

AHPを用いた評価ウエイト修正法 による合意形成支援に関する研究

内田 賢悦¹・盛 亜也子²・加賀屋 誠一³・萩原 亨⁴

¹正会員 博(工) 北海道大学大学院助手 工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: uchida@eng.hokudai.ac.jp

²学生会員 修(工) 北海道大学大学院博士後期課程 工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: a-mori@eng.hokudai.ac.jp

³フェロー会員 学博 北海道大学大学院教授 工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: kagayas@eng.hokudai.ac.jp

⁴正会員 工博 北海道大学大学院助教授 工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: hagiwara@eng.hokudai.ac.jp

本研究では、評価者個人が他の評価者の評価結果を参考に、自己の評価結果の修正を行うことによって、集団として合意形成が図られる過程を表現する、AHPを用いた評価ウエイト修正法の構築を行った。評価ウエイト修正法では、評価結果の修正は個人間の意見に関する類似性を考慮している。また、評価ウエイト修正法と集団意思決定ストレス法を組み合わせた合意形成支援システムを提案し、テストデータを用いた数値計算例も示している。その結果、合意形成過程における評価ウエイトの変化が個人毎に示されることが確認できた。また、同システムを適用することにより、評価結果の修正を許さない個人に対して、意見修正の誘引効果があることが示された。

Key Words : *analytic hierarchy process, group decision making process, group decision making stress method*

1. はじめに

まちづくりに限らず、河川の治水計画等、今日、様々な場面において、住民参加型の計画が進められている。こうした背景には、住民に対する十分な情報公開に基づき、計画に関するアカウンタビリティを確保することが強く要求されていることが挙げられる。このような場合に重要となるのが、如何にして集団意見を集約するかという、集団合意形成に関する問題である。このとき数名による合意形成ならば、それほどの問題は発生しないが、評価者が複数存在する場合には、合意形成までのプロセスが不透明となってしまう場合が多く見受けられる。例えば、複数の代替案から一つを選定する場合や、事業などの方向性を決定する場面において、評価者の合意を得る必要があるとき、多数決や投票による結論は、評価者

の不満が増大するだけではなく、合意形成における同意プロセスが不透明となる。これに対し、ワークショップ形式の話し合いのもと、評価者の不満が少なくなるような結論を見出すことが考えられる。しかし、こうした方法であっても、多くの時間と費用を要することが課題として挙げられる。したがって、これらの問題点を解決するような話し合いに基づいた合意形成支援方法が必要となってくる。

このような問題を扱う場合、何らかの仮定に基づき、問題をモデル化することによって、合意形成を支援する方法が考えられる。こうしたモデル化は、主に規範的モデルと記述的モデルに分類される場合が多い。たとえば前者の場合、社会厚生あるいは公共利益の観点から規範的に望ましい決定を選択することになる。しかし、こうした状況には社会的ジレンマが存在し、規範的に望まし

い決定が選択されない場合がある¹⁾。たとえば、自動車交通への混雑税の導入²⁾は理論的に効果があることが分かっているが、利用者に受け入れられない施策であった。社会的ジレンマとは、個人利益の最大化行動と公共利益の最大化行動のいずれかを選択しなければならない状況であるが、これに関しては、評価者結果への満足度には、手続き的公正も影響することが報告されている。さらに、このことを活用することによって、公共利益の最大化行動が選択される可能性が示唆されている³⁾。すなわち、評価者は評価結果だけでなく、その結果がどのような手続きによって得られたか、その過程についても関心を持っていることを示した結果といえる。

一方、記述的なモデル化としては、AHP (Analytic Hierarchy Process) やゲーム理論に基づく方法があげられる(ただし、AHP に関しては個人の評価結果が規範的基準に基づいて決定された場合、この限りではない)。こうした方法は、個人の意見を何らかの形で集計化して集団意見を構成することによって、あるいは、個人が自己の利得を最大化する行動をとった場合に実現するであろう状況を再現することによって、得られる結果を集団合意形成に役立てようとするものである。

その中でも、AHP は代替案選択までの評価意識構造を数値化した分析が可能であることから、様々な場面において集団合意形成手法として活用されてきた⁴⁾。また、ワークショップなどの話し合いの場に、比較的適用しやすいという特徴も有する。AHP の開発者である Saaty は、集団で話し合うことによって、集団としての一対比較行列を構築する方法と、評価者の一対比較行列を幾何平均したものを集団の一対比較行列とする合意形成手法を提案している⁵⁾。前者については、合意までに多くの時間と費用がかかること、後者については、各評価者が与えた一対比較値と集団のそれとは大きくかけ離れる傾向にあることが指摘されている⁶⁾。こうした背景から、様々な合意形成手法が提案されている。中西・木下⁷⁾は①評価者格付けの有無と②原始データ(見解)操作の有無、の2つの軸から得られる4つの組み合わせによって、AHP を活用した既存の合意形成手法を整理しており、図-1 は、これにいくつかの手法を付け加えたものを示している。

図-1 の〈シナリオA〉における幾何平均法は、Saaty⁸⁾によって提案された方法である。これは、前述のように、評価者全員の二対比較値を幾何平均することによって、集団の一対比較値を決定する方法である。このことから、評価者全てが一つの案に集約されてしまうため、個人の意見がどのように扱われたのかが不透明となり、評価者が不満を持つ可能性がある。また、〈シナリオC〉は、原始データの操作を行わず、評価者の格付けを何らかの

