

St. Luke's International University Repository

ケアつき高齢者住宅の選定支援システム

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2007-12-26 キーワード (Ja): キーワード (En): decision support system, retirement care facilities, AHP, alternative solution, subjective scaling, pair-wise comparison 作成者: 寺尾, 満 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10285/219

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



ケアつき高齢者住宅の選定支援システム

寺尾 満*

要 旨

ここでは、ケアつき高齢者住宅の選定に AHP(Analytic Hierarchy Process)を応用するときの問題点と、その解決のための著者の提案を述べる。

AHP では、いくつかの代替案またはそれを評価するクライテリアの重みを決定者の主観によって数値化するために、計量心理学や官能検査で古くから用いられた一対比較法を採用する。その際、「同じ」から「極めて」まで、5段階の言語表現に数値を割当ててひとつのスケールをつくる。AHP の提案者、Saaty によると、それが 1, 3, 5, 7, 9 の等差数列によるスケーリングになっており、これで一対比較行列を解いてケア付住宅の質(良さ)を評価する四つのクライテリアの重要度を求めると、不幸なことに、この数値、すなわち重みの配分がクライアントの自然な直観に合わない。いくつかの属性の重要度を直観(この場合は好み)で直接に数値化するのは、一般に、難かしいが、提示された数値を批判して自分の直観に合うかどうかをチェックすることは比較的容易にできる。

そこで著者は、一対比較の言語表現を等比数列(r^0, r^1, \dots, r^4)でスケーリングをして、クライアントの感覚に合うように比率 r を調整する可変スケールを採用し、実験によって、この選定問題には $r=1.5$ が妥当であることを確めた。このスケールは、差の少ない項目をより精密に評価するのに向いている。

一方、いくつかのクライテリアごとに、代替案の「好ましき」を一対比較によって評価し、それを総合して最適な代替案を選定する際、よく似た代替案が追加されると、もとの順序が逆転することがある。ここではそれを防止するために、一つのペアごとに総合評価をすませ、その評価値の比で一対比較行列をつくり、その固有ベクトルを求めて、最終的な代替案の重みを計算する方法をも提案している。

キーワードズ

決定支援システム 一対比較	ケア付高齢者住宅 代替案の選定	AHP	主観(質)のスケーリング
------------------	--------------------	-----	--------------

1. はじめに

「意志決定」の研究には二つの面がある。ひとつは人が意志をどのようにして決定をしているかを、いくつかのカテゴリーにわけて解析するもので、看護の研究ではこれを多変量解析の手法で扱うものが多い。もうひとつは、人がある選択をせまられたとき、どのように判断して最適な結果を生むような行為(代替案)を選び決定をするかである。これは、解析というよりは

デザインの問題で、すでに多目的意志決定の手法などがシステム科学の重要課題になっており、いろいろな決定支援システム(DSS・Decision Support System)の提案がある。

DSS は、まだ発足したばかりで、確立した手法があるわけではなく、定性的な属性や人の主観を定量化することの困難さは克服されていない。いまのところ、この分野では、大規模社会システムのデザインを目的とした研究が多いが、いろいろな看護システムの計画、選択や教育カリキュラムの最適化など、看護研究にも決定支援の手法を導入する場面は多い。

