HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	AHPにおける得点比較評価法の提案と信頼性の検証
著者	鈴木，亜也子；鈴木，聡士；當麻，哲也；SUZUKI，Ayako；SUZUKI，Soushi；TOMA，Tetsuya
引用	北海学園大学工学部研究報告(44)：33-44
発行日	2017-01-13

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

AHPにおける得点比較評価法の提案と信頼性の検証

鈴　木　亜也子・鈴　木　聡　士・當　麻　哲　也

Proposal of Score Comparative Approach in Analytic Hierarchy Process and reliability verification

Ayako SUZUKI*, Soushi SUZUKI** and Tetsuya TOMA***

要　旨

AHP（階層分析法）の実用性向上を目的として著者らが提案していた相対位置評価法は，インターネットを用いたアンケート調査には非対応であった．そこで，得点で重要度を相対評価する新たな方法を提案し，この問題を解決した．さらに，既存評価法と同様な評価結果を得るために，パラメーターを用いた評価データ変換法を新たに開発し，既存評価方法と新手法の評価結果の差に関する統計的検定を行った．そして，有意な差がない結果を得られることを実証し，新手法の信頼性を検証した．

1．序論

Thomas L. Saatyによって提案されたAHP（Analytic Hierarchy Process）[1]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．この手法は問題を「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．このようにAHPは一対比較を行い，ペア比較マトリックス（以降，一対比較マトリックスと呼ぶ）を構築する．また，一対比較を用いる評価方法として，サーストンの一対比較法[2]がある．これは一対比較による順位付けデータから間隔尺度を算出し，その結果を数直線上に位置づける方法である．しかし，一対比較においてそれぞれ比較する要素のどちらが好みであるかを判断するのみである

* 北海学園大学工学部
* Faculty of Engineering, Hokkai−Gakuen University
** 北海学園大学工学部生命工学科
** Department of Life Science and Technology, Faculty of Engineering, Hokkai−Gakuen University
*** 北海道商工会連合会
*** Hokkaido Federation of Societies of Commerce and Industry

ため，好みの度合いはその要素を選択した被験者数で表現されることから，順位（優劣）を判断するのみに留まってしまう可能性を有している．また，シェッフェの原法[2]では評点を用いて一対比較を行い，その結果を数直線上に位置付ける．これにより要因の差の程度を表すことができる．しかし，これらの方法は複数被験者の一対比較データを統合して一つの二元表を導きだす方法であり，各被験者それぞれの評価結果は算出されない．

サーストンやシェッフェの一対比較と既存AHPの一対比較の特徴を比較すれば**表１**のようになる．

表１　各評価方法の特徴の比較

	評価方法	結果
サーストンの一対比較法	好ましい方の要因を選択	・集団での結果 ・数直線で表現
シェッフェの原法	－３～＋３で好ましさを表現	・集団での結果 ・数直線で表現
既存AHPにおける相対評価（一対比較）[2]	１～９の尺度で重要度を評価	・個人の結果 ・数値により表現

既存の一対比較法（サーストン及びシェッフェ）においては，集団の比較結果を用い二元表を構築していた．そのため一対比較結果の整合性の度合いは集団の一致性によるものであった．また，AHPにおいては個人の一対比較マトリックスを構築し，個人の整合度を求めていた．これにより評価要因数等が多数となった場合においては有効回答を得る困難性が増し，さらに被験者の評価負担も大きく，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．