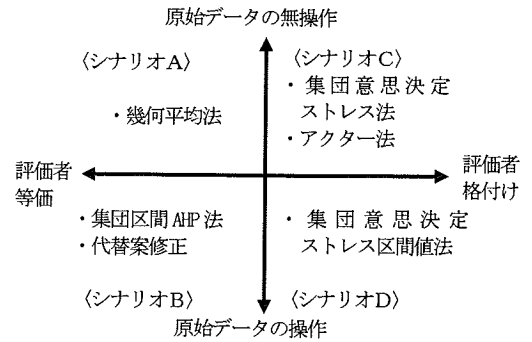


図-1 4つの問題解決方法の特徴と位置関係

方法により行う。さらに、〈シナリオC〉における集団意思決定ストレス法を拡張し、評価者の妥協範囲としての個人の区間値を用いた方法として〈シナリオD〉の集団意思決定ストレス区間値法⁹⁾がある。そして、評価者の格付けを行わず原始データの操作を行う方法として集団区間AHP法⁹⁾、代替案修正⁹⁾が〈シナリオB〉に位置づけられる。前者は、評価者によって申告された区間値をもとに、集団の区間値行列を作成する。後者は代替案を修正することにより合意形成を図る方法である。しかし、合意形成がなされるということは、AHP のフレームで考えた場合、評価要因のウエイト操作(または修正)によるものであると考えるのが自然である。これは、「決め方」を意見や選好の集約方法と捉えるよりはむしろ、意見の集約の過程で人々の意識の自主的な変化をもたらすものとみなすべき、という佐伯¹⁰⁾の主張に準拠する考え方である。また、実際の合意形成局面においては、意見が類似している評価者同士から合意形成が図られ、最終的には集団の合意形成に至ると考えられる。このことを表現するためには、原始データを操作することにより、より実際の合意形成を表現することが可能な、問題記述的な視点からのアプローチが必要となる。

そこで、本研究では意見の類似している評価者から合意に達するプロセスを表現するモデルを提案する。さらに、このモデルと集団意思決定ストレス法を組み合わせた集団合意形成支援システムの提案も併せて行う。このシステムは、図-1 において〈シナリオB〉と〈シナリオD〉の中間に位置付けられるものと考えられる。

2. 既存研究と本研究の位置付け

AHP は評価要因および代替案が多数となる場合において、被験者の評価負担が増大し、その結果 CI 値が大きくなり、信頼性のある解析ができない場合が生じる。さらには、整合性がとれない被験者の意見は無視される

ことにもなる。

これに対して、評価要因が多数となる場合においても、整合性の高い結果を得られる方法として、評価尺度である「極めて重要」に対応する評価値を原始データから推定する方法¹¹⁾や、数直線を用いることで、相対的比較時における評価者の混乱を避ける方法¹²⁾が提案されている。これらの研究は、言語的表現の評価値、あるいは被験者の評価負担から生じる評価結果の不整合に対処するための研究と位置づけられる。

また、AHPを活用した集団合意形成に関する研究を概観すると、多くは評価要因のウェイトを修正するものである。山田ら⁹⁾はCI値の最小化を第一目標とし、評価者の不満度最小化を第二目標とした集団区間AHP法を提案している。この方法では、各評価者の一対比較行列から、区間値を有する集団の一対比較行列を構成し、その区間を定義域とした変数を上述した観点から最適化を行うことで、合意形成を図ろうとするものである。

中西⁸⁾は評価者の当初の評価結果をもとに、個々の不満の総和を最小とする格付け法を示している。そして、これを個人評価結果の重みとし、この重みに関する評価結果の加重平均を集団評価結果として捉える方法を提案した。ここでいう個々の不満とは、集団評価結果と個々の評価結果との乖離に関するものであり、乖離しているほど個人の格付け値が小さくなる。この方法においては、個人の格付け値が低く設定されることによる不満（ストレス）は扱われていない。

また、高野・鈴木⁹⁾は代替案を修正することにより、集団合意形成を図る方法を提案している。ここでは、各評価者グループ間において、評価結果における差が最も大きい評価要因に着目して、代替案の修正を行っている。しかし、この方法は代替案の修正が可能である局面においては有効であるが、修正が不可能な局面においては、集団合意の形成は図られず、有効な方法とは考えられない。また、修正後の代替案について、評価者が満足（納得）することを評価基準としているが、このことは、評価要因のウェイト修正が評価者自身によってなされていると考えることができる。

以上の合意形成に関する研究は、各評価者の評価結果を集計し、その集団評価結果に修正を加える方法、あるいは集計化された規範的評価に基づき各評価者に格付けを行う方法と位置づけられ、この点では、集計概念をベースとしたモデル化が行われているといえる。これに対し、本研究ではAHPを活用した集団合意形成を主眼に置き、個人がすべての他者の意見も尊重しながら、自己の評価要因に関するウェイトを修正することを想定した、評価要因に関するウェイト修正法を提案する。この方法は、個人対個人間において意見修正を繰り返すこと

により、集団としての合意形成が成されるプロセスを表現するものである。このとき、個人を基本単位として考えるため、AHP本来の考え方に準拠しており、この点において集計的な合意形成を表現してきた既存研究とは異なるものと考えられる。

3. 合意形成支援のための評価ウェイト修正

一般に、集団合意形成に至らない場合として2つのパターンがあるとされている。パターンIは構成員間に誤解、意思疎通の欠如、意識の共有欠如が存在する不完全情報の場合、パターンIIは完全情報がなされたとしても、集団内に重大なコンフリクトやジレンマが存在する場合である¹³⁾。このうちパターンIについては、話し合いなどによって、これらの問題を解決することが可能と考えられる。本研究は、こうした話し合いによる合意形成を支援するものである。また、パターンIIについては、補償概念を用いた所得移転を行うことや、手続き的公正を図る方法等が考えられるが、これらは本研究の対象外である。すなわち、本研究で提案する手法では、ジレンマやコンフリクトの発生状況は把握できるものの、その修正は行わない。

(1) 本手法における基本的概念

AHPの評価要因のウェイトは、意思決定における要因の重要度合いを表すものであり、それは個人の結果であれば、評価者の価値観と認識されている（たとえば、評価者個人で旅行先を決定する場合などにおいては、評価要因ウェイト＝価値観となると考えられる）。一方、AHPを活用した集団合意形成支援方法の多くは集団の評価要因ウェイトを操作（修正）するものである。これは、集団合意形成を目的とする場合には、評価ウェイトは評価者の価値観以外の意味を持つものと捉えるためである。ワークショップ等においては、専門家や他の構成員の意見（情報）を把握し、その上で評価者は最適と思われる解を模索する。このように考えると、評価要因ウェイトは、主観的意見が抑制されるため、ある程度の客観性を有しているものと解釈できる。これは、「話し合い方式」により、評価者の利己的動機が抑制されるとする考え方に準拠するものである¹⁴⁾。

