

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25282087

研究課題名(和文)市場リスクとエネルギーポートフォリオの統合マネジメントシステムの構築

研究課題名(英文)Construction of management systems for energy portfolios and market risks

研究代表者

山田 雄二 (Yamada, Yuji)

筑波大学・ビジネス科学研究科(系)・教授

研究者番号：50344859

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、エネルギー価格と関係の深い市場リスクを考慮したエネルギーポートフォリオ設計法やエネルギーデリバティブを用いたリスクマネジメント手法を検討し、(1)卸電力市場の市場構造分析や価格予測に関する研究(2)エネルギー価格に影響を与える市場リスクの研究(3)エネルギーポートフォリオ・デリバティブの研究(4)関連する最適化手法の研究を実施した。特に卸電力市場の市場構造分析と価格予測においては、ノンパラメトリック回帰を用いて、観測データから需要・供給関数を推定する手法、および価格予測のための季節性トレンド推定手法を新たに提案し、実データを用いてその有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we demonstrate energy portfolio design method which takes market risk into account, and discuss risk management technique using energy derivatives and related topics including (1) Research on market structure analysis and price prediction of Japan Electric Power Exchange (JEPX) (2) Research on market risks affecting energy prices (3) Research on energy portfolio and derivatives (4) Research on optimization methods. In particular, we have proposed an original new method to estimate demand and supply functions from the observable data in JEPX. We have also provided the seasonal trend estimation method in the JEPX price prediction, where the effectiveness of our proposed methods is illustrated using empirical data.

研究分野：金融工学

キーワード：ファイナンス エネルギー ポートフォリオ 市場リスク 統合リスク管理

1. 研究開始当初の背景

2011年3月の震災以降、国内のベース電源は火力発電にシフトすることを余儀なくされたが、火力発電の場合、発電コストはエネルギー価格や為替に依存して変動する。また、完全自由化に伴うリストラクチャリングを控え、電力事業者にとっては資金調達も大きな課題であるが、このような資金調達は、金融市場における資産価格変動リスク(市場リスク)の影響を強く受ける。以上を背景に、本研究のように、市場リスクとエネルギーポートフォリオの統合マネジメントを一体化したフレームワークで構築することは、電力事業者のみならず今後のエネルギー政策において重要な役割を果たすと考えられる。

通常の金融資産に対するポートフォリオ理論に関しては、Markowitz (1952) による平均・分散最適化手法に端を発し、1) 資産収益率の分布形の拡張、2) 目的関数の拡張、3) 多期間への拡張といった主に3つのアプローチの研究が現在でも盛んである。これらの中で、今野(1998)は収益率の歪みに関する3次元モデルを制約条件に取り入れた最適化手法を提案している。また、Hibiki (2006) は、シミュレーションに基づき、多期間のポートフォリオ最適化問題を近似的に解く手法を示している。目的関数の拡張としては、Rockafeller and Uryasev (2001) が、期待バリューアットリスクと呼ばれる、与えられた水準を超える期待損失を最小化するポートフォリオの最適化手法を提案している。これらの手法は、原資産として株式などの金融資産を想定しており、価格ジャンプや遅れ、相互相関をもつエネルギー価格に対して直接適用することはできない。一方、エネルギー価格そのものの挙動をモデル化する研究としては、Schwartz (1997)らが平均回帰性をもつ拡散過程として原油価格を表現し、また、電力価格については、Geman (2005) が価格ジャンプを考慮した電力価格モデルを検討している。本研究は、金融資産に対して適用されてきたポートフォリオ最適化手法の考え方を、エネルギー価格の特性を考慮するように拡張した上でエネルギーポートフォリオを組成し、エネルギー価格に影響を与える市場リスクとの統合リスクマネジメントシステムの構築を目指すものである。

また、個別エネルギーの発電コストに着目した電源ポートフォリオ最適化にすでに取り組んでいるエネルギー分野の第一人者である高嶋、ヒストリカルデータを用いた統計的手法によるポートフォリオ最適化を提案するポートフォリオ理論の第一人者である後藤、取引市場における最適執行および市場リスク分析を行う市場リスク分野の第一人者の牧本を分担者として、市場リスク、エネルギー、ポートフォリオ最適化の専門家で研究グループを組成することにより、各々の専

