グループ意思決定における交渉シミュレーションシステム

正員 松村 幸輝 (産能大)

Simulation System for Negotiation in Group Decisions

Koki Matsumura, Member (Sanno College)

This paper describes a computer system supporting negotiations in group decision to seek a solution, where consensus is incomplete, by carrying out an encounter-type simulation. The system is based on the utility theory including utility functions which are modified according to the status given by the values and coefficients of utility functions. A consensus is sought through the modification of the functions. As a concrete example, we demonstrate the use of the system for group car buying decisions. The results can be summarized as follows. (1) A negotiation rule with the concept of utility theory makes it possible to seize negotiators' utility values in quantity which is changeable. And that contributes to clarifying the process of compromise. (2) Those who implement this encounter-type simulation with computer are able to negotiate experimentally and moreover, to give a try to induce a reasonable consensus objectively. (3) Elements and relations in each set or criteria in the system are shown graphically or as relational data in matrix form so that it works as an interface supporting decision making in negotiations by supplying us with figures and tables required instantly in the display.

キーワード：交渉，グループ意思決定，効用理論，効用関数，シミュレーション，計算機システム

1. ま え が き

交渉は、企業や組織体での経営やビジネス、あるいは個人的問題から国家レベルに至るまでの契約や問題解決などにおいて、その当事者の意思決定に基づく重要な行動過程である。特に、交渉の当事者が個人あるいはグループのいずれであっても、交渉には複数の当事者が携わるため、複数の意思決定者によるコンセンサスを得る必要があるという点において、交渉はグループ意思決定過程の一例としてとらえることができる⁽¹⁾。

一方、交渉をいかに効果的に進めるか、あるいはより有利な譲歩・妥協点を見いだすかといったことは重要な戦略であり、また、そのような能力は交渉の当事者にとって必要なスキルとなる。しかし、交渉は非構造的問題を知的レベルで解決する過程であるので、より良い交渉の解決案を見いだすために、例えば多目的の意思決定、グループ意思決定などの経験事例の検索や、ゲーム理論など、合理的で機能的な規則に基づいた能率の良い交渉の方法を検討することが必要である。

そのため、計算機システムを用いて情報の伝達や活用を行うことは、より効果的な交渉の実現を可能にすると考えられる。例えば、計算機を利用した事例ベース推論⁽²⁾は、経験的手法による多くの事例に基づいた正確な情報分析と

実時間処理の実現が可能となり、交渉過程にもたらす利得は大きいものと考えられる。また、計算機を利用することによって、個人の意見や考えを明確に、そして客観的に表現することができるので、抽象概念による表現を阻止するとともに、交渉において争点となっている当事者の価値感の相違に基づく感情的要素を抑える⁽³⁾という効果があり、正確な判断が可能となる。このように、計算機を交渉過程に用いることにより、交渉の当事者は、交渉過程の本質でもある情報や時間をうまく活用できるとともに、交渉能力を向上させることが可能となる。

以上のような観点から、本研究は、実践的な交渉で合理的な解決案を得ることなどを目指して、(1)ユーザにとって操作性の良いインタフェースと効果的なデータアクセスを可能にした交渉シミュレーションを行うことができ、(2)その結果や情報の表示にあたって、細かい作図や作表の機能を有する計算機による交渉支援システムの構築について検討している。

本論文では、価値観は異なるが、共通の目的をもったグループ構成員の合意を得る場合の交渉の規則として、効用理論に基づく交渉者の意思決定過程を考慮し、効用関数を修正するという操作を通じて譲歩する方法を提案している。まず、(1)交渉での問題点を明確にするため、評価項目の内容を客観的に整理するとともに、効用関数を用いて

定量化した効用に基づいてリレーショナルデータベース形式の表を作成し、(2)計算機との対戦型シミュレーションを行うことにより、合理的な解決策を見いだすことを試みた結果を示す。そして、この過程で必要に応じて計算機とユーザ(シミュレーションの実行者)の効用値などをそれぞれ図や表の形で画面表示することによって、交渉者の意思決定を支援し、譲歩に導く、という手順に沿ったシミュレーション手法を述べる。なお、ここでは具体的な交渉問題の例として、共同で1台の自動車を購入する場合に合意を得るための交渉を取り上げている。

2. 意思決定に基づく交渉のモデル

〈2・1〉 交渉過程における意思決定の概念 まず、交渉規則およびシステム動作の基本となる交渉者の意思決定過程について述べる。

意思決定の対象の選好順序を定量的に表現するため、効用関数^{(4)~(6)}を用いる。この場合、属性としての評価項目が複数であるので、多次元効用理論⁽⁷⁾⁽⁸⁾の概念より、個々の評価項目に対する効用関数の値を合成して全体としての効用関数の値を算出するものとする。

