

マルチエージェントによる電力供給ネットワークの事故復旧 Power system restoration by means of multi-agents technique

永田 武^{*1}
Takeshi Nagata

^{*1} 広島工業大学
Hiroshima Institute of Technology

This paper proposes a multi-agent restoration system for the local power system. The proposed method consists of several Sub-station agents and Line agents. The simulation results show the proposed approach is effective and promising.

1. はじめに

電力システムの複雑さは、その大規模化したことによって増加してきたが、最近では規模だけにとどまらず、電力自由化によってこれまでとは異質な要素がシステムに組み込まれることが、その大きな要因としてクローズアップされている。すなわち、世界的な潮流になっている電力自由化は、電力システムの信頼性に対して、今まで直面したことのない新しい課題を我々に投げかけている。特に、最近の先進国で発生した広域停電は、電力自由化が進化した電力システムの脆弱さを露呈するものとなっているように思われる。

本論文では、受電可能回線毎の余裕をパラメータとして用いた故障復旧アルゴリズムを開発する。提案するアルゴリズムは、より高度な故障復旧を実現するために、実際の故障復旧操作の前に開閉操作をシミュレーション（事前計算）し、その結果が出た後に実操作に移る方式を採用する。

2. 故障復旧アルゴリズム

2.1 処理概要

提案する故障復旧アルゴリズムは、故障復旧を進める「リーダーエージェント」、受電操作を行う「サブリーダーエージェント」を中心に構成される。分散型のシステムとするために復旧過程をコントロールする固定的なエージェントを設けず、事故設備に隣接する変電所エージェントがリーダーエージェントとなり、故障復旧過程をコントロールするようにした。停電した各変電所は、関連した停電グループとして一括した復旧方針の策定に関わる。その中でも複数の加圧された送電線を有する系統切替可能変電所は、それぞれ事故前とは別の送電線から受電できる可能性があるため、自身の存在を「リーダーエージェント」に報告し、リーダーエージェントの管理の下に故障復旧過程が進展することになる。リーダーエージェントは、報告を受けた系統切替可能変電所の情報を「故障復旧候補変電所リスト」に登録し、その中から、当該復旧に対して一番効率的な故障復旧操作が期待できる系統切替可能変電所をサブリーダーエージェントとして決定し、「受電指令」を発令する。

このように、提案システムは系統事故の様相によりシステムが自動的に役割を割当てた「リーダーエージェント」と

「サブリーダーエージェント」が連携することにより、故障復旧過程が進展するのが特徴である。「サブリーダーエージェント」は、系統切り替え可能変電所より受電可能な有効電力の最大値である「応援可能電力」をパラメータとし、停電変電所の負荷値（有効電力）との比較を実施しながら、復旧系統の拡大を試みていく。そして、応援可能電力不足によりこれ以上の復旧系統の拡大が不可能であれば、「サブリーダーエージェント」は、「リーダーエージェント」に対してその旨を報告する。報告を受けた「リーダーエージェント」は、「故障復旧候補変電所リスト」の中から次に効率的な故障復旧操作が期待できるサブリーダーエージェントを決定し、「受電指令」を発令する。このように、「リーダーエージェント」の管理のもとに適切な「サブリーダーエージェント」が順次選択されながら、故障復旧が行われることになる。

提案する故障復旧システムは、迅速な復旧が重要であるので、分散型電圧制御システムとは独立したシステムとして実装する。したがって、故障復旧エージェントとして、「変電所エージェント (SSAG)」と「送電線エージェント (LineAG)」の2種のエージェントを実装する。

図1のモデル系統において、LineAG-01に対応する送電線で事故が発生したと仮定する。同図において、SSAG-01～SSAG-03は健全変電所、SSAG-04は事故変電所、SSAG-07とSSAG-11は系統切替可能変電所、SSAG-08は中間変電所、SSAG-05、SSAG-06、SSAG-09、SSAG-10は末端変電所である。そして、LineAG-01～LineAG-06は送電線エージェントである。LineAG-02、LineAG-04は送電線分岐を含んでおり、それ以外は送電線分岐を含んでいない。LineAG-02のように送電線分岐を含む送電線エージェントを採用することで、本研究対象の平常時の電圧制御と事故時の復旧制御に対するマルチエージェントシステムの実装を容易にすることが可能になる。

図2に故障復旧シミュレーションシステムの構成図を示す。

2.2 変電所エージェント

SSAGは、各変電所において故障復旧操作を担当するエージェントである。今回の検討では、故障復旧は変電所1次母線から復旧されることを仮定している。実システムに即した検討を実施するために、1次母線への送電線の連系状況からSSAGを以下に示すように分類する。

- (1) 事故変電所
- (2) 系統切替変電所

連絡先: 永田 武, 広島工業大学, 〒731-5193 広島市佐伯区三宅 2-1-1, 082-921-3121, t.nagata.wp@it-hiroshima.ac.jp

