

直交表を活用したソフトウェアテストの効率化

- HAYST法の活用 -

2005年 7月15日(金)

富士ゼロックス株式会社

秋山 浩一

Kouichi.Akiyama@fujixerox.co.jp

ソフトウェアテストは必要！？

上流工程でちゃんとすれば良い？

要求仕様作成時

- ユースケースを作成

 - 要求の背景を理解

 - システムの内と外の明確化

- 要求を満たしたと言えるテストケースを定義

 - 要求の曖昧さを排除

設計/コーディング時

- xUnitでテストファーストを実施

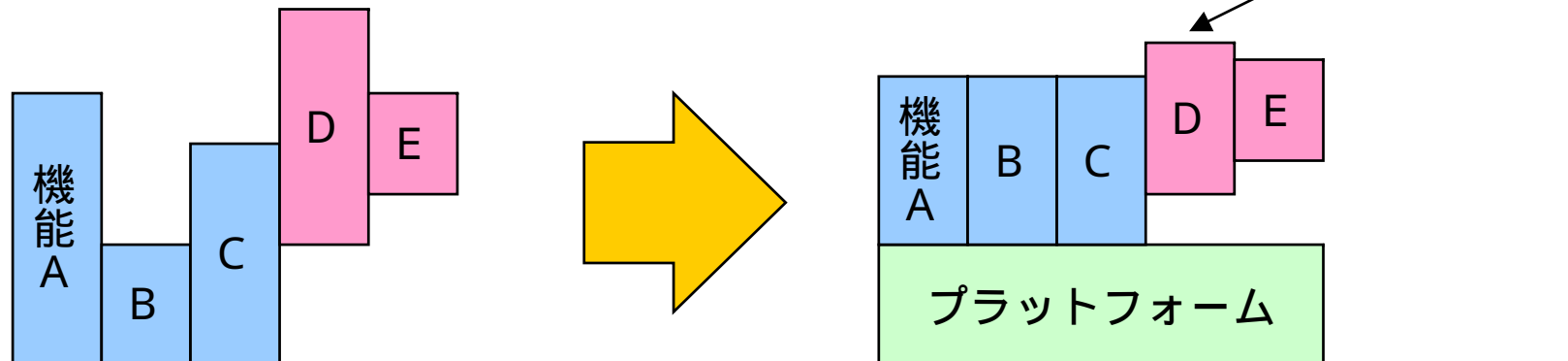
 - I/F仕様の明確化

 - 自動テストを繰り返し実施しデグレートを防止

上流工程に手を打つことは非常に重要で効果も大である
<これだけで良いか？>

● 現実の開発では...

● 上流工程でちゃんとしていても
● 要求や仕様変更が下流工程にもなだれ込む
● プラットフォーム（共通化）



● 単体テストを繰り返しても問題がとりきれない

● 組合せの問題を検出するHAYST法

● ノイズという観点で想定外の環境/操作を洗い出す

入力のコムせ評価： 直交表と割り付け

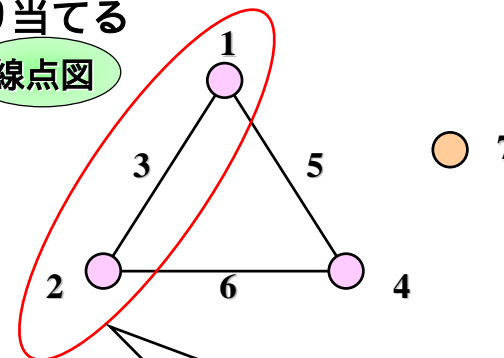
< 実験計画法（直交表実験） >

- モード×DPI×Launch×Font = 2×2×2×3 = 24実験を8実験で済ます
- コムせが公平な表（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体して割り当てる

直交表

| L8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | A | B | A | C | A | B | A |
| | | | B | | C | C | B |
| | | | | | | | C |

線点図

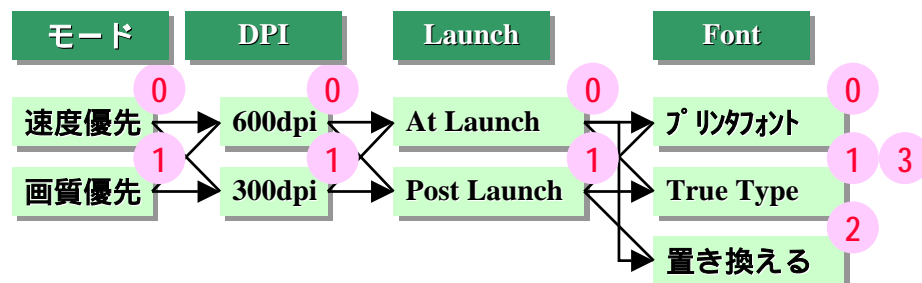


まとめて3水準が入る因子にする

因子

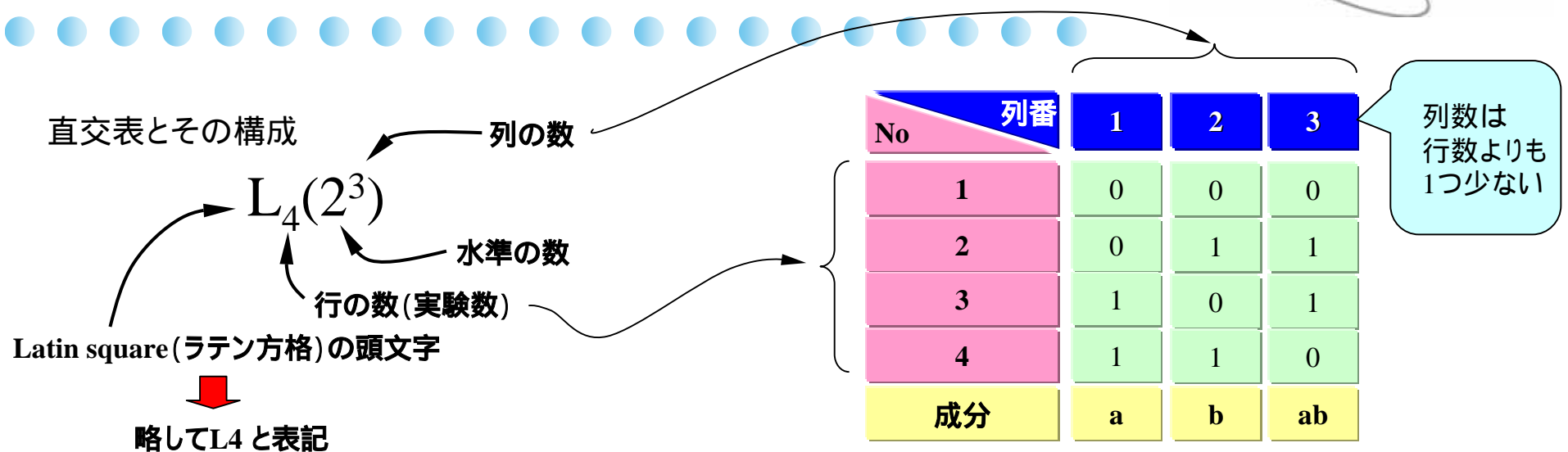
2水準

3水準



| No. | モード | DPI | Launch | Font |
|-----|------|-----|--------|----------|
| 1 | 速度優先 | 600 | At | プリンタ |
| 2 | 画質優先 | 300 | Post | プリンタ |
| 3 | 速度優先 | 600 | Post | TrueType |
| 4 | 画質優先 | 300 | At | TrueType |
| 5 | 速度優先 | 300 | At | TrueType |
| 6 | 画質優先 | 600 | Post | TrueType |
| 7 | 速度優先 | 300 | Post | 置き換え |
| 8 | 画質優先 | 600 | At | 置き換え |

直交表とは



● 列番号 :

因子の種類に対応する。上のL4直交表では、3列あるので、3種類の2水準因子を割付けることが出来る。
列番号 = (行数 - 1) の関係にある。つまり、L4であれば列番号は3まで、L16であれば列番号は15までになる。

● 成分 :

2列間の交互作用を表現している。上の直交表の場合、第3列は、第1列と第2列の排他的論理和の結果が現れるようになっている。成分は、直交表を拡張する場合に、必要となる。

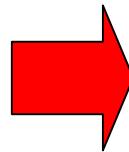
● 直交表の種類 :

上の例では、L4を挙げたが、L4、L8、L16、L32、L64、L128という具合に、L4から2のN乗の大きさの直交表が存在し、これらを、2水準系の直交表と呼ぶ。
他にも、3水準系の直交表(L9, L27)や混合系(L18, L36)などがある。

直交表の性質

組合せテストのパラメータのことを因子、各パラメータの値のことを水準と呼ぶ

| 因子名 | 水準名 |
|-----|-----|
| 速度 | 早い |
| | 遅い |
| 高度 | 高い |
| | 低い |
| 質量 | 5 |
| | 10 |



| | 速度 | 高度 | 質量 |
|----|----|----|----|
| 列番 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 |

割付け

| 因子名 | 水準名 | 値 |
|-----|-----|---|
| 速度 | 早い | 0 |
| | 遅い | 1 |
| 高度 | 高い | 1 |
| | 低い | 0 |
| 質量 | 5 | 0 |
| | 10 | 1 |

全ての因子間の組合せが出現する表ができあがる。

| | 速度 | 高度 | 質量 |
|--------|----|----|----|
| テストNo1 | 早い | 低い | 5 |
| テストNo2 | 早い | 高い | 10 |
| テストNo3 | 遅い | 低い | 10 |
| テストNo4 | 遅い | 高い | 5 |

直交性

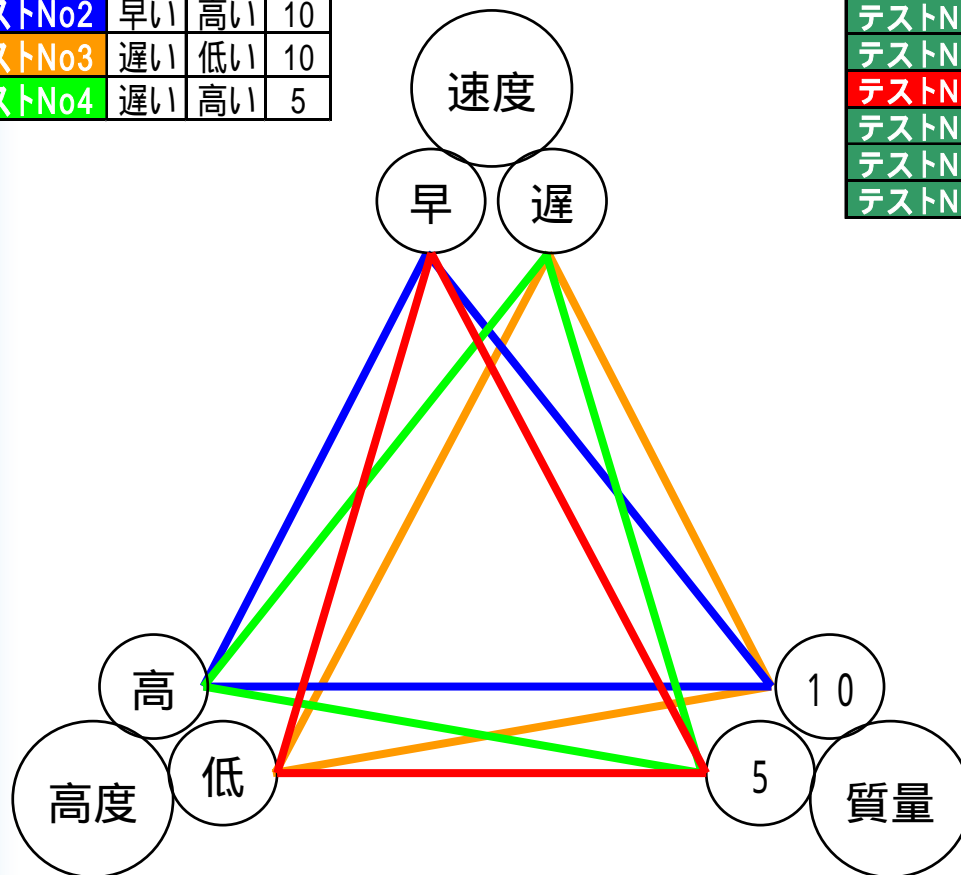
ある2列、例えば、速度(早い、遅い)と、高度(高い、低い)の組合せを見た場合、4種類の組合せが考えられる。各組み合わせは、表の中で、全て1回ずつ出現している。
この状態は、他の2列間の組合せでも同じ。