そこで、各評価項目の値 $y_j(j=1, \dots, p)$ に対する効用値を与える効用関数 $u(y_j)$ を次のように設定する。この場合車を例として挙げると、一般に受け入れやすいと考えられる望ましきの程度は、例えば評価項目としての「車内の広さ」については「広ければ広いほど」高く、また「価格」については「安ければ安いほど」高くなるというように、評価項目の値に対して効用値が単調増加、あるいは単調減少するものと仮定できる。また、あまり大きくない範囲内においては簡単のため、この変化は近似的に直接的とみなすことができるものとして、効用関数を次に示すような一次関数⁽⁹⁾で表す。

$$u(y_j) = a_j + k_j y_j \dots\dots\dots (1)$$

式中の a_j および k_j はそれぞれの評価項目に対する意思決定者の望ましさに相応した効用関数の係数である。また、これらの値および係数は評価項目に対する意思決定者の重みを含むものである。

そして、各対象に対する総合評価としての効用値を表すために、各評価項目に対する効用関数の値を合成する。ここで、各項目は推移性と比較可能性をもつことが考えられ、また加法的に独立であると仮定すると⁽¹⁰⁾、総合評価としての効用関数 u は、評価項目に対する意思決定者の重みが付いた状態で総和をとることができ⁽¹¹⁾、次式で表される。ただし、 p は評価項目の個数である。

$$u = \sum_{j=1}^p u(y_j) \dots\dots\dots (2)$$

従って、この総合評価としての効用関数 u の値が最大となる対象が意思決定の結果となる。

一方、交渉過程では、交渉者である複数の意思決定者がそれぞれ、上述と同様にして各対象についての効用値を算出する。そのため、意思決定者それぞれで各対象の効用関

数の値は異なり、効用が最大となる対象は必ずしも一致しない。従って、交渉においてこの意思決定の不一致を解消して双方が納得できる譲歩案を提示することが重要な過程となる。

また、意思決定者が2人の場合では、(1)式と(2)式で示される効用関数は、各意思決定者の効用関数としてそれぞれ $u_i(y_j)$ および u_i (ただし、 i は交渉者を表し、 $i=1, 2$) で表し、またその場合の効用関数の係数を a_{ij} , k_{ij} とすると、次式を得る。

$$u_i(y_j) = a_{ij} + k_{ij} y_j \dots\dots\dots (3)$$

$$u_i = \sum_{j=1}^p u_i(y_j) \dots\dots\dots (4)$$

ただし、以下の本文中および表中では簡単のため、 $u_i(y_j)$ は u_{ij} と記している。

〈2・2〉 交渉のモデル ここでは、シミュレーションにおける交渉の規則とシステムの構成について述べる。

本論文で提案する交渉規則は、もし交渉の初期の段階で双方の効用が最大となる対象が一致しなければ、譲歩によって交渉を成立させるという共通の目標を前提として、相手側の意思を尊重するとともにできるだけ自己の効用を満足させながら譲歩案を見いだすというものである。その譲歩のための手続きとして、上述の効用関数を相手の値に近づけるよう各効用関数を修正する⁽¹²⁾⁽¹³⁾ものとする。

このため、まず交渉シミュレーションを実行することにより、交渉相手および自分自身の意識や価値感、すなわち効用を効用関数の値から客観的に認識できるように、図表を用いて明確にする。そして、それに基づいて譲歩するように効用関数の各係数を修正し、それを操作量として再入力するのである。ここで、上述の規則に従って a_{ij} および k_{ij} を修正したものを a'_{ij} および k'_{ij} で表すと、修正した効用関数 u'_{ij} は、(3)式と同様に次のように示される。

$$u'_{ij} = a'_{ij} + k'_{ij} y_j \dots\dots\dots (5)$$

これらの係数の具体的な修正の方法としては、例えば、 $k_{1j} > k_{2j}$ の場合、交渉者1は k_{1j} の値を k_{2j} よりも小さくならない範囲で低減させ、また交渉者2は k_{2j} の値を k_{1j} よりも大きくならない範囲で増加させるという操作を行って、それぞれ k'_{1j} および k'_{2j} の値を決める。また a'_{1j} , a'_{2j} についても同様の操作を行う。従って、修正した効用関数で計算された値 u'_{ij} も、結果的には修正前の効用関数の値である u_{1j} と u_{2j} の間の値になる。

