ロバストデザイン教育教材の開発検討(2)

山口 信次

高知工科大学工学部

〒 782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185
E-mail:yamaguchi.shinji@kochi-tech.ac.jp

要約:高知工科大学工学部知能機械システム工学科1年後期のセミナー1(少人数教育)において、学生に品質工学を理解させ、普及させるために教材の検討などを実施してきた。今回は前報告に引き続き検討した内容について紹介する。具体的にはブーメラン、スターリングクーラ模擬冷蔵庫、経営5カ年計画の立案検討の3事例である。今後も、新しいロバストテーマについて教育教材の開発検討を行っていく。

1. はじめに

2003年から知能機械システム工学科の1年生の3, 4Qにセミナー1の一部を担当し、この中で、ロバストデザイン(品質工学)の教育を行っている。この教育では判りやすい教材を開発する必要があり、教材検討を進めてきた。

前報告[(1)(3)]に引き続き検討した教材事例内容を紹介する。これらは学生に品質工学を理解させ、普及させることにより、就職後企業において、新しい製品開発やビジネスモデル開発にこの手法を利用してもらいたいと考えている。

今回は、セミナーで実施したブーメランの飛行の事例、基礎実験で疑問と考えたスターリングクーラを使った模擬冷蔵庫の冷却特性の事例、企業の新規5カ年計画立案シミュレーションで資本金を信号因子と考えた事例検討について紹介する。

2. ロバストデザインとは

ロバストデザインは自動車殿堂入りされた田口玄一先生が開発された手法であり、タグチメソドとも呼ばれている汎用技術である。現在日本の多くのメーカがこの手法を活用し、新製品の最適化設計を実施し、機能性アップと品質アップによるコスト削減効果を上げている。ロバストデザインでは静特性、動特性、機能窓、MT(マハラノビス・タグチ)システムなどがあり、現在も進化している。多く使われるのが、動特性による機能性評価であり、2段階設計法である。

3. 事例1:ブーメランの滞空時間、飛行距離の最大化検討

3.1 検討にあたって

ここではセミナー1の4Qにおいて、紙で数枚羽根のブーメランを作成し、体育館で飛ばし、滞空時間と到達距離を測定し、ロバストデザイン計算を行ってみた。(図1参照)今回学生の実施の時に自分でも作って体験をしてみた。そのデータを紹介する。

図1 ブーメランの製作(セミナー室)

3.2 ブーメランのロバストデザイン

(1) ブーメランの基本機能

ブーメランは手による回転運動により、直進に加えて、上下の揚力差から回転と同時に倒れながら、曲がる方向の力が働く。そこで、投げる方向の推進力と合わせて、楕円に近い動きをして元の位置に戻ってくる。図2に製作したブーメランを示す。

回転エネルギと直進エネルギの両方のかねあいがあるが、投げる力により滞空時間、または飛距離が決まると考えて、基本機能を考える。

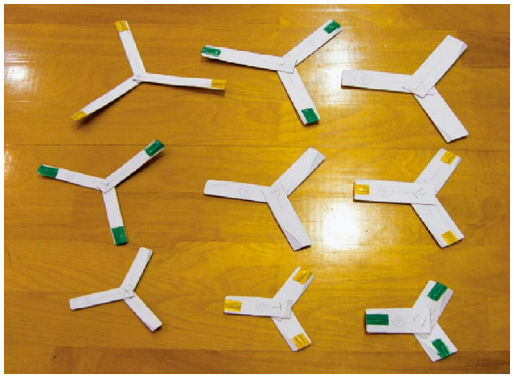


図2　3枚羽の自作ブーメランの外観

滞空時間Yは Y＝β＊Xと考えられる。
ここでXが投げる力で、βは傾き(比例定数)である。力で滞空時間を増すことになる。(表9基本機能参照)

(1.1)信号因子:ブーメランを投げる力で、M1は腕の肘から投げる。M2は腕全部で投げる。M3は体全体で投げる。本来は力を測定し、その数値にあわせた方が良いがここは簡便に1，2，3とする。(表9信号因子)

(1.2)誤差因子:適切な因子が無かったので、体育館で2回投げてその値を取る。(表9誤差因子参照)

(1.3)制御因子:選んだ因子を表9に示す。
今回は、長方形の3枚羽を基本形とした。

図3にブーメランを飛ばす体育館を示す。

図3　体育館で飛ばす風景

(1.4)L9直交表を表9に示す。

(2)ロバスト実験結果(滞空時間)

ブーメランの実験結果を表1、図4に示す。
ブーメランの滞空時間の実測値は力に対して、少しばらついていることが判る。

表1　実験結果(滞空時間(s)

	M1	M2	M3
NO	1	2	3
11	1.43	1.78	1.97
21	1.5	1.94	1.69
31	1.19	1.62	1.69
41	1.69	2	2.54
51	1.57	1.75	2.53
61	1.78	2.5	2.88
71	1.69	2.18	2.56
81	2.57	2.5	3
91	2.09	3.13	3.94
12	1.38	1.25	2.25
22	1.53	1.97	1.91
32	1.28	1.29	1.56
42	1.88	2.09	2.4
52	1.65	1.81	2.06
62	1.65	2.43	2.87
72	1.5	2.37	2.72
82	2.91	3.19	4.59
92	2.13	2.53	3.72

上記のデータにより、SN比と感度を求める。

(2.1)SN比
表9にSN比を示す。
SN比最大の因子組み合わせは A3B3C2D1 である

(2.2)感度
表9に感度を示す。
感度最大の滞空時間の長い因子組み合わせは A3B3C1D1 となる。
SN比、感度の最大の因子はCのみが少し違うことである。(表9参照)
今回はSN比を考えつつ滞空時間を大きくする感度主体で考えてみる。羽長さ大、羽幅大、羽端曲げ小、羽の重り無しとなる。

