

# ロバストデザイン教育教材の開発検討(4) —計量経済学テキスト事例へのロバストデザイン両側 T 法の適用—

山口信次

高知工科大学 マネジメント学部  
〒 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：高知工科大学のセミナー 1 において、学生に品質工学を理解してもらい、普及させるために教材の検討などを実施してきた。今回は品質工学の MT システムの中の両側 T 法を用いて、計量経済学のテキスト事例について検討した内容について紹介する。具体的には殺人率、イチゴの需給、ワインの需給、人間開発指標の 4 事例である。今後も、マネジメントの学生にも使えるように、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 年からセミナーなどで、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<sup>1,5,7)</sup>に引き続きロバストデザインの中で、予測や認識のために田口玄一先生によって開発された MT 法の一つである T 法を用いて、計量経済学のテキスト事例について、解析を行い有用性を確認した。これらにより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、計量経済学事例の殺人率の推定、イチゴの需給、ワインの需給、アジアの人間関係の開発指標の事例について紹介する。

## 2. ロバストデザイン T 法とは

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、タグチメソッドとも呼ばれている汎用技術である。ロバストデザインでは静特性、動特性、機能窓、標準 SN 比を用いる方法、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。

前回紹介した 2 段階設計法に加えて、パターン認識の考え方を利用したマハラノビス田口法(MT 法)

を用いて、病気の診断、地価の予測、薬の成分による産地の特定、企業業績の予測、人事考課の予測などの研究開発が行われている。

MT 法の中の T 法では均質な単位空間を設定し、そこからどれだけ離れているかを距離により推定するものである。

信号空間での SN 比と感度は以下の式により計算する。ここで項目 X、信号の出力 M。

$$S_T = X_{1i}^2 + X_{2i}^2 + \dots + X_{2i}^2 \quad \text{全変動}$$

$$L = M_1 X_{1i} + M_2 X_{2i} + \dots + M_i X_{1i} \quad \text{線形式}$$

$$r = M_1^2 + M_2^2 + \dots + M_i^2 \quad \text{有効除数}$$

$$S\beta = L^2/r \quad \text{比例項の変動}$$

$$S_e = S_T - S\beta \quad \text{誤差変動}$$

$$V_e = S_e/(l-1) \quad \text{誤差分散}$$

$$\eta = 0 \quad (S\beta \leq V_e \text{ のとき}) \quad \text{SN 比}$$

$$\eta = (S\beta - V_e)/V_e/r \quad \text{SN 比}$$

$$\beta = L/r \quad \text{感度}$$

ここで、効く因子の項目の選択には、項目診断をして、採用不採用を決め、採用した因子を用いて、総合推定予測式は以下の式で表される。

$$M = (X_{1i} \times \eta_{1i} / \beta_1 + \dots + X_{ki} \times \eta_{ki} / \beta_k) / (\eta_1 + \dots + \eta_k)$$

これらの式を用いて、身近なデータを解析してゆき、学生向けの教育教材としてゆきたいと考えている。

## 2.1 単位空間と信号について

単位空間と信号の考えを図 2.1 に示す。

単位空間は異常でないデータであり、通常、平均値に近いものを単位空間として解釈して進めてゆく。

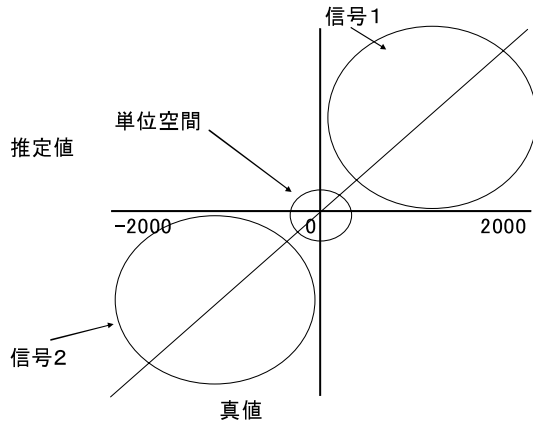


図 2.1 単位空間と信号の考え方

## 3. 事例 1：死刑の犯罪抑止効果(殺人率)の事例

### 3.1 背景と目的

計量経済学(ECONOMETRICS)のテキスト事例について検討してみる。G.S. マダラ著、和合肇訳書「計量経済分析の方法」シーエーピー出版(1996年)第7章 P231-248 ダミー変数、線形確率モデルと線形判別関数の事例 表 7.4 アメリカ合衆国の殺人率の決定要素(1950年のクロスセクションデータ)を対象とした。このデータはマクナウスからとった死刑の犯罪抑止効果の研究である。この中に2つのダミー変数がある。D1は死刑を執行する性向、D2は南北ダミーで、ダミーは1または0で表されている。

これに、ロバストデザインのT法を適用してみる。

提示されているデータ(観測値)は44件で変数は9個、Mは10万人あたりの殺人率、PCは有罪/殺人、PXは有罪の数で割った平均死刑執行数、Yは1家計の当たりの所得の中位数、LFは就業比率、NWは非白人の人口の比率、D2ダミー変数で、南部の州が1、その他が0、D1はダミー変数で死刑が存在する州が1、その他が0、Tは出所した殺人者の平均的な刑務所滞在月数の中位数である。データを表 3.1 に示す。

単位空間は異常でない、均一なデータであり、ここでは殺人率Mの平均な数値を単位空間と考えて、推定を行う。なぜなら、平均値になるデータは中心値的なデータであり、多くてしかもバラツキが少ないと解釈できる。44件の中で、平均殺人率の4件を単位空間として、解析した。

表 3.1 アメリカ合衆国の殺人率の決定要素(マダラ著計量経済分析の方法表 7.4 による)

