

AHP を用いた介護用品市場における意思決定

弘前大学大学院 理学研究科 (情報科学専攻)

堀切直美 (NAOMI HORIKIRI)¹

Department of Information Science, Faculty of Science, Hirosaki University

弘前大学 理工学部 (数理システム科学科)

田中環 (TAMAKI TANAKA)²

Department of Mathematical System Science, Hirosaki University

概要

現代日本において、高齢者の増加に伴い介護用品市場は近日にも重要な拠点になると予想される。本研究では、ユーザーの主観を伴う選好を数理的に解析することで、要介護者および介護者のニーズを客観的に把握することを目的としている。

1 はじめに

平成12年4月から施行された介護保険制度は、高齢化問題が日本の重要課題であることを再認識させるものとなった。新制度の特徴のひとつには、『福祉介護分野への新規事業者の参入促進』がある。これにより、様々な分野の研究者や事業者が、介護サービスの評価基準を客観的に表す指標および支援システムに関する研究を続けている。

本研究ではこれを踏まえて、市場におけるユーザーの視点を重要視した、数理的解析による介護用品選好の提示を目的とする。

2 階層分析法 (AHP)

2.1 概要

消費者の購買行動は金額や量のみを重要視する単一的な基準では計れず、その趣向は多様なものである。これにより、多基準な意思決定を相対的に評価することで、消費者の要望に促した商品の提供が可能になると思われる。

相対的評価を用いる手法として、AHP (Analytic Hierarchy Process: 階層分析法) があげられる。AHPは1970年代にT.L.Saatyにより提唱された問題解決型意思決定法であり ([1]), 多層の階層構造の下での一対比較を離散的ないしは連続的に行う。また、相対

¹〒036-8561 青森県弘前市文京町3 [E-mail: gs99616@si.hirosaki-u.ac.jp](mailto:gs99616@si.hirosaki-u.ac.jp)

²〒036-8561 青森県弘前市文京町3 [E-mail: sltana@cc.hirosaki-u.ac.jp](mailto:sltana@cc.hirosaki-u.ac.jp)

的重要度の尺度（基準尺度）により、人間の持つ曖昧さ（質的なもの）を数値化する。これにより、物理的および社会的双方の領域での評価を行えるため、経済・経営分野に留まらず、政策決定などでも幅広く利用されている。

2.2 AHPの特徴と数学的背景

2.2.1 階層構造

AHPの特徴としてまずあげられることは、意思決定の状態を階層構造で表すことである（図1参照）。各層をレベルと呼び、上の層からレベル1,2,・・・とする。レベル1の構成要素を総合目的、最下層を代替案、その間を評価基準と呼ぶ。階層を構成する上での基本原理は、レベル*i*の要素を(*i*-1)から上のレベルのいくつか、あるいは任意の要素から見て比較が出来るようにすることである。

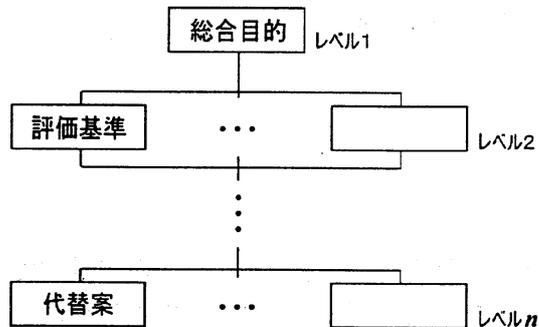


図 1: 階層構造

2.2.2 基準尺度からなる一対比較

AHPでの一対比較は、基準尺度の定義 ([1]) に基づき数値化を行う。

要素 <i>i</i> が要素 <i>j</i> に比べて	a_{ij}
同程度に重要	→ 1
やや重要	→ 3
かなり重要	→ 5
非常に重要	→ 7
圧倒的に重要	→ 9

表 1: 基準尺度

※ただし、2,4,6,8は中間値として採用される。

要素 i, j の比較結果を a_{ij} (i の j に対する比較値) と置く. このとき, 行列 $A = [a_{ij}]_{i,j=1}^n$ は一対比較行列と呼ばれる. また, 上の定義より $a_{ii} = 1$ ($i = 1, \dots, n$) であり,

$$a_{ji} = 1/a_{ij} \quad (1)$$

と表すことができる. なお, このような行列を一般的に**逆数行列**と呼ぶ.

