシュとして表示したり、等高線を追加することができます。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。

---

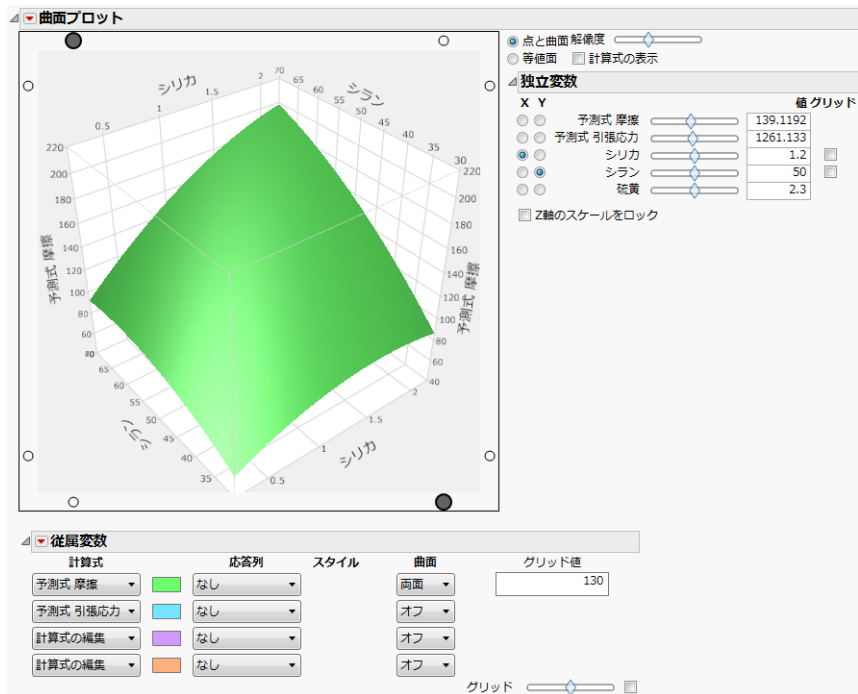
## 「曲面プロット」プラットフォームの例

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 「曲面プロット」レポートのデフォルト表示

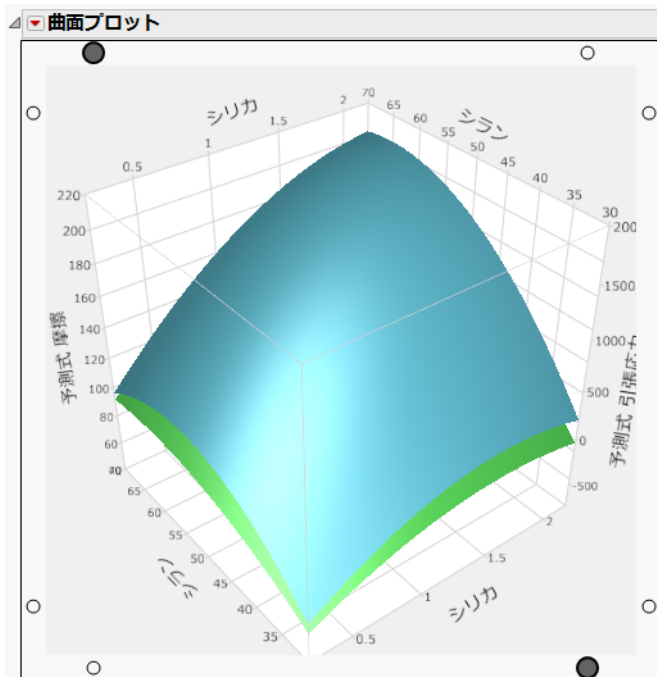


デフォルトでは、「摩擦」の予測曲面だけがプロットに表示されています。「独立変数」レポートを見ると、摩擦と引張応力の値には大きな違いがあり、スケールが異なるということがわかります。

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。

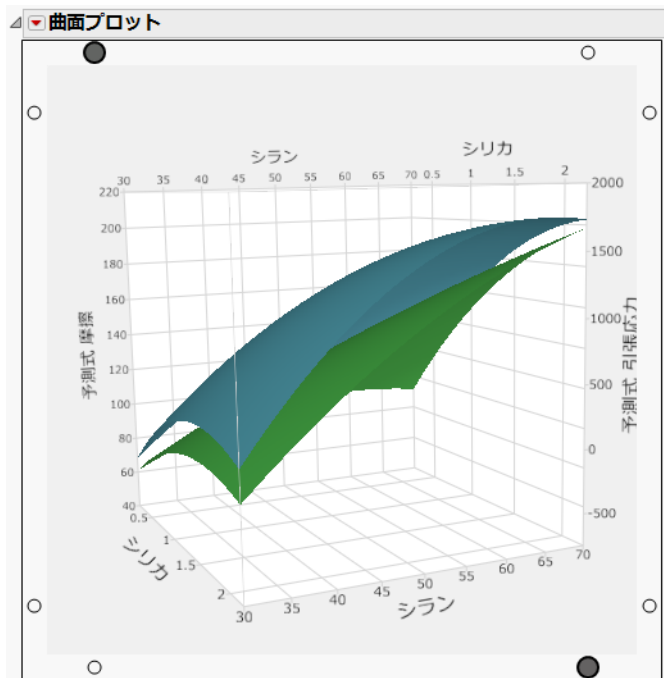
---

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

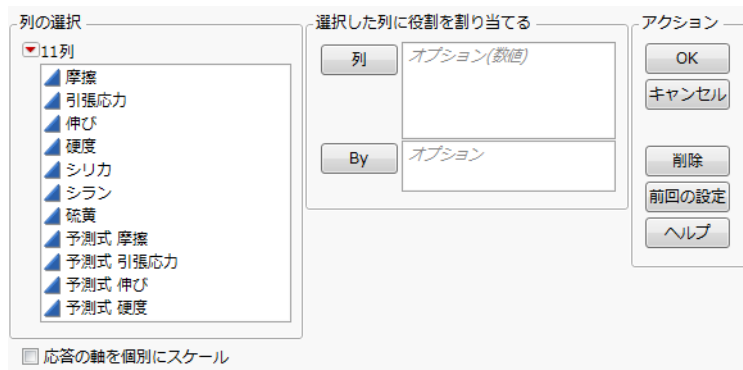
「曲面プロット」または「曲面プロファイル」は、次のいずれかの方法で起動できます。

- 「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。
- 多くのモデルプラットフォームの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](#)」(28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、「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、「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ことができ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、指定します。

**応答の軸を個別にスケール** 曲面プロットの応答ごとに異なるスケールを適用します。

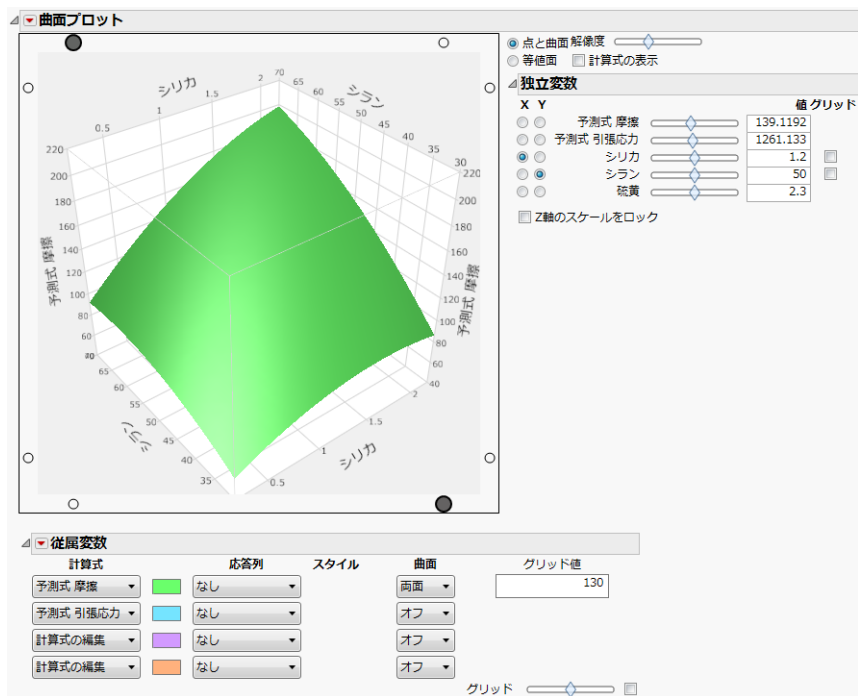
**メモ:** オフにすると、すべての応答の軸スケールが、[列] の役割に最初に追加した項目のスケールと同じになります。

## 「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。観測された従属変数の値の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。

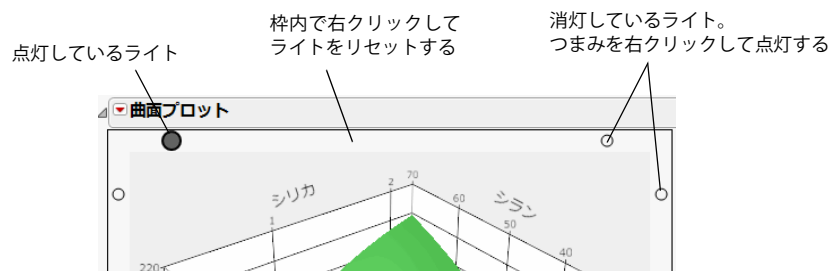
ライトは次のように調整できます。

- 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。

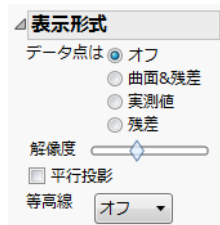
**等値面** 等値面の表示に変わります。詳細については、「[等値面のプロット](#)」(102ページ)を参照してください。

**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** 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** 軸同士が直角となるようにグラフの表示を変更します。

**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。

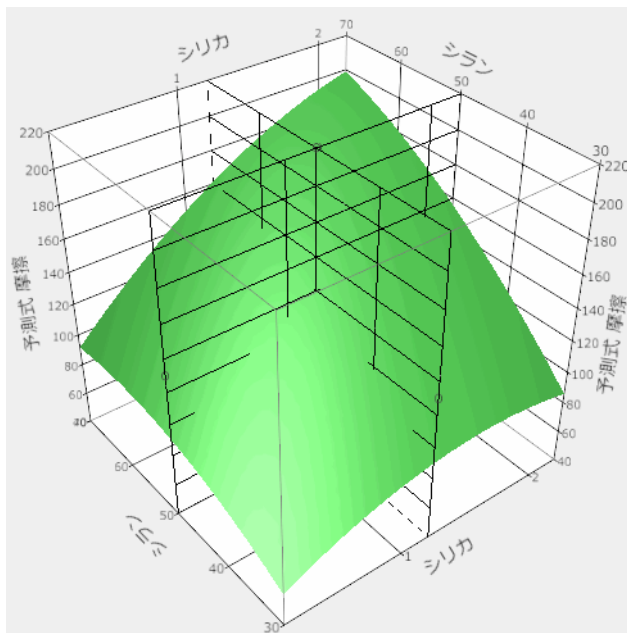
**値** スライダとテキストボックスで各変数の現在値を設定します。この設定は、軸に表示されていない変数で特に重要です。描画されている曲面は、この値で切り取られた3次元上の断面とすることができます。スライダを動かしていろいろな断面を見てみましょう。

**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。グリッドの位置は、スライダを動かして調整します。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** 値をプロットに点として表示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。曲面も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。



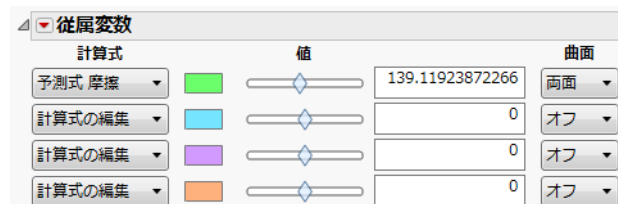
**曲面** 曲面の上部または下部の表示／非表示を切り替えることができます。[表のみ] または [裏のみ] を選択すると、曲面の反対側が暗くなります。

**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」のものとはほぼ同じです。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](#)」(91 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、「モデルのあてはめ」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えます。

**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を表示するか、非表示にします。

**やり直し** 分析を繰り返すオプションや、やり直すオプションを含みます。また、[自動再計算] オプションを選択すると、このオプションに対応しているプラットフォームにおいて、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。

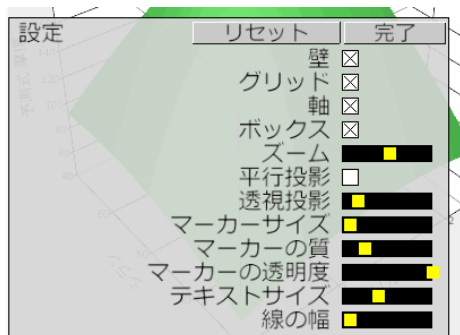
**曲面のプロパティ** (曲面を右クリックすると表示されます。)  
「曲面のプロパティ」ウィンドウを表示します。  
「表示形式」設定パネルで「点と曲面」を選んだときのみ使用できます。詳細については、「[曲面のプロパティ](#)」(99ページ)を参照してください。

**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](#)」(99ページ)を参照してください。

**凡例の表示** 曲面にグラデーションで色をつけた場合に、凡例の表示／非表示を切り替えます。

**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。

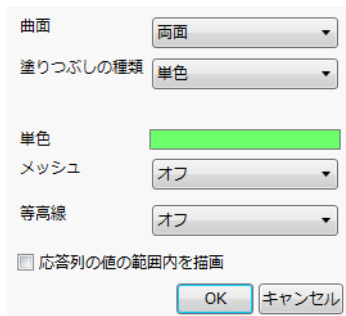
**応答グリッド** グリッドの設定オプションの表示／非表示を切り替えます。

---

## 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「等値面」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。グラデーションを選択した場合は、曲面を右クリックした時に呼び出されるメニューから、[凡例の表示] オプションを選択できるようになります。

**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。式はJSLで記述し、列のスコープを使用し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の範囲に制限します (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、応答列のデータの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 コマンドは `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립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