門領域を融合しさらに進化させることで、当該研究目的が達成可能であると判断したことも、着想に至った理由として挙げられる。

2. 研究の目的

本研究は、電力事業者が将来の電力需要を賄うため、あるいは国が経済を支えるために必要な種々エネルギーの集合体をエネルギーポートフォリオとよび、エネルギー価格と関係の深い市場リスクを考慮したエネルギーポートフォリオの設計法、およびエネルギーデリバティブを用いたリスクマネジメント手法について検討するものである。具体的には、エネルギー事業リスクマネジメントにおいて重要な役割を果たすと考えられる卸電力市場の市場構造分析や価格予測に関する研究、電力市場取引に付随するリスクの分析に必要な統計手法や最適化手法に関する研究、ポートフォリオ最適化手法やデリバティブを用いたリスクマネジメント手法の高度化に関する研究を実施する。

3. 研究の方法

本研究では、研究分担者をリーダーとして、市場リスク、エネルギー、最適化のユニットを構成し、研究代表者が各ユニットに加わることで全体的な統括を行うことで研究を遂行する。また、3ヶ月に1度程度の頻度でミーティングを実施し、進捗を確認するとともに、国内会議や国際会議で積極的に研究成果を発信していく。なお、本研究は、当該研究テーマに関して、初年度に基礎となる分析と基本モデルを提案し、次年度以降、発展モデルの構築や応用へと展開していく。ただし、第四年度は、最終年度前申請で継続研究が採択されているため、継続研究の第一年度として本研究の一部が実施されているものの、本報告書では第三年度までの研究成果を中心に記載する。

4. 研究成果

4.1. 初年度の取り組みと成果

初年度は、当該研究テーマに関する基礎的枠組みを構築することを念頭に、エネルギー価格や電力市場の分析の基礎モデル、エネルギーポートフォリオ構築のためのポートフォリオ最適化手法について検討した。さらに、市場リスクのモデル化について検討し、市場リスク計測に関する資産収益率のモデル化、およびヘッジ手法の構築を行った。

については、研究分担者高嶋を中心に、電力価格や燃料費の不確実性を考慮した電源の設置やリプレースの投資意思決定に関する経済性評価モデルを構築した。特に、今後重要になると考えられている火力電源のリプレース問題に対して、入札制度を導入したとき

の影響について分析を行い、入札価格がリブレースの意思決定に影響を及ぼすことを明らかにした。さらに、原油の海上輸送の経済性やリスクの基礎的な分析を行った。また、研究代表者山田を中心に、JEPX価格の予測モデルについて検討し、時間別システムプライスの時系列予測から翌日価格が70%程度の精度で推定可能であることを示した。

については、研究分担者後藤を中心に、多期間ポートフォリオ選択問題に対し、カーネル法を用いた制御ポリシーを適用する方法論についての研究を行い、実データを利用したエネルギーポートフォリオへの適用可能性について検討した。また、研究分担者牧本を中心に、市場環境の不連続な変化をレジームスイッチでモデル化する方法とそのような環境下における投資家の行動について検討し、一定の条件下で投資家が選好するポートフォリオ構成を理論的に導出するとともに、数値例によってその性質を分析した。

については、研究代表者山田および研究協力者吉野を中心に、共変動と呼ばれる概念を用いて個別資産超過収益率のモデル化を行い、日本市場における資産超過収益率の歪みや尖りを計測した。また、複数資産のポートフォリオを原資産とするオプションを個別オプションでヘッジする手法を、バリアオプションに対して適用しヘッジ効果を示した。

4.2. 第二年度の取り組みと成果

第二年度は、当該研究テーマに関する理論的枠組みを発展させることを念頭に、電力市場の予測・需給構造分析と容量市場の役割について検討した。さらに、エネルギーポートフォリオ構築のためのポートフォリオ最適化手法と市場リスク評価手法について検討した。

