

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	機械学習に基づく電力市場における前日計画法 — 再生可能エネルギーの不確かさのもとでの取引戦略 —
Title(English)	
著者(和文)	渡邊郁弥
Author(English)	Fumiya Watanabe
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11424号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:井村 順一,藤田 政之,三平 満司,山北 昌毅,早川 朋久
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11424号, Conferred date:2020/3/26, 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	渡邊 郁弥	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	井村順一	教授	早川朋久	准教授
	審査員	藤田政之	教授		
		三平満司	教授		
山北昌毅		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「機械学習に基づく電力市場における前日計画法 - 再生可能エネルギーの不確かさのもとでの取引戦略 -」と題し、全5章から構成されている。

第1章「序論」では、電力小売事業に参加するアグリゲータと電力市場取引に関する概要を述べ、発電量が不確かな再生可能エネルギーが導入された場合における電力市場取引の難しさを説明している。また、再生可能エネルギーの不確かさを考慮した電力市場取引戦略に関する既存の手法の特徴と問題点を整理している。さらに、再生可能エネルギーの予測に基づいて行われてきた既存の手法に対して、本論文で提案している、アグリゲータの利益を最大化する計画値を直接出力するブラックボックスモデルを機械学習によって構築する手法について述べている。

第2章「問題設定」では、アグリゲータの利益を最大化する前日計画法を求める問題を与えている。まず、電力市場における前日計画から、アグリゲータの利益が確定するまでの流れを定式化し、その利益を最大化する理想的な前日計画法について述べている。その上で、理想的な前日計画を近似的に達成するために、前日計画を行う関数(計画関数)をパラメトリックなブラックボックスモデルとして定義し、過去のデータに対して利益を最大化するモデルを探索する問題を定式化している。

第3章「線形なパラメータを持つ計画関数モデルと凸最適化に基づく学習法」では、計画関数の構造として線形なパラメータを持つモデルを用いた場合の学習法について述べている。特に、パラメータの線形性を仮定することで、最適なパラメータの探索問題が凸最適化問題となることを示している。さらに、インバランスペナルティ関数と運用コスト関数がそれぞれ区分的アフィンな凸関数であるとき、パラメータを探索する問題が線形計画問題となること、および、L2正則化が導入されている場合には2次計画問題に帰着できることを示している。本章の最後には、数値例を通して予測値に基づく前日計画法との比較が行われており、利益を直接評価することの重要性を示している。また、本論文で提案している機械学習により構築した計画関数モデルによる前日計画を行うことで、インバランスを抑えた計画が行われていることを示している。

第4章「ニューラルネットワークを用いた計画関数モデルと勾配降下法に基づく学習法」では、ニューラルネットワークを用いた計画関数モデルの学習法について述べている。まず、ニューラルネットワークにおいて一般に用いられる勾配降下法において必要となる、利益を表す評価関数のパラメータに関する勾配を求める方法を提案している。具体的には、ペナルティ関数と運用コスト関数が区分的アフィンな凸関数であるとき、線形計画問題の強双対性に基づいて勾配が計算できることを示している。つぎに、ニューラルネットワークを用いることで、第3章で述べられている凸最適化に基づく方法に比べて、学習に必要なメモリ容量が削減され、多数のデータが利用可能であることを述べている。また、ニューラルネットワークを用いたことによる多数データの利用可能性とその効果を、数値例により示している。具体的には、凸最適化に基づく方法ではメモリ容量の制約により学習ができなくなるような学習データの個数であっても、ニューラルネットワークを用いることで学習が可能となることを示している。さらに、多数のデータを利用した結果、過学習抑制の効果により未知データに対しても十分大きな利益が得られることを示している。

第5章「結論」では、本研究により得られた知見を総括しており、今後の課題と展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、機械学習を電力市場に適用するための新しい手法の基礎を与えるものであり、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。