ここでは、「曲面プロット」プラットフォームを使った例をさらに紹介します。

### 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。

1. [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。

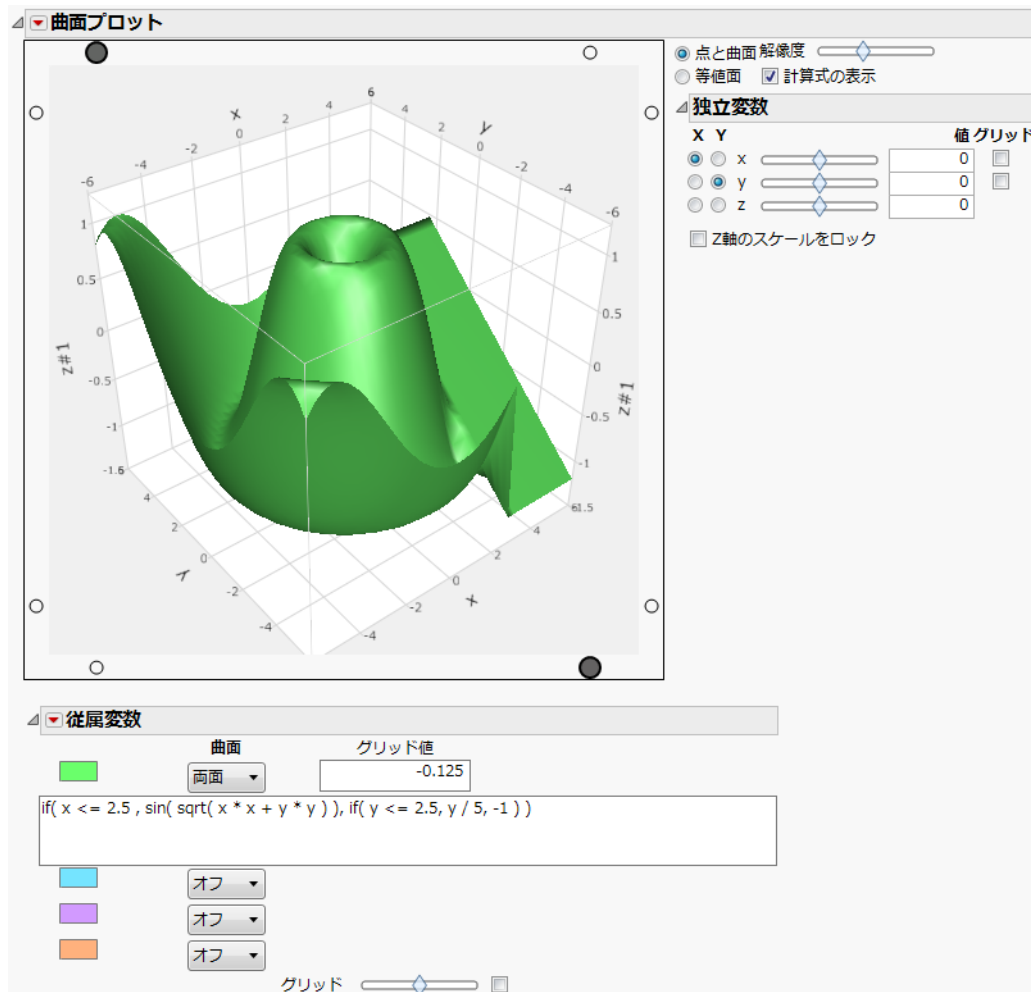
2. [OK] をクリックします。

「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。

3. 「表示形式」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

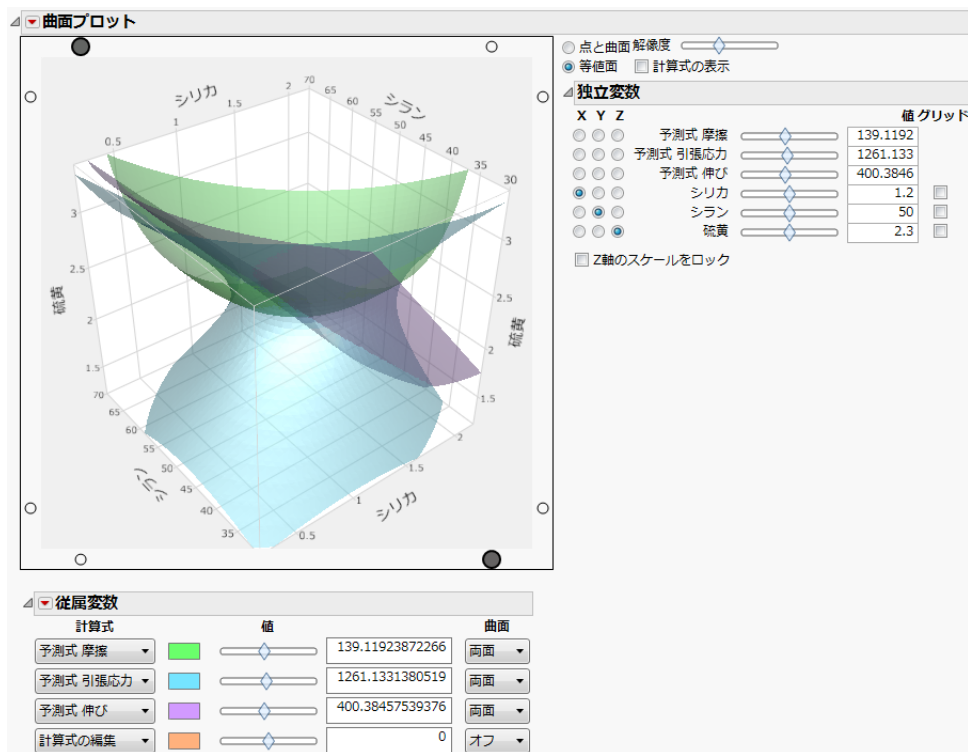
等値面は、2次元上に描かれる等高線図を、3次元に拡張したものです。等値面を作成するには、独立変数が3つある計算式が必要です。解像度のスライダは、計算式を $n \times n \times n$ 個の点について評価するときの $n$ の値を指定します。「従属変数」セクションにある「値」スライダは、等値面の値（等高線のレベル）を指定します。

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。





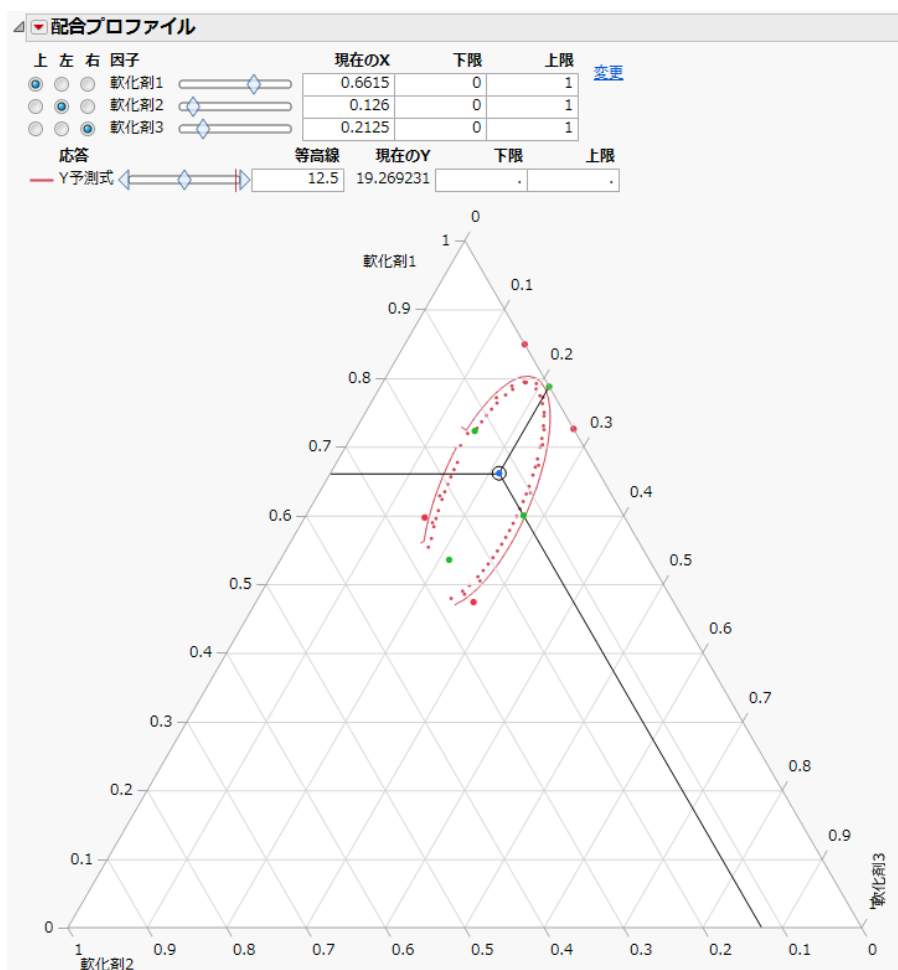


# 第6章

## 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三角図上に、応答変数の等高線を表示します。「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





## 配合プロフィールの概要

「配合プロフィール」は、3つ以上の配合成分をもつ配合モデルの三角図上に、応答変数の等高線を表示します。「配合プロフィール」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。

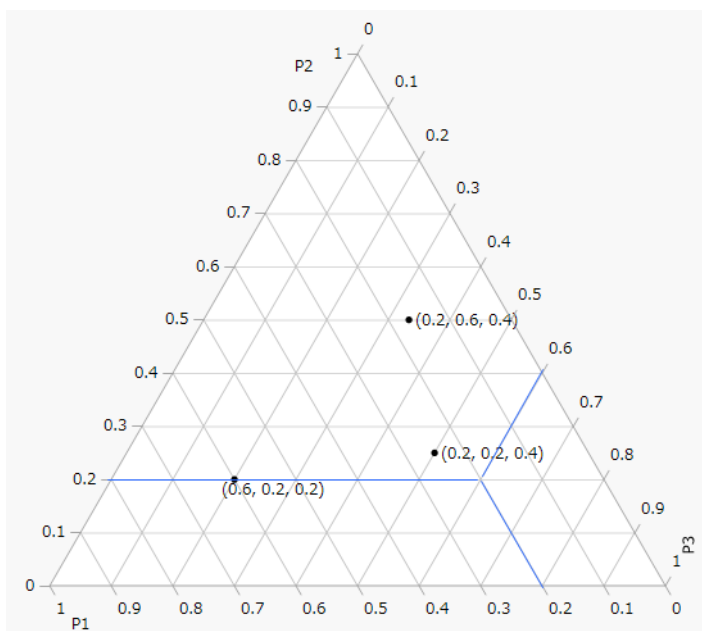
「配合プロフィール」の機能の多くは、「[「等高線プロフィール」プラットフォームのオプション](#)」(81ページ)に記述されている「等高線プロフィール」の機能と共通しています。「配合プロフィール」に固有の特徴は、三角図を使用することです。

### 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つの頂点は、1つの成分の値が1(100%)で、他の成分が0という状態を表します。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、陰影が付いて除外されます。

図6.2には、3つの配合成分P1、P2、P3が表示されています。この3つの配合成分には制約がなく、いずれも0~1(100%)の割合を占めることができます。座標の傍に、各点のラベルが表示されています(P1、P2、P3)。(0.2, 0.2, 0.6)の点からは青い線が表示され、これに沿ってグリッド線をたどって各配合成分の軸を見つけやすいようになっています。

図6.2 三角図の例





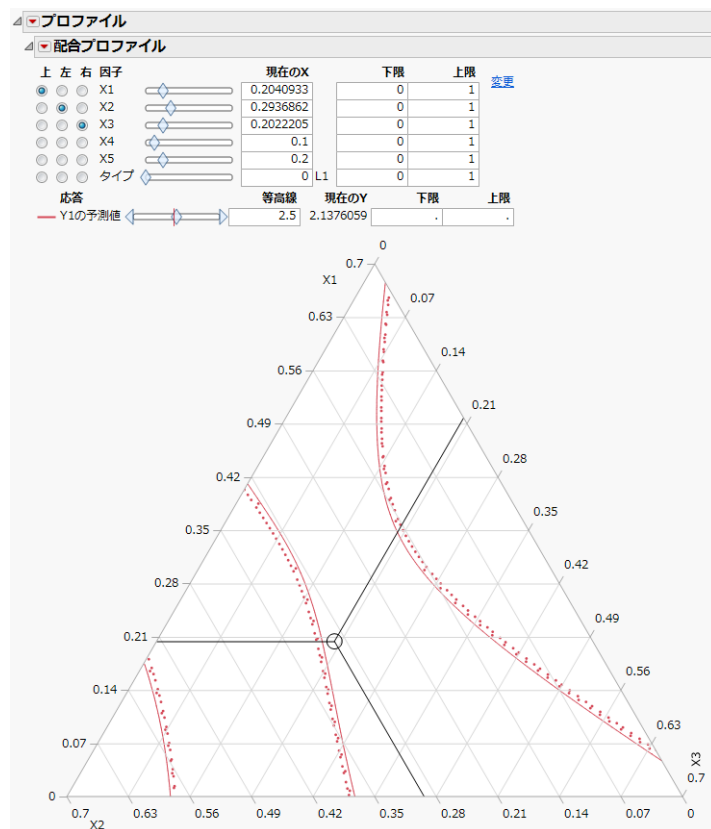
## 配合成分が4つ以上の三角図

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、その他の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。プロット軸の最大値は、1から表示されていない配合成分の合計を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。配合成分に制約はありません。**x4**の値は0.1、**x5**の値は0.2で、合計0.3です。**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





# 配合プロフィールの例

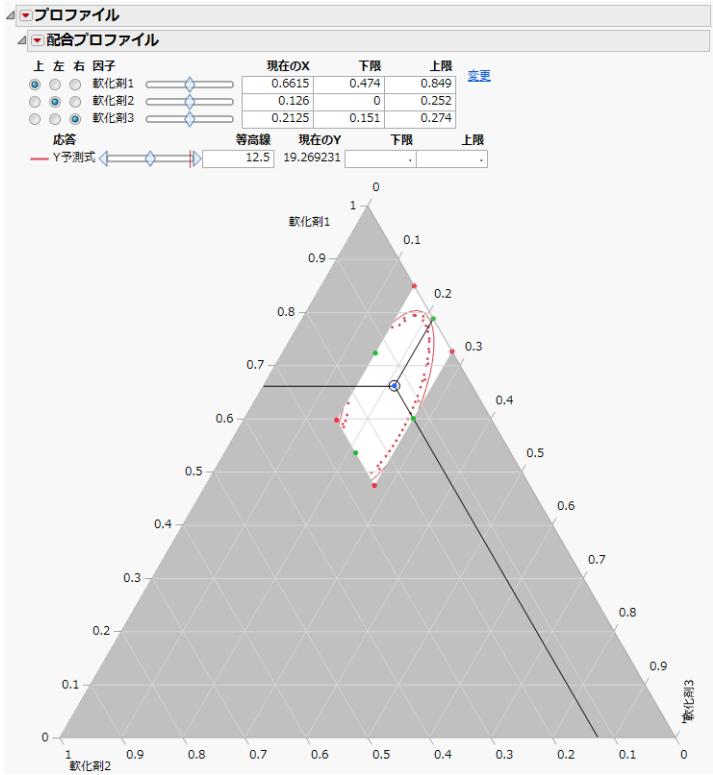
この例では、「Plasticizer JMP」サンプルデータを使用します。このデータテーブルには、3つの配合成分（軟化剤1、軟化剤2、軟化剤3）と、1つの応答（Y）が含まれています。配合成分の水準には、制約があります。このデータテーブルには、応答の予測式があらかじめ列に保存されています。

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] > [配合プロフィール] 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、配合プロフィールを起動したときに、「Y」列が Y に割り当てられます。配合プロフィールの場合、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 配合プロフィールの例





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、このデータセットで取り得る値を示した領域です。

## 「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](#)」(29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の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](#)」(28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、「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** 「計算式デボ」プラットフォームから、「配合プロファイル」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 [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

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](#)（110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の値に基づく、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の値です。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。

---

**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。

**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](#)」(47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。プロットに複数の等高線がある場合は、各線が個別のオプションのリストに表示されます。

**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** 「軸の設定」ウィンドウを使ってグリッド線を変更します。

**参照線** 「軸の設定」ウィンドウを使って参照線を変更します。

プロットの軸をダブルクリックすると、「軸の設定」ウィンドウが開きます。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