N	M	PC	PX	D1	T	Y	LF	NW	D2
1	19.25	0.204	0.035	1	47	1.1	51.2	0.321	1
2	7.53	0.327	0.081	1	58	0.92	48.5	0.224	1
3	5.66	0.401	0.012	1	82	1.72	50.8	0.127	0
4	3.21	0.318	0.07	1	100	2.18	54.4	0.063	0
5	2.8	0.35	0.062	1	222	1.75	52.4	0.021	0
6	1.41	0.283	0.1	1	164	2.26	56.7	0.027	0
7	6.18	0.204	0.05	1	161	2.07	54.6	0.139	1
8	12.15	0.232	0.054	1	70	1.43	52.7	0.218	1
9	1.34	0.199	0.086	1	219	1.92	52.3	0.008	0
10	3.71	0.138	0	0	81	1.82	53	0.012	0
11	5.35	0.142	0.018	1	209	2.34	55.4	0.076	0
12	4.72	0.118	0.045	1	182	2.12	53.5	0.299	0
13	3.81	0.207	0.04	1	185	1.81	51.6	0.04	0
14	10.44	0.189	0.045	1	104	1.35	48.5	0.069	1
15	9.58	0.124	0.125	1	126	1.26	49.3	0.33	1
16	1.02	0.21	0.06	1	192	2.07	53.9	0.017	0
17	7.52	0.227	0.055	1	95	2.04	55.7	0.166	1
18	1.31	0.167	0	0	245	1.55	51.2	0.003	0
19	1.67	0.12	0	0	97	1.89	54	0.01	0
20	7.07	0.139	0.041	1	177	1.68	52.2	0.076	0
21	11.79	0.272	0.063	1	125	0.76	51.1	0.454	1
22	2.71	0.125	0	0	56	1.96	54	0.032	0
23	13.21	0.235	0.086	1	85	1.29	55	0.266	1
24	3.48	0.108	0.04	1	199	1.81	52.9	0.018	0
25	0.81	0.672	0	0	298	1.72	53.7	0.038	0
26	2.32	0.357	0.03	1	145	2.39	55.8	0.067	0
27	3.47	0.592	0.029	1	78	1.68	50.4	0.075	0
28	8.31	0.225	0.4	1	144	2.29	58.8	0.064	0
29	1.57	0.267	0.126	1	178	2.34	54.5	0.065	0
30	4.13	0.164	0.122	1	146	2.21	53.5	0.065	0
31	3.84	0.128	0.091	1	132	1.42	48.8	0.09	1
32	1.83	0.287	0.075	1	98	1.97	54.5	0.016	0
33	3.54	0.21	0.069	1	120	2.12	52.1	0.061	0
34	1.11	0.342	0	0	148	1.9	56	0.019	0
35	8.9	0.133	0.216	1	123	1.15	56.2	0.389	1
36	1.27	0.241	0.1	1	282	1.7	53.3	0.037	0
37	15.26	0.167	0.038	1	79	1.24	50.9	0.161	1
38	11.15	0.252	0.04	1	34	1.55	53.2	0.127	1
39	1.74	0.418	0	0	104	2.04	51.7	0.017	0
40	11.98	0.282	0.032	1	91	1.59	54.3	0.222	1
41	3.04	0.194	0.086	1	199	2.07	53.7	0.026	0
42	0.85	0.378	0	0	101	2	54.7	0.012	0
43	2.83	0.757	0.033	1	109	1.84	47	0.057	1
44	2.89	0.357	0	0	117	2.04	56.9	0.022	0

### 3.2 殺人率の平均値に近い4件のデータを単位空間としてT法を適用した結果

単位空間の基準化を行う。xとMから各々平均値を引き、再設定する。

特性値の利得でのSN比の要因効果図とSN比の利得の数値は図 3.1、表 3.2 のようになる。

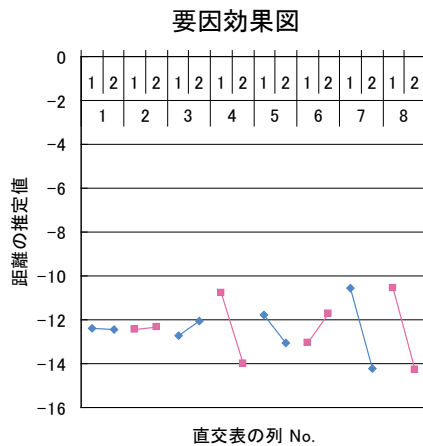


図 3.1 殺人率の平均値からの SN 比の利得の要因効果図

表 3.2 殺人率の平均値からの SN 比利得順位

利得順位	ソート結果	利 得	因子
1	8	3.711012	D2
2	7	3.687011	NW
3	4	3.238304	T
4	5	1.28339	Y
5	1	0.057934	PC
6	2	-0.08841	PX
7	3	-0.69179	D1
8	6	-1.34593	LF

ここで、利得のプラスになる要因は、D2、NW、T、Y、PCである。PX、D1、LFは効かないことがわかる。

効く 5 項目を項目選択し、殺人率の真値を推定し、真値と推定値の比較を行う。

(図 3.2 参照)

