東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2009年3月修了　修士論文要旨

自律分散型市場によって構成される革新的電力流通システムの提案

学生証番号　076217　氏名　細川　智弘
（指導教員　藤井　康正　准教授）
Key Words : decentralized power generator, energy storage, electricity market, optimal bidding strategy

1. はじめに

近年、省エネや環境問題の観点から分散電源が注目を集め、導入が進んでいる。しかし、その電力を運用する際に家庭のような小規模な単位で市場に参入したとしても、その限界価格・限界費用・入札戦略が市場価格に反映されるのは難しい。

また、太陽光発電のような出力が不安定な電源が大規模に普及すると局所的な電力の過不足が生じる。過不足は送配電線の混雑という問題点も抱える。

本研究では分散電源が普及した際に生ずる上記した2つの問題点を解決するために、少数の家庭等からなる分散型の市場を提案する。さらに確率動的計画法を用いて市場入札者をモデル化し、市場取引の様子を模擬した結果を示す。

2. 市場

本研究では4,5軒程度の市場参加者(家庭等)が参加するような小規模な市場を分散型市場と呼ぶ。ローカルな取引にすることで、小規模な市場参加者にとってより望ましい価格での取引が可能になる。分散型市場の市場価格が当該地域の電力の過不足を反映することで、配電制約を解消することが可能であると考えられる。また、ある市場参加者が複数の市場に参加することによって市場同士が間接的に接続され、全体の電力系統が構成されていく。ここで、分散型市場は対当する注文を約定する行為のみを行う。

3. 市場参加者

市場参加者の行動は自身の需要を満たすための行動と、複数の市場の価格差を用いて利益を得る裁定的な行動が考えられる。全ての市場参加者は、自身の利得を最大化するために上記の両性質を併せ持った行動を取る。

まず、需要を満たすために分散電源・バッテリーの動作や入札戦略を決定し、1市場のみに接続する市場参加者を考え、本研究では一般市場参加者と呼ぶことにする。一般市場参加者の行動決定には、確率動的計画法を用いる。本計算手法では、入札に対する約定が確率的に起こるとし、将来のコストを最小化するための行動を選択する。

一方複数の市場に参加する者としては、2市場間の価格差による裁定機会を利用して利益を得る送電事業者をモデル化した。ここで送電事業者は需要・分散電源・バッテリーを持たず、接続する2市場の市場価格に差が生じた時に両市場に入札を行い、その差分で利益を得るものとする。

また大規模な電源を持つ事業者も、契約している大規模な需要家の需要を満たしつつ、分散型市場で電力を売買し利得を最大化する行動を取る。本研究では日中と夜間で定額の売買電価格で入札を行うものとした。

4. 結果

一般市場参加者の自己の利得を最大化する行動によって、ある地域の市場価格が当該地域の電力の過不足を反映することが示された。

また、時刻ごとの実需要・太陽電池の発電量を持つ一般市場参加者を4人と大規模発電事業者を1つの市場に参加させた。ここで、大規模発電事業者は日中より深夜の方が、売電より買電の方がより安く入札すると設定した。結果、深夜料金の時間帯で一般市場参加者は電力を購入し、日中で電力が余る場合は売電を行った。一般市場参加者の持つ電源の容量に応じて大規模発電事業者の利得に差があり、地域の電力の過不足に応じた大規模発電事業者の入札戦略が重要だと分かった。

また、送電事業者が電力の過不足に差のある2市場に接続し、電力を融通することで両市場の市場参加者の効用が増大した。さらに、送電事業者の流通経路の独占は不当な送り渋りを生むが、本システムのメッシュ状の系統により流通経路が複数生まれ、独占状態を解消することが示された。