

研究成果報告書

研 究 題 目		電力市場におけるデマンドレスポンスの効果分析	実 施 年 度
			平成 2 6 ～ 2 7 年度
代 表 研 究 者	所 属	広島大学・大学院工学研究科・システムサイバネティクス専攻	
	氏 名	西崎 一郎 印	
1. 研究の目的・背景 電力小売り全面自由化の下での電力市場に対して，風力や太陽光などの再生可能エネルギーによる発電事業者の参入が供給量の確率的事象による変動をもたらし，市場価格に影響を与え，価格変動の可能性が増大することが予想される．供給が需要に従う構造の下でのこのような問題に対して，逆方向の可能性を示すデマンドレスポンスの考えが注目されてきている．つまり，低需要時の低料金と高需要時の高料金をもつ時間別電力価格スケジュールを消費者に提示することによって，ピーク需要時の負荷のシフトや抑制が期待できる．このようなデマンドレスポンスの導入による需要のシフトや抑制の結果，発電能力の必要量を減じることができ，再生可能電力の統合を助け，システム運営の効率化を支援し，全体のエネルギーシステムのコストと炭素排出量の削減に導けると指摘されている．そこで本研究では，電力小売の全面自由化を考慮して，多重レベル数理計画法および確率計画法に基づいて，デマンドレスポンスを導入した電力市場に対して，最適行動基準に基づく数理モデルを定式化する．さらに数理モデルの補完として，エージェントベースのシミュレーションを実施することで，より複雑化したモデルにも対応できるだけでなく，適応的行動基準に基づく分析が可能となる．最適行動基準とともに適応的行動基準による双方向からの分析によって，より確かな結論を引き出し，デマンドレスポンスを含む電力市場の導入による需要のシフトや抑制，システム運営の効率化，全体のエネルギーシステムのコストと炭素排出量の削減等の効果を定量的に示す．			

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

単一の電力小売業者と複数の最終消費者集団（一般家庭，事業者，大規模製造業など）の間の数理モデルを2レベル確率計画問題として定式化し，この問題に対する近似解法を開発した．さらに，複数の電力小売業者を考慮し，最終消費者が電力小売業者を選択できる枠組みに拡張しているところである．開発した解法に基づくソフトウェアを実装するうえで，最終的に解くことになる非線形計画問題を市販の最適化ソフトを随時呼び出して計算するアルゴリズムとした．ベンチマークとして用いることのできるIEEEの配電ネットワークなどを取り上げ，電力系統制約なども考慮した適用問題を用いて，開発したアルゴリズムの利用可能性や有効性を確認した．

最適化モデルでは，経済主体は定式化した制約のもとで目的関数を最大化あるいは最小化するという意味での最適行動をとることを仮定しているが，現実の経済主体は必ずしも厳密に最適な行動を選択しているとは限らず，むしろ試行錯誤的に対応し，その過程で学習して適切な行動を選択するとも考えられる．このような考えから，最適行動の代替案となりうる行動形式を適応的行動として，エージェントベース・シミュレーションシステムの開発をしている．

これらの成果のうち，数理モデルによる成果は論文としてまとめ，5. 成果の発表の欄で示すように国内外での論文誌に掲載されている．エージェントベース・シミュレーション分析に関する成果も同様に論文としてまとめ，現在論文誌に投稿予定である．

以上のように，数理モデルによる分析に関しては当初の計画を上回る成果が得られたと考えている．また，エージェントベース・シミュレーション分析に関する成果は今後論文として発表されるはずであり，このテーマに関しても計画通りに進捗していると考ええる．

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

経費に関しては、会計報告書に示すように、計画に比べ、出張旅費の割合が学会参加費にくらべ若干増えたが、概ね申請時の計画に準じた実績となっている。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

今後の発展としては、配電系統に PV を導入したモデルや電力需要予測を含むモデル化を検討しており、着実に研究を展開していく予定である。可能であれば、実証実験を行い方法論や計算手法の妥当性を検証していきたい。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

[1] 関崎 真也, 西崎 一郎, 林田 智弘, 電力小売自由化における小売業者と需要家が配電系統電圧に及ぼす影響, 電気学会論文誌 B (電力・エネルギー部門誌), Vol. 134, No. 11, pp. 917-929, (2014).

[2] Shinya Sekizaki, Ichiro Nishizaki, and Tomohiro Hayashida, Impact of retailer and consumer behavior on voltage in distribution network under liberalization of electricity retail market, Electrical Engineering in Japan, Vol. 194, No. 4, pp. 27-41, (2016).

[3] 関崎 真也, 西崎 一郎, 林田 智弘, 配電ネットワークにおけるデマンドレスポンスを導入した電力市場モデルの分析, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 135, No. 3, pp. 292-303, (2015).

[4] 関崎真也, 西崎 一郎, 林田智弘, 機会制約付き最適化問題における Fractile model を用いた市場価格変動リスクを考慮した小売業者の電力調達問題, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), (掲載決定) .

[5] Shinya Sekizaki, Ichiro Nishizaki and Tomohiro Hayashida, Electricity retail market model with flexible price settings and elastic price-based demand responses by consumers in distribution network, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 81, pp. 371-386, (2016).