■*JSTQB Conference in 2010*
"ISTQB World trend reports"

HAYST法を用いたソフトウェアテスト

October 14, 2010 (Thu)

秋山浩一
富士ゼロックスアドバンストテクノロジー株式会社　評価技術開発統括部

FUJI Xerox

自己紹介

1985 年　富士ゼロックス㈱入社
現在，富士ゼロックスアドバンストテクノロジー㈱出向中

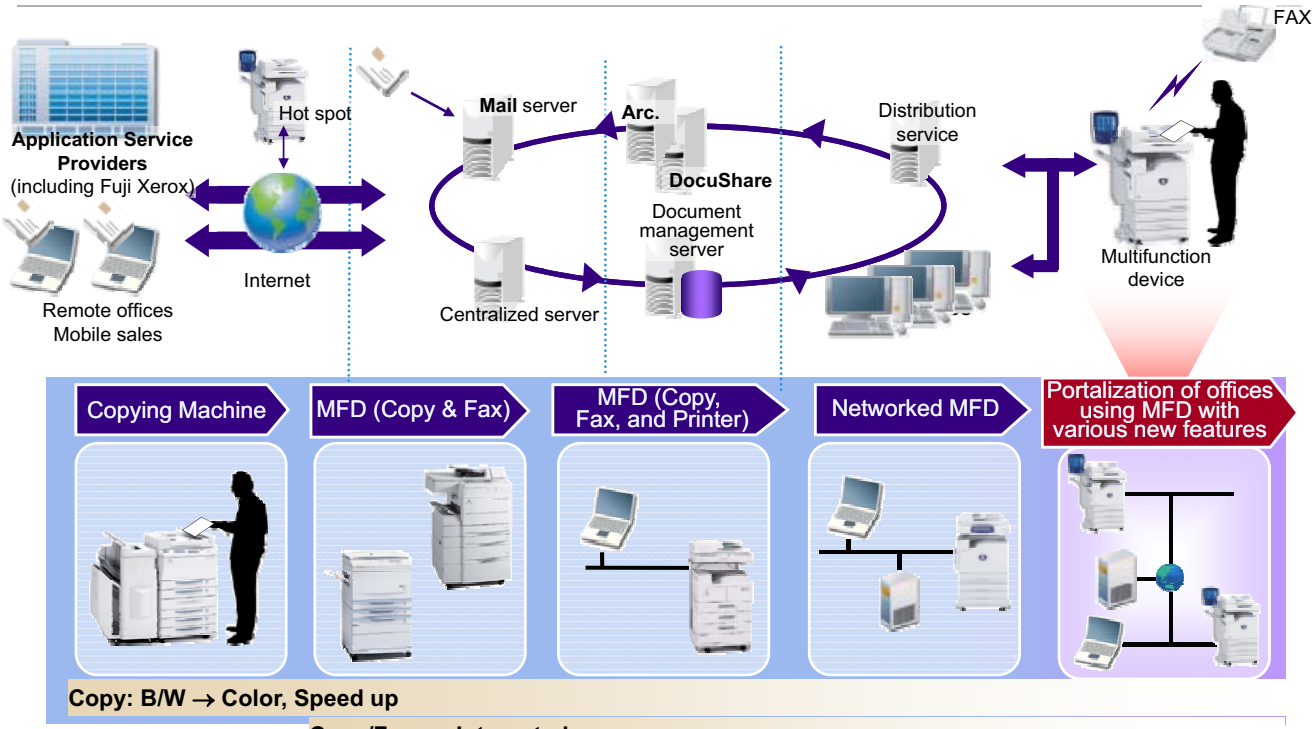
- NPO法人ASTER理事
- JSTQB　ステアリング委員
- JUSE　SQiP研究会　テストWG主査
- ISO/IEC JTC 1/SC7 WG26委員
- QES正会員，JSQC正会員，IPSJ正会員
- 香川大大学院工学研究科 社会人博士後期課程在学中

著書に『ソフトウェアテスト技法ドリル』(2010/10)
共著書に『ソフトウェアテストHAYST法入門』(2007/7)
（2008年　日経品質管理文献賞受賞）
共訳書に『ソフトウェアテストの基礎』(2008/7)
(原著は"Foundations of Software Testing")

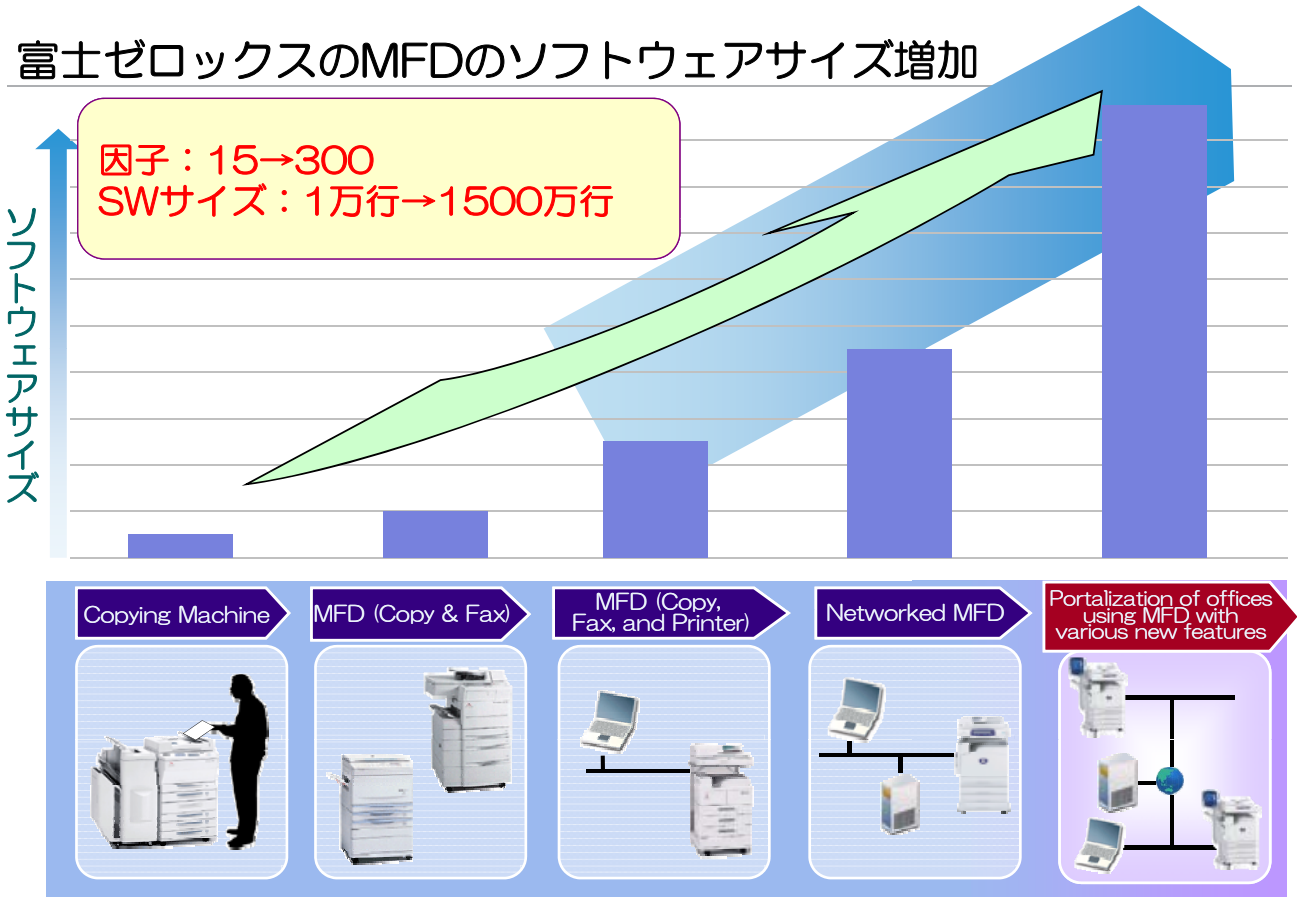
FUJI Xerox

Ⅰ. HAYST法に取り組んだきっかけ
Ⅱ. 直交表とは
Ⅲ. HAYST法とは
Ⅳ. 富士ゼロックスの事例
Ⅴ. まとめ

富士ゼロックスの製品



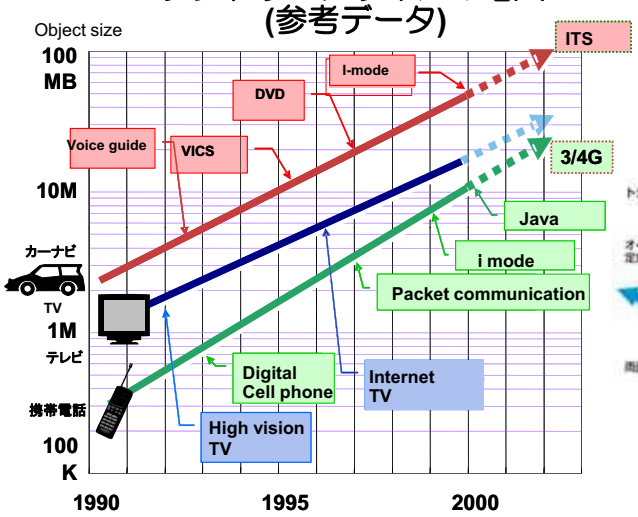
富士ゼロックスのMFDのソフトウェアサイズ増加



FUJI xerox

プロセス負荷と複雑度の増大

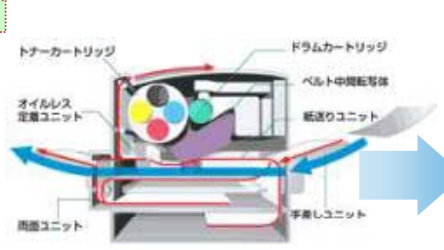
ソフトウェアサイズの増大 (参考データ)



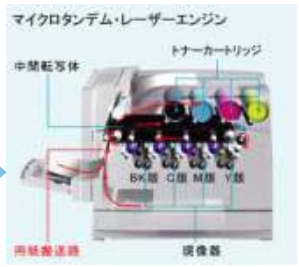
Source: Nikkei Electronics 2000 9/11 (no.778) (Modified)

Source: IPA SEC
"Tips for Project Management for Embedded SW Development" March 6, 2006

