

## 合意形成プロセスを重視した グループ意思決定支援システムの開発

加藤 直 孝<sup>†</sup> 中 條 雅 庸<sup>††</sup> 國 藤 進<sup>†</sup>

本システムは、主観的評価に基づく代替案選択問題の解決を対象としたグループ意思決定支援システムである。グループの合意形成プロセスの支援を重視しており、以下の特徴を持つ。(1) グループを構成する意思決定者に意思決定に有益な情報をマルチウインドウ形式で随時表示する対話型システムである。(2) 意思決定者個人の価値観に基づく視点を共有することで調整すべきコンフリクト部分の抽出が容易である。(3) 感度分析の手法によるトレードオフ分析を用いてコンフリクトの解消に向けた交渉プロセスを支援し、合意への収束度を高める。(4) 意思決定者にグループの合意度および各参加者の妥協の度合を提示し意思決定プロセスの変遷を明確に把握できる。本論文では、まず合意形成プロセスを重視したグループ意思決定支援の方針と手順について述べ、次に実際に開発したシステムの機能について説明する。また例題を用いて本システムの利用方法を示し、さらに評価実験に基づいて本システムの有効性を評価する。実験結果からは、本システムとの対話操作を繰り返すことでグループの合意形成の支援に有効であることが確認された。

### A Development of a Group Decision Support System Facilitating the Consensus-making Process

NAOTAKA KATO,<sup>†</sup> MASANOBU CHUJO<sup>††</sup> and SUSUMU KUNIFUJI<sup>†</sup>

In this paper, we describe a system which supports a problem solving for selecting alternative based on individual subjective evaluation. The system focuses on facilitating processes of reaching a consensus and it is characterized by the following points: (1) It is an interactive system which shows each decision maker in a group useful information for decision-making with multi-windows. (2) It extracts conflicts which should be adjusted among decision makers in the group by sharing individual viewpoints based on their values. (3) It supports negotiation processes for resolving conflicts by using a tradeoff analysis based on sensitivity analysis, and facilitates reaching a consensus. (4) It traces a transition of the decision-making process by showing each decision maker the degree of agreements and the degree of compromises during the negotiation process. We first describe our basic idea and procedure for group decision-making support which facilitates processes of reaching a consensus. Next, the functions provided by the developed system are described in detail and the usage of the system is shown through a concrete example of practical group decision-making. Finally, we evaluate usefulness of the system by experiments. The experimental results show some usefulness of the system for supporting negotiation processes by iterative interaction between each decision maker and the system.

#### 1. はじめに

グループによる知的協同作業の支援を目的とした CSCW あるいはグループウェアの研究が近年多く行われている<sup>1)</sup>。この応用研究領域の1つにグループ意思決定支援システム GDSS (Group Decision Support

System) があり、その概念は 1980 年代に提案<sup>2)</sup>されている。

グループ意思決定支援の方法論には、従来から多属性効用理論の適用<sup>3)</sup>のほか、コンセンサスに基づくグループ意思決定支援方式<sup>4)</sup>、経営組織における意思決定支援のための GDSS<sup>5)</sup>など多様な研究が報告されている。また CSCW 環境でのグループ意思決定支援システムに焦点を当てた研究として、意思決定のための評価構造を知識として獲得することを支援するグループウェアの研究開発<sup>6)</sup>、参加者間の要求獲得と合意形成を支援するシステムの研究開発<sup>7)</sup>などが報告されて

<sup>†</sup> 北陸先端科学技術大学院大学  
Japan Advanced Institute of Science and Technology,  
Hokuriku  
<sup>††</sup> コモタ株式会社  
COMOTA Co., Ltd.

いる。このように GDSS 関連の研究は、グループを構成する各参加者の協調的なコミュニケーション活動により進められる合意形成から意思決定に至るまでのプロセスをコンピュータを利用して支援することを目的とする。

GDSS は、立場や価値観がそれぞれ異なる参加者が利用する。また、参加者の意思の動きを左右する特性を持つ。したがって、参加者それぞれの価値観を明確にしたうえで合意形成プロセスを支援する必要がある、そのための具体的な手法に関する研究が多く積み重ねられる必要がある。そこで、以下では意思決定問題に対する参加者それぞれの立場や価値観に基づく主観的な評価を視点と呼ぶことにする。この視点を外在化し、それらを参加者全員で共有することで、自己の視点の客観視と同時に他の参加者との視点の違いを把握することが可能となる。さらにお互いの視点の相違を具体的な評価項目の違いに詳細化することにより、協調的部分とコンフリクト部分を判別し、コンフリクト部分に焦点を絞って説得あるいは妥協のプロセスを繰り返すことで効果的な合意形成の支援が期待できる。ここでグループ全体の合意形成を得るためには、このコンフリクトの解消を図る必要がある、そのためには、ある評価を優先するために他の評価を犠牲にせざるをえないというトレードオフ<sup>8)</sup>の分析が有効な手段となる。

しかしながら、上述の観点からの総合的なグループ意思決定支援を目的とした場合、従来<sup>3)~5)</sup>あるいはシステム<sup>6),7)</sup>では十分とはいえない。

そこで本研究の目的は、参加者の視点情報の共有化とともにコンフリクト解消のためのトレードオフ分析を利用した合意形成支援手順を提案し、システムへの実装および評価実験によりシステムの有用性を確認することにある。

本論文では、意思決定問題で一般的に取り上げられる主観的な評価に基づく代替案選択を目的としたグループ意思決定支援を対象とする。具体的な適用作業としては、参加者全員の要求の集約あるいは企画、計画段階の意見集約などのグループ協調問題解決があげられる。また同期同室型の CSCW 環境での利用を前提とするが、ビデオネットワーク会議システムを併用した同期遠隔型の利用も視野に入れる。参加者数は意思決定会議を協調作業の応用系と考えて 4~5 名程度以内<sup>9)</sup>の規模とする。

以下、2 章では、コンピュータによるグループ意思決定支援の方針と手順について述べる。3 章では、開発したシステムの機能について詳しく述べる。4 章では、本システムの利用例を実際の例題を用いて示し、5 章で

は、評価実験に基づいて本システムの評価と考察を行う。6 章では、まとめと今後の課題について述べる。

## 2. グループ意思決定支援の手順

グループ意思決定支援の手順は図 1 に示すように評価構造の作成支援、代替案評価支援、参加者間の合意形成支援の 3 つの手順から構成される。以下、コンピュータ支援を行う立場からそれぞれの方針と手順について述べる。なお、本章で提案する手順は、意思決定問題の要因が構造化可能で、かつそれぞれの要因に対する重み付けが数量化可能な問題領域を取り扱うものとする。

