

富士ゼロックスにおける組み込み向けテストの効率化

- HAYST法の活用 -

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

Kouichi.Akiyama@fujixeroc.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

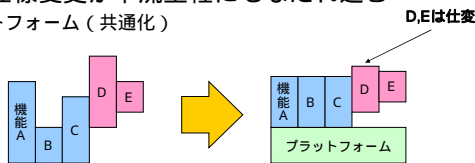
- xUnitでテストファーストを実施
 - I/F仕様の明確化
 - 自動テストを繰り返し実施しデグレートを防止

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)

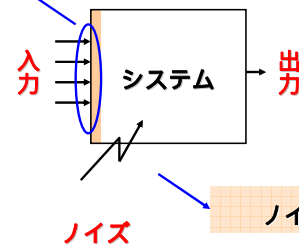


単体テストを繰り返しても問題がとりきれない
 組合せの問題を検出するHAYST法
 ノイズという観点で想定外の環境/操作を洗い出す

2

品質工学的見方

入力の組合せ評価



3

入力の組合せ評価: 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
- 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

因子

No.	モード	DPI	Launch	Font
1	通常優先	600	Alt	ブワブワ
2	通常優先	300	Post	ブワブワ
3	通常優先	600	Post	TrueType
4	通常優先	300	Alt	TrueType
5	通常優先	300	Alt	TrueType
6	通常優先	600	Post	TrueType
7	通常優先	300	Post	置き換え
8	通常優先	600	Alt	置き換え

モード: 通常優先 (0), AI Launch (1)
DPI: 600dpi (0), 300dpi (1)
Launch: Alt Launch (0), Post Launch (1)
Font: ブワブワ (0), TrueType (1), 置き換え (2)

直交表が網羅する組合せ

L8直交表

部分	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

部分	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
テストNo5	早い	低い	5
テストNo6	早い	高い	10
テストNo7	遅い	低い	10
テストNo8	遅い	高い	5

速度: 早, 遅
高度: 高, 低
質量: 5, 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? OpenOffice Frontier

「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)

単機能バグ発生率 = $4/1000 = 0.004$
 2因子間バグ発生率 = $(4/1000)^2 = 0.000016$
 3因子間バグ発生率 = $(4/1000)^3 = 0.000000064$

200万行(=2000KLOC)の製品とすると、
 単機能バグ数 = $4/1000 \times 2,000,000 = 8,000$ 件
 2因子間バグ数 = $(4/1000)^2 \times 2,000,000 = 32$ 件
 3因子間バグ数 = $(4/1000)^3 \times 2,000,000 = 0.128$ 件

2 因子間の組合せを求めるだけでよいか? OpenOffice Frontier

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。

HAYST法とは OpenOffice Frontier

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>

2種類 2種類
 18種類 向き 両面
 21種類 紙質 両面
 7種類 N-Up
 3種類 向き
 3種類 Finisher
 6種類
 2種類
 多因子多水準
 100因子280水準
 検則処理

出力結果

HAYST法とは
 FX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
- 検則回避手法の開発
SW固有の問題である
複雑な検則処理問題に対応
- 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

直交表の拡張方法 OpenOffice Frontier

L4直交表をL8直交表に拡張する例

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

行を2倍
 0, 1を交互に
 割付けるた列
 を追加する

全く同じ手順で
 L8をL16、
 L16をL32、
 L32をL64、
 L64をL128
 L128をL256...
 に拡張することが可能

多水準系直交表を作成する方法 OpenOffice Frontier

L8直交表で4水準の因子を考慮する場合

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

因子列A, B, Cを結合

メリット
 因子ABC列の水準の種類は(000, 011, 101, 110)の4種類
 多水準系にしても、他の列との直交性が崩れない

デメリット
 L8直交表に考慮できる因子の数が7因子から5因子に減少

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

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

因子ABD列の水準の種類は(000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111)の8種類
 他の列との直交性が崩れる。

結合して良い列は線点図で線あるいは三角形でまとめられた列

多層化手法 OpenOffice Frontier

両面	短辺と同じ
短辺と同じ	短辺と同じ

給紙トレイ	レイ1	レイ2	レイ3
レイ1	レイ1	レイ2	レイ3
レイ2	レイ1	レイ2	レイ3
レイ3	レイ1	レイ2	レイ3

とじしろ	ずら
ずら	ずら

とじしろ(幅)	0	10	50
0	0	10	50
10	0	10	50
50	0	10	50

出力用紙サイズ
 A4
 A6
 B4
 はがき
 封筒
 B6
 B5

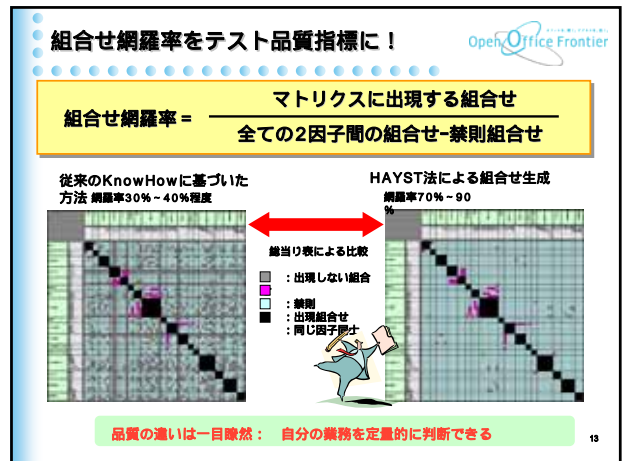
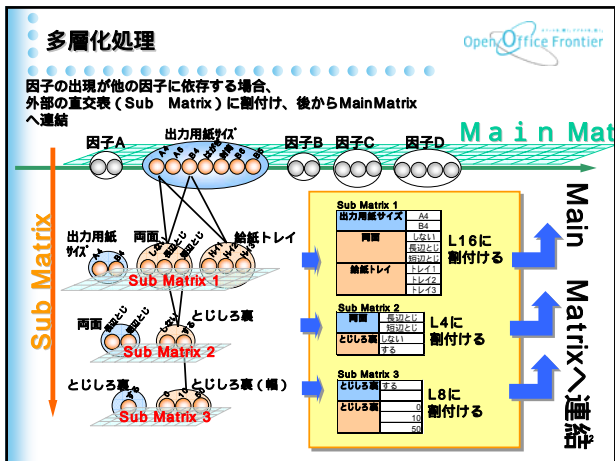
検則設定因子
 両面
 給紙トレイ
 とじしろ裏
 とじしろ裏(幅)

検則の依存関係を整理

いるいるがら下がっている。

出力用紙サイズ
 A4
 A6
 B4
 はがき
 封筒
 B6
 B5

とじしろ裏
 とじしろ裏(幅)



Matrix Tester (手法を展開するイネーブラー)

- 操作ガイド
- ブロックを動かすことで直感的に重要度を示し、マトリクスへ反映する
- 因子水準をエラーを含め分かりやすく表示
- Excelに代わってツール上でマトリクスを検索可能 (変更箇所は色で識別)
- 複数回のUndoが可能
- 直感的なアイコン、分かりやすい操作性
- 16水準、L256対応
- 部分網羅モード (2パラメータ、3パラメータの100%網羅)
- 網羅度保証モード

