

AHP (階層化意思決定法)

吉 谷 清 澄*
(1992年 9月10日受理)

ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

By

Kiyosumi YOSHIYA

The analytic hierarchy process is a useful decision support system. This paper briefly explains its fundamental theory, usage, and applications.

[キーワード] 意思決定解析, 多目的評価基準, 優先度.
decision analysis, multiple criteria, priorities.

1. ま え が き

AHP (Analytic Hierarchy Process, 階層化意思決定法)⁽¹⁾ は, 一対比較を利用した意思決定支援法(付録1)の一種であり, Analytic Hierarchy Process の三つの単語は, それぞれ次の内容を表している。

Analytic: 代替案のウェイトを解析的に求める。
Hierarchy: 意思決定の構造を階層図で表現する。
Process: 結果の状況次第で一対比較や階層図作りを繰り返す。

AHP には, 以下に示すような多くの長所があるため国際的に大きな注目を集め, これに関する多数の理論的検討および適用事例が報告されており⁽¹⁾⁻⁽⁹⁾, 筆者もこれに関する基礎的検討を行ってきた⁽¹⁰⁾⁻⁽¹⁶⁾。

(AHP の主な長所)

- 理論的枠組みが整備されている⁽¹⁾⁻⁽⁹⁾。
- 効用理論⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾ などのような従来の多目的意思決定支援法に比べ, その使用方法が簡単である。
- 代替案同士の一対比較により, 数値化できない感覚的対象について各代替案のウェイト(重要度, プライオリティ, 優先度ともいう)を簡単に計算できる。
- 階層図を作る過程で, 意思決定者の意思決定過程が整理され, 明確化される。
- 一対比較行列の成分間の整合性を計る指標がある。

- グループによる合成ウェイトを求めることができ, グループ内での合意形成に役立つ。
(AHP のキャッチフレーズ)⁽²⁾
- フィーリングを科学する。
- 曖昧な状況をズバリ解明する。
- 多様化する価値観への対応を探る。
- 意思決定をゲーム感覚で。

2. AHP の使用法

先ず, AHP のイメージを具体的に理解して頂くため, 3種類の新車の中から最適な車を選択・購入する問題に AHP を適用した場合の使用手順と, その際の注意事項などを文献(2)から引用する。

2.1 使用手順

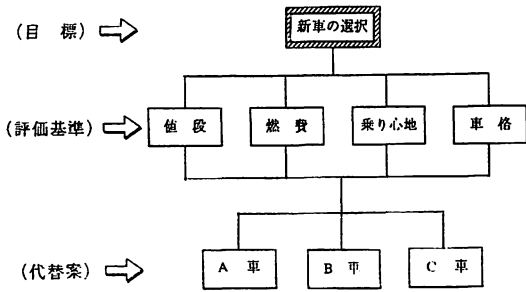
(手順1)

意思決定問題を「目標」(新車の購入), 意思決定者の設定した「評価基準」(値段, 燃費, 乗り心地, 車格), および, 「代替案」(A車, B車, C車)に分解し, 第1図のような階層図に表す。なお, 階層図には付録2に示すような種々のタイプがある。

性格の異なる評価基準が複数ある場合には, それに応じて評価基準の階層(レベルと呼ぶこともある)も複数個できる。そのとき, 上の階層の要素を下の階層の要素の親要素, 下の階層の要素を上階層の要素の子要素と呼ぶ。

(手順2)

* 情報管理部 電子計算機室



第1図 例題の AHP 階層図

第2表 一対比較行列の例 (新車購入に関する評価)

(評価基準) 「新車購入」	(後者)				ウェイト
	値段	燃費	心地	車格	
前者 値段	1	3	5	7	0.544
燃費	1/3	1	5	7	0.311
乗り心地	1/5	1/5	1	3	0.097
車格	1/7	1/7	1/3	1	0.048

(整合度=0.075)

第1表 一対比較値とその意味

一対比較値 a_{ij}	意味
1	前者が後者と同程度に重要 (equally important)
3	前者が後者よりやや重要 (weakly more important)
5	前者が後者よりかなり重要 (strongly more important)
7	前者が後者より非常に重要 (very strongly more important)
9	前者が後者より絶対的に重要 (absolutely more important)
2, 4, 6, 8	補間的に用いる
上の数値の逆数	後者から前者をみた場合に用いる

目標を達成するためには、評価基準 i は評価基準 j に比べてどの程度重要かを第1表の「意味」を参考にし、それに対応する一対比較値 a_{ij} をもとにして第2表のような一対比較行列をつくる*。但し、対角成分(すべて1)より下の成分の値は対角成分に関して対称な成分の逆数とする。第2表は、新車の購入に関して例えば「値段」が「燃費」より“やや重要”であると判断したことを示す。

(手順3)

各評価基準に関して代替案 i は代替案 j に比べてどの程度重要かを先と同様に評価し、各評価基準毎に別の一対比較行列をつくる。

(手順4)