“ある2列を取り出し、列の保有する水準同士の組合せの出現回数を調べた時に、同じ出現回数であればこれを直交していると言う。”

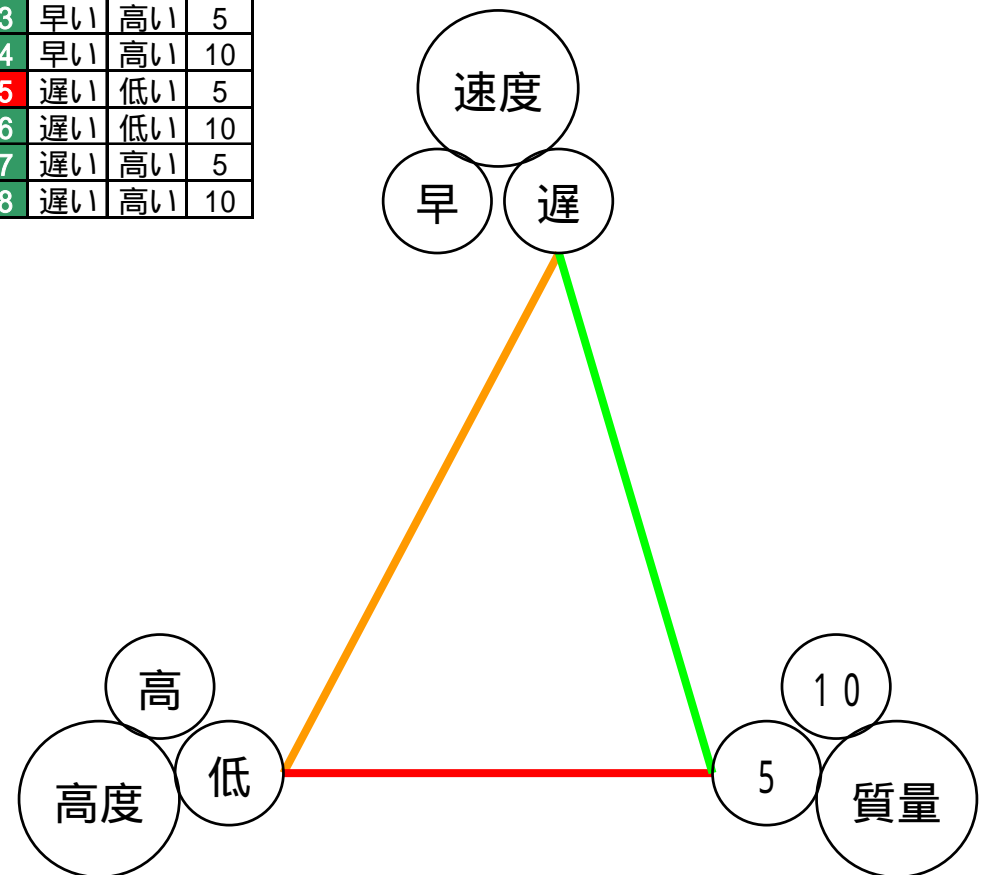
直交表が網羅する組合せ

| L4直交表 | 速度 | 高度 | 質量 |
|--------|----|----|----|
| 成分 | A | B | AB |
| テストNo1 | 早い | 低い | 5 |
| テストNo2 | 早い | 高い | 10 |
| テストNo3 | 遅い | 低い | 10 |
| テストNo4 | 遅い | 高い | 5 |

| 全組合せ | 速度 | 高度 | 質量 |
|--------|----|----|----|
| 成分 | A | B | AB |
| テストNo1 | 早い | 低い | 5 |
| テストNo2 | 早い | 低い | 10 |
| テストNo3 | 早い | 高い | 5 |
| テストNo4 | 早い | 高い | 10 |
| テストNo5 | 遅い | 低い | 5 |
| テストNo6 | 遅い | 低い | 10 |
| テストNo7 | 遅い | 高い | 5 |
| テストNo8 | 遅い | 高い | 10 |



2機能間の組合せが全て存在している
(この状態を組合せ網羅率100%と定義する)



全組合せでは直交表に存在しない
組合せも出現する(ただし,テスト回数は
指数関数的に増大する)

2 因子間の組合せを求めるだけでよいか？

「1 因子ずつの場合のバグの発見率が p なら (直交表を利用して 2 因子の組合せの評価をすれば) それに比較してほぼ p の 2 乗に期待される」 (田口玄一氏)。

発生する確率について、1000 行あたりのバグ数をあてはめて上記を計算した結果を示す(ここでは、4 件/KLOC で計算)

$$\text{単機能バグ発生率} = 4/1000 = 0.004$$

$$\text{2 因子間バグ発生率} = (4/1000)^2 = 0.000016$$

$$\text{3 因子間バグ発生率} = (4/1000)^3 = 0.000000064$$

200 万行 (=2000 KLOC) の製品とすると、

$$\text{単機能バグ数} = 4/1000 \times 2,000,000 = 8,000 \text{ 件}$$

$$\text{2 因子間バグ数} = (4/1000)^2 \times 2,000,000 = 32 \text{ 件}$$

$$\text{3 因子間バグ数} = (4/1000)^3 \times 2,000,000 = 0.128 \text{ 件}$$

2 因子間の組合せを求めるだけでよいか？

前頁の確率論は、あくまでも田口玄一氏の仮説であるが、弊社の場合、実データでもほぼ合っていることが確認できている。以上のことから、

2 因子間のバグはきちんと検出しなければならない

多因子の組合せバグは非常に件数が少ない

また、3 因子間のバグを確実にテストするためには少なくとも「直交表 × 最大因子の水準数」のテスト項目数が必要であり通常数10倍のテスト規模となる。

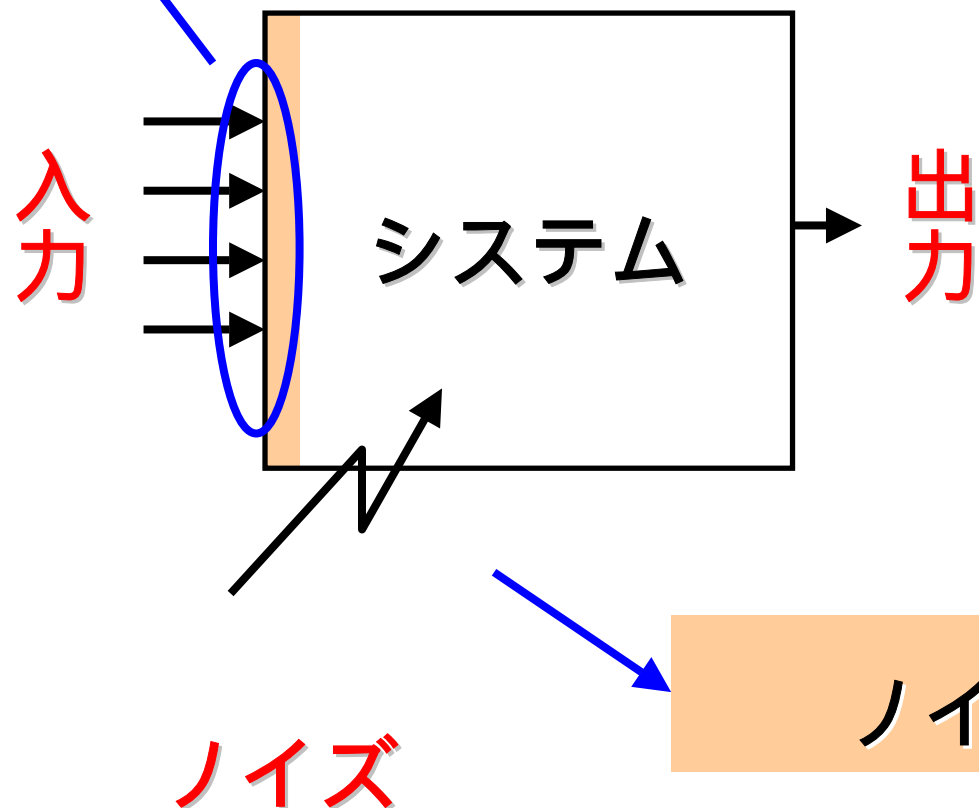
問題の大きさ： 2 因子間バグ > 多因子間バグ

テスト規模： 数10倍

を考え合わせると、多因子間の組合せをすべてテストすることは（3 因子間であったとしても）コスト的に割に合わない。

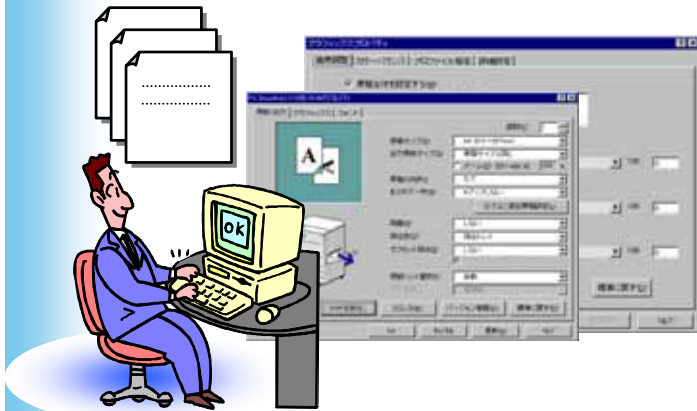
我々は、多因子の組合せについては、（関連深い機能に対してのみ）部分的に多因子間網羅率を向上させることで対処している。

入力の組合せ評価
(HAYST法)



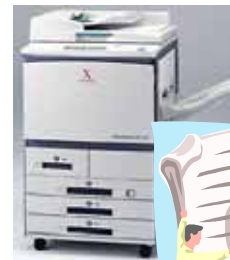
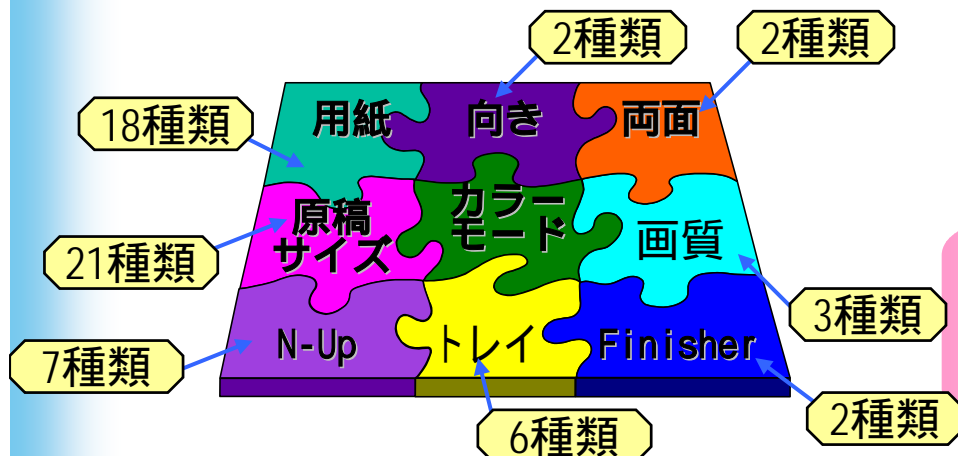
HAYST法とは

