

JAPAN 2020

DISCOVERY SUMMIT

ONLINE



JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE



JMPによる 実験と解析の効率化



JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.



●プロフィール



1974年3月	名古屋大学工学部電気工学科卒業
1974年4月	石川島播磨重工業（株）【現IHI】入社
1980年1月	山武ハネウエル（株）【現（株）アズビル】入社
1993年4月	FAシステム事業部技術部長
2002年4月	理事 研究開発本部長
2006年4月	理事 品質保証推進本部長
2011年4月	アズビル金門（株） 参与(開発・品質担当)
2016年4月	東林コンサルティング設立

●主な論文・講演・執筆・指導(2016～)

「生産ラインのヒヤリハットや違和感に関する気づきの発信・受け止めを促進するワークショップの提案」品質管理学会 2016
査読付き論文（2016年度 品質技術賞受賞）

「作業ミスを誘発する組織要因を可視化し改善を促進する仕組みの提案」(Discovery-Japan 2018)

「JMPによる品質問題の解決～不良解析と信頼性予測の事例紹介～」(Discovery-Japan 2019)

大手自動車部品メーカー(T1)の製品開発指導・データサイエンスの指導（2018～

計測機器メーカーの設計・品質の改善指導(実験計画・生産・品質改善)（2016～

大手日系企業の海外工場の品質指導(2016～2018)、品質改善指導（2020～）



JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

今日の講演のポイント

1. 既存実験が決定的スクリーニング計画やカスタム計画で置換できることを示して実験計画の有効性に気づかせる
2. 決定的スクリーニング計画の特徴と使用上のポイント
(アクティブ因子数が過剰になった時の問題解決方法)
3. 複数の表が提示された実験データは多変量解析が無縁である兆候
→ローカルデータフィルタによる多変量的な見方に導く
4. 直交表の内側にノイズを配置したロバスト設計法

[1] 既存実験を 決定的スクリーニング計画やカスタム 計画で置換する



JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.



技術部門でよく行われる実験

- L18実験
- 総当たり実験
- 「特殊」な実験計画

JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.

6

jmp

L18の問題点

- 交絡があるので交互作用のある実験では使えない
 - 「L18最適条件の62%」で発生する再現性の問題*1
 - 宮川教授の割り付け指針*2も万全ではない(次ページ)
- 拡張性がない
 - 8因子に収めるため重要な因子を落としてしまう

*1:「交絡成分の増減に対するL18,L16ロバスト設計の要因効果図比較」森ほか第104回 品質管理学会研究発表会

*2: L18直交配列表における交互作用の出現パターンと割り付けの指針(品質vol.22,No.2)

JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.

7 jmp

L18 交絡の実態を確認する

- 実験計画→古典的計画→タグチ配列
 - 特性(例えば望目)、(1+7) 因子、L18テーブル
- 実験計画→計画の診断→計画の評価
 - 濃い色の部分が交絡の度合いが大きい(X1、X2からみの部分)
 - 「第3列以降に割り付ける」指針は大きな交絡を避けることが目的

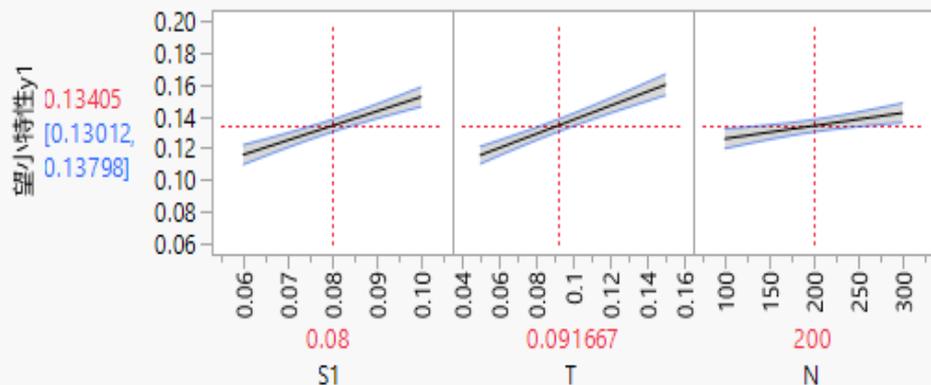


● デモ

総当たり実験の例

- データ：特性y
- 4因子、3水準、81ラン

予測プロフィール



	S1	S2	T	N	望小特性y1
	0.1	360	0.15	300	0.19
	0.06	240	0.05	100	0.073
1	0.06	240	0.15	100	0.123
2	0.06	240	0.15	200	0.125
3	0.06	240	0.15	300	0.129
4	0.06	240	0.075	100	0.102
5	0.06	240	0.075	200	0.114
6	0.06	240	0.075	300	0.114
7	0.06	240	0.05	100	0.102
8	0.06	240	0.05	200	0.110
9	0.06	240	0.05	300	0.108
10	0.06	300	0.15	100	0.110
11	0.06	300	0.15	200	0.150
12	0.06	300	0.15	300	0.166
13	0.06	300	0.075	100	0.092

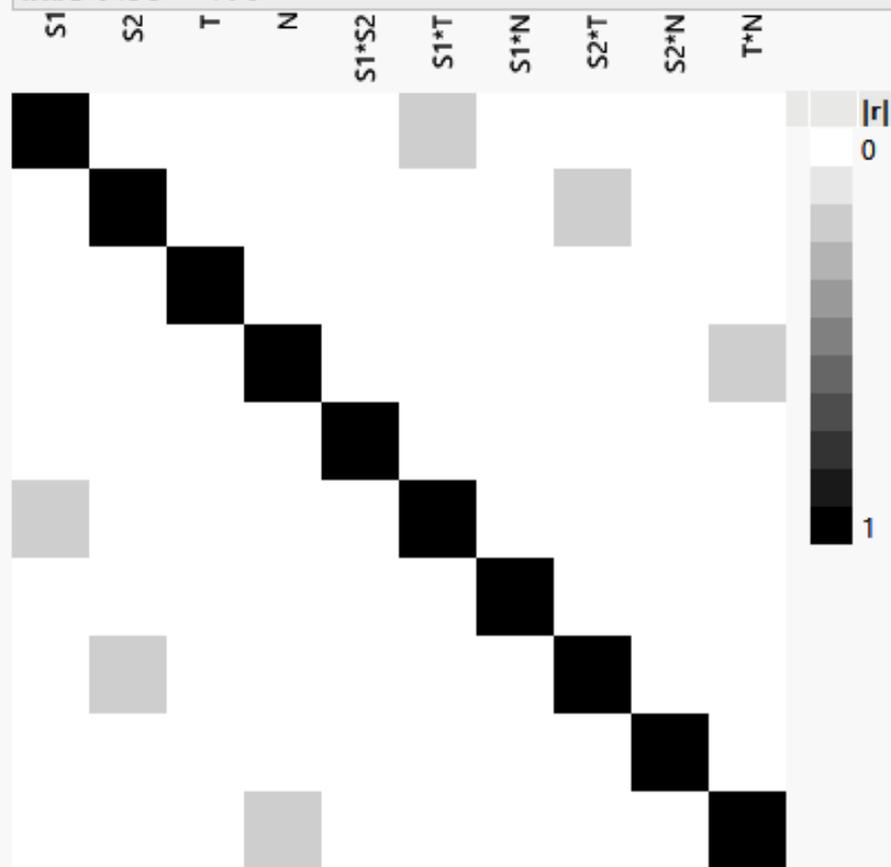
実験計画の評価

- 交互作用の0.2が主効果に交絡している

交絡行列

効果	S1*S2	S1*T	S1*N	S2*T	S2*N	T*N
切片	0	0	0	0	0	0
S1	0	-0.17	0	0	0	0
S2	0	0	0	-0.17	0	0
T	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	-0.17

関連のカラーマップ



実験を 決定的スクリーニング計画(DSD) で置き換える

JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.

jmp

DSD

- 交絡の影響を受けずに主効果を正確に推定できる

- 実験数が少なくても済む

- ASQのBRUMBAUGH AWARD WINNERS受賞(2012)

<https://asq.org/about-asq/asq-awards/honors/brumbaugh>

- 統計数理研究所が日本に紹介(2014)

<https://www.ism.ac.jp/noe/service-center/2014/09/19/d0008/index.html>

JAPAN 2020



<2014年11月6日(木)開催> 製品の設計と開発のための統計解析

主催：統計数理研究所サービス科学研究センター 主催

共済：文部科学省委託事業データサイエンティスト育成ネットワークの形成

SAS Institute Japan株式会社 JMPジャパン事業部

製品の設計と開発のための統計解析

～ 実験計画法における統計教育と最近の話題 ～

このたび、統計数理研究所サービス科学研究センターでは、「製品の設計・開発のための統計解析～実験計画法における統計教育と最近の話題～」のセミナーを下記の日程で開催いたします。

前半は、長年、ものづくり企業及び大学の統計教育を実践されてきた高橋武則教授による「設計まで視野に入れた実験計画法の実技演習型教育」、後半は、Dr. Bradley Jonesによる実験計画法における最新トピックスの「決定的スクリーニング計画 (Definitive Screening Design)」(2012年 ASQ Brumbaugh Award) を講演していただく予定です。

DSDの作成

- 実験計画

→ 決定的スクリーニング計画

- 追加実験数は
デフォルト4を選択

→ 17Run DSDが生成

決定的スクリーニング計画

応答

応答の追加 ▼ 削除 応答数...

応答名	目標	下側限界	上側限界
DSD望小特性 オプションの項目	最小化	.	.