については、研究代表者山田を中心に、電力価格をトレンドと残差系列に分解し、残差に対して多変量自己回帰モデルを当てはめた条件付き期待値予測手法を提案した。提案手法を日本卸電力取引所（JEPX）で取引されるスポット電力の実績データに対して適用したところ、高い精度の予測精度が確認され、実務上の有効性が示されるものとなった。また、約定量を入札総量で除した値を約定率と定義し、約定率に対して一般化加法モデルを当てはめることで、電力市場参加者にとって重要な情報を与える需要供給曲線を推定する枠組みを示した。なお、本結果については特許を申請中である。さらに、研究分担者後藤を中心に、需要・供給曲線の推定における要請の1つとして推定曲線に単調性を課す方法として、単調性制約付きGAMの定式化を行い、より現実的な需要・供給曲線が推定されるよ

う理論の拡張を行った。容量市場については、研究分担者高嶋を中心に分析を実施し、容量市場の容量確保義務が小売事業者の戦略に対してヘッジとして機能し、期待利益を減少させる代わりにリスクを減少させ、売電価格も低下させるということが明らかになった。

については、研究代表者後藤がロバスト最適化の不確実性集合の設定や、スプライン回帰手法などの正則化の亜種の適用などに関連した最適化手法について検討した。また、研究分担者牧本を中心に、米国株式市場を例に長期に渡る実証分析を実施したところ、モメンタムファクターが特にベアマーケットにおいて高いリターン予測力を持ち、運用実務で重要な役割を果たすことが示された。

4.3. 第三年度の取り組みと成果

第三年度は、当該研究テーマに関する理論と応用をさらに発展させることを念頭に、1. 需要供給関数推定手法の拡張と凸最適化による単調化手法、2. 容量市場メカニズム、3. 地域間融通を考慮した最適電源構成のそれぞれのサブテーマについて取り組んだ。さらに、4. エネルギーポートフォリオ構築のためのポートフォリオ最適化手法および市場リスク評価手法について検討した。

1については、研究代表者山田を中心に、媒介変数表現に基づく供給・需要関数のノンパラメトリック推定手法を新たに提案し、線形モデルと比べて、決定係数や回帰予測値による誤差の改善効果が得られること、および既提案手法である約定率に基づく推定手法と比較して、価格を説明する際の決定係数が向上することを実証的に確認した。また、研究分担者後藤を中心に、需要・供給曲線などを推定する際、曲線が単調となるようにノンパラメトリック回帰を行う問題を考え、半正定値計画問題に帰着して解く枠組みを提案し、エキゾティクスを標準オプションで近似する際の数値例によって有効性を確認した。2については、研究分担者高嶋を中心に、容量市場が小売事業者の電力調達戦略及び売電価格に与える影響に関して分析を行い、先行研究と比較した結果、容量市場の容量確保義務が小売事業者の戦略に対してヘッジとして機能し、期待利益を減少させる代わりにリスクを減少させ、売電価格も低下させることが明らかになった。3については、電力の地域間送電・分断に着目することで、地域や時間帯ごとの発電コスト特性、および各地域が分断されるケースと比較することによる融通の効果について検証した。4については、WTIスポットと先渡価格を対象に、満期の異なる先渡、あるいはオプションポートフォリオに関する長期シミュレーションを実施し、パイオフのばらつきや損失リスクについて検証を行った。

また、当該年度は、本研究テーマの代表者・分担者が中心となり、2015年12月11日(金)、12日(土)の2日間にかけて国際ワークショップ「Workshop on systems management and control」を開催した。本ワークショップでは、本研究課題と関連の深い、金融システム、電力システム、およびネットワーク等の問題を幅広くカバーし、2日間で延べ人数43人(内訳: 大学関係者36人、実務関係者2人、本学学生5人)が活発な討論に参加した。本活動は、海外ネットワークの拠点作りに寄与するとともに、最適化分野で世界的に実績のある研究者および国内研究者と連携し、今後の研究を展開していく上で意義深いものと考えられる