プリンタドライバ機能組合せテストの概要



お客様は様々な機能の組み合わせでプリント

<ソフトウェア機能組み合わせテスト>



出力結果



多因子多水準
100因子280水準
禁則処理



HAYST法とは
F XオリジナルのS/Wへの
実験計画法適用手法

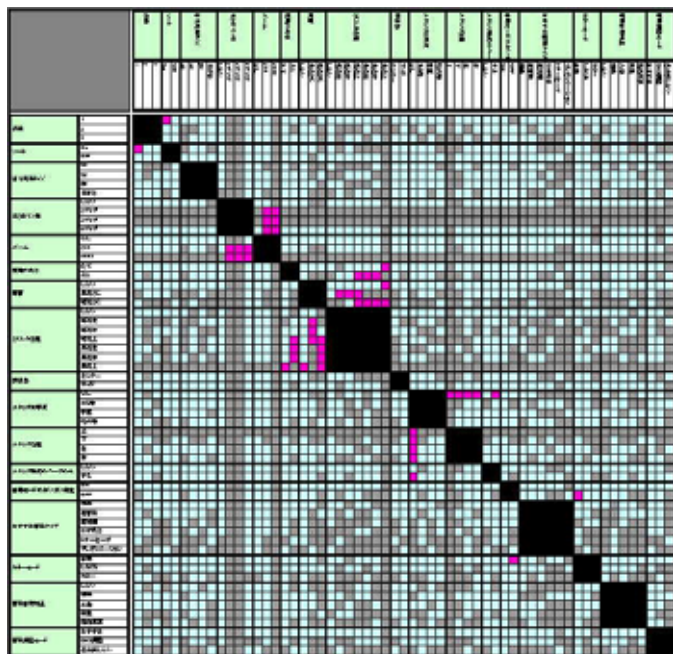
- **L256直交表**の開発
多因子多水準系に対応
(16水準×6、8水準×13)
- **禁則回避手法**の開発
SW固有の問題である
複雑な禁則処理問題に対応
- **組合せ網羅率**の提案
テスト品質指標とした
- SW一般に使用できる
プリンタドライバのみでなく
SW一般に使用できる

様々な市場環境で使用して
も問題の無いロバスト
なソフトウェアの開発

組合せ網羅率 = テスト品質指標

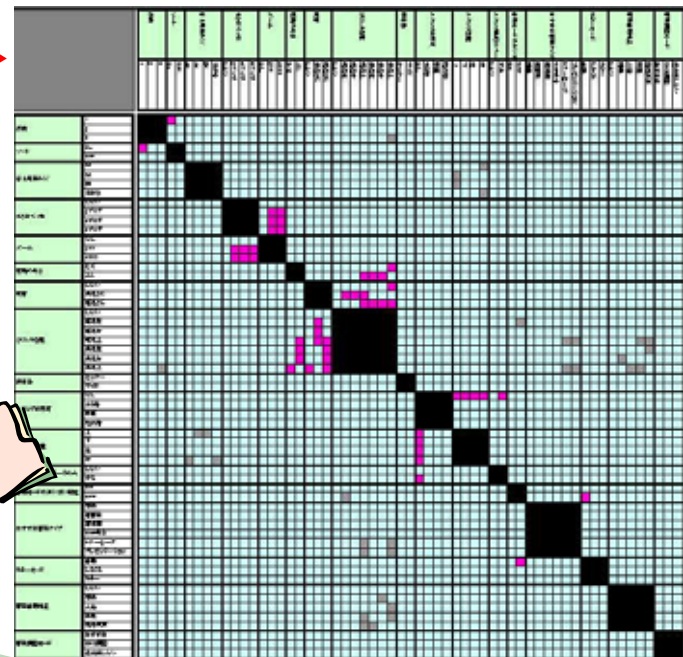
$$\text{組合せ網羅率} = \frac{\text{マトリクスに出現する組合せ}}{\text{全ての2因子間の組合せ-禁則組合せ}}$$

従来のKnowHowに基づいた方法
網羅率30%～40%程度



HAYST法による組合せ生成

網羅率70%～90% (テスト項目数は1/3)



総当り表による比較

- : 出現しない組合せ
- : 禁則
- : 出現組合せ
- : 同じ因子同士



品質の違いは一目瞭然： 自分の業務を定量的に判断できる

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
 1. 直交表サイズの決定
 2. 直交表の作成
 3. 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
 1. 線点図より水準数が少ないとき
 2. 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べる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、

| | | | | |
|---|---|-----|---|---------|
| - | ~ | - 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、異常系を含ませないので、「 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

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
 $8(6) \times 4 = 32$ となり、 $L32$ を選択する。

直交表の作成（方法は後述）

2^n 直交表を作成する

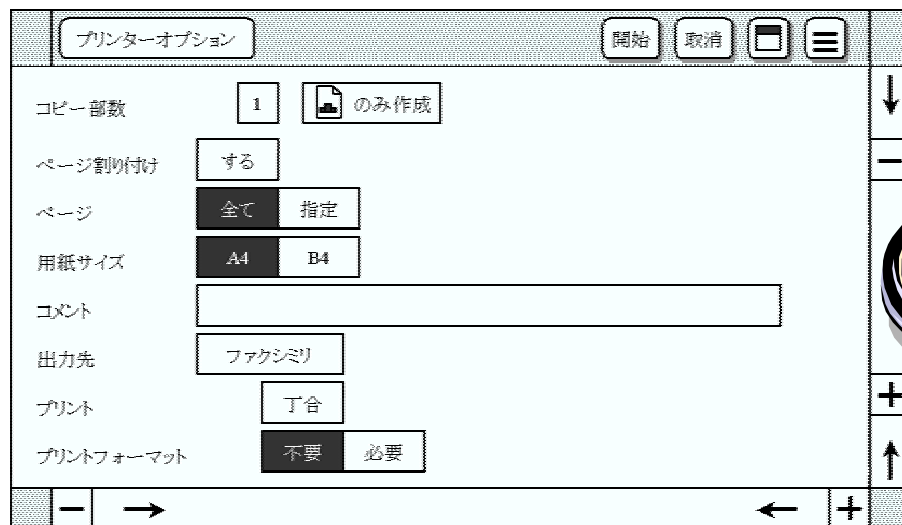
多水準系直交表への変形（方法は後述）

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

大規模組込みSWの現状

1989年：J Star II（機能数 8）



機能数合計:8

設定値合計 :17

2003年：DPC3530（機能数108）



機能数合計:108

設定値合計 :324

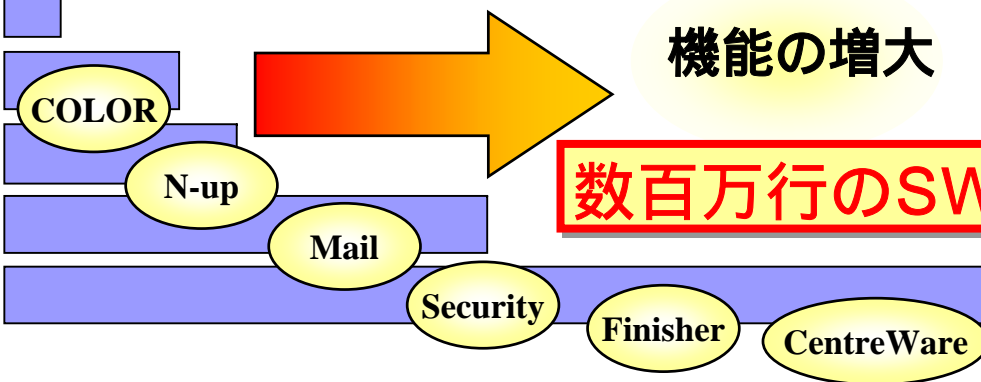
Time flies.

機能数： 13倍 (8 108)
設定値： 19倍 (17 324)

| 年度 | 製品 | 機能数 | 設定値 |
|-------|-------------|-----|-----|
| 1989年 | J Star II | 8 | 17 |
| 1991年 | Global View | 9 | 21 |
| 1994年 | CM ICS | 29 | 66 |
| 1996年 | DP300 | 38 | 88 |
| 2002年 | DCC500 | 42 | 183 |
| 2003年 | DPC3530 | 108 | 324 |

機能の増大

数百万行のSW



直交表一覧

| | HW系 推奨 | 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 | 合計 | |
| 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 | | | | | 4 | |
| | | L16 | | | 5 | | | | | 15 | |
| | | L16 | 8 | | | | | 1 | | 15 | |
| | | L32 | | | 8 | | | 1 | | 31 | |
| | | L64 | | | | | | 9 | | 63 | |
| | | L128 | 12 | | 10 | | | 10 | 1 | 127 | |
| 3水準系 | | L256 | 11 | | 21 | | | 13 | 6 | 255 | |
| | | L9 | | 4 | | | | | | 4 | |
| | | L27 | | 13 | | | | | | 13 | |
| | | L81 | | 40 | | | | | | 40 | |
| 混合系 | | L243 | | 121 | | | | | | 121 | L18の1,2列より6水準作成 |
| | | L18 | 1 | 7 | | | | | | 8 | |
| | | L18(7) | | 6 | | | 1 | | | 7 | |
| | | L54 | 1 | 25 | | | | | | 26 | |
| | | L36 | 11 | 12 | | | | | | 23 | |
| | | L36(16) | 3 | 13 | | | | | | | |
| | | L36(13) | | 13 | | | | | | 13 | |
| 4～5水準系 | | L108 | | 49 | | | | | | 49 | 上記16因子タイプの3水準列のみ |
| | | L16(5) | | | 5 | | | | | 5 | |
| | | L32(10) | 1 | | 9 | | | | | 10 | |
| | | L64(21) | | | 21 | | | | | 21 | |
| | | L25 | | | | 6 | | | | 6 | |
| 殆直交表 | | L50 | 1 | | | 11 | | | | 12 | 標準形に2'列を付加 |
| | | L'18 | 1 | 8 | | | | | | 9 | |
| | | L'27 | | 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 |
| 1 | 0 |
| 2 | 1 |

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 |
| 1 | 0 |
| 2 | 1 |

行を2倍

| | |
|---|---|
| | 1 |
| 1 | 0 |
| 2 | 0 |
| 3 | 1 |
| 4 | 1 |

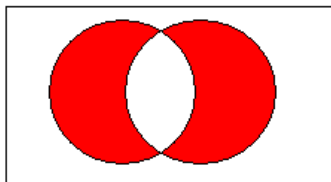
0、1を交互
に割付けた
列を追加

| | | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 1 |

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



| | | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 |

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)))

L4直交表をL8直交表に拡張する例

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 |



行を2倍

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 0 |



0、1を交互に割付けた列を追加

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 1 |



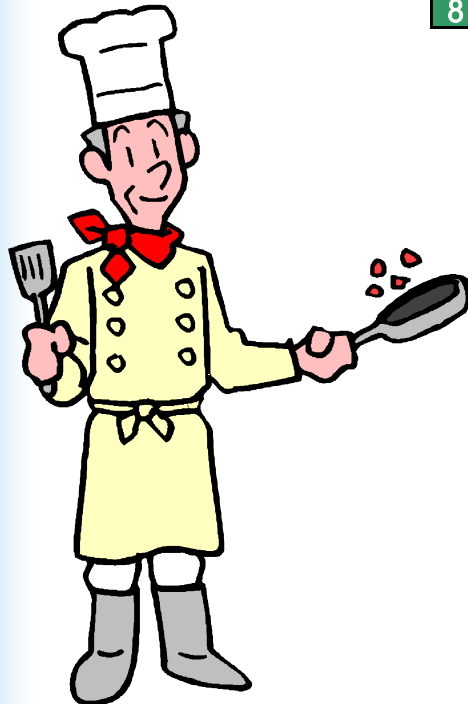
1列 XOR 4列 = 5列
2列 XOR 4列 = 6列
3列 XOR 4列 = 7列

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

1列 XOR 4列 = 5列

2列 XOR 4列 = 6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

L128をL256

...

