

2020年5月25日

早稲田大学

科学技術振興機構 (JST)

包括的な小売電力市場メカニズムを世界で初めて開発

～システム制御理論に裏付けられた、多様な需要家のリアルタイム分散実装が可能に～

発表のポイント

- 配電システムの物理的制約を加味した小売電力市場の運用方策を国際的に模索中
- リアルタイムで最適な電力需給調整を実現する小売電力市場メカニズムの枠組みを開発
- 日本の電力市場構築に対する技術的解決の理論的基礎として期待

早稲田大学理工学術院の和佐泰明（わさやすあき）講師および内田健康（うちだけんこう）名誉教授、米国マサチューセッツ工科大学のアヌラドハ・アナスワミ博士らの研究グループは、主に経済分野で取り組まれている市場メカニズムとシステム制御分野で開発された最新の分散最適制御の理論を電力分野に応用することで、各地点の電力状況や意思を反映しながらリアルタイムで最適な電力需給調整を実現する包括的な小売電力市場メカニズムの枠組みを世界で初めて開発しました。

現在、配電システムの物理的制約を加味した小売電力市場の運用方策が国際的に模索されています。今回の提案メカニズムは、米国の電力システムにも適用可能であることを明らかにしており、現在進行中の日本の電力市場構築に対する技術的解決の理論的な基礎となることが期待されます。

本研究成果は、2020年5月21日（米国太平洋夏時間）に米国電気電子学会誌「IEEE Transactions on Smart Grid」のオンライン版で公開されました。

【論文情報】

雑誌名：IEEE Transactions on Smart Grid

論文名：Towards a retail market for distribution grids

掲載 URL：<https://ieeexplore.ieee.org/document/9097922>

DOI：10.1109/TSG.2020.2996565

【研究助成】

研究費名：JST 戦略的創造研究推進事業 CREST

研究課題名：エネルギー需給システム構築のための経済モデルと物理モデルの融合に基づく設計理論及び実証・実装・提言

研究代表者名（所属機関名）：内田健康（早稲田大学）

(1)これまでの研究で分かっていたこと

太陽光発電や蓄電池などの分散型エネルギー源が普及していく中で、需要家が多様なエネルギー消費形態を選択できるエネルギーマネジメントシステムの技術開発が進められています。特に、電力の過不足を調整するために公平・公正な取引制度として電力市場構築は不可欠であり、日本では電力広域的運営推進機関（OCCTO）を中心に制度設計、特に送電系統上の取引として卸電力市場の設計が進められています。

電力市場が活性化している米国の電力システムでも卸電力市場の開発が中心であり、需要家が関与する配電系統上の小売電力市場までの実装を加味したリアルタイム運用の枠組みがこれまで十分に検討されていませんでした。現在構築が進められている日本の電力市場でも、小売電力市場の枠組みは将来確実に電力システムの制度設計の議論の対象となると想定されます。特に、スマートメータを介して、各地点の物理的情報と共に複数のステークホルダーや多様な需要家の意思を束ねるための詳細な情報伝達は将来可能となると期待されます。このような十分なインフラシステムが整備された状況を仮定しても、小売電力市場の実装化に向けて、停電を回避する物理的制約の考慮、各地点の短期的な電力量の変化への適応、市場参加者の自由な意思決定の保証、卸電力市場との連携などの問題を解決する必要があります。

(2)今回の研究で新たに実現しようとしたこと、明らかになったこと

本研究グループは、配電系統上にある各地点の電力量に対する適切な価格提示を行う包括的な小売電力市場を世界で初めて提案しました。

(3)そのために新しく開発した手法

開発に当たっては、主に経済分野で取り込まれる市場メカニズムとシステム制御分野で開発された最新の分散最適制御の理論を電力分野に応用することで、各地点の電力状況や電力利用者の意思を反映しながらリアルタイムで最適な電力需給調整を実現する小売電力市場メカニズムの枠組みを構築しています。送電系統の市場設計と配電系統の市場設計を分離して行える点も実応用に展開しやすい仕組みです。

本技術により、家庭やオフィスビル、太陽光発電や小型発電機をはじめとする分散型エネルギー源、蓄電池により生じる各地点の電力の過不足を、各地点の電力利用者の意思を反映しながら、近所とのコミュニケーションだけで物理的制約を考慮した配電ネットワーク全体で経済的に最適融通する方法を、市場メカニズムに基づいて技術的に可能にします。電力利用者の分散意思決定の下で高速約定が可能なアルゴリズムを用いることで最適解への収束を理論的に保証しています。また、数値解析ソフトウェア MATLAB によるシミュレーションを用いて、実際にある日本の配電系統を模擬したモデル^{注1)}と米国電気電子学会配電系統モデル^{注2)}を用いた実時間実装の可能性を詳細に検討しています。日本の配電系統モデルでは、デマンドレスポンスの効果として市場導入前の電力消費量に比べて約 5%削減できることが明らかになりました。