各一対比較行列の最大固有値に対応する固有ベクトル(成分和=1)を求め、固有ベクトルの各成分をそれぞれ目標に関する各評価基準のウェイト、又は、ある評価基準に関する各代替案のウェイトとする。第2表には、先の一対比較行列から求めたウェイトも示してある。

(手順5)

上で求めた各ウェイトを後述の方法で合成し、各代替案の総合ウェイトを求め、最も大きいウェイトを持つ代替案を最終案の候補とする。

2.2 注意事項

次に、AHP を使用する際の注意事項を述べる。

- (1) 同一レベルに取り入れる要素(評価基準, 代替案)は互いに独立性の高いものを採用する。
- (2) 一対比較の対象とする要素の数は7まで、多くても9以下にする。これ以上になるときは、グループ分けをしてグループ間の一対比較をし、そのグループの下位レベルに要素を入れて、レベルを一つ増やす。
- (3) 一対比較値に自信が持てない場合、あるいは、後述の整合度の値に問題がある場合は、その値に関する感度分析(後述)を行う。
- (4) 総合ウェイトは、通常、選好度を示しており、この値の大きい順に好ましい案となるが、この値の差については注意して取り扱う必要がある。0.01程度の差はあまり意味がないとされている⁽²⁾。なお、この点に関する新しい知見が筆者により与えられている⁽¹⁰⁾。
- (5) 総合ウェイトをどう解釈するか最終判断は意思決定者が行う最後の仕事である。AHP による分析で常に正確なウェイトが得られるとは限らない。AHP の出した結果に疑問を感じたときには、階層図(モデル)を再検討して修正する必要がある。また、感度分析の

* 第1表のような言語表現のもとで一対比較することは、慣れないと意外に難しい。その理由は、評価者の価値判断が曖昧であったり、第1表の言葉遣い自体が曖昧であったりすることからである。

結果次第で階層図を修正しなければならない場合もある。AHPに“Process”という言葉が含まれているのは、このような繰り返し処理が必要になる場合があるからである。

(6) 階層図の修正の際には、次のような点を考慮すべきである。

- 代替案の追加あるいは削除
- 同一レベル内で従属的と考えられる要素の削除
- 要素の追加、あるいは、ウェイトが無視できる要素の削除
- 要素の分解あるいは類似した要素のグループ化
- 評価基準の詳細化
- レベルの追加あるいは削除

3. AHPの適用分野

AHPの適用分野には、以下のような多種多様なものがある⁽¹⁾⁻⁽⁸⁾。

- 選択（機器、就職先、人事など）
- 評価（ソフトウェア、人事考課、研修効果など）
- 配分（予算、電力資源など）
- 予測（原油価格など）
- 計画（新交通システム、経営戦略、商品など）
- 費用/効果分析（情報システム設計など）
- 紛争分析（北アイルランド問題など）
- 知識処理（エキスパートシステムなど）

参考までに、AHPの面白い適用例を2つ示す。

最初の例⁽²⁾は、北海道、本州、四国、九州の4島の白地図を一人の被験者に提示し、2つの島の面積比を第1表の対比較値の中から選択させたもので、そのときの対比較行列と、それから得られたウェイトと正解（相対値）を第3表に示す。同表を見るとAHPによる値が正解に意外に近いことが分かる。

第2の例⁽¹⁾は、暗い部屋の中で一つの光源のそばに被験者を立たせ、そこから4種類の距離に置かれた椅子の明るさを対評価させたもので、AHPによる明るさの相対値がいわゆる逆2乗則による値とよく対応することを示している。

これらの例のように、定量的表現の可能なものに対してAHPを適用したとき、ほぼ正解に近い結果が得られる。

第3表 日本列島4島の大きさの対比較

	北海道	本州	四国	九州	ウェイト	正解
北海道	1	1/3	4	2	0.22	0.21
本州	3	1	9	6	0.61	0.62
四国	1/4	1/9	1	1/2	0.06	0.05
九州	1/2	1/6	2	1	0.11	0.12

(整合度=0.003)

ということもAHPの妥当性を裏付ける一つの根拠とされている。前述の筆者の研究⁽¹⁰⁾は、この事実に着目したものである。

4. AHPの理論

AHPは、評価基準同士（代替案同士）のウェイトの比を問題にしている。このような主観評価法を比率尺度（ratio scale）による評価（または判断）とよぶ。以下、AHPの理論の概要を主に文献(1)(2)を参考にして説明する。

4.1 ウェイトの計算法

いま、一対比較の対象となる n 個の評価基準 I_1, I_2, \dots, I_n があり、その本来のウェイトが w_1, w_2, \dots, w_n であったとする。このとき、評価基準 I_i と I_j のウェイトの比を表す一対比較値 a_{ij} は次式を満たす筈である。

$$a_{ij} = w_i / w_j \quad \dots\dots(1)$$

従って、正確な評価がなされたと仮定した場合の一対比較行列 $A = [a_{ij}]$ は次式で与えられる。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots(2)$$

この A のように、すべての i, j について $a_{ji} = 1/a_{ij}$ が成り立つ行列を逆数行列（reciprocal matrix）という。また、 n を A の次数（order）という。

