

Title	合意形成プロセスにおける参加者の視点情報の共有に基づくグループ意思決定支援システムの研究
Author(s)	加藤, 直孝
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/857
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 情報科学研究科, 博士

博 士 論 文

合意形成プロセスにおける参加者の視点情報の 共有に基づくグループ意思決定支援システムの研究

指導教官 國藤 進 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報処理学専攻

加藤 直孝

1998 年 1 月 16 日提出

1998 年 3 月 25 日授与

要 旨

本論文は、合意形成プロセスにおける参加者の視点情報の共有に基づくグループ意思決定支援システムの開発に関する研究をまとめたものである。

意思決定は高度な知的判断を必要とし、個人レベルからグループあるいは組織のレベルまで日常的に我々が直面する思考活動である。とくにグループにおける意思決定は、個人の意思決定に比べはるかに複雑である。たとえば、参加者の知識や立場などの違いにより価値判断がそれぞれ異なる場合、参加者間の共通認識や相互理解を得ることは容易ではない。また理解が得られたとしても意見が対立した場合の相互調整をどのように協調的に進め、合意形成を図るかなどの課題も多い。

本研究では、グループ意思決定問題に対する参加者それぞれの価値判断に基づく主観的な評価を視点と定義する。この参加者の視点を構造化し、AHP (Analytic Hierarchy Process) を用いて定量的な視点情報として外在化することにより、参加者全員の視点情報をネットワークに接続された計算機上で共有可能とする。開発したグループ意思決定支援システムは、代替案選択型の意思決定問題を支援対象としたグループウェアである。本システムは、参加者の視点情報を共有することで自己の視点の客観視に加え、他の参加者との視点の違いを明確に把握することを可能とした。また参加者間の相互理解が深められることを評価実験により示した。

さらに感度分析を利用したトレードオフ分析に基づく合意形成支援方法を提案した。お互いの視点情報の相違から抽出したコンフリクト部分に対し、本提案方法にしたがって妥協点を探索しながら説得あるいは妥協のプロセスを繰り返すことで合意形成支援の効果が高められることを評価実験により示した。併せて合意形成プロセスにおける参加者の経時的な挙動についても分析した。

上述のシステムは、参加者間で共通の評価構造を持つことを前提とする。そこで適用範囲をさらに拡張し、ユーザと保守あるいはユーザと開発者といった知識や立場の違いにより、それぞれの評価構造がまったく異なる参加者間の合意形成支援方法を提案した。本方法は、まず参加者の双方が独自に作成した評価構造に基づき、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構成する。つぎにこの関連度行列を用いてお互いの要求を双方向変換することにより、視点情報の共有を実現する。本方法を実装したシステムの評価実験により、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。

目次

1	序論	1
1.1	本研究の目的と意義	1
1.2	論文の構成	2
2	グループ意思決定における合意形成支援	4
2.1	合意形成の定義	4
2.2	合意形成支援の要件	5
2.3	提案方法の特徴	7
2.4	関連研究	11
2.4.1	意思決定過程の研究	11
2.4.2	システム構築技術	12
2.4.3	グループ意思決定支援システム	13
2.4.4	発想支援システムとの関連	15
2.5	本研究の位置付け	17
2.6	開発システムの適用対象	18
2.7	本研究の新規性および貢献	18
3	視点情報を共有するグループ意思決定支援システム	20
3.1	はじめに	20
3.2	グループ意思決定支援の手順	21
3.2.1	評価構造の作成支援	22
3.2.2	代替案評価支援	23
3.2.3	参加者間の合意形成支援	25

3.3	システムの機能	26
3.3.1	視点情報の外在化機能	27
3.3.2	一対比較支援機能	29
3.3.3	視点情報の共有機能	32
3.3.4	コンフリクトの抽出機能	32
3.4	利用例	33
3.5	システムの評価実験	35
3.5.1	実験手順	36
3.5.2	実験結果	37
3.6	システムの新規性および関連研究	42
3.7	おわりに	43
4	感度分析を利用した合意形成支援法	44
4.1	はじめに	44
4.2	合意形成支援における重要度ベクトルの利用	44
4.3	グループの重要度の算出方法	45
4.4	従来の感度分析方法	46
4.5	重要度の感度係数を利用したトレード オフ分析	47
4.5.1	基本方針	47
4.5.2	トレード オフ分析方法	48
4.5.3	合意形成支援の手順	51
4.5.4	合意形成の判断支援	53
4.5.5	合意形成プロセスの履歴蓄積	54
4.6	例 題	54
4.7	特 徴	58
4.8	システムへの実装	60
4.9	評価実験 1 自己主観評価の修正	62
4.9.1	実験方法	62
4.9.2	実験結果	65
4.9.3	考察	66
4.10	評価実験 2 合意形成支援への適用	69

4.10.1	実験方法	69
4.10.2	実験結果	69
4.10.3	考察	70
4.11	意思決定状況の違いにおける視点情報の移り変わりに関する考察	73
4.11.1	実験方法	73
4.11.2	実験結果	73
4.11.3	考察	74
4.12	システムの新規性	75
4.13	おわりに	76
5	異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援法とその実装	77
5.1	はじめに	77
5.2	評価構造作成の課題	77
5.3	提案方法の概要	79
5.3.1	基本概念	79
5.3.2	関連度行列に基づく要求ベクトルの双方向変換	79
5.3.3	自己要求から相手側が解釈可能な要求への順変換	81
5.3.4	相手側要求から自己解釈可能な要求への逆変換	83
5.3.5	要求重要度および関連度の決定に関する考察	84
5.4	システムへの実装	86
5.4.1	要求獲得モジュール	86
5.4.2	要求分析モジュール	87
5.5	実験準備	89
5.5.1	例題	89
5.5.2	関連度のチューニング	90
5.5.3	双方向変換の妥当性の比較検討	91
5.5.4	重要度変更のコントロール性能	96
5.5.5	実行例	97
5.5.6	考察	102
5.6	評価実験	102
5.6.1	実験手順	103

5.6.2	実験結果（グループ 1）	104
5.6.3	実験結果（グループ 2）	106
5.6.4	アンケートおよびインタビューの結果	108
5.6.5	考 察	110
5.7	A N P を応用した関連度行列の相互評価に基づく重要度決定に関する考察	113
5.7.1	関連度行列の相互評価と A N P	114
5.7.2	例題	115
5.7.3	考察	118
5.8	協調設計支援への応用に関する考察	122
5.9	おわりに	123
6	結 論	125
6.1	本研究の成果	125
6.2	今後の課題	126
	謝辞	128
	A AHP の概要	130
	B Harker 法	133
	C 重要度の感度係数の算出法	135
	本研究に関する発表論文	148

目 次

1.1	本論文の構成	3
2.1	視点情報の共有	9
3.1	グループ意思決定支援の手順	21
3.2	GN - I の構成	26
3.3	視点情報の表示構成	28
3.4	視点情報の表示例	29
3.5	部分視点情報の表示例	30
3.6	一対比較の入力例	30
3.7	一対比較の矛盾修正例	31
3.8	視点情報の重要度ベクトル表示例	31
3.9	視点情報の共有表示例	32
3.10	D-ABDUCTOR による評価構造の作成例	34
3.11	視点情報の算出例	35
3.12	住みやすさに関する視点情報	38
3.13	生命に関する視点情報	38
3.14	安定性に関する視点情報	38
3.15	発展性に関する視点情報	39
3.16	代替案を直接評価する評価項目レベルの視点情報	39
3.17	合意形成プロセスにおける代替案重要度の変遷	40
4.1	評価構造における感度係数の算出	49
4.2	トレードオフ分析による重要度変更操作の概念	50
4.3	合意形成支援の手順	52

4.4	自己の評価項目間の重要度に対する要求入力	62
4.5	自己の評価項目間重要度への要求に基づく一対比較修正候補の一覧	62
4.6	自己の代替案重要度に対する要求入力	63
4.7	自己の代替案重要度への要求に基づく一対比較修正候補の一覧	63
4.8	合意形成の確認画面	64
4.9	非合意度および妥協度の変遷	64
4.10	各判断状況下における主観評価結果	74
5.1	基本構想の概念図	80
5.2	QDA の基本概念	82
5.3	GN - II の機能構成	87
5.4	関連度の調整画面	92
5.5	ユーザの表示画面	97
5.6	ユーザの初期状態	98
5.7	保守側の初期状態	99
5.8	ユーザの妥協許容度の入力	99
5.9	ユーザの一対比較変更候補表示	100
5.10	ユーザの一対比較変更	100
5.11	ユーザの合意状態	101
5.12	保守側の合意状態	101
5.13	KJ 図解	107

表 目 次

2.1	合意形成支援の要件と本研究における提案方法の対応	8
2.2	類似システムとの対比表	15
3.1	実験の結果	37
3.2	部分交渉の経緯	41
3.3	評価アンケートの集計結果 (表中の数字は人数)	41
4.1	レベル 1 ($k=0$) の重要度	56
4.2	レベル 2 生命 ($k=1$) の重要度	56
4.3	レベル 2 安定性 ($k=2$) の重要度	56
4.4	レベル 2 発展性 ($k=3$) の重要度	56
4.5	レベル 2 生きがい ($k=4$) の重要度	56
4.6	レベル 3 の代替案重要度	57
4.7	参加者 x のレベル 1 の感度係数	57
4.8	相手 y の要求に対するレベル 1 における感度	59
4.9	実験結果 (1)	65
4.10	実験結果 (2)	66
4.11	実験の結果	69
4.12	評価アンケートの集計結果 (表中の数字は人数)	70
4.13	各グループの収束度の比較	71
5.1	逆変換行列の種類	85
5.2	プリンタ選定の関連度表の例	89
5.3	ユーザ側の要求重要度	90
5.4	保守側の要求重要度	91

5.5 ユーザが保守側に 100 % 妥協した場合の要求重要度ベクトル v と v' の比較 .	93
5.6 保守側における代替案評価値	93
5.7 代替案の重要度	94
5.8 保守側がユーザに 100 % 妥協した場合の要求重要度ベクトル u と u' の比較	94
5.9 一対比較の変更回数	96
5.10 関連度表	104
5.11 学生 user-A 側に提示される重要度	105
5.12 技官 operator-A 側に提示される重要度	105
5.13 交渉の内容	106
5.14 技官 operator-B および学生 user-B に提示される重要度	107
5.15 交渉の内容	108
5.16 アンケート結果 (5 段階評価)	108
5.17 両実験の比較	110
5.18 両実験における発話の種類の比較	111
5.19 グループ 1 の構造化した発話履歴の一部	111
5.20 グループ 2 の構造化した発話履歴の一部	112
5.21 ANP による計算結果	118
5.22 一般逆行列による方法と ANP による方法の比較	122
A.1 一対比較値	130

第 1 章

序論

1.1 本研究の目的と意義

意思決定は高度な知的思考活動である．個人レベルからグループあるいは組織のレベルまで日常的に誰もが直面し，かつその解決を避けて通ることはできない．この意思決定に関する研究は，経営学，認知科学，社会科学，システム科学など多岐に渡る分野にまたがっている．本論文では，グループ意思決定支援システムの構築を目的に情報処理システムとしての見地から必要な諸要件を考察し，新しいグループ意思決定支援方法の提案と実装およびその評価について論じる．

グループあるいは組織レベルにおける意思決定では，グループとしての意見はもちろんであるが，参加者個人の意見も極力反映させながら合意形成のための活動を行うことが望まれる．しかしながら，一般には参加者の知識や立場などの違いにより価値判断がそれぞれ異なることから，参加者間における共通認識の形成や相互理解をどのように得るか，意見が対立した場合に合意形成のための協調的な相互調整をどのように行うか，あるいはどのように合理的に意思決定を行えばグループとして満足が得られるかなどといった重要な課題が存在する．

この課題の解決にグループ意思決定支援システムの研究開発を行う目的と意義がある．したがって，グループ意思決定支援システムに期待される主な要件として，(1) 参加者間の円滑なコミュニケーション，(2) 参加者間の共通認識の形成と相互理解，(3) 説得あるいは妥協に基づく協調的かつ収束的な合意形成プロセス，(4) 合意形成プロセスに対する満足度の向上などがあげられる．

本論文では、これらの要件を満たすためには、意思決定問題に対する参加者の主観的価値判断の可視化および共有化が必須であると考えている。そこで、参加者それぞれの価値判断に基づく主観的な評価を「視点」と定義する。この「視点」の用語の解釈には、知覚や概念理解の領域で用いられる空間的あるいは時間的位置を表す視点とは異なり、自己あるいは他者の意思(目的・意図)を表し、それぞれの立場で対象問題を見た場合の見え方としての解釈を用いる[宮崎 85]。たとえば、視点は個人の知識、立場あるいは信念などに依存してそれぞれ異なるであろうし、同じ個人であっても問題に対する状況把握や認知のレベルによって移り変わるものと考えられる。さらに経時的に変遷していく性質をもつ。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明確に把握することが合意形成支援のための基本的要件であるとする。

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ものとする。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り、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得ないというトレードオフ[榎木 81]の分析が有効な手段となる。

以上の方針に基づいて、視点情報を共有するグループ意思決定支援システム GROUP NAVIGATOR for choice(以下 GN)を、適用対象別に2種類開発した。1つは、共通の評価構造¹を持つ参加者間の利用を前提とした GN - I であり、もう1つは、異なる評価構造を持つ参加者間の利用を前提とした GN - II である。

1.2 論文の構成

本論文は6つの章から構成される。図 1.1 に全体の構成図を示す。1章の序論では、本研究の目的と意義を述べる。

2章では、グループ意思決定において極めて重要となる合意形成活動の支援に関して諸要件を考察する。次にこの諸要件に対応させて本研究で提案する方法について述べる。さらに関連研究を概観し、本研究の位置付けを明確にする。

¹以下では、代替案の評価を目的として代替案の評価項目を階層的に構造化したものを評価構造と呼ぶ。また代替案を評価する基準となる項目を評価項目と呼ぶ。

3 章では，2 章での提案を実現する方法および基本システムとして開発した GN - I の機能と評価について述べる．

4 章では，GN - I において，個人の価値判断の相違から参加者間に生じるコンフリクトの解消を目的とした合意形成支援方法を提案する．本方法は，感度分析を利用したトレードオフ分析に基づいている．本方法を GN - I 上に実装，統合したシステムの機能について述べ，評価実験に基づいて有用性を考察する．

上述の合意形成支援方法は，参加者間で意思決定のための共通の評価構造を持つことを前提とする．しかし，参加者の立場や価値判断基準がそもそも異なる場合は，あえて共通の評価構造を作成せず，それぞれが本来もつ評価構造を用いるべきと考えるのが自然である．そこで 5 章では，3 章と 4 章の枠組をさらに拡張し，ユーザと保守要員あるいは開発者といった知識や立場の違いから異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援方法について提案する．本方法の特徴は，双方がそれぞれ独自に作成した相異なる評価構造に基づき，それぞれの要求を関連度行列を用いて双方向変換することで視点の共有を実現し，合意形成を支援する．また本方法を実装した GN - II の機能を説明し，評価実験により有用性を示す．6 章では，結論として，本研究の貢献と今後の研究課題についてまとめる．

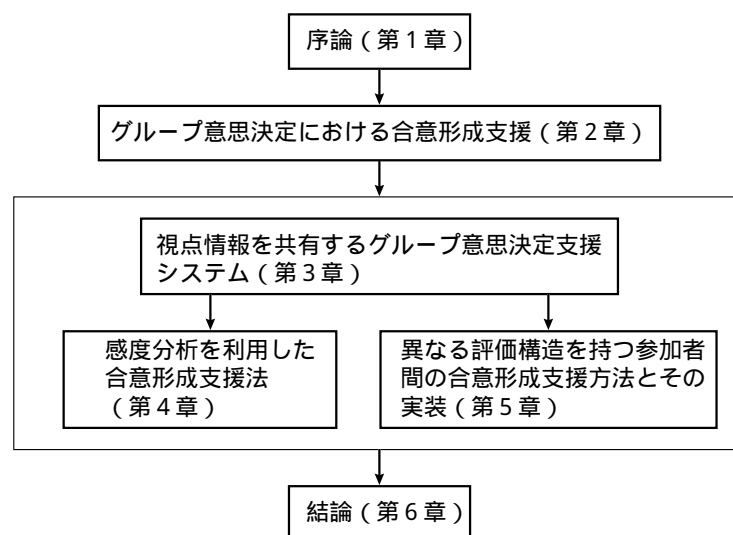


図 1.1: 本論文の構成

第 2 章

グループ意思決定における合意形成支援

本章では，序論で概観した本研究の方法論とその位置づけを明らかにする．

2.1 合意形成の定義

合意形成の定義に確固たるものはないが「個人あるいは組織が，特定の事象に対する意思決定またはその実行にあたり，参加者間に発生する問題解決のため，関係個人や組織との間で対話・交渉などの形で行われる合意を目指す活動のすべて」と定義される [日本オペ 96] ．

合意形成の活動は，この合意の状態に到達するための交渉，折衝，協議，説得などの行為である．これらの行為の結果，同意，妥協，納得などが得られれば合意形成に近づくことになる．このまったく反対の状況が決裂である．どのような結末を迎えるにしろ，合意形成プロセスは，問題が提起され，参加者がその問題を認識した段階からすでに始まっているものと考えられている．

したがってグループ意思決定では，合意形成プロセスをいかに合理的に支援するかが重要なテーマとなる．グループ意思決定支援に関する研究の意義はここにあり，個人や組織が意思決定を行う際の協調的あるいは対立的という状況のもとで，合意に基づく問題解決を図ろうとする思考活動全体を効果的に支援することを目的とする．

2.2 合意形成支援の要件

以下にグループ意思決定支援システムの実現に向けた合意形成支援の要件について述べる．

1. 合理的な意思決定モデル

「人間はどのように意思決定すべきか」という意思決定の手順について規範を与える伝統的な規範的意思決定モデル [小橋 88][印南 97] がある．このモデルでは，意思決定の手順を以下のように定めている．(1) 意思決定問題の定義，(2) 評価項目の発見，(3) 評価項目間の重み付け，(4) 代替案候補の生成，(5) 評価項目に基づいた代替案の評価，(6) 代替案の総合評価，(7) 最適代替案の選択

したがって規範的意思決定論そのものを忠実に実行することは人間の情報処理能力の限界から不可能であるが，可能な限り準拠することで合理的な意思決定に近づくものと考えられている．

2. 参加者間のコミュニケーション

個人における意思決定とグループにおける意思決定の本質的な違いはコミュニケーションの必要性の有無である．グループの合意を得るためには各参加者の考えや判断をまとめるためのコミュニケーションが必須となる．しかし言語ベースの漫然とした討論によるコミュニケーションでは誤解や解釈の違いが生じることがあり能率が悪い．そこで，各参加者の思考あるいは価値判断の基準を構造化して明示することにより，参加者間のコミュニケーションを円滑に進める必要がある [戸田 94] ．

3. 発散的思考と収束的思考

意思決定プロセスは，大局的に捉えれば収束的思考活動と考えられる．しかしながら，意思決定問題の解決では初期のプロセスにおいて，問題発見と同時に周辺の関連要素もできる限り洗い出し，それらの関係も把握しておくことが重要である．とくに意思決定問題の場合は，問題自体に誤認を含んだまま合意形成プロセスを進行させることは避けなければならない．また複雑な問題の場合，局所的な視野での意思決定も避けなければならない．このような場合に，意思決定問題の要因の洗い出しを行う作業に創造的問題解決モデル [國藤 94a] の発散的思考を用いることは問題状況を的確に把握するうえで有効であると考えられる．

4. 価値判断のトレードオフ分析

合意形成プロセスにおいて意見の対立（コンフリクト）[岡田 88] が生じることは一般的に知られている．このような場合，合意への努力を試みるにはコンフリクトの解消を図る必要がある．そのためには，ある価値を優先するために他の価値を犠牲にせざるを得ないという価値判断のトレードオフ（二律背反）[榎木 81] の分析が有効な手段と考えられる．同様に個人の場合にも自己の価値判断にコンフリクトが生じた時にトレードオフ分析が有効と考えられる．

5. 多角的な分析

意思決定は，選好（好ましさ），予測あるいは因果関係などの判断に基づいて行われる．また意思決定の戦略や制約などの条件によっても左右される．したがって様々なシナリオあるいは状況設定から多角的な分析が行えなければならない．

6. 合意結果を正当化する理由付け

前述の規範的意思決定モデルに沿うにしろ，ヒューリスティックスを用いるにしろ，意思決定においては選択結果を正当化する理由付けが必要となる [小橋 88]．とくにグループ意思決定においては，合意形成を目的とした交渉，説得などのプロセスが必須となる．その場合に，他の参加者を説得するための根拠，あるいは自らが妥協する場合の納得できる説明付けが必要になる．

7. 合意形成プロセスの重視

意思決定の過程は一つの入出力系として考えることができる．問題が提起され，参加者の選好や価値判断に基づくデータを入力として，合意あるいは決裂などの結果が得られる．合意形成プロセスの活動は，この入力に基づいて出力である合意結果が得られるまでの処理系と考えることができる．したがって合意形成プロセスの在り方が意思決定結果に大きく影響する．ここで重要なことは，合意形成プロセスにおける参加者の判断を対話的に支援する手順志向型の方法を備えることである．

8. 合意結果に対する評価

一般に意思決定の結果に対する評価の属性として，(1) 意思決定に要するスピード，(2) 決定結果に対する参加者の満足度が挙げられる．この他に，(3) 意思決定結果を実行する段階における周囲の受容度あるいは(4) 意思決定の質が用いられる [印南 97]．

これらの属性間には相関あるいはトレードオフの関係は一般に定義できない．むしろ目的に応じて中庸を取るような評価がなされることが多いと思われる．たとえば，当事者間の満足度が高いからといって意思決定の質が良いとか受容度が高いとはいえない．また満足度をある程度押さえてもスピードを優先させる場合も考えられる．

(3) および(4)に関する評価は重要であるが，意思決定結果の実行前と実行後の段階で評価を分けて考えることが適切である．この理由は，意思決定の評価に実行段階まで含めた場合，時機的な要素あるいは実行時の周囲の環境などの不確定な要因が必ず評価に影響を与えるためである．本論文の研究目的であるグループ意思決定における合意形成支援は，グループ意思決定結果の実行前の段階を対象とすることから，先の(1) および(2) の二つの属性について取り扱うことにする．

9. 情報技術の利用

従来のグループ意思決定の代表的例は，会議であり，同じ時間に物理的に同一の場所に集まる必要があった．グループウェアあるいはネットワーク環境を利用することで距離的制約あるいは時間的制約から解放される．また人間の認知能力にも限界がある．必要な情報を収集，選択，入力するなど，意思決定の判断に利用すべき情報すべてを限られた時間で把握することは不可能である．コンピュータ支援システムを活用することにより，合意プロセスにおいて利用される情報を蓄積・共有すると共に多角的な分析を支援することで意思決定判断の効率性が高まるものと期待できる．

2.3 提案方法の特徴

ここでは，2.2 節で述べた合意形成支援の要件に対応させて本研究で提案する合意形成支援方法の特徴について述べる．両者の対応関係を表 2.1 に示す．

1. 規範的意思決定モデル + ヒューリスティックス

現実には，規範的意思決定モデルの手順を実行するうえで必要となる情報すべてが手元にあるとは限らない．また人間の認知能力には限界がある．それが故に実際の意思決定では，決定の判断に直観あるいはヒューリスティックスを利用した決定方略 (Decision Strategy) [印南 97] を用いる場合が多いとされている [市川 96]．したがって，この規範性の限界のもとで，必要に応じて決定方略としてヒューリスティックスを利用することが合理的な意思決定を行うために望ましいと考えられる．

表 2.1: 合意形成支援の要件と本研究における提案方法の対応

合意形成支援の要件	本研究における提案方法
合理的な意思決定モデル	規範的意思決定モデル + ヒューリスティックス
参加者間のコミュニケーション	参加者間における視点情報の共有
発散的思考と収束的思考	KJ 法の利用
価値判断のトレードオフ分析	価値判断の数量化 (AHP の適用) 加算型補償モデルによる決定方略
多角的な分析	視点の変更によるシミュレーション
合意結果を正当化する理由付け	客観的データの利用
合意形成プロセスの重視	合意形成プロセスの明示 合意度 / 妥協度 / ポジションの提示
合意結果に対する評価	合意への収束度および満足度
情報技術の利用	CSCW 環境上の対話型 GDSS として構築

2. 参加者間における視点情報の共有

意思決定の判断は最終的には当事者の主観的価値判断に基づいて行われるという立場をとる。したがって、参加者間のコミュニケーションを円滑にするためには、合意形成を試みるにあたって、各自の主観的価値判断をお互いに明示し合い、共通認識の形成や相互理解を行う段階が必要である。

しかし個人のもつ主観的価値判断は、立場、考え方あるいは信念により異なるうえに、定量的に的確に表現することは容易ではない。そこで本研究では、意思決定問題の要因群が構造化できるという前提のもとで、これらの要因群に対して、意思決定者がそれぞれの立場や価値観に基づいて主観的判断により与える重要度（重み付け）をその意思決定者の価値観を直接反映した「視点情報」と定義する。この視点情報を定量化して計算機上に外在化し、さらに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共通点および相違点を把握することが可能となる。図 2.1 にこの概念図を示す。

さらにお互いの視点の相違を具体的な価値判断の基準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

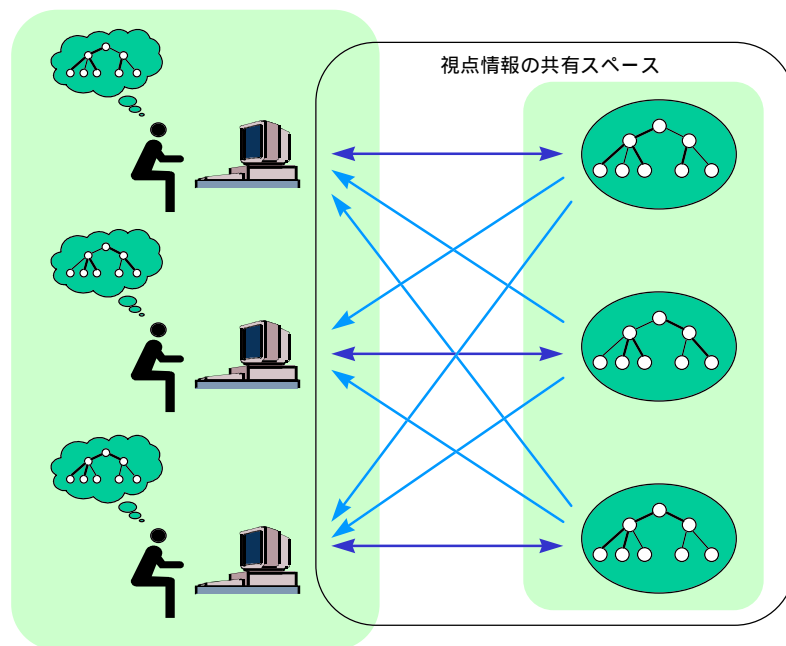


図 2.1: 視点情報の共有

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。

3. KJ 法の利用

本研究では、複雑な意思決定問題における評価項目の設定には、発散的思考と収束思考の両プロセスを合わせ持つ KJ 法 [川喜田 86] の利用が適切であると考ええる。KJ 法は、意思決定の要因の洗い出しを発散的思考によりラベル化し、つぎにそれらの図解化による全体把握から構造化を収束思考により行なう手法である。また意思決定問題に関して認識があいまいな段階からでも適用することができる。

実際のグループ意思決定では、すべての参加者が必ずしも当初から意思決定問題に対して深い認識を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。これらの背景をふまえた場合、同じような構造化手法である ISM [Warfield74] よりも KJ 法を利用した方が適する場合が多いと考える。

また意思決定の要因の洗い出しの段階で、KJ 法を利用することは、各参加者が提示した要因群に対する同義語あるいは類義語の集約、もしくは抽象的な概念用語の具体化や共通解釈などに効果があり、評価構造の洗練化に寄与するものと考えられる。

4. 価値判断の数量化

先に定義した視点の情報を価値判断基準群の重要度ベクトルを用いて定量的に表す。この重要度ベクトル化には AHP [Saaty80] を利用する。AHP の手順はどちらかといえば規範的意思決定モデルに近く、また代替案選択の決定方略として、補償モデルの中の加算型 [市川 96] を利用しているものと解釈できる。これは、各代替案が全ての価値判断基準にわたって検討されていき、各代替案の全体的評価が行われ、その全体評価が最良であったものを選択するルールである。ここで各価値判断基準には異なる重みが置かれることから、ある価値判断基準に対する評価が低くても、他で補償することで全体の評価を高めることが可能なモデルである。

したがって、この加算型補償モデルでは、トレードオフの分析が重要となる。しかし、人間の情報処理能力には限界があるため、すべての価値判断基準群に対してトレードオフの状況を判断することは困難に近い。そこでこの心理的かつ物理的負担を軽減させるため、本研究では、AHP における重要度ベクトルの感度係数を利用して価値判断基準間のトレードオフの分析を支援する。

5. 視点の変更によるシミュレーション

多角的な意思決定の分析を支援するために、視点の変更により代替案の選択がどのように変わるかをシミュレーションし、その結果をグラフにより視覚化する。

6. 客観的データの利用

説得のための根拠あるいは納得のための説明付けを得るためには、客観的データ (統計データあるいはファクトデータ) を利用することにより、信頼性の高い評価が期待できる。具体的には、評価項目間の重み付け、あるいは代替案候補の重み付けに対する客観的データの利用が考えられる。

7. 合意形成プロセスの明示

合意形成プロセスにおける参加者の判断を対話的に支援する手順志向型の方法を備える準備として、次に挙げる情報を合意形成の判断情報として数値化して提示する。

(1) 参加者全員の視点の重要度ベクトル、(2) 相手の代替案の重要度とのベクトル間

距離から算出される非合意度（お互いの歩み寄りの度合）および（3）妥協度（他者に対して妥協した度合）。

ここでは合意形成プロセスにおいて各参加者の（2）と（3）の情報を時間的経緯も含めて明示することで、コンフリクトの状況における参加者の挙動[Easterbrook93][宇井 95]，たとえば説得・妥協の結果，各参加者のポジション（歩み寄り / 対立の関係）がどのように変遷したかを把握できることになる。

8. 合意への収束および満足度

本研究では，合意への収束を早めること，および合意プロセスに対する参加者の満足度を高めることを目的とした．上述した各方法論がそれぞれの役割を果たすことで，この目的達成に有効に機能するであろうと考える．

9. CSCW 上の対話型グループ意思決定支援システム

上述した方法論を CSCW(Computer Supported Cooperative Work)¹環境上において GUI(グラフィカル・ユーザ・インタフェース) をベースとしたグループ意思決定支援アプリケーションとして構築する．

2.4 関連研究

意思決定支援に関する研究は，多岐にわたる分野で行われている．ここでは，まず意思決定支援システムとの関連に着目して意思決定過程ならびにシステム構築技術の二面から関連研究を概観する．つぎに，グループ意思決定支援システムに関する研究動向および発想支援システムとの関連について概観する．

2.4.1 意思決定過程の研究

H. サイモンは意思決定過程を次の 4 つの段階に分けた意思決定過程論を唱えた [Simon79] ．

- 情報活動 (Intelligence Activity)

意思決定が必要となる条件を見きわめるため，環境を探索し，機会を見出す．

- 設計活動 (Design Activity)

可能な行為の代替案を発見，開発し，分析する．

¹ コンピュータを利用したコミュニケーションによるグループ協同作業の支援

- 選択活動 (Choice Activity)
利用可能な行為の代替案から，特定の案を選択する．
- 再検討活動 (Review Activity)
過去の選択の再検討を行う．

この意思決定過程の考え方は，IDC モデルとも呼ばれ，DSS(Decision Support System) 研究の源であるといわれている．歴史的背景から見ると，まず数学的に明確に定義された多属性効用理論 [田村 86] や主観期待効用理論などの規範的な意思決定理論を目指す研究が先行した．続いて人間の現実の意思決定行動に基づいた記述的意思決定論が提唱されている．この理論の根底には，規範的アプローチの限界，すなわち現実世界では前提要求が満たされないことや人間の情報処理能力の限界を考慮し，最適化あるいは効用の最大化ではなく，ある一定の基準を満たせば良いとするいわゆる満足化を追求しようとする認知科学的・心理学的立場がある [Simon69][佐伯 86][Lindsay85]．近年では，この二つの理論を相補的に捉えることで合理的な意思決定が行えるものとする解釈が一般的である [小橋 88][印南 97]．

2.4.2 システム構築技術

いわゆる DSS をどのように構築するかについて要素技術の提案やシステムの開発評価を行う研究が進められている．次の二つのアプローチが進められている [戸田 94]．

- マネジメント科学，オペレーションズ・リサーチあるいはシステムズアプローチの観点に基づく意思決定支援の方法論やシステムの研究開発
主に IDC モデルにおける設計・選択行動を支援し，モデル指向 DSS とも呼ばれる．多属性効用理論を利用したシステム [小橋 88]，ファジィ集合論を基にした多属性効用を利用したシステム [瀬尾 94]，参加型の問題解決における問題認識の明確化を支援するシステム [木俣 92]，計画案作成のための代替案評価支援システム [竹村 93] などがある．
- 情報システムの一形態として DSS を位置付けた研究開発
IDC モデルの主に情報活動を支援し，データ指向 DSS と呼ばれる．経営情報システム [広内 83][辻 94] が代表例である．広い解釈ではデータベース管理システムといった単機能システムまで範疇に含まれることもある．

これらの二つのアプローチは従来それぞれ別々に進められたきたが，最近ではコンピュータのダウンサイジングに代表されるように情報システムの普及が進展してきたことから，両者を統合する傾向も現れ始めている [辻 94] ．

さらに意思決定支援システムの知能化技術に関する研究も近年盛んになっている．知識工学的観点から OR 手法とルール推論の相補的な効果を組み合わせた選択型意思決定支援方法 [寺野 87] の提案，類似した方法を用いた応用システム [加藤 89] の開発，あるいはルールに基づく代替案選択機構 [新谷 92] の実現，エージェント間の合意形成のための説得機構 [Ito97a][伊藤 97c] などがある．

2.4.3 グループ意思決定支援システム

グループ意思決定支援システム (GDSS : Group Decision Support System) の研究は 1980 年代の中盤から盛んに行われている [Gray86] ．

Desanctis と Gallupe は，GDSS の概念フレームワークを研究し，GDSS を支援機能のレベルから 3 つのタイプに分類した [DeSanctis87] ．

1. レベル 1

参加者間のコミュニケーションを容易にするための支援機能を中心とする．例えば，参加者間の電子的情報の交換，投票の集計あるいは結果を表示する大型スクリーンなどである．

2. レベル 2

レベル 1 に加えて，意思決定のプロセスを支援するためのモデリング機能が加わる．

3. レベル 3

レベル 2 に加えて，グループのコミュニケーションをシステムでリードする機能あるいはコンサルティング機能を有する．

これらの分類は，レベルが高くなるほど，グループ意思決定プロセスに対するシステムの介入が深くなり，グループ意思決定プロセスに与える影響も大きくなるものと考えられる．現在，レベル 2 を中心とした研究開発が進められており，今後レベル 3 へと発展するものと思われる．したがって，そこでの課題として，システム構築技術のみならず，利用者とシステムを包含した GDSS の利用方法あるいはグループ意思決定プロセスの在り方などの学際的かつ興味深い研究が今まで以上に重要視されることになる．

一方で、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 1990 年代に入って活発に行われている [石井 94]。近年では、この応用領域の一つに GDSS が位置付けられ、より広い概念でのグループ活動支援システムとして GSS(Group Support System) へと呼ばれるようになってきている [宇井 95]。

この 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 GRAPE[國藤 94b]、コンセンサスに基づくグループ意思決定支援方式の提案 [渡部 89]、エージェント間の説得を利用したグループ意思決定支援システム GCDSS [Ito97b]、異なる観点を反映するグループ意思決定支援システム COMPASS²[中條 96a]、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 GN - I[加藤 97b] および GN - II がある。いずれのシステムあるいは方法も代替案選択型のグループ意思決定を支援対象としている。[渡部 89] は、多目的決定法 MCDM(Multiple Criteria Decision Method) をベースとして不満度最小化方略を用いて代替案を選択する方式を提案している。またそのほかの 5 つのシステムは、いずれも代替案選択機構の実現に AHP を利用したグループウェアである。表 2.2 にこれらのシステムの対比表を示す。

GRAPE、COMPASS、GN - I、GN - II は、それぞれ評価構造の作成に類似度クラスタリングと拡張 ISM、NGT 法、KJ 法を利用している。また評価構造の作成は、GN - I を除いて皆個人が作成し、代替案評価に個人が作成した評価構造を個別に用いる。ただし GRAPE では、個人が作成した評価構造は一つの共通構造としてマ - ジされる。

またシステムにおける評価構造の取り扱い方の違いにもそれぞれ特徴がある。GRAPE、GN - I では、参加者全員が共通の評価構造を用いる。COMPASS では、評価構造の上位を共通とし、下位は各個人に自由度を持たせる。GCDSS では、評価構造を全員が参照する共通部分と他者からは参照できない個人部分の二部構成としている。GN - II では、まったく異なる二つの評価構造を用いる。

グループの重要度算出については、GRAPE では、各参加者の一対比較値の幾何平均に基づいてグループとしての重要度を算出し、代替案評価を行うのに対し、それ以外のシステムでは、個人の重要度のままで個別に代替案評価を行う。COMPASS では、参考情報として全員の重要度の算術平均値を提示するが、個人の代替案評価が優先される。

さらに重要度修正支援および合意形成プロセスにおける交渉支援法については、COM-

²COMPASS: COnsensus-Making Process Assistance System based on Sharing individual viewpoint

PASS , GN - I , GN - II は , 重要度の感度係数を利用したトレードオフ分析支援機能を用いる . 参加者はシステムが提示する候補を自らの判断で選択していくことで合意形成が進められていく .

