

# 天候変化を考慮した太陽光蓄電池の充放電制御法

首都大学東京 ヒューマンメカトロニクスシステムコース B4 南波 和樹 (児島研究室)  
 キーワード：太陽光蓄電池, 計画運転, モデル予測制御

## 1. はじめに

地球温暖化問題や資源枯渇問題に対し、2050年までに25~35 [GW]<sup>[1]</sup>を目標として太陽光発電の大量導入が進んでいる。

- 蓄電池システム  
 負荷平準化のため、蓄電池が併用される (Fig. 1).  
 蓄電池システムは将来の需給予測に基づく充放電計画により運用される。

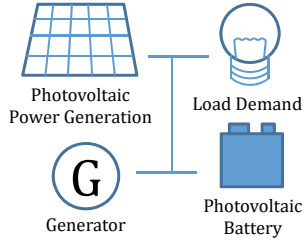
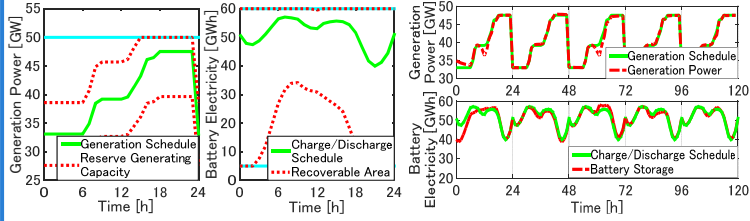


Fig. 1. Photovoltaic battery system.

## 周期的な運用

- 周期的な需給予測が与えられたとき、ある程度の予測誤差を許容し、蓄電量を計画値へ回復させる充放電計画法を提案した (Fig. 2, 3)<sup>[2]</sup>.



## 研究の課題と目的

天候変化に起因する日射量変動により、文献<sup>[2]</sup>の手法では許容できない需給変動が発生する場合がある。本研究では、運用中の計画変更を許容することで天候変化に対応できる充放電制御法を導出する。

## 2. 制御対象と制御手法

調整用電源を用いることで、蓄電池に蓄えられている蓄電量を制御する。

- 太陽光発電と蓄電池を含む電力システムのモデル

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

$x(n)$ : 蓄電池の蓄電量       $u(n)$ : 調整用電源の発電量  
 $w(n)$ : ネット需要 (電力需要量からPV発電量を差し引いた量)

- 充放電計画の作成

2通りのネット需要予測  $w^p(\cdot), w^s(\cdot)$  から充放電計画を作成する。

$$w^p(\cdot) \rightarrow x_{ref}^p(\cdot), u_{ref}^p(\cdot) \quad w^s(\cdot) \rightarrow x_{ref}^s(\cdot), u_{ref}^s(\cdot)$$

1組のネット需要予測と計画のペアをシナリオと呼ぶ。

## 計画変更を考慮した充放電制御

- 1. 制御則の適用

発電量  $u(n) := u_{ref}^i(n) + \delta u(n)$   
 $\delta u(n)$  をモデル予測制御則として決定する ( $i = p, s$ ).

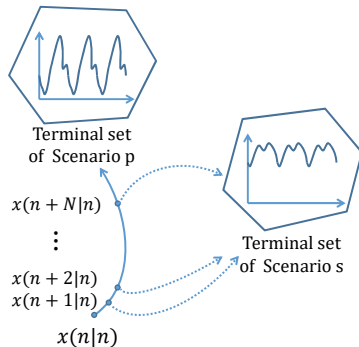


Fig. 4. Fault Tolerance MPC<sup>[3]</sup>.

- 2. 計画変更の表現

最適化計算において、  
 ● 現在の計画における制約  
 ● 予測の各ステップで計画変更が発生した場合の制約  
 を同時に考慮する (Fig. 4).

- 3. 制御則の設計

各シナリオ実現中に対応する最適化問題を解き、得られた入力列の第1ブロックを印加する。

最適化問題 $\mathcal{P}^p(n; x)$ Minimize $\sum_{k=0}^{N^p-1} 1 + \ \delta u - F^p \delta x(n+k)\ _1$ with respect to $N^p, \{\delta u(k)\}_{k=0}^{N^p-1}$ Subject to (シナリオ p の制約), (シナリオ s の制約).	最適化問題 $\mathcal{P}^s(n; x)$ Minimize $\sum_{k=0}^{N^s-1} 1 + \ \delta u - F^s \delta x(n+k)\ _1$ with respect to $N^s, \{\delta u(k)\}_{k=0}^{N^s-1}$ Subject to (シナリオ s の制約), (シナリオ p の制約).
---	---