AHPにおける被験者の評価負担度軽減を可能とした代表的な既存研究を概観すれば，まず，Saaty T. L.が絶対評価法（Absolute Measurement Approach）[3]を提案した．これは各評価要因間の重み付けを相対評価で行い，各評価要因に対する各代替案の評価は絶対評価で行うものである．しかし，この方法においても被験者の評価負担に着目すると，評価要因間の一対比較を必要とすることから，評価要因数が多数となる場合，比較回数が増加し被験者の評価負担が増大する等の問題点がある．また，木下・中西は，支配代替案法[4]を提案した．これは，ある任意の支配代替案を選定し，各代替案の評価は，支配代替案との比較のみで行うものである．それゆえ被験者の評価負担に着目すると，この手法は一対比較回数が既存評価法に比べ減少することから，被験者に対する評価負担の軽減をも可能とする方法として注目される．さらに鈴木は高齢者等にAHPを適用する際の方法として，順位尺度型AHP[5]を提案した．これは，各評価要因の評価を順位尺度で行う方法であり，一対比較を必要としないことから，被験者に対する負担が軽減される．しかし，この方法は，順位尺度ウエイトを全被験者共通に設定することによって，AHPの利点である自由性・柔軟性が低下する等の問題点があった．

そこでAHPの自由性・柔軟性をある程度確保しつつ，被験者の評価負担を軽減可能な方法として盛（鈴木）・鈴木らが提案した相対位置評価法[6]がある．これは一対比較を用いず，数直線上で評価を行うものである．しかし，この方法は，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エ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．さらにインターネットを用いたアンケート調査に非対応であった．

そこで地家ら[7]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エ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り，かつインターネットを用いたアンケート調査にも対応可能である．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 2** のように評価する．

表 2　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）式のようになる．

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

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第６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．

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

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．

$$T_i > T_j \text{の場合，} u_{ij} = V_{ij} + 1 \tag{3}$$

$$T_i < T_j \text{の場合，} u_{ij} = \frac{1}{-V_{ij} + 1} \tag{4}$$

$$T_i = T_j \text{の場合，} u_{ij} = 1 \tag{5}$$

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）式のようになる．

$$U = [u_{ij}] = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & u_{21} & \cdots & u_{n1} \\ 1/u_{21} & 1 & \cdots & u_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/u_{n1} & 1/u_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{array} \tag{6}$$

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エイトを算出する．

3．得点比較評価法の信頼性検証に関する分析フロー

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．

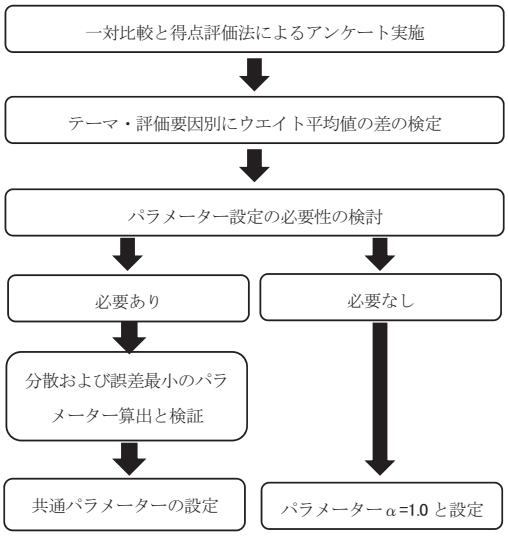


図 1　分析フロー

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**表 3** 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 4** に示す．

表 3　各テーマと評価要因

テーマ 1 ：交通手段評価における重要度 評価要因：コスト・定時制・速達性・快適性・安全性
テーマ 2 ：エネルギー政策評価における重要度 評価要因：資源安定・環境負荷・安全性・費用・出力安定
テーマ 3 ：就職先選択評価における重要度 評価要因：給料・やりがい・安定性・休日・勤務地

表 4　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　交通手段評価におけるウエイトの検定

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．**図 2** にウエイト平均値の比較，**表 5** に検定統計量と棄却限界を示す．

