

## 1. はじめに

地球温暖化や資源枯渇の側面から、電力系統への自然エネルギー大量導入が進んでいる。



Fig.1 Solar power generator

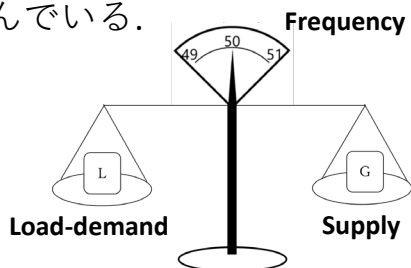


Fig.2 Demand-Supply balance

- 自然エネルギーの発電量は不安定である。
- 火力発電機の割合が減少することで、システムの慣性量が小さくなる<sup>[1]</sup>。
- ✓ 日射量予測などが発展し、予測情報を制御に利用する基盤が整いつつある<sup>[2]</sup>。

### 研究目的

- 予測情報を利用し、系統周波数変動を抑制する。
- 系統の慣性量と周波数変動の関係を連系システムにおいて検討する。

## 2. 予見負荷周波数制御モデル

### 予見負荷周波数制御 (Load Frequency Control : LFC)

- 電力系統の周波数変動を抑制するための制御<sup>[3]</sup>。
- 負荷変動の3~20分程度の周期成分に対応している。
- 負荷変動の予測値  $\overline{P}_D$  を予測情報として利用する。

$$\text{負荷変動 (外乱)} : \Delta P_D = \overline{P}_D + \widetilde{P}_D$$

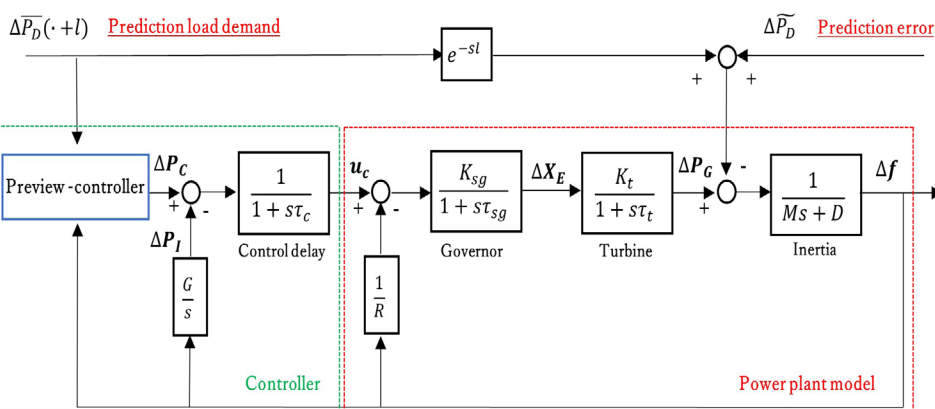


Fig.3 Preview LFC model

Table 1 LFC system variables

Sign	Expression and Unit		
$\Delta f$	Frequency variation [Hz]	$\Delta X_E$	Valve displacement [p.u.]
$\Delta P_C$	Controller input [p.u.]	$\Delta P_G$	Supplied active power [p.u.]
$u_c$	Control input [p.u.]	$\Delta P_I$	input from integrator [p.u.]

### $H^2$ 予見出力フィードバック則<sup>[4]</sup>

- $H^2$  制御とは、閉ループ伝達関数の  $H^2$  ノルムを最小化し、最適な制御器を決定する制御問題である<sup>[5]</sup>。
- 外乱が白色雑音である場合に効果的である。  
→ 本研究の負荷変動は白色雑音を元に生成している。