* 聖路加看護大学

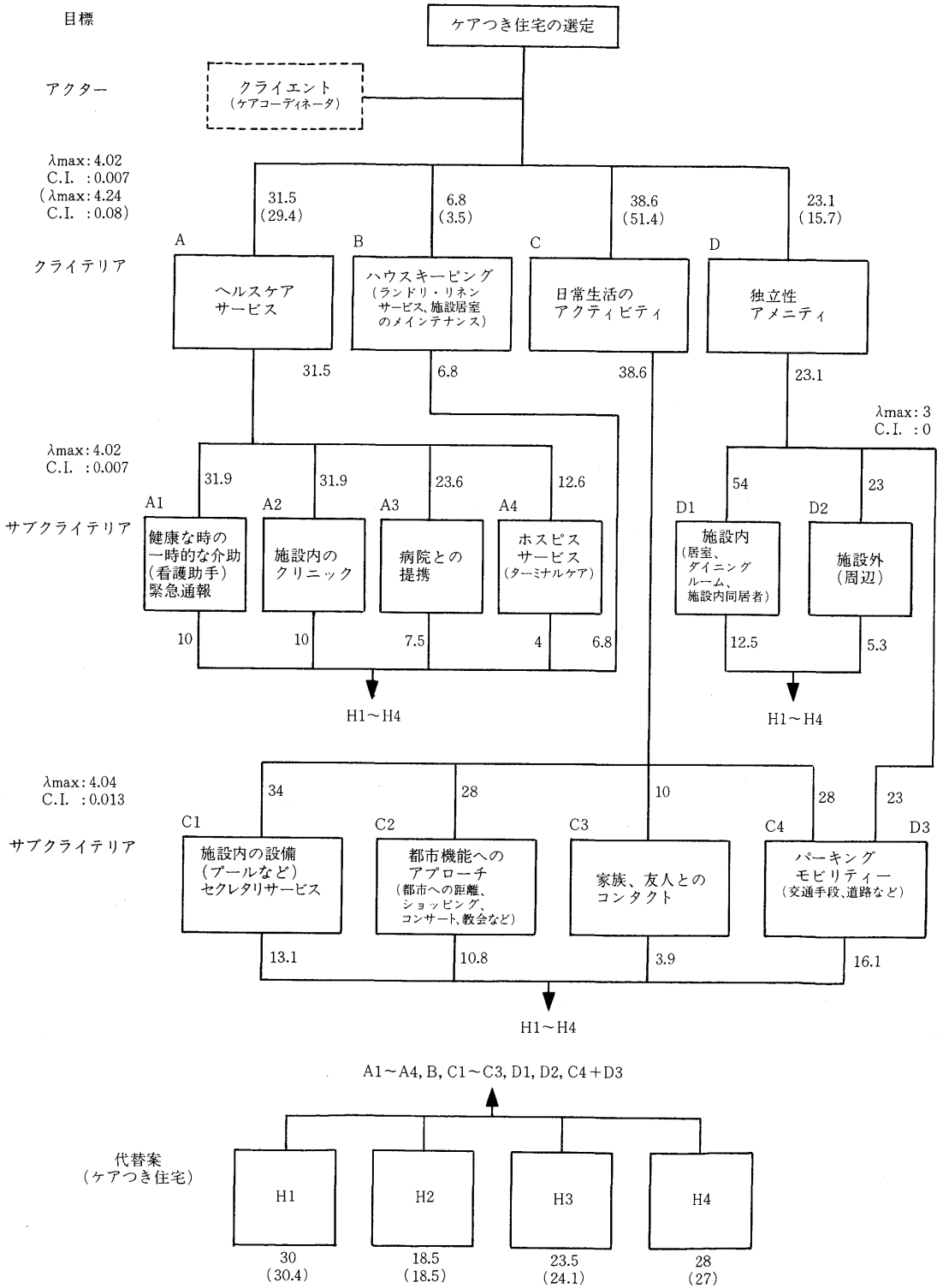


図1 ケアつき住宅選定の階層

ここで述べるのは、これからの重要課題となる長期ケアシステムの計画と運営に関係して、最近、供給され始めたケアつき高齢者住宅の選定支援にAHP(Analytic Hierarchy Process)¹¹⁾を応用するときの問題点とその解決策についての著者の提案である。

2. ケアつき住宅選定の特徴

この問題にはいくつかの著しい特質がある。

(1) 一般のDSS, 例えば von Neumann-Morgenstern の流れをくむ効用理論による場合³⁾, いろいろな目的(多目的)に対してよい結果を生む複数の行為, すなわち, 代替案をつくること自体が重要で, そのあとでそれを評価し選定することになるが, ここでは, その代替案がすでに与えられている。

(2) ここで必要なのは, ケアコーディネータの援助のもとにクライアント自身が与えられた代替案(選定の対象となる複数の住宅)のなかから一つを決定するごく単純なDSSである。

(3) クライアントの生活への態度, 健康, 経済状態, 家族, 趣味などは一様ではないから, 極めて個性の強いパーソナルDSSが必要で, ユーザー(ケアコーディネータとクライアント)が扱いやすくデータ処理もパーソナルコンピュータで処理できるものでなければならぬ。

(4) 一般のDSSでは, 費用, 便益分析をするのに代替案の費用の推定そのものが, 問題の一つとなる。ここでも住宅の価格は重要な属性のひとつとなるが, その価格は確定している。現在, 私企業によって供給されているものは, いくつかは層別されており, 実際の選択では同一価格帯のものなかから選ぶことが多い。

3. 階層構造

AHPで代替案を評価して意志決定をするには, その名からもわかるように, まずケアつき住宅に必要な条件を大項目, 中項目, 小項目にわけてひとつの階層をつくるのが重要な出発点となる。これらの項目, すなわちケアつき住宅の属性は, ここでは与えられた代替案を評価するためのクライテリア及びサブクライテリアとなる。この階層は, 決定者がもっている価値構造を示すモデルの基本となるもので, よい決定ができるかどうかは, まずこの階層づくりの成否にかかっている。個人色の強いパーソナルDSSでは, この階層をクライアント自身が住宅についての自己の目標を明確にしてつくるのが望ましいが, これを助けるケアコーディネータは, クライアントの健康はもちろん, 生活全般について, 将来をも見通した階層づくりに指導力を持たなければならない。

図1は, 階層の一例で, 具体的な代替案, すなわち選定の候補となっているケアつき住宅を, 一番下の層におく。このなかから最適なケアつき住宅という目標を満たすものを選ぶためには, まず, どのような条件が必要だろうか。ここでは, クライアント自身の考えで四つの項目を選んだ。この項目を代替案(住宅)がどれくらい満たすか, つまりこの第1レベルの項目は評価のメインクライテリアになる。そのなかのヘルスケアサービスは項目が大きすぎて, このままでは精密な評価ができないのでこれを細分して4個のサブクライテリアにわけた。ハウスキーピングはサブクライテリアを持たず直接に代替案につながる。このクライアントは生活のアクティビティを高めることにかなり重点を置いており, それが4個のサブクライテリアに分れる。また, 独立性とアメニティはこの決定者(アクター)にとっては互に從属性が強いのでひとつの項目にまとめ, それさらに三つに分れる。從属性が強い項目はまとめるのが原則だが, パーキングが2箇所にあらわれる。この決定者は生活のアクティビティレベルを高めるのにはもちろん, 独立性を保つにも自動車が必要と考えているらしい。このあたりを簡単に表現できるのもパーソナルDSSの特長となる。違うクライテリアのサブ項目としてなら從属性の強い(この場合, 同じ)ものが並ぶのは差支えない。

これで階層はできた。この階層づくりは, クライアントの意向で大きく変わるが前にも述べたように, これの適否が決定の結果を支配する。しかし, この構造の合理的な構築法はなく, ケアつき住宅の目的とそのため必要な項目を慎重に考えて, ヒューリスティックにきめるほかはない。しかも, この種の問題は, いま発足したばかりで, 経験による学習効果も期待できない。

