解説

意思決定理論のはなし†

大木 真*

1. はじめに

意思決定理論は複数の代替案（選択肢）の中から、意思決定者（以下、DM）にとって最適なモノの選択を支援する理論である。代替案には、製品や材料など物理的なモノだけでなく、戦略や方法、技術などソフト的なモノなど様々な選択肢が含まれる。

意思決定の際に、比較する項目が1つだけならば話は簡単である。代替案の中から比較項目が最適なものを1つ選択すれば良いだけである。あるいは比較項目が複数ある場合でも、全ての項目で他より上回る代替案が1つあれば、その代替案を選択するだけで良い。しかし、実際にはそう単純にはいかない。例えば、スマートフォンを選ぶとき、比較すべき機能やサイズ、色のパターンなどは多岐にわたり、それらが良いものである程に価格は上がることが一般的である。機能とコストなど、比較対象間がトレードオフの関係にあることはとても多く、比較項目の全てが優れている代替案は一般的には存在しない。

トレードオフの関係であったとしても、そのDM（または集団）にとっての最適な選択を行うための理論として生まれたのが意思決定理論である。特に軍事やビジネスの場面など大きな決定を必要とする際に、間違った意思決定を行わないために発展を遂げてきた。本稿では、様々に研究が行われてきた意思決定理論について、なるべく広く紹介する。

2. 個人の意思決定

個人の意思決定を支援する理論を、利点や欠点を含めていくつか紹介する。詳細な理論や証明、具体的な使用例などは、それぞれの参考文献を参照していただきたい。

2.1 AHP

個人の意思決定では、その個人の好み（主観）をどのように表現するかが重要であり、AHP[1]は主観の表現が明快であることと、DMにとって使用法が難解ではないため、その扱い易さによって大きく広まった。しかしながら、代替案が増えるほどに比較する回数が増え、主観の表現精度も落ちる。そのため、代替案を多くとも9つ程度まで絞りこんでおく必要がある。代替案が多量にある場合には適用できない。

さらにAHPには、代替案の追加による順位変動問題が内在している[2]。これは、既存の代替案と似た評価となる新代替案が追加されたときに、それらの総合評価値が下がってしまい、影響を受けなかった他の代替案と順位が入れ替わってしまう問題である。これに対する明快的な解決法としては、絶対評価法によるAHPが存在するが、DMへの負担は増加してしまう。

とはいえ、これらの欠点の影響を受けない意思決定場面であれば、その明快さと扱いやすさから、今でも多くの意思決定を支援する代表的な手法である。

2.2 期待効用理論

数学的に算出した期待値が同値であっても、不確実性の有無によってDMの主観的選好に変化が生じる。期待効用理論[3]は、この変化を関数として導き出すことで意思決定を支援する理論である。

代替案が多数の場合の意思決定では、効用理論が有効である。効用理論はAHPとは違い、代替案どうしの比較を行わない。DM独自の価値判断を効用関数として導き出すことによって、代替案の評価値を計算する。そのため、代替案が多数でも、また後から追加されても、DMの追加負担なしに評価を行うことができる。DMへの質問数や、主観表現の精度が代替案の数に左右されないのである。しかしながら、効用関数はDMの価値判断を詳細に表現しようとするため、DMは多量の質問に答える必要があり、これが大きな負担となる。十分な時間と労力をかけることが出来る経営判断などで利用される。

† The Review Article of Decision Making Theory
Makoto OHKI

* 熊本高等専門学校
National Institute of Technology, Kumamoto College

2.3 ESOS

ESOS[4] は、AHP と効用理論の欠点を補うため、「同時に多数の代替案の評価が可能」であり、「DM への負担が少ない意思決定手法」を目指して考案された。AHP と効用理論の双方の利点を合わせ、欠点を打ち消した手法となっている。効用関数導出手順の簡易化によって DM への負担が大幅に軽減されており、ファジィ測度 [5] を応用することによって DM の主観表現の幅を広げた手法である。

2.4 整列比較法

整列比較法 [6] は直接的な意思決定支援手法ではないが、個人の主観的順序関係を効率的に同定する手法であり、意思決定への応用が可能である。

A,B の 2 つの代替案を比較して、どちらの選好度が強いかを「A が良い」「B が良い」「同程度」の三択で回答するシンプルな手法である。特徴的なのは、一対比較法のように全探索を行わず、クイックソートのアルゴリズムを応用して、DM の判断回数削減を実現している。言語表現や写真、商品パッケージなどの評価において実績がある [7-9]。

