

## ワークショップ

### 『電力市場取引リスクマネジメントの理論と実務』

#### 1. 日程・場所

2019年3月16日（土）午後1時～6時  
筑波大学東京キャンパス文京校舎 120講義室

#### 2. 基調講演

藤井 康正 先生（東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻・教授）  
土方 薫 先生（東北電力エナジートレーディング(株) 代表取締役社長）

#### 3. 研究報告

山田 雄二, 倉橋 節也（筑波大学ビジネスサイエンス系）  
山口 順之（東京理科大学 工学部電気工学科）  
松本 拓史（筑波大学 大学院ビジネス科学研究科 博士後期課程）

#### 4. プログラム

13:00～13:15 オープニング

13:15～14:15 基調講演1

市場取引に基づく自律分散型マイクログリッド（藤井 康正 先生）

14:15～14:30 休憩

14:30～15:30 基調講演2

トレーディング専門会社の誕生と日本の電力取引市場の展開（土方 薫 先生）

15:30～15:45 休憩

15:45～17:45 研究報告

電力先渡・気温デリバティブポートフォリオによるヘッジモデル（山田 雄二）

日射量予測と太陽光デリバティブのためのノンパラメトリック複合モデル

（松本 拓史）

電力市場と需給調整制御を模擬する実験環境の構築（山口 順之）

人工市場による電力先物取引の効果分析（倉橋 節也）

17:45～17:50 クロージング

## 5. 講演概要

### 基調講演1: 市場取引に基づく自律分散型マイクログリッド

分散電源を主力とする電力システムの実現策の一つは、地域ごとに物理的に小規模システムを構成し、中央制御施設からの指令で電力を地産地消するマイクログリッドである。その地理的制約を緩和したものが、仮想発電所（VPP:Virtual Power Plant）で、アグリゲータが広域に点在する分散電源などを情報通信技術で遠隔監視・集中制御する。これらとは異なる方策で、昨今注目を集めているのが、ブロックチェーンなどを活用した分散電源の発電出力のピアツーピア取引である。

本講演では、電力市場で紐づけされたピアツーピア電力取引に基づく、自律分散型マイクログリッドについて紹介し、従来の集中制御型のマイクログリッドなどとの差異について議論し、今後の電力システムの在り方について考察する。そして、この革新的な配電システムをマルチエージェントシステムとしてモデル化し、その数値シミュレーションを通して、期待されるメリットなどについて述べる。このような市場取引に基づくマイクログリッドの実現は容易ではなく、ハード的には電力のパケット化など低圧配電系の大幅な革新が前提となり、ソフト的にも人工知能などを用いた高速自動入札システムの開発が必要となると考えられる。

藤井 康正（東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻）

### 基調講演2: トレーディング専門会社の誕生と日本の電力取引市場の展開

日本の電力ビジネスにおける市場化の勢いが顕在化している。2005年から開始されたJEPX(日本卸電力取引所 組織設立は2003年11月)の取引量は、当初では1%にも満たない些細な市場規模であったものが、最近では全電力需要量の30%を越す日も珍しくなくなっている。

こうした市場の成功(take-off)の背景には、官製自由化と揶揄される部分もあるものの、電力業界の中で電力自由化に向けた、大きなパラダイムチェンジがあったからに他ならない。いかなる巨大な生産者や供給者であったとしても、30%を超えるシェアを占めるスポット市場の動向を無視することは到底できないことは、他の商品市場を見ても自明なことである。この流れが意味することは、旧一電と呼ばれる電力会社が、かつて総括原価と呼ばれる方式に則って、自らの理屈で価格を決定していた支配力を、失いつつあると言う事である。

こうした中で、昨年、電力・燃料のトレーディング専門会社を、東北電力が他に先駆けて設立した。その背景とは何か、何が東北電力を動かしたのか、まず、これらについて解説する。続いて、今後の電力市場の流れを俯瞰する。また加えて、今後予定されている電力先物市場の概要を説明し、最後に将来の取引市場の展望に触れることにする。