一方 , [Ito97b] では , 一対比較値の判断に区間を設定し , エージェント [石田 95][西田 95] 間の説得により , エージェントがこの区間を絞り込んでいくことで , ユーザ間の合意形成を支援する機構を実現している . エージェントがユーザの交渉を代行することでユーザの負担を軽減できる反面 , エ - ジェントの信頼性の高さが要求される .

表 2.2: 類似システムとの対比表

	GRAPE	GCDSS	COMPASS	GN - I	GN - II
評価構造	類似度クラスタリング				
作成方法	拡張 I S M		NGT 法	K J 法	K J 法
作成主体	個人	個人	個人	全員	個人
対応可能な 評価構造形態	共通構造	共通 / 個人 の二部構成	上位共通 下位個別	共通構造	異なる二つの 評価構造
一対比較値 の区間判断	無し	有り	無し	無し	無し
グル - プの 重要度算出	幾何平均	個別のまま	算術平均	個別のまま	個別のまま
重要度修正 支援法	手操作	エ - ジェント が支援	感度分析	感度分析	感度分析
交渉支援法	算術的 マ - ジのみ	エ - ジェント が交渉を代行	トレ - ド オフ分析	トレ - ド オフ分析	トレ - ド オフ分析

2.4.4 発想支援システムとの関連

本項では , 発想支援システムにおける視点共有と意思決定支援における視点共有の面から両者の関連について述べる .

発想支援システムでは , 参加者個人の視点を共有することでグループ全体の創造性を高めることを目的とする . グループによって初めて新たなアイデアが得られることは協同発

想と呼ばれ，対話型システム環境のもとで協同発想や視点共有を促進する研究が近年盛んに行われている [角 97], [杉本 93] ．

[角 97],[杉本 93] では，多変量データ解析の一種である双対尺度法を利用してアイデア項目を概念空間上に配置することで視点を可視化する．[角 97] では，ユーザ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．配置された空間構造は，ユーザの視点を反映しており，複数のユーザの空間構造を共有し合うことで視点共有を実現し，新たな協同発想を促す．したがって，抽出キーワードの重要度に基づく空間配置によって，視点の定量化，可視化を行っている．[杉本 93] では，設計の上流工程である概念設計の段階のグループ意思決定をも支援可能としているが，その内容は参加者の概念と評価項目間の相関関係を空間配置することで設計概念の決定を促進しようというものである．

また [女部田 96] では，KJ 法を利用して得られたアイデアを構造化し，参加者間における共通部分と相違部分のアイデア構造を自動抽出することで，お互いの視点を可視化すると同時に視点の共有空間を自動生成する．いずれも協同発想や情報共有を促進する目的は同じであるが，思考空間の構造の可視化の手法が異なる．

一方，グループ意思決定支援システムでは，参加者個人の視点を共有することでグループの共通認識と相互理解を高め，かつ合意形成支援を円滑に促進させることを目的とする．視点共有に着目したグループ意思決定支援システムの研究には，GN -I[加藤 97b]，GN -II，COMPASS[中條 96a] がある．これらのシステムでは，視点を可視化するために，まず評価構造を KJ 法的操作あるいは NGT(Nominal Group Technique) 法 [竹村 83] を用いて作成し，この評価構造に基づいて視点情報を AHP で求めた重要度を用いて定量化する．さらに各個人の視点情報を WYSIWIS(What You See Is What I See) [Stefik87] 形式により全員で共有する．ここで，[角 97],[杉本 93] での重要度情報はアイデア項目の空間配置のために用いられるが，著者らのシステムでの重要度情報は，評価項目に対する重視度あるいは選好度（好ましさ）を意味しており，代替案評価のための計算に用いられる点が大きく異なる．したがって，前述の発想支援システムとは，同じ視点共有という目的を持つが，視点構造の可視化手法，視点の定量化手法および重要度の扱い方が異なる．なお著者らのシステムでは，評価構造作成支援部分に KJ 法的自動描画ツール D-ABDUCTOR を用いていることから，発想支援システムを本システムの評価構造作成支援部分で代用もしくは相補的に利用することも有効と考えられる．

2.5 本研究の位置付け

本研究はグループ意思決定支援を対象としているが、開発したシステムはグループウェアのアプリケーションソフトウェアとして位置付けられる。そこで、本研究の「グループ意思決定支援」における位置付けと「グループウェアのアプリケーション」における位置付けについてまとめておく。

1. グループ意思決定支援における位置付け

意思決定支援に関する研究を小橋 [小橋 88] は、意思決定支援についての研究と意思決定支援のための研究に分類している。一方、戸田、山口、新谷 [戸田 94] は、意思決定研究のアプローチを意思決定過程、意思決定分析、意思決定行動記述モデル、システム利用過程、システム構築技術の 5 つに分類している。

本研究の立場は、意思決定支援のための研究であり、規範的意思決定モデルに基づきながら、主観的判断やヒューリスティックスといった現実的なアプローチを考慮している。また現在行われている GDSS 研究の多くは、支援方式の提案と数値シミュレーションによる妥当性の検討で終わっているにすぎない。したがって、本研究で提案した合意形成支援方式のシステムへの実装は、システム構築技術とシステム利用過程において貢献するところが大きい。なお、開発したシステムは、前述した GDSS の支援機能レベルの分類からいえば、基本的にレベル 2 に該当するが、合意形成支援機能を利用することで合意への収束を促すことができることからレベル 3 にも属するものと位置付けられる。

2. グループウェア・アプリケーションにおける位置付け

田中、神田 [田中 94] は、グループウェアの機能的な特徴を「共通の目標をグループのメンバーが共有している時、対立 (コンフリクト) が目標の達成に際してしばしば起こり得るが、具体的なグループウェアは調整手順を装備しているソフトウェアシステムである」と定義している。そこで、GDSS をグループウェアアプリケーションとして見た場合、CSCW 環境のもとで GDSS を効果的に機能させることが、今後 GDSS の利用普及を促進するためにも重要な課題となってくる。この意味において、CSCW 研究側からの GDSS への接近と共に、グループ意思決定支援の研究側からも CSCW 環境での利用を前提とした様々な観点からの意思決定プロセスの研究あるいはシステム開発が今後も多く重ねられる必要がある。

開発したシステムは，グループウェアに関する研究分野においては GUI ベースのグループ意思決定支援アプリケーションとして位置付けられる．応用事例に基づいて本システムを多角的に評価することは，グループウェアベースの GDSS アプリケーションの構築および利用技術に貢献するものとする．

2.6 開発システムの適用対象

本研究で開発したシステムは，意思決定問題で一般的に広く取り上げられる主観的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適用対象とする．具体的な適用対象としては，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挙げられる．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．なお利用者数は，意思決定会議を協調作業の応用系と考えて 2～5 名程度以内 [小泉 96] の規模とする．

本システムによるグループ意思決定支援の適用範囲は，意思決定問題に対して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問題領域である．本システムは，そのような意思決定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することが可能である．

2.7 本研究の新規性および貢献

以上で論じてきた内容をふまえ，本研究の新規性および貢献について筆者の主張をまとめておく．本論文では，主観的評価に基づく代替案選択型のグループ意思決定を対象としたグループ意思決定支援システムの開発に関する研究について論じる．

まず合意形成プロセスにおける参加者の視点情報の共有に着目し，以下に述べるグループの合意形成プロセスの支援を重視した方法とシステムの提案を行った．

- 意思決定問題の要因の構造化から合意形成にいたるプロセス全体を参加者の協調作業としてとらえたグループ意思決定手順を提案した．
- グループの共通認識の形成および相互理解を支援するために各参加者の価値判断に基づく視点情報の外在化および共有化に焦点を当てた．具体的には AHP における重要

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．

- 合意に向けた交渉プロセスを重視し，感度分析を利用したトレードオフ分析により交渉プロセスを支援する合意形成支援方法を提案した．本方法はコンフリクトの解消および妥協点の効率的な探索の支援を目的とする．
- 合意形成プロセスを明確にするためにグループの合意度および各参加者の妥協度を定義した．これらの情報の履歴を蓄積・参照することで合意形成プロセスの経時的変遷を分析可能とした．
- ユーザと保守要員あるいはユーザと開発者といった知識や立場の違いにより，それぞれの評価構造がまったく異なる参加者間の合意形成支援方法を提案した．具体的には，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視点情報の共有を実現した．

以上の提案をシステムに実装し，評価実験に基づく考察を行った．その結果，本システムを利用することにより，参加者に対して合意形成活動における諸判断に必要な情報を提供することが可能となり，以下の有用性を確認できた．

- 参加者間の視点の相違ならびに合意形成の経過の把握が容易となった．
- 参加者間の共通認識および相互理解を高めることができた．
- 合意への収束を促進する効果が得られた．

さらに本研究の貢献は，次のとおりである．

- 参加者個人の視点を定量的に表現し，この視点情報を共有化することでグループにおける共通認識の形成と相互理解の支援を試み，有用性を示したこと．
- コンフリクトの解消および妥協点の探索のための感度分析を利用した合意形成支援方法を提案し，実装システムを用いた対照実験により有用性を示したこと．
- 参加者間で評価構造が異なる場合の合意形成支援方法を提案し，実装システムにより，評価構造が異なる場合でも視点情報の共有を実現し，相互理解に基づく合意形成の支援に役立つことを示したこと．

第 3 章

視点情報を共有するグループ意思決定支援システム

本章では，参加者の視点情報を共有することによって共通認識の形成あるいは相互理解を高めることを目的としたグループ意思決定支援システム Group Navigator-I (GN - I) の設計および実装機能，評価実験に基づく考察について述べる．

3.1 はじめに

本節では，意思決定問題が構造化できるという前提のもとで，意思決定構造を形成する評価要因群に対して意思決定者がそれぞれの立場や価値観に基づく主観的判断で与える重要度（重み付け）をその意思決定者の価値観を直接反映した「視点情報」と定義する．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り，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得ないというトレードオフ [榎木 81] 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，2 章で述べたように従来の方法論あるいはシステムでは十分とはいえない．

そこで本章では，参加者の視点情報を共有することによりコンフリクト部分を把握し，このコンフリクト解消のためにトレード オフ分析を利用した合意形成支援方法を提案する．またシステムへの実装および評価実験を行って提案方法の有用性を検討する．

3.2 グループ意思決定支援の手順

本システムにおけるグループ意思決定支援の手順を図 3.1に示す．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．最初の二つの手順については，2章で述べた規範的意思決定論のアプローチに近いが，代替案の抽出および重要度算出が評価項目のそれに先行している点が異なる．この理由は，4.11.3 項で詳述するが，代替案の具体性，判断情報の不足などが意思決定判断に大きく影響すると考えられるためである．以下，計算機支援を行なう立場からそれぞれの方針と手順について述べる．

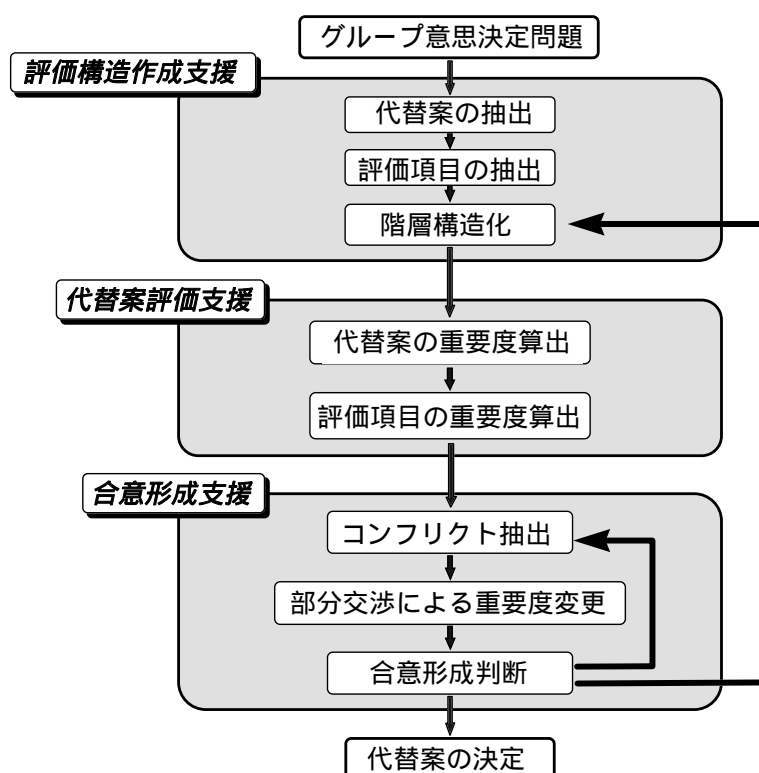


図 3.1: グループ意思決定支援の手順

3.2.1 評価構造の作成支援

本研究の立場では、評価構造の作成は所与ではなく、参加者間の協調作業として位置付けている。したがって、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 [榎木 81]。

- 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
- 評価項目の階層構造化

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。基本的には、まず代替案の抽出を行ったあとに、評価項目の抽出を行う。これは一般的な問題を解くうえで現実的な手順である。この逆の手順としてあらかじめ定められた評価項目を用意し、これらの評価項目において一定の水準をすべて満たす代替案を抽出し、その中で評価するような場合も考えられる。

また評価項目の階層構造化は、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協調作業には、ISM法 [Warfield74] あるいはKJ法 [川喜田 86] など、いわゆる構造化手法が用いられる [杉山 93]。前者は、評価項目間の二項関係に基づいて構造化を行なう手法であり、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グルーピングに基づく図解化による全体把握から構造化を行なう手法であり、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。

いずれにしても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，一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[三末 94][三末 97] を利用した．

3.2.2 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り，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た手法として（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（Analytic Hierarchy Process）[Saaty80][刀根 90] 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[瀬尾 94]．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．したがって，得られた重要度は代替案選択におけるコンフリクト解消のための判断情報として利用することができる．

以上の理由から，意思決定者の視点を AHP におけ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なう．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 の概要は付録 A 参照）．

ここで，図 3.1 に示したように代替案の重要度算出を先に行ったあと，評価項目間の重要

度算出を行う。この理由は、意思決定者が代替案の評価に関する具体的な情報を把握しているか、あるいはいないかによって、評価項目間の重要度の与え方に大きく影響すると考えられるためである。

なお、AHP における重要度が、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 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）[増田 87] 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。

ところでこの AHP による評価の妥当性は、評価の基となる AHP 評価構造の妥当性に強く依存する。しかしながら、従来の AHP では最適な評価構造の作成手法には言及しておらず、また AHP に適した評価構造作成手法も確立していないのが現状である。この意味で我々は KJ 法により AHP 評価構造を作成することを提案している。この主な理由はつぎのとおりである。

- 評価構造の洗練化

ラベル化からグルーピングの段階を経ることで、ラベル段階の評価項目群における同義語あるいは類義語の集約化、特徴性の高い評価項目群の明確化など洗練された評価項目群を得ることができる。また KJ 法未使用の場合に比べて、アイデアの発散度および収束度が高まることが対照実験により報告 [八木下 97] されていることから、問題状況を局所的に解釈してしまうことを防ぎ、よりの確に問題状況を把握する効果が期待できる。

- 評価項目に対する参加者間の解釈の違いを解消

一般に抽象的な評価項目に対しては、参加者の間で解釈の違いが生じやすい。KJ 法をグループ協調作業として実施することで、問題に対するグループの共通認識の形成をラベル段階から進めることができ、評価項目の意味についての解釈を合わせることができる。この結果、グループ評価の収束度を高められることが期待できる [竹村 97]。

- KJ 図解から AHP 評価構造への変換が容易

従来より AHP 評価構造には、完全型と分岐型が一般に用いられており、完全型は分岐型に比べて代替案の重要度が分散することが実験により報告されている [竹村 93]。本節で提案する手順では、この傾向をふまえ、各参加者がお互いの代替案の重要度の相違をなるべく明瞭に把握できるように、分岐型の評価構造を用いている。この分

岐型の AHP 評価構造の場合において，KJ 法で得られる KJ 図解 (包含構造図) から AHP 評価構造 (木構造図) を一意に容易に導くことが可能となる．

注意事項としては，KJ 図解において類似したラベルあるいは従属関係があるラベルはなるべく排除し，互いに独立なラベル群を最終図解に残すようにする．この理由は，AHP では評価項目同士が互いに独立¹もしくは独立に近い関係であることを前提とするためである．また一つの評価項目に直属する下位の評価項目の数は，7 個以内を目安とする．この理由は，人間が同時に比較可能な数の限界が 7 ± 2 個程度であることに由来する [海保 89]．

上述した KJ 法の利用による問題の階層構造化と AHP 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 [國藤 94b][加藤 95] らが提案している．

3.2.3 参加者間の合意形成支援

従来の AHP 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 [刀根 90]．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 [高野 96]．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 [八巻 95]．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いた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，視点情報の共有に着目した合意形成支援の手順を提案する．評価構造はツリー型の階層を成しており，ルート位置には意思決定問題が置かれ，意思決定問題の要因（以下，評価項目）群がその下に配置される．ここで評価項目群は概念レベルに応じて，下位レベルへいくほど詳細化される．またそれぞれのレベルにおける評価項目はお互いに独立な関係にあることを前提とする．以上の前提を置くことで，ルートに近づくほど，評価項目の重要度は参加者のマクロな視点情報を表すものと考えることができる．この理由は，ルートに近い評価項目ほど，その重要度が代替案評価に与える影響が大きいためである．また

¹ AHP 評価構造において同一レベルにある評価項目は互いに独立していて，かつ各レベルは互いに独立していること．

評価項目の独立性から，個別の評価項目ごとについて合意形成に向けた部分交渉を進めることが可能となる．

すなわち，いきなり全体的な評価構造において合意を得ようと交渉しても一般的には難しいものと予想される．そこで，参加者間でコンフリクトを生じている部分の中から部分交渉を行う評価項目を選択して部分的な合意を得ることを試みる．つまり意思決定問題を部分問題化することで合意形成における交渉を行いやすくできるものとする．

3.3 システムの機能

GN - I の構成を図 3.2 に示す．

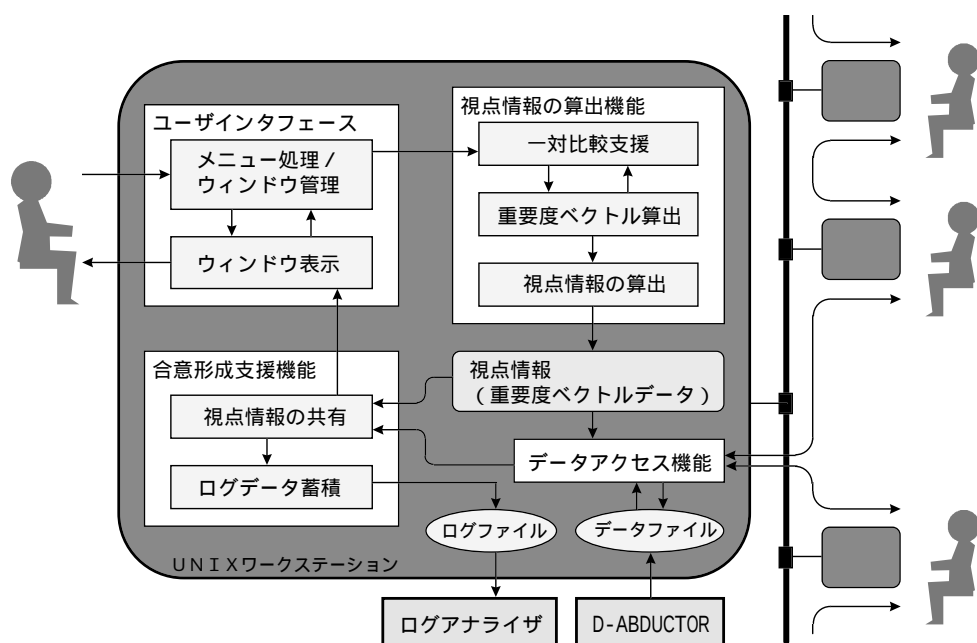


図 3.2: GN - I の構成

本システムは，UNIXワークステーションのXウィンドウ・システム上で開発した．グラフィック・ユーザインタフェース部分は Tcl/Tk 言語，数値計算部分は C 言語を用いた．

L A N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．

システムの実装における方針を以下にまとめておく．

- 操作性重視

システムの実装に際し，上述のグループ意思決定支援手順における思考活動がスムーズに行えるようにグラフィック・ユーザインタフェースに配慮した WYSIWIS 画面をベースとした対話型グループ意思決定支援システムとして設計する．

- 視点情報の共有

参加者間の共通認識の形成と相互理解を支援するため，参加者それぞれの視点情報を定量的に表現し，それらを全員で共有する機能を実現する．また視点情報の表示は，多面的なグラフ表示を基本としてマルチ・ウィンドウ形式で実現する．

- 部分交渉の支援

視点情報の共有により明らかになる他者との考え方の相違点，あるいは共通点から，交渉すべきコンフリクト部分の抽出を容易にする．また視点情報を利用した合意形成の支援を実現する．

以下に本システムで実現した諸機能について説明する．

3.3.1 視点情報の外在化機能

図 3.3 に視点情報の表示構成の設計概念を示す．

視点情報は，AHP により算出される重要度を用いて (1) 評価項目間の重要度，(2) 代替案の評価値，(3) 代替案を直接評価する評価項目間の重要度 (以下，リーフノードと呼ぶ) の三種類から構成される．

参加者の視点情報は視覚的に把握しやすい階層ツリー型の構造グラフとして表示する．また評価項目は階層ツリー構造のノード部分にボックス型で配置し，その中に評価項目名を表示する．

このノードを選択することで，そのノードに直属する評価項目に関する部分的な視点情報 (1) および (2) をグラフ表示する．

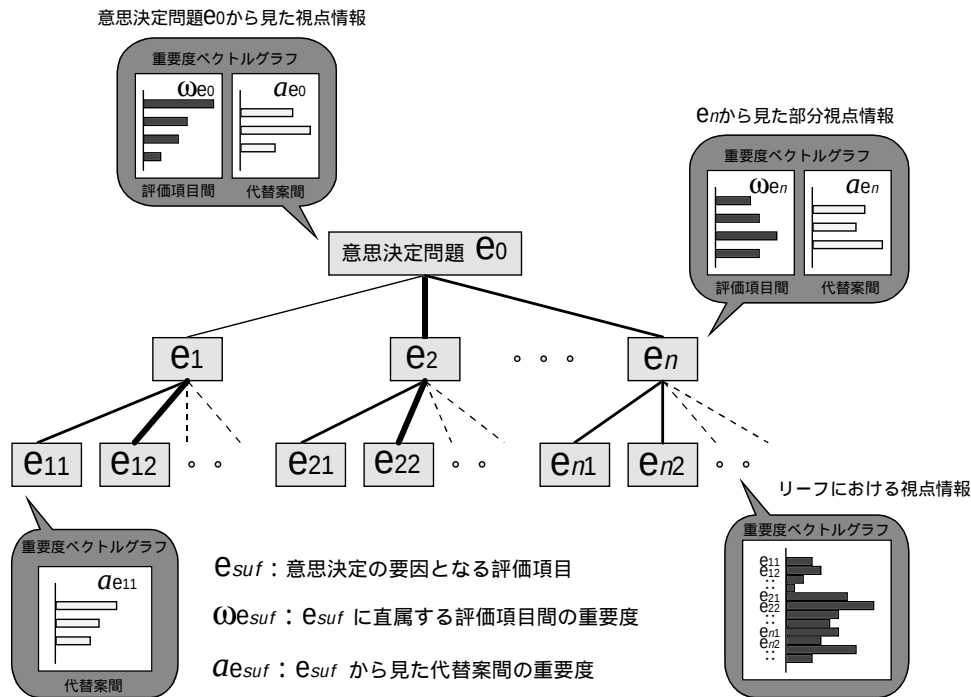


図 3.3: 視点情報の表示構成

これらをマルチ・ウィンドウ表示形式で、全体の視点情報と部分的な視点情報を同時に参照できるようにすることで、部分的な視点が代替案の評価にどのように影響を与えているかを分析しやすくする。

また視点情報 (3) をグラフ表示し、全体的な視点が代替案の評価にどのように影響を与えているかを分析しやすくする。

さらに階層ツリー構造図のリンク線の太さを重要度に応じて段階表示させることで、視点情報全体においてどのあたりの評価項目を重視しているかが把握できるようにする。

なお、評価構造データは、KJ 法的思考支援ツールである D-ABDUCTOR を用いて KJ 図の形式で作成する。このデータを本システムに読み込ませることで、参加者の視点情報は、図 3.4 のようなツリー型の構造図としてウィンドウ表示される。また AHP 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 () 内の数値はツリー構造のルートに位置する意思決定テーマからみた時の重要度を表している。また代替案の総合評価値が

ウィンドウの下部にグラフ表示される。

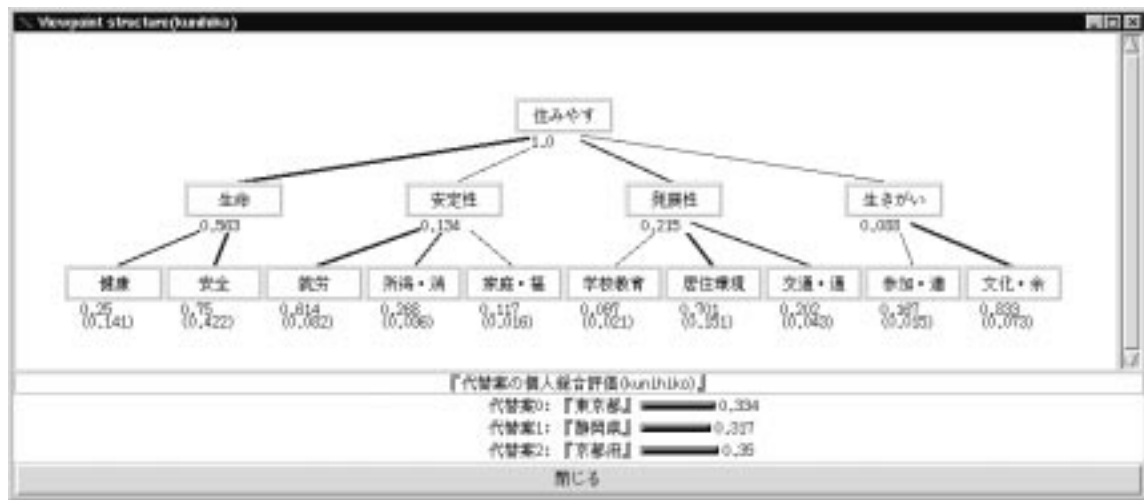


図 3.4: 視点情報の表示例

任意のノードをマウスでクリックすることにより、図 3.5 に示す視点情報の部分表示ウィンドウが開き、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共にグラフで表示される。

3.3.2 一対比較支援機能

図 3.5 のウィンドウで一対比較ボタンを選択すると、図 3.6 の一対比較ウィンドウが表示され、AHP に基づく一対比較を行なえる。マウスを一対比較スケール上のボタンの位置に近付けると、「安定性において就労は所得・消費よりもやや重要です」とのような一対比較の文章がボタンの位置に応じて表示される。この文章に従って主観的判断に基づき適当と思われる一対比較値の箇所でボタンをクリックする。すべての一対比較作業の結果、算出された重要度あるいは変更された重要度は、図 3.5 および図 3.4 に直ちに反映される。

ここで、一対比較作業の負担を軽減し、操作性および実用性を高めるため、次の 2 つの機能を実装した。

- 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

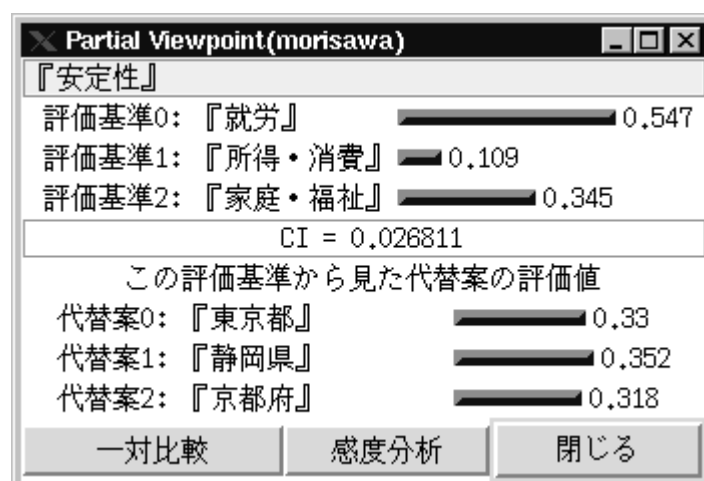


図 3.5: 部分視点情報の表示例



図 3.6: 一対比較の入力例

補完する Harker 法 [竹田 89][國藤 94b] (付録 B 参照) を実装した . この機能により , 不完全な一対比較でも整合のとれた重要度の算出を可能とした .

