

直交表と万能型直交表生成ソフト Galoisの活用

強さ2, 3, 4の直交表の生成事例

群馬工業高等専門学校
須田 健二

発表の流れ

1. 発表の目的
2. ソフトウェアテストとは
3. 直交表とは
4. JaSSTにおける直交表に関する記述について
5. テスト回数と品質の関係
6. 直交表の自動生成ソフトGalois
7. Galois での直交表 生成事例
8. ソフトウェアテスト向きの直交表自動生成ソフト
現在 新たに 開発中
9. まとめ

発表の目的

1. JaSSTを含むソフトウェア技術者に直交表に対する正しい認識を持ってもらいたいこと。

→ JaSST論文での直交表に関する誤りや曖昧さを指摘

2. JaSST2007で発表した万能型の直交表生成ソフトGaloisがソフトウェアテストへの応用に際しても、大変有用なツールであることを明らかにしたいことである。

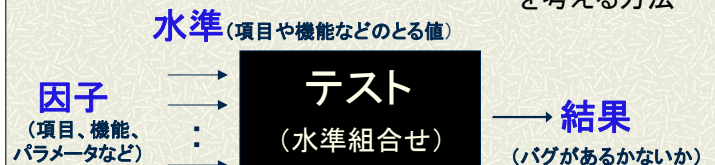
→ Galois で多因子・多水準の直交表の生成事例をデモ

ソフトウェアテスト技術者が、
直交表やその設計に煩わずらわせられることなく、
テストに専念できるようになってもらいたい

ソフトウェアテストとは

与えられたテスト目的に対して

どのようなテストをすれば最も効率よく結果が得られるかを考える方法



1機能テスト: ある因子のある水準が、結果に及ぼす影響を調べる

2機能間テスト: 2つの因子の水準組合せが、結果に及ぼす影響を調べる

t機能間テスト: t 個の因子の水準組合せが、結果に及ぼす影響を調べる

完全テスト

考えられる全ての水準の組合せについてのテストを行う

直交表を使ったテスト(直交表テスト)

すべての水準の組合せの一部のテストのみで、完全テストと同等の情報が得られるようにしたテスト

例えば、テストの因子数を16、水準数を2とすると

・完全テストを行ったとき
テスト回数 $2^{16} = 65536$

・直交表テスト(3機能間テストを保証)を行ったとき
テスト回数 $2^5 = 32$

使いこなしたいテスト技法といえば何？

JaSST2005 アンケート結果(テスト担当者100人)より

- 1位. 直交表 18人
 - 2位. 回帰テスト 15人
 - 3位. シナリオベーステスト 12人
 - 4位. 状態遷移(図、表) 11人
 - 5位. 境界値テスト 11人
 - 6位. 負荷テスト 9人
 - 7位. カバレッジテスト 7人
 - 8位. ユーザビリティテスト 4人
 - 9位. CFD(Cause Flow Diagram) 4人
- * その他: 不具合追跡、信頼度成長曲線など

出典: ソフトウェアテスト入門 p.38、技術評論社

直交表 (Orthogonal Array) とは

$OA(N, m, q, t)$

N : 大きさ(実験回数、列数)

m : 制約数(因子数、行数)

q : 水準数

t : 強さ

q 種類の記号を要素とする $m \times N$ の行列で
どの t 行をとっても
水準の組合せが
同数回現れる。

例: $OA(8, 5, 2, 2)$

	N							
	0	1	0	1	0	1	0	1
m	0	0	1	1	0	0	1	1
	0	0	0	0	1	1	1	1
	0	1	0	1	1	0	1	0
	0	0	1	1	1	1	0	0
	0	0	1	1	1	1	0	0

直交表の表記法

$$L_N(q^m) \rightarrow OA(N, m, q, 2)$$

N : 大きさ(実験回数、列数)

m : 制約数(因子数、行数)

q : 水準数

t : 強さ

ただし、 $m = (q^n - 1) / (q - 1)$

$$N = q^n$$

例: $L_8(2^7)$ 、 $L_{81}(3^{40})$

直交表とソフトウェアテストの対応

実験回数 N → テスト回数

因子数 m → 項目や機能などの数

水準数 q → 項目や機能などが
とる値の数

強さ t → t 機能間テストを保証

(t 因子間網羅率100%の全組合せチェックを保証)