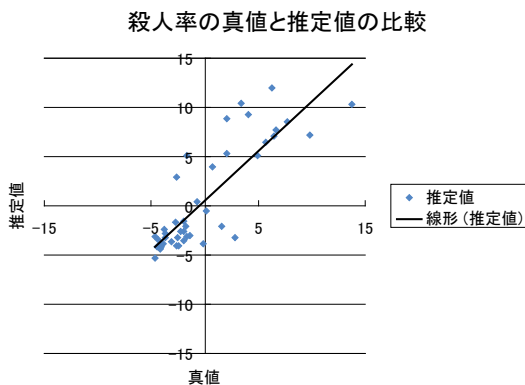


図 3.2 T 法の殺人率の真値と推定値の比較

ここで SN 比-9.34、感度-0.0433 である。

真値の近似式は 0 点を通る 45 度の直線に近くなっているようである。

ここで、予測式を作ってみる。

$M = \sum(\eta_i \times x_i / \beta_i) / (\sum \eta_i)$  に入れて計算してみる。

$$M = -1.731(PC - 0.2163) - 0.01354(T - 158.5) - 2.0332(Y - 2.063) + 15.64(NW - 0.1603) + 5.781(D2 - 0.25) + 5.478$$

ここでは、効かないのは PX 有罪の数で割った平均死刑執行数、D1 死刑が存在する州、LF 就業比率となる。効くのは D2 南部の州、NW 非白人の人口の比率、-T 出所した殺人者の平均的な刑務所滞在月数の中位数、-Y は 1 家計当たりの所得の中位数、-PC 有罪/殺人、である。

内容はほぼ合理的のように思われる。

テキストのすべての因子に回帰した式は下記のことである。

$$M = -3.696PC - 3.568PX + 2.598D1 - 0.018T - 4.095Y + 0.400LF + 6.444NW + 2.541D2 - 8.50$$

この式で、真値と推定値を比較してみる。

図 3.3 にテキストの全回帰の結果を示す。これを見ると、45 度線から少し、下に傾いているように見える。ばらつきの程度はほぼ同じように判断される。

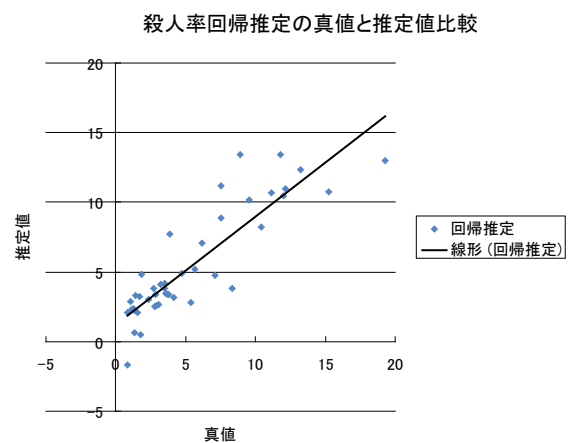


図 3.3 テキストの殺人率をすべての変数に回帰した場合の真値と推定値比較

さらに、テキストでは D1 について、ロジットモデルやプロビットモデルでの推定を行っているが、T 法では D1 死刑が存在する州は殺人率に効いてこないとなっているので、比較はできない。また、D1 を被説明変数にして解析するには、T 法では 1, 0 の数値であり、大きさの順序をどのように並べればよいか、また単位空間をどのように取ればよいか、が難しく、計算はできないのではないかと推測される。

一応 T 法で殺人率の計算・解析はできるようである。

### 3.3 殺人率の推定のまとめと問題点

これにより、殺人率と因子に T 法を適用することに関して、まとめと問題点を示す。

- (1) 因子にダミー変数 1、0 が入るが、推定が可能であることがわかった。
- (2) この事例では殺人率に効くのは D2 南部の州、NW 非白人の人口の比率、-T 出所した殺人者の平均的な刑務所滞在月数の中位数、-Y は 1 家計当たりの所得の中位数、-PC 有罪/殺人、である。
- (3) 殺人率に効かないのは PX 有罪の数で割った平均死刑執行数、D1 死刑が存在する州、LF 就業比率となる。

このため死刑の殺人率に対する抑止効果はこの例では見られないという推定になった。

- (4) T 法と重回帰では T 法のほうが推定はよさそうに見える。
- (5) 計量経済学の事例も T 法で解析が可能と推測される。また、T 法の場合単純な操作で、計算解析ができるので、使いやすいのではないかと推測される。

## 4. 事例 2：イチゴの需要と供給

### 4.1 背景と目的

G.S. マダラ著、和合肇訳書「計量経済分析の方法」シーエーピー出版(1996年)第9章 P331-338 合理的期待のもとで需要と供給のモデルの推定 表 9.6 フロリダの新鮮なイチゴについてのデータを対象とした。これに、ロバスとデザインの T 法を適用してみる。

提示されているデータ(観測値)は 21 件で変数は 7 個、P は 1 箱当たりの価格、Q は箱の数、DT は食料品価格デフレーター、CT は生産コスト指数、NT は合衆国人口、XT は一人当たりの食料品支出である。

データを表 4.1 に示す。

単位空間は異常でない、均一なデータであり、ここではワイン消費量 Q の平均な数値を単位空間と考えて、推定を行う。なぜなら、平均値になるデータは中心値的なデータであり、多くてしかもバラツキが少ないと解釈できる。21 件のなかで、平均消費量の 4 件を単位空間として、解析した。

表 4.1 フロリダの新鮮なイチゴについてのデータ (マダラ著計量経済分析の方法表 9.6 による)

年	PT	QT	DT	CT	NT	XT
1964	378	2134	0.74	78.97	192	651.04
1965	397	1742	0.76	77.84	194	675.26
1966	395	1467	0.79	81.16	197	685.28
1967	346	1267	0.8	81.89	199	688.44
1968	391	1333	0.84	78.97	201	706.47
1969	553	1200	0.88	79.76	203	719.21
1970	419	1467	0.93	74.67	205	731.71