いま、行列 A の右側からウェイトの転置ベクトル $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ をかけると、次の等式が得られる。

$$\begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_1/w_n \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad \dots\dots(3)$$

これと(2)式から、次式が得られる。

$$AW = nW \quad \dots\dots(4)$$

(4)式は、評価基準数 n が一対比較行列 A の固有値、また、求めるべきウェイトが固有値 n に対応する固有ベクトル W の転置ベクトルの成分で与えられることを示している。

(2)式から分かるように A の第2行以下は第1行の定数倍なので、行列論で周知のとおり A の階数は1、 A の固有値 $\lambda_i (i = 1, 2, \dots, n)$ のうち1つだけが非零、他はすべて零になる。また一般に、

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = (A \text{ の対角成分の和}) = n \quad \dots\dots(5)$$

が成り立つので、零でない唯一の λ を λ_{max} とすると、

$$\lambda_{max} = n, \text{ 他の } \lambda_i = 0 \quad \dots\dots(6)$$

である。

以上の議論は、 A が(2)式で与えられるような理想的な場合についてのみに成り立つものであるが、一般の対比較行列 A についても A の最大固有値 λ_{max} に対応する固有ベクトル W の各成分を各評価基準(各代替案)のウェイトとみなそう、というのがAHPの基本的発想である。なお、ウェイトは通常 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ に規格化する。

さて、対比較行列 A さえ与えられれば、その最大固有値 λ_{max} 及びそれに対応する固有ベクトル W はパソコン程度で簡単に計算できるので、これがAHPのセールスポイントの一つになっている。文献(2)には、この計算を行う約70行のBASICプログラムが示されている。また、AHPを効率よく使用できる市販ソフトもある⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾。

4.2 対比較判断の整合性

対比較行列 A の最大固有値を λ_{max} 、これに対応する固有ベクトル $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ とすると、前述のように次式が成り立つ。

$$AW = \lambda_{max}W \quad \dots\dots(7)$$

このとき、次の関係が成り立つ。

$$\lambda_{max} \geq n \quad \dots\dots(8)$$

ここで、等号が成立するのはすべての i, j について(1)式が成り立つときのみである。そして、このときに限りすべての i, j, k について対比較値の推移律

$$a_{ik} = a_{ij}a_{jk} \quad \dots\dots(9)$$

が成り立ち、すべての対評価値に完全な整合性がある。Saatyは、これらの事実から対比較行列の整合性を計る指標として、次式で定義される整合度(Consistency Index) $C.I.$ を導入した。

$$C.I. = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad \dots\dots(10)$$

言うまでもなく $C.I. \geq 0$ であり、すべての対評価値に完全な整合性があるときのみ $C.I. = 0$ になる。このように対比較の整合性を計る簡単な指標が存在することも、AHPのセールスポイントの一つとなっている。

整合度 $C.I.$ の定義によると、整合度の値が大きくなるに従い整合性が悪くなるが、初めてAHPに接する人の中にはこの対応関係に違和感を覚える人がいるかも知れない。また、整合性があるということと対比較が正しく行われているということとは等価ではないことに注意されたい。例えば、事実に関係なくすべての a_{ij} を1にすると、(9)式が成り立つので $C.I. = 0$ になり、

第4表 ランダム整合度(理論値・計算機実験値)

次数	理論値	計算機実験値	
		筆者	Lane
3	0.53	0.53	0.52
4	0.94	0.89	0.87
5	1.14	1.11	1.10
6	1.26	1.25	1.25
7	1.35	1.34	1.34
8	1.40	1.40	1.40
9	1.45	1.45	1.45
10	1.48	1.49	1.49
11	1.51	1.52	—
12	1.53	1.54	1.54

計算機実験データ数:

(筆者) 10,000

(Lane et al.) 2,500

完全な整合性があるということになってしまう。

整合度の値が具体的にどの程度以下であれば整合性があるとみなせるのかについては、実際に得られた $C.I.$ の値が0.1~0.15以下であればよいという経験則⁽¹⁾⁽²⁾があるが、これに関して新しい知見が筆者により与えられている⁽¹⁰⁾。

ところで、整合度は(10)式から分かるようにいわばマクロ的な指標であり、この値が整合性の度合いを具体的にどのように計量しているのかについては明らかではない。そこで、筆者は整合性の度合いをミクロ的な成分から合成する直観的指標を導入し、これが整合度と強い相関をもつことを示すことにより、整合度が確かに整合性の度合いを計量していることを確認した⁽¹⁶⁾⁽²⁰⁾。

Saatyは、整合性を計る別の指標として次のような指標も導入した。前述の対比較値からランダムに取り出したものを成分とする逆数行列をランダム行列、同じ次数の多数のランダム行列の平均整合度をランダム整合度とよぶ。筆者によるランダム整合度の理論値・計算機実験値⁽¹³⁾⁽²⁰⁾、並びに、従来の計算機実験値⁽²¹⁾を第4表に示す。前述の $C.I.$ を同じ次数のランダム行列のランダム整合度 M で割った値を整合比(Consistency Ratio)と呼び、 $C.R.$ で表す:

$$C.R. = C.I. / M \quad \dots\dots(11)$$

経験上、この $C.R.$ の値も0.1~0.15以下であれば、整合性があると見なされる⁽¹⁾⁽²⁾。整合性があまりない場合には、後述の感度分析を行い、どの対比較に問題があるのかを検討しなければならない。

