

## 異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援法の提案と実装

加藤 直孝<sup>†</sup> 國藤 進<sup>††</sup>

本論文では、知識や立場の違いにより価値観が異なる参加者間の合意形成支援方法を提案し、その実装システムについて述べる。本方法は、まず参加者の価値観に基づく要求をAHP (Analytic Hierarchy Process) によって表現される重要度として求める。次に品質展開アプローチ (QDA: Quality Deployment Approach) における品質表の考え方を応用した関連度行列を用いて、お互いの評価構造の関連付けを行う。この関連度行列を用いてお互いの要求の重要度を相手の評価構造における要求の重要度に双方向に変換する。本方法を実装したシステムの評価実験により、分散協調作業としての代替案選択支援において評価構造が異なる場合でも視点情報の共有が実現でき、参加者間の相互理解に基づく合意形成支援が可能であることを示した。

## A Proposal of a Method for Supporting Consensus Building among Decision-makers with Different Evaluation Structure and Its Implementation

NAOTAKA KATO<sup>†</sup> and SUSUMU KUNIFUJI<sup>††</sup>

This paper proposes a method for supporting consensus building among the decision-makers with different evaluation structure. In this method, we define requirements based on decision-makers' sense of value as the weights derived by AHP (Analytic Hierarchy Process). Next, the decision makers compose a relationship matrix cooperatively using their evaluation structure. This relationship matrix is adopted by a quality table in QDA (Quality Deployment Approach). By using the relationship matrix, the requirement in the other's evaluation structure can be transformed into the dimension of the requirement in one's evaluation structure vice versa. Evaluation experiments by using an implemented system show that viewpoint sharing can be realized in case of different evaluation structure as well as common evaluation structure in alternative choice problem solving. And we show the system can support consensus building processes based on mutual understanding among the decision makers.

## 1. はじめに

グループ意思決定における合意形成支援方法に関する研究<sup>1)~3)</sup>、あるいは合意形成支援システムに関する研究<sup>4),5)</sup>が近年活発に行われている。これらの研究では、代替案選択型のグループ意思決定問題を取り扱っており、参加者全員で代替案を評価するための共通の評価構造を作成する手順を必要とする。この評価構造は、代替案を評価する項目として参加者の価値判断基準を構造化することで得られる。したがって、評価構造は、代替案の評価結果に直接影響を及ぼすことから、適切な評価構造を作成することが重要となる。

本研究では、評価構造の作成は参加者間の協調作業として位置付けている。従来から、この評価構造作成支援の方法として、ISM法<sup>6)</sup>、KJ法<sup>7)</sup>などの構造化手法が用いられている。しかしながら、一般に参加者の立場や知識はそれぞれ異なり、個々の価値判断基準も異なることから、評価構造の作成は、以下のような課題を抱えている。

- (1) 共通の評価構造の中に定性的 (感性的) な評価項目と定量的 (機能的) な評価項目が混在する。
- (2) 参加者全員が満足する適切な共通の評価構造の作成が難しい。

(1) の状況では、従来、評価項目の集まりを定量的な評価項目群と定性的な評価項目群にそれぞれグループ化したうえで、1つの評価構造の中に同列に配置する<sup>1)</sup>。しかし、定量的な評価項目と定性的な評価項目との間の関連性が深い場合、代替案を評価する項目として必要な独立性が崩れてしまい、代替案評価に悪影響

<sup>†</sup> 石川県工業試験場  
Industrial Research Institute of Ishikawa

<sup>††</sup> 北陸先端科学技術大学院大学  
Japan Advanced Institute of Science and Technology,  
Hokuriku

響を与える可能性がある。(2)の状況では、すべての参加者の価値判断基準を網羅した評価構造を作成することができても、自分の価値判断基準にない評価項目の判断はできないことになる。また評価項目の数が多くなりすぎる場合も評価の適切性を欠く場合が生じる。たとえば、上記の具体例として、ユーザの定性的な評価項目と、その実現機能である開発者あるいは設計者の定量的な評価項目のように、両者が混在する場合が考えられる。このような場合、グループとして共通の評価構造を用いることの適合性が問題となり、改善策として参加者間で異なる評価構造を用いた代替案選択支援方法が必要となる。

しかしながら、異なる評価構造を用いた代替案選択のための合意形成支援方法、あるいはその支援システムに関する研究はまだ行われていない。

そこで本論文では、分散協調作業としての代替案選択支援を目的とした異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援方法を提案する。また提案方法を実装したシステム Group Navigator-II (以下, GN-II) について述べる。

## 2. 提案方法の概要

### 2.1 基本概念

参加者それぞれの要求の違いあるいは歩み寄りの度合いを表現するために視点情報<sup>5)</sup>の考え方を導入し、各参加者の要求を価値判断基準に対して AHP<sup>8)</sup>により求められる重要度を用いて表す。

図1に基本概念を示す。本論文で提案する合意形成支援方法は、前章で述べたような評価構造作成の課題を持つ代替案の選択問題を対象とする。具体的には、参加者は代替案に対する定性的な評価項目と定量的な評価項目間の関連付けが可能で、代替案評価のためにこれらの評価項目に対して重み付けが可能な協調的問題解決の領域を適用範囲とする。

まず参加者の評価構造の作成であるが、一般に KJ 法は複数の参加者を許容することから、提案方法では、参加者がユーザと開発者のように2つの立場のグループに分けられ、それぞれのグループ内で KJ 法を用いる場合を想定する。本論文では、この基本形態として各グループのメンバが、それぞれ参加者  $x$  と参加者  $y$  である場合への適用を考え、各自が KJ 法を個人レベルで用いて自分の評価構造を作成する。

次に参加者  $x$  の価値判断基準での要求を参加者  $y$  の価値判断基準での要求へ変換することを考える。同様に参加者  $y$  の要求を参加者  $x$  の要求へ逆変換することを考える。これにより、相手の価値判断基準での

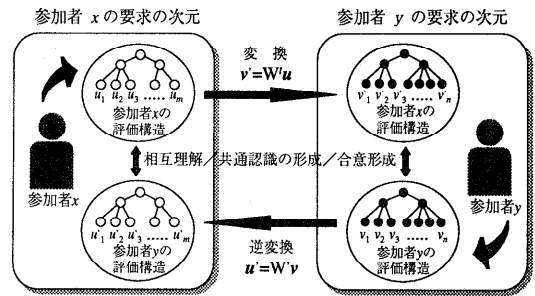


図1 基本構想の概念図  
Fig. 1 Basic concepts.

