

博士論文審査結果報告
Report on Ph.D. / Doctoral Dissertation Defense
National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS)
Professor Tatsuo Oyama

審査委員会を代表し、以下のとおり審査結果を報告します。

On behalf of the Doctoral Thesis Review Committee, I would like to report the result of the Doctoral Dissertation Defense as follows.

学位申請者氏名 Ph.D. Candidate	松尾 雄司 / Yuji Matsuo		
学籍番号 ID Number	DOC16102		
プログラム名 Program	Public Policy Program		
審査委員会 Doctoral Thesis Review Committee	主査 Main referee	大山 達雄 Tatsuo Oyama	主指導教員 Main Advisor
	審査委員 Referee	根井 寿規 Hisanori Nei	副指導教員 Sub Advisor
	審査委員 Referee	諸星 穂積 Hozumi Morohosi	副指導教員 Sub Advisor
	審査委員 Referee	鈴木 潤 Jun Suzuki	博士課程委員会委員長代理 Acting Chairperson of the Doctoral Programs Committee
	審査委員 Referee	浅野 浩志 Hiroshi Asano 東京大学	外部審査委員 External Referee
論文タイトル Dissertation Title (タイトル和訳) Title in Japanese	電力部門の需要構造分析と経済性評価のための計量的数理モデル分析に関する実証研究		
学位名 Degree Title	博士 (社会システム分析) Ph.D. in Social Systems Analysis		
論文提出日 Submission Date of the Draft Dissertation	2019年9月27日	論文審査会開催日 Date of the Doctoral Thesis Review Committee	2019年10月25日
論文発表会開催日 Date of the Defense	2019年10月25日	論文最終版提出日 Submission Date of the Final Dissertation	2020年1月8日
審査結果 Result	合格 Pass		
	不合格 Failure		

※ タイトルが英文の場合、文部科学省に報告するため、和訳を付してください

Please add a Japanese title that will be reported to MEXT.

1. 論文要旨 Thesis overview and summary of the presentation.

本研究では、日本のエネルギー供給の中核をなす電力部門を対象として、大規模データを用いた計量的数理モデル分析、実証分析を行なった。最初に電力需要構造を計量的に分析し、電源別経済性について理論構築と計量的評価を行ない、今後のエネルギー政策を立案するために有用となる電力部門の経済性評価手法について検討、分析したものである。本研究で得られた成果は、世界的温暖化が叫ばれる中、電力自由化を経たわが国において国際的に、政策的に重要な情報を提供し得るものである。

第1章では本研究の背景と問題設定を述べた上で、第2章では東京電力管内の電力需要の最近10年間の実績データを用い、負荷持続曲線（LDC）に基づく構造特性分析を行っている。ここでは各月・曜日毎のLDCの形状を平均値（ μ ）と標準偏差（ σ ）によって把握できることを示し、年間を通じたこれらの変化について分析した。また一日の最高気温と日最大需要との相関を図示し、その年間を通じた変化の“ヒステリシス現象”について検証した。

第3章では負荷曲線（LC）を用いた構造分析を試みるが、手法的には離散 Fourier 変換、主成分分析といった方法が厳密かつ高精度の予測に有効であることを示した。さらに、主成分分析の手法を人工ニューラルネットワークと接合する新たな手法を提案し、短期電力需要予測に適用可能かつ有効なことを示した。

第4章では、まず従来の電力部門の経済性評価指標である Levelized Cost of Electricity (LCOE)に焦点を当て、日本での既存の評価例を参照した上で、それを更に精緻化することを試みた。具体的には、原子力発電及び太陽光・陸上風力発電の初期費用の過去の時系列データを定量的に分析し、将来のLCOEを予測するために有用な情報を提示した。今後変動性再生可能エネルギー（VRE）が大量に導入される場合には、LCOEに加えて「価値」と「費用」について明確に定義し、既往文献で試みられている指標と比較しつつ、平均/限界 System LCOE という概念を提案することが必要であることを示し、簡易モデル分析を通じて現実データを用いて検証した。

第5章では、これまでの結果を用いて、統合型エネルギー経済モデルの結果や複数の数理分析モデルの結果の比較を通じ、日本の長期温室効果ガス削減目標を達成するためには電力部門をほぼ完全にゼロ・エミッション化することが求められることを示した。その際の電力部門の経済性、特に、前章で述べた統合費用及びその分解についてモデル分析を実施した上で、多数年（1990年～2017年）のデータを用いてよりロバストな評価を試み、更に、累計残余需要（CRL）による電力部門の経済性評価手法を提示した。

2. 審査報告 Notes from the Doctoral Thesis Review Committee (including changes required to the thesis by the referees)

本論文の最終報告に引き続き、2019年10月25日（金）17時30分より審査委員会が開催された。審査委員は大山達雄教授（主査）、根井寿規教授（副査）、諸星穂積教授（副査）、浅野浩志教授（東京大学客員教授）、そして鈴木潤教授（園部哲史博士課程委員会委員長代理）の5名であった。本論文は本学博士論文として十分合格に値するという全体の意見に加えて、各審査委員から