このようなことから、ワークショップ等において、様々な意見・情報等を得た後にAHPを用いて評価を行った場合、評価要因ウェイトには評価者個人の価値観のみならず、他者をも考慮した結果が表現されると考えられる。そのため、このような場面では、合意形成を図るための評価要因ウェイトの操作（修正）が行われている

と本研究では考えている。

また、ワークショップ等においては、評価者の同意を得ながら議論を進めることが重要である。その議論が活発である、又は内容が発散していない、もしくは意見の収束が見込まれるような場合には、合意形成が円滑に行われる。しかし、議論が平行する、又は内容が発散してしまうような場合においては、その議論を支援する何かしらの方法が必要となる。そして、その方法を用いることにより、議論の方向性が定まり、評価者の話し合いがより円滑に進むことになる。

このようなことから、評価者の同意を得ながら合意形成を支援する方法が必要と考える。そこで、次節では議論を活性化させるための支援方法である評価ウエイト修正法を提案する。この方法は、評価者に対して、自身と他者との意見の相違や、他者と合意するまでのベンチマークとなる客観的データを示すことが可能という特長を有している。そのため、この方法は、話し合いを行う前に評価を行うのではなく、話し合いの最中、もしくは議論が平行してしまつた場合に適用することが、最も本手法の特長を発揮すると考えられる。

(2) 評価ウエイト修正法の提案

M 個の評価要因を持つ問題を考えよう。これに対して、 N 人の個人が評価することを想定する。ここで、個人 i が k 番目の評価要因に付けた評価結果（以下、評価ウエイトとする）を

$$w_i^k \quad (k=1, \dots, M, i=1, \dots, N)$$

と表現する。このとき、個人 i の評価ウエイトベクトルを \mathbf{w}_i で表現する (式(1))。

$$\mathbf{w}_i = (w_i^1, \dots, w_i^k, \dots, w_i^M) \quad (1)$$

また、個人 i が他者の意見も参考に、自己の評価ウエイトを変化させたとき、その修正した評価ウエイトベクトルを \mathbf{w}_i' で表現する (式(2))。

$$\mathbf{w}_i' = (w_i^1 - d_i^1, \dots, w_i^k - d_i^k, \dots, w_i^M - d_i^M) \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^M d_i^k = 0 \quad \forall i \quad (3)$$

$$d_i^k \leq w_i^k \quad (k=1, \dots, M) \quad \forall i, k \quad (4)$$

ここで d_i^k は、個人 i が自分の評価基準を変更する場合、 k 番目の評価要因に関する評価ウエイトの修正量である。また、2つのベクトル \mathbf{w}_i 、 \mathbf{w}_i' の長さ（ユークリッドノルム）を1とするように正規化したベクトルをそれぞれ \mathbf{W}_i 、 \mathbf{W}_i' と表現すると、これらは、それぞれ式(5)、式

(6)で表される。

$$\mathbf{W}_i = \mathbf{w}_i / |\mathbf{w}_i| \quad (5)$$

$$\mathbf{W}_i' = \mathbf{w}_i' / |\mathbf{w}_i'| \quad (6)$$

個人 i が個人 j の評価ウエイトを参考に、自己の評価ウエイトを修正する場合を想定し、修正後の2人の評価ウエイトに関する類似性指数 (Similarity Index : $S_{i \rightarrow j}$) を式(7)で定義する。

$$S_{i \rightarrow j} = \mathbf{W}_i' \mathbf{W}_j^T \quad (7)$$

ここで T は、行列の転置操作を示す記号である。また、類似性指数はベクトル \mathbf{w}_i 、 \mathbf{w}_j がなす角度に対する余弦を示しており、これら2つのベクトルが一致する場合（角度が0度の場合）に最大値1をとり、2つのベクトルが直交する場合に最小値0をとる（各ウエイトは非負となるため、負の値はとらない）。全ての個人が自己と他者の評価ウエイトとの類似性を考慮し、自己の評価ウエイトを修正することによって、総類似性指数を最大化するような問題を考えよう。この問題は、 $\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T S_{i \rightarrow j}$ を i 行 j 列要素とする行列を \mathbf{A} ($N \times N$)、全ての要素が1となるベクトルを \mathbf{E} ($1 \times N$) と表現した場合、以下に示す非線形最適化問題として定式化される。

$$\begin{aligned} \max_{d_i^k} \quad & \mathbf{E} \mathbf{A} \mathbf{E}^T \\ \text{subject to} \quad & (3) \text{ and } (4) \end{aligned} \quad (8)$$

ここで、 $\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T$ は意見を修正する前の個人 i と個人 j の評価ウエイトに関する類似性指数である。この指数は、自己と（自己を含めた）他者との意見に関する重要度と解釈することが可能である。すなわち、個人 i は自分自身の評価結果を最も重要視するが ($\mathbf{W}_i \mathbf{W}_i^T = 1$)、他者の評価結果については、それと自己の評価結果との類似性 ($\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T \leq 1, i \neq j$) が高い意見ほど重要視して、自己の評価ウエイトの修正量を決定することを示すものである。類似性の高い評価者同士から合意形成が図られるという考え方は、実際の集団合意形成過程で容易に観察可能なものであり、現実的な設定と考えられる。一方、不完全情報の場合、類似性の低い評価者間ほど、誤解や意思疎通の欠如が含まれる可能性が大きいので、話し合いにより価値表明を修正することも想定される。こうした考え方も、実際の集団合意形成過程で観察可能ではあるが、本研究では、モデル化の対象としていない。また、ここではすべての評価者に意見を修正する用意があることを前提にモデル化を行ってきたが、全く意見を修正するこ

とを許さない評価者を表現することも可能である。たとえば、評価者 j が意見を修正しないことを表明した場合、ベクトル \mathbf{E} の j 番目の要素を 0 とおいたベクトルを用いて、式(8)に示した問題を解くことになる。また、こうした評価者が複数存在しても定式化は可能であるが、大多数となる場合、計算結果から意味のある情報を得ることは期待できない。一方、こうした評価者は自己の評価ウエイトの修正を行わないが、話し合いにも参加しないと想定する。すなわち、こうした評価者の意見は、他者の評価ウエイトの修正には影響を及ぼさないものと仮定する。自己の評価値に自信を持つ評価者は、話し合いに参加して自己の価値観を主張することも考えられるが、本研究では、そうした状況は想定しない。こうした評価者に対しては、後述する集団意思決定ストレス法による格付け値が小さくなり、このことが評価ウエイト修正の誘引効果となることが期待される。以下では、全ての評価者に意見を修正する用意があることを前提に、議論を進めていくことにする。

