

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	電力系統におけるロバスト性を考慮した設備配置のための数理計画モデル
Title(English)	
著者(和文)	渡邊勇
Author(English)	Isamu Watanabe
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12348号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小野 功,三宅 美博,山村 雅幸,石井 秀明,青西 亨
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12348号, Conferred date:2023/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	渡邊 勇	
	氏 名	職 名	氏 名	職 名
論文審査員	主査 小野 功	教授	青西 亨	准教授
	三宅 美博	教授		
	山村 雅幸	教授		
	石井 秀明	教授		

本論文は、電力システムの適切な設備形成などを検討する際にしばしば直面する、将来の不確実性を考慮した電力設備配置のための新たな数理計画モデルの提案とその有効性の検証を行ったものであり、「電力システムにおけるロバスト性を考慮した設備配置のための数理計画モデル」と題し、5章より構成される。

第1章「序論」では、本研究の背景として、電力システムは最も重要な社会インフラの一つであり、安定的かつ経済的な電力供給の維持向上には、停電発生に対する事前および事後の両面からの対策検討が必要不可欠であること、想定しうる様々な状況に対応可能なロバストな対策が重要であることを述べている。設備面での対策のうち、事前対策として電力システムの状態把握に必要な観測メータへのサイバー攻撃を検知するロバストなメータ配置問題、事後対策としてシステム事故による停電負荷の迅速な復旧を可能とする分散型エネルギー資源の配置問題に対し、既存の数理計画モデルは適用可能な問題規模が限定的である点や電気事業を取り巻く近年の環境変化を十分に考慮できていない点を指摘している。次に、本論文の目的は、電力システムにおける様々な同時協調的なサイバー攻撃や偶発的な設備故障などを考慮した新たな数理計画モデルを提案し、その有効性の確認を行うことにあると述べている。最後に、本論文における研究の方法と意義について論じている。

第2章「問題の所在」では、事前対策であるサイバー攻撃の検知と事後対策である事故時の復旧操作のそれぞれについて論じている。まず、前者の準備として、電力システムの状態推定、不良データ検出、およびサイバー攻撃の一種である不正データ注入攻撃の仕組みを紹介している。次に、不正データ注入攻撃を検知するための既存の数理計画モデルを紹介し、検討すべき攻撃パターンが不十分である点などの問題点を残されていることを指摘している。そして、既存モデルの問題点を解決し、新たな数理計画モデルを構築するにあたって本論文が採用するモデル化の基本方針について論じている。後者については、まず準備として、システム事故時の復旧操作手順の最適化問題を定義している。次に、復旧操作全体の最適化、分散型電源や蓄電池などの分散型エネルギー資源の配置と活用、設備故障などの不確実性を考慮したモデル構築の重要性について議論し、先行研究では部分的にしか考慮できていない点で問題があることを指摘している。最後に、上記の項目を考慮した数理計画モデルを構築するにあたっての基本方針について論じている。

第3章「状態推定における不正データ注入攻撃に対するロバストなメータ配置」では、3箇所までのメータへの同時攻撃を対象に、状態推定に必要な「必須メータ」に加えて可観測性を高めるために追加した「冗長メータ」への同時攻撃も考慮したロバストなメータ配置を求めるための数理計画モデルを提案している。さらに、最適なメータ配置を効率的に求めるために、非線形制約の線形化に加え、冗長な制約式を排除して問題をコンパクト化する方法についても提案している。問題規模の異なる複数のテストシステムを用いた数値実験により、2箇所のメータへの同時攻撃に対して既存モデルよりも効率的に最適配置が求まること、既存モデルでは対応できなかった3箇所のメータへの同時攻撃についても最適配置が求められることを示している。また、問題のコンパクト化の有効性やユーザパラメータの違いによる影響について考察している。

第4章「不確実環境下における事故復旧のための分散型エネルギー資源の最適配置」では、システム事故によって停電した負荷へ迅速に電力を再供給することを目的に、復旧操作時の設備故障などの不確実性を考慮した分散型エネルギー資源の最適配置を求めるための数理計画モデルを提案している。提案モデルは、不確実性を複数のシナリオとその発生確率として表現し、分散型エネルギー資源の運用などに関する制約条件の下で復旧操作全体の復旧電力量を最大化する、分散型エネルギー資源の最適配置を求めるモデルである。13母線のテストシステムを用いた数値実験により、分散型エネルギー資源の最適配置により効率的な復旧操作が実現できること、分散型電源の故障確率に応じた適切な分散型エネルギー資源の配置が求められることを示している。

第5章「結論」では、本論文を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、電力システムにおける設備配置を対象に、「不正データ注入攻撃に対するメータ配置」および「迅速な事故復旧のための分散型エネルギー資源の最適配置」のそれぞれについて、先行研究の問題点を克服し、想定しうる多様な不正データ注入攻撃や設備故障などの不確実性を考慮した新たな数理計画モデルを提案し、その有効性の確認を行ったものであり、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。