

# マルチパラメトリック計画法を用いたマイクログリッドのためのモデル予測制御 Model Predictive Control Using Multi-Parametric Programming for Microgrid

80816185 清水将平 (Shohei Shimizu) Supervisor 大森浩充 (Hiromitsu Ohmori)

## 1 緒論

近年、風力発電や太陽光発電など自然エネルギーを用いた小規模な分散型電源の導入が積極的に進められている。これらは、地球環境保護やエネルギーセキュリティに対する期待が大きい反面、不安定な電力源である。一方、技術革新や電力自由化を背景に、マイクロタービンや燃料電池、蓄電池といった小型発電機の導入も進められている。このような状況下で、分散型電源を統合的に制御するマイクログリッドという概念が注目されている。マイクログリッドとは、需要地近くに設置された複数の分散型電源をネットワーク化し、その中で制御を行い電力需給バランスを調整することで安定的にエネルギーを供給するシステムである。

そこで、本研究では、マイクログリッドを対象に、制御可能な分散型電源を電力品質の1つである周波数維持に積極的に参加させることを検討する。ここで、現状の電力システムの制御では、システムの安定性を考慮した保守的な制御となっているが、本研究では制約を考慮しながら最適な入力を決めることのできるモデル予測制御 (MPC) を適用した。また、本研究ではマルチパラメトリック計画法を用いることでオフラインでのモデル予測制御器を設計し、その効果を検証した。

## 2 モデル予測制御 (MPC)

MPC では、次の状態空間モデルに対して、

$$x(t+1) = Ax(t) + Bu(t) \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t) \quad (2)$$

ここで、 $x(t) \in R^n$ ,  $u(t) \in R^r$ ,  $y(t) \in R^m$ , 次の制約つき有限時間最適制御 (CFTOC) 問題を考える。

$$\min_{\{u(0), \dots, u(N-1)\}} \sum_{t=0}^{N-1} \{ \|x(t)\|_Q^2 + \|u(t)\|_R^2 \} + \|x(N)\|_P^2 \quad (3)$$

ただし、

$$x_{\min} \leq x(t) \leq x_{\max}, u_{\min} \leq u(t) \leq u_{\max}, \forall t \in [0, N-1] \quad (4)$$

$$x_N \in X_f \quad (5)$$

$$Q > 0, R > 0, P > 0 \quad (6)$$

ここで、(5) 式は閉ループシステムの安定性を保証するように設定した最終状態の集合制約、 $Q, R, P$  はユーザーが定義する状態および入力における重みである。MPC では時刻  $t$  において得られた最適入力列の先頭項のみを入力として用いる。

一方、マルチパラメトリック計画法では、上記の CFTOC 問題を整理することで、二次計画 (QP) 問題に帰着させる。この QP 問題に対して状態変数  $x(t)$  をパラメータとし、任意に決定する閉凸領域  $X$  についてマルチパラメトリック計画問題を解くことで、MPC と等価的な最適入力が区分的アファインな状態フィードバック則として次のように与えられる。

$$u(t) = K_j x(t) + h_j \quad \text{if } x \in X_j \quad (7)$$

ここで、 $X_j$  はマルチパラメトリック計画問題を解く際に定義した、 $X$  内で最適化に基づいて分割された閉凸領域である。これにより、各時刻における最適化計算は行わず、状態  $x(t)$  を参照することで最適入力を決定することが可能となる。

## 3 マイクログリッドモデル

本研究では、電気学会東 30 機系統 [1] を対象として用いた。対象システムを大規模系統のエリア 1 と小規模系統のエリア 2 の 2 つのエリアに分割した。本研究では、エリア 2 にガスエンジンおよび風力発電を導入することで、大容量のマイクログリッドと仮定し、エリア 2 における電力需給制御を検討することとした。シミュレーションモデルは動作点からの偏差を扱うモデルとして、過去の文献 [2] を参考に、図 1 のように構築した。

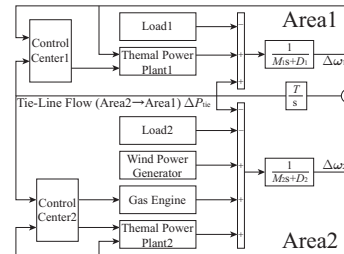


図 1: 2 地域連系システムモデル

## 4 数値シミュレーション

数値シミュレーションでは、比較検討のために、従来法として PI 制御器を用いた。出力外乱として 100MW のインパルス外乱を加えたときの周波数偏差および、火力発電機、ガスエンジンの出力偏差を図 2,3 に示す。

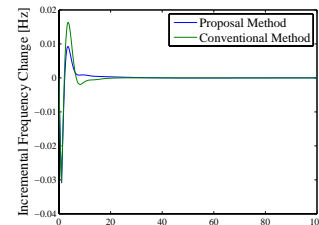


図 2: 周波数偏差

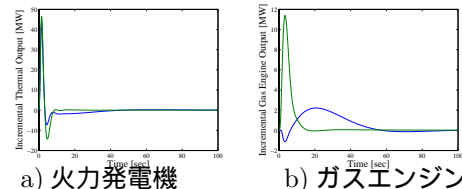


図 3: 出力偏差

図 2,3 から、提案法では、ガスエンジン出力をより積極的に操作することで、周波数偏差をよりよく 0 に収束させていることが見てとれる。

## 5 結論

マイクログリッドを対象に MPC を用いることで、周波数変動抑制に対し分散型電源をより有効活用できることを示した。

## 参考文献

[1] "電力システムの標準モデル", 電気学会技術報告, No.754 (1999)  
[2] 有田 征史, 横山 明彦, 多田 泰之, "FFC-TBC 系統連系での蓄電池による連系線潮流変動抑制に関する基礎検討", 電気学会論文誌 B, 128, 7, pp.953-960 (2008)