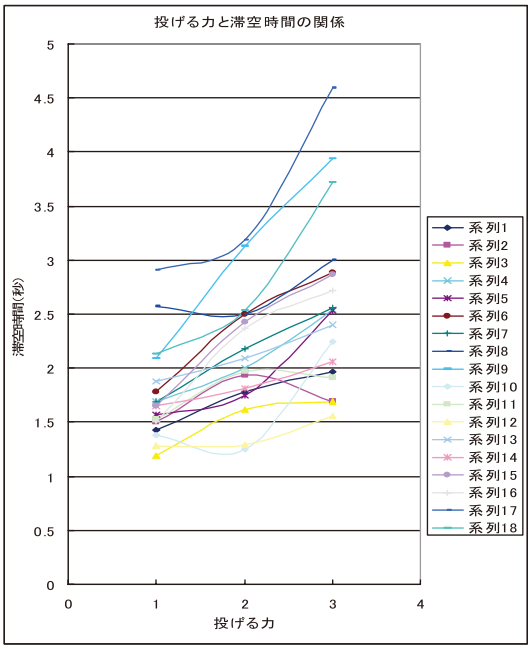


図4　ブーメランの滞空時間の実測データ

3.3 ブーメラン・ロバストの評価

滞空時間に関しての因子について考察する。

(1)御因子 A:羽根長さが長いほど、回転の遠心力が働き、姿勢が安定する。また、長いほど腕の力をブーメランに伝えやすい。SN比も感度も同じ傾向である。

(2)制御因子 B:羽幅は大きい方が回転の揚力を発生させるのに良さそうである。SN比は交互作用があり、感度は効き方が非常に少ないことが判る。

(3)制御因子 C:羽端曲げは小さい方がよい。曲げはバラツキのSN比はほとんどきかない。感度は曲げが少ない方がよい。これはブーメランの回転に影響しており、直接的効果は少なく、曲げすぎると、回転が強くなりすぎると考えられる。

(4)制御因子 D:羽根端の重りはない方がバラツキが少ない。感度も無い方がほんのわずかに効果がある。これは重りの大きさがクリップであり、重さの変化が少なく影響が余り現れなかったように感じられる。

3.4 滞空時間の考察

ブーメランの結果はほぼ納得いくようなものであったが、学生が作ったブーメランはかなり良く飛んでいるものもあり、彼らの智恵を見習うことも必要ありそうである。

例えば、サイズによっては逆の特性がでる場合があった。

3.5 到達距離ロバスト検討

ここでは参考までに、ブーメランの到達距離結果も検討してみる。表2に示す。これをグラフに表し図5に示す。

ブーメランの到達距離の実測値は力に対して、少しばらついていることが判る。

上記のデータにより、SN比と感度を求める。

(1)SN比

表9にSN比を示す。

SN比最大の因子組み合わせは A1B1C2D1 である。

(2)感度

表9に感度を示す。

感度最大の到達距離の長い因子組み合わせは A1B3C1D3 となる。(表9参照)

SN比、感度の最大の因子はBCDが違うことである。

今回はSN比を考えつつ到達距離を大きくする感度主体で考えてみる。羽長さ小、羽幅大、羽端曲げ小、羽の重り大となる。

3.6 到達距離ロバストの評価

到達距離に関しての因子について考察する。この結果は交互作用が多く、バラツキの多い結果となっている。これは、ブーメランの力による飛距離は基本的に楕円軌道を描くと考えると、飛距離で評価するのは妥当では無いと考えられる。力の1成分のみを評価していることになると考えられる。

表2 実験結果(到達距離(m)

	M1	M2	M3
NO	1	2	3
11	3.5	2.5	7
21	5	4.5	7
31	5.5	4.5	7
41	4	5	4.5
51	2.5	2.5	2
61	5.5	9	7
71	4	4.5	5
81	4	5.5	5
91	2.5	2.5	3.5
12	3.5	6.5	6
22	4	3.5	4.5
32	5	6	5.5
42	4	4.5	5
52	2.5	2	2.5
62	5	5	5.5
72	4	4.5	4.5
82	4.5	8	15
92	2.5	4	3.5

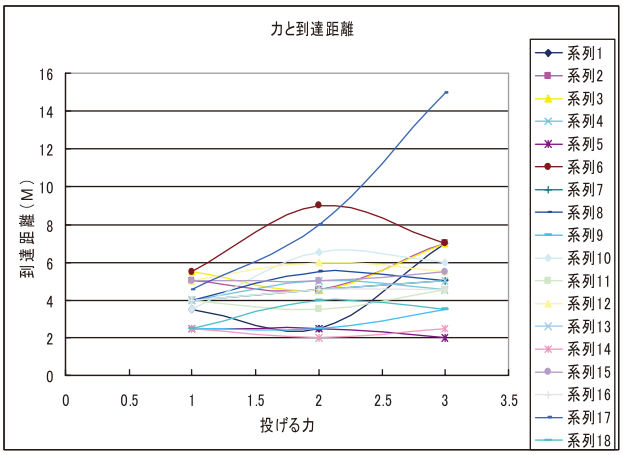


図5 ブーメランの到達距離の実測データ

4. 事例2:スターリング・クーラを使った模擬冷蔵庫の冷却特性の最速化検討

4.1 検討に当たって

スターリングクーラと魚箱を用いた簡易冷蔵庫で、学生に熱伝達の実験を体験させている。この中で、条件を5種類変えて、冷却速度の変化を実験している。ここで、これらの実験レポートの中で条件の違いによる考察がまちまちなことがある。そこで、自らロバストデザインを用い、条件を振って、負荷の冷却スピードを測定し、どの因子が効果があるかを検討してみることとした。

実験装置を図6に示す。スターリングクーラはツインバード工業株式会社製40Wを使用し、魚箱は発泡スチロール製で縦48cm、横30cm、深さ16cmである。アルミフィンは小235gr、中320gr、大430grである。ファンは