4.3 階層図全体としての整合比

対比較行列の整合性は $C.I.$ として個々に計算できるが、階層図全体としての整合性は次のようにして計算する。

(手順1) 個々の一対比較行列の $C.I.$ にその親要素のウェイトをかけたのち、階層図全体の総和をとる。その値を C とする。

(手順2) 個々の一対比較行列の次数 n から決まるランダム整合度にその親要素のウェイトをかけたのち、階層図全体の総和をとる。その値を R とする。

(手順3) 階層図全体としての整合比 H (階層整合比) を次式により求める。

$$H = C / R \quad \dots\dots(12)$$

H の値は、0.1~0.15以下であることが望ましい。親要素のウェイトが小さい一対比較行列の $C.I.$ は H にあまり影響を与えないことに注意されたい。

4.4 階層図全体としてのウェイトの合成法

目標のレベル(階層)を含め全部で L 個のレベルがあるものとし、レベル k とその下のレベル $k+1$ の各要素が第2図のような親子関係にあるとする。レベル k の親要素 i のウェイト w_{ki} 、及び、レベル k にある親要素 i に関するレベル $k+1$ の子要素 j のウェイト v_{ij} が既に与えられているとする。このとき、レベル $k+1$ の子要素 j の合成ウェイトを次式で定義する。

$$w_{k+1j} = \sum_i w_{ki} \cdot v_{ij} \quad \dots\dots(13)$$

但し、 $i \in F_j$ (子要素 j の親要素の集合)、 $w_{i1} = 1$ とする。

以上の議論を一般的に表すと、

$$W_k = (w_{k1}, \dots, w_{km})^T \quad \dots\dots(14)$$

$$W_{k+1} = (w_{k+11}, \dots, w_{k+1n})^T \quad \dots\dots(15)$$

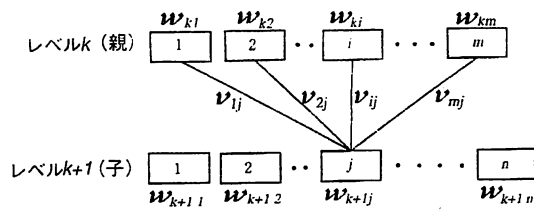
$$V = [v_{ij}], i \in F_j, j \in F_i, \quad \dots\dots(16)$$

$$(F_i = \text{親要素 } i \text{ の子要素の集合}) \quad \dots\dots(16)$$

とすれば、

$$W_{k+1} = V^T \cdot W_k, k = 1, 2, \dots, L-1. \quad \dots\dots(17)$$

となり、 W_L が最終レベルにある要素(代替案)の総合ウェイトを与える。



第2図 ウェイトの合成

4.5 グループ内で AHP を用いる場合のウェイトの合成法

複数の評価者からなるグループ内で AHP を用いる場合、一対比較値の合成は各評価者の一対比較値の幾何平均で定義される。幾何平均を使う理由は、これにより

合成行列が逆数行列になるからである。例えば、評価基準 i と j とを一対比較したときの評価者 A, B, C の一対比較値がそれぞれ a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} であるとき、3人の合成一対比較値は $(a_{ij}b_{ij}c_{ij})^{1/3}$ で定義される。

このような手続きでグループ合成一対比較行列の各成分を計算し、前述の方法でウェイトと整合度をもとめて、これらをグループでの合成ウェイトおよび整合度とする。

ところで、グループ合成一対比較行列の整合度が合成前の各構成員の整合度に比べてかなり減少することが実際の使用例で報告されている(文献(8), p.103)。筆者は、ランダム行列の合成行列の整合度に関する理論的解析、および、仮想的一対比較行列についての計算機実験により、この減少傾向が一般的なものであることを示した⁽¹²⁾⁽¹⁴⁾⁽²⁰⁾。

4.6 感度分析

一対比較行列の整合性が悪い場合には、一対比較行列のどの成分が $C.I.$ に大きな影響を与えているかを調べる必要がある。これを感度分析または感度解析といい、そのための方法がいくつか提案されている(例えば、文献(2)(3))。これらの方法を用いて問題のある一対比較のみを再評価したり、階層図を再検討することにより満足のいくウェイトの導出が期待できる。なお、前述の市販ソフトは、この感度分析を行うこともできる。