プロセス負荷の増大

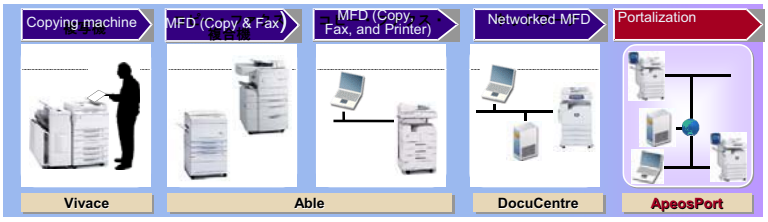


Four-cycle engine



Tandem engine

複雑な機能への対応



FUJI xerox

例）セブンイレブン多店舗プリントサービス

「簡単」「便利」「安心（安全）」の提供

電子マネー「nanaco」への対応…

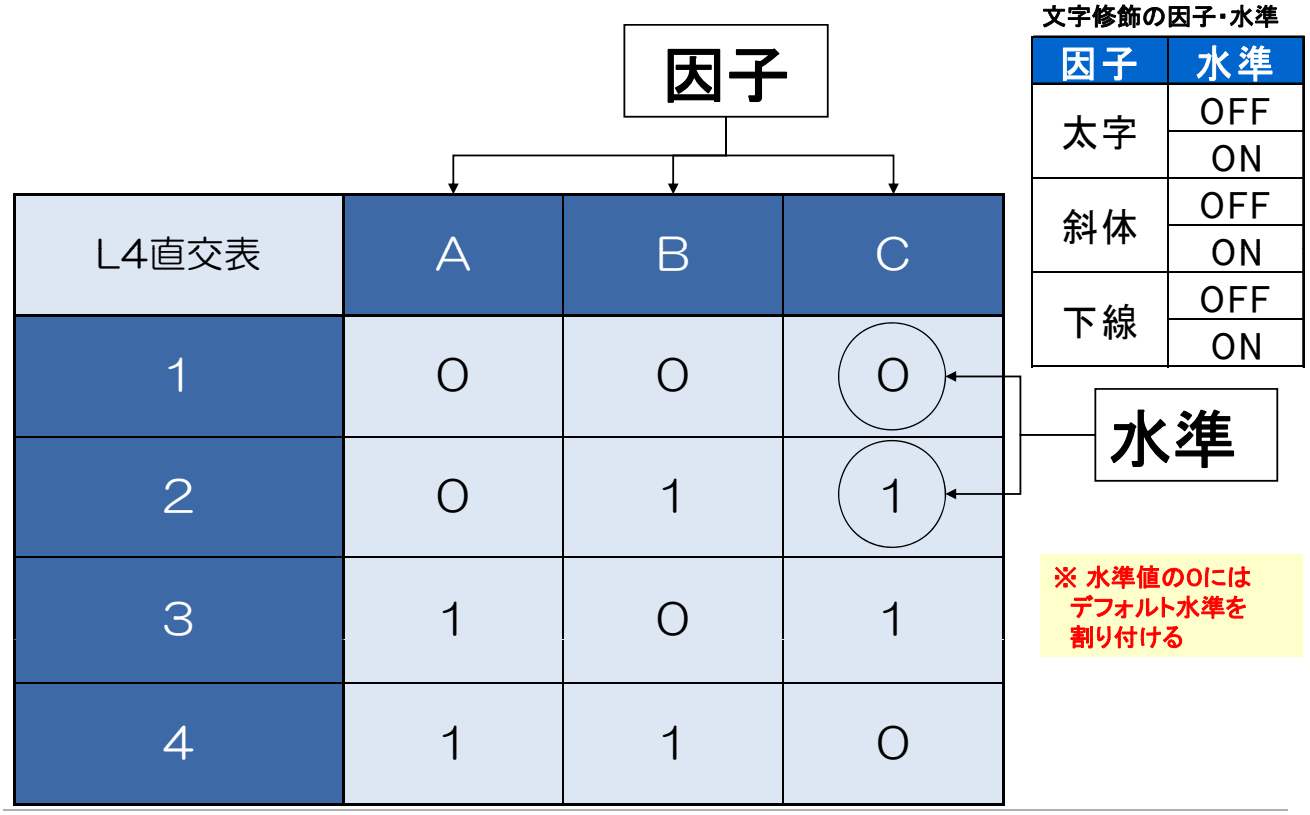
FUJI xerox

弊社におけるソフトウェア開発の変化

- デジタルトランジション（1980年→1990年→2009年）
  - SWの大規模化（1万行→100万行→1500万行）
  - 開発期間の短縮（5年→2年→半年）
  - 多機種同時開発（1機種→1機種→22機種）
  - 出荷後のバグ数（数件→□□□件→□件）
- 動的に変化するシステム（クラウド）への対応
- 品質向上活動
  - QCサークル（1972年）　→　デミング賞受賞（1980年）
  - CMM（1995年～）
    - レベル2（1998年4月：日本初）
    - レベル3（2000年12月）
    - レベル4（取得せず。理由は、形骸化の防止であり取り組みは継続）
  - ISO 9001（1991年6月取得～）

FUJI xerox

直交表



文字修飾の因子・水準

因子	水準
太字	OFF
	ON
斜体	OFF
	ON
下線	OFF
	ON

割付け結果

因子

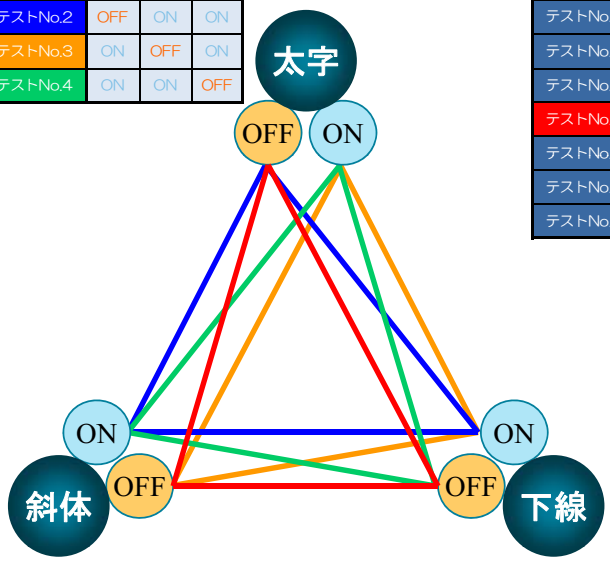
L4直交表	太字	斜体	下線	結果
テストNo.1	OFF	OFF	OFF	Test結果
テストNo.2	OFF	ON	ON	*Test結果*
テストNo.3	ON	OFF	ON	Test結果
テストNo.3	ON	ON	OFF	*Test結果*

水準

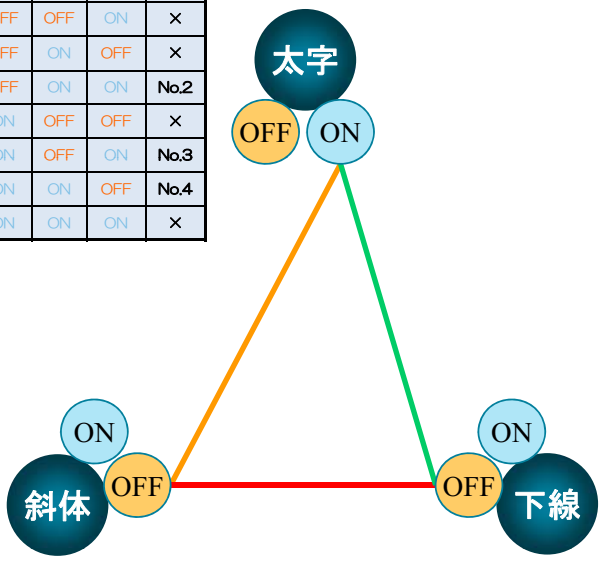
FUJI xerox

直交表が網羅する組合せ

L4直交表	太字	斜体	下線
テストNo.1	OFF	OFF	OFF
テストNo.2	OFF	ON	ON
テストNo.3	ON	OFF	ON
テストNo.4	ON	ON	OFF



全組合せ	太字	斜体	下線	L4
テストNo.1	OFF	OFF	OFF	No.1
テストNo.2	OFF	OFF	ON	×
テストNo.3	OFF	ON	OFF	×
テストNo.4	OFF	ON	ON	No.2
テストNo.5	ON	OFF	OFF	×
テストNo.6	ON	OFF	ON	No.3
テストNo.7	ON	ON	OFF	No.4
テストNo.8	ON	ON	ON	×



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）

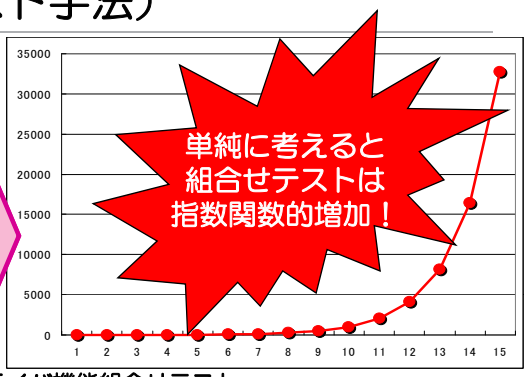
全組合せでは直交表に存在しない組合せも出現する
（ただし、テスト回数は指数関数的に増大する）
よく見ると直交表では現れないNo.2, 3, 5は単機能テスト内容

FUJI xerox

HAYST法とは（直交表を活用したテスト手法）

■ 機能組合せテスト設計の課題
- ◆ 経験則でランダムに組み合わせると網羅率が低下する
- ◆ 機能組合せを網羅的に行うとテスト項目数が爆発する

理由



プリンタドライバ機能組合せテスト

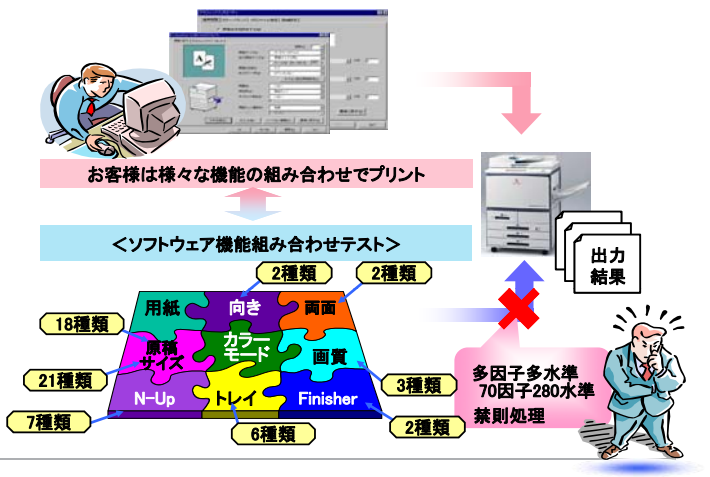
■ 対策前の組合せ網羅率
経験で作りこみ　約30%

対策

直交表の活用

1. 網羅率向上
2. テスト項目数低減

■ 対策後の組合せ網羅率
HAYST法　＞80%



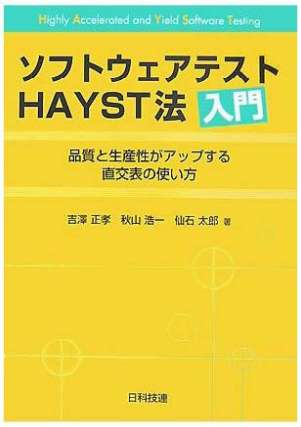
FUJI Xerox

ＨＡＹＳＴ法の効用

HAYST法とは
富士ゼロックス独自の直交表適用によるSW評価法

＜特色＞

- テストの効率化と網羅率の最大化の両立
- 複雑な組合せ（多水準・禁則）に柔軟に対応できる
- 操作性の良いツール（MatrixTester）を用意している
  ⇒ 一瞬で組合せテスト計画表（直交表）ができる
- テストの履歴が残る（テスト実施内容の追跡が可能）
- 大規模なシステムのテストへ適用可能
  ⇒ 豊富な直交表（L4～L256）が準備されている
- バグの解析ができる
- 自動テストツールとの連携がとれる



