

StatWorks/V5によるパラメータ設計の解析事例

※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。

ランプによって上昇した温度を冷却する冷却システムを考えます。

この場合、ファンモータを回転させてランプを冷却するため、冷却システムの入力は、ファンモータの回転数、出力はランプ位置の風速となりますが、ファンモータの回転数はモータの電圧に比例するため、実際には、モータ電圧を入力と考えればよいです。

また、ノイズは排気ファンの正面に建物の壁がある場合とない場合を考えて、排気口に障害物のあり／なしとします。信号因子とノイズの組み合わせは下表のようになりますが、制御因子をわりつける直交表の実験No. ごとに、下表の6条件についてデータを採取することになります。

冷却システムの機能性の評価条件

信号因子 (モータ電圧)	V ₁	V ₂	V ₃
誤差因子	5 V	15 V	25 V
N ₁ 排気口に障害なし	条件1	条件3	条件5
N ₂ 排気口に障害あり	条件2	条件4	条件6

制御因子はエアの流れをスムーズにする8つの因子を考え、以下のような因子と水準をとることにしました。第1水準は現行条件です。

温度上昇改善のパラメータと水準 (▽は現行条件)

パラメータ	第1水準	第2水準	第3水準
A 遮へい板	なし ▽	あり	—
B 外装と吸気部の距離	20 ▽	40	60
C 吸気部と熱源の距離	110 ▽	60	40
D 開口部の高さ	30 ▽	15	0
E 排気ダクトの高さ	30 ▽	15	0
F 熱源上部の穴径	大 ▽	中	なし
G 熱源下部の穴径	なし ▽	中	大
H 熱源と排気ダクトの距離	60 ▽	50	40

直交表L₁₈のわりつけ表にしたがい、18種類の設計条件での熱源位置の風速を測定します。具体的には、熱源を取り去り、その位置に風速計を置いて測定した測定結果を使用します。信号因子はモータ電圧は5, 15, 25Vの3水準としています。

風速の実験データ

No	パラメータ								V ₁ (5V)		V ₂ (15V)		V ₃ (25V)			
	1	2	3	4	5	6	7	8	N ₁		N ₂		N ₁		N ₂	
	A	B	C	D	E	F	G	H								
1	1	1	1	1	1	1	1	0.12	0.09	0.31	0.26	0.44	0.41			
2	1	1	2	2	2	2	2	0.18	0.15	0.28	0.23	0.44	0.32			
3	1	1	3	3	3	3	3	0.36	0.31	1.20	0.96	1.56	1.46			
4	1	2	1	1	2	2	3	0.25	0.22	0.77	0.66	1.24	1.20			
5	1	2	2	2	3	3	1	0.24	0.19	0.84	0.73	1.26	1.08			
6	1	2	3	3	1	1	2	0.23	0.20	0.79	0.67	1.24	1.02			
7	1	3	1	2	1	3	2	0.13	0.08	0.14	0.34	0.30	0.56			
8	1	3	2	3	2	1	3	0.23	0.19	0.57	0.26	0.91	0.56			
9	1	3	3	1	3	2	1	0.24	0.19	0.86	0.68	1.32	1.12			
10	2	1	1	3	3	2	2	0.26	0.17	0.86	0.67	1.30	0.98			
11	2	1	2	1	1	3	3	0.06	0.04	0.23	0.28	0.37	0.27			
12	2	1	3	2	2	1	1	0.36	0.34	1.14	1.04	1.70	1.58			
13	2	2	1	2	3	1	3	0.21	0.12	0.77	0.60	1.18	1.04			
14	2	2	2	3	1	2	1	0.31	0.30	1.12	0.93	1.66	1.42			
15	2	2	3	1	2	3	2	0.10	0.04	0.33	0.24	0.56	0.47			
16	2	3	1	3	2	3	1	0.28	0.23	1.10	0.82	1.66	1.24			
17	2	3	2	1	3	1	2	0.27	0.23	0.83	0.72	1.30	1.08			
18	2	3	3	2	1	2	3	0.28	0.19	0.76	0.57	1.06	0.71			

以上の情報をもとに、動特性のパラメータ設計を用いて、冷却システムの頑健な設計条件を求めます。

参考文献：立林和夫（2006）：「入門タグチメソッド」日科技連出版社

山田，立林，吉野（2011）：「パラメータ設計・応答曲面法・ロバスト最適化」日科技連出版社

手順 1

L₁₈ 直交表を用いて実験 No. 1～18 に対して信号因子×ノイズの 6 条件（M1N2～M3N2）において得られた風速のデータ表を入力します。

	S1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
	No.L18	M1N1	M1N2	M2N1	M2N2	M3N1	M3N2	変数8
1	1	0.12	0.09	0.31	0.26	0.44	0.41	
2	2	0.18	0.15	0.28	0.23	0.44	0.32	
3	3	0.36	0.31	1.20	0.96	1.56	1.46	
4	4	0.25	0.22	0.77	0.66	1.24	1.20	
5	5	0.24	0.19	0.84	0.73	1.26	1.08	
6	6	0.23	0.20	0.79	0.67	1.24	1.02	
7	7	0.13	0.08	0.14	0.34	0.30	0.56	
8	8	0.23	0.19	0.57	0.26	0.91	0.56	
9	9	0.24	0.19	0.86	0.68	1.32	1.12	
10	10	0.26	0.17	0.86	0.67	1.30	0.98	
11	11	0.06	0.04	0.23	0.28	0.37	0.27	
12	12	0.36	0.34	1.14	1.04	1.70	1.58	
13	13	0.21	0.12	0.77	0.60	1.18	1.04	
14	14	0.31	0.30	1.12	0.93	1.66	1.42	
15	15	0.10	0.04	0.33	0.24	0.56	0.47	
16	16	0.28	0.23	1.10	0.82	1.66	1.24	
17	17	0.27	0.23	0.83	0.72	1.30	1.08	
18	18	0.28	0.19	0.76	0.57	1.06	0.71	
19	s19	-	-	-	-	-	-	
20	s20	-	-	-	-	-	-	
21	s21	-	-	-	-	-	-	

