

自動交渉エージェントのための最適交渉戦略の推定に基づくメタ戦略の実現

森 顕之†

†名古屋工業大学 工学部 情報工学科

伊藤 孝行‡

‡名古屋工業大学 大学院 産業戦略工学専攻

1 はじめに

マルチエージェントシステムの研究分野において、自動交渉エージェントが注目されている [1]。自動交渉エージェントは実数値化した選好情報をもとに、人間の代理として交渉を行うことを目的としている。特に、自動交渉エージェントの研究分野においては、互いに相手の選好情報が明らかでない二者間複数論点交渉問題 (Bilateral Multi-issue Closed Negotiation Problem : BMCNP) が重要な研究課題とされている。BMCNP に対する取り組みとして、自動交渉エージェントの国際競技会 (Automated Negotiating Agents Competition : ANAC) が、International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS) において 2010 年より開催されている [2]。

本論文では、ANAC2014 の交渉ルール下における BMCNP において、適切な譲歩を推定する交渉戦略を提案する。提案する交渉戦略ではエージェントの交渉戦略と推定獲得効用値を定義し、戦略型ゲームとして解析することによって適切な譲歩を推定する。本論文で提案する交渉戦略を評価するために、提案する交渉戦略を実装したエージェントを ANAC2014 決勝大会出場エージェントに加えてトーナメントを行う。

2 章では ANAC の概要と既存のエージェントについて述べる。次に、3 章では本論文で提案する推定獲得効用値に基づく交渉戦略について述べる。また、4 章では提案する交渉戦略を実装したエージェントと ANAC2014 決勝大会出場エージェントによる評価実験を行う。そして、5 章に本論文のまとめと今後の課題を示す。

2 ANAC

2.1 ANAC の概要

ANAC は交渉を研究する世界中の研究者たちが自動交渉エージェントを作成し、作成されたエージェントによるトーナメントの評価スコアを競い合う国際競技会である。2014 年 5 月 6 日に第 5 回目となる ANAC2014 が AAMAS2014 において開催された。ANAC2014 では世界中から 19 エージェントが参加し、予選大会によ

り 10 エージェントが選抜された。そして、選抜されたエージェントによって決勝大会が行われ、最終的な順位が決定された。

2.2 既存の自動交渉エージェントと問題点

代表的な既存のエージェントとして、AgentM が挙げられる。AgentM は ANAC2014 の優勝エージェントである。AgentM は時間経過と相手の提案効用幅に基づき譲歩を決定する。提案効用幅とは、相手の提案履歴を自身の効用関数で評価して得られる、最も大きな効用値と最も小さな効用値の差である。

既存のエージェントの問題点として、交渉戦略が交渉環境に依存しているため、交渉結果のスコア順位が交渉環境によって大きく変動することが挙げられる。AgentM をはじめとする既存のエージェントの多くは、相手の提案履歴を自身の効用関数で評価することによって、相手の交渉戦略を推定する。しかし、相手の提案履歴を自身の効用関数で評価する手法は交渉ドメイン、交渉者の制約集合、およびパレートフロントの形状の影響を受ける。したがって、既存の交渉戦略の有効性は交渉環境に大きく依存する。

本論文では、交渉戦略の推定期待効用値を導出し、譲歩関数のパラメータとして組み込む交渉戦略を提案する。提案する交渉戦略は既存のエージェントとは異なり、推定が困難である相手の交渉戦略によらず、自身の交渉戦略の推定期待効用値によって譲歩の大きさを決定する。したがって、提案するエージェントは既存のエージェントよりも交渉環境に対する依存性が低い。

3 推定期待効用値に基づく交渉戦略

提案する交渉戦略について説明する。本論文における交渉戦略は、より良い交渉結果を得るために交渉者の行動における方向性を定義するものである。良い交渉結果とは ANAC の評価尺度に準じ、平均獲得効用値と平均社会的余剰値が大きな合意案を得ることである。提案する交渉戦略では交渉戦略を次のように分類する。

強硬戦略：交渉終了時まで合意条件を緩和しない

妥協戦略：交渉終了直前に合意条件を緩和し、妥協案で合意する

分類した交渉戦略に推定獲得効用値を設定する。Agent A と Agent B の交渉において、エージェントの獲得効

Realization of Meta Strategy based on Estimated Optimal Negotiation Strategy for Automated Negotiating Agents

†Akiyuki MORI ‡Takayuki ITO

†Department of Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology

‡Master of Techno-Business Administration, Nagoya Institute of Technology

表 1: 交渉戦略とエージェントの推定獲得効用値

| | | | |
|---|------|--------------------|--------------------|
| | | B | |
| | | 強硬戦略 | 妥協戦略 |
| A | 強硬戦略 | (A_{11}, B_{11}) | (A_{12}, B_{12}) |
| | 妥協戦略 | (A_{21}, B_{21}) | (A_{22}, B_{22}) |