具体的には，図 3.6 において「不明」ボタンを選択することで現在の対比較判断がスキップされて Harker 法の適用対象として見なされる．この場合，対比較判断のスキップが多くなるにつれ信頼性が徐々に下がることに注意が必要である．

なお、一対比較のデフォルト値には1（同等に重要）が設定されており、図3.6において一対比較値を指定せずに「次へ」を選択した場合にデフォルト値が採用される。

- 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 [刀根 90] [新谷 92]，

自動的に再度一対比較値の修正を意思決定者に促す．図 3.7 の例では「安定性」における現在の評価は「就労」よりも「所得・消費」をやや重視しており，他の一対比較と矛盾を生じている可能性があるが「就労」の方を重視することで矛盾が解消される可能性が高まることを意味している．



図 3.7: 一対比較の矛盾修正例

さらに代替案を直接評価する評価項目群（ツリー構造の最下位レベルの評価項目）に割り振られる重要度は，図 3.8 のように表示される．このウィンドウにより参加者の意思決定問題に対する視点情報を重要度ベクトルとして代替案の選択レベルで把握することができる．

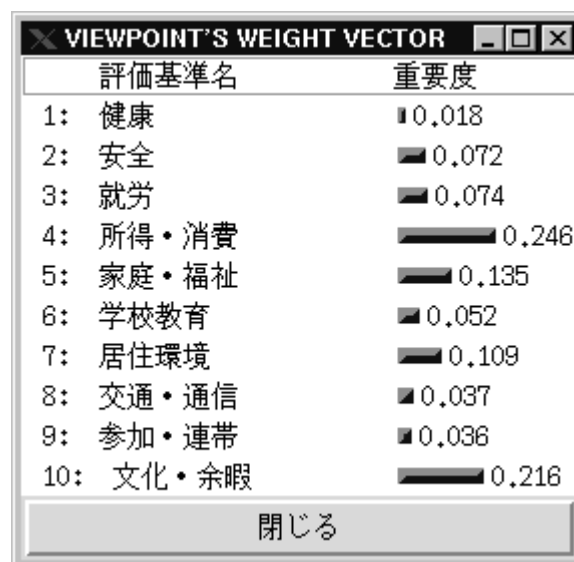


図 3.8: 視点情報の重要度ベクトル表示例

3.3.3 視点情報の共有機能

視点情報の共有化は、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 3.9 の例のように各参加者のディスプレイ上に任意の参加者の視点情報を必要に応じて随時表示させることができる。参加者は自分はもちろん他の参加者の情報をウィンドウを開いて参照することができる。この場合、参加者が増えるに従いウィンドウの画面管理の必要性が高くなる。そこで、本システムではXウィンドウ・システム上の仮想ウィンドウマネージャFVWMを利用してウィンドウ空間を参加者別あるいは表示内容の種類に応じて適宜分類して使用する。

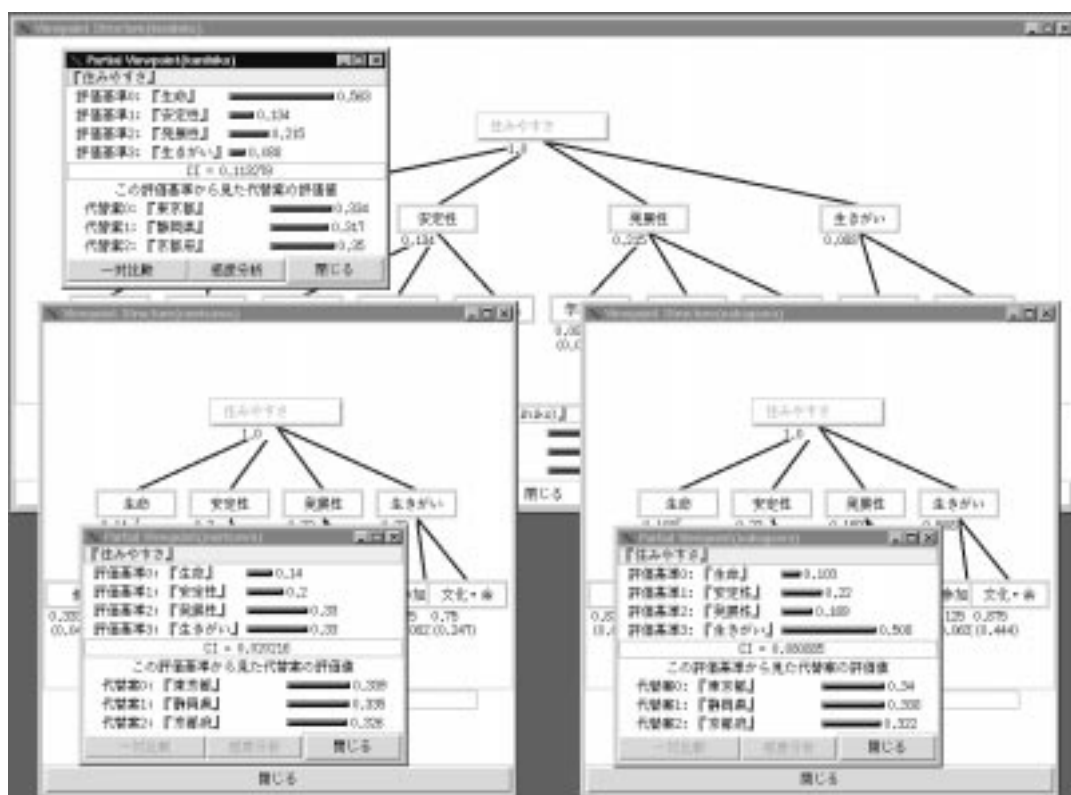


図 3.9: 視点情報の共有表示例

3.3.4 コンフリクトの抽出機能

参加者は、視点の共有ウィンドウ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視覚的にコンフリクト部分を抽出することが可能である。しかし評

価値構造が複雑な場合は，コンフリクトの認識および操作も面倒となり，利用者の負担が増すことになる．

そこで，参加者間のコンフリクトの強弱関係を参加者間の視点の重要度のユークリッドノルム²を用いて式 3.1 のように定義する．

$$e(x, y, k) = \|c(x, k) - c(y, k)\| \quad (3.1)$$

ここで， $c(x, k)$ は，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である．同様に $c(y, k)$ は，参加者 y の評価項目 k に直属する評価項目間の重要度ベクトルである．すなわち， $e(x, y, k)$ は他者との価値観の隔たりの大きさを表していることになり，合意形成に向けて部分交渉を試みる評価項目を絞り込む際の判断における参考情報として用いることができる．

3.4 利用例

以下にシステムの利用例を 3.2 節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」[経済企画 96] について各参加者の都道府県評価の順位のばらつきをまとめるテーマを用いた．

1. 評価構造の作成

図 3.10 に D-ABDUCTOR を用いて評価構造を作成した例を示す．作成したデータは本システムに直接読み込まれ，木構造表示に変換される．

2. 視点情報の算出

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 3.11）．

3. 視点情報の共有

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ィンドウを開いて表示させることができる（図 3.9）．図 3.9 において，画面中央後ろのウィンドウは自分の視点，左下および右下のウィンドウは他の参加者の視点を表示している．またそれぞれのウィンドウ内に表示されている子ウィンドウは

² $\|u\| = (\sum_{i=1}^N |u_i|^2)^{1/2}$

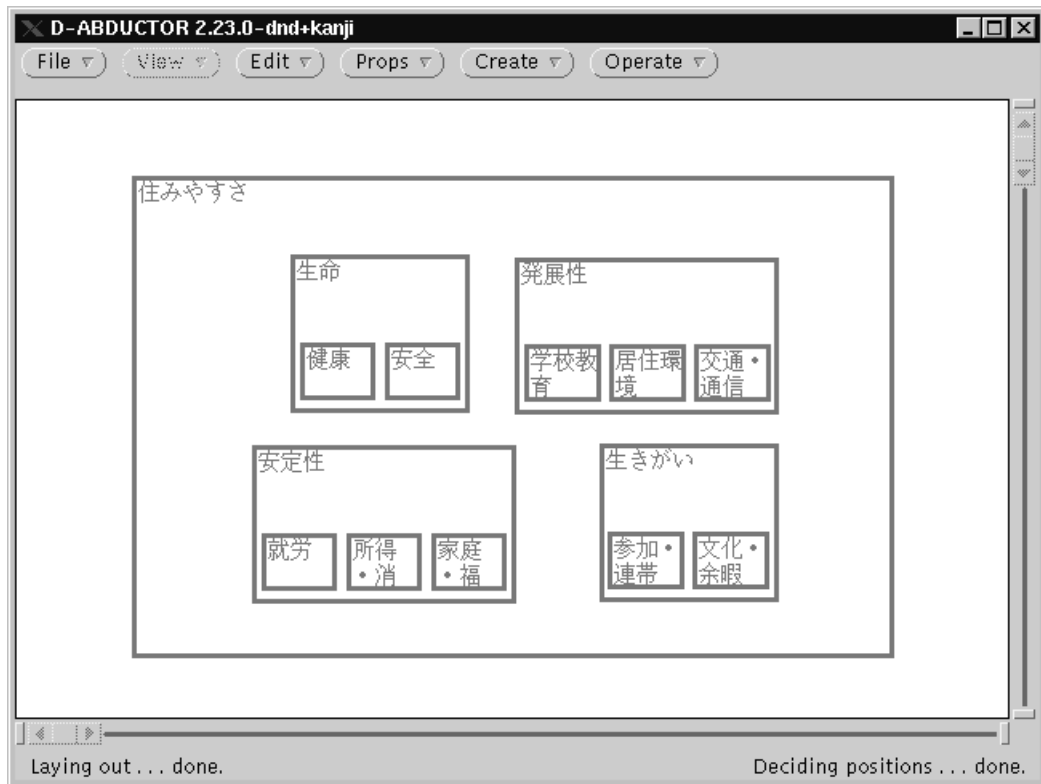


図 3.10: D-ABDUCTOR による評価構造の作成例

部分的な視点を表している．この子ウィンドウの重要度グラフからもわかるように「住みやすさ」に関する三者のそれぞ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，視点情報の共有ウィンドウ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．

5. 重要度の修正

一般には，評価構造において複数のコンフリクト部分が存在することが考えられる．そこで一つ一つのコンフリクト部分について合意に向けた部分交渉を積み重ねていく．具体的には，部分交渉を行うコンフリクト部分を協議して決定する．つぎにその部分の視点情報表示ウィンドウを参照しながら，一対比較ウィンドウを呼出して重要度の修正を行う．参加者の修正結果は，直ちに視点情報の共有ウィンドウに反映される．

6. 合意判断

全参加者の代替案の重要度ランキングが一致した段階，あるいは最高得点の代替案が一致した段階で合意と判断する．

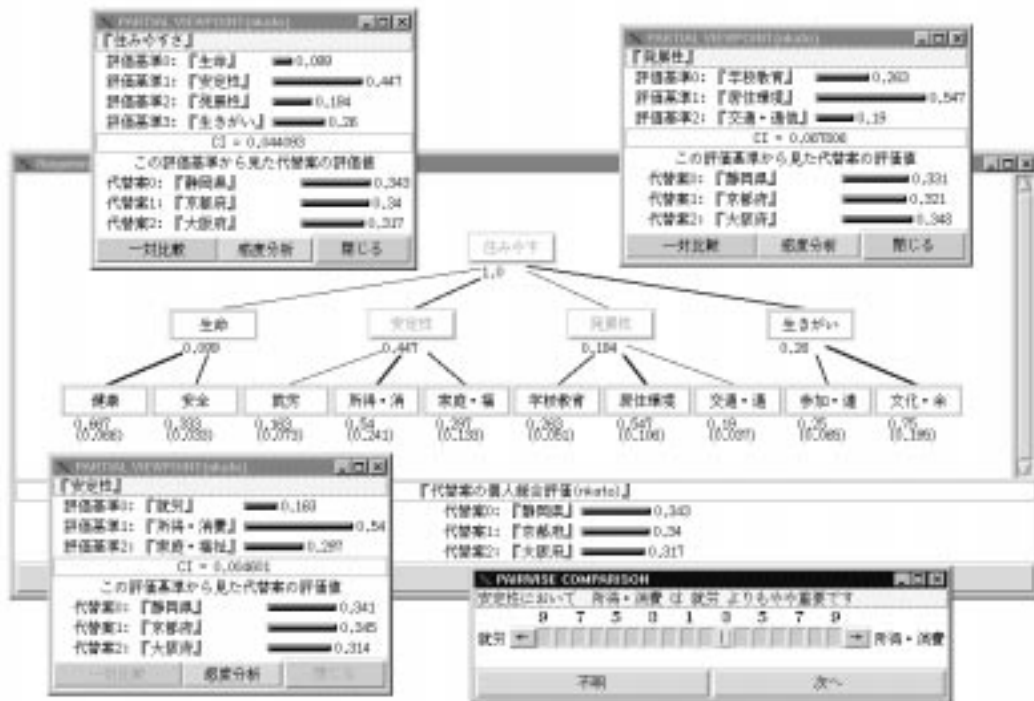


図 3.11: 視点情報の算出例

3.5 システムの評価実験

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取り扱いにくく，定量的なシステム評価は容易ではない．このため，従来はシステムの機能，操作性および利用効果などについてアンケートを主体とした定性的評価が用いられている．本節では，以下の実験内容にしたがってシステムの定性的評価について述べる．なおシステムの定量的評価として，対照実験に基づく統計的比較を試みた．その内容については後述（4.10.3 項）する．

3.5.1 実験手順

日常的にウィンドウ・システムを使用している被験者 14 人を 5 つのグループ（グループ A，C，D，E は 3 人構成，グループ B は 2 人構成）に分け，それぞれのグループは以下の手順で実験を行った．

実験に用いたテーマは，3.4 節の利用例で述べた都道府県の住みやすさについてそれぞれの被験者が評価し，その結果を全員に提示し合いながら意見を交わし，評価を修正していく形式で合意を試みることとした．また，被験者全体のデータを用いて実験結果を分析するために AHP 評価構造は「住みやすさ」に関する統計資料に記載されている評価構造を基に作成し，5 つのグループで同一のものを用いた．

- 各グループの被験者は，全員で代替案候補として 3 つの県名を話し合いで決める．
- AHP 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，最下位の評価項目からみた都道府県の重要度に，個人の対比較による主観評価の代わりに統計データ [経済企画 96][社会調査 95] から算出した重要度を用いる．具体的には，実験者は被験者から代替案候補に挙がった都道府県について AHP 評価構造の最下位の評価項目に関する統計データを抽出し，比例配分により重要度を算出する．この詳細内容を AHP 評価用の統計資料として作成し，実験時の個人データファイルに共通の既定値として埋め込む．
- AHP 評価構造図と共に上述の AHP 評価用の統計資料をグループの被験者全員に配布する．
- 被験者はこの参考資料を参照しながら被験者自身の自己評価を行う．この段階では他者とのコミュニケーションは一切取らず，作業も各個人のワークステーションを用いて実施する．
- つぎにグループの被験者は，本学のコラボレーションルーム³に移動して，お互いの視点情報を提示し合いながら，グループ内の合意形成を試みる．なお，被験者には必要に応じて AHP 評価用の統計資料を用いて議論を進めてもらう．
- 定性的評価として実験後に被験者に対してシステムの評価に関するアンケートを実施する．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

³仕様：対面会議式机，埋め込み型ワークステーション・ディスプレイ，70 インチプロジェクタ

価および総合評価の計 9 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する。

なお，今回の実験では，評価項目からみた都道府県の重要度に用いた統計値の分散が比較的小さいため，代替案の重要度の分散も小さくなっている。

3.5.2 実験結果

3 人のグループ A と 2 人のグループ B の実験結果例を表 3.1 に示す。なお，残り 9 人のグループ C ～ E は，4 章の感度分析を用いた合意形成支援方法を利用した場合と利用しない場合での対照実験用のグループであり，両グループ間の比較については 4 章で述べる。この違いを除けば被験者 14 人は同じ条件でシステムを使用したことになる。

表 3.1: 実験の結果

	グループ A	グループ B
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	二者順位一致	順位一致

システムにはログ機能とログ解析ユーティリティを備えており，以下これらを用いて分析した結果について述べる。

合意形成プロセスに入る直前のグループ A の視点情報を図 3.12，図 3.13，図 3.14，図 3.15 に示す。それぞれの図において，左から順に被験者 m，被験者 t，被験者 y のデータである。ここで，図 3.12 は意思決定テーマである「住みやすさ」に関する各参加者の視点情報を表している。また図 3.13，図 3.14，図 3.15 は，それぞれ「生命」「安定性」「発展性」に関する各参加者の視点情報を表している。ここで「生きがい」については，全員が「参加・連帯」よりも「文化・余暇」を同程度に重要視していたので省略する。

さらに図 3.16 は，代替案を直接評価する評価項目から見た各参加者の視点情報を表している。

これらの図から 3 人それぞれ価値観がまったく異なることが明確に見てとれる。たとえば，被験者 m は「住みやすさ」に関して「発展性」と「生きがい」を重視し，「生命」に関



図 3.12: 住みやすさに関する視点情報



図 3.13: 生命に関する視点情報

して「安全」よりも「健康」を重視し、「安定性」に関して「家庭・福祉」「所得・消費」「就労」の順に重視し、「発展性」に関して「交通・通信」「学校教育」「居住環境」の順に重視していることがわかる。この結果、図 3.16 から被験者 m は「文化・余暇」(重要度 0.305) を一番重視し、次いで「交通・通信」(0.21)「学校教育」(0.116)「健康」(0.097)の順に重視していることがわかる。

図 3.17 は、これらの価値判断の結果として算出される代替案の重要度が、合意形成プロセスを経てどのように変遷したかを示している。同図において縦軸は重要度、横軸は合意



図 3.14: 安定性に関する視点情報



図 3.15: 発展性に関する視点情報



図 3.16: 代替案を直接評価する評価項目レベルの視点情報

判断回数である。

当初、各被験者の住みやすい都道府県の順位付けは、被験者 m が「東京都」「岡山」「北海道」、被験者 t が「岡山」「東京都」「北海道」、被験者 y が「北海道」「岡山」「東京都」であり、三人三様である。

そこでコンフリクトの抽出作業を行った結果「発展性」と「住みやすさ」それぞれにおける視点の相違が、代替案の順位付けに影響していることがわかり、この二つを重点的に部分交渉を行う項目として決定した。また視点の相違が代替案にそれほど影響していない「生命」「安定性」についても合意が得られる余地があると判断し、部分交渉を行う項目と決めた。表 3.2 に実際に部分交渉を行った評価項目の箇所と順序を示す。

このグループの例では、7 回の合意形成判断を試みた結果、被験者 m と被験者 t が順位付けにおいて一致したが、被験者 y とは合意を得ることができなかった。

表 3.2 において、妥協と説得の行為の区別は、合意形成における会話のやりとりを参考にしたが、ログデータを分析して重要度を全員の平均値に近付く方向に変更した場合を妥協

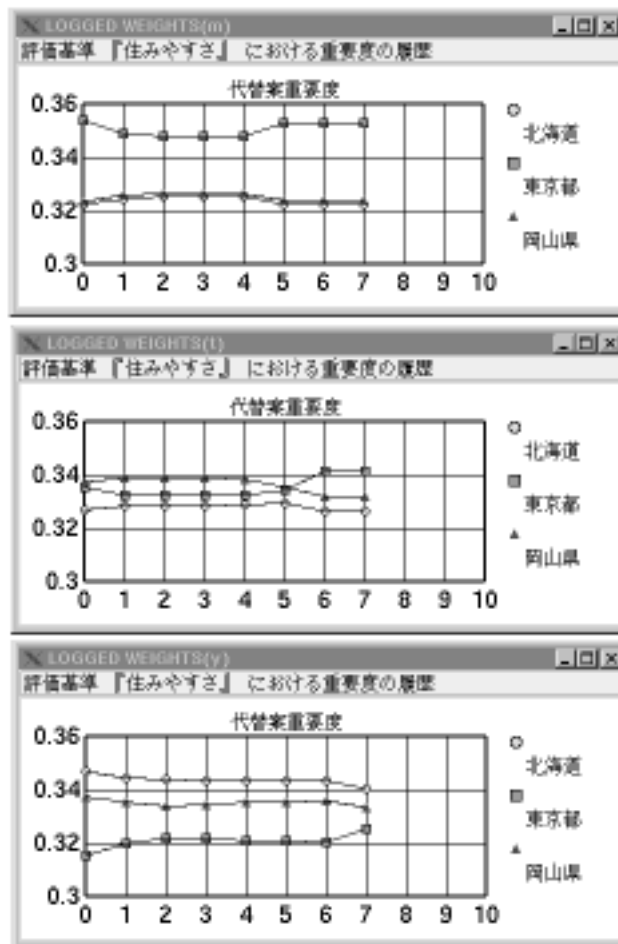


図 3.17: 合意形成プロセスにおける代替案重要度の変遷

行為と判断した。また重要度を変更しない、あるいは全員の平均値から離れる方向に変更した場合を説得行為と判断した。

この過程では、2 回目あたりまでは 3 人とも共通の認識部分とお互いの相違点を見出しながら妥協の姿勢が見られたが、5 回目から被験者 m が逆戻りして当初の意見を固持し始め、被験者 t がこれに説得されて妥協した様子が見てとれる。この現象は、集団極化現象 [印南 97] とある意味で類似したものと考えられる。これは、意見の異なる参加者が集まって意思決定を行う場合、極端な意見は排除されて中庸の結果がでやすいという一般的な考え方とは逆で、グループによる討論によって討論前の志向がより強まる方向に変容する現象をいう。

表 3.2: 部分交渉の経緯

合意判断回数	交渉箇所	被験者 m	被験者 t	被験者 y
1	発展性	妥協	妥協	妥協
2	発展性	妥協	説得	妥協
3	生命	説得	説得	妥協
4	安定性	説得	妥協	妥協
5	住みやすさ	説得	妥協	説得
6	住みやすさ	説得	妥協	妥協
7	発展性	説得	説得	妥協

また被験者 y は 7 回目に精一杯の譲歩を見せたが、結果的には合意に達することができなかった。この原因は、視点情報の共有ウィンドウを参照した結果、「発展性」に関して被験者 m および被験者 t が「交通・通信」「居住環境」「学校教育」の順に重視しているのに対し、被験者 y が「居住環境」「学校教育」「交通・通信」のまったく違う順に重視している価値観の違いに起因していることを全員が理解した。

表 3.3: 評価アンケートの集計結果 (表中の数字は人数)

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
操作レベル	(1) 操作性	0	3	4	3	2
	(2) 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	(1) 自己の視点の表現のしやすさ	1	2	5	3	1
	(2) 自己の視点の表現の的確さ	0	4	2	3	3
	(3) 他者との視点の違いの把握	0	1	1	7	3

つぎにアンケートの回答が得られた 12 人の集計結果を表 3.3 に示す。アンケート項目を以下に記す (機能レベル 3 項目) (1) 視点の視覚化機能 (2) 視点の共有化機能 (3) 重要度の算出機能 (操作レベル 2 項目) (6) 操作性 (メニュー選択, 各種ウィンドウ操作) (8)

ウィンドウ表示内容の分かりやすさ（思考レベル3項目）（1）意思決定テーマに対する自分の視点の表現のしやすさ（2）自分の視点の表現の的確さ（3）自分と他者との視点の違いの把握のしやすさ。

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、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わかりやすいが、自分の感覚とズレを生じる場合がある点などが挙げられた。

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、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などのコメントが得られた。

この他、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なえたなどのシステムの利用効果について被験者からコメントが得られた。

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3.3の思考レベル（1）（2））。この理由はAHPの一对比較値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[宮城94]の適用や、一对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[亀山90]によって改善が期待できる。

なお、参加者間で生じたコンフリクト解消支援やグループの合意度あるいは妥協度の把握は、合意形成支援に必要であるので、4章において詳述する。

3.6 システムの新規性および関連研究

AHPをグループ意思決定に利用する方法論は、一对比較値の幾何平均を取る方法[刀根90]の他にも、一对比較値の区間表現を用いる方法が提案されている。山田らは個人の区間表現法[Saaty87]をグループにおける区間表現へ拡張し、整合度あるいはグループの不満度が最小となるような一对比較値を選び出す方法[山田97]を提案している。なお区間表現を用いたグループ意思決定支援システムとしては、GCDSS[Ito97b]が開発されている。

幾何平均あるいは区間表現によってグループ一対比較値を求める方法は、重要度を算出する以前の対比較という判断レベルで合意形成を行う合理的なひとつの方法と考えられる。しかし、最終的な主観判断は、一対比較レベルではなく、一対比較作業を通して算出される重要度を用いて行われる場合もある。したがって、このような場合、一対比較レベルで重要度を直観的に予測するには無理がある。

本研究における方法は、参加者の視点情報を価値判断基準の重要度ベクトルとして表現し、重要度ベクトルを利用して価値観合わせを試みるという考え方で合意形成を支援する。開発したシステムの新規性は、以下の2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情報の共有化および(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。
- グループの共通認識の形成と相互理解を促進するために、各参加者の視点情報の共有化に焦点を当てた。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。

3.7 おわりに

グループ意思決定問題に対する参加者の視点情報を共有することで共通認識の形成あるいは相互理解を高めることを目的としたグループ意思決定支援システム GN-I 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なった。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共通認識および相互理解を高めることができた。

第 4 章

感度分析を利用した合意形成支援法

4.1 はじめに

本章では，グループ意思決定のプロセスで発生するコンフリクト状態の解消を図ることを目的とした合意形成支援方法について提案する．

グループ意思決定では，各参加者の意思決定テーマに対する視点（立場や価値観に基づく考え方，選好あるいは主観的評価）を全員が把握し，互いに尊重しながら，妥協と自己主張を繰り返して合意形成を図ることが望まれる．また合意形成プロセスの満足度あるいは収束度を高めることも重要である．しかしながら，実際は参加者間でコンフリクトを生じたり，合意が成立しない場合もある．

そこで，GN - I による評価実験結果をふまえて，合意形成支援のためのコンフリクトの解消および妥協点の探索に関する分析方法を考案，実装し，GN - I の合意形成支援機能を拡充する．また本提案方法を用いることにより，コンフリクト解消のためのトレードオフ分析支援および合意形成プロセスの経時的変遷の分析を行うことができ，合意形成支援に有用であることを明らかにする．

4.2 合意形成支援における重要度ベクトルの利用

さまざまなグループ意思決定問題における合意形成を支援するためには，意思決定問題を構成する各要因間の選好関係や，ある状況に対する意思決定者の満足度を数量化する必要がある．しかし，意思決定者の満足度を定量的に定義し，測定することは容易ではない．

一方，AHP により得られる重要度ベクトルは，意思決定者の価値観，具体的には属性間の選好関係を表すものであり，視点情報を定量的に表現するための一つの尺度としても利用可能と考えられる．

そこで，重要度ベクトルの情報を用いて合意形成プロセスにおける合意あるいは妥協の程度の変遷を時間軸で分析することで，従来あいまいにされがちであった合意形成プロセスの明確化を図る．また重要度の感度分析を行うことで，他者との交渉において生じるコンフリクトについて意思決定要因の属性間におけるトレードオフ分析を支援することを考える．これらを実現することにより，合意形成の収束を早め，また決定結果に対する参加者の満足感も高めることができるものと考えられる．

4.3 グループの重要度の算出方法

一般にグループで用いられる AHP による重要度の算出方法を以下に簡単に示す．

1. 各参加者ごとに，評価項目間の一対比較値を決定する．

評価項目 $A_1, A_2, \dots, A_n$ に対する参加者 $x (= 1, 2, \dots, p)$ の一対比較値を a_{ij}^x (評価項目 A_i と A_j の一対比較値) とする．

2. 評価項目の同じペアに対する参加者すべての一対比較値の幾何平均を求め，これをグループの一対比較値 a_{ij}^G とする．

ここで幾何平均を取る理由は，一対比較値の本来の定義が，一方が他方の何倍重要であるかという比率尺度として表されているためである． a_{ij}^G は式 (4.1) で表される．

$$a_{ij}^G = \sqrt[p]{\prod_{x=1}^p a_{ij}^x} \quad (4.1)$$

3. グループの一対比較値から一対比較行列を構成し，固有値問題を解いて評価項目の重要度 $(w_1^G, w_2^G, \dots, w_n^G)$ を得る．

この方法は，幾何平均法 (GMM : Geometric Mean Method) と呼ばれる [Dyer92] ．

つぎに，もう1つのグループの重要度の算出方法を述べる．

1. 評価項目 $A_1, A_2, \dots, A_n$ について AHP 計算により算出された参加者 $x (= 1, 2, \dots, p)$ の重要度を $(w_1^x, w_2^x, \dots, w_n^x)$ とする．

2. 得られた参加者 $x(= 1, 2, \dots, p)$ の重要度をもとに全員の算術平均をとり，これをグループにおけるその評価項目の重要度 w^G とする．

$$w^G = (\sum_{x=1}^p w_1^x/p, \sum_{x=1}^p w_2^x/p, \dots, \sum_{x=1}^p w_n^x/p) \quad (4.2)$$

この方法は，ウェイト付き算術平均法 (Weighted Arithmetic Mean Method: WAMM) と呼ばれる [Ramanathan94][宇井 95][Tung93] ．

前者の方法が，評価項目間の一対比較値の幾何平均から評価項目のグループとしての重要度を得るのに対し，後者の重要度の算出法は，各参加者が入力した一対比較値から求める評価項目の重要度の算術平均をグループとしての重要度とする．

4.4 従来の感度分析方法

感度分析は，ある変数を若干変化させた時の影響が結果にどの程度影響を及ぼすのかを分析する手法である．AHP においては，一対比較行列の各要素が代替案の評価に対してどの程度影響を与えているのかを分析するために従来からよく用いられている．とくに代替案の選択結果に対する根拠を得たり，あるいは評価構造の特性を知る上で有効とされる [刀根 90] ．

従来提案されている AHP の感度分析法には以下の三通りがある．

- 一対比較値を現在の値の付近で上下に変化させて，その変化に対する重要度の変化を調べる方法 (刀根・真鍋)[刀根 90] ．
- ファジィ AHP において一対比較行列に摂動を与えた時に，最も重要度の変動に影響を与えている行列の要素を探索する方法 (大西ら)[大西 97] ．
- 重要度および整合度の感度係数を求め，一対比較行列のどの要素を修正すれば，重要度および整合度が改善されるかを求める方法 (増田)[増田 87] ．

刀根・真鍋および大西らの方法は，いずれも一対比較行列の各要素を変化させて重要度がどのように影響を受けるかを調べることを目的としている．評価項目間の重要度および代替案に対する重要度に対して適用できる．しかし，重要度を修正あるいは改善したい場合にどのように一対比較行列の各要素を変更すべきかについては対応が考えられていない．

増田の方法は、評価項目間の重要度に関して改善する方法を提案しているが、代替案の重要度にまでは適用できない。

またいずれの方法も対象とする評価構造は、意思決定テーマと代替案の間のレベルが1段階である。すなわち、現実的な複雑な評価構造における適用について示されていない。

4.5 重要度の感度係数を利用したトレードオフ分析

本節で提案する感度分析方法は、増田の方法の感度係数を利用して、代替案および評価項目間の重要度ベクトルを修正あるいは改善する場合に、評価構造全体においてどの部分の一对比較行列のどの一对比較値をどのように変化すればよいかを探索する。この考え方は、本論文では、視点情報を重要度ベクトルを用いて表現しているため、合意に向けた意見の妥協は視点情報の変更、すなわち重要度ベクトルの変更という形で表現されることに基づいている。したがって重要度ベクトルを所望の方向に容易に変更できる必要がある。これに対し、従来の AHP で用いられる感度分析は、一对比較値に基点が置かれており、一对比較値の変動により重要度がどのように変わるかを分析する方法と位置付けられる点異なる。

4.5.1 基本方針

それぞれの参加者の視点は一般に異なるため、合意形成プロセスにおいて参加者間でコンフリクトが発生する。このコンフリクトを解消しようとする必要となり、その判断に評価項目間のトレードオフ分析が有用となる。

また参加者個人のレベルにおいても一对比較の結果得られた重要度に対して評価項目間のトレードオフを意識したり、納得あるいは満足できず重要度の配分を改善したい場合がある。

したがって、重要度を利用した合意形成支援を前提とした場合、グループおよび個人の両方のレベルにおいて重要度を要望する値に修正あるいは変更する操作が容易にできなければならない。

この判断と操作には、重要度の感度係数を用いたトレードオフ分析が有効と考えられる。

まず、一对比較行列の各要素に対する重要度の感度係数（重要度を一对比較値によって偏微分した値：付録 C 参照）を計算する。この感度係数を参照することによって、希望す

る方向に重要度が変化するような一対比較値の修正組み合わせ候補を提示する．たとえば，これらの候補を感度係数の値の大きい順に並び変えることで，相手とのコンフリクト関係とその強弱を評価項目間の一対比較のレベルで把握することが可能となる．ここで感度係数の値が大きいものを修正候補とするほど，修正効果が高いことが判断できる．また同様に修正候補を修正したくなければ，他の代替候補を修正することが可能となる．しかし，一対比較値の修正により，整合度が悪化する場合があり得る．この場合には，整合度の感度係数も求めて，上述の修正候補の中から整合度が悪化しないものを絞り込む操作を加えればよい．整合度の悪化に対する対策については，既に 3.3.2 項で述べた一対比較の矛盾摘出および修正機能が既に実装されているため，これを併用することで対処する．

グループにおける合意形成プロセスにおいては，合意形成を行なう相手の間で交渉を行なわなければならない．しかしながら，評価構造が複雑で階層レベルが深くなると，トレードオフ分析を行うのが煩雑となる．そこで，つぎに意思決定問題を部分問題化する．すなわち，評価構造を上位レベルで分割し，各部分構造について順に交渉を進めていくことにする．そして交渉の手順として，上述の重要度の感度係数を利用したヒューリスティックなアプローチを提案する．以下では，参加者が 3 人以上の場合を想定する．

4.5.2 トレード オフ分析方法

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 (4.3) の値を算出する．

$$g_{ij}^x(y, k) = h^x(k) \hat{w}_{ij}^x(k) S^x(k) r^x(y, k) \quad (4.3)$$

$$= h^x(k) \begin{bmatrix} \frac{\partial w_1^x(k)}{\partial a_{ij}^x(k)} & \frac{\partial w_2^x(k)}{\partial a_{ij}^x(k)} & \cdots & \frac{\partial w_n^x(k)}{\partial a_{ij}^x(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_{11}^x(k) & s_{12}^x(k) & s_{1m}^x(k) \\ s_{21}^x(k) & s_{22}^x(k) & s_{2m}^x(k) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ s_{n1}^x(k) & s_{n2}^x(k) & s_{nm}^x(k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1^x(y, k) \\ r_2^x(y, k) \\ \cdot \\ r_m^x(y, k) \end{bmatrix}$$

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ー

- $w^x(k) \cdots$ 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 $(w_1^x(k), w_2^x(k), \cdots, w_n^x(k))$
- $\hat{w}_{ij}^x(k) (= \partial w^x(k) / \partial a_{ij}^x(k)) \cdots$

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

- $S^x(k) \cdots$ 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 $s_1^x, s_2^x, \cdots, s_n^x$ を行方向に並べて構成される $n \times m$ 行列
- $r^x(y, k) \cdots$ 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 $(-1 \leq r_i^x(y, k) \leq 1, 0: \text{要求無し}, \text{正: 増}, \text{負: 減})$

図 4.1 に評価構造のある部分における各変数の関係を示す。

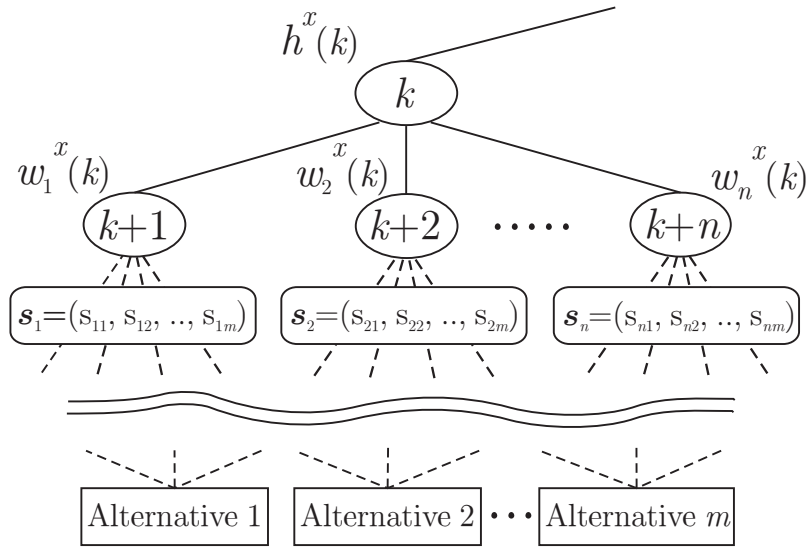


図 4.1: 評価構造における感度係数の算出

$\hat{w}_{ij}^x(k)S^x(k)$ は、評価項目 i と評価項目 j の一対比較値に関して、現在の値よりも評価項目 i を評価項目 j よりも重視した場合の代替案の重要度の変化量である。この変化量は、代替案の重要度が増加する方向に変化する場合には、正の値を示し、代替案の重要度が減少する方向に変化する場合には、負の値を示す。 $\hat{w}_{ij}^x(k)S^x(k)$ に $r^x(y, k)$ を掛け合わせることで

により,たとえば, $r^x(y, k)$ で1を指定すれば,代替案の重要度の変化量が正であれば加算され,負であれば減算される.また, $r^x(y, k)$ で-1を指定すれば,代替案の重要度の変化量が正であれば減算され,負であれば加算されることになる.なお,0を指定すれば,代替案の重要度の変化量は無視されることになる.したがって,式(4.3)は,評価項目 k において,評価項目 i を評価項目 j よりも重視するように一対比較値を変化させた時に相手の要求に満足する方向への変化量,すなわち相手に与える効用の度合を示すことになる.

即ち, $g_{ij}^x(y, k)$ は,参加者 x が相手 y の要求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,正值は歩み寄りを,負値は反発を意味する.

