

# 3 水準系の実験計画法のフリーソフトウェアの研究

M2011MM074 東崎 祥也

指導教員：松田眞一

## 1 はじめに

実験計画法は実社会でも使用できる場面が多くあり、就職後にも役立つ機会がある。本学には現在、佐野 [1] による 2 水準までの実験計画法のフリーソフトウェアが存在するが実社会で実験計画法を使用する時、水準が 2 つでは少ないと感じる場合があると就職活動中に技術者の方に教わった。このため 3 水準あると便利なので本研究ではフリーの 3 水準系の実験計画法のソフトウェアの完成を目指す。また 3 水準系では要因効果図があるとより便利だと実感したため要因効果図も表示できるように仕様を変更した。ソフトウェアのファイル形式は HTA にし、統計量の計算ツールとして R を使う。データ用のテキストファイルと実行用のテキストファイルを作成した後に R 上で実行し、出力結果をテキストファイルに出力させた上で表示する。

## 2 過去の研究

過去の研究では 2 水準のフリーソフトウェアについて研究しており、 $L_8, L_{16}, L_{12}$  が実行できる。今回、用語などのファイルは佐野 [2] に基づいている。(佐野 [2] 参照)

## 3 使用した言語について

### 3.1 HTML について

HTML とは HyperText Markup Language の略である。インターネットで閲覧できる Web ページを作成するのに使われる。HTML ファイルを起動するときにブラウザが立ち上がる。(渡邊 [6] 参照)

### 3.2 HTA について

HTA とは HyperText Markup Language Application の略である。Windows のみで使用することができ、HTML を Internet Explorer を起動する事なく、HTML を単体のアプリケーションのように実行することができる。また HTA 内で Script を使用することもできる。(渡邊 [6] 参照)

### 3.3 VBScript について

VisualBasic が原型となっている Script で、命令とデータを別々では無く、まとめて処理する。HTA 同様 Windows のみで使用することができ、Windows 環境でも他のブラウザでは使用できない。ファイル操作についての制限が厳しいため、テキストファイル以外のファイルはほとんどが操作することができない。しかし、OS が Windows7, WindowsXP, Vista であれば特に何もインストールする必要がなく利用することができる利点がある。(渡邊 [6] 参照)

## 4 実験計画法について

### 4.1 実験計画法

実験計画法とは、実験して求めた結果とそれに影響を与える因子の関係を調べる統計的方法である。因子が 2 つ以上ある場合、交互作用が発生する。実験計画法の利点は少ない実験回数で因子と交互作用の影響を見ることができることである。紙飛行機やペットボトルロケットなどコストがかからず何回も実験できるものなら実験の時間はかかるものはまだよいが、実社会には自動車など作成するのに多大な時間とコストを必要とするものは少しでも実験回数を減らすことで大幅に手間とコストを削減することができるので非常に重宝する。反対に欠点としては交互作用が存在する場合、交絡が起こる可能性がある。交絡とは 2 つ以上の要因が連動して変化し、その内どの要因が結果に影響したかが判断できない状態になることをいう。このためターゲットとなる要因以外は条件を統制するなどの工夫が必要である。また取り上げる因子が 2 水準や 3 水準のみの問題ではなく、2 水準や 3 水準が混在しているものもある。実験計画法は、直交表の形式を決定した上で実験し、その結果を使って分散分析を行う。(永田 [4] 参照)

### 4.2 主効果と交互作用について

主効果とはその因子単体で及ぼす影響のこと、交互作用とは因子の水準の変化が他の因子の効果に対して影響を及ぼすことをいう。2 因子における実験で交互作用が存在する可能性がある場合には繰り返し実験する必要がある。ここでの繰り返しとは測定のみでの繰り返しではなく、水準設定も含めた実験自体の繰り返しを意味する。(永田 [4] 参照)

### 4.3 直交表

3 水準の直交表では任意の 2 列を取り上げた時に (1,1), (1,2), (1,3), (2,1), (2,2), (2,3), (3,1), (3,2), (3,3) がそれぞれ同数回ずつ出現する。3 水準の一部実施要因計画を直交表を用いて構成する上で、2 水準の直交表と異なることはそれぞれの列の自由度が 2 であること、交互作用が 2 列にまたがって表れることがあげられる。したがって、この場合交互作用の自由度が 4 になる。(山田 [3] 参照) どの直交表を使うかについては何水準でいくつの因子を扱いたいかで決める。3 水準系の場合、直交表の形式としては  $L_9, L_{27}, L_{81}$  などがあり、さらに繰り返しありの場合と無しの場合がある。L の後ろにある数字は実験の回数を表しており、直交表の行の数になる。繰り返しがある場合、実験回数と行の数は繰り返しの数の倍になる。直交表の中で交互作用の影響を考える事ができるが、選ぶ因子によっては交絡のせいで交互作用を選べなくなることがある。つまり、どの因子を使い、どの交互作用の