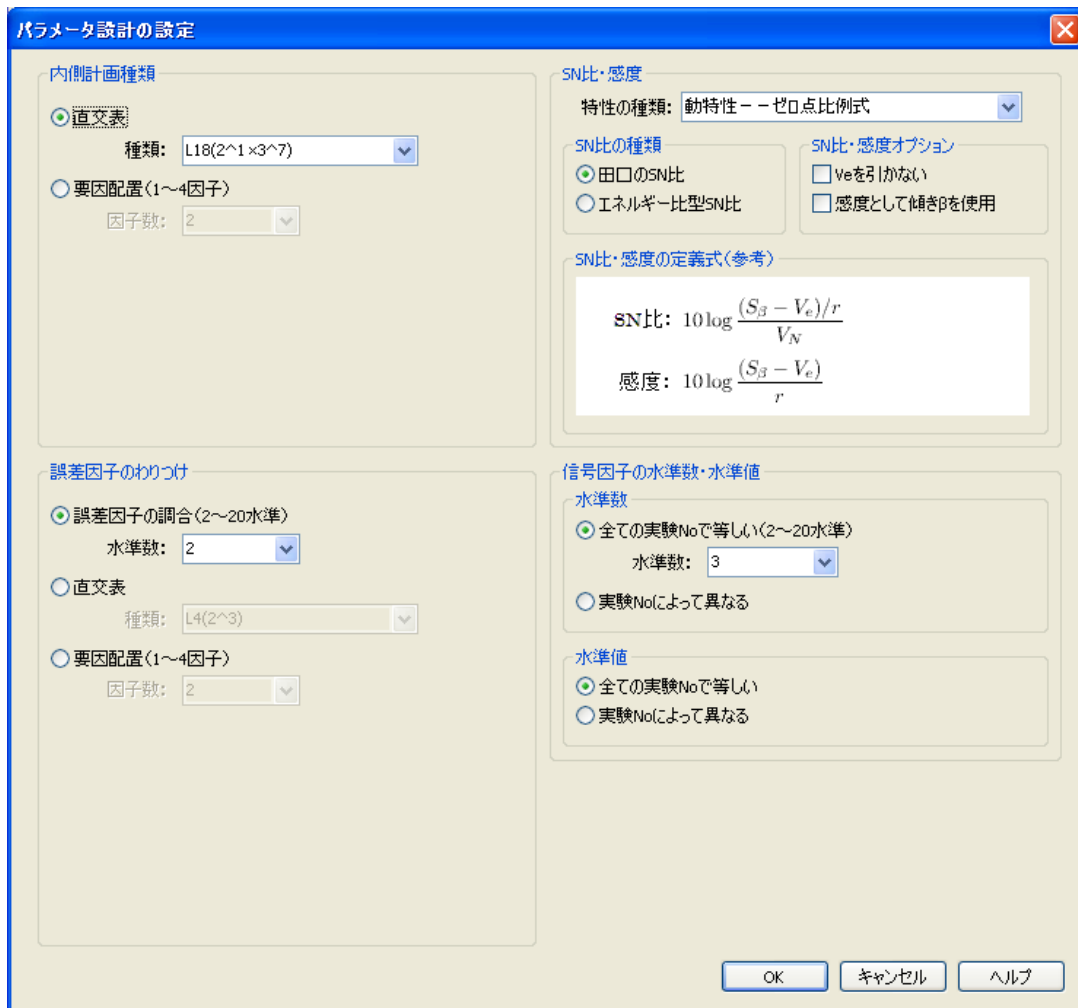
手順 2

メニューから「手法選択」－「品質工学」
－「パラメータ設計」を選択します。



「パラメータ設計の設定」画面が表示されますので、下記の条件を設定します。問題の設定（実験条件）と照らして、全てデフォルトでよいのでそのまま [OK] ボタンをクリックします。

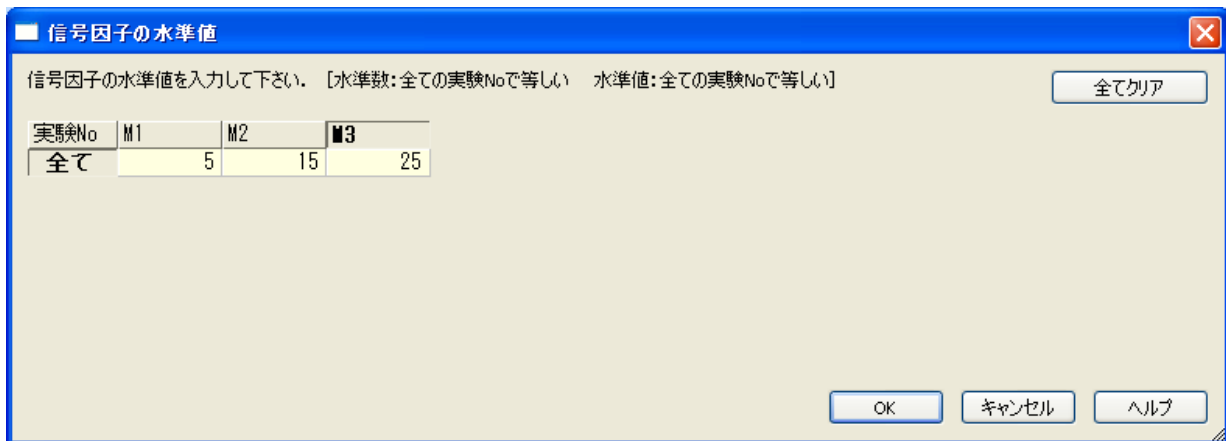
内側計画表の種類 の選択	デフォルト：L 1 8
誤差因子のわりつけ	デフォルト：2水準
SN比・感度 特性の種類	デフォルト：ゼロ点比例式
SN比の種類とオプション	デフォルト：田口のSN比，オプションなし (定義式を見ながら選択します。)
信号因子の水準数と実験による違い	デフォルト：3水準で水準値は全て等しい。



次に、「信号因子の水準値」ダイアログが表示されますので、信号因子の水準値（特性値）を入力します。モータ電圧

の5, 15, 25Vの数値を入力し, [OK] ボタンをクリックします.