コンピュータ冷却用の小型プロペラファンで、電圧を変える。被冷却物は水を入れたジャムの容器で250grである。

図7は条件1のフィン、ファン、冷却物、温度計の配置を示す。

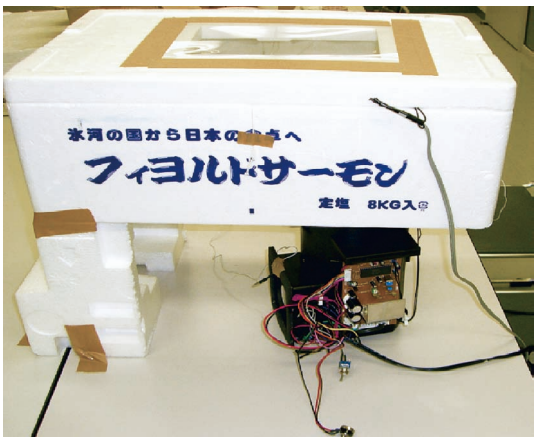


図6　魚箱冷蔵庫とスターリングクーラ

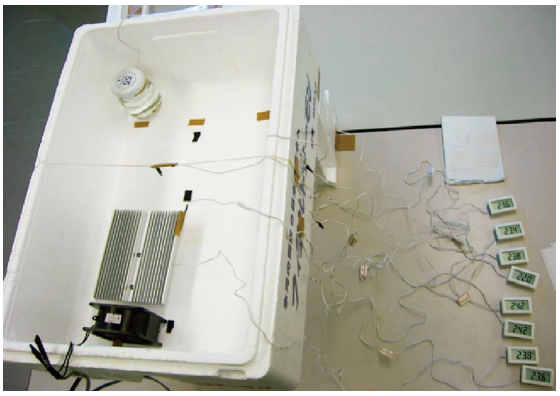


図7　条件1のフィン、ファン、冷却物、温度計の配置

4.2　冷却特性のロバストデザイン

(1)動特性による基本機能

ここでは簡易実験として、L9 直交表による制御因子を4種類、信号因子は冷却時間推移とし、当初の被冷却物の温度がどれだけ早く下がるか、また冷蔵庫内、中央部の温度がどれだけ早く下がるかの2種類について、0点比例式の動特性ロバストデザインを行ってみる。誤差因子は、今回は2種類はおこなわず、同一データを使用した。実際は測定開始時の部屋の温度や内容物の温度などの誤差があり、若干ずれている。

基本機能は表9に示すように、スターリングクーラにスイッチを入れてからの経過時間を取った。ここで、スラーリングクーラはスイッチを入れてからピストンの振動が安定するまで、5分おいて、その後ボリュームを徐々に上げて、最大出力とする。ここで最大の冷却能力が発生する。

(1.1)信号因子

表9に信号因子を示す。信号因子は経過時間全部を取るのが良いが、ここでは簡易的に10，20，25分の3点を信号因子としてとる。

(1.2)制御因子

表9に制御因子データを示す。

ここで、温度は下がってゆくので、温度差とし、0点比例に近くなるようにする。

(2)ロバスト冷却実験結果(被冷却物)

被冷却物温度差測定データを表3、図8に示す。

表3　測定被冷却物温度差データ(degC)

NO./分	0	2.5	5	7.5	10	15	20	25
1	0	-0.4	-0.6	0.2	2.4	5.6	7.6	8.8
2	0	-0.8	-1	-1	0.6	4.2	6.4	7.8
3	0	-0.8	-1.4	-1	0.8	4.2	6.4	8
4	0	1	1	1	2.4	5.2	6.8	8.4
5	0	-0.4	-0.8	-0.6	1.2	4.2	6.6	8.4
6	0	-0.2	-0.6	0.4	2.6	6.2	8.4	10
7	0	0	-0.2	0	1.4	4.2	6.6	8.2
8	0	0	0	1	3.4	7.2	9.6	11.6
9	0	-0.8	-1.4	-0.8	1.6	6	8.8	11.2

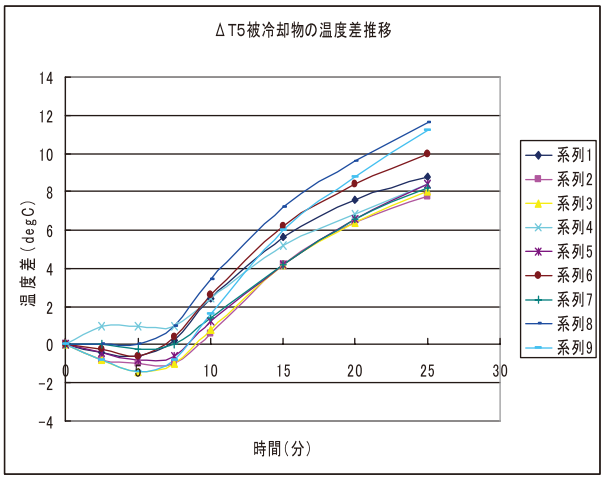


図8　被冷却物測定温度差のグラフ表示

このデータの10．20，25分のデータを用いて、投入データとする。

これにより、計算したSN比と感度を表 9、と表4に示す。被冷却物温度差の最適条件と初期条件の比較結果を表9に示す。

表4　被冷却物温度差SN比、感度の補助表（単位：db）

	SN比	感度
A−1	−11.78	−10.13
A−2	−8.23	−9.28
A−3	−9.48	−8.17
B−1	−7.81	−9.63
B−2	−10.56	−9.20
B−3	−11.13	−8.74
C−1	−6.41	−7.98
C−2	−10.63	−9.33
C−3	−12.45	−10.26
D−1	−10.55	−8.92
D−2	−11.03	−9.66
D−3	−7.91	−9.00

(3)ロバスト冷却実験評価（被冷却物）

(3.1)SN比検討

SN比最大は A2B1C1D1 となっている。冷却速度のバラツキを表すSN比はフィンは中、ファン速度は小、ファン位置は左、負荷位置は右、となっている。フィンは冷蔵庫容量に対して少し大きすぎるので、中くらいがばらつかないということであろうか。ファンの速度は小さい方が、冷蔵庫容量に対して適切ということであろうか。ファン位置は左でフィンの位置と近く、同じ流れ方向であり、良いということであろう。また、こちらはフィンに対して押し込み風となっている。冷却負荷位置は右で風やフィンから遠い方がばらつかないという結果になっている。

(3.2)感度検討

感度最大は A3B3C1D1 となっている。

これはNO.9の A3B3C2D1 に近いデータとなっている。具体的な被冷却物の冷却速度である感度は、フィンが大で、ファン速度も大である方がよい。また、ファン位置はフィンに近く風速が早く、押し込み風になっていることにより、強制対流熱伝達率が上がっていると思われる。負荷位置は左で、フィンに近く、フィンの風を直接受ける位置にあることが判る。

