

StatWorks/V5による累積法の解析事例

※この資料は、StatWorks/V5活用ガイドブックから一部を抜き出し、編集・加工したものです。本資料の内容は予告なく変更されることがあります。

ある自動車部品メーカーR社では、油を使って鋼板の洗浄を行っています。現在、鋼板上に洗浄油が残る現象が発生しており、問題となっています。そこでR社では対策会議を行い、鋼板上に残る洗浄油を少なくする条件を探すために、下記の因子と水準を取り上げて実験を行うことにしました。

因子記号	因子名	第1水準	第2水準
A	洗浄油種類	洗浄油A	洗浄油B
B	洗浄油粘度	30[cSt]	40[cSt]
C	洗浄油温度	40[度]	50[度]
D	洗浄油吐出量	9[m ³ /h]	12[m ³ /h]
F	油絞りロールの材質	材質A	材質B
G	油絞りロールの圧下力	200[ton]	250[ton]
H	油絞りロールの回転数	100[rpm]	120[rpm]

特性値は鋼板に一定量の水滴を落とした時の、広がった水滴の面積を用いますが、R社で使用している測定器では、水滴の面積を「小」「中」「大」の三段階で判定しています。

なお、残っている洗浄油の量が少ないほど水滴の面積は大きくなるので、水滴の面積は「小」が少なく、「大」が多くなるのが望ましい状態と言えます。

今回はL16 (2¹⁵) の条件組み合わせ毎に30個の試料(サンプル)を実験し、得られた水滴の面積を「小」「中」「大」で判定しました。ここで、考えられる交互作用はA×B, A×C, B×C, A×D, F×G, F×Hです。

また、L16 (2¹⁵) へのわりつけ表と実験で得られたデータは以下の通りです。

L16 (2¹⁵) へのわりつけ表

列番	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
要因	A	B	A × B	G	H	誤 差	誤 差	C	A × C	B × C	F	D	A × D	F × H	F × G

実験データ

実験No.	小	中	大
1	2	2	26
2	3	3	24
3	1	1	28
4	5	5	20
5	10	2	18
6	5	4	21
7	4	3	23
8	13	11	6
9	9	14	7
10	12	12	6
11	15	13	2
12	10	10	10
13	6	5	19
14	11	9	10
15	5	4	21
16	6	5	19

例) No.1の条件(A1B1C1D1F1G1H1)では、サンプル30個のうち、「小」と判定されたサンプルが2個、「中」と判定されたサンプルが2個、「大」と判定されたサンプルが26個です。

以上の情報をもとに、水滴面積の「小」が少なく、「大」が多くなるような条件を探します。

参考文献：棟近雅彦編著，奥原正夫著（2012）：「実験計画法入門」，日科技連出版社
※説明用にデータを加工しています。

手順 1

本事例のサンプルデータを読み込みます。

1 列目（サンプル名）にはわりつけ情報，2～8 列目（質的変数）には実験条件である各因子の水準，9～11 列目は特性値で，「小」「中」「大」と判定された個数がそれぞれ量的変数として入っています。なお，特性値は評価したいクラスから入力します。今回は「小」の割合が少なくなるような条件を求めたいので，「小・中・大」の順番に入力しています。

