

組込みソフトウェア検証における 「網羅性向上」と「工数削減」の テスト戦術

バルテス検証技術標準による
高品質テスト設計へのアプローチ

JaSST'06 in Osaka 2006年5月11日

バルテス株式会社

技術部 石原一宏

本日の流れ

- 1. 組込みソフトウェア検証におけるテストアプローチ
- 2. 「組合わせテスト」の設計アプローチ
- 3. 「直交表」と「All Pair」法との併用
- 4. 妥当性評価テストにおける「直交表」の導入例
- 5. 『バルテス検証技術標準』

問題意識

・高品質な組合せテスト設計 の標準化の試み

- ・テスト品質の確保
- ・属人化、KKD（勘、経験、度胸）の要素に大きく左右されないテスト設計

第1章 組込みソフトウェア検証における テストアプローチ

組込みソフトウェアの派生開発に おけるバグの発生①

- 組込みソフトのプロダクトラインにおいては開発コスト節減のためにコア資産を運用しつつ、新規機能を付け加える、という派生開発の形態をとることが多い

ソフトウェアコア資産

追加仕様

組込みソフトウェアの派生開発に おけるバグの発生②

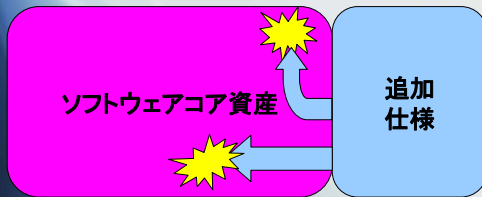
- しかし新規開発よりも場合によってはプロダクトラインの派生開発のほうが、バグが作りこまれる可能性がある。コア資産の使いまわしは必然的にバグを呼び込みやすい。

ソフトウェアコア資産

追加仕様

組込みソフトウェアの派生開発におけるバグの発生③

- 「法隆寺の改築を、そこらの工務店に頼めるか？」
- 先人の組技を理解できていなければ、あまった柱を切ったり、無造作に釘を打ち込んだりしてしまう。ソフトウェア開発ではじつはしばしば起こる事態



組込みソフトウェアの派生開発におけるバグの発生④

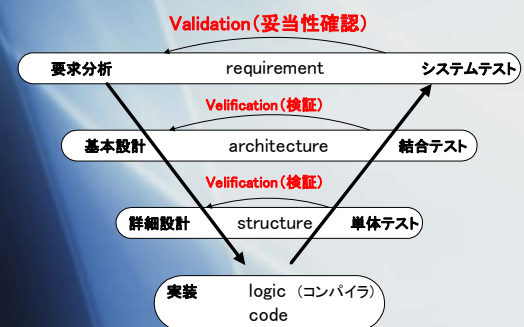
- 「仕様書通り」に動くことを確認する「検証」(Verification)だけで十分か？
- リスクの重要度に立脚した妥当性確認 (Validation) も必要。
- さらに上流工程で仕様書を開発者とテスト担当者が共同でレビューすることがもっと望ましい。

V & V

「Verification」(検証) :
「正しく製品を作っているか」
制御仕様書どおりに動作するか

「Validation」(妥当性確認) :
「正しい製品を作っているか」
顧客の要求を満足させられる製品であるか
観点例: ISO/IEC9126品質特性など

ソフトウェア検証の「Vモデル」



100%をテストすることは不可能

- 「プログラムが全くエラーを持たないと保障するようなテストは出来ない」
- 「プログラムテストの基本的な考え方には経済的な見方が必要である。徹底的なテストは不可能であるから、その投資に対して最大の効果をもたらすことを目的とすべきである」

G.Myers『ソフトウェア・テストの技法』

100%をテストすることは不可能ならばどうするのか

- いかなるテストも範囲を限定し、優先順位を付け、限られたリソースの中で検証せざるを得ない。

明確な「品質獲得目標」をもたなくてはならない

ソフトウェア品質獲得目標の「3タイプ」



- ①「検出型」: 不具合検出
- ②「網羅型」: 想定範囲を全網羅
- ③「最善型」: ①と②の両方の特性をすり合わせる

ソフトウェア・テストにおける「テスト技法」の位置付け



- 「テスト技法」は、お客様の「品質獲得目標」を実現させるための「戦術」であり、「武器」であり「道具」である。

武器や道具は「戦略」があって初めて威力を発揮する。

「テスト戦略」と「テスト戦術」



「テスト戦略」 (Strategy) :

「目標とするソフトウェア品質は何か」
テストの大きな指針(方法論: Method)
→「検出型」、「網羅型」、「最善型」等

「テスト戦術」 (Tactics) :