この結果を見ると、熱伝達としてはほぼ妥当のように思える結果である。

4.2 冷蔵庫中央空気温度の冷却速度のロバスト検討

次に、冷蔵庫内の中央部の空気温度の変化の冷却速度（表5，図9）について同様に計算してみる。

このデータの10．20，25分のデータを用いて、投入データとする。

これにより、計算したSN比と感度を表9、表6に示す。

空気温度差の最適条件と初期条件の比較計算結果を表9に示す。

表5　冷蔵庫中央空気温度差のデータ(degC)

NO./分	0	2.5	5	7.5	10	15	20	25
1	0	0.2	0.2	1.4	6	12.8	16.2	17.6
2	0	-0.2	-0.4	-0.2	2.2	7.6	10.8	12.6
3	0	-0.2	-0.8	0	2.6	7.6	10.6	12.4
4	0	0.6	0.6	0.8	2.8	7.4	10.2	12.2
5	0	1.8	1.4	1.8	5.2	10	13.2	15.2
6	0	0.6	0.2	1.4	5.2	11.4	15	17.2
7	0	0.8	0.8	1	3.2	8	11.6	13.8
8	0	0.4	0.4	1.8	6.2	12.6	16.8	19.6
9	0	0.2	-0.4	0.2	3.8	9.6	13.2	15.8

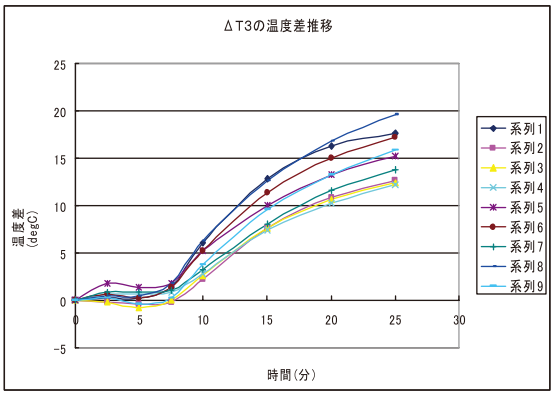


図9　冷蔵庫中央空気温度差の変化データ

表6　空気温度差のSN比、感度の補助表（単位：db）

	SN比	感度
A−1	−8.98	−5.06
A−2	−5.66	−4.59
A−3	−7.05	−3.86
B−1	−7.71	−4.83
B−2	−6.02	−4.15
B−3	−7.96	−4.54
C−1	−4.98	−2.65
C−2	−9.56	−5.61
C−3	−7.14	−5.27
D−1	−5.44	−3.69
D−2	−8.61	−4.91
D−3	−7.64	−4.92

(1)SN比検討

SN比最大は A2B2C1D3 となっている。

これはNO.8の A3B2C1D3 に近いデータとなっている。冷却速度のバラツキを表すSN比はフィンは中、ファン速度は中、ファン位置は左、負荷位置は左、となっている。これは、冷却物温度とはファン速度、負荷位置が違っている。負荷位置が流れに対して近い方が風がぶつかり空気が均一になりやすいのかもしれない。また速度が少し早いほうが均一になるのかもしれない。

(2)感度検討

感度最大は A3B2C1D1 となっている。具体的な冷却速度である感度は、フィンが大で、ファン速度は中である方がよい。また、ファン位置はフィンに近く風速が早く、

押し込み風になっていることにより、強制対流熱伝達率が上がっていると思われる。負荷位置は左で、フィンに近く、フィンの風を直接受ける位置にあることにより、風がバラツキ中央の空気温度が下がりやすいことが判る。これは被冷却物と比較するとファン速度のみが中と下がっており、ファンが低速になり、それでフィンの温度が下がり、また風の空気温度が下がり、空気が早く冷えるようになるのであろう。しかし、全体の冷却量は減っているのであろうと推測される。

この結果を見ると、熱伝達としてはほぼ妥当のように思える結果である。

4.3 冷蔵庫冷却速度の考察

模擬冷蔵庫の冷却特性をロバストデザインで評価することが可能となった。これらは実際の冷蔵庫などでも使うことは可能であろう。しかし、実際の冷蔵庫は構造が複雑であり、因子も多いので、冷蔵庫固有技術の蓄積が欠かせないと思われる。

5. 事例3:経営5カ年計画の立案への最適化検討(資本金を信号因子として)

5.1 背景及び目的

新会社を設立する場合には、投資計画、販売計画、生産計画、原価計画を行い、経理計算すなわち損益計算、貸借対照表、資金繰り表の計算を1回のフィージビティスタディ(今後FSと略す。)毎に行う。この計画計算は収益のリスクが厳しい場合は 100 回以上もパラメータを変えて、FSし、大変である。

そこで、前回[2]標準SN比を用いて、解析を行い、当て嵌めを行った。この際、再現実験結果が十分では無かった。そこで、前回ご指摘いただいた資本金を信号因子として、計算してみることとした。今回、誤差因子はなしとし、同じデータで代用することとした。すなわち、基本機能を投資額(投下資本)を入力にして、累積損益を出力とする考え方は、これは投下資本もその活用は1種のエネルギ変換と考え、累積損益に影響してくるので、信号因子としても考えられると思われる。

5.2 新会社設立のFSの検討事例

ここでは前回と同様にFSが良好でない仮のプロジェクトの事例について、動特性のロバストデザインを適用した。

この想定事例は製品の生産量が少ない割に、投資金額が大きいプロジェクトで、FSを成立させるには厳しい環境である状況を想定する。

5.3 基本機能及び因子の選定

ロバストデザインを適用するに当たり、対象プロジェクトの基本機能を考える。

(1)基本機能

入出力関係として入力として、投下資本金をとる、出力として、5年後の累積損益を考える。ここでL18直交表を適用してゆく。

出力(y)を累積損益など(y)とし、入力(M)を投下資本金(M)とし、入力(M)の資本金は収益をもたらす源泉を意味するので、入出力関係は y=f(M) のエネルギ変換と考えられる。