影響を見るかを考える必要がある。しかし直交表には混合系と言う交互作用が別の列に現れない特殊な形もある。タグチメソッドでよく使用される  $L_{18}$  直交表はその代表例である。混合系の交互作用は1つの列だけでなく、他の列にも交互作用が現れるため線点図を書くことができない。混合系の直交表は交互作用が主効果に与える影響が少ないと考えられるとき主効果のみの影響を調べる場合に用いる。表1は  $L_9$  直交表である。表中の数字1,2,3はその列の水準の番号を表す。直交表の列の交互作用がどこに現れるか決まっており、それを考えてどの列のどの因子を割りつけるかを決める必要がある。この判断するために線点図を利用する。線点図には複数の種類があるため、必要に応じて選ぶ必要がある。次に実際に  $L_{27}$  に使う線点図の例を出して説明を行う。(永田 [4] 参照)

表1  $L_9$ 直交表

$L_9$	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

#### 4.4 線点図の例

$L_{27}$  の主な線点図は図1、図2の2つがあり、図1は1列目、2列目、5列目、9列目、10列目、12列目、13列目に因子を割りつけている。この場合3,4列目が1列目と2列目の交互作用、6,7列目が1列目と5列目の交互作用、8,11列目が2列目と5列目の交互作用である。図2では1列目、2列目、5列目、8列目、11列目に因子を割りつけている。この場合3,4列目が1列目と2列目の交互作用、6,7列目が1列目と5列目の交互作用、9,10列目が1列目と8列目の交互作用、12,13列目が1列目と11列目の交互作用である。因子が割りつけられている列も交互作用が割りつけられている列も誤差の列として扱うこともできる。図1と図2を比較すると因子が割りつけられる列が違うことが分かる。それにより交互作用の列も変わってくる事が分かる。どの線点図を使うかはどことどの交互作用を見たいかで決める。例えば、因子A,B,C,D,Eとあったとき、交互作用を考えなくても良い因子が存在するなら図1、要因Aとの間以外の交互作用を考えなくても良いなら図2を使う。全ての点と線に因子と交互作用を割りつけてしまった場合、誤差の自由度が0となり誤差を割りつける列が用意できなくなってしまうので繰り返しを行わないといけない。つまり  $L_9$  の場合、交互作用を見るならば、全ての因子を使う必要があるので必ず繰り返しを行う必要があることが分かる。

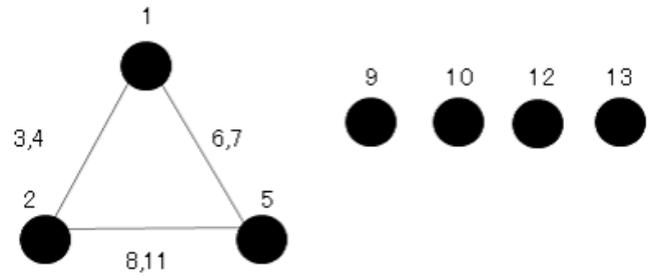


図1  $L_{27}$  線点図1

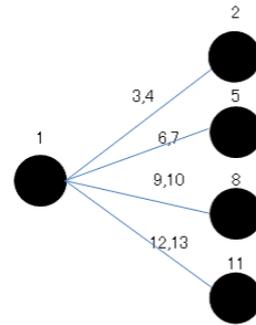


図2  $L_{27}$  線点図2

#### 4.5 要因効果図について

要因効果図とは図3のように因子や条件ごとに計算した値を折れ線グラフにしたものでどの因子のどの水準が大きく効いているかを目で確認できるものである。これにより分散分析の結果を数字ではなく、折れ線グラフで確認することができる。

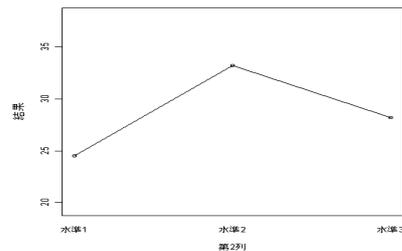


図3 要因効果図

## 5 作成したソフトウェア

3水準系の実験計画法のソフトウェアについて実際に使用し、流れに沿って説明をする。

### 5.1 実験内容

今回はラジコンのレーシングシミュレーションソフト(かわにし [1] 参照)でどの因子や交互作用が影響してより速くコースを回れるようになるか調査した。

## 5.2 線点図の選択

はじめに本体を起動し、使用したい線点図をクリックする。クリックするとその線点図と対応した実験計画法の画面に移動することができる。今回の実験では  $L_{27}$  直交表の左側の線点図を用いる。

