

マルチエージェントに基づくマイクログリッド間の コミュニケーションに関する研究

学籍番号 06645502 矢野 良

指導教官 長坂 研 准教授

1. はじめに

近年、配電系統の下（低電圧レベル）に小規模の電力網を作り、災害などの緊急時に上の系統から切り離され、独立運転による発電が可能なマイクログリッド(Micro-grid :MG)が注目を集めている¹⁾. MG とは、需要地内配置した分散型電源と負荷をネットワークして局地的に電力供給を行う小規模の電力網である. MG は通常、電力不足時には配電系統から不足分を補うが、独立運転の際の電力不足時には優先度の低い負荷を遮断し、優先度の高い負荷への電力供給が考えられてきた. 現在、我が国においても MG に関する研究は数多く行われているが、それらのほとんどが MG 単体におけるものである.

そこで本研究では、MG 間のコミュニケーションにより、より多くの負荷への電力供給を目指し、さらに、そのコミュニケーションの方法として、複数の MG へのマルチエージェントシステムの適用を提案する. よってマルチエージェントに基づく MG 間のコミュニケーションが各 MG の需給バランスに与える影響を定量的に評価することが本研究の目的である.

2. マルチエージェントに基づくマイクログリッド間のコミュニケーション

マルチエージェントシステムとは、自律性（外部からの指示通りに行動するのではない）、反応性（他のエージェントを含む周囲の環境のあり方に応じて行動を変える）、先見性（目的追求など率先して外部に働きかける）、社会性（他のエージェントと交信・相互作用ができる）などを有した実行主体（エージェント）が、複数集まって1つの機能を実現するシステムである.²⁾

本研究においては、各 MG がより多くの負荷への電力供給という目的のために、他から命令されることなく、発電状況を把握し、電力不足時にはどの MG からどれだけ送電してもらうかという判断を自分たちで行う. また、各 MG を子エージェントとし、それらを統括するものを上層のエージェント（親エージェント）とする. これにより、系統との連結時には親エージェントが子エージェントを統括し、さらに、系統からの独立が必要な際には、その指示を行う. しかし、系統からの独立運転時には子エージェントが自分たちでコミュニケーションをとり、MG 内の需給バランスや、不足電力、過充電力などの問題を解決する. マイクログリッド間の送電の例を図1に示す. また、ここでは簡略化のため、発電余力＝総発電容量－総負荷とする.

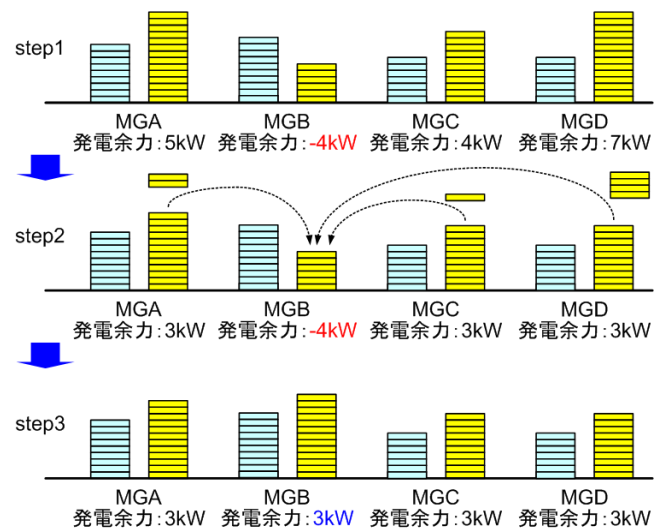
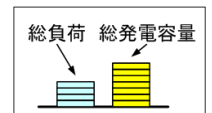


図1 マイクログリッド間の送電例



3. シミュレーション

3.1 シミュレーション方法

本研究では、マルチエージェントシミュレータ artisoc でモデルを構築し、100 周期間における電力のやりとりのシナリオ別シミュレーションを行った.

まず、シミュレーションで想定した4つのMGの構成要素を表1に示す. 全ての発電機は太陽光発電や風力発電といった自然変動電源とする. よって発電量は制御できず、蓄電池の充放電により負荷との需給バランスをとる. 負荷は平均値の-100%~+100%の間で変化するものとし、また、各MGは私営線により連系されているとする.

表1 各MGの構成要素

MGA	MGB
発電機 蓄電池 負荷1 負荷2	発電機 蓄電池 負荷1 負荷2 負荷3 負荷4
発電容量18kW 蓄電容量9kW 平均10kW 平均2kW	発電容量22.5kW 蓄電容量9kW 平均2kW 平均4.5kW 平均4kW 平均6kW
MGC	MGD
発電機 蓄電池 負荷1 負荷2	発電機 蓄電池 負荷1 負荷2 負荷3 負荷4
発電容量27kW 蓄電容量13.5kW 平均15kW 平均3kW	発電容量27kW 蓄電容量13.5kW 平均2kW 平均4.5kW 平均4kW 平均6kW

また、評価項目は100周期間における合計余剰電力量と合計負荷遮断量とする. 余剰電力量とは、どのMGも電力が余っていて、尚且つ蓄電池もフルの場合に二次負荷などで消費しなければならない余剰電力の量である. また、各MGは電力不

足時には負荷を遮断することによって需給バランスをとる。
よって、より多くの負荷へ電力供給するためには、この負荷遮断量を減らさなければならない。

シナリオ 1 MG 間のコミュニケーションがもたらす影響

①MG 間の送電線事故がない場合、②1 箇所送電線事故がある場合、③2 箇所送電線事故がある場合、④3 箇所送電線事故がある場合についてシミュレーションを行う。このようにコミュニケーションに制限がない場合とある場合を比較することにより、MG 間のコミュニケーションが各 MG の需給バランスに与える影響を定量的に評価する。

