

# Preferenceの曖昧性がある場合における Misrepresentation Gameの解析・シミュレーション機構の実現

A Preliminary Implementation of Simulator for  
Misrepresentation Game with Ambiguous Preferences

西 将宏\*<sup>1</sup>      福田 直樹\*<sup>2</sup>  
Masahiro Nishi      Naoki Fukuta

\*<sup>1</sup>静岡大学情報学部情報科学科

\*<sup>2</sup>静岡大学 学術院情報学領域

Department of Computer Science, Shizuoka University

Department of Informatics Academic Institute, Shizuoka University

The Misrepresentation Game first proposed by Gratch et al. is one of special negotiations that sometimes an agent obtains higher utility than truth-telling on a preference-elicitation based fair division negotiation by misrepresenting their preferences while it is still difficult to be noticed by the counterpart. In this paper, we propose our preliminary idea and proto-type implementation of a simulator which is specially designed to implement and analyze Misrepresentation Games and Misrepresentation Agents. The simulator also includes an extension to the original Misrepresentation Game into a multiparty negotiation scenario with ambiguity of preferences and allow an analysis of Misrepresentation Game on such a scenario.

## 1. はじめに

交渉は意思決定や紛争の解決 [Baarslag 14] において一般的で重要なプロセスであり、様々な応用がなされている。例えば、[Baarslag 14] では、仕事における交渉や人質が危機にさらされている状況 [Kraus 92], 更に一般的な状況としては、リソースとタスクの割り当て機構 [Sandholm 95, Shehory 98, Smith 80], コンフリクト解決機構 [Deutsch 11, Zlotkin 91], 分散情報サービス [Kraus 01, Sycara 93] が調査され、言及されている。文献 [Baarslag 14] で述べてあるように、交渉は我々の生活の多くの面に関わっており、自動交渉エージェントの設計の需要が高まってくると考えられる。すなわち、特定の環境において他のエージェントと交渉できる自動交渉エージェントが調査されている [Jennings 01, Kraus 01].

The Misrepresentation game [Gratch 16] は、Gratch らによって提案され、Preference-elicitation に基づく公平な財の分割問題において、気づかれずに選好を操作することによって正直な交渉よりも高い効用が得られることのある特別な交渉の一つである。Misrepresentation game の分析・実装フレームワークとして [Nishi 17, 西 16] が挙げられるが、この Misrepresentation game に Preference の曖昧性がある場合、意図的な Manipulation なのか、必要に応じた訂正なのか見分けがつかない場合が考えられるため、本論文では、Preference の曖昧性がある場合の Misrepresentation game を分析するためのソフトウェアフレームワークについて述べる。本論文の目的は新しい Misrepresenting の手法の発見の支援、および複数間交渉のシナリオにおける Misrepresenting agent の分析支援である。

## 2. Misrepresentation game

文献 [Gratch 16] では、Misrepresentation game は次のように定義されている。

- 自分自身の選好を公開せずに、相手の選好から学習することで、情報アドバンテージを得ること。

連絡先: 西 将宏, 静岡大学情報学部情報科学科, 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1, Email: cs13074@s.inf.shizuoka.ac.jp

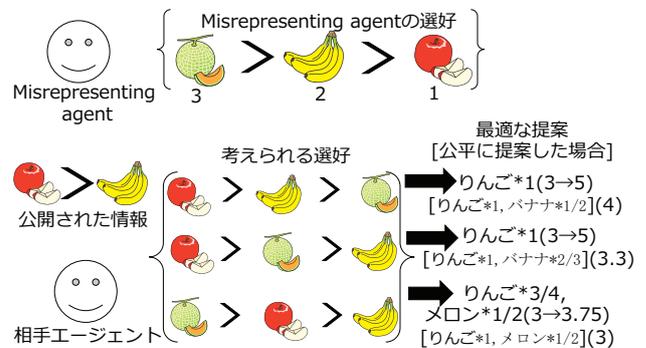


図 1: preference-elicitation の例

- 嘘の選好情報を用いることで、(a) ある交渉において自身の利益を最大化すること、(b) 自分以外の参加者が、公平で効率的な交渉であると認めること。

次に、文献 [Gratch 16] で紹介されている例をもとにした Misrepresentation game の重要な特徴と、基本的な仕組みについて簡潔に述べる。

