

歩み寄り戦略に基づく自動交渉エージェントの交渉過程の解析と評価

川口 将吾†

藤田 桂英†,††

伊藤 孝行†,†††,††††

† 名古屋工業大学 情報工学科/ 大学院情報工学専攻 / 大学院産業戦略工学専攻

†† マサチューセッツ工科大学スローン経営大学院

††† 東京大学政策ビジョン研究センター

†††† 科学技術振興機構さきがけ

1 はじめに

2010年のInternational Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMA S2010)にて、国際交渉エージェント競技会 Automated Negotiating Agents Competition (ANAC 2010)が開催された。本稿では、ANAC 2010の概要、およびシミュレータについて述べる。そして、相手のエージェントの効用関数を推定しながら交渉を進めるエージェントの構築手法を示す。本エージェントは、2010年のANACにおいて優勝するという成績をおさめた。

2 関連研究

ANACと同様な自動化されたエージェントの競技会として、Trading Agent Competition (TAC)が挙げられる[1, 2, 3]。

TAC Supply Chain Managementは、動的なサプライチェーン環境をシミュレートするように設計されており、エージェントは、顧客注文を保証するための競争を行う。

TAC Ad Auctionでは、エージェントは互いにWebサーチツールにおける、あるキーワードの組み合わせに関連する広告に関して交渉を行う。

ANACと同様の挑戦が、TAC SCMとTAC/AAには見られる。ゲームは非常に複雑なり、ゲームのドメインは、取り引きエージェント問題のあるシナリオをモデル化するために明確に選択されている。

3 交渉設定

ANACにおける交渉の設定を示す。交渉プロトコルとしてはalternative offersという二者間交渉において頻繁に用いられるプロトコルが採用されている。この交渉プロトコルは以下のAccept, Offer, 及びEndNegotiationからなる。

- Accept: 相手側から提示された合意案候補を受け入れること。この場合、両者で合意が成立し、互いに合意案に対する効用値を自身の効用空間で評価した値を得て交渉を終了する。
- Offer: 相手から提示された合意案候補を拒否し、新たにこちらから合意案候補を提示する。合意は形成されず、交渉は継続される。
- EndNegotiation: 交渉参加者が交渉全体を放棄する。どちらかによりEndNegotiationが選択された時点で合意は形成されずに交渉が終了する。

以上の操作を制限時間まで継続する。今年度の大会では制限時間が設定されており、制限時間内に合意が形成されない場合は合意形成に失敗したものと扱われ、お互い得られる効用値は最低値の0である。競技会では、本交渉プロトコルを全エージェントの総当たりで行い、最終的に得られた効用値の平均が最大であったエージェントが優勝となる。今大会では、他者の効用情報が非公開のため、ゲーム理論的アプローチを直接導入することは困難となる。一方、シミュレーションを用いた学習や統計的解析などヒューリスティックを基にしたアプローチが有効である。

ANACではGENIUSというシステムを用いて交渉のシミュレーションを行う。GENIUSはオープンソースソフトウェアであり、交渉エージェントの開発を目的としている。GENIUSの主な機能は以下(1)～(3)の3つが挙げられる。(1)交渉ドメインおよび効用データの作成。(2)自動交渉エージェントにおける二者間交渉のシミュレーション。(3)交渉の過程や結果の解析。特に、解析ツールにより様々な交渉設定における、パレートフロント、ナッシュ交渉解などの交渉において重要な解が表示されるため、容易に解析が可能である。(図1)。

4 交渉戦略

今回の交渉は互いに自身の効用空間を明らかにしないため、戦略構築の為に用いることの出来る情報は少ない。本論文では、相手の提案を自身の効用空間で評価した値の統計情報から、今後の相手から引き出すことが可能な最適な合意案を予想する手法を提案する。また、最適な合意案に歩み寄るようにエージェントの行

†Shogo KAWAGUCHI †,††Katsuhide FUJITA
†,†††,††††Takayuki ITO

†Department of Computer Science Nagoya / Department of Computer Science and Engineering Graduate School / Master of Technology-Business Administration, Institute of Technology

††Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology

†††Todai Policy Alternatives Research Institute

††††Japan Science and Technology Agency PREST

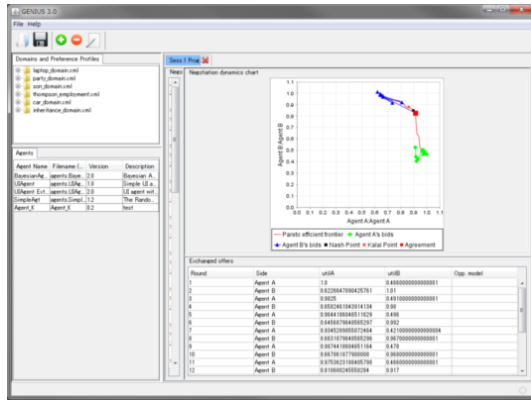


図 1: GENIUS のインターフェース

動を決定する事とする。具体的には、以下の式 (1) と式 (2) に基づき自身の行動を決定する。

$$emax(t) = \mu(t) + (1 - \mu(t)) \sqrt{12} \quad (1)$$

$$target(t) = 1 - (1 - emax(t))t^\alpha \quad (2)$$

$emax(t)$ は時刻 t での推定される相手から引き出せる最大の効用値を表しており、累積して収集した相手の手を、自身の効用空間で評価した値の平均 $\mu(t)$ と時刻 t までの行動の幅 $d(t)$ によって求められる。偏差によって相手の行動の幅を推定し、平均を加味する事によって相手からどれほど自分にとって有利な手を引き出せるのかを考慮している。

平均値を重みとするのは、行動の平均値が効用値のドメインの中央に位置している時、相手から引き出すことの出来る最大値は平均と行動幅の 1/2 の和と考えることが出来るが、相手の手の自身の効用空間における効用値の平均が低い場合は、効用値の高い方向にしか動くことが出来ず、逆に平均が高い場合は低い方向にしか行動を広げることが出来ないからである。

$target(t)$ は時刻 t においての自身の提案の効用値の指標であり、 α は歩み寄りの速度を調整する係数である。交渉の時間の使い方について、今回のルールにおいては交渉を早く終了させることに対するメリットは無い。よって、制限時間を限界まで消費し、互いに提案を繰り返し相手の動向を探り、両者ともに効用値の高い合意候補案を探索することが有効である。しかしトーナメント形式である以上、自身の効用値は可能な限り高くすることが求められる。従って、交渉開始直後は自分の効用値が高くなる手を提案し、時間の経過とともに推定された相手から引き出せる最大の値に漸近するような行動を提案する。

図 2 は $emax(t)$ を $\mu(t) = \frac{1}{10}t$ $d(t) = \frac{2}{5}t^2$ で設定した場合の α を 1 から 9 まで変化させた $target(t)$ の例である。

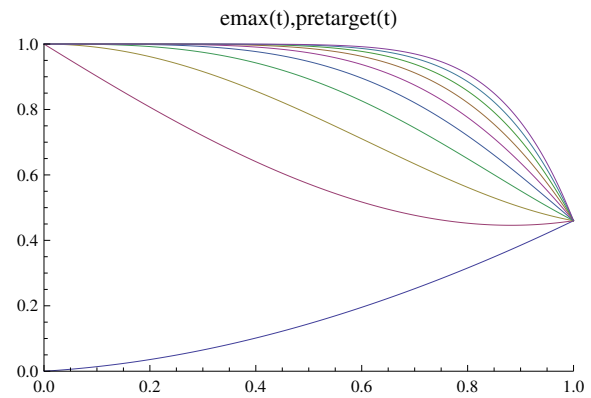
図 2: $emax(t)$ を $\mu(t) = \frac{1}{10}t$ $d(t) = \frac{2}{5}t^2$ で設定した場合の $target(t)$ の例

表 1: 競技会結果

Agent	Score			Average	Rank
	Eng.-Zimb.	Itex-Cypress	Travel		
Agent K	0.708	0.901	0.685	0.765	1
AnAgent	1.000	0.583	0.250	0.611	2
IAMhaggler	0.543	0.668	0.500	0.570	3
Nozomi	0.190	0.929	0.516	0.545	4
IAMcrazyHaggler	0.505	0.097	0.361	0.321	5
FSEGA	0.405	0.097	0.431	0.311	6
AgentSmith	0.053	0.069	0.000	0.041	7

5 まとめ

表 1 は競技会全体の結果である。本論文で提案した歩み寄り戦略に基づいて開発したエージェントは、異なった性格のドメインにおいても安定してスコアを得る事が出来ており、最終的にランク 1 位を獲得することが出来た。今後の課題としては、ANAC2011 が次回の AAMAS2011 で開催される予定であるので、次の競技会に向けての戦略の更新と、歩み寄り戦略を現実の交渉システムへ応用していく事である。

参考文献

- [1] Amy Greenwald and Peter Stone. Autonomous bidding agents in the trading agent competition. IEEE Internet Computing, 5(2):52-60, 2001.
- [2] Jinzhong Niu, Kai Cai, Simon Parsons, Peter McBurney, and Enrico Gerding. What the 2007 tac market design game tells us about effective auction mechanisms. Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2010.
- [3] Peter Stone and Amy Greenwald. The first international trading agent competition: Autonomous bidding agents. Electronic Commerce Research, 5(2):229-265, April 2005.