

## 自己評価報告書

平成 23 年 4 月 24 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2012

課題番号：20530214

研究課題名(和文) ゲーム理論の枠組みを用いた電力取引市場における価格形成モデルとその政策への適用

研究課題名(英文) A Non-cooperative Game-theoretic Asset Pricing model for Electricity Markets and its Application to Economic Policy

研究代表者

石井 昌宏 (ISHII MASAHIRO)

上智大学・経済学部・准教授

研究者番号：90323881

研究分野：ファイナンス

科研費の分科・細目：経済学・応用経済学

キーワード：電力取引市場、価格のスパイク、市場支配力、経済政策、ゲーム理論、ナッシュ均衡、資産価格評価

## 1. 研究計画の概要

n 社の発電企業を供給者とする電力取引市場(寡占市場)において、発電企業の戦略的行動を仮定するモデルを用いて、以下 3 点を研究する。

- (1)均衡スポット価格を導出する。さらに、それを用いて現実の市場を分析し、市場支配力と価格変動(特にスパイク)の関係を明らかにする。
- (2)非完備市場である電力デリバティブ取引市場における価格評価の枠組みを構築する。
- (3)Supply function approach 等の既存研究モデルにおける均衡と本研究モデルにおける均衡の関係を整理する。

## 2. 研究の進捗状況

2010年度末までに、上記研究計画の概要で述べた均衡スポット価格の導出および電力デリバティブの価格評価に関連する研究成果を得られた。

まず、これらのモデルに共通する仮定を述べる。電力スポット取引市場では、同質的な n 社の発電企業が電力を供給している。そして、各発電企業は将来の自社の利益の確率分布の  $\alpha$ -quantile を目的関数として、市場へ提示する供給関数(戦略)を決定する。

- (1)各発電企業の限界費用関数を 1 次関数とする場合には、ナッシュ均衡が唯一存在することを示した。さらに、そのナッシュ均衡を明示的に求めたことから、ナッシュ均衡におけるスポット価格式を得ることもできた。
- (2)各発電企業の限界費用関数を指数関数とする場合には、ナッシュ均衡が存在するための必要十分条件を得た。そして、その条件の

もとでナッシュ均衡を具体的に求め、ナッシュ均衡におけるスポット価格式も得られた。ただし、その条件のもとで、ナッシュ均衡の一意性についてはまだ明らかにされていない。

- (3)上述の仮定に、 $n=2$ (複占市場)、および、各発電企業が電力フォワードも戦略として用いるという仮定も加えて、電力フォワード価格決定の枠組みについてもナッシュ均衡を導出した。ただし、この場合にはナッシュ均衡は一意には定まらない。また、その導出方法は極めて煩雑であり、その簡素化を今後の課題としたい。

これらの成果、特に(1)と(2)の学問的かつ実務的意義は大きい。この拡張により、市場参加者の数と市場支配力の関係を明確化でき、市場支配力とスポット価格変動との関係を議論するための基礎形成が一步前進した。また、このモデルでは、将来の電力需要量を表す確率分布族を一つには仮定していないことから、ある種の頑健性がある。

さらに、本研究から派生した spot freight rate 分析モデルおよび港間競争分析モデルに関しても一定の成果を得られた。

## 3. 現在までの達成度

③やや遅れている。

遅れの原因は主に以下 3 点である。

- (1)複占市場に限定することなく寡占市場まで拡張したある非協力ゲームにおけるナッシュ均衡導出に関して予想以上の時間を要した。
- (2)確かに、電力フォワードも発電企業の戦略に入れたことはモデルの拡張ではある。し

かし、それにより戦略的行動の複雑さの程度が格段に増加し、ナッシュ均衡導出のプロセスも煩雑になってしまった。

(3) spot freight rate 分析および港間競争分析に予想以上の時間を要してしまった。

#### 4. 今後の研究の推進方策

(1) 同質的な発電企業  $n$  社のモデルにおいて、限界費用関数が fractional linear function の場合を議論する。

(2) 同質的な発電企業  $n$  社の限界費用関数が 1 次関数および指数関数のモデルにおける結果を基に PJM, Nordpool, APX などの市場を対象にデータ分析を行う。

(3)  $n$  社モデルを用いた分析結果を論文にまとめる。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

① Ishii, M., ``Nash Equilibrium in a Duoplistic Electricity Market,`` 上智経済論集, vol. 56, pp27-41, 2011, 査読無.

② Ishii, M., Lee, P. T-W, Tezuka, K., and Chang, Y. T., ``An Empirical Study of Port Competition by Applying a Non-cooperative Game Theoretical Model: The Case of Busan and Kobe Ports,`` Proceedings of IAME 2010 Conference, 2010, 査読有.

③ Ishii, M., Lee, P. T-W, Tezuka, K., and Chang, Y. T., ``A Game Theoretical Analysis of Port Competition: A Case of Busan and Kobe,`` Proceedings of IAME 2009 Conference, 2009, 査読有.

④ Ishii, M., ``A Duopoly Model for Electricity Spot Prices,`` 経営論集, vol.16, pp.113-124, 2008, 査読無.

⑤ Tezuka, K. and Ishii, M., ``Strategic Behavior and the Determination of Spot Prices in Shipping Freight Markets: A Game Theoretical Approach,`` Proceedings of IAME 2008 Conference, 2008, 査読有.

[学会発表] (計 8 件)

① 石井昌宏・手塚広一郎 「 $n$  社寡占の電力取引市場におけるスポット価格評価」, 日本応用数学会 2011 年 研究部会 聯合発表会, 2011 年 3 月 7 日, 電気通信大学.

② 石井昌宏 「非協力ゲームを用いる電力ス

ポット価格評価」, 数理ファイナンスとその周辺, 2011 年 1 月 27 日, 東京大学(本郷キャンパス).

③ 石井昌宏・手塚広一郎 「ゲーム理論を用いた電力フォワード価格評価の枠組み」, 日本応用数学会 2010 年度 年会, 2010 年 9 月 9 日, 明治大学(駿河台キャンパス).

④ 石井昌宏・手塚広一郎 「電力取引市場における先渡し価格評価の枠組み」, 日本リアルオプション学会, 2009 年 12 月 13 日, 信州大学(上田キャンパス).

⑤ 手塚広一郎・石井昌宏 「ゲーム理論の枠組みを用いた電力先渡し契約の価格形成」, エネルギー経済ワークショップ, 2009 年 10 月 23 日, 東京電力.

⑥ Ishii, M. and Tezuka, K. ``A Study on an Asset Valuation Framework for Electricity Markets,`` 2nd IAEE Asian Conference, 2008 年 11 月 7 日, Perth Australia.

⑦ Ishii, M. and Tezuka, K. ``A Study on a Non-cooperative Game-theoretic Pricing Framework in a Oligopolistic Electricity Market,`` 31st Annual IAEE International Conference, 2008 年 6 月 18 日, Istanbul, Turkey.

⑧ 石井昌宏・手塚広一郎 「ゲーム理論の枠組みを用いた電力スポット価格変動のモデル化」, 第 57 回理論応用力学講演会, 2008 年 6 月 12 日, 日本学術会議.