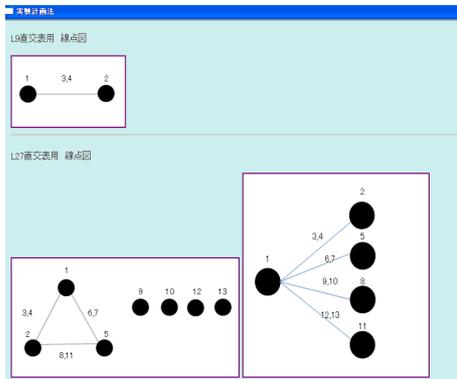


図 4 線点図を決める画面

## 5.3 実験の設定

図 5 の入力画面で因子名や水準に値を入力して実験の方法の設定を行うことができる。「使わない」の項目にチェックを入れるとチェックした因子を使わないこともできる。今回の実験は「車体重量」、「タイヤグリップ」、「ギア比」、「回転部分の相当重量」の 4 つの因子を変更してより速くなる組み合わせを考える。水準はそれぞれ「1.0kg, 1.5kg, 2.0kg」、「1.2G, 1.6G, 2.0G」、「3対, 4対, 5対」、「0.2kg, 0.225kg, 0.25kg」とする。(シミュレータの他の因子に乱数を用い、繰り返し実験が可能にした。今回は実験は繰り返しを 2 回行った。) 実験の内容を入力し終わったら「実験の方法」をクリックすると実験方法が表示されるようになる。



図 5 実験の設定

## 5.4 実験

「実験方法」をクリックすると図 6 のように自動でそれぞれの因子の条件が表示される。表示された実験方法のとおりに実験をしてその実験結果を入力する。実験結果の入力が全て済んだら「分散分析実行」をクリックする。これをクリックすると分散分析をし、各因子の主効果と交互作用を計算し、要因効果図を作成する。

実験方法	車体重量	回転部分の相当重量	ギア比	タイヤグリップ	1回目	2回目
L1kg	0.200kg	0.200kg	1.2G	0.2kg	15.695	15.762
L1kg	0.200kg	0.200kg	1.6G	0.2kg	14.504	14.469
L1kg	0.200kg	0.200kg	2.0G	0.2kg	15.440	15.548
L1kg	0.225kg	0.200kg	1.2G	0.2kg	14.927	14.838
L1kg	0.225kg	0.200kg	1.6G	0.2kg	15.576	15.421
L1kg	0.225kg	0.200kg	2.0G	0.2kg	17.069	17.283
L1kg	0.250kg	0.200kg	1.2G	0.2kg	17.049	17.264
L1kg	0.250kg	0.200kg	1.6G	0.2kg	16.799	16.847

図 6 結果の入力

「結果をみる」のボタンを押した場合、図 7 のような結果の出力画面に移動し結果が既に表示されている。下にスクロールをすると図 8 のような要因効果図が各因子全て表示されている。

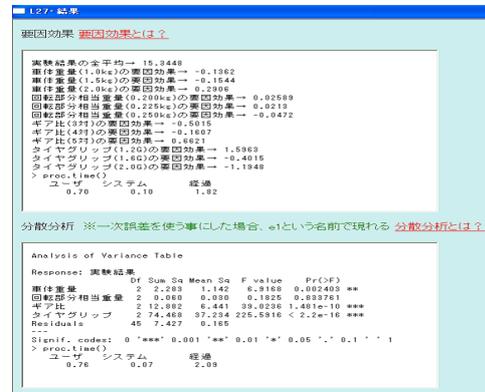


図 7 実験結果

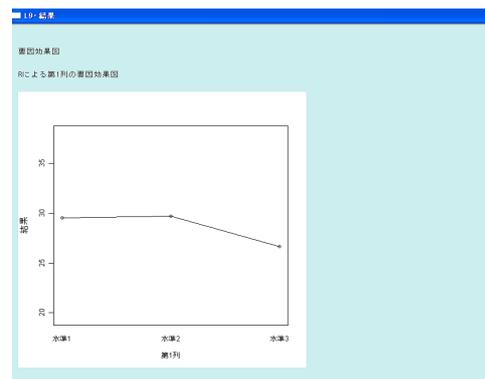


図 8 要因効果図の表示画面

この結果から「タイヤグリップ」と「ギア比」が主効果単体で良く効いていることが分かる。「回転部分の相当重量」は唯一棄却されず主効果単体ではあまり効いていないことが分かる。これにより今度は棄却されなかった「回転部分の相当重量」と棄却はされたものの他の因子よりも効いていない「車体重量」の交互作用も考えてもう一度解析してみる。

結果のシートで「戻る」をクリックすると図5の入力画面に戻ることができる。またここで「値を入れ直す」をクリックすると実験の方法と結果はそのまま交互作用だけを変えて実験することができる。