JaSSTにおける直交表に関する記述 ①

山本、秋山: 直交表を利用したソフトウェアテスト—HAYST法—、
JaSST2004東京

1.1 直交表テストの欠点は3機能以上の多次元の組合せ網羅性に対する保証が無い点と、多次元の組合せを保証しようとするとテスト設計が難しくテスト項目数も増えテストの実現性がなくなる点にある。

1.2 通常の直交表では3水準がMAXとなっているため、代表値は3つが限度であった。



- 1.1 3機能以上の組合せ網羅性を保証した直交表を構成できる
- 1.2 3水準を超える4, 5, 7, 8, 9 ... 水準の直交表も作れる。

JaSSTにおける直交表に関する記述 ②

秋山: 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—、JaSST2005東京

スライドNo.7 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。



3因子間の組合せ網羅性を保証した直交表に関するテスト回数に関する表現があいまいである。

JaSSTにおける直交表に関する記述 ③

太田、栗田、松尾谷: 「All-pair法を応用した携帯電話組み込み用モバイルFelica IC チップ ファームウェアの評価に関する報告」、
JaSST2006東京

3. 実験計画法とAll-pair法の比較

水準が2値、3値であれば直交表をそのまま使うことができるが、それ以上になると複数の項目にマッピングを行う多水準化が必要である。

「実験計画法」であれば、4水準(13因子)を2水準2項目にマッピングすると、L32直交表から、テスト項目数は32となる。



多水準値に対してもそのまま直交表を構成できる。
4水準(13因子)、強さ2の直交表はL32には割り付けできない。
L64に割り付けなければならない。

JaSSTにおける直交表に関する記述 ④

秋山、土屋、町田:「公開質問会 直交表 VS All-pair」、
JaSST2005大阪

辰巳、殿村:「テストケース生成ツール「ATAF」による
品質保証の試行と考察」、**JaSST2006東京**

保田:「一けた高い品質のためのソフトウェアテスト」、
JaSST2006東京

石原:「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」のテスト戦略」、**JaSST2006大阪**

川上、小川、加藤:「デジタル家電に対するAll-Pairテスト
の改善と適用」、**JaSST2008東京**

JaSSTにおける直交表に関する記述
まとめ

2つの誤りパターンがあると考えられる。

1. 田口先生が作られた直交表のみを直交表と思っている。直交表が先にあって、そこにテスト項目を割り付けていくと考えている。
2. 田口先生の作られた直交表は強さ2のものであり、そこから強さ3(3因子間の網羅率100%)の直交表を作ろうとすると、手間がかかり、その際の最小のテスト項目数の把握が難しい。



田口先生が作られた直交表は、ほとんどが強さ2で水準数も2と3だけである。しかし、直交表は、強さが3以上、水準数も3以上のものも多数存在する。田口先生の表にのっていないだけである。
多水準、多因子、強さ2(2因子間網羅100%)、強さ3(3因子間網羅100%)、強さ4(4因子間網羅100%)が与えられたときの直交表の最小テスト回数についての情報が欲しい。

テスト回数と品質の関係

因子数 m 、水準数 q 、強さ t が与えられた
時の、**最小のテスト回数**を知りたい



強さ t 、水準数 q 、テスト回数が与えられた
時の**最大因子数**がわかるのと同じ

2水準における**因子数**と**最小テスト回数**の関係

因子数	強さ2	強さ3	強さ4	因子数	強さ2	強さ3	強さ4
2	4			11	16	32	128
3	4	8		12	16	32	256
4	8	8	16	13	16	32	256
5	8	16	16	14	16	32	256
6	8	16	32	15	16	32	256
7	8	16	64	16	32	32	256
8	16	16	64	17	32	64	256
9	16	32	128	18	32	64	512
10	16	32	128	19	32	64	512
				20	32	64	512

2水準における**テスト回数**と**最大因子数**

*付きは最大が保証されていることを示す

テスト回数	強さ 2	強さ 3	強さ 4
4	3*		
8	7*	4*	
16	15*	8*	5*
32	31*	16*	6*
64	63*	32*	8*
128	127*	64*	11*
256	255*	128*	17*
512	511*	256*	23
1024	1023*	512*	30