因子

名前	役割	値	
S1	連続変数	0.06	0.1
S2	連続変数	240	360
T	連続変数	0.05	0.15
N	連続変数	100	300

計画のオプション

- ブロック因子なし
- ブロック因子を追加(2乗項を推定するための中心点も追加)
- ブロック因子を追加(中心点は追加しない)

ブロックの数

追加の実験回数

計画の作成

作成したDSD17

- 折り返し配列（DSDの特徴）
- 81ランの実験からピックアップして特性yに転記する
- 81ランに無い実験は欠測値とする

	S1	S2	T	N	DSD望小 特性y1
	0.1	360	0.15	300	0.19
	0.06	240	0.05	100	0.073
1	0.06	240	0.05	300	0.108
2	0.06	240	0.15	100	0.123
3	0.06	240	0.15	300	0.129
4	0.06	300	0.05	100	0.073
5	0.06	360	0.05	300	0.093
6	0.06	360	0.1	100	•
7	0.06	360	0.15	200	0.154
8	0.08	240	0.05	100	0.134
9	0.08	300	0.1	200	•
10	0.08	360	0.15	300	0.181
11	0.1	240	0.05	200	0.114
12	0.1	240	0.1	300	•
13	0.1	240	0.15	100	0.163
14	0.1	300	0.15	300	0.192
15	0.1	360	0.05	100	0.125
16	0.1	360	0.05	300	0.136
17	0.1	360	0.15	100	0.172

決定的スクリーニング計画あてはめ

決定的スクリーニングのあてはめ 摩耗量1

ステージ1 - 主効果の推定値

項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t)
S1	0.0185	0.0052	3.5356	0.0166*
T	0.0236	0.0048	4.8805	0.0046*

統計量

統計量	値
RMSE	0.0181
自由度	5

- 2乗項を強い親子関係に従わせる
- 交互作用を強い親子関係に従わせる

ステージ2 - 偶数次効果の推定値

項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t)
切片	0.1355	0.004	33.675	<.0001*

統計量

統計量	値
RMSE	0.0151
自由度	6

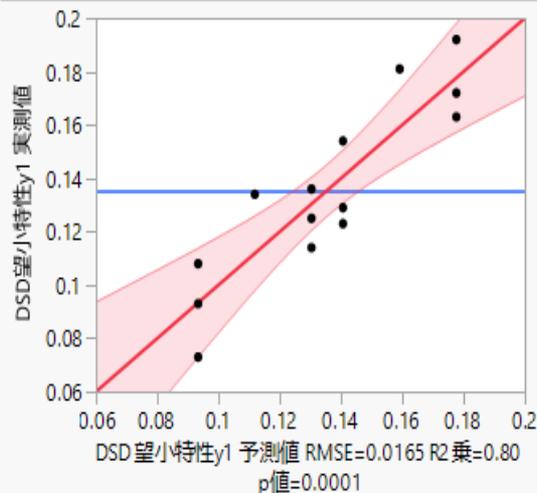
組み合わせたモデルのパラメータ推定値

項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t)
切片	0.1355	0.0044	30.686	<.0001*
S1	0.0185	0.0048	3.8788	0.0026*
T	0.0236	0.0044	5.3543	0.0002*

統計量

統計量	値
RMSE	0.0165
自由度	11

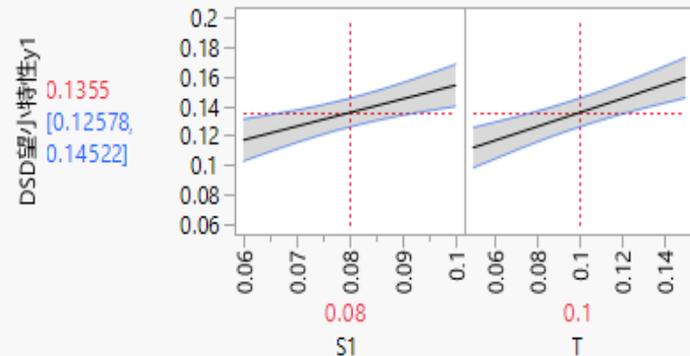
予測値と実測値のプロット



効果の要約

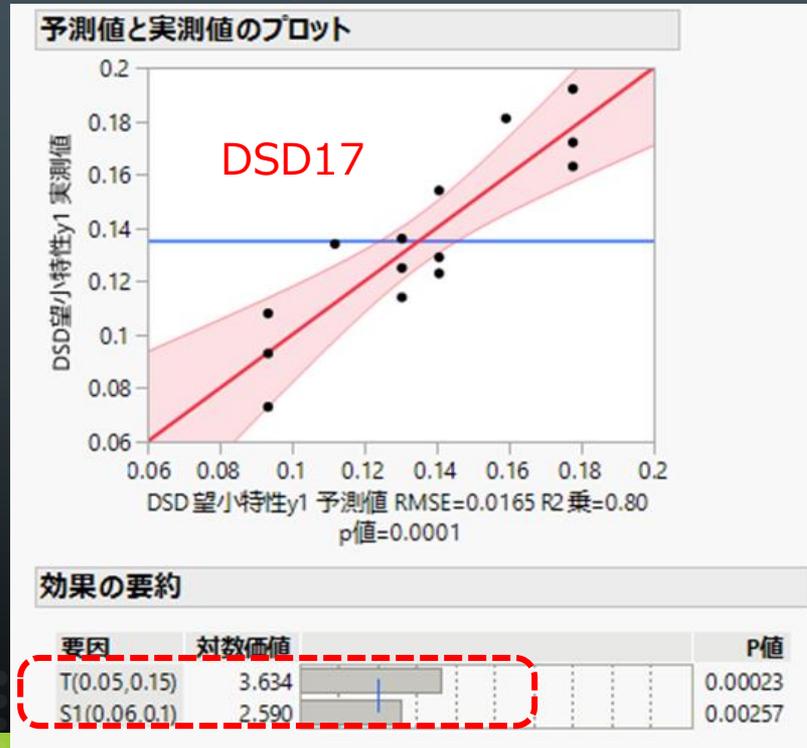
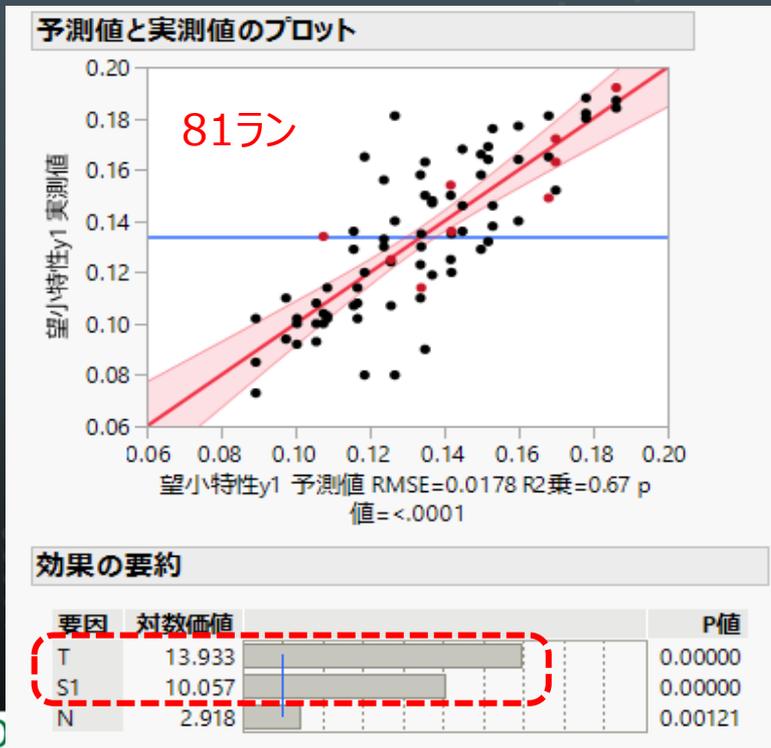
要因	対数値値	P値
T(0.05,0.15)	3.634	0.00023
S1(0.06,0.1)	2.590	0.00257

予測プロファイル



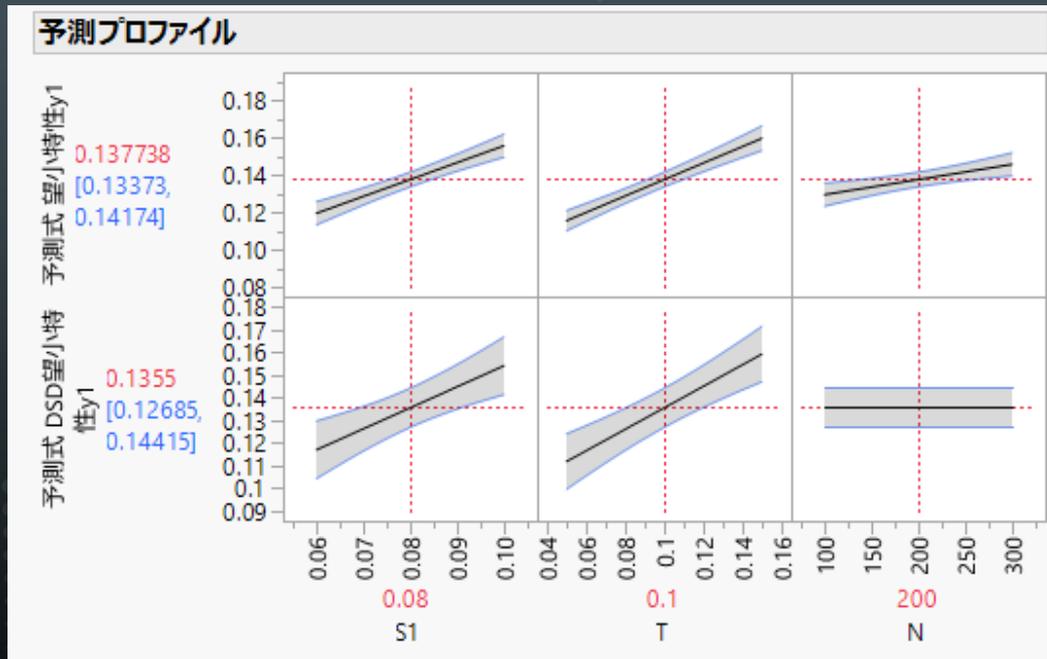
81ラン vs DSD : 予測値と実測値プロット比較

- 主要2因子は一致



81ラン vs DSD : 予測プロファイルの比較

- 81ランのテーブルにDSD予測式をコピーして両者を比較



JMP実験計画による置き換え（まとめ）

- 連続量因子の実験はDSDで置き換える
- カテゴリー因子・離散値の場合はカスタム計画で置き換える
- 実験データは既存の実験データから拾い出す
- 該当データがなければ欠測値とする
- 欠測値で解析できなければ既存モデルの推定値を使う
- 実験数が大幅削減しても予測できることを示す

JAPAN 2020

[2] 決定的スクリーニング計画の 特徴と実用上のポイント

～アクティブ因子数が過剰になった時の対処方法～



JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.



