

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2021

課題番号：16K06242

研究課題名（和文）2020年代の我が国を想定した統合型需給運用・制御ルールの提案

研究課題名（英文）Proposal of Integrated Power Generation/Grid Control Rules for Future Japanese Power System

研究代表者

熊野 照久（KUMANO, Teruhisa）

明治大学・理工学部・専任教授

研究者番号：80371243

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本格的な制度改革を迎える2020年代以降を対象に、新時代の電力システムの運用・制御ルールを研究すべく、本研究を開始した。様々な評価関数に関する最適化を行うと、複数の最適解が得られるが、DEA法を利用することによって重みの自動調整を行い、実際に役立つ最適解を得ることを目指した。しかし、その後の社会の趨勢に影響され、規制改革よりもむしろ近年活発に導入された太陽光発電をはじめとする各種の分散電源が系統運用・制御に与える影響が問題視されたため、当初の計画を見直して、これら自然エネルギー発電特有の不確実性をも取り込んだ運用制御の最適化を目指し、ある程度の不確実性を見込んだ最適解を得ることに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた計算アルゴリズムを用いると、ある程度の不確実性の幅をもって今後の系統運用の形をどのようにすべきかについての一つの解答を得ることができる。これは現在大きな技術的課題となっている昼間の火力発電所の需給運用における下げ代の問題に答えるものであり、これは今後さらに重要性を増していくものと思われる点である。

なお、当初の制度改革に関連する検討の中で得られた複数意思決定主体が関与するケースにおける最適化は、実際の系統における現実的な一つの回答ともなる。

研究成果の概要（英文）：This study started for the purpose of developing an optimization method which automatically adjusts the weighting factors among various relating evaluating functions. It gives us a realistic goal which is useful in the coming age of Japanese power grid in which we need to survive the new era of multiple decision makers standards. The proposed method gives us an appropriate schedule via DEA method which controls the relation between various viewpoints among the stakeholders.

However, due to the change in our society, our biggest technical issues have become the newly installed natural energy based power generation such as PV. This study changed its direction to the consideration of these fluctuating power generation and takes into account the effects of such intermittency and probabilistic factors. The final outcome of this study is a proposal of a new method which also considers the uncertainty of the power generation from PV.

研究分野：電力システム，大型回転機

キーワード：電力系統 電力市場 需給制御 M-Gセット 発電費用 分散電源

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 研究開始当初の2016年度において我が国電力システムにとって最大の課題は2020年代に想定された電力制度改革であった。ここでは必ずしも協力的には働かず、むしろ競合的に働く複数の意思決定主体が互いに関与しあいながら同一電力システムの運用・制御を決めていく必要があり、どのようにしてこれらの間の折り合いをつけるべきかが重要な問題となった。

(2) このため、本研究では各意思決定主体にとっての価値観を体現した複数の評価関数に関する目的関数としてシステムの運用・制御手順を定め、その後これらの間の調整を行うことが必要と考えられた。本研究では、これまでに得られていた変分法に基づく運用・制御スケジューリング手法を適用することを想定した。ここでは各種系統要素の運用・制御を時間関数として表現し、関数最適化手法である変分法によって、これら時間関数を最適化する。また、この後の調整段階では、やはり当研究室で検討実績のあるDEA法を用いて上記で得られた複数解の間で目的関数の重みを自動的に調整しつつ合成することが有効と思われた。

### 2. 研究の目的

(1) 実際の電力システムで想定される事態を把握し、どのような事象を研究で取り扱うかを定めなければ具体的な検討に移ることも難しい。このため電力各社の他、電力機器の製作会社などを訪問して、書類の形では得られない実際の系統運用・制御に及ぼすこうした要因の影響について調査、明らかとすることにした。

(2) 既に開発していた関数最適化手法に基づいて、前提とした目的関数に対応する最適系統運用・制御スケジューリングを行う手法を開発することとした。

(3) その後の調査で現在および近い将来の電力システムにおいて、制度改革よりもさらに厄介な問題が太陽光発電等に代表される自然エネルギー変動電源の及ぼす影響であることが知られた。このため初期の二年を経過した後からの検討においては、こうした要素の及ぼす影響について検討し明らかとした。確率的要素を運用・制御の評価に組み入れる方法について検討することとした。

### 3. 研究の方法

(1) 実際の電力システム運用・制御の調査においては、実際に各社へ出向き、いかなる点が難しく対策が必要であるかについて調査、聞き取りを行った。ただし、この点については2019年度末からのコロナ禍によって大幅にブレーキがかけられ、今でも原状には復帰できていない。現状、こういったつっこんだ話し合いをするには向いていない状況が続いている。