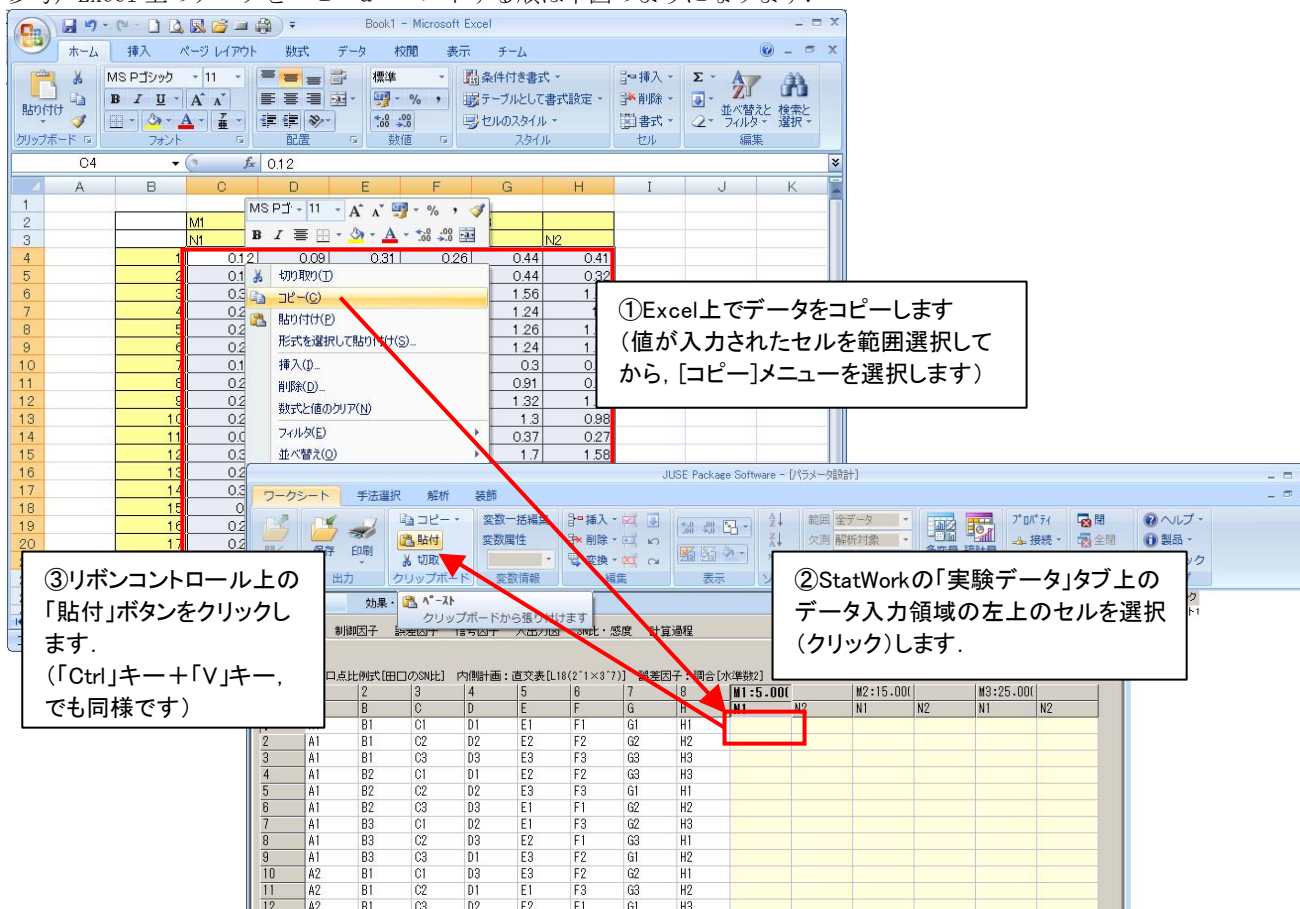
なお, SN比や感度のグラフで, 大きさの傾向を見るだけならばデフォルトのまま [OK] ボタンをクリックしてもよいです.