要求を自分が解釈可能な価値判断基準での要求として把握することが可能となる。双方の要求を互いに提示し合うことで、両者間のコミュニケーション・ギャップを埋めつつ、お互いの価値観のすり合わせが行え、相互理解に基づく合意形成支援が可能になるものと考える。

### 2.2 自己要求から相手側が解釈可能な要求への順変換

本節では、参加者  $x$  と参加者  $y$  それぞれの要求をお互いの価値判断基準における重要度に双方向変換する具体的な方法について提案する。この変換には品質展開アプローチ (QDA: Quality Deployment Approach)<sup>9)</sup>あるいは品質機能展開 (QFD: Quality Function Deployment)<sup>10)</sup>において用いられる品質表からヒントを得た関連度行列<sup>11)</sup>を用いる。

以下では、参加者の要求は価値判断基準に対する要求を意味するので、価値判断基準を単に要求項目と呼ぶことにする。まず参加者  $x$  の要求項目を行の並び、参加者  $y$  の要求項目を列の並びとして両項目群を対応付けたマトリックスを定義する。そして、行の要求項目と列の要求項目間の関連の強さを関連度とする。ここで関連度は、関連の強さに応じて◎ (大きい), ○ (中くらい), △ (小さい) のような記号で順序付ける。さらに◎:5点, ○:3点, △:1点, 記号なし:0点のような点数付けを行う。したがって、関連度行列は2つの異なるタイプの要求項目群の関連度合を2次元行列で表現したものと見える。

関連度行列を  $W = [w_{ij}]$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ), 参加者  $x$  の要求項目群を  $U_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), 参加者  $x$  の  $U_i$  に対する要求重要度ベクトルを  $u = [u_i]$  ( $u_i > 0$ ), 参加者  $y$  の要求項目群を  $V_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), 参加者  $y$  の  $V_j$  に対する要求重要度ベクトルを  $v = [v_j]$  ( $v_j > 0$ ) とすると、参加者  $x$  の要求重要度ベクトルを参加者  $y$  の要求重要

度ベクトルの次元に変換した要求重要度ベクトル  $v'$  は、QDA の方法論に従えば、式 (1)<sup>11)</sup> で表すことができる。

$$v' = W^t u \quad (1)$$

ここで、 $W^t$  は  $W$  の転置行列であり、 $W$  の要素  $w_{ij}$  ( $w_{ij} \geq 0$ ) は、参加者  $x$  の要求項目  $U_i$  と参加者  $y$  の要求項目  $V_j$  との関連の強さを表す。式 (1) を順変換と呼ぶ。この場合、 $v'$  の要素  $v'_j$  は、式 (2) で表される。

$$v'_j = \sum_{i=1}^m w_{ij} u_i \quad (2)$$

得られた  $v'_j$  は、 $\sum v'_j = 1$  になるように基準化した値を改めて  $v'_j$  とおく。したがって、式 (1) の変換により、参加者  $y$  は参加者  $x$  の要求を自分側の価値判断基準に対する要求として解釈することが可能となる。

**2.3 相手側要求から自己解釈可能な要求への逆変換式 (1) の逆変換式として式 (3) を定義する。**

$$u' = W' v \quad (3)$$

ここで、 $W'$  は式 (1) の逆変換用行列であり、 $u'$  は、参加者  $x$  の要求重要度ベクトルの次元に変換された参加者  $y$  の要求重要度ベクトルである。したがって、 $u'$  の要素  $u'_i$  は、式 (4) で表される。

$$u'_i = \sum_{j=1}^n w'_{ij} v_j \quad (4)$$

得られた  $u'_i$  は、 $\sum u'_i = 1$  になるように基準化した値を改めて  $u'_i$  とおく。

式 (1) および式 (3) を用いることにより、参加者  $x$  の要求が参加者  $y$  に直接反映されると同時に、参加者  $y$  の要求も参加者  $x$  に直接反映されることになる。すなわち、異なる評価構造間での視点情報の共有が可能となる。この逆変換行列として以下の方針から Moore-Penrose 一般逆行列<sup>12)</sup>を用いる。

- 関連度行列は意思決定の当事者が協調作業の一環として決定する。
- 代替案評価に関する情報共有も考慮に入れて重要度ベクトルの可逆性を重視する。

ここで、式 (1) の  $W^t$  は長方形列となることが予想され、一般には逆行列が一意に定まらない。しかし、 $W^t$  が Moore-Penrose 一般逆行列の定理<sup>12)</sup>を満す場合、任意の  $W^t$  に対して一意に定まることが知られている。

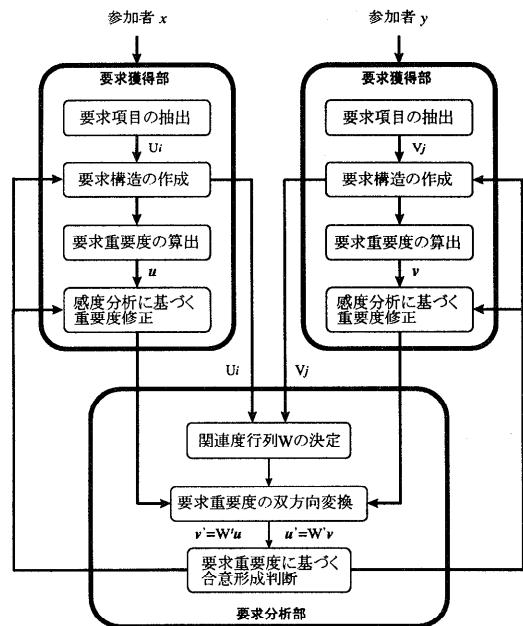


図2 GN-IIの機能構成

Fig. 2 Functional configuration of GN-II.

