

# Smart Grid の EV 活用に向けたシミュレーションによる性能評価

唐石 景子 (指導教員：小口 正人)

## 1 はじめに

現在、エネルギーに関する世界的な問題として、環境問題や将来の電力需要の増加などが挙げられており、その対策として、大規模な自然エネルギー発電の導入が進められている。同時に、電力エネルギーのネットワークを効率的に運用できるスマートグリッドに注目が集まっている。

## 2 研究内容

本研究では、スマートグリッド上のエネルギー需給設備として活用することが期待されている EV (Electric Vehicle: 電気自動車) に注目する。

### 2.1 EV とスマートグリッド

EV は、環境問題に貢献することから今後広く普及していくことが期待されている。しかし、EV が普及していくためには、給油エリアに代わって各地に充電インフラを設置し、また、そのような分散的に配置された充電インフラの管理を適切に行う巨大な電力ネットワークを構築する必要がある。その巨大な電力ネットワークを支える技術として、スマートグリッドの利用が考えられる。

### 2.2 EV の充電インフラ

充電インフラにはさまざまなものが考えられるが、ここでその一例を示す。



図 1: EV とスマートグリッド

(1) 家庭に充電設備を置くことで、夜中などの EV が使用されない時間に充電を完了する。(2) 公共のガソリンスタンドのような急速充電器を用いる。(3) 仕様済みの空のバッテリーと満タンに充電しておいたバッテリーを交換する電池交換所を利用し、迅速な充電を行う。(4) 道路や駐車場などにあらかじめ充電パネルを設置しておき、そのエリアの走行中や駐車中に道路給電を行う。

このようなさまざまな充電インフラが接続されたスマートグリッドについて、管理センターが各地の状態を監視し、エネルギー量の過不足を把握、適宜調節を行うことが考えられる(図 1)

### 2.3 研究方針

EV は、単なる輸送手段として利用されるばかりではなく、特に EV のバッテリーを、必要に応じたエネルギー需給が行える分散型電力源として用いる形態 V2G (Vehicle to Grid) が考えられている。EV は充電インフラを通してスマートグリッドと直接電力のやり取り

が行えるため、グリッド上の電力が過不足した場合は、状況に応じて EV のバッテリーに充電電するといったようにグリッド全体のエネルギーを調節可能となることが期待されている。

将来的には、IT を用いて、EV のバッテリーと充電ステーション間の効率的な電力エネルギーのやり取りを行うことで、グリッド全体の電力の安定化制御を達成することが期待されている。

しかし、EV はグリッド上を自由に行き来するため、グリッド上の電力量がダイナミックに変動し、固定の蓄電池を接続した場合と比べて制御が複雑化してしまうことが V2G 実現に際しての大きな課題となっている。本研究ではそのような環境を評価するシミュレーションシステムについて検討していくため、まず電力のシミュレーションソフトを用いて基本的な電力網を構築し、動作や振舞を解析する。

## 3 実験概要

### 3.1 実験環境

実験環境として、OpenDSS (Open Distribution System Simulator) [1] を使用する。OpenDSS は総合的な電力システムシミュレータであり、使用する配電網において指定した箇所に、リソースを配置、状態を管理、電力網の状態を分析するといった一連の電力シミュレーションが可能である。また、時間別に各リソースの状態変化を設定できる。

### 3.2 基本配電網における測定

まずスマートグリッドの基本的な特性を評価するため、OpenDSS において風力発電の配電網を構築し、基本性能の評価を行った。一端に 8MW の電力を発電する風力発電所、もう一端に変電所を設置し、グリッドで結ぶ。次に、発電所付近には電圧を調整し安定化させるレギュレータを、変電所付近には高電圧を低電圧に変換する変圧器をそれぞれ設置し、その間のグリッド上にはバスを 6 本設置した。また、グリッド全体の定格電圧は基本的に 12.47kV であるが、Loadbus1 と Genbus1 の間には変圧器を設置しており、この変圧器によって家庭用に配電する 0.2kV の電気へと変圧を行う。グリッド上には、電力量、電圧、電流などの推移を観察できるモニタを 3 つ配置した。各バスの定格電圧、電力は図のようになっている(図 2)。今回実験に使用した各リソースの設定値は既存研究 [2] で使用された値を参考にしている。

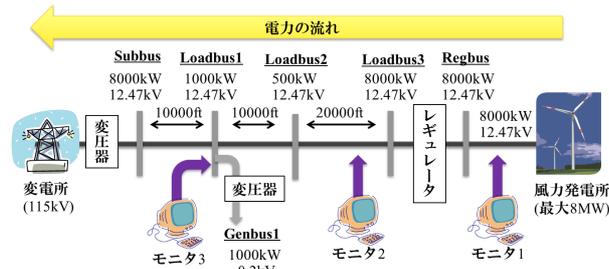


図 2: 基本的な風力発電の配電網

風力発電所からの出力は1秒毎に変化させるため、2400秒間分の負荷曲線の値を設定した(図3)。配電網上のモニタ1~3の地点でそれぞれ電圧の推移を測定したところ、風力発電所からの出力に合わせて、グリッド上の電圧が増減することが確認された(図4, 図5, 図6)。ただし、この図は変化が確認しやすいように一部を拡大化したものである。また、モニタ1付近で観測したデータはレギュレータを通す前、モニタ2付近で観測したデータはレギュレータを通した後の電圧をあらわしている。図5のグラフは図4のグラフよりもなめらかに推移しているため、レギュレータを通したことで電圧は安定化されたことが確認できる。更に、図5のグラフよりも図6のグラフの値が少し落ちているが、これは経路中の電圧のロスによるものと考えられる。