(2) 個別の目的に対応する系統運用・制御を求めるには変分法が適用できることを計算機シミュレーションによる数値実験によって確かめた。また、目的関数を別の評価関数にした場合の最適解についても比較検討を行った。

(3) 確率的要素を運用・制御の評価に組み入れる方法については、想定すべき範囲を定めることが難しく我々自身の手で各種天候条件気象データ等を実測することはもちろん、気象関係団体からのデータ取得などを通じて統計的な特徴把握に努めた。また、確率的要素が及ぼす具体的な影響として個別負荷における同時同量制約への影響をペナルティの形で数値的に把握することにし、シミュレーション検討を行った。

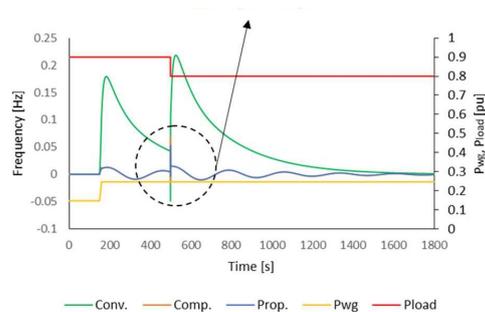
### 4. 研究成果

(1) 関係各社での聞き取り調査、情報交換等については系統運用上の課題、懸念点などを、かなり明確に知ることができた。ただし、この結果分かったのは、本研究で当初取り扱うことを想定した制度改革上の問題ではなく、むしろ地球温暖化防止などの観点から進められている再生可能エネルギー電源の休息な系統導入による影響のほうはるかに大きな問題であるという事実であった。このため、本研究でもこの点を大きな開発要素として入れこみ、その影響を的確に把握するように努めることとした。

なお、各社への出張自体は20年以降現在まで続いているコロナ禍によって、ほぼ不可能となっており、解決の見込みはたっていない。

(2) 変分法による最適解の求解は、数値的な点から時折収束に問題発生する他は、ほぼ問題なく安定して求解できている。

(3) 具体的な事例として小規模系統における周波数制御を取り上げ、フライホイールによる安定化を試みた。ここでは評価関数の間にトレードオフの関係があり、同時に周波数と電力変化を難しい。提案法（右図紫のグラフ）では従来法（緑）に比べて周波数の変動が大きく抑制されていることが分かる。従来からよく用いられているジューグラー・ニコルスによる限界感度法と比較し、ここではNSGA-IIという計算機を用いている。



(4) 住宅地系統の太陽光発電の不確定性を評価するために、その発電電力面に及ぼす不確かさを経済的な効果という形で評価を試みたところ、期待した通りの結果が得られた。ここでは同時同量制度のペナルティを想定し、不確かさの残るままの評価にしたところ、2020年5月1日の気象条件を想定した場合にペナルティは¥268.7から¥713.0へと半分以上の変化となった。

#### <引用文献>

①H. Ishibashi, T. Kumano, “A Frequency Control of Power in Small Power Grids by Using NSGA-II”, Proc International Council on Electrical Engineering Conference, June 27, 2022

② K. Nozaki, “Effect of Demand Forecast Error on Imbalance Cost in Residential Micro Grid”, Renewable Energy and Power Quality Journal, ISSN 2172-038X, 2022年6月20日

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 -	4. 巻 20
2. 論文標題 Effect of Demand Forecast Error on Imbalance Cost in Residential Micro Grid	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Renewable Energy and Power Quality Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Teruhisa Kumano, Masaki Horita, Masahiro Shinada, Xiaoyang Li
2. 発表標題 A Study on V2G Based Frequency Control in Power Grid with Renewable Energy
3. 学会等名 IFAC Workshop on Control of Smart Grid and Renewable Energy Systems (CSGRES) 2019 June 10-12, Korea (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teruhisa Kumano, Masaki Horita, Masahiro Shinada, Xiaoyang Li
2. 発表標題 A Study on V2G Based Frequency Control in Power Grid with Renewable Energy
3. 学会等名 IFAC/CSGRES 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Sugimoto, Teruhisa Kumano
2. 発表標題 The Calculation of Day-ahead Power Flow Margin in Hokkaido-Honshu Interconnection Line by K-means / SVR Hybrid Method
3. 学会等名 2017The International Conference on Electrical Engineering (ICEE2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------