DSDの特徴

- 実験数が因子数 m の2倍程度($2m+5$)で済む
- 主効果は直交している
- 主効果に交互作用が交絡しない
- 交互作用間の強い交絡がない
- **アクティブ**因子数が**過剰**(因子数以上)になると交互作用や2乗項の正しい推定ができない

アクティブ因子過剰時のシミュレーションを行う

- 10因子(X1~X10), 25ランのDSDでシミュレーション
- 正しく推定できる場合
 - 10因子がアクティブで交互作用がない場合
 - アクティブな交互作用や2乗項の総数が10以下の場合
- 正しく推定できない場合
 - アクティブ因子数が10以上の場合(主効果のみ推定可能)
- 次ページ以降にシミュレーションの結果を示す

アクティブ因子数 9 (6*ME+2*2FI+Sqのモデル)

- 9 < 10なので全因子推定可能

《実モデル》

X1 • 10

+ X2 • 8

+ X3 • 7

+ X4 • 5

+ X5 • 4

+ X6 • 3

+ X7 • X2 • 10

+ X3 • X4 • 10

+ X5 • X5 • 30



効果の要約

要因	対数価値	P値
X1	20.604	0.00000
X3*X4	20.089	0.00000
X5*X5	20.057	0.00000
X1*X2	20.000	0.00000
X2	19.216	0.00000 ^
X3	18.262	0.00000 ^
X4	16.504	0.00000 ^
X5	15.114	0.00000 ^
X6	13.624	0.00000
X1*X4	1.867	0.01358

●デモ

DSD作成

Y計算式とノイズ

予測式

0.032929487

+ 9.9584971265 • X1

+ 7.9237821862 • X2

+ 6.7695372985 • X3

+ 5.0644136504 • X4

+ 4.0232156346 • X5

+ 3.140913749 • X6

+ X1 • (X2 • 10.048935188)

+ X1 • (X4 • 0.3151922509)

+ X3 • (X4 • 10.014926609)

+ X5 • (X5 • 29.918658096)

JAPAN 2020

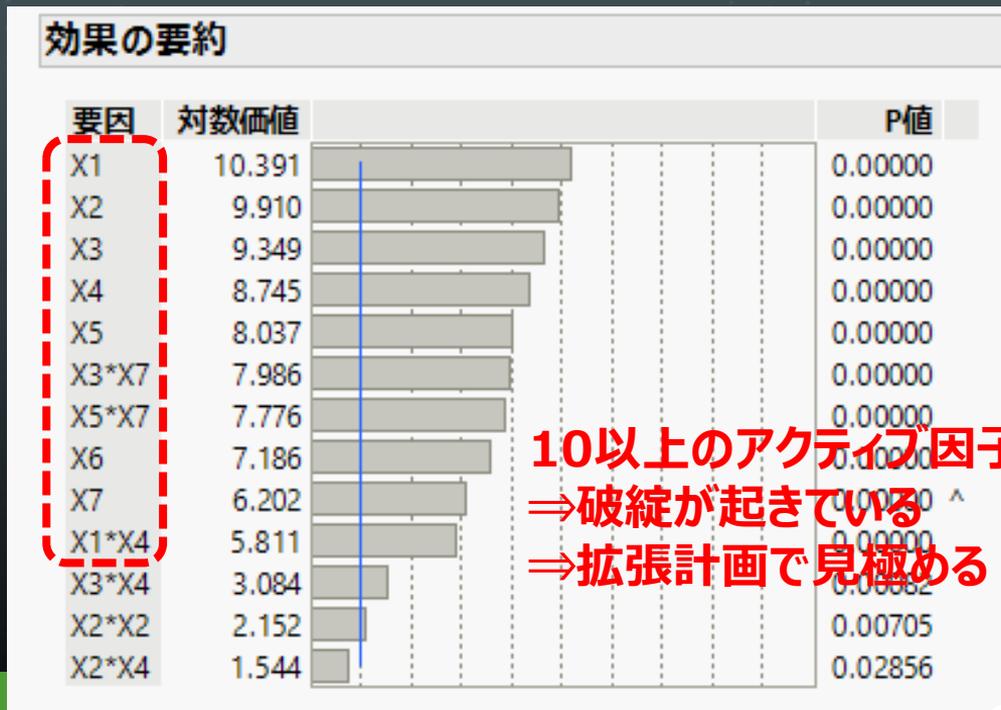
DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

アクティブ因子数13(7*ME+5*2FI+Sqのモデル)

- アクティブ因子数 ≠ 10なのでME(破線部)以外は信用できない

実モデル

X1	•	10		
+ X2	•	9		
+ X3	•	8		
+ X4	•	7		
+ X5	•	6		
+ X6	•	5		
+ X7	•	4		
+ X4	•	X4	•	8
+ X1	•	X2	•	5
+ X1	•	X4	•	5
+ X3	•	X6	•	5
+ X3	•	X7	•	5
+ X5	•	X7	•	5



拡張計画によるリカバリ

- 実験計画→X1～X7拡張計画
→RSMで作成
- 破線部が拡張部分(17run)

▼ 拡張計画

▲ 因子

名前	役割	変更	値	
X1	連続変数	容易	-1	1
X2	連続変数	容易	-1	1
X3	連続変数	容易	-1	1
X4	連続変数	容易	-1	1
X5	連続変数	容易	-1	1
X6	連続変数	容易	-1	1
X7	連続変数	容易	-1	1
ブロック	ブロック	容易	1	2

追加する実験を別のブロックに入れる

▶ 因子の制約を定義

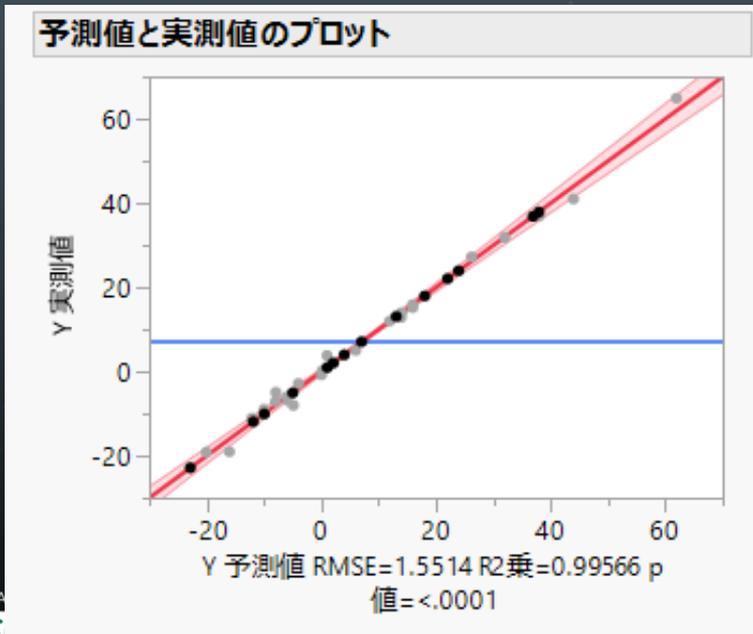
拡張選択

反復 中心点の追加 折り重ね 軸点の追加 Space Filling **拡張計画**

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	ブロック	Y
21	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	
22	1	1	-1	0	1	-1	1	1	
23	1	1	-1	1	1	1	-1	1	
24	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	
25	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	
26	1	0	-1	1	-1	1	-1	2	
27	-1	1	0	1	1	0	-1	2	
28	0	0	0	0	1	1	-1	2	
29	-1	-1	-1	0	0	-1	1	2	
30	1	0	-1	0	1	-0.32	-1	2	
31	0	-1	1	0	0	1	1	2	
32	1	1	0	1	-1	0	0	2	
33	1	-1	-1	0	0	1	0	2	
34	0	0	-1	1	1	-1	0	2	
35	1	-1	0	1	0	-1	-1	2	
36	1	1	1	-1	1	-1	0	2	
37	-1	1	0	-1	-1	0	-1	2	
38	-1	0	1	1	1	1	0	2	
39	1	-1	1	0	-1	-1	0	2	
40	1	0	1	1	0	-1	1	2	
41	0	0	1	-1	0	-1	-1	2	
42	0	-1	1	1	-1	0	-1	2	

拡張計画によるリカバリー(モデルのあてはめ結果)

- データ：交絡のある実験DSD25_7me & 5twofi & Sq_拡張計画
- すべての2 FIと2乗項が正しく推定されている



要因	対数値値	P値
X1	23.359	0.00000
X2	22.041	0.00000
X3	21.266	0.00000
X4	19.474	0.00000
X5	17.370	0.00000
X6	16.058	0.00000
X3*X7	13.972	0.00000
X1*X4	13.626	0.00000
X7	13.336	0.00000 ^
X3*X6	13.092	0.00000
X1*X2	13.038	0.00000
X5*X7	12.385	0.00000
X4*X4	11.751	0.00000
X3*X4	0.032	0.92943

DSD実施 事例

- 経験的にアクティブ因子過剰となるのは稀

ラン	因子数	アクティブ因子数	(2FI+Sq数)	R ²
32	13	6	0	0.83
17	5	4	2	0.90
37	15	10	5	0.86
22	8	5	1	0.84
17	6	4	0	0.88
18	6	3	0	0.92

DSDポイント

- ステージ 1 のp値、ステージ2のp値
 - デフォルトの値でステージ2の交互作用や2乗項が拾えない場合に小さい値に設定すると拾える場合がある
- Blockの活用
 - 全反復の代わりにBlockを使うことで実験数の削減が実現できる

▼ 決定的スクリーニングのあてはめ Y				
				値(Prob> t)
	やり直し			
	スクリプトの保存			
	ステージ1のp値を設定			<.0001*
	ステージ2の比を設定			<.0001*
X4	7.0125	0.0219	319.98	<.0001*
X5	6.0137	0.0219	274.4	<.0001*
X6	4.9857	0.0219	227.49	<.0001*
X7	3.9926	0.0219	182.18	<.0001*

[3] 複数の表が提示された実験データ
は多変量解析が実施されていない兆候
→ローカルデータフィルタによって
多変量的な観察に導くことができる



JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.



冷蔵庫の塗装不良の解明

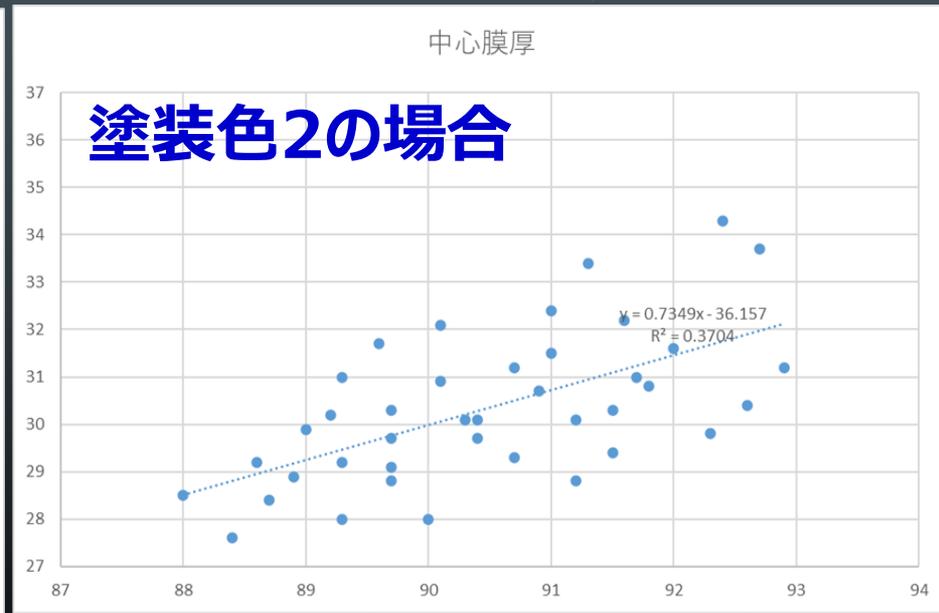
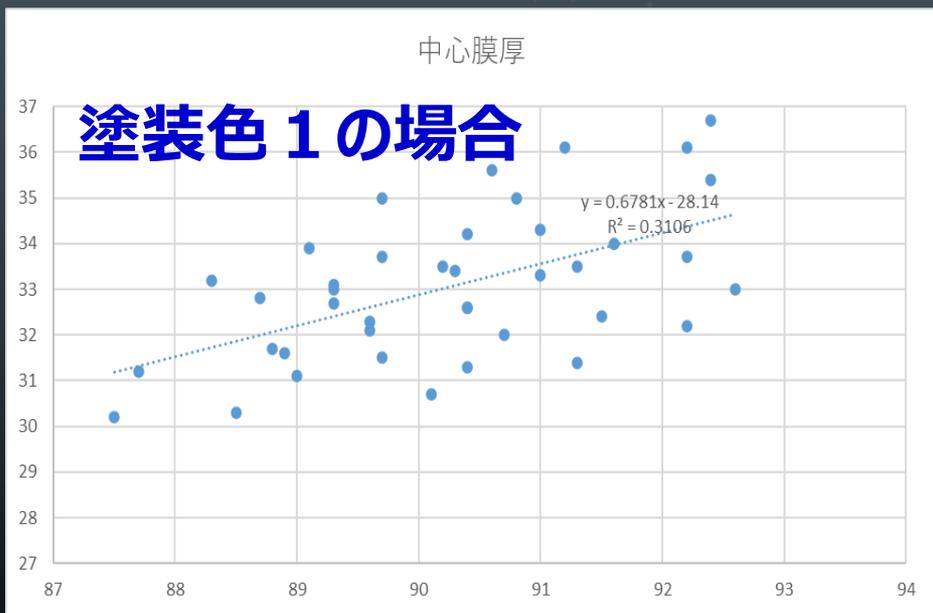
- 宮川先生の本の事例「冷蔵庫塗装不良」を使って説明します
- 膜厚異常を防ぐ条件を発見する
 - 膜厚規格は $32 \pm 4 \mu$
- 4因子と中心膜厚のデータを解析
(データ数80)