### 2.1 評価構造の作成支援

代替案選択を目的とするグループ意思決定問題では、意思決定の当事者である参加者全員が以下の作業手順をふむ必要がある<sup>8)</sup>。

- 解の候補となる代替案の抽出
- 代替案選択のための評価項目の抽出
- 評価項目の構造化

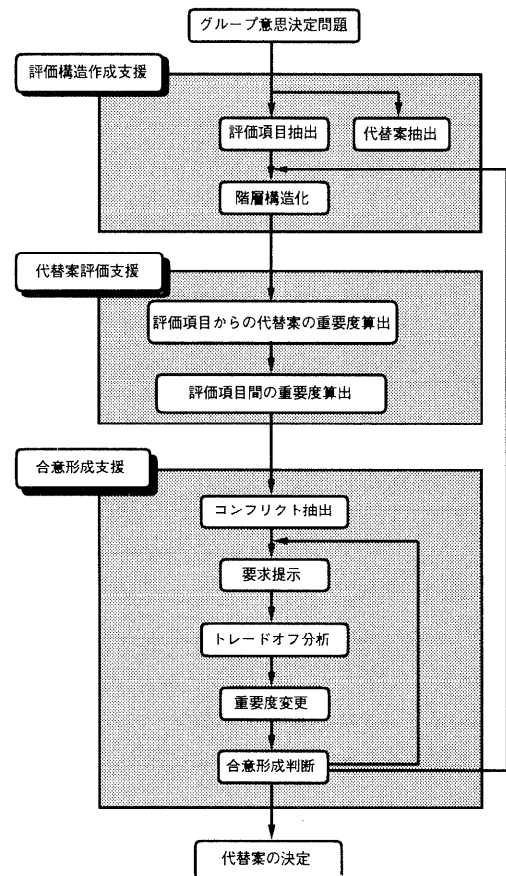


図 1 グループ意思決定支援の手順

Fig. 1 The procedure of group decision-making support.

ここで、解の候補となる代替案の抽出、および代替案の決定を左右する要因を評価項目として抽出する作業は、ブレインストーミングを主体としたコミュニケーション形式を用いる。また評価項目の構造化は、評価項目間の関係付けを明確にし、それらを視覚的に理解しやすい木構造で表すことで参加者全員の意思決定問題に対する共通認識を形成することを目的とする。

実際のグループ意思決定作業では、すべての参加者が必ずしも意思決定テーマに対して深い認識を当初から持っているとは限らない。また異なる分野の専門家が参画する意思決定では、共通の認識を得ることは容易ではない。従来このような場合の解決には、ISM法<sup>10)</sup>あるいはKJ法<sup>11)</sup>など、いわゆる構造化手法が用いられる。前者は、評価項目間の2項関係に基づいて構造化を行う手法であり、意思決定テーマに関してある程度認識が深く、専門知識を備えたグループの場合に有効と考えられる。一方、後者は評価項目のラベル化とそれらの図解化による全体把握から構造化を行う手法であり、意思決定テーマに関して認識があいまいな段階からでも適用できる。参加者のレベルに応じて構造化手法を適切に使い分け、意思決定問題に対して現実的かつ妥当な評価構造を作成することは代替案の評価に不可欠であり、それ自体が意思決定支援の研究分野では別の重要な研究課題でもある。

本システムでは、適当な構造化手法で得られた構造データの入力と、1つのアプローチとしてKJ法的な図解操作による評価項目の構造化を支援し、その実際の計算機支援にはKJ法的概念と操作を特徴とする自動描画システムD-ABDUCTOR<sup>12)</sup>を利用した。

## 2.2 代替案評価支援

一般に評価構造を構成する評価項目は、尺度がそれぞれ異なり、かつ主観的特性を持つ場合が多い。評価項目間の比較、あるいはある評価項目から見た代替案の比較は、代替案評価に基づく意思決定支援において重要なプロセスであり、これらの作業は主に意思決定者の視点に基づいて判断される。したがって、代替案評価プロセスの計算機支援では、評価構造に対する参加者の視点を定量的に取り扱う必要がある。この代表例に多属性効用理論がある。これは数学モデルによって人間の選好構造を表現する方法であるが、効用関数の測定をはじめ人間の選好構造を正しく表現したモデルを正確に作成する必要がある、容易な作業ではない。

一方、主観的評価とシステムズ・アプローチを組み合わせる手法として、(1) 一対比較法により評価項目間の重要度の定量化が容易、(2) 異なる尺度を持つ評価項目間の主観的評価が容易、(3) 主観的評価による判

断の矛盾を発見し修正する機能を有する、などの特徴を持つAHP法 (Analytic Hierarchy Process)<sup>13),14)</sup>がある。この手法は定量的な分析では扱いきれない類の意思決定問題において意思決定者の主観や経験に基づいて評価項目あるいは代替案の重要度を数量化する。

また、評価項目間の価値判断にコンフリクトが存在する場合、この調整のためには評価項目間の価値のトレードオフを明示する必要がある<sup>15)</sup>。しかし、一般に評価項目はそれぞれ異なる尺度を持つことから、そのままではトレードオフの分析が困難である。AHP法では、異なる尺度を持つ評価項目間の価値を重要度という同一の尺度で明示的に取り扱うことができる。

以上の理由から、意思決定者の視点をAHP評価から得られる重要度を用いて表し、定量的な代替案評価の計算機支援を行う。最終的な代替案の評価点は、評価項目間の重要度と個々の評価項目から見た代替案の重要度の重み付け加算により求められる (AHP法の概要を付録に示す)。

なお、AHP評価によって得られる重要度が、意思決定者本来の視点と相違する場合は、重要度の修正プロセスが必要となる。このような場合は、感度分析の利用が実用的であり、AHP法における重要度の感度係数 (重要度を一対比較値で偏微分した値)<sup>16)</sup>を参考にして意思決定者の視点に沿った重要度に修正する。

上述したKJ法の利用による問題の構造化とAHP法による評価を組み合わせた意思決定の計算機支援方法は著者らが提案<sup>6),7)</sup>しており、同様の連携による手法の有用性も報告<sup>17)</sup>されている。

