

企業における多目的最適化手法の応用

—工業材料配合比の多目的最適決定—

西川禕一・野村淳二・澤田一哉

1. まえがき

この論文は、ある種の工業材料の原料配合比決定問題を、多目的最適化問題、あるいは多目的意思決定問題としてとらえ、定式化と実際の場における決定過程およびその結果について述べたものである。

従来、多目的問題は主として多くの利害得失のからんだ公共事業（パブリック・セクター）に関連して研究されてきた。

たとえば、水資源の開発・利用計画 [3]、原子力発電所の立地選定 [5]、交通計画 [8] などといった問題である。

ここで取り扱う問題はこのような公共事業の問題ではなく、企業（プライベート・セクター）の問題ではあるが、以下に述べる理由により、多目的決定過程の適用を検討することはきわめて有意義であると考えられる。

今日、産業においては多種多様な工業材料が用いられているが、そのほとんどはいくつかの原材料から製造されるものである。そして原材料の配合比によって、製造コストおよび種々の特性、すなわち機械的、電気的、化学的などの諸特性が変化する。配合比の決定に当って、それらの項目はそれぞれ材料製造に関する評価規範と考えるべき

ものであり、しかもそれらの規範は一般に相矛盾するものである。

たとえば、コストを低減すれば各特性値は低下し、また同じコストでも機械的特性を良くしようとすれば電気的特性を犠牲にせざるを得ないといった事情が発生する。

われわれは従来、この問題を単目的問題として定式化し、線形あるいは非線形計画法により最適解を求めてきた。すなわち特性値の満たすべき範囲を制約条件とし、コストあるいは特性値のうち代表的な1個のみを目的関数として選んで最適解を決定してきたわけである。そして必要に応じて、制約条件の変更にともなう感度解析も合わせて行なった。

しかし、このような決定法では、コストと特性値、あるいは特性値相互間のトレードオフ関係が明確に示されず、特に考慮すべき特性の数が多いときには決定に困難を生じ、多くの時間を費さねばならなかった。

さらに、決定過程が明確でないために、立場の異なる関係者、たとえば設計担当者と部門の責任者との間に重要な情報が伝達されず、提示された結果についての議論がしばしば混乱し、また幾度か設計の変更を求められるようなことも生じた。

本論文では、これらの問題を解決するために、まず工業材料配合比決定問題を6目的最適化問題として定式化する。次に、Y. Y. Haimes らによるSWT法 [2] (surrogate worth tradeoff

にしかわ よしかず 京都大学

のむら じゅんじ、さわだ かずや 松下電工

method) を用いて, 4人の意思決定者の選好解を導く過程について述べる. また, 意思決定者がトレードオフ曲線を参考にしながら選好解を決定する過程についても合わせて検討する. 最後に, R.L. Keeney らによる, 多属性効用関数法 [4] (multiattribute utility function method) を適用し, SWT法の適用結果との比較検討を行なう.

2. 問題の記述

この論文で検討の対象とする材料は, 一般の家庭でも用いられる器具などに使われるもので, 6種類の原料を配合して作られる. その各種特性値は, 各原料の配合比を x_i ($i=1, 2, \dots, 6$) とすると, 次のように表わされる.

なお特性値を表わす(1)~(6)式は, 化学実験のデータに重回帰分析をほどこした結果得られたものである.

(a) コスト: f_1 (円)

$$(1) f_1 = (0.231 \cdot 10^1 x_1 + 0.583 x_2 + 0.813 \cdot 10^1 x_3 + 0.671 x_4 + 0.240 x_5 + 0.10 x_6) \cdot 10^3 / (0.696 x_1 + 0.620 x_2 + 0.299 x_3 + 0.102 \cdot 10^1 x_4 + 0.60 x_5 + 0.561 x_6),$$

(b) 特性温度: f_2 ($^{\circ}\text{C}$)

$$(2) f_2 = 0.140 x_2^2 + 0.263 x_3^2 + 0.114 x_1 x_3 - 0.105 x_1 x_4 + 0.768 \cdot 10^1 x_1 x_6 - 0.148 \cdot 10^1 x_1 - 0.112 \cdot 10^2 x_2 - 0.167 \cdot 10^2 x_3 + 0.307 \cdot 10^1 x_4 - 0.444 \cdot 10^1 x_6 + 0.540 \cdot 10^3,$$