ソフトウェアテストHAYST法入門
出版社: 日科技連出版社 (2007/7/26)
ISBN-10: 4817192283

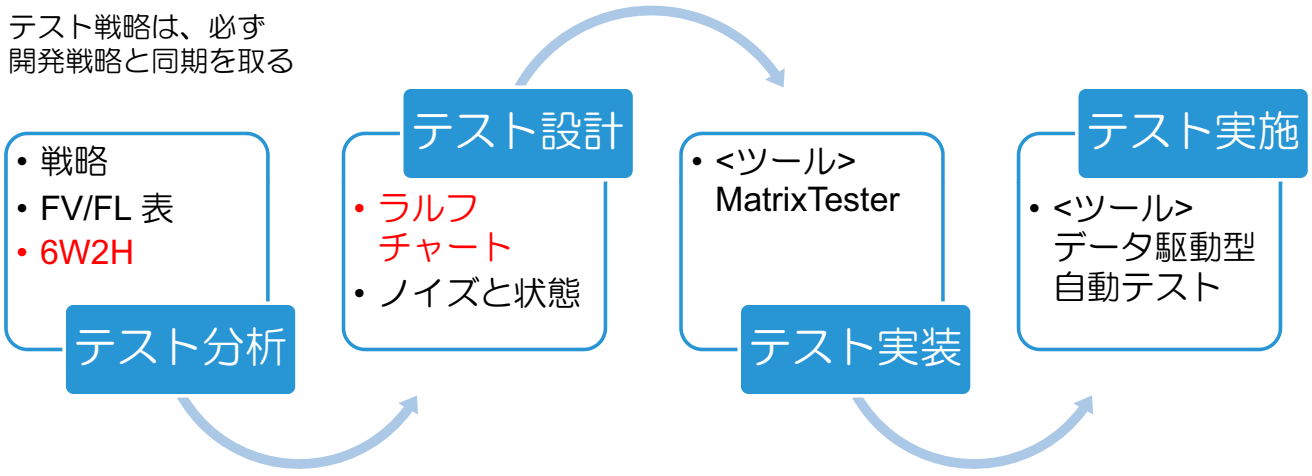
「2008年 日経品質管理文献賞受賞」

＜特許取得済み＞
テスト計画作成支援装置： 特許公開2004－288034

FUJI xerox

HAYST法の概要

テスト戦略は、必ず
開発戦略と同期を取る



■ 6W2H 分析の目的は粗い因子の発見
■ ラルフチャート を作成する目的は詳細な因子・水準の発見

FUJI xerox

テストライフサイクル（TLCP）

お客様の要求分析
↓
仕様化（アーキテクチャ）
↓
テスト戦略(Stratage) → 開発戦略/開発計画への反映

ステップ	基本的な考え方	HAYST法	狙い
1.テスト戦略/計画	開発ライフサイクルの早い段階でテスト戦略を組み込む	品質獲得戦略	全体最適
2.テスト要求分析	顧客分析・仕様分析により、テストの十分性を確保	FV表	効果
3.ﾃｽﾄｱｰｷﾃｸﾁｬ設計	テストの全体構造の設計と要素分割、取捨選択	ラルフチャート	効果・効率
4.テスト設計	テストモデルの適用、テスト条件組合せ網羅率の最大化	FL表	効果・効率
5.テスト実装/実施	ツールによるテスト手順生成/実施/バグ解析の自動化	MatrixTester	効率

①テスト計画 (Plan)

単体テスト
Unit Test

統合テスト
Sub System Test

システムテスト
System Test

受入れテスト
Acceptance Test

②テスト要求分析 (What)

＋テストベース
- 要求/仕様書/設計書
- 過去のバグ情報
- 市場条件/顧客環境
- プロジェクト状況
- 議事録/メモ

↓テスト要求分析

テスト対象
- 該当テストレベルにおけるテスト対象を漏れなくリストアップ
- 検証対象の決定

③④テスト設計 (How)

＋テストモデル
- テストモデルの適用
  - 組合せモデル
  - 状態遷移モデル
  - ブローモデル
- テスト技法の選択

↓テスト設計(技法)

テスト条件
- 検証条件の決定
- テストモデルにおける網羅率の最大化
- テストケース

⑤テスト実装/実施 (Do/Check/Act)

＋テストデータ/ソフト
- テスト環境の構築
- テストデータ作成
- Step by stepのテスト手順
- テスト自動スクリプトの開発
- テスト管理ツールの準備

↓テスト手順書作成/実施

テスト結果
- 機能性評価結果
- 信頼性評価結果
- 性能評価結果
- 出荷判定

FUJI xerox

テスト要求分析

- テストベース（＝テスト内容の根拠となる情報）を集める
  - 顧客の理解
    - 市場条件/環境（6W2H）、ビジネスプロセス/経験豊富な人の業務知識
    - プロダクトリスク（契約、納期、費用、品質目標）
  - 開発の理解
    - 要求/アーキテクチャ/仕様書/設計書/コード自体、開発成果物の完成度
    - プロジェクトリスク分析、過去のバグ情報、テスト環境、議事録/メモ
- テストの十分性を確保するためテストベースを整理する
  - テスト対象物のリストアップ
    - テストできなくても良い、見落とさない
  - FV表の作成（目的機能でテストの十分性を確保する）
    - 目的機能（F）：　お客様は何をしたいのか？（Why？）
    - 検証（V）：　何を確認したら機能したといえるのか？（What?）
    - テスト技法（T）：どのテスト技法で検証するのか？（How？）

FUJI xerox

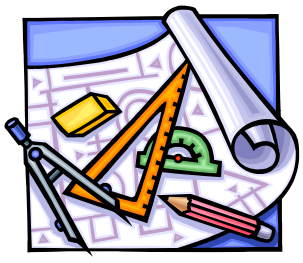
目的機能で整理する理由

- 仕様書の「機能」で整理することの問題点
  - 「正しく動作」しているかの確認しか出来ない
    - 仕様書には「機能」の動きしか書いていない
      - コンテキスト（使用の文脈）の理解が重要
      - 仕様書には暗黙の仕様（前バージョンの仕様、開発者の常識）は書かれない
    - 本来は「正しい動作」をしているかの確認がテストの目的
  - 要素還元的な見方しか出来ない
    - 分解した小さな機能が全て動けば全体が問題なく動くと思ってしまう
    - 組合せの視点が欠ける
- 「機能」から導き出した「目的機能」で整理する意義
  - 必ずユーザの使用目的や市場条件を考えることになる（動的）
  - 非機能要件のテストが楽になる
    - 目的機能単位に非機能要件のメトリクスを計測する
    - 性能、信頼性、セキュリティ要件は目的ごとに異なる（カプセル化）

FUJI xerox

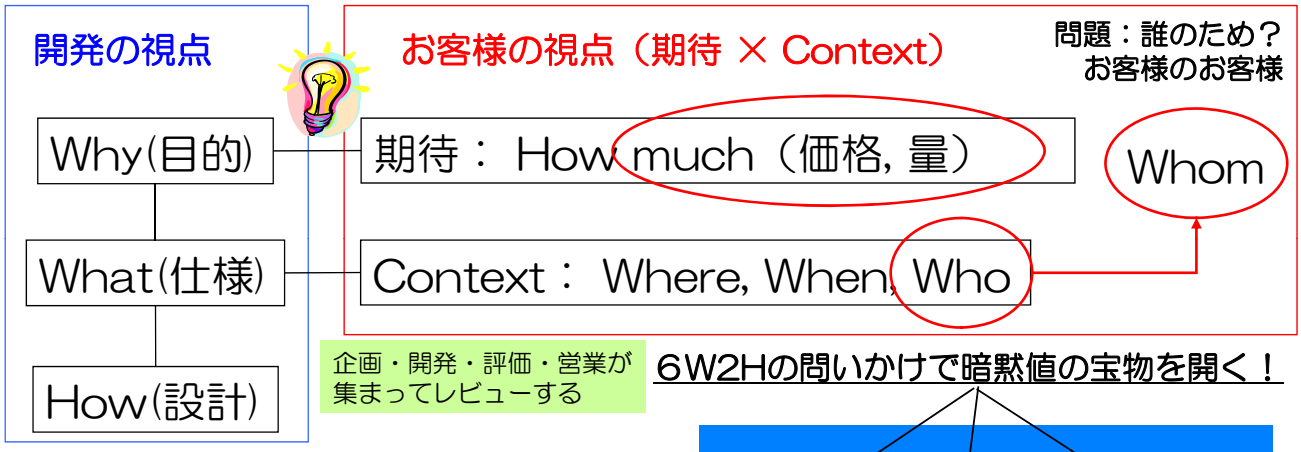
テスト設計

- テストアーキテクチャ設計： 目的機能の構造⇒テスト構造
  - 技術を選択する
    - 能率の最大化を考える（効果と効率）
    - テスト全体の構造を考えて絵にする（要素と関係性）
  - テストをアーキテクトする
    - 能率の最大化を考える（効果と効率）
    - やらない項目を決める（”Trimming & Triage” by 鈴木三紀夫氏）
    - テスト全体の構造を考えて絵にする（要素と関係性）
- テスト詳細設計： テストの条件網羅率の最大化
  - 因子・水準、禁則をＦＬ表で整理する
  - テスト条件、テストケースを導き出す
    - 事前条件、事後条件
    - 入力（信号因子、誤差因子）、期待結果
    - テストの条件網羅度を測定し最大化を図る