シナー種	塗装色	機種	吐出量	中心膜厚
1	1	国内	92.9	36.7
2	2	国外		
			87.5	27.6
1	1	1 国外	87.5	30.2
2	1	1 国内	87.7	31.2
3	1	2 国外	88.0	28.5
4	1	1 国外	88.3	33.2
5	1	2 国内	88.4	27.6
6	1	1 国内	88.5	30.3
7	1	2 国内	88.6	29.2
8	1	2 国外	88.7	28.4
9	2	1 国内	88.7	32.8

データ出所：「問題発見と解決の科学 SQCの基本」宮川雅巳 日本規格協会 2008

現場でよく見かけるExcelによる2変量解析-1

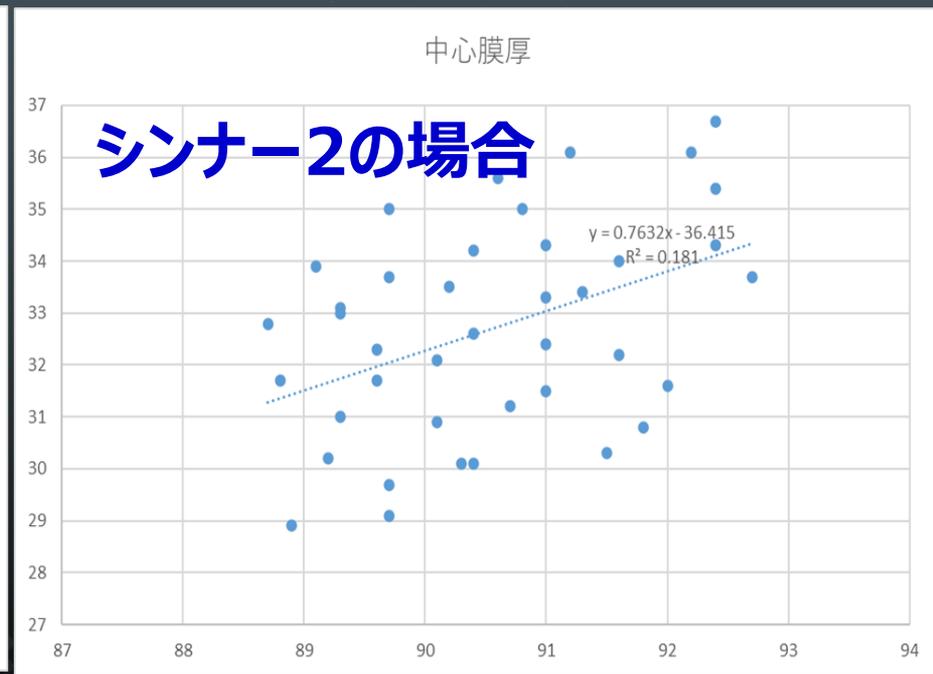
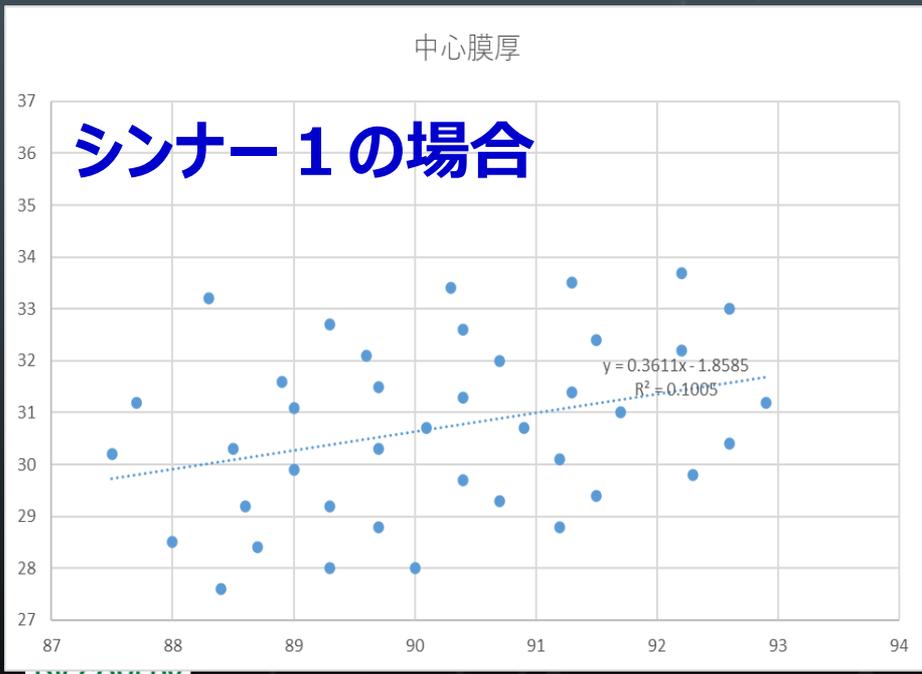
■ 吐出量と中心膜厚の関係 その1



JAPAN 2020

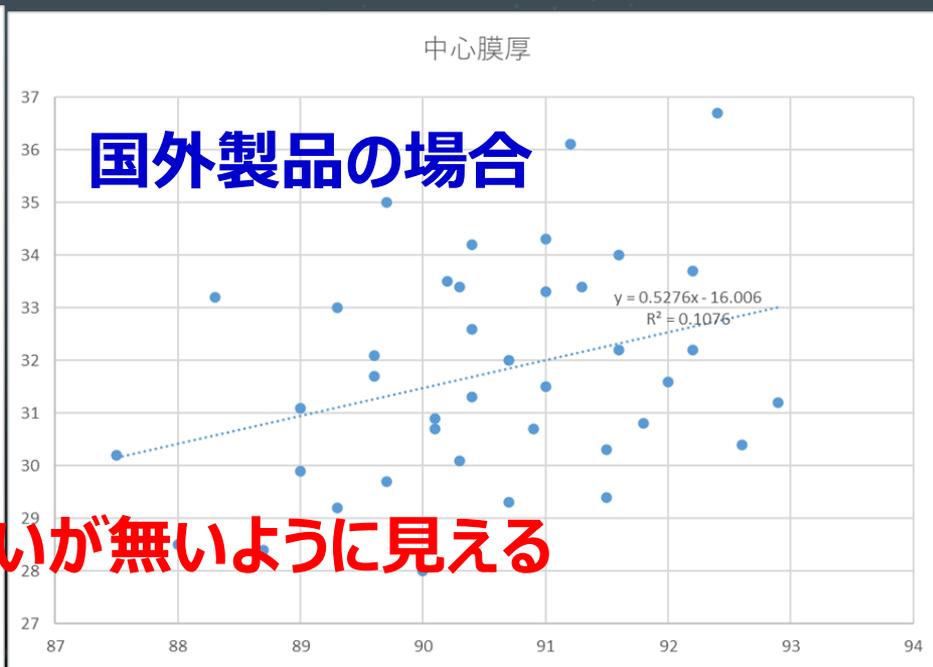
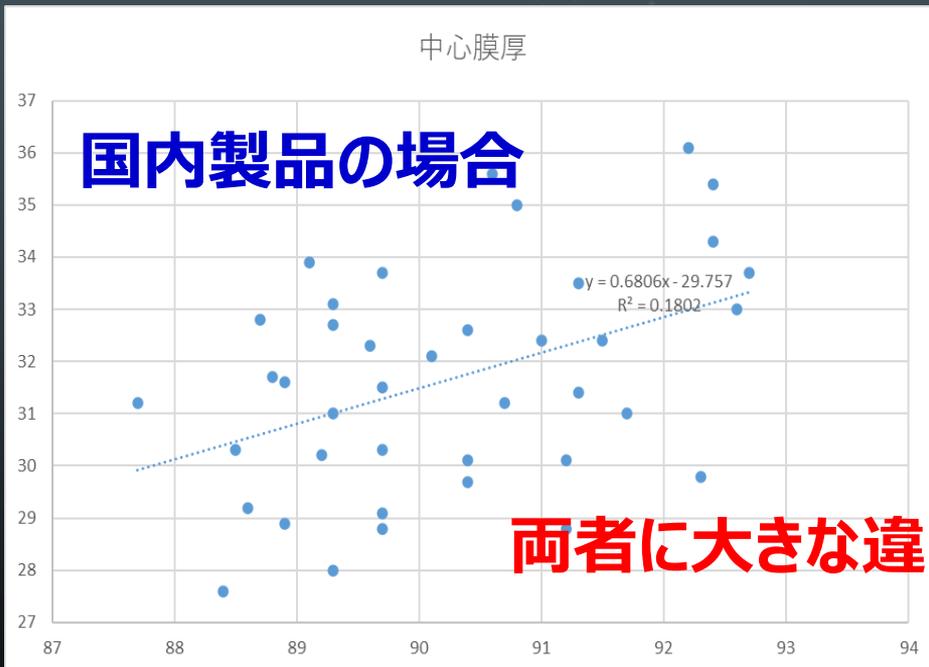
現場でよく見かけるExcelによる2変量解析-2

■ 吐出力と中心膜厚の関係 その2



現場でよく見かけるExcelによる2変量解析-3

■ 吐出量と中心膜厚の関係 その3



両者に大きな違いが無いように見える

Excelによる2変量解析の落とし穴

- 交互作用を見落とす

→国内・国外の差が見えない

- 数理モデルが無い

→全体の姿が見えない(プロファイルがない)

