

太陽光発電と蓄電池の効率的な利用のための エージェントに基づく電力利用マネジメントモデル

水谷 信泰†

金森 亮†

伊藤 孝行†‡

†名古屋工業大学

‡東京大学政策ビジョン研究センター

1 はじめに

次世代型の都市構想としてスマートシティやスマートグリッドが世界中で注目されている。スマートシティとは、交通、医療、エネルギー、ビル・住宅、水道などの個々に最適化された既存の社会インフラをITを用いて融合することを目的としている。スマートシティのエネルギーを担うスマートグリッドでは電力の効率的な制御、再生可能エネルギーや電気自動車の導入による環境に配慮した社会の構築など様々な社会的貢献が期待されている。

本論文では、再生可能エネルギーの導入と電力の地産地消に向けた電力マネジメントの実現を目的とする。なぜなら日本のスマートグリッドでは化石燃料からの脱却や再生可能エネルギーの導入による低炭素社会の実現および分散電源による電力の地産地消が重要な課題であるためである ([1])。本論文では太陽光発電に注目して、再生可能エネルギーの課題である不安定さを軽減するために蓄電池を有効活用する電力マネジメントモデルを提案する。また、シミュレーション実験により、再生可能エネルギーの導入と再生可能エネルギーの不安定さを考慮した電力マネジメントの有効性を示す。

2 関連研究

文献 [2] は、エージェントに基づいた蓄電池のマネジメント手法を提案している。文献 [2] は、イギリスのリアルタイムで変化する電気料金モデルを用いてシミュレーションが行われている点の特徴である。しかし、再生可能エネルギーは想定されておらず、経済的な電力購入戦略に関する研究である。

[3] は、多目的最適化による電力マネジメントに関する論文である。多目的最適化の技術を応用することでパレート最適性を保証できる手法を提案している。文献 [3] は、再生可能エネルギーの不安定さに対する対策や電力消費モデルなど問題設定が不十分である。

Agent-based electrical power management model for the effective use of photovoltaic unit and storage battery
Nobuyasu Mizutani† Ryo Kanamori† Takayuki Ito†‡
†Nagoya Institute of Technology
‡Todai Policy Alternatives Research Institute

3 エージェントに基づく電力マネジメントモデル

3.1 電力消費、太陽光発電の設定

住宅の電力マネジメントを実現するために日本の電力消費データを利用する ([4])。具体的には、1年間で最も電力消費量の大きくなる8月のデータを参考にす。また、昼間の在宅率により消費傾向に差が生じるため大きく2種類の電力消費モデルを設定する。

太陽光発電は天候により発電量が大きく異なるため、天候による発電量の不安定さへの対策が重要な課題である。そこで、天候に応じて発電量が変化するモデルを設定する。晴れ、曇り、雨の3種類の天気を設定して、発電量は曇りの場合は晴天時の30~60%、雨の場合は0~10%とする。

3.2 エージェントの戦略

エージェントの基本戦略を以下のように定義する。以下の最適化を実行するために、混合整数計画問題を解くための代表的なフリーのソフトウェアである lp_solve を利用する。

- ・需要: $d(t)$, 太陽光発電: $r(t)$
- ・蓄電池への充電量: $b(t)^+$, 蓄電池からの放電量: $b(t)^-$
- ・蓄電池の容量: e , 蓄電池内の蓄電量の初期値: e_0

目的関数: $\operatorname{argmin} \sum_t (d(t) - r(t) + b(t)^+ - b(t)^-)$

subject to $b(t)^- \leq \alpha (e_0 + \sum_{j=1}^{t-1} (b(j)^+ - b(j)^-))$

$b(t)^+ \leq e - e_0 + \sum_{j=1}^{t-1} (b(j)^+ - b(j)^-)$

if $d(t) \geq r(t)$

$r(t) \leq d(t) + b(t)^+$

$b(t)^- \leq d(t) - r(t)$

else if $d(t) < r(t)$

$b(t)^+ \geq r(t) - d(t)$

$b(t)^- = 0$

エージェントが目的関数を最小化するように行動することが電力購入量の抑制やCO₂の削減に繋がる。さらに、目的関数を満たす $b(t)^+$ や $b(t)^-$ を求めることが、蓄電池の最適な充電、放電に繋がる。