シナリオ 2 MG 間の最適なコミュニケーション方法

①通常のコミュニケーション方法をとる。各 MG は電力不足時に初めて、他の MG からの送電を仰ぐ。また、相手の MG は次の周期に自分が電力不足に陥らないだけの電力は残しておく、それ以外の電力を送電可能とする。尚、シナリオ 1 は全てこの方法でコミュニケーションを行っており、シナリオ 1・2 の①は共通である。②各 MG はまず自分の電力確保を最優先する。電力に余裕があるときには蓄電池をフルにし、それでも電力が余っているときには送電可能とする。③各 MG は次の周期に自分が電力不足に陥る可能性があるときには、早期送電を仰ぐ。但し、近隣に電力不足になっている MG が存在するときには、そちらへの送電を優先する。これらを比較することにより、最適なコミュニケーション方法を模索する。

3.3 シミュレーション結果

シナリオ 1・2 の 100 周期間における合計負荷遮断量を図 2・4 に、また、合計余剰電力量を図 3・5 に示す。

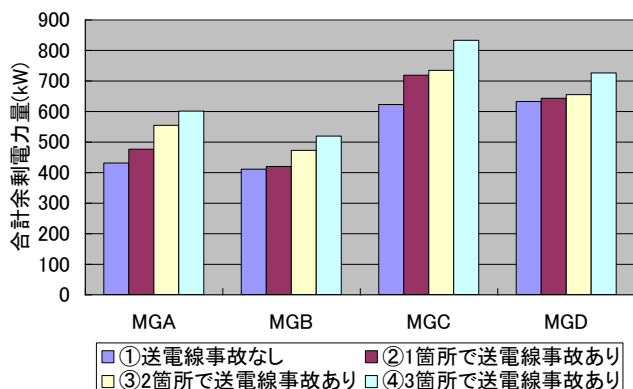


図 2 シナリオ 1 の 100 周期間における合計余剰電力量

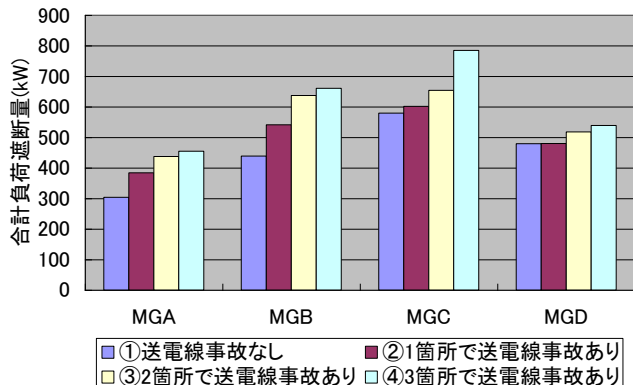


図 3 シナリオ 1 の 100 周期間における合計負荷遮断量

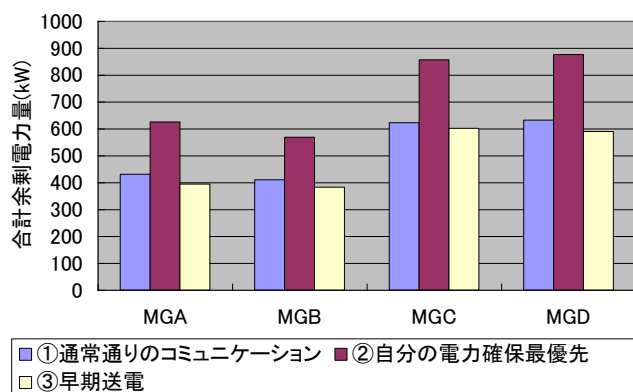


図 4 シナリオ 2 の 100 周期間における合計余剰電力量

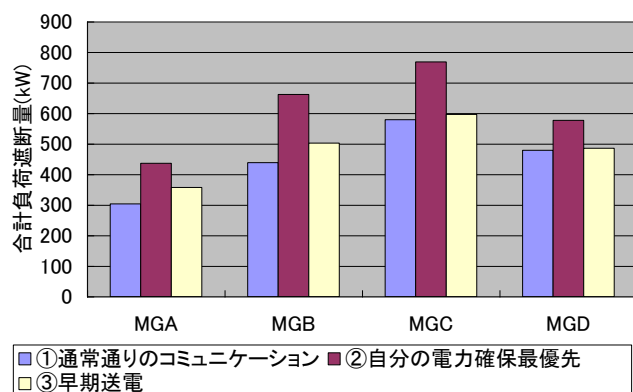


図 5 シナリオ 2 の 100 周期間における合計負荷遮断量

4. まとめと今後の課題

マルチエージェントに基づく MG 間のコミュニケーションにより、各 MG は余剰電力を有効的に利用し、より多くの負荷への電力供給が可能となることが分かった。そのコミュニケーション方法は、各 MG が自分の電力確保を最優先するわけではなく、自分には必要分を残し、コミュニケーションを行った方が良い結果が得られた。また、早期送電という方法では、合計余剰電力量は若干減らすことができるが、合計負荷遮断量は若干増加してしまうという結果が得られた。

今後の課題としては、有効電力だけでなく、周波数、電圧、無効電力といったものも考慮に入れたコミュニケーションの実現が挙げられる。

付記

本研究で利用したマルチエージェントシミュレータ artisoc は(株)構造計画研究所から貸与を受けたものである。

参考文献

- 合田忠弘, 他 5 名; マイクログリッド, (2004), 社団法人日本電気協会新聞部
- 山影進; 人工社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門, (2007), 有限会社書籍工房早山