

太陽光発電の持続的予測誤差を克服する蓄電池充放電計画法の開発

東京都立大学大学院 機械システム工学域
M2 山村温子 (児島研究室)

1. はじめに

近年、日本では太陽光発電 (PV: Photovoltaic) などの再生可能エネルギーの普及が進んでいる^[1].

PV発電の課題と対策

- 発電量が日射量に依存するため出力変動が激しい。
- 蓄電池の充放電を利用して出力変動の不安定さを補う。



Fig.1 PV

研究目的

回復可能領域を用い、持続的に発生するPV発電出力の予測誤差に対する蓄電計画のロバスト性を評価する。

経済負荷配分制御(EDC*)^[2]

- 負荷と発電量を常に等しく、最も発電コストが安くなるように発電機や蓄電池の出力の前日計画を設定する制御方法
- 1日を基準とする周期性をもつ。

* Economic load Dispatching Control

PV発電出力の予測誤差

- 太陽光発電出力の予測誤差により電力の受給バランスが乱れる恐れがある^[3].
- 予測誤差を考慮した蓄電池の充放電計画を立てることが必要

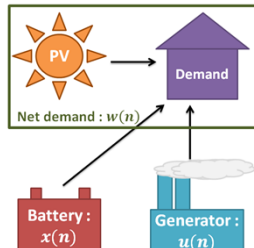


Fig.2 PV system

2. 蓄電池の充放電計画

持続的に変動する予測誤差をもつネット需要に対し、火力発電と蓄電池を効果的に運用する計画法を提案する。

偏差系の蓄電池システム

Table 1 Parameters

$x(n)$	Battery electricity [GWh]
$w(n)$	Net demand [GW]
$u(n)$	Power [GW]

基準計画に対する偏差式

$$\delta x(n+1) = \delta x(n) - \delta w(n) + \delta u(n)$$

制約条件

$$\delta m(n) = C_0 \delta x(n) + D_{01} \delta w(n) + D_{02} \delta u(n)$$

$$\delta m(n) \in \delta \mathcal{M}(n)$$

可制御集合^{[4], [5]}

任意の $\delta w(n) \in \delta \mathcal{W}(n)$ について適切な $\delta u(n) \in \delta \mathcal{U}(n)$ が存在し $\delta x(n) \in C_k(n, \mathcal{S}) \Rightarrow \delta x(n+k) \in \mathcal{S}$

が成り立つとき、 $C_k(n, \mathcal{S})$ は k ステップ可制御集合

ロバスト被制御不変集合^{[4], [5]}

$n \geq 0$ で、任意の $\delta w(n) \in \delta \mathcal{W}(n)$ に対して適切な $\delta u(n) \in \delta \mathcal{U}(n)$ が存在し

$$\delta x(n) \in \delta \mathcal{O}(n) \Rightarrow \delta x(n+1) \in \delta \mathcal{O}(n+1)$$

が成り立つとき、 $\{\delta \mathcal{O}(n)\}$ はロバスト被制御不変集合

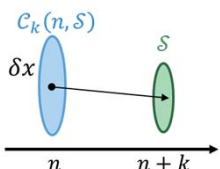


Fig.3 Controllable set

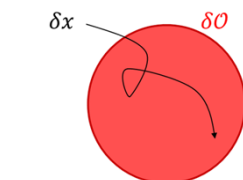


Fig.4 Robust control invariant set

回復可能領域

- 定められた回復時間以内に前日計画に到達できる蓄電量の変動範囲
- 範囲が広いほど大きな予測誤差に対応できる。
- k ステップ回復可能領域 $\delta R_k(n)$ は、ロバスト被制御不変な目標領域 $\delta \mathcal{O}(n)$ に対する可制御集合である。

$$\delta R(n) = C_k(n, \delta \mathcal{O}(n+k))$$

3. 回復可能領域の評価

Fig.2のシステムにおける3 [h] 回復可能領域を求める。

予測情報

- PV導入量: 30 [GW] を想定
- 東電管内の日射量・電力需要の5日分のデータを平均する。

Case 1: 8月2~6日
Case 2: 11月8~12日

赤破線: 前日計画
赤実線: 目標領域
青実線: 回復可能領域

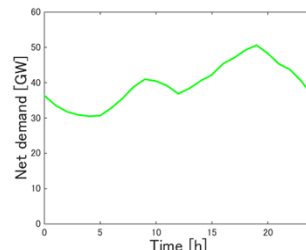


Fig.5 Net demand (Case 1)

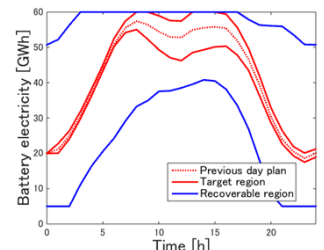


Fig.6 Recoverable region (Case 1)

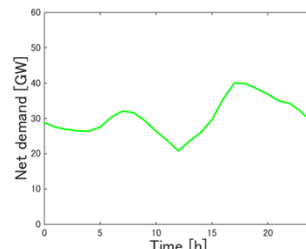


Fig.7 Net demand (Case 2)

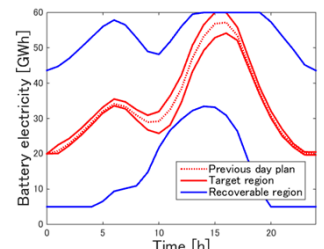


Fig.8 Recoverable region (Case 2)

- Case 1は日中の蓄電量が高いため、ネット需要の予測値が過小評価されると時間内での計画回帰が困難になる。
- Case 2は10時前後での回復可能領域が狭く、予測精度が求められる。

4. 成果・展望

成果

- 回復可能領域の導出により、前日計画の持続的予測誤差に対するロバスト性の評価が可能となった。

展望

- 回復可能領域に対応する制御則を導出する。

参考文献

- 林泰弘 他: "スマートグリッド学" 日本電気協会, 2010.
- 電力系統の需給制御技術調査専門委員会: "電力系統の需給制御技術", 電気学会技術報告, 1989.
- 天野博之 他: "PV大量導入がLFCへ与える影響に関するシミュレーション検討", 電力中央研究所, 2012.
- F. Borrelli, A. Bemporad, M. Morari: "Predictive Control for Linear and Hybrid Systems", Cambridge University Press, 2017.
- Franco Blanchini, Stefano Miami: "Set-Theoretic Methods in Control", Birkhauser, 2015.