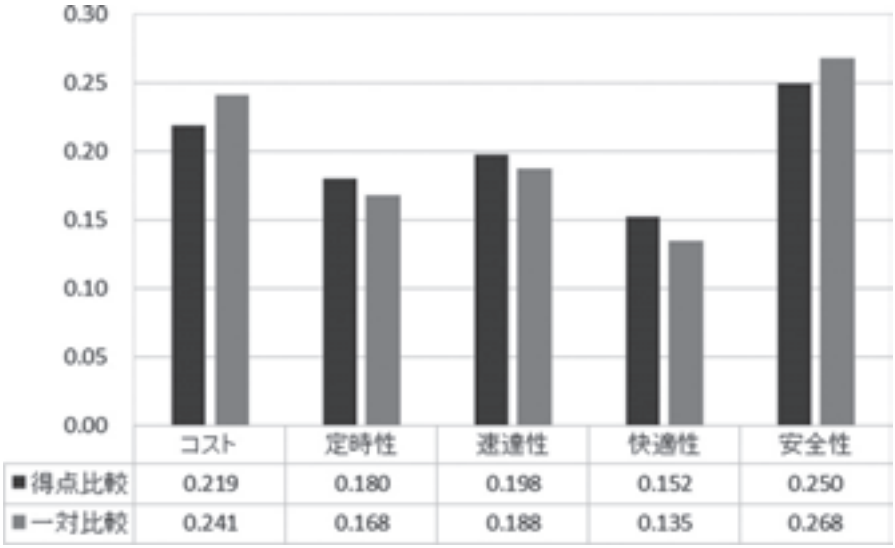


図 2　交通手段評価におけるウエイト平均値比較

表 5　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 5 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エイトには差があることがわかった．

5.2　エネルギー政策評価におけるウエイトの検定

図 3 にウエイト平均値の比較，**表 6** に検定統計量と棄却限界を示す．

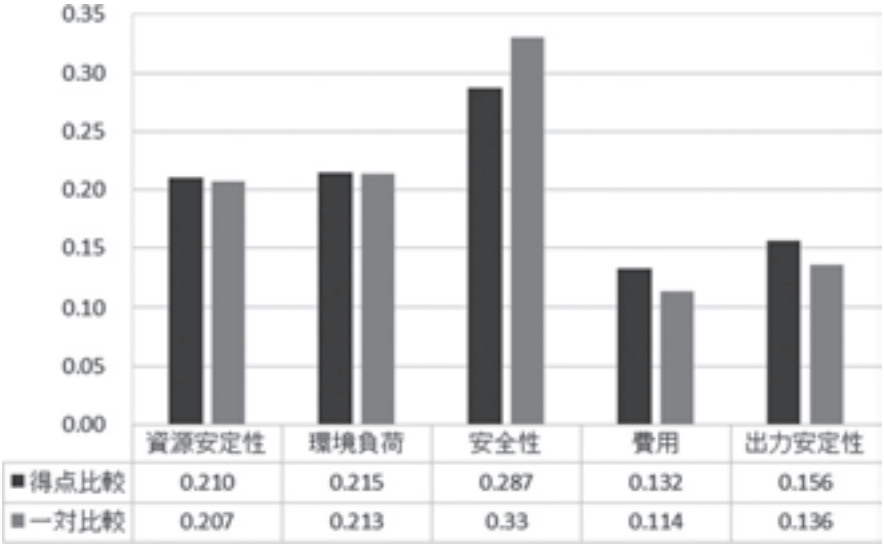


図 3　エネルギー政策評価におけるウエイト平均値比較

表 6　エネルギー政策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 6 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エイトには差があることがわかった．

