

AHP における得点比較評価法の提案

Proposal of score comparative approach in Analytic Hierarchy Process

北海学園大学工学部社会環境工学科 ○学生員 當摩哲也(Tetsuya Toma)
 北海学園大学工学部生命工学科 正会員 鈴木聡士(Soushi Suzuki)

1. 研究の背景と目的

Thomas L. Saaty によって提案された AHP (Analytic Hierarchy Process) は、主観的判断とシステムアプローチの両面から人間の意識情報を数量化する手法である。これは問題を「目標」、「評価要因」、「代替案」の 3 階層に分解し、一対比較法によって各評価要因の重要度や各評価要因に関する各代替案の評価を行い、人間の価値観構造を分析する。

この一対比較法は、各評価要因および各評価要因に関する各代替案の評価を相対的に総当り評価するものである。よって、評価要因または代替案の数が多くなった場合、被験者の評価負担が大きくなり、実用性が低下する問題が指摘されている。特に多数の被験者を対象に、意識調査分析に活用する場合は、この問題を解決する必要がある。

そこで盛ら¹⁾は、上記の問題を緩和させた「相対位置評価法」を提案した。相対位置評価法は、評価要因の重要度を「位置」で評価し、その位置データをもとに各評価要因のウェイトを算出する手法である。これにより被験者の評価負担軽減を実現したが、位置データの計測と入力において、分析者に多大な負担がかかることが問題であった。そこで地家ら²⁾は分析の負担緩和を意図した「得点評価法」を提案した。得点評価法は「評価要因の重要度評価」と「代替案の評価」について、1~100 点の得点により評価する手法である。これにより被験者の評価負担と分析者の分析負担の緩和が可能となった。しかし、得点評価法における分析結果の信頼性は実証されていない。

そこで本研究は、得点評価法による評価法と、相対位置評価法の評価ウェイト算出法を統合させた、「得点比較評価法」を新たに提案する。この手法は被験者・分析者相互の負担緩和と、信頼性確保の両立を実現させる手法である。本研究はこの新手法を提案した上で、その信頼性を実証することを目的とする。

2. 得点比較評価法の提案

得点比較評価法の手順を以下に示す。

Step.1 各評価要因 C_i について、それぞれの重要度を比較しながら、1~100 点の得点 S_i で、表-1 のように評価する。

表-1 各評価要因における得点比較評価の例

| 評価要因 | C_1 | ... | C_i | ... | C_j | ... | C_n |
|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 得点 | S_1 | ... | S_i | ... | S_j | ... | S_n |

Step.2 次に、一対比較法における 1~9 の 9 段階評価尺度に近づけるため、得点 S_n に $\frac{1}{10}$ を乗ずる。すなわち評価要因 i の補正スコア T_i は(1)式のようにになる。

$$T_i = \frac{\alpha \cdot S_i}{10} \quad (1)$$

ここで α は、一対比較法による評価値に適合させるための補正パラメーターである。この値の算出方法と設定方法は 5 章で示す。

Step.3 相対位置評価法の位置比較マトリックス法を援用して、評価要因 i と評価要因 j の得点比較評価値 V_{ij} を(2)式のように定義する。

$$V_{ij} = (T_i - T_j) \quad (2)$$

その上で、 T_i と T_j の大小関係に基づき、得点比較評価値 u_{ij} を以下のように定義する。

$$T_i > T_j \text{ の場合、} u_{ij} = V_{ij} + 1 \quad (3)$$

$$T_i < T_j \text{ の場合、} u_{ij} = \frac{1}{-V_{ij} + 1} \quad (4)$$

$$T_i = T_j \text{ の場合、} u_{ij} = 1 \quad (5)$$

ここで、重要度が同値だった場合、値が 0 になる。そのため、(3)~(5)式のように u_{ij} は全て 1 を加えた値とする。また、これは既存評価法である一対比較法の評価尺度「同じくらい重要」と同値となる。

Step.4 以上の結果を基に、得点比較マトリクス U を構築すると(6)式のようにになる。

$$U = [u_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & u_{21} & \cdots & u_{n1} \\ 1/u_{21} & 1 & \cdots & u_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/u_{n1} & 1/u_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6)$$