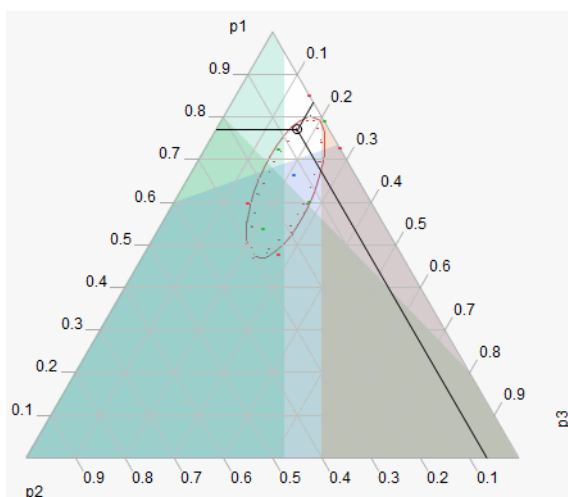
「配合プロファイル」では、線形制約を表示できます。ただし、「配合プロファイル」は、データテーブルの「制約」テーブルスクリプトでしか制約を設定できません。テーブルスクリプトの作成方法については、「プロファイルについて」章の「[線形制約](#)」(35ページ)を参照してください。



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条件に合った領域です。制約は次のとおりです。

- $4 \cdot p_2 + p_3 \leq 0.8$
- $p_2 + 1.5 \cdot p_3 \leq 0.4$
- $p_1 + 2 \cdot p_2 \geq 0.8$
- $p_1 + 2 \cdot p_2 \leq 0.95$

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

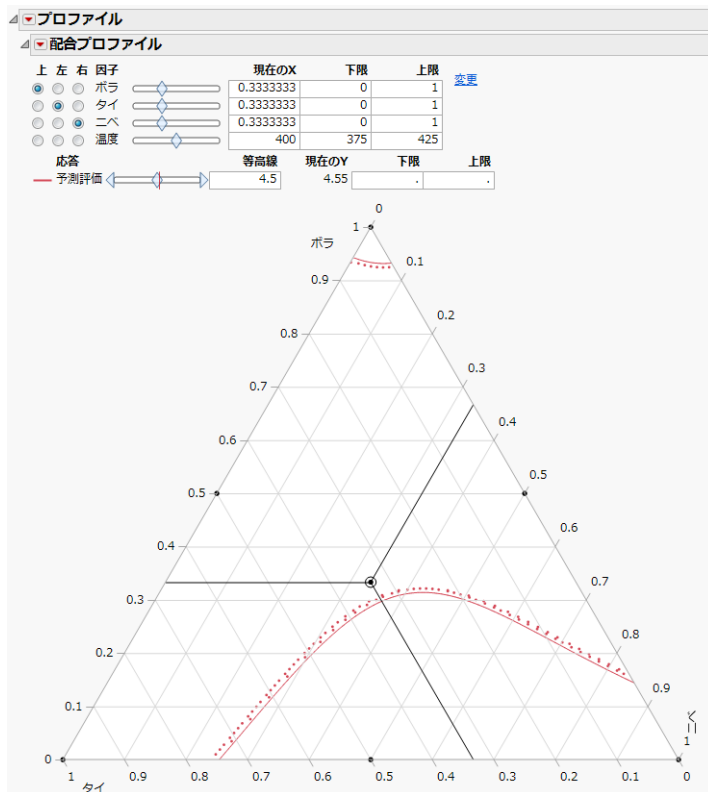
### 配合成分以外の因子を含む例

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プン温度です。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。



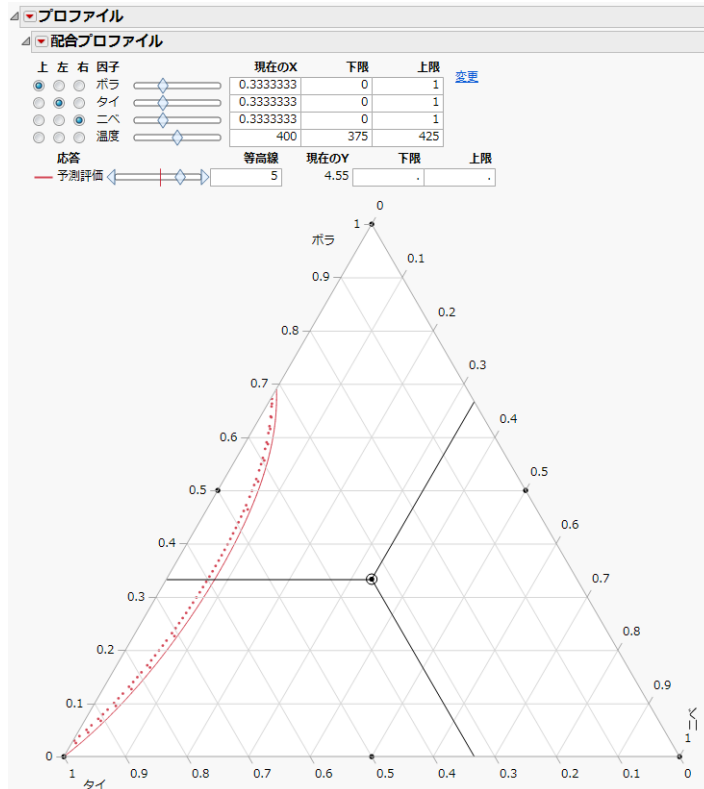
図6.8 「配合プロフィール」の最初の出力



4. 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

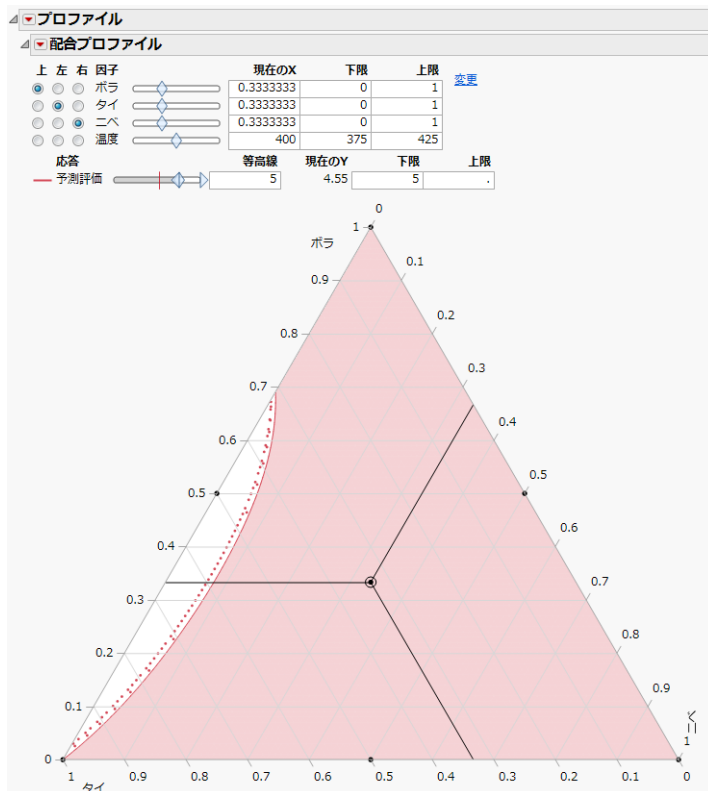


等高線に付随した点線は、「予測評価」の増加方向を示しています。

- 「予測評価」の「下限」のボックスに、「5」と入力します。すると、プロットにカラーの陰影が表示されます。陰影付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



6. 「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。「カスタムプロフィール」章（121ページ）または「プロフィール」章の「満足度プロフィールと最適化」（49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（127ページ）を参照してください。

## 複数の応答と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」）、応答が3つ（「Y1」、「Y2」、「Y3」）があります。各応答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] > [配合プロフィール] 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」と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ィール

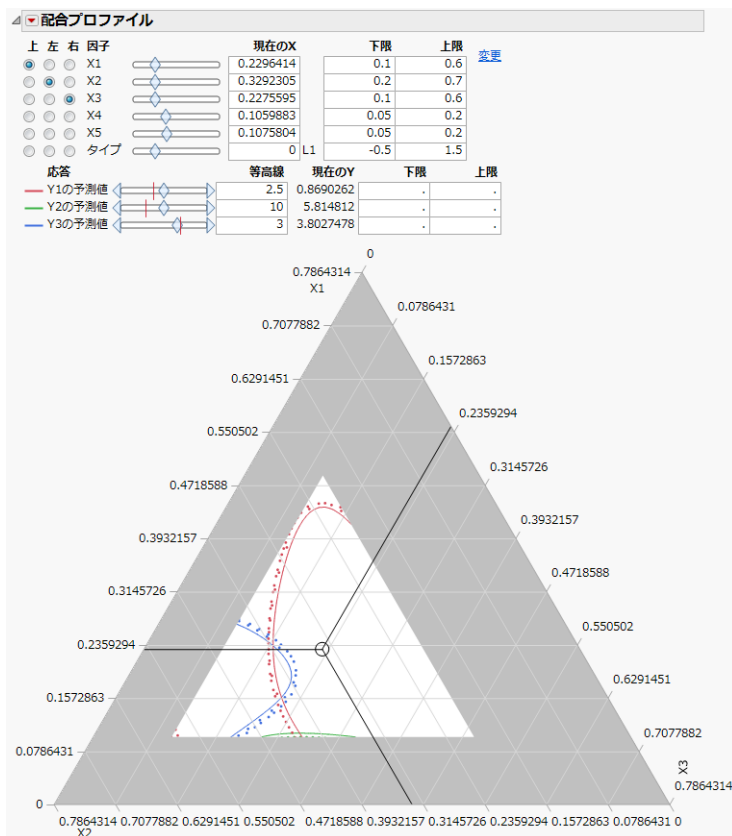


図6.11 のレポートについて、詳しく見てみましょう。

- 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、列プロパティとしてあらかじめ入力されていた値が使用されます。列プロパティの入力方法については、『JMPの使用法』の「列情報ウィンドウ」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。

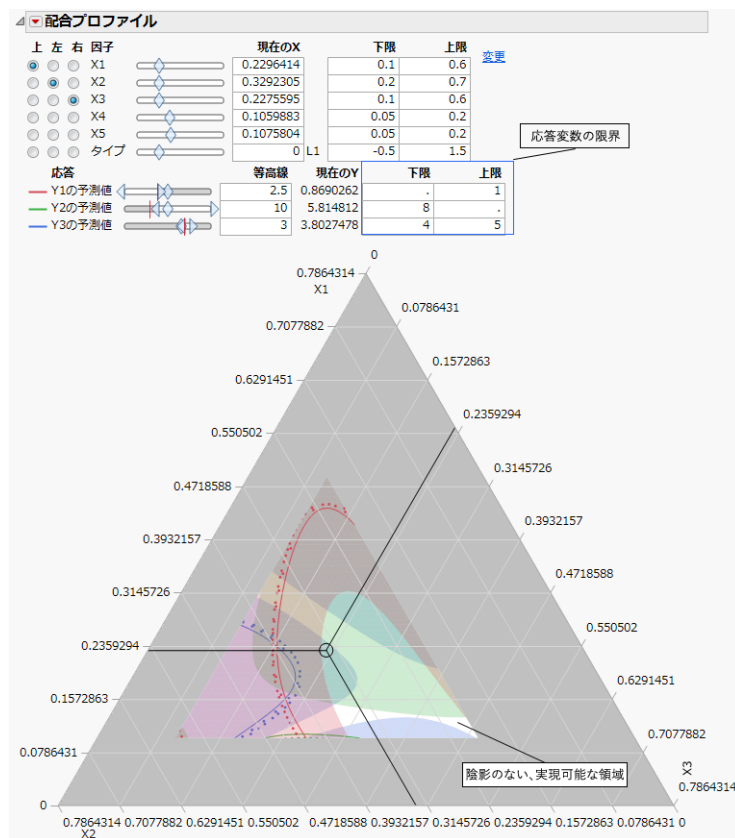


- カテゴリカルな因子である「タイプ」にもラジオボタンが表示されていますが、この因子をプロットに含めることはできません。「タイプ」の現在の値、L1は、「現在のX」テキストボックスのすぐ右に表示されています。「タイプ」の「現在のX」テキストボックスには、L1の代わりに「0」が表示されています。
- 3つの予測式は、すべてプロットに含まれており、色分けして表示されています。

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。「配合プロフィール」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




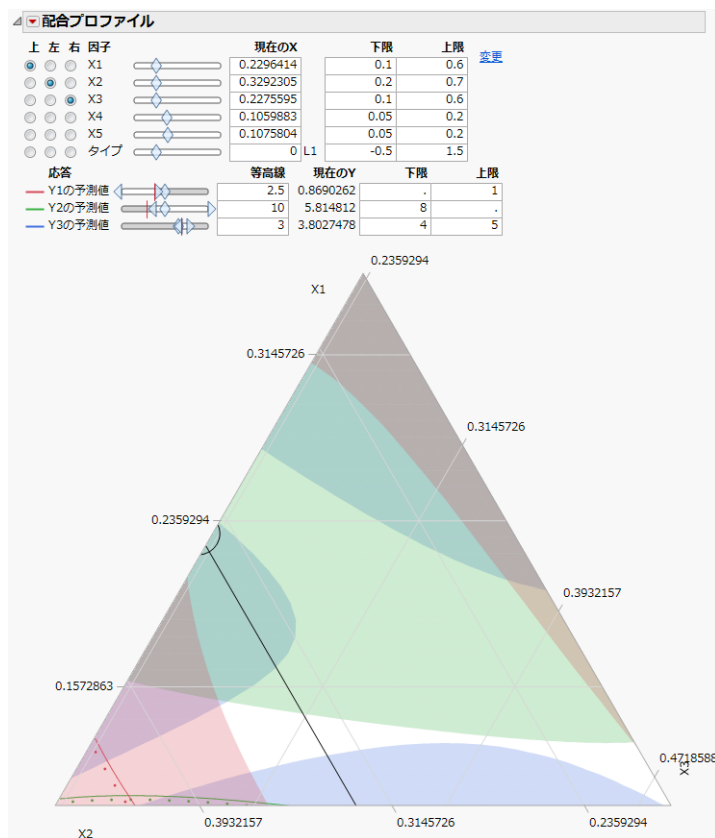
- 虫めがねツール（）を使って、取り得る値の領域を拡大します。



図6.13 条件に合う領域を拡大した三角図



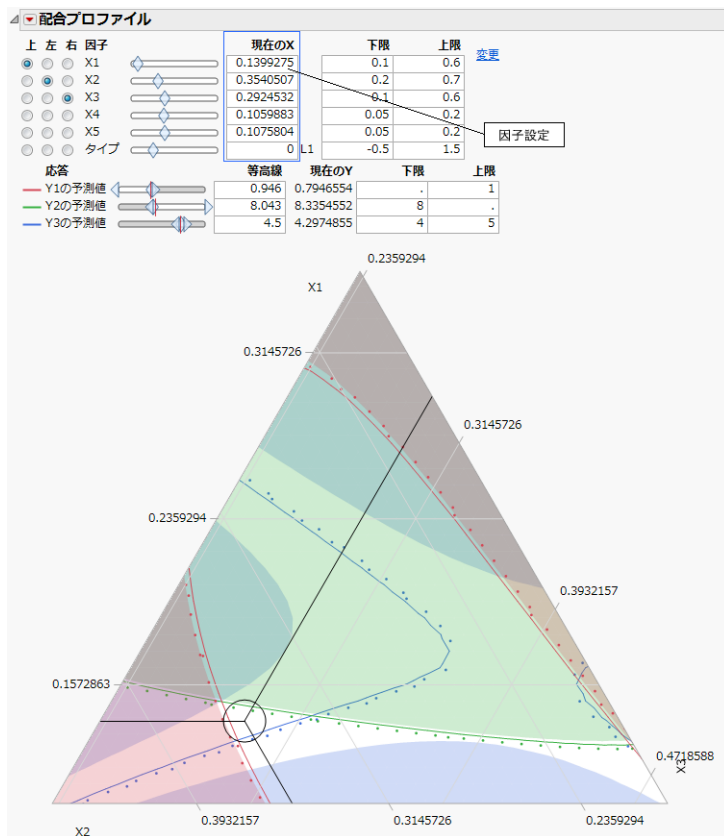
メーカーの目標は、Y1を最大化し、Y2を最小化し、Y3を4.5にすることです。

- 「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、応答の予測値の増加方向がわかります。
- 「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。
- 「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本の直線の交差する点を、等高線で囲まれた領域の中央に配置し、それぞれの因子の水準を調べます。これらの応答の等高線は、「x4」、「x5」、「タイプ」の現在の値に対して成り立っていることに注意してください。