4. クライテリアの重みづけ

—心理量のスケールリング—

図1の階層の第1レベルを見よう。この四つの項目のそれぞれが, どれほど大切かをどのようにしてきめるべきだろうか。老後の生活についての多くの実例とか, その道の権威者とかの意見を参考にするにしても, 結局決定者の主観によるほかはない。すでに, 当事者に思考力や経済力がなく, 自分できめかねるときはここで別のアクターが介入することになる。アクターが2人以上のときは, その力関係の割合をきめておく。

(1) 主観のスケールリング

計量心理学の代表的手法のひとつに一对比較法がある。AHPでもこの古典的的一对比較を採用するが, 比

較結果の処理は、サーストンやシェフェに代表される官能検査法とは全くちがう。官能検査では、食品の味とか匂い、ペンの書き心地など、明確な物理指標で測定できないものを、人間（パネリスト）の主観によってきめようとする。対象物を一度に品定めることは出来ないから、 n 個のサンプルのなかから二つの組合わせ ($nC_2 = n(n-1)/2$ 組) をつくり、どちらがよいかを判定する。どれくらいよいのかのグレードをつけることもある。その結果で、対象物の順位をつけるばかりでなく、グレードの差の程度、すなわち、スケールリングをすることもできる。これらは、すべて統計処理だから、多数のパネリストによる多数回の検査が必要になる。AHP では、パネリストは原則として一人である。図1の第1レベルにならんだ四つの項目のどれがどの程度に重要かと問われたとき、直観で点をつけることもできるが、一度にそれを実行するよりは、このなかの二つをとり出してどちらが大切かと聞かれた方が処理しやすい。項目の数が増すとますますその方がよい。

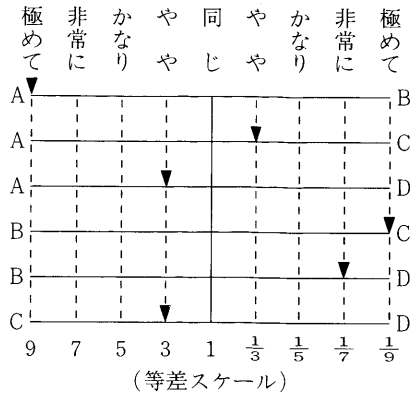
(2) 言語による定性的なグレード

どちらが好きとか、大切かなどを聞くとき、AHP では、A は B に比較して「同じ」または「やや」「かなり」「非常に」「極めて」よい(悪い)と思うというように、5段階の言語表現による判定を求める。この段階の間でもよい。この段階がどれくらいが最適かについての理論的なバックグラウンドはないが、ことばで表わずには5段階ぐらいが適当だし、間をとれば9段階程度になる。

昔、Harvard の Miller が“The Magical Number Seven, Plus or Minus Two”という心理学の論文⁴⁾を書いている。彼は、人間が物事を区別してしかもそれにグレードをつけられるのは、せいぜい 7 ± 2 だと主張する。人間の判断の情報容量は大よそ 2bit~3bit ぐらいだという心理学者の実験もある⁴⁾。AHP の段階は、丁度それに相当する。

(3) 言語表現の数値化 (スケールリング)

著者がもっとも問題にしているのはこのスケールリングについてである。「やや重要」と「かなり重要」とは、定量的にどれくらいちがうのか？ AHP の提案者、Saaty によれば、それぞれに 1, 3, 5, 7, 9 の重みをつけており¹⁾²⁾、それぞれの数値は重要さの比率を表わす。「やや重要」は 3 倍、「非常に重要」は 7 倍重要としている。人が二つのことについて違いがあると認識し始める最小値は対象のレベルが高いほど大きくなる。つまり、人が違いを認めるのは差よりも比率によることは、人間の刺激に対する応答(感覚)について



5.1 3.2 2.3 1.5 1 1/3 1/5 1/7 1/9
(等比スケール, $r=1.5$)

(a) 一対比較

重み(%)		A	B	C	D
29.4	A	1	9	1/3	3
3.5	B	1/9	1	1/9	1/7
51.4	C	3	9	1	3
15.7	D	1/3	7	1/3	1

$\lambda_{max}=4.24, C.I.=0.08$

(b) 一対比較行列 (等差スケール)

重み(%)		A	B	C	D
31.5	A	1	5.1	1/1.5	1.5
6.8	B	1/5.1	1	1/5.1	1/3.4
38.6	C	1.5	5.1	1	1.5
23.1	D	1/1.5	3.4	1/1.5	1

$\lambda_{max}=4.02, C.I.=0.007$

(c) 一対比較行列 (等比スケール)

図2 メインクライテリアの一対比較と重み(%)

の古典法則 Weber-Fechner の対数則からも明らかであり、その点で AHP は、一応、合理的といえる。

さて、この AHP で図1の第1レベルの項目 A, B, C, D の重要度をきめよう。いま、A, B, C, D を縦と横にとって図2 (b) のマトリクスを作り、クライアントに「あなたは A と B のどちらを、どの程度に大切にしますか？」を聞こう。縦の A, B, C, D を基準にして横の A, B, C, D と比較することになり、この一対比

較の回数 $C_2=6$ 回である。このマトリクスの形はクライアントにはわかりにくいかも知れないから質問は、図2(a)の線グラフのシートをわたして両者が同じなら真中、Aの方が大切ならその程度に応じてA側にチェックをしてもらい、それを分析者(クライアント自身、ケアコーディネータまたはその助手)が図2(b)のマトリクスに書き直す。この手続きを、あとのデータ処理も含めて全部コンピュータ化することもできる。

