商品選択問題についての多属性効用関数法の応用

岡　本　眞　一*

1．はじめに

消費者が商品を選ぶ際には、その商品が、安価であること、機能がすぐれていること、安全であること、など、種々の特性を総合的に判断して、どの商品を購入するかの決定を下している。一般的に、商品の選択は主観的かつ直観的な判断によることが多いが、これを数量的に記述しようとすると、多くの困難な問題に直面する。１つは人の感覚的な好みの問題など数量化の困難な特性が含まれていることである。他の問題は、感覚的な選好と価額など測定尺度の異なる多数の特性を総合的に評価しなければならないという点である。

このような問題を扱う手法としての多属性効用関数法について検討を加えた。この多属性効用関数法はKeeney[1),2)]などにより紹介され、大規模システムの解析に利用されてきた。たとえば、空港建設計画の評価[2)]、水資源計画の評価[3)]、住居環境評価[4)]などである。今日までに紹介されている適用事例は地域開発計画などの大規模システムについてのものが大部分であるが、この考え方は、身近かな商品選択の問題についても有効である。

この多属性効用関数法では、意思決定者の選好を数量的に表現するためにアンケート調査を実施する。このアンケート調査は、比較的にその問題について精通した少数の被験者を対象とする。そして、その被験者の価値構造を明らかにすることにより、その問題についての定量的な解析が可能になる。このためのアプローチの方法の１つが効用分析である。

2．効用理論

効用理論では、意思決定者（decision maker）が選択すべき対象を代替案（alternative）と呼んでいる。判断を求められた意思決定者は、代替案について、種々の選択基準から検討を加える。そして、その検討結果に基づいて、総合的な判定を下し、最も好ましいと思われる選択を行っている。この際に、評価すべき特質を属性（attribute）と呼んでいる。１つの意思決定問題の中には、多数の属性が含まれていることが多い。

たとえば、消費者の商品選択についての問題では、低価格であり、かつ高機能なものが選好される。このときの価格と機能性は「商品選択問題」における属性であると云える。一般的に、この低価格と高機能は相反する特質である。このため、実際には、ある程度の妥協が必要であり、両者のバランスを考えて判断が下される。このような相反する属性間のバランスを解析することをトレードオフ分析(trade-off analysis)と呼んでいる。

意思決定者が各属性をどの程度に好ましいと思っているかを明確に示すことは難かしいが、各属性の値についての相対的な満足度や属性間の関係についての相対的な選好の程度についての判断を下すことは比較的容易である。このよ

＊東京情報大学助教授

1989年５月19日受理

うな意思決定者の価値判断のプロセスを数量的に表現する解析手法が効用関数法である。ここで、代替案を評価するための属性が２つ以上である場合を、多属性効用関数（Multiattribute Utility Function；MUF）法と呼んでいる。

いくつかの選択肢の中から１つを選択するプロセスを考えてみる。その意思決定者の判断は、その選択によって、最大の効用が期待できるとの考えに基づくものである。しかし、効用の度合（たとえば投資による利益など）が明らかになるのは将来のことであり、意思決定を行う際には、まだ確定値ではない。したがって、意思決定者の不確実性に対する「考え方」によって、判断が変ってくる。

ここで、この不確実性を「くじ」で表現することにする。この「くじ」に当る確率をＰ、その期待値を $\bar{x}$ とする。Ａ氏は「くじ」を引くよりも、確実に $\bar{x}$ を得る方がよいと考えているとすれば、Ａ氏の選好（preference）はリスク回避型（risk aversion）であると呼ぶ。Ｂ氏は期待値 $\bar{x}$ を取るよりも、確率は小さくとも、より高い効用（収益 etc.）を求めて、「くじ」に賭けようと考えている。このＢ氏の選好はリスク志向型（risk prone）であるという。また、「くじ」を引くこととその期待値を受け取ることに差がないと考えるならば、その選好はリスク中立型（risk neutral）であるという。