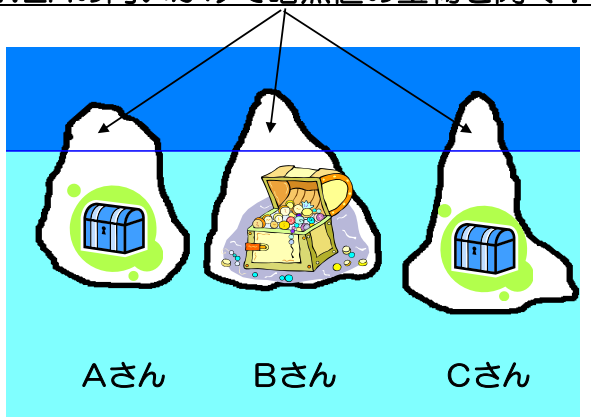
FUJI xerox

因子を選ぶ視点と抽出方法（6W2H）



企画・開発・評価・営業が集まってレビューする

6W2Hの問いかけで暗黙値の宝物を開く！

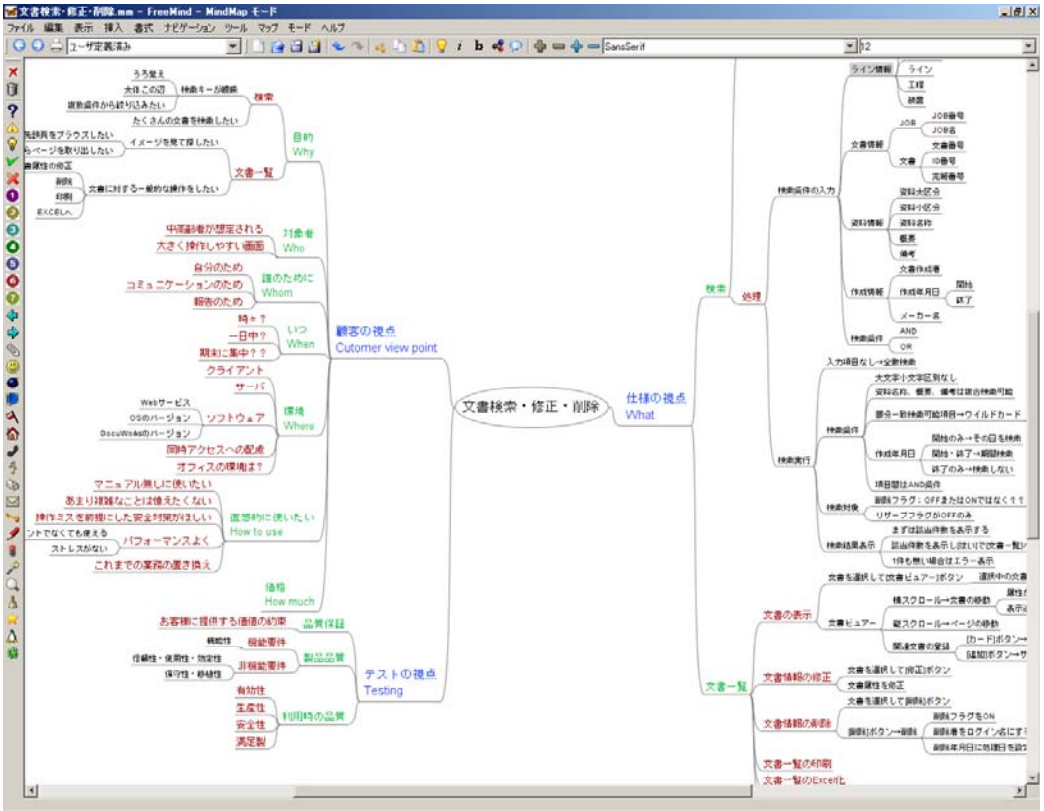


例） Why展開

1. 「下線」という機能(因子)の目的を考える
2. 「目的＝文字を目立つようにする」
3. 「同じ目的を持つ他の機能(因子)」を探す
4. 「大きくする」、「色をつける」、「丸で囲む」、「太字」等々が見つかる
5. 見つかった機能は「下線」と組み合わせることが多いはず！

FUJI xerox

顧客の理解と仕様の理解をマインドマップでまとめる



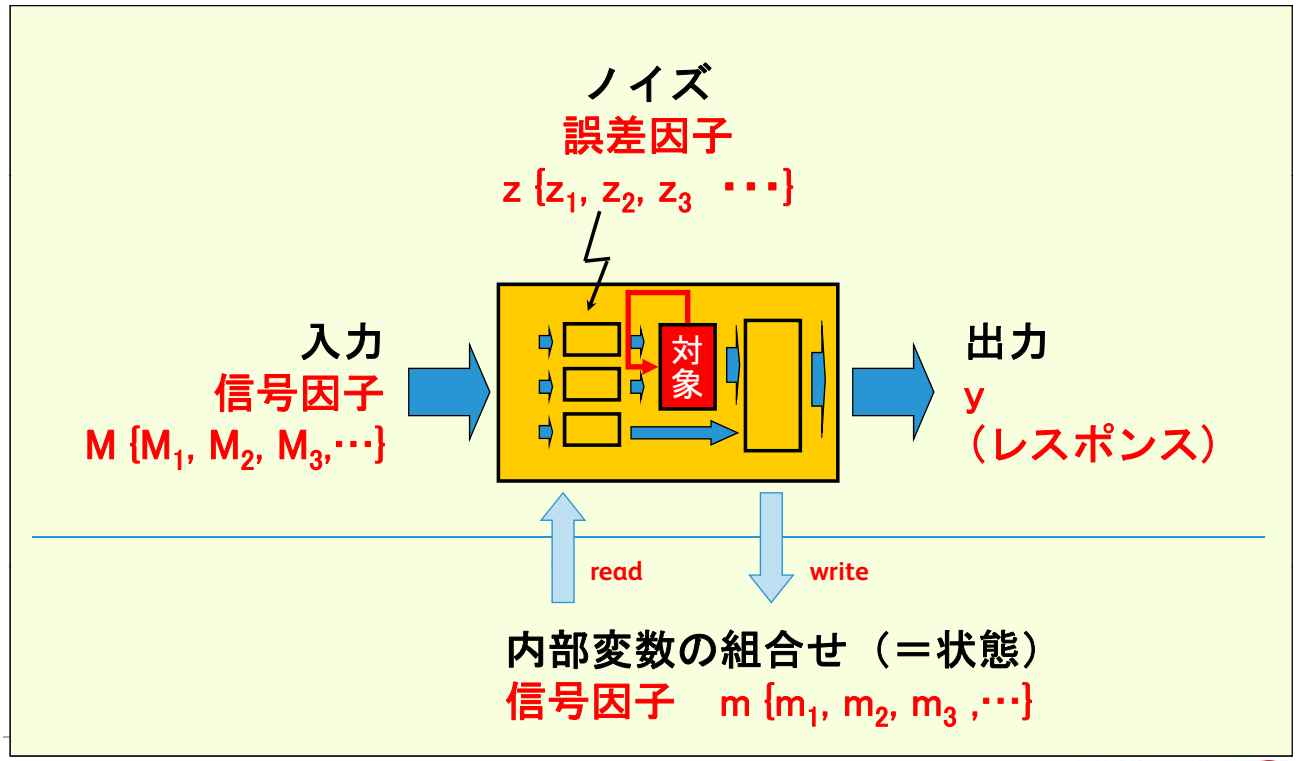
6W2Hで顧客を理解

- Why
- Who
- Whom
- When
- Where
- How to use
- How much

FUJI xerox

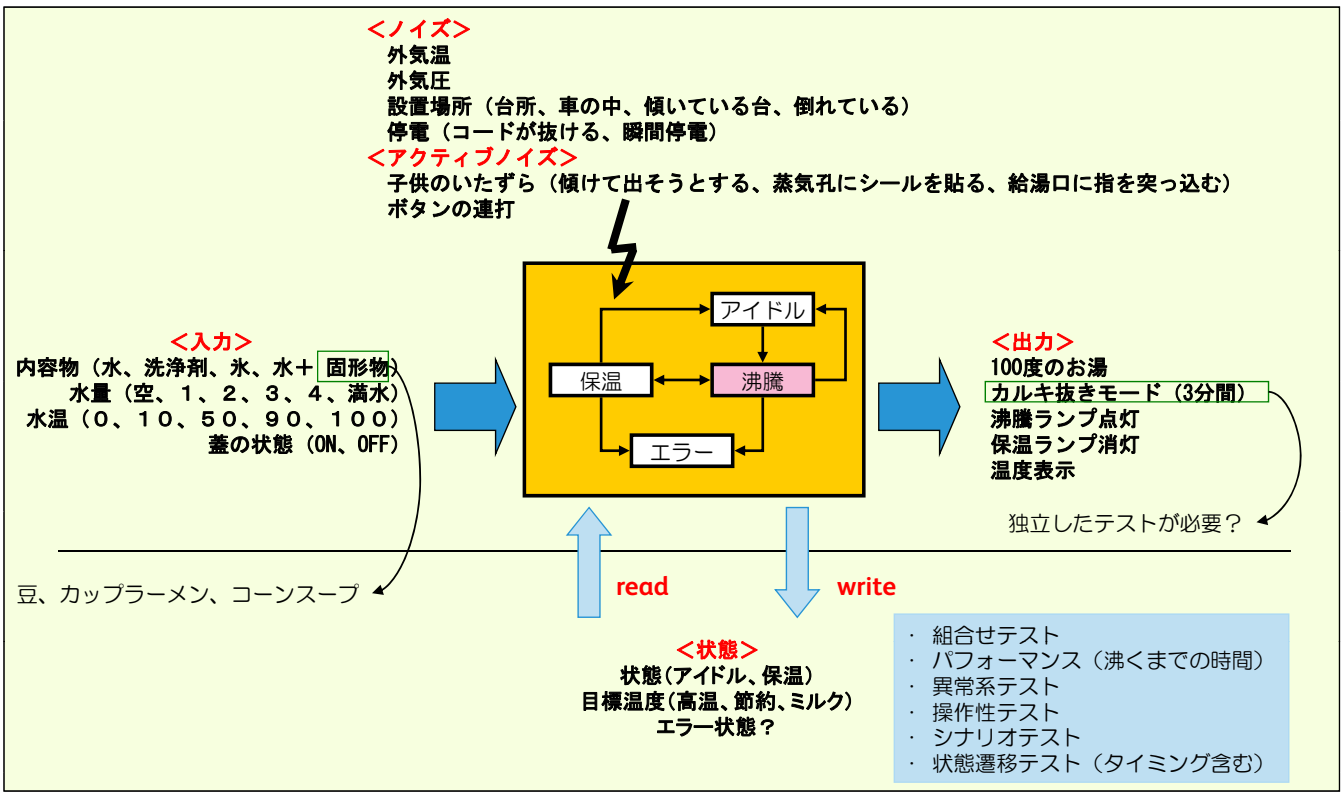
ラルフチャート（HAYST法のテストモデル）

システムに対する入力に着目し「組合せのテスト設計」を実施する



FUJI xerox

ラルフチャートの具体例： 電気ポットのラルフチャート



FUJI xerox

ＨＡＹＳＴ法で使用してきた代表的な直交表変形例

直交表	列数						自由度
	2水準	4水準	8水準	16水準	32水準	64水準	
L4	3						4
L8	4	1					8
L16		5					16
L16	8		1				16
L32		8	1				32
L32	16			1			32
L64	4	15	2				64
L64	3	6	6				64
L64			9				64
L64		16		1			64
L64	32				1		64
L128	12	10	10	1			128
L128	48	16			1		128
L128	64					1	128
L256	11	21	13	6			256
L256				17			256
L256	52	34	10		1		256
L256		64				1	256