このような規則に沿って係数を修正するが、これらの係数の大きさは評価項目などによって異なるので、修正の基準があいまいになる可能性がある。そこで、この操作を統一的にそして定量的に行うための変数として、 α_{ij} ($0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$) を定義し、この α_{ij} を用いて式を表すことにする。

まず、 u'_{ij} を u_{ij} を用いて示すと(6)式のようになる。

$$\left. \begin{aligned} u'_{1j} &= (1 - \alpha_{1j})u_{1j} + \alpha_{1j}u_{2j} \\ u'_{2j} &= \alpha_{2j}u_{1j} + (1 - \alpha_{2j})u_{2j} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

また、(6)式に(5)式および(3)式を代入して、(7)式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} a'_{ij} &= (1 - \alpha_{ij})a_{ij} + \alpha_{ij}a_{2j} \\ k'_{ij} &= (1 - \alpha_{ij})k_{ij} + \alpha_{ij}k_{2j} \\ a_{2j} &= \alpha_{2j}a_{1j} + (1 - \alpha_{2j})a_{2j} \\ k'_{2j} &= \alpha_{2j}k_{1j} + (1 - \alpha_{2j})k_{2j} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

従って、 a'_{ij} および k'_{ij} は、 α_{ij} を用いることによって、現在の状態を示す a_{ij} および k_{ij} から容易に修正することができる。なお、式の意味から理解できるように、 α_{ij} は、評価項目に j に関して交渉者 i が「譲歩してもいい」という譲歩の度合を、また逆に $(1 - \alpha_{ij})$ は、その評価項目に対する固執の度合を、それぞれ 0 から 1 までの範囲の値で表すものであると考えられる。

上述のような交渉の規則を考えた場合、システムの構成を以下のようにとらえることができる。

まず、入力の集合は、各評価項目に対する効用関数の設定あるいは修正などを行うという操作量の集合とする。この操作量の集合 M は、前述した(3)式および(5)式で表される効用関数の係数 a_{ij} と k_{ij} ($i=1, 2$ および $j=1, \dots, p$) の値を与える $4p$ 次元ベクトル空間 S^{4p} に対応づけられるものとする。なお、効用関数の値を計算するための前提条件として、対象となる車の評価項目の値の集合、および上述した a_{ij} と k_{ij} で表される一次関数で示される効用関数の式を与えるものとする。

出力の集合は、意思決定結果あるいは交渉の譲歩案(ただし、必ずしも解決案とはならない)となる対象の集合 B (具体的には、車の種類)である。なお、集合 B は車の特徴など(燃費、広さ、価格、最高速度など)を表す各評価項目の値 y_j ($j=1, \dots, p$) を与える p 次元ベクトル空間 R^p に対応づけられているものとする。

更に、上述したように、交渉者双方の価値観の相違、具体的には効用関数の係数を認識し、そして歩み寄るために次の譲歩のための手続き(具体的には、上述したような各効用関数の係数の修正)を行うので、現在の効用関数の係数が状態を表すものと考えられる。よって、状態の集合は、次の譲歩のための手続きを行う前、すなわち修正前の効用関数の係数の要素からなるものである。

以上のような手続きによって双方に歩み寄りがみられ、効用関数の値の差が減少し、交渉の解決案を見いだす状態に遷移するのである。

〈2・3〉 交渉の手順 交渉シミュレーションの実行にあたって、〈2・1〉節および〈2・2〉節で述べた効用に基づく意思決定過程および交渉規則を考慮して、譲歩案を作成しながら交渉を進める手順を考える。ここでは譲歩案の作成の例として次の三つの場合を述べる。

(1) 初期の効用関数に基づく場合(図1) (3)式および(4)式を用いて効用関数の値を計算した結果、効用が最大となる車種が交渉者双方で一致して、購入希望の車が同じになった場合は直ちに交渉が成立する。しかし一致しない場合は、まず交渉者双方の効用値などを確認し、効用関数を修正しない範囲で再度検討したうえで、譲歩案を出し合意することを試みる。その方法として、例えばゲーム

図1 初期の効用関数に基づいて譲歩に導く手続き
Fig. 1. Procedure to compromise with initial utility function.