一対比較マトリクスは常に $n \times n$ 正方形行列で、対角要素はすべて1、その上下の要素は $a_{ij}=1/a_{ji}$ の関係、すなわち逆数関係で対称になっている。AがBより9倍よければ、BのよさはAの $1/9$ になる。これができると付録に示すように、A、B、C、Dの重要度(重み)の配分は、このマトリクスの固有ベクトルで表わされ、その計算プログラムは市販されているが、BASICで簡単に書ける⁵⁾。

AがDよりも重要、CはそのAよりも重要と判定しているのにCとDはほぼ同じとかDの方が重要というように、推移則をやぶる誤り(矛盾)がないとは言えない。これを見つけるにはマトリクスの最大固有値 λ_{max} を求め、それが n に近いほど整合性が保たれることになる。AHPでは次のように整合度C.I.(Consistency Index)をきめて整合性の評価をしている¹⁾²⁾。

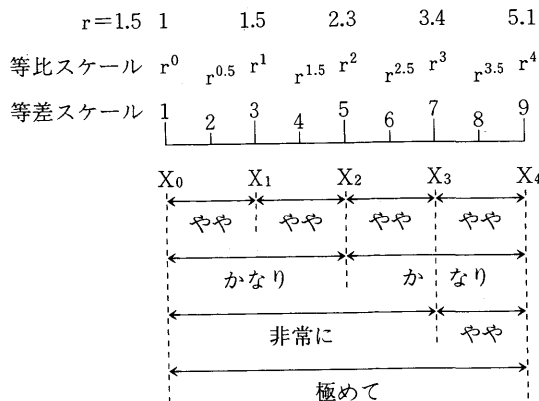
$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

通常のAHPでは、このC.I.が0.1以上になると付録に示すように一対比較の一部をやり直す。

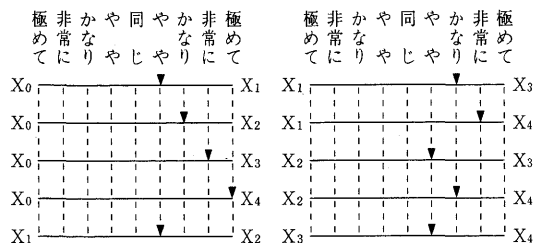
A、B、C、Dの一対比較の結果を図2(a)に、重みの計算結果を図2(b)と図1の()のなかに数値(%)で示した。この結果をみると、不幸なことに、コントラストが強すぎる。Cの重みが大きすぎ、Bが小さすぎて、あまりにも差が大きいだけでなく、配分そのものもクライアントの感覚に合わない。一般に、複数の項目の重要度について、きめられた値を批判するのは、はじめから直感できめるよりはやさしい。そこで、何とかもっとクライアントの気持ちに合うように修正しなければならない。Saatyがきめた1, 3, 5, 7, 9に定数を乗じて値を調整すれば重みのコントラストを変えることはできるが、それだけでは配分のパターンを変えることはできず不十分である。著者は、ここで、言語表現に与える重みを根本的に考え直すことにした。

(4) 言語表現の整合性と等比数列によるスケーリング

いま、図3に示すように、5つの項目(属性) $X_0 \sim X_4$ があって、右へ行くと左より「やや重要」だとする。



(a) 言語表現とスケーリング



(b) 一対比較

重み(%)	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	
3.3	X_0	1	1/3	1/5	1/7	1/9
6.3	X_1	3	1	1/3	1/5	1/7
13.0	X_2	5	3	1	1/3	1/5
26.1	X_3	7	5	3	1	1/3
51.3	X_4	9	7	5	3	1

$\lambda_{max}=5.23, C.I.=0.059$

(c) 等差スケールのマトリクス

重み(%)	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	
7.5	X_0	1	1/1.5	1/2.3	1/3.4	1/5.1
11.3	X_1	1.5	1	1/1.5	1/2.3	1/3.4
17.0	X_2	2.3	1.5	1	1/1.5	1/2.3
25.7	X_3	3.4	2.3	1.5	1	1/1.5
38.5	X_4	5.1	3.4	2.3	1.5	1

$\lambda_{max}=5, C.I.=0$

(d) 等比スケールのマトリクス

図3 言語表現の整合

「やや」の2乗を「かなり」だとすると X_2 は X_0 より「かなり」重要ということになる。以下同様に4つの言語を一对比較にあてはめたのが図3 (a) (b)で、これはわれわれの自然な感覚に合う。そこで, Saaty が示したように「同じ」から「極めて」までを1, 3, 5, 7, 9でスケールをして、図3 (c)の一对比較マトリクスを解くと、 $\lambda_{max}=5.23$, C.I.=0.059で、その整合性はあまりよくないが一応許容できる。しかし、「やや」の2乗が「かなり」だとすれば、これを1, 3, 5, 7, 9と等差数列でスケールするよりも、図3 (a)に示した等比数列のスケールにすれば整合性の点では理想的($\lambda_{max}=5$, C.I.=0)になる。問題は比率rをどのように選ぶかである。これは対数目盛だから、その底(それが比率の定数になる)を変えることで目盛の形を調整でき、配分のパターンを人の直感に合わせやすい。図1の階層図の第1レベルについて、四つの項目の重みがクライアントの自然な感覚に合うように、いろいろ比率を変えて実験を重ねると、比率1.5の等比数列 $1.5^0, 1.5^1, 1.5^2, 1.5^3, 1.5^4$ すなわち1, 1.5, 2.3, 3.4, 5.1にしたときの結果がクライアントの直感に合う。図1および図2 (c)に示すように、コントラストが弱い目(目盛の範囲が小さい)になっているのは、図1の第1レベルにあげた項目がいずれもクライアントにとっては重要で、その差がそれほど大きくはないからである。また、図2 (c)に示すように整合性は一桁よくなっており、等比スケールによる場合は、整合性テストの目安をC.I.=0.02程度にする。比率1.5の等比スケールで図3の一对比較を計算すると、それぞれの属性の重みは図3 (d)のようになり、図3 (c)の等差スケールの場合にくらべて、コントラストが弱く、重み配分のパターンも変る。

