

基本から学ぶ直交表による組合せテスト

- ミニチュートリアル -

2005年1月24日(月)
富士ゼロックス株式会社
システム商品評価部
秋山 浩一



直交表による組み合わせテスト

<実験計画法>
・モード×DPI×Launch×Font = 2×2×2×2 = 24実験を直交表に割り付ける事により8実験で済ます
<直交表>
・組合せが公平な表 (例えば列の和を求めたら全て4になる)
・L8直交表 (8回の実験ができる表。割り当てられるのは2水準の因子が最大7個まで)
・水準が増えた場合は列を合併して割り当てる

因子	水準	モード	DPI	Launch	Font
1	2水準	前面優先	600dpi	At	アウロウ
2	2水準	背面優先	300	Post	アウロウ
3	2水準	背面優先	600	Post	TrueType
4	2水準	背面優先	300	At	TrueType
5	2水準	背面優先	300	At	Font
6	2水準	背面優先	600	Post	Font
7	2水準	背面優先	300	Post	TrueType
8	2水準	背面優先	600	At	TrueType

直交表による組合せテストの流れ

1. 因子・水準の決定
2. 直交表の決定
 - ✓ 直交表サイズの決定
 - ✓ 直交表の作成
 - ✓ 多水準系直交表への変形
3. 線点図の組み換え
4. 因子水準の割り付け
 - ✓ 線点図より水準数が少ないとき
 - ✓ 線点図より水準数が多いとき
5. 禁則の回避

1. 因子・水準の決定

1. ドメインに分割する

多数の選択肢から水準を決定する場合、OSを例にすると、
因子： Windows OS
水準： Win95, Win 98, Win 98SE, ME, Win 2K, Win XP
を確認する。
つまり、多くの水準があった場合には、ドメインに分けて代表選手を選択する。この時に正しい代表選手を選ぶかどうかはテスト設計を実施する人の持っている情報量で決まる。
2. 同値分割, 境界値分析

連続したデータがあった場合は、同値分割と境界値分析の考え方で水準を選ぶ。つまり入力値が0~5までの整数値を取る場合であれば、同値分割し、
0 ~ 1 : 無効同値クラス
0 ~ 5 : 有効同値クラス
6 ~ : 無効同値クラス
各クラスのサンプル値「-3, 2, 8」を選択するとともに、境界値の「-1, 0, 5, 6」を水準に選ぶ。直交表テストの場合、異常系を含めないで、「0, 2, 5」を水準に選び、残りの「-8, -1, 6, 8」については、エラー処理系のテストタイプで実施する。

2. 直交表の決定

1. 直交表サイズの決定
 - ✓ 組み合わせたい因子の中で、最も大きい水準数を持つもの同士を掛け算した値が最小の直交表サイズ (水準数は2^nに切上げる)
 - ✓ 例:
用紙サイズ (6種類)、用紙方向 (2)、両面 (2)、拡大縮小 (4)、カラーモード (3) なら
8 (6) × 4 = 32 となり、L32を選択する。
2. 直交表の作成 (方法は後述)
 - ✓ 2^n直交表を作成する
3. 多水準系直交表への変形 (方法は後述)
 - ✓ 交互作用表を作成して見つける
 - ✓ 線点図テンプレートを利用する

直交表一覧

H/M至指定	名称	列数							備考
		2水準	3水準	4水準	5水準	6水準	8水準	16水準	
2水準系	L4	3						3	2水準系は 4水準 2水準3つ 8水準 4水準1つと2水準4つ 16水準 8水準1つと2水準8つ にそれぞれ分解できる
	L8	4	1					7	
	L16		5					15	
	L32	8						31	
	L64							63	
	L128	25	13					127	
3水準系	L9		4					4	
	L27			13				13	
	L81			40				40	
	L243			121				121	
混合系	L18	1	7					8	
	L18(7)		8		1			9	
	L54	1	25					26	
	L36	11	12					23	
	L36(16)	3	13					14	
4-5水準系	L36(13)		13					13	
	L108		49					49	
	L16(5)			5				5	
	L32(10)	1		9				10	
	L64(21)			21				21	
箱直交表	L25				6			6	
	L50	1			11			12	
	L18	1	8					9	
	L27		22					22	

直交表の作成 (2ⁿ直交表)

直交表の拡張

因子が1つしかなく、因子の水準(：選択肢)が2つしかない場合、

1
2
4
8

因子が2つになった場合の2因子間の組合せをすべて考慮したテストを実施するには

1	2
1	4
2	1
2	4

行を2倍

1	2	4
1	2	8
2	1	4
2	1	8

0, 1を交互に割付けた列を追加

これで因子：1と因子2の全ての組み合わせとなる。

2水準系の直交表では、1列と2列の排他的論理和(XOR)をとったもう1列(1因子)を付け加える

排他的論理和(XOR)とは

エクセルで排他的論理和をとる場合の式
AND(OR(A, B), NOT(AND(A, B)))