## 3. 連系システムモデル

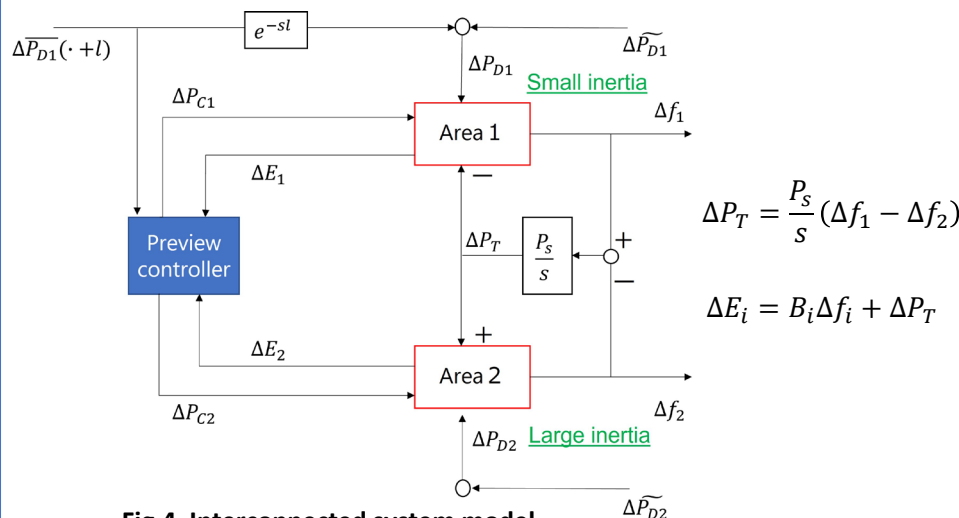


Fig.4 Interconnected system model

- 各エリアに対して、連系線潮流による相互作用がある。
- エリア1に予測可能な自然エネルギーが大量導入した場合を想定する。

## 4. シミュレーション

### 連系システムとエリア1の周波数変動

- Case 1 : 連系システムと孤立システムのRMS値比較
- Case 2 : エリア2の系統慣性が小さい場合、大きい場合のRMS値比較

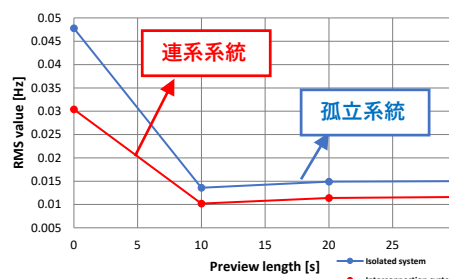


Fig.5 RMS value (Case 1)

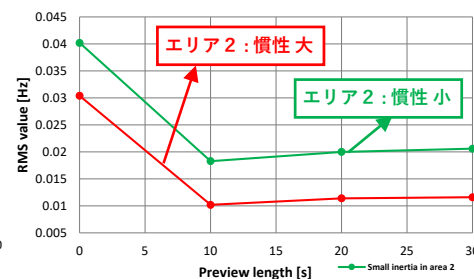


Fig.6 RMS value (Case 2)

- ✓ 予見時間が 0 s の通常の  $H^2$  制御より予見時間がある方がRMS値が小さく、予見制御法による周波数変動抑制ができることを確認した。
- ✓ 他エリア (エリア2) が安定である (慣性大) とときに連系線潮流による性能改善が行われる。
- ✓ 他エリアが不安定であるときは、連系線潮流が他エリアにプラスに働く一方、自エリアは性能が悪化する。

## 5. まとめ・今後の展望

- 予見制御法の制御性能を評価し、連系システムにおいて慣性量の大きさと周波数変動の関係を考察した。
- 他エリアに対しても、周波数変動との関係を評価する。また系統慣性の推定をするシステムを設計する。

[1] 萩本和彦ら, "同期機の運用容量による系統慣性の特性分析", エネルギー・資源学会論文誌, Vol.42, No.1, pp.30-37, 2021

[2] 橋本篤, 宇佐美美章, "ひまわり8号を用いた日射量推定・予測システムの開発", 電力中央研究所報告 N16001, 2017

[3] 電力需給解析モデル標準化調査専門委員会, "電力需給・周波数シミュレーションの標準解析モデル", 電気学会技術報告, NO.1386, 2016

[4] K. Hashikura, R. Hotchi, A. Kojima, T. Masuta, "On implementations of  $H^2$  preview output feedback law with application to LFC with load demand prediction", International Journal of Control, 2018

[5] 劉康志, "線形ロバスト制御", コロナ社, 2001