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	N9	H10	H11
	わりつけ	洗浄油種類	粘度	温度	吐出量	ロール材質	圧下力	回転数	小	中	大
●1	A	有	30cSt	40度	9m ³ /h	材質A	200ton	100rpm	2	2	26
●2	B	有	30cSt	50度	12m ³ /h	材質B	200ton	100rpm	3	3	24
●3	AB	有	30cSt	40度	12m ³ /h	材質A	250ton	120rpm	1	1	28
●4	G	有	30cSt	50度	9m ³ /h	材質B	250ton	120rpm	5	5	20
●5	H	有	40cSt	40度	9m ³ /h	材質B	200ton	100rpm	10	2	18
●6		有	40cSt	50度	12m ³ /h	材質A	200ton	100rpm	5	4	21
●7		有	40cSt	40度	12m ³ /h	材質B	250ton	120rpm	4	3	23
●8	C	有	40cSt	50度	9m ³ /h	材質A	250ton	120rpm	13	11	6
●9	AC	無	30cSt	40度	9m ³ /h	材質B	200ton	120rpm	9	14	7
●10	BC	無	30cSt	50度	12m ³ /h	材質A	200ton	120rpm	12	12	6
●11	F	無	30cSt	40度	12m ³ /h	材質B	250ton	100rpm	15	13	2
●12	D	無	30cSt	50度	9m ³ /h	材質A	250ton	100rpm	10	10	10
●13	AD	無	40cSt	40度	9m ³ /h	材質A	200ton	120rpm	6	5	19
●14	FH	無	40cSt	50度	12m ³ /h	材質B	200ton	120rpm	11	9	10
●15	FG	無	40cSt	40度	12m ³ /h	材質A	250ton	100rpm	5	4	21
●16		無	40cSt	50度	9m ³ /h	材質B	250ton	100rpm	6	5	19

手順 2

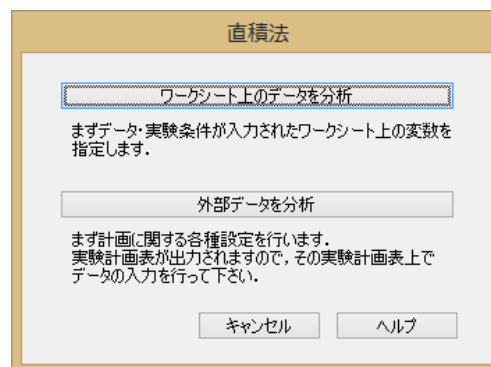
メニューから「手法選択」－「実験計画法」－「累積法」を選択します。



手順 3

ここでは予めワークシート上にデータを入力しているため，「ワークシート上のデータを分析」をクリックします。

一方，もしExcel 上等にデータがある場合は「外部データを分析」を選択します。



手順 4

「変数の指定」ダイアログで、特性値に「小」「中」「大」、実験条件に「洗浄油種類」から「回転数」までの因子7つ、そしてわりつけとして既にわりつけ情報が入力されている「わりつけ」を指定して次に進みます。

種別	No.	変数名	変換
N	9	小	N9

種別	No.	変数名	変換
C	2	洗浄油種類	C2
C	3	粘度	C3
C	4	温度	C4
C	5	吐出量	C5
C	6	ロール材質	C6

種別	No.	変数名	変換
S	1	わりつけ	S1

手順 5

「因子数・水準数の指定」ダイアログに、因子名や水準が表示されます。ここで設定に間違いがないかどうかを確認します。

No	記号	因子名	水準数
1	A	洗浄油種類	2
2	B	粘度	2
3	C	温度	2
4	D	吐出量	2
5	F	ロール材質	2
6	G	圧下力	2
7	H	回転数	2

手順 6

「計画種類の指定」ダイアログでは、計画種類が直交配列表になっていることを確認します。

特性値のクラス数は「小・中・大」の3クラスに分かれているため、「3」が設定されていることを確認します。

また、今回はクラス間に順序性があるため「累積法（クラス間に順序あり）」を指定します。

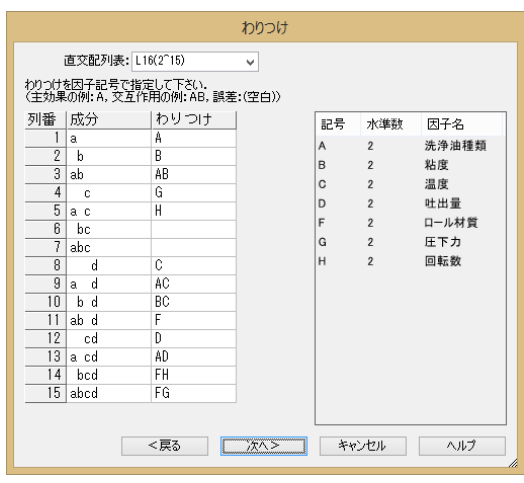
さらにデータは30個の試料中の内訳になるため、データ種類を「n個中の発生件数」とします。