図 1 に Misrepresentation game の例を示す。図 1 は、メロン、バナナ、りんごの 3 論点、Misrepresenting agent と自己中心的な交渉エージェントの 2 者間交渉の例である。それぞれの交渉エージェントは 3!通りの選好を持っている。嘘をつく交渉エージェントは一番上の選好(メロン > バナナ > りんご)である。また、相手の交渉エージェントは、バナナよりもりんごを好んでいるという情報を公開していると仮定する。公開された情報はいくつかの選好パターンを除外し、与えられた情報と一致するのは、図 1 中の 3 つの選好パターンとなる。図 1 に示すように、これらの選好それぞれに対する、他のエージェントから見て公平な提案を、Misrepresenting agent は提案することができる。

例えば、もし相手の本当の選好が、りんご > バナナ > メロンの場合、嘘をつく交渉エージェントは同じ選好を公開し、相手にりんご 1 個を提案し、残りを自分がもらうべきである(図 1 の考えられる選好の一番上のパターン)。この交渉は、Borda-

count 効用関数下では、それぞれのエージェントに効用 3 を与えると表現される (相手のエージェントに効用 3 のりんごを分けて、Misrepresenting agent が効用 2 のバナナ+効用 1 のメロンを受け取るため)。しかし、Misrepresenting agent に対して、本来の選好で計算したとき、このエージェントは 5 の効用を得る (見かけ上、Misrepresenting agent は、効用 2 のバナナと効用 1 のメロンを受け取っているが、Misrepresenting agent の本来の選好はメロン > バナナ > りんごであり、本来はメロンの効用は 3、バナナの効用は 2 であり、効用 3+効用 2=効用 5 となるため)。

嘘を使わずに、正直に選好を公開して交渉した場合が図 1 の □ 内であり、その右側の () 内の数値がその時の効用を表す。例えば、相手の選好が一番上のパターンの場合、正直に提案をすると、りんご 1 個とバナナ 1/2 個を提案するのが最適となる。この場合の効用はお互いに 4 となる。同様に、相手の選好が二番目のパターンの場合、りんご 1 個とバナナ 2/3 個を提案することになり、得られる効用はお互いに 3.3 となる。Misrepresentation game の場合は、どちらの場合もりんごを 1 個提案することで、見かけ上はお互いに効用 3 を得るが、Misrepresenting agent は効用 5 を得られる (図 1 の (3 → 5))。文献 [Gratch 16] では更に、このタイプの嘘の提案をするアルゴリズムについての研究と分析がなされている。

Lu と Boutilier は Preference-elicitation [Lu 11] を導くために Minimax regret の原理を用いている。文献 [Gratch 16] で議論されているように、Misrepresenting agent は、不完全な情報のもとで相手の選好を考慮して、出来る限りの推測をしなければならない。Misrepresentation game 内において、Regret は、間違った推測による損失のことを表す。Regret の例として、例えば、図 1 において、Misrepresenting agent が、考えられる全ての選好を考慮して、最大の利益が得られるりんご 1 個を提案すると場合を考える。この場合、1 番目と 2 番目の選好の場合は Misrepresentation game が成立するが、もし本当の選好が 3 番目の選好だった場合、相手にとって不公平であるため、この提案は拒否される。