3水準における**因子数**と**最小テスト回数**の関係

因子数	強さ2	強さ3	強さ4	因子数	強さ2	強さ3	強さ4
3	9	27		13	27	243	729
4	9	27	81	14	81	243	729
5	27	81	81	15	81	243	2187
6	27	81	243	16	81	243	2187
7	27	81	243	17	81	243	2187
8	27	81	243	18	81	243	2187
9	27	81	243	19	81	243	2187
10	27	81	243	20	81	243	2187
11	27	243	243	21	81	729	2187
12	27	243	729	22	81	729	6561

3水準におけるテスト回数と最大因子数

*付きは最大が保証されていることを示す

テスト回数	強さ 2	強さ 3	強さ 4
9	4*		
27	13*	4*	
81	40*	10*	5*
243	121*	20	11*
729	364*	56	14
2187	1093*	112	21

直交表の自動生成ソフト **Galois** の開発

多因子・多水準に対応

因子数: 3~50

水準数: 2, 3, 2^2 , 5, 7, 2^3 , 3^2

強さ2, 3, 4に対応

強さ2で一部強さ3一部強さ4に対応

強さ2, 3, 4に対応

因子数、水準数、強さを入力 → 最適な直交表を生成

デモンストレーション

Galois での直交表 生成事例

例1; 因子数 20, 水準数 3, 強さ 3

例2; 因子数 20, 水準数 7, 強さ 3

例3; 因子数 11, 水準数 2, 強さ 4

例4; 4水準3因子と2水準4因子, 強さ2

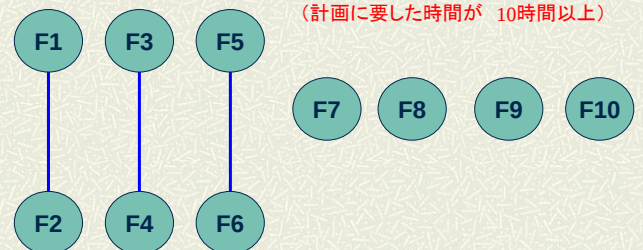
例5; 8水準1因子と4水準8因子, 強さ2

実行例4 HAYST法への応用例

1) 4水準3因子と2水準4因子, 強さ2

2) テスト回数16回

(株)ビーイング JaSST2004東京での例
(計画に要した時間が 10時間以上)

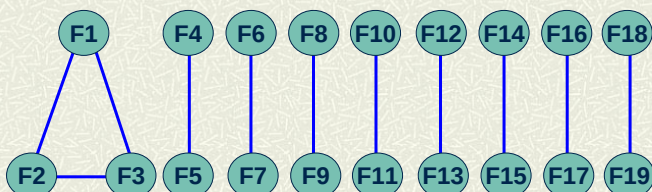


実行例5 HAYST法への応用例

1) 8水準1因子と4水準8因子、強さ2

2) テスト回数32回

秋山(富士ゼロックス) JaSST2005東京での例



ソフトウェアテスト向けの直交表自動生成ソフト

現在 新たに 開発中

- 基本形** すべての因子が同じ水準数をもつタイプ
因子数、水準数、強さ(2, 3か4) を与えると、
テスト回数最小の直交表を生成してくれる。
- 応用形** 因子間に強さを与えることができるタイプ
基本は強さ2だが、一部の因子間には強さ3また一部の因子間には強さ4の直交表を生成してくれる。
- 混合形** q^n 型の混合系のタイプ
HAYST法などで使用の 2^n 型だけでなく、 3^n 型などの混合系の直交表を生成してくれる。

まとめ

1. 直交表についてきちんと定義することにより、JaSST発表論文における直交表に関する記述の誤りや曖昧さを指摘した。
2. 我々の方法は、すでにある直交表を利用するのではなく、テスト条件にかなう直交表を、組合せ数学の力で全く新しく作ってしまう、というものである。
3. 多因子、多水準の直交表の構成は、手作業では、かなり面倒な作業となるので、万能型の直交表自動生成ソフトGaloisを開発した。
4. Galoisが、ソフトウェアテストへの応用に際しても、大変有用なツールであることを生成事例を通して明らかにした。
5. Galois(現在開発中の新ソフト)を活用することにより、ソフトウェアテスト技術者が、直交表やその設計に煩わずらせられることなく、テストに専念できるようになる。

ご清聴ありがとうございました

質疑応答