5. 主な発表論文等

(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14件)

- [1] 山田 雄二, 牧本 直樹, 高嶋 隆太, 後藤順哉, “媒介変数表現に基づく JEPX スポット電力供給・需要関数の推定”, ジャファイア・ジャーナル第15巻, pp. 64-93, 2016.(査読有)
- [2] 山田 雄二, 牧本 直樹, 高嶋 隆太, “一般化加法モデルを用いた JEPX 時間帯価格予測と入札量: 価格関数の推定”, ジャファイア・ジャーナル第14巻, pp. 8-39, 2015(査読有)
- [3] Yuji Yamada, “Optimal Hedging of Path-Dependent Basket Options with Additive Models,” Proceedings of the 54th IEEE Conference on Decision and Control, pp. 1205-1210, 2015.(査読有)
- [4] Yuji Yamada, “Nonparametric Approaches to Estimation Problems for Demand and Supply Functions in Power Exchange Markets,” Proceedings of the 54th IEEE Conference on Decision and Control, pp. 1781-1786, 2015.(査読有)
- [5] 山田 雄二, 吉野 貴晶, 斉藤 哲朗, “I-共変動と個別資産超過リスクプレミアムの関係分析: Fama-French 3 ファクターモデルとの比較”, ジャファイア・ジャーナル第13巻, pp. 10-41, 2014(査読有)
- [6] T. Sakuma, Y. Yamada, “Application of the Improved Past Gauss Transform to Option Pricing under Jump-diffusion Processes,” Journal of Computational Finance, vol. 18, no. 2, pp. 31-56, 2014(査読有)
- [7] T. Sakuma, Y. Yamada, “Application of Homotopy Analysis Method to Option Pricing Under Lévy Processes,” Asia-Pacific Financial Markets, vol. 21, no. 1, pp. 1-14, 2014.(査読有)
- [8] 山田 雄二, 吉野 貴晶, 斉藤 哲朗, “I-共変動: 市場ユニバースにおける新たなリスク指標,” JAFEE ジャーナル第12巻, pp. 168-195, 2013.(査読有)
- [9] Takahiro Komatsu, Naoki Makimoto, “Dynamic investment strategy with factor models under regime switches”, Asia Pacific Financial Markets, vol.22, pp.209-237, 2015(査読有)
- [10] Jun-ya Gotoh, K. Fujisawa, “Convex Optimization Approaches to Maximally Predictable Portfolio Selection,” Optimization, vol.63(11), pp.1713-1735, 2014(査読有)
- [11] Yuichi Takano, Jun-ya Gotoh, “Multi-period portfolio selection using kernel-based control policy with dimensionality reduction,” Expert Systems with Applications, vol.41(8), pp.3901-3914, 2014.(査読有)
- [12] Jun-ya Gotoh, Akiko Takeda, Rei Yamamoto, “Interaction between financial risk measures and machine learning methods,” Computational Management Science, vol.11(4), pp.319-340, 2014.(査読有)
- [13] 鳥海 重喜, 高嶋 隆太, “海上航路ネットワークとエネルギー資源の国際輸送におけるチョークポイント分析”, GIS - 理論と応用, 21巻, pp.47-55, 2013.(査読有)
- [14] Makoto Goto, Ryuta Takashima, “Investment, capacity choice and outsourcing options under uncertainty,” International Journal of Real Options and Strategy, vol.1, pp.17-27, 2013.(査読有)

[学会発表](計40件)

