

研究成果報告書

研 究 題 目		エージェント技術を核にしたマイクログリッド運用方式の開発	実 施 年 度
			25～26 年度
代 表 研 究 者	所 属	広島工業大学・情報学部・情報工学科	
	氏 名	永 田 武 印	
1. 研究の目的・背景 本研究は、各国で実施されている低炭素化社会の実現に向けての技術開発に関するものである。最近のメディアでは、スマートグリッドやスマートシティ、スマートビルディング、スマートホーム、スマートメータといったキーワードが溢れているが、その目指すものは再生可能エネルギーなどの利用により CO2 排出量低減を期待するものである。その中で、情報通信技術を駆使して電力の低炭素化を図るスマートグリッドは、次世代の電力供給システムの中核になりうる形態として考えられている。このスマートグリッドは、複数のマイクログリッドから構成されている。マイクログリッドは、分散電源と蓄電装置と負荷で構成され電力系統とは 1 点で連系されている小規模系統である。 本研究では、このマイクログリッドの運用において需給バランスを取るための高度な制御方式の実現を目指す。 本研究を推進するにあたって以下の 3 点に着目して研究を進める。 (1) エージェントによる自律分散システムとして実現： 分散電源、蓄電装置、負荷のそれぞれに対して設置した小型マイクロサーバ（手のひらサイズ）にエージェントを実装し、これらのエージェントの協調動作による自律分散システムとして実現する。 (2) 電力系統（グリッド）との連携システムとして実現： グリッドに対して、“良き市民”として行動させるように、グリッドからの価格情報（売値・買値）と取引可能電力量（販売量・購入量）を考慮した方式とする。 (3) 数分先の発電予測値を用いたシステムとして実現： 太陽光発電装置などの不安定な発電力を考慮しやすくするために、常時、数分先（5 分程度）の発電予測値を用いて最適化問題を解きながらマイクログリッド内の需給バランスの調整を行う方式とする。 電力系統レベルでは、経済的な発電機運転計画のために火力発電機の経済負荷配分や起動停止計画問題が解かれているが、マイクログリッドは比較的新しい概念であるため、その運用方法についての研究例は少ない。本研究で得られたマイクログリッドにおける分散型発電機（太陽光発電、ガスエンジン発電機など）および蓄電装置の最適運転アルゴリズムについての知見を公開することは、低炭素化社会の実現に向けた社会的要請に応えるものであると考えられる。			

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）

前述した研究推進の着眼点について、それぞれ研究成果と考察を述べる。

（1）エージェントによる自律分散システムとして実現：

図1～2が開発したシミュレータである。図1は小型サーバとして OpenBlocks を用いたもの、図2は小型サーバとして Raspberry pi を用いたものである。これらのサーバ内にエージェントを実装し、平日休日による負荷変動、天候による太陽光発電電力の変動、電気自動車の増加による系統に連系する充放電電力の変動などに対抗できるマルチエージェントによるマイクログリッド運用方式の評価を行った。図3にシステム構成図を、図4にマルチエージェントシステムが運用した結果の例を示す。シミュレーションの結果から電力需要の変動に適切に対応できる可能性が確認できた。