さらに、「くじ」を引くことと、確実に $\hat{x}$ を受け取ることに差がないと感ずるときに、$\hat{x}$ をこの「くじ」の確実同値額(certainty equivalent)という。したがって、属性 x についての効用を $u(x)$ とすれば、リスク中立型の場合についてのみ、次式が成り立つ。

$$u(\bar{x}) = u(\hat{x}) \qquad (1)$$

リスク回避型では $\hat{x} < \bar{x}$ であり、リスク志向型では $\bar{x} < \hat{x}$ となる。このリスク回避型とリスク志向型の効用関数を図・１に示す。

効用関数 $u(x)$ は、属性 x の最悪値 x_1 において最小値 $u(x_1) = 0$ となり、最良値 x_2 において最大値 $u(x_2) = 1$ となるような関数である。したがって、効用関数の関数型を

$$u(x) = a - be^{-cx} \qquad (2)$$

とすれば、$u(x_1) = 0$、$u(\hat{x}) = 0.5$、$u(x_2) = 1$ を通る曲線として、係数 a、b、c を決定することができる。より詳しい議論は Keeney[1)]、榛木[4)] などに述べられている。ここで、意思決定者の

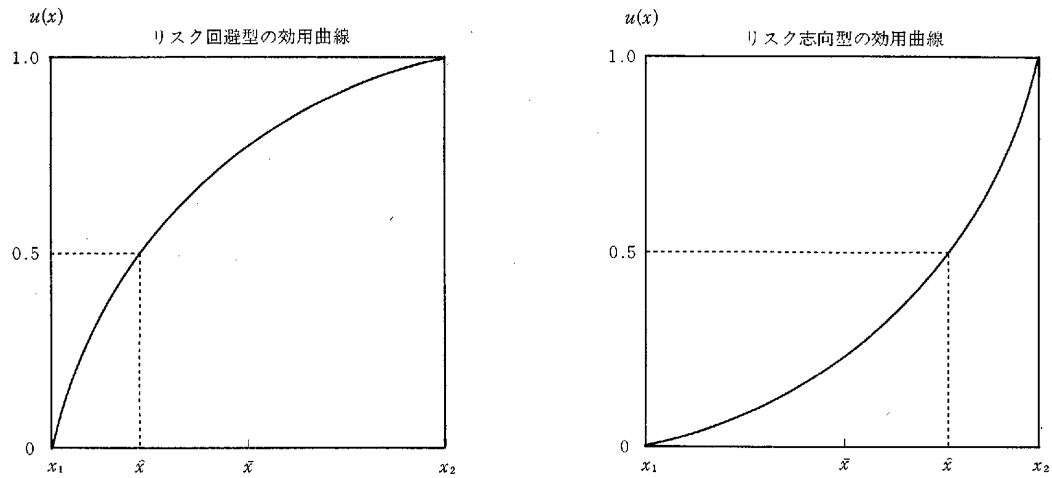


図１　リスク志向型とリスク回避型の効用関数の例

確実同値額$\hat{x}$を求めるためのアンケート調査用紙の一例を表・1に示す。

3．多属性効用関数法

評価対象がn個の属性により表現できると仮定すれば、この種の多目的決定問題は式(3)によって定式化される。

$$\underset{x \in X}{\text{maximize}}\{f_1(x), f_2(x), \cdots, f_n(x)\} \quad (3)$$

ここで、x：n次元意思決定変数

f_i：単一目的関数

さらに、式(3)は次の形に表現することができる。

$$\underset{x \in X}{\text{maximize}}\ U\{u_1(x_1), u_2(x_2), \cdots, u_n(x_n)\} \quad (4)$$