図4.2に問題構造のサブブロックにおける相手からの要求を満たす方向に変化する一対比較ペアとその効用値を探索し,これを参考にして自分の一対比較値を変更するモデルを図示する.

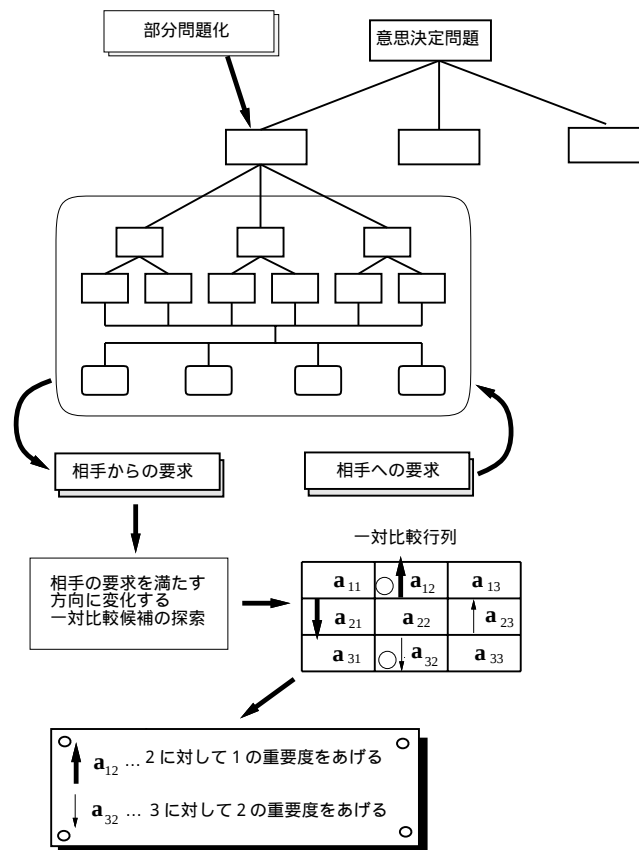


図 4.2: トレード オフ分析による重要度変更操作の概念

4.5.3 合意形成支援の手順

本章での提案方法を用いて参加者がどのように合意形成を進めていき、またシステムがどのように参加者間の合意形成プロセスを支援するかについて、以下にその手順を説明する。

1. 個人の視点情報

参加者各自が意思決定問題に対して自分自身の視点情報を求める。

2. 個人の視点情報の修正

もし得られた視点情報が、自己本来の価値判断あるいは直観と合わない場合は、視点情報を重要度レベルで修正する。この修正には本章で提案する重要度の感度係数を利用したトレードオフ分析支援方法を個人レベルで適用する。

3. 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コンフリクトの有無を評価項目の重要度のレベルで抽出する。

4. 部分問題化

意思決定問題を部分問題としてとらえて評価構造を部分構造化し、コンフリクトが生じている部分構造について合意形成の対象とする。

5. 要求提示

参加者間で調整を試みる部分構造において他の参加者それぞれの代替案の重要度に対して自分の要求を提示する。同様に他の参加者それぞれからも自分に対する要求を受け取る。

6. トレードオフ分析

この要求をもとに前述の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び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出す。変更になんて納得がいかなければ、別の代替的な一対比較の変更候補を検討する。このように一対比較レベルでトレードオフ分析を行なう。

7. 各自の重要度の変更

トレードオフ分析の結果を考慮して、一対比較により自分の重要度を変更する。ただし、ここでは協調的問題解決に向けた歩みよりを前提とする。

8. 合意形成判断

それぞれが変更した結果を参加者全員に提示される．全員が納得すれば合意が成立し，一人でも参加者が納得しなければ，合意は不成立となる．

合意点に到達したか判断するための基礎情報として，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全ての順位が全員一致した段階をとる．

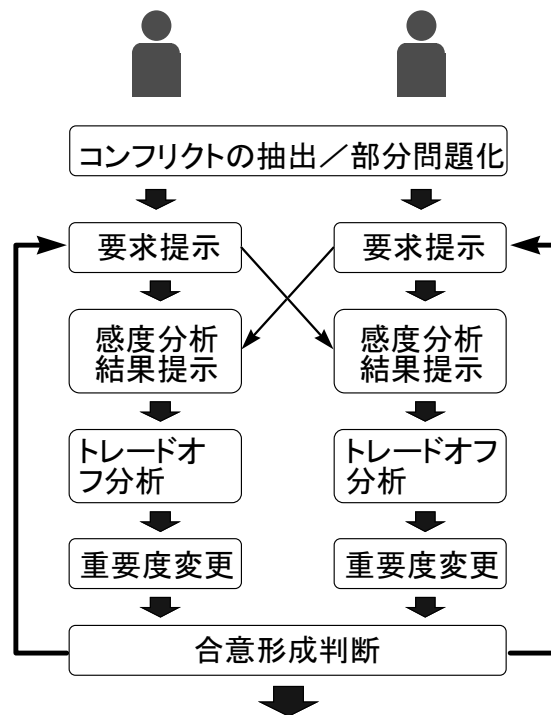


図 4.3: 合意形成支援の手順

手順 3 から手順 8 までの流れを図 4.3 に示す．合意が得られなければ，再び上記の 5 ～ 8 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部分問題に移行して 5～8 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．

まず参加者 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 y も 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 $g_{ij}^x(y, k)$ を算出して、この値の大きい順 (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．これにより、参加者が相手に歩み寄るために変更可能な一対比較ペアの候補を探索する負担を軽減させることが可能となる．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．

この時、もし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 (Harker 法) を利用して整合性がとれるようにシステムが仮の一対比較値を与えた一対比較候補が存在した場合には、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．そして、一対比較値の変更に伴い参加者 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．

4.5.4 合意形成の判断支援

合意形成の判断情報として、視点の重要度の推移のほか、非合意度および妥協度を以下のように定義し、これらの時間軸上の推移を全員に提示する．

評価項目間重要度による非合意度と妥協度の定義

各参加者の視点情報を用いて、式 (4.4) に評価項目 k における参加者 x の妥協度 $d_c(x, k)$ 、式 (4.5) に評価項目 k における参加者 x と参加者 y の非合意度 $e_c(x, y, k)$ をそれぞれ定義する． $e_c(x, y, k)$ は他者との価値観の違いの大きさを表すものと考えられる．

評価項目 k における参加者 x の妥協度 $d_c(x, k)$

$$d_c(x, k) = ||c(x, k) - \hat{c}(x, k)|| \quad (4.4)$$

評価項目 k における参加者 x と参加者 y の非合意度 $e_c(x, y, k)$

$$e_c(x, y, k) = ||c(x, k) - c(y, k)|| \quad (4.5)$$

ここで $c(x, k)$ 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、 $\hat{c}(x, k)$ は、合意形成プロセスに入る直前における参加者 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である。

代替案重要度による非合意度と妥協度の定義

同様に、評価項目 k から見た各参加者の代替案の重要度ベクトル $a(x, k)$ を用いて、非合意度および妥協度をそれぞれ式 (4.6) および (4.7) のように定義する。

評価項目 k における参加者 x の妥協度 $d_a(x, k)$

$$d_a(x, k) = \|a(x, k) - \hat{a}(x, k)\| \quad (4.6)$$

評価項目 k における参加者 x と参加者 y の非合意度 $e_a(x, y, k)$

$$e_a(x, y, k) = \|a(x, k) - a(y, k)\| \quad (4.7)$$

ここで $a(x, k)$ は、合意形成途中段階における参加者 x の評価項目 k から見た代替案の重要度ベクトル、 $\hat{a}(x, k)$ は、合意形成プロセスに入る直前における参加者 x の評価項目 k から見た代替案の重要度ベクトルである。

参加者は、妥協度 $d_c(x, k)$ および $d_a(x, k)$ により他者との妥協の度合の違いを判断し、非合意度 $e_c(x, y, k)$ および $e_a(x, y, k)$ により他者との合意への収束度合を判断する。

4.5.5 合意形成プロセスの履歴蓄積

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、履歴として蓄積する。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する。

4.6 例題

例題として、比較実験を行う関係から 3.5 節で用いた各都道府県の行政課題である「住みやすさ」[経済企画 96] について、各参加者の都道府県評価の順位のばらつきをまとめるテーマを用いて説明する。

なお，評価項目からみた都道府県の重要度には，個人の一对比較による主観評価の代わりに客観的な統計データ [社会調査 95] から算出した重要度を用いた．したがって，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．評価構造の各レベルにおける重要度は，表 4.1～表 4.6 のように与えられているものとする．この時レベル 1 の意思決定テーマ ($k = 0$) に直属する評価項目 4 項目に参加者 x が与えた重要度から求められる感度係数 $\hat{w}_{ij}^x(0)$ を，表 4.7 に示す．

つぎに，相手 y から自分の代替案重要度に対して神奈川 -0.1, 静岡 0.4, 京都府 -0.5 の要求，すなわち， $r^x(y, 0) = (-0.1, 0.4, -0.5)$ を受けたものとする．この時， $k=0$ における $g_{ij}^x(y, 0)$ の値は，表 4.2～表 4.5 の $s_{21}^x, s_{22}^x, \dots, s_{24}^x$ および表 4.7 の $\frac{\partial w_n^x}{\partial a_{ij}^x}$ を用いて式 (4.8) で得られる．なお意思決定テーマでの重要度は 1.0 であるから $h^x(0) = 1.0$ である．

$$g_{ij}^x(y, 0) = h^x(0) \hat{w}_{ij}^x(0) S^x(0) r^x(y, 0) \quad (4.8)$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{\partial w_1^x(0)}{\partial a_{ij}^x(0)} & \frac{\partial w_2^x(0)}{\partial a_{ij}^x(0)} & \frac{\partial w_3^x(0)}{\partial a_{ij}^x(0)} & \frac{\partial w_4^x(0)}{\partial a_{ij}^x(0)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_{21}^x \\ s_{22}^x \\ s_{23}^x \\ s_{24}^x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.1 \\ 0.4 \\ -0.5 \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

ここで表 4.2～表 4.5 から，

$$S^x(0) = \begin{bmatrix} s_{21}^x \\ s_{22}^x \\ s_{23}^x \\ s_{24}^x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.348 & 0.288 & 0.363 \\ 0.318 & 0.345 & 0.336 \\ 0.327 & 0.341 & 0.330 \\ 0.317 & 0.351 & 0.331 \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

である．

以上から，意思決定テーマ ($k=0$) から見た代替案の重要度において，相手 y から受けた要求 $r^x(y, 0)$ に対して評価項目 i を評価項目 j よりも重視した場合に，相手の要求にどの程度沿うかという変化量 $g_{ij}^x(y, 0)$ を算出した値を表 4.8 に示す．同表で負の値は相手の要求に反発することを意味している．したがって，この表から相手の要求 $r^x(y, 0)$ に沿う場合に最も効果の高い一对比較の変更候補は $g_{41}^x (= 7.0)$ であり「生命」よりも「生きがい」を重視すればよいことがわかる．

表 4.1: レベル 1 ($k=0$) の重要度

評価項目	重要度	代替案	重要度
生命	0.227	神奈川県	0.326
安定性	0.539	静岡県	0.332
発展性	0.170	京都府	0.341
生きがい	0.064		

表 4.2: レベル 2 生命 ($k=1$) の重要度

評価項目	重要度	代替案	重要度 (s_{21}^x)
健康	0.250	神奈川県	0.348
安全	0.750	静岡県	0.288
		京都府	0.363

表 4.3: レベル 2 安定性 ($k=2$) の重要度

評価項目	重要度	代替案	重要度 (s_{22}^x)
就労	0.251	神奈川県	0.318
所得・消費	0.673	静岡県	0.345
家庭・福祉	0.075	京都府	0.336

表 4.4: レベル 2 発展性 ($k=3$) の重要度

評価項目	重要度	代替案	重要度 (s_{23}^x)
学校教育	0.297	神奈川県	0.327
居住環境	0.540	静岡県	0.341
交通・通信	0.163	京都府	0.330

表 4.5: レベル 2 生きがい ($k=4$) の重要度

評価項目	重要度	代替案	重要度 (s_{24}^x)
参加・連帯	0.143	神奈川県	0.317
文化・余暇	0.857	静岡県	0.351
		京都府	0.331

表 4.6: レベル3の代替案重要度

評価項目	神奈川県	静岡県	京都府
健康	0.336	0.328	0.336
安全	0.352	0.275	0.373
就労	0.299	0.386	0.315
所得・消費	0.326	0.331	0.343
家庭・福祉	0.310	0.344	0.346
学校教育	0.298	0.360	0.341
居住環境	0.328	0.345	0.327
交通・通信	0.380	0.296	0.324
参加・連帯	0.305	0.357	0.338
文化・余暇	0.319	0.351	0.330

表 4.7: 参加者 x のレベル1の感度係数

$a_{ij}^x(0)$	$\frac{\partial w_1^x(0)}{\partial a_{ij}^x(0)}$	$\frac{\partial w_2^x(0)}{\partial a_{ij}^x(0)}$	$\frac{\partial w_3^x(0)}{\partial a_{ij}^x(0)}$	$\frac{\partial w_4^x(0)}{\partial a_{ij}^x(0)}$
(1,1)	0.000	0.000	0.000	0.000
(1,2)	0.305	-0.428	0.096	0.027
(1,3)	0.029	-0.005	-0.022	-0.002
(1,4)	0.010	-0.001	-0.005	-0.004
(2,1)	-0.019	0.027	-0.006	-0.002
(2,2)	0.000	0.000	0.000	0.000
(2,3)	-0.009	0.026	-0.017	0.000
(2,4)	-0.004	0.013	-0.003	-0.005
(3,1)	-0.116	0.021	0.087	0.008
(3,2)	0.078	-0.236	0.156	0.003
(3,3)	0.000	0.000	0.000	0.000
(3,4)	-0.002	-0.006	0.012	-0.004
(4,1)	-0.165	0.018	0.076	0.070
(4,2)	0.099	-0.314	0.080	0.135
(4,3)	0.027	0.094	-0.184	0.062
(4,4)	0.000	0.000	0.000	0.000

また逆に最も相手の要求に反発する結果となる一対比較の変更候補は $g_{12}^x (= -12.0)$ であり「生命」を「安定性」よりも重視すればよいことがわかる。

同様の感度計算を任意の k (この例では $k=0,1,2,3,4$) について $g_{ij}^x(y, k)$ を求めることができる。すなわち、AHP 評価構造の任意のレベルの任意の評価項目において相手の要求を一対比較レベルで明確に把握することが可能となる。さらに重要度の相違点について $g_{ij}^x(y, k)$ を参照しながら妥協可能な一対比較候補を絞り込み、さらにその一対比較値を変更して重要度を修正することで合意に向けた収束のプロセスを早めることが可能となる。

なお直接代替案を評価するリーフノードにおいては、式 (4.3) は $n = m$ となり、 $w^x(k)$ はリーフノード k から見た代替案の直接評価と同一になるので、 $S^x(k)$ を単位行列とみなして算出する。また評価項目間の重要度について感度分析を適用したい場合は、式 (4.3) において、 $h^x(k) = 1.0$ 、 $S^x(k)$ を単位行列と見なして算出する。さらに $r^x(y, k)$ において $y = x$ とおくことで、式 (4.11) を得る。

$$g_{ij}^x(x, 0) = h^x(0) \hat{w}_{ij}^x(0) S^x(0) r^x(x, 0) \quad (4.11)$$

したがって、自分自身の問題構造に要求を与えて、自己の評価に満足がいかない場合や評価の整合が取れていない場合における重要度の修正に役立てることができる。

相手が複数人の場合は、 $g_{ij}^x(y_1, k), \dots, g_{ij}^x(y_p, k)$ をそれぞれの要求 $r^x(y_1, k), \dots, r^x(y_p, k)$ から算出し、同時に参照できるようにする。

4.7 特徴

本方法の特徴は、相手の評価項目における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互いに要求を与えることで、評価構造を構成する全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を把握すること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。

また相手から要求を受け取った側では、相手が要求する（あるいは相手の要求に妥協する）場合に効果がある一対比較変更候補が複数リストアップされることになる。この中にトレードオフの関係が存在して、ある一対比較の変更妥協できない場合は、さらに別の妥協候補としての一対比較を選択することが可能である。

表 4.8: 相手 y の要求に対するレベル 1 における感度

一対比較 a_{ij}	感度 $g_{ij}^x(y, 0)(\times 1000)$
(1, 1)	0.0
(1, 2)	-12.0
(1, 3)	-1.2
(1, 4)	-0.4
(2, 1)	0.7
(2, 2)	0.0
(2, 3)	0.4
(2, 4)	0.1
(3, 1)	4.7
(3, 2)	-3.1
(3, 3)	0.0
(3, 4)	0.1
(4, 1)	7.0
(4, 2)	-3.3
(4, 3)	-0.7
(4, 4)	0.0

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なえ，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）効果的な分析が行なえる方法といえる．

また自分の代替案の評価値に対して要求 $r^x(x, k)$ を与えることにより，自己評価結果において，納得のいく評価への修正あるいはトレードオフ分析を行うことができる．

4.8 システムへの実装

1. 自己の評価項目間の重要度修正支援

一対比較の結果得られた自己の評価項目間の重要度が自己の主観と合わず納得できない場合に、重要度の感度係数を利用して希望の重要度に効率よくかつ簡便に修正できる機能を持たせた。

まず、現在の重要度に対して、「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）を図4.4に示すようなスケールダイアログボックスから入力する。この例では、「すみやすさ」についての4つの評価項目間の重要度に対して、「生きがい」をもっと重視し、「安定性」も次いで重視したいが、「生命」はもっと重視しなくてもよく、「発展性」もそれほど重視しなくてもよいというような要求を与えている。

この結果、この要求を満たす一対比較の修正候補が、図4.5の例のように、修正効果の高い順にリストアップされる。このリストを上から順に見て、自己の価値判断と照らし合わせて修正してもよさそうな一対比較候補があれば、その一対比較値をガイドされた方向へ修正することで効率的に自己視点の重要度の修正が行える。

2. 自己の代替案の重要度修正支援

一対比較の結果得られた自己の代替案の重要度が自己の主観と合わず納得できない場合にも、同様の手順で希望の重要度に修正できる機能を持たせた。

図4.6の例では、現在の評価値に対して京都の得点を上げ、これに若干弱い程度に静岡の得点を下げ、東京は少し下げたいことを意図している。

この入力指示により、式(4.3)の算出結果から一対比較の修正候補の一覧表示画面が図4.7のように表示される。この例では、評価構造の第2レベルでの結果を表示しており、レベル表示のボタンをクリックすることで、それぞれのレベルでの結果が表示される。この一覧を参照して自分の代替案の重要度を希望に沿うように修正する。

例えば、図4.7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自分の希望に沿う結果となることを意味している。この項目欄をダブルクリックすることで一対比較画面が表示され、一対比較値を変更することができる。一覧リストの右端に表示さ

れる数値は $g_{ij}^x(x, k)$ 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自分の希望通りに変更できる効果が高いことを意味する．

3. 合意形成段階の要求提示

合意形成段階では，同様の要求入力をコンフリクトを生じた相手の代替案の重要度に対して与えることができる．したがって，お互いに要求を受け取り合うことになる．手順は，自己の代替案の重要度修正支援の場合と同じであるが，図 4.6 の画面において，相手の代替案の重要度に対する要求を入力する点異なる．

4. 他者からの要求を参考にした自己の重要度修正

相手からの要求値を受け取ると，式 (4.3) 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が図 4.7 と同様に表示される．これを参考にして自分の重要度を修正する．この場合，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．この数値が正の値で示される一対比較を指定方向へ修正することで，相手側の要求に沿う結果となり，反対に負の値で示される一対比較を指定方向へ修正すると相手に反発する結果となる．

また同時に自己の代替案の重要度修正支援画面を実行することで， $g_{ij}^x(y, k)$ と $g_{ij}^x(x, k)$ の違いから， x と y 双方の間のコンフリクト部分とその強弱関係を一対比較レベルで明確に把握することができる．

5. 合意形成の判断

合意形成判断の確認画面例を図 4.8 に示す．画面の上下に任意の相手との交渉による重要度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 4.9 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．

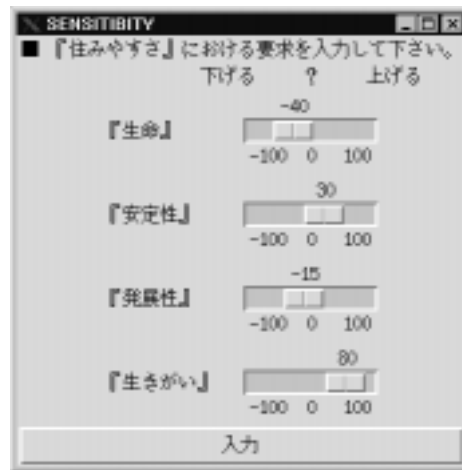


図 4.4: 自己の評価項目間の重要度に対する要求入力

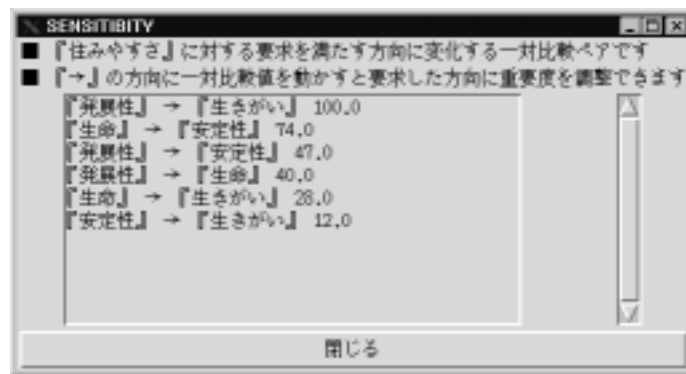


図 4.5: 自己の評価項目間重要度への要求に基づく一対比較修正候補の一覧

4.9 評価実験 1 自己主観評価の修正

4.9.1 実験方法

自己主観評価の修正は，3.5 節の評価実験でも合意形成段階に入る前の準備段階で各自が必要に応じて行っているが，ここではさらに詳しい考察を行うため，追加実験を行った．なお，実験には GN-I の一部を単体利用向けに Windows 版に移植，改良した AHP-aid (AHP software for assisting interactive decision-making) [加藤 97a] システム (研究開発版) を用いた．

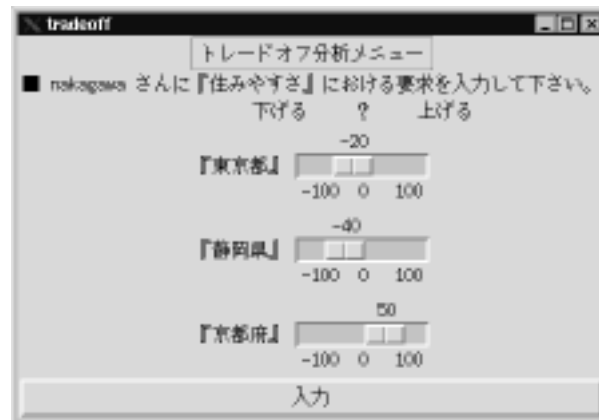


図 4.6: 自己の代替案重要度に対する要求入力



図 4.7: 自己の代替案重要度への要求に基づく一対比較修正候補の一覧

3 章とのつながりから「住みやすさ」に関してどの都道府県が住みやすいかについて個人レベルで主観判断に基づく評価を行う例題を用いた．被験者は，3 人である．

実験手順をつぎに示す．

1. 問題構造の理解

まず最初に被験者に代替案候補を選んでもらい，AHP 評価構造と代替案を直接評価する統計細目（各県個別の統計値は省略）を手持ち資料とし問題状況を理解してもらう．



図 4.8: 合意形成の確認画面

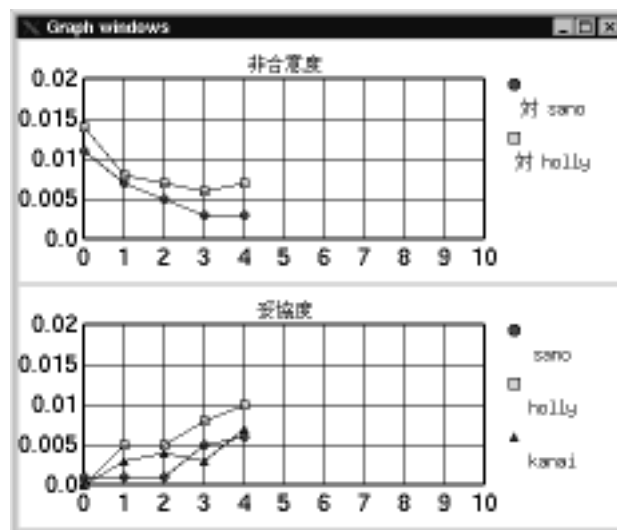


図 4.9: 非合意度および妥協度の変遷

2. 代替案データに依存しない主観評価 (直観評価)
つぎに自分の知識, 経験あるいはイメージに基づいて従来の AHP 法で一通りの一対比較を行う。ただし代替案の直接評価に対する一対比較は行わない。
3. 主観評価が終了した段階で, 代替案の各県の統計データを利用して代替案の総合重要度を算出し, そのランキングを表示する。

4. 代替案のランキング結果を見て，納得がいく，あるいは逆に修正が必要かどうか判断する．
5. 結果に納得がいかないと判断した被験者に対して，つぎの追加実験を行う．
 - 統計細目に各県個別の統計データが記入された資料（3. で用いた統計データの詳細）を被験者に渡して，これを参照しながら感度分析機能を使用せずに，納得のいくように主観評価を修正する．
 - 修正前の評価結果を用いて，今度は感度分析機能を使用して同様に主観評価の修正を試みる．ただし，感度分析機能を使用しなかった時の学習効果による影響をなるべく抑えるため，システムが提示する一対比較候補のみを選択することとする．

4.9.2 実験結果

まず，代替案の直接評価に依存しない主観評価（直観評価）では，全員が予想したランキングと異なるという結果が得られた．そこで，引き続いて自己主観評価の修正を行ってもらい，終了後に被験者の操作ログを分析した結果を以下に示す．一対比較の実施回数，所要時間，操作判断速度の結果を表 4.9 に示す．表中の値は全員の平均値を取っている．

表 4.9: 実験結果 (1)

	一対比較修正回数	所要時間（分）	修正の早さ（秒/回）
初回評価	19.3	8.0	24.9
自己評価の修正 (感度分析未使用)	6.3	7.7	73.3
自己評価の修正 (感度分析使用)	9.3	4.7	30.3

また，評価構造のどの部分の一対比較をどのような頻度で行ったかを操作ログデータから調べた．表 4.10 にそれぞれにおける評価項目ごとの一対比較の実施回数を示す．

なお，代替案に関する統計データを見ながら，同様の形式で評価を行う実験も併せて行った．その結果，全員が予想通りのランキングとなる結果を得た．ただし，算出重要度の値については，同一ランキングの範囲内で調整の余地があった．

表 4.10: 実験結果 (2)

被験者		A	B	C
初回評価	すみやすさ	6	10	10
	生 命	1	1	1
	安定性	6	3	8
	発展性	3	3	3
	生きがい	1	0	2
	合 計	17	17	24
自己評価の修正 (感度分析未使用)	すみやすさ	0	0	0
	生 命	0	0	0
	安定性	0	0	3
	発展性	1	6	3
	生きがい	5	0	1
	合 計	6	6	7
自己評価の修正 (感度分析使用)	すみやすさ	9	3	5
	生 命	0	1	1
	安定性	0	1	0
	発展性	2	4	0
	生きがい	2	0	0
	合 計	13	9	6

4.9.3 考察

まず，直観評価においては，各県の統計情報がないために，過去の知識，経験あるいはイメージで一対比較判断を強いられることになったため，実際の統計データに基づいて評価した結果との間にギャップが生じたものと推察される．

また，従来の AHP 評価では，代替案ランキングに自己の主観判断とのギャップが生じなかったのは，各県の統計データを参照することで，代替案に対する優劣判断が意識的に一対比較判断に影響したためと考えられる．しかし，代替案の重要度の値に対しては，もう少し差をつけたいといったような改善の余地があった．

これらのギャップが生じた原因をまとめるとつぎの5つが考えられる．

1. 情報不足による判断ミス .
2. 自己の主観判断の思い違い , あるいは情動 , 信念 , 直観などの心的作用 .
3. 評価項目数が多い場合 , 人間は全体把握を行って , 特徴あるもの以外は間引き評価する傾向があるが , AHP 評価は全ての項目を網羅した評価を行わねばならないことの違い .
4. 評価に用いた問題構造が自己の主観を適切に表現する目的に合致していない .
5. 代替案の直接評価には , 統計データの各指標値の単純平均を用いたため , 各項目の特徴が相殺されてしまい , 各県の特徴が適切に反映されていない可能性がある .

4. に関しては , とくにグループ意思決定を前提とした場合 , 全員で共通の問題構造を作成する必要があるが , 本来 , 同一の意思決定問題に対しても問題構造は , 個人によって多少異なることがわかっている [女部田 96][中條 96b] . したがって , 共通の問題構造を設定しても , 各自の主観をすべて適切に表現できるとは保証されないので , 与えられた問題構造の中で合意形成を進めざるを得ないのが現実である .

5. に関しては , 代替案を直接評価する項目の選び方が影響しているものと推測される . 各県の特徴をよく表しているような項目を包絡分析法 (DEA : Data Envelope Analysis) [刀根 93] などの方法を用いて絞り込むことで , 改善が期待できると思われる [大西 97][小川 97] .

表 4.9からは , 感度分析使用の有無に関しては , 使用時の方が , 短時間で多くの修正を行っている傾向が現れた . 修正の早さでは , 約 2 倍の差が生じている .

表 4.10において , 感度分析を使用しない場合は , 局所的な修正で解決しようとしたのに対し , 感度分析を使用した場合は , より広い箇所へ渡って短時間で修正を行い , 希望通りになったケース (被験者 A , B) と , 感度分析を使用して , 的を絞って効率良く修正したケース (被験者 C) が見られた . たとえば , 被験者 A では , 2 箇所 6 回の修正 (感度分析未使用時) が 3 箇所 13 回の修正 (感度分析使用時) , 被験者 B では , 1 箇所 6 回の修正が 4 箇所 9 回の修正 , 被験者 C では , 3 箇所 7 回の修正が 2 箇所 6 回の修正となった . また全般にいえることは , 感度分析使用時は , 未使用時と異なる箇所の一対比較を多く行っており , 学習効果は大きな影響を与えていないものと考えられる . なお , どの被験者も感度分析を使用した方が , 使用しなかった場合に比べ , 満足のいく結果となった .

また被験者からは , 本章で提案した感度分析の必要性および効果のそれぞれについて以下のコメントが得られた .