等比数列による対数型スケールリングは、僅かな差をより精密に評価できるから、差が少ない項目同志の比較が多い場合には、比較の情報をより豊かに表現することができる。それは、ガウス性の不規則信号を符号化する際に、出力のエントロピーを最大にする最適量子化にも近い。

AHPで、光源からいろいろな距離においた物体の明るさを一对比較で判定すると、結果は、物理的な2乗則によく合うという例が1, 3, 5, 7, 9のスケールリングの正当性の一つとしてあげられる。しかし、そのときの一对比較マトリクスに比率2の等比スケールリング, 1, 2, 4, 8, 16(2進スケール)をあてはめて計算しても、ほぼ2乗則を満たす。マトリクスの要素が結果に与える感度についての研究⁶⁾もあるが、実際にはおどろくほどロバスト(感度が低い)で、要素の値が局所的に少々変っても多数の一对比較の結果を平滑(平均)するから結果にはあまりきかない。要

素の個々の値よりも、スケール全体の形(関数形)の方が結果への影響が大きい。要するに、AHPでスケールリングを固定するのは適当ではなく、場合に応じて、決定者の感覚にあうように調整することが望ましく、その点では、直線目盛の等差数列よりもスケールリングの形を変えられる等比数列の方がよりデリケートな調整ができる。

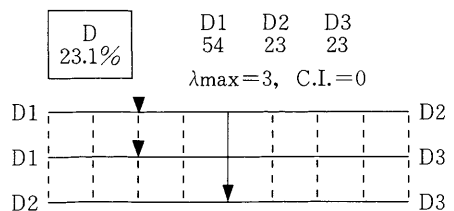
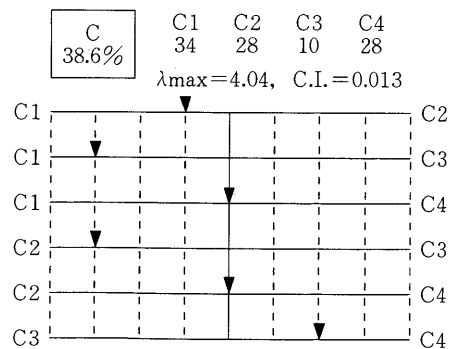
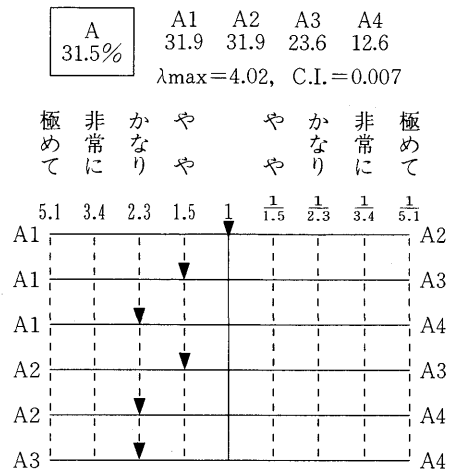
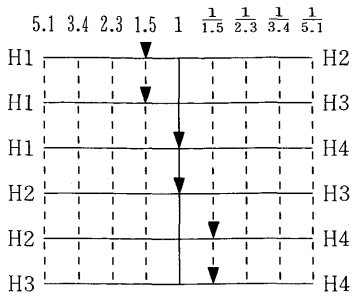


図4 サブクライテリアの一对比較と重み(%)

A1
10%

H1	H2	H3	H4
30	20	20	30

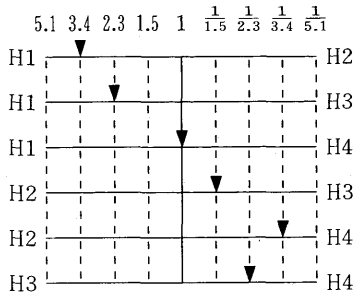
$\lambda_{max}=4, C.I.=0$



C1
13.1%

H1	H2	H3	H4
36.7	10.7	16.0	36.6

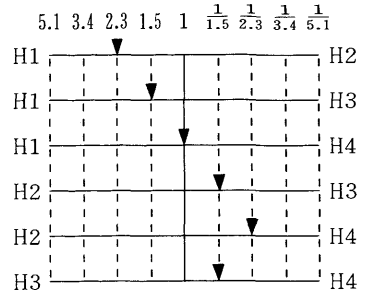
$\lambda_{max}=4.00003, C.I.=9 \cdot 10^{-6}$



B
6.8%

H1	H2	H3	H4
32.3	14.1	21.4	32.2

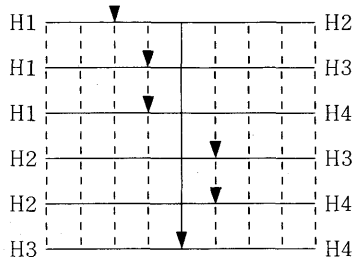
$\lambda_{max}=4.00006, C.I.=2 \cdot 10^{-5}$