ここでは、式(2)、式(5)が問題の中で定数として扱われることを明示的に示すため、それぞれ式(9)、式(10)で表現することにする。

$$\begin{aligned} \mathbf{w}_i^M &= (w_i^1 - d_i^1, \dots, w_i^M - d_i^M) \\ &\equiv (z_i^1, \dots, z_i^M) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_i &= \left(\frac{w_i^1}{\sqrt{(w_i^1)^2 + \dots + (w_i^M)^2}}, \dots, \frac{w_i^M}{\sqrt{(w_i^1)^2 + \dots + (w_i^M)^2}} \right) \\ &\equiv (c_i^1, \dots, c_i^M) \end{aligned} \quad (10)$$

また、式(8)に示した最適化問題は個人毎に分離することが可能であるため、個人毎に分離された問題を考える方が都合が良い。たとえば、個人 i の最適化問題は以下のようになる。

$$\max_{z_i^k} Z_i = \frac{\sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^N (\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T) c_j^k \right) z_i^k}{\sqrt{\sum_{k=1}^M (z_i^k)^2}} \quad (11)$$

subject to

$$z_i^1 + \dots + z_i^M = 1 \quad (12)$$

$$z_i^k \geq 0 \quad \forall k \quad (13)$$

ここで、式(11)は $\sum_{j=1}^N (\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T) c_j^k > 0$ のとき狭義の凹関数となり、解の一意性の保証された問題となっている。

ラグランジュ乗数法により、式(12)、式(13)を制約条件、式(11)を目的関数とした最適化問題を解くと、個人 i の修正された評価ウエイト ($z_i^k *$) は式(14)で与えられる。

$$z_i^k * = \frac{\sum_{j=1}^N (\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T) c_j^k}{\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N (\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T) c_j^k} \quad \forall k \quad (14)$$

ここで示した方法では、個人の評価ウエイトをベクトルとして捉えており、個人間の意見の類似性指数は、これらのベクトルがなす角度のみで決定されることになる。これは、各評価要因へのウエイトの割り当て問題として、個人の評価構造を捉える考え方に基づいている。さらに、各ウエイトの総和が 1 となる制約を考えると、個人間の意見の類似性指数には、評価ウエイトの値そのものではなく、その構成比、すなわち、評価ウエイトベクトル同士がなす角度のみが関係すると考えている。そこで、本研究では、すべての個人は、すべての評価要因を加味した目指すべき代替案の方向性をそれぞれ有しており、これが個人の評価ウエイトベクトルの向きを定めていると考える。さらに、この向きをベクトル要素の総和が 1 となるように正規化したものが AHP による評価ウエイトと考えている。そのため、たとえば 2 人の評価主体がおり (それぞれ個人 i , 個人 j とする)、評価要因が 2 つである場合、 $\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T = 1$ と仮定した場合であっても、個人 i の修正評価ウエイトは、必ずしも個人 i と個人 j の評価ウエイトの平均値には一致しない (図-2)。これまでに示した方法で得られる修正評価ウエイトは、ベクトル $\mathbf{W}_i + \mathbf{W}_j$ と (0, 1) と (1, 0) を通る線分との交点として得られるが、二者の平均ウエイトは $\mathbf{w}_i + \mathbf{w}_j$ と (0, 1) と (1, 0) を通る線分との交点で得られることになる。

これまでに示したモデルでは、自分も含めた全評価者との重み付き類似性指数を最大化するように評価ウエイトの修正を行うことを表現していた。一方、この問題は

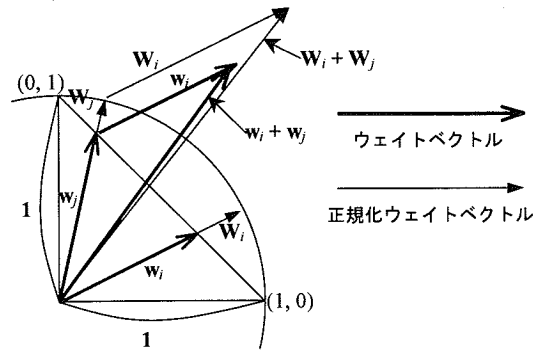


図-2 修正ウエイトの関係

非類似性指数を定義することにより、自分も含めた全評価者との重み付き非類似性指数を最小化する問題としても表現できる。ここでは、個人 i が個人 j の評価ウェイトを参照して自己の評価ウェイトを修正する場合を想定し、修正後の2人の評価ウェイトに関する非類似性指数 (Dissimilarity Index: $DS_{i \rightarrow j}$) を式(15)で定義する。

$$DS_{i \rightarrow j} = 1 - \mathbf{W}_i' \mathbf{W}_j^T \quad (15)$$

この問題は、 $\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T DS_{i \rightarrow j}$ を i 行 j 列要素とする行列を \mathbf{B} ($N \times N$) と表現した場合、以下に示す非線形最適化問題として定式化される。

$$\begin{aligned} \min_{d_i^k} \quad & \mathbf{EBE}^T \quad (16) \\ \text{subject to} \quad & (3) \text{ and } (4) \end{aligned}$$

この問題と式(8)に示した問題との等価性は容易に確認できる。ここで、 $\mathbf{W}_i \mathbf{W}_j^T$ は話し合いによって、個人 i と個人 j が合意に至る可能性、または話し合いの余地を示す指数と考えられ、この値を重みと考えた非類似性指数を最小化する問題と解釈できる。