- [1] 山田 雄二, 牧本 直樹, 高嶋 隆太, 後藤 順哉, “媒介変数表現に基づく供給・需要関数のノンパラメトリック推定と JEPX スポット市場への応用”, 2015 年度 JAFEE 冬季大会, 2016 年 1 月 24 日, 慶應義塾大学三田キャンパス北館ホール(東京都・港区)
- [2] Yamada, Yuji, “Optimal Hedging of Path-Dependent Basket Options with Additive Models,” 54th IEEE Conference on Decision and Control, 2015 年 12 月 15 日, 大阪国際会議場(大阪府・大阪市)
- [3] Yamada, Yuji, “Nonparametric Approaches to Estimation Problems for Demand and Supply Functions in Power Exchange Markets,” 54th IEEE Conference on Decision and Control, 2015 年 12 月 15 日, 大阪国際会議場(大阪府・大阪市)
- [4] Ryuta Takashima, Yuto Takano, Naoki Makimoto, Yamada, Yuji, “Capacity Mechanisms and Investment Decisions in Electricity Market,” Workshop on Systems Management and Control, December 12, 2015, University of Tsukuba(東京都・文京区)(招待講演)
- [5] Yuji Yamada, “Construction of Nonlinear Simultaneous Equations Models for Electricity Supply and Demand Functions,” INFORMS Annual Meeting 2015, 2015 年 11 月 3 日, Pennsylvania Convention Center & Marriott Philadelphia Downtown Country (USA)(招待講演)
- [6] Ryuta Takashima, Yuta Takano, Naoki Makimoto, Yuji Yamada, “Capacity Mechanisms and Investment Decisions in Electricity Market,” INFORMS Annual Meeting 2015, 2015 年 11