### 3. システムへの実装

GN-II は、UNIX ワークステーションの X Window システム上で開発したグループウェアであり、同期同室型の利用が可能である。以下、システムの概要と合意形成支援の手順について述べる。図 2 に GN-II の機能構成を示す。

#### 3.1 要求獲得モジュール

要求獲得モジュールでは、それぞれの参加者は、自分の要求を AHP の評価構造によって表現される重要度として決定する。(1) 要求項目の抽出、(2) 要求構造の作成、(3) 要求の重要度の算出および、(4) 感度分析に基づく重要度修正の各ステップからなる。

ここで、(1) 要求項目の抽出および、(2) 要求構造の作成は、自動描画システム D-ABDUCTOR<sup>13)</sup>を利用する。また、(3) 要求重要度の算出および、(4) 感度分析に基づく重要度修正は、文献 5) のシステム (以下 Group Navigator-I: GN-I と記す) が持つ視点情報の外在化機能の考え方をを用いた。

#### 3.2 要求分析モジュール

要求分析モジュールは、(1) 関連度行列の決定、(2) 要求重要度ベクトルの変換、(3) 要求重要度ベクトルの逆変換、(4) 要求重要度に基づく合意形成判断支援の各ステップを持つ。(2) および (3) の双方向変換は、(1) の関連度行列の決定作業を完了し、双方の要求重

要度ベクトルが算出された段階で利用可能となる。まず(1)では、双方の評価構造から関連度行列を構成し、双方の合議により関連度を決定する。(2)および(3)では、この関連度行列およびその逆変換行列を用いて双方の要求重要度ベクトルを変換する。(4)では、変換された相手の要求重要度ベクトルと自分の要求重要度ベクトルを見比べてお互いの相違点について説得あるいは妥協行為を行う。この合意形成活動の表出手段として、両ベクトルの距離空間上における距離がお互いに最小となるように、各自が要求重要度を妥協できる範囲で修正する方法を用いる。

以下に具体的な方法について述べる。お互いの重要度ベクトルを照らし合わせる前の段階では、式(1)の  $u$  および  $v'$  は参加者  $x$  の初期要求重要度ベクトル、また式(3)の  $v$  および  $u'$  は参加者  $y$  の初期要求重要度ベクトルを表している。この段階では、一般にベクトル  $u$  と  $u'$  (あるいはベクトル  $v$  と  $v'$ ) は異なるベクトル方向を持つ。そこでこれらのベクトルを用いて次のように妥協度と非合意度を定義する。

参加者  $x$  側の妥協度  $d_x$

$$d_x = \|u - \hat{u}\| \quad (5)$$

参加者  $x$  側で観測される参加者  $y$  の妥協度  $d'_x$

$$d'_x = \|u' - \hat{u}'\| \quad (6)$$

参加者  $x$  側で観測される参加者  $y$  との非合意度  $e_x$

$$e_x = \|u - u'\| \quad (7)$$

ここで、 $\hat{u}$  は参加者  $x$  の初期要求重要度ベクトル、 $\hat{u}'$  は式(3)により自分側の次元に変換された相手の初期要求重要度ベクトルである。同様に参加者  $y$  側の妥協度  $d_y$ 、参加者  $y$  側で観測される参加者  $x$  の妥協度  $d'_y$ 、参加者  $y$  側で観測される参加者  $x$  との非合意度  $e_y$  を式(5)~(7)において  $u$  を  $v$  に置き換えることで定義する。

式(5)~(7)の値を参加者  $x$  に、同式において  $u$  を  $v$  に置き換えた式の値を参加者  $y$  に同時に提示する。これらの値を見ながら両者が合意形成に向けて評価項目間の重要度を感度分析機能<sup>5)</sup>を用いて対話形式で変更する。ここで相手からの説得に妥協しつつ非合意度が最小となる方向に向けて、お互いが妥協できる範囲で重要度を変更する(具体的な操作手続きについては4.2節の実験結果を参照)。変更した結果、お互いの非合意度および妥協度が計算されて両者に提示される。以上の手順を繰り返すことで両者の合意形成を支援する。

### 3.3 関連度の調整

式(1)および式(3)からも分かるように関連度の与え方が重要度の変換に直接影響を及ぼす。したがって、

関連度の設定は慎重に行う必要がある。そこで、合意形成を試みる前に、参加者間で決定した関連度を用いて実際にどのように重要度を変換されるかを式(1)および式(3)を用いてあらかじめチェックし、必要があれば関連度を再調整する。具体的には、まず参加者  $x$  と参加者  $y$  は、関連度行列編集プログラムを利用してお互いの評価構造における評価項目間の関連度付けを協議しながら行う。次に基準ベクトルとして要求ベクトルの要素がすべて1(あるいはすべて同じ値)のベクトルを用意し、関連度行列編集プログラムを利用して、それぞれ式(1)および式(3)の変換を行う。この操作により、関連度の値の影響だけがお互いの変換された重要度ベクトルに現れるようにする。変換された重要度ベクトルは画面にグラフ表示され、このグラフをもとに各自が重要度ベクトルの要素の中で極端に小さい、あるいは大きいと判断したものがある場合に関連度の再調整が必要であると判断する。なお、どの関連度の再調整が必要であるかは、画面に表示される関連度表ダイアログと前述の重要度ベクトルグラフを参照することで、変換された重要度ベクトルに影響を与えている関連度の箇所が判断できる。この関連度を関連度表ダイアログ上で修正した後、再度重要度の変換を行う操作により関連度の再調整を行う。以上の操作により、双方にとって本来重視すべき項目が軽視されたり、逆に重視されすぎないようにする。