年	PT	QT	DT	CT	NT	XT
1971	379	1667	0.95	72.31	208	725.96
1972	516	1575	1	67.41	210	738.1
1973	457	1467	1.12	68.66	212	721.7
1974	508	1650	1.28	82.98	214	710.28
1975	506	1750	1.37	100.69	216	722.22
1976	493	1817	1.41	98.93	218	752.29
1977	689	2417	1.46	100	220	777.27
1978	692	3200	1.6	98.9	223	771.3
1979	706	3958	1.77	99.5	225	782.22
1980	498	5600	1.91	103.87	228	793.86
1981	644	8125	2.07	108.58	230	786.96
1982	614	8550	2.16	112.89	232	784.48
1983	538	7225	2.2	118.63	234	807.69
1984	694	8833	2.28	121.03	237	818.57

### 4.2 イチゴ消費量の平均値に近い 4 件のデータを単位空間として T 法を適用した結果

#### (1) 年度も入れた推定式

単位空間の基準化を行う。x と M から各々平均値を引き、再設定する。

特性値の利得での SN 比の要因効果図と SN 比の利得の数値は図 4.1、表 4.2 のようになる。

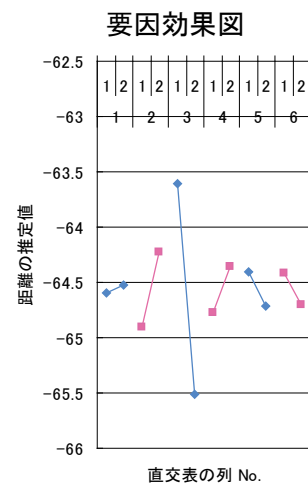


図 4.1 イチゴ消費量の平均値からの SN 比の利得の要因効果図

表 4.2 イチゴ消費量の平均値からの SN 比利得順位

利得順位	ソート結果	利 得	内容
1	3	1.907714	D T
2	5	0.31246	N T
3	6	0.28851	X T
4	1	-0.07334	年
5	4	-0.419	C T
6	2	-0.67918	P T

ここで、利得のプラスになる要因は、DT、NT、XT、である。年、CT、PT は効かないことがわかる。

効く 3 項目を項目選択し、イチゴの消費量(Q)の真値を推定し、真値と推定値の比較を行う。(図 4.2 参照)

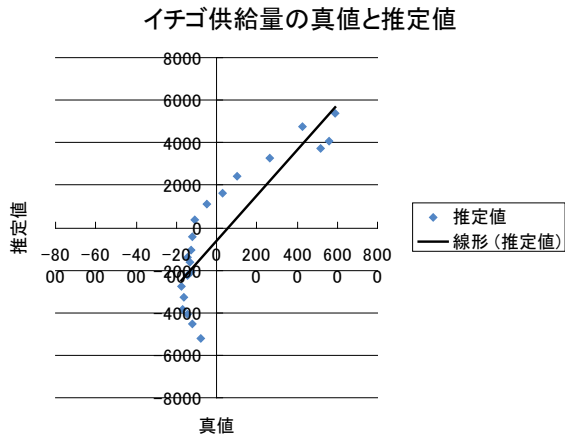


図 4.2 T 法のイチゴ消費量の真値と推定値の比較

ここで SN 比-63.65、感度-0.0699 である。

真値の近似式は 0 点を通る 45 度の直線に近く  
なっているようである。

しかし、バラつきが大きい。

ここで、予測式を作ってみる。

$M = \sum (\eta_i \times x_i / \beta_i) / (\sum \eta_i)$  に代入して計算して  
みる。

$$M = 2844 (DT - 1.393) + 69.77 (NT - 215) + 18.39 (XT - 745.5) + 2927.$$

ここでは、効くのは DT 食料品価格デフレーター、  
NT 合衆国人口、XT 一人当たりの食料品支出、で  
ある。年、CT 生産コスト指数、PT1 箱当たりの価  
格は効かないことがわかる。

内容はほぼ合理的のように思われる。

テキストでは、くもの巣モデル、2 段階最小二乗  
法、操作変数法、除外変数法、同時推定法などが検  
討されている。

ここでは Q と P の関係式が出てきていないので、  
P について、同様に検討してみる。

#### (2) 価格 P についての検討

この式は P が入っていないので、データから、  
推定してみる。

単位空間の基準化を行う。x と M から各々平均  
値を引き、再設定する。

特性値の利得での SN 比の要因効果図と SN 比の  
利得の数值は図 4.3、表 4.3 のようになる。

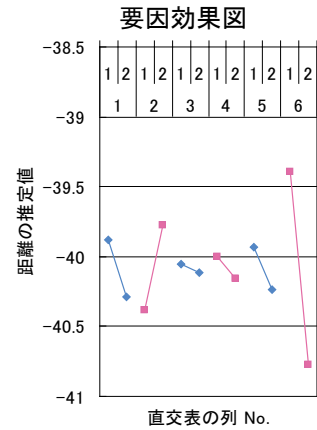


図 4.3 イチゴ価格の平均値からの SN 比の利得の要  
因効果図

表 4.3 イチゴ価格の平均値からの SN 比利得順位

利得順位	ソート結果	利 得	内容
1	6	1.38167	XT
2	1	0.411145	年
3	5	0.304283	NT
4	4	0.152196	CT
5	3	0.059731	DT
6	2	-0.60236	QT

ここで、利得のプラスになる要因は、XT、年、  
NT、CT、DT である。QT は効かないことがわかる。

効く 4 項目を項目選択し、イチゴ価格 (P) の真値  
を推定し、真値と推定値の比較を行う。

(図 4.4 参照)