理論に基づく種々の手法など多くの手続きが考えられるが、ここでは一つの例として、一般によく知られている min-max 戦略によって譲歩案を提示することを試みる。この手続きは、図1(b)に示すように、総合評価としての効用関数の値を規格化し、車種ごとにその値を両交渉者で比較してそのうち小さいほうの値を選択し、更にその値のうち最大となる自動車譲歩案とするものである。

(2) 初期の効用関数の修正に基づく場合(図2)

上述の交渉で双方が満足する結果が得られない場合、次のような手続きによって再度交渉を行う。最初の効用関数の値と評価項目の値の関係を示す図表を参考にして、交渉相手がどの評価項目に重きを置いているかなどを周知し、これに基づいて実行者は自身の効用関数の係数を修正し、効用関数の値を再計算する。この手続きは上述の〈2・2〉節に述べた。

その後、上述の(1)項と同様の手続きを行うことによって譲歩案を提示する。この手続きを図2の流れ図に示す。

(3) 新たな評価項目の提案に基づく場合(図3)

異なった観点から効用を見直すために新たな評価項目を提案する。そして、この評価項目に対する効用関数の値を加えた総合的な効用に基づいて譲歩案を作成する。図3にこの手続きの流れ図を示す。

以上の手順を繰り返すことによって合意を得るよう交渉を進める。そして提示した譲歩案が、交渉者が納得できる範囲内にあると認識した段階で交渉がまとまるものとする。そのため、各手順ごとに譲歩案を提示して交渉を収束させるように試みる。しかし、交渉はやはり各交渉者の主観に基づいて行われる部分が多いので、出された譲歩案が客観的に「良い答」あるいは「正しい答」であると判定することは難しく、また提示された譲歩案で必ずしも交渉がま

とまるとは保証されない。ただ、交渉過程で意思決定の基準となる効用値などを図表などで明示することによって、各評価項目に対する交渉者双方の効用を定量的にとらえる

図 2 効用関数の修正と再交渉の手続き
Fig. 2. Procedures of modifying utilities and second negotiation.

図 3 新たな評価項目の提案による再交渉の手続き
Fig. 3. Procedures of third negotiation with new attribute representation.

ことができるので、

- (i) 意思決定の対象の選好順序が明確となって交渉過程で示された譲歩案があらかじめ考えていた、あるいは考え直せる許容範囲内にあるかどうかがある程度客観的に認識できる、
 - (ii) 交渉相手がどの評価項目にどの程度重視しているかなど、といった考えが理解しやすい、
- ことなどから交渉を能率的にスムーズに進めることができるものと考えられる。

3. 交渉シミュレーションの実行

ここでは、前章で述べた交渉モデルに基づいてシミュレーションを行うために試作したシステムの機能とその実行例について述べる。

〈3・1〉 システムの機能 今回試作したシステムは、

次の形態で動作させることができる。すなわち、

- (1) 交渉者モデルを計算機内部に構築して、交渉のシミュレーション結果を得る、
- (2) 交渉者の一方を人間が行い、他方は計算機内部の交渉者モデルが行う、
- (3) 計算機外部にいる2人の人間が交渉者を演じ、計算機は上記の計算処理やインタフェースの役割を果たす、

というものである。

主に、(1)項および(2)項は交渉のための条件などをあらかじめ設定してシミュレーションを行い、これによって譲歩案の目安となるような交渉結果を得たい場合、(3)項は人間どうしが行う交渉を計算機によって支援するのに利用する場合、に適するものと考えられる。特に(2)項は、ゲーム感覚で交渉を進めることができるので、計算機内に想定した様々な交渉者との疑似交渉を体験することができ、また交渉過程でのその場その場に応じた対応が可能となる。

ここでは、(2)項の形態でシステムを実行させるのとした。そのため、計算機システムは前述の交渉の規則に基づいて、交渉者の一方の役割を果たすように動作し、また計算機内部で発生した乱数に基づいて各評価項目に対する効用関数の想定や修正を自動的に行うものとした。そして、シミュレーションの実行者(ユーザ)がこの計算機を相手にもう一人の交渉者として対戦型シミュレーションを実行する。なお、実行の内容は〈2・3〉節の手順に沿ったものである。

また、交渉支援のための計算機システムとしても動作し、(i)交渉者の評価や価値観などを効用関数の値として算出するとともに、(ii)その結果を視覚などから容易に認識できるように表やグラフで画面表示して、意思決定をスムーズに行うことができるインタフェース機能を備え、(iii)意思決定結果の不一致を解消して交渉を収束すべく譲歩案などを提示する機能を有する、ことを目指して構築した。

なお、システムの作成は、作表や作図を容易にするため

表 1 評価項目と初期の効用関数の値の表示例
Table 1. Initial relational representation of attributes and values of utility function.

