

スマートグリッドにおける仮想発電所を用いた電力取引に関する研究

守屋 孝俊† 大沢 英一‡

公立はこだて未来大学大学院システム情報科学研究科システム情報科学専攻†

公立はこだて未来大学 システム情報科学部複雑系知能学科‡

1. 背景と目的

世界的な電力不足や環境問題などによりスマートグリッドという次世代型電力網が注目を集めている [4]. スマートグリッドにおいて、仮想発電所という電力取引のモデルがある。仮想発電所とは太陽光発電や蓄電池などの分散型電源を仮想的にひとつの発電所と見なすようなモデルであり、スマートグリッドの電力の需給管理を行うと考えられている [3].

本研究では、スマートグリッドにおける仮想発電所を用いた電力取引方法の提案とそれによる電力網全体のピーク電力の削減を目的とする。

2. 関連研究

Vytelingum らはプラグインハイブリッド自動車 (PHEV) や電気自動車 (EV) を利用することにより、電力網の電力負荷の平準化をすることができることを示した [2]. しかし、この研究では蓄電池として PHEV や EV を使用するとしているが、その走行を考慮していない。したがって、本研究では PHEV や EV の走行を考慮した電力平準化の方法を提案する。

3. 提案手法

本研究は、電力の平準化を行う手法とし式 (1)-(5) に基づいて数理計画法を適用し、充電量と放電量を決定する。時刻 i における電力負荷を d_i 、電力価格を p_i 、蓄電池の充電容量を Cap 、充電量を b_i^+ 、放電量を b_i^- とする

と、電力負荷の平準化に用いる目的関数は式 (1)、制約式は式 (2)-(5) のように表すことができる。電力価格は JEPX のスポット市場の電力価格を元に最小二乗法で算出した [1].

$$\arg \min \left\{ \sum_{i=0}^{23} p_i (d_i + b_i^+ - b_i^-) \right\} \quad (1)$$

$$d_i + b_i^+ - b_i^- \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^{23} (b_i^+ - b_i^-) = 0 \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n b_i^+ \leq Cap \quad \forall i \in I, n = \{0, 1, 2, \dots, 23\} \quad (4)$$

$$b_i^- \leq \sum_{i=0}^n b_i^+ \quad \forall i \in I, n = \{0, 1, 2, \dots, 23\} \quad (5)$$

また、自動車の走行を考慮する際には、走行分の電力を充電する電力を予め計算し、それを電力負荷に加算することで解決する。走行分の電力を充電する手法としてボトム充電という方法を提案する。ボトム充電は以下のような手順で行う。

1. 電力網全体の EV の走行電力を推定。
2. 電力網全体での EV の充電スケジュールリングを決定。
3. 推定したスケジュールを元にどの時間に消費した電力をどの程度充電するかを決定。
4. 求めた比率を元に各 EV は個別に充電。

このうち、手順 2 に関しては 2 次計画法を適用して最適な充電スケジュールを求める。手順 3 では、手順 2 で求めた充電スケジュールを元にしてそれぞれの時間帯に消費した電力をどの程度の比率で充電するかを決定する。手順 4 では、手順 3 で求めた比率を元に各 EV が個別に充電を行う。

Study in electric power dealings using the virtual plant in a smart grid.

†Takatoshi MPRIYA, Graduate school of Systems Information Science, Future University Hakodate.

‡Eiichi OSAWA, Department of Complex and Intelligent Systems, Future University Hakodate.

本研究では、電力を平準化する方法として EV を利用することを想定している。Vytelingum らの研究では、EV の移動を考慮していなかったが、EV を自動車として利用し、尚且つ電力の平準化にも利用するものとする。

4. 実験

先行研究では EV が移動を行わないという条件のもと電力の平準化をシミュレーションした。しかし、実社会では自動車の移動が一切行われないことは考えがたい。そこで、本研究では自動車の移動を考慮した場合のシミュレーションを行う。自動車の走行パターンは国土交通省 OD 調査を元に作成した [5]。