図6.14 最適な因子の値



- 「配合プロフィール」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応答値を比較することができます。







# 第7章

## 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

▶ **予測プロファイル**

▲ **カスタムプロファイル**

因子		現在のX	ロック	下限	上限
シリカ		1.25	<input type="checkbox"/>	0.3835	2.0165
シラン		50	<input type="checkbox"/>	33.67	66.33
硫黄		2.25	<input type="checkbox"/>	1.4835	3.1165

応答		現在のY	下限	上限	ベンチマーク
予測式 摩擦		139.55088	.	.	139.55088

ベンチマークのリセット

▲ **最適化**

▶ **予測式**

目的関数	トリップ	最大循環数	最大反復回数	収束限界	収束基準
139.55088213	20	50	250	0.000001	0

最大化 ▼ 最適化



## カスタムプロフィールの概要

「カスタムプロフィール」では、グラフを表示せずに、因子設定を最適化します。「カスタムプロフィール」は、問題の規模に関わらず使用できるのが特徴です。標準のグラフプロフィールでは、グラフの数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。

「カスタムプロフィール」レポートのフィールドの多くは、他のプロフィールと同じです。「ベンチマーク」フィールドには、応答の予測値の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 カスタムプロフィール

▶ **予測プロフィール**

▲ **カスタムプロフィール**

因子	現在のX	ロック	下限	上限
シリカ	1.25	<input type="checkbox"/>	0.3835	2.0165
シラン	50	<input type="checkbox"/>	33.67	66.33
硫黄	2.25	<input type="checkbox"/>	1.4835	3.1165

応答

現在のY	下限	上限	ベンチマーク
予測式 摩擦 139.55088	.	.	139.55088

ベンチマークのリセット

▲ **最適化**

▶ **予測式**

目的関数	トリップ	最大循環数	最大反復回数	収束限界	収束基準
139.55088213	20	50	250	0.000001	0

最大化 ▼ 最適化

## カスタムプロフィールの例

この例では、地面から2つの帯水層まで掘った試錘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] > [カスタムプロフィール] 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。



図7.3 入力後の「カスタムプロフィール」起動ウィンドウ

因子が応答計算式に与える影響を調べる

列の選択

▼ 17列

- log10 Rw
- log10 R
- Tu
- TI
- Hu
- HI
- L
- Kw
- Y
- log y
- R
- Rw
- true model
- prediction formula
- prediction bias
- regression model
- regression bias

☐ 中間計算式の展開

選択した列に役割を割り当てる

Y, 予測式   
オプション 連続変数(数値)

誤差因子

すべてのY列に計算式が必要。 誤差因子の影響に対するロバスト性(平坦性)を調べたい場合は、その誤差因子も指定する。

アクション

OK

キャンセル

削除

前回の設定

ヘルプ

4. [OK] をクリックします。

「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。

5. 「カスタムプロフィール」レポートの[最適化] ボタンをクリックします。

図7.4 最適化した後の「カスタムプロフィール」レポート

▼ プロファイル

▼ カスタムプロフィール

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

応答	現在のY	下限	上限	ベンチマーク
prediction formula	311.17206	.	.	70.826925

ベンチマークのリセット

最適化

▶ 予測式

目的関数	トリップ	最大循環数	最大反復回数	収束限界	収束基準
311.17206129	20	50	250	0.000001	0

最大化 ▼ 最適化



最適化処理を実行すると、応答の予測値は311.17となりました。この最適値311.17を得るために、因子はすべて最小値か最大値のどちらかに設定されています。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」起動ウィンドウが表示されます。詳細については、「プロフィールについて」章の「[「プロフィール」起動ウィンドウ](#)」(29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、「プロフィールについて」章の「[JMP プロファイルの場所](#)」(28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、「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[プロフィール]を選択します。次に、「プロフィール」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、「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[プロフィール]を選択し、対象のモデルを選択します。次に、「プロフィール」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

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 モデルの因子のリスト。



**現在のX** 現在の因子の値。因子の値を変更するには、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。ロックは最適化にのみ適用されます。

**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、現在の値が表示されます（なお、列ラベルはありません）。

---

**メモ**：名義尺度の因子の場合、「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** 各因子の下限值です。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	現在のY	下限	上限	ベンチマーク
prediction formula 	311.17206	.	.	70.826925
<input type="button" value="ベンチマークのリセット"/>				

**応答** 1つまたは複数の応答のリスト。

**現在のY** 現在のXの値に基づく、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** 応答の下限值を設定できます。

**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

最適化

予測式

目的関数	トリップ	最大循環数	最大反復回数	収束限界	収束基準
311.17206129	20	50	250	0.000001	0

最大化

最適化



**予測式** 最適化の対象となる式です。応答が1つの場合は、その列の名前が表示されます。応答が複数ある場合は、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。応答が1つの場合、目的関数の値は応答の予測値となります。応答が複数ある場合は、目的関数は満足度関数となります。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](#)」(49ページ)を参照してください。

**トリップ** 最適化アルゴリズムにおけるランダム開始点の数です。トリップの開始点は、毎回異なります。異なった初期値によって推定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で使用する循環数の最大値です。1回の循環は、1組の同じ開始点に対して行われる一連の最適化計算です。

**最大反復回数** 1回の循環内における反復計算で、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における収束基準の上限値です。収束値がこの値より小さくなった時点で、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の基準値です。

**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](#)」(47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](#)」(35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](#)」(35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。



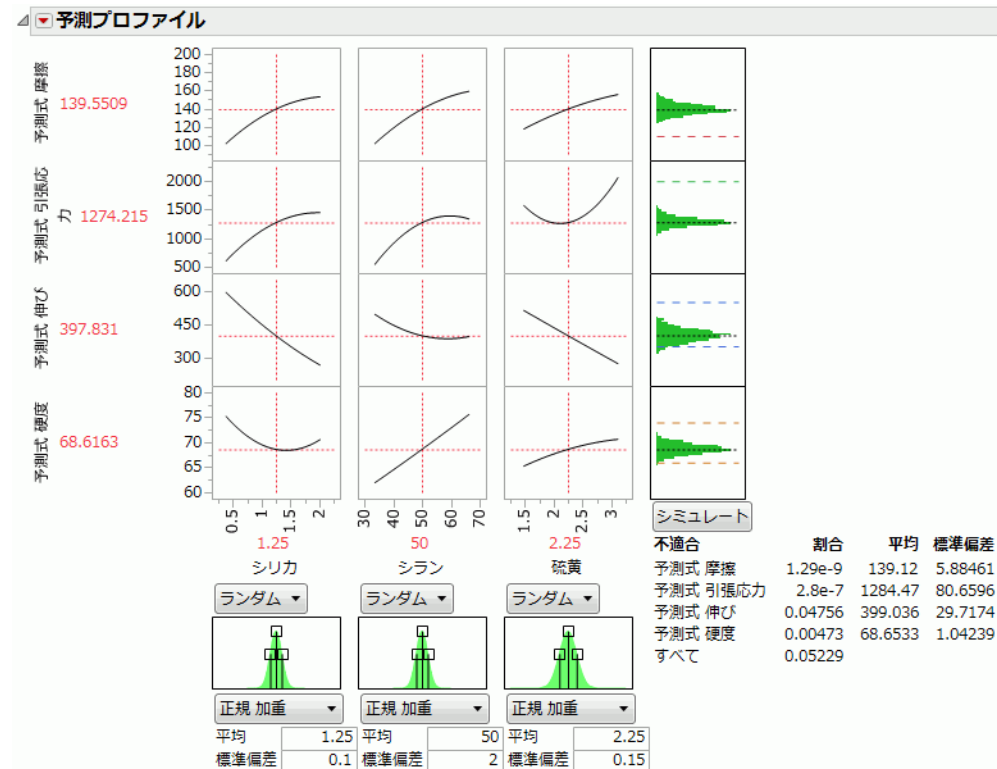
# 第8章

## シミュレータ

### 応答に対する変動の効果調べる

「プロファイル」のシミュレーション機能では、因子や誤差に対して乱数を生成し、それらに対する応答の分布を調べることができます。この機能では、因子や誤差の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が、プロファイルのグラフの下に描かれます。また、応答のヒストグラムが、グラフの右に描かれます。

図8.1 プロファイルとシミュレータの例





## シミュレータの概要

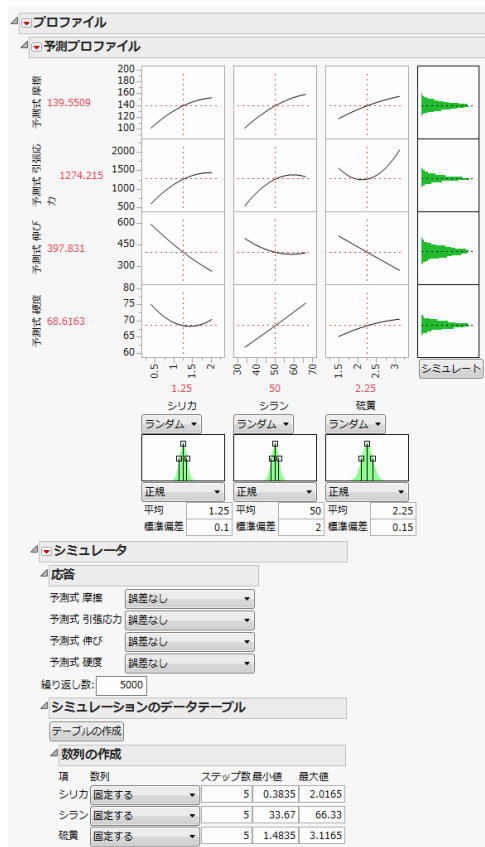
「プロファイル」のシミュレーション機能では、因子や誤差に対して乱数を生成し、それらに対する応答の分布を調べることができます。この機能では、因子や誤差の確率分布を指定した後、乱数シミュレーションを行います。結果は、データテーブルに保存することもできます。

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出力に適用されるので、工程能力をシミュレーションにより事前に分析することができます。

「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が、プロファイルのグラフの下に描かれます。また、応答のヒストグラムが、グラフの右に描かれます。

プロファイルのシミュレータでは、配合因子も使用できます。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。

図8.2 プロファイルとシミュレータ





なお、等高線プロファイルとカスタムプロファイルにおいては、シミュレータの設定や結果は、このような視覚的なグラフではありません。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。ただし、内部的な計算や、出力されるデータテーブルなどは、他のプロファイルとまったく同じです。

---

## シミュレータの例

---

**ヒント：**乱数の生成と一緒に、[テーブルの作成] や「数列の作成」のオプションを利用することができます。なお、「数列の作成」のオプションは、分布が「正規」、「一様」、「三角」の場合にしか指定できません。

---

シミュレータで乱数を生成するには、まず、シミュレーションの回数を「繰り返し数」ボックスに入力します。

次に、因子と応答の分布を指定します。最後に、[シミュレート] ボタンをクリックすると、シミュレーションが実行されます。もしくは、[テーブルの作成] ボタンをクリックすると、「繰り返し数」に指定した数だけの行を含むデータテーブルが作成されます。各行に、指定した分布の乱数が生成され、それに対する応答の値が計算されます。仕様限界が与えられているときは、応答変数の値が仕様限界の内にあるか外にあるかを示す列も作成されます。

「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」のタイトルバーにある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. 各因子を [固定] から [ランダム] に変更します。
7. 「繰り返し数」の値を 100 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、そこにある「数列の作成」も開きます。



図8.3 シミュレータの設定

項	数列	ステップ数	最小値	最大値
シリカ	固定する	5	0.3835	2.0165
シラン	固定する	5	33.67	66.33
硫黄	固定する	5	1.4835	3.1165

ここでは、因子の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。

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。シミュレータにおける正規分布の平均は1.25になっています。ここでは、「最小値」を1、「最大値」を2に変更しましょう。
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。シミュレータにおける正規分布の平均は50になっています。ここでは、「最小値」を40、「最大値」を60に変更しましょう。
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。シミュレータにおける正規分布の平均は2.25になっています。ここでは、「最小値」を2、「最大値」を3に変更しましょう。

図8.4 「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。

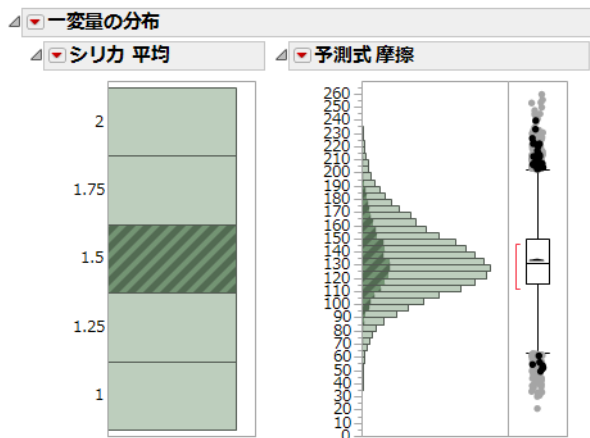
「シリカ 平均」、「シラン 平均」、「硫黄 平均」の各列に、指定した各値範囲内の5つのステップ（「シリカ 平均」の場合は1、1.25、1.5、1.75、2、「シラン 平均」の場合は、40、42.5、45、47.5、60など）が入



力されています。「予測式 摩擦」列と「予測式 引張応力」列の値が、値の組み合わせごとに計算されているため、因子値の変化に伴う応答変数の変化の様子を把握できます。

13. [分析] > [一変量の分布] を選択します。
14. 「予測式 摩擦」と「シリカ 平均」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8.5 「シリカ 平均」と「予測式 摩擦」の分布



「シリカ 平均」のヒストグラムの棒をクリックすると、選択された平均に対し、「予測式 摩擦」の値がどのように分布しているかを確認できます。

## 因子の指定

因子（入力）と応答（出力）は「プロファイル」ですでに役割が与えられています。シミュレータでは、因子や誤差に対する乱数を設定します。

どのような値を割り当てるかに関して、因子ごとに次のような方法が選択できます。

**固定** 指定された値に因子を固定します。この値には、予測プロファイルでの現在の値が使われますので、最適化で得られた値をそのまま利用できます。

**ランダム** 分布と分布パラメータを因子に割り当てます。

ランダム機能については、『JMPの使用法』の「計算式の関数リファレンス」章を参照してください。カテゴリカル因子の場合、各カテゴリに対して指定された確率によって分布が決まります。デフォルトでは、各カテゴリの発生確率はすべて等しくなっています。確率を変更するには、表示されるダイアログ