2.2.3 一対比較行列

Saaty は一対比較行列 A の統合化に, A の主固有ベクトルを用いることを提案している. これを**固有ベクトル法 (EV 法)**と呼ぶ.

一般的に, $(n \times n)$ 行列 A の固有値 λ に対する固有ベクトル $\boldsymbol{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ とは,

$$A\boldsymbol{w} = \lambda\boldsymbol{w} \quad (2)$$

を満たすものを言う. 一対比較行列 A は任意の要素が正であるから, 最大固有値 λ_{\max} は常に正の実数であることが, フロベニウスの定理および Saaty より証明されている ([1, 5]). また, λ_{\max} に対する固有ベクトル (主固有ベクトル) の成分が全て正になることも, これらの定理より明らかである.

AHP では主固有ベクトルを一対比較行列 A の**重要度**のベクトルとする. なお, 重要度ベクトルが正規化された (各成分を $\sum w_j$ で割った) 場合を**分布モード**, 要素の最大値が 1 になるように数値変換する場合を**理想モード**と呼ぶ ([6]).

2.2.4 整合性と整合度

意思決定者の回答に整合性があるならば, 任意の $i, j, k = 1, \dots, n$ に対して

$$a_{ij}a_{jk} = a_{ik} \quad (3)$$

が定義される. この場合, 前述のベクトル $\boldsymbol{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ が, 任意の i, j ($i, j = 1, \dots, n$) において

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (4)$$

を満たし, (2) より $\lambda_{\max} = n$ が成立する ([1]).

$(n \times n)$ 一対比較行列 A は, $\lambda_{\max} \geq n$ であり, 整合性がある場合のみ等号が成り立つ. そこで, $\lambda_{\max} - n$ を整合性からのずれの尺度と置き,

$$\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

を**整合度**と呼ぶ. この値が大きくなるほど不整合度は高いことになるが, Saaty はこの値が 0.1 ないしは 0.15 以下であれば, ほぼ整合性があると見なして良いとすることを経験則により提案している.

3 アルゴリズム

SaatyはAHPのアルゴリズムとして**相対評価法**と**絶対評価法**を提案した([2])。相対評価法は、各レベルの要因間の重みづけを一対比較によって求める手法である。しかし、この手法では代替案数が増えると評価作業の負荷が増大する。この対策として提案された絶対評価法は、各評価基準に関して設定される**評価水準**（例えば5段階評価など）より代替案を評価する手法である。

3.1 相対評価法

STEP1: 階層構造（図1参照）を作成する。

STEP2 評価基準に関する一対比較を行う。整合度が規定値を超える場合は、一対比較の見直しを行う。

STEP3: 代替案に関する一対比較を行う。整合度が規定値を超える場合は、一対比較の見直しを行う。

STEP4: 重要度を合成し、代替案の総合重要度を求める。

3.2 絶対評価法

(STEP1,STEP2は相対評価法と同様)

STEP3: 各基準に関して評価水準を設定する。

STEP4: 代替案を評価基準ごとに評価水準で評価する。

STEP5: 重要度を合成し、代替案の総合重要度を求める。

4 介護ヘルパーによる介護用品選好シミュレーション

本節で取り上げるのは、ある介護ヘルパーによる介護用品選好のシミュレーションとその結果である。今回はカタログから商品を選別して評価を行った。このため、初期設定から使用感などの評価基準を除外して、項目を【**価格、形状、機能、操作性、耐久度、商品情報**】とした。代替案となる介護用品には、貸与可能な商品である車いすと、個人専用の商品である紙おむつを採用した。

4.1 貸与可能用品に関するシミュレーション

6種類の「介助式車いす」（表2参照）に関してシミュレーションを行う。

	価格(円)	材質	介助用ブレーキ	その他
A	55,500	スチール	タッグル運動	背折れ, 高床, 座幅選択
B	68,000	アルミ	タッグル運動	背折れ, 安全ベルト
C	104,000	アルミ	ドラム	背折れ
D	95,000	アルミ	タッグル運動	背折れ, 座幅選択
E	115,000	アルミ	タッグル運動, 足踏み	背折れ, 肘跳ねあげ, 座幅選択
F	118,000	アルミ	足踏み	背折れ, 肘脱着

