

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	福利最大化のためのゲーム理論的学習とセンサおよび電力ネットワークの協調制御に関する研究
Title(English)	Game-theoretic Learning and Cooperative Control in Sensor and Power Networks for Welfare Maximization
著者(和文)	和佐泰明
Author(English)	Yasuaki Wasa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10141号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤田 政之,三平 満司,倉林 大輔,畑中 健志,井村 順一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10141号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	和佐 泰明
論文審査 審査員		氏 名	職 名	氏 名
	主査	藤田 政之	教授	井村 順一
	審査員	三平 満司	教授	
		倉林 大輔	教授	
		畑中 健志	准教授	

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Game-theoretic Learning and Cooperative Control in Sensor and Power Networks for Welfare Maximization」と題し、英文全7章から構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の背景についてまとめ、本論文の動機と目的を述べている。まず、本論文は協調制御とよばれる制御法について扱ったものであり、局所的な計測・通信情報に基づいて複数のエージェントに自身の行動を決定させることで全体最適化を実現することがその目的であることを説明している。つぎに、本論文ではポテンシャルゲームに基づく協調制御法に着目し、上記の目的を達成する新たなゲーム理論的学習アルゴリズムを提案することを論文の主題とすること、提案アルゴリズムをセンサネットワークや電力ネットワークの協調制御問題に適用し、その有効性を検証することを述べている。

第2章「Game Theoretic Payoff-based Learning with Irrational Decisions」では、ポテンシャルゲームに関する基礎理論を概観し、新たな学習アルゴリズムSEID (Simple Experimentation with Irrational Decisions)を提案している。まず、一般の戦略型ゲームとナッシュ均衡解を定義したのち、本論文の主題であるポテンシャルゲームの定義を与えている。また、ポテンシャルゲームには、ナッシュ均衡解が必ず存在するという望ましい性質があることを指摘している。つぎに、ネットワーク全体の最適性を表現する目的関数（以下、福利と呼ぶ）が与えられたとき、各エージェントの目的関数である利得関数を適切に設計することで、系統的にポテンシャルゲームが構成できることを示している。そして、既存の学習アルゴリズムSED (Simple Experimentation Dynamics)に、過去に低利得を与えた行動を非合理に選択させる規則を追加することで、新たな学習アルゴリズムSEIDを提案し、福利最大化の達成を数理的に証明している。また、本アルゴリズムは利得関数のモデルを前提とせず、過去にフィードバックされた利得関数値のみを用いて実装可能であることを述べている。

第3章「Refinement on Exploration and Fast Accessibility」では、前章で示されたSEIDとは異なる学習アルゴリズム PIPIP (Payoff-based Inhomogeneous Partially Irrational Play)を提案している。SEIDはメモリに保存された過去のある時刻の利得値を参照しながら行動を決定するのに対して、PIPIPでは直近2時刻の情報をを用いて行動が選択される。この場合も、行動選択に非合理的な選択規則を課すことで、福利最大化が実現できることを証明している。最後に、数値例を用いて前章と本章のアルゴリズムを比較し、PIPIPの優位性を主張している。

第4章「Visual Sensor Networks and Fields of View Optimization」では、視覚センサネットワークの視野を協調制御することで、取得される環境情報量を最大化する問題を考察している。まず、計測された環境情報に基づいて、最大化すべき福利を視覚センサの制御パラメータの関数として定式化している。つぎに、2章で与えられた利得関数の設計法を用いて、ポテンシャルゲームを構成している。このとき、各視覚センサは自身の利得関数値を自身の計測情報と近傍センサとの通信情報から分散的に計算できることを証明している。最後に、地滑りおよび雲の実時間観測を模した実験システムを構築し、SEIDとPIPIPをそれぞれ実装することで、これらの手法の有効性を示している。

第5章「Mobile Sensor Networks and Sensor Allocation Optimization」では、広域の環境把握を目的として、モバイルセンサネットワークを協調制御することで、最適なセンサ配置を達成する問題について考察している。まず、最大化すべき福利をセンサ位置の関数として定式化している。つぎに、4章と同様に利得関数を設計し、各センサがこれを分散計算できることを示している。最後に、モバイルセンサネットワークを模した実験システムにおいてPIPIPを実装し、福利最大化の達成や環境変化への適応性を検証している。

第6章「Power Transmission Networks and System Stability Enhancement」では、複数のマイクログリッドから構成される電力ネットワークにおいて、太陽光発電の電力を最適に融通する問題について考察している。まず、太陽光発電の変動抑制、送電損失、化石燃料依存の電力使用量の低減を電力融通ネットワークの関数としてそれぞれ定式化し、その重み付き和によって福利を定義している。つぎに、4、5章と同様に、ポテンシャルゲームを構成するべく設計された利得関数が、各マイクログリッドによって分散計算可能であることを示している。さらに、実時間実装のために、PIPIPをReceding Horizon制御型に拡張し、実データを用いた数値シミュレーションを通してこの手法の有効性を示している。

第7章「Conclusions」では、本論文の研究成果についてまとめ、今後の研究の方向性について考察を述べている。

以上を要するに、本論文はネットワーク全体の最適性を評価する福利を最大化するゲーム理論的学習アルゴリズムを提案し、その成果をセンサネットワークや電力ネットワークの問題に展開することでその有効性を示したものであり、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。