で別の値を入力してください。入力した値の合計が1にならない場合は、合計値が1になるように各値が正規化されます。

「**正規 加重**」は、与えられた平均と標準偏差を持つ正規分布に従いますが、層別化と加重を伴う特殊な乱数生成法が使われています。これは、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です。低い不適合率の値を正確に算出したいときに有効です。「**シミュレータの統計的詳細**」(156ページ)を参照してください。

「**正規 切断**」は、下限と上限で切断された正規分布です。生成された乱数のうち、限界を超えているものは破棄され、限界内にある値だけが採用されます。検査システムにおいて入力が仕様限界を満たさない場合に廃棄または返送されるような場合をシミュレートするのに用います。

「**正規 打ち切り**」は、下限と上限で打ち切られた正規分布です。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一致するものとして扱われるので、限界の箇所に点の塊ができます。入力が仕様限界を満たさない場合に限界内に収まるまでやり直されるようなシステムをシミュレートするのに用います。

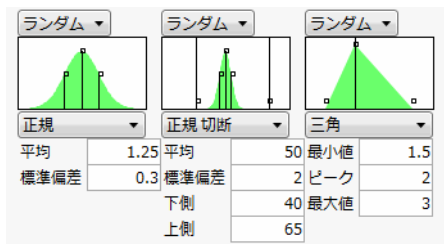
「**標本**」は、データテーブル内のその列からランダムに値を抽出します。

「**外部**」は、別のデータテーブル内の列からランダムに値を抽出します。ユーザーがテーブルと列を選択します。

「**連携**」チェックボックスは、「**標本**」または「**外部**」オプションで複数のソースから値を抽出する場合に使用します。チェックマークをつけると、値がテーブル内の同じ行からランダムに抽出されます。これは、2つの列の間の相関構造を維持したいときに有効です。「**連携**」オプションを、異なるテーブルに属する2つの列の連携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。

「プロファイル」では、連続分布の場合、分布の形状をグラフ上で設定できます。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、上下限值にも点があります。一様分布では上下限值、三角分布では上下限值と最頻値に点が配置されています。

図8.6 分布



**式** JMPスクリプト言語(JSL)で書いた独自の式をフィールドに入力します。乱数関数を用いて新しい分布を自由に作成することができます。たとえば、負の値が生じないように打ち切った正規分布を作るには、`Max(0, RandomNormal(5, 2))`といった式にします。また、文字列の結果に対応しているので、たとえば、`If(Random Uniform() < 0.2, "M", "F")`といった式も可能です。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** 相関する因子がある場合に多変量正規分布を作ることができます。因子の平均と標準偏差を指定し、それとは別に相関行列を指定します。

図8.7 相関行列の使用

The image shows two parts of the software interface. The top part is a settings panel for '多変量' (Multivariate) with fields for '平均' (Mean) set to 2.3 and '標準偏差' (Standard Deviation) set to 0.3. The bottom part is a dialog box titled 'X相関の指定' (Specify X Correlation) with a table for defining correlations between factors.

因子	シラン	硫黄
シリカ	0	0.82
シラン		0

## 「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のメニューには、次のオプションが表示されます。

**ヒストグラムの自動更新** ヒストグラムの自動更新機能のオン／オフが切り替わります。この機能をオンにすると、すべてのヒストグラムが自動的に変更されます。つまり、(分布上にある点をドラッグする操作によって) 分布の形状を変更するごとに、新しいシミュレーション値でヒストグラムが描かれます。

**不適合率プロファイル** 不適合率（不良率）を、各因子ごとに、その因子の関数として表示します。このコマンドは、後述のとおり、仕様限界が設定された場合に使用できます。

**不適合率パラメトリックプロファイル** 不適合率を、各因子ごとに、その因子の分布パラメータの関数として表示します。不適合率プロファイルを起動すると使用可能になります。詳細は、[「不適合率パラメトリックプロファイル」](#)（142 ページ）を参照してください。

**層数** 通常は非表示になっているオプションで、Shift キーを押しながら「シミュレータ」の赤い三角ボタンのメニューを開くと表示されます。このオプションを使うと、正規加重分布の層数を指定できます。詳細は、[「シミュレータの統計的詳細」](#)（156 ページ）も参照してください。

**乱数シード値の設定** 通常は非表示になっているオプションで、Shift キーを押しながら「シミュレータ」の赤い三角ボタンのメニューを開くと表示されます。このオプションを使うと、シミュレーションのシード値を指定できます。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。デフォルトではシード値が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、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** 複数の分布位置に対する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、計画点の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現在値が実験で使用される値となります。詳細は、[「シミュレーション実験」](#)（143 ページ）を参照してください。

**仕様限界** 仕様限界を設定・編集するテーブルを開きます。



## 「応答」レポートのオプション

応答変数が、因子だけの関数で表されているのではなく、ランダムな誤差項からも影響を受けている場合、そのランダムな誤差項を「応答」にて指定することができます。選択肢は次のとおりです。

**誤差なし** モデルの予測式のみが評価され、ランダムな誤差項は追加されません。

**ランダム誤差の追加** 指定された標準偏差を持つ正規分布に従う誤差項を、モデルから計算される予測値に加算して、応答値を計算します。

**加重ランダム誤差の追加** 分布は「ランダム誤差の追加」の場合と同じですが、重み付きの乱数生成が行われ、裾の方にある極端な値に対する推定精度が高まります。

**多変量誤差の追加** まず、指定された相関行列をもとに、多変量正規分布に従う乱数のベクトルを生成します。それに、指定された標準偏差を掛け合わせ、その値をモデルから計算される予測値に加算します。

## 「シミュレーションのデータテーブル」レポートのオプション

シミュレーションの結果は、データテーブルに保存することもできます。応答に仕様限界が設定されている場合は、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が仕様限界内であるかどうかが表示されます。テーブルには、「**目的関数**」という列もあります。シミュレーションを実行する前に満足度関数を指定した場合は、応答に対して生成した満足度関数の評価がこの列に表示されます。満足度関数を指定しなかった場合は、この列の値はすべて欠測値となります。

## 「数列の作成」レポートのオプション

このオプションを使うと、複数のシミュレーションを実行して、データテーブルに保存することができます。位置母数または尺度母数のどちらかの数列を選択し、ステップ数と、数列の範囲を選択します。ステップ数の全組み合わせについて、「**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つの項があり、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テーブルは、2,500行になります。

## 「仕様限界」レポートのオプション

応答の仕様限界を入力・編集できます。[保存] ボタンをクリックすると、応答の仕様限界がデータテーブルの列プロパティに保存されます。



## 仕様限界

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。
- 「シミュレータ」でシミュレーションテーブルを作成するときは、「仕様限界」が出力テーブルにコピーされるので、不適合率と工程指数の計算が簡単になります。
- 仕様限界を指定すると、[不適合率プロファイル] 機能が使えるようになります。

次の例では、以下のような仕様限界を使用します。

表 8.1 「Tiretread.jmp」データテーブル用の仕様限界

応答	LSL	USL
摩擦	110	
引張応力		2000
伸び	350	550
硬度	66	74

データテーブルでこれらの限界値を設定するには、列を強調表示し、[列] > [列情報] を選択します。次に、[列プロパティ] ボタンをクリックし、[仕様限界] プロパティを選択します。

すでにプロファイルのシミュレータを起動している場合には、「シミュレータ」の赤い三角ボタンのメニューにある [仕様限界] コマンドを使って限界値を入力する方法もあります。

図 8.8 仕様限界

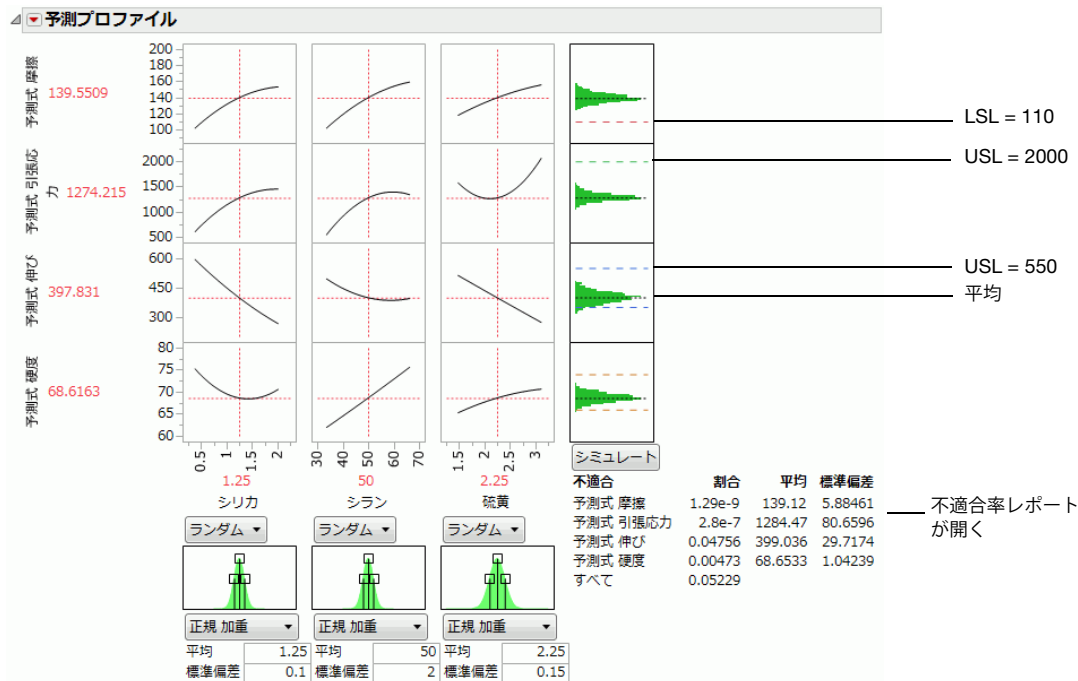
応答	LSL	USL
予測式 摩擦	110	.
予測式 引張応力	.	2000
予測式 伸び	350	550
予測式 硬度	66	74

入力した仕様限界は、プロファイルに組み込まれます。仕様限界を列プロパティとしてデータテーブルに保存したいときは、[保存] ボタンをクリックします。

これらの仕様限界を使い、図 8.2 に表示されている分布を指定して、[シミュレート] ボタンをクリックします。ヒストグラムに色のついた仕様限界の線が表示されています。黒い点線はシミュレーションの平均を示します。



図8.9 予測プロファイルの仕様限界



「摩擦」のヒストグラムを見てみましょう。下側仕様限界が分布のはるか下であり、不適合率はかなり小さいのですが、シミュレータによってその推定値を求めることができます。たった5000回のシミュレーションで推定値が計算できています。このような希少なイベントの推定は、「正規 加重」分布を使うと可能になります。

全体の不適合率（0.05229）が「伸び」変数の不適合率（0.04756）に近いことから、不適合の大部分が「伸び」に関連することがわかります。

この加重を伴うシミュレーションの計算過程を見るには、「テーブルの作成」ボタンをクリックし、「重み」列を調べます。

シミュレーションでは、極端な値も生成されていますが、それらに対する重みは小さくなっています。「一変量の分布」プラットフォームは、（分位点の計算などに関して）重みに対応しておらず、度数にしか対応していないので、度数の列も用意されています。この列の値は、重みに $10^{12}$ を掛け合わせたものです。

作成されたデータセットには、シミュレーションデータを工程能力分析で分析する「一変量の分布」スクリプトが保存されています。



## 一般的なモデルのシミュレーション

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おもに使用します。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。そのようなシミュレーションをJMPで実行するには、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。

表8.2 財務シミュレーションのための因子と応答

入力 (因子)	売上数量	1000～2000を範囲とする一様分布乱数
	単位価格	固定
	単位原価	平均が2.25、標準偏差が0.1の正規分布乱数
出力 (応答)	収益	計算式: 売上数量 x 単位価格
	合計原価	計算式: 売上数量 x 単位原価 + 1200
	利益	計算式: 収益 - 合計原価

次のJSLスクリプトを実行すると、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、プロファイルも実行されます。

```
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 )
);
```


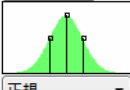


図8.10 スクリプトから作成したデータテーブル

		売上数量 x 単位価格		売上数量 x 単位原価 + 1200		収益 - 合計原価	
		売上数量	単位価格	単位原価	収益	合計原価	利益
Sales Model	1	1000	2	2	2000	3200	-1200
	2	2000	4	2.5	8000	6200	1800
列(6/0)							
売上数量							
単位価格							
単位原価							
収益							
合計原価							
利益							

データが作成されたら、「予測プロファイル」から [シミュレータ] を選択します。シミュレータに図8.11の設定を入力します。

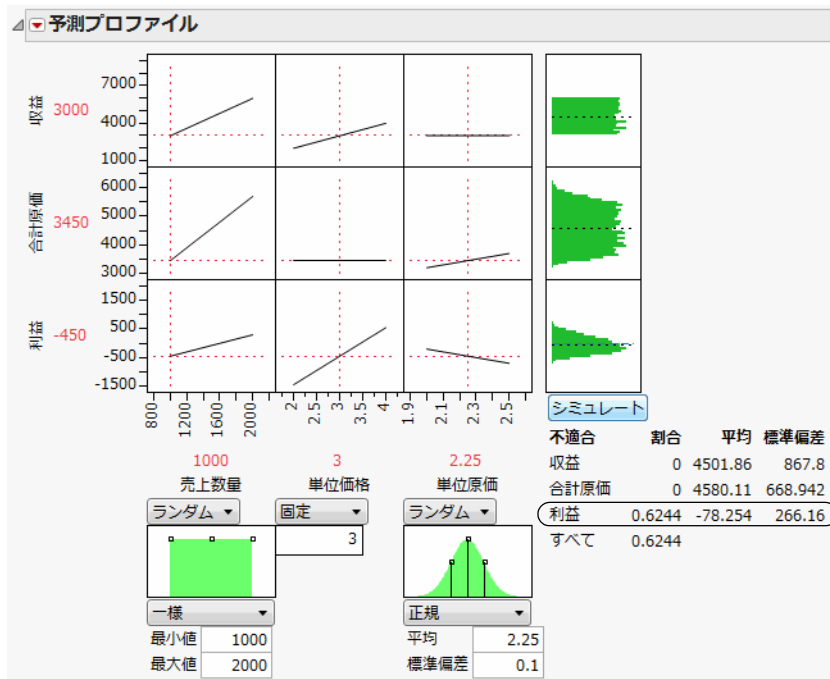
図8.11 プロファイルの設定

売上数量	単位価格	単位原価
ランダム	固定	ランダム
	3	
一様		正規
最小値 1000		平均 2.25
最大値 2000		標準偏差 0.1

シミュレーションを実行すると、「プロファイル」に次のようなヒストグラムが作成されます。



図8.12 シミュレータ



メモ: 実際の数値は、図8.12に示されているものとは異なる場合があります。

これを見ると、あまり利益が上がらないことが予想されます。「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。

そこで、「単位価格」を\$3.25に引き上げ、シミュレーションを再実行してみましょう。すると、利益が上がらない確率はおよそ20%にまで下がりました。

図8.13 結果

不適合	割合	平均	標準偏差
収益	0	4877.99	936.071
合計原価	0	4580.19	667.987
利益	0.2138	297.795	324.838
すべて	0.2138		

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。



## 不適合率プロファイル

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（仕様から外れた状態の確率、不良率）を各因子ごとにその因子の関数として表します。工程がどの因子の分布の変化に最も敏感かが調べられるので、品質の改善とコストの削減に役立ちます。