に拡張することができる

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 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |



| | ABC | D | E | F | G |
|---|-----|---|---|---|---|
| 1 | 000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 000 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 011 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 011 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 101 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 101 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 110 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 110 | 1 | 0 | 0 | 1 |

因子列A, B,Cを結合する。

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

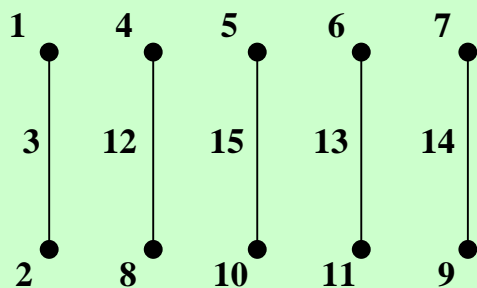
| | C | ABD | E | F | G |
|---|---|-----|---|---|---|
| 1 | 0 | 000 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 001 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 010 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 011 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 100 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 101 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 0 | 110 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 0 | 111 | 0 | 0 | 1 |

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、結合してはだめ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

線点図と直交表との対応

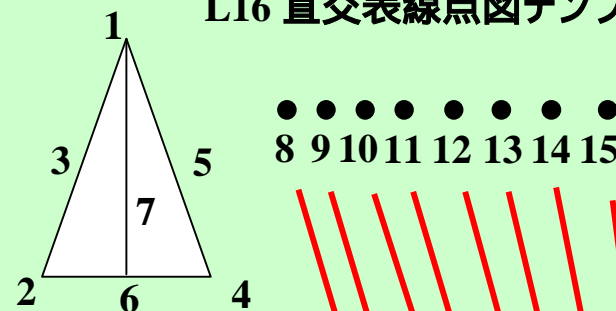
L16 直交表線点図テンプレート 1



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 8 | 12 | 5 | 10 | 15 | 6 | 11 | 13 | 7 | 9 | 14 |
|----|---|---|----|---|---|----|----|----|------|----|-----|-----|-----|----|-----|
| | a | b | ab | c | d | cd | ac | bd | abcd | bc | abd | acd | abc | ad | bcd |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 12 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 16 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

使ってはいけない

L16 直交表線点図テンプレート 2

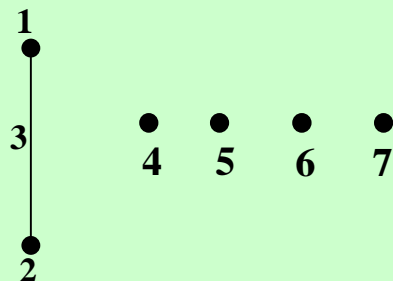


| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1234567 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|---|---|----|---|----|----|-----|---------|---|----|----|-----|----|-----|-----|------|
| | a | b | ab | c | ac | bc | abc | | d | ad | bd | abd | cd | acd | bcd | abcd |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 12 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 13 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 16 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

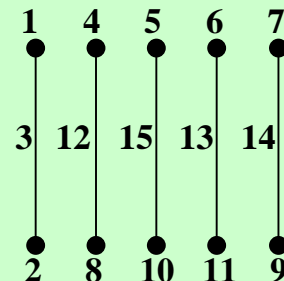
使ってはいけない

線点図テンプレート L8 L16 L32

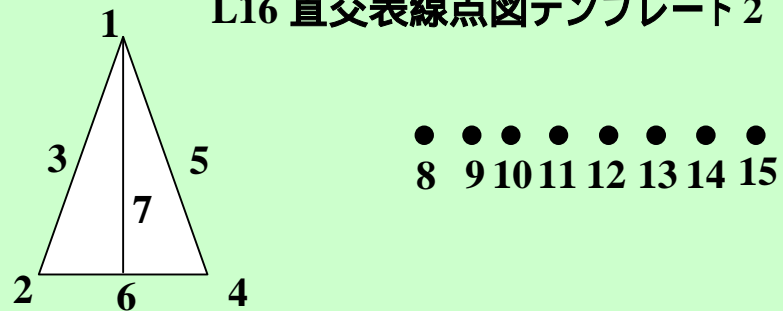
L8 直交表線点図テンプレート



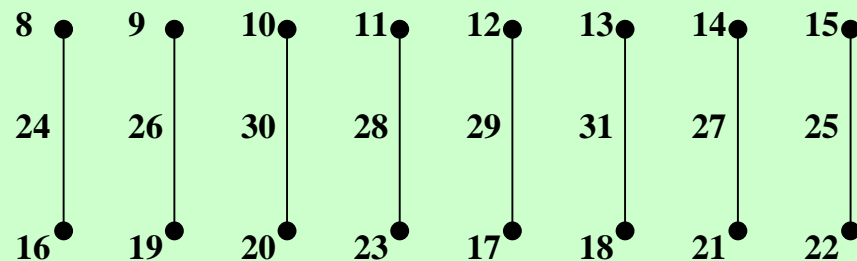
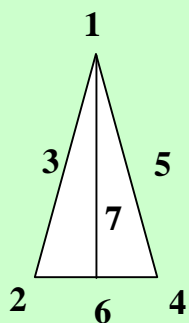
L16 直交表線点図テンプレート 1



L16 直交表線点図テンプレート 2

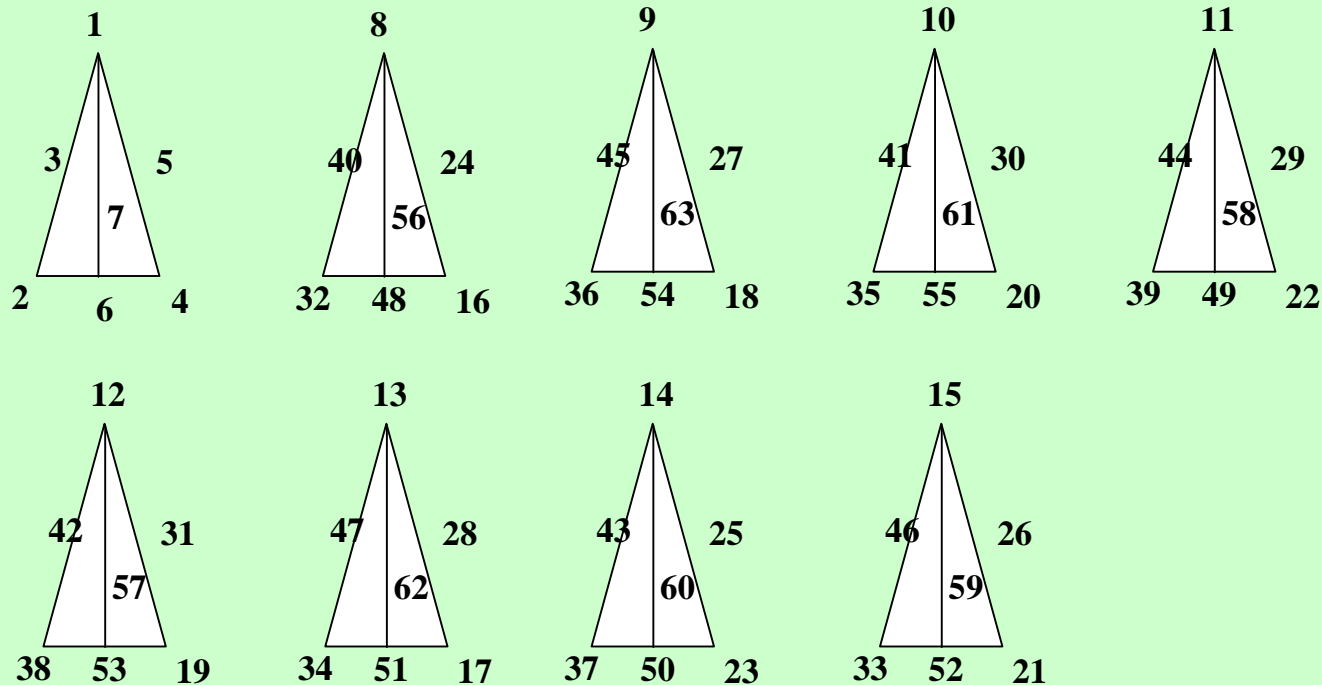


L32 直交表線点図テンプレート



線点図テンプレート L64

L64 直交表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

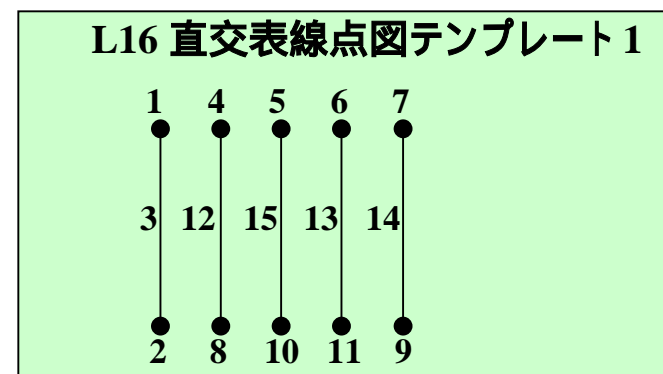
という法則から の頂点を探して (L64では,4,5,6群が の頂点となるということ) あとは,交互作用の点を探していく。

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。

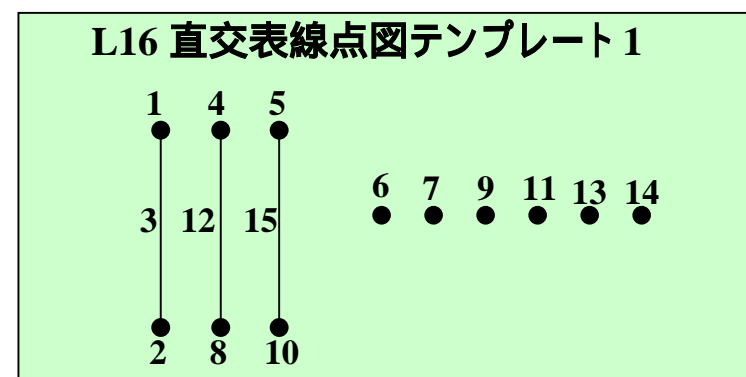
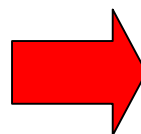
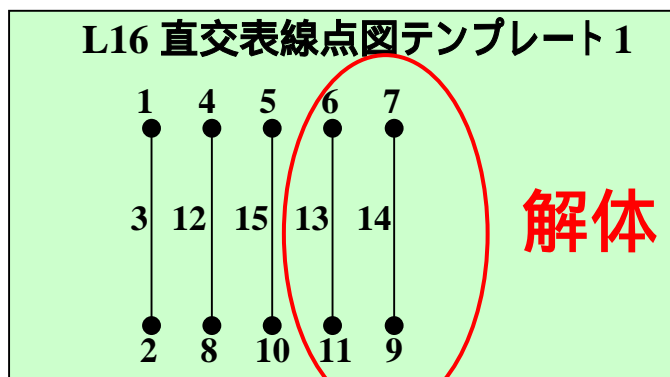
| 朝ご飯の献立 | |
|--------|-------|
| 米 | コシヒカリ |
| | ササニシキ |
| 魚 | 鯛 |
| | すずき |
| | さより |
| | かれい |
| たまご | だしまき |
| | 生たまご |
| | ゆでたまご |
| | 目玉焼き |
| みそ汁 | しじみ |
| | わかめ |
| おかず | 卵焼き |
| | ほうれん草 |
| デザート | ヨーグルト |
| | プリン |