「その品質をどうやって獲得するのか」
各論での技法(技術論: Technique)
→「直交表」、「All Pair法」、「マトリックス網羅法」等

第2章

組込みソフトウェア検証における「組合わせテスト」の設計アプローチ



～「高品質」なテスト設計標準をめざして～

高品質な組合せテスト設計のポイントとは



PHASE1

抜け・漏れなくテスト対象項目を設定する

PHASE2

効率よくモデリングする

PHASE3

品質獲得目標にあわせて組合せを最適にデザインする

PHASE1

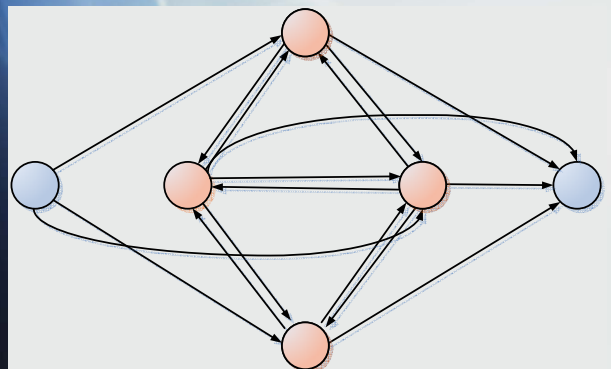
テスト対象項目を設定する①



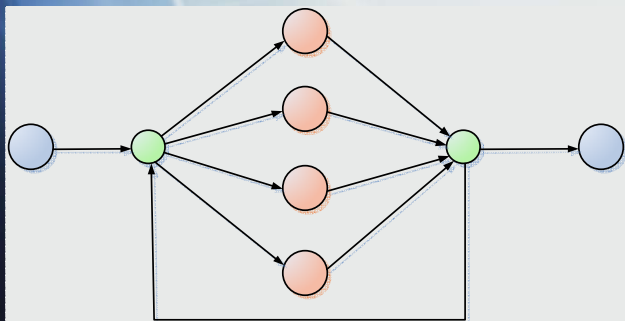
自然語で記述された外部仕様から
もれなく項目設定に必要な条件を抽出

⇒「細目一覧」(Inventory)を作成

- 『テスト項目の抜けを無くす！！』



シンプルな状態遷移モデルへ



PHASE3

品質獲得目標にあわせて組合せを
最適にデザインする①



『組合せデザイン』Combinatorial Designs

網羅配列表 Covering Array として

- 直交配列表 (Orthogonal Array)

- All-Pairs法 (Pair-wise, t-wise)

を品質獲得目標に応じて柔軟に使い分ける

⇒直交表、All Pairs法もそのバリエーション
のひとつと考える

PHASE3

品質獲得目標にあわせて組合せを
最適にデザインする②



網羅配列表 Covering Array

covering array $CA \lambda(N; t, k, v)$

Strength : $t=2,3,4,5...$

2項間網羅から、3項間、4項間、それ以上も可

網羅性向上⇒テスト回数は上がるが多項間網羅

工数削減⇒2項間網羅を維持しつつ大幅削減

第3章

直交表とAll Pair法との併用



なぜソフトウェアテストに
「直交表」を用いるのか



- 「出来る限り少ない実験回数で
- 出来る限り多くの因子の組合せを網羅したい」

「直交表」は
2因子間の組合せを網羅できる



直交表を用いれば
「各因子の2因子間組合せを
100%網羅した」

といえる

→なぜ2項間網羅を重視するのか？

多くのバグはシングルモードとダブルモードである



- 研究によれば、多くの欠陥はシングルモード(その機能自体の欠陥)かダブルモード(二つの機能のペアで欠陥が発生)である
- 2因子間網羅を行えば、シングルモードと、ダブルモードの組合せを全てテストできる最小の組合せを作ることが出来る。

田口玄一氏の「仮説」



『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)

田口玄一氏の「仮説」(その2)



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 = $(4/1000)^3 = 0.000000064$

単機能バグ数 = $4/1000 = 0.004 \times 2,000,000 = 8,000$ 件

2因子間バグ発生率 = $(4/1000)^2 \times 2,000,000 = 32$ 件

3因子間バグ発生率 = $(4/1000)^3 \times 2,000,000 = 0.128$ 件

「直交表」による「工数削減」



L16直交表は2水準パラメーターを最大15因子扱える。
総当たりならば $2^{15} =$

32,768通り $\Rightarrow$ **16回**

の実験によって2項間組合せを網羅

L32直交表は2水準パラメーターを最大31因子扱える。
総当たりならば $2^{31} =$

2,147,483,648(約21億)通り $\Rightarrow$ **32回**

の実験によって2項間組合せを網羅

仕様変更、派生開発で「直交表」は使い易い



試行	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
2	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
3	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
4	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
5	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
6	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
7	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
8	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
9	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
10	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
11	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
12	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
13	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
14	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
15	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
16	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
17	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
18	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
19	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
20	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
21	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
22	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
23	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
24	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
25	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
26	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
27	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
28	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
29	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
30	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
31	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
32	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON

既存のDIPSW組合せ

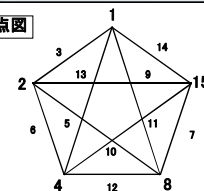
いつでも追加可能な「予備」の因子列

「直交表」は3因子以上もバランスよく網羅①



直交表は「2項間組合せ100%網羅」に加えて特に重要なパラメーターを「3項間組合せ網羅」させることもできる

L16線点図



「直交表」は 3因子以上もバランスよく網羅②

直交表の「弱点」

「実験回数が2のべき乗で増える」ので

因子数31まで ⇒ 32回の実験

因子数32以上(～63) ⇒ 64回の実験

実験回数がいきなり「倍」になってしまう。

それに対して

⇒ 因子水準数にあわせて、
他の素数べき乗直交表も柔軟に適用
(L27、L25、L49など)

⇒ 直交表とAll Pair法の併用

All Pair法のメリット①

直交表と比較しても
更なる工数の大幅削減を実現

2水準・63因子を2項間網羅する場合

直交表(L64) → 64回のテスト

All Pair法 → 13回のテスト

2水準・31因子を3項間網羅する場合

直交表 → 「32回の約10倍」のテスト

All Pair法 → 32回のテスト

3因子以上の全網羅テストも可能

- All Pairs法でt-wise配列を作成することでトリプルモード以上の全網羅テストも可能
covering array CA $\lambda(N; t, k, v)$
Strength : $t=3, 4, 5, \dots$

All Pair法のメリット②

多水準の混在にも柔軟に対応
因子数・水準数→制限なし

因子	リモコン		DipSW		ユーザー設定		
	暖房設定温度	風量設定	強力暖房 DipSW B2	暖房温度補正 DipSW 33,32	強力温度 タイマー運転 時間	配管延長 位置	室外機位 置
水準数	16水準	8水準	2水準	4水準	5水準	2水準	2水準
各水準	15℃	1	○(あり)	○○(0℃)	(+1℃)	0	標準
	16℃	2	●(なし)	○●(+1℃)	(+2℃)	1	延長
	17℃	3		●○(+2℃)	(+3℃)	2	短下
	18℃	4		●●(+3℃)		3	
	19℃	5				4	
	20℃	6					
	21℃	7					
	22℃	8					
	23℃						
	24℃						
	25℃						
	26℃						
	27℃						
	28℃						
	29℃						

All Pair法の「弱点」

テスト仕様の途中変更は
直交表に比べて柔軟性に劣る

⇒ある程度ならあらかじめ仕様の
途中変更を織り込んで設計可能

因子数が多いにもかかわらず
テスト数が少ないので(それが「メリット」だが)
バグが出たときの原因の絞り込みに手間取る

⇒各項目のペアリング回数を解析することで、
かなり原因を絞り込める

直交表とAll Pair法の「コンビネーション」

対象機種、開発形態、納期などにより、

直交表とAll Pair法を最適に組合せて、
ベストな組合せテスト計画を提案可能

もちろん「禁則処理」、「多層化」、
「多水準」にも対応

『組合せデザイン』によるテストのさらなる可能性を目指して

「網羅型」、「検出型」、「最善型」
様々な品質獲得目標への
対応を目指す

テストケース作成支援ツール、設計テンプレートなどにより標準化

第4章 妥当性評価テストにおける 「直交表」の導入例

業務用空調機(架空例)「暖房運転」
直交表テストシート作成

直交表を効果的に 導入するには

- 開発担当者と、テスト担当者が共同でディスカッションを行いドメイン領域を切り分けて、どの因子を選択するかが、テストの網羅性向上と工数削減の肝になる
- 適切なサブセットを設計することが、何よりも大切。