5. AHP の改良

一対比較の回数 $n(n-1)/2$ は評価基準数 n の2乗に比例するので、その数が大きくなると比較作業が意思決定者にとってかなりの負担になる。一対比較の回数は理論上は $n-1$ 回で必要十分なので、AHP の一対比較行列には冗長性が多く含まれている。そこで、この冗長性に着目して一対比較作業を軽減する方法が提案されている(例えば、文献(24)(25))。このうち、Harker の方法は直接答えにくいものや、判断の難しいものに関する比較作業を省略できるものである。一方、Takahashi の方法は、実験計画法でよく知られている BIBD (Balanced Incomplete Block Design, 釣合い不完備ブロック計画) を応用して比較回数を均等に減らすものである。

筆者も、第1表の一対比較値の数を9から5または3に単純に低減したときの影響を調べ、一つの評価基準のもとで最大ウェイトをもつ代替案を求めたい場合には、一対比較値の数を低減しても最優先の代替案の順位はほぼ保存されることを示した⁽¹¹⁾。

そのほか、AHP の線形的な一対比較値よりも心理的に自然な指数型一対比較値を用い、更にファジィ技術を取り入れた方法⁽²⁶⁾ も提案されている。

6. AHP と他の方法との比較

大前⁽²⁷⁾ は、既存の重み付け法の中から、経営の意思決定支援などに使われている Churchman らの方法、および、味覚等の官能検査などに用いられている Scheffe の方法を取りあげ、AHP との比較を行った。評価の対象は、四つの国内旅行コースで、これらを五つの評価基準のもとで評価したものである。実験の結果は、いずれの方法でも大差なくほぼ同様の結論が得られている。しかし、Churchman らの方法は解の一貫性にやや欠けるところがみられ、また、AHP の場合、Scheffe の方法に比べてその階層構造に利点がみられることが分かった、としている。

7. AHP への批判と反論

AHP に対して、主として効用理論(付録3)の支持者からの批判がある(例えば、文献⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾)。彼らの論点は、AHP で一度ウェイトを出した後で、ウェイトの最も大きい代替案によく似た代替案を追加して改めて一対比較を行うと、先に1位だったものと2位だったものとのウェイトの順位が逆転することがある、というものである。

これらの批判に対して、Saaty らは例えばどんな高価なものでもそれに似たものが多数出回れば相対的な価値がさがるのは当然であると反論している⁽³⁰⁾⁽³¹⁾。この順位逆転現象をさける方法として Saaty が提案している方法は、前述したように類似したものはグループ化して評価するというものである。

以上のほかにも、一対比較値を比率尺度で表現することへの批判などいくつかの批判が出されているが、AHP 派と効用理論派の議論は平行線をたどったままである。一方、効用理論に対しても種々の批判がある(例えば文献⁽³²⁾)。

もともと、数量化できないものに対して主観評価を行うのであるから、理論的に絶対正しい評価法というものはないのではないかと思われる。少々の問題点があっても、使用法が簡単で、かつ、経験上役立つものであれば十分といえよう。

8. むすび

近年国際的に注目されている AHP (階層化意思決定法) について最近の動向までを含めた解説を試みた。

AHP には本文中述べたような多くの長所があるほか、パソコン用のソフトが低価格で市販されており、いろいろな分野への適用を気軽に試みることができるのも大きな魅力といえよう。

多種多様な情報が氾濫し、それらの価値も一元的に決まらない状況が更に増加するのは間違いない。このような状況に効率よく対処するための意思決定支援法が一段と重要性を増すのは確実であり、エキスパートシステムやファジィ推論との併用も進むものと思われる。

更に、基礎的研究の観点からは心理学的アプローチも不可欠と考えられ、既成の概念にとらわれない全く新しい発想に基づいた意思決定支援法の研究は、非常に価値のある研究テーマの一つと考えられる。

謝 辞

AHP に関する調査は、郵政省郵政研究所技術開発研究室(兼務)で行ったものである。本調査の機会を与えて下さった郵政研究所大石所長をはじめとする同所幹部の皆様、ならびに、有益なご助言と AHP に関する情報提供を頂いた柿沼(前)情報管理部長に深謝します。

付 録 1. 意思決定支援法の概略

1.1 意思決定支援法 の概念

多種多様な情報が氾濫し、それらの価値も一元的には決まらない状況下では、一昔前のように経験と勘のみで迅速かつ効果的な意思決定を行うことは極めて困難である。そのため、これまでに種々の意思決定支援法が提案され、古典的な例では第2次世界大戦中、効率的戦略決定のために開発されたオペレーションズ・リサーチ(OR)があり、最近の例では戦略情報システム(SIS)が広い意味での意思決定支援法として大きな注目を集めている。

意思決定支援法を利用する主な利点は、次のようなものである。

- 効果的な意思決定が効率よくできる。
 - より客観的な意思決定ができる。
 - 意思決定者の意思決定過程が明確になり、考えが整理できる。
 - グループの意思決定に利用すると、各メンバーの考え方の相違点が明確になり、合意形成に役立つ。
- 一方、その利用に際しては次の点に注意しなければならない。
- コストの高いシステム的意思決定支援法の導入に際しては、そのコスト・パフォーマンスを十分に吟味する必要がある。周知のとおり成功例の影には失敗例がある。
 - 意思決定支援法は、あくまでも意思決定者を支援するためのものであり、最終決定は人間が行う必要がある。
 - 意思決定支援法が示した戦略または解などに疑問を感じたときには、使用した仮定や条件を見直す。

