

タグチメソッドにおける二段階設計の研究

2009SE161 松月 強

指導教員：松田 眞一

1 はじめに

私は就職活動を通して、製品が作られる際に多くの統計的方法が用いられていることが分かった。その中でも製品を設計段階から作りこむ品質工学、タグチメソッドに興味を持ちタグチメソッドで世界的に評価を受けている二段階設計、SN比について研究したいと思ったことがきっかけである。この研究では実際にタグチメソッドを運用でき二段階設計、SN比について理解し応用できる実力をつけることを目標とした。また、タグチメソッドを運用するにあたってその流れに問題点や改善点がないか考察する。

2 タグチメソッドとは

田口氏が作った品質問題を未然に防止し、開発効率を上げるための手法である。この方法をロバスト設計と言い、製品性能に問題を発生させているノイズに着目しロバストな製品を設計することが重要である。ばらつきを軽減させてから目標値に合わせる方法である。これを二段階設計と言い、このタグチメソッドで一番評価されている部分である。そしてこの二段階設計のロバスの部分を数値化したものがSN比である。実際にシミュレーターを用いて取ったデータをもとに、タグチメソッドについて説明していく。(立林[1]参照)

3 データを扱うシミュレータについて

今回データを扱うにあたってラジコンカーシミュレータ(かわにし[4]参照)を用いた。このシミュレータはコース1周回のLAPタイムを19種類のパラメータ設定することにより計算するというものである。パラメータを変更し実際に実験を行った。タグチメソッドの設計手順に沿って解析を行っていく。

また実験を行うにあたって課題が必要である。今回はこのような課題を設定した。

設計課題

ラジコンカーシミュレーターで1周のLAPタイムのばらつきの少ないものを設計せよ。ただし、車体重量を誤差因子として用意する。

4 ロバスト設計

4.1 入出力と理想機能

ラジコンカーシミュレーターでは速度を変えるものが入力、速度が出力と考えることができる。よってモータートルク性能の2つのパラメータを統合し馬力として入力とする。また理想機能はモーターの性能が上がれば速度は上がると考えることができるのでモーターの性能に対してLAPタイムはさがるので右下がりの関係の一次式になる。

4.2 ロバストネス評価条件から実験まで

ここではノイズについて説明する。車体重量を誤差因子とする。また内乱、外乱として4つのパラメータを用意しランダムにばらつかせた。

次に実際に実験を行う制御因子について決定する。制御因子はそれぞれ水準を決定しデータを効率的に得るために実験計画法 L_{18} 直交表で実験を行う。これは実験の場に誤差が生じる場合に因子の効果を統計的にかつ少数のサンプルで得ることができるためである。 L_{18} 直交表では三水準の因子が7つ割り付けられるがB列を減らすことで精度があがるため二水準の因子を1つ、三水準の因子を6つ用意した。(吉野・立林[3]参照)

表1 ラジコンカーシミュレーター制御因子と水準

	水準		
	1	2	3
A:ギア効率	0.85	1	-
C:タイヤのグリップ	1.1	1.3	1.5
D:ブレーキ時制動輪荷重	0.4	0.5	0.6
E:ギア比	4.5	5.0	5.5
F:前輪荷重	0.4	0.5	0.6
G:制動輪ダウンフォース係数	0.69	0.84	0.99
H:前輪ダウンフォース係数	0.041	0.046	0.051

4.3 SN比と感度

L_{18} 直交表で得たデータを用いてSN比を導出していく。ここでSN比とは、入出力の関係がどの程度ノイズに対して強いのかを数値化し表したもので、感度とは入力と出力の傾きを表すものである。SN比には大きく分けて静特性と動特性があり、特性によって導出方法が違う。簡単に説明すると二乗和の分解し信号の大きさ、誤差の大きさを導出し、比を求めていくということである。今回の課題は動特性であり一次式が理想機能であるためそれに沿って導出していく。また導出したSN比、感度の水準平均を出し要因効果図にまとめる。要因効果図を出すことによって因子の効果を一目で確認することができる。(立林[1]参照)

5 二段階設計

まず一段階目はロバストネスを最大にする設計を行うことである。要因効果図で一番SN比の水準の高いものを選んで最適条件を選び推定を行った。SN比はFが第一水準、A、D、Gが第二水準、C、E、Hが第三水準で最大であったのでこちらを用いる。SN比について L_{18} 直交表で最大であるものよりよい推定値が出ている。これによって第一段階のばらつきを軽減した設計は行えていると言え