もし、データが「赤・青・黄」のようにクラス間に順序がない場合は「度数法」を指定します。また、板の中の傷の数など、nが無限大に近づく母集団を考える場合はデータ種類を「単位あたりの発生件数」として解析します。

手順 7

直交配列表を用いているため、次にわりつけ画面が表示されます。
L16(2¹⁵)の直交配列表が選択されていて、わりつけが正しくされていることを確認した上で、次へ進みます。



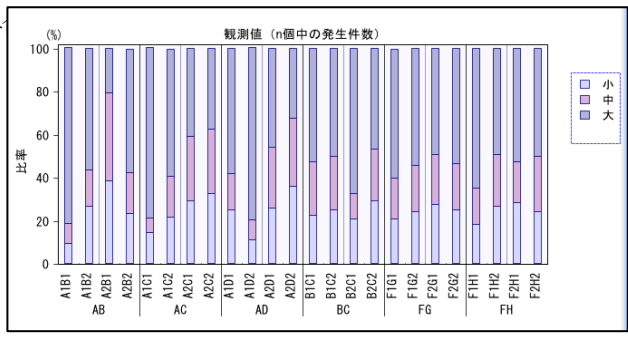
手順 8

「実験データ」タブに、各実験の条件と、特性値が表示されます。
次に、各因子の効果を視覚的に確認します。画面上部の「データプロット」タブをクリックします。



手順 9

「データプロット」タブでは、各因子の組み合わせごとの比率を確認します。帯グラフを見ることで、特にA×BやA×Dの組み合わせで、「小・中・大」の3つのクラスの比率に違いが大きいことが分かります。



手順 10

画面上部の「分散分析表」タブをクリックすると、分散分析表の画面が表示されます。ここでは主効果や交互作用のプーリングを行うことができます。

分散比が2.0以下のF, G, H, A×C, B×C, F×G, F×Hをプーリングします。
なお、A×BとA×Dは有意のため、BとDはプーリングしません。
プーリングの方法は、プーリングしたい行をクリックし水色に反転させ、「プーリング」ボタンを押します。

No	要因	平方和	自由度	分散	分散比	検定	P値 (上側)
1	A:洗浄油種類	54.36	2	27.18	18.831	**	0.009
2	B:粘度	1.75	2	0.87	0.605		0.589
3	C:温度	8.49	2	4.24	2.940		0.164
4	D:吐出量	1.12	2	0.56	0.389		0.701
5	F:ロール材質	2.56	2	1.28	0.887		0.480
6	G:圧下力	0.04	2	0.02	0.016		0.985
7	H:回転数	4.34	2	2.17	1.505		0.326
8	AB	63.14	2	31.57	21.872	**	0.007
9	AC	3.64	2	1.82	1.261		0.376
10	AD	24.31	2	12.15	8.420	*	0.037
11	BC	4.62	2	2.31	1.599		0.309
12	FG	1.76	2	0.88	0.610		0.587
13	FH	4.69	2	2.35	1.625		0.304
14	1次誤差	5.77	4	1.44	1.719		0.144
15	2次誤差	779.40	928	0.84			
16	計	960.00	958				

手順 1 1

これでプーリングは完了です。
ここで1次誤差の分散比はやや小さめですが、有意であるため、プーリングは行いません。

No	要因	平方和	自由度	分散	分散比	検定 P値 (上側)
1	A:洗浄油種類	54.36	2	27.18	17.836 **	0.000
2	B:粘度	1.75	2	0.87	0.573	0.574
3	C:温度	8.49	2	4.24	2.785	0.088
4	D:吐出量	1.12	2	0.56	0.368	0.697
5	AB	63.14	2	31.57	20.717 **	0.000
6	AD	24.31	2	12.15	7.975 **	0.003
7	1次誤差	27.43	18	1.52	1.814 *	0.020
8	2次誤差	779.40	928	0.84		
9	計	960.00	958			



プーリングの絶対的な基準は存在しませんが、目安として、分散比が 2.0 以下の因子をプーリングすることが多いようです。プーリングの詳細はPART2の第4章 4.1をご覧ください。