また参加者  $y$  側の要求重要度の与え方によっては、参加者  $x$  側へ逆変換された要求重要度ベクトルに負の値を持つ要素が現れる可能性がある。この場合は、合意状態からかなり距離が離れているものと解釈できる。前述の関連度の調整により、事前にどの程度の幅の重要度ベクトルの変化まで適用できるかをおおむね見当づけることができる。ユーザ側へ逆変換された要求重要度ベクトルの要素に負の値が存在する間は、正の領域への適当な線形変換を行うことで、要求重要度ベクトル成分の相対変化を把握する。

## 4. 評価実験

具体的な評価実験として、カラーレーザプリンタを本学の学科内に新規購入する際の機種選定の合意形成支援にGN-IIを用いた。さらに、同一の問題をGN-Iを用いて対照実験を行った。対照実験によって、評価構造の差異による影響、あるいはそれぞれのシステムの利点および欠点が比較可能になるものと考えられる。また、どの程度の合意形成支援が可能かどうかについて相対的な比較を行うことは、システムの有効性を評価するうえで必要である。

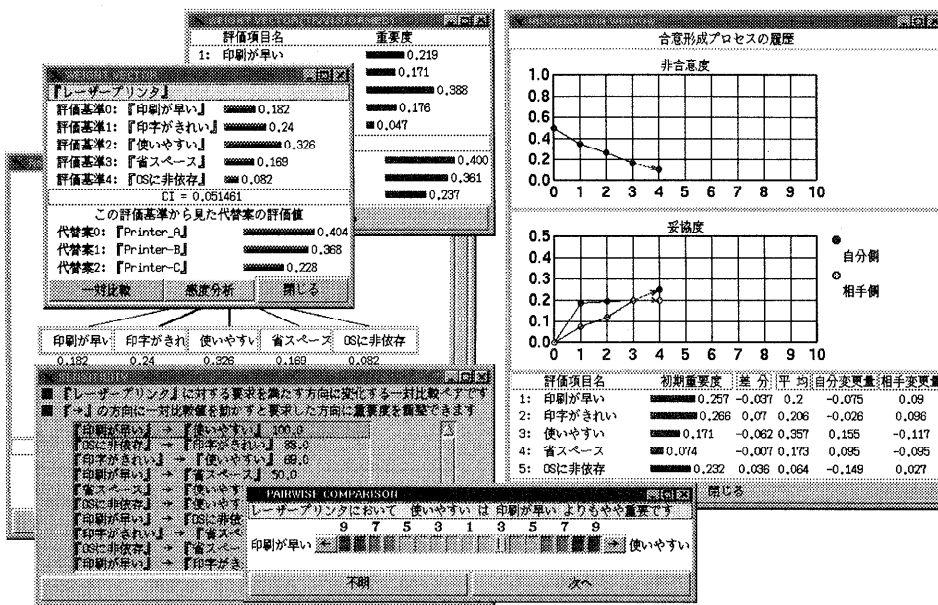


図3 交渉段階で学生A側に提示される画面例

Fig. 3 An example windows in a negotiation process on the side of student A.

4.1 実験手順

- (1) 本学の学生2人と情報科学センター技官2人でそれぞれペアを編成し、GN-IIを利用するグループ1のメンバを学生Aおよび技官Aとし、GN-Iを利用するグループ2のメンバを学生Bおよび技官Bとした。
- (2) 被験者全員に代替案候補3機種のカラールーザープリンタに関する資料(カタログ,仕様書,印字サンプル)を手渡し,実験手順を説明した。
- (3) 学生2人はGN-Iの使用経験者であったが,技官2人は初めての使用であったため,実験前日にシステムの機能説明とデモを実施した。
- (4) グループ1は,本論文の提案方法に基づいて各自が異なる評価構造を作成し,GN-IIを用いて合意形成を試みる。
- (5) グループ2は,KJ法を用いて共通の評価構造を作成し,GN-Iを用いて合意形成を試みる。
- (6) 両実験とも対面式同期同室の分散環境で実施し,実験の始終をビデオに録画した。またビデオ記録から発話履歴を調べると同時に被験者のシステム操作ログから発話内容に関する一対比較および重要度ベクトルの変更履歴を調べた。
- (7) 各被験者には,実験終了後,システムの利用に対するアンケート調査を実施した。
- (8) また各被験者には,実験終了後,両方の実験結果(合意判断の各段階における画面コピー,発

表1 プリンタ選定の関連度表の例

Table 1 An example of relationship table for printer.

評価項目	基本性能	印字品質	互換性	保守	省電力	サイズ
印刷が早い	○	△				
印刷がきれい		◎				
使いやすい	△			○		
省スペース			△		○	◎
OSに非依存	△		◎			

話履歴,一対比較および重要度ベクトルの変更履歴をドキュメントとしてまとめたもの)を見せて,体験していない方の実験について事実のみを説明し,両実験の比較について個別にインタビューを行った。

4.2 実験結果(グループ1)

グループ1の被験者が決定した関連度表を表1に示す。作成には約30分を要した。

図3に合意形成作業途中の学生側に提示される画面例を示す。画面左上部には,学生Aと技官A(後ろ側)の要求重要度のグラフが表示されており,その下には学生Aの評価構造図が表示されている。画面左下部には,相手から出された要求重要度の変更要求に対して妥協する場合の一対比較の変更候補が,感度分析機能<sup>5)</sup>により求められてリストアップされる。画面では,リストの一番先頭に表示されている「印刷が早い」よりも「使いやすい」を重視することが最も相手に妥協することを意味している。このリストの中か