3. 集団の意思決定

集団による意思決定は、集団生活を基本とする人間の社会では必ず行われることである。複数人で知恵を出し合うことで、より良い解を探し出せる場合もあれば、時には論争・対立を起こすこともある。本章では、このような集団意思決定を合理的に行う手法について広く記述する。

3.1 集団 AHP

AHP の開発者であるサーティは、集団内の個人の一対比較行列値を幾何平均することで集団の一対比較行列を求める方法を提示した [10]。しかしこの方法では、全ての見解を同じ重みで扱ってしまうため、1 人が極端な見解を示すと集団案がその極端な見解に偏ってしまう。そのため、認識の違いや勘違いによって集団の目的とズレた見解が入力されてしまう場合や、自分の考えを通すために極端に偏った見解が入力された場合など、集団案が偏った結果になってしまうことがある。このような問題を解決するために、これまで様々な AHP の集団意思決定法が提案されている [11-13]。

3.2 区間 AHP

区間 AHP[11] は、DM からの評価を区間で入力することが可能な集団 AHP の一種である。唯一の値で

評価を行う通常の AHP とは違い、「1~3」などのように評価に幅を持たせて入力することが出来る。そのため、補完性があり、DM が判断をする際の負担が減少する。ただし、集団案を探索するためには次の 2 つの手順

- (1) 集団の整合度 GCI を最小化する
- (2) 集団案への不満度 DI を最小化する

を行う必要があり、計算処理が複雑になる。特に GCI の最小化問題は NP 困難であるため、GA などの探索アルゴリズムを併用する必要がある。

3.3 集団意思決定ストレス法

集団意思決定ストレス法 [12] は、集団内の他者との意見のズレ（見解間距離）の総和が、最小になるように各人の見解に重み付け（格付け）を行う。この手法の良い点は、合理的な格付けによって必ず 1 つの解が求まることと、全体最適を行うため、提案される集団案に納得してもらいやすい点である。さらに、「多数派ほど格付けが高くなり少数派は格付けが低くなる」という特徴を利用して、格付け値による集団分析を行えると主張している。

しかし、この手法は 2 つの問題を抱えている。1 つは、特定の見解を示した意思決定者の格付けが必ず最高値を得てしまうことであり、この問題によって「多数派ほど格付けが高くなり少数派は格付けが低くなる」という前提が崩れ、格付け値による集団分析も不可能となる。

もう 1 つは、絶対評価法に適用できないことである。AHP の根本的な問題として、代替案の追加で順位が変動してしまうという欠陥がある [2]。この解決法として明快なものは、絶対評価法による AHP が 1 つ挙げられる。この場合、集団 AHP も絶対評価に適用できなければならないが、集団意思決定ストレス法を含めた多くの手法は、絶対評価法に適用ができない。

3.4 集団意思決定ストレス区間値法

集団意思決定ストレス区間値法 [13] は、区間 AHP と集団意思決定ストレス法を組み合わせた手法であり、双方の利点を兼ね備えている。DM からの入力を区間で行えるため、DM は難しい評価を大まかな判断で行うことができ、負担の軽減となる。さらにストレス法によって合理的な格付けを行い、全員のストレスが最小となる全体最適解を提案するため、提案される集団案に納得してもらいやすい。

しかしながら、双方の欠点も兼ね備えることとなる。集団案の導出に次の 3 つの手順

- (1) ストレス値 S の最小化

(2) 集団の平均整合度 ACI の最小化

(3) 集団内のフラストレーション値 F の最小化

を行う必要がある。これらは区間 AHP よりもさらに複雑な計算手順となる。特に ACI と F の最小化問題は双方とも NP 困難であり、2 つの NP 困難問題を解く必要がある。さらにストレス法と同じく絶対評価法への適用ができないという問題は解決されていない。

3.5 グループ効用理論

グループ効用理論 [14] は、各 DM の効用関数を同定するところまでは、個人の場合と同じである。各 DM の効用関数から、どのように集団の効用関数を導き出すかによって、それぞれ特徴が変わる。幾何平均法、加法平均法、加重和法などがある。2 つの平均法の良いところは、明確でわかりやすい点である。しかしながら、集団 AHP でも記述したように集団案への影響を意図的に（意図的でなくても）偏らせることが可能となってしまう。加重和法は、各 DM の効用関数に重み付けを行う手法で、重みを決定する方法が別途必要になる。集団意思決定ストレス法を用いて格付け（重み付け）することも可能である。