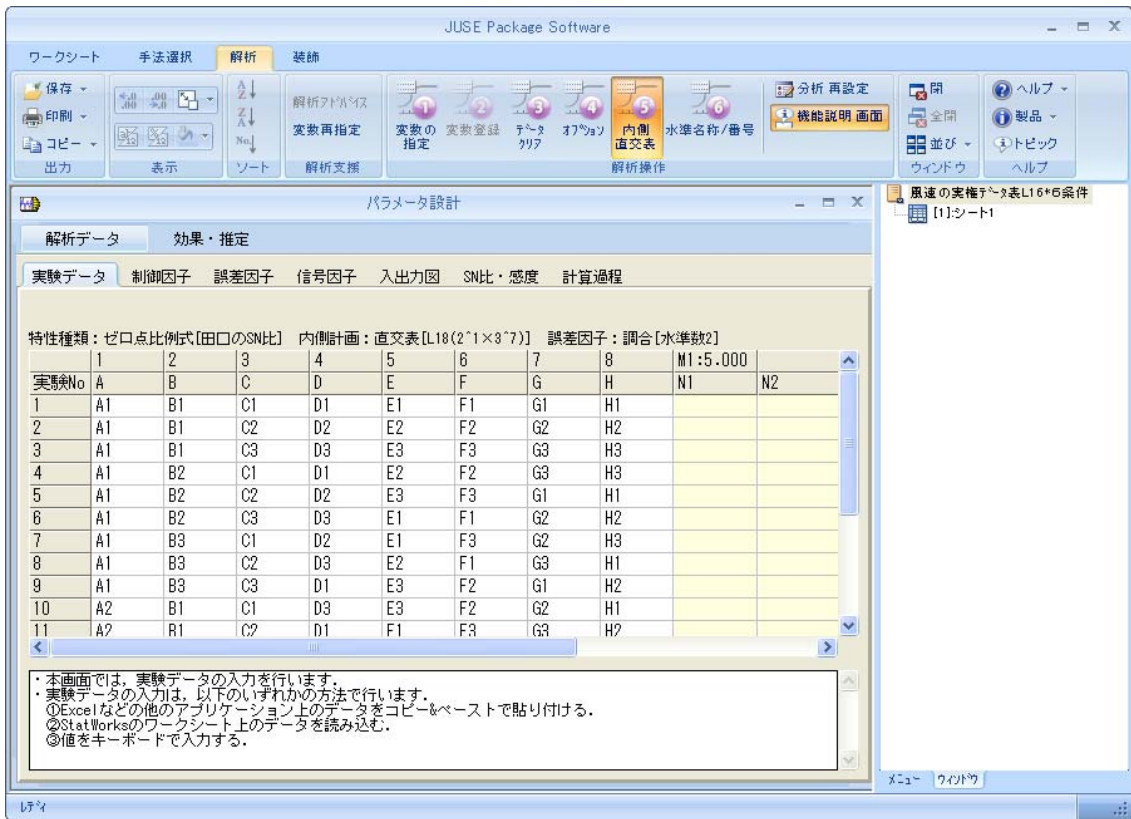
「解析データ」タブでは, まず, 実験データを入力する必要があります.
L₁₈直交表右側の領域(データ入力セル)にデータが入っていません.
データ表の入力は, 以下の3つの方法から1つを選ぶことができます.

- ① セル上に実験で得られたデータを直接入力する
- ② すでにStatWorks上のワークシートに保存されたデータを変換する
- ③ Excelなどに既に入力されているデータ表をコピー&ペーストする

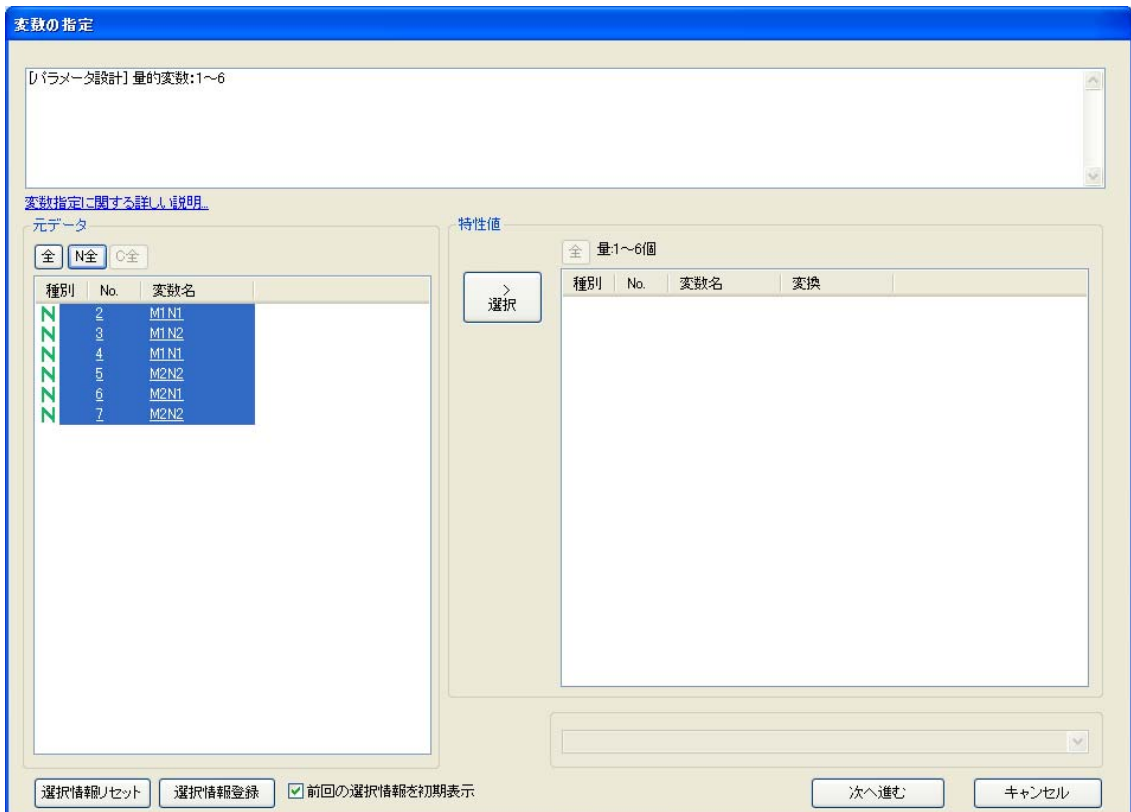
参考) Excel上のデータをコピー&ペーストする際は下図のようになります.