(c) 熱特性値: f_3 ($10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)

$$(3) f_3 = 0.153 \cdot 10^1 x_1 + 0.106 \cdot 10^1 x_3 - 0.227 x_4 + 0.351 x_6 - 0.206 \cdot 10^2,$$

(d) 耐酸特性値: f_4 (%)

$$(4) f_4 = 0.117 \cdot 10^1 x_6 - 0.160 x_1 x_4 - 0.881 x_2 x_3 - 0.830 \cdot 10^{-1} x_2 x_4 - 0.990 x_2 x_6 - 0.218 x_4 x_5 + 0.336 x_1 + 0.177 \cdot 10^2 x_2 + 0.115 \cdot 10^2 x_3 + 0.986 \cdot 10^1 x_4 + 0.505 \cdot 10^1 x_5 - 0.174 \cdot 10^2 x_6 - 0.189 \cdot 10^3,$$

(e) 耐アルカリ特性値: f_5 (%)

$$(5) f_5 = 0.230 \cdot 10^{-1} x_1^2 - 0.735 \cdot 10^{-1} x_4^2 + 0.445 \cdot 10^{-1} x_1 x_3 - 0.915 \cdot 10^{-1} x_2 x_5 - 0.124 x_2 x_4 + 0.255 \cdot 10^{-1} x_3 x_4 - 0.10 x_4 x_5 - 0.164 \cdot 10^{-1} x_1 + 0.366 \cdot 10^1 x_2 - 0.146 \cdot 10^1 x_3 + 0.543 \cdot 10^1 x_4 + 0.259 \cdot 10^1 x_5 + 0.114 \cdot 10^1 x_6 - 0.728 \cdot 10^2,$$

(f) 耐溶剤特性値: f_6 (%)

$$(6) f_6 = 0.148 x_6^2 + 0.285 \cdot 10^{-1} x_1 x_2 - 0.70 \cdot 10^{-1} x_1 x_5 - 0.765 \cdot 10^{-1} x_5 x_6 + 0.189 \cdot 10^1 x_1 - 0.830 x_2 - 0.75 x_3 + 0.714 x_5 + 0.314 \cdot 10^1 x_6 + 0.839 \cdot 10^2.$$

また, 配合条件は次のように表わされる.

(g) 配合条件

$$(7) \sum_{i=1}^6 x_i = 100,$$

$$(8) 0 \leq x_i \leq 100, i=1, 2, \dots, 6.$$

本問題は, 上記のコストおよび化学的・物理的特性値を評価規範として, 6個の目的関数をもつ最小化問題に定式化される.

$$(9) \text{Min}\{f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), f_3(\mathbf{x}), f_4(\mathbf{x}), f_5(\mathbf{x}), f_6(\mathbf{x})\}, \text{ subject to}$$

$$(10) \sum_{i=1}^6 x_i = 100,$$

$$(11) 0 \leq x_i \leq 100, i=1, 2, \dots, 6.$$

3. IWSM法[11]による目的関数の順位づけ

まず6個の目的関数の重要度分析をIWSM法を用いて行なった.

すなわち, 4人の意思決定者(本材料の各種専門家)に対して, 「目的関数 f_j は f_i よりも重要か」と質問する. 各意思決定者は, 「非常に重要である」, 「重要である」, 「重要でない」のうちのいずれかを選ぶ. このような一対比較の質問を繰り返した後, IWSM法により目的関数の重要度を多階層の有向グラフとして表現する. その一例を図1に示す. 各意思決定者のグラフをもとに専門家が集まって討議を行ない, 目的関数の重要度の順位を決定した.

その結果, 重要度の順位は $f_2, f_1, f_3, f_5, f_4, f_6$

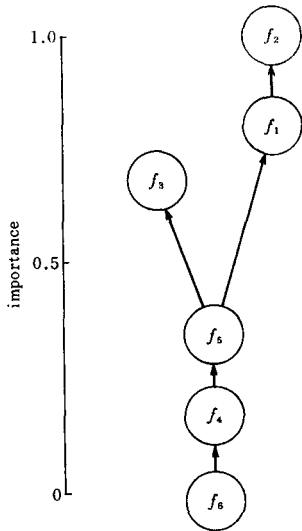


図1 Rank of the objectives.