ローカルデータフィルタによる 多変量的な見方

●デモ

X:吐出量, Y:中心膜厚◎

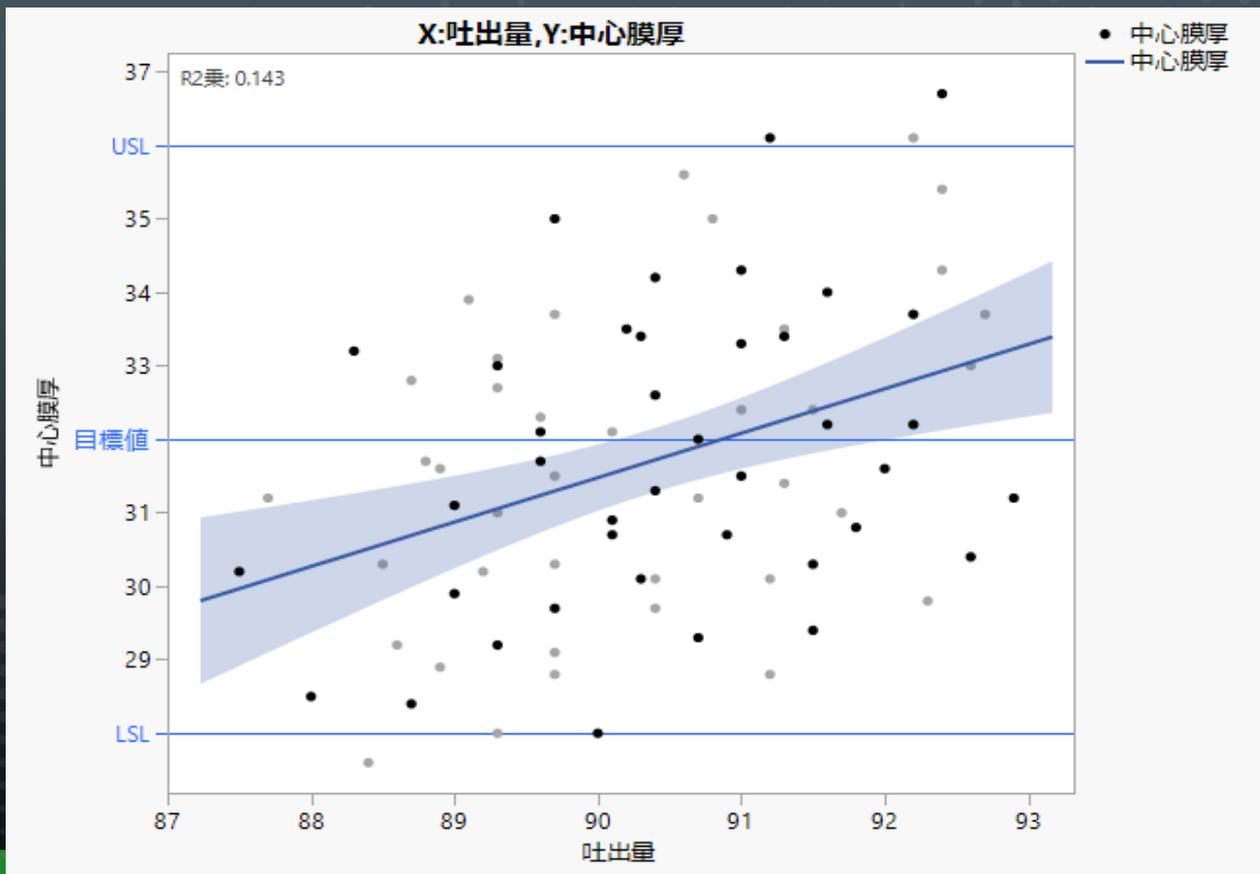
JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.

jmp

吐出量と中心膜厚(JMPによる解析)



吐出量と中心膜厚：塗装色による違い

ローカルデータフィルタ

表示 含める
該当する行が40行あります。
 逆にする

シナー種 (2)

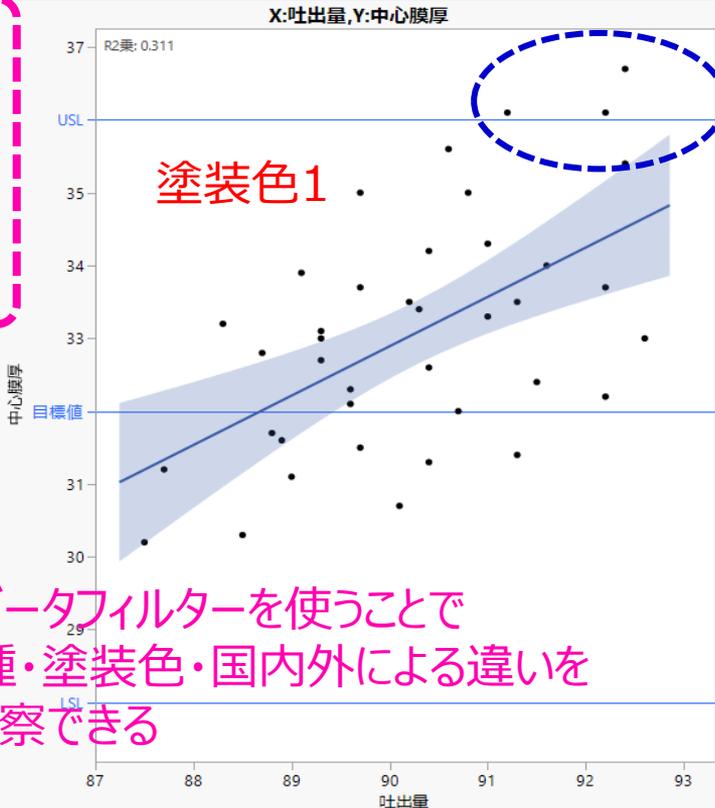
1	2
---	---

塗装色 (2)

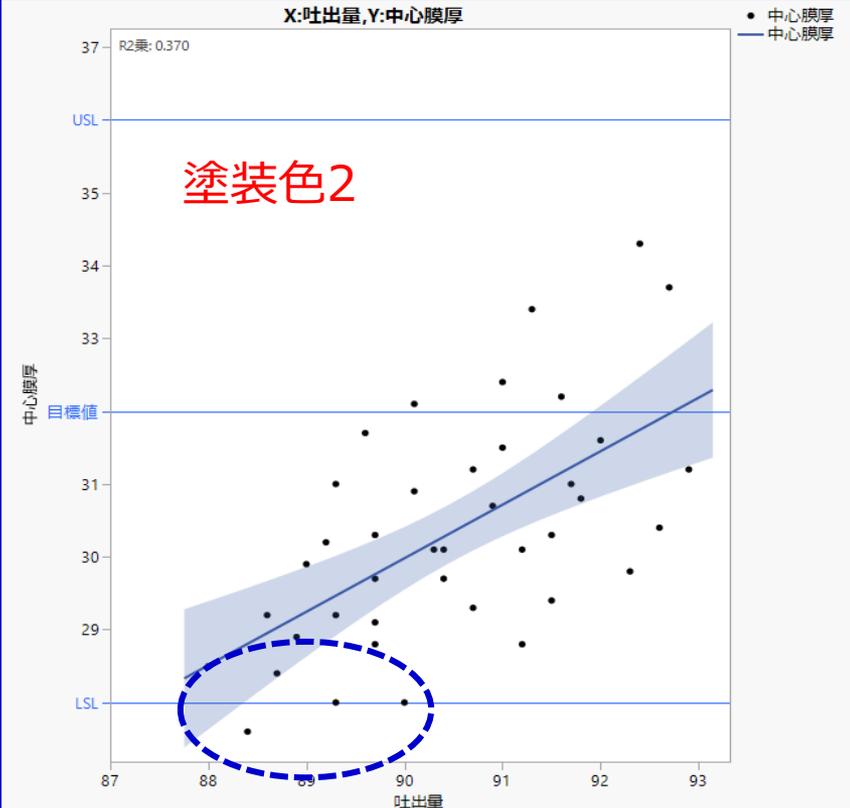
1	2
---	---

機種 (2)

国内	国外
----	----



塗装色1



塗装色2

ローカルデータフィルタを使うことで
シナー種・塗装色・国内外による違いを
動的に観察できる

Where(塗装色 = 1)

Where(塗装色 = 2)

吐出量と中心膜厚：シナーによる違い

ローカルデータフィルタ

- 表示 含める
該当する行が40行あります。
 逆にする

シナー種 (2)

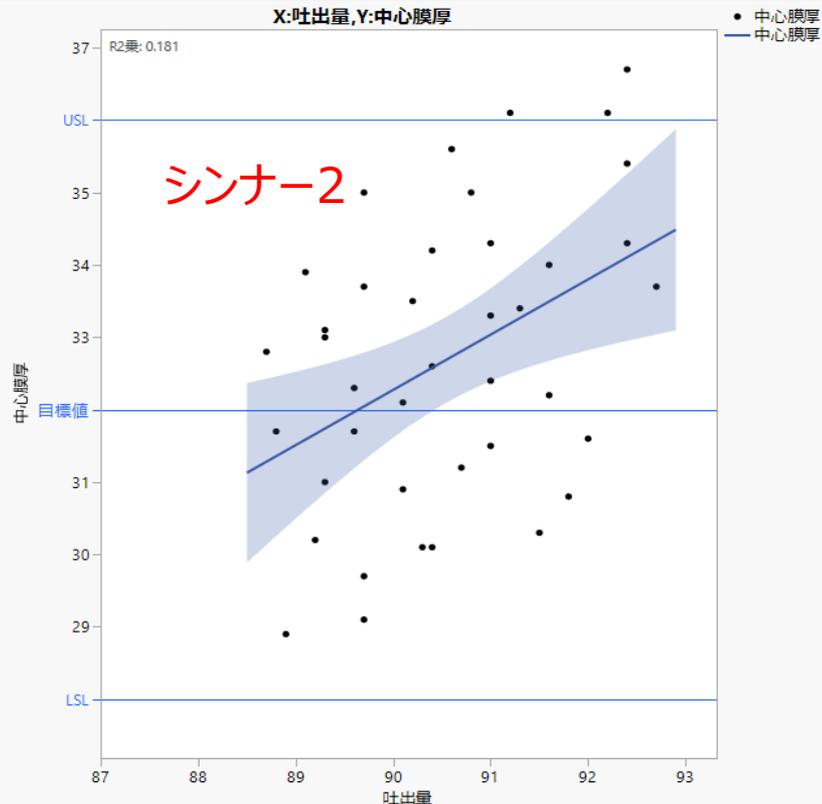
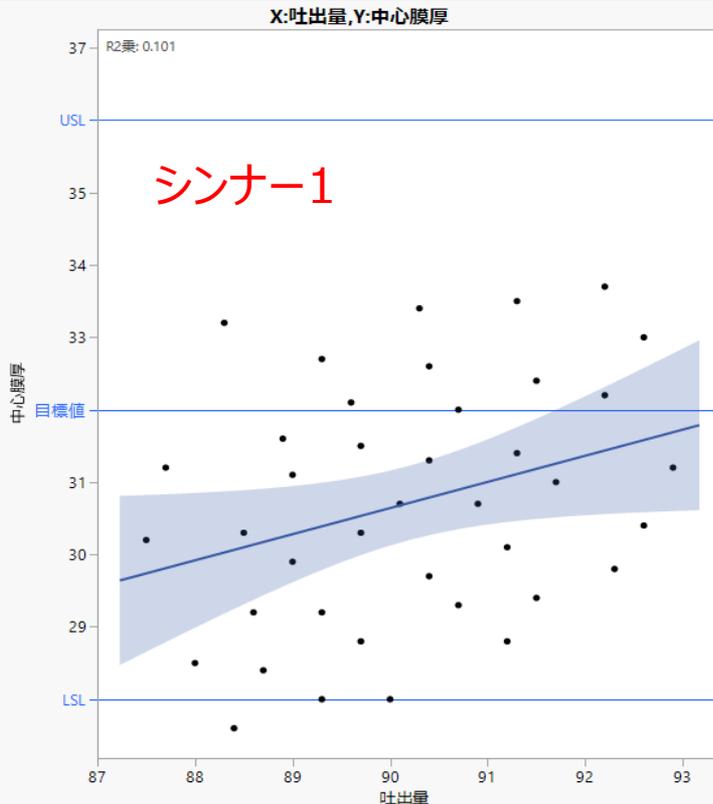
1 2

