B-026

ソフトウェアテスト向けの直交表自動構成に関する一考察

Some Ideas for Computer Construction of Orthogonal Array Used for Application to Software Testing

須田 健二†
Kenji Suda

1. まえがき

直交表は、実験計画法で培われた技術であるが、最近はプログラムのバグを効率よく取り除くための技法であるソフトウェアテストにも応用が広がりつつある。しかしながら、実験計画向けの直交表とソフトウェアテスト向けの直交表では、その大きさ、因子数や水準数、また強さなどに要求される条件が異なっている。我々は、すでに主として実験計画向けの直交表を自動構成できる万能型のソフトを開発[1]しており、ソフトウェアテスト向けにも一部応用可能である。今回、ソフトウェアテスト向けの直交表に要求される項目等について考察を加え、これを基にソフトウェアテスト向けの直交表自動構成ソフトを開発中であるので報告する。

2. ソフトウェアテストと直交表

2.1 ソフトウェアテスト

実験計画法やソフトウェアテストにおいて、図 1 に示すように、特性値や結果に影響を及ぼすと考えられる因子の水準組合せについて実験やテストを行う。しかし、すべての水準組合せについて実験やテストを行うと、その回数は膨大となり不可能となってしまう。そこで全部の組合せ実験を行うのではなく、その一部のみの実験で、全部の実験を行ったのと同等の情報を得るために直交表と呼ばれる組合せ表を用いる方法が広く行なわれている。

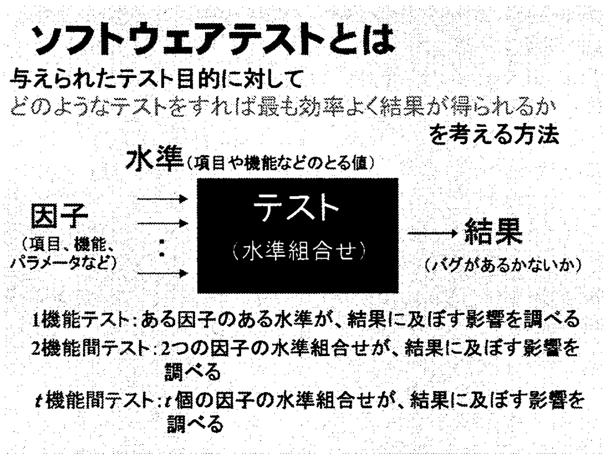

図 1　実験やテストのモデル

2.2 直交表とは

$S=\{0,1,\cdots,q-1\}$とする。強さ t の直交表は、$m\times N$ 行列 A で、次の条件を満たすとき、A は大きさ N、制約数 m、シンボル数 q、インデックス λ の直交表であるといい、$OA(N, m, q, t)$と書く。

条件；A の任意の t 行に対し、すべての S^t の順序対がちょうど λ 個の列に現れる。

なお、この直交表をソフトウェアテストで使用するときには、N はテスト回数、m は因子数、q は水準数、t は強さとなる。我が国で良く使用されている記法 $L_N(q^m)$ は、$OA(N, m, q, 2)$に相当する。

2.3 ソフトウェアテストで必要な直交表

ソフトウェアテストで必要な直交表は、まず多因子、多水準で、因子間で水準数が異なる場合が多いなど、実験計画で使われているものと異なる。図 1 に示すように実際のテストでは、全ての因子の 2 機能間テストの他に、一部因子の 3 機能間テスト、一部因子の 4 機能間テストも要求され、これらに対応するためには、強さ 2 の直交表 $OA(N, m, q, 2)$で、部分的に強さ 3 と強さ 4 を持つ直交表が必要となる。

3. 直交表の構成法

3.1 G 行列から直交表を生成

このような直交表を構成する方法は、ある条件を満たすような行列 G が作れれば簡単であることが知られている[2]。今、想定される因子を $F_1, F_2,\cdots, F_m$ とし、すべて同じ水準を持つとする。次に想定される一部強さ 3 を要求される因子を $F_{i1}, F_{i2}, \cdots, F_{iw}$ とする。次に想定される一部強さ 4 を要求される因子を $F_{j1}, F_{j2}, \cdots, F_{jz}$ とする。これをインデックスの集合で簡略化して次のように書く。

$$M=\{1,2,\cdots,m\}$$
$$I=\{i_1,\ i_2,\ \cdots,\ i_w\}\subseteq M$$
$$J=\{j_1,\ j_2,\ \cdots,\ j_z\}\subseteq M$$
ただし、$I\cap J=\phi$

すなわち、水準数 q が一定で、しかも素数べきであるなら、有限体 $GF(q)$上、次のような性質を持つ $m\times n$ 行列 G を考える。

(1) G の任意の 2 行は、線形独立である。

(2) $\{i, j, k\}\in I$ のとき、G の第 i, j, k の 3 行は線形独立である。

(3) $\{i, j, k, l\}\in J$ のとき、G の第 i, j, k, l の 4 行は線形独立である。

この条件を満たす G 行列から、直交表は次式で得られる。

$$A=\{r=G\theta;\ \theta\in GF(q)^n\}$$

† 群馬工業高等専門学校 電子情報工学科

3.2 G行列の構成に有限射影幾何を利用

このような G 行列を構成する方法として、因子 $F_1, F_2,\cdots,F_m$ を有限射影幾何 $PG(n,q)$の点に割りつける方法が知られている[3]。すなわち、