表 2: 商品一覧

貸与可能用品に関する評価基準の対比較を行い、結果は表3のようになった。

	価格	形状	機能	操作性	耐久度	商品情報
価格	1	5	1/5	1/5	1/3	5
形状	1/5	1	1/5	1/5	1/3	1
機能	5	5	1	1	3	5
操作性	5	5	1	1	3	5
耐久度	3	3	1/3	1/3	1	3
商品情報	1/5	1	1/5	1/5	1/3	1

表 3: 貸与可能用品に関する評価基準の対比較表

式(2)より重要度を算出すると、 $w_c = (0.114, 0.045, 0.324, 0.324, 0.149, 0.045)^T$ となり、機能と操作性を重要視していることがわかる。

次に、商品に対する絶対評価を行い、結果は次のようになった。

	価格	形状	機能	操作性	耐久度	商品情報
A	とても良い	(*1)	少し良い	少し良い	とても良い	(*2)
B	とても良い		少し良い	少し良い	少し良い	
C	少し悪い		少し悪い	少し良い	少し良い	
D	少し悪い		少し良い	少し良い	少し良い	
E	とても悪い		少し良い	とても良い	少し良い	
F	とても悪い		少し良い	少し良い	少し良い	

(*1) 「どれも似たような感じがする」 → すべて「少し良い」

(*2) 「あまり良くわからなかった」 → すべて「とても悪い」

代替案に関する評価水準を数値化すると、表4より、 $w = (0.565, 0.262, 0.117, 0.054)^T$ となるが、これを要素の最大値で割ったものを評価水準の重要度とする。

w_1, \dots, w_6 を、価格、形状、 \dots 、商品情報から見た代替案の重要度のベクトルと置くと、

$$W_a = [w_1, w_2, \dots, w_6] \quad (6)$$

	とても良い	少し良い	少し悪い	とても悪い
とても良い	1	3	5	7
少し良い	1/3	1	3	5
少し悪い	1/5	1/3	1	3
とても悪い	1/7	1/5	1/3	1

表 4: 評価水準

と表される. 総合結果は W_a に w_c を掛けることで得られるので, 総合重要度

$$w_{total} = (W_a w_c)^T = (0.589, 0.509, 0.335, 0.419, 0.753, 0.406)^T \quad (7)$$

が得られる. この結果, 『機能と操作性を重要視して商品 E を選好する』と分析できる.

4.2 個人専用用品に関するシミュレーション

3種類の「はく紙おむつ」(表5参照)に関してシミュレーションを行う. なお, 入数に関してはメーカー毎に1ケースの枚数が異なるため, 「1ケースに入っている枚数」を記載した. さらに, カタログでは形状の違いがわかりづらいとの指摘を受け, これを評価基準より除外した.

	価格 (円)	入数	その他
A	8,240	40	全面通気性シート, 後処理用テープ
B	11,920	80	薄くてやわらかい
C	9,000	60	体にフィット, ギャザー付

表 5: 商品一覧

	価格	機能	操作性	耐久度	商品情報
価格	1	1	1	7	5
機能	1	1	1	5	5
操作性	1	1	1	5	5
耐久度	1/7	1/5	1/5	1	1
商品情報	1/5	1/5	1/5	1	1

表 6: 個人専用商品に関する評価基準の対比較表

表6より, 個人専用用品に関する評価は $w_c = (0.31, 0.289, 0.289, 0.054, 0.058)^T$ となり, 価格を重要視していることがわかる.

次に, 評価基準から見た代替案の対比較を行う. なお, 耐久度, 商品情報に関しては「すべて同程度」との評価より, $w_4 = w_5 = (0.333, 0.333, 0.333)^T$ となった. 価格, 機能, 操作性に対する対比較は次表の通りである.