(2)信号因子

信号因子として、投下資本金をとり、1400,2000,2600をとる。

これは表9のように表される。

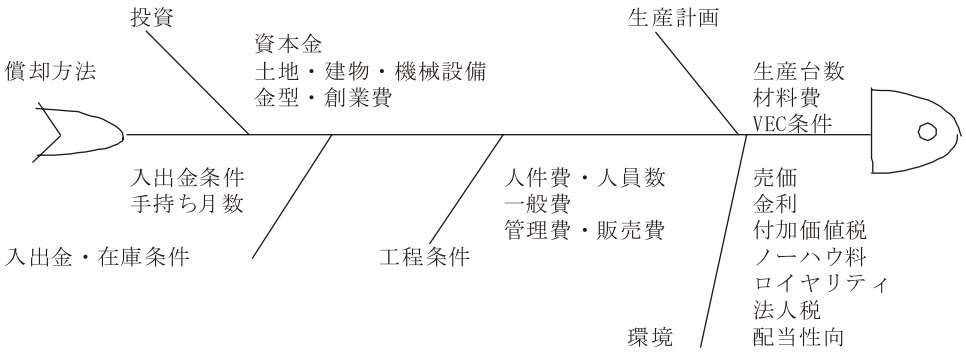
(3)制御因子

この累積損益などに影響を及ぼし、それを改善する因子としては、図10に示すように多くの因子が考えられる。

制御因子として、表9の投資、資本、売り上げ、材料、人件費などを取った。ここでは、会社の設立者が決められない現地金利も制御因子のひとつとして、考えて変動させた。表9に制御因子を示す。

(4)誤差因子

今回は誤差因子は考えないこととした。



10 経営に及ぼす因子の魚の骨

5.4　累積損益の計算

各実験の累積損益の結果を表7、図10に示す。

表7　資本金ごとの累積損益の計算結果

N0/M	1400	2000	2600
1	−1910	−1511	−1111
2	−14	508	1030
3	1595	2256	2914
4	−333	66	466
5	466	988	1509
6	−514	146	805
7	−473	49	571
8	597	1256	1916
9	1165	1565	1964
10	−576	83	743
11	−122	278	677
12	545	1067	1588
13	−234	286	808
14	−412	248	907
15	1371	1771	2171
16	518	1178	1837
17	901	1301	1700
18	434	955	1477

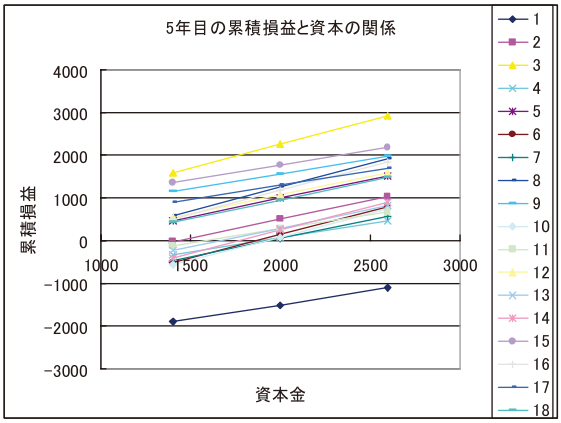


図10　5年後の累積損益と資本金の関係

この累積損益にはマイナスの値があり、プラス化するために2000を加えて、SN比、感度を算出する。

累積損益のSN比と感度を表8、表9に示す。

表8　計算データ(単位:db)

N0	SN比	感度
1	−58.40	−11.57
2	−44.22	1.81
3	−48.28	6.30
4	−45.54	0.10
5	−46.99	3.27
6	−22.13	0.62
7	−37.99	0.13
8	−44.74	4.07
9	−50.62	4.68
10	−29.15	0.38
11	−46.93	0.91
12	−47.30	3.49
13	−42.09	1.04
14	−21.18	1.00
15	−50.90	5.16
16	−44.28	3.86
17	−50.17	4.03
18	−46.85	3.18

SN比の最適はA2B2C2D3E1F2G2H2となる。感度の最適はA2B3C3D3E3F3G3H3である。

5.5 累積損益のSN比と感度の最適評価と検討

SN比最大値の組み合わせをバラつきが少なくなる最適と考えて、確認計算を行い、結果を表9に示す。

SN比の再現結果が悪いことがわかる。

この理由を考えてみる。

(1)SN比の表9を見ると、金利を除いて、ほとんどに交互作用があることがわかる。このため、SN比の再現性のほとんどないことが予想される。

(2)この理由は交互作用の中で、売り上げEは材料費F、人件費Hなどと交互作用があり、この初期条件での数値設定と誤差要因を切り分けができていないものと考えられる。

(3)したがい、本件では、感度優先で決めるしかないと考えられる。たとえば、感度はすべて右上がりであるので、表9から中央値である水準2をすべて選ぶのも1案である。また、累積損益1000を目標とするならば、表7、図10から No.2, 5, 8, 12, 16, 17, 18から、選択するということも、考えられる。これらの選択では、各因子の水準の実施可能性、確実性、容易性から水準値を調整することも必要であろう。

5.6 資本金を信号とした事例の今後の課題とまとめ

これにより、資本金と5年後の累積損益との関係からマクロな経営因子の選択をすることが可能であることがわかった。

これをさらに詳細にするには、5年間の年度別のシミュレーションを行える方法を確立してゆく検討が必要であると、推定される。このためには、現在検討中である標準SN比で内外積を使う方法を確立することであろうと考えている。

この再現性の問題は今後の検討課題である。問題点は残っているが、現在は経営や製品開発にスピードが要求されるフロントローディングの時代であり、この方法は経営手法として、企業や起業のために有効な手段として活用される可能性があると考えている。[4]