## 2.3 参加者間の合意形成支援

従来のAHP法によるグループ意思決定では、各参加者の一対比較の幾何平均値をグループとしての一対比較値として用い、全体の意思決定に利用している<sup>14)</sup>。しかし、グループの中に両極端の意見を持つ参加者が存在する場合、あるいは各参加者の評価が分散している場合、全体の平均値を用いることは適切ではない<sup>18)</sup>。実際、グループ間で事前に評価構造について共通認識の徹底を図ったにもかかわらず、視点のばらつきは大きいことが報告されている<sup>19)</sup>。またグループ意思決定プロセスの特性として、参加者個人の意思はもちろんグループ全体の意思の動きは刻一刻変化する。言い換えれば、各参加者間のコミュニケーションによる相互作用が意思決定結果に大きく影響を与える。したがって、グループ意思決定に至るまでの合意形成プロセスをより重視した支援方法の検討が必要である。

そこで、視点の情報共有に着目した合意形成支援の手順を提案する。

- (1) コンフリクトの抽出：参加者全員の視点情報からお互いの相違点を見つけ出し、コンフリクト部分を評価項目の重要度のレベルで抽出する。
- (2) 要求提示：参加者間で調整を試みるコンフリクト部分の評価項目を協議のうえ決定し、その評価項目から見た相手（複数）の代替案の重要度に対して自分の要求を提示する。同様に相手からも自分に対する要求を受け取る。
- (3) トレードオフ分析：この要求をもとに3.2節で述べるトレードオフ分析機能を用いて評価構造の重要度データから一対比較の変更候補を探索する。変更候補群は、お互いの歩み寄りの効果が高く得られる順に並べかえて参加者にリスト形式で提示する。お互いが各々の変更候補リストから妥協可能な候補を選び一対比較の変更を試みる。必要であれば、別の一対比較の変更候補について同様に一対比較レベルでトレードオフ分析を行い、最も納得の得られた変更結果を互いに提示し合う。
- (4) 合意形成判断：合意点に到達したか判断する。判断の基礎情報として、参加者全員の視点の重要度、相手との視点の重要度および代替案の重要度のベクトル間距離から算出される非合意度および妥協度を用いる。また合意形成の判断基準には、代替案評価の最大のものが全員一致した段階、あるいは代替案評価のすべての順位が全員一致した段階をとる。

合意が得られなければ、再び上記の(2)~(4)の手順を繰り返す。合意が得られた場合、または妥協が得られず膠着状態が続く場合は、別のコンフリクトを生じている評価項目に移行して(2)~(4)の手順を続行する。さらに場合によっては評価構造の修正にさかのぼる。以上の手順を口頭による説得あるいは交渉のコミュニケーションと連携して繰り返す。

### 3. システムの機能

本システムは、UNIX ワークステーションの X ウィンドウ・システム上で開発を行った。LAN 環境下の複数のワークステーションによる同期同室型のグループ利用を前提とする。ビデオネットワーク会議システムの併用により同期遠隔型の利用も可能である。

本システムの特徴は以下のようにまとめられる。

- (1) グラフィック・ユーザインタフェースを用いた WYSIWIS (What You See Is What I See) 画面をベースに参加者全員の視点情報をマルチウィンドウ形式で逐次表示する対話型グループ

意思決定支援システムである。

- (2) 参加者それぞれの視点を定量的に表し、それらをグループで共有することで、調整すべきコンフリクト部分の抽出を容易にする。
- (3) 感度分析の手法を用いたトレードオフ分析により、コンフリクトの解消に向けた妥協点の探索および交渉プロセスを支援し、合意形成への収束度を高める。
- (4) 合意形成のプロセスを重視し、グループの合意度および各参加者の妥協の度合を逐次提示するとともに、それらの履歴を蓄積、参照することで、各参加者の意思決定ポジションの変遷を把握可能とする。

以下に本システムで実現した機能について説明する。

#### 3.1 視点の外在化・共有化機能

参加者の視点情報は、視覚的に把握しやすいよう図 2(a) のような木構造の形でウィンドウ画面上に外在化される(4章の利用例参照)。ここで評価項目は木構造のノード部分に配置され、AHP 法により算出された評価項目の重要度がノードの左下部分に表示される。また任意のノードをマウスでクリックすることにより、図 2(b) のウィンドウが開き、そのノードに直属する評価項目間の重要度と、そのノードから見た場合の代替案の評価値がそれぞれ数値とともにグラフで表示される。このマルチウィンドウ表示により、全体評価と任意のノードにおける部分評価を併行して分析が行える。

また図 2(b) の一対比較ボタンを選択することで AHP 法に基づく一対比較を行う(図 2(c))。

視点の外在化において中核となる作業対象は、重要度の算出に用いるこの一対比較作業であり、この作業負担を軽減し、操作性および実用性を高めるため、次の3つの機能を実装している。

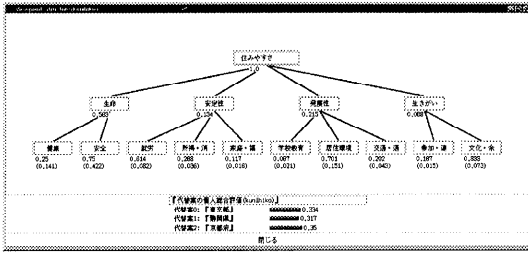
- 一対比較補完機能

情報不足あるいは自信がなくて一対比較の判断が部分的にできない場合、その部分を補完する Harker 法<sup>6),20)</sup>を実装した。この機能により、評価項目数の増加にともなう一対比較作業の負担を軽減できる。

- 一対比較の矛盾抽出および修正機能

一対比較の判断に矛盾を含み全体の整合性が悪化した場合、悪化の原因となる一対比較部分を探索し、その一対比較の修正方向と修正の度合を求め<sup>21)</sup>、自動的に再度一対比較値の修正を意思決定者に促す。

- 感度分析による一対比較修正支援機能



(a) 評価構造の表示画面例

(a) An example window of an evaluation structure.

Partial Viewpoint (moriwaka)

『安定性』

評価基準0: 『就労』 ██████████ 0,547

評価基準1: 『所得・消費』 ██████████ 0,109

評価基準2: 『家庭・福祉』 ██████████ 0,345

CI = 0,026811

この評価基準から見た代替案の評価値

代替案0: 『東京都』 ██████████ 0,33

代替案1: 『静岡県』 ██████████ 0,352

代替案2: 『京都府』 ██████████ 0,318

一対比較 感度分析 閉じる

(b) 視点の部分表示画面例

(b) An example window showing a node information in the evaluation structure.