式(8)に示した問題は、個人ベースで評価ウェイトの修正を行うプロセスであり、個人をベースとした AHP 本来の考え方に馴染むものである。このことにより、クラスター分析等によって集団を形成し、それらの集団の意見修正を行うような方法とは対照的に、個人ごとの評価ウェイトの修正過程を観察することが可能となる。さらに、評価ウェイトの修正は自己の意見と類似性の高い意見を重要視して行われるため、現実的な集団合意形成の過程の表現が可能で考えられる。これらより、個人の考えに立脚した集団合意形成のメカニズムを考える上で有用な情報を与えるものと考えられる。一方、集団合意形成のためには、個人が意見を修正する用意があることを前提としているため、初めから意見の修正を認めない個人が多数存在するような問題への適用は困難である。こうしたデメリットも存在するものの、修正後の評価ウェイトを用いて再度、最大化問題を解くことにより、段階的な合意形成過程を表現することが可能という特徴をもつ方法である。ただし、ここでは機械的に繰り返し計算を行うものではなく、各段階の評価ウェイトを評価者に提示し、その結果を受け入れることが可能かどうかの判断は各評価者に委ねられるものである。そのため、ある段階の計算結果を受け入れることができない評価者が存在した場合、集団意思決定ストレス法⁷⁾を援用し、自身の見解が集団内でどのような位置付けにあるのかを各評価者に示すことにする。集団意思決定ストレス法では、評価者による評価結果は、評価者の個性を表現しており、これ以上分解してはならない情報単位として捉え、評価ウェイトの修正を前提としていない。一方、

ここでは評価ウェイトの修正を行った結果、自身の見解が集団内でどのような位置付けにあるのかを評価者に示すことを目的として、集団意思決定ストレス法を適用していることになる。こうしたプロセスによる集団合意形成支援システムを想定する。以下では、集団意思決定ストレス法に関する説明を行うことにする。

集団意思決定ストレス法は、評価者の評価結果をもとに評価者個人の不満の総和 (集団意思決定ストレス) を最小にする集団案、およびその場合の個人の格付け案を求める手法である。この結果を評価者に提示することで、集団の中での個人の位置と合意形成のために自らの意見を譲るべき評価者ひとりひとりの妥協の大きさを評価者自身に自覚させることが可能となる。

集団意思決定ストレス法では、式(17)に示した集団意思決定ストレス (S) を目的関数、式(18)を制約条件とし、格付け値 (y_i) に関して最小化する問題として定式化される。

$$\min_{y_i} S = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \left(y_i w_i^k - \frac{z_k}{N} \right)^2 \quad (17)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^N y_i = 1 \quad (18)$$

ここで y_i , z_k は、それぞれ評価者 i の格付け値、評価項目 k に関する集団案評価結果 ($\sum_{k=1}^M z_k = 1$) であり、 z_k は式(19)で表される。

$$z_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i w_i^k \quad (19)$$

この最適化問題は、ラグランジュの未定乗数法を適用することで、線形連立一次方程式問題として表現され、これを解くことにより、各評価者の格付け値は得られる。この格付け値を各評価者に示すことにより、各評価者は自身の見解が集団内でどのような位置付けにあるかを自覚できるようになる。

4. 適用例題

モデルケースとして、生活道路整備計画方針決定の合意形成支援への評価ウェイト修正法の適用例を示す。なお、数値計算は本研究において仮定したものである。

(1) AHP による評価

本研究では、住民参加による生活道路整備計画案決定を例題とする。表-1 は代替案の概要を示している。代

替案は、歩車分離方法、電柱および花壇の設置、歩道と車道の高低差の有無をそれぞれ組み合わせて設定した。このときの階層図を図-3に、各評価者の評価ウエイトおよび総合評価をそれぞれ図-4、図-5に示す。なお、評価者は5名(P1~P5)とする。ここで各評価要因、代替案の内容は次のとおりである。

- ・ 通行性：自動車での走り易さや歩行のしやすさ
- ・ 景観：道路景観や生活環境など
- ・ 除排雪：積雪時の除排雪のしやすさなど

表-1 代替案の概要

代替案	通行性	景観	除排雪
A	歩道なし	電柱片側	段差なし
B	縁石と高低差で歩車分離	花壇	段差あり
C	白線によって歩車分離	電柱地中化	段差なし

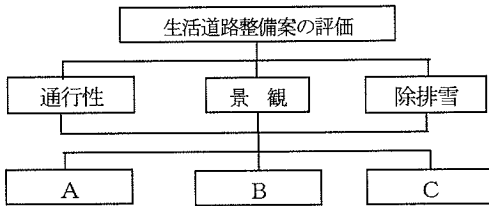


図-3 生活道路整備計画案評価の階層図

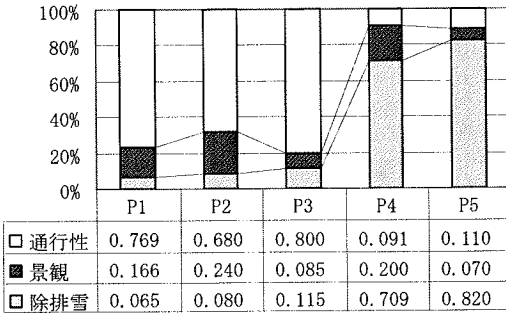


図-4 各評価者の評価ウエイト

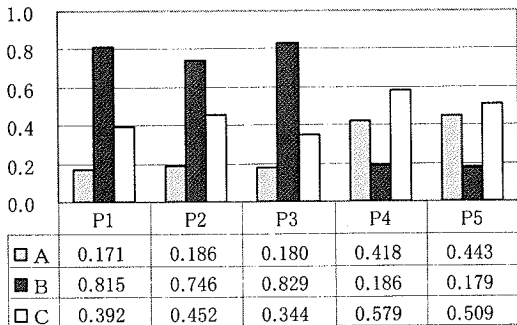


図-5 各評価者の総合評価値

これらの結果より、幾何平均を用いた評価要因の重要順位をみると、{通行性, 景観, 除排雪} = {0.498, 0.200, 0.303}となり、通行性が最も重要となる。さらに代替案は、{A, B, C} = {0.265, 0.567, 0.477}となり、自動的にB案が選定される。しかし、P4・P5は除排雪を最も重要視するため、他の代替案と比べて代替案Bを低く評価している。そのため最終結果が代替案Bとなることは、P4・P5にとって最も望んでいない結果となっている。そのために自分達の意見が全く反映させていないと不満が生じてしまうことが予想される。そこで次節では、評価ウエイトの操作(修正)を行った例の検討を行う。

(2) 全ての評価者が修正を行う場合

本節では、すべての評価者が評価ウエイトの修正を行う場合を取り扱う。なお、使用するデータは前節の図-4に示したものである。表-2に修正結果を示す。なお、表-2の z_i は、集団意思決定ストレス法による集団評価結果を示している。