となった。

4. 3目的最小化問題[9],[15]

重要度の分析結果をもとに専門家と討議を行なった結果、目的関数の重要度は f_1, f_2, f_3 のグループと f_4, f_5, f_6 のグループに大きく分れることがわかった。そこで、まず次のような3目的最小化問題を定式化した。

$$(12) \text{ Min}\{f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), f_3(\mathbf{x})\},$$

subject to

$$(13) 0 \leq f_j(\mathbf{x}) \leq 5, \quad j=4, 5, 6$$

and (10), (11).

4.1 SWT法の応用 (その1)

SWT法は非劣位解集合の中で、選好解を探索する過程に用いられる。意思決定者は個々の非劣位解の好ましさを、その点でのトレードオフ比を参考にして評価する[2]。本問題に対する評価結果の一例を表1に示す。

ここで、非劣位解は ϵ -制限法により求め、トレードオフ比 λ_{ij} は乗数法におけるラグランジュ乗数として求めた。選好領域は、代理価値関数値 W_{12} および W_{13} が同時に零になる領域として求めることができる。SWT法による評価の結果得られた4人の意思決定者の選好領域を図2に示す。

表1 Non-inferior points and the responses of a decision maker

f_2	f_3	f_1	λ_{12}	λ_{13}	w_{12}	w_{13}
310	45	1590	20	96	+10	+5
300	45	1720	21	97	+6	+5
300	50	1410	13	60	+5	0
290	50	1550	14	62	+3	0
280	50	1680	16	70	0	-1
270	50	1860	19	85	-2	-3
260	50	2060	20	108	-5	-5
280	55	1400	9	42	+1	0
270	55	1530	11	44	0	0
260	55	1650	12	48	0	-1
250	55	1800	14	66	0	-3
240	55	1960	19	83	-3	-5

図2から全員に共通する選好領域は存在しないことがわかる。そこで、グループ討議を行なった結果、共通する選好領域として $f_1=1500, f_2=270, f_3=55$ 付近が選出されたので、改めて、

$$(14) \text{ Min}\{f_1(\mathbf{x})\},$$

subject to

$$(15) 0 \leq f_2(\mathbf{x}) \leq 270, \quad 0 \leq f_3(\mathbf{x}) \leq 55,$$

$$0 \leq f_j(\mathbf{x}) \leq 5, \quad j=4, 5, 6$$

and (10), (11).

を解くことにより、

$$(16) x_1=20.0, \quad x_2=18.8, \quad x_3=3.2,$$

$$x_4=19.8, \quad x_5=19.5, \quad x_6=18.7,$$

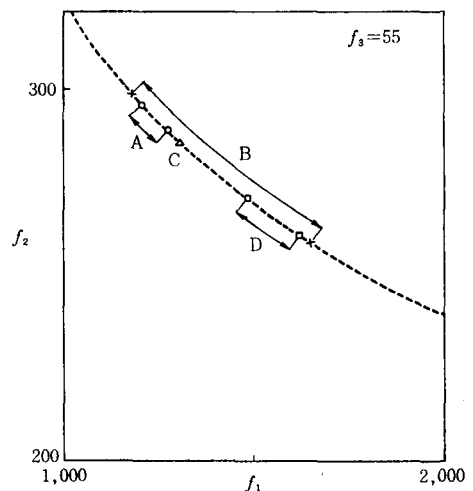


図2 Preference bands of the decision makers(1).

