

## 学位論文の審査結果の要旨

電力ネットワークの管理運営は、複雑な制約付き最適化問題である。負荷制限および適正電圧範囲の維持など運用上の制約や、放射状ネットワークやサービス継続性などの構造上の制約を満たしながら、継続的かつ高品質なサービスが保証されなければならない。本論文では、近年再生可能エネルギー源の導入などにより大規模化、複雑化する傾向にある電力分配ネットワーク全体の省エネルギー化を目的に、進化計算を用いて電力網に存在するスイッチの最適構成を見出し、電力網全体の電力損失を最小化する方法について論じている。

まず第1章では、電力ネットワークとその管理運営に関する研究分野を俯瞰し、電力網の最適構成に関する従来のアプローチを概観して課題を明らかにするとともに、本研究の研究目的、アプローチについて述べている。次に第2章では、電力ネットワークの最適構造を見出すためのアプローチとして、生物の遺伝と進化を模倣した進化型アルゴリズムについてについて概観し、その基本的なフレームワークと、選択、交叉、突然変異などのオペレータについてまとめている。

第3章では、本研究で取り扱う2つの問題、すなわち、電力網に対するネットワーク再構成（network reconfiguration）とサービス復旧（service restoration）について定式化を行っている。次に第4章では、電力ネットワークのモデリングと評価方法を示している。ここでは、グラフ構造を用いた概念を導入し、分岐点（ブランチ）、スイッチ、ループ、負荷などについて定義を行い、電力網を評価する方法としてSweep法を示している。

第5章では、電力ネットワークの再構成について、木構造で表現した電力ネットワークの各ノードのスイッチを操作するための3種類のオペレータ、すなわちPGオペレータ、拡張PAOオペレータ、拡張CAOオペレータを提案している。また、評価に用いる目的関数を示し、問題解法のための進化型アルゴリズムの実装方法を示している。次に第6章では、災害や事故などの不測の事態などにより、電力網を給電停止（load shedding）しなければならない場合のサービス復旧について、ネットワーク再構成、給電停止・復旧、補償などの基本オペレータとともに、新たにスマートオペレータを提案している。また、評価に用いる主従2つの目的関数を示し、問題解法のための進化型アルゴリズムの実装方法を示している。

第7章では、電力ネットワークの再構成に関する検証実験の結果を示している。ここでは、米国PG&E電力会社提供の70および74ノードの電力網、仮説的な70および76ノードの電力網、台湾の電力会社提供の94ノードの3つのケースについてシミュレーション実験を行い、提案法は従来法と比べて高速かつ安定して負荷を最小化するネットワーク構成を導出できることを明らかにしている。また、

電力ネットワークの再構成により、有効電力損失を 20～30%削減するとともに、電圧変動を適正電圧範囲内に効果的に抑制できることを示している。次に第 8 章では、サービス復旧に関する検証実験の結果を示し、88 のノードを有する電力ネットワークに 1 箇所、2 箇所および 3 箇所の障害が発生した場合において、従来法よりも高速かつ安定してネットワークを再構成し、給電停止・復旧を実現できることを明らかにしている。最後に、第 9 章で本論文をまとめ、残された課題と今後の展開について言及している。

これらの研究成果は、専門分野の学会誌論文 1 通と、国際会議論文 3 通に発表され、当該専門分野においてその新規性と有用性が認められている。これらを総合的に考慮し、審査委員会全員一致で、本論文は博士の学位に値するものと判断した。

#### 公表主要論文名

- Saeed RamezanJamaat, Youhei Akimoto, Hernan Aguirre, Kiyoshi Tanaka, “Efficient Reconfiguration of Distribution Networks using Extended Pruning-Grafting Operators”, IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering, vol.10, no.2, (2015). 【掲載決定】
- Saeed RamezanJamaat, Hernan Aguirre, Youhei Akimoto, Kiyoshi Tanaka, “Smart EA operators for effective service restoration of compensated distribution networks”, Proc. IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA), pp.1-6 (2014).
- Saeed RamezanJamaat, Hernan Aguirre, Kiyoshi Tanaka, “A fast and effective EA for service restoration of compensated distribution networks”, Proc. IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conf. 2013 (APPEEC2013), in CD-ROM (No. 0108, 6pages) (2013).
- Saeed RamezanJamaat, Youhei Akimoto, Hernan Aguirre, Kiyoshi Tanaka, “Extended pruning-grafting operators for efficient distribution network reconfiguration”, Proc. 3rd Intl. Conf. on Electric Power Energy Conversion Systems, pp. 92-97 (2013).