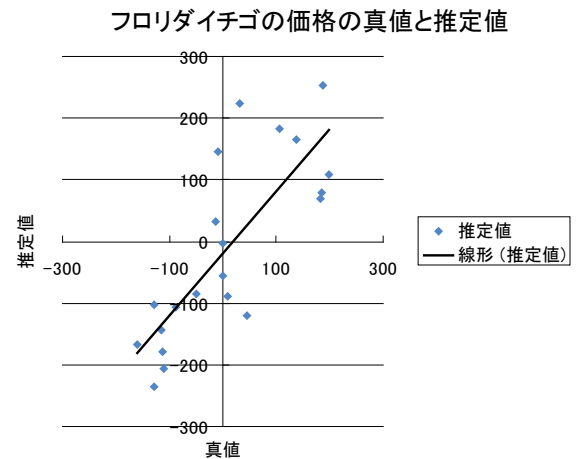


図 4.4 T 法のイチゴ価格の真値と推定値の比較

ここで SN 比-39.65、感度-0.0699 である。

真値の近似式は 0 点を通る 45 度の直線に近く  
なっているようである。

データがかなり、ばらついていることがわかる。

ここで、予測式を作ってみる。

$M = \sum (\eta_i \times x_i / \beta_i) / (\sum \eta_i)$  に代入して計算して  
みる。

$$M=4.633 (\text{年}-1975.) + 56.60 (\text{DT}-1.39)+1.606 (\text{CT}-88.74)+2.027 (\text{NT}-217)+0.8949 (\text{XT}-741.1)+507$$

ここでは、P 価格の利得のプラスになる要因は、XT 一人当たりの食料品支出、年、NT 合衆国人口、CT 生産コスト指数、DT 食料品価格デフレータである。QT 箱の数は効かないことがわかる。

なお、元の PQ(価格と消費)のデータをグラフにしてみる。(図 4.5)

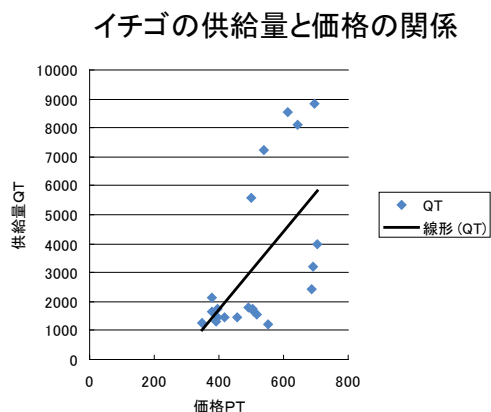


図 4.5 イチゴの供給と価格の元データ

元のデータは、かなりばらついていることがわかる。

### 4.3 イチゴの需要と供給の推定のまとめと問題点

これにより、需要と供給と因子に T 法を適用することに関して、まとめと問題点を示す。

- (1) QT 供給量に、効くのは DT 食料品価格デフレータ、NT 合衆国人口、XT 一人当たりの食料品支出、である。
- (2) QT 供給量に、年、CT 生産コスト指数、PT1 箱当たりの価格は効かないことがわかる。
- (3) PT 価格の利得のプラスになる要因は、XT 一人当たりの食料品支出、年、NT 合衆国人口、CT 生産コスト指数、DT 食料品価格デフレータである。
- (4) PT 価格には QT 箱の数は効かないことがわかる。
- (5) データのばらつきが大きく、十分な結果とはいえないかもしれない。
- (6) 計量経済学の事例も T 法で解析が可能と推測される。また、T 法の場合単純な操作で、計算解析ができるので、使いやすいのではないかと推測される。

## 5. 事例 3：オーストラリアワイン産業

### 5.1 背景と目的

G.S. マダラ著、和合肇訳書「計量経済分析の方法」シーエーピー出版(1996年)第8章 P269-273 操作変数法の事例 表 8.2 オーストラリアのワイン産業のデータを対象とした。

提示されているデータ(観測値)は 20 件で変数は 7 個、Q は 1 人あたりのワイン消費量、S は保管費用の指標、PW は CPI(消費価格指標)に対するワインの価格、PB は CPI に対するビールの価格、Y は 1 人の当たりの実質可処分所得、A は一人あたり実質広告支出である。データを表 5.1 に示す。

単位空間は異常でない、均一なデータであり、ここではワイン消費量 Q の平均な数値を単位空間と考えて、推定を行う。なぜなら、平均値になるデータは中心値的なデータであり、多くてしかもバラツキの少ないと解釈できる。平均消費量の 4 件を単位空間として、解析した。

表 5.1 オーストラリアのワイン産業のデータ(マダラ著計量経済分析の方法表 8.2 による)

年	Q	S	PW	PB	A	Y
1955	0.91	85.4	77.5	35.7	89.1	1056
1956	1.05	88.4	80.2	37.4	83.3	1037
1957	1.18	89.1	79.5	37.7	84.4	1006
1958	1.27	90.5	84.9	37.1	90.1	1047
1959	1.27	93.1	94.9	36.2	89.4	1091
1960	1.37	97.2	92.7	35	89.3	1093
1961	1.46	100.3	92.5	37.6	89.8	1102
1962	1.59	100.3	92.7	40.1	96.7	1154
1963	1.86	101.5	97.1	39.7	99.9	1234
1964	1.96	104.8	93.9	38.3	103.2	1254
1965	2.32	107.5	102.7	37	102.2	1241
1966	2.86	111.8	100	36.1	100	1299
1967	3.5	114.9	119.5	35.4	103	1287
1968	3.96	117.9	119.7	35.1	104.2	1369
1969	4.21	122.3	125.2	34.5	113	1443
1970	4.54	128.2	134.1	34.5	132.5	1517
1971	4.93	134.1	124.3	34.3	143.6	1562
1972	5.4	145.1	119	34.3	176.2	1678
1973	6.13	174.9	108.5	31.9	159.9	1769
1974	6.29	237.2	107.9	31	182.1	1847