PAIRWISE COMPARISON

安定性 9 7 5 3 1 3 5 7 9

就労 所得・消費

次へ

(c) 一対比較の入力画面例

(c) An example window of a pairwise comparison.

tradeoff

トレードオフ分析メニュー

■ nakagawa さんの要求 東京都: 0.2 静岡県: 0.6 京都府: -0.8

■ 『→』の方向に一対比較値を変更すると相手の要求に歩み寄ります  
数値は相手の要求への反映度を表します。(負号は反映を意味します)

	LEVEL1	LEVEL2	LEVEL3
評価項目 『生命』	『安全』 + 『健康』	24,4	
評価項目 『死傷性』	『居住環境』 + 『交通・通信』	9,1	
評価項目 『死傷性』	『居住環境』 + 『学校教育』	9,7	
評価項目 『安定性』	『所得・消費』 + 『家庭・福祉』	0,5	
評価項目 『安定性』	『所得・消費』 + 『教育』	6,3	
評価項目 『死傷性』	『学校教育』 + 『交通・通信』	0,3	
評価項目 『安定性』	『家庭・福祉』 + 『教育』	0,2	
評価項目 『安定性』	『家庭・福祉』 + 『所得・消費』	-0,1	
評価項目 『死傷性』	『学校教育』 + 『居住環境』	-0,1	
評価項目 『死傷性』	『交通・通信』 + 『居住環境』	-0,3	

戦略選択

合意形成確認画面へ

(d) 感度分析による一対比較修正候補の表示例

(d) An example window of candidates of pairwise comparison calculated by sensitivity analysis.

tradeoff

Tradeoff analysis

■ kunihiko の評価値

トレードオフ前の値です

代替案0: 『東京都』 ██████████ 0,334 要求: ↑ ██████████ 0,336

代替案1: 『静岡県』 ██████████ 0,317 要求: ↑ ██████████ 0,324

代替案2: 『京都府』 ██████████ 0,35 要求: ↓ ██████████ 0,341

■ nakagawa の評価値

トレードオフ前の値です

代替案0: 『東京都』 ██████████ 0,34 要求: ↓ ██████████ 0,34

代替案1: 『静岡県』 ██████████ 0,338 要求: ↓ ██████████ 0,335

代替案2: 『京都府』 ██████████ 0,322 要求: ↑ ██████████ 0,325

nakagawa さんとの最初の非合意度は『0,035』です。

nakagawa さんとの現在の非合意度は『0,02』(57,1%)です。

kunihiko 側の妥協度は『0,011』です。

nakagawa 側の妥協度は『0,004』です。

■ 合意形成をしますか?

はい いいえ 中断

(e) 合意形成の確認画面例

(e) An example window of confirmation for consensus making.

図2 システムの画面例

Fig. 2 Example windows of the developed system.

一対比較の結果得られた重要度が自己の価値観と合わず納得できない場合に、前述の重要度の感度係数を利用して希望の重要度に効率良くかつ簡便に修正できる機能を持たせた。

また視点の共有化は、参加者すべての視点に関する情報を共有化する機能であり、図2(f)の例のように各参加者のディスプレイ画面上に任意の参加者の視点情報を随時表示することができる。

### 3.2 トレードオフ分析支援機能

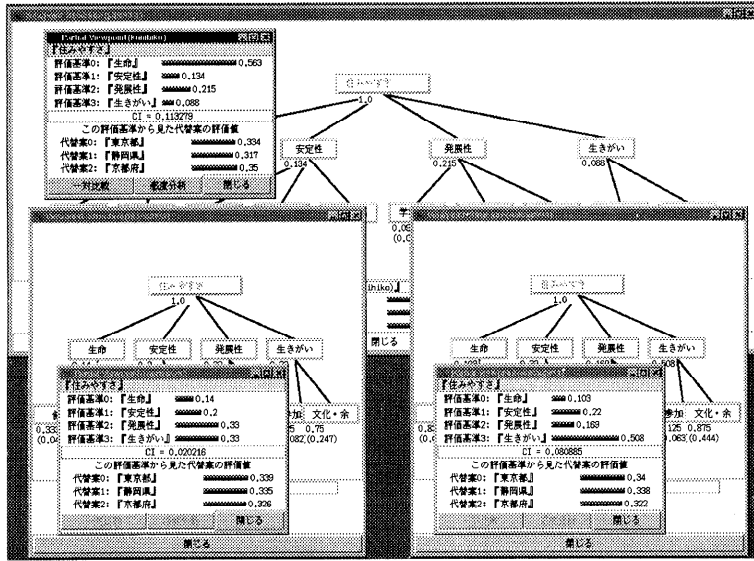
本節および3.3節で述べる機能の実現には、グループ意思決定における重要度の感度係数を用いたトレードオフ分析支援法<sup>22)</sup>を利用する。

まず相手から提示された自分の視点に対する要求と自分の視点を形成する評価項目の重要度の感度係数を用いて、自分の評価構造の任意の階層レベルの任意の評価項目  $k$  における式(1)の値を算出する。

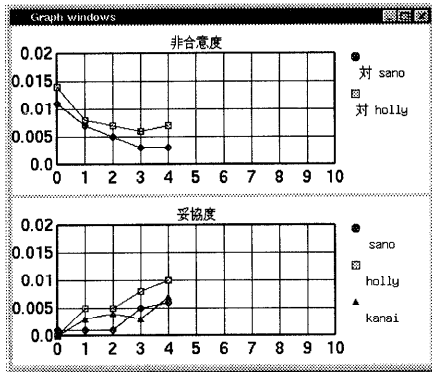
$$g_{ij}^x(y, k) = h^x(k) \hat{w}_{ij}^x(k) S^w(k) r^x(y, k) \quad (1)$$

ここで、 $x, y \in G$  ( $G$ : 参加者の集合)

- $h^x(k)$ ... 評価構造の任意レベルにある評価項目  $k$  に参加者  $x$  が与えた重要度スカラ
  - $w^x(k)$ ... 評価項目  $k$  に直属する  $n$  個の評価項目の重要度ベクトル ( $w_1^x(k), w_2^x(k), \dots, w_n^x(k)$ )
  - $\hat{w}_{ij}^x(k) (= \partial w^x(k) / \partial a_{ij}^x(k))$ ... 評価項目  $k$  に直属する評価項目  $i$  と評価項目  $j$  において参加者  $x$  が一対比較値  $a_{ij}^x(k)$  を変更した場合の  $w^x(k)$  の変化の感度係数を表す  $n$  次元行ベクトル
  - $S^w(k)$ ... 評価項目  $k$  に直属する  $n$  個の評価項目から見た参加者  $x$  の代替案 ( $m$  個) の重要度ベクトル  $s_1, s_2, \dots, s_n$  を行方向に並べて構成される  $n \times m$  行列
  - $r^x(y, k)$ ... 参加者  $y$  が参加者  $x$  に評価項目  $k$  から見た  $m$  個の代替案の重要度に対して与える増減要求の強さを表す  $m$  次元列ベクトル ( $-1 \leq r_i^x(y, k) \leq 1$ , 0: 要求無し, 正: 増, 負: 減)
- すなわち、 $g_{ij}^x(y, k)$  は、参加者  $x$  が相手  $y$  の要求



(f) 視点の共有画面例  
(f) An example window of shared viewpoints.