提案した感度分析法の必要性（感度分析機能を用いなかった時のコメント）

- 感度分析を使用しない場合，局所的な修正でなんとか希望通りにならないか試みているうちに修正回数を重ねて手間どることになった．
- 代替案ランキングで1位と2位の入れ替え程度ならば，なんとか修正できるが，3位以下まで含める場合，あるいは代替案数がもっと多い場合，希望通りのランキングに修正するのはますます困難になると予想される．
- 希望通りに代替案の重要度をコントロールするためには，評価構造のどの一対比較をどのように変更すればよいか見当がつかなかった．評価構造が複雑になれば，この傾向はさらに顕著になる（例題では「すみやすさ」で6箇所，「生命」と「生きがい」でそれぞれ1箇所，「安定性」と「発展性」でそれぞれ3箇所，合計14箇所の一対比較がある．さらに一箇所の一対比較に対して一対比較値は，17通り（1/9～9）選べるので，比較的簡単な例題の評価構造でも， $14 \times 17 = 238$ 通りの修正が存在する．）

提案した感度分析法の効果（感度分析機能を用いた時のコメント）

- 局所的な修正に陥らず，構造全体を見渡した修正が行える．
- 修正候補の探索もれがない．
- 一対比較の修正候補リストの中から効果が高いものを優先的に修正できる点がよい．
- 同様に修正効果が高いものでも修正に納得いかないものはパスしてつぎの修正候補に移れるので，納得のいく範囲で主観評価が行えた．
- 代替案の数が増えても微調整が行える．
- 評価構造がある程度複雑でも使えそうである．

以上のことから，感度分析を使用した場合は，納得のいく代替案のランキングになるようにするための一対比較の修正候補を評価構造全体に渡り探索した情報が提示されるため，修正すべき一対比較候補の探索や重要度の微調整の作業負担が軽減され，効果的に主観評価を修正できたことがわかった．

4.10 評価実験 2 合意形成支援への適用

4.10.1 実験方法

3.5 節での評価実験と同じ例題を用いて合意形成支援機能の使用の有無による比較実験を行った。9 人の学生を 3 人編成のグループ 3 班に分けて本学のコラボレーションルームで実験を行った。また実験手順は、3.5.1 項で述べた手順にしたがった。

4.10.2 実験結果

実験の結果を表 4.11 に示す。グループ A および B は 3.5 節での評価実験グループであり、合意形成支援機能は使用しておらず、グループ C、D、E は合意形成支援機能を使用した。なお、表 4.11 中における合意判断回数は、図 4.8 での合意判断回数を示す。

表 4.11: 実験の結果

	グループ A	グループ B	グループ C	グループ D	グループ E
参加者数 (人)	3	2	3	3	3
所要時間 (分)	220	100	95	153	84
合意判断回数	7	9	3	6	4
最終合意状態	二者順位一致	順位一致	順位一致	順位一致	順位一致

また実験終了後、被験者に対して実施したアンケート結果を表 4.12 に、アンケートの各項目を以下に記す (機能レベル 2 項目) (1) 重要度修正時の感度分析機能 (2) 合意形成プロセスでのトレードオフ分析機能 (思考レベル 6 項目) (3) 自分に対する他者の要求内容の把握のしやすさ (4) 自分の要求の他者への反映度 (5) 重要度の修正判断の容易さ、(6) グループにおける自分のポジションの把握のしやすさ (7) 従来の多数決あるいは平均値法に比べての満足度 (8) 総合評価

なお、被験者から以下のコメントが得られた。

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。

表 4.12: 評価アンケートの集計結果 (表中の数字は人数)

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) 重要度修正時の感度分析機能	0	0	5	4	0
	(2) 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
思考レベル	(3) 自分に対する他者の具体的な 要求内容の把握	0	4	2	1	2
	(4) 自分の要求の他者への反映度	0	4	2	3	0
	(5) 重要度の修正判断の容易さ	0	1	2	3	3
	(6) グループにおける自分の ポジションの把握	0	1	1	4	2
	(7) 多数決/平均値法に 比べての満足度	0	5	0	3	4
	(8) 総合評価	0	2	5	4	1

2. 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，デルファイ法の効果的な支援が行なえる．

4.10.3 考察

まず，合意形成支援機能の使用の有無による違いであるが，3章の実験結果と比べた結果からは，表 4.11に示したように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合意判断回数および所要時間ともに縮まる傾向が見られた．そこで，合意プロセスにおける収束度 c を以下のように定義して，5つのグループにおける収束度を比較した．ここで評価構造は5つのグループで同一としたため，グループ全体における比較が可能であるが，代替案はそれぞれのグループで異なるので，グループ単位での収束度として求めた．

まず，あるグループの参加者 x と y の非類似度 $d_{xy}(x \neq y, 1 \leq x \leq p, 1 \leq y \leq p, p$ はグループの構成人数) は，式 (4.12) で得られる．

$$d_{xy} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (w_{xk} - w_{yk})^2} \quad (4.12)$$

ここで， w_{xk} は参加者 x の評価構造の最下位の評価項目 $k(1 \leq k \leq n)$ の重要度である．
つぎに合意形成プロセスに入る直前のグループにおける非類似度の平均 $\bar{d}_s$ (式 (4.13))，合意最終段階のグループにおける非類似度の平均 $\bar{d}_e$ (式 (4.14)) および表 4.11における合意判断回数 n を用いて合意プロセスにおける収束度 c を式 (4.15) により定義する．

$$\bar{d}_s = \sum_{x=1}^p \sum_{y=1}^p d_{xy}^s / p(p-1) \quad (4.13)$$

$$\bar{d}_e = \sum_{x=1}^p \sum_{y=1}^p d_{xy}^e / p(p-1) \quad (4.14)$$

$$c = (\bar{d}_s - \bar{d}_e) / n \quad (4.15)$$

ここで， d_{xy}^s ， d_{xy}^e は，それぞれ合意形成プロセスに入る直前のグループの非類似度，合意最終段階におけるグループの非類似度である．したがって，式 (4.15) は，合意判断一回当りの非類似度の変化の平均勾配を表しており，合意形成プロセスにおける各参加者の視点情報の収束度を示す一つの指標としてとらえることができる．

表 4.13: 各グループの収束度の比較

	グループ A	グループ B	グループ C	グループ D	グループ E
d_s	0.332	0.289	0.258	0.409	0.433
d_e	0.197	0.142	0.160	0.118	0.316
n	7	9	3	6	4
c	0.019	0.016	0.033	0.048	0.029
	A,B 平均 $\bar{c}$	0.018	C ~ E 平均 $\bar{c}$	0.037	

表 4.13に各グループの収束度 c の算出結果を示す．表 4.13からは，合意形成支援機能を使用した方が，使用しない場合に比べて収束度 c の値が約 2 倍高いことがわかる．

また各参加者の評価項目間の重要度の変遷を調べたところ，妥協したくない評価項目のウエイトは，あまり変化がないことがわかった．したがって，上記の収束度の違いを考慮すると，トレ－ドオフ分析支援機能を用いることで，各参加者は妥協できる箇所の重要度を他者からの要求に沿う方向へ効率良く変更できたものと推察される．

つぎにアンケート結果からは，ほぼ平均的な評価が得られた．ただし，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 4.12 の評価項目(7))．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たためと推察される．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わかった．一方，説得された側については，満足度を高めることはできなかった．このひとつの理由として，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な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被験者からのコメントとして得られた．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捉え，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上で重要であると考えられる．

なお，お互いの要求を明らかにしたうえで，自己の要求を明示的に主張するような意思決定法は日本的文化には馴染まないとする意見もある [石井 94]．しかし，情報を公平に共有化し，議論を明示的に行う方が円滑な問題解決につながるという認識も広まりつつある．これは，参加者それぞれの立場が明らかにされ，また自己主張の根拠を示すことができる代わりに，必要以上に自己主張を通しづらくなって互譲の精神が高まるため，合意形成が促進されるとしている [清水 96]．

4.11 意思決定状況の違いにおける視点情報の移り変わりに関する考察

4.9 節の実験と関連して、つぎの3通りの状況において被験者の視点情報がどのように変わるかを評価項目の重要度レベルで調べてみた。

- 状況1：具体的な代替案を持たない状況で、一対比較した場合
- 状況2：具体的な代替案を絞りこんで、一対比較した場合
ただし、代替案に関する統計情報は持ち合わせていない（代替案のウエイト付けの前に評価項目間のウエイト付けを行うことに相当する。）
- 状況3：具体的な代替案を絞りこんで、一対比較した場合
ただし、代替案に関する統計情報を参考にする（代替案のウエイト付けを行ったあとに評価項目間のウエイト付けを行うことに相当する。）

状況1の場合は、代替案のイメージに左右されない純粋な被験者の問題構造に対する価値観が反映されると思われる。状況2の場合は、代替案に関して統計情報に基づく客観的判断ができないので、代替案に対する自己知識、経験、あるいはイメージで直観的に判断せざるを得ない。状況3の場合は、代替案に対する統計情報を知り得るため、代替案の優劣関係あるいは特徴を見出した上で評価されるものと予想される。

4.11.1 実験方法

2名の被験者D、Eそれぞれに対して、前述の「住みやすさ」の評価構造を用いてAHP-aidで一対比較を行ってもらった。ただし、状況1～3の順に評価を行い、状況2での評価結果に対して状況3での一対比較の修正を行う形式とした。また代替案は神奈川県、静岡県、京都府の3県とし、代替案のウエイトの算出結果は画面上に表示せず、被験者には見せないで実験を行った。

4.11.2 実験結果

一人の被験者Dについて上記3つの状況で評価してもらった結果を図4.10に示す。左から順に状況1、状況2、状況3の評価結果である。



図 4.10: 各判断状況下における主観評価結果

同図より、それぞれの状況に応じて一対比較判断の仕方が異なるために、評価結果にも違いが生じている。たとえば、学校教育、居住環境、交通・通信の3項目以外は、それぞれの状況に応じて変化していることがわかる。一方で、学校教育、居住環境、交通・通信の3項目は、状況にかかわらず一貫してウエイトが低いことがわかる。

同様の傾向がもう一人の被験者 E にも見られ、再現性が認められた。両被験者に共通した特徴として、判断状況の変化によりウエイトを変更した項目と、判断状況の変化にかかわらずウエイトを変更しない項目があることがわかった。

4.11.3 考察

被験者 D の場合、学校教育、居住環境、交通・通信の3項目以外は、それぞれの状況に応じてウエイトを変化させていることがわかる。この原因については、知り得た情報をもとに一対比較の判断にバイアスが加わったためと推察される。以下は、被験者 D からのコメントである。状況 1 では、家庭・福祉 (重要度 0.236)、就労 (0.17)、健康 (0.168)、参加・連帯 (0.13) を重視した。就労につくことができれば、所得・消費はあまり気にしなくてよいと判断した。

つぎに状況 2 では、静岡県、京都府のイメージに影響受けて文化・余暇のウエイトを上げた。そして文化・余暇を楽しむために必要であると判断した所得・消費を重視した。

最後に状況 3 では、統計データ上では代替案候補の県に事故や火災が多いことがわかり、安全を重視し始めた。また京都府は所得・消費の統計値が高いので、所得・消費をそれほど

重視しなくてもよいと判断し、本来の家庭・福祉を重視する形に戻った。発展性の項目である学校教育、居住環境、交通・通信については、一環してそれほど重視しなかった。これは被験者 D にとって妥協できない人生観を表しているものと解釈できる。被験者 E から項目の違いはあるが、同様のコメントが得られた。

以上から、状況 1 に対して状況 2 では、具体的な代替案名が加わるため、代替案のイメージを思い浮かべて一対比較を行いがちであることがわかった。さらに状況 3 では、代替案間の具体的な数値情報が加わるため、思い違いを改め、認識し直すと同じに、どちらを優先させたいという恣意的な判断も加わるということがわかった。本実験では、代替案の総合ウエイトを表示しなかったが、表示させた場合は代替案間の順位あるいはウエイトに対してさらに恣意的な判断が加わり、評価結果は変わるものと予想される。

以上の実験と考察から、代替案の具体性、関連情報の有無など、意思決定の判断状況が異なると、主観判断に大きく影響を与えやすく、主観判断のあいまいさが明らかになった。

本論文で対象とするグループ意思決定問題は代替案選択型であることから、合意形成プロセスの最初の段階で具体的な代替案候補は絞り込まれていることになる。したがって、2 章で提案したグループ意思決定手順 (図 3.1) の代替案評価支援では、代替案の重要度算出を先に行ったあと、評価項目間の重要度算出を行っている。

また現実問題として、意思決定者は常に理想と現実の間で妥協を余儀なくされ、かつ意思決定の判断状況は目まぐるしく変わるものであることから、自己の意思決定判断プロセスを客観的に分析することは重要と考えられる。ここでは、意思決定判断の状況の変遷に応じて主観評価が移り変わることを重要度レベルで同定できる一例を示した。

4.12 システムの新規性

本章で実装した方法の新規性は、以下の 3 点にまとめられる。

- 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、参加者全員の一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、個人の主観評価から得られる重要度ベクトルを個人の視点情報として扱い、新たにトレードオフ分析のプロセスを加えることで、各参加者の協調的な歩み寄りを行いやすくした点。

- 合意形成プロセスにおける参加者の経時的挙動を把握するために、各参加者の視点情報に加えて他者との合意度、各自の妥協度を重要度ベクトルの距離尺度を用いて定義し、これらの情報を全員が共有することで合意プロセスの明示化と収束を試みた点。

4.13 おわりに

本章では、重要度の感度係数を用いたトレードオフ分析法を提案し、例題を用いて個人における主観的判断の修正およびグループの合意形成支援の双方に適用できることを示した。

さらにシステムへの実装を行い、評価実験により実際に有用性を明らかにした。具体的には、以下のとおりである。

1. 提案方法の実装により、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ことができた。
2. 今回の実験の範囲では、合意形成プロセスにおける説得側の満足度を高めることができた。
3. グループの合意度および各参加者の妥協度の経時的変遷を提示し、また操作履歴を蓄積、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たどれるなど、合意形成プロセスにおける参加者の挙動を分析、明示することができた。

今後の予定として、一対比較値の変更に伴う整合度の悪化現象を改善する必要がある。3章で実装済みの一対比較の矛盾摘出および修正機能は、4章で実装した重要度の感度係数の算出機能とは独立しているため、整合度改善の操作性が最善とはいえない。システム内部には、既に整合度の感度係数を保持しており、これと重要度の感度係数とを組み合わせることで効果的な整合度の改善操作が期待できる。さらに不完全一対比較の場合にも対応[山口 92] することで実用性が高まる。

このほか、説得を受けた側あるいは妥協させられた側の満足度も高められるような工夫が必要である。さらに有用性を高めるために、より多くの例題および多人数グループでの評価実験を重ねて、システムの改良に反映させていく必要がある。

第 5 章

異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成 支援法とその実装

5.1 はじめに

組織におけるグループ意思決定は、グループメンバーの特性により二通りに分けられる。ひとつは同質的な小集団による意思決定である。もうひとつは異質な小集団における意思決定である。前者については 3 章および 4 章で述べたシステムの利用による支援が期待できる。しかし後者の場合は、たとえ意思決定の目的が同じでも、立場や知識が異なるために価値判断の基準が異なり、共通の評価構造自体が得難い場合も考えられる。

そこで本章では、異なる評価構造を持つ参加者間のグループ意思決定における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 (GN - II) の概要およびシステムの評価について述べる。

5.2 評価構造作成の課題

2 章で述べたように代替案選択型の意思決定問題の解決には、問題要因を構造化して代替案を評価するための評価構造を作成する必要がある。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、この評価構造の与え方次第で代替案の評価結果に大きな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この類の意思決定問題の解決では重要である。

本研究の立場では、評価構造の作成は所与ではなく、参加者間の協調作業として作成するものと位置付けている。従来から、この協調作業支援のための方法として、ISM 法、KJ 法などといった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。
3. 価値判断基準そのものが異なるため共通の評価構造が得難い。

1. の状況における従来の方法は、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ピングしたうえで、一つの評価構造の中に同列に配置するものである [清水 96]。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を与える可能性がある。つぎの 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無い評価項目の判断はできないことになる。このため全体として 1 つの共通の評価構造を用いることは適切ではない場合がある。また評価項目の数が多くなり過ぎる場合も評価の適切性を欠く場合が生じる。

1. および 2. の状況は、同時に重なることも少なくないものと考えられる。たとえば、ある実現機能に対するユーザの定性的な評価項目と、同一の機能に対する開発者あるいは設計者の定量的な評価項目が混在するような場合である。3. の状況は、1. および 2. の状況が顕著な場合として考えられる。お互いの価値判断基準そのものが異なるために全体として 1 つの評価構造にまとめることが困難な場合である。以上に述べたような場合、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、このような課題に対して評価構造の作成を検討した研究はまだ行われていない。なお、意思決定問題に対して費用と便益の観点から、それぞれの評価構造を作成して評価する方法が従来から用いられているが、これはいわば代替案の効率性を評価することが目的であり、上述の課題の解決には適さない。

そこで本章では、知識あるいは立場が異なる参加者がそれぞれ独自に評価構造を作成して代替案評価を行う状況における合意形成支援方法を提案する。

5.3 提案方法の概要

5.3.1 基本概念

意思決定問題に対する各参加者の要求を獲得し、さらに参加者間の合意形成を支援する場合、第一に考慮すべき事は、参加者の要求が個々の価値判断基準に基づき、しかも個々の知識や立場により異なる点である。そこで、それぞれの要求の違いあるいは歩み寄りの度合いを表すための基本的な尺度として、本論文で扱ってきた視点情報の重要度の考え方を導入する。すなわち、各参加者の要求を価値判断基準群に対する重要度ベクトルとして扱う。

図 5.1 に基本概念を示す。ここで参加者 p と参加者 q はそれぞれ価値判断基準が異なるが、それらの関連付けは可能であるものとする。そして参加者 p の価値判断基準での要求¹を参加者 q の価値判断基準での要求へ変換することを考える。さらに参加者 q の価値判断基準での要求を参加者 p の価値判断基準で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する。

5.3.2 関連度行列に基づく要求ベクトルの双方向変換

本節では、参加者 p と参加者 q それぞれの要求をお互いの評価構造での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) [大森 92][大森 93] あるいは品質機能展開 (QFD: Quality Function Deployment)[赤尾 90a][赤尾 90b][大藤 90] 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 [長田 93][加藤 93] を用いる。

従来 QDA は、機械工業を中心に非ソフトウェア領域で幅広く適用されてきたが、近年

¹以下、この要求を評価構造を用いて表現したものを要求構造と呼ぶ。

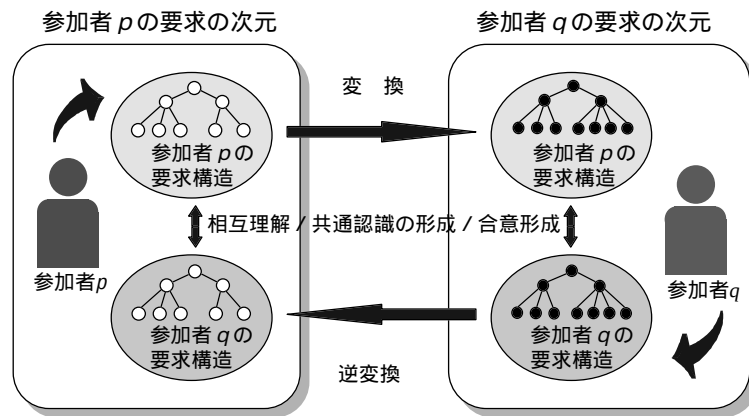


図 5.1: 基本構想の概念図

ソフトウェア領域で研究と応用が進んでいる。また Q F D も同様の方法論であるが，Q F D は Q D A よりも概念が広く，全社的な品質保証活動の枠組を網羅する [大森 93]。また Q F D においてもソフトウェア製品開発への適用事例 [情報処理 89][情報処理 89] や，Q F D 自体の支援ソフトウェアも開発されている [小野 92]。

両方法論とも製品開発における顧客満足を重視した仕様設計を目的としており，ユーザの要求を設計段階から製品の開発に反映させていくユーザ指向型の品質管理方法論である。

つぎに，QDA を例にその概要を簡単に説明したあと，関連度行列を用いた双方向変換方法について述べる。

一般にユーザの価値観は，主観的で定性的な感性指向に基づいており，一方開発側の価値観は，客観的で定量的な機能性指向に基づいていると考えられる。QDA は，このユーザの製品に対する定性的な要求品質を製品の機能的な品質要素に結びつけて設計品質を定める方法論である。同方法論では，ユーザの製品品質に対する要求と，開発者がユーザの要求を満たすために達成すべき品質とに分けて定義している。

ユーザの要求は要求品質と呼ばれ、ユーザの要求を満たすべき開発者の品質は品質要素と呼ばれる。たとえば、ワードプロセッサの開発の場合、ユーザの要求品質には「画面がみやすい」「操作しやすい」「漢字変換が早い」など定性的あるいは感性的な項目があげられる。一方、品質要素には「ディスプレイ解像度」「メニュー操作機能」「コマンド入力機能」「漢字変換方式」など機能的な項目があげられる。ここで、ユーザの要求品質は、ユーザへのアンケート調査、面接調査などを主に用いて収集される。したがって、要求品質は抽出する過程からみても、定性的な情報といえる。一方、品質要素は、ユーザの要求品質を満たすための機能的な情報といえる。両者は、概念レベルで階層的に分類され、それぞれ要求品質展開表、品質要素展開表と呼ばれる。

さて、ユーザの要求品質を品質要素に結びつけるために、まずユーザの要求品質を行の並び、開発者の品質要素を列の並びとして両項目群を対応づけたマトリックスを定義する。そして、それぞれの要求品質と品質要素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られる。さらに：5点、○：3点、：1点、記号無し：0点のような点数付けを行う。

このように与えられたマトリックスをQDAでは品質表という。したがって、品質表は二つの異なるタイプの項目群の関連度合を2次元行列で表現したものといえる。

つぎに、要求品質のそれぞれの項目に対してユーザが重要度を定め、この重要度と品質表の関連度を掛け合わせることによって、品質要素の重要度が求められる。言い換えれば、要求品質重要度を品質要素重要度に変換することによって、ユーザの要求を開発側の製品機能の細部へと反映させることができる。図5.2にQDAの基本概念を示す。

5.3.3 自己要求から相手側が解釈可能な要求への順変換

本論文で提案する変換方法では、QDAの概念におけるユーザの要求品質重要度を開発者の品質重要度に変換するプロセスに着目する。すなわち、QDAではユーザ側から開発者側への一方向の変換のみを扱っているが、これを拡張して、開発者側からユーザ側への変換を含めた双方向の変換に応用することを考える。この双方向変換を用いることで、参加者がそれぞれ異なる評価構造を持つ場合でも同次元上において比較することが可能と考えられる。そして、評価項目に関する双方の重要度ベクトルを距離空間上で最小化するなどの方針を取ることで、双方間の合意形成支援に適用できるものとする。

そこで、以下では、QDAの品質表に相当する表を関連度表と呼び、関連度表を行列表現

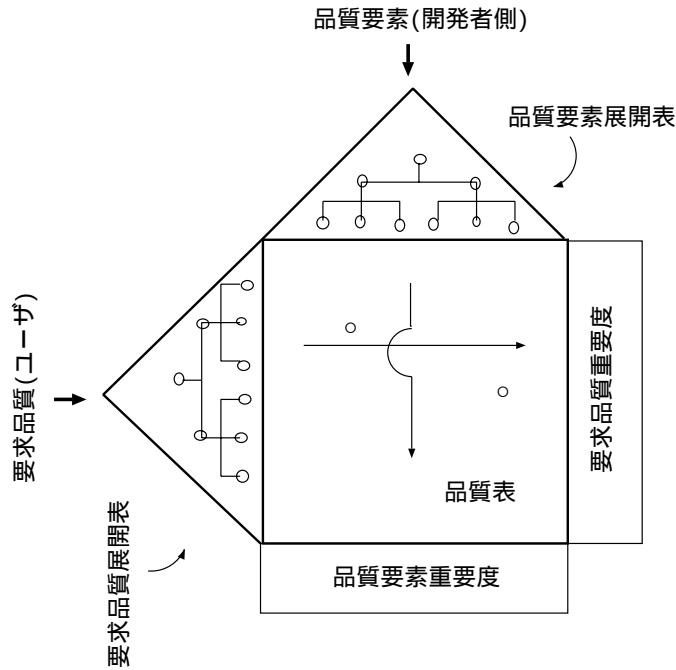


図 5.2: QDA の基本概念

したものを関連度行列と呼ぶ．またQDAにおけるユーザの要求品質重要度に対応するものを「参加者 p の要求重要度ベクトル」，開発者の品質重要度に対応するものを「参加者 q の要求重要度ベクトル」と呼ぶ．なお，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．

関連度行列を $W = [w_{ij}] (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ ，参加者 p の要求項目群を $U_i (i = 1, 2, \dots, m)$ ，その要求重要度ベクトルを $\mathbf{u} = [u_i] (u_i > 0)$ ，参加者 q の要求項目群を $V_j (j = 1, 2, \dots, n)$ ，その要求重要度ベクトルを $\mathbf{v} = [v_j] (v_j > 0)$ とすると，参加者 p の要求重要度ベクトルを参加者 q 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 $\mathbf{v}'$ は，QDAの方法論に従えば，式 (5.1)[加藤 93] で表すことができる．

$$\mathbf{v}' = W^t \mathbf{u} \quad (5.1)$$

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 p の要求項目 U_i と参加者 q の要求項目 V_j との関連の強さを表す．本論文では，式 (5.1) を順変換と呼ぶことに

する．この場合， v' の要素 v'_j は，式 (5.2) で表される．

$$v'_j = \sum_{i=1}^m w_{ji} u_i \quad (5.2)$$

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 (5.1) の変換により，参加者 q は参加者 p 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り，参加者 p が望んでいる要求項目の重要度配分を知ることが可能となる．

5.3.4 相手側要求から自己解釈可能な要求への逆変換

式 (5.1) の逆変換式として式 (5.3) を定義する．

$$u' = W' v \quad (5.3)$$

ここで， W' は式 (5.1) の逆変換用行列であり， u' は，参加者 p の要求重要度ベクトルの次元に変換された参加者 q 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 (5.4) で表される．

$$u'_i = \sum_{j=1}^n w'_{ij} v_j \quad (5.4)$$

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 (5.1) および式 (5.3) を用いることにより，参加者 p の要求が参加者 q に直接反映されると同時に，参加者 q の要求も参加者 p にフィードバックされることになる．すなわち言い換えれば，参加者 q は「参加者 p の視点」を自分の視点のレベルで把握することができ，かつ参加者 p も「参加者 q の視点」を自分の視点のレベルで把握することができ，異なる評価構造間での視点情報の共有が可能となる．

さてここで， W' にどのような行列を用いるかが問題となる．式 (5.3) における逆変換行列 W' として，つぎの 2 通りの方法の利用が考えられる．

1. Moore-Penrose 一般逆行列 $W^+ (= (W^t)^{-1})$ [加藤 93][加藤 95]
2. 転置行列 $W (= (W^t)^t = W)$ [田村 94][田村 95][後藤 96]

つぎにそれぞれの行列を用いる場合について考察する．

- Moore-Penrose 一般逆行列

逆変換行列として Moore-Penrose 一般逆行列 [岡本 92][半谷 91] を用いる．関連度行列の関連度が，参加者 p 側から見た場合におけるものとし，参加者 q 側から見た関連度を陽に表すものではないことを前提としている．この意味で関連度付けに方向性がある．ここで，関連度は，両者が合議のうえで決定するが，参加者 p 側に主体的かつ優先的な決定権がある．参加者 q 側は，参加者 p が判断できない部分に対してアドバイスをを行う立場にたつ．したがって，参加者 p の要求を積極的に参加者 q 側に直接反映させることを基本的に意図するが，参加者 q 側の要求もまたある程度参加者 p 側にフィードバックさせることができる余地を持つ．

ここで， 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 [岡本 92] を満たす場合に，任意の長方形列に対して必ず Moore-Penrose 一般逆行列が一意に定まることが知られている．

- 転置行列

逆変換行列として転置行列を用いる．参加者 p の要求項目 U_i から見た参加者 q の要求項目 V_j との関連度，かつ V_j から見た U_i との関連度が同じであるとして行列 W の要素 w_{ij} を定める．

この場合，関連度行列の作成は，両者が対等な立場で共同で行ない，双方で合意の取れた関連度を設定する．もし双方が主張する関連度の差が大きい場合は，デルファイ法 [竹村 83] を用いるなどしてグループとしての関連度を決定する．

したがって， W' として用いる行列は，2 者間の立場の関係あるいは関連度行列の決め方によって異なるものと考えられる．

以上の関係をまとめたものを表 5.1 に示す．

5.3.5 要求重要度および関連度の決定に関する考察

式 (5.1) および式 (5.3) からわかるように参加者の要求重要度ベクトルおよび関連度の与え方が，直接結果に影響を及ぼす．したがって，これらの値の設定には慎重を期す必要がある．

しかし，QDA ではアンケート調査に基づく重複頻度率，あるいは評点法（5 点法あるいは 3 点法）の平均値を用いるなど，機械的あるいは主観的な配点方法が用いられている．

表 5.1: 逆変換行列の種類

行列名	特 徴	可逆性	関連度の決め方 / 決定者	方向性
Moore-Penrose 一般逆行列	参加者 p が 主体的立場	有り	協調作業が前提 . 参加者 p 主体で 参加者 q が補う .	有り
転置行列	参加者 p と q は 対等関係	無し	協調作業が前提 . 参加者が共同で決める .	無し

従来, この配点方法の改善に関して AHP を利用した研究が既にいくつか行われている . 以下に簡単に要約しておく . これらは, 本章で提案する合意形成支援方法でも参考にした部分があり, また今後の改良に向け参考となるものである .

1. 要求重要度の算出

要求重要度の算出に評点法を用いる代わりに AHP を用いた事例が多く存在し, 有効であるとされている [大藤 90][名久井 90a][Armacost94] . 具体的には, 従来の段階的配点法に比べ, 相対評価が行いやすく, 複雑な要求構造を持つ場合でも重要視すべき項目の設定が容易となることが指摘されている [寺野 93] .

2. 「当り前」的要求の見落とし防止

要求重要度において「当り前」的な要求が重要視されない傾向が指摘されている . したがって, 変換された相手側の要求重要度においても対応する項目が重要視されない傾向にある [名久井 90b] . そこで双方の要求重要度の算出に AHP を用い, お互いに変換された重要度を照らし合わせることで「当り前」的な要求の見落としを防ぐことが可能となる .

3. 関連度の決定

品質表の関連度は, 意思決定当事者の知識や経験に基づいて ○ といった順序尺度で評点付けを行っている . この関連度は品質表においてすべて同等な評点とみなされている . しかし, 行と列の対応によって同じ関連度にも差異を生じることから, 3 段階程度の関連度をさらに多段階にする方法として AHP の利用が提案されており, 参画者のコンセンサスが得られやすくなるとしている [星田 92][瀧口 90] . ただし, AHP を用いた場合, まったく関連のない項目にまで関連度が与えられてしまうため, 切

捨てにより関連度を 0 とするようなしきい値の設定が必要になる。

5.4 システムへの実装

本節では、前節で述べた関連度行列を利用した重要度の双方向変換法に基づく合意形成支援方法を実装した GN - II の概要と、合意形成支援の手順について述べる。本システムは、UNIX ワークステーションの X ウィンドウ・システム上で開発したグループウェアであり、同期同室および同期遠隔型の利用が可能である。図 5.3 に示したようにつぎの 2 つの機能モジュールから構成される。

1. 要求獲得モジュール
2. 要求分析モジュール

まず、それぞれの参加者は、要求獲得モジュールを用いて自分の要求に対する概念を要求項目のレベルで構造化し、要求項目間の重要度を決定する。つぎに双方から得られた要求項目を用いて関連度行列を構成し、関連度を決定する。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。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の要求重要度を感度分析を用いて妥協できる範囲で修正する。以上の手順を合意状態に達するまで繰り返す。

以下、各モジュールについて機能の概略を説明する。

5.4.1 要求獲得モジュール

要求獲得とは、参加者の要求項目を洗い出し、これを構造化し、さらに要求項目の重要度を算出することにより、要求を具現化する機能である。(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をもつ。

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 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、3 章で開発したシステムの視点の外在化機能を利用する。

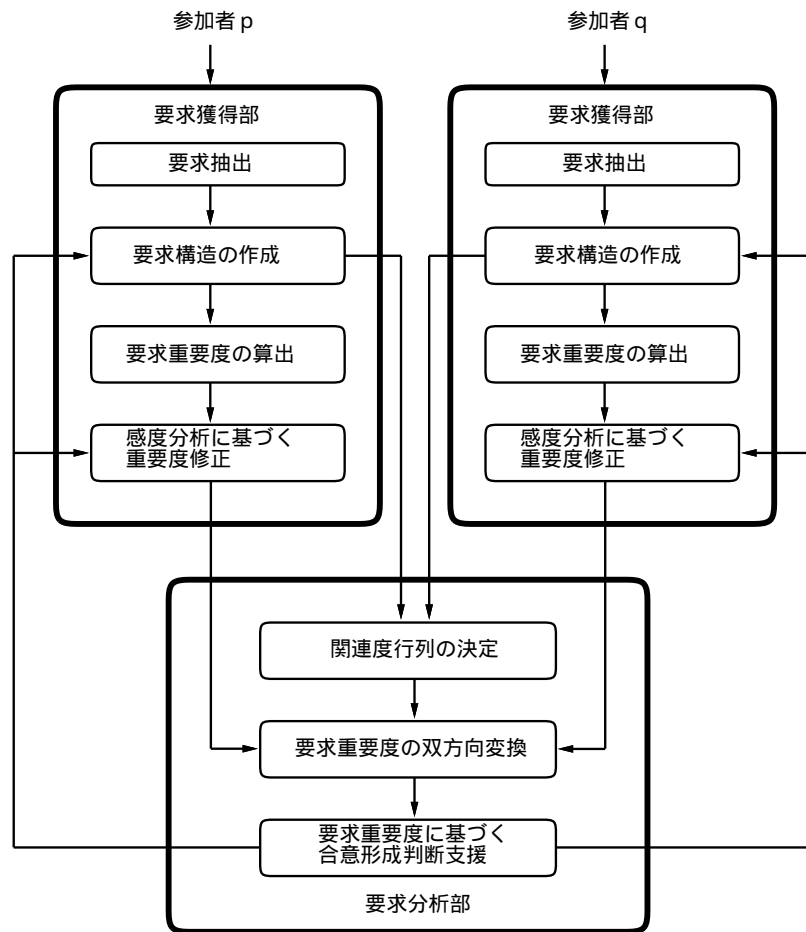


図 5.3: GN - II の機能構成

それぞれの参加者は、本機能を利用して自分の立場での要求を具現化する。

5.4.2 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もつ。(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初めて利用可能となる。

つぎに (4) の合意形成判断支援の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 (5.1) の u および v' は参加者 p の初期要求重要度ベクトル、ま

た式 (5.3) の v および u' は参加者 q 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つぎのように妥協度と非合意度を定義する．

- 参加者 p 側の妥協度 d_p

$$d_p = ||u - \hat{u}|| \quad (5.5)$$

- 参加者 p 側で観測される参加者 q の妥協度 d'_p

$$d'_p = ||u' - \hat{u}'|| \quad (5.6)$$

- 参加者 p 側で観測される参加者 q との非合意度 e_p

$$e_p = ||u - u'|| \quad (5.7)$$

- 参加者 q 側の妥協度 d_q

$$d_q = ||v - \hat{v}|| \quad (5.8)$$

- 参加者 q 側で観測される参加者 p の妥協度 d'_q

$$d'_q = ||v' - \hat{v}'|| \quad (5.9)$$

- 参加者 q 側で観測される参加者 p との非合意度 e_q

$$e_q = ||v - v'|| \quad (5.10)$$

ここで， $\hat{u}$ は参加者 p の初期要求重要度ベクトル， $\hat{v}$ は参加者 q の初期要求重要度ベクトルである．また同様に $\hat{v}'$ ， $\hat{u}'$ はそれぞれ相手方の次元に変換された初期要求重要度ベクトルである．

そして，式 (5.5) ~ (5.7) の値を参加者 p に，式 (5.8) ~ (5.10) の値を参加者 q 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要求項目間の重要度を感度分析機能を用いてインタラクティブに変更する．

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．また変更した結果のお互いの非合意度および妥協度が式 (5.5) ~ (5.10) により計算されて自分側に提示される．

この段階の変更操作の結果は，リアルタイムに式 (5.1) および式 (5.3) により相手側に変換して伝えることは手の内を見せることになるので制限している．お互いが納得のいく状態に変更を終えた段階をもって，式 (5.5) ~ (5.10) が再度計算されて双方に表示される．

以上の手順を繰り返すことで両者の合意形成が支援される．

5.5 実験準備

評価実験に先立ち，現実的な例題を設定してシステムの動作確認および妥当性の検討を行った．例題としてカラーレーザープリンタを学科内に新規購入する際の機種選定問題を用いた．

5.5.1 例題

ユーザ (筆者) と保守 (本学の情報科学センター職員) の立場からプリンタ選定に関するそれぞれの要求項目を挙げ，関連度表における関連度を図 5.2 のように設定した．

表 5.2: プリンタ選定の関連度表の例

要求項目	基本性能	印字品質	互換性	保守	省電力	サイズ
印刷が早い	○					
印字がきれい						
使いやすい				○		
省スペース					○	
OS に依存しない						

ここで関連度の具体的な決定手順を以下に示しておく．

1. 関連度表の横軸および縦軸に位置する各要求項目 (たとえばプリンタ性能の用語) の意味について両者が誤解を生じないように理解しておく．
2. ユーザは，縦軸の自分のそれぞれの要求項目が，関連度表上で交差する横軸の保守側の要求項目とどの程度強く関連しているか，あるいは関連させたいか (要求を反映させたいか) という立場で関連度を決定する．関連度の不明な箇所は，保守側の助言を得たうえで決定する．

3. 保守側は，ユーザが設定した関連度表を見て，もしユーザが決定した関連度に明らかに間違いがある場合は，ユーザにその個所を指摘し，修正を促す．また関連度表の同一箇所において，ユーザから見た関連度と保守側から見た関連度に大きな隔たりがある場合は，お互いが合議のうえ，関連度を決定する．

なお，保守側がどの程度関連度の決定権を持つかによって，関連度の決定手順は異なることが予想される．たとえば，ユーザ側と保守側が対等の決定権を持つならば，保守側も横軸の保守側のそれぞれの要求項目が縦軸のユーザ要求項目とどの程度関連が強いかを同様に決定する．そのあとで両者が合議のうえ一つの関連度表にまとめる手順も考えられる．

ユーザの要求重要度を表 5.3 に，保守側の要求重要度を表 5.4 に示す．表 5.3 からは，ユーザは「印刷が早い」と「印字がきれい」であることを重視し，次いで「OS に依存しない」ことを重視していることがわかる．