仕様限界により、どういう状態が不適合なのかが定義されます。また、確率変動するランダムな因子が、シミュレーションにおける変動を作り出し、不適合を発生させます。そのため、意味のある不適合率プロファイルを作成するには、仕様限界とランダムな因子の両方を設定する必要があります。

因子のうち少なくとも1つを「ランダム」に指定しないと、不適合率のシミュレーションは意味がありません。「ランダム」に設定された効果がない場合、シミュレーションの結果は定数になります。各因子の分布は、シミュレータにあるフィールドで指定します。

**重要:** 非常に低い不適合率を推定するときは、[正規]ではなく[正規 加重]を選択してください。これにより、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精確な推定値が計算できます。

## 許容差設計について

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

入力となる因子には、ばらつきがあります。供給業者に対して、仕様限界を示すことにより、入力の許容範囲を通知します。その後、供給業者から受け取った顧客により、入力が工程に投入され、出力が許容範囲内かどうか判断されます。

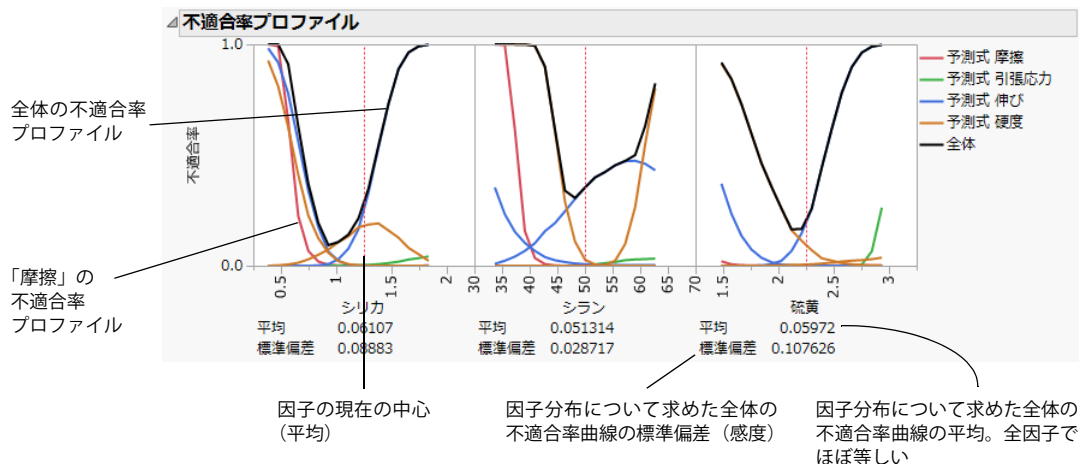
許容差設計の分析により、入力の仕様限界が厳しすぎる事が判明した場合は、仕様限界を緩めれば品質を落とさずに製造コストを下げることができます。これは、許容差設計がコストの削減につながるケースです。

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が判明する場合もあります。いずれにしても、出力の不適合率がどの入力に対して最も敏感に反応するかは、貴重な情報です。

次のグラフは、不適合率を各因子の関数として示したものです。X軸に描かれる各因子だけが定数のように扱われ、その他の因子は指定されたランダムな分布に従っているとされます。複数の出力に仕様限界が設定されている場合は、不適合率の曲線が出力別に異なる色で表示されます。黒色の曲線は、全体の不適合率を示します。そのため、必ず他の色の曲線より高い位置にあります。



図8.14 不適合率プロファイル



## グラフのスケール

不適合率のグラフには、3乗根のスケールが使用されるので、低い不適合率が詳しく調べられる一方、高い不適合率も表示されます。率がゼロであることは珍しくないで、ゼロが計算できない対数ではなく、3乗根がスケールとして採用されています。

## 不適合率の期待値

不適合率プロファイルのプロットの下には、平均と標準偏差 (SD) が表示されています。平均は、全体の不適合率を表します。この値は、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。

この例の場合、すべての因子の下に表示されている平均は、ほぼ同じ値になっています。この平均は、( [シミュレート] ボタンをクリックしたときに) ヒストグラムの下に表示される全体シミュレーションの不適合率と同じぐらいの値になるはずで、乱数に依存するため、これらの率の推定値は多少異なる場合もあります。これらの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ください。また、因子スケールの範囲が十分な幅を持ち、積分する範囲内に分布が十分収まっていることを確認ください。

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、もしくは因子の分布の分散が十分に小さければ、この標準偏差は小さくなります。因子別の標準偏差を比較すると、どの因子のばらつきを減らすべきかがわかります。

平均と標準偏差は、因子の分布を変更すると更新されます。これを利用すると、因子の設定値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。因子の分布上にあるハンドルをドラッグし、因子の分布の変化によって平均と標準偏差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すべてに反映させるためには、[再実行] ボタンをクリックしてシミュレーションをもう一度実行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(JMPでは、 $k$ を通常、17に設定します)。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。なお、[正規 加重]が選ばれている場合は、計算には重みが使われます。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

**再計算** 分布を変更した場合、その因子の不適合率の平均や標準偏差は自動的に再計算されますが、不適合率プロファイルの曲線は再計算されません。これは、シミュレーションに多少時間がかかることを配慮した設定です。

**プロファイルを用いる目的** 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。ここで、「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のぎざぎざ** 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。これは、3乗根のスケールでは低い値の差が誇張して表示されるためです。全体の不適合率曲線（黒色）が滑らかで、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と判断できます。黒色の線がそれほど低くないのにぎざぎざしている場合は、回数を増やしてください。通常は、2万回に設定すれば曲線が安定します。

---

## 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、工程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す。各因子におけるパラメータが変化したときの影響が調べられます。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。

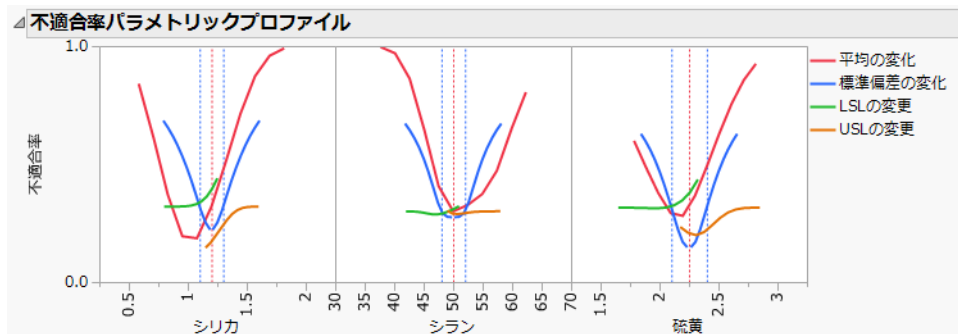
**標準偏差の変化** ばらつきを減少させる効果は、青い曲線で示されます。平均 $\pm 1$ 標準偏差の位置に、青い点線の垂線が表示されます。曲線上の最小点は、不適合率にばらつきがない状態を示します。

**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8.15 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、複数の分布位置に対する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、計画点の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現在値が実験で 사용되는値となります。

実験計画の種類は、ラテン超方格法です。計画点と同数の行が作成されます。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。全体の不適合率（または、その根や対数）には、Gauss過程モデルをあてはめるとよいでしょう。

シミュレーション実験では、指定された分布どおりの乱数を生成するわけではありません。前述のとおり、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。

## シミュレータの別例

ここでは、「予測プロファイル」でシミュレータを使用するその他の例を紹介します。

### 不適合率プロファイルの例

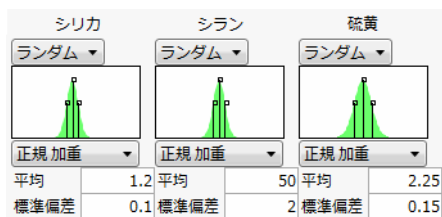
ここでは、「Tiretread.jmp」データテーブルを使用して、不適合率プロファイルの標準的な使用手順を紹介します。「Tiretread.jmp」データテーブルのデータは、「シリカ」、「シラン」、「硫黄」がタイヤスレッドの性能を示す4つの指標にどのような効果を及ぼすかを調べた実験の結果です。

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」、「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。



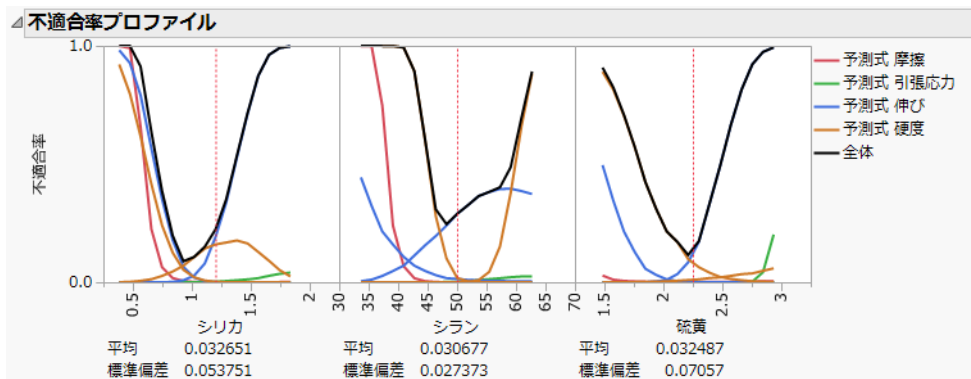
5. 予測プロファイルの赤い三角ボタンのメニューから、[シミュレータ] を選択します。
6. 「シミュレータ」の赤い三角ボタンのメニューにある [仕様限界] をクリックします。
7. 各応答について、仕様限界を入力します (図8.8 (135ページ))。[保存] をクリックします。
8. 各因子は、ランダムに変動する効果として図8.16のように設定します。

図8.16 プロファイルでの変量効果の設定



9. 「シミュレータ」の赤い三角ボタンのメニューから [不適合率プロファイル] を選択し、不適合プロファイルを表示します。曲線、平均、標準偏差は、シミュレーションのたびに異なりますが、だいたい同じ値になります。

図8.17 不適合率プロファイル



メモ: 実際の数値は、図 8.17 に示されているものとは異なる場合があります。

各因子の黒色の線は、他の因子はランダムに変動しているが、該当する因子はある X 値で固定している場合の不適合率を示します。

「シリカ」の曲線を見てみましょう。「シリカ」の値が0.95のとき、不適合率は0.001ですが、「シリカ」が0.4または1.8のときには1にまで上昇しています。「シリカ」は、それ自体、ランダムに変動する因子です。「シリカ」の不適合率プロファイルをその確率分布で積分した結果、不適合率の平均は0.033程度に推定されています。これは、「シリカ」全体における不適合率の平均値を表します。この値は、シミュレーションのヒストグラムの下に表示される全体の不適合率を推定したのですが、全体のシミュレーションではなく、数値積分によって求められています。その他の因子の平均も同様です。求め方が異なっている

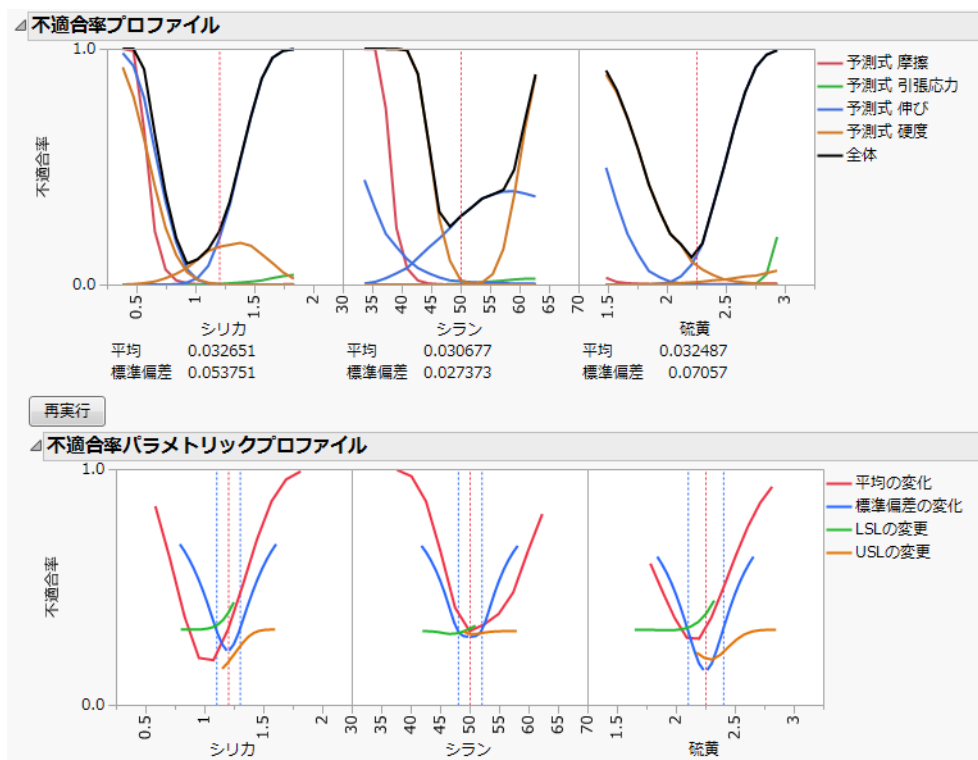


ため、各因子ごとに表示されている平均値と、ヒストグラムの下に表示されている不適合率は、まったく同じ値にはなりません。また、「シリカ」の変動を考慮した不適合率の標準偏差も推定されています。「標準偏差」の値は0.057です。標準偏差は、その因子に対する不適合率の感度を表しています。

3つの因子の標準偏差を見てみると、「硫黄」が「シリカ」よりずっと高い値であること、「シリカ」は「シラン」より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ようです。分布を改善する方法としては、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部品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。

10. 「シミュレータ」の赤い三角ボタンのメニューから「不適合率パラメトリックプロファイル」を選択します。このコマンドは、各因子分布の変化が不適合率にどのような影響を及ぼすかをグラフ化します。

図8.18 不適合率パラメトリックプロファイル



「硫黄」について詳しく調べてみましょう。必要に応じてグラフを拡大し、詳細を確認できるようにします。

まず、現在の不適合率（0.03）が4つの曲線でそれぞれに表現されていることに注目します。

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です。「平均の変化」の曲線は、平均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、平均をずらすことで不適合率がおよそ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です。青色の曲線は、因子の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 $\pm 1$ 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、中心に対して左右対称に引かれます。通常、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」の変動を完全に取り除いた場合、不適合率はおよそ0.003ということになります。これは、0.03よりずっと良い値です。他の不適合率パラメトリックプロファイルを見ると、他の因子の変動を減らすより、「硫黄」の変動を減らす方が効果的なことがわかります。これは、「硫黄」の標準偏差の値から予想される結果に一致します。

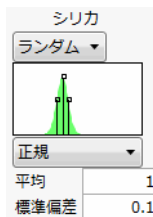
LSLの変更を表す緑色の曲線には、問題解決の鍵が見当たりません。全体の分布が現在の不適合率より高い位置にあるためです。このことから、ばらつきを減らすために、「硫黄」が少なすぎる素材を棄てても、全体の不適合率は低下しないと言えます。

USLの変更を表すオレンジ色の曲線には、問題解決の鍵が隠れています。右から左へたどってみると、曲線は現在の不適合率（0.03）から始まり、「硫黄」のUSLを小さくして、「硫黄」が多すぎる素材を棄てれば、全体の不適合率が改善するのがわかります。しかし、「硫黄」の仕様限界を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。

こうしてすべての因子について調べた結果、最初に行うべき改善処置は2つ考えられます。一つは、「シリカ」の平均を1に変更すること、もう一つは、「硫黄」の変動を減らすことです。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。