Lu と Boutilier が提案した Maximum possible regret [Lu 11] を最小化する質問の方法を、本研究の Misrepresentation game に適用する。文献 [Gratch 16] で既に議論されているように、相互情報交換の下では、Misrepresenting agent はジレンマに陥る。情報交換はお互いにとって公平であるべきで、交渉エージェントは何の情報も与えずに一方的に聞くことができないからである。したがって、更に情報を聞くほど、更に情報を与えなければならない (もしかすると Misrepresent を制限するかもしれない、と文献 [Gratch 16] では議論されている)。ここで重要なことは、この相互情報交換アプローチが Incremental なことである。交渉のはじめには、どの交渉エージェントも、相手の選好情報についての情報を持っていないため、どの選好パターンでもとり得る可能性がある。交渉エージェントは、質問を行うことによって、あり得る選好パターンを減らすことができる。文献 [Gratch 16] に示されたアルゴリズムは、Regret がある閾値を下回るまで、選好を決定するために繰り返し質問する。文献 [Gratch 16] では、相手の正確な選好を発見するためには、相手の選好が一意に確定するまでアルゴリズムを繰り返さなければならないと議論されている。ここで、相手は、とり得る選好のうちの一つを持っているが、これら任意の一つを選んだときの Regret は、閾値以下になることが保証される (相手は正直に返答すると仮定する) [Gratch 16]。

もし文献 [Gratch 16] の Elicitation algorithm が最後まで

実行可能ならば、相手の選好が完全に判明し、[Gratch 16] で発表されている提案を行うことが可能になる。もし選好が不完全に決定した場合、交渉エージェントは、とり得る全ての選好パターンの中から、最も利益の得られる提案を行う。

### 3. Preference の曖昧性

本研究では、Misrepresentation game の考え方に、Preference の曖昧性の概念を導入する。

Preference の曖昧性とは、例えば、人間がユーザ支援エージェントに選好を設定して自動でエージェント間交渉を行う場合に、人間の意思決定が曖昧で、選好を一意に設定しきれず、空白のある状態のことである。この場合、エージェントは、交渉において、選好を訂正する必要が出てくる場合がある。Misrepresentation game にこの概念を用いた場合、意図的な Manipulation としての選好の変更なのか、必要に応じて行った訂正なのかの見分けがつかない。本研究では、この Preference の曖昧性を採用したシミュレーションを行う。

### 4. 提案フレームワークの設計

本章では、提案フレームワークの設計について述べる。本フレームワークは交渉エージェントの実装、および文献 [Gratch 16] で述べられている、Preference-elicitation に基づく交渉の分析支援を行うことを目的としている。交渉は Preference-elicitation に基づいて行われ、交渉エージェントはお互いに選好を質問し、公開された選好から最適な割り当てを決める。交渉のプロセス自体はエージェントの戦略とは関係ないため、交渉フローなどの機構はフレームワーク内に含まれ、それらを利用できる設計にするのが望ましい。加えて、ユーザがエージェントの設計にかかるコストを減らすため、フレームワークが、公開された選好から公平な割り当てを計算する機構と、嘘をつくときの返答によってどの程度割り当てが変わるのかを計算する機構を提供することが望ましい。

これらの中心的な機構は、Misrepresentation agent を実装、および分析するとき、フレームワーク上で行えるように設計を行う。本研究のフレームワーク中に用意した機構を用いることで、ユーザに対し、Misrepresentation game で利益を得るための条件を見つける分析の支援を行ったり、ひな形エージェントクラスを継承することで、Misrepresenting agent や周辺プログラムの実装が容易になることが期待される。本研究の貢献は、文献 [Gratch 16] で示された Misrepresentation game のシミュレーションのみならず、それを拡張することで、Preference に曖昧性のある状況を仮定して、複数問での Misrepresentation game のシミュレーションができ、その検討のためのエージェントもあわせて試作できるようなフレームワークを作成したことである。

### 5. 提案フレームワークの実装

本章では、本フレームワークの実装について述べる。本フレームワークは、提供する機構を用いることで、ユーザが容易にエージェントを設計、および自動交渉を行えるように設計している。また、本フレームワークは Java を用いて設計を行っている。これは、GENIUS [Baarslag 14] に慣れたユーザを対象としており、エージェントを設計しやすいようにするためである。GENIUS とは、Misrepresentation game を行える (選好を偽るという戦略自体は存在している) ことや、交渉プロトコルとして Alternating-offer protocol のかわりに

preference-elicitation に基づくプロトコルを採用していることが異なる。

本フレームワーク上で動作するエージェントは、選好を質問された時に応答し、選好の管理を行う機構を持つ必要があり、ひな形エージェントとしてこれを実装している。そのため、ユーザは、このひな形を継承することで任意の自己中心的なエージェントや Misrepresenting agent を実装可能である。更に、本フレームワークを用いることによって、ユーザは、ひな形のエージェントに独自のメソッドを追加することで拡張を行うことも可能である。