ら、自分が譲歩してもよい一対比較の変更候補欄を選択し、その欄をマウスでダブルクリックすることにより、画面中央最下部の一対比較ウィンドウが表示される。ここでどの程度一対比較値を変更するかが問題になるが、仮に適当な一対比較値を与えることでただちに自分側の要求重要度ベクトルが計算されて、画面の右側の合意形成プロセスの履歴ウィンドウに式(5)~(7)から算出される相手との非合意度および両者の妥協度がグラフ表示される。この段階では、仮の決定であり、相手側には情報は伝達されず、グラフ上の線分は確定していないことを意味する→表示である。そして、妥協できるかどうかの判断は、この非合意度および妥協度のグラフを参考にしながら、一対比較値の変更幅に対して妥協できるかどうかを判断することになる。本システムでは、評価項目の重要度を直接修正するのではなく、評価項目間の一対比較値の修正に連動してAHPの計算に基づき重要度が修正される。したがって、ある評価項目の重要度について妥協が必要な場合、感度分析機能を利用することにより、評価項目間の一対比較のうちどの組合せについてどちらの評価項目を重視すればよいかを妥協のための調停案として相手あるいは自分に提示することができる。なお、2項目間の一対比較は人間にとって最も比較判断が行いやすい行為であり、上述のような場合の対話形式による協調的な合意形成においては、参加者間における重要度ベクトルの収束性が確認されている<sup>5)</sup>。

技官A側にも技官Aの評価構造に基づいて同様のウィンドウ情報が表示される。このあと両者が重要度の変更を終えた段階で変更結果を提示し合い、合意形成の判断を行う。合意に達しない場合は、再び交渉を行って重要度の変更を行うことになり、合意判断回数が1回加算される。非合意度および妥協度のグラフの横軸は、この合意判断回数を表す。

学生A側に提示される重要度を表2に、技官A側に提示される重要度を表3に示す。各表中の各欄で最も大きい重要度はゴシック体で表した。表2から、当初学生Aは「印字がきれい」で「印刷が早い」こと、次いで「OSに非依存」を重視していることが分かる。その結果、Printer-Bを最も良いと判断している。一方、表3からは、技官Aは「保守」を最も重視し、次いで「サイズ」、「基本性能」の順に重視していることが分かる。その結果、Printer-Aを最も良いと判断している。したがって、両者のカラーレーザープリンタの選定に関する考え方が異なっていることが双方の評価構造上で明瞭に把握できる。なお、代替案候補の3機種は、価格帯、ランニングコストがほぼ同

表2 学生A側に提示される重要度

Table 2 Weights shown to student A.

評価項目	合意前	合意前	合意後	合意後
	重要度 $u_i$	重要度 $u'_i$	重要度 $u_i$	重要度 $u'_i$
印刷が早い	0.257	0.128	0.158	0.121
印字がきれい	<b>0.266</b>	0.075	0.272	0.287
使いやすい	0.171	<b>0.505</b>	<b>0.318</b>	<b>0.391</b>
省スペース	0.074	0.271	0.168	0.151
OSに非依存	0.232	0.020	0.084	0.050
C.I. 値	0.070		0.047	
代替案重要度				
Printer-A	0.379	<b>0.419</b>	<b>0.410</b>	<b>0.430</b>
Printer-B	<b>0.401</b>	0.332	0.368	0.355
Printer-C	0.220	0.249	0.223	0.213

表3 技官A側に提示される重要度

Table 3 Weights shown to technical officer A.

評価項目	合意前	合意前	合意後	合意後
	重要度 $v_i$	重要度 $v'_i$	重要度 $v_i$	重要度 $v'_i$
基本性能	0.140	0.216	0.134	0.148
印字品質	0.078	<b>0.292</b>	0.260	0.256
互換性	0.057	0.226	0.067	0.099
保守	<b>0.388</b>	0.157	<b>0.326</b>	<b>0.269</b>
省電力	0.134	0.041	0.102	0.085
サイズ	0.203	0.068	0.110	0.142
C.I. 値	0.051		0.024	
代替案重要度				
Printer-A	<b>0.401</b>	0.384	<b>0.410</b>	<b>0.397</b>
Printer-B	0.355	<b>0.423</b>	0.380	0.388
Printer-C	0.244	0.193	0.210	0.214

表4 代替案の評価値

Table 4 Evaluation value of alternatives.

評価項目	Printer A	Printer B	Printer C
基本性能	0.196	0.493	0.311
印字品質	0.416	0.458	0.126
互換性	0.444	0.444	0.111
保守	0.571	0.286	0.143
省電力	0.284	0.316	0.400
サイズ	0.277	0.354	0.369

じものを選んだ。表4に技官Aが自己の経験と知識に基づいて評価項目から代替案をAHP評価した結果を示す。ただし、省電力およびサイズはカタログ値に基づいて重要度を求めた。また学生Aの評価項目からの代替案のAHP評価は、技官Aのアドバイスを受けながら技官AのAHP評価と矛盾を生じないように学生Aが行った。

両者の交渉は、技官A側が「保守」、「印字品質」、「互換性」、学生A側が「使いやすさ」、「綺麗さ」、「OSに非依存」に論点が集まった。そして保守作業の分担について協議し、学生Aが保守作業の分担に理解を示し、技官Aが保守重視の方針を変更した。またPrinter-Bの操作が面倒であることと、Printer-Aのフォントの

表5 技官Bおよび学生Bに提示される重要度

Table 5 Weights shown to student B and technical officer B.