一方，表 5.4 からは，保守側は「保守」を最重要視し，次いで「サイズ」「互換性」の順に重視していることがわかる．

表 5.3: ユーザ側の要求重要度

要求項目	重要度
印刷が早い	0.330
印字がきれい	0.257
使いやすい	0.077
省スペース	0.141
OS に依存しない	0.195

5.5.2 関連度のチューニング

決定された関連度を用いることで実際にどのように重要度が変換されるかを式 (5.1) および式 (5.3) を用いてチェックし，必要があれば関連度を再調整する．まず，キャリブレーション・ベクトルとして両者それぞれに要求重要度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，式 (5.1) および式 (5.3) の変換により，関連度の値だけが直接変換結果に現れるようにする．

表 5.4: 保守側の要求重要度

要求項目	重要度
基本性能	0.115
印字品質	0.094
互換性	0.198
保守	0.285
省電力	0.056
サイズ	0.252

変換された重要度ベクトルの要素の中に極端に小さいあるいは大きいと判断される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．この操作によって，本来重視すべき項目が重要視されていない，あるいは逆に重視され過ぎてしまうような状況が生じないようにする．このチューニング作業をユーザと保守側の双方向から行い，必要に応じ，関連度の修正を双方の合議のうえ行う．

図 5.4に関連度の調整画面を示す．関連度表内の背景が網かけされている関連度は調整のため変更されたことを示している．

5.5.3 双方向変換の妥当性の比較検討

つぎにユーザと保守側それぞれの要求項目に対する重要度（表 5.3および表 5.4）を初期値から変化させた場合に式 (5.1) および式 (5.3) から得られる変換後の重要度がどのように変化するかを Moore-Penrose 一般逆行列および転置行列を用いた場合についてそれぞれ調べた．

ユーザの要求重要度を保守側に一致させた場合（ユーザ 100 %妥協）

ユーザの要求重要度 u のみを変化させてユーザ側に変換された保守側の要求重要度 u' に一致させた場合，保守側に変換されたユーザの要求重要度 v' と保守側の要求重要度 v がどの程度一致するかを調べた．

表 5.5は，ユーザの要求重要度を保守側に 100 %妥協させた場合の保守側の結果である．この時の保守側の代替案評価値を表 5.6に示す．また，Printer A から Printer C までの代替案候補 3 機種について本学の情報科学センター職員に AHP 評価してもらった結果を表



図 5.4: 関係度の調整画面

5.7に示す．なお，省電力およびサイズはカタログ値から計算した値を重要度とした．ここで，代替案候補は，価格帯，ランニングコストがほぼ同じものを選んだ．

以上の結果からは，Moore-Penrose 一般逆行列と転置行列どちらの場合も v と v' は完全に一致はしないが，重要度の差は0.01 以下程度のオーダーであることがわかる．また転置行列を用いるよりも Moore-Penrose 一般逆行列を用いる方が，要求重要度のレベルおよび代替案レベルにおける差のばらつきは小さい結果となった．

保守側の要求重要度をユーザに一致させた場合 (保守側 100 %妥協)

つぎに逆に保守側の要求重要度 v のみを変化させて保守側に変換されたユーザの要求重要度 v' に一致させた場合，ユーザ側に変換された保守側の要求重要度 u' とユーザの要求重要度 u がどの程度一致するかを調べた．

表 5.8は，保守側の要求重要度をユーザ側に 100 %妥協させた場合のユーザ側の結果である．Moore-Penrose 一般逆行列を用いた場合は，当然のことながら u および u' は一致する．

表 5.5: ユーザが保守側に 100 % 妥協した場合の要求重要度ベクトル v と v' の比較

保守側要求項目	重要度 v_j	重要度 v'_j (逆行列使用)	差分 $v_j - v'_j$	重要度 v'_j (転置行列使用)	差分 $v_j - v'_j$
基本性能	0.115	0.112	0.003	0.08	0.035
印字品質	0.094	0.091	0.003	0.073	0.021
互換性	0.198	0.192	0.005	0.204	-0.006
保守	0.285	0.277	0.008	0.239	0.046
省電力	0.056	0.123	-0.067	0.152	-0.096
サイズ	0.252	0.205	0.048	0.253	0.001

表 5.6: 保守側における代替案評価値

代替案	重要度 (v から算出)	重要度 (v' から算出) (逆行列使用)	差分	重要度 (v' から算出) (転置行列使用)	差分
Printer A	0.392	0.389	0.003	0.382	0.010
Printer B	0.355	0.352	0.003	0.354	0.001
Printer C	0.253	0.258	0.005	0.263	0.010

しかし転置行列を用いた場合は、元の値には戻らず、重要度の差が 0.2 に近いものも現れる結果となった。

以上の結果から、要求重要度ベクトルのレベルでは、Moore-Penrose 一般逆行列でも転置行列でも式 (5.5) ~ (5.8) の利用が可能と思われる。ただし、代替案評価への利用については、転置行列を直接利用することは適さないと考えられる。

システムの実装上は、どのような逆変換行列でもファイル選択形式で利用可能としているが、以下の方針から Moore-Penrose 一般逆行列を用いた逆変換を用いる。

- 関連度行列は意思決定の当事者が協調作業の一貫として決定する。
- 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。
- ユーザ参画型の協調作業とするため、ユーザの要求をなるべく反映させる。

表 5.7: 代替案の重要度

要求項目	Printer A	Printer B	Printer C
基本性能	0.108	0.345	0.547
印字品質	0.458	0.416	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

表 5.8: 保守側がユーザに 100 % 妥協した場合の要求重要度ベクトル u と u' の比較

ユーザの要求項目	重要度 u_i	重要度 u'_i	差分 $u_i - u'_i$	重要度 u'_i	差分 $u_i - u'_i$
		(逆行行列使用)		(転置行列使用)	
印刷が早い	0.33	0.33	0.0	0.133	0.197
印字がきれい	0.257	0.257	0.0	0.267	-0.01
使いやすい	0.077	0.077	0.0	0.124	-0.047
省スペース	0.141	0.141	0.0	0.246	-0.105
OS に依存しない	0.195	0.195	0.0	0.231	-0.036

Moore-Penrose 一般逆行行列の適用条件に関する考察

任意の $m \times n$ 行列 A に対して一意に一般化逆行行列が存在するための条件として式 (5.11) ~ 式 (5.14) が必要であり, これらをすべて満たす $n \times m$ 行列 A^+ は, Moore-Penrose 一般逆行行列として必ず存在することが知られている [岡本 92] .

$$(AA^+)^t = AA^+ \quad (5.11)$$

$$(A^+A)^t = A^+A \quad (5.12)$$

$$AA^+A = A \quad (5.13)$$

$$A^+AA^+ = A^+ \quad (5.14)$$

また $\text{Rank}(A) = n$ あるいは $\text{Rank}(A) = m$ の場合には, 行列 A^+ は次式で与えられる [岡本 92] .

$$\text{Rank}(A) = n \text{ の場合 } \cdots A^+ = (A^t A)^{-1} A^t \quad (5.15)$$

$$\text{Rank}(A) = m \text{ の場合 } \cdots A^+ = A^t (A A^t)^{-1} \quad (5.16)$$

例題の関連度表の関連度行列 W の転置行列 W^t は、式 5.17 で表される。

$$W^t = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5 & 0 \end{bmatrix} \quad (5.17)$$

この W^t の場合、 $\text{Rank}(W^t) = 5$ であり、 $\text{Rank}(W^t) = n < m$ となるので、式 5.15 から Moore-Penrose 一般逆行列を一意に求めることができる。

式 5.18 に得られた Moore-Penrose 一般逆行列を示す。

$$W^+ = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.000 & 0.000 & -0.067 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.200 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.200 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.088 & 0.147 \\ 0.000 & 0.000 & 0.200 & 0.200 & -0.018 & -0.029 \end{bmatrix} \quad (5.18)$$

ここで、QDA の本来の手続きからすれば、保守側の要求項目からみたユーザ側の要求項目との関連度としてみなせないような箇所に負の値が現れることがわかる。したがって、ユーザ側から見た関連度行列による順変換に対する一種の逆変換フィルタとして使用することになる。

また保守側の要求重要度の与え方によっては、ユーザ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することができる。前述の関連度のチューニングにより、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概ね見当づけることができる。

そこで、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、 $y = (x + 1)/2$ などの正の領域への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できるようにする。そして、合意に向けて調整を進めていき、一旦、要求重要

度ベクトルの要素がすべて正の値の範囲に入った段階からは，表 5.5 および表 5.8 のような形式で要求重要度ベクトルを取り扱うことができるものと考えられる．

5.5.4 重要度変更のコントロール性能

要求重要度の変更は，感度分析の結果に基づいて一対比較により行う．この場合に，自分の思い通りに重要度をコントロールできる必要がある．

図 5.5 は，ユーザの要求重要度を保守側に 100 % 妥協させることを目的として，徐々に妥協させていったグラフ表示画面である．

具体的には，1 回目の適当な重要度変更により得られる妥協度の勾配をほぼ一定に保ち，かつ整合度は 0.13 ~ 0.15 以内に納める条件のもとで，一対比較値を 2 目盛以内の幅で修正していった．修正候補とする一対比較の選択は，感度分析結果の画面に表示される上位の候補の中から整合度を悪化させない（一対比較画面上で確認できる）一対比較候補を修正する手順を繰り返した．表 5.9 に一対比較の変更回数を示す．最終段階でのユーザ側の整合度は $C.I.=0.083$ となった．

表 5.9: 一対比較の変更回数

繰り返し手続き回数	1	2	3	4	5	6	7
一対比較回数	1	2	2	3	3	3	3

実験結果からは，所望の重要度配分に対して重要度の誤差をプラスマイナス約 0.01 以内の範囲で一致させることができた．また表 5.9 からわかるように 3 回以内の一対比較の変更で整合度を保ちつつ妥協度にほぼ一定の勾配を持たせた変更が行えた．なお，計 7 回の繰り返し手続きを行ったが，この回数は，1 回目の重要度変更による妥協度の勾配に依存するものでコントロール性能とは無関係である．同様の実験を計 4 回実施したが同様の結果を得た．

以上の実験から，合意形成に向けた重要度のコントロールを行うには実用上支障がないものと思われる．ただし，評価構造のレベルが多段階になると，現在のシステムでは，レベル別に感度分析機能を利用することになり，重要度のコントロール性能は落ちるものと予想される．その場合は感度分析機能の多段階対応への改良が必要となる．

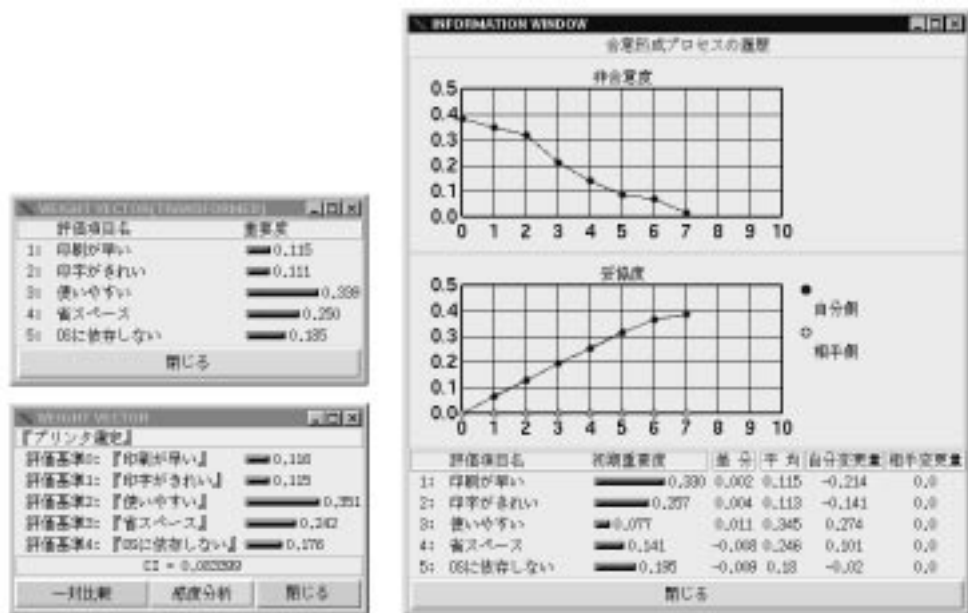


図 5.5: ユーザの表示画面

5.5.5 実行例

前述の例題データを用いてユーザ (筆者) とセンター保守 (助手 A) の 2 人でそれぞれの役割でシステムを試用した。

図 5.6 は、ユーザ側に初期状態の画面である。画面からもわかるようにユーザは「印刷が早い」、「印字がきれい」、を重視しているのに対し、保守側は「使いやすい」、「省スペース」を重視しており、双方の考え方の差異をお互いの評価構造で明瞭に把握できる。この時点での保守側の画面を図 5.7 に示す。代替案評価のグラフを見ることで、ユーザの希望からいけば、Printer B, Printer A, Printer C の順に好ましいが、一方、保守側からみれば、Printer A, Printer B, Printer C の順に好ましいと判断しており、意見が一致していないことがわかる。なお、画面管理メニューから相手参照のウィンドウ表示を選択することでお互いの状況を表示させることができる。

図 5.8 は、ユーザ側の初期状態において保守側に対して妥協できる度合を要求項目別に相対値として与えたところである。この結果、相手に妥協する場合に効果的な一対比較の変更リストが図 5.9 の画面のように表示される。この場合は「印刷が早い」よりも「使いやすい」を重視することで最も効果的に相手に妥協することになることがわかる。この一

覧の中から，自分が譲歩して変更しても良い一対比較の欄をマウスでダブルクリックすることにより，図 5.10 のような一対比較スケールを持つウィンドウが現れる．そこでどの程度一対比較値をずらすかが問題になるが，仮に適当な一対比較値を与えることで直ちに自分側の要求重要度ベクトルが計算されて，画面の右側のウィンドウに相手との非合意度および自分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←表示の状態で表される（図 5.10 の非合意度および妥協度のグラフ参照）．以上の手続きを各自が相手と交渉しながら譲歩できる範囲で繰り返す．一通りの交渉が落ち着いた段階で，まだ調整の余地がある場合は，再交渉手続きボタンをクリックすることで，現在の状態が確定されたものとして画面内の情報を更新し，次ぎの再交渉手続きに移る．

以上の交渉手続きを 6 回繰り返すことでお互いの合意状態が得られた．ここで合意状態とは，代替案候補の評価点の順位がユーザと保守側で一致した場合としている．図 5.11 にユーザ側の最終状態，図 5.12 に保守側の最終状態を示す．



図 5.6: ユーザの初期状態

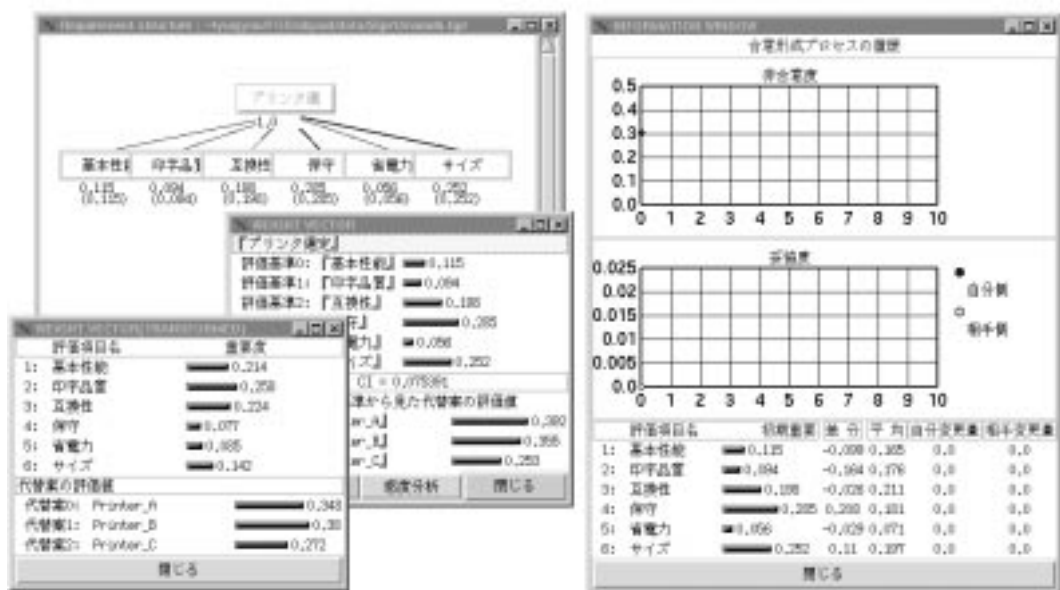


図 5.7: 保守側の初期状態

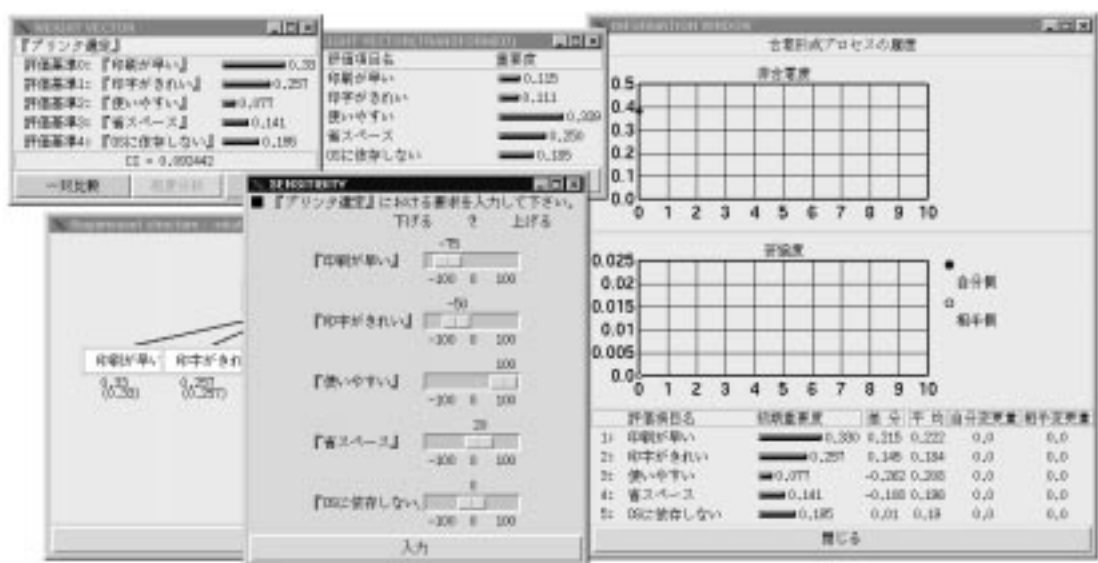


図 5.8: ユーザの妥協許容度の入力

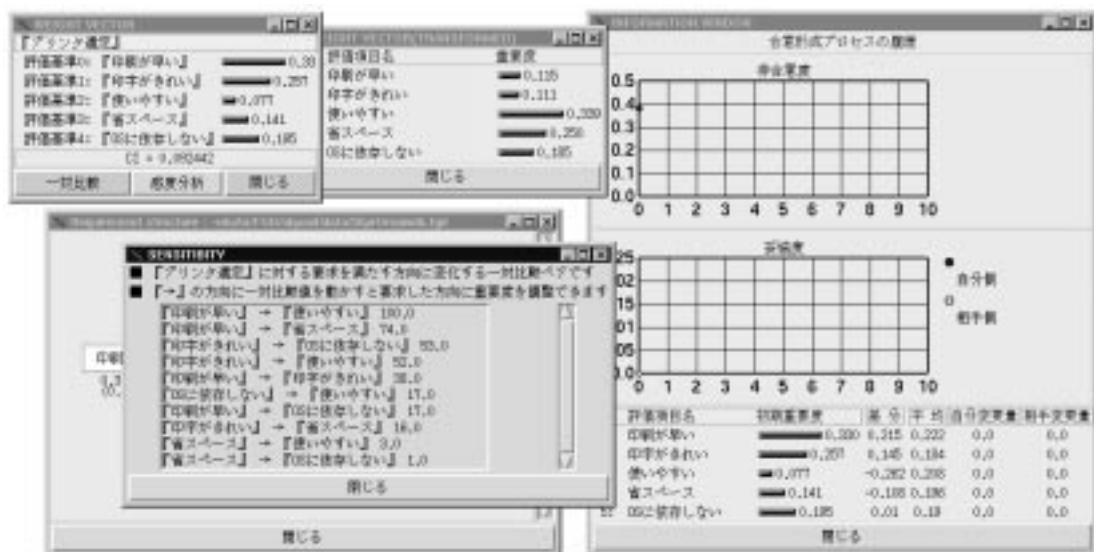


図 5.9: ユーザの一対比較変更候補表示

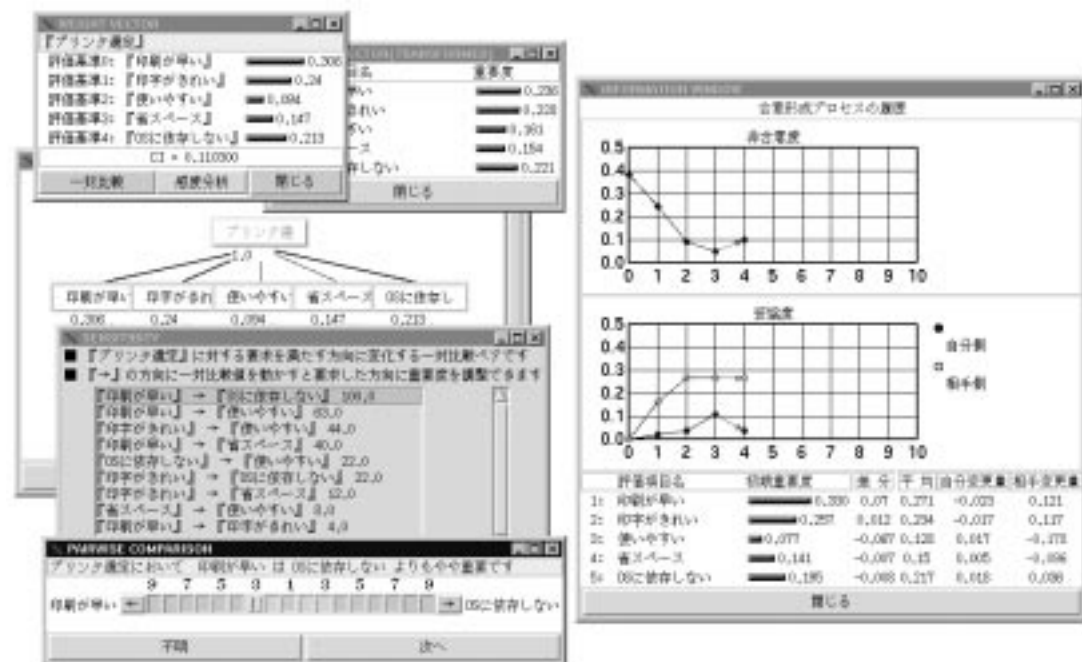


図 5.10: ユーザの一対比較変更

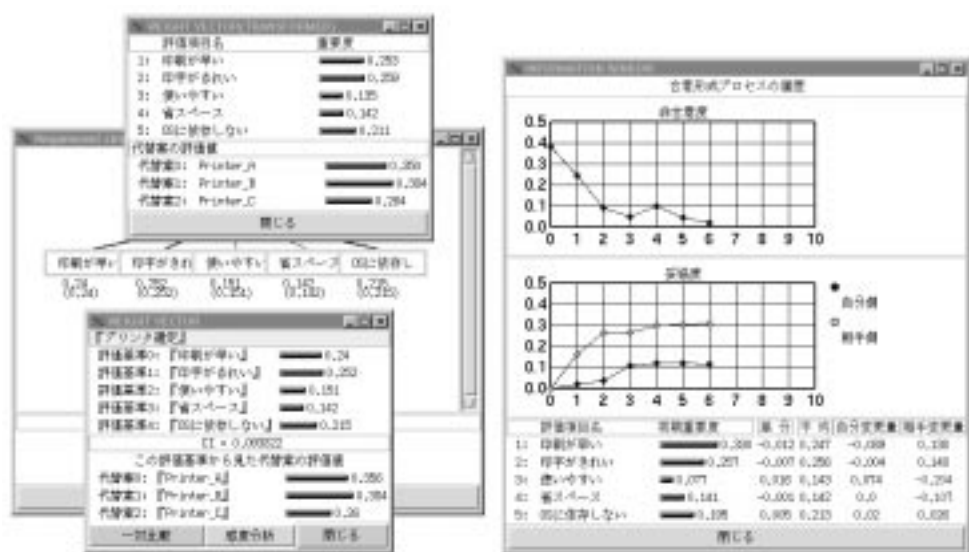


図 5.11: ユーザの合意状態

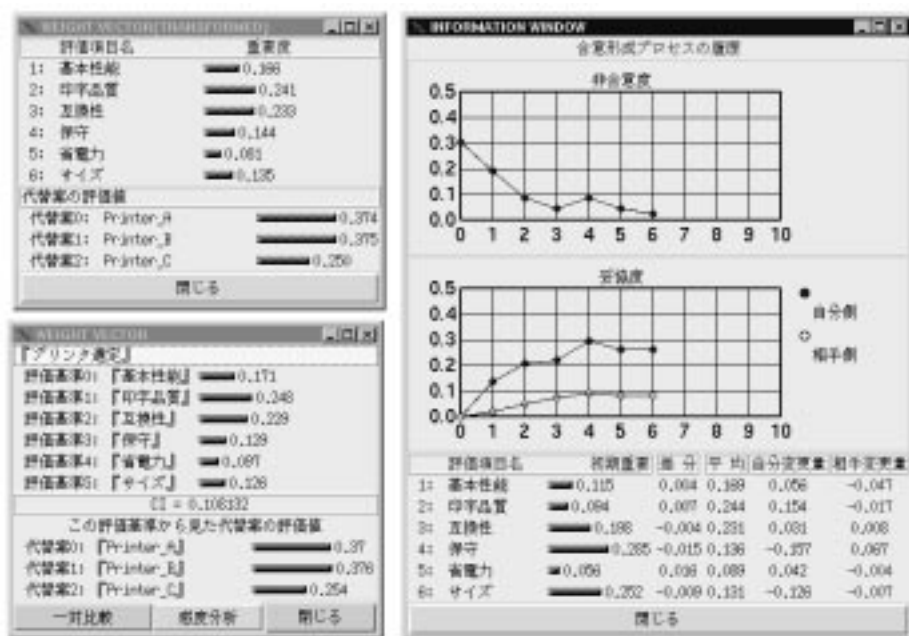


図 5.12: 保守側の合意状態

5.5.6 考察

合意結果からは、Printer B を導入することで合意が得られたが、Printer A も次点を争う評価結果となった。またユーザ側の C.I. 値は 0.0938、保守側の C.I. 値は 0.108 となり、重要度に関して整合性はあると判断してよい。したがって、Printer B を第一候補、Printer A を次点候補として選定し、まとめ買いの場合の導入コストやメーカーの対応など本体には直接関係ない選定要因をさらに加味して最終判断を行えばよいことになる。

合意に向けた主な交渉の方針および内容を以下に記す。

- ユーザ側

ユーザ側でも可能な保守は対応してもらいたいとの保守側からの要望を受けて、印刷の早さおよびきれいさの重視度を若干下げ、使いやすさを重視した。また印刷の早さはある程度犠牲にしても印字の綺麗さは重視した。また設置場所の問題に関して、多種の OS に対応したプリンタを 1 台導入することが、OS 毎に違ったプリンタを導入するよりはるかに省スペース化が実現できると考えた。

- 保守側

ユーザ側で簡単にできる保守作業は、ユーザ側で責任を持って行うという分担制の了解のもとで、保守の重視度を下げ、印字品質および基本性能を重視した。またサイズに関しては、設置場所はユーザ側であり、保守も分担できることから重視度を下げ、代わりにセンター側の立場から電力代節減のため省電力を重視した。

したがって、今回の実験では、保守作業の分担が合意のキーポイントとなったことが双方でわかった。すなわち保守作業の分担についての保守側からユーザへの説得とユーザの理解に基づいて、保守側が保守重視の方針を変更した結果、合意が得られた。

仮に交渉にいきづまり合意状態に達しない場合は、お互いの要求重要度の算術平均をとった値を用いて代替案の評価点を求めるなどして代替案の順位付けを行うことが考えられる。

5.6 評価実験

GN - II の有効性を確認するため、5.5 節で取り上げたカラーレーザープリンタの機種選定問題を用いて評価実験を行った。さらに同一の問題を GN - I を用いて対照実験を行った。対照実験を実施することによって、共通認識の形成方法が異なることによる影響、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期待できる．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確認するために必要といえる．なお，対照実験の関係上，以下の節では要求構造および要求項目の各用語をそれぞれ評価構造および評価項目に統一しておく．

5.6.1 実験手順

1. 本学の学生 2 名と情報科学センター技官 2 名でそれぞれペアを編成し，GN - II を利用するグループ 1 のメンバーを user-A (学生)，operator-A (センター技官) とし，GN - I を利用するグループ 2 のメンバーを user-B (学生)，operator-B (センター技官) とした．
2. 被験者全員に代替案候補として 3 機種のカラーレ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 名は GN - I あるいは AHP-aid の使用経験者であったが，技官 2 名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，本章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，4 章と同様の形式で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．

5.6.2 実験結果（グループ 1）

表 5.10 にグループ 1 が決定した関連度表，表 5.11 に学生 user-A の合意形成前後における重要度，表 5.12 に技官 operator-A 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．関連度表の決定には，約 30 分を要した．グループ 1 が決めた関連度表と，5.5 節の例題で用いた関連度表 5.2 の違いは，「印刷が早い」と「基本性能」の関連度が 1 から 3 へ変わり，新たに「印刷が早い」と「印字品質」に 1，「OS 依存なし」と「基本性能」に 1 が加わっている点の 3 箇所である．

また評価項目から見た代替案の重要度は，センター技官側は独自に一对比較を行って決定した．学生側は技官のアドバイスを受けながら一对比較を行って，技官側の一对比較と矛盾を生じないようにした．

表 5.10: 関連度表

	基本性能	印字品質	互換性	保守	省電力	サイズと重量
印刷が早い	3	1	0	0	0	0
印字が綺麗	0	5	0	0	0	0
使いやすい	1	0	0	5	0	0
省スペース	0	0	1	0	3	5
OS 依存なし	1	0	5	0	0	0

表 5.11 および表 5.12 からは，合意形成前は，学生側は Printer-B，センター技官側は Printer-A を第一候補として選んでいたが，合意形成段階では，学生側がセンター技官に説得されて Printer-A，Printer-B，Printer-C の順位で合意を得た．合意形成の所要時間は，35 分で合意判断回数は 4 回であった．

表 5.13 に簡略化した両者の交渉内容を示す．グループ 1 においては，保守（使いやすさ），印字品質（綺麗さ）および互換性（OS 依存なし）に争点が集まった．そして Printer-B の操作が面倒であることと，Printer-A のフォントの数が多い点を中心にセンター技官が学生を説得する形式となった．

なお，センター技官は 2 人とも初めてシステムを使用したにもかかわらず，システム利用経験者である学生とほぼ同等レベルの操作を行うことができ，操作方法がわ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．これはシステムの操作性の良さの一端を表している．

表 5.11: 学生 user-A 側に提示される重要度

学生の評価項目	合意前 重要度 u_i	合意前 重要度 u'_i (相手からの変換)	合意後 重要度 u_i	合意後 重要度 u'_i (相手からの変換)
印刷が早い	0.257	0.128	0.158	0.121
印字がきれい	0.266	0.075	0.272	0.287
使いやすい	0.171	0.505	0.318	0.391
省スペース	0.074	0.271	0.168	0.151
OS 依存なし	0.232	0.020	0.084	0.050
C.I. 値	0.070		0.047	
代替案の重要度				
代替案 Printer-A	0.379	0.419	0.410	0.430
代替案 Printer-B	0.401	0.332	0.368	0.355
代替案 Printer-C	0.220	0.249	0.223	0.213

表 5.12: 技官 operator-A 側に提示される重要度

技官の評価項目	合意前 重要度 v_i	合意前 重要度 v'_i (相手からの変換)	合意後 重要度 v_i	合意後 重要度 v'_i (相手からの変換)
基本性能	0.140	0.216	0.134	0.148
印字品質	0.078	0.292	0.260	0.256
互換性	0.057	0.226	0.067	0.099
保守	0.388	0.157	0.326	0.269
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	
代替案の重要度				
代替案 Printer-A	0.401	0.384	0.410	0.397
代替案 Printer-B	0.355	0.423	0.380	0.388
代替案 Printer-C	0.244	0.193	0.210	0.214

表 5.13: 交渉の内容

合意判断回数	センター技官	学生
1	互換性軽視へ説得 省電力とサイズ軽視へ妥協	使いやすさ重視へ妥協 OS 依存なし軽視へ妥協
2	印字品質重視へ妥協	綺麗さ重視へ説得
3	印字品質重視へ妥協 互換性軽視へ説得 省電力とサイズ軽視へ妥協	綺麗さ重視へ説得 OS 依存なし軽視へ妥協
4	印字品質重視へ妥協 保守重視へ説得	綺麗さ重視へ説得 使いやすさ重視へ妥協 OS 依存なし軽視へ妥協

5.6.3 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，グルーピングにより 7 つの島に分けるのに 5 分，ラベル付けに 15 分，計 32 分を要した．今回は被験者が二人とも 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．結果として得られた KJ 図解を図 5.13 に示す．そしてグループ 1 における AHP 評価構造はレベルの深さが 1 段階であることから，同図における 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) を用いて AHP 評価構造とした．

表 5.14 に技官 operator-B および学生 user-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 5.14 からは，合意形成前は，センター技官側は Printer-A，学生側は Printer-B を第一候補として選んでいたが，合意形成段階では，学生側がセンター技官に説得されて Printer-A，Printer-B，Printer-C の順位で合意を得た．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．

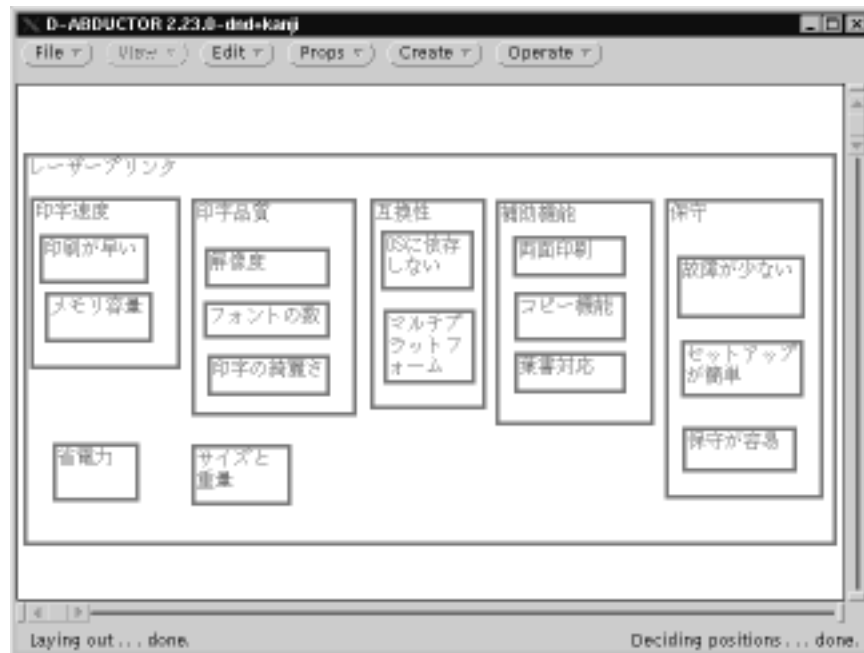


図 5.13: KJ 図解

表 5.14: 技官 operator-B および学生 user-B に提示される重要度

評価項目	合意前重要度	合意前重要度	合意後重要度	合意後重要度
	技官 operator-B	学生 user-B	技官 operator-B	学生 user-B
印字速度	0.177	0.185	0.179	0.161
印字品質	0.187	0.388	0.272	0.362
互換性	0.292	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	0.092	0.028	0.078	0.025
代替案の重要度				
代替案 Printer-A	0.426	0.396	0.412	0.417
代替案 Printer-B	0.378	0.415	0.394	0.407
代替案 Printer-C	0.194	0.187	0.193	0.174