交渉を行いたい場合、ユーザは、交渉ドメインを構成する、自己中心的なエージェントと Misrepresentation agent を1体ずつ用意することで、交渉を行うことができる。現状の実装では、交渉プロトコルは二者間交渉をプロトコルを採用しており、三者間以上の交渉に関しては、二者間交渉のプロトコルを拡張することによって実現することを仮定している。

交渉プロトコルとしては、文献 [Gratch 16] にあるような、文献 [Lu 11] の近似的な Preference-elicitation に基づく交渉プロトコルである。交渉結果としては、エージェントにとっての効用と割り当てが確認できるようになっており、Misrepresentation agent が交渉に参加している場合には、嘘をついたときの効用と本来の効用も確認可能である。この機能を利用することで、ユーザは、正直に交渉を行った場合と、嘘をついた場合の両方の効用を比較可能である。

本研究では、複数者間交渉が行えるように、preference-elicitation のプロトコルを拡張する。複数者間交渉問題一般でいえることと同様に、その拡張方法にはいくつかのアプローチが考えられる [Tsuruhashi 13] が、ここでは、マルチパーティプロトコル [Tsuruhashi 13] に基づき、具体的には、エージェント A がエージェント B に質問した後、エージェント B がエージェント C に質問するように変更を行った。この時、エージェント A とエージェント B が公開した選好と、エージェント B とエージェント C が公開する選好は重複を許すものとする。この試験的に拡張した preference-elicitation に基づく Misrepresentation game において、まず最も簡単なモデルとして、Misrepresentation agent は、交渉相手のうちどちらか片方のエージェントのみを考慮して Misrepresentation を行うものとする。例えば、エージェント A、エージェント B、Misrepresentation agent の3者で交渉を行うとき、Misrepresentation agent は、エージェント B だけを考慮した嘘をつく場合について考える。

## 6. 提案フレームワークの実行例

図 2 は、提案フレームワークにおける Misrepresentation game としての交渉例である。

まず、交渉ドメインにおける論点数は、図 2 に A 部分に入力、またはスピナーを調整することで設定可能である。本フレームワークは、図 2 の B 部分の “load” ボタンでファイルを読み込むことで、前もって定義しておいたドメインを読み込むことも可能である。論点に対する重み付け (選好) は、図 2 の D 部分を調整することで設定可能である。この選好とは、論点に対する値が高ければ高いほど、その論点に対する優先度が高いことを意味する。preference-elicitation に基づく公平な交渉においては、ここで設定した重みに基づいてエージェントが返答を行う。Misrepresentation agent と自己中心的なエージェントは、このプロトコルにおいては見た目は同様に振る舞うが、Misrepresentation agent は設定した本来の選好と違うこ