車の種類		評価項目				各評価項目に対する P_1 の効用関数の値				各評価項目に対する P_2 の効用関数の値				各交渉者の総合的 な効用関数の値	
		y_1	y_2	y_3	y_4	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{24}	u_1	u_2
		C 120	space	price	speed										
Opel	Record	10.48	7.96	467	176	0.06	0.17	0.28	0.14	0.26	0.69	0.07	0.50	0.65	1.52
Peugeot	505	10.01	7.88	495	173	0.07	0.16	0.26	0.13	0.31	0.67	0.07	0.47	0.63	1.52
Peugeot	104	8.42	5.11	352	161	0.11	0.00	0.40	0.10	0.47	0.00	0.10	0.37	0.61	0.94
Citroen	Dyana	6.75	5.81	248	117	0.15	0.04	0.50	0.00	0.64	0.17	0.13	0.00	0.69	0.94
Citroen	Visa	7.30	5.65	321	142	0.14	0.03	0.43	0.06	0.58	0.13	0.11	0.21	0.66	1.04
VW	Golf	9.61	6.15	392	148	0.08	0.06	0.36	0.07	0.35	0.25	0.09	0.26	0.58	0.95
Mercedes	230	10.40	8.47	757	180	0.06	0.20	0.00	0.15	0.27	0.82	0.00	0.53	0.41	1.61
Citroen	CX	11.05	8.06	647	178	0.05	0.17	0.11	0.15	0.20	0.72	0.03	0.51	0.47	1.46
Volvo	244	12.95	8.38	550	145	0.00	0.19	0.20	0.07	0.01	0.79	0.05	0.24	0.46	1.09
BMW	520	12.26	7.81	686	182	0.02	0.16	0.07	0.15	0.08	0.66	0.02	0.55	0.40	1.30

表計算ソフト Lotus 1-2-3 のマクロ命令を用いて行った。

〈3・2〉 シミュレーションの実行例 具体例として自動車購入の場合を取り上げた。種々の自動車の性能に関するデータ⁽¹⁴⁾および効用関数の値などから作成したリレーショナルデータベース形式の表を表 1 に示す。ここで、(i) y_1 : C120 は時速 120 km/h で 100 km 走行するのに必要な燃料の量(l)、(ii) y_2 : space は車内の広さ(m^2)、(iii) y_3 : price は価格(100 francs)、(iv) y_4 : speed は最高スピード(km/h)である。そして、 u_{ij} ($i=1, 2, j=1, 2, 3, 4$) は、(3)式に基づいて計算した、 y_i に対する交渉者 P_i (この場合、 P_1 は計算機で P_2 はユーザ)の効用関数の値で、 u_1 および u_2 は、(4)式を用いて計算した P_i の各車種に対する総合評価としての効用関数の値である。なお、シミュレーションはユーザを変えて複数回行ったが、ここに示す結果はその一例である。この場合の交渉者の各評価項目に対する初期の効用関数の各係数を表 2 に示す。

ここで表 1 に関していえば、4 行目の車 Citroen Dyana は u_1 のうち最も大きい値(0.69)となる車であるので、 P_1 にとって購入希望順位が 1 位となる車種であるが、一方その車は u_2 のうちでは最も低い値(0.94)であるので、 P_2 としては到底購入することは認められない車種である。従って、この観点からだけでは交渉は難航することが予想される。

そこで、互いに相手の効用関数の値などを確認しながら、再検討して譲歩することを試みる。以下に、前章で述べた三つの手順に沿って実行した交渉シミュレーションの一つの例を述べる。

(1) 表 1 に各実行者の効用関数の値から観察されるように、 P_1 は Citroen Dyana が、そして P_2 は Mercedes 230 が、最も望ましい自動車と考えている。そのため、自動車購入において両者の意思決定は相違し、直ちに合意するには至らない。それで、譲歩のための検討を行う。ただし、ここではまず効用関数の値を修正することなしに検討を行うものとする。表 1 に基づいて、各評価項目の値と P_1 および P_2 の各効用関数の値の関係(図 4)を画面表示して、どのような点が相違しているかなどを確認する。そし

表 2 効用関数の係数

Table 2. Coefficients of utility functions.

(a) a_{ij} の値				
	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
P_1	0.313	-0.304	0.743	-0.279
P_2	1.325	-1.247	0.193	-0.984
(b) k_{ij} の値				
	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{14}
P_1	-0.0242	0.0595	-0.000982	0.00238
P_2	-0.1016	0.2440	-0.000255	0.00841

表 3 交渉手順(1)による結果

Table 3. Result of simulation by procedure of negotiation (1).