### 5.2 ワイン消費量の平均値に近い 4 件のデータを単位空間として T 法を適用した結果

(1) 年度も入れた推定式

単位空間の基準化を行う。x と M から各々平均値を引き、再設定する。

特性値の利得での SN 比の要因効果図と SN 比の利得の数値は図 5.1、表 5.2 のようになる。

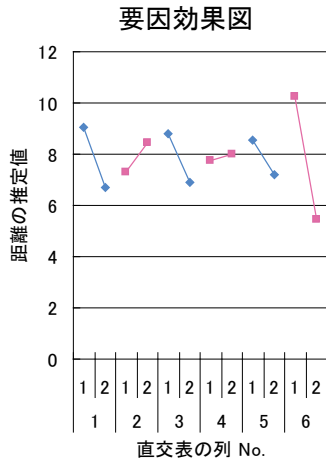


図 5.1 ワイン消費量の平均値からの SN 比の利得の要因効果図

表 5.2 ワイン消費量の平均値からの SN 比利得順位

利得順位	ソート結果	利 得	内容
1	6	4.82058	Y
2	1	2.34045	年
3	3	1.895	PW
4	5	1.34343	A
5	4	-0.2492	PB
6	2	-1.1774	S

ここで、利得のプラスになる要因は、Y、年、PW、A である。PB、S は効かないことがわかる。

効く 4 項目を項目選択し、ワイン消費量の真値を推定し、真値と推定値の比較を行う。

(図 5.2 参照)

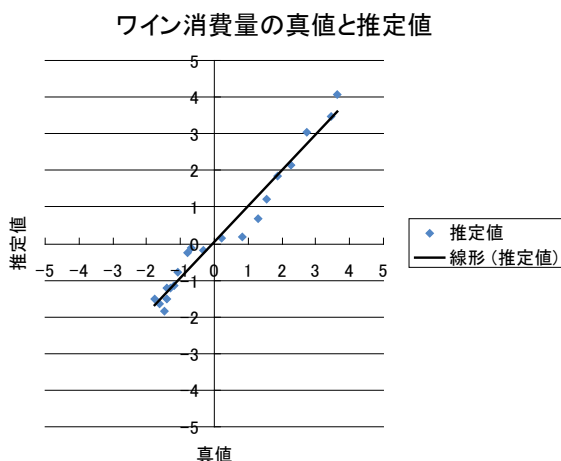


図 5.2 T 法のワイン消費量の真値と推定値の比較

ここで SN 比-10.70、感度-0.00595 である。

真値の近似式は 0 点を通る 45 度の直線に近くなっているようである。

ここで、予測式を作ってみる。

$M = \sum (\eta_i \times x_i / \beta_i) / (\sum \eta_i)$  に入れて計算して

みる。

$$M = -0.02968 (\text{年} - 1966) + 0.00359 (\text{PW} - 104.0) + 0.006214 (\text{A} - 102.1) + 0.00556 (\text{Y} - 1270.) + 2.66$$

ここでは、Q は 1 人あたりのワイン消費量に効かないのは、S は保管費用の指標、PB は CPI に対するビールの価格、効くのは、PW は CPI に対するワインの価格、Y は 1 人の当たりの実質可処分所得、A は一人あたり実質広告支出である。

内容はほぼ合理的のように思われる。

テキストの需要関数の推定として、すべての因子に回帰した式は下記のとことである。

$$M = -23.651 + 1.158\text{PW} - 0.275\text{PB} - 0.603\text{A} + 3.212\text{Y}$$

この式で、Y を除くとすべての係数は符号条件を満たしていないし、符号条件を満たさないだけでなく、有意でさえあると述べている。

(2) 年を除いた T 法の推定式

この式は年が入っていないので、データから年を削除して、推定してみる。

単位空間の基準化を行う。x と M から各々平均値を引き、再設定する。

特性値の利得での SN 比の要因効果図と SN 比の利得の数値は図 5.3、表 5.3 のようになる。

要因効果図

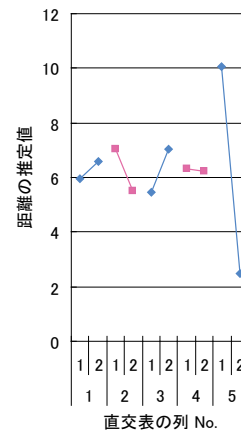


図 5.3 ワイン消費量の平均値からの SN 比の利得の要因効果図(年削除)

表 5.3 ワイン消費量の平均値からの SN 比利得順位 (年削除)

利得順位	ソート結果	利 得	内容
1	5	7.549805	Y
2	2	1.552415	PW
3	4	0.110033	A
4	1	-0.64459	S
5	3	-1.57744	PB

ここで、利得のプラスになる要因は、Y、PW、A である。PB、S は効かないことがわかる。

効く 3 項目を項目選択し、ワイン消費量の真値を

推定し、真値と推定値の比較を行う。  
(図 5.4 参照)

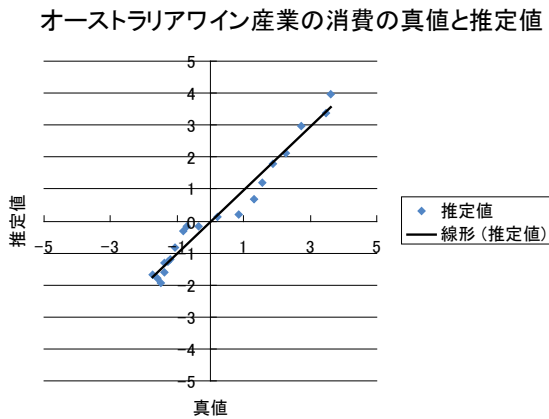


図 5.4 T法のワイン消費量の真値と推定値の比較(年削除)