この U を用いて、既存の固有値法と同じ方法で各評価要因のウェイトを算出する。

3. 得点比較評価法の信頼性検証に関する分析フロー

2章で提案した得点比較評価法について、その信頼性を検証し、さらに補正パラメーターを設定する必要がある。そこで本研究は、図-1に示すフローで分析を行う。

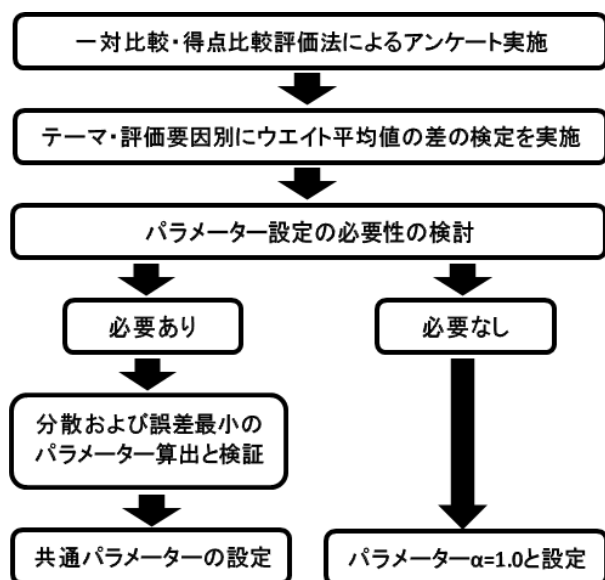


図-1 分析フロー

図-1に示すとおり、まず一対比較法、得点比較評価法の2つの手法で複数テーマを評価するアンケートを実施する。

次に、一対比較法によるウエイトと得点評価法によるウエイトについて、各テーマ評価要因別に対応ある平均の差の検定を行う。この時、帰無仮説 H_0 を「一対比較法と得点比較評価法のウエイトに差はない」とし、対立仮説 H_1 は「一対比較法と得点比較評価法によるウエイトに差はある」とする。この検定結果から、パラメーター設定の必要性を検討する。検討の結果、必要なしと判断された場合は2章におけるパラメーター α を1.0と設定し、得点比較評価法として用いる。一方、必要ありと判断された場合、全テーマ・全要因において分散と誤差が最小となるパラメーターを検討して設定し、その信頼性について検証する。その上で、共通して設定が可能なパラメーターについて考察する。

4. アンケートの実施概要

本研究では、テーマの独立性を考慮して図2~4に示す3テーマと、それぞれ5つの評価要因を設定した。その上で、一対比較法と得点比較評価法の2手法によるアンケートを実施した。なお、本研究においては評価要因のみの評価結果を比較の対象とする。配布・回収・有効回答などの概要を表-2に示す。

