

# 説明可能な自動交渉のモデルの評価に関する研究

奥原 俊<sup>1,†1,a)</sup> 中塚 雄太<sup>†1</sup> 伊藤 孝行<sup>1,b)</sup>

**概要** : Deep learning を含めた機械学習は高い精度で予測が可能であったとしても、複雑な計算モデルを用いていると、AI の判断根拠が人間に対して説明困難となっているブラックボックス問題を抱えている。上記の問題は、異種の自律した主体であるエージェント間の交渉において協調による合意形成を行う自動交渉の研究における大きな課題である。本論文では従来の合意形成を効用関数に基づいた閾値から決定している多次元効用関数モデルと、人同士の交渉で見られた制約を取り除くことで、論点を緩和するグラフに基づいた効用関数モデルのどちらが理解し易いかを実験から検証する。

## 1. はじめに

近年、人工知能の研究は人に対して説明が必要な領域である医療診断、自動運転など多岐に渡り、応用が進められている。そのため、人工知能の技術は、新しい領域として人に分かる形で説明できることが重要になってきている。特に意思決定を支援する研究である自動交渉においては大きな研究課題である。自動交渉とは人に代わって自律的なエージェントがある目的を達成するために交渉を行う仕組みのことでマルチエージェントシステムの研究領域である。本研究は従来の自動交渉で用いられる多次元効用関数モデルとグラフに基づいた効用関数モデルのどちらが人にわかる形で説明できるのかを調査するために、合意形成の前段階である個々のエージェントがもつ効用空間を人がどのように理解できているかを実験から検討する。

## 2. 自動交渉の効用モデル

交渉は合意形成という競合解決により、相互利益の確保を行う社会的に重要な行動である。交渉には、1つの論点を扱う単一論点交渉問題や、複数の論点を扱う複数論点問題がある。複数論点問題は、大きく分けると2つのモデルがある。1つ目は、服部 [1] らの効用値を制約と論点から表現しているモデルであり、本研究では多次元効用関数モデル (Multi-dimensional utility model : MDUM) と定義

する。2つ目は、論点間の依存関係をグラフから表現した (Graph-based utility model : GBUM) である [2]。以下に多次元効用関数モデル、およびグラフに基づいた効用関数モデルの詳細を述べる。

### 2.1 多次元効用関数モデル

多次元効用関数モデルはエージェントの効用関数として制約を用いて表現している。エージェントの効用関数は制約を用いて表現する。1つの制約が存在すると仮定した場合、個々の制約は  $ck \in C$  となる。制約は単一、もしくは複数の論点に関して、制約充足条件となる値の範囲、および効用値をもつ。図1は、論点1、および論点2に関連する二項制約の例を示している。

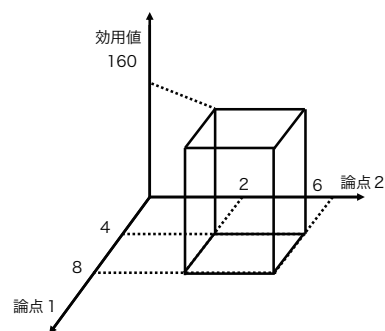


図1 多次元効用関数モデルの例

例では、論点1に関しては [4,8]、論点2に関しては [2,6] の範囲で合意が得られた場合に充足が可能である。この例の場合では得られる効用が160であることを示している。

### 2.2 グラフに基づいた効用関数モデル

グラフに基づいた効用関数モデルでは、論点間の依存関

<sup>1</sup> 名古屋工業大学大学院情報工学専攻  
Nagoya Institute of Technology, Gokiso, Showaku, Nagoya  
466-8555, Japan

<sup>†1</sup> 現在、藤田医科大学医療科学部  
Presently with School of Health Sciences, Fujita Health Uni-  
versity

a) okuhara@itolab.nitech.ac.jp

b) ito.takayuki@nittech.ac.jp

係に注目し、ハイパーグラフによる表現を用いている。ハイパーグラフとはグラフを一般化した数学から表現している。ハイパーグラフはエッジが複数のノードとして連結できる。グラフに基づいた効用関数モデルでは、ハイパーグラフを用いた効用空間の表現の呼称として効用ハイパーグラフとしている。効用ハイパーグラフでは、ノードを論点、およびエッジを制約として表現する。エージェント  $i$  の効用空間  $U_i$  では、ハイパーグラフ  $(I, C)$  から表されており、 $I$  は論点集合（ノード）、 $C$  は制約集合（エッジ）とする。各論点  $I_i \in I$  は、ある範囲  $D_i$  内の論点値（Issue Value）をもっている。例えば、車を購入することを想定すると論点の一つ「色」では、「赤、青、緑」という範囲のどれかの論点の値をもつ。その値は制約  $C_j \in C$  は  $(v_{C_j}, \phi_{C_j}, \delta_{C_j})$  として表される。 $v_{C_j}$  は制約  $C_j$  の価値を表現している。 $\phi_{C_j}$  は制約  $C_j$  が連結した論点の集合である。したがって、 $\phi_{C_j} \subset I$  となる。 $\delta_{C_j}$  は、範囲（range）の集合となっており、 $\delta_{C_j} = \{range_{C_j}(I_i) : I_i \in \phi_{C_j}\}$  として表現する。