6.　今後の普及展開とあとがき

以上3つの事例について紹介したが、ブーメランとスターリングクーラの冷却特性はほぼ納得いくものと考えられるが、経営5カ年計画は今後のさらなる検討が必要である。

セミナー1のロバスト実験教育は将来学生が卒業研究する場合などにこの方法を用いて実験からよい研究結果を出してもらいたいと考えている。しかし、なか

なかそこまでの適用には至っていない。卒業し、就職して問題に直面したときにこの方法を思い出してもらって、適用してくれることを期待している。

L9では実験回数が少なくて良いのだが、実験回数の多いL18に比べて、交互作用がでやすいという問題がある。

最近では実験でやるのではなく、CAD,CAE が普及してきたことによりシミュレーションでロバスト実験をすることが広まってきている。しかし、実際に物を作って実験するのは学生にとって達成感があるようであり、現在の方法の展開を今後も考えてゆきたい。また、教育教材と教育方法の工夫を計り品質工学の普及に尽くしたい。

なお、これらの実験を検討実施するにあたり多くの方のご指導を頂いた。ここに謝意を表する。

文献

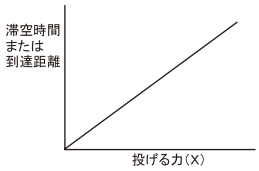
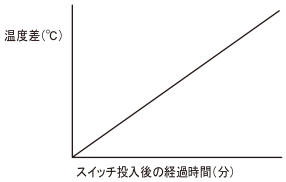
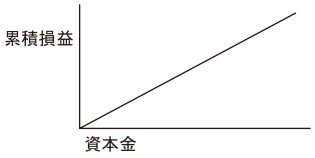
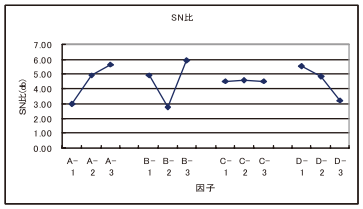
(1)山口信次、“ロバストデザイン教育教材の開発検討—知能機械セミナー1教育事例—、2007年3月　高知工科大学紀要　第4巻第1号、p49-59

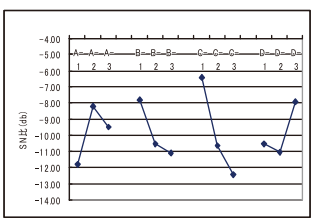
(2)山口信次、“新規経営5カ年計画立案へのロバストデザインの適用”品質工学会,2007年4月,No.2,Vol.15、p80-87