5.3　就職先選択評価におけるウエイトの検定

図 4 にウエイト平均値の比較，**表 7** に検定統計量と棄却限界を示す．

表 7 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エイトには差があることがわかった．

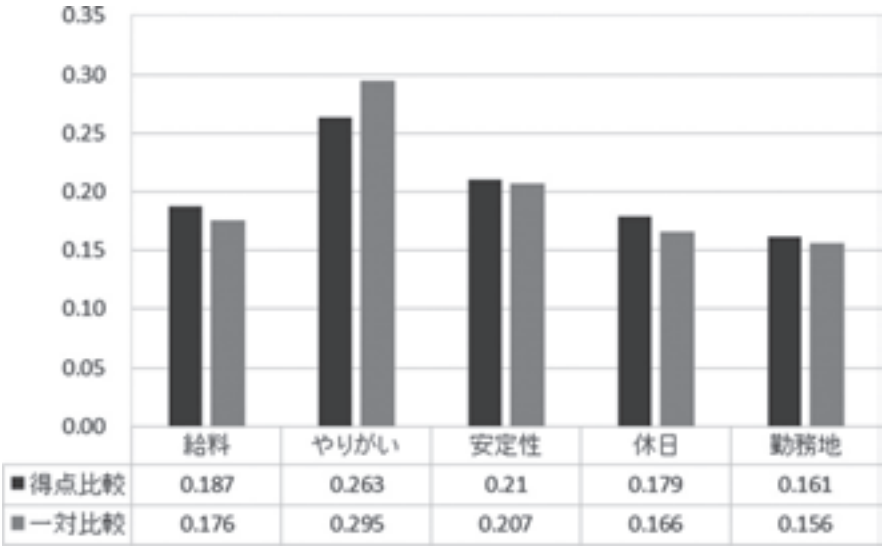


図 4　就職先選択評価におけるウエイト平均値比較

表 7　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				

5.4　非補正における分析の考察

表 5 ～ 7 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エイトには，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α＝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とするとき，

$$min \sum_{i=1}^{n} t_i \tag{7}$$

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」と定義し，α_{acc}^{max} と表す．

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．

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

すなわち，評価要因間で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」と定義し，α_{dif}^{min} と表す．

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 8** となる．

表 8　パラメーター一覧

	テーマ 1	テーマ 2	テーマ 3
精度最大パラメーター α_{acc}^{max}	2.296	2.245	2.118
精度差最小パラメーター α_{dif}^{min}	2.595	2.660	2.254

表 8 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α_{ave}^{com}と表す．

すなわち，$\alpha_{ave}^{com}=2.361$となる．

7．共通パラメーター設定時の精度検定

第 6 章で算出したα_{ave}^{com}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 9～11**および**図 5～7** に示す．

表 9　交通手段評価における検定結果

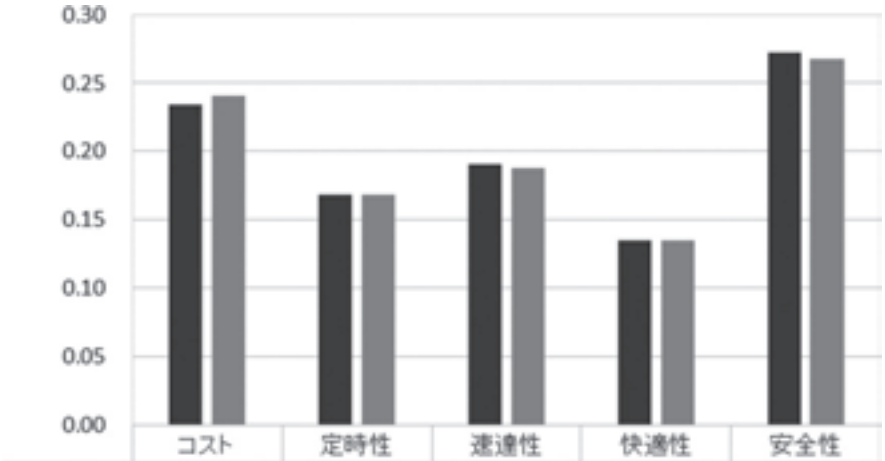
	コスト	定時性	速達性	快適性	安全性
検定統計量	0.598	0.068	0.328	0.108	0.226
検定結果	—	—	—	—	—
棄却限界	2.0301				

表10　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11　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				



	コスト	定時性	速達性	快適性	安全性
■得点比較	0.234	0.168	0.191	0.135	0.272
■一対比較	0.241	0.168	0.188	0.135	0.268