走行で消費したの電力を充電する方法を走行後に即充電する場合、深夜電力の時間帯（午後 11 時から午前 6 時まで）に充電する場合（タイマー充電）、走行したさいに発生する電力消費を考慮して、最も電力負荷の小さな時間帯から充電する場合（ボトム充電）の 3 パターンを設定した。その他の実験設定は下記ようになる。

- 規模は 1000 世帯
- EV の台数は 300 台
- EV の容量は 16kWh, 4kWh を平準化に利用
- 電力負荷の予測値を用いて平準化

表 1 は EV の台数が 300 台での結果である。表 1 の Optimal は、電力負荷と EV の走行を完璧に予測できる状態でのボトム充電の結果である。また、電力需要の予測は GMDH 手法を用いて行った [6]。

5. 結果と考察

表 1 充電方式による電力平準化の比較

普及率	クイック充電	タイマー充電	ボトム充電	Optimal
最大削減率	10.49%	15.61%	14.35%	14.35%
平均削減率	-3.31%	7.89%	7.36%	12.41%

表 1 は夏季（6 月 18-9 月 30）における充電方式による電力負荷の平準化の比較であり、図 1 は 8 月 16 における電力負荷を示したものである。電気自動車の台数は 300 台である。表 1 および図 1 より、タイマー充電やボトム充電に比べて走行後即充電する場合は電力の平準化の効果が低いことがわかった。

タイマー充電とボトム充電を比べた場合、EV の台数が多くなった場合に平準化の効果がタイマー充電の方が

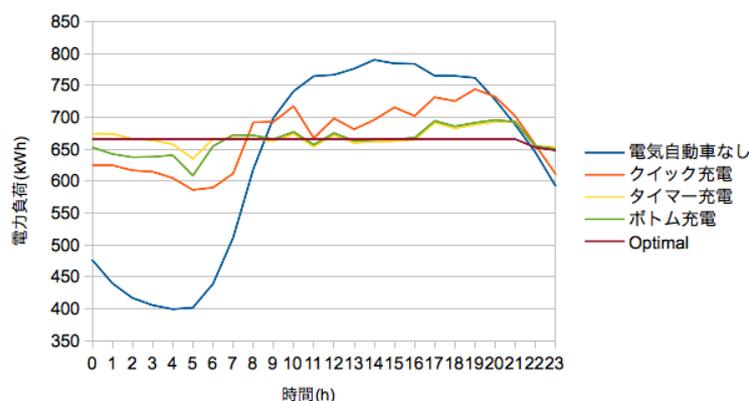


図 1 8 月 16 日の電力負荷の比較

高くなることがわかった。これは電力負荷や EV の走行の予測に誤差があった場合、充電すべきでない時間帯に充電してしまうことが原因である。

6. まとめ

本研究では、EV の走行を考慮した電力負荷平準化の方法を提案した。その結果、EV を利用することによって、電力負荷を低減できることを示した。

今後の展望としては、スマートグリッドに適した電力価格の決定方法、グリッド間に蓄電池の普及率に格差があった場合の電力負荷の平準化などが考えられる。また、本研究では電氣的な要素を考慮していないので、それを考慮することが必要だと考えられる。

参考文献

- [1] JEPX. 取引情報. <http://www.jepx.org/>.
- [2] P. Vytelingum, T.D. Voice, S.D. Ramchurn, A. Rogers, and N.R. Jennings. Agent-based micro-storage management for the smart grid. In *Proceedings of the 9th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems: volume 1-Volume 1*, pp. 39-46. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2010.
- [3] S. You, C. Traeholt, and B. Poulsen. A market-based virtual power plant. In *Clean Electrical Power, 2009 International Conference on*, pp. 460-465. IEEE, 2009.
- [4] 諸住 哲合田 忠弘. スマートグリッド教科書. 2011.
- [5] 国土交通省. 平成 17 年度道路交通センサスod 調査, 1996.
- [6] 雪田和人, 加藤慎也, 後藤泰之, 一柳勝宏, 川島靖弘. 構造的 ga による gmdh を用いた翌日最大電力需要予測. 電気学会論文誌 B (電力・エネルギー部門誌), Vol. 124, No. 3, pp. 355-362, 2004.