以下では便宜上、意思決定支援法をシステムの支援法と、要素技術的支援法とに分けてその概略を説明する。

1.2 システム的意思決定支援法

(1) 意思決定支援システム (DSS)⁽³³⁾⁻⁽³⁸⁾

コンピュータの導入により経営を効率化し、経営管理や意思決定に役立てようという発想で MIS (Management Information System, 経営情報システム) が提案され、昭和45年頃ブームになったが、当時のソフトウェア技術およびマンマシン・インターフェースの未熟さなどにより失敗し、昭和50年頃ブームは終了した。

その後、ソフトウェア技術やマンマシン・インターフェース技術の著しい進展、データベース管理システムの成熟、パソコンや EWS 及びコンピュータ・ネットワークのコストダウンと普及、OA 化の進展などの諸要因により、MIS に代わるものとして DSS (Decision Support System, 意思決定支援システム) が提案された。

(2) 戦略情報システム (SIS)⁽³⁸⁾⁻⁽⁴⁰⁾

経営戦略実施の手段として利用される情報システムを SIS (Strategic Information System, 戦略情報システム) といい、状況次第ではかなりの効果をもたらすものとして最近ブームの様相を呈している。その背景には(1)の後半で述べた諸要因があり、SIS は DSS に高度の情報戦略的機能を付加した広義の意思決定支援法といえる。

(3) 集団意思決定支援システム⁽⁴¹⁾⁻⁽⁴³⁾

グループでの意思決定を支援する技術として最近注目されているものに集団意思決定支援システム (Group Decision Support System : GDSS)⁽⁴¹⁾ がある。また、これを含むより一般的な支援法として分散協調システム = グループウェア (Groupware) がある⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾。グループウェアの統一的な定義はまだないが、協調して作業を進めるグループのために人工知能技術、メディア技術、コミュニケーション技術などを効果的に融合して特別に設計された、コンピュータによる業務支援システムといえることができる。このグループウェアも広義の意思決定支援法の一つと考えられる。

1.3 要素技術的意思決定支援法

以下の説明は主に文献(44)からの引用である。これらの技術の適用範囲は、互いに重複し合う部分もある。なお、ここで取り上げたもの以外の支援法もいくつかある。

(1) AHP

本文参照。

(2) PDPC (Process Decision Program Chart, 過程決定計画図)⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁶⁾

情報が不足している上に、事態が流動的で予測が困難

な状況のもとで、問題の最終的な解決に向かって次々に一連の手段を講ずる計画を表す図のことで、時間とともに進行する動的な一連の決定に用いる発見的手法の一種である。

(用例)

- 技術開発テーマの実実施計画の策定
- システムにおける重大事故の予測とその対応策の策定
- 製造工程における不良対策
- 折衝の過程における対応策の立案と選択

(3) KJ 法⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁷⁾

混沌とした状態の中から収集した言語表現データを相互の親和性によって統合し、解決すべき問題の構造を明確にし、問題解決への手掛かりを与える方法である。

(用例)

- 既成概念にとらわれない新しい考え方の創造
- 混沌とした思想あるいは事実の体系化
- 新規事業、新製品、新技術に関する品質管理の方針と計画の策定
- 部門別にまたがる問題についての共通のコンセンサスの獲得
- プロジェクトチームの編成、QC サークルなどの活性化
- 広範囲で複雑にからみ合うテーマについての論文、著書などの作成 **

(4) 連関図法⁽⁴⁴⁾

原因—結果、目的—手段などの関係が複雑にからみ合っている問題について問題解決を図る手法で、問題の核心をとらえ解決に導くのに効果的である。

(用例)

- 事務部門、営業部門などの業務の改善
- TQC (Total Quality Control) 導入推進計画の立案
- 製造工程における品質改善、特に潜在不良の対策
- 市場クレーム対策
- 納期、工程管理上のトラブル対策

付 録 2. 種々の階層図の例⁽²⁾

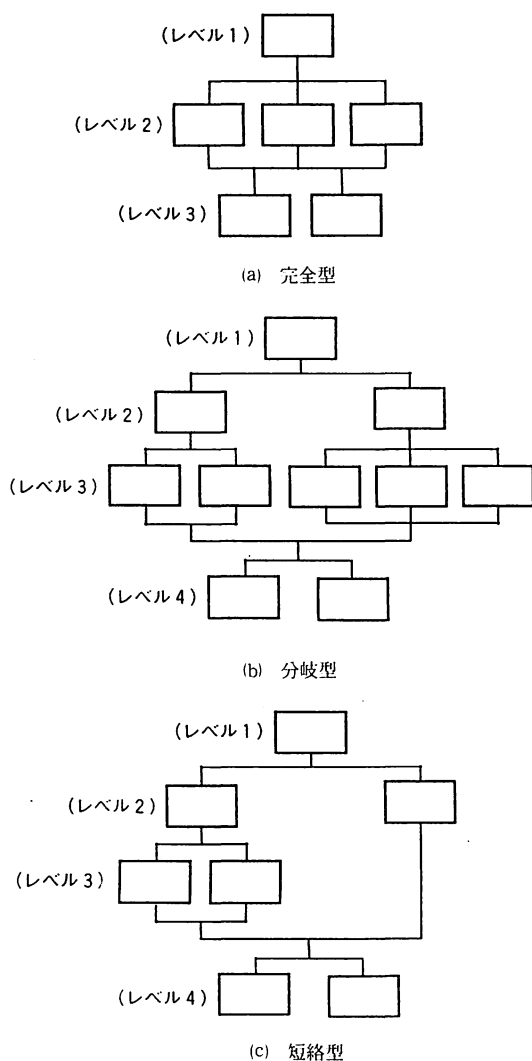
階層同士の関係により、付図1の例に示すような種々の階層図に分類される。同図でレベル1が目標、中間レベルが評価基準、最下位レベルが代替案を表す。