11. 1.2だった「シリカ」の平均を1.0に変更します。[再実行] をクリックします。

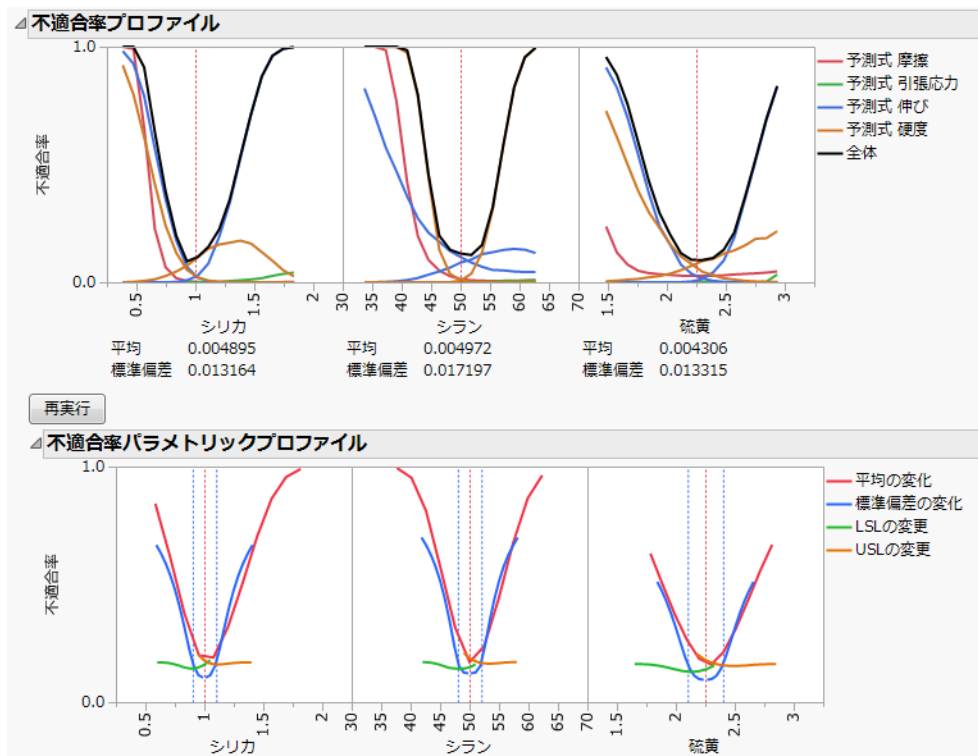
図8.19 「シリカ」の平均の変更



[再実行] をクリックすると新しい曲線が表示されます。



図8.20 調整後の不適合率



不適合率は、およそ0.004と大幅に改善されています。不適合率をさらに下げたい場合は、パラメトリックプロファイルを引き続き検討し、分布に変更を加え、シミュレーションを再実行します。

不適合率がさらに小さな値になると、因子ごとに計算されている不適合率平均の近似精度が、多少悪くなります。計算精度を上げたいときは、プロファイルの範囲内に因子の分布が収まるように設定し、分布の積分の計算精度を高める必要があります。

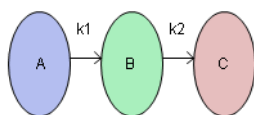
しかし、実践上は、これほどまで細かい微調整はあまり意味がないでしょう。なぜなら、応答曲面モデルの推定のもとになった実験自体が精度が非常に高いことは稀だからです。範囲を調整したら、最適解に近い領域に焦点を当ててもう一度実験を行う必要があるでしょう。



## 確率的最適化の例

ここでは、Box and Draper (1987) の著作から借用し、アレンジした「Stochastic Optimization.jmp」データ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」に変化するとしましょう。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。反応時間が長く、反応温度が高いほど、「B」の量は多くなります。ところが、反応時間を長く、反応温度を高くすると、「B」の一部がまた別の化学物質「C」に変化してしまうという問題があります。どの反応時間、どの反応温度のときに、「B」の量が最大になり、「A」、「C」の量が最小になるのでしょうか。反応時間を短くし、温度を上げるべきか、反応時間を長くし、温度を下げるべきかを調べてみましょう。

図8.21 化学反応



分析の目的は、化学物質「B」の量を最大化することです。アプローチの1つとして、実験を行い、反応収率（化学物質「B」の量）を時間と温度の関数とした応答曲面モデルをあてはめる方法が考えられます。しかし、アレニウスの法則に従った化学反応モデルが広く普及しており、それを使えば、反応収率を直接計算することができます。「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「 $k_1$ 」および「 $k_2$ 」の関数です。反応率は、「反応温度」（ケルビン温度）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。

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」に [Y, 予測式] の役割を割り当てます。
4. [中間計算式の展開] をクリックします。[OK] をクリックします。

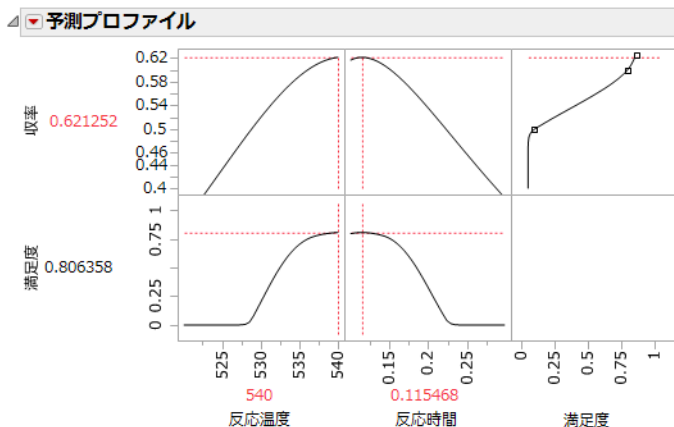
満足度関数を有効にした予測プロファイルが表示されます。満足度関数については、「プロファイル」章の「満足度プロファイルと最適化」（49ページ）を参照してください。

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。

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8.22 「収率」の最大値



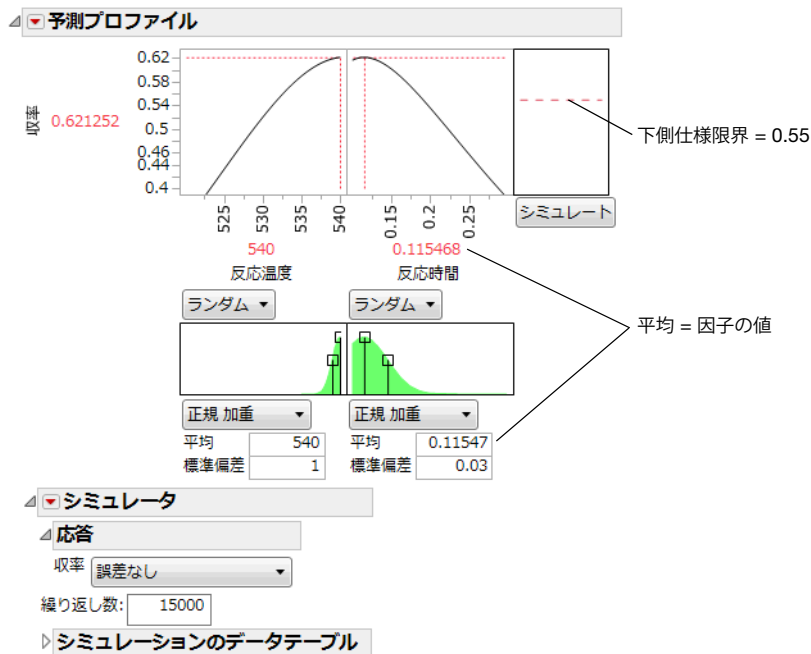
「収率」の値が最大（およそ0.62）になるのは、「反応時間」が0.115、「反応温度」が540度のときです。つまり、温度が高く、時間が短いのが最適と言えます（最適化プロセスでは、ランダムな初期値が使用されるので、結果は分析のたびにわずかに異なります）。

生産環境では、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、仕様外れとして廃棄される製品の割合は、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」の変動をもとに、「収率」の変動と不適合率を調べることができます。

6. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューで「満足度関数」の選択を解除します。
7. 「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから「シミュレータ」を選択します。
8. 図8.23に従って、因子パラメータの入力を行います。「反応温度」は「正規 加重」分布で標準偏差が1、「反応時間」は「正規 加重」分布で標準偏差が0.03です。「平均」パラメータは、デフォルトで現在の因子の値に設定されます。
9. 「繰り返し数」を15,000に変更します。



図8.23 「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8.23に赤い線として表示されています。入力因子の確率変動を設定したら、シミュレーションを実行し、「収率」の変動と不適合率を調べることができます。

10. [シミュレート] ボタンをクリックします。



図8.24 シミュレーションの結果

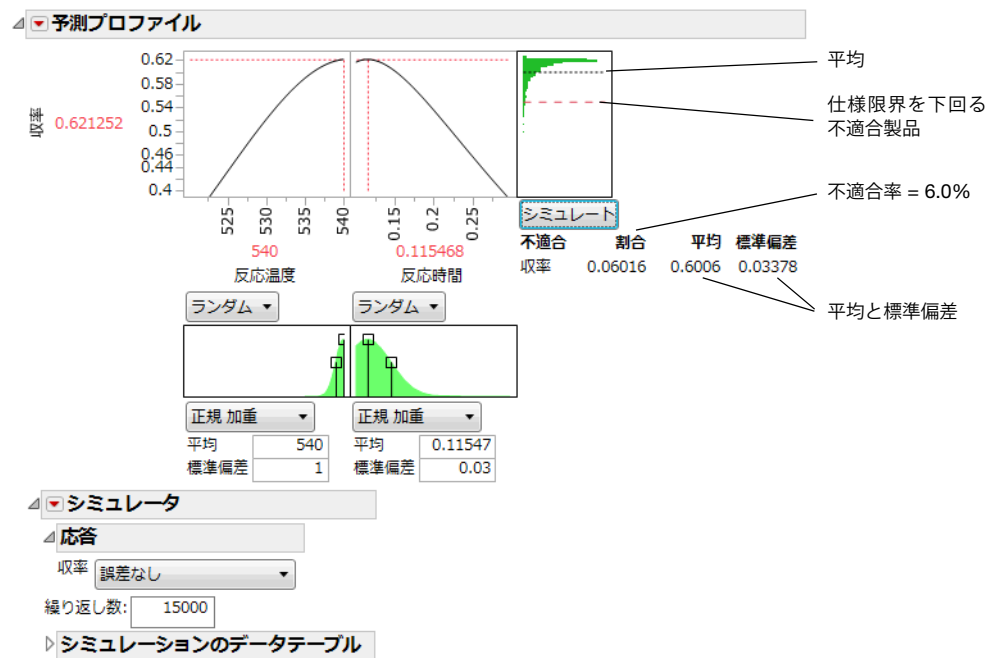


図8.24を見ると、「収率」の予測値は0.62ですが、因子の変動を考慮に入れると、「収率」の平均が0.60、標準偏差が0.03になります。

不適合率はおよそ6.0%です。これは、全製品のおよそ6.0%が廃棄されることを意味します。このように高い不適合率は、ふつうは許容しません。

「反応温度」と「反応時間」の設定を変えると、不適合率はどうなるでしょうか。「反応温度」を535に変更し、「反応時間」を「収率」が最大になるような値に設定してみましょう。

設定を変更する前に、「収率」が最大になるときの因子設定を保存しておきます。

11. 「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] を選択します。
12. 「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8.25 「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

13. ここで、「反応温度」の平均値を535に変更します。

14. 「反応時間」プロットの赤い点線を、「収率」が最大となるような値に動かします（およそ0.16）。「反応時間」の平均値を0.16に変更します。



15. [シミュレート] をクリックします。

図8.26 「温度」が535のときの不適合率

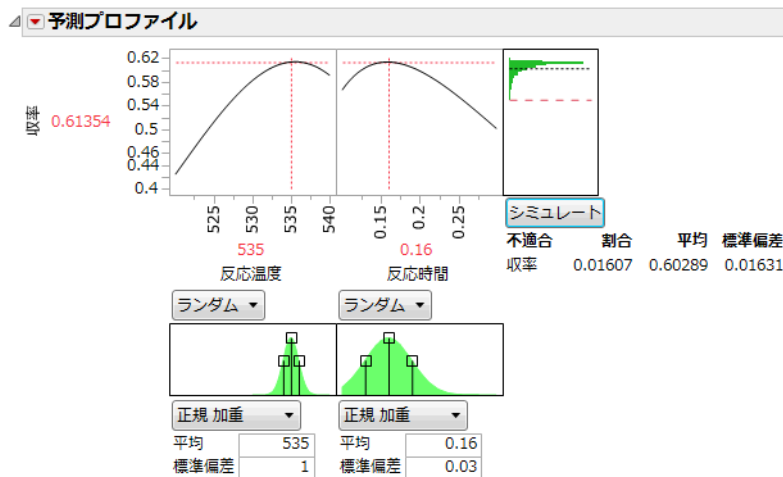


図8.26のように、不適合率はおよそ1.8%にまで下がり、6.0%から大幅に改善されたと言えます。つまり、因子にはばらつきがなく、特定の値に固定できるものとして得られた最適設定は、因子にはばらつきがあるとして得られた最適設定とは一致しないことがわかります。

[シミュレーション実験] を実行すると、不適合率を最小にする「反応温度」と「反応時間」の設定が特定できます。それには、「反応温度」と「反応時間」を使った計画の各計画点で不適合率をシミュレートし、求められた不適合率に予測モデルをあてはめ、そして不適合率を最小化するような「反応温度」と「反応時間」を求めます。

16. 「シミュレータ」の赤い三角ボタンのメニューにある [シミュレーション実験] をクリックします。

17. 実験回数を80、因子空間の割合を1に指定します。[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、不適合率を「反応温度」と「反応時間」の関数とした予測モデルをあてはめる準備ができました。

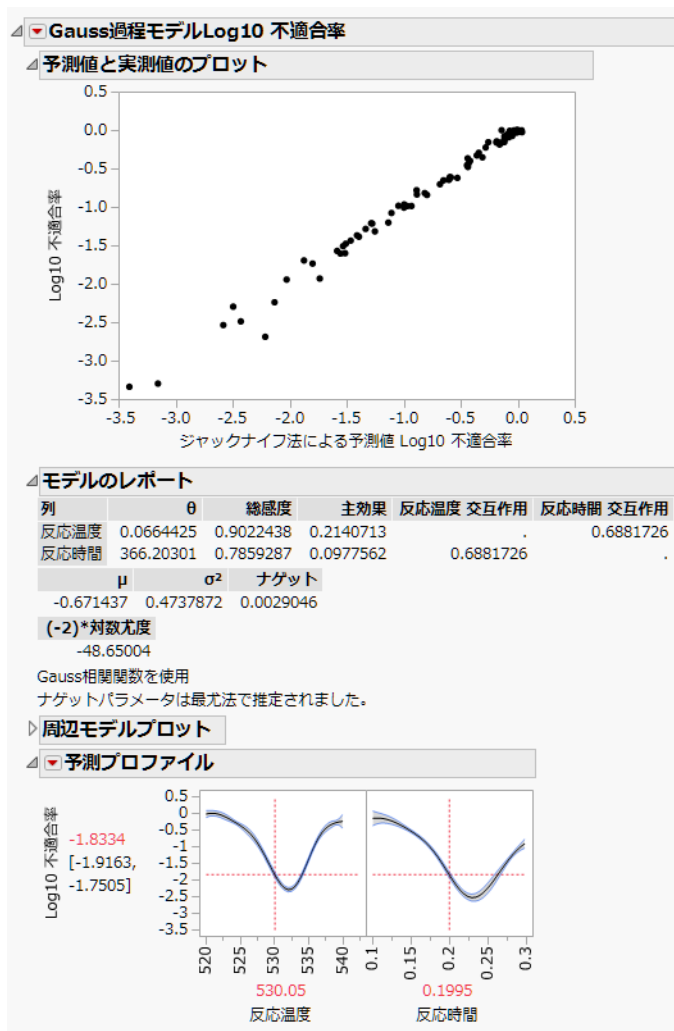
「Stochastic Optimization」のプロファイルウィンドウは、開いたままにします。