A2
10%

H1	H2	H3	H4
36	16	24	24

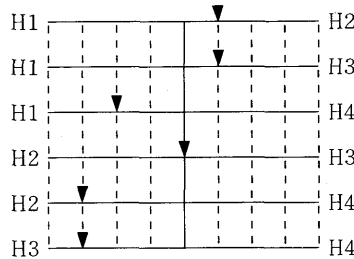
$\lambda_{max}=4.00006, C.I.=2 \cdot 10^{-5}$



C2
10.8%

H1	H2	H3	H4
22.6	33.8	33.7	9.9

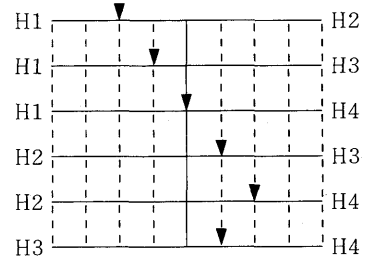
$\lambda_{max}=4.00003, C.I.=9 \cdot 10^{-6}$



D1
12.5%

H1	H2	H3	H4
32.3	14.1	21.4	32.2

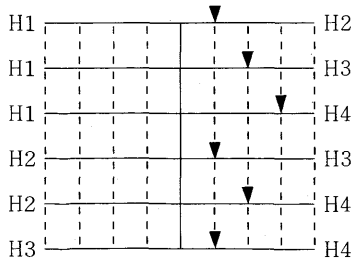
$\lambda_{max}=4.00006, C.I.=2 \cdot 10^{-5}$



A3
7.5%

H1	H2	H3	H4
12.2	18.3	27.8	41.7

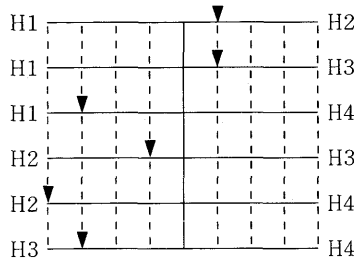
$\lambda_{max}=4.00009, C.I.=2.9 \cdot 10^{-5}$



C3
3.9%

H1	H2	H3	H4
23.8	39.3	29.2	7.7

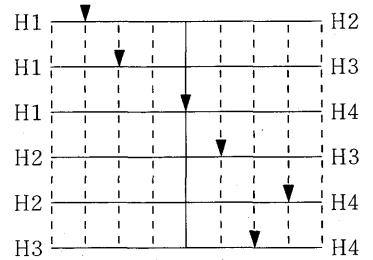
$\lambda_{max}=4.02, C.I.=0.007$



D2
5.3%

H1	H2	H3	H4
36.7	10.7	16.0	36.6

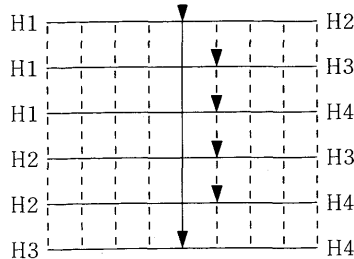
$\lambda_{max}=4.00003, C.I.=9 \cdot 10^{-6}$



A4
4%

H1	H2	H3	H4
20	20	30	30

$\lambda_{max}=4, C.I.=0$



C4+D3
16.1%

H1	H2	H3	H4
33.2	18.1	24.4	24.3

$\lambda_{max}=4.02, C.I.=0.007$

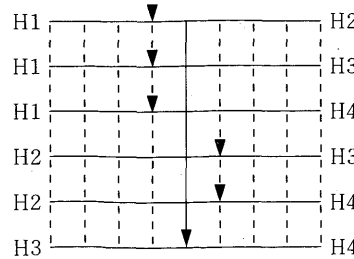


図5 それぞれのクライテリアからみた代替案の一対比較と重み(%)

5. 代替案の総合評価

代替案を評価するクライテリアとなる属性の重みがきまると、それぞれの取分が定まる。図1の項目の入口の数値がクライテリアの重みの配分(%), 出口の数値がそれぞれの取分(%)で、そこから与えられた代替案のすべてに枝がのびる。サブクライテリアの重みとそれをきめる一対比較およびその整合度を図4に示してある。

つぎに、それぞれの属性(クライテリア)からみて代替案を評価しなければならない。ここでも一つの属性を前提にして、前と同じ一対比較を繰返す、図5に、その一対比較とそれから計算したH1~H4の重みおよび整合度を示した。

これで代替案の個々の属性(サブクライテリア又は直接、Bのような上位レベルのクライテリア)について取分がきまるから、それらを合成すれば代替案の総合的な価値が図1のH1~H4の下に示したように数値化される。

これで評価がほぼ終るがここで一つ注意しなければならないことがある。ここでは複数のクライテリアがそれぞれ枝を出して複数の代替案にむすばれることになるから、図6に示すように枝が交錯する。いま二つのクライテリアU, Vがあってそれぞれの取分は図6に示すように62, 38としよう。このクライテリアから見て二つの代替案H₁~H₂を評価する。図6(a)に示すようにUからみたH₁, H₂の重みは2:1, Vからみたそれは1:3としよう。総合評価はH₁が51, H₂は49でH₁の方がH₂にまさる。ところが、ケア付住宅の候補H₃がもう一つあらわれたので、これもいれて評価し直さなければならない。たまたま、新しく追加したH₃はH₁に極めて似ており、その重みはH₁と同じく、H₃とH₂はUからみて2:1, Vからみて1:3としよう。そうすると、図6(b)に示すように総合評価はH₁=H₃=32.4, H₂=35.2となって、先程はよりすぐれていたH₁がH₂の下になり、順位が逆転する。