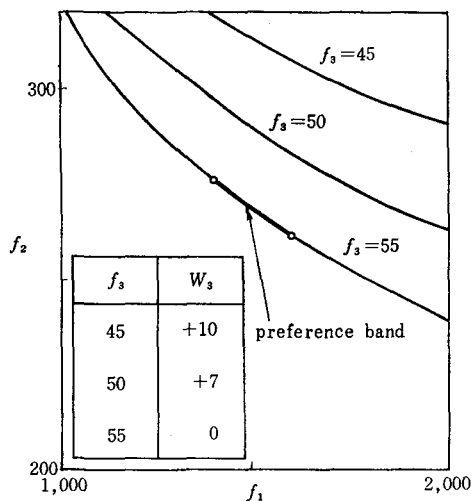


図3 Tradeoff curves and response of a decision maker.

$f_1=1500, f_2=270, f_3=55,$
 $f_4=5, f_5=5, f_6=5,$

となる配合比が決定できた。

4.2 SWT法の応用 (その2)

個々の非劣位解に対して代理価値を決定する方法では、意思決定回数が多く、選好領域の導出にいたる作業が煩雑となり、目的関数の数が多くなった場合には問題が多い。そこで、トレードオフ曲線を参考にして評価を行なうことを検討した。

まず目的関数の重要度の順位づけにもとづき、重要度の高いものから3個選んで f_i, f_j, f_k とし、 f_k をパラメータとして f_i-f_j 平面上にトレードオフ曲線群を描く。このとき他の目的関数の値は固定しておく。意思決定者は、各トレードオフ曲線に対する価値を次に定義する評価値 W_k の値で評価する。すなわち、 W_k は、

W_k $\left\{ \begin{array}{l} >0: f_k \text{の値は好ましいが、曲線上のいずれの点においても} f_i, f_j \text{の値は好ましくない。} \\ =0: f_k \text{の値は好ましく、曲線上には} f_i, f_j \text{の値が好ましい点または領域がある。} \\ <0: \text{曲線上には} f_i, f_j \text{の値は好ましい点または領域があるが、} f_k \text{の値は好ましくない。} \end{array} \right.$

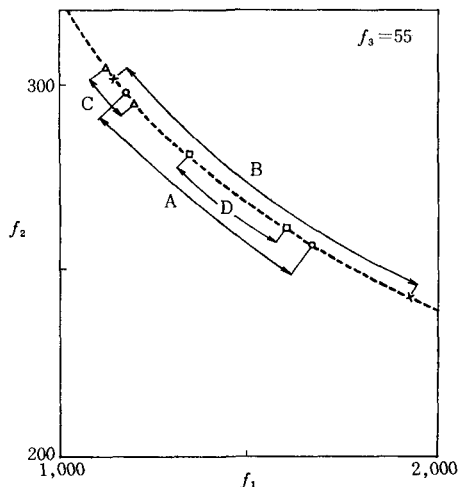


図4 Preference bands of the decision makers (2).

として、選好度合を±10の範囲で序数表現するものである。

次に、 $W_k=0$ となる f_k の値を固定し、 f_k の次に重要度の高い目的関数を改めて f_k として上記の評価を行なう。以上の手順を最も重要度の低い目的関数が考慮されるまで繰り返して選好解を導出する [9],[15]。

この方法を用いた意思決定者の評価結果の一例を図3に示す。この例では $f_3=55$ のとき $W_3=0$ となり、そのときのトレードオフ曲線上に選好領域が決定されている。他の意思決定者についても $f_3=55$ のときに $W_3=0$ となり、それぞれの選好領域が図4のように決定された。

図4と図2の結果を比較すると、図4の選好領域のほうが全体的に広がっており、望ましい点とそうでない点との境界が不明瞭となることがわかる。しかし、トレードオフ曲線群を見て選好領域を決定するほうが、個々の非劣位解の評価よりはるかに評価しやすい特徴を有する。

6目的最小化問題についても同様に本方法を適用した結果、比較的簡単に意思決定者の選好解を導くことができた [9],[15]。

表 2 Allowable ranges of f_i

f_i	f_i^*	f_i°
f_1 (yen)	1000	3000
f_2 (°C)	150	300
f_3 ($10^{-5}/^\circ\text{C}$)	50	56

5. 多属性効用関数法と SWT 法の適用
結果比較[10],[15]

ここでは、3目的最小化問題について、 $f_1 \sim f_3$ を属性とする多属性効用関数を作成し、その結果得られる無差別曲線と、SWT法の適用により得られた選好領域とを比較検討する。