手順 1 2

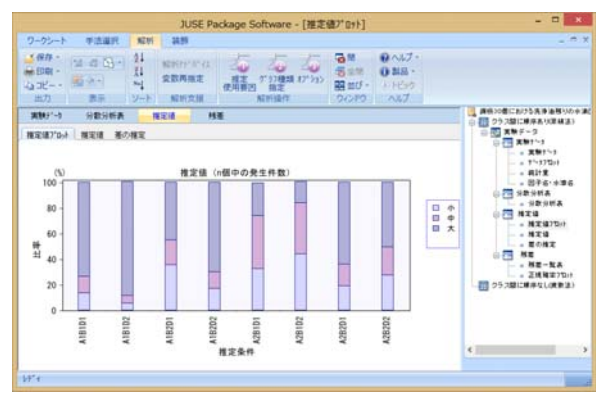
分散分析表より、A, A×B, A×Dが有意となります。有意となった交互作用と因子を考慮し、「A」、「B」、「D」、「AB」、「AD」の5つの行をクリックし水色に反転させ、「推定値」タブへ移ります。



通常、交互作用項を推定に用いる場合には、その交互作用を構成する主効果も推定に用います。

手順 1 3

「推定値プロット」画面では、各条件に対する推定値が表示されます。



A (洗浄油種類) はA1 (洗浄油 A), B (洗浄油粘度) はB1 (30cSt), D (洗浄油吐出量) はD2 (12m³/h) の時に、最も水滴面積の「小」の比率が小さく、かつ「大」の比率が大きくなるのが分かります。

手順 1 4

推定値の値を確認するには、「推定値」グループの「推定値」タブをクリックします。「小」(画面上ではIと表示)と「中」(画面上ではIIと表示)の累積比率の点推定値に加え、信頼区間が出力されます。

No	A	B	D	累積比率(%)			幅	II		
				I	信頼区間	点推定値		点推定値	信頼区間	
				点推定値	下限(95%)	上限(95%)		点推定値	下限(95%)	上限(95%)
1	洗浄油A	30cSt	9m ³ /h	13.4	3.5	23.2	9.9	26.5	13.7	39.2
2	洗浄油A	30cSt	12m ³ /h	5.3	0.0	11.8	6.5	11.2	2.0	20.3
3	洗浄油A	40cSt	9m ³ /h	35.7	21.8	49.6	13.9	55.1	40.6	69.5
4	洗浄油A	40cSt	12m ³ /h	16.8	6.0	27.7	10.8	30.0	16.7	43.3
5	洗浄油B	30cSt	9m ³ /h	32.7	19.1	46.3	13.6	74.3	61.6	87.0



わかること

水準 A1B1D2 において、水滴面積の「小」の比率が最小となり、点推定値は 5.3, 95%信頼区間は, 0.0～11.8 となります。また、同水準で水滴面積が「小」または「中」となる累積比率も最小となり、点推定値は 11.2, 95%信頼区間は, 2.0～20.3 となります。



まとめ

わかること

- ・水滴面積に影響を与える因子は、主効果 A (洗浄油種類) と交互作用 A (洗浄油種類) × B (洗浄油粘度), A (洗浄油種類) × D (洗浄油吐出量) です。
- ・鋼板上の洗浄油の残りが少ない, 即ち, 水滴の面積「小」の比率が最も小さく, かつ水滴の面積「大」の比率を最も大きくする水準は A1B1D2 (A (洗浄油 A), B (30cSt), D (12m³/h)) です。
- ・最適条件 A1B1D2 で, 水滴の面積「小」と「中」の累積比率の推定値は
小 5.3 (0.0, 11.8)
中 11.2 (2.0, 20.3)
大 100
となります。

本著作物は原著作者の許可を得て、株式会社日本科学技術研修所（以下弊社）が掲載しています。本著作物の著作権については、制作した原著作者に帰属します。

原著作者および弊社の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず、本著作物の複製・転用・販売等を禁止します。

所属および役職等は、公開当時のものです。

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>