ここで SN 比-10.20、感度-0.00667 である。

真値の近似式は 0 点を通る 45 度の直線に近く  
なっているようである。

ここで、予測式を作ってみる。

$M = \sum (\eta_i \times x_i / \beta_i) / (\sum \eta_i)$  に入れて計算して  
みる。

$$M = 0.003945 (PW - 104.0) + 0.006829 (A - 102.1) + 0.006109 (Y - 1270.) + 2.66$$

ここでは、Q の 1 人あたりのワイン消費量に効かないのは、S は保管費用の指標、PB は CPI に対するビールの価格、効くのは、PW は CPI に対するワインの価格、Y は 1 人の当たりの実質可処分所得、A は一人あたり実質広告支出である。

内容はほぼ合理的のように思われる。

### (3) ワインの消費量と価格の関係

P、Q をそのままグラフにすると、図 5.5 のようになる。

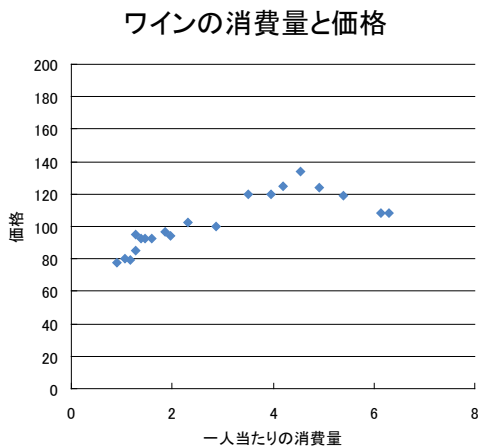


図 5.5 年を考えない P、Q のデータ

T法の式で、A、Y、年を 1966 年に固定し、式で  
図を作ると、図 5.6 のようになる。

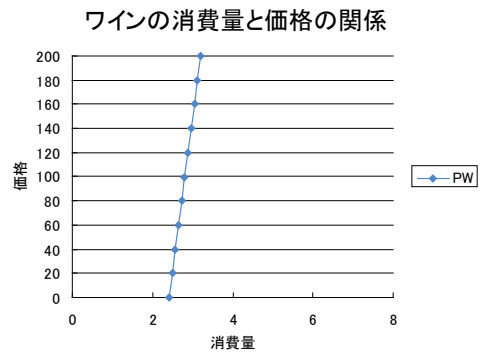


図 5.6 T法の式から、P、Q を出したもの

図 5.6 の式は供給曲線のように見える。

図 5.5 と図 5.6 はまったく形が異なることがわかる。

元データは年度ごとに P も Q も大きく変わっており、年度を入れないで推定するのは妥当でないようにも思われる。

### 5.3 ワイン需要と供給の推定のまとめと問題点

これにより、ワイン産業の需要と供給と因子に T 法を適用することに関して、まとめと問題点を示す。

- (1) Q の 1 人あたりのワイン消費量に効かないのは、S は保管費用の指標、PB は CPI に対するビールの価格である。
- (2) Q に効くのは、PW は CPI に対するワインの価格、Y は 1 人の当たりの実質可処分所得、A は一人あたり実質広告支出である。
- (3) 元データは年度ごとに P も Q も大きく変わっており、年度を入れないで推定するのは妥当でないようにも思われる。
- (4) 計算された式は供給曲線を表しているように見られる。
- (5) 計量経済学の事例も T 法で解析が可能と推測される。また、T 法の場合単純な操作で、計算解析ができるので、使いやすいのではないかと推測される。

## 6. 事例 4：アジア各国の人間開発指標

### 6.1 背景及び目的

計量経済学(ECONOMETRICS)のテキストの 1 事例、白砂堤津耶著、「初歩からの計量経済学」日本評論社 (2007 年) 第 4 章 P123-127 重回帰モデル 表 4.4 アジア各国の人間開発指標(2002 年)についてのデータを対象とした。これに、ロバースとデザインの T 法を適用してみる。

提示されているデータ(観測値)は 17 件で変数は



4 個、Y は出生時平均余命、X1 は購買力平価による一人当たりの GDP、X2 成人識字率、X3 1 歳児予防接種率を示す。データを表 6.1 に示す。

単位空間は異常でない、均一なデータであり、ここでは Y は出生時平均余命の平均な数値を単位空間と考えて、推定を行う。なぜなら、平均値になるデータは中心値的なデータであり、多くてしかもバラツキが少ないと解釈できる。17 件の中で、平均余命の 5 件を単位空間として、解析した。

表 6.1 アジア各国の人間開発指標（白砂著表 4.4 による）

国	Y	X1	X2	X3
1	82	280	100	99
2	79	245	93	88
3	77	180	98	96
4	74	38	90	99
5	73	103	86	92
6	72	50	91	84
7	71	25	90	93
8	70	43	93	80
9	70	70	77	99
10	70	76	93	94
11	67	34	88	72
12	63	29	61	67
13	63	21	49	61
14	63	20	47	88
15	63	18	41	88
16	62	14	49	75
17	55	18	69	42