FUJI xerox

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	なし 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
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

＜仕様書で記述されている禁則処理＞

■ が同時に設定できない組合せ

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

スタンプ文字列 ＼ スタンプ位置	右	左	上	下
なし	■	■	■	■
まる秘				
回覧				
社外秘				

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

原稿の向き	両面 ＼ 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
たて	なし		■	■				■
たて	長辺		■	■	■			■
たて	短辺				■	■	■	■
よこ	なし				■	■	■	■
よこ	長辺		■	■	■	■	■	
よこ	短辺				■	■	■	■

FUJI xerox

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います。

禁則の分類

禁則関係の分類は、禁則マトリクスを記述することで可能になります。
禁則マトリクスから、その禁則パターンを読み取り、禁則の種類を判別します。

SWの禁則処理関係は大きく分けて以下の3種類が有ります。

相互排他関係

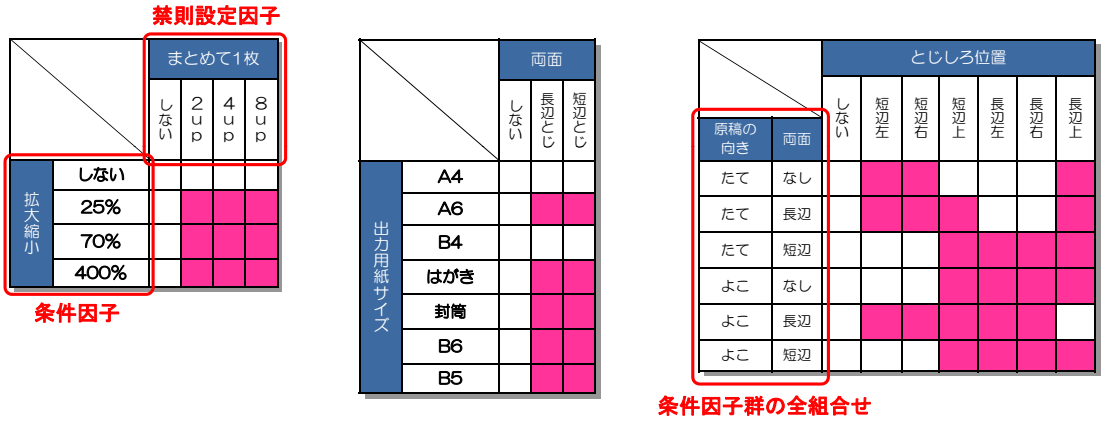
多 層 化 関 係

可変因子関係

それぞれの禁則関係に応じた禁則回避手法を用いることで、テストマトリクス上に適切な割付を行うことが出来ます。

禁則関係と禁則マトリクス

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。



赤色のセルが禁則の設定されている組合せです。
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です。

禁則の設定には方向性を考慮します。
条件因子の影響を受けて禁則設定因子の選択可能な水準が変化すると解釈します。

複数個の条件因子を考慮する場合には、条件因子の保有する水準の全ての組合せを条件因子側に記述し、これらに対して禁則設定因子の水準の選択状態が影響を受けると解釈します。

相互排他因子融合手法

相互排他関係にある条件因子と禁則設定因子を融合してしまいます。

直交表に融合した状態で割付ける

	拡大縮小／まとめて1枚	8	9	10	11	12	13	14	15
1	しない・しない	0	0	0	0	0	0	0	0
2	しない・しない	1	1	1	1	1	1	1	1
3	25%・しない	0	0	0	0	1	1	1	1
4	25%・しない	1	1	1	1	0	0	0	0
5	70%・しない	0	0	1	1	0	0	1	1
6	70%・しない	1	1	0	0	1	1	0	0
7	400%・しない	0	0	1	1	1	1	0	0
8	400%・しない	1	1	0	0	0	0	1	1
9	しない・2up	0	1	0	1	0	1	0	1
10	しない・2up	1	0	1	0	1	0	1	0
11	しない・4up	0	1	0	1	1	0	1	0
12	しない・4up	1	0	1	0	0	1	0	1
13	しない・8up	0	1	1	0	0	1	1	0
14	しない・8up	1	0	0	1	1	0	0	1
15	DMYしない・2up	0	1	1	0	1	0	0	0
16	DMYしない・2up	1	0	0	1	0	1	1	0

融合を分離

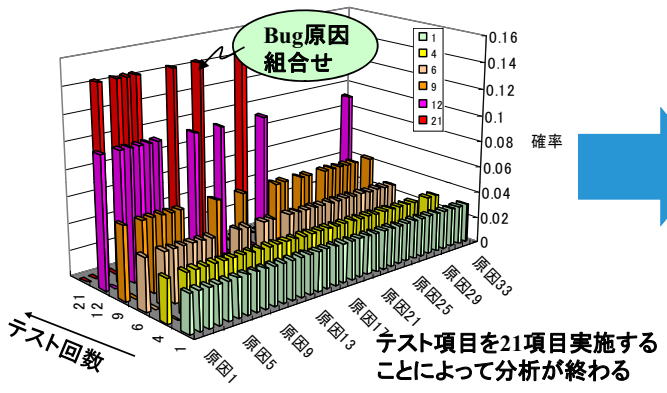
融合した因子を分離する

	拡大縮小	まとめて1枚	8	9	10	11	12	13	14	15
1	しない	しない	0	0	0	0	0	0	0	0
2	しない	しない	1	1	1	1	1	1	1	1
3	25%	しない	0	0	0	0	1	1	1	1
4	25%	しない	1	1	1	1	0	0	0	0
5	70%	しない	0	0	1	1	0	0	1	1
6	70%	しない	1	1	0	0	1	1	0	0
7	400%	しない	0	0	1	1	1	1	0	0
8	400%	しない	1	1	0	0	0	0	1	1
9	しない	2up	0	1	0	1	0	1	0	1
10	しない	2up	1	0	1	0	1	0	1	0
11	しない	4up	0	1	0	1	1	0	1	0
12	しない	4up	1	0	1	0	0	1	0	1
13	しない	8up	0	1	1	0	0	1	1	0
14	しない	8up	1	0	0	1	1	0	0	1
15	しない	2up	0	1	1	0	1	0	0	0
16	しない	2up	1	0	0	1	0	1	1	0

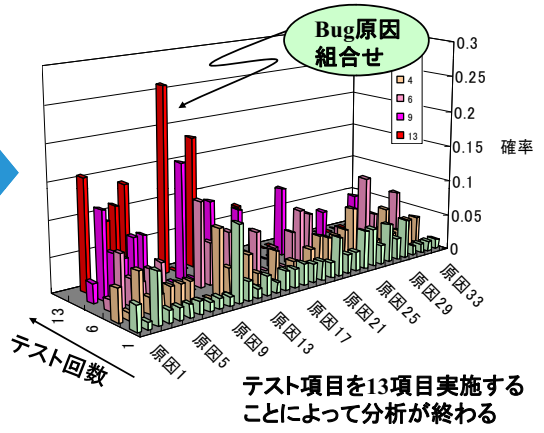
Ⅰ. HAYST法に取り組んだきっかけ
Ⅱ. 直交表とは
Ⅲ. HAYST法とは
Ⅳ. 富士ゼロックスの事例
Ⅴ. まとめ