## 3. シミュレーション

オフラインEDCにおいて1本の日負荷曲線と2本のPV発電量パターンが用意され、2通りの充放電計画が作成された場合のシミュレーションを行う。

- 電力の需給予測 (Fig. 5)  
 シナリオ p: 雨天  
 シナリオ s: 晴天  
 周期: 5日間  
 各予測情報に予測誤差は生じないとする。
- ネット需要の作成 (Fig. 6, 7)  
 電力需要量からPV発電量を差し引く。

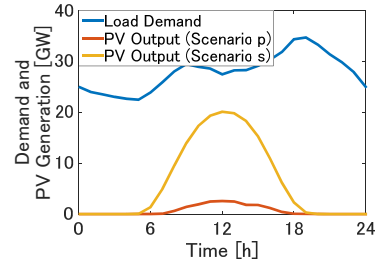


Fig. 5. Demand and PV generation.

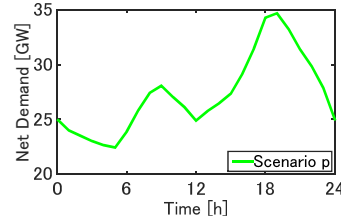


Fig. 6. Net demand in Scenario p.

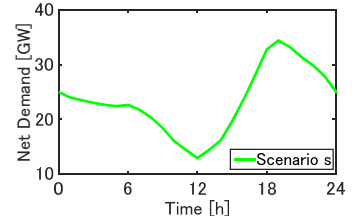


Fig. 7. Net demand in Scenario s.

- 燃料費関数:  $\sum_{n=0}^{23} a_2 u_{ref}(n)^2 + a_1 u_{ref}(n) + a_0 [JPY]$  を最小とする  $u_{ref}(\cdot)$  を求め、充放電計画を作成する。

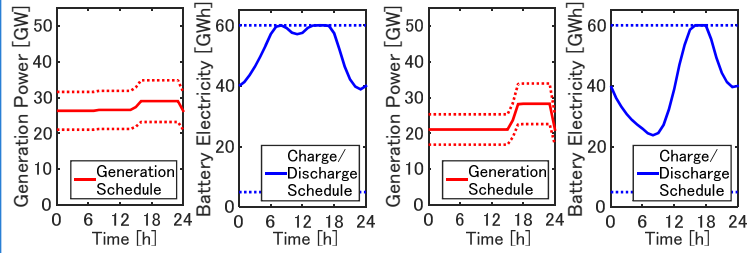


Fig. 8. Schedule in Scenario p.

Fig. 9. Schedule in Scenario s.

## 運用シミュレーション結果

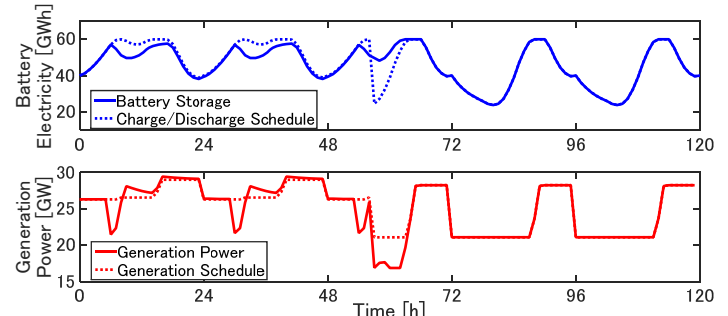


Fig. 10. Operation under multiple schedules.

- シナリオ p の実現中は昼間での計画の切り替えに対応できないため、あらかじめシナリオ s の計画値を考慮して蓄電量を下方修正する。
- シナリオ s の実現中は蓄電量を調整せずとも計画の切り替えに対応できるため、計画軌道にそのまま追従させる。

## 4. 今後の展開

本来の制約に計画変更後の制約を付加することで、充放電計画の任意時刻での切り替わりを許容するモデル予測制御則を導出した。今後はより多くの天候パターンを想定した手法へと発展させ、さらに複雑な計画変更を許容する制御則へと発展させる。

## 参考文献

[1] (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 太陽光発電ロードマップ (2030+), 2009.  
 [2] 端倉ほか, 太陽光発電大量導入時の蓄電レベル制御: 周期的ロバストモデル予測制御の提案, 計測自動制御学会論文集, 51-9, 614/626, 2015.  
 [3] R. C. Shekhar, et al.: Robust predictive control with feasible contingencies for fault tolerance, 18th IFAC World Congress, 2011.