### 6.2 平均余命の平均値に近い 5 件のデータを単位空間として T 法を適用した結果

単位空間の基準化を行う。x と M から各々平均値を引き、再設定する。

特性値の利得での SN 比の要因効果図と SN 比の利得の数値は図 6.1、表 6.2 のようになる。

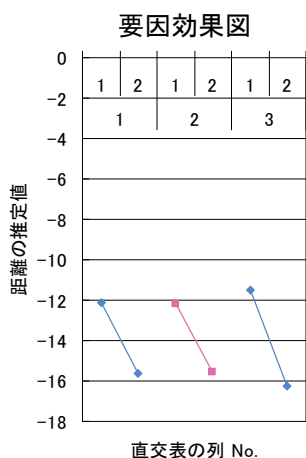


図 6.1 平均余命の平均値からの SN 比の利得の要因効果図

表 6.2 平均余命の平均値からの SN 比利得順位

利得順位	ソート結果	利 得	内 容
1	3	4.721794	X3 予防接種率医療水準
2	1	3.500009	X1GDP 経済水準
3	2	3.388695	X2 識字率教育水準

ここで、利得のプラスになる要因は、X3、X1、X2 である。

効く 3 項目を項目選択し、平均余命の真値を推定し、真値と推定値の比較を行う。(図 6.2 参照)

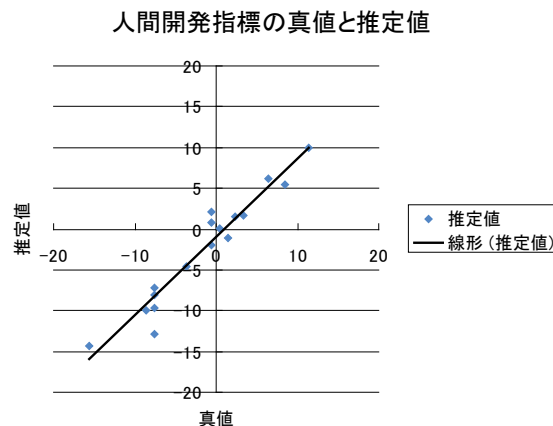


図 6.2 T 法の平均余命の真値と推定値の比較

ここで SN 比-6.637、感度-0.02434 である。

真値の近似式は 0 点を通る 45 度の直線に近くなっているようである。

ここで、予測式を作ってみる。

$M = \sum (\eta_i \times x_i / \beta_i) / (\sum \eta_i)$  に代入して計算してみる。

$$M = 0.0280 (X1 - 52.8) + 0.1391 (X2 - 88.8) + 0.2208 (X3 - 90) + 70.6$$

内容はほぼ合理的のように思われる。

テキストの重回帰分析では下記の式で表せられている。X の係数はほぼ似たような数値になっていることがわかる。

$$M = 0.035698X1 + 0.12094X2 + 0.18844X3 + 41.343$$

### 6.3 平均余命のまとめと問題点

これにより、平均余命の因子に T 法を適用することに関して、まとめと問題点を示す。

- (1) 平均余命には 3 つの因子はほぼ同じくらいの割合で効いていることがわかる。
- (2) 計量経済学の事例も T 法で解析が可能と推測される。また、T 法の場合単純な操作で、計算解析ができるので、使いやすいのではないかと推測される。

## 7. あとがき

以上4つの事例について紹介したが、計量経済学のデータを使用することで、T法によっても解析することが可能であることがわかった。

また、T法の総合推定予測式により、どの因子が有効に効いてきているかを明確にでき、その数値を調整することにより、予測が可能となる。

T法では厳密に基本機能を考えなくても、解析ができる点が良いところである。また、重回帰分析よりも簡単に使用できる点が良いところである。

今回のデータなどでは、ある程度の予測が可能であることがわかった。因子の数は多いほうが良いと推測される。

この方法により、マネジメント分野や計量経済学の課題へのアプローチが可能と考えられる。また、この方法を学生にマネジメントとしてのデータ解析の方法を教える道具として、活用できればと考えている。

現在の方法の展開を今後も考えて、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、T法を理解するために多くの方のご指導を頂いた。ここに謝意を表す。

## 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、2008年4月、No.2、Vol.16、p58-66。
- 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。
- 5) 山口信次、“ロバストデザイン教育教材の開発検討(2)、2008年12月 高知工科大学紀要 第5巻第1号、p135-145。
- 6) オーケン；多次元情報システムデータ解析ソフトウェア。
- 7) 山口信次、“ロバストデザイン教育教材の開発検討(3)、2009年3月 高知工科大学紀要 第6巻投稿中。
- 8) G.S. マダラ著、和合肇訳書「計量経済分析の方法」シーエーピー出版(1996年)(第7章 P231-248 ダミー変数、線形確率モデルと線形判別関数の事例 表7.4 アメリカ合衆国の殺人率の決定要素(1950年のクロスセクションデータ))。

- 9) G.S. マダラ著、和合肇訳書「計量経済分析の方法」シーエーピー出版(1996年)(第9章 P331-338 合理的期待のもとで需要と供給のモデルの推定 表9.6 フロリダの新鮮なイチゴについてのデータ)。
- 10) G.S. マダラ著、和合肇訳書「計量経済分析の方法」シーエーピー出版(1996年)(第8章 P269-273 操作変数法の事例 表8.2 オーストラリアのワイン産業のデータ)。
- 11) 白砂堤津耶著、「初歩からの計量経済学」日本評論社(2007年)(第4章 P123-127 重回帰モデル 表4.4 アジア各国の人間開発指標(2002年))。

**Development of Educational Examples  
in Quality Engineering(4)  
— applying T method to econometrics text examples —**

**Shinji Yamaguchi**

Faculty of Management, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami-city, Kochi 782-8502 JAPAN

E-mail: [yamaguchi.shinji@kochi-tech.ac.jp](mailto:yamaguchi.shinji@kochi-tech.ac.jp)

**Abstract:** In Kochi University of Technology, Robust Design (Taguchi Method) was applied for freshmen to understand the quality engineering (QE). The T method robust design applications such as murder rate, strawberry supply & demand, wine industry supply & demand, human development are introduced. I am developing new themes of QE T method.