バグ解析の効率化

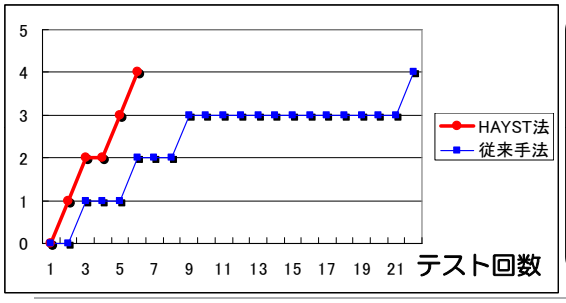
従来手法による分析



HAYST法による分析



4個の組合せバグを発見する速度の比較



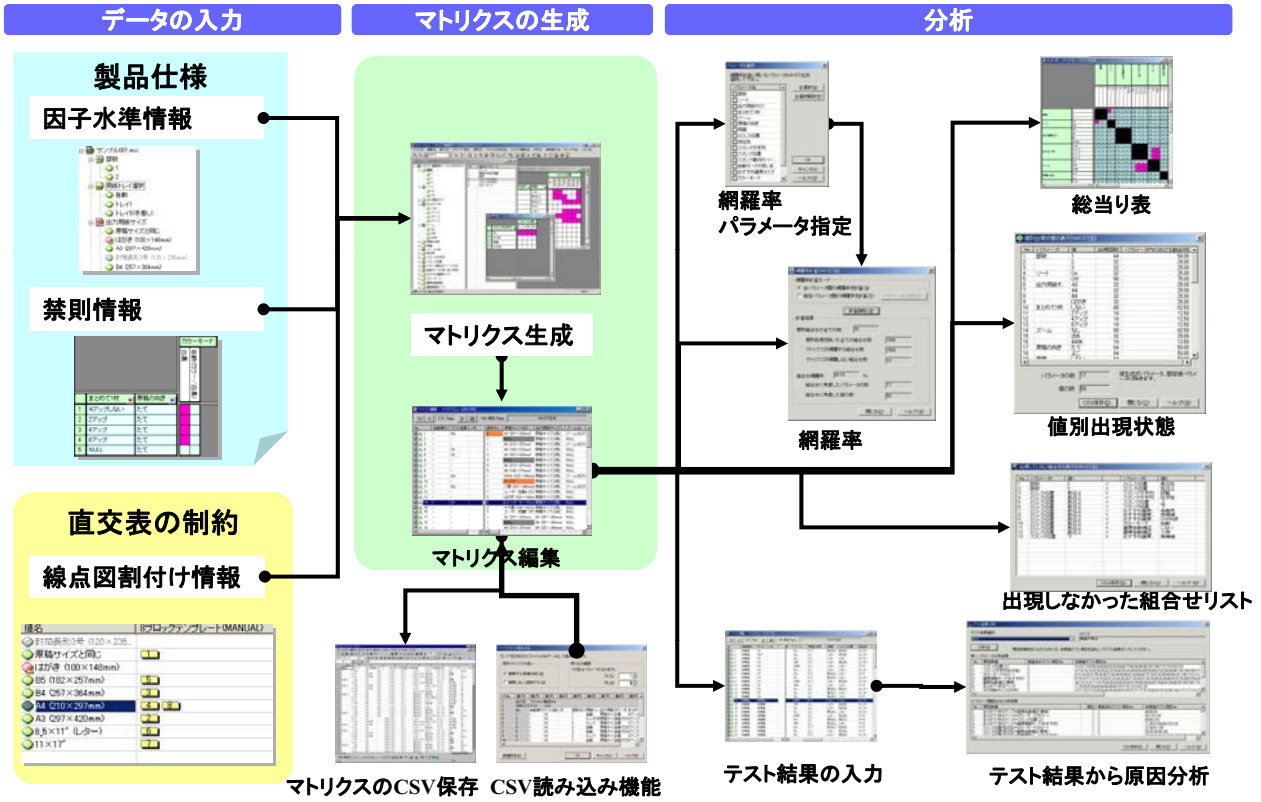
テストケースの直交性を活用した分析により、

1. バグの絞込み速度: 従来手法の約2倍（21→13）
2. バグの発見速度: 従来手法の3倍以上（20→6）

※ 4件の組合せバグを、6回のテストで検出し、13回のテストで、それ以外に無いことを確認できた

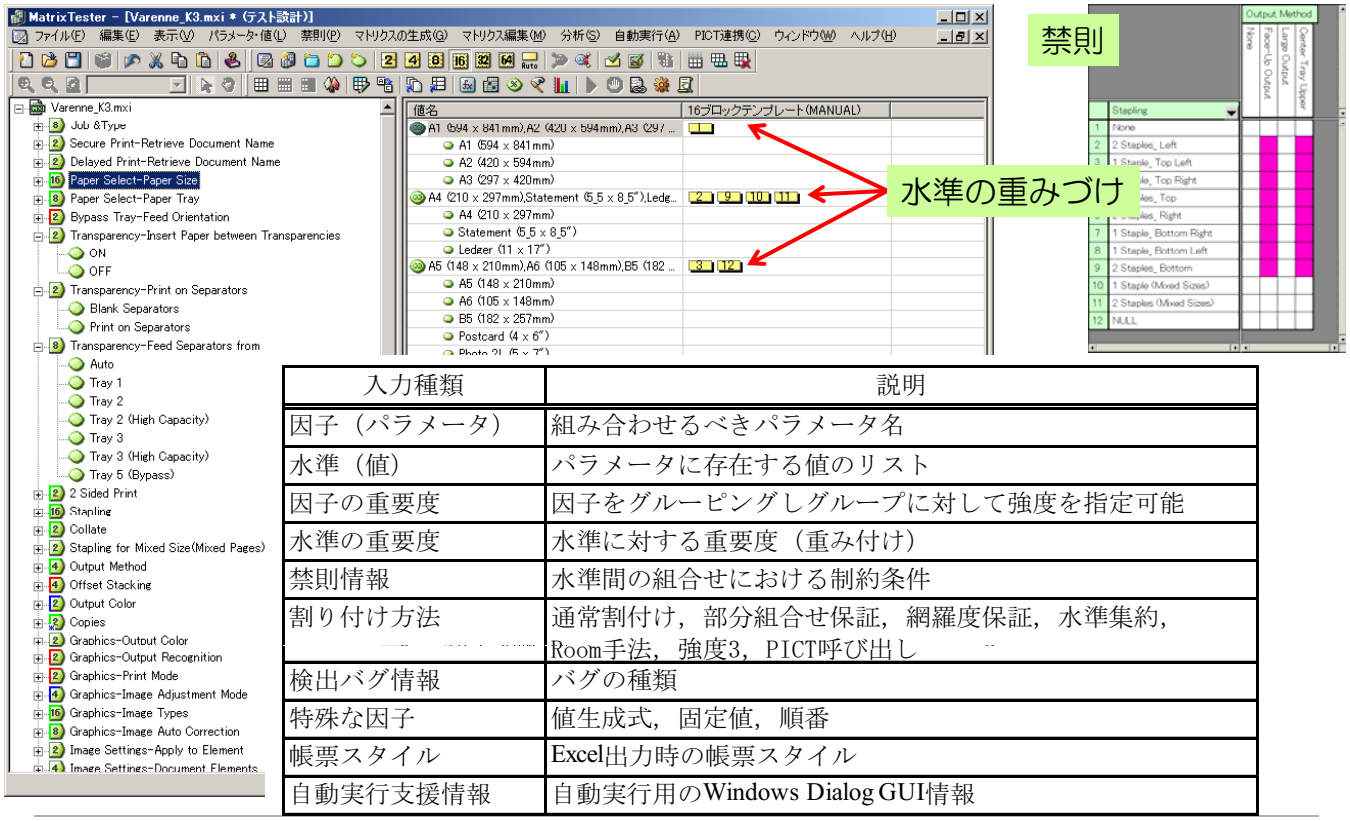
FUJI Xerox

テストを支援するMatrixTester



FUJI xerox

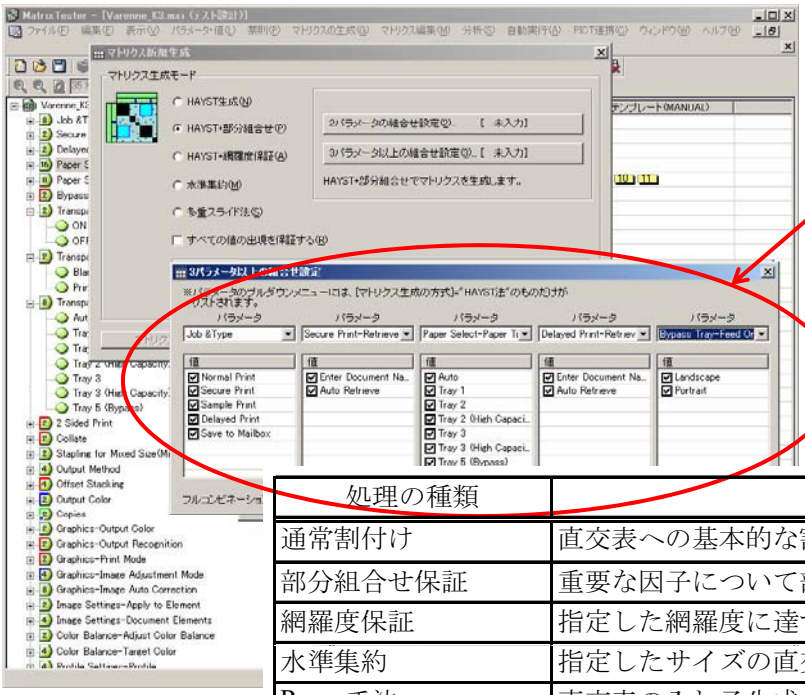
ツールへの入力



入力種類	説明
因子（パラメータ）	組み合わせるべきパラメータ名
水準（値）	パラメータに存在する値のリスト
因子の重要度	因子をグルーピングしグループに対して強度を指定可能
水準の重要度	水準に対する重要度（重み付け）
禁則情報	水準間の組合せにおける制約条件
割り付け方法	通常割付け，部分組合せ保証，網羅度保証，水準集約，Room手法，強度3，PICT呼び出し
検出バグ情報	バグの種類
特殊な因子	値生成式，固定値，順番
帳票スタイル	Excel出力時の帳票スタイル
自動実行支援情報	自動実行用のWindows Dialog GUI情報

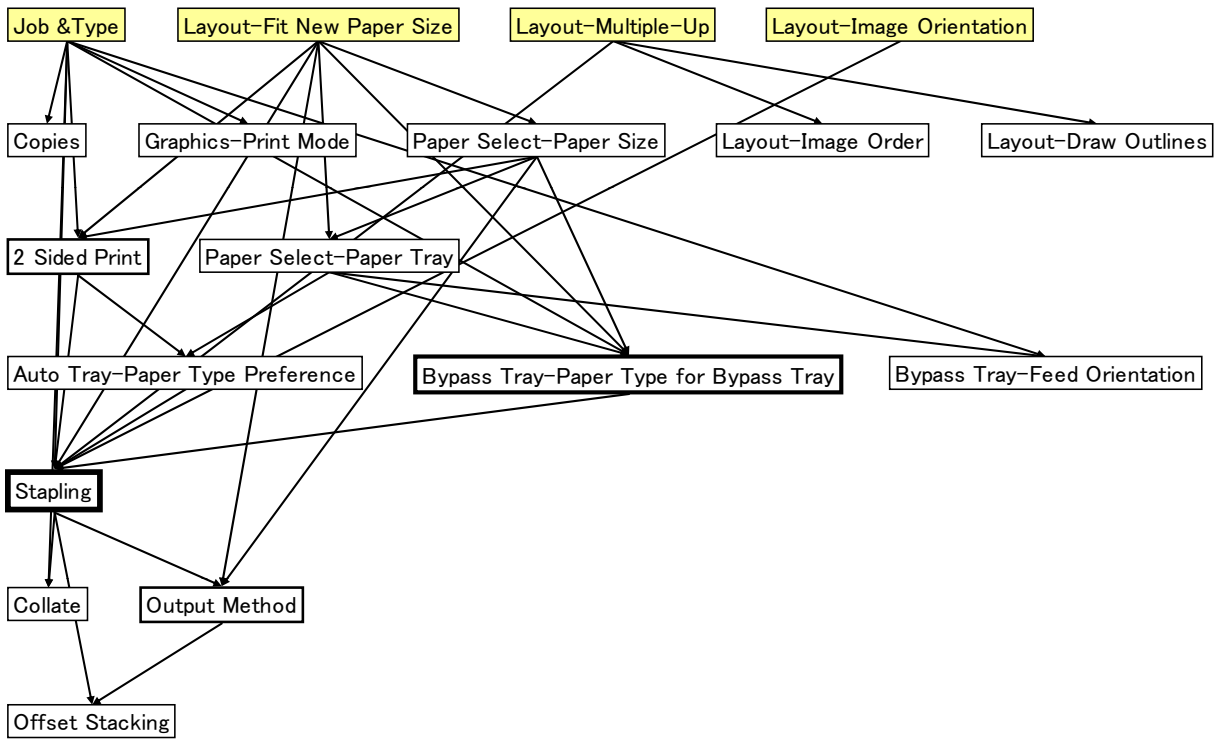
FUJI xerox

マトリクス生成



処理の種類	説明
通常割付け	直交表への基本的な割り付け
部分組合せ保証	重要な因子について部分的に多くの組合せを出す処理
網羅度保証	指定した網羅度に達するまでマトリクスの行を増やす処理
水準集約	指定したサイズの直交表でマトリクスを生成する処理
Room手法	直交表の入れ子生成
強度3直交表	任意の3因子間の全水準組合せを出現させる割り付け
PICT呼び出し	Pairwiseのツール（PICT）が読み取れる形式への変換