ここでは、ワークシート上にあるデータ表（実際は変数）を指定しデータ入力します。
「変数指定」ボタンをクリックして、該当するデータ表の変数を指定します。

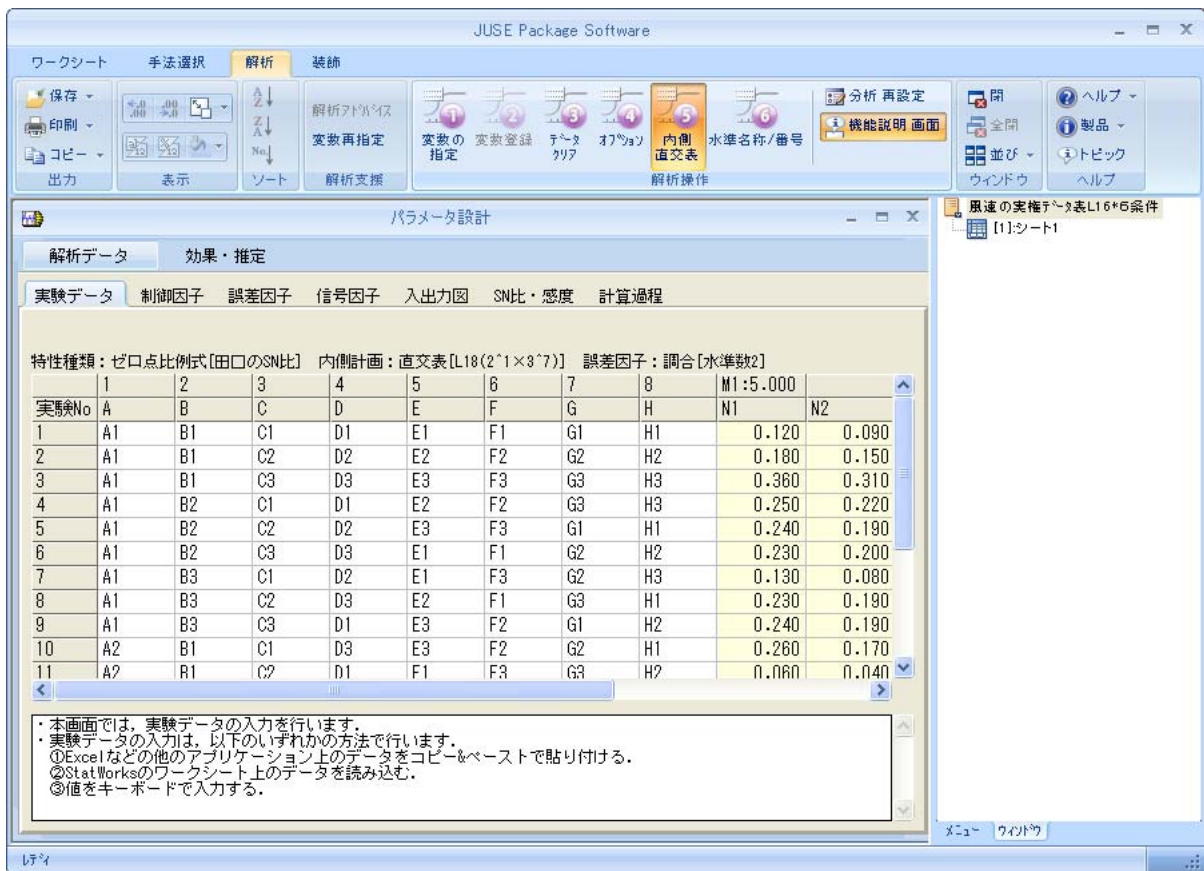


該当する変数（信号因子×誤差因子の6変数分）を指定して、特性値の「選択」ボタンをクリックします。
「次へ進む」ボタンをクリックします。

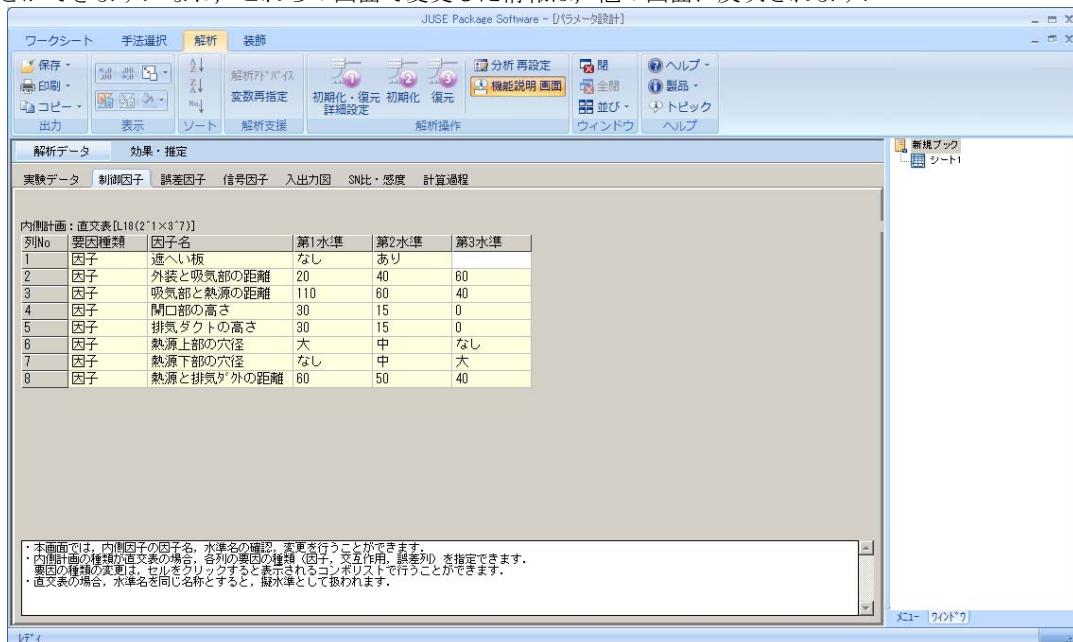


表にデータが設定されます。

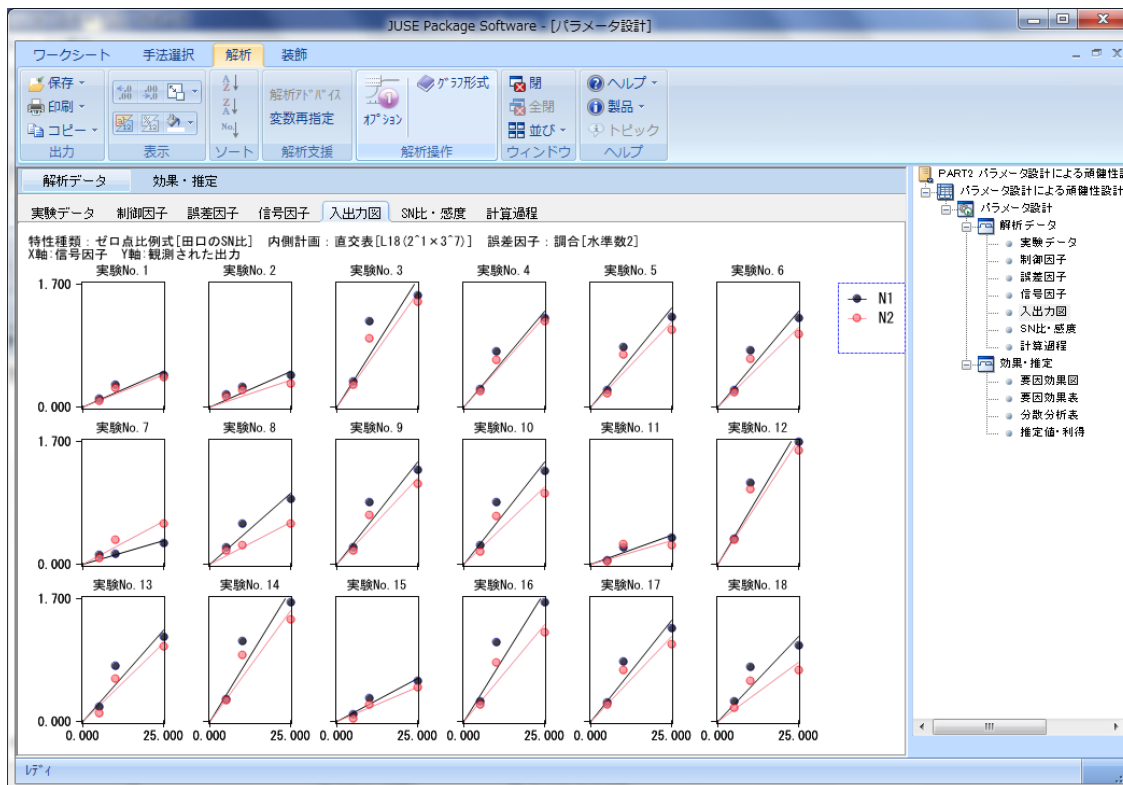
なお、制御因子名と水準値、誤差因子名と水準値、信号因子名と水準値等は記号（信号因子の水準値は入力済み）となっており、解析データ内の該当するタブ上で入力することもできますが、ここでは入力は省略します。



「制御因子」タブ、「誤差因子」タブ、「信号因子」タブで、制御因子の因子名や水準名、信号因子の水準値などを変更することができます。なお、これらの画面で変更した情報は、他の画面に反映されます。



入出力図を表示するには「入出力図」タブをクリックします。



入出力図では、実験 No.ごとに、2種類のノイズ（排気口に壁がある場合 N2 とない場合 N1）による影響を入出力特性図で表しています。入力信号のモータ電圧Vをあげたときに、エアの漏れや渦流などが発生し、排気口の風速が比例しなくなるという各パラメータの影響を見ること、あるいは、排気口に壁がある場合とない場合とで、このノイズの影響を傾きの差として見るすることができます。

「SN比・感度」タブに移動すると、各実験 No に対する SN 比，感度の値を確認することができます。

The screenshot shows the 'SN比・感度' (SN Ratio and Sensitivity) tab. It displays a table with 18 rows of experimental data. The table includes columns for '実験No' (Experiment No.), '選べない' (Not selectable), '外装と吸気部' (Outer casing and intake part), '開口部' (Opening part), '排気ダクト' (Exhaust duct), '熱源上' (Heat source top), '熱源下' (Heat source bottom), '熱源と' (Heat source and), 'SN比' (SN Ratio), and '感度' (Sensitivity). The values for SN Ratio and Sensitivity are provided for each experiment.