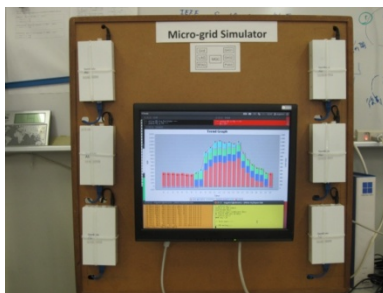


図1 マイクログリッドシミュレータA



図2 マイクログリッドシミュレータB

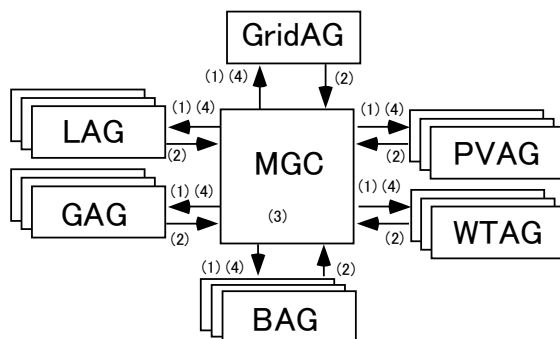


図3 システム構成図

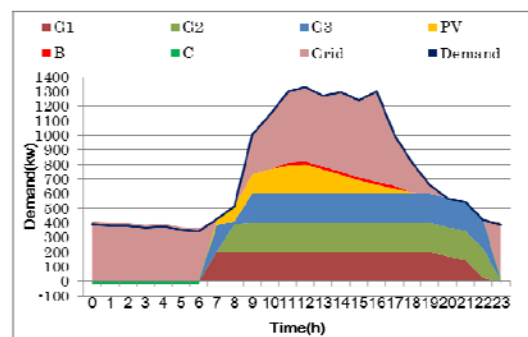


図4 運用結果の一例

（2）電力系統（グリッド）との連携システムとして実現：

グリッドと連携するために、マイクログリッド (MG) 内の最適化を実現するエージェントに加え、MG 間とグリッド間の電力売買を促進させるマイクロ仮想電力プラントエージェント (MVPP) を追加した。図5が提案方式のシステム構成図である。MVPP の導入により、MG 間の効率的で柔軟な電力融通を実現できる。すなわち、MG 間での電力融通の結果、MG の負荷率が改善できる。さらに、他の MG で発電された安価な発電単価の分散電源を利用することにより、MG の経済的な電力の確保が期待できる方式である。図6～7は大都市近郊の住宅街と経済活動の盛んな大都市の2つのMGの運用結果である。本方式はMGの運用を

数分毎の電力売買問題の系列として解いているため、対象時間帯において各 MG に生ずる電力余剰や電力不足の情報を基に、仮想電力プラントエージェント(MVPP)が電力不足の MG に余剰電力を有する MG から電力を融通している。シミュレーションの結果から MG 間の電力融通に対応できる可能性を確認できた。

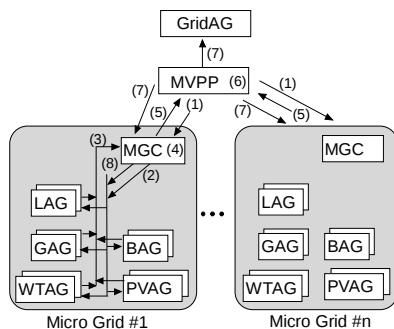


図5 システム構成図

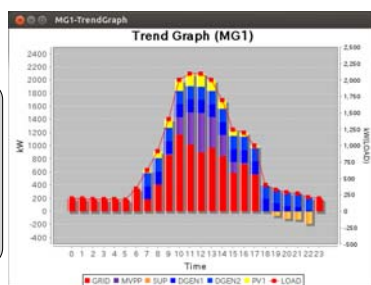


図6 MG1の運用例

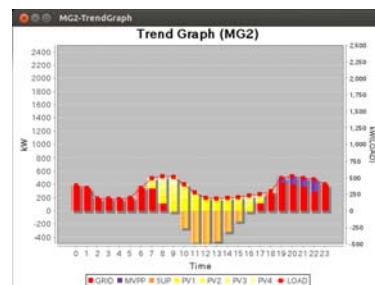


図7 MG2の運用例

(3) 数分先の発電予測値を用いたシステムとして実現：

太陽光発電エージェント(PVAG)に組込む予定の太陽光発電装置の発電予測方式の開発を実施した。当初の計画に対して、気象データのリアルタイムでの取得に時間を要してしまい、開発途上にある。現状、個別機能がほぼ完成した状況にあり、今後システム全体としてリアルタイムに動作するように各機能を連携する必要がある。システムへ入力する気象データは、日本気象協会から得られる衛星画像と赤外線画像、Yahoo!天気から得られる雨雲画像と温度、湿度である。これらのデータをニューラルネットワークに入力して日射量を予測し、発電電力量を求める。図8は雨雲画像の例、図9は雨雲のみを抽出した差分画像の例、図10は日射量予測結果の例である。図10の平均誤差は5.5%であり、比較的精度の良い予測結果が得られている。



図8 雨雲画像の例

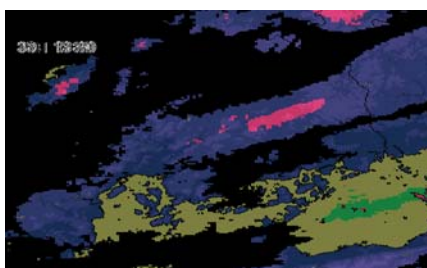


図9 差分画像の例

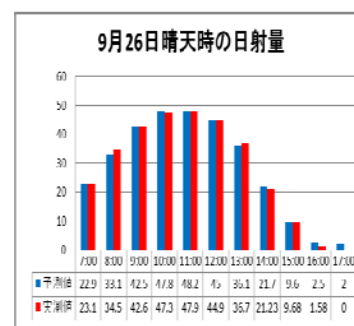


図10 日射量予測結果の例

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

初年度においては、マイクログリッドシミュレータの開発のために小型サーバを購入した。この小型サーバの中にエージェントを実装し有線 LAN で結合しローカルネットワークを形成したシミュレータを開発した（図 1）。