禁則グラフ



HAYST法の効果１（PICTと比較して）

禁則がないケース

Size of factor to be combined	PICT Strength 2	HAYST method tool Normal generation
3^4	13 (47.2%)	16 (55.6%)
3^{13}	20 (60.1%)	64 (92.1%)
$4^{15}3^{17}2^{29}$	36 (80.1%)	256 (98.7%)
$4^{1}3^{39}2^{35}$	29 (84.0%)	256 (99.0%)
2^{100}	16 (91.4%)	128 (99.6%)
10^{20}	216 (20.4%)	345 (24.3%)
$4^{7}8^{6}$	89 (37.5%)	64 (31.9%)
$2^{12}4^{10}8^{10}16^{1}$	163 (60.7%)	128 (58.5%)
$2^{11}4^{21}8^{13}16^{6}$	338 (59.5%)	256 (55.7%)

小さなテストではPICTが有利

大きなテストではHAYST法が有利

FUJI xerox

HAYST法の効果２（PICTと比較して）

禁則があるケース

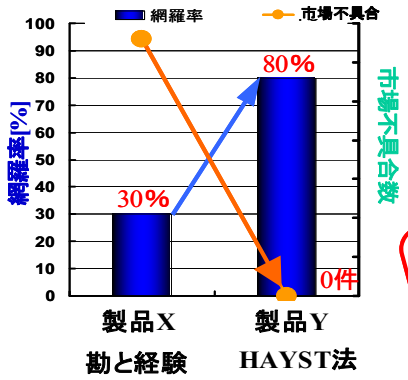
No.	Factor size	Number of constraints of factor unit	Number of constraints of level unit	Number of PICT Test cases	Number of HAYST method test cases
1	$2^{25}3^{4}4^{3}5^{2}6^{1}7^{1}13^{1}$	33	272	180 (68.2%)	159 (65.9%)
2	$2^{2}3^{3}4^{1}5^{1}6^{1}11^{1}$	8	91	79 (63.4%)	106 (74.0%)
3	$2^{11}3^{2}4^{3}$	8	17	29 (71.6%)	41 (81.2%)
4	$2^{5}3^{5}4^{4}5^{4}6^{7}$	6	25	65 (58.4%)	82 (70.0%)
5	$2^{17}3^{14}4^{3}5^{1}6^{2}7^{1}8^{1}$ $9^{1}14^{1}17^{1}20^{2}2^{11}$	15	356	Process aborted	1600 (34.3%)