一致しない

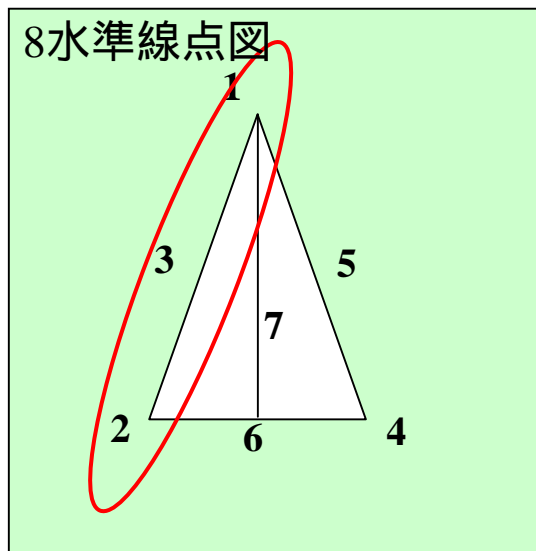


線点図テンプレートに2水準線点図が、4つ足りない。

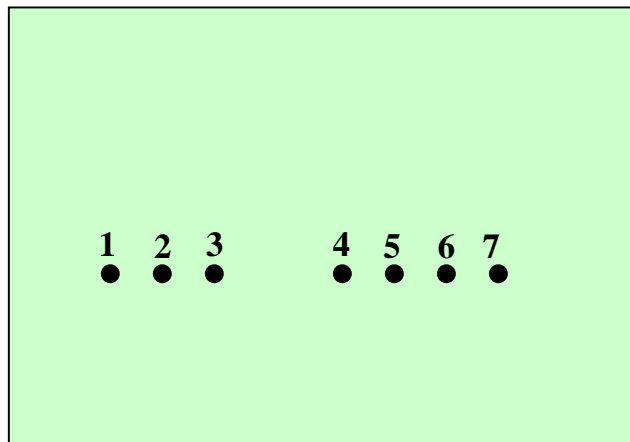
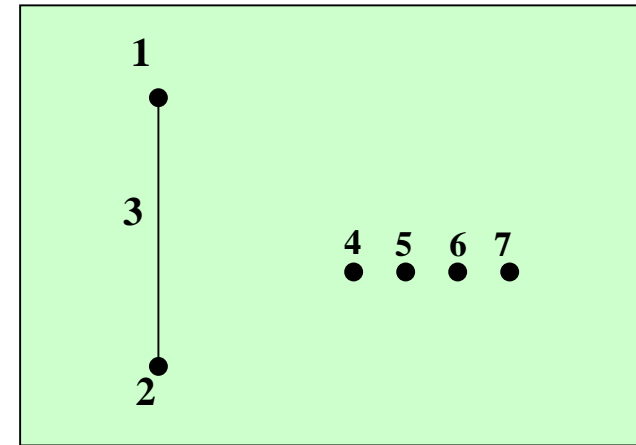
割付けたい因子の水準数と線点図テンプレートが一致しない場合には線点図を解体する



8水準線点図を解体する場合も同様



8水準線点図を4水準と2水準に解体する場合



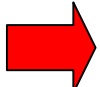
さらに2水準のみに解体する場合

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。

| 朝ご飯の献立 | | |
|--------|-------|---|
| 米 | コシヒカリ | 2 |
| | ササニシキ | |
| 魚 | 鯛 | 6 |
| | すずき | |
| | さより | |
| | かれい | |
| | くろまぐろ | |
| | はたはた | |
| みそ汁 | しじみ | 2 |
| | わかめ | |
| おかず | 卵焼き | 2 |
| | ほうれん草 | |
| デザート | ヨーグルト | 2 |
| | プリン | |


**ダミー水準
の追加**

| 朝ご飯の献立 | | |
|--------|-----------|---|
| 米 | コシヒカリ | 2 |
| | ササニシキ | |
| 魚 | 鯛 | 8 |
| | すずき | |
| | さより | |
| | かれい | |
| | くろまぐろ | |
| | はたはた | |
| | DMY 鯛 | |
| | DMY くろまぐろ | |
| みそ汁 | しじみ | 2 |
| | わかめ | |
| おかず | 卵焼き | 2 |
| | ほうれん草 | |
| デザート | ヨーグルト | 2 |
| | プリン | |

割付後の直交表

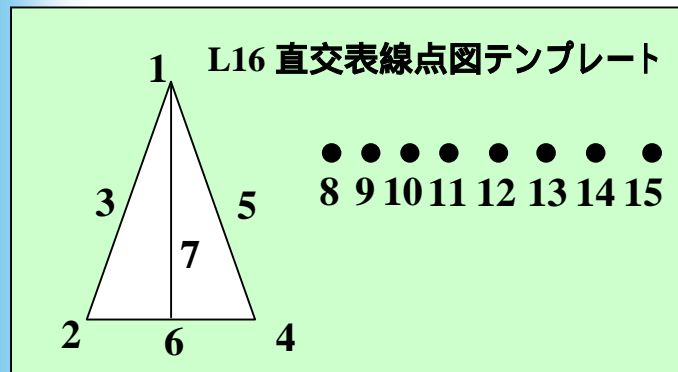
| | 1234567 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|-----------|-------|-----|-------|-------|----|-----|-----|------|
| | 種 | 米 | 味噌汁 | おかず | デザート | cd | acd | bcd | abcd |
| 1 | 鯛 | コシヒカリ | しじみ | 卵焼き | ヨーグルト | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 鯛 | ササニシキ | わかめ | ほうれん草 | プリン | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | すずき | コシヒカリ | しじみ | 卵焼き | ヨーグルト | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | すずき | ササニシキ | わかめ | ほうれん草 | プリン | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | さより | コシヒカリ | しじみ | ほうれん草 | プリン | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 6 | さより | ササニシキ | わかめ | 卵焼き | ヨーグルト | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | かれい | コシヒカリ | しじみ | ほうれん草 | プリン | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | かれい | ササニシキ | わかめ | 卵焼き | ヨーグルト | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 9 | くろまぐろ | コシヒカリ | わかめ | 卵焼き | プリン | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 10 | くろまぐろ | ササニシキ | しじみ | ほうれん草 | ヨーグルト | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | はたはた | コシヒカリ | わかめ | 卵焼き | プリン | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 12 | はたはた | ササニシキ | しじみ | ほうれん草 | ヨーグルト | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 13 | DMY 鯛 | コシヒカリ | わかめ | ほうれん草 | ヨーグルト | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 14 | DMY 鯛 | ササニシキ | しじみ | 卵焼き | プリン | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | DMY くろまぐろ | コシヒカリ | わかめ | ほうれん草 | ヨーグルト | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 16 | DMY くろまぐろ | ササニシキ | しじみ | 卵焼き | プリン | 0 | 1 | 1 | 0 |

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。



朝ご飯の献立

| | | |
|------|-------|----|
| 米 | コシヒカリ | 2 |
| | ササニシキ | |
| 魚 | 鯛 | 12 |
| | さんま | |
| | すずき | |
| | ひらめ | |
| | かれい | |
| | くろまぐろ | |
| | はたはた | |
| | 金目鯛 | |
| | さより | |
| | かじき | |
| | はぜ | |
| | なまず | |
| みそ汁 | しじみ | 2 |
| | わかめ | |
| おかず | 卵焼き | 2 |
| | ほうれん草 | |
| デザート | ヨーグルト | 2 |
| | プリン | |

抽象化

朝ご飯の献立

| | | |
|------|----------|---|
| 米 | コシヒカリ | 2 |
| | ササニシキ | |
| 魚 | 鯛・さんま | 8 |
| | すずき・ひらめ | |
| | さより・なまず | |
| | かれい | |
| | くろまぐろ | |
| | はたはた・かじき | |
| | 金目鯛 | |
| | はぜ | |
| みそ汁 | しじみ | 2 |
| | わかめ | |
| おかず | 卵焼き | 2 |
| | ほうれん草 | |
| デザート | ヨーグルト | 2 |
| | プリン | |

| |
|-------------------|
| ● 8 |
| 1 3 5 2 6 4 |
| ● 9 |
| ● 10 |
| ● 11 |

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

割付け後の直交表（抽象化水準未展開）

| 1234567 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------|----------|-------|-----|-------|-------|-----|-----|------|
| | 米 | 味噌汁 | おかず | デザート | cd | acd | bcd | abcd |
| 1 | 鯛・さんま | コシヒカリ | しじみ | 卵焼き | ヨーグルト | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 鯛・さんま | ササニシキ | わかめ | ほうれん草 | プリン | 1 | 1 | 1 |
| 3 | すずき・ひらめ | コシヒカリ | しじみ | 卵焼き | ヨーグルト | 1 | 1 | 1 |
| 4 | すずき・ひらめ | ササニシキ | わかめ | ほうれん草 | プリン | 0 | 0 | 0 |
| 5 | さより・なまず | コシヒカリ | しじみ | ほうれん草 | プリン | 0 | 0 | 1 |
| 6 | さより・なまず | ササニシキ | わかめ | 卵焼き | ヨーグルト | 1 | 1 | 0 |
| 7 | かれい | コシヒカリ | しじみ | ほうれん草 | プリン | 1 | 1 | 0 |
| 8 | かれい | ササニシキ | わかめ | 卵焼き | ヨーグルト | 0 | 0 | 1 |
| 9 | くろまぐろ | コシヒカリ | わかめ | 卵焼き | プリン | 0 | 1 | 0 |
| 10 | くろまぐろ | ササニシキ | しじみ | ほうれん草 | ヨーグルト | 1 | 0 | 1 |
| 11 | はたはた・かじき | コシヒカリ | わかめ | 卵焼き | プリン | 1 | 0 | 1 |
| 12 | はたはた・かじき | ササニシキ | しじみ | ほうれん草 | ヨーグルト | 0 | 1 | 0 |
| 13 | 金目鯛 | コシヒカリ | わかめ | ほうれん草 | ヨーグルト | 0 | 1 | 1 |
| 14 | 金目鯛 | ササニシキ | しじみ | 卵焼き | プリン | 1 | 0 | 0 |
| 15 | はぜ | コシヒカリ | わかめ | ほうれん草 | ヨーグルト | 1 | 0 | 0 |
| 16 | はぜ | ササニシキ | しじみ | 卵焼き | プリン | 0 | 1 | 1 |