(g) 非合意度および妥協度の変遷  
(g) An example window of transition of disagreement degree and compromise degree.

図2 システムの画面例(つづき)

Fig. 2 Example windows of the developed system.

に対して一対比較値  $a_{ij}^x(k)$  を変えた場合に相手  $y$  に歩み寄る効果の度合を表し、正値は歩み寄りを、負値は反発を意味する。図3に、評価構造のある部分における各変数の関係を示す。

参加者  $x$  は、今着目している共通の評価項目  $k$  について相手  $y$  (複数) に対して要求  $r^y(x, k)$  を提示し、また相手  $y$  も参加者  $x$  に対して同様に要求を提示する。この結果、参加者  $x$  は相手  $y$  から自分の代替案の評価値に対する要求  $r^x(y, k)$  をシステムを介して受け取る。システムは、それぞれの相手  $y$  ごとに評価項目  $k$  から見た  $g_{ij}^y(y, k)$  を算出して、この値

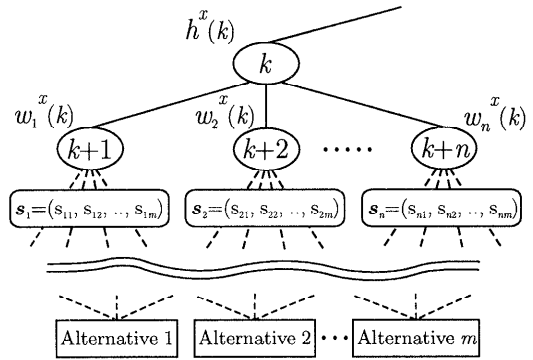


図3 評価構造における感度係数の算出  
Fig. 3 The calculation of sensitivity coefficients in the evaluation structure.

の大きい順(相手の要求に歩み寄る効果が大きい順)に一対比較値の変更要求候補リストを参加者  $x$  に提示する(図2(d))。参加者  $x$  はこのリストを参考にして妥協可能な一対比較候補を選択し、一対比較値をシステムからのガイドを参考に変更する。このとき、一対比較の判断に信念が持てないため一対比較補完機能を利用した一対比較候補が存在した場合は、これらは妥協可能な一対比較候補として優先的にリストアップされる。

一対比較値の変更にともない参加者  $x$  の代替案の評価値は相手  $y$  が提示した要求に沿う方向へ修正されることになる。たとえば、図2(d)の一覧の最上位に表示されている評価項目「生命」に関する「安全」

と「健康」の一対比較は、「安全」よりも「健康」をより重視することで相手側の要求に沿う結果となることを意味している。リストの右端に表示される数値は  $g_{ij}^x(y, k)$  の値であり、リストの上位の一対比較を修正対象とするほど相手側の要求を強く受け入れる結果となる。

本方法の特徴は、相手の評価項目における一対比較値あるいは重要度に直接要求を与えるのではなく、相手の代替案の重要度に対して要求を与えることで、評価構造を構成するすべての評価項目について  $g_{ij}^x(y, k)$  を算出することにある。これにより、評価構造全体において一対比較のレベルで他者とのコンフリクトの強弱関係の把握が可能となると同時に、他者との協調効果の高い一対比較の変更候補を絞り込むことが可能となる。またこのコンフリクト部分について一対比較の変更を行った前後における全参加者の評価項目間の重要度の変化は、トレードオフ分析のためのヒューリスティックな判断情報として利用することができる。したがって、一対比較という判断の容易なレベルでトレードオフ分析が行え、かつ複雑な評価構造であるほど（一対比較の組合せが多いほど）効果的な分析が行える方法といえる。なお、ヒストリ機能およびアンドゥ/リドゥ機能を実現しており、過去のトレードオフ操作の任意の段階まで戻って再びやり直すことができる。

### 3.3 合意形成の判断支援機能

合意形成の判断情報として、視点の重要度の変移、非合意度および妥協度を視点の重要度のベクトル間距離により算出し全員に提示する。

式 (2) に評価項目  $k$  における参加者  $x$  の妥協度  $d(x, k)$ 、式 (3) に評価項目  $k$  における参加者  $x$  と参加者  $y$  の非合意度  $e(x, y, k)$  を定義する。 $e(x, y, k)$  は他者との価値観の違いの大きさを表すものともいえ、合意形成を試みる評価項目の絞り込みの判断に用いることができる。

$$d(x, k) = |\mathbf{c}(x, k) - \hat{\mathbf{c}}(x, k)| \quad (2)$$

$$e(x, y, k) = |\mathbf{c}(x, k) - \mathbf{c}(y, k)| \quad (3)$$

ここで  $\mathbf{c}(x, k)$  は、合意形成途中段階における参加者  $x$  の評価項目  $k$  に直属する評価項目間の重要度ベクトル、 $\hat{\mathbf{c}}(x, k)$  は、合意形成プロセスに入る直前の同重要度ベクトルである。代替案の重要度についても同様に定義する。参加者は、妥協度  $d(x, k)$  により他者との妥協の度合の違いを判断し、非合意度  $e(x, y, k)$  により他者との合意への収束度合を判断する。

### 3.4 合意形成プロセスの履歴蓄積機能

合意形成の判断情報として用いられる参加者全員の視点情報の変移、非合意度および妥協度のデータは、

履歴として蓄積されており、任意の段階の結果を参照したり、あるいは任意の段階に戻って再び合意形成を試みる場合に利用される。

### 3.5 システムの新規性

本システムの新規性は、以下の4点にまとめられる。

- (1) 意思決定問題の要因の構造化、(2) 意思決定問題に対する参加者の視点の共有化および (3) 合意形成の3つの連携したステップを体系的にシステム化した点。
- グループの共通認識の形成を促進するために各参加者の視点の共有化に焦点を当て、システムへの実装に際し、重要度ベクトルを用いて視点情報の定量化および客観的表現に工夫を施した点。
- コンフリクトの解消および妥協点の探索を目的に感度分析を利用した合意形成支援方法を新しく提案し、システム化した点。
- AHP をグループ意思決定に適用する段階で、参加者全員の二対比較評価値の幾何平均を合意形成判断に直接用いる従来の方法とは異なり、本研究のアプローチでは、個人の評価値をそのまま用い、新たにトレードオフ分析のプロセスを加えることで、各参加者が視点の修正を行いやすくするとともにグループの合意度および各参加者の不満度を把握しやすくした点。