Page-6/19

直交表の作成 (2ⁿ直交表)

L4直交表をL8直交表に拡張する例

行を2倍

1	2	4	8
1	2	8	4
2	1	4	8
2	1	8	4

0, 1を交互に割付けた列を追加

1	2	4	8	16
1	2	8	4	16
2	1	4	8	16
2	1	8	4	16

1列 XOR 4列 = 8列
2列 XOR 4列 = 8列
3列 XOR 4列 = 7列

全く同じ手順で
L8をL16、
L16をL32、
L32をL64、
L64をL128
...
に拡張することができる

Page-7/19

多水準系直交表への変形

L8直交表で4水準の因子を考慮する場合

A	B	C	D	E	F	G
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1
3	0	1	1	0	0	1
4	0	1	1	0	1	0
5	1	0	1	0	0	1
6	1	0	1	0	1	0
7	1	1	0	1	0	0
8	1	1	0	1	0	1

因子列A, B, Cを結合する。

A	B	C	D	E	F	G
1	000	0	0	0	0	0
2	001	1	1	1	1	1
3	010	0	0	1	0	1
4	011	1	1	0	1	0
5	100	0	1	0	0	1
6	101	1	1	0	1	0
7	110	0	1	1	0	0
8	111	1	1	0	1	1

しかし、単純に無作為に、適当な列を選んで結合させればよいわけではない、例えばABD列を結合させた場合

A	B	D	E	F	G
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1
3	0	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0
5	1	0	0	1	1
6	1	0	1	0	0
7	1	1	0	1	0
8	1	1	1	0	1

因子ABD列の水準の種類は(000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111)の8種類となり、他の列との直交性が崩れる(他の列との全組合せが出現しない)

結合して良い列と、結合してはダメな列との違いを見分けるには、**線点図テンプレート**を使用する

Page-8/19

線点図

線点図とは
交互作用の現れる列同士を組み合わせをまとめた図形のことです

線点図とは、各直交表に対してどの因子列の組合せが、多水準化しても大丈夫なのかがまとめてある図のこと。

線点図の種類

2水準線点図
直交表の中では(0, 1)の2値で記述される

4水準線点図
直交表の中では(000, 011, 101, 110)の4値で記述される

8水準線点図
直交表の中では(000000, 0001111, 0110011, 0111100, 1010101, 1011010, 1100110, 1101001)の8値で記述される

Page-9/19

線点図と直交表との対応

L16 直交表線点図テンプレート 1

L16 直交表線点図テンプレート 2

使ってはいけない

使ってはいけない

Page-10/19

線点図テンプレート L8 L16 L32

L8 直交表線点図テンプレート

L16 直交表線点図テンプレート 1

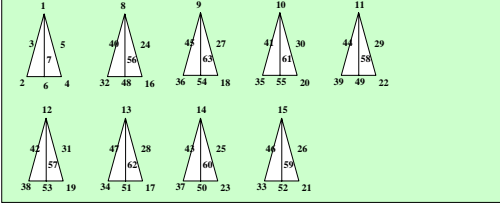
L16 直交表線点図テンプレート 2

L32 直交表線点図テンプレート

Page-11/19

線点図テンプレート L64

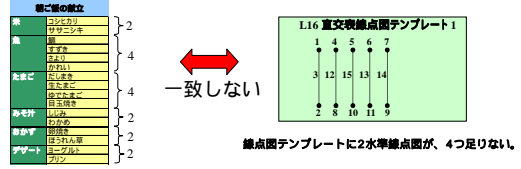
L64 直交線点図テンプレート



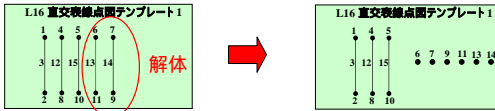
- 法則 1：異なる群に属する2列の交互作用は必ず高次の列と同じ群となる
 - 法則 2：同一の群に属する2列の交互作用の全部または一部は、必ずこれより低次の群となる
- という法則からの頂点を探して (L64では4,5,6群の頂点となるということ) あとは交互作用の点を探していく。