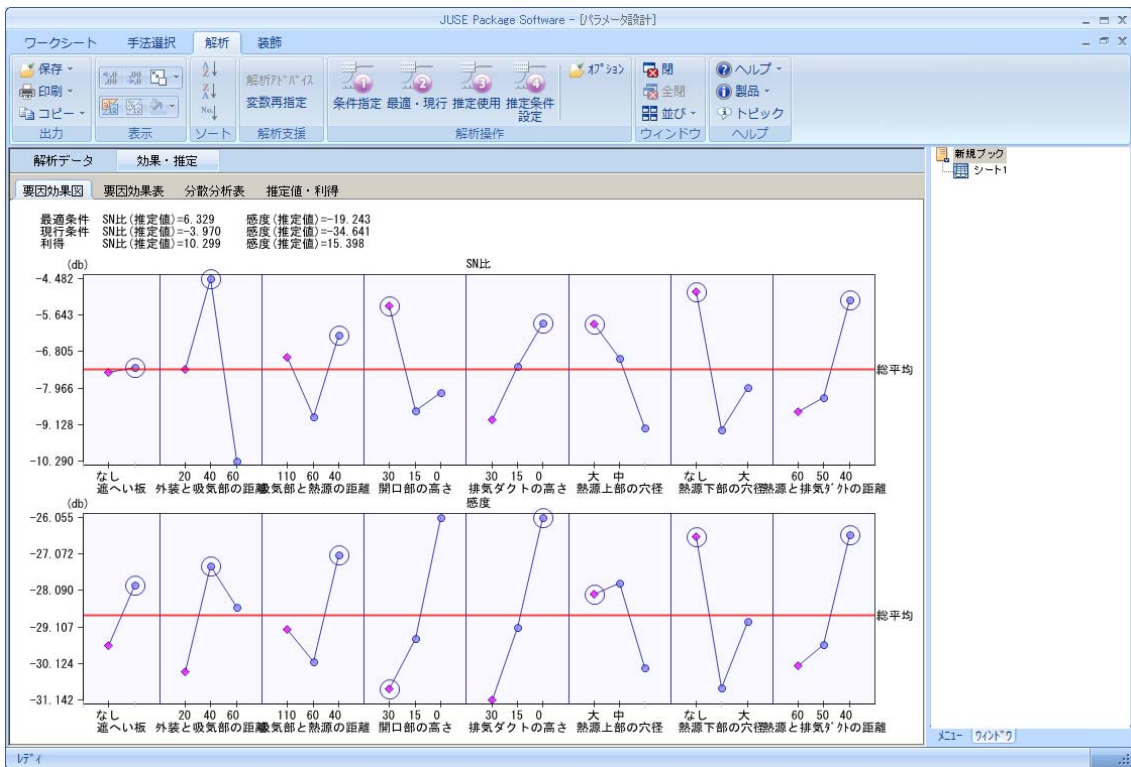
実験No	選べない	外装と吸気部	開口部	排気ダクト	熱源上	熱源下	熱源と	SN比	感度	
1	なし	20	110	30	30	大	なし	60	-4.175	-35.081
2	なし	20	60	15	15	中	中	50	-12.773	-35.863
3	なし	20	40	0	0	なし	大	40	-5.984	-23.944
4	なし	40	110	30	15	中	大	40	1.756	-26.294
5	なし	40	60	15	0	なし	なし	60	-4.806	-26.358
6	なし	40	40	0	30	大	中	50	-5.350	-26.741
7	なし	60	110	15	30	なし	中	40	-15.926	-35.407
8	なし	60	60	0	15	大	大	60	-14.448	-30.688
9	なし	60	40	30	0	大	なし	50	-5.349	-28.147
10	あり	20	110	0	0	中	中	60	-8.616	-26.577
11	あり	20	60	30	30	なし	大	50	-11.398	-37.239
12	あり	20	40	15	15	大	なし	40	-1.080	-23.411
13	あり	40	110	15	0	大	大	50	-5.571	-27.056
14	あり	40	60	0	30	中	なし	40	-4.919	-23.973
15	あり	40	40	30	15	なし	中	60	-7.999	-33.985
16	あり	60	110	0	15	なし	なし	50	-9.134	-24.536
17	あり	60	60	30	0	大	中	40	-4.884	-26.248
18	あり	60	40	15	30	中	大	60	-11.987	-28.411

・本画面では、算出されたSN比、感度を確認することができます。

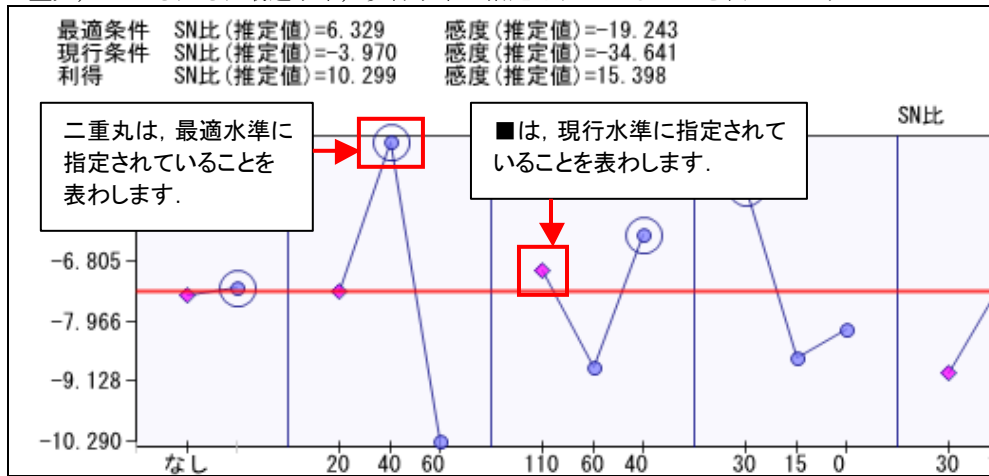
手順 4

[効果・推定] タブをクリックします。制御因子をわりつけた直交表の各実験 No. ごとに SN 比（デシベル）と感度（デシベル）を求め、水準平均を求めた結果を要因効果図としてグラフ化します。上段が SN 比，下段が感度のグラフです。

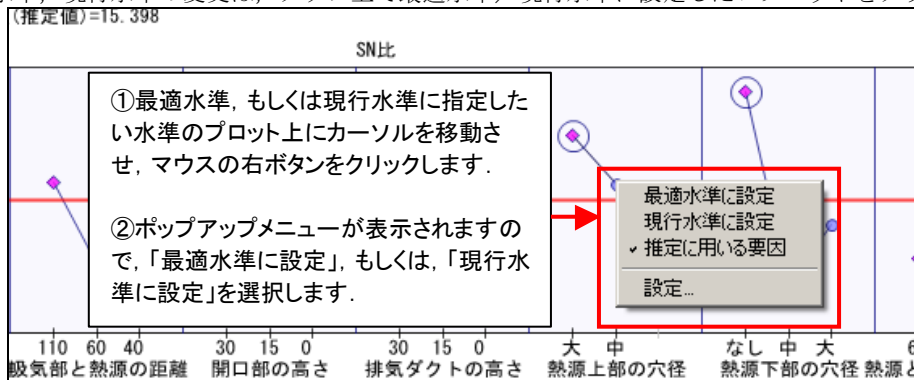
SN 比に対して効果が大きいものが入出力関係のノイズに対する強さをかえるパラメータであり、感度に対して効果が大きいものが、入出力の傾きをかえるパラメータということになります。



