

直交表とオールペア法のテスト回数と網羅率について

須田 健二[†]

五味 弘[‡]

群馬高専[†]

沖電気工業(株)[‡]

1. はじめに

ソフトウェアテストにおける組合せテストではすべての組合せをテストすると膨大なテスト回数になり、組合せテストの効率化が求められている。組合せテストの品質を保ち、かつテスト回数を少なくするためのテスト技法として直交表とオールペア法(被覆配列)が知られている。しかし今まではその生成ツールの使いやすさやテスト回数が少ないなどの理由からオールペア法の方がより多く利用されてきており、また組合せの強さを2で固定するなど限定的な使用が多かったように思われる。

そこで本論文では、我々が開発中のソフトウェアテスト向けの直交表生成ソフト Galois^{[1][4]}と代表的なオールペア法の生成ソフトである PICT^[2]に対して、因子数やその水準数、強さが与えられた時の効率性の尺度であるテスト回数と品質を保証する尺度である網羅率を求め比較検討した。それにより、テスト対象のソフトウェアにより適した技法として、直交表とオールペア法のどちらを選択するべきかの指針を与えることを目的とする。

2. 直交表とオールペア法の生成ツール

2.1 直交表とその生成ツール Galois

直交表はもともとは実験計画法で培われた手法で近年はソフトウェアテストを始め各種分野で応用されてきている。直交表 $OA(n, m, q, t)$ とは、 $m \times n$ 行列で、 n は大きさ、 m は因子数、 q は水準数、 t は強さを表しており、行列の要素の値は水準と呼ばれている。強さ t とは、どの t 行をとってもその水準組合せが同数回現れる表のことである。ソフトウェアテストでは直交表の行はテスト項目に相当し、列数はテスト回数となり、各列は1回のテストに相当する。水準はテスト項目の値になり、強さは網羅率100%を保証する因子の組合せの数である。

我々は実験計画法向けに開発した直交表生成ツール Galois^[1]をもとに、ソフトウェアテスト

向けの多因子、多水準、混合水準、2または3以上の強さに対応した直交表生成ツール Galois2013^[4]を開発中である。

2.2 オールペア法とその生成ツール PICT

オールペア法またはペアワイズテスト法は、名前の示す通り、テスト項目(直交表では因子)のすべてのペア(因子の2個の組合せ)を少なくとも1回はテストする組合せの出現を保証するものである。

カバリングアレイ(Covering Arrays, 被覆配列)はオールペア法がテストをする組合せの出現の対象をペア(因子2個)に限定していたものに対して、2個以上の任意個の組合せの出現を対象にしている配列である。つまりオールペア法は強さを2に限定したカバリングアレイを生成する手法であると言える。

オールペア法ツール PICT は、名前はオールペア法になっているが、任意の強さが可能なカバリングアレイの生成ツールである。しかし以降は通例に従ってオールペア法ツール PICT とするが、カバリングアレイのツールであることに注意する必要がある。

3. 直交表とオールペア法のテスト回数と網羅率

3.1 テスト回数の比較

因子数と水準数、強さが与えられてテスト回数がどうなるか Galois と PICT でその回数を比較したものを表1に示す。比較の は PICT と比較して Galois のテスト回数が少なくなったことを示し、 は同数であることを示している。空白は PICT の方が少ないことを表している。一般的に、オールペア法の方が直交表と比較してテスト回数が少なくすむと言える。なぜならオールペア法は因子の水準組合せが同数回でなく、少なくとも1回出現すればよいからである。しかしながら、表1から Galois が PICT よりテスト回数が少ない例がかなりあることがわかる。特に水準数が大きく、また強さが3や4と強くなるとそれが顕著となっている。その理由としては、Galois は与えられた条件でのテスト回数最小のものを探索しているのに対して PICT はそうならないためと思われる。

A study of number of test cases and coverage properties of orthogonal arrays and covering arrays.

[†]Kenji Suda, Gunma National College of Technology.

[‡]Hiroshi Gomi, Oki Electric Industry Co., Ltd.