2 年目においては、廉価版の小型サーバを購入し、無線ネットワークで結合し、マイクログリッドシミュレータを開発した（図 2）。

これらの経費は、申請時の計画である設備備品費 36 万円、消耗品費 66 万円、旅費 20 万円、謝礼金費 20 万円に対して、それぞれ 39 万円、58 万円、30 万円、8 万円であった。設備備品費と消耗品費の合計は、計画時 102 万円で実績が 97 万円であり、ほぼ計画通りの執行状況であった。また、旅費は国内学会発表のための旅費が増加したが、その増加分を謝礼金費の抑制により対応した。

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）

本研究では、エージェント技術を核にしたマイクログリッド運用方式の開発を推進するために、3 つのテーマに着目して研究を進めた。

まず、“エージェントによる自律分散システムとして実現”については、エージェント間のインタラクションとマイクログリッドコントローラにおける最適化問題の求解により、電力需要の変動に適切に対応できる可能性を確認できた。特に、電力料金などのシグナルに柔軟に対応できる結果が得られた。また、グリッドとの連系開閉器の通過潮流値も制約に追加することが容易であり、マイクログリッド内の適切な運用に加えて、グリッドとの協調により、電力のピークシフトやピークカット、さらには節電要請など柔軟な運用の可能性を有している方式であると考えられる。

次に、“電力系統（グリッド）との連携システムとして実現”については、複数の MG とグリッドの間に仮想電力プラントエージェント(MVPP)を設けた。各 MG の運用は数分毎の電力売買問題の系列として解かれるので、MG の電力余剰や電力不足の情報を基に、MVPP が電力不足の MG に電力余剰の MG から電力を融通させることが可能になる。今後の電力システムは、需要に近い箇所の分散電源を有効に活用する新たな考え方が必要になると考えられる。本提案方式は、そのような方式の実現方式の 1 つとしての貢献が期待される。

最後に、“数分先の発電予測値を用いたシステムとして実現”については、今後も開発を継続する。本方式は従来のシステムより予測精度を向上できる可能性を秘めている。インターネットを介して気象データをリアルタイムに得る環境が整った現在において、それらのデータを活用した新たなシステムの開発が様々な分野で進展することが予想される。

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) 玖村大紀, 永田武:「気象データを用いた太陽光発電予測の検討(1)」, 平成 26 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会 (福山大), pp. 96, 2014
- (2) K. Okamoto and T. Nagata, " Agent-based Optimal Operation of Distributed Generators and Batteries in Micro-grid", 17th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP 2013) (Tokyo)
- (3) T. Yokoyama and T. Nagata, " Multi-agent System-based Micro-grid Restoration Framework in Consideration of Distributed Generators", 17th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP 2013) (Tokyo)
- (4) 永田武, 加藤浩介, 歌谷昌弘, 植田悠仁, 岡本和也, 永田千博:「マルチエージェントによるマイクログリッド運用方式」, 電気学会論文誌, Vol. 133-C, No. 9, pp. 1652-1657, 2013
- (5) 高松潤平, 岡本和也, 永田武:「複数のグリッドの協調方式」, 平成 24 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会 (岡山大), pp.63-64, 2013.
- (6) 岡本和也, 永田武:「価格シグナルを用いたマイクログリッドの運用方式」, 平成 26 年電気学会全国大会 (愛媛大) 6-010, 第 6 分冊, pp. 17-18, 2014.
- (7) 山本竜平, 岡本和也, 栗栖慎也, 歌谷昌弘, 永田武:「マイクログリッドにおけるバッテリー充放電制御方式」, 電気設備学会全国大会, 東北学院大学, 2014.
- (8) 栗栖慎也, 岡本和也, 山本竜平, 歌谷昌弘, 永田武:「マルチエージェントによるマイクログリッド間電力融通方式」, 電気設備学会全国大会, 東北学院大学, 2014.
- (9) T. Nagata and K. Okamoto, "Electrical Power Interchange between Micro-grids by using Multi-agent Approach", IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (ICASE), Taipei, Taiwan, 2014.
- (10) T. Nagata and K. Okamoto, "A Multi-agent based Optimal Operation for Microgrid ", 2014 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, San Diego, CA, USA, 2014.