用値を表 1 のように定義する。表 1 において、Agent A と Agent B が共に強硬戦略を選択した場合における Agent A の推定獲得効用値が A_{11} 、Agent B の推定獲得効用値が B_{11} となる。ここでは Agent A が提案エージェントで、Agent B が交渉相手であるとする。表 1 に基づき、Agent A の最適混合戦略を導出する。しかし、BMCNP では Agent B の効用関数は Agent A にとっては未知であり、Agent A は Agent B の推定獲得効用値 $B_{11}, B_{12}, B_{21}, B_{22}$ を設定することは困難である。ただし、Agent A の最適混合戦略 p^* を導出することは困難であるが、Agent A の効用関数によって推定される $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$ によって、Agent B の最適混合戦略 q^* を導出することは可能である。ナッシュ均衡の定義より、最適混合戦略における推定期待効用 $F_A(p^*, q^*)$ は自身の混合戦略に依存しない。したがって、Agent A は p^* が未知であっても、最適混合戦略における推定期待効用 $F_A(p^*, q^*)$ を導出することが可能である。提案する交渉戦略では、下限が推定期待効用 $F_A(p^*, q^*)$ である譲歩関数を採用する。下限が $F_A(p^*, q^*)$ であるため、譲歩関数 $T(t)$ は、割引効用（時間経過によって減少する効用値）で補正しても $F_A(p^*, q^*)$ より大きくなければならない。割引係数を $d_A (0 \leq d_A \leq 1)$ 、交渉経過時間を $t (0 \leq t \leq 1)$ とした場合、Agent A の譲歩関数 $T(t)$ の下限 $L(t)$ は式 (1) で導出できる。

$$L(t) = F_A(p^*, q^*) / d_A^t \tag{1}$$

式 (1) によって、譲歩関数 $T(t) (0 \leq T(t) \leq 1)$ を式 (2) のように設計する。

$$T(t) = \begin{cases} L(t) + (1.0 - L(t)) \cdot (1.0 - t) & (d_A = 1.0) \\ 1.0 - t / \alpha & (d_A < 1.0 \cap 1.0 - t / \alpha > L(t)) \\ L(t) & (d_A < 1.0 \cap 1.0 - t / \alpha \leq L(t)) \end{cases} \tag{2}$$

譲歩関数 $T(t)$ は割引効用が存在しない場合 ($d_A = 1.0$) の場合は、時間経過によって最大効用値 1.0 から $L(t)$ に合意候補の効用値の合意条件を緩和する。ただし、割引効用が存在する場合 ($0.0 < d_A < 1.0$) は早期合意が重要となるため、時刻 $t = \alpha$ に $T(t)$ が譲歩関数の下限である $L(t)$ に到達するように合意条件を緩和する。割引効用が大きいほど早期合意が重要となるため、提案する交渉戦略では $\alpha = d_A$ とする。

4 評価実験と考察

ANAC2014 では 19 エージェントが参加し、予選大会によって 10 エージェントが選抜された。本論文では、決勝大会に出場したエージェントと提案する交渉戦略を実装したエージェントによってトーナメントを行うことで、提案する交渉戦略を評価する。評価実験では、ANAC2014 決勝大会で使用された全 12 個の交渉ドメインを用いて、提案する交渉戦略を実装したエージェントを含む全 11 エージェントで総当りのトーナメントを行う。そして、平均獲得効用値と平均社会的余剰値（互いの獲得効用値の和の平均値）を評価する。

表 2 は評価実験における交渉結果を示している。表 2 において、提案する交渉戦略を実装したエージェントは ANAC2014 決勝大会出場エージェントと比べて平均獲得効用値と平均社会的余剰値におけるスコア順位が最も高い。したがって、本論文で提案する交渉戦略は既存のエージェントと比較して、適切な譲歩を実現していることがわかる。

表 2: 評価実験における交渉結果

| エージェント名 | 平均獲得効用値 | 平均社会的余剰値 |
|------------------|--------------|--------------|
| Our Agent | 0.833 | 1.610 |
| AgentM | 0.766 | 1.601 |
| Gangster | 0.750 | 1.494 |
| DoNA | 0.743 | 1.460 |
| GROUP2Agent | 0.733 | 1.393 |
| WhaleAgent | 0.725 | 1.462 |
| E2Agent | 0.722 | 1.437 |
| kGA_gent | 0.700 | 1.330 |
| AgentYK | 0.691 | 1.392 |
| BraveCat v0.3 | 0.681 | 1.409 |
| ANAC2014Agent | 0.622 | 1.392 |

5 まとめ

本論文では推定期待効用値に基づき適切な譲歩を推定する交渉戦略を提案した。評価実験として、提案する交渉戦略を実装したエージェントと ANAC2014 決勝大会出場エージェントによってトーナメントを行い、提案するエージェントが平均獲得効用値と平均社会的余剰値の両方でスコア順位が最も高くなることを示した。今後の課題としては自身の最適混合戦略を導出するために、相手の提案履歴から相手の獲得効用値を推定することが挙げられる。

参考文献

- [1] Kraus S: "Strategic Negotiation in Multiagent Environments", Cambridge University Press, 2001.
- [2] Tim Baarslag, Koen Hindriks, Catholijn Jonker, Sarit Kraus, and Raz Lin: "The First Automated Negotiating Agents Competition (ANAC2010)", New Trends in Agent-based Complex Automated Negotiations, Series of Studies in Computational Intelligence, pp.113-135, 2012.