

# 集団意思決定における評価基準に関する研究 -マルチエージェントと階層分析法を用いて-

池谷 健吾

指導教員：奥田 隆史

## 1 はじめに

集団意思決定を行う場面において、「満足ゆく理想的な意思決定」を実施することは困難であるとされている [1]。集団における「満足ゆく理想的な意思決定」とは、集団に属する個人全員が満足するような意思決定という意味を指す。すなわち、個人全員が満足するような集団意思決定を行うことは困難であるということである。困難であるとされている理由は、個人の意思の尊重など多くの弊害が存在している為というものが挙げられる。さらに近年、ICT の急速な進化に代表されるスマートフォン、タブレット端末、ソーシャルメディア、クラウドなどの普及によって、我々の情報行動を大きく変化させおり、価値観と評価基準の多様化に拍車をかけている [2]。結果として、現代社会における集団意思決定は個人や集団への負担が増大する恐れがある。

そこで本稿では、多数存在する評価基準からある程度評価基準を削減し集団意思決定を行う手法を提案し、その評価を階層分析法：AHP(Analytic Hierarchy Process)[3] と ABM(Agent-Based Modeling)[4] からアプローチし、シミュレーションを行うことによって検討する。以下、2 節では AHP について述べ、3 節では ABM について述べ、4 節では、数値例について述べ、5 では本稿のまとめについて述べる。

## 2 AHP(Analytic Hierarchy Process)

AHP とは、「最終目標-評価基準-代替案」の関係で捉え階層構造を作り上げる。まず、最終目標から見て評価基準の重要度を求め、次に各評価基準から見て各代替案の重要度を評価し、最後にこれらを最終目標から見た代替案の評価に換算する。2 種類の重要度は一対比較行列によって求められる。図 1 中の表は一対比較行列を表し、Priority は対応する要素の重要度を示す。本稿では、一対比較の要素間の重み付けに 9 点法 [3] を用い、行列から重要度を導出する手法として固有値法 [5] を用いた。ただし、一対比較の首尾一貫性を保つために  $C.I.$ (consistency index) が用いられ、 $C.I.$  が悪い (0.1~0.15 以上) 場合は一対比較を再検討する必要がある。

	①	②	③	
①	1	5	1/3	Priority → 0.32 0.11 0.57
②	1/5	1	1/3	
③	3	3	1	

図 1 一対比較行列と重要度の関係

## 3 ABM(Agent-Based Modeling)

まず、無数にある評価基準から個人間の合議によって「意思決定に考慮すべき評価基準」を選択し、次に、その評価基準を用いて代替案を 1 つ選択する場面を想定する。ここで前者を「評価基準決定過程」とし、後者を「代替案決定過程」とする。

本モデルでは、個人をエージェントとして表現し、各エージェントは AHP によって意思決定を行う。3.1 項では、評価基準選

択過程について述べ、3.2 項では、代替案決定過程について述べる。また、図 2 にシミュレーションモデルの概要図を示す。

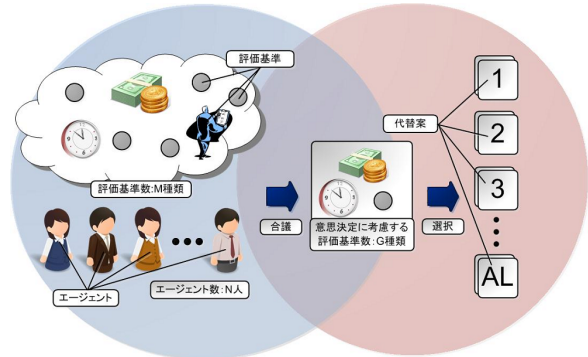


図 2 シミュレーションモデル概要図

### 3.1 評価基準決定過程モデル

以下に、エージェントが合議を行い意思決定に考慮する評価基準を選択する流れについてまとめる。

1.  $N$ [人] のエージェントは、評価基準数  $M$ [種類] に対する一対比較行列を持つ
2. 各エージェントは一対比較行列から  $M$ [種類] の評価基準に対する重要度  $W$  を計算する
3. 各エージェントは  $M$ [種類] の評価基準から、 $G$ [種類] の意思決定に考慮すべき評価基準を選択するまで合議を行なう ( $M > G > 0$ )

以下に、合議中におけるエージェントの行動について述べる。

#### 合議中における行動

エージェントは合議中に主張と提案という 2 種の行動のみ行う。以下にエージェント  $i, j$  に着目して各行動について述べる。

**主張：** エージェント  $i$  は、未採用の評価基準中から自身の中で重要度が最も高い評価基準  $a$  をエージェント  $j$  へ主張する。この時、エージェント  $j$  の評価基準  $a$  に対応する一対比較行列の一対比較値が 1 段階上昇し、結果的にエージェント  $j$  が持つ評価基準  $a$  に対する重要度  $W_{ja}$  は上昇する (図 3 参照)。このメカニズムは文献 [6] を参考にした。

**提案：** 主張をしたエージェント  $i$  は、その評価基準  $a$  を集団が考慮すべき評価基準に採用するように提案する。この時、エージェント  $j$  の評価基準  $a$  に対する重要度  $W_{ja}$  が賛同閾値  $T_j$  を越えた場合、エージェント  $j$  は賛同する。これを  $N$ [人] 分判定をおこない、賛同数が過半数以上の場合、集団が考慮すべき評価基準として採用される。

以上のように 1 人のエージェントが主張・提案を行う度、合議回数としてカウントされる。

### 3.2 代替案決定過程モデル

以下に、代替案を選択するまでの流れについてまとめる。

1. 各エージェントにおいて、3.1 項にて選択された  $G$ [種類] の評価基準に対する一対比較行列の各要素を抽出

一対比較行列	一対比較値			Priority	重要度
	Criteria a	Criteria b	Criteria c		
Criteria a	1	5	1/3	0.32	→
Criteria b	1/5	1	1/3	0.11	
Criteria c	3	3	1	0.57	

