

氏 名	ノルベルト エイジ ナワ NORBERTO ELJI NAWA
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 63 号
学位授与の日付	平成 15 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 シ ス テ ム 科 学 専 攻
学位論文題目	Frameworks of Bargaining with Computational Agents: Toward the Emergent Synthesis of Social Fairness (知的エージェントによる交渉モデルに関する研究—社会的な公平性の創発的形成に向けて—)
論文調査委員	(主 査) 教 授 片 井 修 教 授 足 立 紀 彦 教 授 熊 本 博 光

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、計算機上の知的エージェントが行う交渉における公平性の創発について論ずるものであり、より良い交渉戦略を獲得するために機械学習アルゴリズムを使用するエージェントから構成されるシステムにおいて、形成される公平性とそれが含む意味を明らかにしている。機械学習手法としては、強化学習 (Q-learning) と進化戦略 (Evolution Strategy) を採用している。また、公平性の形成要因として、交渉の際の(1)不確実性、(2)時間上の選好、(3)多項目 (multi-issue) に亘る交渉の逐次性を取り上げ、コンピュータシミュレーションによりその影響を評価している。ここに、(1)はエージェント・レベル、(2)はシステム・レベル、(3)はゲーム・レベルの設定に関連している。本論文は6章から成る。

1章は序論であり、本研究の背景、意義、概要と目的および論文構成を示している。

2章は、基礎となるゲーム理論、マルチエージェント・システム、機械学習手法、交渉モデルの紹介を行っている。

3章は、ゲームにおける不確実性および各エージェントのリスクに対する態度が公平性の創発にどのように繋がるかを明らかにしている。強化学習による学習型エージェントが参加する交渉ゲームにおいては、不確実性およびリスクを避けるタイプのエージェントの組合せ (混合) が最も公平 (フェア) な分配に結びつくことが明らかになった。不確実性は現実世界のあらゆる場面に浸透し、そのような世界で人間はリスクを避ける振舞いを示す傾向があるため、この結果は人間社会における公平性のあるルールの創発を暗示するものでもある。さらに、この結果は、「利益を最大化する」ことを唯一の目標とするエージェント集団においても公平性が創発することがありえることを示すものである。

4章では交渉エージェント集団における (意思決定を行う) 時間上の選好に関する多様性の影響を検討している。この選好関係はエージェントの交渉力 (力関係) を反映するものと考えられる。ところでオープンなネットワーク社会基盤上に構築されるマルチエージェント・システムは、高度に多様な集団系を形成するものと思われ、そのような環境下では、ゲームの相手を完全に知ることは困難であり、限られた情報しか利用できない。このような状況ではエージェントに与えられている主導権を発揮できる保証は必ずしもない。実験結果から、エージェントが様々な相手と交渉ゲームを行い、相手に応じた戦略を学習しなければならない状況に置かれた場合、ゲームの結果はエージェント間の力関係を直接には反映しないことを明らかにしている。さらに、エージェントが自分より弱い相手に直面する経験を経ると、自分より強い相手との交渉に際して、より多い利益を得ることができることも示している。このように、オープンシステムで予想される多様性が、交渉状況におけるより公平な合意をもたらすことに寄与することを明らかにしている。

5章では多項目に亘る逐次交渉の影響を検討している。従来の多項目交渉モデルでは、これら項目は一括して交渉に付される。しかし、逐次交渉モデルでは、項1目は一つずつ順次交渉に付されるため、エージェントは前項目の交渉結果を知ることができる。実験結果に基づいて、進化戦略を用いる学習型エージェントの交渉による合意はゲーム理論モデルによる予測と質的には同じであることを明らかにしている。さらに、項目間に相互依存関係がある場合、逐次交渉によれば、弱いエージェントがより多い利益を得ることが可能であることを明らかにしている。このように交渉の逐次性は分配の公平性をよ

り高めることに寄与することを明らかにしている。このことは交渉ゲームの設定や設計によっては学習エージェントがより公平な合意を実現することが可能であることを意味するものである。

6章は結論であり、本研究で得られた成果を総括し、今後の研究課題を展望している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、計算機上の知的エージェントが行う交渉における公平性の創発について論じている。より良い交渉戦略を獲得するために強化学習（Q-learning）や進化戦略（Evolution Strategy）による学習能力を有するエージェントから構成されるシステムにおいて、形成される分配の公平性とそれが有する意味をコンピュータシミュレーションにより明らかにしている。得られた成果は以下のように要約される。

1. 公平性の形成要因として交渉における「不確実性」、「時間上の選好」、「多項目に亘る交渉の逐次性」を取り上げその影響を明らかにした。
2. 「交渉の不確実性」の下で、強化学習による交渉学習を行うエージェント集団では、リスクを避けるタイプのエージェントの組合せは安定して公平な分配をもたらすことを明らかにした。
3. これは「エージェント・レベル」の要因による公平性の創発を示すものである。
4. 交渉の際の「意思決定の時間についての選好関係（交渉力の強弱）」と学習効果の関連を明らかにしている。これは「システム・レベル」の要因の効果を示すものである。
5. 具体的には、より弱いエージェントに直面する経験がより強いエージェントとの交渉に有利に働くことを明らかにした。
6. また、中間の強さのエージェントを介することにより弱いエージェントが強いエージェントとの交渉を有利に進めることができることを示した。
7. これらは現実のオープンシステムで予想される多様性が交渉状況をより公平な合意に導く可能性を示すものである。
8. 項目間に依存関係のある場合、進化戦略による交渉学習により、「多項目に亘る逐次交渉」が弱いエージェントに有利に作用することを示した。
9. このように「ゲーム設定レベル」の要因によっても分配の公平性の創発が可能であることを示すものである。

以上要するに本論文は、機械学習を行うエージェント集団による交渉ゲームにおいて社会的公平性がどのように創発するかを明らかにするものであり、その成果は情報学の展開上寄与するところが少なくない。よって本論文を博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年1月7日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。