(価格)	A	B	C
A	1	1/7	5
B	7	1	1
C	5	1	1

(機能)	A	B	C
A	1	5	3
B	1/5	1	1/3
C	1/3	3	1

(操作性)	A	B	C
A	1	5	3
B	1/5	1	1/3
C	1/3	3	1

これにより、最終評価は

$$w_{total} = (0.43, 0.249, 0.321)^T \quad (8)$$

となり、『価格を重要視して商品 A を選好する』と分析できる。

5 複数の介護者による介護用品選好

前節はひとりの介護ヘルパーによる選好を紹介したが、本節では複数の介護者による商品の評価を紹介する。なお、この解析に用いたデータは、介護用品ユーザーニーズ調査研究コンソーシアム委員会より貸与したものである。同委員会は IPA（情報処理振興協会）委託事業として、「ユーザ主導による開放的介護用品 EC サイトの構築と実証」を推進している。

今回は 3 種類の「おむつ補助パッド」に関する評価データを用いる。評価基準は【価格、形状、感触、機能、操作性、商品情報】とする。前節で基準となっていた耐久度は度外視できると判断したため除外した。また、今回のデータは商品に対する絶対評価を行っていることより、アルゴリズムは絶対評価法とする。加えて評価水準を前節に倣う。

まず、評価基準の対比較（表 7 参照）を行う。

	価格	形状	感触	機能	操作性	商品情報
価格	1	7	1	1	1	5
形状	1/7	1	1/7	1/5	1/5	3
感触	1	7	1	1	1	5
機能	1	5	1	1	1	5
操作性	1	5	1	1	1	5
商品情報	1/5	1/3	1/5	1/5	1/5	1

表 7: 評価基準の対比較表

$w_c = (0.236, 0.052, 0.236, 0.219, 0.219, 0.038)^T$ より、価格と感触が重要視されると解釈できる。

10~30 名による各商品に対する絶対評価（とても良い~とても悪い：4 段階）のデータをもとに代替案の評価を表にまとめると、表 8 のようになる。

	価格	形状	感触	機能	操作性	商品情報
A	少し安い	少し良い	少し良い	少し良い	少し良い	少し多い
B	少し安い	少し良い	少し良い	少し良い	少し悪い	少し良い
C	少し高い	少し良い	少し悪い	少し悪い	少し悪い	少し少ない

表 8: 代替案の評価データ

表8より代替案に関する重要度ベクトルは, $w_a = (1, 0.262/0.565, 0.177/0.565, 0.054/0.565)^T$ となる. よって $w_{total} = W_a w_c = (0.464, 0.425, 0.32)^T$ より, 『価格, 感触を重要視して商品 A を選好する』と分析できる.

6 まとめ

介護ヘルパーの選好解析では, 使用感などの重要な評価基準を除いた擬似データによる解析となった. これにより, 特定項目の重要度が非常に高い数値を示し, 解析前に結果をほぼ予測し得る状態となった. さらに, 評価基準が大まか過ぎるとの指摘もあった. これに対して複数の介護者による商品評価では, 『感触』など使用感に通じる評価基準が設定されていたため, より現実的な解析結果が出たと考える. なお, 評価基準に関する指摘への回答は今後の課題となる.

7 謝辞

本研究では, 介護用品ユーザーニーズ調査研究コンソーシアム委員会および弘前大学理工学部知能機械システム工学科 宮野尚哉助教授にご協力を頂いておりますことを深く感謝致します.

参考文献

- [1] T.L. Saaty, "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science* **32**, 841-855, 1986a.
- [2] T.L. Saaty, "Absolute and Relative Measurement with the AHP: The Most Livable Cities in the United States", *Socio-Economic Planning Science* **20**, 327-331, 1986b.
- [3] 刀根 薫, 真鍋龍太郎 編, "AHP 事例集", 日科技連出版社, 1990.
- [4] 木下栄蔵, "孫子の兵法の数学モデル・実践編", 講談社, 1998.
- [5] 高橋磐郎, "講座: AHP から ANP への諸問題, I-VI", 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 1998 年 1-6 月号.

- [6] 森村英典, 刀根 薫, 伊理正夫 監修, “経営科学 OR 用語大事典”, 朝倉書店, 1999.
- [7] (社) 日本オペレーションズ・リサーチ学会 編, “OR 事典 2000”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2000.
- [8] 筒井孝子, “[入門] 介護サービスマネジメント”, 日本経済新聞社, 1998.