図 5　交通手段評価におけるウエイト平均値比較

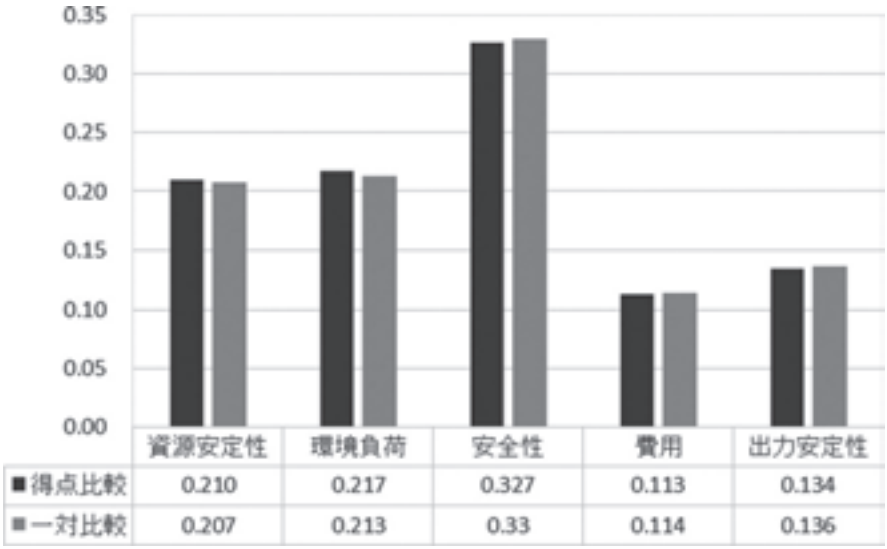


図 6　エネルギー政策評価におけるウエイト平均値比較

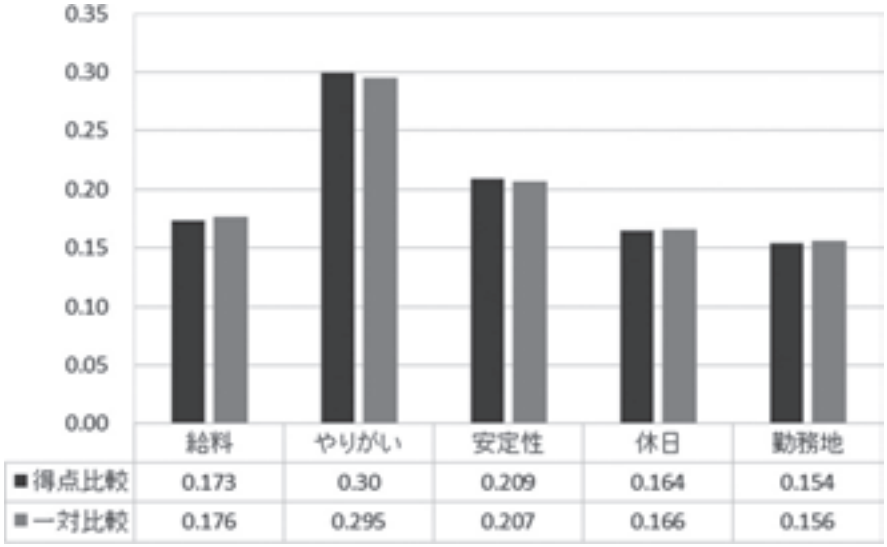


図 7　就職先選択評価におけるウエイト平均値比較

表 9 ～11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．

8．結論

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．この手法により，インターネットを用いたAHPのアンケート調査も可能となった．

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）Thomas L. Saaty : THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, McGraw−Hill, 1980

2）天坂格郎・長沢伸也：官能評価の基礎と応用，日本規格協会，2000

3）木下栄蔵：AHP手法と応用技術，総合技術センター，1993

4）木下栄蔵・中西昌武：AHPにおける新しい視点の提案，土木学会論文集No.569／Ⅳ－36，pp.１－８，1997

5）鈴木聡士：順位尺度型AHPによる交通案内表示の評価に関する研究－高齢者の交通行動特性を対象として－，第34回日本都市計画学会学術研究論文集，pp.889－894，1999

6）盛（鈴木）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，土木計画学研究・論文集Vol.18，No.１，pp.129－138，2001.９

7）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，2011.２