「信号因子」の列挙

因子	リモコン 設定温度	DipSW			ユーザー設定		
		強力暖房 DipSW B2	寒冷地対応 DipSW 10	暖房温度補正 4水準	強力温度 2水準	配管延長 2水準	室外機位置 2水準
水準数	16水準	2水準	2水準	4水準	2水準	2水準	2水準
	15℃	○(あり)	○(あり)	○○(0℃)	(+1℃)	標準	標準
	16℃	●(なし)	●(なし)	○●(+1℃)	(+2℃)	延長	標準
	17℃			○●(+1℃)	(+2℃)	延長	標準
	18℃			○●(+2℃)	(+3℃)	延長	標準
	19℃			●●(+3℃)		延長	標準
	20℃					延長	標準
	21℃					延長	標準
	22℃					延長	標準
	23℃					延長	標準
	24℃					延長	標準
	25℃					延長	標準
	26℃					延長	標準
	27℃					延長	標準
	28℃					延長	標準
	29℃					延長	標準
	30℃					延長	標準

外部因子とする

水準が足りない

「寒冷地向け」派生開発製品

水準の加工

因子	DipSW			ユーザー設定		
	強力暖房 DipSW B2	寒冷地対応 DipSW 10	暖房温度補正 DipSW 33.32	強力温度	配管延長	室外機位置
水準数	2水準	2水準	4水準	4水準	2水準	2水準
各水準	○(あり) ●(なし)	○(あり) ●(なし)	○○(0℃) ○●(+1℃) ●●(+2℃) ●●(+3℃)	(+1℃) (+2℃) (+3℃)	標準 延長	標準 低下

ダミー水準を追加して4水準にする

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1
7	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2
10	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
11	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1
13	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2

L16線点图(4水準)

4水準組点図に従って 「1-2-3」列と 「4-8-12」列をまとめる															今回は使用しない空列				
No.	1	2	3	4	8	12	7	6	9	10	11	5	13	14	15				
	A	B	C	D	H	L	G	F	I	J	K	E	M	N	O				
1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1				
2	1	1			1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2			
3	1	1	1		2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2			
4	1	1			2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1			
5	1	2	2		1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2			
6	1	2	2		1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1			
7	1	2	2		2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1			
8	1	2	2		2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2			
9	2	1	2		1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2			
10	2	1	2		1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
11	2	1	2		2	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1			
12	2	1	2		2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2			
13	2	2	1		1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1			
14	2	2	1		1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2			
15	2	2	1		2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2			
16	2	2	1		2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1			

同じ順番で現れる3桁の数字を
 「ひとつの番号」と考えると4水準を得る

123 ABC		4 8 12 DHL	G	F	6 I	9 J	10 K
111	→ 1	111 → 1	1	1	1	1	1
111	→ 1	122 → 2	1	1	2	2	1
111	→ 1	212 → 3	2	2	1	1	1
111	→ 1	221 → 4	2	2	2	2	1
122	→ 2	111 → 1	1	2	2	1	2
122	→ 2	122 → 2	2	2	2	1	1
122	→ 2	212 → 3	1	1	1	1	2
122	→ 2	221 → 4	1	1	2	1	1
212	→ 3	111 → 1	1	2	1	2	1
212	→ 3	122 → 2	2	2	1	1	2
212	→ 3	212 → 3	1	2	2	1	1
212	→ 3	221 → 4	1	2	2	1	2
221	→ 4	111 → 1	1	1	2	2	2
221	→ 4	122 → 2	1	2	1	1	1
221	→ 4	212 → 3	2	1	2	2	1
221	→ 4	221 → 4	2	1	1	1	2

	123	4,8,12	7	6	9	10
因子	暖房温度補正 DipSW 33.32	強力温度	強力暖房 DipSW B2	寒冷地対応 DipSW 10	配管延長	室外機位置
水準数	4水準	4水準	2水準	2水準	2水準	2水準
組合せ	1	1	1	1	1	1
	2	2	1	1	2	2
	1	3	2	2	1	1
	1	4	2	2	2	2
	2	1	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	1
	2	3	1	1	1	2
	2	4	1	1	2	1
	3	1	2	1	2	1
	3	2	2	1	1	2
	3	3	1	2	2	1
	3	4	1	2	2	2
	4	1	1	2	2	2
	4	2	1	2	1	1
	4	3	2	1	2	2
	4	4	2	2	1	1