車の種類		P_1	P_2	min
Dpel	Record	0.87	0.86	0.86 ←交渉の譲歩案
Peugeot	505	0.77	0.86	0.77
Citroen	CX	0.25	0.77	0.25
Volvo	244	0.22	0.22	0.22
Citroen	Visa	0.88	0.14	0.14
Mercedes	230	0.03	1.00	0.03
VW	Golf	0.60	0.02	0.02
Peugeot	104	0.73	0.01	0.01
BMW	520	0.00	0.53	0.00
Citroen	Dyana	1.00	0.00	0.00

てその後、 u_i を規格化し 〈2・3〉節の規則(1)に従って譲点案を導出した。その結果を表 3 に示す。同表において Opel Record が 1 位となることから、これが〈2・3〉節の交渉の手順(1)での譲歩案として提案されることになる。

この譲歩案(Opel Record)は、表 1 からわかるように、 P_1 および P_2 の選好順序がそれぞれ 2 位および 3 位となっており、両者にとって選好順序は比較的高い。従って、この譲歩案で両者が納得し交渉が成立する可能性がある。

ここで、表 1 はリレーショナルデータベース形式の表で表されているので、例えば射影の操作を行って表の必要な

部分だけを取り出して簡潔な表を得ることや、キー項目について表全体をソートすることなど、表の作成や加工が容易である。また、効用関数の修正などによって変化するこれらの表や、各評価項目の値と P_1 および P_2 の各効用関数の値の関係を示す図から、選好順序、あるいは〈2・2〉節で述べたような譲歩のための手続きで必要となる交渉者双方の効用値およびそれらの相違などを知ることができる。そして、提示された譲歩案が受け入れられなかった場合に

は、これらの図表に基づいて次にどの点をどれだけ譲歩するか、言い換えればどの評価項目に対する効用関数あるいは効用値をどの程度修正するかなどといったような意思決定を行うことができる。従って、交渉者は効用関数が修正されるたびにこれらの図表を画面表示し、現在の状況を確認することが交渉過程で重要な操作となる。なお、図4は効用関数を修正する度に变化するが、ここではこの類の図は例として図4だけを記すにとどめた。

図 4 初期の効用関数の値と評価項目の関係の表示例
Fig. 4. Relationship between values of initial utility function and attributes.

表 4 修正後の効用関数の値
Table 4. Modified relational representation of values of utility function.

車の種類		各評価項目に対する P_1 の効用関数の値				各評価項目に対する P_2 の効用関数の値				各交渉者の総合的な 効用関数の値	
		u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{24}	u_1	u_2
Opel	Record	0.08	0.21	0.26	0.19	0.07	0.62	0.10	0.19	0.73	0.97
Peugeot	505	0.10	0.20	0.23	0.18	0.08	0.60	0.09	0.18	0.71	0.95
Peugeot	104	0.15	0.00	0.36	0.14	0.13	0.00	0.13	0.14	0.65	0.40
Citroen	Dyana	0.20	0.05	0.45	0.00	0.17	0.15	0.17	0.00	0.70	0.49
Citroen	Visa	0.18	0.04	0.39	0.08	0.16	0.12	0.14	0.08	0.69	0.50
VW	Golf	0.11	0.08	0.32	0.10	0.09	0.23	0.12	0.10	0.61	0.54
Mercedes	230	0.08	0.25	0.00	0.20	0.07	0.73	0.00	0.20	0.53	1.00
Citroen	CX	0.06	0.22	0.10	0.19	0.05	0.64	0.04	0.19	0.57	0.92
Volvo	244	0.00	0.24	0.18	0.09	0.00	0.71	0.07	0.09	0.51	0.87
BMW	520	0.02	0.20	0.06	0.21	0.02	0.58	0.02	0.21	0.49	0.84

表 5 譲歩の度合を表す α_{ij} の値
Table 5. α_{ij} for degree of compromise.

	α_{i1}	α_{i2}	α_{i3}	α_{i4}
P_1	0.111	0.077	0.133	0.147
P_2	0.944	0.137	0.105	0.853

表 6 新たに提案された評価項目とその効用関数の値
Table 6. New attribute and the values of utility function.