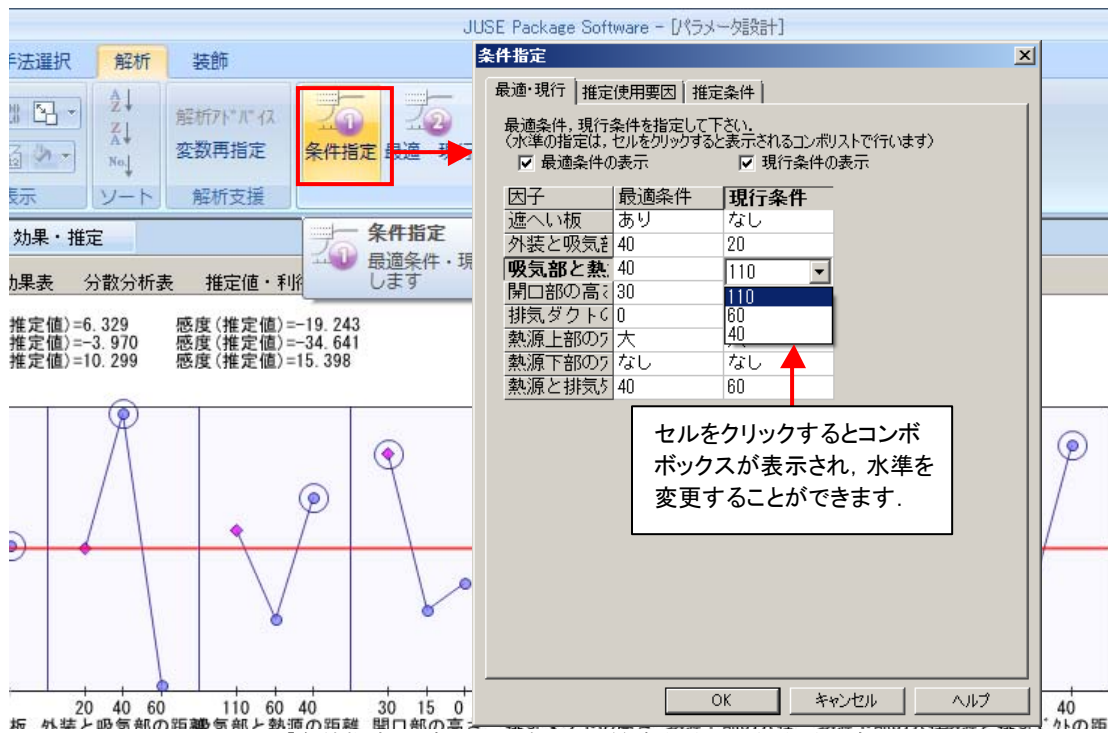
グラフ上の二重丸、■はそれぞれ最適水準、現行水準に指定されていることを表わします。



ここで、最適水準、現行水準の変更は、グラフ上で最適水準/現行水準に設定したいプロットをクリックする、



もしくは、リボンコントロール上の「条件指定」ボタンを押すと表示される「条件指定」ダイアログ上で行うことができます。



なお、デフォルトでは、最適条件はSN比が最大となる水準、現行水準は第1水準となります。

最適条件はSN比を優先させ、各因子でSN比を高くする水準は、A2B2C3D1E3F1G1H3です。感度のグラフからはA2, B2, C3, D3, E3, F2, G1, H3の水準値がよいことが分かります。

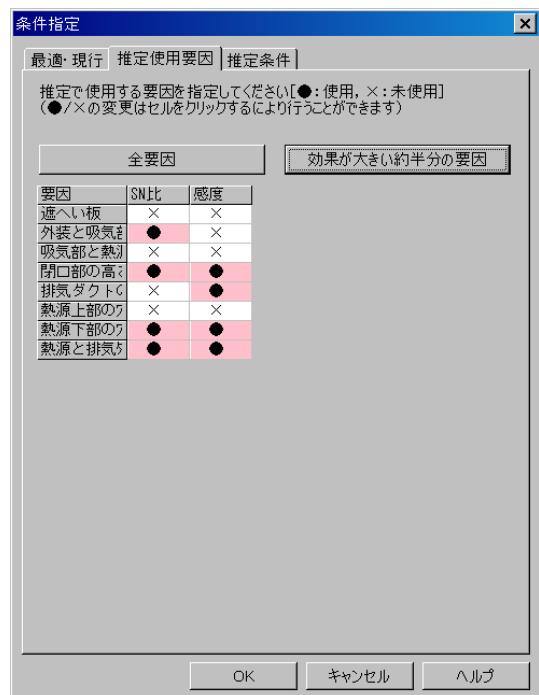
ここで、SN比と感度で最適水準値が相反するのは因子「閉口部の高さ」であり、この「閉口部の高さ」については、感度の高くなるD3にすると直線性が悪くなり、ノイズに対して弱くなるのでD1を選択します。

画面の上位には、グラフ上で○印のある要因と水準を指定してもとめた最適条件および現行条件、利得についてのSN比、感度の推定値が表示されます。

必要に応じて因子水準をクリックすると、その場で推定値を計算し表示します。

手順5

「実験した制御因子のうち、半分の因子を効果があるとし、半分の因子を効果がない」（田口玄一氏より）とするならば、画面上側の「推定使用」ボタンをクリックし、[条件指定]ダイアログで「効果が大きい約半分の要因」を選択し、[OK]ボタンをクリックすると、●印の因子を用いて推定することができます。



その結果、SN比の最適条件はA2B2C3D1E3F1G1H3でSN比2.232、感度-23.694と推定されました。



また、現行条件についてはSN比が-4.188、感度が-32.415、利得はSN比が6.420、感度が8.721と推定されました。

なお、得られた設計パラメータ条件、推定値の妥当性をチェックするためには、最適条件あるいは現行条件でSN比、感度の再現性について確認実験を行い検証することが推奨されます。

確認実験を通じて再現性をチェックし、その結果、再現性が極端に低い場合には、入出力特性の選び方、交互作用効果の有無、その他の要因の有無など調査、原因を考察する必要があります。

掲載されている著作物の著作権については，制作した当事者に帰属します．

著作者の許可なく営利・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>