本論文について、以下のようなコメントと意見が出された。

- 1) 本研究の学術的意義・貢献や新規性を明らかにすべきである。前半部と後半部のつながりが明確でないので、全体の構成がより明確にわかるように、たとえば全体のまとめを1章に入れることを考えて欲しい。先行研究の概要と自らの研究の貢献をわかり易くまとめるのがよい。
- 2) 今回行った分析のうち、用いた手法自体が新しいもの、結果が新しいもの、既存の手法を日本の事例に適用した点で価値があるもの、などの区分を明確にすべきである。4章と5章は内容が多いため、章のはじめに全体の内容がわかるような説明をつけるべきである。補論に重要な内容を入れて、それを読まないで全体がわからないという構成は不適切である。
- 3) 「政策への示唆」について、「大規模データの必要性」が最初にあるのはおかしいので、政策的示唆の説明に際しては、説明の順序を含めて再考慮、再検討して欲しい。
- 4) その他、細部の表現に関するコメントとして、選択的アンサンブル平均の試行回数 ($n_T=20$) と予測性能の検証のための試行回数 (15 回) との関係、電力需要予測の精度向上がどのような貢献をもつのかの説明、システムコストについて自らの立場の明確化、気象データの利用と再生可能エネルギーの導入量評価について説明、蓄電システムやPVと風力、原子力等の代替の関係の説明、などを明確にすることが要求された。

上記のコメントに対して、著者は直ちに論文の修正を行い、修正稿を提出し、各審査委員の意見に対する著者としての修正部分を明確にし、主査の最終確認を経た上で各審査委員の了解を得た後に博士論文最終版として提出した。審査委員全員は本論文が本学博士論文として妥当であると結論づけた。

なお本論文の研究成果はすでに多くの国内外の学会で発表し、学術誌にも掲載され、刊行されている。代表的なものを以下に示す。

査読論文

Y. Matsuo, S. Endo, Y. Nagatomi, Y. Shibata, R. Komiyama and Y. Fujii, (2019). Investigating the economics of the power sector under high penetration of variable renewable energies. *Applied Energy* に掲載予定。

Y. Matsuo and T. Oyama, (2019). Forecasting daily electric load by applying artificial neural network with fourier transformation and principal component analysis technique. *Journal of Operations Research Society of China*.

Y. Matsuo and H. Nei, (2019). An analysis of the historical trends in nuclear power plant construction costs: The Japanese experience. *Energy Policy*, 124, pp. 180-198.

M. Sugiyama, S. Fujimori, K. Wada, S. Endo, Y. Fujii, R. Komiyama, E. Kato, A. Kurosawa, Y. Matsuo, K. Oshiro, F. Sano and H. Shiraki, (2019). Japan's long-term climate mitigation policy: Multi-model assessment and sectoral challenges. *Energy*, 167, pp. 1120-1131.

松尾雄司, 遠藤聖也, 永富悠, 柴田善朗, 小宮山涼一, 藤井康正, (2019). 2050年の発電部門ゼロ・エミッション化に向けた検討(2) 気象条件の変動に関する評価. 『エネルギー・資源学会論文誌』, 40(4), pp. 101-110.

松尾雄司, 下郡けい, 根井寿規, (2019). 長期原子力見通しへの影響要因に関する分析. 『エネルギー・資源学会論文誌』, 40(4), pp. 8-20.

永富悠, 松尾雄司, 小笠原潤一, (2019). LFC調整力を考慮した電源構成モデルによる2040年の電源構成の分析と政策課題に関する検討. 『エネルギー・資源学会論文誌』, 40(2), pp. 44-53.

柴田智文, 大谷公哉, 寄田保夫, 川上恭章, 永富悠, 松尾雄司, (2019). 人工ニューラルネットワークによる電力需要予測の影響要因評価 学習条件による影響. 『エネルギー・資源学会論文誌』, 40(5), pp. 144-153.

Y. Matsuo, S. Endo, Y. Nagatomi, Y. Shibata, R. Komiyama and Y. Fujii, (2018). A quantitative analysis of Japan's optimal power generation mix in 2050 and the role of CO₂-free hydrogen. *Energy*, 165, pp. 1200-1219.

Y. Matsuo and T. Oyama, (2018). Mathematical Modeling Analyses of the Electricity Demand in the Metropolitan Area in Japan, *IEEE International Conference on Systems, Man, and*

Cybernetics, pp. 960-965.

論文（その他：日本エネルギー経済研究所機関誌）

松尾雄司, 大谷公哉, 柴田智文, 寄田保夫, 川上恭章, 永富悠, (2018). 人工ニューラルネットワークを用いた短期電力需要予測—国内 10 地域を対象とした検討—. 『エネルギー経済』, 44(4), pp. 27-50.

松尾雄司, 遠藤聖也, 永富悠, 柴田善朗, 小宮山涼一, 藤井康正, (2018). 2050 年の発電部門ゼロ・エミッション化に向けた検討. 『エネルギー経済』, 44(2), pp. 54-63.

下郡けい, 松尾雄司, 大平智子, 村上朋子, (2018). 長期エネルギー需給シナリオにおける原子力の位置づけの変化に関する分析. 『エネルギー経済』, 44(2), pp. 41-48.

松尾雄司, 根井寿規, (2018). 原子力発電所建設単価の変動要因に関する定量分析. 『エネルギー経済』, 44(2), pp. 26-34.

3. 最終提出論文確認結果 Confirmation by the Main Referee that changes have been done to the satisfaction of the referees

最終論文発表は 2019 年 10 月 25 日に行われ、審査員諸氏から前述のような多くの貴重な意見、コメントをいただいた。著者はほぼ 3 週間をかけてそれらの意見に基づいて論文を修正し、修正点を詳細に記したメモとともに、各審査員諸氏に修正版を提出した。各審査委員はそれらを再度チェックし、最終的に 2019 年 12 月 12 日に全員からすべての修正が満足のいく形でなされた旨の確認が得られた。

4. 最終審査結果 Final recommendation

審査員全員の承認が得られたので、本論文は本学の Ph.D. in Social Systems Analysis に値し、合格と判定した。