評価項目	合意前		合意後	
	技官B	学生B	技官B	学生B
印字速度	0.177	0.185	0.179	0.161
印字品質	0.187	<b>0.388</b>	<b>0.272</b>	<b>0.362</b>
互換性	<b>0.292</b>	0.241	0.233	0.276
補助機能	0.030	0.052	0.030	0.038
保守	0.181	0.034	0.153	0.076
省電力	0.037	0.068	0.052	0.059
サイズと重量	<b>0.092</b>	<b>0.028</b>	<b>0.078</b>	<b>0.025</b>
代替案重要度				
Printer-A	<b>0.426</b>	0.396	<b>0.412</b>	<b>0.417</b>
Printer-B	0.378	<b>0.415</b>	0.394	0.407
Printer-C	0.194	0.187	0.193	0.174

数が多い点を中心に技官Aが学生Aを説得した結果、合意が得られた。すなわち、この例では保守作業の分担が合意のキーポイントとなった。合意形成の所要時間は35分であった。ここで合意状態とは、代替案候補の評価点の順位が当事者間で一致した場合とした。

#### 4.3 実験結果（グループ2）

グループ2が実施した共通の評価構造を得るためのKJ法的作業は、17個の評価項目の抽出に12分、グルーピングによる7つの島分けに5分、ラベル付けに15分、計32分を要した。今回は被験者が2人ともD-ABDUCTORの操作を知らないため、実験者が入力操作を代行した。結果として7つのラベル（印字速度、印字品質、互換性、補助機能、省電力、サイズと重量）を同一レベルに持つAHP評価構造を作成した。

表5に技官Bおよび学生Bの合意形成前後における重要度を示す。表中の各欄で最も大きい重要度はゴシック体で表した。ここで評価項目から見た代替案の重要度は、両者で一対比較値を合議して求めた。表5からは、合意形成前は、技官BはPrinter-Aを、また学生BはPrinter-Bを第一候補として選んでいる。交渉段階では、印字品質、保守、サイズおよび省電力に論点が集まり、学生Bが技官Bに説得されて、保守をより重視した分、印字品質と印字速度を軽視した結果、学生BのPrinter-BとPrinter-Aの順位が逆転し、合意に達した。このパターンはグループ1と同一であった。また合意形成の所要時間は、32分で合意判断回数は3回であった。

#### 4.4 アンケートおよびインタビューの結果

表6にアンケート結果を示す。また以下に各被験者のコメントを示す。

##### ● グループ1のコメント

自分自身専用の評価構造を用いている意識からか、

表6 アンケート結果（5段階評価）

Table 6 Results of a questionnaire.

	グループ1 (異なる評価構造) 学生A 技官A		グループ2 (共通の評価構造) 学生B 技官B	
	相互理解は得られたか	5	5	5
合意結果の満足度	5	5	4	4
交渉段階の満足度	4	4	3	3

表7 両実験の比較

Table 7 Comparison of both experiments.

	グループ1 異なる評価構造	グループ2 共通の評価構造
	所要時間(分)	35
合意判断回数(回)	4	3
論点(個)	10 (2.5)	9 (3.0)
発話回数(回)	60 (15.0)	53 (17.7)
学生発話回数(回)	31	29
技官発話回数(回)	29	24
話者交替回数(回)	49 (12.3)	40 (13.3)

お互いの立場を尊重しつつ、自分自身の立場で合意形成に望めた。また、お互いの言葉で評価構造を表現できるのは分かりやすい。合意形成作業では、双方の評価項目どうしの関連を考えながら交渉を進められたので、お互いの知識でよく分かり合えたと思う。一方、共通の評価構造を用いる場合、KJ法の手続きは協調的な意見集約型であるために、意見の相違の認識や、本音としてある程度持つべき対立意識が薄れてしまいがちである。

##### ● グループ2のコメント

共通の評価構造では、自分(技官B)にとってどうでもよい評価項目(今回の例では補助機能)が増えてしまった。別々の評価構造を利用できれば、自分に忠実に必要な評価項目のみで判断できる。しかし、KJ法的手続きを踏んだことで、評価項目の意味する内容を事前に共通の認識として持つことができたと思う。

#### 4.5 考察

両実験結果の比較を表7に示す。ここで、論点とは、説得あるいは妥協の焦点となった評価項目のことである。また話者交替回数は、話しかけて答えれば1回、それにまた答えれば2回と話し手が変わる回数とした<sup>14)</sup>。ただし、論点が変わった場合はカウントをし直した。話者交替回数が多いほど、システムを利用しながらお互いのコミュニケーションを密にとっていることの指標として解釈できる。なお、()内の数字は、合意判断1回あたりの平均を表す。

表7からは、グループ1とグループ2の間に大き

表8 両実験における発話の種類比較  
Table 8 Comparison of an utterance kind.

	グループ1 異なる評価構造	グループ2 共通の評価構造
質問(個)	9	7
回答(個)	9	7
説得(個)	14	17
妥協(個)	9	13
追認(個)	19	9
合計(個)	60	53

な差が見られないことから、定量的にはほぼ同等のコミュニケーション量に基づいて合意形成が行われたと判断できる。また、2人の技官は初めてシステムを使用したにもかかわらず、操作方法が分からないために交渉プロセスにおいて思考が中断されてしまうなどといった悪影響は生じなかった。

次に発話内容の質について分析した。ビデオ記録から発話履歴を分析する方法<sup>15)</sup>を参考に2つの対照実験における発話内容の構造化を行った。ここでは、発話内容を質問、回答、説得、妥協、追認の5種類に分類した。合意形成プロセスにおける交渉密度を調べる場合、説得あるいは妥協の発話が重要であり、発話全体におけるそれらの割合が高ければ、内容の濃い交渉が行われたものと推定できる。なお、質問に対する回答に引き続いて相手が同調して発した場合、あるいはおうむ返的に発した場合の発話を追認とした。