表・1 確実同値額$\hat{x}$を求めるためのアンケート調査用紙の一例

「説　明」

くじ（Lottery）について

Lottery

A　,　B

Lという箱の中に、AとBの2個のボールが入っているとお考えください。

いま、箱Lの中から、ボールを1つ取り出す時、Aを取り出す確率も、Bを取り出す確率もそれぞれ1/2です。また、Aが出るか、Bが出るかは、わかりません。

このような箱Lのことを

「確率1／2で結果の起こる〝くじ〟」

「50—50の〝くじ〟」

と、呼びます。

1「質問－1」

この質問は、家庭用暖房器具を購入する際に、支払わなければならない金額（本体価格）の選好をきくものです。いま維持費（電気代、石油代）は一定で7200円とします。

M	L
6　万	5.8万　32.6万
11　万	5.8万　32.6万
15　万	5.8万　32.6万
21　万	5.8万　32.6万
26　万	5.8万　32.6万
31　万	5.8万　32.6万

ここで、箱Mには確実に起る事項が入っており、箱Lには確率½で起る2つの事項が入っています。すなわち、「50-50のくじ」です。箱Mと箱Lのいずれを選んでも満足度が同じであると感じるのは上のどの場合ですか。

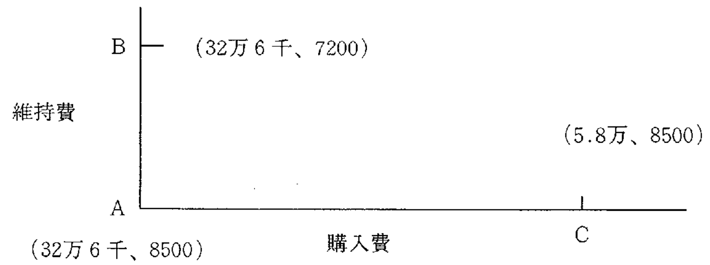
ここで、U：多属性効用関数
x_i：$f_i(x)$
X：$\{x_1, x_2, \cdots, x_n\}$　で構成される属性空間
u_i：単一属性効用関数

したがって、対象とする多目的決定問題は式（４）より、単一属性効用関数を統合した形の多属性効用関数で表現できることに帰着し、評価対象を効用値で比較検討することが可能となる。

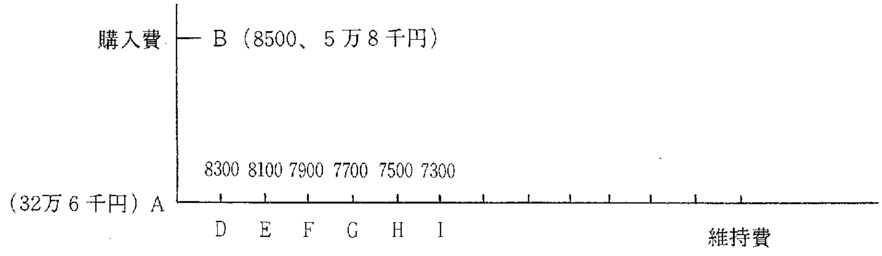
Keeney[5]によれば、属性空間$X=\{x_1, x_2, \cdots, x_n\}$において、効用独立および選好独立が成立

表・2　多属性効用関数におけるスケール定数k_iを決定するためのアンケート調査用紙の一例

「質　問―５」
今、購入費が32万６千円、その支払わなければならない維持費は、一定で、8500円という状況（Ａ点）を想像してください。
つまり、購入費、維持費共に最も高いレベルである状況が、あなたに起ころうとしています。
さて、この両者の内、いずれか一方だけを最も安いレベルにする、または、最も低いレベルにすることができるとすれば、あなたは、どちらを選びますか？
下図でいえば、Ｂ点とＣ点とを比べると、どちらが好ましいですか、ということです。



「質　問―11（Ａ）」
先程の質問で、維持費を最良にすることを、購入費を最小にすることより、重要視することがわかりました。今度は、購入費が最も安く、維持費が最も悪い状況であると想像して下さい。つまり、（8500、５万８千円）という状況（Ｂ点）にいると想像して下さい。さて、購入費が最も安く、維持費が最も悪い点（Ｂ点）とＤ～Ｉ点との選好状況をお尋ねします。