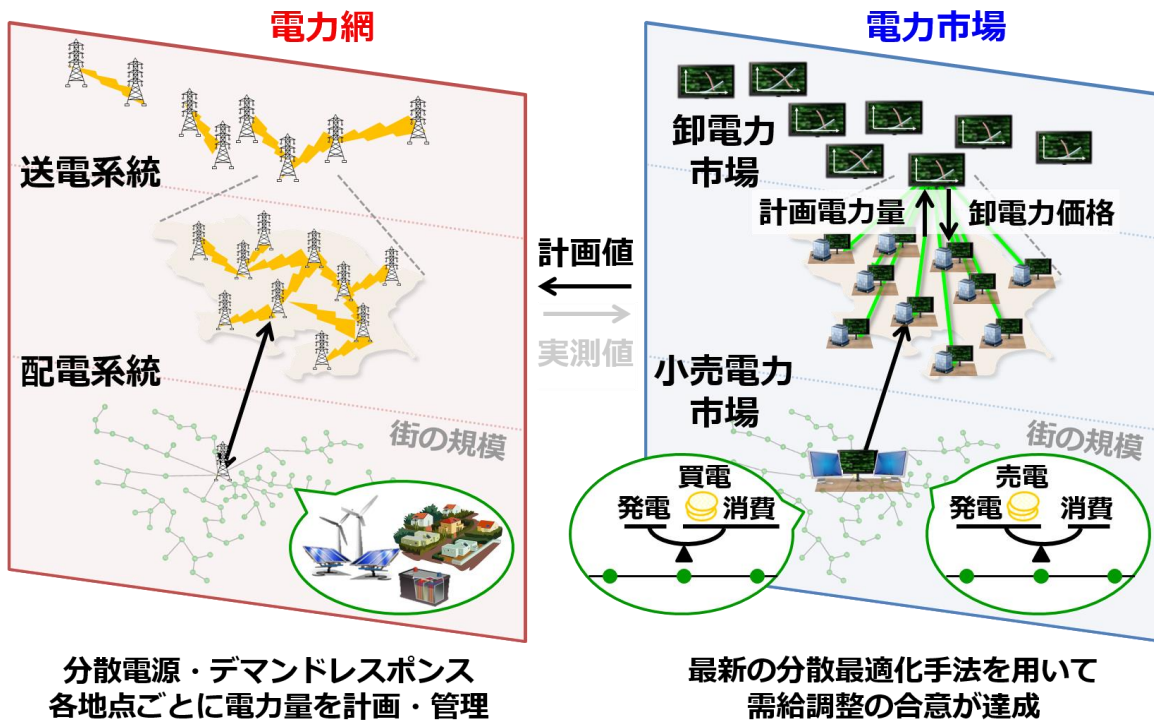


図 実時間で約定する提案電力市場の概念図

各地点の小売価格は卸電力市場の価格とその時に必要な地点ごとの需要量と供給量の計画値の差に応じて決まる。各地点の近傍との情報交換を続けることで最適な小売価格が定まり、同時に各地点の計画電力量と小売電力市場が最適になる。電力市場で合意された計画量に基づいて実際に電力が送電・配電される。

(4)研究の波及効果や社会的影響

本研究成果により、米国や日本で実現可能な小売電力市場を含めたりリアルタイムで行う市場運用基盤モデルの仕組みを提案しています。特に、卸電力市場の詳細なモデルを仮定していないことから、本提案メカニズムは現在の日本で進められている卸電力市場の価格決定メカニズムと組み合わせることも期待できます。

(5)今後の課題

大規模細分化した実際の日本の電力システムへの適用には政策的制約もあり、提案メカニズムを日本型として順応させる必要があります。今後、実証実験などの評価を通してエビデンスを蓄積し、電力市場構築において現在の国内外の実運用を中心としたアプローチだけでなく、理論的アプローチを合わせた開発が望まれます。

(6)用語解説

注 1) 日本の配電システムを模擬したモデル

実データに基づき構築された包括的な日本の都市規模の配電システムモデル。

早稲田大学プレスリリース <https://www.waseda.jp/top/news/54395>

JST プレスリリース <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20171011/index.html>

注 2) 米国電気電子学会配電システムモデル

電力工学分野で標準的に用いられる実データに基づく電力システムシミュレータである。本研究では、米国内の電力システムを模擬している IEEE123 バス配電システムを用いて検証を行った。

(7)論文情報

雑誌名：IEEE Transactions on Smart Grid

論文名：Towards a retail market for distribution grids

執筆者名（所属機関名）：Rabab Haider^{*2}, Stefanos Baros^{*2}, Yasuaki Wasa^{*1}, Jordan Romvary^{*2}, Kenko Uchida^{*1} and Anuradha M. Annaswamy^{*2} (*1 早稲田大学、*2 マサチューセッツ工科大学)

掲載日：2020年5月21日（米国太平洋夏時間）

掲載 URL：<https://ieeexplore.ieee.org/document/9097922>

DOI：10.1109/TSG.2020.2996565

(8)研究助成

研究費名：JST 戦略的創造研究推進事業 CREST

研究課題名：エネルギー需給システム構築のための経済モデルと物理モデルの融合に基づく設計理論及び実証・実装・提言

研究代表者名（所属機関名）：内田健康（早稲田大学）

【研究内容に関するお問い合わせ先】

早稲田大学理工学術院 講師 和佐泰明（わさやすあき）

Tel:03-5286-3366 E-mail:wasa[at]aoni.waseda.jp

【JSTの事業に関するお問い合わせ先】

科学技術振興機構 戦略研究推進部 ICT グループ 舘澤博子（たてさわひろこ）

Tel:03-3512-3526 Fax:03-3222-2066 E-mail:crest[at]jst.go.jp

【発信元】

早稲田大学広報室広報課

Tel:03-3202-5454 E-mail:koho[at]list.waseda.jp

科学技術振興機構広報課

Tel:03-5214-8404 Fax:03-5214-8432 E-mail:jstkoho[at]jst.go.jp