表8にそれぞれのグループにおける発話の種類について分析した結果を示す。表8において、グループ1の方が質問が若干多いのは、お互いの評価項目の関連を再確認するためのものであった。またグループ2の方が合計発話数において7個少ないにもかかわらず、説得と妥協の発話数は、グループ1の23個に比べて30個と多いことが分かる。これより、合計発話数における説得と妥協の発話数の割合を求めると、グループ1の0.383(= (14+9)/60)に比べてグループ2は0.566(= (17+13)/53)となり、グループ2の方が密度の濃い交渉を行っているものと推察できる。この理由としては、グループ2ではKJ法的に共通の評価構造を作りあげたため、グループ1に比べて事前に共通認識が形成された効果と考えられる。ただし、被験者ペアの発話スタイルによる影響も考えられるので今回のデータから断言することはできない。

また、グループ2では、評価項目間のトレードオフを意識した交渉が全般に行われていることが分かった。これは、お互いが評価構造に対して共通の認識を持ち、かつ評価項目間の独立性を無意識のうちに前提として合意形成に望んでいるためと推察される。

一方、グループ1では、関連度表のイメージがそのまま発話内容全般にわたって影響していることが分かった。また説得あるいは妥協の活動の際に、お互いの評価項目の関連付けに関して再度質問して確認し直す発言、あるいはグループ2の約2倍の追認をともなっている。これはお互いの立場が異なることをふまえて、共通認識の再確認をあわせて行ったためと思われる。被験者からのコメントも考え合わせると、今回の対照実験からは、評価構造の形態の違いによる共通認識の形成への差異が、合意形成段階における発話内容、ひいては交渉活動に影響を与えていることが分かった。

また共通の評価構造を利用する場合は、共通認識が得られやすい反面、それぞれの立場が異なる者にとっては不要な評価項目が混ざって評価構造が冗長になる可能性があることが分かった。一方、異なる評価構造を利用する場合は、事前に十分な共通認識を得るための工夫が必要であるが、自分自身の立場に主体性を置いて評価構造をとらえ、合意形成に望むことができる利点があると考えられる。

さらに相互理解のもとで合意を得るという目的については、表6の結果から相互理解度および合意結果に対する満足度に関して十分な評価が得られている。しかし、合意形成プロセスに対する満足度については、若干の差が見られ、グループ1では2人とも「やや満足」、グループ2では2人とも「普通」となっている。これはグループ2では、事前にKJ法的に評価構造を作成して共通認識が得られた段階を経てから交渉に入っているが、グループ1では、共通認識の形成が交渉の段階に入っても含まれたために相対的に満足度が高くなったものと考えられる。

以上の考察から、いずれのグループが用いた方法も分散協調作業としての代替案の評価あるいは選択の場面における合意形成の支援に役立つものと考えられる。各方法の使い分けについては、本質的に立場や専門知識が異なる参加者(たとえば今回の実験のように快適に使用したい学生と保守義務がある技官、あるいは製品を使う立場のユーザと製品を製作する立場の開発者のように定性的な評価項目を持つ参加者と定量的な評価項目を持つ参加者)の間で共通の評価構造を利用することに抵抗感が強い場合に、本論文の提案方法が有効と考えられる。一方、立場や専門知識が類似した参加者(たとえばユーザ同士あるいは開発者同士)の場合は、参考文献5)の方法が有効と考えられる。

なお、いずれの方法も事前に共通認識を得るための労力を必要とする。また評価構造の形態にかかわらず、



合意形成のためには、各自の立場の主体性を重要度ベクトルに反映させなければならない。しかしながら、共通の評価構造を用いた場合は、グループ2の実験において共通の評価構造に冗長な部分が生じたように評価項目数が増えるほか、実験後のグループ1のコメントに見られるように自分自身の立場の主体性の意識が薄らぐ傾向がある。このことが合意形成作業に与える影響として、一対比較判断の負担増加、妥協のための一対比較の変更候補の選択肢増加あるいはお互いの認識の相違点の把握力低下などが考えられる。この結果、各個人が持つ異なる評価構造を用いる場合に比べ、個人の主体性を重要度ベクトルに希望どおりに反映させる操作が煩雑になり、また心理的満足度の低下にもつながると予想される。したがって、各自の立場の主体性をより積極的に合意形成の場に反映させようとするならば、各個人が持つ異なる評価構造を用いた方が好ましいと考えられる。

#### 4.6 関連研究

従来の類似システム<sup>5),16)</sup>は、グループで共通の評価構造を用いて代替案選択を支援する。また伊藤ら<sup>4)</sup>のシステムでは、評価構造を全員が参照可能な共通部分と他者からは参照できない個人部分から構成する。これらに対してGN-IIでは、相互関連は必要とするがまったく異なる2つの評価構造の利用を可能とする点が大きく異なる。これは、立場や専門が違えば人それぞれ代替案の評価構造も一般に異なるので、個人が作成した評価構造を用いて評価を行うことが本来自然な形であり、また必ずしも共通の評価構造を適切に作成することができない場合があるとの考え方に基づいている。この意味で、本論文で提案した関連度行列による重要度ベクトルの相互変換方法は、個人の評価構造を用いて合意形成を支援するための1つの新しい試みといえる。

またグループ意思決定支援に関して、従来からグループの対話プロセスに着眼したコミュニケーション支援環境の構成あるいは意思決定プロセスの支援方式に関する研究<sup>17)</sup>が行われているが、参加者の要求を会話内容に基づく定性的な情報として扱ったものが多い。本論文での提案方法は、参加者の要求を重要度ベクトルという定量的な情報として表現し、合意形成の支援に利用した点が異なる。

さらに視点情報の共有という観点からは、角ら<sup>18)</sup>の研究は、各参加者の発言履歴から複数のキーワードを重要度付きで自動抽出し、この重要度に基づいてキーワードを2次元空間上に自動配置することで各参加者の視点共有を実現する。一方GN-IIは、AHPの評価