## 4. 利用例

以下にシステムの利用例を2章で述べたグループ意思決定支援手順に沿って、画面例を用いて説明する。例題には、各都道府県の行政課題である「住みやすさ」<sup>23)</sup>について参加者間で候補にあがった都道府県に合意のとれた順位付けを行うテーマを用いた。

### (1) 評価構造の作成

参加者全員で評価構造を構成する評価項目と代替案を検討し、D-ABDUCTOR を用いて評価構造を作成する。作成したデータは本システムに直接読み込まれる。

### (2) 視点の算出

視点の外在化機能を利用して各自の意思決定問題に対する視点を算出する (図 2(a), (b))。

### (3) 視点の共有

算出された視点情報は共有されており、参加者は任意の他の参加者の現時点での視点を同様のウインドウ画面を開いて図 2(f) のように表示させることができる。図 2(f) において、画面中央後ろのウインドウは自分の視点、左下および右下のウインドウは他の参加者の視点を表示している。「住みやすさ」に関する3者の視点の詳細ウインドウからも分かるように参加者それぞれ

れの視点はまったく異なっている。

#### (4) コンフリクトの抽出

参加者は、視点の共有画面を通して他の参加者との視点の違いを把握し、評価項目の重要度のレベルでコンフリクト部分を抽出する。このときに参加者間の視点の重要度のベクトル間距離(式(3))からコンフリクトの強弱関係を把握することができる。

#### (5) 合意形成段階の要求提示

コンフリクト解消に向けて相手ごとに相手の代替案の重要度に対して「下げる」「どちらでもよい」「上げる」の相対的な要求値(-1.0~1.0の範囲)をスケールダイアログボックスから指定する。

(6) 他者からの要求を参考にした視点の重要度修正  
相手からの要求値を受け取ると、式(1)の算出結果をもとに相手の要求に基づく一対比較の修正候補の一覧表示画面(図2(d))が表示される。これを参考にして自分の視点の重要度を修正する。

#### (7) 合意形成の判断

合意形成判断の確認画面例を図2(e)に示す。画面の上下に任意の相手とのトレードオフ分析による視点の変更前後における代替案の評価値および両者間の非合意度と妥協度が表示される。またグループ間における非合意度の推移および妥協度の推移を図2(g)のように表示させて、グループにおける自分のポジションの変遷を把握することができる。

### 5. システムの評価と考察

グループ意思決定支援システムにおける合意形成のプロセスは、参加者の個性や信念に大きく依存するため一律には取り扱いにくく、定量的なシステム評価が困難である。そこで、日常的にウィンドウシステムを使用している被験者14人に本システムを利用してもらい、利用後にシステムの評価に関するアンケートを実施して総合的に分析することにした。またトレードオフ分析支援、合意形成の判断支援および合意形成プロセスの履歴蓄積からなる合意形成支援機能の有効性を評価するために、これらの機能の使用の有無による対照実験(実験1:使用, 実験2:未使用)もあわせて行った。実験環境は学内のコラボレーションルーム<sup>\*</sup>を用いた。アンケートの内容として、機能レベル、操作レベル、思考レベルの3種類の評価および総合評価の計14項目を設け、それぞれ5段階評価(5:満足, 4:やや満足, 3:普通, 2:やや不満, 1:不満)とそ

表1 実験1の結果

Table 1 Results of experimental 1.

	実験A	実験B	実験C
参加者数(人)	3	3	3
所要時間(分)	95	153	84
合意判断回数	3	6	4
最終合意状態	順位一致	順位一致	順位一致

表2 実験2の結果

Table 2 Results of experimental 2.

	実験D	実験E
参加者数(人)	3	2
所要時間(分)	220	100
合意判断回数	7	9
最終合意状態	2者順位一致	順位一致

の理由および利用効果と使用感に関するコメントを記入する様式とした。また実験に用いたテーマは、4章で示した都道府県の住みやすさのランキングで合意を得ることを対象とした。今回の実験では、図2(a)の評価構造における視点の違いのみが代替案評価に明確に反映されるように、評価項目からみた都道府県の重要度には、個人の一対比較による主観評価の代わりに客観的な統計データ<sup>23),24)</sup>から算出した重要度を用いた。参加者にはこの統計データをもとに議論を進めてもらった。なお、統計値自体が比較的分散が小さいため、代替案の重要度の分散も小さくなっている。実験1および実験2の結果をそれぞれ表1、表2に示す。

両表中における合意判断回数は、図2(e)での合意判断回数を示す。対照実験の結果からは、合意形成支援機能を使用した場合のほうが合意に達するまでの収束が早まる傾向が見られた。

またアンケートの回答が得られた12人の集計結果を表3に示す。なお該当機能を利用しなかった場合は無回答となっている。機能レベルでは、評価点4および3に評価が集まった。しかし(1)視点の視覚化機能、(3)重要度の算出機能、(5)合意形成プロセスでのトレードオフ分析機能では、ばらつきが見られた。これらの原因として、(1)と(3)については視点が重要度のグラフで視覚化されるので分かりやすいが、自分の感覚とズレを生じる場合がある。(5)についてはシステムに使い慣れていないので、機能を十分に使いこなせなかった点があげられた。

操作レベルでは、平均的な評価が得られたが、他人の情報参照などでウィンドウが複数生成されるため、ウィンドウの配置管理機能の必要性や、操作順序のガイド機能の充実などの改善点が指摘された。

次に思考レベルでは、(10)自分と他者との視点の違いの把握のしやすさ、(11)重要度の修正判断時におけ

<sup>\*</sup> 仕様: 対面会議机, 埋込み型ワークステーション・ディスプレイ, 70インチプロジェクト。



表3 評価アンケートの集計結果(表中の数字は人数)

Table 3 Results of a questionnaire for evaluating the developed system.