表 5.15: 交渉の内容

合意判断回数	論点	センター技官	学生
1	補助機能	説得	妥協
	互換性	説得	妥協
	印字品質	妥協	説得
2	印字速度	妥協	説得
	保守	説得	妥協
	印字品質	妥協	説得
3	サイズ	妥協	説得
	省電力	妥協	説得
	保守	説得	妥協

表 5.15に簡略化した両者の交渉内容を示す．グループ 2 においては，印字品質，保守，サイズおよび省電力に争点が集まった．そして学生側が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，Printer-B と Printer-A の順位が逆転して合意が得られた．

5.6.4 アンケートおよびインタビューの結果

表 5.16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．

表 5.16: アンケート結果（ 5 段階評価 ）

	グループ 1 (異なる評価構造)		グループ 2 (共通の評価構造)	
	user-A	operator-A	user-B	operator-B
相互理解はどの程度得られたか	5	5	5	4
合意結果に対する満足度	5	5	4	4
交渉段階の満足度	4	4	3	3

● グループ 1 の user-A からのコメント

自分自身専用の評価構造を用いている意識からか，お互いの立場を尊重しつつも，自

分自身の立場で合意形成に望めた．事前に関連度表を合意のもとで作成していたが，合意プロセス中も緊張感が持続し，協調作業を行っているという意識が保てた．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う傾向があるのではないか．

- グループ 1 の operator-A からのコメント

お互いにとってわかりやすい言葉で評価構造を表現できるのはありがたい．また合意形成作業では，お互いの評価項目同士の関連を考えながら交渉を進められたので，お互いの知識で良く分り合えたと思う．

しかし，お互いの評価項目について十分意見を交わしながら事前に関連度を決めたつもりでいたが，続く相手との合意形成作業中において，評価項目（たとえば「印字品質」と「印字がきれい」「保守」と「使いやすい」）に対する認識合わせをもう一度必要とした．関連度設定の段階で，お互いの評価項目についてもっと共通の認識を合わせられるような工夫が必要ではないか．

また，双方で決定した関連度の値についても状況次第で与え方が違ってくると思われる．たとえば，今回は相手に妥協したが，関連付けがもっとあっても良さそうな評価項目の組合せの解釈も考えられる．また関連度設定自体が，もう 1 つの実験と比べて余計な作業であるし，相手の評価項目に対する認識も合わせ持たなければならない．

- グループ 2 の user-B からのコメント

合意形成に望む前の段階で，お互いの共通認識を得られたので，合意形成の作業中に評価項目の意味について確認し合う必要がなかった．

- グループ 2 の operator-B からのコメント

共通の評価構造を用いたが，自分にとってどうでもよい評価項目（たとえば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 法的な手続きを踏んだことで，評価項目の意味する内容（たとえば印字品質は解像度の高さ，フォント数の多さ，印字の綺麗さを意味する）を事前に共通の認識として持つことができたと思う．

5.6.5 考 察

両実験結果の比較表を表 5.17 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 [海保 93]．ただし，論点が変わった場合はカウントをし直すことにした．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取っていることの指標としてとらえることができる．なお () 内の数字は，合意判断 1 回当たりの平均を表している．

同表からは，グループ 1 とグループ 2 の間に大きな差は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．

つぎ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 [三浦 94] 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論じる場合，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続いて相手が同調して発した場合，あるいはおうむ返式的に発した場合の発話を追認とした．

表 5.18 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．また表 5.19 と表 5.20 にそれぞれグループ 1 とグループ 2 について構造化した発話履歴の一部 (サイズと省電力) を示す．

表 5.17: 両実験の比較

	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	32
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)

表 5.18 において，グループ 1 の方が質問が若干多いのは，表 5.19 に見られるようにお互

表 5.18: 両実験における発話の種類比較

	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

表 5.19: グループ 1 の構造化した発話履歴の一部

論点	行為	使用者	発話内容
：	：	：	
省スペース (サイズ, 省電力)	質問	学生	省スペースはなんだっけ? 省電力と ...
	応答	技官	サイズですね .
	質問	学生	これはなぜ重視したのですか?
	応答	技官	たとえば大きいと動かしにくいし あまりにスペースが無いと ..
	追認	学生	そういう意味ですか
	妥協	技官	重いとやだけど, サイズならわりと妥協できるので, サイズと省電力は下げてもいい .
	追認	学生	実質的にはそんな考え方ですかね .
	追認	技官	じゃあ, それでやってみますか .
：	：	：	

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 よりも多いことが分かる。これより、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

表 5.20: グループ 2 の構造化した発話履歴の一部

論点	行為	使用者	発話内容
:	:	:	
サイズと省電力	妥協	学生	保守を軽視し過ぎたので省電力の余計な分を回します．
	質問	学生	サイズと省電力どちらを重視しますか？
	回答	技官	うーん，サイズかな．
	説得	学生	サイズは広い部屋があればいいと思わないんですか．
	追認	技官	あ，そうか．
	説得	学生	JAIST ってわりと広いですよ．
	追認	技官	省電力かなあ．
	説得	学生	サイズと省電力どっちが大事？
	妥協	技官	省電力かなあ．大事な気がしてきたぞ．
	説得	学生	自分は保守をもっと重視しますから省電力を重視してください．
:	:	:	

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，表 5.20 に見られるように 2 つの評価項目間でのトレード 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，表 5.19 に見られるように関連度表のイメージがそのまま発話内容全般に渡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づけに関して再度確認し直す発言（表 5.19 の冒頭の質問と回答），あるいはグループ 2 の約 2 倍の追認の個数をともなっている．これらの発言のやりとりによって，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行ったものと考えられる．

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，評価構造の作成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につ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評価構造が冗長なものと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。したがって本質的に立場が異なるメンバー（たとえば、今回の実験例のように保守義務があるセンター技官と快適に使いたい学生、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）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有効な方法と思われる。

また相互理解のもとで合意を得るという目的については、表 5.16 の結果から見る限りは、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、KJ 法的に評価構造を作成して共通認識を得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。ただし、評価点の与え方の個人差も含まれるので、合意プロセスに対する満足度の違いを評価するためには、同一の被験者による対照実験が必要である。

5.7 ANP を応用した関連度行列の相互評価に基づく重要度決定に関する考察

前節までに述べた異なる評価構造間における視点情報の共有方法は、参加者が一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、お互いの評価項目の重要度を双方向に変換する方法である。実質的には、双方向変換用に 2 つの行列を用いるが、もともとなる関連度行列さえ決定すれば、逆変換行列が一意的に求まる性質を利用している。

本節では、同様の目的に AHP の発展形である ANP (Analytic Network Process)[Saaty96] を応用する方法について提案する。具体的には、まずユーザと保守側がそれぞれの立場で関連度を相互評価し、それぞれの関連度行列を作成する。つぎにこの関連度行列に ANP を適用すると両者の評価項目間の重要度が一意的に収束することを利用して視点情報の共有を実現する。さらに両者の評価項目間の重要度に基づく代替案評価問題において、関連度の相互調整による合意形成支援への適用可能性を考察する。また前節と同一の例題を用いて逆変換行列を用いる方法との比較についても考察を加える。

5.7.1 関連度行列の相互評価とANP

前述の 5.5.1 項では，関連度の具体的な決定手順として，ユーザと保守側が対等な場合は，ユーザが自分の評価項目それぞれについて保守側の評価項目との関連度を決定し，保守側も自分の評価項目それぞれから見たユーザの評価項目との関連度を決定すると述べた．これは言い換えれば，お互いの評価項目について相互評価を行っていることになる．

従来の AHP では，評価項目同士あるいは評価項目と代替案の関係は，階層的な評価構造がどんなに複雑になっても不変である．つまり階層レベルにおける評価主体と評価対象は区別されており，階層の上位から下位へと一方向である．しかし，ANP では，評価構造がフィードバック型やネットワーク型で表される問題を扱うことができる．すなわち評価主体と評価対象の区別がなく，ある評価主体は同時にある評価主体の評価対象であり得ることから，評価主体と評価対象の両方の重要度を相互評価によって導き出すことができる．したがって，前節の例題のようなユーザと保守側の二つの異なる評価項目群の間の関連度をお互いがそれぞれの関連度行列を作成することで相互評価を行うことで ANP が応用でき，双方の評価項目群の重要度を算出することができる．

ANP ではこのような問題を超行列 (super matrix) と呼ばれる行列で定式化して解析を行う．以下に ANP による解析手順 [高橋 97a][木下 93] を本研究に应用する場合について述べる．

いま表 5.10 のような関連度表を考える．すなわち，ユーザの評価項目を $U_i (i = 1, 2, \dots, n)$ として縦軸に並べ，保守側の評価項目を $V_j (j = 1, 2, \dots, m)$ として横軸に並べる．ユーザが U_i のそれぞれから見た保守側の評価項目 V_j との関連度 w_{ij} を成分とする関連度行列を W とする．同様に保守側が V_j のそれぞれから見たユーザの評価項目 U_i との関連度 $\bar{w}_{ij}$ を成分とする関連度行列を $\bar{W}$ とする．ここでそれぞれの関連度の算出には，従来の AHP 評価によって求められる重要度を用いる．したがって W の各行の成分の和は 1 で， $\bar{W}$ の各列の成分の和も 1 である．

つぎに式 (5.19) に示す正方行列 S を構成する．式 (5.19) は，ANP 解析を行う上で基本的な行列となる．

$$S = \begin{matrix} & \begin{matrix} U & V \end{matrix} \\ \begin{matrix} U \\ V \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \bar{W} \\ W^t & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5.19)$$

ここで W^t は W の転置行列である．したがって， S は，それぞれの列の和が 1 で，各成分は非負であるから確率行列とみなすことができる．ANP では，この $S((n+m) \times (n+m)$ 行列) を超行列と定義する．

さらに超行列 S に I を加え，各列の要素の和が 1 となるように基準化した行列 S_I (式 (5.20)) を原始超行列という．

$$S_I = \frac{1}{2}(I + S) \quad (5.20)$$

行列 S_I が強連結²である場合に， S_I の極限確率行列

$$\lim_{r \rightarrow \infty} S_I^r \quad (5.21)$$

は，どの列も同じで S_I の主固有値 $\lambda_{max} = 1$ に対する主固有ベクトル u (式 (5.22)) に収束する．

$$S_I u = u \quad (5.22)$$

ANP では，この u の各成分 $u_k (k = 1, 2, \dots, n, n+1, \dots, n+m)$ を評価項目 $U_i (i = 1, \dots, n)$ ， $V_j (j = 1, \dots, m)$ の評価値とみなす．ここで u は，式 (5.22) より定数倍だけ任意である．なお， S_I が強連結でないと， u の成分に 0 が現れ，妥当な解が得られない [高橋 97b]．

5.7.2 例題

5.6 節の評価実験で用いたプリンタ選択の例題に基づき，関連度の相互評価を利用して ANP によりユーザ側と保守側の評価項目の重要度を求める手順を示す．

表 5.10 の関連度表において，5.6 節の評価実験グループ 1 の「印刷が早い」と「印字品質」の関連度 1 は，ユーザ (学生) 側のみの主張であり，一方「基本性能」と「OS 依存なし」の関連度 1 および「省電力」と「省スペース」の関連度 3 は，保守 (センター技官) 側のみの主張であった．したがって，表 5.10 は合意に基づく関連度行列ではあるが，両者の妥協に基づいて作成されたものであり，潜在的には上記の違いを含んでいることになる．

² 行列 S が強連結であるとは， S の有向グラフの任意の頂点から出発して他の任意の頂点へグラフの路を矢印どおりに進んで双方向に到達できることをいう [伊藤 87]．

そこで表 5.10 における両者の関連度を以下のように変化させた場合，A N P により求まるユーザ側と保守側の評価項目の重要度がどのように変化するかを求めて，逆変換行列を用いる場合との相違を調べた．

1. ステップ 1

表 5.10 の関連度表において，両者間で当初異義を生じた「印刷が早い」と「印字品質」の関連度 1 および「基本性能」と「OS 依存なし」の関連度 1 を 0 にした場合．ここでは，両者の関連度表は同一とする．

2. ステップ 2

ユーザの関連度表のみにおいて「省電力」と「省スペース」の関連度 3 を 0(関連なし)とした場合(これも両者間で当初異義を生じた箇所である．)

3. ステップ 3

ユーザの関連度表において「印刷が早い」と「印字品質」の関連度 0 を 1 にした場合．

4. ステップ 4

保守の関連度表において「基本性能」と「OS 依存なし」関連度 0 を 1 にした場合．

5. ステップ 5

参考として，両者の関連度表を表 5.10 ののままとした場合．

ただし，表 5.10 の関連度をそのまま成分として持つ関連度行列を用いた場合，ユーザあるいは保守の片方が関連度を与えた箇所に対して，もう片方が関連度を 0 に設定したりすると， S_I の強連結性が失われる場合が生じる．この場合は妥当な解が得られない．そこで今回は，表 5.10 の関連度になるべく比例した重要度を A H P により算出して適用した．式 (5.23) にステップ 1 における S_I を示す．ここで，表 5.10 の関連度の値(0 以外)に対応する成分はゴシック体で表示した．

$$S_I = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0.309} & 0.039 & 0.024 & 0.039 & 0.039 & 0.039 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0.027 & \mathbf{0.346} & 0.024 & 0.039 & 0.039 & 0.039 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & \mathbf{0.112} & 0.039 & 0.024 & \mathbf{0.346} & 0.039 & 0.039 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.027 & 0.039 & \mathbf{0.091} & 0.039 & \mathbf{0.346} & \mathbf{0.346} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.027 & 0.039 & \mathbf{0.338} & 0.039 & 0.039 & 0.039 \\ \mathbf{0.322} & 0.036 & \mathbf{0.094} & 0.019 & 0.036 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.036 & \mathbf{0.322} & 0.023 & 0.018 & 0.036 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.036 & 0.036 & 0.023 & \mathbf{0.054} & \mathbf{0.322} & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0.036 & 0.036 & \mathbf{0.314} & 0.018 & 0.036 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.036 & 0.036 & 0.023 & \mathbf{0.136} & 0.036 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0.036 & 0.036 & 0.023 & \mathbf{0.256} & 0.036 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \end{bmatrix} \quad (5.23)$$

式 (5.23) から u_k を求め、和が 1 になるように基準化すると、

$$u_k = (0.100, 0.089, 0.089, 0.123, 0.099, 0.108, 0.094, 0.089, 0.075, 0.052, 0.082) \quad (5.24)$$

が得られる。

つぎにステップ 2 では、 S_I の第 4 列 (ユーザの「省スペース」の項目に対する保守側の項目間の関連度) の値を式 (5.25) に変更した。

$$S_{k,4} = (0.0, 0.0, 0.0, 0.5, 0.0, 0.023, 0.023, \mathbf{0.094}, 0.023, 0.023, \mathbf{0.314}) \quad (5.25)$$

同様にステップ 3 では、 S_I の第 1 列 (ユーザの「印刷が早い」の項目に対する保守の項目間の関連度) の値を式 (5.26) に変更し、ステップ 4 では、 S_I の第 6 列 (保守の「基本性能」の項目に対するユーザの項目間の関連度) の値を式 (5.27) に変更した。

$$S_{k,1} = (0.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, \mathbf{0.308}, \mathbf{0.121}, 0.018, 0.018, 0.018, 0.018) \quad (5.26)$$

$$S_{k,6} = (\mathbf{0.29}, 0.021, \mathbf{0.084}, 0.021, \mathbf{0.084}, 0.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0) \quad (5.27)$$

表 5.21 にそれぞれの場合における u_k の結果を示す。表中で、関連度の変更によって変化した重要度の差分の絶対値が 0.02 以上の箇所はゴシック体で表示した。なお、同表では、ユーザと保守の項目に分けたあと、それぞれの項目群で u_k の和を 1 に基準化し、各項目からの代替案評価に、5.6 節の実験グループ 1 と同一の値を用いて代替案の総合評価値も求めてみた。

表 5.21: ANP による計算結果

要求項目と 代替案	重要度				
	ステップ 1	ステップ 2	ステップ 3	ステップ 4	ステップ 5
印刷が早い	0.171	0.173	0.169	0.158	0.201
印字がきれい	0.157	0.159	0.187	0.182	0.177
使いやすい	0.207	0.21	0.204	0.187	0.178
省スペース	0.284	0.261	0.249	0.25	0.247
OS に依存しない	0.180	0.198	0.192	0.223	0.198
Printer-A	0.369	0.373	0.376	0.375	0.365
Printer-B	0.377	0.378	0.380	0.380	0.386
Printer-C	0.253	0.250	0.245	0.244	0.249
基本性能	0.184	0.188	0.181	0.173	0.216
印字品質	0.146	0.15	0.196	0.191	0.188
互換性	0.179	0.21	0.199	0.218	0.179
保守	0.176	0.181	0.172	0.163	0.149
省電力	0.123	0.06	0.054	0.055	0.104
サイズ	0.191	0.211	0.198	0.2	0.163
Printer-A	0.365	0.371	0.374	0.374	0.360
Printer-B	0.394	0.400	0.404	0.404	0.405
Printer-C	0.240	0.228	0.222	0.221	0.234

5.7.3 考察

表 5.21における重要度の違いを見ると、ステップ 1 からステップ 2 では、ユーザが「省スペース」と「省電力」の関連は不要と判断した結果、保守側の「省電力」の重要度が半分程度に下がっている。この下がった分は「省スペース」と関連を持たせている「互換性」と「サイズ」に配分されているものと考えられる。またユーザ側の「省スペース」も若干重要度が下がっている。

つぎにステップ 2 からステップ 3 では、ユーザが「印刷が早い」と「印字品質」の関連を無しから少し有ると判断した結果、保守側の「印字品質」の重要度が上がっている。ここでユーザの「印刷が早い」の重要度の低下分は、保守側の「印字品質」の重要度の上昇

分の 1/10 以下である．またユーザの「印字が綺麗」も重要度が上がった．これは「印字品質」と「印字が綺麗」に関連を強く与えていることによる影響が現れているものと考えられる．

さらにステップ 3 からステップ 4 では，保守側が「基本性能」と「OS 依存なし」の関連を無しから少し有ると判断した結果，ユーザ側の「OS 依存なし」の重要度が上がった．その上がった分は「基本性能」に関連度を与えている他の「印刷が早い」と「使いやすい」の重要度低下で補償されていると考えられる．また保守側の「互換性」の重要度が上がった．これは「OS 依存なし」と「互換性」に関連を強く与えていることによる影響が現れているものと考えられる．

なお，ステップ 5 は，関連度の与え方が同一であるので，均衡的な解が得られているものと予想できる．同様に関連度の与え方が同一であるステップ 1 と比べると，関連度を無しとした「印刷が早い」と「印字品質」および「基本性能」と「OS 依存なし」の 4 つの評価項目の重要度が下がっていることがわかる．

また上述の各ステップの他に，既に関連度が与えられている箇所の関連度を上下させた場合も同様の傾向が現れた．

以上の考察から，相手の評価項目の重要度を上げたい場合は，自分の関連度行列において，その評価項目と関連する箇所の関連度を上げ，逆に重要度を下げたい場合は，その評価項目と関連する箇所の関連度を下げることによって，お互いの要求を相互に反映し合うことが可能になるものと考えられる．このしくみは，お互いの関連度行列を操作することによって，お互いの評価項目の重要度情報を共有しつつ，代替案評価における合意形成支援に適用できる可能性を示唆する．

しかし上述の各ステップにおける計算結果は，5.6.2 項の逆変換行列を用いた場合の合意形成前後の結果（表 5.11 および表 5.12）とは，まったく異なっている．たとえば，5.6.2 項の実験結果では，保守（使いやすい）あるいは品質（印字がきれい）が，ユーザと保守の合意形成のポイントとなっており，これらの評価項目に対する重要度は比較的高い．一方，表 5.21からは，その傾向は見てとることはできない．ユーザ側では「省スペース」と「OS に依存しない」，保守側では「互換性」「基本性能」の重要度が全般的に高い．この影響は，代替案の評価値の順位にも現れている．ただし，今回の例題では表 5.10 との対応を取るため，関連度の変更箇所は 3 箇所のみで，関連度の変更幅も 1～3 と小規模としたため，際だった変化が現れなかったものと推察される．逆変換行列を用いた場合と本節の方法と

では異なる解が得られたが，この原因としては次の4点が考えられる．

1. 関連度の算出方法の違い

逆変換行列を用いる方法では，関連度を1（やや関連がある），3（関連がある），5（関連が強い）の3段階で与えた．しかし，本節の方法では関連度にAHPにより算出される重要度を用いた．したがって，本来関連がないところにも値は小さいが一列に関連度が与えられたことになる．

2. 関連度の絶対評価と相対評価の違い

逆変換行列を用いる方法では，関連度行列全体を見渡して関連度を与えている．しかし，本節の方法では，ユーザは行方向，保守は列方向の単位の評価項目内でAHPによる相対評価値を関連度として与えている．たとえば，表5.10では「省電力」と「省スペース」に関連度3，「サイズ」と「省スペース」に関連度5を与えている．この例の場合，ユーザ側の関連度行列において「省スペース」の行における関連度として扱う分には問題は生じない．しかし，保守の関連度行列においては，列方向の単位でユーザの評価項目との関連を相対評価するため，「省電力」と「省スペース」および「サイズ」と「省スペース」の双方の関連度の相違の情報は失われることになる．今回の例では，この両方ともに最大の関連度(0.346)が与えられ，かつ「互換性」との関連度も加わった結果，ユーザ側では「省スペース」の重要度が常に高くなったものと推察される．

3. 直接的重要度修正と間接的重要度修正の違い

逆変換行列を用いる方法では，お互いの重要度を直接修正する．一方，本節の方法では，関連度の修正によって間接的に重要度を修正する．

4. 代替案評価情報の必要性の有無

逆変換行列を用いる方法では，評価項目間の重要度ベクトル合わせが基本であるため，評価項目から見た代替案の評価値は合意結果に直接影響しない．しかし，本節の方法では，代替案評価の情報を含めるか含めないかによって結果に影響を与える．

1．については，関連度行列の強連結性は必ず維持されるため，ANPの解析が常に行える利点がある．しかし反面，本来関連がないところにまで関連を含むことになる．逆変換行列を用いる方法では，この心配はないが，関連を持つ箇所が多くなるにつれて，5.5.2項で述べた関連度のチューニングが煩雑になるものと予想される．

2. については，ユーザの関連度行列においては行同士，保守の関連度行列においては列同士の間での関連度の強弱関係を与えることができない．これは S_I は確率行列であり，各列の成分の和を 1 に基準化する必要があるためである．一方，逆変換行列を用いる方法では，関連度行列全体を見渡しながらか関連度を与えることができるため，この制約はない．この点については，AHP 重要度を意図的に操作して列同士での関連度に差異を与えることは可能であり，実際の試行結果からは「省スペース」の重要度を低下させることができた．しかし，各列の成分の和を 1 にする必要があるため，該当列の他の成分も相対的に値が変化してしまうことになる．

3. については，本節の提案方法では，仮に双方における関連度の与え方にあまり差がない場合，重要度の調整可能な幅も狭くなることが予想される．この場合は，あえて重要度の調整を行う必要はなく，算出された重要度を双方の意向を組み入れた解として用いることになる．逆変換行列を用いる方法では，従来の AHP を用いて重要度を算出するので，重要度の調整に関しては比較的自由度は高い．したがって，双方の関連度行列において関連度を与える箇所が多く，かつ関連度の与え方のばらつきも大きい場合，共通の関連度行列の作成は難しくなると予想されるので，本節の提案方法を適用し，そうでない場合は，逆変換行列を用いる方法を適用するなどの使い分けが考えられる．

4. については，本節の例題では代替案も含めた超行列 S を構成しなかった．超行列 S に代替案も含めることで代替案自身の評価情報が加わるので，表 5.21 の結果も大きく変わる可能性がある．この場合，超行列 S の強連結性を保つために代替案から逆に評価項目を見た時の重要度をどのように与えるかなどといった工夫の検討が必要である．しかも ANP 解析で得られる代替案の重要度は，当初の値と異なってくることに注意が必要である．

本節の方法の特徴は，お互いの関連度行列における関連度を調整し合うことで，すなわち，お互いの評価項目に対する関連度の相互評価を修正し合うことで双方の合意に基づく評価項目の重要度を算出するところにある．したがってお互いが対等な関係を保持しつつ，協調的に関連度を調整することにより，異なる評価構造を持つ参加者間の代替案選択問題における合意形成支援に適用可能と考えられる．しかし，関連度の設定方法の改良および算出される重要度の妥当性の分析について今後さらに検討していく必要がある．また関連度行列は個別に作成可能なので，3 つ以上の異なる評価構造に対しても理論上は適用可能と思われる．これは，双方で共通の関連度行列を作成する逆変換行列による方法に比べ，本節の方法は関連度行列の作成に自由度があることを意味する．

なお，合意形成の場における参加者の発言力を ANP により算出して合理的な格付け調整案を提示する研究 [木下 97] や，相互評価問題に ANP を適用する研究 [高橋 97b] が既に行われている．本提案方法は，異なる評価構造を持つ参加者間においてお互いの関連度行列の関連度を調整し合うことで代替案選択問題における合意形成支援を図ろうとする点が，これらの研究と異なる．

表 5.22 に一般逆行列による方法と ANP による方法の比較について示す．

表 5.22: 一般逆行列による方法と ANP による方法の比較

重要度算出方法	一般逆行列による方法	ANP による方法
関連度行列	関連度行列は共同作成	関連度行列は個別作成
関連度の設定値	0, 1, 3, 5 など	AHP 重要度など
関連度の設定数	少数の場合向き	多数の場合向き
適用グループ数	2 つのグループ間	複数グループ間
グループ間の立場	一方が主体または対等	すべて対等
適用条件	双方向変換による関連度の事前調整が必要	原始超行列 S_I の強連結性が絶対必要

5.8 協調設計支援への応用に関する考察

提案した合意形成支援方法は，前述の例題に基づく実験からも示されたように異なる立場の 2 者間の代替案選択問題に適用可能であるが，さらにユーザと設計者あるいはユーザと開発者の間の協調設計支援にも応用が可能と考えられる．

製品設計においては品質の設定が重要な検討事項であり，この品質は，ユーザのニーズをどの程度総合的に製品に反映させてユーザが満足しているかを表す指標とされている [情報処理 89]．また品質管理方法論では，開発の企画設計段階から「品質を作り込む」考え方が重要視されている [赤尾 90a][Gause93]．したがって品質を重視した製品開発を行うためにはユーザと設計者による協調作業に基づく設計が必須となり，両者間の合意形成プロセスを避けて通ることはできない．

しかしながら，ユーザと設計者というまったく立場の異なる者同士の協調設計を考えた場合，知識や専門用語に対する理解の相違などによるコミュニケーション・ギャップが生

じやすく、生産性の効率がよいとはいえない。

本章の提案方法で用いた QDA の思想は、ユーザの要求を設計へ反映させることを本来の目的とすることから、上述の問題点の改善とともにユーザと設計者が対等あるいはユーザのニーズを積極的に設計に反映させた協調設計が可能になるものと期待できる。

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。

協調設計支援において重要度に基づく仕様決定の方法を取り入れた研究としては、設計問題をあらかじめ与えられた複数の部品の代替案選択の組合せ問題としてとらえる方法 [斉藤 97] や、逆に代替案を設定せずに IF-THEN 形式のプロダクション・ルールを用いて設計パラメータを定めていく方法 [伊藤 97] などが報告されている。しかし、これらのシステムは、基本的に設計者がシステムを利用してすべての決定を行うことを前提に考えられており、ユーザ参画型のシステムではない。

したがって、本章で開発したシステムを応用して、ユーザ参画型の協調設計支援システムとして個々の設計問題への適用可能性を検証していく研究の意義は大きい。

なお、あらかじめ代替案を設定せず、得られた重要度に基づいて設計パラメータを設計条件ルール等に照合しながら決めていくような問題に本システムを適用する場合は、3.2 節で提案したグループ意思決定手順において代替案の抽出および代替案の重要度算出のステップを省略して対応する。

5.9 おわりに

本章では、立場あるいは知識の違いにより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した。まず、それぞれの参加者の要求を重要度ベクトルとして定量化し、それらをお互いが解釈可能な価値判断基準にそれぞれ変換して提示し合うために関連度行列を利用した重要度ベクトルの双方向変換法について検討した。つぎにこの双方向変換を利用した合意形成支援方法を考案し、その有用性を確かめるためにシステムへの実装を行い、GN - II を開発した。さらに例題に基づく評価実験および考察を行った。

実験結果からは、参加者は本システム上で互いの視点情報を共有し合うことができ、しかも意見の相違点を各自の価値基準のうえで把握することができた。実験例からは、定性的な価値判断基準における評価と定量的な価値判断基準における評価という異なる次元での評価を比較することができた。

またこの比較をもとに合意形成を支援するため、参加者それぞれの価値判断基準における重要度ベクトルの相違を距離空間上で最小にする方針をとった。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協調インタフェースとしての役割を果たせることがわかった。

さらにグループ協調作業における問題点を改善する観点からみれば、立場あるいは知識が異なるために言葉によるコミュニケーションでは誤解が生じやすい、あるいは協調作業における生産性などの効率が良くないといった問題点を改善できる可能性があると考えられる。また本システムを利用して視覚的な評価シミュレーションを繰り返し行うことによって、お互いの意見に触発されて参加者自身が持つ潜在的な要求を新たに発見したり、全体としての要求内容の本質を見極めることも支援できるものとする。この効果は、とくに協調設計問題への適用を考えた場合に期待できるものであり、しかも従来とは違ったユーザ参画型の協調設計支援が可能になるものと思われる。

今後の課題として、上述の予想効果を確認するためにシステムの改良と評価を実施する必要がある。今回の実験ではカラーレーザープリンタの導入を例題として実用最小限と考えられる関連度表を用いたが、さらに大規模な関連度表を必要とする例題に基づく評価や、関連度作成方法の改良および逆変換行列の使い分けなどに関する検討を加えて行かなければならない。この意味においては、異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援に対する ANP の適用についても、関連度の設定方法の改良および算出重要度の妥当性の分析などについて今後さらに検討を加え、合意形成支援への適用可能性を検証していく必要がある。

第 6 章

結論

本論文では，合意形成プロセスにおける参加者の視点情報の共有に基づくグループ意思決定支援システムの研究について述べた．

以下に本研究の成果と今後の課題をまとめておく．

6.1 本研究の成果

グループ意思決定支援という研究テーマは，参加者の認知，思考，心理などまだ十分に科学的に解明されていない研究分野と密接に関係している．また個人からグループの意思決定へと状況設定が移った段階で，組織論や社会科学との関わりも生じてくる．したがって，グループ意思決定支援に関しては，上記の研究分野ともまたがる研究領域が存在し，今後とも多種多様な関連研究の実施と多大な研究努力が必要である．

本論文の成果として筆者が主張する点は以下の通りである．

2 章では，従来の研究を概観し，本論文の位置づけを明らかにした．従来の GDSS はデータベースを基本にした客観的な判断に基づく意思決定支援を行うものが主流であるのに対し，本研究で提案したグループ意思決定手順は，参加者の主観的判断が反映された視点情報の共有とその差異に着目し，グループメンバー間の合意形成支援を重視した点に特徴がある．

3 章では，合意形成のための共通認識あるいは相互理解を深める方法として，参加者の視点情報を共有するグループ意思決定支援システム GN - I を開発した．評価実験結果からは，参加者の視点情報は個人差が大きく，この視点情報を共有化することでお互いの共通

点あるいはコンフリクト部分を抽出することに役立つことが確認できた。

4 章では、GN - I では不十分であったコンフリクト部分の解消を目的として、感度分析を利用したトレードオフ分析に基づく合意形成支援方法を提案した。トレードオフは個人の価値判断の中にも存在し、グループメンバーとコンフリクトを生じた場合にも存在する。提案した方法は、この両場面におけるトレードオフ分析を支援するもので、重要度の感度係数を応用した方法である。比較実験からは、参加者個人が自分の評価に不満あるいは納得がいかない場合の修正が容易に行えることを示した。またグループの場合においては、相手とのトレードオフ関係の把握が行えることで、お互いの意見の相違点を分析することができた。また相手を説得あるいは自分が妥協する際の方策を一対比較レベルで提供することで合意形成の収束に効果があることを比較実験により示した。

5 章では、知識や立場の違いから異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成を支援する方法を提案した。本方法は、参加者の双方が独自に作成した評価構造に基づき、関連度行列を用いてお互いの要求を双方向変換し合うことにより、視点情報の共有を実現することを目的とする。またシステムへの実装を行い、GN - II を開発した。評価実験からは、評価構造が異なる場合においても視点情報の共有を実現し、相互理解に基づく合意形成の支援が可能であることを示した。さらに異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援に対する ANP の適用について提案し、上述の双方向変換による方法との比較について考察した。

本研究の特徴は、合意形成プロセスにおける参加者の視点共有とコンフリクト発生時のトレードオフ分析に着目した合意形成支援方式の提案にある。また実装システムの構築および評価実験により本提案方法の有用性を示したことが、グループ意思決定支援の研究において貢献に値する。

6.2 今後の課題

本研究では、3 章と 4 章の統合システムである GN - I および 5 章で述べた GN - II に加え、3 章のシステムを Windows 環境に移植したパーソナル版 AHP-aid の 3 つのシステムを開発した。それぞれのシステムにおいて評価実験の被験者に指摘された問題点の改善を図ると共に、さらに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を確認する必要がある。