- 月 1 日, Pennsylvania Convention Center & Marriott Philadelphia Downtown Country (USA) (招待講演)
- [7] Yuji Yama, “An Optimal Hedging Approach to Equity Value Assignment Problem Based on the First Passage Time Structural Model,” 11th Annual Columbia-JAFEE Conference 2015, 2015 年 10 月 2 日, Room 501 in the Northwest Corner Building on Columbia Campus (USA) (招待講演)
- [8] 後藤 順哉, 山田 雄二, “単調な一般化加法モデルの二次錐制約を用いた定式化”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年秋季研究発表会, 2015 年 9 月 11 日, 九州工業大学戸畑キャンパス (福岡県・北九州市)
- [9] 山田 雄二, 牧本 直樹, 榎本 重朗, “WTI フォワードカーブモデルを用いた燃料価格ヘッジのためのデリバティブに関する検討”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年秋季研究発表会, 2015 年 9 月 10 日, 九州工業大学戸畑キャンパス (福岡県・北九州市)
- [10] 三澤 祐一, 後藤 順哉, 山田 雄二, “地域間送電・分断を考慮した電源構成についての比較”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年秋季研究発表会, 2015 年 9 月 10 日, 九州工業大学戸畑キャンパス (福岡県・北九州市)
- [11] 高嶋 隆太, 風間 龍, 山田 雄二, 牧本 直樹, “小売事業者の電力調達戦略に対する容量メカニズムの影響”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年秋季研究発表会, 2015 年 9 月 10 日, 九州工業大学戸畑キャンパス (福岡県・北九州市)
- [12] Ryuta Takashima, Yuto Takano, Naoki Makimoto, Yuji Yamada, “Evaluation of Market Premium Options in Feed-in Tariff,” 17th British-French-German Conference on Optimization, June 15, 2015, Imperial College London, London (UK)
- [13] 山田 雄二, 牧本 直樹, 高嶋 隆太, 後藤 順哉, “一般化加法モデルを用いた JEPX 入札関数の推定”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年春季研究発表会, 2015 年 3 月 27 日, 東京理科大学神楽坂キャンパス (東京都・新宿区)
- [14] 山田 雄二, 牧本 直樹, 高嶋 隆太, 後藤 順哉, “JEPX 入札関数の同時推定と連立方程式モデルとの比較”, JAFEE 2014 冬季大会, 2015 年 1 月 23 日, 筑波大学東京キャンパス (東京都・文京区)
- [15] Y. Yamada, T. Yoshino and T. Saito, “Asset Pricing Models with Idiosyncratic Comoments (I-COMs),” 2014 INFORMS Annual Meeting, November 12, 2014, Hilton San Francisco (アメリカ・カリフォルニア) (招待講演)
- [16] 山田 雄二, 牧本 直樹, 高嶋 隆太, 後藤 順哉, “一般化加法モデルを用いた JEPX 入札関数の推定”, JAFEE 2014 夏季大会, 2014 年 8 月 1 日, 成城大学 (東京都・世田谷区)
- [17] Yuji Yamada, “Evaluation of individual equity values for basket type first passage time structural models,” 8th World Congress of the Bachelier Finance Society, June 5, 2014, MCE Conference Center (ベルギー・ブリュッセル)
- [18] 山田 雄二, 吉野 貴晶, 斉藤 哲朗, “I-共変動を用いた個別資産超過リスクプレミアム分析-Fama-French 3 ファクターモデルとの日本市場における比較-”, 日本ファイナンス学会第 22 回大会, 2014 年 6 月 1 日, 中央大学多摩キャンパス (東京都・八王子市)
- [19] 山田 雄二, 吉野 貴晶, 斉藤 哲朗, “I-共変動と個別資産超過リスクプレミアムの関係分析: Fama-French 3 ファクターモデルとの比較”, 日本ファイナンス学会第 22 回大会, 2014 年 5 月 31 日~6 月 1 日, 中央大学多摩キャンパス (東京都・八王子市)
- [20] 山田 雄二, 牧本 直樹, 高橋 隆太, “気温と季節性を考慮した JEPX 時間帯価格のモデリングと予測”, 日本 OR 学会, 2014 年 3 月 6 日~3 月 7 日, 大阪大学豊中キャンパス (大阪府・吹田市)
- [21] 山田 雄二, 吉野 貴晶, 斉藤 哲朗, “高次モーメント型 CAPM:I-共変動を用いた実証分析”, JAFEE 冬季大会, 2014 年 1 月 10 日~1 月 11 日, 慶應義塾大学三田キャンパス (東京都・港区)
- [22] Yuji Yamada, “Optimal hedging of Path-Dependent Basket Options and their Application to First Passage Time Structural Model with Multiple Assets,” Quantitative Methods in Finance 2013, 2013 年 12 月 17 日~12 月 20 日, Hilton Sydney Hotel, (オーストラリア・シドニー)
- [23] Yuji Yamada, “Optimal hedging of path-dependent basket options; Extension to first passage time structural models”, INFOMS Annual Meeting 2013 (招待講演), 2013 年 10 月 6 日~10 月 9 日, Minneapolis Convention Center (アメリカ・ミネアポリス)
- [24] Yuji Yamada, “Evaluation of Multi-asset Equity Values Using Optimal Smooth Functions on the First Passage Time Structural Models,” JAFEE 夏季大会, 2013 年 8 月 4 日~8 月 5 日, 明治大学・駿河台キャンパス (東京都・千代田区)
- [25] Yuji Yamada, “Optimal Hedging of Path-Dependent Basket Options and to first passage time structural models,” INFOMS Annual Meeting 2013, 2013 年 10 月 6 日~10 月 9 日, Minneapolis Convention Center, (アメリカ・ミネアポリス) (招待講演)
- [26] 後藤 順哉, Michael J. Kim, Andrew E.B. Lim, “ロバスト最適化~平均分散最適化”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会, 2016 年 3 月 18 日, 慶應義塾大学矢上キャンパス (神奈川県・横浜市)
- [27] 高嶋 隆太, “再生可能エネルギー普及促進策と市場均衡 - FIT と RPS の選択 -”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会オリンピック・パラリンピックと OR 特設研究部会・エネルギーグループ, 2016 年 1 月 28 日, 東京