6.1 多属性効用関数の作成 (その1)

多属性効用理論は、1974年に R. L. Keeney により提案された [4]. それによると、 m 個の属性 (評価規範) に関する選好空間 (あるいはそれによってもたらされる結果の空間) $X_i, i=1, 2, \dots, m$, の直積集合を X とし、 X に属する要素を $x=[x_1, x_2, \dots, x_m]^T$ としたとき、意思決定者の選好度は、選好独立性、効用独立性の仮定のもとで

$$(17) U(x) = \sum_{i=1}^m k_i u_i(x_i),$$

あるいは、

$$(18) U(x) = \left\{ \prod_{i=1}^m [1 + k k_i u_i(x_i)] - 1 \right\} / k,$$

の形の多重属性効用関数として数量表現できる。ここで、 U および u_i はすべて $[0, 1]$ の値をとるように、 $0 < k_i < 1$ なるパラメータ k_i および $k > -1$ なる k で規格化される。(17)式は加法形 (additive) 効用関数、(18)式は乗法形 (multiplicative) 効用関数と呼ばれる [4],[6].

以下では、多属性効用関数の作成手順 [5],[7] にもとづき、本問題に対する多属性効用関数を作成した結果について述べる。

表 3 Values of k_i and k

k_i, k	A	B	C	D
k_1	0.35	0.50	0.10	0.25
k_2	0.35	0.60	0.80	0.90
k_3	0.25	0.20	0.10	$0.1 \cdot 10^{-4}$
k	0.165	-0.621	0	-0.667

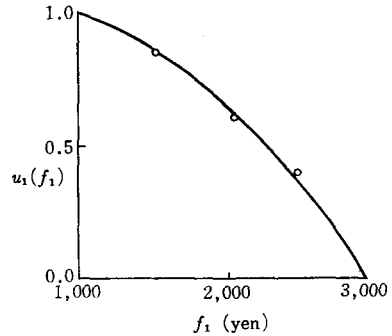


図 5 Utility function for f_1 .

関係者との討議の結果、目的関数 (以下属性と呼ぶ) f_i に対して、最良レベル値 (f_i^* とする) と最悪レベル値 (f_i° とする) を表 2 のように設定した。 f_i^* と f_i° の間の効用関数値は「くじ」すなわち、"the 50-50 lottery technique" [16] により意思決定者にアンケートを行ない決定した。その結果の一部を図 5 に示す。スケール定数 k_i は図 6 に示す「くじ」を用いて意思決定者にアンケートを行ない決定する。

すなわち、属性 f_i を除いた残りの属性を f_{-i} と表わすとき、 k_i は、図 6 において「くじ」と CE (Certainty Equivalent) が無差別となる場合の確率 p^* として求められる。次に、スケール定数 k は、(18)式に f_i^* および k_i を代入して得られる方程式の根として求まる (ただし $k > -1$ とする)。求められた k_i および k を表 3 に示す。

SWT法の結果では、 $f_1 \sim f_2$ 平面上で $f_3 = 55$ におけるトレードオフ曲線に沿って意思決定者全員の選好領域が求まっている。そこで、 $f_3 = 55$ と固定して $f_1 \sim f_2$ 平面上に多属性効用関数の無差別曲線を描き、SWT法の結果との比較を行なった。

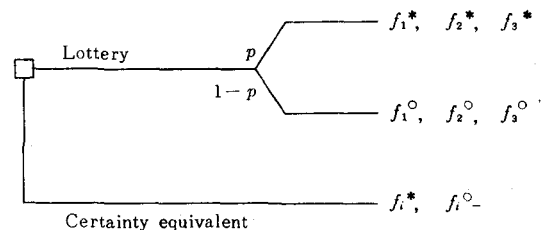


図 6 Evaluating the scaling constants.