18. 新しいテーブルから、「Gauss過程」スクリプトを実行します。

結果は図8.27のようになります。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ります。「Gauss過程」プラットフォームでは、自動的に「予測プロファイル」が起動します。



図8.27 「Gauss過程」であてはめたモデル

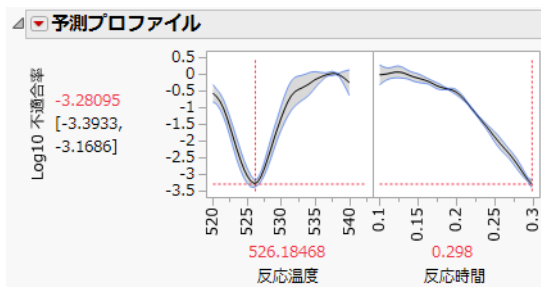


19. 不適合率が最小になる「反応温度」と「反応時間」を特定するため、「予測プロファイル」の赤い三角ボタンのメニューから「最適化と満足度」>「満足度の最大化」を選択します。

満足度関数は、不適合率の最小化を目標としてすでに設定されています。



図8.28 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」がおおよそ526、「反応時間」がおおよそ0.3です。

20. [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。

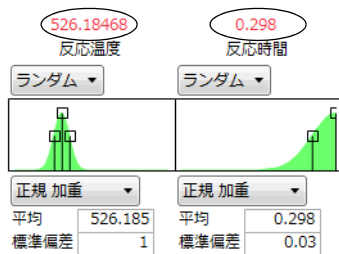
これで、元の「プロファイル」レポートウィンドウの「温度」と「時間」が不適合率を最小化する値に設定されます。

21. 元の「プロファイル」レポートウィンドウに戻ります。

22. 「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] を選択します。

23. 「最小不適合率」と入力し、[OK] をクリックします。

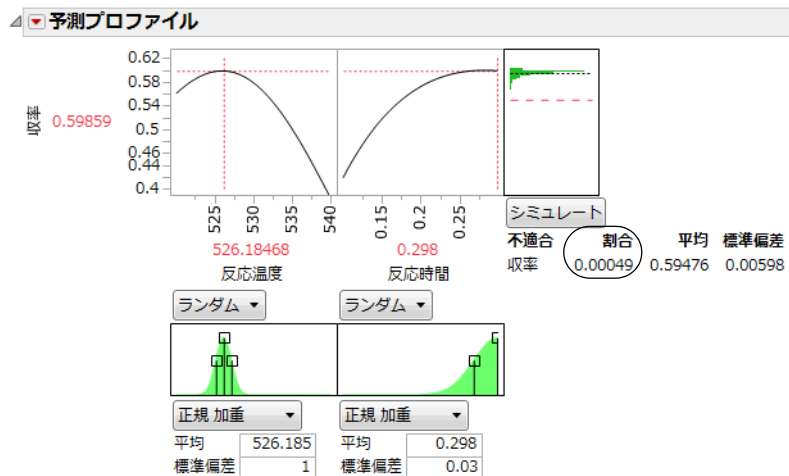
図8.29 不適合率が最小になる設定



24. 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8.30 不適合率の低下

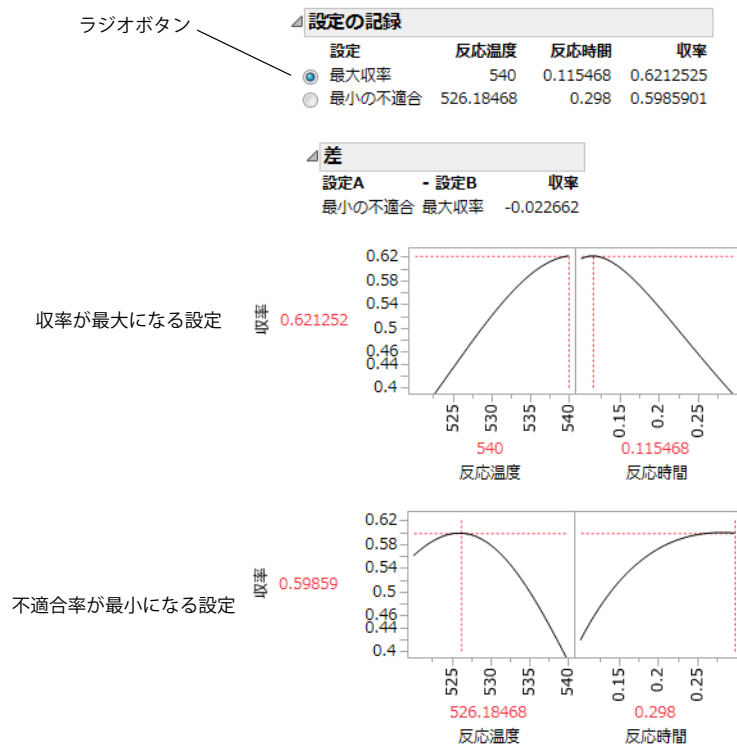


不適合率は約0.05%になり、「収率」の最大化を目標としたときの約6.0%に比べ、大幅に改善されています。その改善率はおおよそ120倍にもなります。最初の設定では、「収率」の平均が0.60でした。新しい平均は0.59です。0.01という下げ幅は、不適合率が120倍も改善されることを考えれば、許容できる値です。[設定を記録] を使って設定を保存してあるので、前の設定と新しい設定を簡単に比較することができます。「差」レポートには差の要約が表示されます。

25. 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8.31 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（変動）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。

## シミュレータの統計的詳細

ここでは、シミュレータの統計的詳細について説明します。

### 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。

この方法は、まず層を定義し、それに対応する確率と重みを計算します。各層は、 $d$  個の因子において半径を次に示す区間ごとに分けたものです。



表 8.3 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	$\sqrt{d + \sqrt{2d}}$	$\sqrt{d + 2\sqrt{2d}}$
$I$	$\sqrt{d + (i-1)\sqrt{2d}}$	$\sqrt{d + i\sqrt{2d}}$
$N_{\text{Strata}} - 1$	前項	$\infty$

デフォルトの層数は12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。

各乱数は、次の手順によって生成されます。

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したときの平均と標準偏差を持った多変量の正規分布となります。「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。







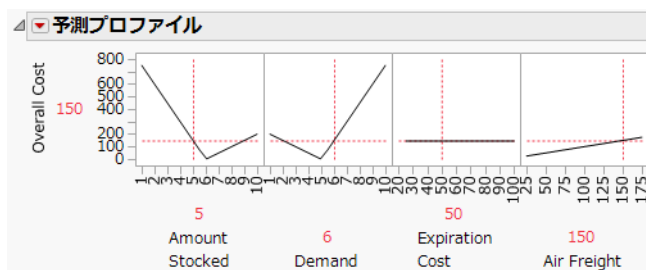
# 第9章

## 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できます。

図9.1 Excelモデルを使ったプロファイルの例





## 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）からプロフィールを作成します。この Excel 用アドインは、JMP のインストール時に自動的にインストールされます。Excel 用アドインでプロフィールを作成するには、2つの手順を実行します。

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 のプロフィールを起動し、Excel モデルを実行します。詳細は、「[JMP プロファイルの実行](#)」（162 ページ）を参照してください。

メモ:

- 「環境設定」、[データテーブル]、[グラフビルダー]、[一変量の分布] の各ボタンは、Excel モデルのプロファイルを作成する際には使用しません。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 のリボンが追加されます。JMP の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 の数式を用います。どの数式も、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

クリップボード

フォント

配置

JMP\_Output\_5cfcff49c...

=IF(B3<=B4,(B4-B3)\*B5,(B3-B4)\*B6)

	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。
- **在庫が需要に等しい場合**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、「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 の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、ワークシート名が表示されます。  
「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「Customer Demand」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:

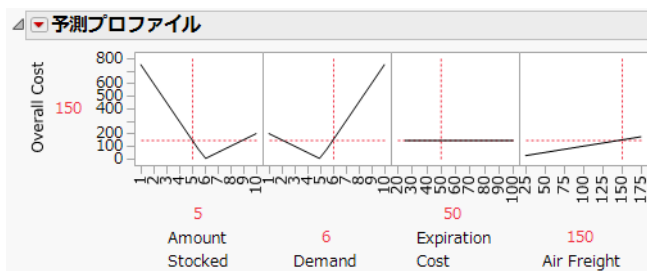
- 「モデルの作成 / 編集」ウィンドウのフィールドに自動的に値が挿入されない場合は、[選択] をクリックし、入力名を含むセルを選択してください。値を指定してから、[適用] をクリックします。
- 1つのワークシートで複数のモデルを作成することができます。「モデルの作成 / 編集」ウィンドウで、「モデル」の横のプラス記号 (+) をクリックしてください。必要に応じて「モデル名」フィールドの名前を変更し、[Apply] ボタンをクリックします。次に、必要に応じて「入力」と「出力」のフィールドに変更を加えて、[OK] をクリックします。
- 1つのワークシート内でモデル全体を定義する必要があります。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 用アドインで次のアクションを実行します。

1. Microsoft Excel で、JMP のリボンをクリックします。
2. [モデルの実行] ボタンをクリックします。
3. 実行したいモデルを選択します。
4. [JMP でのプロファイル] をクリックします。
5. JMP のプロファイルを使えば、入力値が出力値に与える影響が一目でわかります。さらに、出力値が取りうる範囲を確認することもできます。

図9.3 Excelモデルを使ったプロファイルの例



メモ: 元の Excel のワークシートが変更されないよう、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。



---

## 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に線形制約を変更することができます。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。

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。

6. **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** (35 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、デフォルト水準数を多くすると、処理速度が低下します。



---

## 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値と出力値を指定した後、JMP 側からその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。



- Box, G.E.P. and Draper, N.R. (1987), *Empirical Model-Building and Response Surfaces*, New York: John Wiley and Sons.
- Cornell, J.A. (1990), *Experiments with Mixtures*, Second Edition, New York: John Wiley and Sons.
- Derringer, D. 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), *Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, Second Edition, New York: Springer Science and Business Media.
- 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.







## A

Alt クリック [34](#)

## E

Excel プロファイル [160](#)

## F

Five Factor Mixture.jmp [115](#)

Flash (SWF) 形式で保存 [35](#)

## K

K シグマ ( $kx\sigma$ ) [76](#)

## L

LSL の変更 [146](#)

## O

Option クリック [34](#)

OPTMODEL の計算式 [35](#)

## S

Stochastic Optimization.jmp [148](#)

## T

Tiretread.jmp [31](#), [60](#), [143](#)

## U

USL の変更 [146](#)

## W-Z

Y, 予測式 [29](#)

Z 軸のスケールをロック [95](#)

## ア

あてはめのグループ [30](#)

アレニウス [148](#)

## イ

因子グリッドのリセット [46](#)

因子設定 [47](#), [126](#)

因子設定のロック [34](#), [48](#)

## ウ

ウィンドウに合わせて伸縮、曲面プロット [97](#)

## オ

応答曲面計画

    予測プロフィール [83](#)

応答変数の限界 [135](#)

## カ

各グリッド点で最大化 [44](#)

加重ランダム誤差の追加 [134](#)

カスタムプロフィール [122](#)

感度インジケータ [45](#)

## キ

行のデータに設定 [47](#)

曲面の塗り [100](#)

曲面プロット [88](#)

曲面プロット [81](#)

曲面プロフィール [88](#)

## ク

グラフの更新 [81](#)

グリッドテーブルの出力 [48](#)

グリッド密度 [81](#)



## ケ

計算式の表示 35  
限界で折り返し 46  
限界で停止 46  
現在値 34  
現在値の表示 110  
現在の予測値 26

## コ

交互作用 30  
交互作用プロファイル 45  
交差積の項 30  
誤差因子 38  
誤差因子 29  
誤差伝播の法則による区間 43, 76  
誤差なし 134  
固定 131

## サ

最小化 51  
最小値の設定 34  
最大化 51  
最大化オプション 44  
最大値 34

## シ

式 132  
実験回数 129  
シミュレーション実験 133  
シミュレーション値のヒストグラム 128  
シミュレータ 48, 128  
シミュレータ 45  
シミュレート 141  
従属する標本再抽出の入力 55  
仕様限界 133, 135, 144  
条件付き予測 48  
信頼区間 45

## ス

スクリプトの設定 47  
すべてのプロファイルを連動 47

## セ

正規 打ち切り 132  
正規 加重 132, 136  
正規 切断 132  
制約 35  
制約の表示 111  
設定スクリプトのコピー 47  
設定スクリプトの貼り付け 47  
設定を記録 47, 119  
設定をテーブルに追加 47  
線形制約 111  
線形制約 35  
線形制約が課された入力 55  
線形制約の変更 48, 126  
線形制約の保存 48, 126  
線の表示 111

## ソ

増加方向を表す点線 82, 111  
層数 133

## タ

多変量 133  
多変量誤差の追加 134

## チ

チュートリアル为例  
    等高線プロファイル 78–82  
    満足度関数プロファイル 59–60  
中間計算式の展開 29

## テ

データフィルタ 48  
テーブルの作成 129, 136  
デフォルト水準数 48  
展開した計算式を保存 30  
天体球 99  
伝達変動 38

## ト

等高線グリッド 81, 111



等高線グリッドの削除 111

等高線プロファイル 37–38, 78

等高線ラベル 81

等値面 102

独立な一様分布の入力 55

独立な一様分布の入力による変数重要度の評価 55

独立な標本再抽出の入力 55

ドラッグ 26, 31, 51

## ハ

ハードウェアアクセラレーション 99

配合プロファイル 105–106

反復のログ出力 126

## ヒ

ヒストグラムの自動更新 133

表示 34

標準偏差の変化 146

標本 132

## フ

複数の応答変数 31, 59

防ぐ

列の展開 29

不適合率パラメトリックプロファイル 133, 145

不適合率プロファイル 140

不適合率プロファイル 133, 144

プロット点の数 34

プロファイル

従属する標本再抽出の入力 55

線形制約が課された入力 55

独立な標本再抽出の入力 55

変数重要度の評価 54

プロファイル 26

プロファイル、概要 25–30

プロファイルトレース 26

## ヘ

平均のシフト 145

変数重要度 54

変量効果 131

## マ

マウスの移動 81

マウスを離す 81

満足度関数 43, 49

満足度計算式の保存 44

満足度トレース 49

満足度の最大化 43

満足度の設定 44, 51

満足度の保存 44

## メ

メッシュ 100

## モ

目標値 51

モデルのあてはめプラットフォーム

例 59–60, 78–82

モンテカルロフィルタ 48

## ヨ

予測プロファイル 26

## ラ

乱数シード値の設定 133

乱数テーブルの出力 48

ランダム誤差の追加 134

## レ

列の展開を防ぐ 29

## ロ

ロバストなエンジニアリング 38