候補者がふえたのだから取分が減るのは当然だけれど、かんじんの順位まで逆転するのは許せない。この矛盾を防がねばならない。

そのためには、総合評価の手順を次のように変更する。ややめんどろに見えるが、これはアナリスト、つまりデータ処理をする裏方だけの仕事であって決定者であるクライアントは、代替案の一対比較をそれぞれのクライテリア(又はサブクライテリア)について、図5に示したように、実行するだけである。アナリストは、この一対比較の結果を比率マトリクスにいて固有ベクトルを計算する前に、それぞれのペアについて、他のペアとは無関係にU, V(クライテリアが多数のときはそれも含めて)からの取分を総合評価してその比をとる。これを代替案のペアすべてについて実行し、代替案の総合評価の比で一対比較マトリクスを図6(c)のようにつくる。これの固有ベクトルが代替案の重み、すなわち取分になる。H₁とH₃は33.8, H₂は32.4で順位の逆転はおこらない。

図1の階層のなかで、通常、ヘルスケアが重要な地位を占めるが、この部分の選択にはケアコーディネータがアクターとして介入するのが望ましい。その場合には、まず、クライアントとの力の配分を定めて、それぞれの立場でA1~A4の重みをきめることになり、レベルの上下間関係が交差するから、重みの合成にはここで述べた配慮が必要になる。

代替案の順序の逆転を防ぐ方法として、代替案の重みの最大値を1に基準化して総合評価する提案もある⁷⁾。それを図6の例に適用すると、逆転は防げるが、代替案の持分の配分(総合評価値の比)が変る。いずれにしても、この順位逆転は、二つ以上の代替案がどのクライテリアから見ても同じように評価されるときにおこるから、似たものは一つにまとめるようにすれば、上に述べたような注意はいらない。

この逆転防止のアルゴリズムで計算した代替案の総合評価の結果を図1のH1などの下の()内に示した。前の総合評価とくらべると僅かに差があるだけで

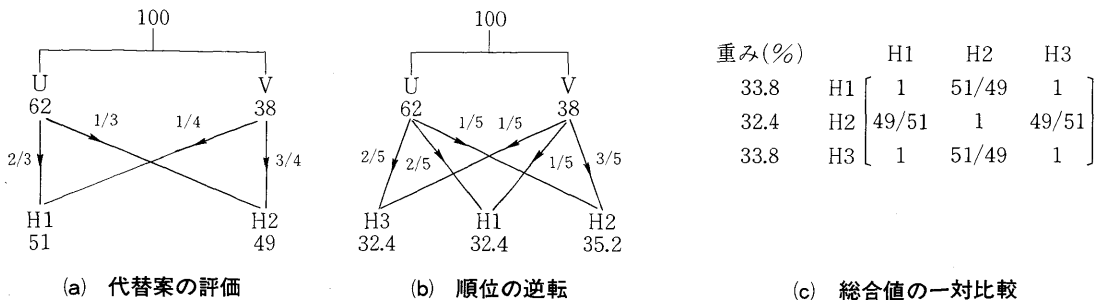


図6 代替案の順位逆転

ある。すべての点でよく似た代替案がない場合には通常の方法で総合評価をする方が簡単でわかりやすい。この選定結果をみると、H1とH4がすぐれH2とH3はおとる。H1は湘南に、H2は房総に新しく出来たケア付住宅である。H2は東京の近郊、H3は横浜のニュータウンにあり、町に近く便利な筈だが、クライアントの意向（その選好構造は図2、図4および図5の一対比較シートへの回答でわかる）に合わないらしい。

6. 費用と便益

ここまでは、費用を除外して階層をつくり、代替案を評価した。ほぼ同じ価格帯のものを対象にしたからである。費用はコストの形で明らかにされているから、それぞれの代替案の総合評価をコストで割れば、費用便益比が得られ、それで一応の費用、便益分析ができた形になる。しかし、クライアントのコストに対する感覚は、それぞれの事情、例えば支出できる予算の限度などによってかなりちがう。予算をこえた100万円の支出と、予算内のそれとは同じコストではない。従って、精密な費用分析をするには、まず、コストのスケールリング（それは線形にはならない）をしなければならない。

また、代替案の具体的なコスト（円）を知る前に、階層の第1レベルに属性としてのコストをいれておき、それを他の属性にくらべてどれくらい重要視するかを一対比較してその重みをだし、つぎにそれぞれの代替案の具体的なコストがクライアントにとってどれくらい好ましいかを分析して、他の属性と一緒に総合するのも一つの方法である。その結果と、コストを除外して代替案の評価したあとにコストとの兼ね合いを考える方式とを比較して、クライアントの自然な感覚に合うものを選ぶことになる。

7. おわりに

老年、それは人生でもっとも充実した時期である。物事を終りから考え始めるのは、計画問題を解くダイナミックプログラミングの手法でもある。ここでは老年の生活、とくにその中心となる住居の選択を支援するシステムの一例について、その問題点と著者の提案を述べた。

今後の重要課題は、老後の生活を支える長期ケアシステムをホーリスティックな立場で、社会システムとして計画することだろう。それがなければ、ここに示したように、与えられた代替案のなかから最適なものを選択するシステムができていても有効には作用しない。在宅ケアシステムを含めて選択に迷うほど豊富で良質な代替案を作り出さなければならない。どのような資源が重要か、老後生活の個々の好みからみた効用とは何か、限られた資源のもとで主観による価値をどのようにトレードオフすればよいか、これから解決しなければならない問題は多い。