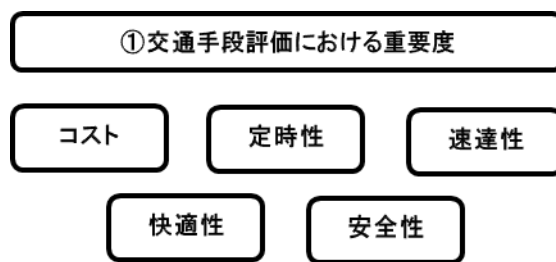


図-2 テーマ1 交通手段評価

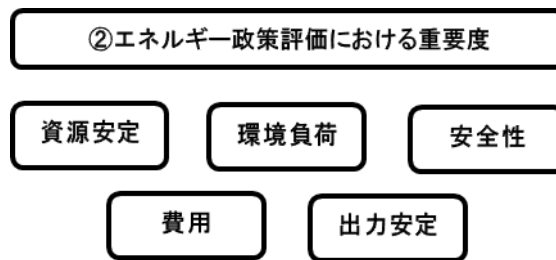


図-3 テーマ2 エネルギー政策評価

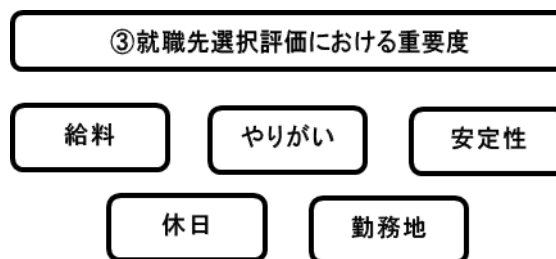


図-4 テーマ3 就職先選択評価

表-2 アンケート概要

| 方法 | 直接配布・直接回収 |
|---------|---|
| 配布数 | 141(20代:123部、30代:6部、40代:6部、60代:6部) |
| 回収数 | 110(20代:92部、30代:6部、40代:6部、60代:6部) |
| 有効回答数 | テーマ1:36部、テーマ2:40部、テーマ3:34部 |
| 有効回答判別法 | ①一対比較法における整合度が0.15以下 ②一対比較法における重要度順位と得点評価法における重要度順位に逆転が生じていない(矛盾が生じていない) |

5. 一対比較法と非補正型得点比較評価法の比較

5-1. 一対比較法と非補正型得点評価法の比較方法

各テーマ、各評価要因において、一対比較と得点比較評価によるウエイトを算出し、対応ある平均の差の検定を行う。その際、

- ・帰無仮説 H_0 : 一対比較法と得点比較評価法によるウエイトに差はない。
 - ・対立仮説 H_1 : 一対比較法と得点比較評価法によるウエイトに差はある。
- とした。

5-2. 交通手段評価におけるウェイトの検定

図-5にウェイト平均値の比較、表-3に検定統計量と棄却限界を示す。

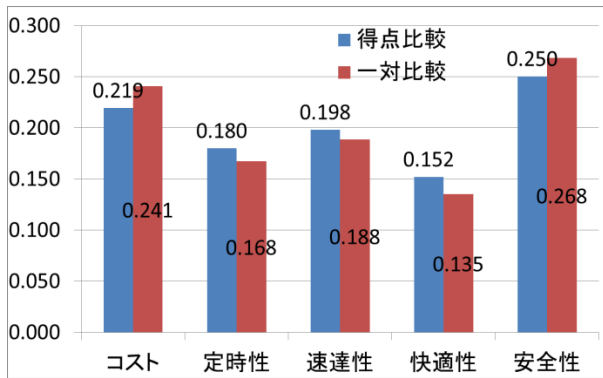


図-5 交通手段評価におけるウェイト平均値比較

表-3 交通手段評価における検定統計量と棄却限界一覧

| | コスト | 定時性 | 速達性 | 快適性 | 安全性 |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 検定統計量 | 1.720 | 1.288 | 0.979 | 2.101 | 1.042 |
| 検定結果 | — | — | — | 棄却 | — |
| 棄却限界 | 2.0301 | | | | |

表-3より、快適性の要因で仮説 H_0 が棄却されたことから、一対比較と得点比較評価法によるウェイトには差があることがわかった。

5-3. エネルギー政策評価におけるウェイトの検定

図-6にウェイト平均値の比較、表-4に検定統計量と棄却限界を示す。

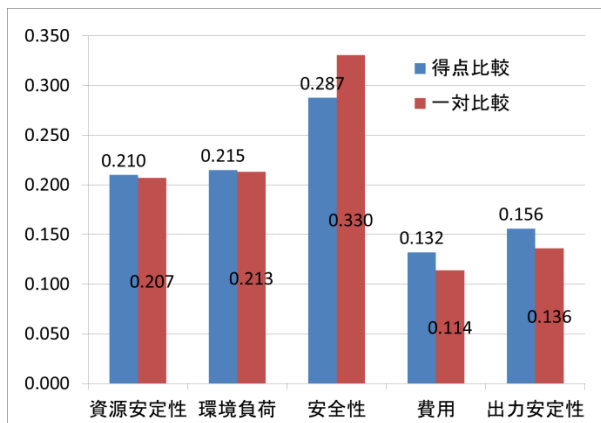


図-6 エネルギー政策評価におけるウェイト平均値比較

表-4 就職先選択評価における検定統計量と棄却限界一覧

| | 資源安定性 | 環境負荷 | 安全性 | 費用 | 出力安定性 |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 検定統計量 | 0.360 | 0.240 | 3.155 | 3.201 | 3.860 |
| 検定結果 | — | — | 棄却 | 棄却 | 棄却 |
| 棄却限界 | 2.0227 | | | | |