ここで、制約  $C_j$  が満たされる条件としては以下の通りである。論点  $I_i$  が取る値を  $x_{I_i}$  とする。 $C_j$  が満たされた場合は  $C_j$  をもつエージェントはその価値  $v_{C_j}$  を獲得する。

$$C_j = \begin{cases} \text{satisfy} & \text{if } x_{I_i} \in range_{C_j}(I_i) \quad \forall I_i \in \phi_{C_j} \\ \text{unsatisfy} & \text{otherwise} \end{cases}$$

### 3. 実験

多次元効用関数モデルとグラフに基づいた効用関数モデルのどちらが理解し易いかについて調査をするために実験を行う。被験者は A 大学の学生 16 名である。実験は多次元効用関数モデル（8 名）、グラフに基づいた効用関数モデル（8 名）の 2 つの群に無作為に分けて実験を行う。本研究では、多次元効用関数モデルが可視化として容易に表現できる 2 つの論点を主な比較対象とする。調査する項目は、高等学校で履修した集合の基礎的な内容とする。表 1 に本研究で用いる集合の記号を示す。8 つの集合に関する記号の条件から本研究では合意形成の前段階である個々のエージェントがもつ効用空間の形成変化に関する調査を行い、多次元効用関数モデルとグラフに基づいた効用関数モデルのどちらが容易に理解できるか検証する。本研究では、集合に関する記号の問題を 8 つ用意し、被験者 16 名に対して実験を実施する。本研究では母数が 8 人と少数であるため、U 検定を用いる。

### 4. 結果

本研究の実験結果を図 2 に示す。図 2 では、縦軸が、正解数であり、横軸がモデルの種類を示している。モデルの種類は、橙色が多次元効用関数モデル、青色がグラフに基づいた効用関数モデルを表している。

表 1 実験で用いた集合の記号

記号	名称	意味
$a \in A$	要素	$a$ が集合 $A$ の要素である
$a \notin A$	要素の否定	$a$ が集合 $A$ の要素でない
$A = B$	集合の一致	集合 $A$ と集合 $B$ の要素がすべて一致する
$A \subset B$	真部分集合	集合 $A$ は集合 $B$ の真部分集合である
$A \subseteq B$	部分集合	集合 $A$ は集合 $B$ の部分集合である
$A \not\subseteq B$	部分集合の否定	集合 $B$ の要素が集合 $A$ に含まれない要素がある
$A \cup B$	和集合	集合 $A$ と集合 $B$ の一方に属する要素全体の集合である
$A \cap B$	積集合	集合 $A$ と集合 $B$ の両方に属する要素全体の集合である

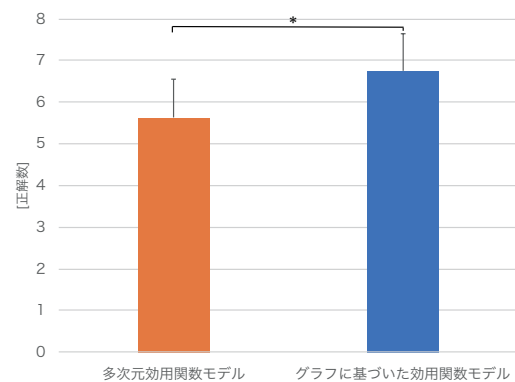


図 2 効用関数モデルの比較

本件研究における危険率は、0.05 を\*、0.01 を\*\*で示す。多次元効用関数モデルとグラフに基づいた効用関数モデルの比較した結果は  $0.05_{ip}$  となっているため、有意差が認められた。また、本研究の結果では多次元効用関数モデルよりも、グラフに基づいた効用関数モデルが正解数が高い値であった。

### 5. おわりに

本論文では、多次元効用関数モデルとグラフに基づいた効用関数モデルのどちらが人に分かりやすいかを比較するために実験を実施した。実験結果は多次元効用関数モデルよりも、グラフに基づいた効用関数モデルが正解数も高いことがわかった。

### 参考文献

- [1] 服部宏充, 伊藤孝行, and M. Klein.: 非線形効用関数を持つエージェントのためのオークションに基づく交渉プロトコル, 電子情報通信学会論文誌, J89-D, No. 12, pp.2648-2660, 2006.
- [2] Shun Okuhara, Takayuki Ito, A Compromising Strategy Based on Constraint Relaxation for Automated Negotiating Agents, 2019 The 16th Pacific International Conference on Artificial Intelligence, 2019.