AHPによる如く

評価如く修正法

評価者による修正

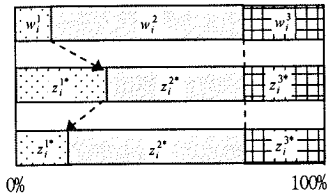


図-6 ウエイトの操作方法例

表-2 全員が修正する場合の修正結果

修正回数	1	2	P2修正	3	P4修正	4	
ストレス値	0.042	0.013	0.012	0.000	0.002	0.000	
P1	通行性	0.769	0.658	0.658	0.510	0.510	0.466
	景観	0.166	0.163	0.163	0.180	0.180	0.177
	除排雪	0.065	0.179	0.179	0.310	0.310	0.357
P2	通行性	0.680	0.643	0.550	0.504	0.504	0.466
	景観	0.240	0.164	0.257	0.179	0.179	0.177
	除排雪	0.080	0.193	0.193	0.316	0.316	0.357
P3	通行性	0.800	0.645	0.645	0.508	0.508	0.466
	景観	0.085	0.162	0.162	0.179	0.179	0.177
	除排雪	0.115	0.193	0.193	0.313	0.313	0.357
P4	通行性	0.091	0.295	0.295	0.455	0.350	0.463
	景観	0.200	0.148	0.148	0.173	0.173	0.177
	除排雪	0.709	0.557	0.557	0.372	0.477	0.360
P5	通行性	0.110	0.283	0.283	0.453	0.453	0.465
	景観	0.070	0.146	0.146	0.172	0.172	0.177
	除排雪	0.820	0.572	0.572	0.375	0.375	0.358
z	通行性	0.525	0.504	0.486	0.486	0.465	0.466
	景観	0.158	0.156	0.177	0.177	0.177	0.177
	除排雪	0.317	0.339	0.337	0.338	0.358	0.358

本手法は、合意形成を目的としている。そのため、修正1回ごとに評価者に対して、結果のフィードバックを行い、その結果に納得（満足）できるかの確認を行う。ここで納得できない場合には、評価者の許容できる修正範囲を示してもらい、そのウェイトを用い再修正の計算を行う。また、修正結果をもとに、評価者間の意識の相違点等について認識し、議論も行う。ここで評価者には意識の変化が生じる可能性がある。そこで、意識が変化した評価者は、修正結果に対して、自身でウェイトの修正を行う。そしてそのウェイトを用い再修正の計算を行う。このように、本手法では徐々に評価者の合意を得ながら修正を行っていく。このとき、評価者によるウェイトの操作方法として2通りが考えられる。一つは修正結果の数値を直接操作する方法。もう一つとして、グラフを活用したウェイトの操作方法がある。これは、各評価ウェイトの合計が1.000である性質に注目している。例えば図-6に示すように、各要因の評価ウェイトは100%積み上げ棒グラフで示される。このとき、各評価ウェイトはグラフ上の各要因が全体に占める割合となる。そこで、評価ウェイトの操作方法として、グラフ上において各要因間の境界線を操作する。これから得られたグラフから各要因の割合を算出する。

表-2 では2回目の修正結果に対し、P2が自らの「通行性」のウェイトを下げた場合を想定している。これは、全体の意見を考慮し、自らが許容できる範囲まで他者の意見に歩み寄った結果である。さらに、3回目の修正結果に対して、評価者間で話し合いが持たれ、相互の意見の把握等を行った。その結果、「通行性」を最重要とする傾向が見られた。しかしその方向性に対し、P4が納得できず、自身のウェイト修正を行う場合を想定している。これは、P4は「除排雪」を最重要と考えているのに反して、「除排雪」のウェイトが徐々に小さくなり、P4の許容範囲以上にウェイトが修正されたためである。したがって、自らが修正することによって3回目の結果よりも「除排雪」のウェイトが大きくなっている。そこで、4回目の修正を行った。その結果、3回目の修正結果とほぼ同様の結果が得られた。その結果に対し、評価者との話し合いが持たれた。そして、P4は他者の意見も考慮し、自身の許容範囲の修正を行った。その結果、4回目の修正結果はP4の許容範囲内となったため全体の合意に至った。このように、修正結果に対して評価者間で議論を行うことで、評価者の意見の変化が生じ、意見の収束が行われる。

図-7、図-8、図-9に評価要因毎の修正過程を示す。これらの図より、意見の類似している評価者同士から意見の収束が行われていることがわかる。また、修正結果に対し、評価者が自ら自身のウェイトの操作を行った場

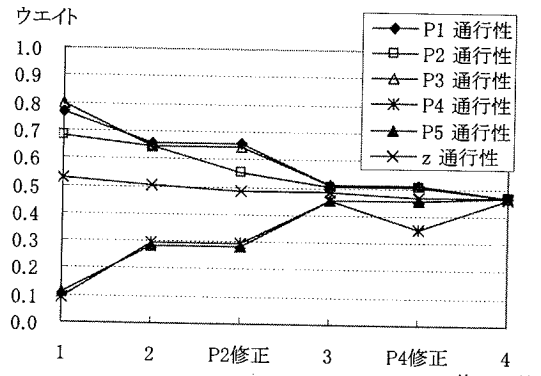


図-7 「通行性」の修正過程（全員が修正の場合）

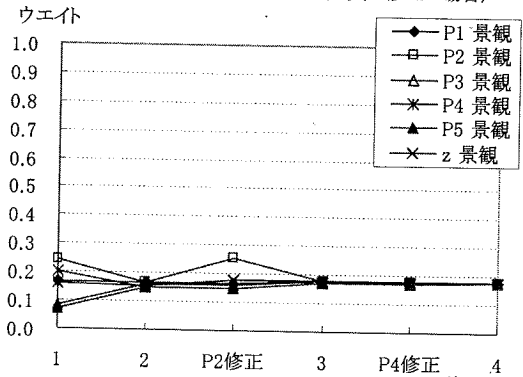


図-8 「景観」の修正過程（全員が修正の場合）

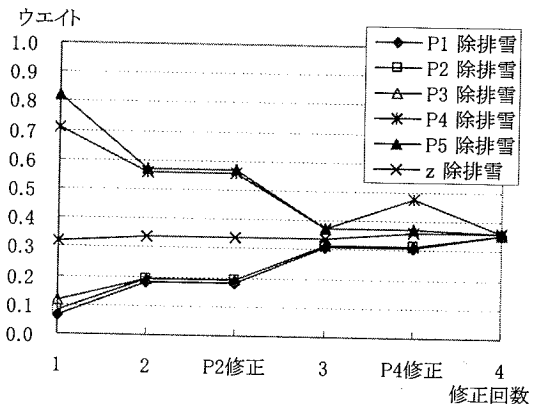


図-9 「除排雪」の修正過程（全員が修正の場合）

合には、それが引き金となり、全体の合意形成過程に変化が生じている。以上のように、それぞれ評価ウェイトの構成比が類似している評価者間において合意形成が図られていく。これが本研究の修正法の特徴である。