表-4より、安全性、費用、出力安定性の要因で仮説 H_0 が棄却されたことから、一対比較と得点比較評価法によるウェイトには差があることがわかった。

5-4. 就職先選択評価におけるウェイトの検定

図-7にウェイト平均値の比較、表-5に検定統計量と棄却限界を示す。

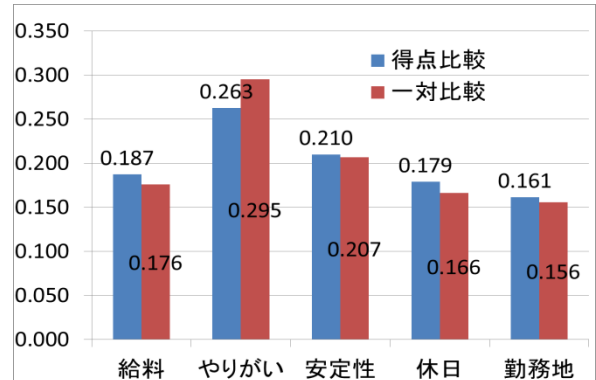


図-7 就職先選択評価におけるウェイト平均値比較

表-5 就職先選択評価における検定統計量と棄却限界一覧

| | 給料 | やりがい | 安定性 | 休日 | 勤務地 |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 検定統計量 | 1.346 | 2.844 | 0.414 | 1.601 | 0.539 |
| 検定結果 | — | 棄却 | — | — | — |
| 棄却限界 | 2.0345 | | | | |

表-5より、やりがいの要因で仮説 H_0 が棄却されたことから、一対比較と得点比較評価法によるウェイトには差があることがわかった。

5-5. 非補正における分析の考察

表-3~5に示すとおり、各テーマにおいて、複数の要因で仮説が棄却された。すなわち、一対比較法と得点比較評価法によるウェイトには、差があることが明らかとなった。このことからパラメーター $\alpha=1.0$ と設定した方法で得点比較評価法を用いると、一対比較法による評価と異なる結果となることがわかった。そこでパラメーター α を設定する必要がある。次章において、それらを設定する。

6. 一対比較法と補正型得点比較評価法の評価結果比較

6-1 検定統計量合計値最小による設定

評価要因 i の検定統計量を t_i とすると、

$$\min \sum_{i=1}^n t_i \quad (7)$$

となるパラメーター α を求める。すなわち、得点比較評価法の精度を最大とする α を求める。このパラメーターを「精度最大パラメーター」と定義する。

6-2 検定統計量分散最小による設定

これは、得点比較評価法の精度のばらつきを最小とする α を(8)式より求める。

$$\min_{n-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i - \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}}{n-1} \right)^2 \quad (8)$$

すなわち、評価要因間の精度の差を可能な限り少なくし、精度を安定させるパラメーターを算出することを意味している。このパラメーターを「精度差最小パラメーター」と定義する。

6-3. 共通パラメーター α の算出

(7)、(8)式から各テーマにおけるそれぞれのパラメーターを算出すれば表-6 となる。

表-6 パラメーター一覧

| | 交通手段 | エネルギー | 就職先 |
|-------------|-------|-------|-------|
| 精度最大パラメーター | 2.296 | 2.245 | 2.118 |
| 精度差最小パラメーター | 2.595 | 2.660 | 2.254 |

表-6 より、2.1~2.6 程度の範囲にパラメーターが安定していることがわかった。そこで、このパラメーターの平均値を共通パラメーターとして設定する。

すなわち、 $\alpha_{ave} = 2.361$ となる。

7. 共通パラメーター設定時の精度検定

6 章で算出した α_{ave} を用いて、各テーマにおいて平均の差の検定を行った。その結果を表-7~9 および図-8~10 に示す。

表-7 交通手段評価における検定結果

| | コスト | 定時性 | 速達性 | 快適性 | 安全性 |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 検定統計量 | 0.598 | 0.068 | 0.328 | 0.108 | 0.226 |
| 検定結果 | — | — | — | — | — |
| 棄却限界 | 2.0301 | | | | |