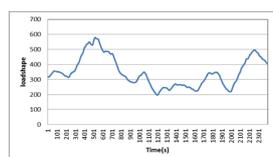


図 3: 負荷曲線

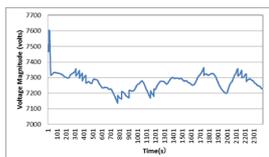


図 4: モニタ 1 電圧

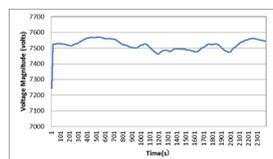


図 5: モニタ 2 電圧

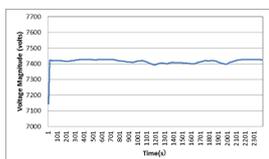


図 6: モニタ 3 電圧

### 3.3 蓄電池を挿入した配電網の測定

次に、前述の配電網において、容量25kWの蓄電池20個をGenbus1に接続した時の性能評価を行った(図7)。

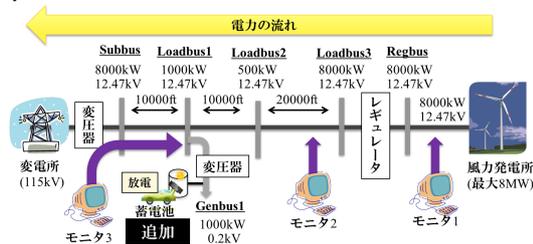


図 7: 蓄電池を追加した風力発電の配電網

この蓄電池はEVに搭載されたバッテリーを想定している。各蓄電池は充電済みであり、シミュレーション開始から1800秒経過した地点で、100%の電力(25kW\*20=500kW)をグリッドへ放電するよう設定を行った。

前述の蓄電池が接続されていない配電網での電圧の推移グラフとの比較を行うため、モニタ1~3付近の電圧の変化を、開始1796~1805秒まで10秒間のデータに絞り、グラフを拡大して観察した(図8, 図9, 図10)。

1800秒地点から、各モニタ地点でそれぞれグリッド上の電圧が上がっていることを確認した。これは、蓄電池からの放電でグリッド上の電圧がわずかに上昇したためと考えられる。しかしモニタ2, モニタ3地点では電圧の上がり幅がほぼ同等であるのに対し、モニタ1地点の電圧の上がり幅は大きく異なっている。これは、モニタ1地点とモニタ2, モニタ3地点の間に

挿入されているレギュレータの影響によるものと考えられる。

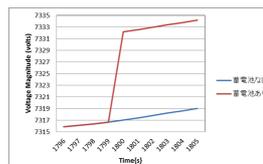


図 8: モニタ 1 比較結果

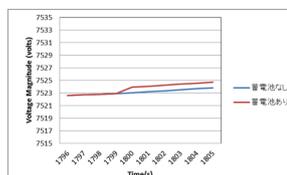


図 9: モニタ 2 比較結果

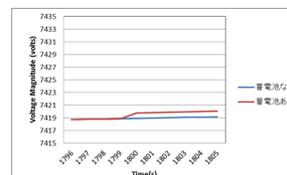


図 10: モニタ 3 比較結果

## 4 まとめと今後の課題

スマートグリッドに関する調査を行い、現在の研究状況や研究課題などについて整理して、その中からスマートグリッドとEVのバッテリーとの関わりの問題に研究の焦点を当てた。また、OpenDSSで任意のリソースを配置した配電網を構築し、基本性能を確認した。

次にグリッドに蓄電池を接続し電圧を供給した場合、レギュレータの前後によって電圧の上がり幅が異なることをOpenDSSを用いた評価で確認した。これにより、発電機付近の電圧に大きな影響が出る可能性があることがわかった。今回は蓄電池を20個接続した場合について検証したが、さらに接続する蓄電池の数を増やし、様々な挙動をとるよう設定した場合、大きな電力変動を起こすことが予想されるので、今後シミュレーションを行っていく必要がある。

今後はより実用的なシステムを構築を目指し、グリッド中に蓄電池を分散配置する、蓄電池の蓄電と放電のタイミングを任意に変更する、といった改良を行う。またデータ通信を管理するシミュレーションシステムを追加し、電力網と通信網を統合したシステムによって評価を行い、スマートグリッドにおけるEVの活用のための考察を行う。

## 参考文献

- [1] OpenDSS <http://sourceforge.net/projects/electricdss/>
- [2] Tim Godfrey, Sara Mullen, Roger C Dugan, Craig Rodine, David W. Griffith, and Nada Golmie: "Modeling Smart Grid Applications with Co-Simulation", 2010 First IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm 2010), pp.291-296, October 2010
- [3] 唐石景子, Altintas Onur, 小口正人: Smart GridにおけるEVの活用に向けたシミュレーション手法の一検討, 情報処理学会 第73回全国大会, 2011年3月発表予定