割付け

抽象化された
ままの水準

抽象化水準の分離

抽象化を解除
した水準

| 1234567 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------|---------|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1111 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 110011 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 110011 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 111100 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 111100 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | 1010101 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 1010101 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 11 | 1011010 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 12 | 1011010 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 13 | 1100110 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 14 | 1100110 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 15 | 1101001 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 16 | 1101001 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

| 1234567 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-----|------|
| | 米 | 味噌汁 | おかず | デザート | cd | acd | bcd | abcd |
| 1 | 鯛 | コシヒカリ | しじみ | 卵焼き | ヨーグルト | 0 | 0 | 0 |
| 2 | さんま | ササニシキ | わかめ | ほうれん草 | プリン | 1 | 1 | 1 |
| 3 | すずき | コシヒカリ | しじみ | 卵焼き | ヨーグルト | 1 | 1 | 1 |
| 4 | ひらめ | ササニシキ | わかめ | ほうれん草 | プリン | 0 | 0 | 0 |
| 5 | さより | コシヒカリ | しじみ | ほうれん草 | プリン | 0 | 0 | 1 |
| 6 | なまず | ササニシキ | わかめ | 卵焼き | ヨーグルト | 1 | 1 | 0 |
| 7 | かれい | コシヒカリ | しじみ | ほうれん草 | プリン | 1 | 1 | 0 |
| 8 | かれい | ササニシキ | わかめ | 卵焼き | ヨーグルト | 0 | 0 | 1 |
| 9 | くろまぐろ | コシヒカリ | わかめ | 卵焼き | プリン | 0 | 1 | 0 |
| 10 | くろまぐろ | ササニシキ | しじみ | ほうれん草 | ヨーグルト | 1 | 0 | 1 |
| 11 | はたはた | コシヒカリ | わかめ | 卵焼き | プリン | 1 | 0 | 1 |
| 12 | かじき | ササニシキ | しじみ | ほうれん草 | ヨーグルト | 0 | 1 | 0 |
| 13 | 金目鯛 | コシヒカリ | わかめ | ほうれん草 | ヨーグルト | 0 | 1 | 1 |
| 14 | 金目鯛 | ササニシキ | しじみ | 卵焼き | プリン | 1 | 0 | 0 |
| 15 | はぜ | コシヒカリ | わかめ | ほうれん草 | ヨーグルト | 1 | 0 | 0 |
| 16 | はぜ | ササニシキ | しじみ | 卵焼き | プリン | 0 | 1 | 1 |

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

禁則設定因子

| | | まとめて1枚 | | | |
|------|------|--------|------|------|------|
| | | しない | 2 up | 4 up | 8 up |
| | しない | | | | |
| | 25% | | | | |
| | 70% | | | | |
| | 400% | | | | |
| 拡大縮小 | しない | | | | |
| | 25% | | | | |
| | 70% | | | | |
| | 400% | | | | |
| | 400% | | | | |

条件因子

| | | 両面 | |
|---------|-----|-----|------|
| | | しない | 短辺とじ |
| 出力用紙サイズ | A4 | | |
| | A6 | | |
| | B4 | | |
| | はがき | | |
| | 封筒 | | |
| | B6 | | |
| | B5 | | |
| | B5 | | |

| | | とじしる位置 | | | | | | | |
|-------|----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | しない | 短辺左 | 短辺右 | 短辺上 | 長辺左 | 長辺右 | 長辺上 | 長辺上 |
| 原稿の向き | たて | | | | | | | | |
| | たて | | | | | | | | |
| | たて | | | | | | | | |
| | よこ | | | | | | | | |
| | よこ | | | | | | | | |
| | よこ | | | | | | | | |
| | よこ | | | | | | | | |
| | よこ | | | | | | | | |
| 両面 | なし | | | | | | | | |
| | なし | | | | | | | | |
| | なし | | | | | | | | |
| | なし | | | | | | | | |
| | なし | | | | | | | | |
| | なし | | | | | | | | |
| | なし | | | | | | | | |
| | なし | | | | | | | | |

条件因子群の全組合せ

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。

禁則の回避が必要な理由

これから試しに禁則処理を全く回避しないで、直交表に因子を割付けてみます。

割付ける因子水準

| 因子 | 水準 |
|--------------|--------------|
| 部数 | 1 |
| | 2 |
| | 3 |
| ソート | On |
| | Off |
| 出力用紙サイズ | A3 |
| | A4 |
| | B4 |
| | はがき |
| まとめて1枚 | しない |
| | 2アップ |
| | 4アップ |
| | 8アップ |
| ズーム | なし |
| | 25% |
| | 400% |
| 原稿の向き | たて |
| | よこ |
| 両面 | しない |
| | 長辺とじ 短辺とじ |
| とじしろ位置 | しない |
| | 短辺左 |
| | 短辺右 |
| | 短辺上 |
| | 長辺左 |
| | 長辺右 |
| | 長辺上 |
| | 長辺下 |
| スタンプ文字列 | なし |
| | まる秘 |
| | 回覧 |
| | 社外秘 |
| スタンプ位置 | 上 |
| | 下 |
| | 左 |
| | 右 |
| スタンプ最初のページのみ | しない |
| | する |

■ が同時に設定できない組合せ

| | | まとめて1枚 | | | |
|-----|------|--------|------|------|------|
| | | しない | 2 up | 4 up | 8 up |
| ズーム | しない | | | | |
| | 25% | | | | |
| | 400% | | | | |

| | | スタンプ位置 | | | |
|---------|-----|--------|---|---|---|
| | | 上 | 中 | 下 | 外 |
| スタンプ文字列 | なし | | | | |
| | まる秘 | | | | |
| | 回覧 | | | | |
| | 社外秘 | | | | |

| | | 最初のページのみ | |
|---------|-----|----------|----|
| | | しない | する |
| スタンプ文字列 | なし | | |
| | まる秘 | | |
| | 回覧 | | |
| | 社外秘 | | |

| | | とじしろ位置 | | | | | | | |
|-------|----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | しない | 短辺左 | 短辺右 | 短辺上 | 長辺左 | 長辺右 | 長辺上 | 長辺下 |
| 原稿の向き | たて | なし | | | | | | | |
| | たて | 長辺 | | | | | | | |
| | たて | 短辺 | | | | | | | |
| | よこ | なし | | | | | | | |
| | よこ | 長辺 | | | | | | | |
| | よこ | 短辺 | | | | | | | |

禁則の回避が必要な理由

禁則処理がテスト項目にどのように含まれているのかを確認してみました。

| テスト可否 | 部数 | ソート | 出力用紙サイズ | まとめて1枚 | ズーム | 原稿の向き | 両面 | とじしろ位置 | スタンプ文字列 | スタンプ位置 | スタンプ最初のページのみ |
|-------|-------|-----|---------|--------|--------|-------|--------|---------|---------|--------|--------------|
| × | 1 | On | A3 | しない | なし | たて | なし | しない | なし | 上 | しない |
| × | 2 | On | A4 | 2アップ | 25% | たて | 長辺とじ | しない | まる秘 | 下 | する |
| × | 3 | On | B4 | 4アップ | 400% | よこ | 短辺とじ | しない | 回覧 | 左 | しない |
| | DMY 1 | On | はがき | 8アップ | DMY なし | よこ | DMY なし | しない | 社外秘 | 右 | する |
| × | 1 | Off | A3 | 2アップ | 25% | よこ | 短辺とじ | 短辺左 | 回覧 | 右 | する |
| | 2 | Off | A4 | しない | なし | よこ | DMY なし | 短辺左 | 社外秘 | 左 | しない |
| × | 3 | Off | B4 | 8アップ | DMY なし | たて | なし | 短辺左 | なし | 下 | する |
| × | DMY 1 | Off | はがき | 4アップ | 400% | たて | 長辺とじ | 短辺左 | まる秘 | 上 | しない |
| | 1 | Off | A4 | 4アップ | DMY なし | よこ | なし | 短辺右 | まる秘 | 左 | する |
| × | 2 | Off | A3 | 8アップ | 400% | よこ | 長辺とじ | 短辺右 | なし | 右 | しない |
| | 3 | Off | はがき | しない | 25% | たて | 短辺とじ | 短辺右 | 社外秘 | 上 | する |
| × | DMY 1 | Off | B4 | 2アップ | なし | たて | DMY なし | 短辺右 | 回覧 | 下 | しない |
| × | 1 | On | A4 | 8アップ | 400% | たて | 短辺とじ | 短辺上 | 社外秘 | 下 | しない |
| | 2 | On | A3 | 4アップ | DMY なし | たて | DMY なし | 短辺上 | 回覧 | 上 | する |
| × | 3 | On | はがき | 2アップ | なし | よこ | なし | 短辺上 | まる秘 | 右 | しない |
| × | DMY 1 | On | B4 | しない | 25% | よこ | 長辺とじ | 短辺上 | なし | 左 | する |
| × | 1 | Off | はがき | しない | DMY なし | よこ | 長辺とじ | 長辺左 | 回覧 | 下 | しない |
| × | 2 | Off | B4 | 2アップ | 400% | よこ | なし | 長辺左 | 社外秘 | 上 | する |
| × | 3 | Off | A4 | 4アップ | 25% | たて | DMY なし | 長辺左 | なし | 右 | しない |
| × | DMY 1 | Off | A3 | 8アップ | なし | たて | 短辺とじ | 長辺左 | まる秘 | 左 | する |
| × | 1 | On | はがき | 2アップ | 400% | たて | DMY なし | 長辺右 | なし | 左 | する |
| × | 2 | On | B4 | しない | DMY なし | たて | 短辺とじ | 長辺右 | まる秘 | 右 | しない |
| × | 3 | On | A4 | 8アップ | なし | よこ | 長辺とじ | 長辺右 | 回覧 | 上 | する |
| × | DMY 1 | On | A3 | 4アップ | 25% | よこ | なし | 長辺右 | 社外秘 | 下 | しない |
| × | 1 | On | B4 | 4アップ | なし | たて | 長辺とじ | 長辺上 | 社外秘 | 右 | する |
| × | 2 | On | はがき | 8アップ | 25% | たて | なし | 長辺上 | 回覧 | 左 | しない |
| × | 3 | On | A3 | しない | 400% | よこ | DMY なし | 長辺上 | まる秘 | 下 | する |
| × | DMY 1 | On | A4 | 2アップ | DMY なし | よこ | 短辺とじ | 長辺上 | なし | 上 | しない |
| × | 1 | Off | B4 | 8アップ | 25% | よこ | DMY なし | DMY しない | まる秘 | 上 | しない |
| × | 2 | Off | はがき | 4アップ | なし | よこ | 短辺とじ | DMY しない | なし | 下 | する |
| | 3 | Off | A3 | 2アップ | DMY なし | たて | 長辺とじ | DMY しない | 社外秘 | 左 | しない |
| | DMY 1 | Off | A4 | しない | 400% | たて | なし | DMY しない | 回覧 | 右 | する |

32項目あるテスト項目のうち25項目が禁則処理を含んでいることが分かります。

このままでは、正常系のテストが出来ないので、禁則関係にある水準を別な水準に変更する必要があります。実際のソフトウェアでは因子の数もたくさんあり、禁則の数も膨大です。これらを一つ一つチェックし、組合せの出現頻度を維持しながら、テスト実施可能なテスト項目を作成するのはたいへんな作業です。

直交表は、全ての組合せを保証してくれるのですが、その反面、禁則の回避をあらかじめしておかないと、**正常系のテスト項目として成り立たなくなってしまう**です。

禁則の回避処理

| | | とじしろ位置 | | | | | |
|-------|----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | しない | 短辺左 | 短辺右 | 短辺上 | 短辺左 | 短辺右 |
| 原稿の向き | 両面 | | | | | | |
| | たて | なし | | | | | |
| | たて | 長辺 | | | | | |
| | たて | 短辺 | | | | | |
| | よこ | なし | | | | | |
| | よこ | 長辺 | | | | | |
| | よこ | 短辺 | | | | | |