付 録 3. 効用と効用関数

効用理論を簡潔に説明することは難しいので、ここで

* 「KJ 法」は登録商標である。

** 筆者は、以前M系列の解説記事⁽⁵⁰⁾を執筆するにあたり KJ 法を用いてその効果を認識したことがある。



付図1 種々の階層図

は文献(49)を参考にして、効用と効用関数の概念についてのみ簡単に説明する。

価値の評価を、便宜上、序数的価値と基数的価値に分けて考える。序数的価値は、人間の選好行動そのものの記述であり、より本質的、直接的であるのに対し基数的価値はそれを精密化したりするためのものである。

(a) 序数的価値

代替案をA, B, ……で表したとき、AはBより好ましいという事実を $A > B$ と書き、 $>$ を選好順序とよぶ。選好順序で順序付けられた価値を序数的価値という。

(b) 基数的価値

選好順序を1次元の実数 u で表現した数を「効用」(utility)といい、次の対応がついているとする。

$$u(A) \geq u(B) \Leftrightarrow A \succ B \quad (\text{A.1})$$

このときの $u(\cdot)$ を「効用関数」という。

(A.1)式は、「AよりBを好むことの表現として、Aの効用はBの効用より大である」ということを意味するのであって、「Aの効用がBの効用より大だからAよりBを好む」ということを意味するものではない。

効用理論は、J. von NeumannとO. Morgensternにより創設され多くの分野で利用されているが、効用関数の測定が難しいことや、種々の批判があるなどの問題点もある⁽³²⁾⁽⁴⁹⁾。

参考文献

- (1) T.L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980.
- (2) 刀根薫, ゲーム感覚意思決定法— AHP 入門—, 日科技連出版, 昭和61年.
- (3) 眞鍋龍太郎ほか, “特集: AHP”, オペレーションズ・リサーチ, 31, 8, pp.474-510, Aug. 1986.
- (4) 片山隆二ほか, “特集: 階層化意思決定法 (AHP)”, オペレーションズ・リサーチ, 34, 4, pp.156-180, April 1989.
- (5) 竹田英二, “解説: 階層化意思決定法 AHP の最近の動向”, システム/制御/情報, 34, 12, pp.669-675, Dec. 1990.
- (6) 刀根薫ほか, “(特別講演会) AHP: 基本的考えから新しい応用まで”, 計測自動制御学会, Jan. 1990.
- (7) B.L. Golden, E.A. Wasil and P.T. Harker, (Eds.), The Analytic Hierarchy Process—Applications and Studies—, Springer-Verlag, 1989.
- (8) 刀根薫, 眞鍋龍太郎編, AHP 事例集, 日科技連出版, 平成2年.
- (9) T.L. Saaty, “Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process,” Management Science, 32, 7, pp.841-855, July 1986.
- (10) 吉谷清澄, “AHP (階層化意思決定法) の一対比較基準値数の影響に関する計算機実験”, 信学論(A), J75-A, 4, pp.856-858, April 1992.
- (11) 吉谷清澄, “AHP (階層化意思決定法) の一対比較基準値数の低減に関する検討”, 信学論(A), J75-A, 5, pp.955-956, May 1992.
- (12) 吉谷清澄, “AHP (階層化意思決定法) におけるグループ合成一対比較行列の整合度の減少傾向に関する検討”, 信学論(A), J75-A, 5, pp.957-959, May 1992.
- (13) 吉谷清澄, “AHP (階層化意思決定法) のランダム整合度に関する理論的解析”, 信学論(A), J75-A, 9,