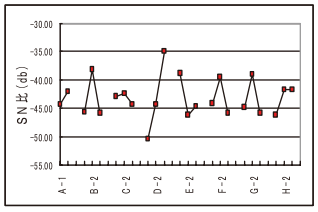
(3)山口信次、“紙ヘリコプターの基本機能について”品質工学会論文投稿中

(4)山口信次、“新規経営5カ年計画立案へのロバストデザインの適用(2)”品質工学会論文投稿中

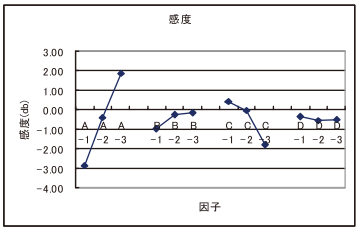
表9　ロバストデザインの検討事例まとめ

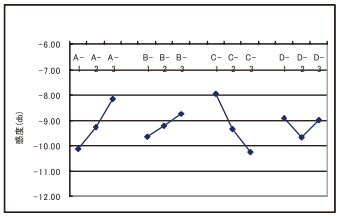
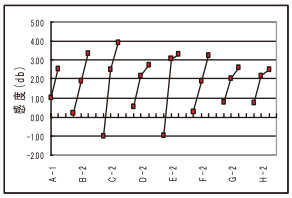
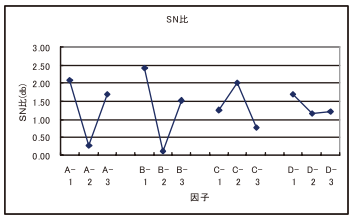
<table>
<tr><td>テーマ</td><td>ブーメランの滞空時間・到達距離
の向上</td><td>スターリングクーラの
冷却特性の向上</td><td>経営5カ年計画立案の
最適化検討</td></tr>
<tr><td>目的機能</td><td>滞空時間又は到達距離を
大きくする因子を見つける。</td><td>被冷却物又は庫内空気温度を
低くする因子を見つける。</td><td>5年後の累積損益で評価し、
最適投資条件を見つける。</td></tr>
<tr><td>基本機能</td><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>信号因子</td><td><table><tr><td></td><td>M1</td><td>M2</td><td>M3</td></tr><tr><td>投げる力</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table></td><td><table><tr><td></td><td>M1</td><td>M2</td><td>M3</td></tr><tr><td>経過時間(分)</td><td>5</td><td>15</td><td>20</td></tr></table></td><td><table><tr><td></td><td>M1</td><td>M2</td><td>M3</td></tr><tr><td>資本金</td><td>1400</td><td>2000</td><td>2600</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>誤差因子</td><td><table><tr><td></td><td>N1</td><td>N2</td></tr><tr><td>2回トライ</td><td>1</td><td>2</td></tr></table></td><td><table><tr><td></td><td>N1</td><td>N2</td></tr><tr><td>無し(同一データ代用)</td><td>－</td><td>－</td></tr></table></td><td><table><tr><td></td><td>N1</td><td>N2</td></tr><tr><td>なし</td><td>ー</td><td>ー</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>制御因子</td><td><table><tr><td></td><td>制御因子</td><td>第1水準</td><td>第2水準</td><td>第3水準</td></tr><tr><td>A</td><td>羽の長さ(cm)</td><td>9</td><td>12</td><td>15</td></tr><tr><td>B</td><td>羽の幅(cm)</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>C</td><td>羽の曲げ寸法(cm)</td><td>0.5*3</td><td>1*4</td><td>1.5*5</td></tr><tr><td>D</td><td>錘</td><td>なし</td><td>ｸﾘｯﾌﾟ小</td><td>ｸﾘｯﾌﾟ大</td></tr></table></td><td><table><tr><td></td><td>制御因子</td><td>第1水準</td><td>第2水準</td><td>第3水準</td></tr><tr><td>A</td><td>アルミフィン</td><td>小</td><td>中</td><td>大</td></tr><tr><td>B</td><td>ファン速度</td><td>小</td><td>中</td><td>大</td></tr><tr><td>C</td><td>ファン位置</td><td>左</td><td>中</td><td>右</td></tr><tr><td>D</td><td>負荷位置</td><td>左</td><td>中</td><td>右</td></tr></table></td><td><table><tr><td>制御因子</td><td>第1水準</td><td>第2水準</td><td>第3水準</td></tr><tr><td>材料など手持ち月数</td><td>1</td><td>0．5月</td><td>－</td></tr><tr><td>投資、土地，建物、設備</td><td>100%</td><td>85%</td><td>70%</td></tr><tr><td>投資、特具、創業費</td><td>100%</td><td>75%</td><td>50%</td></tr><tr><td>金利</td><td>9.5%</td><td>12.5%</td><td>15.5%</td></tr><tr><td>売上高</td><td>100%</td><td>108%</td><td>115%</td></tr><tr><td>材料費</td><td>100%</td><td>98%</td><td>96%</td></tr><tr><td>一般費、管理費</td><td>100%</td><td>95%</td><td>90%</td></tr><tr><td>人件費</td><td>100%</td><td>95%</td><td>90%</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>直交表</td><td><table><tr><td></td><td>A
羽の長さ(cm)</td><td>B
羽の幅(cm)</td><td>C
羽の曲げ寸法(cm)</td><td>D
錘</td></tr><tr><td>1</td><td>9</td><td>2</td><td>0.5*3</td><td>なし</td></tr><tr><td>2</td><td>9</td><td>3</td><td>1*4</td><td>ｸﾘｯﾌﾟ小</td></tr><tr><td>3</td><td>9</td><td>4</td><td>1.5*5</td><td>ｸﾘｯﾌﾟ大</td></tr><tr><td>4</td><td>12</td><td>2</td><td>1*4</td><td>ｸﾘｯﾌﾟ大</td></tr><tr><td>5</td><td>12</td><td>3</td><td>1.5*5</td><td>なし</td></tr><tr><td>6</td><td>12</td><td>4</td><td>0.5*3</td><td>ｸﾘｯﾌﾟ小</td></tr><tr><td>7</td><td>15</td><td>2</td><td>1.5*5</td><td>ｸﾘｯﾌﾟ小</td></tr><tr><td>8</td><td>15</td><td>3</td><td>0.5*3</td><td>ｸﾘｯﾌﾟ大</td></tr><tr><td>9</td><td>15</td><td>4</td><td>1*4</td><td>なし</td></tr></table></td><td><table><tr><td></td><td>A
アルミフィン</td><td>B
ファン速度</td><td>C
ファン位置</td><td>D
負荷位置</td></tr><tr><td>1</td><td>小</td><td>小</td><td>左</td><td>左</td></tr><tr><td>2</td><td>小</td><td>中</td><td>中</td><td>中</td></tr><tr><td>3</td><td>小</td><td>大</td><td>右</td><td>右</td></tr><tr><td>4</td><td>中</td><td>小</td><td>中</td><td>右</td></tr><tr><td>5</td><td>中</td><td>中</td><td>右</td><td>左</td></tr><tr><td>6</td><td>中</td><td>大</td><td>左</td><td>中</td></tr><tr><td>7</td><td>大</td><td>小</td><td>右</td><td>中</td></tr><tr><td>8</td><td>大</td><td>中</td><td>左</td><td>右</td></tr><tr><td>9</td><td>大</td><td>大</td><td>中</td><td>左</td></tr></table></td><td><table><tr><td></td><td>A
材料など手持ち月数</td><td>B
投資、土地，建物、</td><td>C
投資、特具、創業費</td><td>D
金利</td><td>E
売上高</td><td>F
材料費</td><td>G
一般費、管理費</td><td>H
人件費</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0.095</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>0.75</td><td>0.125</td><td>1.08</td><td>0.98</td><td>0.95</td><td>0.95</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>0.5</td><td>0.155</td><td>1.15</td><td>0.96</td><td>0.9</td><td>0.9</td></tr><tr><td>4</td><td>1</td><td>0.85</td><td>1</td><td>0.095</td><td>1.08</td><td>0.98</td><td>0.9</td><td>0.9</td></tr><tr><td>5</td><td>1</td><td>0.85</td><td>0.75</td><td>0.125</td><td>1.15</td><td>0.96</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>6</td><td>1</td><td>0.85</td><td>0.5</td><td>0.155</td><td>1</td><td>1</td><td>0.95</td><td>0.95</td></tr><tr><td>7</td><td>1</td><td>0.7</td><td>1</td><td>0.125</td><td>1</td><td>0.96</td><td>0.95</td><td>0.9</td></tr><tr><td>8</td><td>1</td><td>0.7</td><td>0.75</td><td>0.155</td><td>1.08</td><td>1</td><td>0.9</td><td>1</td></tr><tr><td>9</td><td>1</td><td>0.7</td><td>0.5</td><td>0.095</td><td>1.15</td><td>0.98</td><td>1</td><td>0.95</td></tr><tr><td>10</td><td>0.5月</td><td>1</td><td>1</td><td>0.155</td><td>1.15</td><td>0.98</td><td>0.95</td><td>1</td></tr><tr><td>11</td><td>0.5月</td><td>1</td><td>0.75</td><td>0.095</td><td>1</td><td>0.96</td><td>0.9</td><td>0.95</td></tr><tr><td>12</td><td>0.5月</td><td>1</td><td>0.5</td><td>0.125</td><td>1.08</td><td>1</td><td>1</td><td>0.9</td></tr><tr><td>13</td><td>0.5月</td><td>0.85</td><td>1</td><td>0.125</td><td>1.15</td><td>1</td><td>0.9</td><td>0.95</td></tr><tr><td>14</td><td>0.5月</td><td>0.85</td><td>0.75</td><td>0.155</td><td>1</td><td>0.98</td><td>1</td><td>0.9</td></tr><tr><td>15</td><td>0.5月</td><td>0.85</td><td>0.5</td><td>0.095</td><td>1.08</td><td>0.96</td><td>0.95</td><td>1</td></tr><tr><td>16</td><td>0.5月</td><td>0.7</td><td>1</td><td>0.155</td><td>1.08</td><td>0.96</td><td>1</td><td>0.95</td></tr><tr><td>17</td><td>0.5月</td><td>0.7</td><td>0.75</td><td>0.095</td><td>1.15</td><td>1</td><td>0.95</td><td>0.9</td></tr><tr><td>18</td><td>0.5月</td><td>0.7</td><td>0.5</td><td>0.125</td><td>1</td><td>0.98</td><td>0.9</td><td>1</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>SN比
要因
効果図</td><td> 