1は基幹系，2はサービスソフトウェア，3はアプリケーション，4はプリンター，5はPostScriptドライバにおいてそれぞれ実際にテストに使用されたものである

FUJI xerox

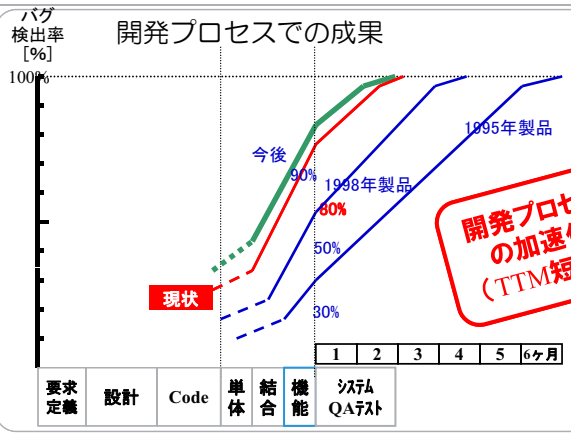
成果

市場での成果



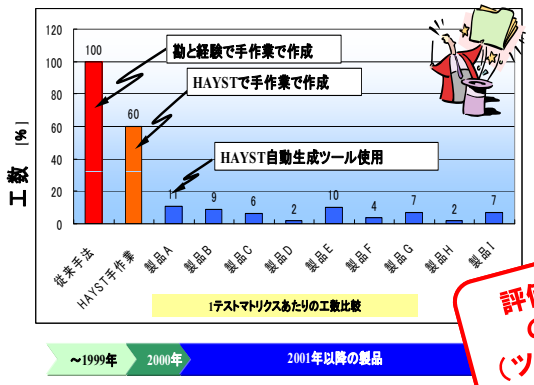
フローアウトバグの撲滅（CS向上）

開発プロセスでの成果



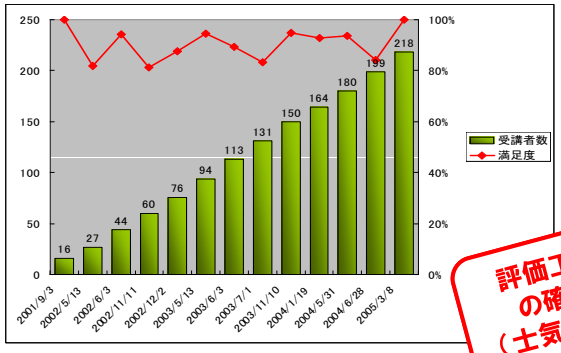
開発プロセスの加速化（TTM短縮）

評価での成果



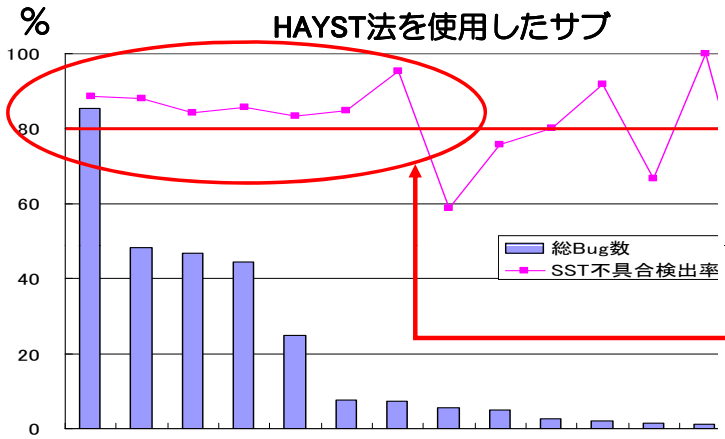
評価コストの削減（ツール活用）

人材開発での成果



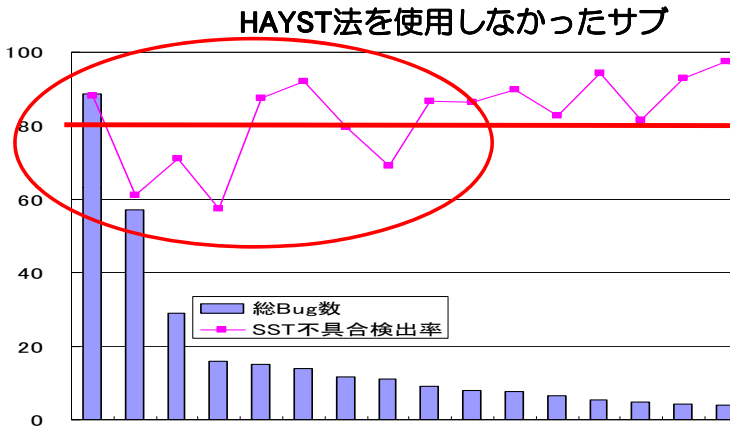
評価工学の確立（士気向上）

開発テスト終了時のバグ検出状況



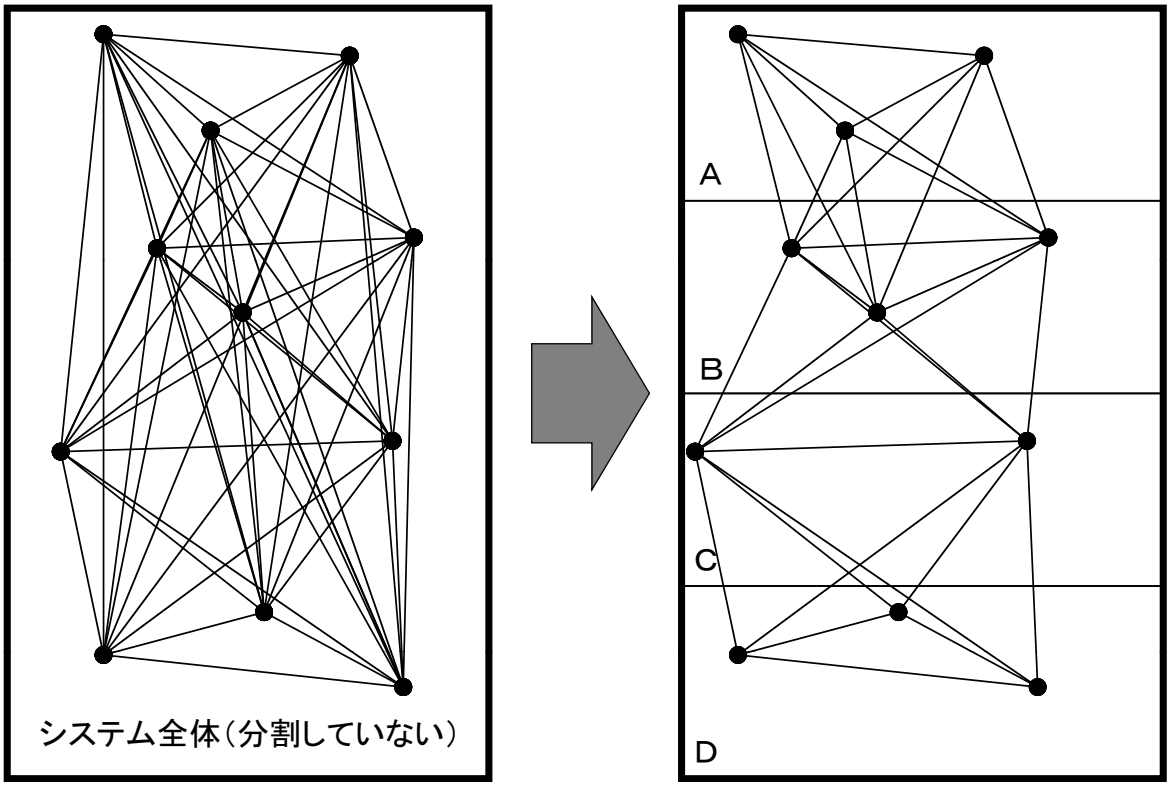
評価部門を含め、市場導入までに検出したバグ数を100とする

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

システムの階層化による組合せの減少効果



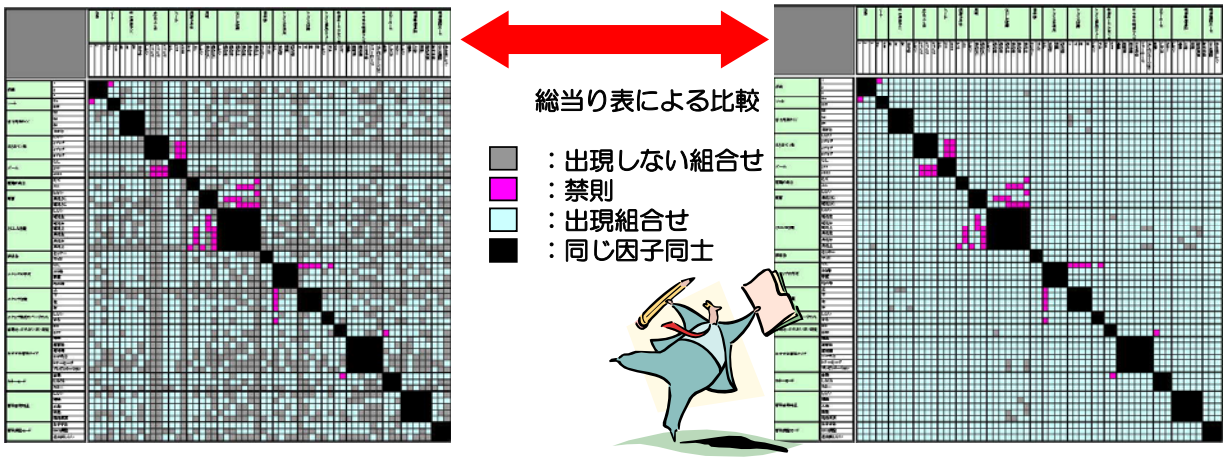
FUJI xerox

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）

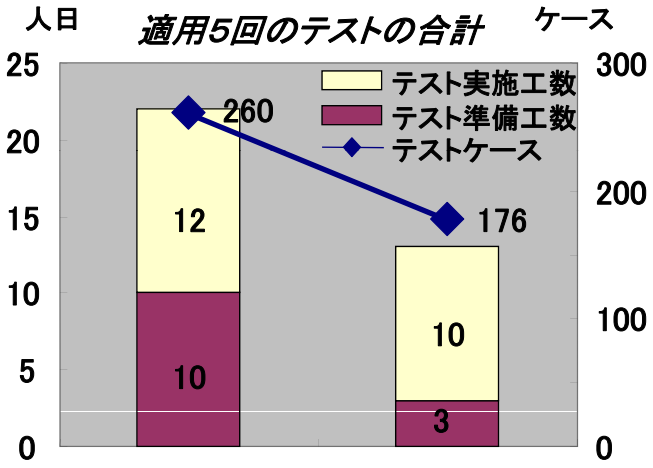


品質の違いは一目瞭然：　自分の業務を定量的に判断できる

FUJI xerox

適用効果(工数)

●テストケースとテストケース工数の減少



· テスト準備工数の削減効果が高い
→ HAYST法ツールの活用が大きく貢献

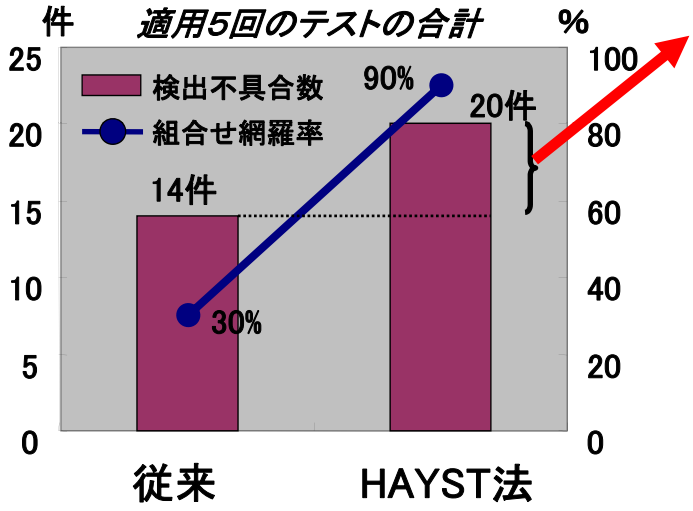
· テストケースは減少だが、1ケース実施の工数は約20%増加
→ 直交表によるテストのため因子/水準の設定が毎回発生したため

総テスト工数	22人日	13人日	40%削減
テスト準備工数	10人日	3人日	70%削減
テスト実施工数	12人日	10人日	17%削減
テストケース	260	176	32%削減

FUJI xerox

適用効果(品質)

●組合せ網羅率と不具合検出力の向上



<新たに検出>

組合せによる不具合
2因子間の不具合 = 5件
3因子間の不具合 = 1件

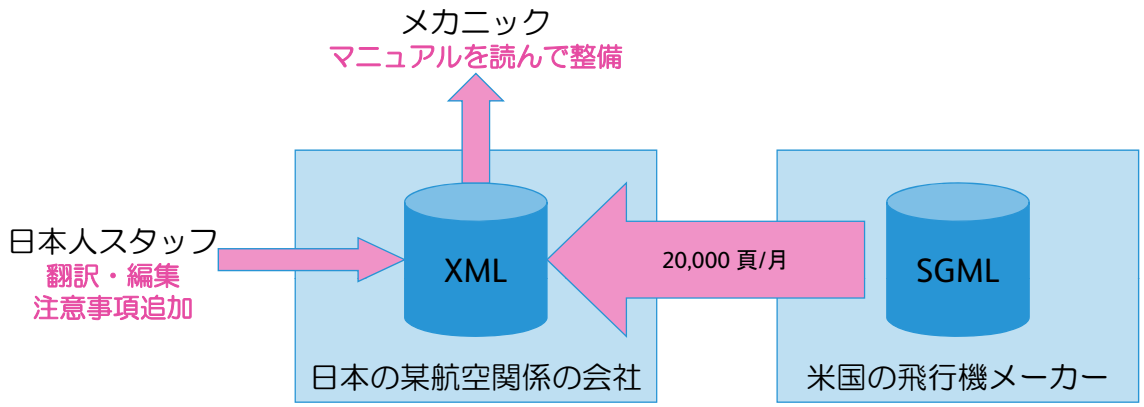
(不具合内容)実装上、組合せに対する想定がないため、
· プログラムが異常終了
· 不正な結果
など
(修正方法) 対応するエラーコードの追加
→ ブラックボックステストとして広範囲をテストできている

組合せ網羅率	30%	90%	3倍に増加
検出不具合数	14件	20件	42%増加

FUJI xerox

事例： 航空関係ドキュメント管理ソフトウェア

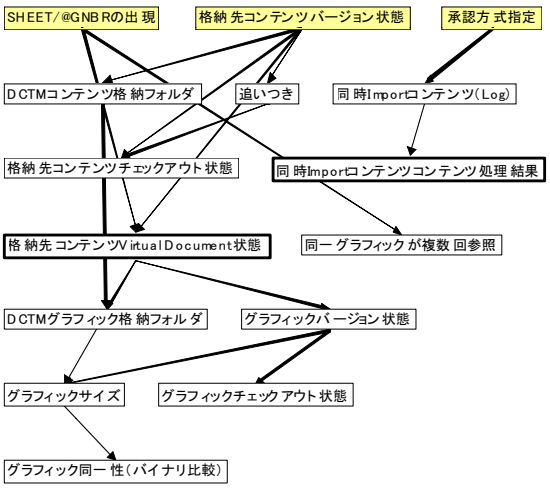
- **業務**
  - ✓ **飛行機メーカーから厖大なマニュアル（月20,000ページ）が届く**
  - ✓ **SGML形式なので改変履歴タグと比較しながら更新する**
  - ✓ **文書情報タグの組合せが多い → HAYST法でテストデータを作成**



FUJI xerox

SE部の事例： 航空関係ドキュメント管理SW適用結果

- HAYST法の適用
  - ✓ 52個の機能を同時に組み合わせたテスト。複雑な禁則関係
  - ✓ テスト項目数240で、2因子間100%、3因子間78.1%の網羅率



項目	2因子間	3因子間
組合せ網羅率	100.0%	78.1%
禁則処理を除いた全ての組合せ数	4,838	112,266
マトリクスが網羅する組合せ数	4,838	87,718
マトリクスが網羅しない組合せ数	0	24,548
禁則組合せの全ての数	179	12,634
組合せに考慮した因子の数	52	52
テスト項目数	240	240

バージョンアップ後1年経過したが
当該箇所においてバグゼロ。

FUJI xerox

Ⅰ. HAYST法に取り組んだきっかけ
Ⅱ. 直交表とは
Ⅲ. HAYST法とは
Ⅳ. 富士ゼロックスの事例
Ⅴ. まとめ

まとめ

- 直交表によるテストは非常に効果的である
  - テスト回数は単機能テスト程度であり実施可能
  - バグ検出力が高い
- HAYST法を使用するメリット
  - ソフトウェアテスト全体の戦略立案
  - 大規模ソフトウェアへ適用可能
    - 多水準因子に対応（16水準、32水準、64水準）
    - 禁則処理に対応（排他的、多層化、可変）
    - 水準の抽象化により単機能も救う
    - スライド法を使用することで多因子にも対応可能
  - 因子・水準の取捨選択が最も大切

ご清聴ありがとうございました。