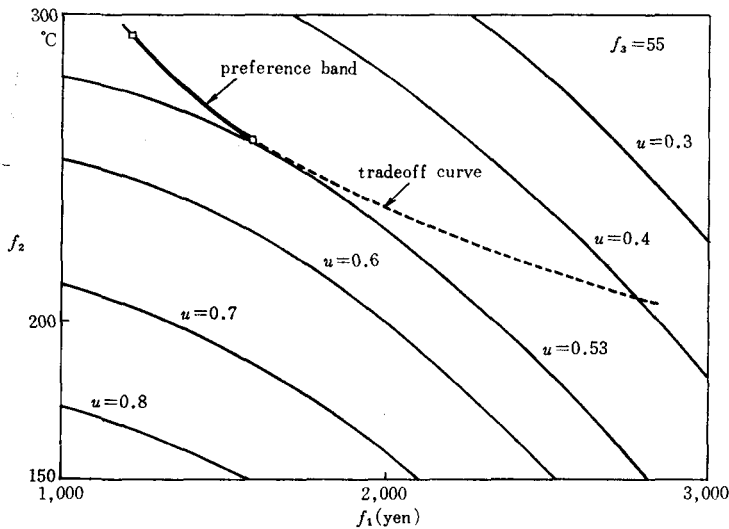


図7 Indifference curves of the utility function and preference bands on the tradeoff curve (by Mr. A).

図7は意思決定者A氏についての比較結果である。A氏については、多属性効用関数の無差別曲線とトレードオフ曲線Cの接点が、SWT法により得られた選好領域にはほぼ一致している。4人の意思決定者に対して比較を行なった結果、A氏のほかB氏についてもその接点は選好領域にはほぼ一致したが、C氏およびD氏については大きくずれることがわかった。

C氏およびD氏のずれは、効用関数 $u_i(f_i)$ およびスケール定数 k_i の決定に「くじ」を用いたことによる測定誤差と考えられる。そこで検証のために

(19) $u_2(f_2') = 0.5$,
となる f_2' を求め、図6の f_i^* を f_2' に f_i° を f_2° に置き直して「くじ」を作り、その結果決定される確率を $p^{0.5}$ と定義して p^* の値との比較を行なった。ここで $p^{0.5}$ は、

(20) $p^{0.5} = p^*/2$,
を満足すべきである。しかし実際にアンケートを行なった結果表4のようにA氏、B氏は $p^{0.5}$ の値が p^* の値のほぼ半分になったのに対し、C氏およびD氏の場合にはその差がいちじるしい。

6.2 多属性効用関数の作成 (その2)

ここでは、効用関数 $u_i(f_i)$ およびスケール定数

表4 Probability corresponding to the utility

p	A	B	C	D
p_2^*	0.35	0.60	0.80	0.90
$p_2^{0.5}$	0.25	0.30	0.70	0.15

k_i の決定段階のすべてに「くじ」を用いるのではなく、意思決定者に特定の無差別曲線を描いてもらい、それを用いて多属性効用関数を作成することを検討した。

すなわち、最も重要度の高い属性 f_j の効用関数 $u_j(f_j)$ およびスケール定数 k_j のみ「くじ」を用いて決定する。他の属性 f_i の効用関数 $u_i(f_i)$ およびスケール定数

$k_i (i \neq j)$ は、 $f_i - f_j$ 平面上で $f_i = f_i^*$, $f_j = f_j^{\circ}$ の点を通る無差別曲線を意思決定者に描いてもらい、その無差別曲線と $u_j(f_j)$ および k_j より導出する[10], [15].

この方法を用いて意思決定者C氏およびD氏について、多属性効用関数を作成し、SWT法の結果との比較を行なった。D氏の場合を図8に示す。図8において、多属性効用関数の無差別曲線とトレードオフ曲線との接点が、SWT法により得られた選好領域と少しずれてはいるが、ほぼ一致している。B氏についても同様に、その接点が選好領域にはほぼ一致する結果を得た。

7. あとがき

従来、単目的問題として処理してきた工業材料の原料配合比決定問題を多目的最適化問題として定式化し、SWT法ならびに多属性効用関数法を適用して最適化を行なった。その結果、複数個の評価規範のもとでの設計がより円滑に行なえるようになった。

