

# 内容の要旨及び審査結果の要旨

【書式 1 1】

令和 2 年 8 月 12 日

氏名（本籍）	長 谷 亮
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲 第 173 号
学位記の授与日	令和 2 年 9 月 12 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 創価大学大学院学則第 31 条第 2 項該当 創価大学学位規則第 3 条の 3 第 1 項該当
論文題目	Studies on consumers' benefits from transformation of electricity markets
論文審査機関	理工学研究科委員会
論文審査委員	主査委員 博士(工学) 篠 宮 紀 彦 印 委 員 博士(工学) 鳥 居 直 哉 印 委 員 博士(工学) 寺 島 美 昭 印

## <論文の内容の要旨>

電力市場におけるサービスを改善するために、各国で電力市場の構造改革が行われている。消費者への電力料金の低廉化を実現するために、多くの国で電力小売市場の規制緩和が行われている。一方で、再生可能エネルギー資源の活用が世界的に進んでいる。電力市場の変革に伴い、新たな取引形態を期待できるが、市場の自由化は消費者に影響を及ぼす多くの問題を孕んでいる。

本論文では、電力市場を活性化させるために、電力市場における消費者の効用を分析するモデルの確立を目的としている。消費者の効用を分析するために4つの問題を設定し、グラフ理論に基づいた数理科学的手法を用いて新たな市場モデルを提案している。研究の結果、提案モデルにおける消費者の効用分析を通して、消費者の意思決定や振る舞いの特徴と効用との関係を明確にすることができ、電力市場の活性化を阻む状況を改善するいくつかの洞察が提案されている。

本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章では、世界的に進められている電力市場の自由化などの構造改革の状況に関して、根源的な問題点を提起している。具体的には、構造改革における新たな形態の電力市場の設計では、電力取引において消費者が得られる便益を考慮しなければ、本来期待していた構造改革の結果が得られない可能性があるとの仮説を立てている。そして、関連研究や既存技術との比較から、構造改革から消費者にもたらされる便益を分析することの重要性を説明し、本研究の位置付けを明示している。

第2章では、本研究において消費者の便益を分析するための基盤となる概念として、電力市場の数理モデル構築のための理論的な枠組みを提案している。上記の枠組みでは、数理モデルで表現する内容として、電力市場の参加者間の取引における構造、電力の需要と供給の一致、電力取引の便益を数量的に表現する効用の概念、の3点に着目している。そして、グラフ理論におけるマッチングやネットワークフローなどの手法に基づいて、数理モデルを構築するための考え方を説明している。

第3章では、自由化された電力市場における、市場参加者の効用の総和である社会的効用を最大化する取引の実現について述べられている。前章の内容に基づき、電力の需要と供給を満たしつつ社会的効用を最大化する取引の組み合わせをマッチングとして定義し、マッチングを算出するための最適化問題を定式化している。そして、シミュレーション実験から算出した電力取引および消費者の効用と、現実の電力市場で観測される状況とのギャップを考察し、本章で定義した数理モデルの改善点を示している。

第4章では、安価な電力を提供する供給者に切り替える消費者が少ない現実の状況に着目し、消費者の供給者切り替えの促進について述べられている。第2章の効用の定義に加えて、消費者が電力供給者を切り替える際の障壁の1つとされるスイッチングコストの概念を数理モデルに導入した上で、消費者の行動を反映したマッチングを算出するためにグラフ理論と進化ゲーム理論を組み合わせた手法を提案している。シミュレーション実験の結果から、消費者の供給者切り替えを促進するための条件に関して、消費者間のネットワークにおける接続関係の観点から考察している。

第5章では、電力供給が可能な消費者であるプロシューマが余剰電力を共有する状況を想定し、プロシューマ間での効用の公平性の実現について述べられている。関連研究でリソース共有の不公平性を表す概念として提案されている Envy の概念を発展させ、共有対象の電力の量が刻々と変化する状況におけるプロシューマ間のマッチングにおける Envy を定義し、第2章で定義した数理モデルを拡張している。互いに知り合いである消費者間での電力共有を想定したシミュレーション実験の結果から、プロシューマ間の Envy の低減に向けて重要な条件を、消費者間のネットワーク構造の観点から考察している。

最後に第6章では、結論がまとめられており、残された課題、および今後の研究の展望について述べられている。

<論文審査結果の要旨>

本論文の提案モデルによって得られた消費者の効用に関する高度な知見は、情報システム分野の重要課題に対して独創的かつ有効性の高い成果と考えられ、電力市場の変革の中にあって、将来的に有効性の高い ICT を活用した取引形態を実現する先進的な成果として社会に大きく貢献できることが期待される。また、研究によって培われた要素技術は、普遍性のある理論的な成果が多く含まれるため、他のシステムへの応用も期待できる。

以上のように、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。

なお、本論文内容の一部は、信頼できる査読制度のある国際的な学術雑誌に、下記論文 2 編として掲載されている。

1) Ryo HASE, Norihiko SHINOMIYA.

An Evolutionary Game for Analyzing Switching Behavior of Consumers in Electricity Retail Markets.

IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.E103-A, No.2, pp.407-416, Feb.2020.

2) Ryo HASE, Norihiko SHINOMIYA.

A mathematical modeling technique with network flows for social welfare maximization in deregulated electricity markets.

Operations Research Perspectives, ELSEVIER, Vol.3, pp.59-66, Oct.2016.

# 最終試験の結果の要旨

【書式12】

令和2年 8月 12日

フリガナ 申請者氏名	ハセ リョウ 長谷 亮	専攻名	情報システム工学専攻
審査委員会委員	主査委員	篠宮 紀彦	印
	委員	鳥居 直哉	印
	委員	寺島 美昭	印
要旨  審査員3名により、学位論文の内容および関連する学問分野に関して、7月27日に口頭で試問を行った。その結果、申請者が博士(工学)として、専門分野に関する十分な学力と研究能力を有することを確認できたので、最終試験の結果を合格とした。			