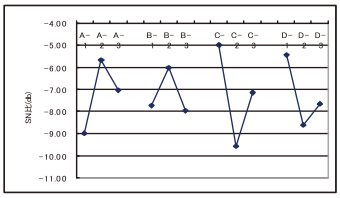
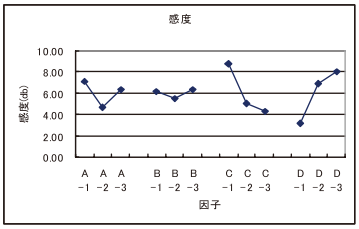
滞空時間</td><td> 

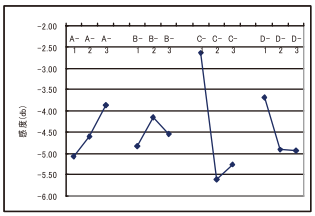
被冷却物の冷却</td><td> 

累積損益</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>感度要因
効果図</td><td> 

滞空時間</td><td> 
被冷却物の冷却</td><td> 
累積損益</td></tr>
<tr><td>SN比
要因
効果図</td><td> 

飛行距離</td><td> 
庫内空気温度の冷却</td><td>―</td></tr>
<tr><td>感度要因
効果図</td><td> 

飛行距離</td><td> 
庫内空気温度の冷却</td><td>―</td></tr>
<tr><td>最適条件</td><td>初期条件と最適条件 (db)
<table><tr><td></td><td>SN比</td><td></td><td>感度</td><td></td></tr><tr><td></td><td>推定</td><td>確認実験</td><td>推定</td><td>確認実験</td></tr><tr><td>最適条件</td><td>-10.04844</td><td></td><td>5.07</td><td></td></tr><tr><td>初期条件</td><td>-13.751135</td><td></td><td>-0.51</td><td></td></tr><tr><td>利得</td><td>3.70</td><td></td><td>5.58</td><td></td></tr><tr><td>最適</td><td>A3B3C2D1</td><td></td><td>A3B3C1D1</td><td></td></tr></table>滞空時間</td><td>初期条件と最適条件 (db)
<table><tr><td></td><td>SN比</td><td></td><td>感度</td><td></td></tr><tr><td></td><td>推定</td><td>確認実験</td><td>推定</td><td>確認実験</td></tr><tr><td>最適条件</td><td>38.47</td><td></td><td>30.54</td><td></td></tr><tr><td>初期条件</td><td>32.27</td><td></td><td>27.69</td><td></td></tr><tr><td>利得</td><td>6.19</td><td></td><td>2.85</td><td></td></tr><tr><td>最適組合</td><td>A2B1C1D3</td><td></td><td>A3B3C1D1</td><td></td></tr></table>被冷却物の冷却</td><td>初期条件と最適条件 (db)
<table><tr><td></td><td>SN比</td><td></td><td>感度</td><td></td></tr><tr><td></td><td>推定</td><td>確認実験</td><td>推定</td><td>確認実験</td></tr><tr><td>最適条件</td><td>-14.41</td><td></td><td>11.54</td><td></td></tr><tr><td>初期条件</td><td>-54.92</td><td></td><td>-10.95</td><td></td></tr><tr><td>利得</td><td>40.509</td><td></td><td>22.488</td><td></td></tr></table>5年後の累積損益</td></tr>
<tr><td>最適条件</td><td>初期条件と最適条件 (db)
<table><tr><td></td><td>SN比</td><td></td><td>感度</td><td></td></tr><tr><td></td><td>推定</td><td>確認実験</td><td>推定</td><td>確認実験</td></tr><tr><td>最適条件</td><td>-1.25</td><td></td><td>-11.98</td><td></td></tr><tr><td>初期条件</td><td>-1.98</td><td></td><td>-17.01</td><td></td></tr><tr><td>利得</td><td>0.73</td><td></td><td>5.03</td><td></td></tr><tr><td>最適</td><td>A1B1C2D1</td><td></td><td>A1B3C1D3</td><td></td></tr></table>飛行距離</td><td>初期条件と最適条件 (db)
<table><tr><td></td><td>SN比</td><td></td><td>感度</td><td></td></tr><tr><td></td><td>推定</td><td>確認実験</td><td>推定</td><td>確認実験</td></tr><tr><td>最適条件</td><td>28.50</td><td></td><td>17.20</td><td></td></tr><tr><td>初期条件</td><td>23.49</td><td></td><td>15.31</td><td></td></tr><tr><td>利得</td><td>5.01</td><td></td><td>1.89</td><td></td></tr><tr><td>最適組合</td><td>A2B2C1D1</td><td></td><td>A3B2C1D1</td><td></td></tr></table>庫内空気温度の冷却</td><td>―</td></tr>
<tr><td>知見</td><td>滞空時間と飛行距離では最適要因が異なることが判る。</td><td>被冷却物の最適を空気温度最適より優先する方が良いようだ。</td><td>再現性に問題があるのと、具体的な条件設定がやりにくい。
標準SN比で当て嵌めをやる方法がよいと考えられる。</td></tr>
</table>

Development of Educational Examples in Quality Engineering (2)

Shinji Yamaguchi

Faculty of Engineering, Kochi University of Technology
Tosayamada, Kami-city, Kochi 782-8502 JAPAN

E-mail:yamaguchi.shinji@kochi-tech.ac.jp

Abstract: In the Seminar-1 study(Small group education) of Kochi University of Technology, Robust Design (Taguchi Method) was applied for freshmen in 3,4 Q to understand the quality engineering(QE). The robust design applications such as flight of boomerang ,cool-down characteristics of refrigerator by stirling cooler and formulation of a new five-year strategic management plan are introduced.. I'm developing new themes of QE. I report the content of this work.