塗装色 (2)

1 2

機種 (2)

国内 国外



吐出量と中心膜厚：塗装色による違い

ローカルデータフィルタ

表示 含める
該当する行が40行あります。
 逆にする

シナー種 (2)

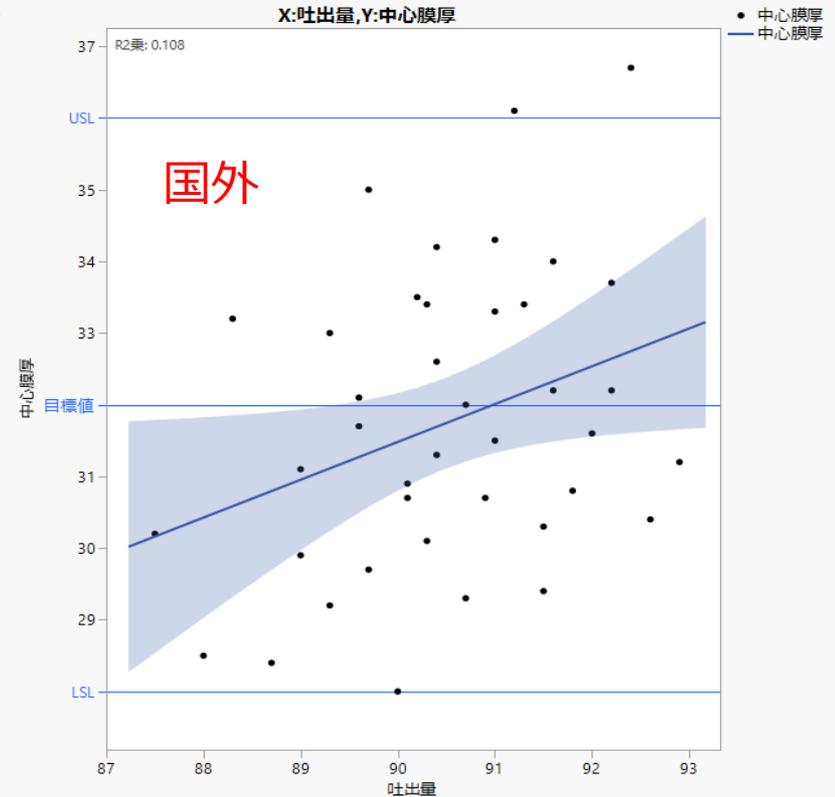
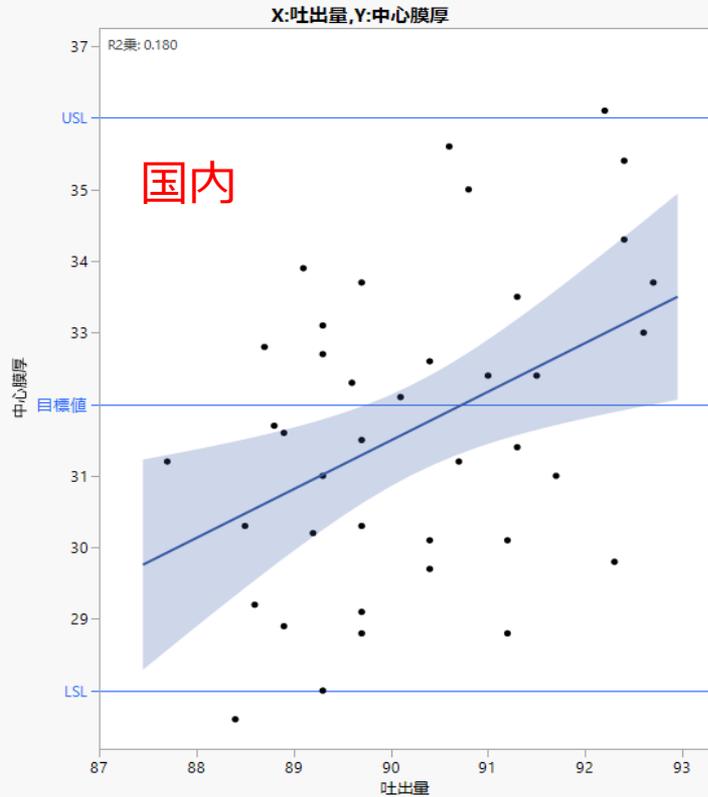
1 2

塗装色 (2)

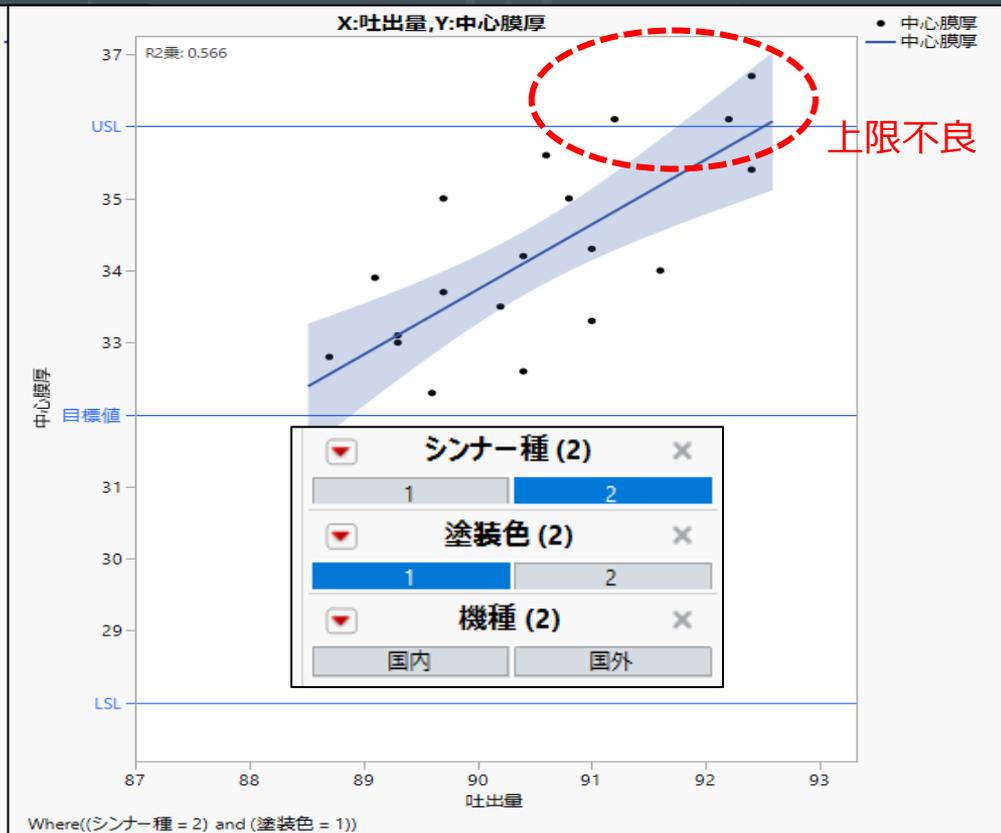
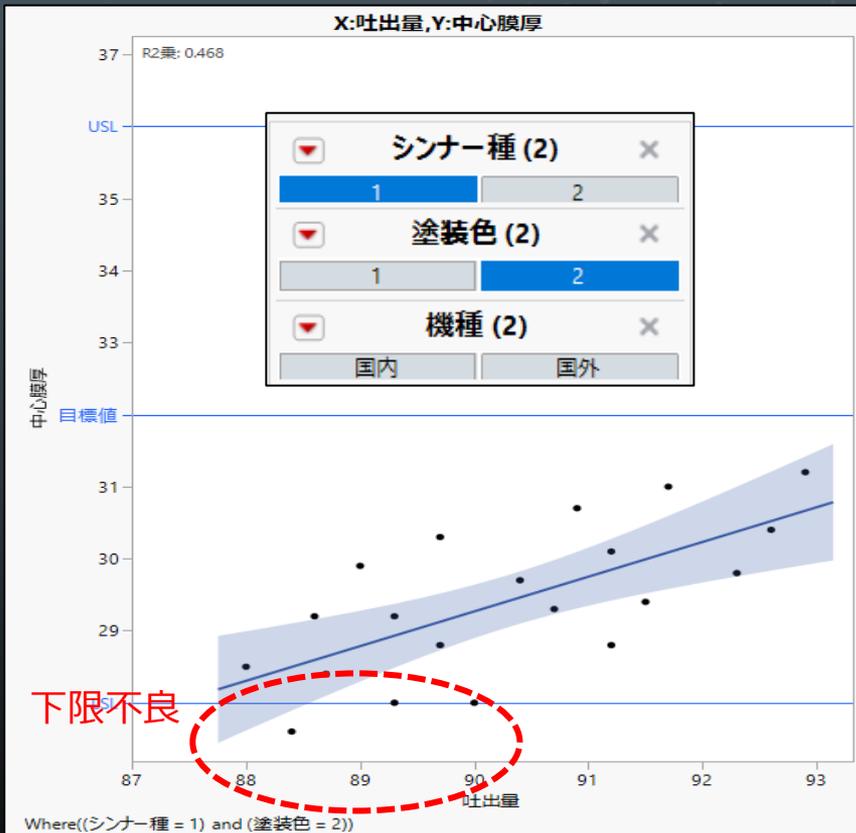
1 2