構造によって表現される重要度を視点情報として可視化および共有化しており、視点情報の定量化および可視化の手法が異なる。協同発想支援を目的とする前者の研究は、代替案選択支援を目的とする本研究において、評価構造の作成支援への適用が考えられる。

#### 4.7 問題点に関する考察

提案した方法では、参加者間で1つの関連度行列を協調的に作成し、この逆変換行列を併用することで、お互いの要求の重要度を双方向に変換する。この場合、共通の評価構造を用いる場合に比べ、関連度行列の作成が必要であり、関連度の設定に主観的判断の個人差をとともなううえに、関連度を与える箇所が増えるにつれて関連度の調整手続きが煩雑となる。

上述の1つの改善方法として、AHPの発展形であるANP (Analytic Network Process)<sup>19)</sup>の利用が考えられる。それぞれの参加者は、AHP重要度を用いて関連度を与えた個別の関連度行列を作成できることになるが、たとえば関連度の相互調整による合意形成支援への適用可能性などの課題についてさらに検討を重ねる必要がある。

## 5. おわりに

グループを対象とした従来の代替案選択支援システムは、グループで作成した共通の評価構造を用いて代替案の選択を支援する。そのため、グループメンバの立場あるいは知識が異なる場合、共通の評価構造を用いることの適合性が問題となる場合がある。そこで本論文では、分散協調作業としての代替案選択問題において、共通の評価構造を作成せず、各自で異なる評価構造を用いた場合の合意形成支援方法を提案した。また提案方法を実装したシステムGN-IIを用いて異なる評価構造の場合と従来の共通の評価構造の場合との比較実験を同一の例題で行った。その結果、評価構造が異なる場合でも視点情報の共有が実現でき、お互いの意見の相違点を各自の価値判断基準のうえで把握しながら相互理解に基づく合意形成支援が可能であることを示した。実現したシステムの機能は、合意への収束を図るうえで重要となる参加者間の交渉プロセスを支援する分散協調インタフェースとしての役割を持つものと期待できる。具体的には、次のような場面へ適用が考えられる。

- ユーザのニーズと開発者のシーズの意見調整。
- ユーザの「魅力的」要求項目と開発者の「技術的/必然的」要求項目の重要度に関するバランス調整。

今後の課題として、評価実験の追加によるシステム評価の定量的分析の充実および関連度行列の作成方法

の改良を検討する必要がある。また、1つのグループ内のメンバが複数人の場合における合意形成支援への拡張、さらにユーザ参画型の分散協調設計支援システムとしての適用可能性の検討などがあげられる。

謝辞 評価実験にご協力いただいた北陸先端科学技術大学院大学の情報科学センター職員および情報科学研究科國藤研究室の大学院生の皆さんに感謝します。また、有益なご助言をいただいた査読者の方々に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 清水良明：社会的合意形成支援のためのグループ意思決定手順の提案，化学工学論文集，Vol.22，No.5，pp.1147-1156 (1996)。
- 2) 山田善靖，杉山 学，八巻直一：合意形成モデルを用いたグループ AHP，日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌，Vol.40，No.2，pp.236-243 (1997)。
- 3) 齋藤正武，辻 正重：グループ協調支援方法の一考察—AHP を用いて，経営情報学会秋季全国研究発表大会論文集，pp.178-181 (1997)。
- 4) 伊藤孝行，新谷虎松：グループ代替案選択支援システムにおけるエージェント間の説得機構について，電子情報通信学会論文誌，Vol.J80-D-II，No.10，pp.2780-2789 (1997)。
- 5) 加藤直孝，中條雅庸，國藤 進：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，情報処理学会論文誌，Vol.38，No.12，pp.2629-2639 (1997)。
- 6) Warfield, J.N.: Developing Interconnection Matrices in Structural Modeling, *IEEE Trans. of SMC*, Vol.SMC-4, No.1, pp.81-87 (1974)。
- 7) 川喜田二郎：KJ 法，中央公論社 (1986)。
- 8) Saaty, T.L.: *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill (1980)。
- 9) 大森 晃：ソフトウェア品質展開の枠組み設計法，情報処理学会論文誌，Vol.33，No.12，pp.1598-1606 (1992)。
- 10) 赤尾洋二：品質展開入門，日科技連出版社 (1990)。
- 11) 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)。
- 12) 岡本良夫：逆問題とその解き方，オーム社 (1992)。
- 13) 三末和男，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)。
- 14) 海保博之，原田悦子（編）：プロトコル分析入門，新曜社 (1993)。
- 15) 三浦信幸，海谷治彦，佐伯元司：仕様書作成会議の発話履歴を用いて仕様書を作成する方法，電子情報通信学会技術研究報告，KBSE93-41，Vol.93，No.408，pp.9-16 (1994)。
- 16) 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，創造性研究「異文化・異分野の結合と創造性」，日本創造学会（編）10，共立出版，pp.111-131 (1994)。
- 17) 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)。
- 18) 角 康之，西本一志，間瀬健二：協同発想と情報共有を促進する対話支援環境における情報の個人化，電子情報通信学会論文誌，Vol.J80-D-I，No.7，pp.542-550 (1997)。
- 19) Saaty, T.L.: *The Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh, USA (1996).  
(平成 10 年 3 月 4 日受付)  
(平成 10 年 9 月 7 日採録)



加藤 直孝 (正会員)

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。以来，CAD/CAM，コンピュータネットワーク，グループ意思決定支援システムの研究開発に従事。1998 年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修了。博士（情報科学）。人工知能学会，計測自動制御学会，日本 OR 学会各会員。



國藤 進 (正会員)

1947 年生。1974 年東京工業大学大学院理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。1998 年より知識科学研究科教授。情報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。