Ｂ点と無差別に感じる点は、Ｄ～Ｆ点のうちどの点ですか。
＊＊この質問は「質問―５」で１（Ｂ点）と答えた方のみお答え下さい。＊＊

すれば、多属性効用関数$u(x)$は加法形あるいは乗法形で表現できることが証明されている。

i）加法形効用関数

$$U(X)=\sum_{i=1}^{n} k_i u_i(x_i), \quad (5)$$

$(\sum_{i=1}^{n} k_i=1$ の場合$)$

ii）乗法形効用関数

$$U(X)=\frac{1}{K}\left[\prod_{i=1}^{n}\{1+Kk_i u_i(x_i)\}-1\right], \quad (6)$$

$(\sum_{i=1}^{n} k_i \neq 1$ の場合$)$

ここで、Uおよびu_iは0から1までの値をとる効用関数である。また$\sum_{i=1}^{n} k_i \neq 1$のとき、$K$は式(7)の解であり、$K>-1$かつ$K\neq 0$である。この$K$および$k_i$をスケール定数と呼ぶ。

$$1+K=\prod_{i=1}^{n}(1+Kk_i) \quad (7)$$

ここで、効用独立（utility independent）とは、ある属性上の「くじ」に対する条件付き選好が他の属性のレベルに依存しないことである。

この効用独立の検証およびスケール定数k_i、Kの決定を行うためには、意思決定者に対して、アンケート調査が実施される。このアンケート用紙の一例を表・2に示す。

4．応用例

消費者の商品選択における価値観の定量化についての多属性効用関数法の適用例をここに紹介する。ここで取り上げた事例は、家庭用空調器具の選択についての問題[6]である。

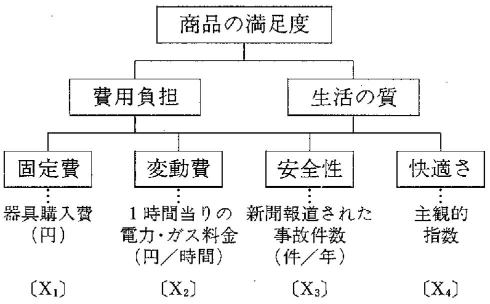


図2 空調器具の選択における各属性の階層構造

一般的な家庭で用いられている冷暖房用器具として、（i）電気による冷暖房（ヒートポンプ式ルームエアコン）、（ii）ガスＦＦ式クリーンヒータ（ガスによる暖房、電気による冷房）、の2種類を考える。購入時における消費者の価値判断の構造を多属性効用関数法を用いて解析することにより、上記2つの代替案の評価を行った。

消費者がこれらの商品を選択する際の目標および評価項目を整理した結果、図・2のような階層構造が得られた。すなわち、空調器具の選択に際しては生活の満足度を最大にするために、可能な限り費用を小さくすると同時に、生活の質の向上を図ることが考えられる。しかし、この両者はトレードオフの関係にある。次に、費用の最小化は固定費の最小化と変動費の最小化に細分される。一方、生活の質の向上は安全性の最大化と快適さの最大化に分割される。

また、それぞれの評価項目の具体的な指数（属性）として、固定費には機器購入費、変動費としては1時間当りの電力・ガス料金、安全性には年間の事故発生件数を採用した。快適さには、安全性を除いた生活の質を総称するものとして意思決定者が0～100の数値で評価する主観的指数を採用した。これらの各属性の最良値と最悪値を表・3のように設定した。

この問題の背景としては、一般的な家庭を対

表・3 家庭用空調器具の選択問題における各属性の最良値と最悪値の設定値

属　性	最悪値	最良値
X_1 器具購入費(円)	450,000	200,000
X_2 電力・ガス料金(円/時間)	70	30
X_3 事故件数(件/年)	60	0
X_4 快適さの指数	0	100