さらに、これらの修正結果から、{通行性, 景観, 除排雪}={0.466, 0.177, 0.358}となり、代替案のウェイトは{A, B, C}={0.283, 0.533, 0.474}となる。そして、代替案Bが選択されることとなる。この結果は(1)の幾何平均による結果と同様となっているが、その結果の意味す

るものが全く異なってくる。その理由として、幾何平均では、個人の意見がどのように扱われたのかが不明確である点が挙げられる。この場合、望んでいた結果と全く異なる最終結果を提示される評価者が存在し、その評価者は結果に対して不満を持つことが容易に想像される。これに対し、本手法の最終結果は、それまでのプロセスにおいて、評価者に承諾を得ながら修正を行っている点が幾何平均の結果と異なる。つまり、本手法は、一つの結果を導出することが目的ではなく、その過程において評価者が納得しながら、合意形成を図るための支援を目的としている。

また、本手法は合意を図ることが最終目標であるため、修正1回毎に評価者へフィードバックして、評価者が納得した場合にのみ、次の修正に移る。この段階で、評価者が自身の修正結果に納得できない場合は、自身が許容できる範囲を示してもらい、その結果を用いて再度計算を行う。この作業により、評価者の意見が結果へ反映されやすくなると考えられる。しかし、このときに修正を全く行わないとする評価者が存在する場合も想定される。次節では、そうしたケースの検討を行うことにする。

(3) 修正を許さない評価者が存在する場合

本節では、修正を許さないとする評価者が存在する場合を取り扱う。なお、使用するデータは図-4に示したものであり、P4が全く修正を行わず、その他の評価者は修正を行う場合を想定する。

表-3 修正結果
(修正を許さない評価者が存在する場合)

修正回数		1	2	3	4	5
ストレス値		0.042	0.021	0.014	0.014	0.014
P1	通行性	0.769	0.705	0.631	0.623	0.623
	景観	0.166	0.160	0.149	0.148	0.148
	除排雪	0.065	0.135	0.220	0.229	0.229
P2	通行性	0.680	0.698	0.631	0.623	0.623
	景観	0.240	0.160	0.149	0.148	0.148
	除排雪	0.080	0.142	0.221	0.229	0.229
P3	通行性	0.800	0.696	0.630	0.623	0.623
	景観	0.085	0.158	0.149	0.148	0.148
	除排雪	0.115	0.146	0.221	0.229	0.229
P4	通行性	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
	景観	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	除排雪	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709
P5	通行性	0.110	0.398	0.601	0.623	0.623
	景観	0.070	0.113	0.144	0.148	0.148
	除排雪	0.820	0.489	0.255	0.229	0.229
z	通行性	0.525	0.539	0.554	0.554	0.554
	景観	0.158	0.154	0.154	0.154	0.154
	除排雪	0.317	0.306	0.291	0.291	0.291

表-3に修正結果を、図-10、図-11、図-12に評価要因毎の修正過程、図-13に各評価者の格付け値を示す。

このように、全く修正を行わない場合には、P4のみが取り残された形となり、その他の評価者間において合意形成が行われる。その結果として、P4の格付け値が小さくなっていく過程が表現されている。そこで、評価者に各自の格付け値と修正結果を提示し、集団内における自身の位置付けを把握してもらう。その後、再度修正が可能であった場合は再計算を行うことが望ましい。

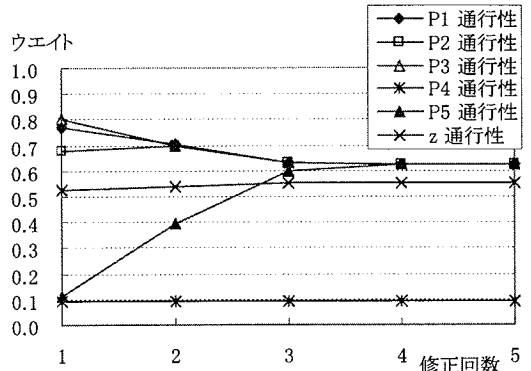


図-10 「通行性」の修正過程
(修正を許さない評価者が存在する場合)

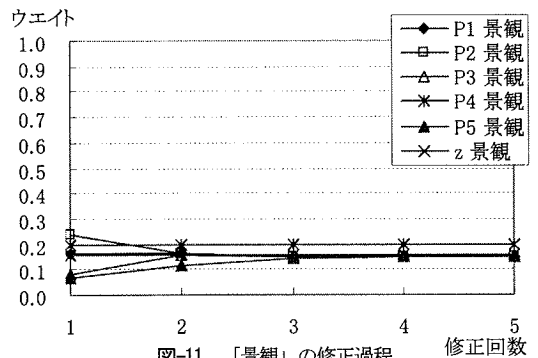


図-11 「景観」の修正過程
(修正を許さない評価者が存在する場合)

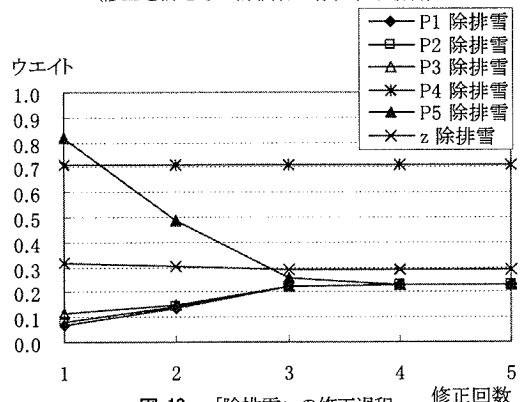


図-12 「除排雪」の修正過程
(修正を許さない評価者が存在する場合)