(1)$PG(n-1,q)$の点は、$GF(q)$上の n 次元ベクトルで表現できる。

(2) $PG(n-1,q)$のすべての点（ベクトル表現）から G 行列を作ると、因子数 $m=(q^n-1)/(q-1)$なる強さ 2 の直交表が構成できる。

(3)強さ 3 の直交表を作るには、直線上の 3 点にのらない点の集合を集める必要がある。

(4)強さ 4 の直交表を作るには、平面上の 4 点にのらない点の集合を集める必要がある。

4. ソフトウェアテスト向けの直交表自動構成ソフトの開発

我々がすでに開発した実験計画法向けの直交表構成ソフト Galois は、多因子・多水準(2・3・4・5・7・8・9)、強さ 2,3,4 に対応した万能型直交表自動構成ソフトである。従って、この Galois をソフトウェアテストに応用することも可能であるが、今回、ソフトウェアテスト専用のシステムの開発を思い立った。その理由は、システムの操作性の向上やソフトウェアテストシンポジウム JaSST[4][5]で発表されたソフトウェアテスト向けの直交表に望まれる機能などを取り入れるためである。

以上の観点から、我々はソフトウェアテスト向けの直交表自動構成ソフト **GaloisSoftTest** を開発中である。概要は次の通りで、3 つの機能に絞り開発を進めている。

1. 基本形　すべての因子が同じ水準数をもつタイプで、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。
2. 応用系　一部因子間で強さが異なるタイプで、基本は強さ 2 だが、一部の因子間は強さ 3 また一部の因子間は強さ 4 の直交表を生成してくれる。ここでもすべての因子が同じ水準数をもつと仮定している。
3. 混合形　因子間で一部水準数が異なる混合系のタイプで、HAYST 法[4]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。ただし、強さは 2 だけである。

図 2 に **GaloisSoftTest** を起動したときのメニュー画面を示す。現在までのところ基本形はほぼ完成しており、そのボタンをクリックすると、図 3 に示すダイアログボックスが表示されるので、自動構成に必要なデータである、因子数、水準数、強さの入力を行ない、直交表作成ボタンをクリックするだけで最適な直交表を構成してくれる。

応用系や混合形については、すでにそのアルゴリズムはできており、プログラムを作成中である。

5. まとめ

ソフトウェアテスト向けの直交表について考察し、新たに直交表自動構成ソフト **GaloisSoftTest** を開発している。これが完成すれば、多因子（3～50 因子）・多水準(2・3・4・5・7・8・9 水準)で、2～4 機能間の全部の組合せのチェックはもちろん、一部は 3 機能間や 4 機能間のチェックも可能である。また、ソフトウェアテストにとって重要な、因子間で一部水準数の異なる 2^n 型の混合型の直交表も簡単に構成できるようになる。そうすればテスト技術者は、**直交表やその設計に煩ずらわせられることなく、テストに専念できるようになると思われる。**

今後の課題として、**GaloisSoftTest** をできるだけ早く完成させること。また、さらに大きい水準数（11,13,16 など）に対応するなど機能拡充のためには、原始既約多項式や有限射影幾何の初期直線の入力が必要となる。

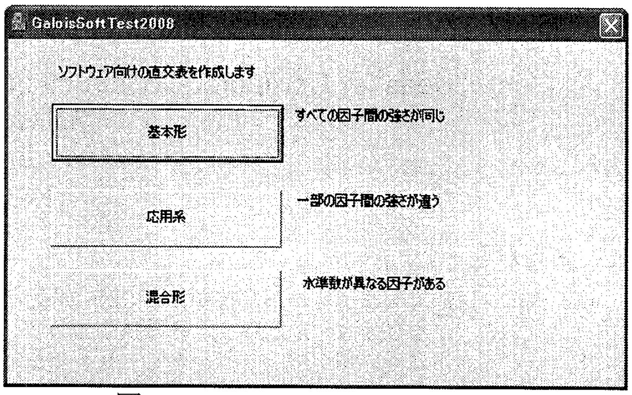

図 2　**GaloisSoftTest** のメニュー画面

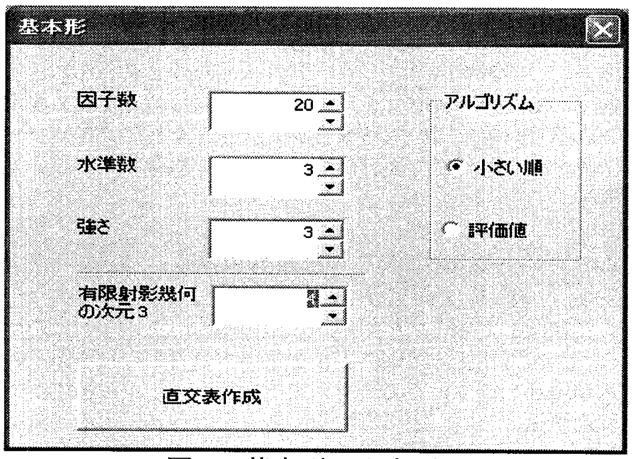

図 3　基本形の入力画面

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、ソフトウェアテストシンポジウム 2007 東京　予稿集、pp.91－97, 2007.
[2] 高橋磐郎、組合せ理論とその応用、岩波全書、1979
[3] 須田健二、宮崎晴夫, 直交配列を用いた実験計画における要因割りつけのコンピュータ・アルゴリズムについて、日本経営工学会誌、Vol.37、No.6, pp.345－352, 1987.
[4] 山本、秋山、直交表を利用したソフトウェアテスト－ＨＡＹＳＴ法－、ソフトウェアテストシンポジウム 2007 東京　予稿集、2004.
[5] 居駒幹夫、１０年後のソフトウェア技術，ソフトウェアテストシンポジウム 2009 東京　予稿集、pp.114－121, 2009.