表・4 意思決定者の背景についての設定値

項目	設定値
収入	年収400万円程度
家族	4人（主人41才）
家屋	1戸建木造家屋

象としており、その状況を表・4のように設定した。この表・4に示す状況を意思決定者に想定させて、面接によるアンケート調査を実施した。

4人（ここでは、A、B、C、Dとする）について行った面接調査結果より、各被験者の選好構造を記述した効用関数を同定した。一例として、A氏についての効用関数を表・5に示す。この表において、$u_1(x_1)$は固定費、$u_2(x_2)$は変動費、$u_3(x_3)$は安全性、$u_4(x_4)$は快適さのそれぞれの効用値を表わす単一属性効用関数である。次に、$U_{12}(x_1, x_2)$は固定費と変動費を統合した費用についての多属性効用関数、$U_{34}(x_3, x_4)$は安全性と快適さを統合した生活の質の多属性効用関数である。さらに、U_{1234}はすべての属性を統合した満足度に対する多属性効用関数である。

単一属性効用関数$u_1(x_1)$、$u_2(x_2)$、$u_4(x_4)$は4人ともに、直線あるいは線形に近い曲線であり、4人の被験者すべてが、これらの属性のリスクに対して中立的であることが明らかになった。一方、安全性についての効用関数は、A、C、Dの3氏が下に凸の曲線であり、リスク志向型である（図・3参照）。

ここで求められた被験者A、B、C、Dについての多属性効用関数に2つの代替案（ヒートポンプ式ルームエアコンとガスＦＦ式クリーンヒータ）についての属性の値を代入して、比較した結果が図・4である。

この結果を見ると、費用についての効用値はＦＦ式クリーンヒータの方が高いが、生活の質についての効用値ではルームエアコンの方が高くなっている。全体としての効用値、すなわち、満足度はルームエアコンの方が高い値となっている。これは、被験者4人がともに安全性を重視したためであり、多少は他の属性を犠性にしても安全性に対して強い選好を示していると判断できる。

5．おわりに

多属性効用関数法は、始めに社会開発などの大規模システムを解析するための手法として提案されたが、その考え方は我々の身近な商品選択など、あらゆる価値判断を求められている問題に適用することが可能である。

その解析結果は、複数の選択肢についての優劣を評価する際に、定量的な理解を容易にする点において有効である。

しかし、この手法を適用する際には、いくつかの注意事項があり、これらについては、文献1、4などにも述べられている。とくに、アンケートの作成については工夫が必要であり、この段階での検討（属性の決定など）が全体の成否を左右する場合もある。

また、この多属性効用関数法には、多くの問題も残されている。例えば、この方法は個々の意思決定者の価値観を定量化したにすぎず、集団としての意思決定のプロセスについては配慮されていないこと、などである。

今後、これらの問題点が解明されるようになれば、その利用範囲はなお一層広がるものと考えられる。

謝辞

最後に、本稿をまとめるにあたって、御指導

表・5　A氏についての効用関数

$$u_1(x_1)=10.508[1-\exp\{0.0000004(x_1-450000)\}]$$
$$u_2(x_2)=-0.547[1-\exp\{-0.026(x_2-70)\}]$$
$$u_3(x_3)=-0.157[1-\exp\{-0.033(x_3-60)\}]$$
$$u_4(x_4)=x_4/100$$
$$U_{12}(x_1, x_2)=-1/0.555[\{1-0.199u_1(x_1)\}\{1-0.444u_2(x_2)\}-1]$$
$$U_{34}(x_3, x_4)=1/0.880[\{1+0.528u_3(x_3)\}\{1+0.231u_4(x_4)\}-1]$$
$$U_{1234}(x_1, x_2, x_3, x_4)=-1/0.863[\{1-0.777U_{12}(x_1, x_2)\}\{1-0.388U_{34}(x_3, x_4)-1]$$