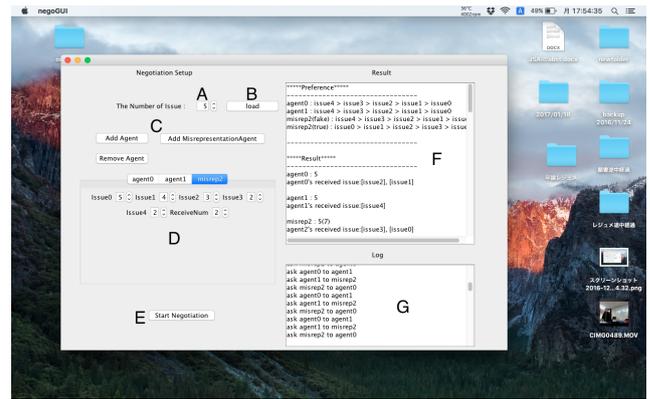


図 2: 試作フレームワークの実行例

```

*****Preference*****
-----
agent0 : issue1 > issue0 > issue3 > issue4 > issue2
agent1 : issue0 > issue2 > issue1 > issue3 > issue4
misrep2(fake) : issue0 > issue2 > issue1 > issue3 > issue4
misrep2(true) : issue4 > issue2 > issue1 > issue3 > issue4
-----

*****Result*****
-----
agent0 : 3
agent0's received issue:[issue0]

agent1 : 3
agent1's received issue:[issue2]

misrep2 : 3(7)
agent2's received issue:[issue1], [issue4], [issue3]
-----

0.029411764705882353
2 68
68done.

```

図 3: Misrepresentation game 成功時のログ

とを答えることで嘘をつくことができる。

交渉に関する設定が終われば、図 2 の F 部分の “Start Negotiation” を押すことで交渉を開始することができる。本フレームワークにおいては、交渉そのものは自動的に行われる。ユーザは、各エージェントの選好と、図 2 の F 部分で、交渉の結果を “Result” 部分、交渉の過程を “Log” 部分で確認することができる。

我々は試作したフレームワークを用いて、3者間5論点交渉を100回行わせた。各交渉においては、合意するまで1000ステップの交渉を行った。結果、100回中2回合意が確認でき、Misrepresentation game として成功した交渉は1回であった。

交渉が成功した時のログを図 3 に示す。交渉に参加したエージェントは自己中心的なエージェント2体、Misrepresenting agent1体であり、自己中心的なエージェントをそれぞれエージェント0、エージェント1とする。Misrepresentation game としての交渉が成功した時の自己中心的なエージェントの選好はそれぞれ、エージェント0が論点1 > 論点0 > 論点3 > 論点4 > 論点2、エージェント1が論点0 > 論点2 > 論点1 > 論点3 > 論点4、Misrepresentation agent の見かけ上の選好は、自己中心的なエージェントの片方を真似たため、論点0 > 論点2 > 論点1 > 論点3 > 論点4である一方、Misrepresentation agent の本来の選好は、論点4 > 論点2 > 論点1 > 論点3 > 論点0であった。各エージェントの受け取った論点は、Preference-elicitation でよく用いられる Borda rule [Baharad 03] に基づいて計算すると、エージェント

0が論点0(効用3), エージェント1が論点2(効用3)である一方, Misrepresentation agentが残りである論点1, 論点3, 論点4を受け取った(効用2+効用1+効用0=効用3). 見かけ上はどのエージェントも効用3であるが, Misrepresentation agentの本来の選好に基づいて計算すると効用7であるため, この交渉はMisrepresentation gameとしての交渉が成功したといえる.

次に, Preferenceの曖昧性がある際の交渉について考える. 例えば2者間4論点交渉のとき, 自己中心的なエージェントの選好は論点1 > 論点2 > 論点3 > 論点4, Misrepresenting agentの選好は論点2 > 論点1 > 論点3 > 論点4とする. Preference-elicitationに基づいて交渉すると, 論点1と論点2, 論点1と論点3, 論点1と論点4, 論点2と論点3を比較して選好を公開したとする. ここで, 自己中心的なエージェントの選好が論点4 > 論点1となったとする. すると自己中心的なエージェントは, 論点4 > 論点2, 論点4 > 論点3を返答するが, Misrepresenting agentは従来どおりでも対応可能である(この場合, Misrepresenting agentは論点1,3を受け取り, 見かけ上の効用5, 本来の効用6となる).

## 7. おわりに

本研究では, 複数者間交渉におけるPreferenceの曖昧性を考慮したMisrepresentation gameの分析支援を行うためのシミュレータおよび実装フレームワークの試作について述べた.

複数者間交渉への拡張を行ったpreference-elicitationに基づく交渉のシミュレーションを行い, 3者間5論点交渉の場合では, 100回中1回Misrepresentation gameが成立したことから, 複数者間交渉においてもMisrepresentation gameが成功する余地があることが確認できたが, 一方で, それが成功する場面は大変限られていた.