レベル	評価項目	不満	やや不満	普通	やや満足	満足
機能レベル	(1) 視点の視覚化機能	0	1	5	2	4
	(2) 視点の共有化機能	0	0	6	6	0
	(3) 重要度の算出機能	0	2	5	5	0
	(4) 重要度修正時の感度分析機能	0	0	5	4	0
	(5) 合意形成プロセスでのトレードオフ分析機能	0	1	5	2	1
操作レベル	(6) 操作性	0	3	4	3	2
	(7) ウィンドウ表示内容の分かりやすさ	0	3	3	4	2
思考レベル	(8) 自己の視点の表現のしやすさ	1	2	5	3	1
	(9) 自己の視点の表現の的確さ	0	4	2	3	3
	(10) 他者との視点の違いの把握	0	1	1	7	3
	(11) 重要度の修正判断の容易さ	0	1	2	3	3
	(12) グループにおける自分のポジションの把握	0	1	1	4	2
	(13) 多数決/平均値法に比べての満足度	0	5	0	3	4
	(14) 総合評価	0	2	5	4	1

る一対比較の変更候補表示の有用性、(12) グループにおける自分のポジションの把握について特に高い評価が得られた。この理由としては、全員の視点をグラフで同時に見ることで、話し合いをするまでもなく他者との価値観の違いが明確に理解できた、相手の要求に妥協する場合に自分の重要度の修正がスムーズに行えた、相手の望む要求が評価項目間の一対比較のレベルで具体的に把握できた、過去と現在の重要度、非合意度および妥協度の変遷がグラフ表示されるので分かりやすいなどのコメントがあげられた。

このほか、システムの利用効果および使用感について被験者から下記のコментарが得られた。

- (1) 従来の会議形式では、他者に話し合いで要求を出す場合、個人のコミュニケーション能力の差が大きく影響するが、システムを併用することで、その影響があまり感じられなかった。
- (2) 全員の視点を視覚的に随時共有しながら話し合いができ、ただ口頭だけで話し合うよりも根拠のある説得が行えた。
- (3) 合意形成支援機能の反復使用により、当初のばらついた参加者同士の視点が収束に向かい、デルファイ法的な支援効果が期待できる。

しかし、従来法と比べた場合の合意結果に対する各参加者の満足度については、アンケート結果からは意見が分かれた(表3の評価項目(13))。すなわち、到達した合意結果が本人の意思に沿う場合は、満足感が高められたが、反面、合意結果が本人の意思と反する場合は、やはり不満が残る傾向が見られた。この理由は、合意度や妥協度のほかグループにおける自分の位置が数値情報として明示されたためと考えられる。あるいは従来の会議形式に見られるようにこれらの情報が不明瞭なまま意思決定が行われる場合に比べ、合意

形成プロセスが明確化されているためと考えられる。今回の実験結果の範囲では、説得した側の満足度を高める効果を期待できることが分かった。

なお、定量化された視点がどの程度自己の感覚を適切に表現し、かつ表現しやすいかについては個人差が生じた(表3の評価項目(8),(9))。この理由はAHP法により得られる重要度が比率尺度であることに起因するものと考えられ、より意思決定者の感覚に合った重要度算出法<sup>25)</sup>の適用や、一対比較を言葉で表現する際の修飾語に意思決定者の感覚に矛盾しないような数値を割り当てる工夫<sup>26)</sup>によって改善が期待できる。また計算機システムを用いて意思決定を支援する場合に、システムからの提示情報に依存して合意形成の判断を行うとシステムによって合意させられてしまうという意識が生じることが分かった。したがって、システムからの提示情報はあくまで合意形成判断の参考情報としてとらえ、システムの利用者が合意形成の主体であるという姿勢を保つことが意思決定支援システムを利用するうえで重要である。

本システムが支援対象とする代替案選択を目的とした意思決定問題は、参加者の視点を個々に認識可能であること、すなわち意思決定の要因を構造化でき、それぞれの要因に重み付けが可能な特性を持つ領域である。本システムは、そのような問題解決の局面において参加者全員の視点を共有化し、それらの違いを重要度ベクトルを用いて定量的に評価し、さらに感度分析を利用した重要度ベクトルの調整を図ることで合意形成支援を行う点に特徴がある。

## 6. おわりに

意思決定問題において参加者の視点情報を共有し、視点の違いに起因するコンフリクトの解消をトレー

ドオフ分析により行うグループ意思決定支援システムについて述べた。まず、グループ意思決定支援の方針と手順を提案し、この手順を CSCW 環境の計算機上に実装した。次にシステムの機能と利用例を示し、評価実験からシステムの評価と考察を行った。実験結果からは、本システムとの対話操作を繰り返すことでグループの合意形成の支援に有効であることが確認された。具体的には、本システムの使用により、各参加者にとってお互いの視点の認識および合意形成の経過の把握が容易となり、グループ意思決定活動における参加意識および共通認識を高めることができた。

今後の課題として、今回の試用評価において被験者に指摘された問題点の改善とともに、意思決定の問題構造に対する分析の深さ、あるいは決定結果に対する納得度や信頼度を高めるための工夫などがあげられる。またより複雑な評価構造を持つグループ意思決定問題に適用してシステムの有用性について評価を重ねることが重要である。さらに次のような研究開発および評価もあわせて進めていく必要がある。

- (1) 新製品開発や保守運用などにおける代替案選択問題のようにユーザと開発側あるいはユーザと保守側といった立場の異なる2つの小グループ間の意思決定支援
- (2) ビデオネットワーク会議システムを併用した同期遠隔型利用との比較実験および意思決定支援手順の改良

謝辞 システムの開発にあたり、有益なご助言をいただいた北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教授の平石邦彦博士に感謝します。また評価実験にご協力いただいた本学國藤研究室の大学院生および星稜女子短期大学竹村哲研究室の皆さんに感謝します。