これらのシステムに共通した改善事項は、まず利用者の価値観をより適切に視点情報へ反映させるための重要度の設定あるいは変更方法の改善が挙げられる。

つぎに代替案と評価項目から構成される評価構造の柔軟な設定あるいは修正が挙げられる。たとえば、代替案の組み合わせによっては、代替案自身がこれら进行评估する評価項目の重要さに影響を及ぼす場合が考えられる。代替案が変わったり、意思決定状況が変わったために代替案に固有の制約や共通の特徴が生じ、その結果、既定の評価項目がその重要性を失い、冗長なものが生じたり、あるいは新しい評価項目の追加が必要となる場合もあり得る。本論文の 3 章から 5 章の評価実験に用いた例題でも、上述した状況が存在した。このような場合には、ANP を用いて評価構造の分析を行うことも有効と考えられる。また 5.7 節の異なる評価構造を持つ参加者間の合意形成支援に対する ANP の適用についても、関連度の設定方法の改良および算出重要度の妥当性の分析などについて今後さらに検討を進め、合意形成支援への適用可能性を探っていく必要がある。

このほか、以下に列挙する課題についても今後研究を重ねていく必要がある。

1. 合意プロセスに対する参加者の満足度を高める工夫
2. 合意プロセスに対する信頼度を高める工夫
3. 意思決定の問題構造に対する分析の深さを支援する工夫
4. 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
5. 非同期型 GDSS への展開

謝辞

本論文を完成させるにあたって企業派遣学生としての3年間の研究生生活を振り返り、お世話になった方々に謝辞を述べたいと思います。

國藤 進教授は、今から5年前、意思決定支援に関する共同研究を申し入れた私を温かく迎え入れてくださいました。本学に入学後も本研究を進めるにあたり、終始適切な御指導を賜わりました。國藤教授の厳しさと温かさの両面を持ち合わせた包容力に支えられて充実した研究生生活を送ることができました。

平石邦彦助教授は、私の副テーマ研究の御指導を引き受けてくださいました。副テーマ研究のみならず主テーマ研究においても親身に相談にのってくださり、数々の有益な御助言を賜わりました。

先生方のお近くで研究生生活を送れたこと、そして本学の素晴らしい研究環境は、私にとって大変貴重な経験を積む絶好の機会となりました。

本論文の外部審査委員として加わっていただきました筑波大学の寺野隆雄教授、ならびに内部審査委員として加わっていただきました本学の木村正行教授、吉田武稔助教授には、本論文を完成させるにあたり論文の価値を高めるための再考を促す機会を与えてくださいました。

また本論文で述べた Group Navigator-I の基本部分は、國藤研究室卒業生の中條雅庸さん(現在、コモタ(株) 開発本部勤務)と共同で開発しました。この基本システムをさらに機能拡張したグループ意思決定支援ツールの開発に関する研究は、思いもよらず平成9年度の人工知能学会研究奨励賞を受賞することができました。

東京理科大学の大森晃助教授には、5章における研究のアイデアを生むきっかけを与えていただきました。さらに筑波大学の寺野隆雄教授には、ANPによる応用について示唆いただきました。大阪大学産業科学研究所の鷲尾隆助教授には、尺度構成論について有益なコメントをいただきました。

また 3 章から 5 章の評価実験にご協力いただいた國藤研究室助手の鳥居鉦太郎博士ならびに本研究室の卒業生および在学生の皆さん，本学情報科学センター技官の小坂秀一さん，上埜元嗣さん，石川県工業試験場研究員の上田芳弘さんからは，数多くの有益なコメントをいただきました．

本学情報科学センター助手の敷田幹文博士には，評価実験をはじめ，3 章で開発したシステムの Windows95/NT 版である AHP-aid への移植にあたり，ご多忙であるにもかかわらず，技術的な面で御尽力いただきました．

神戸学院大学の青沼龍雄教授，星稜女子短期大学の竹村哲助教授，日本大学の西澤一友助教授には，卒業研究あるいは OR の授業等のほか研究室内で AHP-aid をご試用いただき，まだ開発段階の域にあるシステムの普及改良に向け数多くのアドバイスを与えていただきました．

元國藤研究室助手の Thanaruk Theeramunkong，ラタナ両博士夫妻には，本研究を進めるにあたり，陰ながら親身に相談にのっていただき幾度となく助けていただきました．

このほか，國藤・佐藤研究室の皆さんには，3 年間の学生生活を送るにあたり大変お世話になりました．

石田輝男元工業試験場長には，本研究の助走開始に当り御理解と御支援をいただきました．柏木清勝前々工業試験場長，川淵一知前総括次長，一丸義次前技術次長，梅田章前情報指導部長には，企業派遣学生として本学で研究する機会を私に与えていただきました．また齊藤直前工業試験場長，森莞爾総括次長，吉田博幸技術次長をはじめ，私が所属する情報指導部職員の皆様には，本学在学中において研究に専念できるよう御配慮いただきました．

以上の方々のおかげで本論文をまとめることができました．ここに心から厚く御礼申し上げます．

最後に，本研究をまとめるにあたり，最も苦勞をかけながらも私の研究生生活を支え続けてくれた妻の一恵ならびに息子の孝春，孝祐に感謝します．

付録 A

AHP の概要

AHP(Analytic Hierarchy Process) は、意思決定問題の要素を最終目標、評価項目、代替案の三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) 一対比較行列

上述の重要度の算出法として一対比較法を用いる。 n 個の要素のうち任意の要素 i と要素 j の組合せに対して、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、その答えに応じて下表のような一対比較値 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 $n(n-1)/2$ 回の一対比較で行列 A ができる。この一対比較行列から各要素の重要度を求める。

表 A.1: 一対比較値

一対比較値 a_{ij}	意味
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	補間的に用いる

ここで， n 個の要素の重要度を

$$\mathbf{w} = [w_1, w_2, \dots, w_n]^t \quad (\text{A.1})$$

とし， w_i/w_j を a_{ij} で推定する．ただし， $w_i > 0, 1 \leq i \leq n$ である．すなわち，行列 A の各要素 a_{ij} を w_i/w_j で置き換え，

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \quad (\text{A.2})$$

とする．この A に右辺から， $\mathbf{w}$ を乗じると，

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (\text{A.3})$$

すなわち，

$$A\mathbf{w} = n\mathbf{w} \quad (\text{A.4})$$

となる．この式は固有値問題

$$(A - nI)\mathbf{w} = 0 \quad (\text{A.5})$$

に変形でき， n は線形代数でいう固有値， $\mathbf{w}$ は固有ベクトルである．

A の最大固有値 λ_{max} に対する固有ベクトル $\mathbf{w}$ を重要度とする．ただし，重要度 w_i は， $\sum w_i = 1$ となるように正規化されているのが一般的である．

次に同様の手順で各評価項目からみた代替案の一対比較を行なう． n 個の項目に順序をつけると最少 $n - 1$ 個の 2 項関係があればよいが，それを $n(n - 1)/2$ 個の判断で決めているので冗長度がある．

(2) 判断の整合性

一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「要素 i よりも要素

j が望ましく、要素 j よりも要素 k が望ましい」場合、「要素 i よりも要素 k が望ましい」といえること、言い換えれば「一対比較値の推移律 $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$ がすべての i, j, k について成り立つ」時に、行列 A は整合性があるという。完全に整合性がある時には $\lambda_{max} = n$ が成立し、そこからのずれを行列の大きさを示す値 $n - 1$ で割った

$$C.I. = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (A.6)$$

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 $C.I. \leq 0.1$ (場合によっては 0.15) が有効性の尺度とされる。

(文献 [刀根 90] から引用加筆)

付録 B

Harker 法

AHP を実際の問題に適用する際，一対比較行列の要素の値が全て答えられないこともある．ある質問に対しては，答えたくても比較するデータがないこともある．このような場合，不完全な逆数行列にも固有値法が適用できる方法を Harker は提案している [竹田 89] ．

例えば，要素が 5×5 の不完全一対比較行列において，推定したい重みを $w_1, w_2, \dots, w_5$ とする．AHP で用いられるように，対角要素を 1 にして，逆関係 $a_{ji} = 1/a_{ij}$ を仮定すれば，式 (B.1) に示す不完全逆数行列 A が得られる．

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & ? & a_{14} & ? \\ a_{21} & 1 & a_{23} & ? & a_{25} \\ ? & a_{32} & 1 & a_{34} & ? \\ a_{41} & ? & a_{43} & 1 & a_{45} \\ ? & a_{52} & ? & a_{54} & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{B.1})$$

ただし， a_{ij} は入力された一対比較値， $?$ は一対比較値が答えられない未知の値とする．

ここで， $?$ の箇所を w_i/w_j で埋めると形式的に固有値問題は，式 (B.2) のように書ける．

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & w_1/w_3 & a_{14} & w_1/w_5 \\ a_{21} & 1 & a_{23} & w_2/w_4 & a_{25} \\ w_3/w_1 & a_{32} & 1 & a_{34} & w_3/w_5 \\ a_{41} & w_4/w_2 & a_{43} & 1 & a_{45} \\ w_5/w_1 & a_{52} & w_5/w_3 & a_{54} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \end{bmatrix} \quad (\text{B.2})$$

これより，式 (B.3) が得られる．

$$\begin{aligned}
3w_1 + a_{12}w_2 + a_{14}w_4 &= \lambda w_1 \\
a_{21}w_1 + 2w_2 + a_{23}w_3 + a_{25}w_5 &= \lambda w_2 \\
a_{32}w_2 + 3w_3 + a_{34}w_4 &= \lambda w_3 \\
a_{41}w_1 + a_{43}w_3 + 2w_4 + a_{45}w_5 &= \lambda w_4 \\
a_{52}w_2 + a_{54}w_4 + 3w_5 &= \lambda w_5
\end{aligned} \tag{B.3}$$

が得られる．

これを，行列表現すれば式 (B.4) となる．

$$\begin{bmatrix} 3 & a_{12} & 0 & a_{14} & 0 \\ a_{21} & 2 & a_{23} & 0 & a_{25} \\ 0 & a_{32} & 3 & a_{34} & 0 \\ a_{41} & 0 & a_{43} & 2 & a_{45} \\ 0 & a_{52} & 0 & a_{54} & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \end{bmatrix} \tag{B.4}$$

すなわち，不完全行列をこのように変換し，固有値問題を解くことによって，項目の重みを算出することができる．

(文献 [竹田 89] から引用)

付録 C

重要度の感度係数の算出法

一対比較行列 A の最大固有ベクトル λ_{max} に対する右固有ベクトルおよび左固有ベクトルをそれぞれ $\mathbf{w} = [w_1, w_2, \dots, w_n]^t$, $\mathbf{v} = [v_1, v_2, \dots, v_n]^t$ とする．これらのベクトルはその定義から

$$\mathbf{A}\mathbf{w} = \lambda_{max}\mathbf{w} \quad (\text{C.1})$$

$$\mathbf{v}^t\mathbf{A} = \lambda_{max}\mathbf{v}^t \quad (\text{C.2})$$

を満足しなければならない．

AHP では上記の $\mathbf{w}$ の成分の総和が 1 になるように正規化されたもの，すなわち，

$$\sum_{k=1}^n w_k = 1 \quad (w_k > 0) \quad (\text{C.3})$$

が使用される．一方， $\mathbf{v}$ の成分に関しては別に制約はないが，次に示す定理の便宜上，その成分は次式をみたすようにスケール変換されたものとする．

$$\mathbf{v}^t\mathbf{w} = \sum_{k=1}^n v_k w_k = 1 \quad (\text{C.4})$$

このとき，行列 A の (i, j) 成分 a_{ij} , $i, j = 1, 2, \dots, n$ に対する整合度および相対的重要度の感度係数はそれぞれ次に示す二つの定理によって与えられる．

定理 C.1 a_{ij} に対する整合度 $C.I.$ の感度係数は

$$\frac{\partial C.I.}{\partial a_{ij}} = \frac{1}{n-1} \left(v_i w_j - \frac{v_j w_i}{a_{ij}^2} \right) \quad (\text{C.5})$$

で与えられる．

証明 C.1 正行列 $A(a_{ij}$ は正の実数) の λ_{max} および w は a_{ij} の関数であり，至るところで偏微分可能であることが知られている．そこで，式 (C.1) の両辺を a_{ij} で偏微分すると

$$\frac{\partial A}{\partial a_{ij}} w + A \frac{\partial w}{\partial a_{ij}} = \frac{\partial \lambda_{max}}{\partial a_{ij}} w + \lambda_{max} \frac{\partial w}{\partial a_{ij}} \quad (C.6)$$

となる．式 (C.6) の両辺に左から v^t を掛けて，移行することにより，

$$\frac{\partial \lambda_{max}}{\partial a_{ij}} v^t w = v^t \frac{\partial A}{\partial a_{ij}} w + (v^t A - \lambda_{max} v^t) \frac{\partial w}{\partial a_{ij}} \quad (C.7)$$

を得る．ここで，式 (C.2) および式 (C.4) を考慮することにより，式 (C.7) は，

$$\frac{\partial \lambda_{max}}{\partial a_{ij}} = v^T \frac{\partial A}{\partial a_{ij}} w \quad (C.8)$$

となる．さらに行列 A は，一対比較行列の対角成分に関して $a_{ji} = 1/a_{ij}$ が成り立つので， $\partial A / \partial a_{ij}$ は， (i, j) 成分が 1 ， (j, i) 成分が $-1/a_{ij}^2$ で，残りの成分は全て 0 の $n \times n$ 行列になっている．従って，式 (C.8) は，

$$\frac{\partial \lambda_{max}}{\partial a_{ij}} = v_i w_j - \frac{v_j w_i}{a_{ij}^2} \quad (C.9)$$

と書くことができる．ところで，整合度の指標は

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (C.10)$$

で与えられるため，整合度の a_{ij} に関する偏微分は $\partial C.I. / \partial a_{ij} = (\partial \lambda_{max} / \partial a_{ij}) / (n - 1)$ であり，これに式 (C.9) を代入することにより，式 (C.5) を得る．（証明おわり）

定理 C.2 a_{ij} に対する相対的重要度 w の感度係数は，

$$\frac{\partial w}{\partial a_{ij}} = ([A - \lambda_{max} I]_1)^{-1} [(v_i w_j - \frac{v_j w_i}{a_{ij}^2}) [w]_0 - [x]_0] \quad (C.11)$$

で与えられる．ただし， λ_{max} は A の最大固有値であり，また x は第 i 成分が w_j ，第 j 成分が $-w_i/a_{ij}^2$ で残りの成分がすべて 0 の $n \times 1$ ベクトル，すなわち

$$x = [0, \dots, 0, w_j, 0, \dots, 0, \frac{-w_i}{a_{ij}^2}, 0, \dots, 0]^t \quad (C.12)$$

であり， I は $n \times n$ 単位行列である．また， $[A - \lambda_{max} I]_1$ は行列 $A - \lambda_{max} I$ の第 n 行のすべての列成分を 1 で置き換えた $n \times n$ 行列，一方， $[w]_0, [x]_0$ は，それぞれベクトル w および x の第 n 成分のみを 0 で置き換えた $n \times 1$ ベクトルを表している．

証明 C.2 式 (C.1) の両辺を a_{ij} で偏微分し，式 (C.9) を考慮すると，

$$\frac{\partial A}{\partial a_{ij}} \mathbf{w} + A \frac{\partial \mathbf{w}}{\partial a_{ij}} = \left(v_i w_j - \frac{v_j w_i}{a_{ij}^2} \right) \mathbf{w} + \lambda_{max} \frac{\partial \mathbf{w}}{\partial a_{ij}} \quad (\text{C.13})$$

となる．定理 C.1 の証明においても述べたように，式 (C.13) の $\partial A / \partial a_{ij}$ は (i, j) 成分が 1， (j, i) 成分が $-1/a_{ij}^2$ で，残りの成分は全て 0 の $n \times n$ 行列であるから，左辺の第一項の $(\partial A / \partial a_{ij}) \mathbf{w}$ は式 (C.12) のベクトル $\mathbf{x}$ と等価になる．従って，式 (C.13) は移項して整理することにより，

$$(A - \lambda_{max} I) \frac{\partial \mathbf{w}}{\partial a_{ij}} = \left(v_i w_j - \frac{v_j w_i}{a_{ij}^2} \right) \mathbf{w} - \mathbf{x} \quad (\text{C.14})$$

となる．ところが，固有値の存在条件から明らかなように式 (C.14) の行列 $A - \lambda_{max} I$ は $\det(A - \lambda_{max} I) = 0$ であり，このままでは逆行列が存在しない．

そこで， $\mathbf{w}$ の正規化条件式 (C.3) の両辺を a_{ij} で偏微分して得られる次式，すなわち，

$$\frac{\partial w_1}{\partial a_{ij}} + \frac{\partial w_2}{\partial a_{ij}} + \cdots + \frac{\partial w_n}{\partial a_{ij}} = 0 \quad (\text{C.15})$$

を式 (C.14) の n 番目の式と置き換えることにより，

$$[A - \lambda_{max} I]_1 \frac{\partial \mathbf{w}}{\partial a_{ij}} = \left(v_i w_j - \frac{v_j w_i}{a_{ij}^2} \right) [\mathbf{w}]_0 - [\mathbf{x}]_0 \quad (\text{C.16})$$

を得る．式 (C.16) の行列 $[A - \lambda_{max} I]_1$ は正則であり，その逆行列が存在する．これを式 (C.16) の両辺に左から掛けることにより，式 (C.11) を得る．（証明おわり）

(文献 [増田 87] より引用)

参考文献

- [赤尾 90a] 赤尾洋二. 品質機能展開. 日科技連出版社, 1990.
- [赤尾 90b] 赤尾洋二. 品質展開入門. 日科技連出版社, 1990.
- [Armacost94] R. L. Armacost, P. J. Componation, M. A. Mullens, and W. W. Swart. An AHP Framework for Prioritizing Customer Requirements in QFD: An Industrialized Housing Application. *IIE Transactions*, Vol. 26, No. 4, pp. 72–79, 1994.
- [Easterbrook93] Steve Easterbrook. *CSCW: Cooperation or Conflict?* Springer-Verlag, 1993.
- [石田 95] 石田亨. エージェントを考える. 人工知能学会誌, Vol. 10, No. 5, pp. 663–667, 1995.
- [石井 94] 石井裕. C S C W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.
- [市川 96] 市川伸一編. 認知心理学 4 思考. 東京大学出版会, 1996.
- [Ito97a] Takayuki Ito and Toramatsu Shintani. An Agenda-scheduling System Based on Persuasion Among Agents. *Information Systems and Technologies for Network Society*, Vol. Fukuoka, Japan, pp. 287–294, 1997.
- [Ito97b] Takayuki Ito and Toramatsu Shintani. Persuasion among Agents: An Approach to Implementing a Group Decision Support System Based on Multi-Agent Negotiation. *Proc. of Fifteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 592–597, 1997.

- [伊藤 97c] 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. Vol.J80-D-II, No. 10, pp. 2780–2789, 1997.
- [伊藤 97] 伊藤照明, 高橋孝博, 福田収一. 階層化意思決定法によるシルバーサイクルの協調設計. 第 15 回設計シンポジウム講演論文集, pp. 106–109, 1997.
- [伊藤 87] 伊藤昇, 岩井斎良, 岩堀長慶, 上林達治, 関野薫, 高橋秀一. 行列とその応用. 紀伊國屋書店, 1987.
- [印南 97] 印南一路. すぐれた意思決定. 中央公論社, 1997.
- [宇井 95] 宇井徹雄. 意思決定支援とグループウェア. 共立出版, 1995.
- [大西 97] 大西雅夫, 内田稔, 國藤進, 田中二郎, 敷田幹文, 加藤直孝. 仮想データベースによる AHP 支援システム. 日本ソフトウェア科学会第 14 回大会論文集, pp. 117–120, 1997.
- [大西 97] 大西真一, 今井英幸, 河口至商. ファジィ AHP における感度分析を用いた重要度の安定性の評価. 日本ファジィ学会誌, Vol. 9, No. 1, pp. 140–147, 1997.
- [大藤 90] 大藤正, 小野道照, 赤尾洋二. 品質展開法 (1). 日科技連出版社, 1990.
- [大森 92] 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.
- [大森 93] 大森晃. ソフトウェア品質展開アプローチ. システム / 制御 / 情報, Vol. 37, No. 5, pp. 269–276, 1993.
- [岡田 88] 岡田憲夫, キース・W・ハイブル, ニル・M・フレーザー, 福島雅夫. コンフリクトの数理. 現代数学社, 1988.
- [岡本 92] 岡本良夫. 逆問題とその解き方. オーム社, 1992.
- [小川 97] 小川剛志, 國藤進, 加藤直孝. 代替案評価の根拠を定量的データで説明可能にした意思決定支援システムの提案. 計測自動制御学会システム / 情報合同シンポジウム'97, pp. 159–162, 1997.

- [女部田 96] 女部田武史. 複数の KJ 法図解の差異や共通部を可視化するグループ思考支援システムの研究. 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士論文, 1996.
- [小野 92] 小野道照, 吉澤正. Q F D 支援ソフトウェア. 品質, Vol. 22, No. 2, pp. 62-68, 1992.
- [海保 89] 海保博之, 中溝幸夫, 横山詔一, 守一雄. 心のシミュレーション. 新曜社, 1989.
- [海保 93] 海保博之, 原田悦子 (編). プロトコル分析入門. 新曜社, 1993.
- [加藤 89] 加藤直孝. CAD/CAM 機種選定エキスパートシステムと AHP. オペレーションズ・リサーチ, Vol. 34, No. 4, pp. 5-11, 1989.
- [加藤 95] 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.
- [加藤 97a] 加藤直孝, 中條雅庸, 國藤進. AHP 支援ソフトウェア AHP-aid for Windows. 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, pp. 96-97, 1997.
- [加藤 97b] 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.
- [加藤 93] 加藤直孝, 國藤進, 上田芳弘. ソフトウェア開発における要求機能設計支援システムの研究開発構想. 計測自動制御学会合同シンポジウム, pp. 277-282, 1993.
- [亀山 90] 亀山嘉正, 佐山隼敏, 鈴木和彦, 船戸謙, 大倉輝. AHP における一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.
- [川喜田 86] 川喜田二郎. K J 法. 中央公論社, 1986.

- [Gause93] D. C. Gause and G. M. Weinberg. 要求仕様の探検学. 共立出版社, 1993.
- [木俣 92] 木俣昇, 竹村哲. 問題認識のためのマルチウィンドウ型支援システムの開発. 土木学会論文集, No. 449/IV-17, pp. 203–212, 1992.
- [木下 93] 木下栄蔵. AHP 手法と応用技術. 総合技術センター, 1993.
- [木下 97] 木下栄蔵, 吉川耕司, 中西昌武. AHP の発展モデル (ANP) の合意形成への適用. 日本 OR 学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp. 118–119, 1997.
- [國藤 94a] 國藤進. グループで発想する, pp. 30–41. bit 別冊「知的触発に向かう情報社会」. 共立出版, 1994.
- [國藤 94b] 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」, 第 10 巻, pp. 111–131. 共立出版, 1994.
- [Gray86] P. Gray. *Group Decision Support Systems*. Prentice-Hall, 1986.
- [経済企画 96] 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.
- [小泉 96] 小泉寿男, 鈴木昌則, 土井日輝, 白鳥則郎. C S C W 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.
- [小橋 88] 小橋康章. 決定を支援する. 東京大学出版会, 1988.
- [後藤 96] 後藤繁生, 平石邦彦, 國藤進. 関連度行列とファジィ理論を統合した意思決定について. 人口知能学会第 26 回基礎論研究会資料, pp. 52–58, 1996.
- [Simon69] H. A. Simon. システムの科学. ダイヤモンド社, 1969.
- [Simon79] H. A. Simon. 意思決定の科学. 産能大出版部, 1979.
- [Saaty80] T.L. Saaty. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, 1980.

- [Saaty87] T.L. Saaty and L.G. Vargas. Uncertainty and Rank Order in the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, Vol. 32, pp. 107–117, 1987.
- [Saaty96] T.L. Saaty. *The Analytic Network Process*. RWS Publications, Pittsburgh, USA, 1996.
- [斉藤 97] 斉藤正武, 日下泰夫, 辻正重. 製品開発支援システムの開発. 日本経営工学会論文誌, Vol. 47, No. 6, pp. 351–358, 1997.
- [佐伯 86] 佐伯伴. 認知科学の方法. 東京大学出版会, 1986.
- [榎木 81] 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.
- [社会調査 95] 社会調査研究所. 地域経済総覧'96. 東洋経済, 1995.
- [清水 96] 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. 化学工学論分集, Vol. 22, No. 5, pp. 1147–1156, 1996.
- [情報処理 89] 情報処理振興事業協会技術センター編. 品質機能展開による高品質ソフトウェアの開発 手法 (解説編). コンピュータ・エージ社, 1989.
- [情報処理 89] 情報処理振興事業協会技術センター編. 品質機能展開による高品質ソフトウェアの開発 手法 (応用事例編). コンピュータ・エージ社, 1989.
- [新谷 92] 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.
- [Stefik87] M. Stefik, G. Foster, D.G. Bobrow, K. Kahn, S. Lanning, and L. Suchman. Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings. *CACM*, Vol. 30, No. 1, pp. 32–47, 1987.
- [杉本 93] 杉本雅則, 堀浩一, 大須賀節雄. 設計問題への発想支援システムの応用と発想過程のモデル化の試み. 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp. 575–582, 1993.

- [杉山 93] 杉山公造. 収束的思考支援ツールの研究開発動向. 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp. 568–574, 1993.
- [角 97] 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.
- [瀬尾 94] 瀬尾英巳子. 思考の技術. 有斐閣, 1994.
- [高野 96] 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.
- [高橋 97a] 高橋馨郎. AHP とその後の動向. 日本 OR 学会 評価の OR 研究グループ講演資料 1997.5.17, 1997.
- [高橋 97b] 高橋馨郎, 大澤慶吉, 王克義. 相互評価の原理とその AHP, ANP への応用. 日本 OR 学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp. 120–121, 1997.
- [竹田 89] 竹田英二. 不完全一対比較行列における AHP ウエイトの計算法. オペレーションズ・リサーチ, Vol. 34, No. 4, pp. 169–172, 1989.
- [竹村 93] 竹村哲. 計画案作成のための代替案評価支援ソフトウェアの開発. 金沢大学大学院自然科学研究科博士論文, 1993.
- [竹村 97] 竹村哲, 加藤直孝, 國藤進. 参画レベルと代替案評価法によるグループ認識への影響. 経営情報学会秋季全国研究発表大会論文集, pp. 174–177, 1997.
- [竹村 83] 竹村伸一 (編). システム技法ハンドブック. 日本理工出版会, 1983.
- [瀧口 90] 瀧口智洋, 星田昌昭, 大滝厚. あいまいな評価を考慮したマトリックス図の解析. JSQC 第 20 回年次大会研究発表要旨集, pp. 57–60, 1990.
- [田中 94] 田中二郎, 神田陽治. インタフェース大作戦. 共立出版, 1994.

- [田村 86] 田村担之. 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.
- [田村 94] 田村賢之, 加藤直孝, 長田英希, 國藤進. ユーザの要求を反映する合意形成支援システムの研究開発構想. 計測自動制御学会第 15 回システム工学部会研究会, pp. 9-16, 1994.
- [田村 95] 田村賢之. 関連度行列を用いた集団合意形成支援システムの研究. 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士論文, 1995.
- [中條 96a] 中條雅庸, 加藤直孝, 國藤進. 異なる観点を反映するグループ意思決定支援システムの研究. 計測自動制御学会第 23 回知能システムシンポジウム資料, pp. 137-142, 1996.
- [中條 96b] 中條雅庸. 異なる観点を反映するグループ意思決定支援システムの研究. 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士論文, 1996.
- [辻 94] 辻正重. 経営と意思決定支援システム. 電気学会論文誌, Vol. 114, No. 3, pp. 345-360, 1994.
- [Tung93] Yung-Chin Alex Tung. Group Decision Making using AHP. *Annual meeting proceedings of the decision science institute*, Vol. 1993, No. 2, pp. 1163-1165, 1993.
- [寺野 87] 寺野隆雄. エキスパートシステムにおける階層化意思決定法 の利用. 情報処理学会人工知能システムの枠組みシンポジ ウム, pp. 55-64, 1987.
- [寺野 93] 寺野隆雄. 知識システム開発方法論. 朝倉書店, 1993.
- [戸田 94] 戸田光彦, 山口高平, 新谷虎松. 知能化技術と意思決定支援システム. 社団法人計測自動制御学会, 1994.
- [刀根 90] 刀根薫, 真鍋龍太郎. AHP事例集. 日科技連出版社, 1990.
- [刀根 93] 刀根薫. 経営効率性の測定と改善 - 包絡分析法DEAによる -. 日科技連出版社, 1993.

- [DeSanctis87] G. DeSanctis and R. B. Gallupe. A Foudation for the Study of Group Decision Support Systems. *Management Science*, Vol. 33, No. 5, pp. 589–609, 1987.
- [Dyer92] R. F. Dyer and E. H. Forman. Group decision support with the Analytic Hierarchy Process. *Decsion Support Systems*, No. 8, pp. 99–124, 1992.
- [長田 93] 長田英希, 國藤進. 主観的評価 - 客観的評価の変換機能を持つ意思決定支援システム. 第7回人工知能学会全国大会, pp. 699–702, 1993.
- [名久井 90a] 名久井聡, 赤尾洋二. アンケート調査による要求品質の推定, pp. 136–145. 日科技連出版社, 1990.
- [名久井 90b] 名久井聡, 赤尾洋二. 工業生産住宅の機能展開, pp. 146–159. 日科技連出版社, 1990.
- [西田 95] 西田豊明. ソフトウェアエージェント. 人工知能学会誌, Vol. 10, No. 5, pp. 704–711, 1995.
- [日本オペ 96] 日本オペレーションズ・リサーチ学会合意形成・政策研究部会. 合意形成論入門, 1996.
- [半谷 91] 半谷裕彦, 川口健一. 形態解析. 培風館, 1991.
- [広内 83] 広内哲夫, 小坂武. 意思決定支援システム. 竹内書店新社, 1983.
- [星田 92] 星田昌昭, 瀧口智洋, 大滝厚. 品質表の評点法における一つのアプローチ. 品質, Vol. 22, No. 4, pp. 18–23, 1992.
- [増田 87] 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.
- [三浦 94] 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.

- [三末 94] 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.
- [三末 97] 三末和男. ダイアグラム・プロセッサの構築 - 領域連結図を用いる思考支援システムへの応用を中心として -. 東京大学博士論文, 1997.
- [宮城 94] 宮城隼夫, 平良直之, 山下勝巳. 加法形の一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.
- [宮崎 85] 宮崎清孝, 上野直樹. 視点. 東京大学出版会, 1985.
- [八木下 97] 八木下和代, 宗森純, 首藤勝. K J 法文章の V A 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.
- [八巻 95] 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.
- [山口 92] 山口俊和, 鈴木敦. 対話形式による不完全一対比較行列からのウエイト計算法. オペレーションズ・リサーチ, Vol. 37, No. 5, pp. 236–241, 1992.
- [山田 97] 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.
- [Ramanathan94] R. Ramanathan and L.S. Ganesh. Group Preference Aggregation Methods employed in AHP: An evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages. *European Journal of Operation Research*, Vol. 79, No. 2, pp. 249–265, 1994.
- [Lindsay85] P. H. Lindsay and D. A. Norman. 情報処理心理学入門. サイエンス社, 1985.

- [Warfield74] J.N. Warfield. Developing Interconnection Matrices in Structural Modeling. *IEEE Trans. of SMC*, Vol. SMC-4, No. 1, pp. 81–87, 1974.
- [渡部 89] 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.

本研究に関する発表論文

論文

- [1] 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) .
- [2] N. Kato and S. Kunifuji. “Consensus-making Support System for Creative Problem Solving”, Knowledge-Based Systems, Vol.10, No.1, pp.59-66(1997) .

国際会議

- [3] N. Kato, M. Chujo and S. Kunifuji. “A Group Decision Support System by Externalizing Sharing and Reflecting Individual Viewpoints”, Proc. of the Sixth IFIP Conference on Human-Computer Interaction, July 14-18, Sydney, Australia, pp.600-601(1997) .
- [4] N. Kato and S. Kunifuji. “A Consensus Making Support System using AHP in Combination with KJ Method and Relationship Matrix”, Proc. of the Fourth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, July 12-15, Vancouver, Canada, pp.215-228(1996) .
- [5] S. Kunifuji, H. Ueda, T. Tamura, N. Kato, and H. Nagata. “Group Decision Support System for Creative Problem Solving”, International Symposium on Fifth Generation Computer Systems, Dec.15-16, Tokyo, Japan, pp.229-236(1994) .

研究会

- [6] 加藤直孝, 國藤進, 上田芳弘. “ソフトウェア開発における要求機能設計支援システムの研究開発構想”, 計測自動制御学会合同シンポジウム講演論文集, pp.277-282(1993)
- [7] 田村賢之, 加藤直孝, 長田英希, 國藤進. “ユーザの要求を反映する合意形成支援システム”, 計測自動制御学会第 15 回システム工学部会研究会資料, pp.75-80(1994)
- [8] 國藤進, 加藤直孝, 田村賢之. “関連度行列に基づく合意形成支援システムの研究”, 計測自動制御学会第 17 回システム工学部会研究会資料, pp.29-36(1995)
- [9] 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, 95-GW-9, pp.63-68(1995)
- [10] 中條雅庸, 加藤直孝, 國藤進. “異なる観点を反映するグループ意思決定支援システムの研究”, 計測自動制御学会第 23 回知能システムシンポジウム資料, pp.137-142(1996) .
- [11] 加藤直孝, 中條雅庸, 國藤進. “主体間の視点を反映したグループ意思決定支援ツール”, 第 26 回人工知能学会基礎論研究会資料, pp.46-51(1996) .
- [12] 竹村哲, 加藤直孝, 國藤進. “KJ 法における衆目評価法とシステム分析のための代替案評価法 AHP の比較研究”, KJ 法研究, Vol.20, pp.1-8(1996) .
- [13] 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について”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, pp.94-95(1997) .
- [14] 加藤直孝, 中條雅庸, 國藤進. “AHP 支援ソフトウェア AHP-aid for Windows”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, pp.96-97(1997) .
- [15] 大西雅夫, 内田稔, 國藤進, 田中二郎, 敷田幹文, 加藤直孝. “仮想データベースによる AHP 支援システム”, 日本ソフトウェア科学会第 14 回大会論文集, pp.117-120(1997) .
- [16] 竹村哲, 加藤直孝, 國藤進. “参画レベルと代替案評価法によるグループ認識への影響”, 平成 9 年度経営情報学会全国大会, pp.174-177(1997) .

- [17] 小川剛志, 國藤進, 加藤直孝. “代替案評価の根拠を定量的データで説明可能にした意思決定支援システムの提案”, 計測自動制御学会システム / 情報合同シンポジウム'97, pp.159-162(1997) .

その他

- [18] 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”, Jaist Technical Memorandum IS-TM-97-0001, 1997.4.15 .
- [19] 加藤直孝, 國藤進. “AHP 支援ソフトウェア AHP-aid 操作マニュアル”, Jaist Technical Memorandum IS-TM-97-0004M, 1997.6.7 .