- (3) 中間変電所
- (4) 末端変電所
- (5) 健全変電所

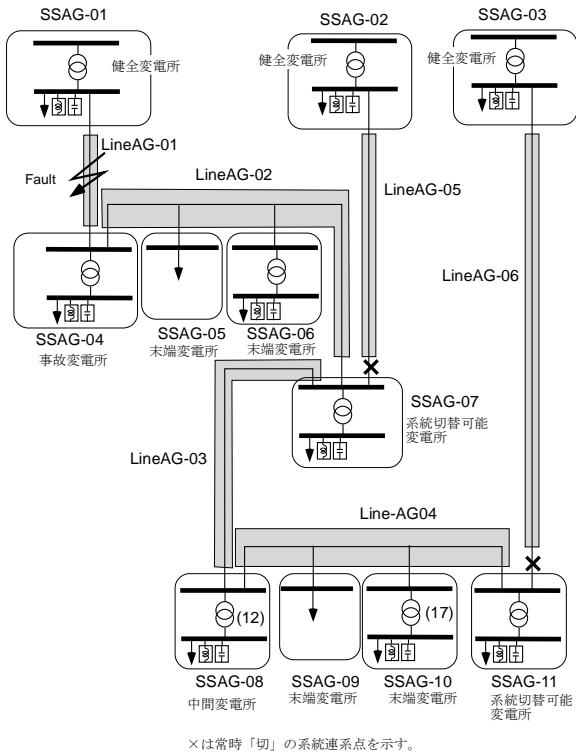


図1 故障復旧用エージェント

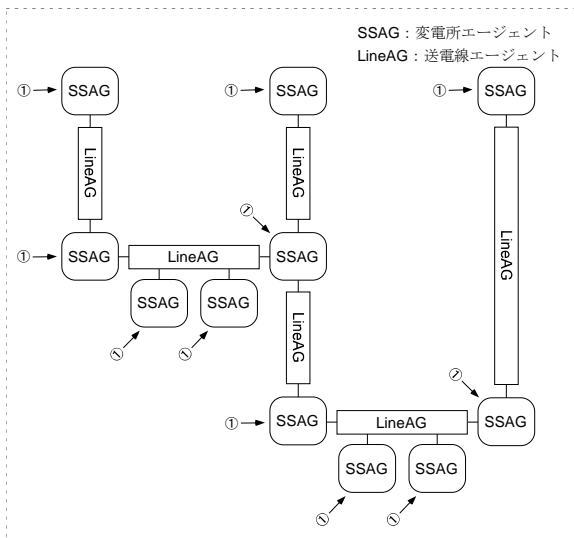


図2 故障復旧シミュレーションシステム構成図

3. シミュレーション

提案方式の性能を評価するために、図1に示したモデルシステムを用いてシミュレーションを実施する。

3.1 ケーススタディ

事故設備は、図1の送電線 LineAG-01 とする。この結果、停電システムに含まれるエージェントは、変電所エージェント SSAG-04~SSAG-11、送電線エージェント LineAG-04~LineAG-06 である。したがって、リーダーエージェントは SSAG-04 となる。

3.2 シミュレーション結果

本ケースは、SSAG-07 がサブリーダーエージェントとして動作し、1回のシステム操作により復旧できるケースである。図3は復旧が完了した状況であり、図中の丸数字はエージェント間で送信されたメッセージを表している。同図に示すようにエージェント間の協調動作により復旧に成功している。

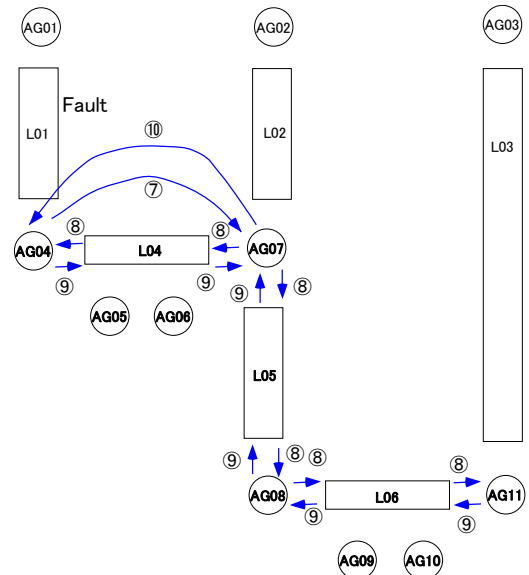


図3 復旧目標システム（復旧完了後状態）

4. あとがき

簡単なモデルシステムでの検討ではあるが、その実現可能性について確認することができた。

参考文献

- [永田 02] T.Nagata, H.Sasaki, "Multi-Agent Approach to Power System Restoration", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 17, No. 2, pp. 457-462 (2002).
- [永田 04] 永田, 田尾, 佐々木, 藤田: 「配電システム事故復旧問題へのマルチエージェント技術の適用」, 電気学会論文誌, Vol. 124-B, No. 1, pp. 62-68 (2004)