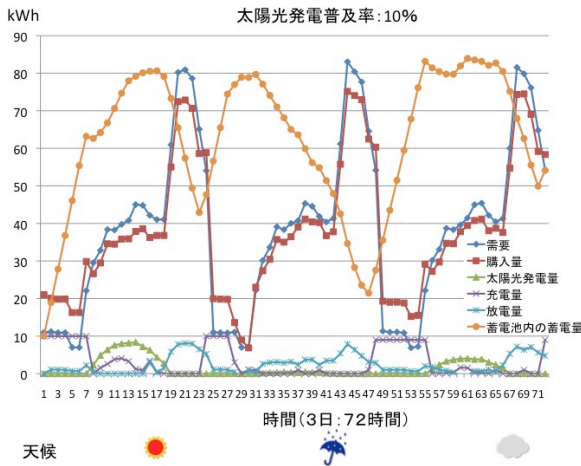


図 1: 100 世帯, 3 日間, 太陽光発電普及率 10%, 夜間購入有り, 天候に応じた戦略の切り替え有り

エージェントは、基本戦略に加えて夜間購入や天候に応じた戦略の切り替え、コミュニティでの大型蓄電池を活用した戦略をとる。具体的には、日本では昼間と夜間では電気料金が2倍程度の差があるため夜間に購入して蓄電したり、天候に応じて蓄電量を変化させる。また、住宅で発生した太陽光発電による余剰電力をコミュニティで共有する。

4 評価実験

4.1 実験設定

本実験では、住宅数 100 軒のコミュニティを想定して電力マネジメントに関するシミュレーション実験を実行した。実験結果では基本的には 100 軒の総和を示す。太陽光発電を備える住宅の割合は普及率で調整し、太陽光発電による発電量は天候に応じて変化させる。提案手法を用いた電力マネジメントシミュレーションの結果の電力購入量や蓄電池の利用状況を評価する。

4.2 実験結果

図 1 は、3 日間で天候を変化させた場合の時間ごとの実験結果である。図 1 から、天候が変化に対して蓄電池を有効活用できていることがわかる。悪天候で太陽光発電量が少ない場合でも、夜間購入などにより蓄電量を維持できているため、天候に左右されずに蓄電池を利用できている。また、昼間の需要に対する電力購入量も天候に左右されずに一定量抑制できている。

図 2 は、1ヶ月間でランダムに天候を変化させた場合の日ごとの実験結果である。図 2 から、1ヶ月間天候がランダムに変化しても天候に大きく左右されることなく蓄電量や電力購入量を一定に維持できている。不安

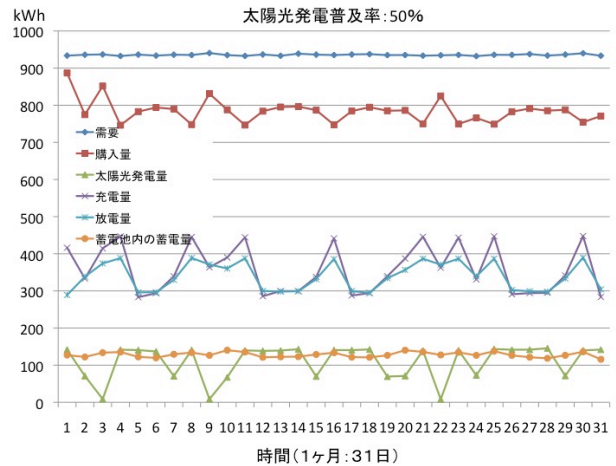


図 2: 100 世帯, 1ヶ月, 太陽光発電普及率 50%, 夜間購入有り, 天候に応じた戦略の切り替え有り, コミュニティの大型蓄電池利用

定な電力購入量は電力網への不安定な負荷に繋がるため需要予測が困難になり、不安定な蓄電量は蓄電池の劣化や安定なマネジメントの妨げとなる。よって、提案手法は需要に対する電力購入量の抑制と安定化および安定した蓄電量を維持できているため有効なマネジメント手法であるといえる。

5 まとめ

本論文は、次世代の電力網として期待されるスマートグリッドに関して、エージェントに基づく電力マネジメントモデルを提案した。日本のスマートグリッドが目指す再生可能エネルギーの導入と電力の地産地消に向けて、提案手法では太陽光発電と蓄電池を有効活用やコミュニティでの電力共有を用いた効率的で安定した電力マネジメントの有効性を示した。今後の課題としては、電力売買の導入やより経済的な仕組み作りが考えられる。

参考文献

- [1] 経済産業省次世代エネルギー・社会システム協議会. 次世代エネルギー・社会システムの構築に向けて, 2010.
- [2] Perukrishnen Vytelingum, Thomas D. Voice, Sar vapali D. Ramchurn, Alex Rogers, and Nicholas R. Jennings. Agent-based micro-storage management for the smart grid. In *The 9th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems (AAMAS-2010)*, 2010.
- [3] Bharadwaj R. Sathyanarayana and Gerald T. Heydt. A roadmap for distribution energy management via multiobjective optimization. In *Power and Energy Society General Meeting*, 2010.
- [4] 柏木孝夫. 天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008. 日本工業出版, 2008.