

早稲田大学大学院 環境・エネルギー研究科

博士論文概要書

論文題目

経済性及び環境性を協調した
分散型電源大量導入時の
多目的発電機運用計画に関する研究

Multi-Objective Optimal Scheduling
of Generating Units
on Economic and Environmental Aspects
including Significant Penetration
of Dispersed Sources

申請者

氏名

山下

大樹

Daiki

Yamashita

環境・エネルギー研究科 環境・電力システム研究

2012年 10月

1.1 研究背景及び目的

火力発電は環境負荷が大きいが運用上の融通性に優れ、原発の停止や自然エネルギー電源の大量導入などに対してバックアップ電源としての役割を大いに期待されている。そこで本研究ではこれら火力発電機の運用に着目し、再生可能エネルギー電源や電気自動車の大量導入などといった分散型電源が大量導入された様々な状況に適用可能な発電機運用の経済性・環境性を定量的に算定するツールを開発した。そして、これら分散型電源が発電機運用に与える影響について経済性・環境性の両面から多目的に分析を行い、提案手法の有効性を実証した。また、最後にその算定した分散型電源大量導入の影響低減のための対策案を提案し効果を評価した。

1.2 本研究の位置づけ

本研究は、発電機運用計画のうち、短期需給計画・24時間ごとの発電機運用計画に関する問題に取り組んだ。具体的には、分散型電源大量導入時における発電機運用計画を対象とし、大きく分けて以下の3テーマの内容に取り組んだ。

テーマ1:「環境性・経済性を考慮した発電機運用計画最適化手法の開発」

環境面（CO₂排出面）・経済面の2面から多目的に発電機運用計画（起動停止問題）を最適化し、発電機の運用計画のトレードオフ曲線を算定する手法の開発を行った。提案した手法はIEEEの標準モデルに適用し、その有効性を確認した。また、同時に発電機構成を変化させた場合の運用による経済性・環境性の変化をトレードオフ曲線の変化で示した。

テーマ2:「発電機運用計画から見た分散型電源大量導入の影響評価」

電気自動車（PEV）大量導入時の電力需要パターンモデルの開発と、自然エネルギー電源（風力発電）大量導入時に適用できる発電機運用計画最適化手法及び経済性・環境性の2断面からトレードオフ分析を行う手法（テーマ1で提案した手法の拡張）の開発を行った。具体的には以下の2点を行った。

① 東北地方で実際に運用されているウィンドファームの運用実績データから風

力発電の出力分析を行うと共に、第二章で提案した手法を風力発電大量導入時に問題となるであろう周波数制御制約を加えることで拡張し、実際に風力発電導入による発電機運用コストや CO2 排出量に対する影響の規模を算定することで提案手法の有効性を確認した。

② PEV 大量導入時の発電機運用計画から見た影響評価ということで、実際の PEV の運用動向の調査を元にした確率的な PEV の運用パターンモデルを開発した。そして、それを第二章で提案した手法及びモデルに適用し、発電機運用面から見た PEV 大量導入時のコスト・CO2 排出量に対する影響の規模を算定した。

テーマ 3:「発電機運用における分散型電源導入影響の低減に関する検討」

テーマ 2 で算定した発電機運用面から見た分散型電源大量導入の影響（コスト上昇・CO2 排出量上昇）への対策として PEV を発電機運用の際の予備力として用いることを提案し、その効果について算定した。その際の PEV の将来的な普及規模に関しては経済学的なアプローチからモデル化し想定した。

これら 3 テーマの関係は、発電機運用計画を対象とし、まずテーマ 1 で最適化ツール（トレードオフ分析）の開発を行う。そして、それをテーマ 2 において拡張し、同時に発電機運用を取り巻く問題、分散型電源大量導入（風力発電や PEV 大量導入）から起きうる影響についての算定を行う。最後にテーマ 3 において、その問題に対する対策案を提案するという流れである。（下図参照）

テーマ 1、2、3 において共通してベンチマークとして使用するのは IEEE の標準的な火力発電機モデルである。テーマ 2 では風力発電の実測データから分析した出力変動、及び確率的に作成した PEV の運用モデルを上記モデルに適用した。テーマ 3 では日産 LEAF を調査したデータをもとに経済学的なアプローチで PEV の将来普及規模モデルを作成し、同様に上記モデルに適用した。

なお、アルゴリズムについては数理計画法として、ラグランジェ未定乗数法、動的計画法（DP）、逐次型解列法（De-commitment method）、二分探索法などを適切に選定し用いた。

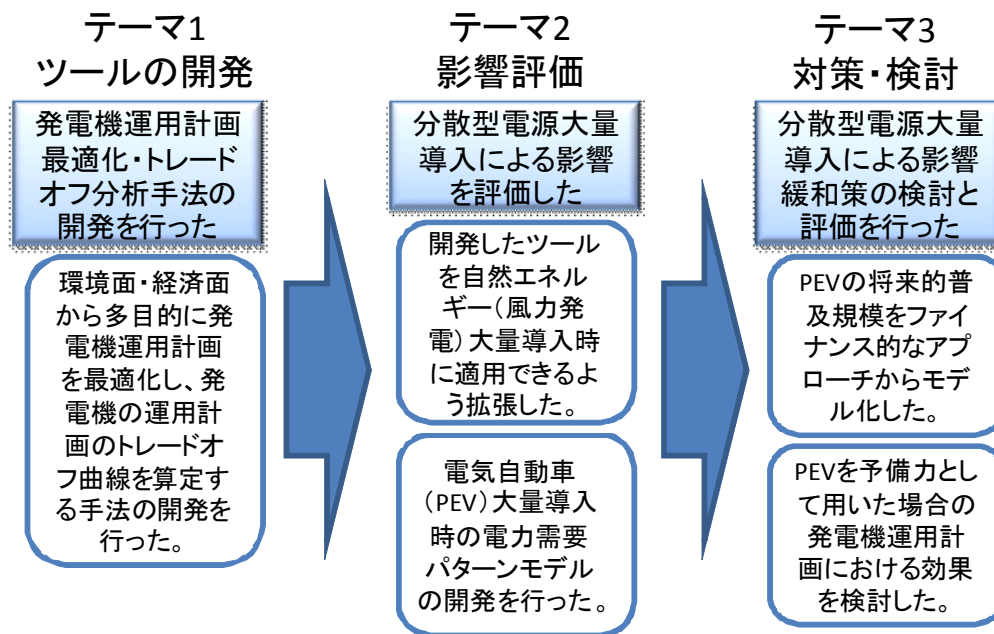


図 1.1 今回設定したテーマの関係性

1.3 各章の内容

上記テーマを元に本論文は以下のように構成した。

第一章では「序論」として、本研究の背景及び目的、本論文の位置づけ、各章の内容について述べた。

第二章では「環境性・経済性を考慮した発電機運用計画最適化手法の開発（テーマ 1）」として、本研究で提案する手法について述べた。

第三章、第四章では「発電機運用計画から見た分散型電源大量導入の影響評価（テーマ 2）」として、第二章で提案したツールを風力発電大量導入時に適用可能なよう拡張した（第三章）。また、プラグイン電気自動車（PEV）大量導入時の運用パターンモデルを作成し、提案手法に適用した（第四章）。

第五章では「発電機運用における分散型電源導入影響の低減に関する検討（テーマ 3）」として、発電機運用計画から PEV を予備力として用いた時の効果を算定した。将来的な PEV の普及規模を算定するために経済学的アプローチから普及モデルを作成し適用した。

そして第六章では「結論」として、本研究で得られた知見について述べた。