SWT法において、トレードオフ比を参考にして非劣位解を個々に評価する方法では、選好解を導出する作業が煩雑になる。そこで、トレードオ

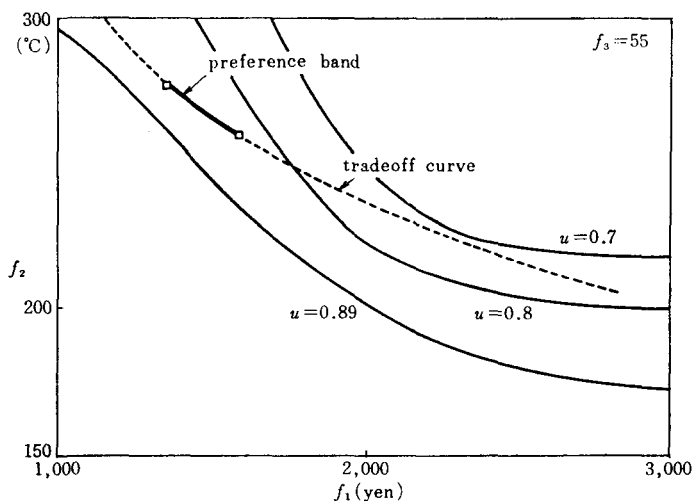


図 8 Indifference curves and the preference band (by Mr. D).

フ曲線に対する評価値を定義して評価することにより選好解を比較的簡単に導出することができた。また、多属性効用関数法において、各属性の効用関数形状およびスケール定数の測定過程のすべてに「くじ」を用いる方法では、それらの測定に大きな誤差を生じる場合がある。そこで、意思決定者の描く無差別曲線を利用して多属性効用関数を作成することにより、意思決定者の選好基準をより正確に表現できるようになった。

現在までに、各種設計業務のほかに、在庫管理における発注量・発注点決定問題[12],[13]および設備投資評価問題[14]のような計画業務に多目的最適化手法の応用を検討してきたが、専門家の意見を集約し、十分に検討する必要がある設計業務にはSWT法が適し、短時間で決断する必要のある計画業務には多属性効用関数が適していると考えられる。

最後に、本研究に際し、ご力いただいた松下電工(株) 総合技術研究所 酒井哲課長ならびに研究員の方々に感謝いたします。

参 考 文 献

[1] Fishburn, P. : Utility Theory. *Management Science*, Vol.14(1968), 335-378
 [2] Haimes and Hall : Multiobjectives in Water Resource Systems Analysis : The Surrogate

Worth Tradeoff Method. *Water Resources Research*, Vol.10, No.4 (1974), 615-624

[3] Haimes, Hall and Freedman : *Multiobjective Optimization in Water Resources System*, Elsevier, 1975

[4] Keeney, R. L. : Multiplicative Utility Functions. *Operations Research*, Vol.22 (1974), 22-34

[5] Keeney, R. L. : *Selecting Nuclear Power Plant Sites Using Decision Analysis*, Woodward-Clyde Consultants, 1975

[6] Keeney and Raiffa : *Decision With Multiple Objectives*. Wiley, New York, 1976

[7] Keeney, R. L. : The Art of Assessing Multiattribute Utility Functions. *Organizational Behavior and Human Performance*, Vol. 19 (1977), 267-310

[8] 宮武・杉野 : 交通システムの評価 (効用理論的アプローチ), 計測と制御, Vol.16 (1977), 123-128

[9] 西川・野村 : 多目的最適化手法を用いた工業材料配合比の決定 (1), 第19回自動制御連合講演会, 1976

[10] 西川・野村 : 多目的最適化手法を用いた工業材料配合比の決定 (2), JAACE 第21期学術講演会, 1977

[11] Nishikawa, Y. and Nomura, J. : Interpretive Weighted Structural Modeling (IWSM) and Its Applications to a Scheduling and a Budget Allocation. *TIMS 24th International Meeting*, Honolulu, 1979

[12] Nishikawa, Y. and Nomura, J. : Multiobjective Optimization of Inventory Management by Use of Utility Theory. *proc. 1st International Symp. on Policy Analysis and Information Systems*, 1979, 460-465

[13] Nishikawa, Y., Nomura, J., Sawada, K. and Takada, H. : Multiobjective Optimization of Ordering Point Decision in Inventory