このMisrepresentation gameに曖昧性の概念を導入した場合, 意図的なManipulationとしての選好の変更なのか, 必要に応じて行った訂正なのかの見分けがつかない. 実際にこの状況をシミュレーションしたところ, 交渉がそもそも成立しない場合を除いて, Misrepresentation gameが成立する余地があることが分かった. Preferenceに曖昧性がある場合のMisrepresentation gameによる利益獲得を防ぐ方法として, 例えばVickrey's Second Price Auctionのように, 真実申告最良なメカニズムに基づいて分配する方法以外には, Preference-elicitationに, 曖昧性を含む選好順序を示すことを導入する方法が挙げられる.

## 謝辞

本研究の一部は, JST CRESTからの支援による.

## 参考文献

- [Baarslag 14] Baarslag, T.: *What to bid and when to stop*, PhD thesis, TU Delft, Delft University of Technology (2014)
- [Baharad 03] Baharad, E. and Nitzan, S.: The Borda rule, Condorcet consistency and Condorcet stability, *Economic Theory*, Vol. 22, No. 3, pp. 685–688 (2003)
- [Deutsch 11] Deutsch, M., Coleman, P. T., and Marcus, E. C.: *The handbook of conflict resolution: Theory and practice*, John Wiley & Sons (2011)
- [Gratch 16] Gratch, J., Nazari, Z., and Johnson, E.: The Misrepresentation Game: How to win at negotiation while seeming like a nice guy, in *Proceedings of the 15th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems* (2016)
- [Jennings 01] Jennings, N. R., Faratin, P., Lomuscio, A. R., Parsons, S., Wooldridge, M. J., and Sierra, C.: Automated negotiation: prospects, methods and challenges, *Group Decision and Negotiation*, Vol. 10, No. 2, pp. 199–215 (2001)
- [Kraus 92] Kraus, S., Wilkenfeld, J., Harris, M. A., and Blake, E.: The hostage crisis simulation, *Simulation & Gaming*, Vol. 23, No. 4, pp. 398–416 (1992)
- [Kraus 01] Kraus, S.: *Strategic negotiation in multiagent environments*, MIT press (2001)
- [Lu 11] Lu, T. and Boutilier, C.: Robust approximation and incremental elicitation in voting protocols, in *IJCAI*, Vol. 1, pp. 287–293 (2011)
- [Nishi 17] Nishi, M. and Fukuta, N.: Toward a framework for Misrepresentation Game on Multiparty Automated Negotiations, in *The Tenth International Workshop on Agent-based Complex Automated Negotiations (ACAN2017)* (2017), (to appear)
- [Sandholm 95] Sandholm, T., Lesser, V. R., et al.: Issues in automated negotiation and electronic commerce: Extending the contract net framework, in *ICMAS*, Vol. 95, pp. 12–14 (1995)
- [Shehory 98] Shehory, O. and Kraus, S.: Methods for task allocation via agent coalition formation, *Artificial intelligence*, Vol. 101, No. 1-2, pp. 165–200 (1998)
- [Smith 80] Smith, R.: Communication and control in problem solver, *IEEE Transactions on computers*, Vol. 29, No. 12, pp. 1104–1113 (1980)
- [Sycara 93] Sycara, K. P.: Machine learning for intelligent support of conflict resolution, *Decision Support Systems*, Vol. 10, No. 2, pp. 121–136 (1993)
- [Tsuruhashi 13] Tsuruhashi, Y. and Fukuta, N.: An Analysis Framework for Meta Strategies in Simultaneous Negotiations, in *the Sixth International Workshop on Agent-based Complex Automated Negotiations (ACAN2013)* (2013)
- [Zlotkin 91] Zlotkin, G. and Rosenschein, J. S.: Cooperation and conflict resolution via negotiation among autonomous agents in noncooperative domains, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 21, No. 6, pp. 1317–1324 (1991)
- [西 16] 西 将宏, 福田 直樹: 複数エージェント間交渉のためのMisrepresentation Game実装フレームワークの試作, 第185回知能システム研究発表会 (2016)