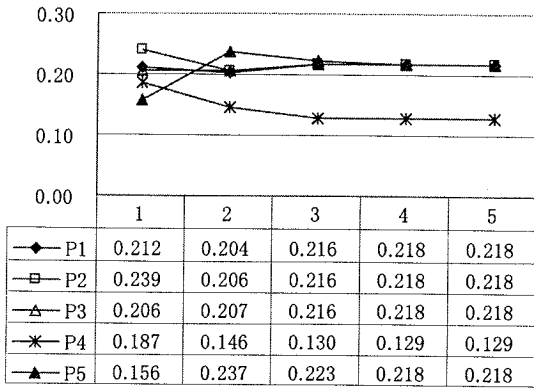


図-13 評価者の格付け値

このように、本手法において格付け値は、自身と他者との意見の相違具合や集団内における自身の見解の位置付けを把握するために用いる。そして、自身の位置付けを把握した場合、修正を許さない評価者であっても、その後自身のウェイトに修正を行うことが十分考えられる。その場合は、その修正されたウェイトを用いて再度計算を行うことになる。

5. まとめ

本研究では、AHPを用いた評価ウェイト修正法の構築を行った。この方法は、評価者個人が他の評価者の評価結果も尊重し、合意形成のために自己の評価結果の修正を行うプロセスを表現したものである。また、個人の評価結果の修正は、自己の評価結果と類似性の高い評価者の意見をより重要視して行われ、評価結果の修正を許さない個人も表現可能である。したがって、合意形成の場において自然に想定される過程を表現することが可能と考えられる。さらに、評価ウェイト修正法と集団意思決定ストレス法を組み合わせた合意形成支援システムの提案も行った。同システムでは、評価ウェイト修正法により、修正された評価結果案、すなわち修正評価ウェイトを全ての個人に提示する。さらにその際、集団意思決定ストレス法による個人の不満の総和を最小にする集団案、およびその場合の個人の格付け案も併せて全ての個人に提示することになる。こうした情報を提示した上で、話し合いをベースとした合意形成の支援を行うものである。したがって、機械的に計算された評価結果をそのまま合意形成されたものと扱うのではなく、話し合いによる合意形成を支援する情報を与えるシステムといえる。

さらに、簡単な数値計算例を示し、合意形成支援システムの妥当性の確認を行った。その結果、評価ウェイト修正法については、合意形成過程における評価ウェイト

の変化が個人毎に表現できることが示された。また、評価結果の修正を許さない個人が存在する場合、集団意思決定ストレス法は、そうした個人に対して評価結果を修正させる効果があることが示された。

本研究で示した数値計算例は、実際の合意形成場面に適用したものではないため、実際の場面における有効性が十分に検証された結果とは言い難い。したがって、今後は、本研究で提案した合意形成支援システムを実際の場面に適用し、その有効性の検証を行う所存である。

参考文献

- 1) 藤井聡：TDMと社会的ジレンマ:交通問題解消における公共心の役割, 土木学会論文集, No.667/IV-50, pp.41-58, 2001.
- 2) 早坂俊和, 赤松隆：混雑料金と割り当て制の合成スキームによるパレート改善, in MPEC研究会編：MPECにもとづく交通・地域政策分析, 中京大学経済学部付属経済研究所, 2003.
- 3) 藤井聡：集団意思決定における社会的公正とジレンマ, 土木計画学ワンデーセミナーシリーズ第27回「参加型計画への集団意思決定手法の応用」, 土木学会土木計画学研究委員会, 2001.12.
- 4) 木下栄蔵, 他：参加型計画における集団意思決定手法の課題と展望, 土木計画学研究・講演集, No.23(1), pp.801-808, 2000.
- 5) Saaty, T.L.: *The Analytic Hierarchy Process*, Mc Graw-Hill, 1980.
- 6) 山田善晴, 杉山学, 八巻直一：合意形成モデルを用いたグループAHP, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.40, No.2, pp.236-244, 1997.
- 7) 中西昌武, 木下栄蔵：集団意思決定ストレス法の集団AHPへの適用, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.41, No.4, pp.560-571, 1998.
- 8) 中西昌武：集団意思決定ストレス区間値法による格付け区間値評価の提案, 土木学会論文集, No.709/IV-56, pp.27-37, 2002.
- 9) 高野伸栄, 鈴木聡士：代替案修正ベクトル法による合意形成支援システムに関する研究, 土木学会論文集, No.716/IV-57, pp.11-20, 2002.
- 10) 佐伯胖：きめ方の論理 社会的決定理論への招待, 東京大学出版会, 1980.
- 11) 張崎, 西村昂：AHPにおける一対比較行列の構築手法に関する検討と評価, 土木計画学研究・論文集, No.14, pp.59-66, 1997.
- 12) 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, 土木計画学研究・論文集, No.18/No.1, pp.129-138, 2001.
- 13) 木下栄蔵, 高野伸栄：特集 集団意思決定—完全情報下における参加型計画の合意形成にむけて—, 土木学会論文集,

No.709/IV-56, pp.1-2, 2002.

- 14) 藤井聡, 竹村和久, 吉川肇子: 「決め方」と合意形成:社会的ジレンマにおける利己的動機の抑制にむけて, 土木学会論文集, No.709/IV-56, pp.13-26, 2002.

(2003.7.28 受付)

A STUDY ON EVALUATION WEIGHTS ADJUSTMENT MODEL FOR DECISION MAKING SUPPORT USING AHP

Ken-etsu UCHIDA, Ayako MORI, Seiichi KAGAYA and Toru HAGIWARA

In this study, Evaluation Weights Adjustment Model using AHP, that expresses the process of group decision making, is developed for the purpose of group decision making support. In the model, interindividual similarities regarding their preferences are considered. A group decision support system combined Evaluation Weights Adjustment Model and Group Decision Making Stress Method is also proposed. Two numerical examples calculated by using test data are shown. As the results, it is clarified that the process of group decision making is expressed by the system and that the system has effect on evaluators who would not change their preferences to change their minds.