	暖房温度補正 DipSW 33.32	強力温度	強力暖房 DipSW B2	寒冷地対応 DipSW 10	配管延長	室外機位置
1	○ ○ (0℃)	(+1℃)	○ (あり)	○ (あり)	標準	標準
2	○ ○ (0℃)	(+2℃)	○ (あり)	○ (あり)	延長	階下
3	○ ○ (0℃)	(+3℃)	● (なし)	● (なし)	標準	標準
4	○ ○ (0℃)	(+3℃)ダミ=	● (なし)	● (なし)	延長	階下
5	○ ● (+1℃)	(+1℃)	● (なし)	● (なし)	標準	階下
6	○ ● (+1℃)	(+2℃)	● (なし)	● (なし)	延長	標準
7	○ ● (+1℃)	(+3℃)	○ (あり)	○ (あり)	標準	階下
8	○ ● (+1℃)	(+3℃)ダミ=	○ (あり)	○ (あり)	延長	標準
9	● ○ (+2℃)	(+1℃)	● (なし)	○ (あり)	延長	標準
10	● ○ (+2℃)	(+2℃)	● (なし)	○ (あり)	標準	階下
11	● ○ (+2℃)	(+3℃)	○ (あり)	● (なし)	延長	標準
12	● ○ (+2℃)	(+3℃)ダミ=	○ (あり)	● (なし)	標準	階下
13	● ● (+3℃)	(+1℃)	○ (あり)	● (なし)	延長	階下
14	● ● (+3℃)	(+2℃)	○ (あり)	● (なし)	標準	標準
15	● ● (+3℃)	(+3℃)	● (なし)	○ (あり)	延長	階下
16	● ● (+3℃)	(+3℃)ダミ=	● (なし)	○ (あり)	標準	標準

総当たりなら256回⇒16回

[illegible]



第5章 バルテスト検証技術標準の確立にむけて ～さらなる高品質を作り込むために～

バルテスト検証技術標準のコンテンツ



- 『テスト技法導入標準マニュアル』
- 『テストドキュメント作成テンプレート』
- 『テストケース作成支援ソフト』
- 『技術スタッフ教育プログラム』
- 『Covering Array生成ツール』
- 『各ドメインスキル「虎の巻」』

Etc.....

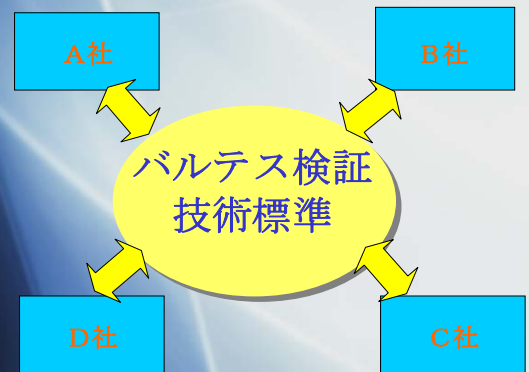
バルテスト検証技術標準の特徴



『バルテスト検証技術標準』は……

- 属人的なテスト技能を社員の標準スキルへ
- 直交表とAllPairのコンビネーションにより、網羅性の向上と工数削減を柔軟に実現
- IEEE829に準拠した高い客観性のテストドキュメントを作成
- テストドキュメントの再利用性、レビューのしやすさ、トレースのしやすさを追究
- 検証の観点より上流工程から品質を作りこむお手伝い

実践提案のフィードバック

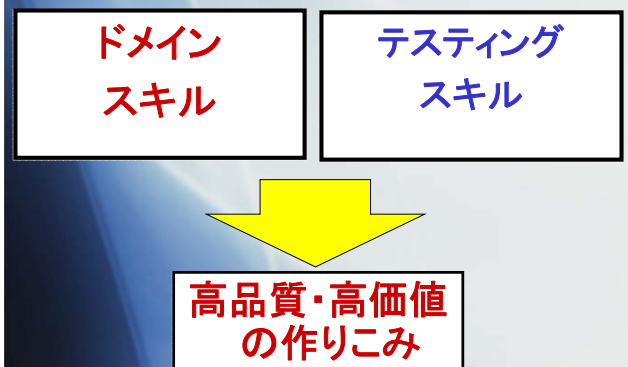


さらなる高品質を作り込むために



- テスト担当者のドメインスキルの習熟度に比例して、テスト品質は向上していく
- 「不具合を作りこまない努力」と「不具合を抽出する努力」の結びつき

「開発」と「テスト」 車の両輪として



主な参考文献



- 『ソフトウェア品質保証の考え方とその実際』
保田勝通著(日科技連)
- 『ソフトウェア開発・検証技法』
松本・小山田・松尾谷著(電子情報通信学会)
- 『ソフトウェアモデリング』片岡雅憲著(日科技連)
- 『組み込みソフトウェア開発のための構造化モデリング』SESSAME WG2著(翔泳社)
- 『体系的ソフトウェアテスト入門』RICK CRAIG著
(日経BP)
- 『実験計画法の基礎』石井吾郎著
(サイエンス社)
- 『実験計画法 第2版』増山元三郎著(岩波全書)
- “Combinatorial Aspects of Covering Arrays”
C.J.Colbourn (Arizona State Univ.2004)

本日はありがとうございました