集団においても効用関数の利点をそのまま残しており、効用関数さえ同定してしまえば、代替案が多数であっても、後から追加されても簡単に評価値を計算できる。

3.6 見解間距離均等法

見解間距離均等法 [15, 16] は、集団内の他者との意見のズレ（見解間距離）の総和が、メンバー全員で均等になるように各人の見解に重み付けを行う。各人の見解のズレ具合が同じになるため、最終的な集団案との距離が均等になる。これによって集団案への貢献度を平等にする。集団案への貢献度が平等であるため、最終結果への納得を得やすい。集団意思決定ストレス法では見解間距離を“最小化”していたが、見解間距離均等法では見解間距離を“平均化”するという考え方によって、絶対評価法への適用も実現している。このため、AHP の順位逆転問題にも対応できる数少ない集団意思決定手法である。

さらに、この手法では他者との見解のズレを“その人の個性”として許容している。意見のズレは、言い換えれば集団内の“見解の多様性”であり、この手法は集団内の見解の多様性を保ったまま集団案を決定している。

4. 意思決定支援から意思決定分析へ

4.1 集団分析への流れ

意思決定理論は、複雑で難解なヒトの意思決定問題を解決するために様々に発展してきた。それらを大きく区分すると、集団内の個人が他者の見解を受け入れ合い、対話的に決定を行っていく「対話型」と、対話を必要とせず、数学的に合理的な解となる代替案を探索する「非対話型」に分かれる。本稿では「非対話型」の意思決定手法のみを紹介してきた。

非対話型の手法は、それぞれが持つ指標に基づいて最終的な集団案や代替案の順位を決定し、多様な見解を 1 つに収束することを目的として研究がなされている。対話型と比較すると、扱いが簡単で誰でも容易に利用することができ、すぐに解を得ることができる。しかし、討論のように見解を往復させ合う対話型と違い、計算によって機械的に解が決められてしまうため、意思決定者がその解をそのまま受け入れることは心理的に難しい。実際には専門家が立ち合い、どのような考え方によって個人見解が集団案に反映されて解が導かれたのか説明が行われ、その後、何度か見解の変更が行われることがほとんどである。このようなことから、単純に集団の最適解を導き出そうとする非対話型の集団意思決定法は、対話型への情報を示したり、組織運営を円滑にするための「集団分析」を主目的とした研究へと推移していく。

集団分析を主目的とした意思決定法では、複数回の入力から個人が持つ見解の曖昧さを分析することで、個人見解の許容幅を見つけ出そうとする方法 [17] や、見解同士の類似性からクラスタリングを行い、集団内の代表的な見解と派閥を見つけ出す方法 [18] などが存在する。

4.2 「集団浅慮」への対策

集団意思決定は生物の中でも人間にしかできない高度で複雑なコミュニケーションである。集団意思決定（討議）によって、より良い判断を継続的に行うことができる。一方で、集団となることによって、個人で意思決定を行う場合よりも時間を要してしまったり、著しく悪い判断を行ってしまうことが稀に起こる。このような現象は「集団浅慮 [19]」と呼ばれ、社会心理学の分野において 1972 年に定義されて以降、社会に深刻な影響を与える可能性のある現象として今現在も研究の対象となっている。

集団浅慮が発生する原因の 1 つに、集団のチーム思考性が低いことがある [20, 21]。前述の見解間距離均等法は、VDI という数値によってチーム思考性を客観

的に測ることが可能な現在唯一の手法であり、これによって事前に「集団浅慮」への対策をとることも可能になる。

5. おわりに

本稿では新旧様々な意思決定手法を紹介した。それぞれに特徴があり、利点も欠点も持っている。使途や評価対象によって最適な手法を選択することで、効率的な意思決定を行うことができるだろう。本解説がその助力となれば幸いである。