ここでは、ケアつき住宅に必要な属性をクライテリアにして、その重みを一対比較法によってきめた後、与えられた住宅の候補を総合評価した。これに対して、それぞれのクライテリアからみた住宅の価値に評点（グレード）をつけ、それをAHPで求めたクライテリアの重みで修正した上でmax・minのファジー推論によって意志決定をする方法もある⁸⁾。この場合、それぞれの住宅についてのクライテリアごとのグレードのパターンは、ファジー集合のメンバーシップ関数になっており、max・min推論はそれぞれの住宅のもつ最悪の属性を比較して、その最善をとることになる。いささか安全すぎて積極性にかけており、石橋をたたいて渡る人にむく。

＜引用文献＞

- 1) Saaty, T.L.: The Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill (1980)
- 2) Saaty, T.L.: A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, Journal of Mathematical Psychology, 15, 234/281 (1977)
- 3) Keeney, R.L. & Raiffa, H.: Decisions with Multiple Objectives, John Wiley & Sons (1976)
- 4) Miller, G.A.: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two, The Psychological Review, 63, 81/97 (1956)
- 5) 刀根薫: ゲーム感覚意思決定法, 日科技連 (1986)
- 6) 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, 電子情報通信学会論文誌・A, J70-A, 11, 1562/1567 (1987)
- 7) Belton, V. & Gear, T.: On a shortcoming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies, The International Journal of Management Sciences 11, 228/230 (1983)
- 8) Yager, R.R.: Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives, Fuzzy Sets and Systems, 1, 87/95 (1978)

(平成元年9月29日受理)

付 録

固有ベクトル (重み) の計算

属性 (評価のクライテリア) の集合 \bar{A} についてそれぞれの要素 a の良さ (好み) とか重要さの重みを w_1, w_2, \dots, w_n とすると、一対比較が正しく実行されれば、二つの要素の良さの比率は、

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

となり、すべての組合わせについての一対比較結果は次の比率行列で表わされる。

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \dots & \dots & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \dots & \dots & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \dots & \dots & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \frac{w_n}{w_3} & \dots & \dots & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

対角要素はすべて 1、その上下の要素は $a_{ij} = 1/a_{ji}$ の関係になっているから、この一対比較行列とウェイトのベクトル積を求めると

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \dots & \dots & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \dots & \dots & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \dots & \dots & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \frac{w_n}{w_3} & \dots & \dots & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

になる。すなわち、重み w_1, w_2, \dots, w_n は一対比較の比率行列の固有ベクトルであり、 n が最大固有値 λ_{max} になる。

実際の一対比較の結果は

$$\frac{w_1}{w_3} / \frac{w_1}{w_2} = \frac{w_2}{w_3} \dots\dots\dots(4)$$

とはならないから、最大固有値も n にはならない。しかし、それが n に近ければ、そのときの固有ベクトルは近似的に重みになる。 λ_{max} が n からどれくらい離れているかをチェックして、次の Consistency Index を表わす式に入れる。

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots(5)$$

C.I. が 0.1 以下 (著者の提案したスケーリングでは 0.02 以下) ならその一対比較は整合のとれたものとみなす。

λ_{max} が n から大きく離れ、C.I. が大きいときは、一対比較をやり直すことになる。求めた重みで \bar{A} マトリクスをつくり、それと一対比較の値とをくらべて、その差が大きいところから比較をやり直す。

行列の固有ベクトル、最大固有値の計算には市販のプログラムが使えるが、一対比較の結果から簡便に重みの近似値を求めるには、マトリクス \bar{A} の各行について数値化した比較結果の幾何平均をとり、その結果を合計が 100 になるように基準化すればよい。実用の上ではこれで充分である。なお、例えば看護教育のカリキュラムの評価のように、何人かの意見を調整してきめた方がよい場合には、それぞれの一対比較の結果について幾何平均をとり、その値で一対比較行列をつくる。

A Personal Decision Support System as an Alternative Solution for Retirement Care Facilities

MITSURU TERA0

This paper presents an alternative solution for long-term retirement care facilities which uses AHP (Analytic Hierarchy Process).

The AHP adopts the classical pair-wise comparisons which were developed in the mathematical psychology and/or the sensory evaluations. It grades the comparison in 5-stage linguistic expressions, such as "equally," "weakly more" and "absolutely more." To measure these subjective and qualitative expressions, Saaty, the author of AHP, allots an arithmetical series such as 1,3,5,7,9 for each linguistic expression respectively and then solves a pair-wise comparison matrix. Unfortunately, however, the results of priority weight for the four main criteria for the retirement care facilities do not go with the client's intuitive feeling.

It is somewhat difficult to designate the priority weight of the criteria directly, but the clients find it rather easy to criticize and judge the appropriateness of the suggested weight with their feeling.

The author suggests the geometrical series r^0, r^1, r^2, r^3, r^4 as a scaling of the linguistic expressions. The scale functions can be adjusted more precisely and flexibly so that the results would go with the client's intuition. Through repeated numerical experiments the author confirms that $r=1.5$ is good enough in our case. This scaling is especially adequate for alternative solutions when there is no remarkable difference among alternatives. It provides more information in the pair-wise comparisons in such a case.

The author also discusses the reversal of the order in the alternatives when another alternative which has very similar nature with one existent is added. To avoid this contradiction, the author suggests a way of total integration in the final evaluation.

Key Words

decision support system
retirement care facilities
AHP
alternative solution
subjective scaling
pair-wise comparison