禁則設定因子

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

条件因子

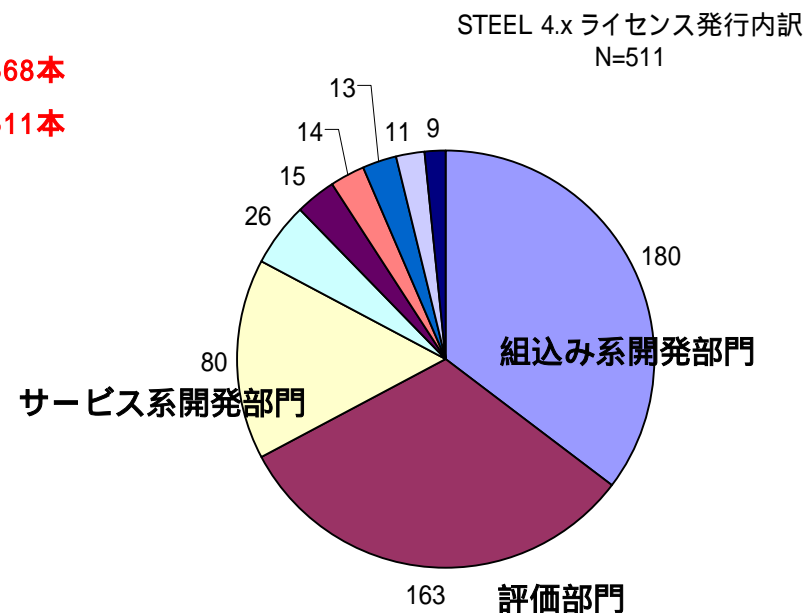
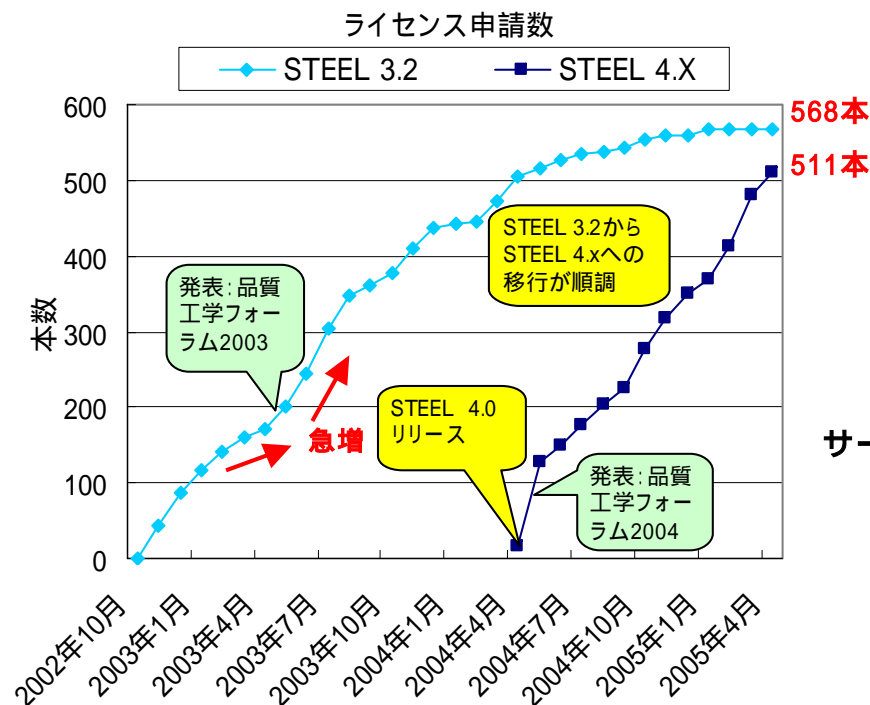
| 用紙サイズ | 原稿の向き | 両面 | とじしろ位置 | 出力トレイ | 部数 |
|-------|-------|--------|--------|-------|----|
| A4 | たて | なし | 0 | トレイ1 | 1 |
| A4 | たて | 長辺 | 11 | トレイ2 | 2 |
| A4 | よこ | 短辺 | 101 | トレイ3 | 1 |
| A4 | よこ | DMY_なし | 110 | 手差し | 2 |
| B4 | よこ | なし | 110 | 手差し | 1 |
| B4 | よこ | 長辺 | 101 | トレイ3 | 2 |
| B4 | たて | 短辺 | 11 | トレイ2 | 1 |
| B4 | たて | DMY_なし | 0 | トレイ1 | 2 |
| A3 | よこ | なし | 11 | トレイ2 | 2 |
| A3 | よこ | 長辺 | 0 | トレイ1 | 1 |
| A3 | たて | 短辺 | 110 | 手差し | 2 |
| A3 | たて | DMY_なし | 101 | トレイ3 | 1 |
| B5 | たて | なし | 101 | トレイ3 | 2 |
| B5 | たて | 長辺 | 110 | 手差し | 1 |
| B5 | よこ | 短辺 | 0 | トレイ1 | 2 |
| B5 | よこ | DMY_なし | 11 | トレイ2 | 1 |

OpenOffice Frontier



ツール利用状況

- STEELツールのライセンス申請数は500本を超えた（2005年4月現在）
- 昨年4月にSTEEL4.0がリリース後、現場での新バージョンへの移行は順調に推移



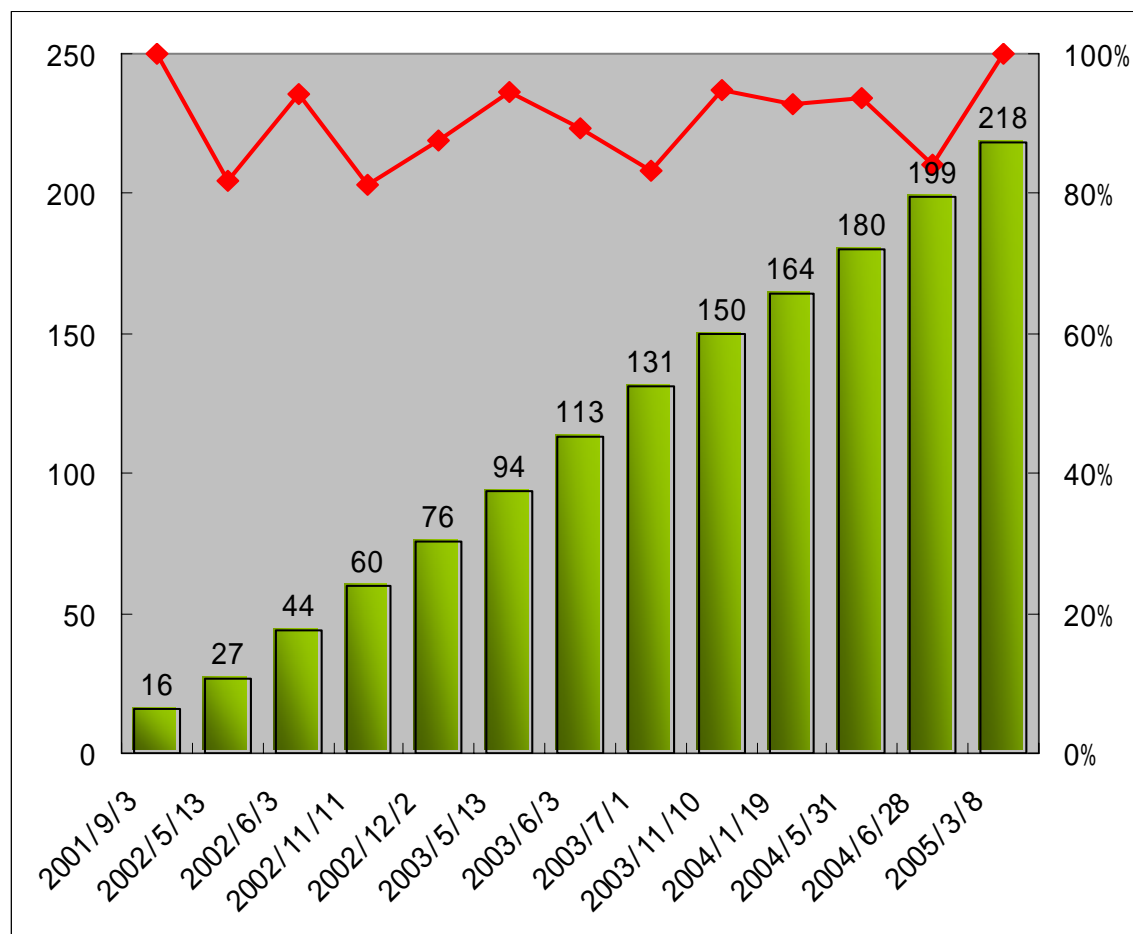
品質工学フォーラム（社内）の発表後に、ライセンス申請が増加

- ・ 組込み系開発部門が180本と最多（35%）
- ・ 評価部門は全体の1/3

社内教育展開状況

- R&D部門に対してはほぼ全部門で受講済み
- 関連会社も展開（FXPS, FXIS, FXEC, 新潟FX, FX-SDCC中国, XEROX）

社内教育の実施



開催回数：13回
累計受講者：218名
平均満足度：90%

ソフト開発業務を行う上で非常にためになる講義だった。すぐに実務に使ってみたい
-SW開発部門の受講者

テストスクリプト作成プロセスの変化

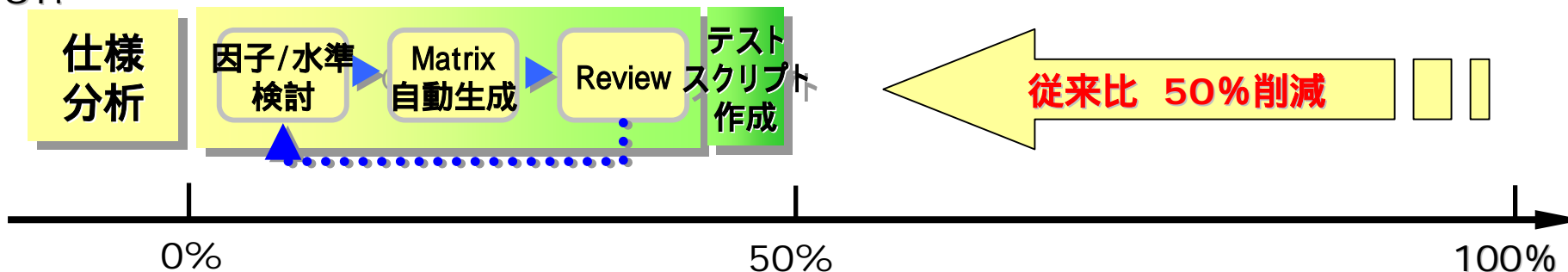
- ・従来の経験型(蓄積された情報を元にしたスクリプト作成)と比較し、**「テスト設計」**に時間がかけられるようになった
- ・担当者による**テストスクリプトの質のバラツキが抑えられる**ようになった



従来:



HAYST:

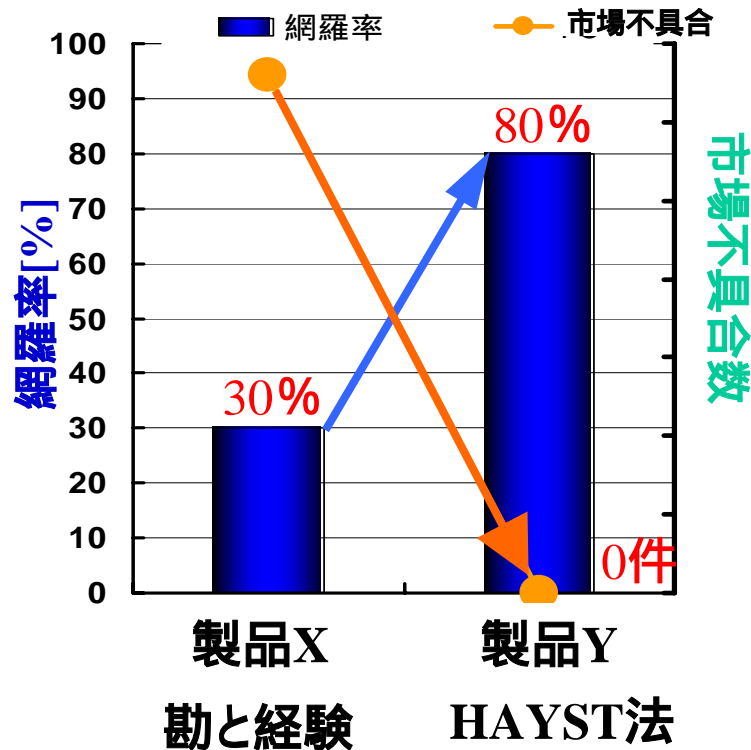


富士ゼロックスにおける適用結果

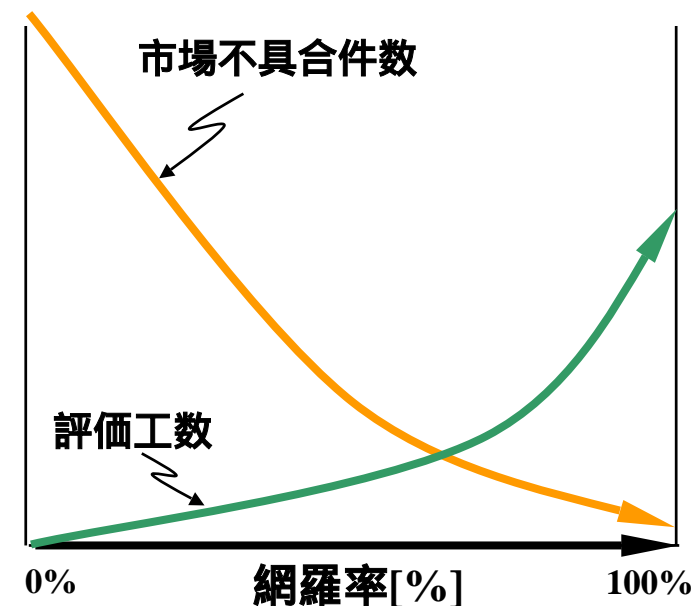
組合せ網羅率**2.7倍**

組合せ市場不具合**ほぼ0件**

品質面における効果



高い網羅率で市場流出不具合を
極限まで減らす

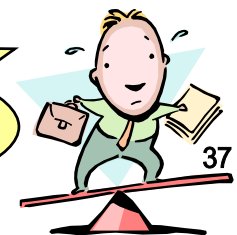


網羅率100%でテストは完了必要工数もこれがMax

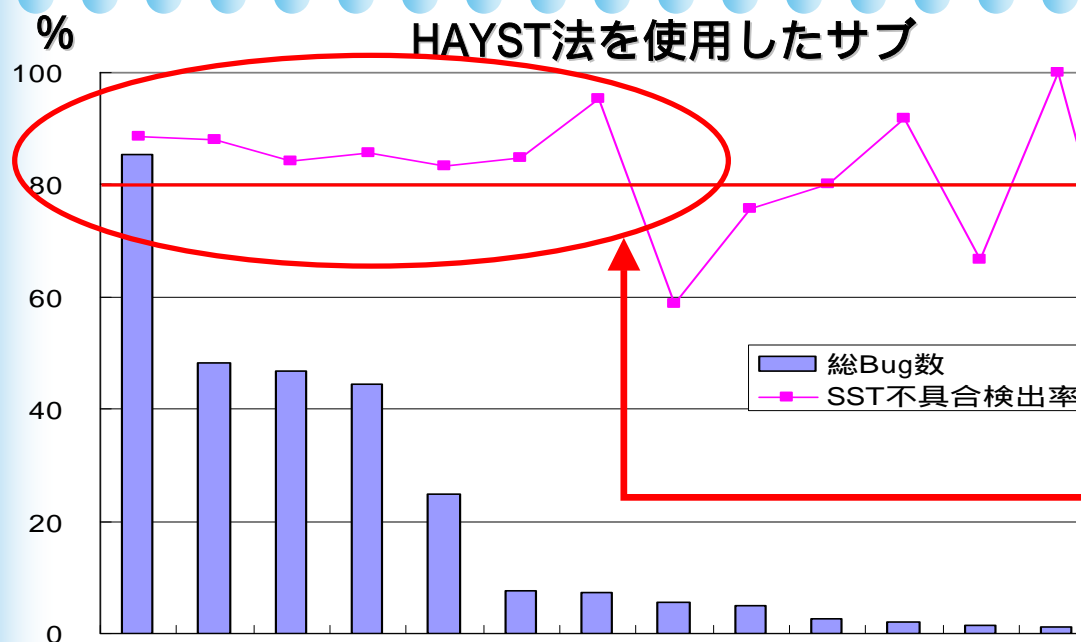


組合せ網羅率100%のテスト
は必要なの？

テストの経済性に対する検証は
損失関数を使って検討をして行きたい

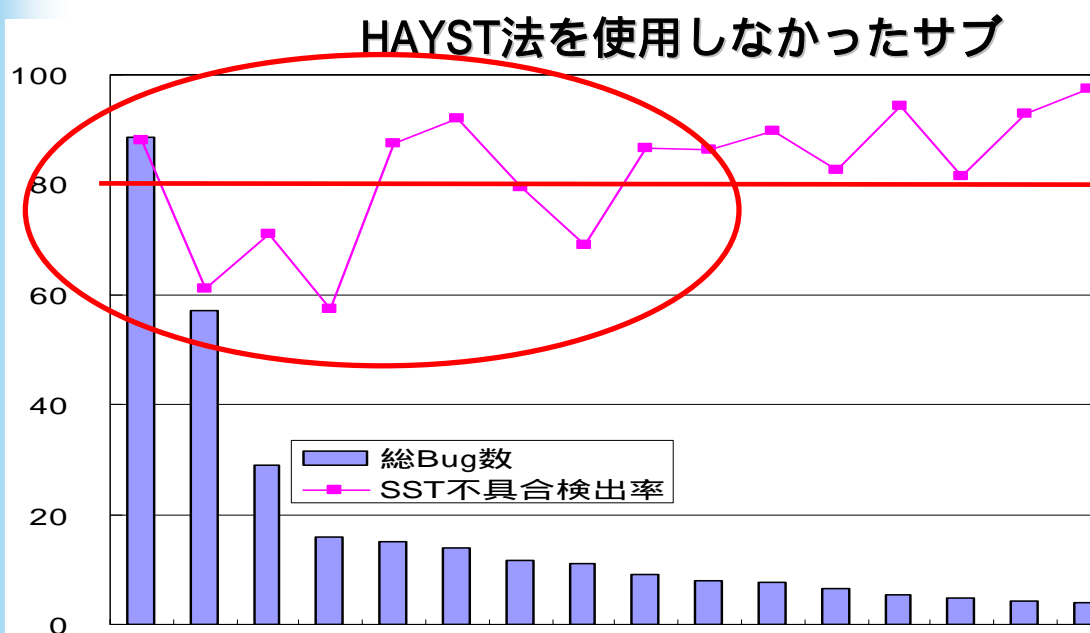


開発テスト終了時のバグ検出状況



評価部門を含め、市場導入までに検出したバグ数を100とする

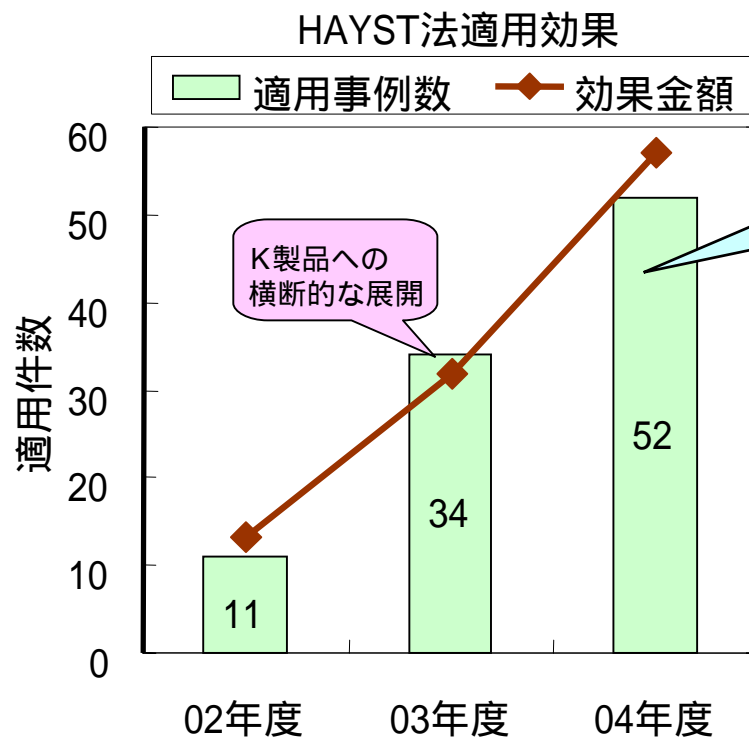
HAYST法を適用
安定して高い検出率



HAYST法を適用していないサブのバグ検出状況：
バラツキが大きい

展開効果実績

- HAYST法の適用件数は年々増加
- テスト工数低減と製品品質向上効果を金額も年々増加



現在はHAYST法無しではテスト設計ができないほど依存度が高くなっている
- 開発部Mgr

適用効果集計用の標準フォーム

HAYST法の適用効果集計フォーム

- 効果金額は
 1. 工数削減効果
 2. バグ検出件数増加による手戻り低減効果から構成される。市場でのサービスコスト低減は未計上
- 効果金額は、適用先のマネージャによる実測値である

まとめとその他応用について

直交表（HAYST法）を利用する事により、
2機能間テスト網羅率UP 品質向上（サブ毎のバラツキなし）
ことがわかった。また、オフショア開発等における受け入れ基準にも有効
その他応用

パフォーマンステストへの応用

直交表実験を実施し、SN比と感度を求め、要因効果図を作成することによりパフォーマンスに効果が高い因子が特定できる（Printerはオプションでメモリ容量、速度優先、画質優先、イメージエンハンス、圧縮、解像度...etc.を選択できるがどの設定が効果が高いかはメーカー、機種等によって異なる。他社機と比較し自社の弱みを知り対策に結びつける）

テスト環境への応用

OS, 言語, ブラウザ, 利用プロトコル, グラフィックカード...etc.を直交表で組み合わせテスト環境を必要最小限に抑える

テスト手順

A、B、Cの3機能に対してテスト手順を変えながら組み合わせたい場合がある。その時は「ABC、ACB、BAC、BCA、CAB、CBA」の6水準の因子を作り同時に直交表に割り付ける事により手順と各手順の水準を組み合わせでテストを実施する（簡易的には「ABC、CBA」の2水準とする）