- pp.1528-1530, Sept. 1992.
- (14) 吉谷清澄, “AHP (階層化意思決定法) におけるグループ合成行列の整合度に関する理論的解析”, 信学論(A), **J75-A**, 9, pp.1531-1533, Sept. 1992.
 - (15) 吉谷清澄, “AHP (階層化意思決定法) の整合度に関する検討”, 信学論(A), **J75-A**, 9, pp.1534-1536, Sept. 1992.
 - (16) R.L. Keeney and H. Raiffa, 多目標問題解決の理論と実例, 高原泰彦, 高橋亮一, 中野一夫監訳, 企画センター, 昭55年.
 - (17) 佐伯胖ほか, “特集: 効用理論とその応用”, オペレーションズ・リサーチ, **21**, 11, pp.625-655, Nov. 1981.
 - (18) 「ねまわしくん」, 日科技研.
 - (19) 「Expert Choise」, 住商コンピュータ・サービス.
 - (20) 吉谷清澄, “AHP (階層化意思決定法) の整合度に関する基礎的検討”, 通信総研季, **39**, 1, pp. 1~7, Mar. 1993.
 - (21) E.F. Lane and W.A. Verdini, “A Consistency Test for AHP Decision Makers,” *Decision Sci.*, **20**, 3, pp.575-590, March 1989.
 - (22) 増田達也, “AHP における整合度および相対的重要度の感度係数”, 信学論(A), **J70-A**, 11, pp.1562-1567, Nov. 1987.
 - (23) L.G. Vargas, “Analysis of Sensitivity of Reciprocal Matrices,” *Applied Mathematics and Computation*, **12**, 4, pp.301-320, 1983.
 - (24) P.T. Harker, “Alternative Modes of Questioning in the Analytic Hierarchy Process,” *Mathematical Modelling*, **9**, pp.353-360, 1987.
 - (25) I. Takahashi, “Analysis of AHP by BIBD,” *J. Oper. Res. Soc. of Japan*, **33**, 1, pp.12-21, March 1990.
 - (26) 増田達也, 中村泰, 夜久正司, “指数型ファジィー対比較値を用いた AHP の相対的重要度の導出法”, 信学論(A), **J75-A**, 3, pp.646-650, March 1992.
 - (27) 大前義次, “AHP と重み付けの評価”, オペレーションズ・リサーチ, **33**, 8, pp.390-394, Aug. 1988.
 - (28) V. Belton and A.E. Gear, “On a Shortcoming of Saaty’s Method of Analytic Hierarchy,” *Omega*, **11**, 3, pp.228-230, March 1983.
 - (29) J.S. Dyer, “Remarks on the Analytic Hierarchy Process,” *Management Science*, **36**, 3, pp.249-258, March 1990.
 - (30) P.T. Harker and L.G. Vargas, “Reply to ‘Remarks on the Analytic Hierarchy Process’ by J.S. DYER”, *Management Science*, **36**, 3, pp.269-273, March 1990.
 - (31) T.L. Saaty, “An Exposition of the AHP in reply to the Paper ‘Remarks on the Analytic Hierarchy Process’,” *Management Science*, **36**, 3, pp.259-268, March 1990.
 - (32) 田村坦之, “効用理論の最近の発展”, オペレーションズ・リサーチ, **33**, 8, pp.382-389, Aug. 1988.
 - (33) 荒川圭基, DSS 一意思決定支援システム入門, ダイアモンド社, 昭和63年.
 - (34) R.H. スプレーグ Jr., E.D. カールソン, 意思決定支援システム DSS 一実効的な構築と運営, 倉谷好郎, 土岐大介 (訳), 東洋経済新報社, 昭和61年.
 - (35) 志村和次郎, 経営意思決定システム, 毎日コミュニケーションズ, 昭和63年.
 - (36) 下条哲司, 経営情報システム, 経営情報学講座 4, オーム社, 昭和63年.
 - (37) 金平敏治編, 意思決定支援情報システム, 企業研究会, 平成元年.
 - (38) 森田哲, 三留修平, 原吉伸, 戦略情報システム, 講談社, 平成元年.
 - (39) 齊藤環, 戦略情報システム入門, 東洋書店, 平成元年.
 - (40) 高野泰志, “SIS は早々に「死ス」?”, 日経ビジネス, pp.195-199, 1990-9-24.
 - (41) 松下温ほか, “S32. 分散協調システム=グループウェア”, 平成 2 年電気・情報関連連大, 講演論文集分冊 5, pp.5-95-5-115, Aug. 1990.
 - (42) 石井裕, “解説: グループウェア技術の研究動向”, 情報処理, **30**, 12, pp.1502-1508, Dec. 1989.
 - (43) 木嶋恭一ほか, “特集: 集団合意形成支援工学”, オペレーションズ・リサーチ, **36**, 11, pp.530-561, Nov. 1991.
 - (44) 水野滋監修, 管理者・スタッフの新 QC 七つ道具, 日科技連出版, 昭和60年.
 - (45) 近藤次郎, 意思決定の方法—PDPC のすすめ, NHK ブックス394, 日本放送出版協会, 平成元年.
 - (46) 近藤次郎, 企画の図法 PDPC, 日科技連出版, 平成元年.
 - (47) 川喜田二郎, KJ 法—混沌をして語らしめる, 中央公論, 平成 2 年.
 - (48) 吉谷清澄, “解説: PN 系列—特にM系列について”, 電波季, **17**, 90, pp.249-263, May 1971.
 - (49) 松原望, 新版 意思決定の基礎, 朝倉書店, 平成元年.