3. 線点図の組み換え

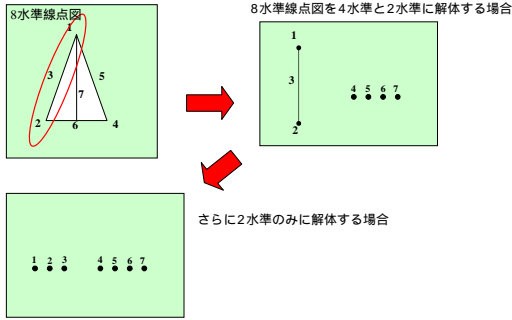
実際には、割付けたい因子の水準数と、線点図テンプレートが一致しない場合が多い。このような場合には、線点図を解体して使用する。



割付けたい因子の水準数と線点図テンプレートが一致しない場合には線点図を解体する



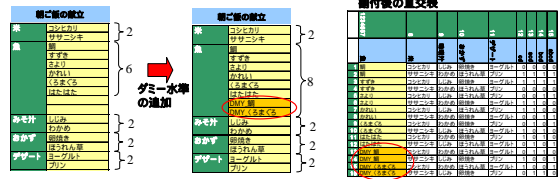
8水準線点図を解体する場合も同様



4. 因子・水準の割り付け (線点図より少ないとき)

ダミー水準とは

線点図テンプレートに用意されている線点図が許容できる水準数を、実験したい因子の保有する水準数が下回っている場合に用いる手法。

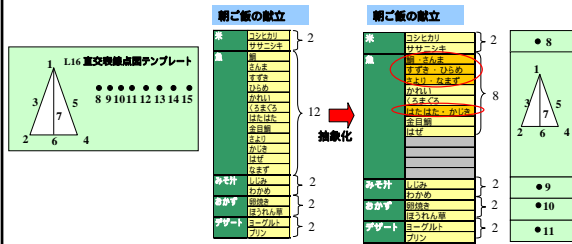


ダミー水準として重要な水準を選択することにより、よりテストに多く出現させることができる。

4. 因子・水準の割り付け (線点図より多いとき)

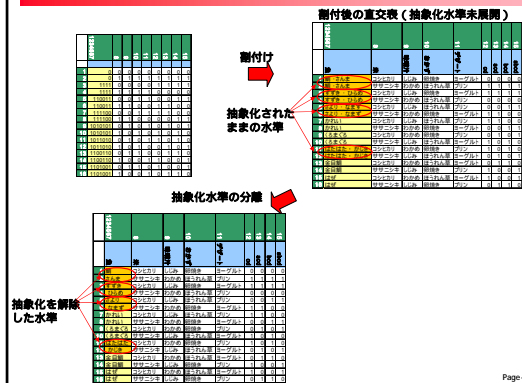
水準の抽象化とは

線点図テンプレートに用意されている線点図が許容できる水準数を、実験したい因子の保有する水準数が越えている場合に用いる手法。



同値分割の要領で同じドメインに属する水準をまとめるとよい (例えば、用紙サイズで言えばB4とB5など)。

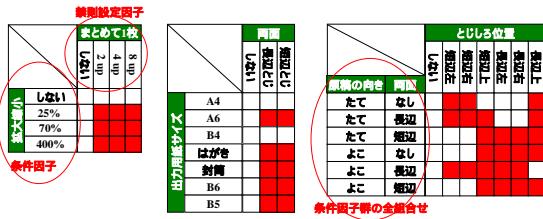
抽象化後の展開



5. 禁則の回避

禁則マトリクスとは、因子の間の禁則関係を、マトリクス状に表現したものです。

- 相互排他関係
- 多層化関係
- 可変因子関係



赤色のセルが禁則の設定されている組み合わせ。
条件因子の保有する水準の組合せと、禁則設定因子の保有する水準の組合せの総当たり形式のマトリクス。禁則の設定には方向性を考慮する。

禁則の回避処理



1. 条件因子：普通に直交表に割り付ける
2. 禁則因子：条件に合うものを割り付ける

さらに効率よく割り付けるためには、
HAYST法（JaSST'04で発表）を使用する

出力因子	条件因子	とじる位置	出力因子	回数
A4	たて	なし	トレイ1	1
A4	たて	側面	トレイ2	2
A4	よこ	奥面	トレイ3	1
A4	よこ	前面	手差し	2
B4	たて	なし	トレイ1	1
B4	たて	側面	トレイ2	1
B4	たて	奥面	トレイ3	2
B4	よこ	側面	トレイ4	1
B4	よこ	前面	トレイ5	1
A3	たて	側面	トレイ1	2
A3	よこ	奥面	トレイ2	2
A3	よこ	前面	トレイ3	1
B3	たて	側面	トレイ1	2
B3	たて	奥面	トレイ2	2
B3	よこ	側面	トレイ3	1
B3	よこ	前面	トレイ4	2
B5	たて	側面	トレイ1	1
B5	よこ	奥面	トレイ2	1