参考文献

- [1] T. L. Saaty: "THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS," RWS, 1996.
- [2] V. Belton and T. Gear: "On a Shortcoming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies," *Omega*, Vol.11, No.3, pp. 228-230, 1983.
- [3] 市川惇信: "多目的決定の理論と方法," 計測自動制御学会, 1980.
- [4] 大木真, 室伏俊明: "ファジィ測度を用いた主観的最適解の抽出," *知能と情報*, Vol.22, No.5, pp. 630-641, 2010.
- [5] 菅野道夫, 室伏俊明: "ファジィ測度," 日刊工業新聞社, 1993.
- [6] 柴尾一成, 本田あおい, 大木真: "相対評価法を用いた痛みを表すオノマトベの順序関係を調べる方法の提案," *知能と情報*, Vol.28, No.4, pp. 734-743, 2016.
- [7] 大木真, 西嶋泰樹, 柴尾一成, 本田あおい: "相対評価法を用いた痛みを表すオノマトベの順序関係同定法," 第21回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, pp. 77-80, 2016.
- [8] T. Nishijima, A. Honda, and M. Ohki: "Proposal of an efficient rank-ordering method based on subjectivity," *Preprints of communication papers of the Federated Conf. on Computer Science and Information Systems*, pp. 361-364, 2017.
- [9] 前田峻徳, 西嶋泰樹, 大木真: "整列比較法を用いた主観的選好関係導出法の検討," 第22回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, pp. 97-100, 2017.
- [10] T. L. Saaty: "Group Decision Making and the AHP," *The Analytic Hierarchy Process*, Springer, pp. 56-67, 1989.
- [11] 山田善晴, 杉山学, 八巻直一: "合意形成モデルを用いたグループ AHP," *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.
- [12] 中西昌武, 木下栄蔵: "集団意思決定ストレス法の集団 AHP への適用," *日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌*, Vol.41, No.4, pp. 560-571, 1998.
- [13] 中西昌武: "集団意思決定ストレス区間値法による格付け区間値評価の提案," *土木学会論文集*, Vol.7, No.9, pp. 27-37, 2002.
- [14] 田村坦之, 中村豊, 藤田眞一: "効用分析の数理と応用," 計測自動制御学会, 1997.
- [15] 大木真, 室伏俊明: "見解間距離均等法を用いた集団意思決定分析法の提案," *知能と情報*, Vol.25, No.5, pp. 842-852, 2013.
- [16] 大木真, 工藤海人, 徳永弦己: "集団意思決定における目的認識一致度合の定量評価とその応用," 第33回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp. 523-528, 2017.
- [17] 堂本絵理, 奥原浩之, 田中稔次朗: "個人の不確実性にもとづく合意形成支援システムによる集団の意思決定," *数理解析研究所講究録*, Vol.1457, pp. 86-90, 2005.
- [18] 大田かおり, 平良直之, 宮城隼夫: "ファジィ分類行列による集団意思決定のためのクラスタリング," *知能と情報*, Vol.21, No.2, pp. 256-264, 2009.
- [19] J. Irving: "Groupthink," *Psychological Studies of Policy Decisions and Fiascoes*, 2nd edition, Houghton Mifflin Company, 1983.
- [20] T. L. Dickinson, R. M. McIntyre, B. J. Ruggeberg, A. M. Yanushkevski, L. S. Hamill, and A. L. Vick: *A conceptual framework for developing team process measures of decision-making performance*, Naval Training System Center1, 1992.
- [21] H. Yamaguchi, R. Misawa, and N. Tabaru: "A psychological investigation of the reasons for high rate of job separation of nurses working in big general hospitals in Japan," *Occupational Health Psychology*, Key Papers of European Academy of Occupational health Psychology, No.7, pp. 359-360, 2006.

(2018年6月15日 受付)

[問い合わせ先]

〒861-1102 熊本県合志市須屋 2659-2

熊本高等専門学校

大木 真

TEL: 096-242-6289

E-mail: ohki@kumamoto-nct.ac.jp

—— 著 者 紹 介 ——

おおき まこと
大木 真 [正会員]

2007年 横河電機株式会社入社。ソフトウェア製品の開発に従事。2010年 同退社。2011年 熊本高等専門学校 情報通信エレクトロニクス工学科 助教。2013年 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 知能システム科学専攻 博士後期課程修了博士(工学)。2016年 熊本高等専門学校 情報通信エレクトロニクス工学科 准教授。現在に至る。ファジィ測度論、数理工学の研究に従事。