機種 (2)

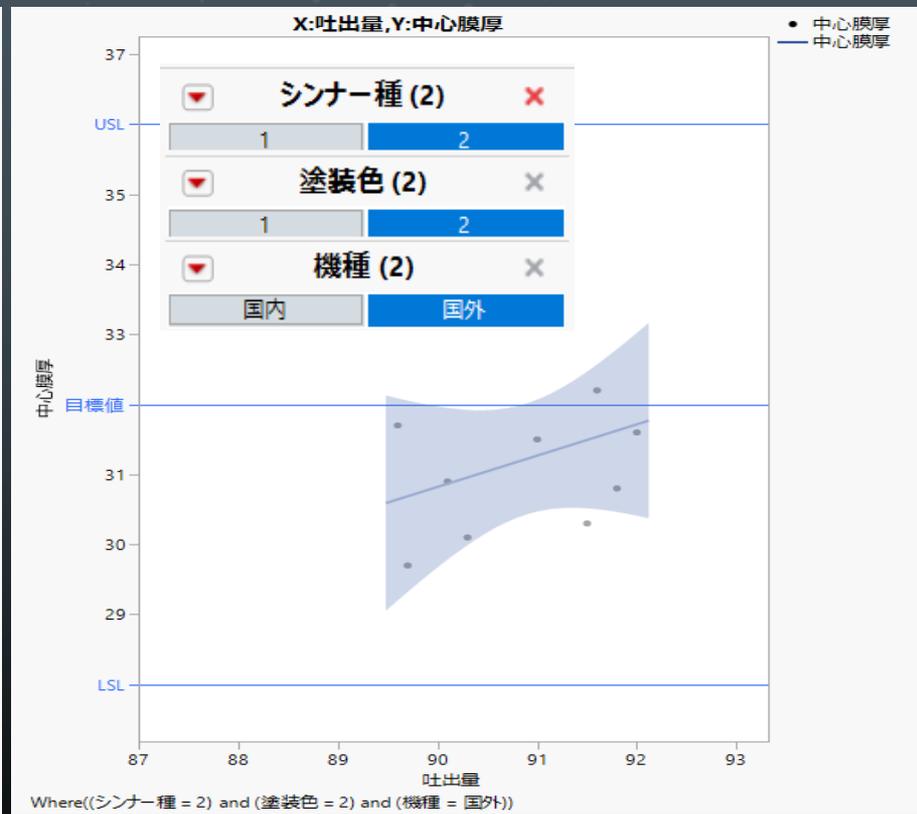
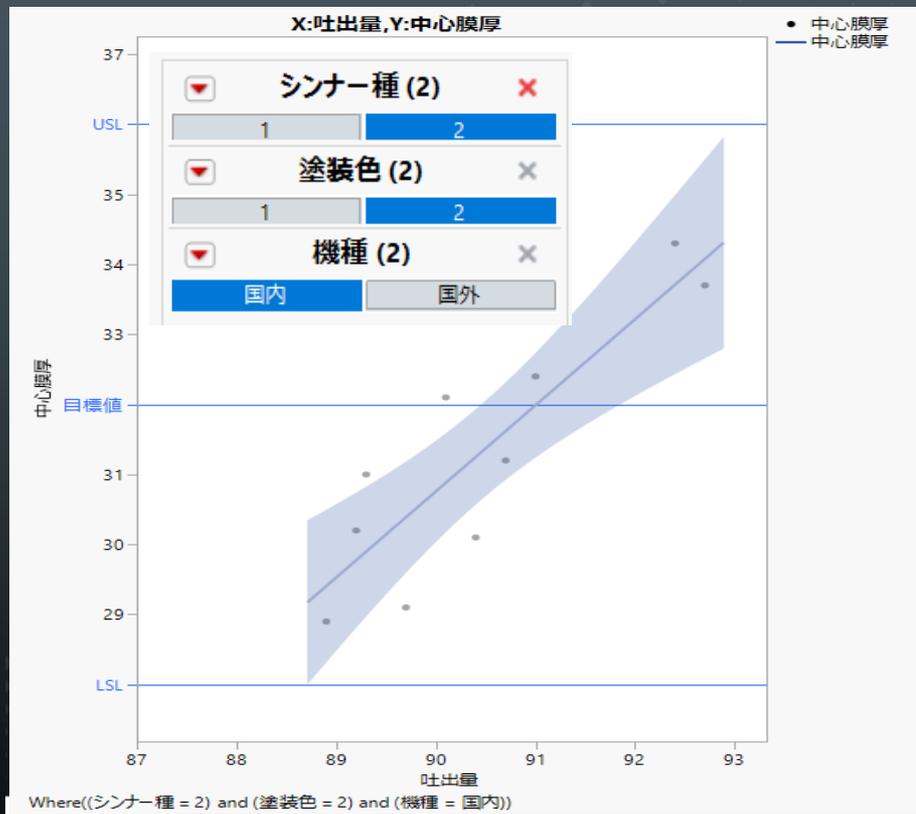
国内 国外



塗装色とシンナーの組合わせで不良発生



ローカルデータフィルタで国内外差が顕著になる



多変量解析：私の留意点

- ヘッダグラフはとても便利
- 2つ以上の表が出てきたら要注意
- ローカルデータフィルタで多変量の相関を可視化
 - 連続変数はカテゴリー化しておくと便利
- オリジナル実験は交絡が多いので「計画の診断」を行う
- まずパーティション分析、次に重回帰分析を行う

シナー種	塗装色	機種	吐出量	中心膜厚
1	1	国内	92.9	36.7
2	2	国外		
			87.5	27.6
1	1	1 国外	87.5	30.2
2	1	1 国内	87.7	31.2
3	1	2 国外	88.0	28.5
4	1	1 国外	88.3	33.2
5	1	2 国内	88.4	27.6
6	1	1 国内	88.5	30.3
7	1	2 国内	88.6	29.2
8	1	2 国外	88.7	28.4
9	2	1 国内	88.7	32.8
10	2	1 国内	88.8	31.7

多変量解析ステップ

- 1変量・2変量分析(w/ローカルデータフィルタ)
- 多変量の相関
- パティション分析
- モデルのあてはめ（1次）
- モデルのあてはめ（2次）
 - パティション分析で見つかった交互作用を入れる
 - 1次あてはめで見つかった主効果の交互作用を入れる

[4] 直交表の内側に ノイズを配置したロバスト設計法



JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.



はじめに

- 日本でロバスト設計は直交表の外側にノイズを配置した2段階設計法を指すことが多いが、この方法は実験数が最低でも2倍になり実験コストが大きくなる
- 簡易的なロバスト設計法として直交表の内側にノイズを配置してノイズの感度を最小化する方法がある
- この方法は交絡のあるL18で実施するのは難があるが、決定的スクリーニング計画(DSD)は適している

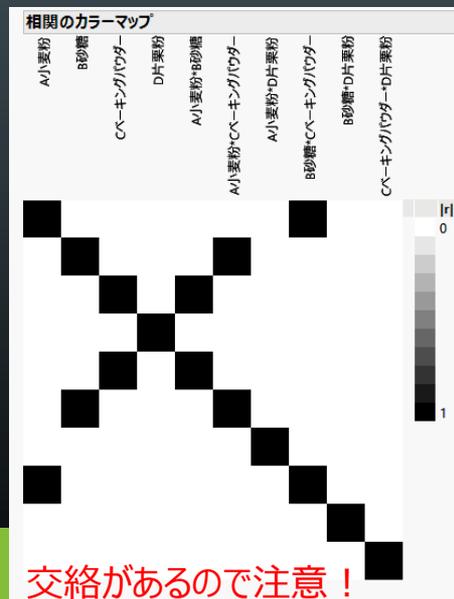
(続き)

- データは『製品開発のための統計解析入門』 河村敏彦 近代科学社(2016)に掲載されているホットケーキミックス実験データを取り上げる
- この本はS-RPDアドインを用いたタグチメソッド的方法、SN比法、L&D法などのロバスト設計手法を紹介している
- ここではS-RPDアドインを用いずに、一般的なJMPメニューによる解析方法やロバスト設計手順を紹介する
- これは繰り返しがある実験データ解析をする場合に、平均値を解析するだけでなく、繰り返しデータを平均と分散で捉えて、多目的最適化する方法である

ホットケーキミックス実験

- ホットケーキの焼きがり硬さを10にしたい(焼き温度150℃と200℃)
- 制御因子は小麦粉量(140~150g)、砂糖量(20~25g)、ベーキングパウダー量(10~12g)、片栗粉量(20~30g)

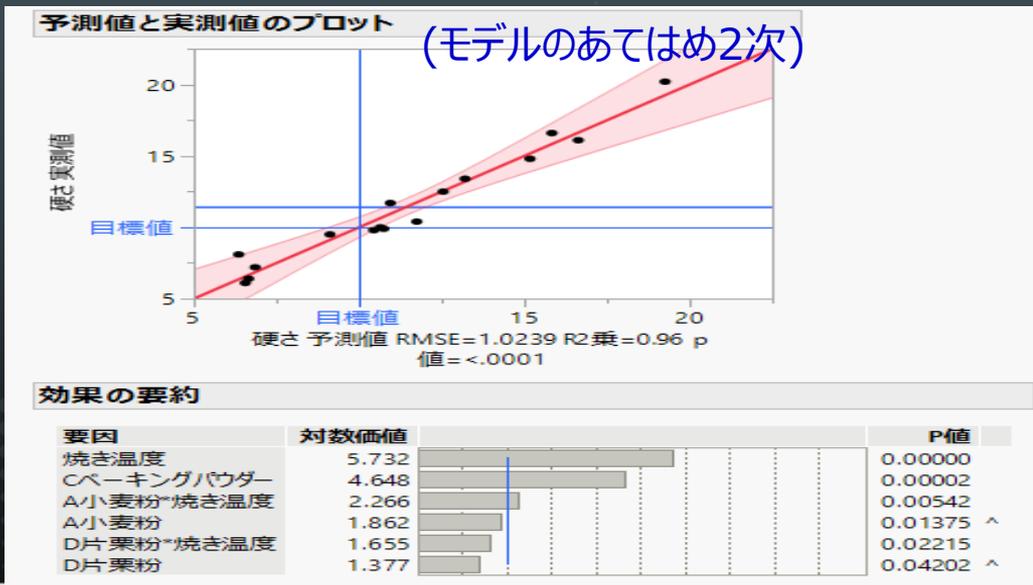
No	A小麦粉	B砂糖	Cベーキングパウダー	D片栗粉	N1焼き温度150℃	N2焼き温度200℃
1	1	1	1	1	11.7	20.2
2						
3						
4						
5						
その他 3...	-1	-1	-1	-1	6.1	9.5
1	1	-1	-1	-1	6.1	12.5
2	2	-1	-1	1	8.1	14.8
3	3	-1	1	1	10.0	16.1
4	4	-1	1	1	9.8	20.2
5	5	1	-1	1	11.7	13.4
6	6	1	-1	1	9.9	16.6
7	7	1	1	-1	7.2	9.5
8	8	1	1	-1	6.4	10.4