車の種類		評価項目 y_5 に対する 効用関数の値		各交渉者の総合的な 効用関数の値	
		u_{15}	u_{25}	u_1	u_2
Opel	Record	0.00	0.10	0.73	1.07
Peugeot	505	0.00	0.00	0.71	0.95
Peugeot	104	0.00	0.00	0.65	0.40
Citroen	Dyana	0.00	0.00	0.70	0.49
Citroen	Visa	0.00	0.00	0.69	0.50
VW	Golf	0.00	0.10	0.61	0.64
Mercedes	230	0.00	0.10	0.53	1.10
Citroen	CX	0.00	0.00	0.57	0.92
Volvo	244	0.00	0.00	0.51	0.87
BMW	520	0.00	0.10	0.49	0.94

(2) (1)項で示された譲歩案(Opel Record)は、上述したように選好順序が比較的高く、交渉が成立する可能性の高いものである。しかし、交渉者はこの段階ではまだその譲歩案を受け入れることができないと認識するならば、次の手続きとして各評価項目に対する効用関数の見直しを行い、各値を修正することによって譲歩を試みる。その手続きは(2・3)節の交渉の手順(2)に基づいて行われる。その結果を表4に示す。なお、効用関数の値の修正において、 P_1 (計算機)は(7)式中の α_{ij} の値として、計算機内部で発生させた0以上1未満の乱数を用いた。この場合 α_{ij} の値を表5に示す。

これについて min-max 戦略で求めた結果は、上述の(1)項の結果と同様、Opel Recordが譲歩案として提示された。しかし、表4からわかるように、 P_1 および P_2 の選好順序ではそれぞれ1位および2位となって、前回のときよりも選好順序が高くなっている。従って、交渉成立の可能性も高くなるものと考えられる。

(3) (2)項の手続きで得られた譲歩案(Opel Record)は、 P_2 にとって Mercedes に次いで高い効用を示す車種であるが、 P_2 はまだ購入のための意思決定ができないものとする。

そこで、他の観点からもう一度検討することにする。その一つの方法として別の評価項目を提案することを考える。 P_2 は、その5番目の評価項目として、例えば自動車の製造国を考慮することとし、ドイツの車を優先することを提案する。従って、 P_2 の効用関数として、 u_{25} を付け加え、ドイツ車である Opel, Golf, Mercedes, BMW に、0.1 の値を設定し、それ以外の車については0.0とした。 P_1 はその評価項目には関心がないとして、 u_{15} の列はすべ

て0.0が記入される。この表の一部を表6に示す。その結果、この場合の譲歩案も再び Opel Record となった。また、同表よりわかるように、この譲歩案の選好順序も前回の(2)項の結果と同様、 P_1 および P_2 でそれぞれ1位および2位となっている。

以上のようにして出されたシミュレーション解が譲歩案として妥当なものであるかどうかということについての考慮が必要となる。これについては、ある一定の評価基準を設けることによってある程度客観的に判定することが可能であると思われる。例えば、その客観的な基準として交渉者双方の選好順序がある範囲、いま仮に上位20%程度(今回の例では2位まで)の範囲にあることとし、その基準を満たしていればその交渉シミュレーションの解を譲歩案として妥当であるとするのである。この規則に従うと、例えば今回の交渉シミュレーションでは、(2)項以降に得られた譲歩案は選好順序においてこの基準を満たしているの

で、ある程度妥当なものと考えられる。

このようなことを考慮したうえで、最終的にこのような譲歩案を受け入れるかどうかの決定は交渉者の意思にゆだねられている。

なお、この交渉の結果は交渉者によって様々であるが、その主なものとして、例えば次のようになることが考えられる。

(i) 譲歩案は種々検討して得られた結果であり、しかも選好順序において両者とも比較的高いものであるという理由で、 P_2 は P_1 に説得されたかたちをとって、この譲歩案(Opel Record)は受け入れる。

(ii) P_2 はやはり承諾できず、よって別の車を考慮することにする。 P_2 としては Mercedes が良いと考えるが、そうすれば、 P_1 に随分大きな譲歩を強いることになるので、この案は受け入れられないだろうと判断する。従って、代替案として例えば、 P_1 も P_2 もある程度高い効用を示す Peugeot 505(表6での、 P_1 および P_2 の選好順序はそれぞれ2位および3位)が妥当であると提案し、そのための交渉を再開する。

従って上述のようにして得られる譲歩案や譲歩の過程は、交渉における譲歩の目安としてとらえることができ、交渉支援に利用することが可能であるものと考えられる。

ところで今回のシステムでは、先述したように P_1 (計算機システム)は乱数に基づいて譲歩の度合 α_{ij} を割り振って譲歩するように設定されているので、譲歩の手続きを繰り返すたびに P_2 に歩み寄ることになる。そして、この繰返し回数を多くすれば交渉シミュレーションは必ず収束するという現実性の低い結果となる可能性がある。そこで実際の交渉を想定して、計算機システム側も譲歩の幅に限度や制限をもつように設計することが必要となる。そのため、例えば α_{ij} の設定時に評価項目ごとに重みを考慮したり、あるいは譲歩の過程を学習する機能⁽¹⁵⁾を有するというような交渉者モデルを構築することが望まれる。なお、この詳細についての検討は今後の課題としたい。