表1 テスト回数の比較

因子数	水準数	強さ	PICT	Galois	比較
3	2	2	4	4	
7	2	2	7	8	
15	2	2	10	16	
31	2	2	12	32	
32	2	2	14	64	
4	2	3	8	8	
8	2	3	16	16	
16	2	3	23	32	
32	2	3	33	64	
5	2	4	23	16	
6	2	4	26	32	
8	2	4	34	64	
32	2	4	47	64	
4	3	2	13	9	
13	3	2	20	27	
40	3	2	27	81	
4	3	3	34	27	
10	3	3	65	81	
5	3	4	100	81	
11	3	4	249	243	
14	3	4	296	729	
5	4	2	22	16	
21	4	2	39	64	
6	4	3	111	64	
17	4	3	207	256	
5	4	4	333	256	
6	8	2	91	64	
6	8	3	846	512	

3.2 網羅率の比較

強さ 2 の直交表においては 2 因子の水準組合せの網羅率を 100%保証しているが、実は 3 因子間の網羅率も高い値で保証しているのである。実際に理論計算で求めた値やプログラムで計測した値を Galois と PictMaster^[3]で比較したものを表 2 に示す。PictMaster はエンジン部に PICT を採用した高機能なオールペア法のツールであり、強さ 2 の網羅率 100%で強さ 3 の目標網羅率を設定することができるツールである。比較の は回数も網羅率も両方とも Galois が優れているものを示し、 はほぼ同じ結果であることを示し、- は回数が大きく違うので比較できない箇所を示す。

表 2 強さ 3 の網羅率の比較

因子数	水準数	強さ	PictMaster		Galois		比較	
			目標	回数	回数	網羅率		
3	2	2	-	4	50.0	4	50.0	
7	2	2	-	7	73.9	8	90.0	
15	2	2	-	10	83.2	16	96.2	-
15	2	2	95	14	95.1	16	96.2	
4	3	2	-	13	47.2	9	33.3	-
7	3	2	-	16	53.7	27	88.6	-
7	3	2	80	28	80.6	27	88.6	
13	3	2	-	20	60.1	27	87.9	-
13	3	2	87	36	86.7	27	87.9	
5	4	2	-	21	32.5	16	25.0	-
13	4	2	-	33	45.3	64	87.7	-
13	4	2	87	92	87.7	64	87.7	
6	5	2	-	35	27.4	25	20.0	-
15	5	2	-	54	38.3	125	88.9	-
15	5	2	88	191	88.6	125	88.9	

3.3 テスト回数当たりの網羅率 (網羅効率)

表 2 では、テスト回数が大きく異なっている場合に比較できない箇所があった。そこで、その場合の対処法としてテスト回数 1 回当たりの網羅率で比較したものを表 3 に示す。表 3 の網羅効率の値から、網羅効率がテストの良さを示す一つの尺度となり得るのではないかと考えられる。

表 3 網羅効率

条件			PictMaster			Galois		
因子数	水準数	強さ	回数	網羅率	網羅効率	回数	網羅率	網羅効率
15	2	2	10	83.2	8.32	16	96.2	6.01
4	3	2	13	47.2	3.63	9	33.3	3.70
7	3	2	16	53.7	3.36	27	88.6	3.28
13	3	2	20	60.1	3.01	27	87.9	3.26
5	4	2	21	32.5	1.55	16	25.0	1.56
13	4	2	33	45.3	1.37	64	87.7	1.37
6	5	2	35	27.4	0.78	25	20.0	0.80
15	5	2	54	38.3	0.71	125	88.9	0.71

4. 直交表とオールペア法の選択

直交表を使うかオールペア法を使うかの選択はプロダクトの性質に依存し、禁則処理の個数や水準が直交表の制限に合うように調整できるかなどの副次的な状況にも依存する。しかし、テストの条件である因子数、水準数や強さが与えられていると仮定して、この問題を考えるならば、よりコストパフォーマンスに優れた組合せテストを選択することにつけることになる。そこで、我々が上で与えたテスト回数と網羅率あるいは網羅効率などのテストの評価尺度のデータが選択の一つの参考になると考えられる。

5. おわりに

組合せテストの代表的なテスト技法である直交表とオールペア法について、そのコストパフォーマンスを左右するテスト回数と網羅率について求めた。実際にどちらのテスト技法を選択して運用するのかについては難しい問題もあるが、選択の際の一つの指針となるものと考えられる。実際の運用には、さらに多くの因子数、水準数や強さに対する、これらのデータの蓄積が必要であり、今後の課題である。

参考文献

- [1] 須田健二, “ パソコンによる直交表の自動構成とソフトウェアテストへの応用 - 多因子・多水準、強さ 2・3・4 対応の直交表生成ソフト Galois の応用 - ”, ソフトウェアテストシンポジウム 2007, pp.91-97, Jan 2007.
- [2] JacekCzerwonka, Pairwise Testing in the Real World: Practical Extensions to Test-Case Scenarios, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc150619.aspx>, February 2008.
- [3] PictMaster, <http://sourceforge.jp/projects/pictmaster/>
- [4] 五味弘, 辻村浩, 小池宏道, 須田健二, “ 直交表とオールペア法の並行運用によるソフトウェアテスト - 手法と強さ、因子、水準の選択ガイドライン ”, ソフトウェアテストシンポジウム 2014 発表予定.