JAPAN 2020

方法1:N1N2積み重ねデータ解析

- モデルのあてはめ1次→焼き温度との交互作用モデル→予測式保存

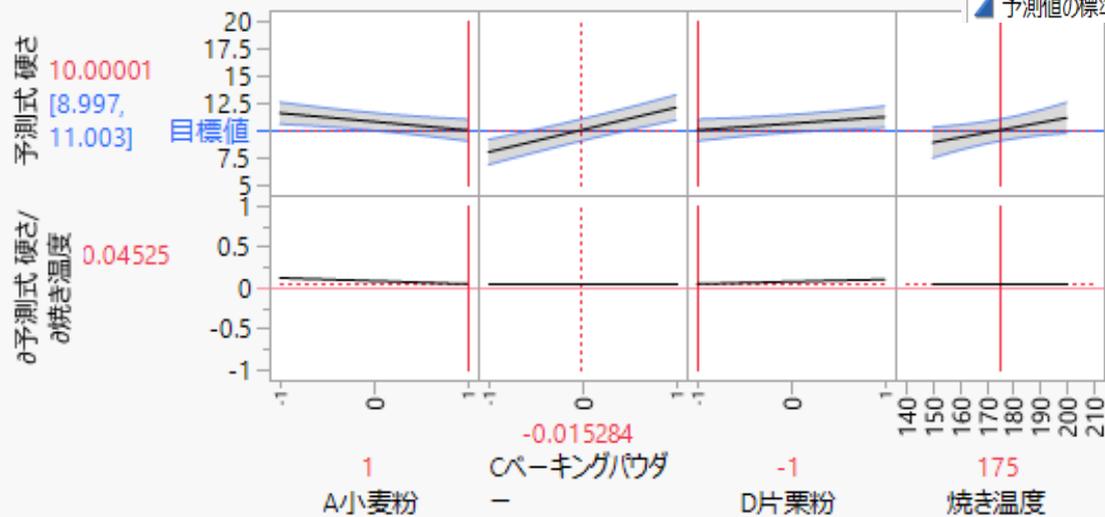


No	A小麦粉	B砂糖	Cベーキングパウダー	D片栗粉	焼き温度	硬さ
1	-1	-1	-1	-1	150	6.1
2	-1	-1	-1	-1	200	12.5
3	-1	-1	-1	1	150	8.1
4	-1	-1	-1	1	200	14.8
5	1	1	1	-1	150	10.0
6	1	1	1	-1	200	16.1
7	1	1	1	1	150	9.8
8	1	1	1	1	200	20.2
9	1	-1	1	-1	150	11.7
10	1	-1	1	-1	200	13.4
11	1	-1	1	1	150	9.9
12	1	-1	1	1	200	16.6
13	1	1	-1	-1	150	7.2
14	1	1	-1	-1	200	9.5
15	1	1	-1	1	150	6.4
16	1	1	-1	1	200	10.4

グラフ→プロファイル

- 焼き温度と小麦粉・片栗粉との交互作用を最小化すること
- 焼き温度に対しロバストな条件↓

予測プロファイル



列の選択

- ▼ 12列
- ▲ A小麦粉
- ▲ B砂糖
- ▲ Cベーキングパウダ
- ▲ D片栗粉
- ▲ X5
- ▲ X6
- ▲ X7
- ▲ 焼き温度
- ▲ 硬さ
- ▲ 予測式 硬さ
- ▲ 予測値の標準誤差 硬さ

選択した列に役割を割り当てる

Y, 予測式

- ▲ 予測式 硬さ
- ▲ 予測値の標準誤差 硬さ
オプション(数値)

誤差因子

- ▲ 焼き温度
オプション(数値)

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

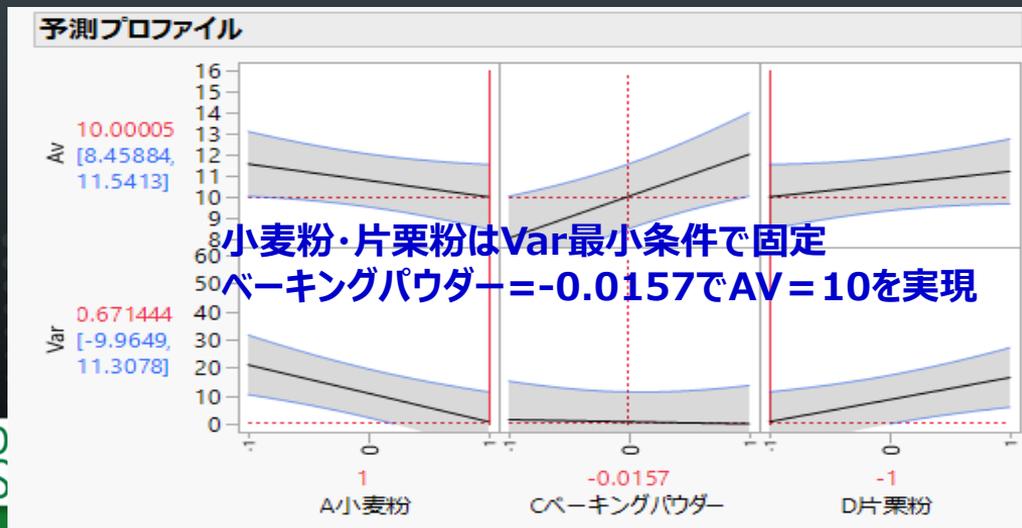
前回の設

ヘルプ

⇒小麦粉・片栗粉・焼き温度をロックしてベーキングパウダで硬さ調整
(2段階最適化)
※温度に対し感度が残るので中間値に設定しておく必要がある

方法2:L & D(Location & Dispersion) によるロバスト設計

- N1とN2の平均Avと分散Varによる解析
- 1次あてはめでベーキングパウダーが有意($R^2=0.77$)
- ⇒交互作用を追加したモデルであてはめ($R^2=0.96$)

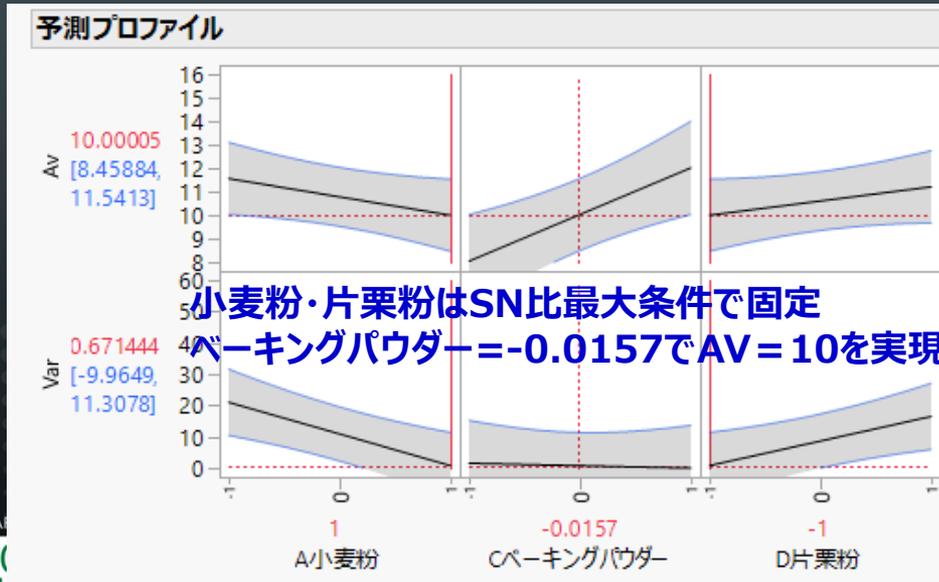


効果の要約

要因	対数値値	P値
Cベーキングパウダー	2.277	0.00529
A小麦粉	1.872	0.01344
D片栗粉	1.590	0.02570
D片栗粉×Cベーキングパウダー	1.302	0.04992

方法3: SN比モデルによるロバスト設計

- N1とN2の平均AvとSN比による解析～最適化
- ベーキングパウダー交互作用モデルであてはめ($R^2=0.88$)



繰り返し実験データ解析：まとめ

- 3つのロバスト設計方法を示した（最適解は一致する）
- S-RPDアドインは古典的実験計画に限定されるが、この方法はDSDやカスタム計画にも適用可能
- 日本ではSN比が一般的だがVarの方があてはまりが良いことがある。両方試すと良い。またVarは対数を取った方があてはまりや平均との分離が良いケースもある
- 積み重ねデータ解析による方法はノイズを実験計画の内側に割り付ける簡易的なロバスト設計法である

まとめ

- 既存実験の置き換えでDSDの有効性を示すことができる
- 決定的スクリーニング計画を拡張計画で補完できる
- 複数表のデータは多変量解析で見通しが良くなる
- ノイズの外側配置法以外にロバスト設計の選択肢がある
- ノイズを内側配置するロバスト設計は少ない実験数ですむ

参考文献

- Bradley Jones, Douglas C. Montgomery. Design of Experiments: Modern Approach, 1st Edition, Wiley, 2019
- Bradley Jones & Christopher J. Nachtsheim. A Class of Three-Level Designs for Definitive Screening in the Presence of Second-Order Effects. Journal of Quality Technology, 2011
- Bradley Jones. Christopher J. Nachtsheim. Effective Design-Based Model Selection for Definitive Screening Designs. Technometrics, 2017
- Phil Kay. Definitive Augmentation of Definitive Screening Designs, Part1. Discovery Summit Frankfurt, 2018
- Stu Janis. Lessons from Definitive Screening Designs. JMP User community 2016
- Peter Goos. DOE Case Studies with Professor Peter Goos. JMP On-Demand Webinars
- Bradly Jones. Analysis and Simulation of Definitive Screening Designs. Discovery 2017
- Bradley Jones. Analysis of Definitive Screening Designs, JMP Discovery Conference. March 2016
- 宮川雅巳. 問題発見と解決の科学 SQCの基本. 日本規格協会, 2008
- 宮川雅巳. 品質を獲得する技術. 日科技連出版, 2005
- 河村敏彦. 製品開発のための統計解析入門. 近代科学社, 2016
- 山田秀. 実験計画法—方法編—. 日科技連出版, 2009
- 宮川雅巳. L18直交配列表における交互作用の出現パターンと割りつけの指針. 品質vol.22,No.2, 1992
- 森ほか. 交絡成分の増減に対するL18,L16ロバスト設計の要因効果図比較. 第104回 品質管理学会研究発表会
- 森ほか. カンファレンス行列と2水準ノイズを用いた直交計画によるパラメータ設計. 品質vol.49,No.3, 2019

JAPAN 2020

DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

ご参加いただきありがとうございます

jmp

JAPAN 2020
DISCOVERY
SUMMIT
ONLINE

Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.
Copyright © SAS Institute Inc. All rights reserved.

jmp