主張前                                  主張後

図 3 主張による重要度への影響

2. 1. の行列における要素を全エージェント分の幾何平均 [1] を取り, 集団の評価基準に対する一対比較行列とする
3. 2. の一対比較行列から重要度を計算
4. G[種類] の評価基準から見た AL[個] の代替案の一対比較行列から重要度を計算
5. 3. の重要度と 4. の重要度を用いて各代替案の総合評価を計算し, 最も総合評価の高い代替案を選択

#### 4 数値例

本節では, 前節で定義した設定項目に具体的な値を与え, 意思決定に考慮する評価基準数がどのような影響を与えるか検証を行うと共に, 評価基準決定までにかかる時間について評価する. 以下, 4.1 項では, 本稿における評価指標について述べ, 4.2 項では, シミュレーション条件について述べる. シミュレーション環境の開発プログラムとして artisoc[7] を用いた.

##### 4.1 評価指標

本稿では, 一致率と平均合議回数を評価指標とする. ここで一致率 = (一致した回数 / 試行回数) とし, 一致した回数とは, M[種類] の評価基準数によって選ばれた代替案と G[種類] の評価基準数によって選ばれた代替案が一致した数とする. 平均合議回数とは, シミュレーション施行回数で平均したものとする. なお, シミュレーション施行回数は 200 回とした.

##### 4.2 シミュレーション条件

以下, 表 1 に想定環境のシミュレーション条件を, 表 2 にエージェントのシミュレーション条件をまとめる.

表 1 想定環境のシミュレーション条件

項目	記号	数値例
エージェント数	<i>N</i>	10~50
評価基準数	<i>M</i>	9
意思決定に考慮する評価基準数	<i>G</i>	1~8
代替案数	<i>AL</i>	3~8
評価基準 <i>a</i> から見た代替案 <i>x</i> の重要度	$WE_{ax}$	<i>Rnd</i>

表 2 エージェント *i* のシミュレーション条件

項目	記号	数値例
評価基準 <i>a</i> に対する重要度	$W_{ia}$	<i>Rnd</i>
賛同閾値	$T_i$	0.2

表 1 と表 2 における各重要度  $WE_{ax}$  と  $W_{ia}$  は, 一対比較行列から計算される値であり, その要素は 9 点法の値 (1/9, 1/7, 1/5, 1/3, 1, 3, 5, 7, 9) からランダムに入力される. この時, 行列の首尾一貫性を保つために  $C.I. < 0.15$  とした.

##### 4.3 数値結果

本節では, 4.2 項で述べた入力値により得られたシミュレーション結果について述べる. 表 3 に一致率が 75% 以上だった条

件について示し, 図 4 に代替案数別における集団規模・評価基準数・合議回数との関係について示す.

表 3 一致率が 75% 以上の条件

エージェント数 [人]	代替案数 [個]	評価基準数 [種類]	一致率 [%]
N=10	AL=3	G=6,7,8	83.0, 83.5, 83.0
N=20	AL=3	G=5,6,7,8	78.5, 78.0, 79.5, 85.5
N=30	AL=3	G=7,8	78.5, 84.5
N=40	AL=3	G=8	84.5
N=50	AL=3	G=6,7,8	79.0, 83.5, 83.5
	AL=4	G=8	76.5

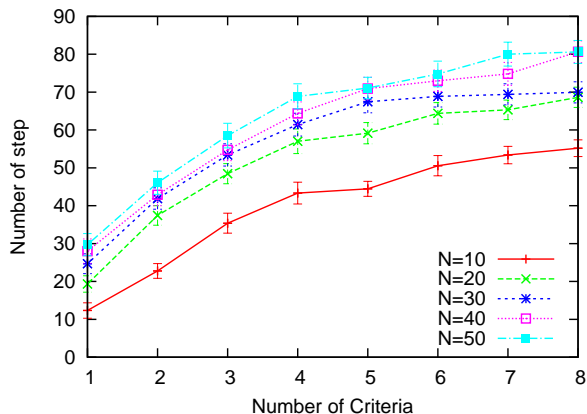


図 4 合議回数

## 5 おわりに

本稿では, 集団意思決定に対して, 集団に属する個人それぞれが重視している評価基準全てを考慮するのではなく, その中からどの程度の評価基準を集団意思決定に考慮すべきか, シミュレーションによって検討した.

今後の課題として妥協案について検討する. 妥協案とは, 集団にとって最適な代替案と近い性質を持つ代替案であり, 集団にとって最適な代替案とさほど差がない案である. 本稿では, 全ての評価基準考慮によって選択された代替案と少ない評価基準数の考慮によって選択された代替案の差を考慮しておらず, 妥協案を選択したとしても, 全ての評価基準考慮によって選択された代替案と一致していないと認識している. そこで, 妥協案を選択した場合について検証を行う.

## 参考文献

- [1] 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”, *Journal of the Operations Research Society of Japan* 41(4), pp.560-571, 1998.
- [2] 総務省, 『平成 25 年度版情報通信白書』, 2014.
- [3] Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, 1980.
- [4] 高玉圭樹, 『マルチエージェント学習-相互作用の謎に迫る-』, コロナ社, 2004.
- [5] 木下栄蔵, 大屋孝生, 『戦略的意思決定手法 AHP』, 朝倉書店, 2007.
- [6] 伊藤孝行, “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, D-II, 情報・システム, II-情報処理*, pp.2780-2789, 1997.
- [7] (株) 構造計画研究所, <http://www2.kke.co.jp/>.