る。推定結果を表 2, 3 に示す。(立林 [1] 参照)

表 2 最適条件でのタイム推定値

	M_1	M_2	M_3
N_1	16.483	15.507	14.778
N_2	16.571	15.608	14.880

表 3 最適条件での推定結果

SN 比	9.3364
感度	-11.6064

6 目標値を満たす設計

ロバスト設計の二段階目は目標値に合わせることである。今回は LAP タイムを設定していない。しかしここで M_2 のとき 16.0 秒と LAP タイムを目標値として設定する。SN 比を変えずに感度を動かすことのできる因子を調整し目標値に合わせる。H:前輪ダウンフォース係数が条件を満たすので水準を変更し推定を行った。

表 4 因子 H 変更後のタイム推定値

	M_1	M_2	M_3
N_1	16.943	15.816	14.902
N_2	17.156	16.059	15.021

表 5 因子 H 変更後の推定結果

SN 比	8.8462
感度	-10.9946

H:前輪ダウンフォース係数の水準を変更したことにより、信号因子 M_2 を使っているときの数値を目標値に近づけることができた。SN 比の推定値も最適条件の推定値と比べて大きく変わっておらず感度を変えることによって目標値へのアプローチができていけると言える。このようにタグチメソッドではばらつきから軽減させて最後に目標値に合わせることでより強い品質の製品を送り出せることがわかる。

しかし今回は SN 比を変えず感度に効果のある因子は見つからなかった。これは二段階設計の弱点であると言える。このような場合には因子を変更し再度実験を行う必要が出てくる場合もあるので注意が必要である。

7 確認実験と再現性

再現性を確かめるために確認実験を行う。タグチメソッドでは $\pm 3\text{db}$ であれば再現性があるとされている。確認実験ではまず比較するために参照条件を用意する。今回は第二水準を取ったものを参照条件とし実験を行う。最適条件として選んだ水準の組み合わせの SN 比, 感度を推定する。同様に参照条件についても推定する。実際に参照条件, 最適条件で実験を行ったものと比べたものを表 6 に示す。こ

れにより SN 比は -1.935db , 感度は -0.7226db の差であるため、十分に再現性があると言える。しかし今回はシミュレーションでの確認である。よって実機を使った場合に今回用いたランダムな効果以外の誤差が増え感度, SN 比ともに上下する可能性がある。(立林 [1], 矢野 [2] 参照)

表 6 確認実験の結果

	SN 比		感度	
	推定値	実測値	推定値	実測値
最適条件	9.3364	7.6291	-11.6064	-12.4384
参照条件	1.8309	2.0586	-20.2689	-20.3783
利得	7.5055	5.5705	8.6625	7.9399

8 まとめ

実験の結果から今回は SN 比, 感度ともによい値が出たと言える。最適条件の SN 比は L_{18} 直交表での実験で最大であった No.17 番の値より約 2.5db あがっているため設計でのばらつきを減らすことができたと言える。最適条件と SN 比をあまり動かさずに感度を動かす因子を用いた二段階設計もうまくいき、あとから与えられた目標値に対してもその目標値を満たすことができた。また再現性に関しては予想の値に近いほど再現性が高いと言われるため, SN 比, 感度どちらも優秀な値が出たと言える。これはシミュレーション上ではあるが選んだ因子, 水準の精度が高いことも同時に言える。

9 おわりに

今回の実験を通して、タグチメソッドの理解が深まりそしてこの方法が評価されている理由も理解することができた。しかし、この方法があまり普及していないのは因子や水準の決定、普段の方法とは違うやり方での設計となること等が上げられると考えられる。実際にシミュレータを用いてデータを取る際に一番苦労したのは、ロバストに対して効果のありそうな因子を探すことと、因子を決めたうえで水準を決定することであった。そのためには水準を簡単に設けることのできる統計的方法やデータの取り方のアプローチの仕方など改善することにより、より効率的な実験がおこなわれるのではないかと考える。また、SN 比と感度についてよい結果が出なかった場合の方法を考えることが必要で、SN 比, 感度の関係について研究していくことも今後の課題であると言える。

参考文献

- [1] 立林 和夫: 『タグチメソッド入門』, 日経文庫, 2009.
- [2] 矢野 宏: 『品質工学計算法入門』, 日本規格協会, 1998.
- [3] 吉野 睦, 立林 和夫: 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, 2011.
- [4] かわにし: お気楽 RC!, <http://homepage3.nifty.com/kawnish/>, 2004.