表-8 エネルギー政策評価における検定結果

| | 資源安定性 | 環境負荷 | 安全性 | 費用 | 出力安定性 |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 検定統計量 | 0.503 | 0.487 | 0.372 | 0.240 | 0.335 |
| 検定結果 | — | — | — | — | — |
| 棄却限界 | 2.0227 | | | | |

表-9 就職先選択評価における検定結果

| | 給料 | やりがい | 安定性 | 休日 | 勤務地 |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 検定統計量 | 0.573 | 0.609 | 0.342 | 0.403 | 0.249 |
| 検定結果 | — | — | — | — | — |
| 棄却限界 | 2.0345 | | | | |

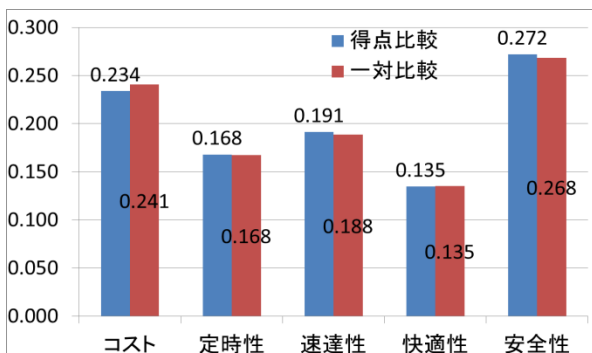


図-8 交通手段評価におけるウエイト平均値比較

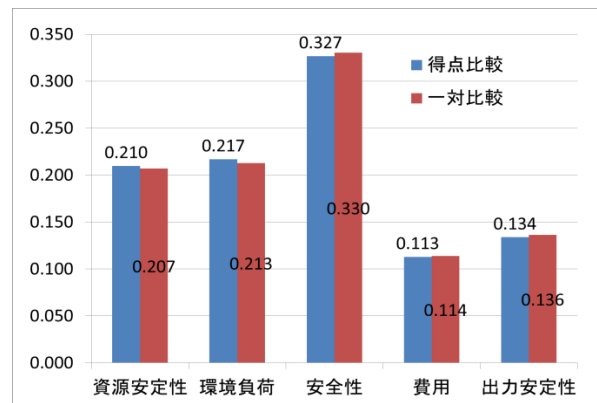


図-9 エネルギー政策評価におけるウエイト平均値比較

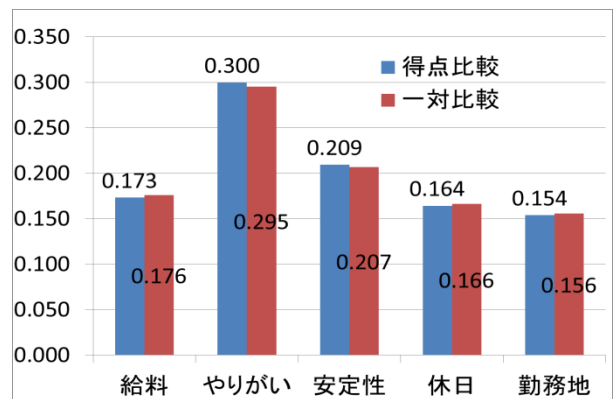


図-10 就職先選択評価におけるウエイト平均値比較

表-7~9 より、すべてのテーマおよび評価要因において、仮説 H_0 が採択された。すなわち 2 手法によるウエイトに差がないことがわかった。本研究では $\alpha=2.361$ と確定し、要素数が5つの場合、このパラメーターを用いることを提案する。

7. おわりに

本研究の成果を以下に示す。

- ① 被験者・分析者相互の負担緩和と、信頼性確保を両立させた得点比較評価法を新たに提案した。
- ② その利用の際に共通して設定可能なパラメーター α を算出した。

また、今後の課題としては、要素数が5以外の際の検証と共通パラメーター α を設定する必要がある。

【参考文献】

- 1) 盛亜也子・鈴木聡士：AHP における相対位置評価法に関する研究、土木学会土木計画学研究・論文集 Vol.18、No.1、pp.129-138、2001.10
- 2) 地家浩統 他：長距離移動における交通手段選択の評価意識特性分析、土木学会北海道支部論文報告集第68号、2011.