- ガス(株)四谷クラブ,(東京都・新宿区)(招待講演)
- [28] Jun-ya Gotoh, Michael J. Kim, Andrew E.B. Lim, “Robust empirical optimization is almost the same as mean-variance optimization,” Risk Management Approaches in Engineering Applications Workshop 2015年11月9日, Gainesville, FL (USA)
- [29] Jun-ya Gotoh, Stan Uryasev, “Support Vector Machines Based on Convex Risk Functionals and General Norms,” INFORMS Annual Meeting 2015, 2015年11月4日, Pittsburgh, PA (USA)
- [30] Shigeki Toriumi, Ryuta Takashima, “An Economic Evaluation of CO2 Emissions Reductions from Marine Transportations of LNG,” INFORMS Annual Meeting 2015, November 4, 2015, Pennsylvania Convention Center, Pennsylvania (USA)
- [31] Yuta Kamobayashi, Ryuta Takashima, Makoto Tanaka, Yihsu Chen, “Equilibrium Investment Strategies in Renewable Portfolio Standards under Uncertainty,” INFORMS Annual Meeting 2015, November 3, 2015, Pennsylvania Convention Center, Pennsylvania (USA)
- [32] Akira Maeda, Motoh Tsujimura, Ryuta Takashima, “Optimal Stopping Game with Investment Spillover Effect”, INFORMS Annual Meeting 2015, November 2, 2015, Pennsylvania Convention Center, Pennsylvania (USA)
- [33] 高嶋 隆太, 鳥海 重喜, “LNG 海上輸送の経済性と価格リスクの評価”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年秋季研究発表大会, 2015 年 9 月 11 日, 九州工業大学戸畑キャンパス(福岡県・北九州市)
- [34] Jun-ya Gotoh, Michael J. Kim, Andrew E.B. Lim, “Two Perspectives on Robust Empirical Optimization,” 22nd International Symposium on Mathematical Programming, 2015 年 7 月 15 日, Pittsburgh, PA (USA)
- [35] Ryuta Takashima, Yuta Tamura, “Evaluation of Market Premium Options in Feed-in Tariff,” 17th British-French-German Conference on Optimization, June 15, 2015, Imperial College London(イギリス・ロンドン)(招待講演)
- [36] 高嶋 隆太, “LNG 海上輸送の経済性と価格リスクの評価”, エネルギー・環境問題研究会, 2015 年 5 月 14 日, 一般財団法人商工会館(千代田区)(招待講演)
- [37] 牧本 直樹, “極値理論とその応用”, 応用統計学会 2015 年度年会, 2015 年 3 月 14 日, 京都大学医学部芝蘭会館稲盛ホール(京都市・京都市)(特別講演)
- [38] 高野 祐人, 高嶋 隆太, “火力電源入札によるリプレースの経済評価”, 「都市の OR」ワークショップ, 2013 年 12 月 14 日~12 月 15 日, 南山大学名古屋キャンパス(愛知県・名古屋市)
- [39] Jun-ya Gotoh, Akiko Takeda, Rei Yamamoto, “Interaction between Financial Risk Measures

and Machine Learning Methods,” INFOMS Annual Meeting, 2013 年 10 月 6 日~10 月 9 日, Minneapolis Convention Center (アメリカ・ミネアポリス)(招待講演)

- [40] Ryuta Takashima, Kyoko Yagi, Shohei Ohata, “Project financing for investment in energy technologies,” INFOMS Annual Meeting(招待講演), 2013 年 10 月 6 日~10 月 9 日, Minneapolis Convention Center (アメリカ・ミネアポリス)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: 電力市場取引に係る約定量・取引価格予測支援
 発明者: 山田雄二
 権利者:
 種類: 特願
 番号: 2014-157192
 出願年月日: 2014年7月9日
 国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

タイトル: Yuji Yamada's Homepage

URL: <http://www2.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/staff/yuji/>

タイトル: Jun-ya Gotoh's Homepage

URL: <http://www.indsys.chuo-u.ac.jp/~jgoto/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 雄二 (YAMADA YUJI)
 筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授
 研究者番号: 50344859

(2) 研究分担者

牧本 直樹 (MAKIMOTO NAOKI)
 筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授
 研究者番号: 90242263

(3) 研究分担者

後藤 順哉 (GOTO JYUNYA)
 中央大学・理工学部・教授
 研究者番号: 40334031

(4) 研究分担者

高嶋 隆太 (TAKASHIMA RYUUTA)
 東京理科大学・理工学部・准教授
 研究者番号: 50401138