トレーディング専門会社の誕生と日本の電力取引市場の展開

1. トレーディング会社を設立に至った背景
2. 日本の電力先物市場の概要
3. 日本の電力取引市場の展望

土方 薫（東北電力エナジートレーディング株式会社 代表取締役社長）

#### 研究報告1: 電力先渡・気温デリバティブポートフォリオによるヘッジモデル

日本卸電力取引所(JEPX)における卸電力取引は、2018年4-6月期における約定量が総需要の18%程度を与えるなど、近年、その規模が拡大しつつある。特に、新電力事業者にとっては、総調達量に対するJEPXの割合が50%近くに達し、電力調達手段としての卸電力市場利用が急速に普及している。JEPXから電力を調達する小売事業者は、将来の需要量を予測し買い入札を行うのであるが、電力需要は気温等気象条件に大きく依存する。さらに、取引価格も、総需要や供給予備力の影響を受けるのであるが、株式等金融資産と異なり、電力は貯蓄して将来受け渡すことが困難であるため、全ての取引が予測と計画ベースで行われる。このように、電力市場には様々な不確実性が存在し、市場参加者にとって、ヘッジ手段の導入は必要不可欠である。一方、JEPXから電力を調達する小売事業者の調達コストは卸電力価格と取引量の積によって与えられるため、これらの値を個別に予測しヘッジを行うのでは、予測値にバイアスが生じ十分なヘッジ効果が得られない可能性がある。

本研究報告では、JEPXから電力を調達する事業者を想定し、調達コストが事前に見積もった予測値を上回る際に生じる損失を、電力価格と気温を原資産とするデリバティブによって構成されるポートフォリオを用いてヘッジすることを考える。特に、交差変数付き一般化加法モデル(GAM)を適用することで、電力需要および価格に対する気温の影響が、夏場等気温の高い時期と冬場等気温の低い時期で逆方向になり、かつ周期性をもつという周期性相関を反映したヘッジ手法を提案する。また、取引実績データを用いて提案手法のヘッジ効果を検証し、需要量と価格の積のばらつきを低減化する同時ヘッジ問題に対して、気温予測誤差によるデリバティブを利用することにより、需要予測誤差による変動が抑制されることを示す。

山田雄二（筑波大学 ビジネスサイエンス系）

#### 研究報告2: 日射量予測と太陽光デリバティブのためのノンパラメトリック複合モデル

日射量や太陽光発電出力の予測は、日々、翌日の電力取引を行う発電事業者にとっての重要な課題である。出力予測誤差が存在する場合、電力系統運用者による即時の供給補てんが必要となるなど、追加的な需給調整コストが発生する。このような背景から、予測誤差にはペナルティーが課されており、太陽光発電出力の予測誤差は発電事業者の損失に直結している。本報告では、こうした損失を効果的にヘッジするための天候デリバティブの設計を目的として、ノンパラメトリック回帰の手法を用いた複合的なモデルを提案する。

まず、一定の損失関数を定義した上で、日射量の予測誤差を原資産としたデリバティブのヘッジ効果を測定し、風力発電における既往のヘッジ手法が、周期性をもつ太陽光発電にも有効であることを実証する。また、気温の予測誤差の絶対値に基づくデリバティブを導入し、これを用いたクロスヘッジの手法を提案する。その際、日射量デリバティブと併用することでヘッジ効果が改善することに加え、気温デリバティブのみを用いた場合でも一定のヘッジ効果が得られることを示す。特に、デリバティブの最適契約量を推定する際には、既往の単変量のスプライン関数を用いたモデルに加え、日内トレンドと季節性トレンド両方向の平滑化条件を同時に加味する2変量のテンソル積スプライン関数を用いたモデルを新たに提案し、その有効性を明らかにする。

松本 拓史 (筑波大学 大学院ビジネス科学研究科)