特集に当って

昨年10月に開かれた第2回数理計画シンポジウムは、本誌1月号の福島雅夫氏による報告にもあるように多数の参加者と各講師の熱のこもったご講演を得て成功裡に幕を閉じた。その後いろいろな方々から感想をうかがう機会があったが、いささか手前みそながら概して好意的な意見が多いようである。その中でも一致して評判のよかったのは数理計画の応用に関する講演である。これは数理計画30余年の歩みの中で静かに進行してきたかみえる実用化の普及が、技法の進歩とコンピュータの発達と相まってようやく顕在化し多数の人が応用を真剣に考え始めたことの1つのあらわれではないだろうか。シンポジウム委員長の伊理先生もその挨拶の中で“巷間に喧伝されているより遙かに多く、技術・経営の各分野に着実に滲透しそれぞれ大きな効果をあげつつある”と述べておられる。

しかし、線形計画法をはじめとする応用パッケージが各所で開発され、使いやすくなったからといって、盲目的に使用したのでは何の成果も得られないだろう。一見もってもらしい数値を出力するだけよければ悪くともいえる。しばしば“線形計画法を用いて最適解を出してみたが、実際には使えなかった”とか“コンピュータが計算した最適解より経験者のはじき出した解が現実にはより最適だった”という類の数理計画無用論を耳にするが、私の意見では、これらのほとんどは対象とする問題の理解の不足か、あるいは数理計画に精通した専門家の不在に起因している。まだ不完全であるとはいえ、理論および技法としての数理計画は、正しく使用すれば、広範な問題に対し、有用な情報や判断を提供し得るレベルに十分達していると思う。大上段に言えば、この理論と現実のギャップを

埋めることこそわれわれORマンの努めであり、大きな可能性を秘めた分野でもある。

このような意味で、今回の特集「数理計画の応用」はまさに時宜にかなった企画といえよう。内容については、シンポジウムの応用セッションのオーガナイザーをされた青沼龍雄先生とも相談した結果、応用という立場で、シンポジウムの講演の中から7編を選ばせていただいた。最初の3編は、シンポジウムの特集テーマでもあった多目的最適化の応用に関するもので、地域計画、経営計画および材料配分問題への適用を扱っている。後半の4編は、それぞれの企業における数理計画の実施例で、どれをとっても実用的かつおもしろい問題である。技法的には整数計画法の2編と線形・非線形計画法の2編に分かれている。すべてに共通しているのは、数理計画に詳しいORワーカーが、解決すべき問題をかかえている現場へ乗り込み、十分な討論による理解を経て、数理計画による解決策を得たということで、成功に必要なノウハウが随所に見出されるであろう。本特集が呼び水となって、このような事例が少しでも拡大してゆくことになれば、私ども編者の望外の喜びである。

最後に、宣伝になるが、シンポジウムの論文集に言及しておきたい。この中には、本特集の7編のさらに詳細な内容に加え、理論に重きを置く論文が7編収められており、OR学会を通じて販売中である。また、第3回の数理計画シンポジウムの準備は刀根薫先生を中心に鋭意進行中で、本誌の黄ページを通じてご承知のとおり、G. B. Dantzig教授を特別講師にお迎えして、10月20、21日の両日、東京農林年金会館にて開催の予定である。多数の方々の参加を期待したい。

(茨木俊秀 京都大学工学部、第2回数理計画
シンポジウム実行委員長)

Management by Use of Utility Theory. *proc. IFAC 8th Triennial World Congress, Kyoto, 1981, Vol. X, 125-130*

- [14] Nishikawa, Y., Nomura, J., Inaki, T., Hashizume, J. and Sawada, K.: Multiobjective Assessment of Investment Plans by Use of Utility Theory. *proc. IFAC 8th Triennial*

World Congress, Kyoto, 1981. Vol. X, 131-136

- [15] Nishikawa, Y. and Nomura, J. Multiobjective Optimization of Ratios for Blending Industrial Materials. *proc. 2nd Mathematical Programming Symp. Japan, 1981, 159-185*
- [16] Raiffa, H.: *Decision Analysis*. Addison-Wesley, Reading, Mass., 1968