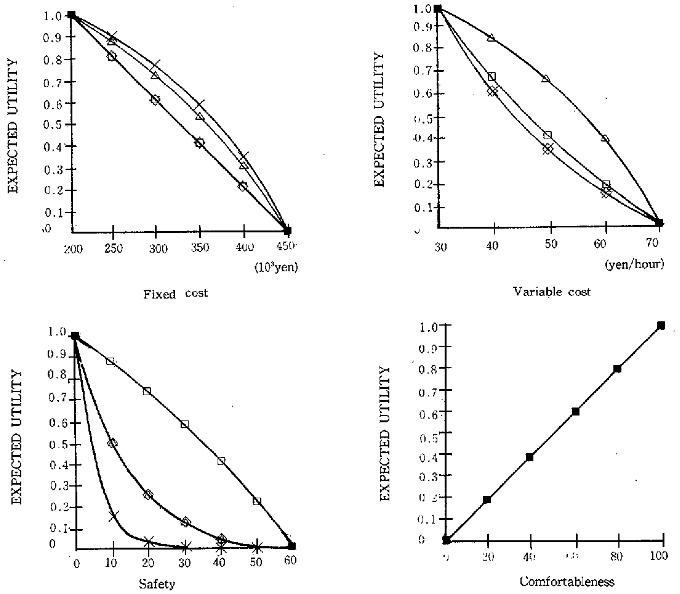


図3 単一属性効用関数；被験者A(◇)、B(□)、C(△)、D(×)について

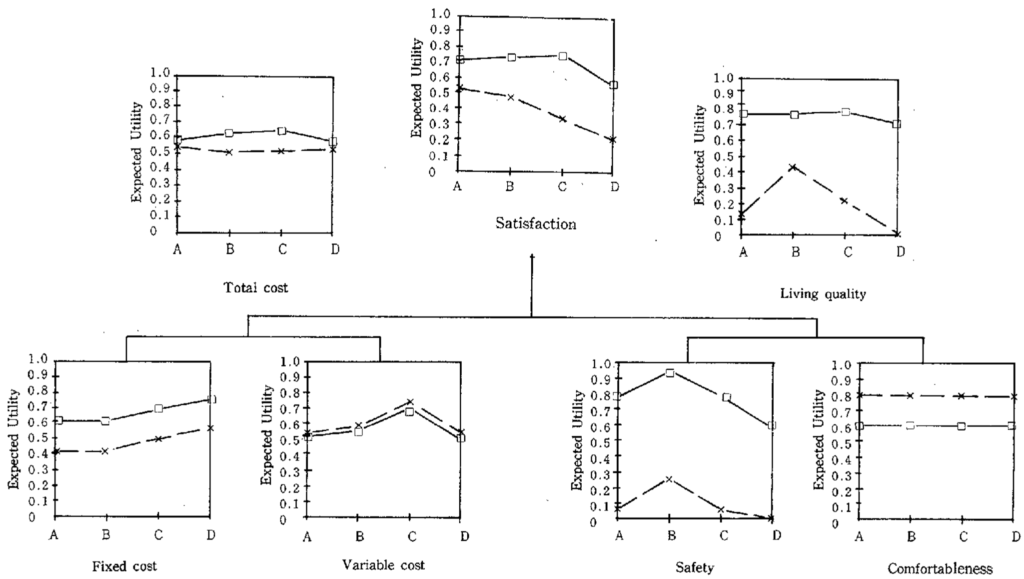


図4 被験者A、B、C、Dによるルームエアコン(□)とクリーンヒータ(×)についての効用値の比較

並びに御協力をいただいた早稲田大学理工学部・塩沢清茂教授及び塩沢研究室の方々に感謝の意を表します。

参考文献

1) Keeney, R.L. and Raiffa, H., Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade offs, New York : John Wiley & Son. (1976)
2) Keeney, R.L., "A decision analysis with multiple objectives : the Mexico City Airport", Bell J. Economics and Management Sci., **4**, pp. 101-117 (1973)
3) 瀬尾芙巳子：近畿総合地域開発プロジェクト；地域開発に関するシステムズ・アプローチ・テキスト, pp. 79-92, 日本自動制御協会 (1979)
4) 椹木義一, 河村和彦編：参加型システムズ・アプローチ・手法と応用, 日本工業新聞社(1981)
5) Keeney, R.L., "Multiplicative Utility Functions", Operations Research, **22**, pp.22-34 (1974)
6) 開沼泰隆, 橋本克之, 岡本眞一, 塩沢清茂：価値観の定量化に関する研究, 早稲田大学理工学研究所報告 **115**, pp.13-22 (1986)