## 参 考 文 献

- 1) 石井 裕：CSCW とグループウェア—協創メディアとしてのコンピュータ、オーム社 (1994)。
- 2) DeSanctis, G. and Gallupe, R.: A Foundation for the Study of Group Decision Support Systems, *Management Science*, Vol.33, No.5, pp.589-609 (1987)。
- 3) 山村担之：多目的意思決定—理論と応用—効用理論 1, 2, システムと制御, Vol.30, No.8, pp.493-501 (1986)。
- 4) 渡部和雄：グループ MCDM 法に基づく日本の意思決定支援方式, 情報処理学会情報システム研究会, Vol.89-IS-25, pp.1-10 (1989)。
- 5) 山田善靖：経営組織意思決定を支援するグループ DSS, 電気学会論文誌 (C), Vol.114-C, No.3, pp.338-344 (1994)。
- 6) 國藤 進, 上田晴康：創造的思考のための知識獲得支援グループウェア GRAPE, 日本創造学会 (編)：創造性研究「異文化・異分野の結合と創造性」10, pp.111-131, 共立出版 (1994)。
- 7) 加藤直孝, 國藤 進：ソフトウェア開発のためのユーザ要求機能分析に関する一考察, 情報処理学会グループウェア研究会報告, Vol.95-GW-9, pp.63-68 (1995)。
- 8) 榎木義一, 河村和彦 (編)：参加型システムズ・アプローチ—手法と応用, 日刊工業新聞社 (1981)。
- 9) 小泉寿男, 鈴木昌則, 土井日輝, 白鳥則郎：CSCW による意思決定プロセス支援法の提案と実現, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.5, pp.911-919 (1996)。
- 10) Warfield, J.N.: Developing Interconnection Matrices in Structural Modeling, *IEEE Trans. SMC*, Vol.SMC-4, No.1, pp.81-87 (1974)。
- 11) 川喜田二郎：KJ 法, 中央公論社 (1986)。
- 12) 三木和男, 杉山公造：図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.9, pp.1739-1749 (1994)。
- 13) Saaty, T.L.: *Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill (1980)。
- 14) 刀根 薫, 真鍋龍太郎 (編)：AHP 事例集, 日科技連出版社 (1990)。
- 15) 瀬尾美巳子：思考の技術, 有斐閣 (1994)。
- 16) 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), Vol.J70-A, No.11, pp.1562-1567 (1987)。
- 17) 八木下和代, 宗森 純, 首藤 勝：KJ 法文章の VA 手法に基づく評価法の提案と実装, 情報処理学会グループウェア研究会報告, Vol.97-GW-22, pp.7-12 (1997)。
- 18) 高野伸栄, 今 尚之, 加賀屋誠一, 佐藤馨一：AHP 算出クラスタリングに関する基礎的研究, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会講演論文集, pp.84-86 (1996)。
- 19) 八巻直一, 杉山 学, 山田善靖, 加藤久仁明：グループ AHP を用いた人事評価に対する合意形成手法, 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会講演論文集, pp.218-219 (1995)。
- 20) 竹田英二：不完全一対比較行列における AHP ウェイトの計算法, オペレーションズ・リサーチ, Vol.34, No.4, pp.169-172 (1989)。
- 21) 新谷虎松：ルールに基づく代替案選択支援機構の実現, 人工知能学会誌, Vol.7, No.3, pp.463-474 (1992)。
- 22) 加藤直孝, 平石邦彦, 國藤 進：グループ意思決定における重要度の感度係数を用いたトレードオフ分析支援法, Technical Memorandum IS-TM-97-0001T 1997.4.15, JAIST (1997)。
- 23) 経済企画庁国民生活局 (編)：新国民生活指標 (平成 4 年, 8 年版), 大蔵省印刷局 (1992, 1996)。
- 24) 社会調査研究所：地域経済総覧 '96, 東洋経済

(1995).

- 25) 宮城隼夫, 平良直之, 山下勝巳: 加法形の対比較行列を用いた多目的意思決定法の一手法, 計測自動制御学会合同シンポジウム講演論文集, pp.119-122 (1994).
- 26) 亀山嘉正, 佐山隼敏, 鈴木和彦, 船戸 謙, 大倉 輝: AHPにおける対比較結果を表現する修飾語に割り当てる数値尺度について, 第33回自動制御連合講演会論文集, pp.201-204 (1990).

## 付 録

### 本システムで用いた AHP 法の概要<sup>14)</sup>

AHP は意思決定問題の要素を最終目標, 評価項目, 代替案の3段階からなる階層構造に作り上げる. そして最終目標から評価項目の重要度を求め, 次に各評価項目から代替案の重要度を評価し, 最後に最終目標からみた代替案の重要度に換算する.

#### (1) 対比較行列

上述の重要度の算出法として対比較法を用いる. 意思決定者に「要素  $i$  は要素  $j$  に比べてどのくらい重要ですか」と問い, その答えに応じて表 4 のような対比較値  $a_{ij}$  を与えて,  $n \times n$  行列  $A = [a_{ij}]$  を作る. ここで  $a_{ii} = 1$ ,  $a_{ji} = 1/a_{ij}$  ( $i \neq j$ ) と仮定する.  $n$  個の要素があると  $n(n-1)/2$  回の対比較で行列  $A$  ができる. この対比較行列から各要素の重要度を求める.

ここで,  $n$  個の要素の重要度を  $\mathbf{w}^T = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]$  とし,  $w_i/w_j$  を  $a_{ij}$  で推定する. 行列  $A$  の各要素  $a_{ij}$  を  $w_i/w_j$  で置き換えたうえで,  $\mathbf{w}$  を右から掛けると,  $A\mathbf{w} = n[w_1 \ \dots \ w_n]^T = n\mathbf{w}$

この式は固有値問題  $(A - nI)\mathbf{w} = \mathbf{0}$  に変形でき,

表 4 対比較値  
Table 4 Pairwise comparison value.

対比較値 $a_{ij}$	要素 $j$ と比べて要素 $i$ は
1	同じくらい重要
3	やや重要
5	かなり重要
7	非常に重要
9	きわめて重要
2, 4, 6, 8	中間の値に用いる

$A$  の最大固有値  $\lambda_{\max}$  に対する固有ベクトル  $\mathbf{w}$  を重要度とする. ただし,  $\sum w_i = 1$  となるように正規化したものを重要度  $w_i$  と呼ぶ.

#### (2) 判断の整合性

対比較の判断の首尾一貫性の尺度として整合度を用いる. すなわち, 「 $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$  がすべての  $i, j, k$  について成り立つ」ときに, 行列  $A$  は整合性があるという.  $C.I. = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$  を整合度 (consistency index,  $C.I.$ ) とする.  $C.I. = 0$  は首尾一貫性が完全な場合で, 整合性が悪いほど  $C.I.$  は大きくなる. 経験的に  $C.I. \leq 0.1$  が有効性の尺度とされる.

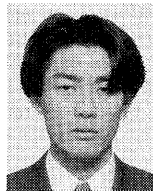
(平成 9 年 4 月 18 日受付)

(平成 9 年 10 月 1 日採録)



加藤 直孝 (学生会員)

1957 年生. 1982 年金沢大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了. 同年, 石川県工業試験場入所. 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程在籍. 人工知能学会, 計測自動制御学会, 日本 OR 学会各会員.



中條 雅庸

1971 年生. 1994 年静岡大学工学部情報知識工学科卒業. 1996 年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士課程修了. 現在, コモタ (株) 開発本部勤務.



國藤 進 (正会員)

1947 年生. 1974 年東京工業大学大学院工学研究科修士課程修了. 同年, 富士通 (株) 国際情報社会科学研究所入所. 1982~1986 年, ICOT 出向. 1992 年より北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授. 1997 年より知識科学研究科教授を併任. 工学博士. 人工知能学会, 計測自動制御学会, 電子情報通信学会, 日本創造学会等各会員.