### 5.5 交互作用を加えた解析

前の実験のページに戻り、第3,4の列を交互作用に使用もう一度解析を行った。結果は図9,10のようになった。

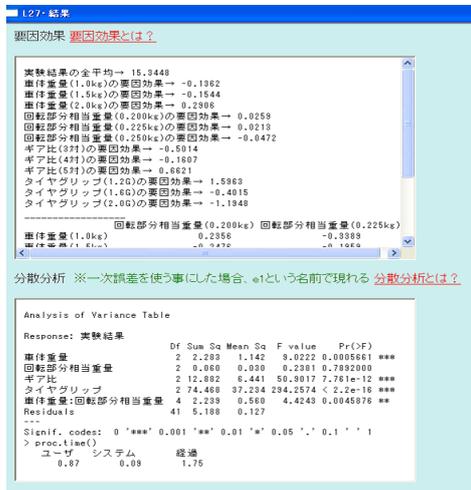


図9 実験結果

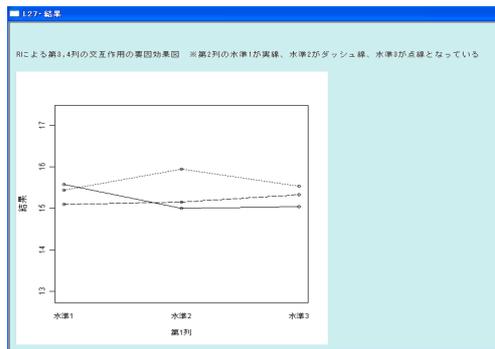


図10 交互作用の要因効果図

この結果から「車体重量」と「回転部分の相当重量」の交互作用が存在し、一番結果が良いものを選び、「タイヤグリップ」と「ギア比」は主効果単体で一番結果が良いものを選ぶべきだと判断できる。この結果からより速くなるように因子を選ぶとギア比が3、タイヤグリップが2、車体重量と回転部分相当重量の組み合わせがそれぞれ1.0と0.225を選ぶのが最適になった。それぞれの要因効果は実験結果の全平均が15.3448、ギア比の要因効果が-0.6067、タイヤグリップの要因効果が-1.1948、車体重量と回転部分相当重量の組み合わせによる要因効果が-0.3389となった。この結果から計算すると15.3448 - 0.6067 - 1.1948 - 0.3389=13.2043 となり、だいたい13.2秒で回れる計算になった。やはりコースにカーブが多いので軽くグリップ力のあるラジコンのが回りやすかったのではないかと考えられる。実際にラジコンのレーシングシ

ミュレーションソフト(かわにし [1] 参照)にこの値を入力して確認実験を行ったところ、13.03となったのでだいたい近い数字となった。

## 6 その他の機能

### 6.1 $L_{18}$ 直交表の実験計画法

タグチメソッドでよく使われる  $L_{18}$  直交表の実験計画法を用意した。これは因子を絞るためにも使われる。ここでは繰り返しや交互作用は考えず、一般的に交絡が1番多いと言われている第2列を因子の割り付けから除いてある。(立林・吉野 [3] 参照) 交互作用が特定の列に現れないので線点図は用意できない。

### 6.2 用語の説明

赤い文字をクリックするとその用語についての説明が表示される。今回のプログラムでは過去の研究での用語の説明をそのまま利用させてもらっている。(佐野 [2] 参照)

### 6.3 パスの変更

これを使用することでRのバージョンを特定し、この実験計画法のソフトウェアを使用するための作業を容易にできるようにした。初めてこのソフトを利用する場合は最初に一回だけ動かす必要がある。これも過去の研究の仕様をそのまま利用している。(佐野 [2] 参照)

### 6.4 前回の結果の表示

入力画面で「前回の結果を見る」をクリックすると前回の分散分析の結果が表示される。

### 6.5 ヘルプの作成

このソフトウェアを使うのに役立つようにヘルプを作成した。このヘルプを見ればこのソフトウェアの一連の流れが分かるようになっている。

## 7 おわりに

本研究では、3水準系の実験計画法のソフトウェアを作成することができた。今後の課題としてはより学生たちが使いやすいソフトウェアにするために、このソフトウェアを実際に他の学生たちに使用してもらうことで問題点を見つけて改善して行きたい。

## 参考文献

- [1] かわにし：お気楽 RC!, <http://homepage3.nifty.com/kawnish/>,2004.
- [2] 佐野正明：実験計画法のためのフリーソフトウェアの研究, 南山大学数理情報研究科修士論文,2008.
- [3] 立林和夫, 吉野睦： $L_{18}$  直交表の交互作用の交絡の可視化, 日科技連 SQC 実践研究会,2009.
- [4] 永田靖：入門実験計画法, 日科技連,2000.
- [5] 山田透：実験計画法-方法偏-, 日科技連,2004.
- [6] 渡邊希久子：HTML & スタイルシート, ソーテック社,2003.