4. おわりに

本論文は、グループ意思決定の一つの例である交渉のシミュレーションシステムを試作し、これを用いて対戦型シミュレーションを実行する過程で譲歩案を見いだす方法について述べた。ここでは、交渉の規則として、効用理論に基づく交渉者の意思決定過程を考慮して、これら交渉者の効用関数を明確にするとともに、交渉者の効用関数の値や係数を修正するという操作を通じて譲歩する方法を提案した。そして、このような手順を繰り返すことによって、より良い譲歩案を得る方法を模索した。なお、ここでは、具体的な交渉問題の例として、共同で自動車を購入する場合に合意を得るための交渉を取り上げた。

結果を要約すると次のようになる。

(1) 上述した効用の概念を用いた交渉の規則によって、交渉者の効用やその変化を定量的にとらえることができるので、譲歩の過程をある程度明確にして交渉を進めることができるとともに、客観的な評価基準を設けることによってある程度妥当と思われる譲歩案の提示を試みることができる。

(2) 計算機システムとの対戦型のシミュレーションを行うので、ゲーム感覚で疑似交渉を体験することができ、また、交渉過程においてその場に応じた条件設定などの対応が可能となる。

(3) 各集合の要素などがリレーショナルデータベース形式の表で表されているので、各評価項目間の関係など、必要な部分の図や表を簡単に画面表示することができて交渉過程における意思決定に有効なインタフェースとなりうる。

今後の課題として、計算機システムによる譲歩案の提示をより合理的な方法、例えば、遺伝的アルゴリズム(GA)などによる学習機能を利用した情報処理的手法によって行うことなどを検討している。

(平成5年7月26日受付、同6年2月28日再受付)

文 献

- (1) M. Jarke, M. T. Jelassi & M. F. Shakun: "MEDIATOR: Towards a negotiation support system", *European J. Operational Research*, **31**, 314 (1987)
- (2) K. P. Sycara: "Negotiation planning: An AI approach", *ibid.*, **46**, 216 (1990)
- (3) G. O. Faura, V. L. Dong & M. F. Shakun: "Social-emotional aspects of negotiation", *ibid.*, **46**, 177 (1990)
- (4) P. G. W. Keen & M. S. Scott-Morton: *Decision Support Systems: An Organizational Perspective* (1978) Addison-wesley, Reading, MA
- (5) J. von Neuman & O. Morgenstern: *Theory of Game and Economic Behavior* (1947) Princeton Univ. Press
- (6) 高原康彦: システム論の基礎 (平3) 日刊工業社
- (7) R. L. Keeney & H. Raiffa (高原康彦, 他訳): 多目標問題解決の理論と実例 (昭55) 構造計画研究所
- (8) 小橋康章: 決定を支援する (昭63) 東京大学出版会
- (9) 寺野寿郎: システム工学入門 (昭60) 共立出版
- (10) E. Jacquet-Lagereze & J. Siskos: "Assessing a set of additive utility functions for multiple criteria decision making: The UTA method", *European J. Operational Research*, **10**, 151 (1982)
- (11) 市川惇信, 他: 多目的決定論の方法 (昭55) 計測自動制御学会
- (12) M. F. Shakun: "Formalizing conflict resolution in policy making", *In. J. General Systems*, **7**, 3 (1981)
- (13) M. F. Shakun: "Evolutionary Systems Design: Policy Making Under complexity", Holden-Day, San Francisco
- (14) E. Jacquet-Lagereze & M. F. Shakun: "Decision support systems for semi-structured buying decisions", *European J. Operational Research*, **16**, 48 (1984)
- (15) 松村幸輝, 他: 「遺伝的アルゴリズムによる交渉支援システムの構築」, 情報処理学会第48回全大, 7S-07 (平6)

松 村 幸 輝 (正員) 1978年大阪市立大学大学院博士課程修了。1992年産能大学経営情報学部情報学科助教授、現在に至る。経営科学分野における計算機支援システムの研究に従事。工学博士。情報処理学会、電子情報通信学会、日本ファジィ学会、日本シミュレーション & ゲーミング学会会員。