### 研究報告3: 電力市場と需給調整制御を模擬する実験環境の構築

わが国の電力システム改革においては、需給調整市場システムの開発が開始されるなど、第3弾改正電気事業法の施行に向けて準備が正念場を迎えている。新たな市場整備の方向性として、「ベースロード電源市場」「間接送電権」「容量市場」「需給調整市場」の4市場について方向性が示されているが、再生可能エネルギーが導入されていく中、供給力や調整力をいかに確保するかが、電力自由化を実施した諸外国でも課題となっており、今後、わが国でも検討を深めるべきと指摘されている。

電力システム改革により誕生する新しい電気事業制度においても、再生可能エネルギーの大量導入による低炭素化とエネルギーセキュリティの確保の公益的な課題の重要性が後退することはない。これらの公益的課題は、電力自由化の下での市場参加者の電力取引ニーズに応じることによる経済合理性を確保しつつ対応する必要がある。そのためには、新しい電事業制度においても、電力系統工学の視点から高信頼度の電力供給を維持できるかどうか、十分に検討されるべきである。

本研究では、卸電力取引において、先物市場とスポット市場(前日市場)、時間前市場という市場が存在すると想定した時に、この電力取引が電力系統運用にどのような影響を及ぼすかについて、模擬発電装置と模擬負荷装置の実機を用いた実験を通じて検討するための基礎検討として、電子計算機上の電力取引シミュレーションと実機を用いた系統電力模擬実験をどのように連携させるかを提案するとともに、卸電力取引所を考慮した電源運転計画がどのように関係するかについて検討を行う。

山口 順之 (東京理科大学 工学部電気工学科)

### 研究報告4: 人工市場による電力先物取引の効果分析

日本における電力小売の全面自由化が開始され、新電力への契約先スイッチングが約795万件、従来の大手電力内での契約スイッチングが約489万件となり、合計で20.5%となり、kWhベースでも10%を持続的に超えるようになった。これらの電力は、

電力卸売市場や市場外の相対取引などによって、発電事業者・電力小売事業者による売買が行われている。電力取引が市場で売買されることにより、市場原理によって価格の透明性が促進され、より安い電力供給が可能となることが期待されるが、一方で安定した価格での電力供給を行うためには、長期に渡る売買契約が必要になる。このような中、経済産業省は電力先物市場協議会を設置し協議を重ねてきていたが、制度設計が難航し、現在のところ上場の正式な計画は示されていない。そこで、本研究では、日本卸電力取引所で取引が行われている現物市場(スポット市場, 時間前市場)に対して、今後導入される電力先物市場がどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的に、両者をモデル化した人工電力市場を構築し、経済的で安定した電力取引を行うための市場設計を目指す。

倉橋 節也 (筑波大学 ビジネスサイエンス系)

## 6. 参加登録

参加を希望される場合は、ホームページの「参加登録はこちら」から登録画面にお進みください。座席数に限りがあるため、事前に登録を締め切る場合がございます。あらかじめご了承ください。

## 実行委員会

山田雄二, 牧本直樹, 倉橋節也 (筑波大学ビジネスサイエンス系)  
山口順之 (東京理科大学工学部), 高嶋隆太 (東京理科大学理工学部)  
後藤順哉 (中央大学理工学部)

※ 本ワークショップは、下記「JSPS科学研究費補助金プロジェクト」および「筑波大学研究戦略イニシアティブ推進機構・平成30年度プレ戦略イニシアティブ」の支援を受けております。

- 基盤研究(A)「電力市場活性化のための需給予測型取引戦略とリアルタイム取引実験環境の構築」(研究代表者: 山田雄二, H28~H31年度)
- 筑波大学研究戦略イニシアティブ推進機構・平成30年度プレ戦略イニシアティブ採択課題「市場取引とオープン化を基盤とするビジネスイノベーション支援のためのデータサイエンス研究拠点の形成」

## アクセスマップ



東京都文京区大塚3-29-1

東京メトロ・丸ノ内線『茗荷谷駅・出口1』から徒歩2分

**会場：筑波大学 東京キャンパス文京校舎 120講義室**