

プロシューマ群の協調的運用計画を目指した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 泉 直人 (児島研究室)

1.はじめに

近年、日本では、カーボンニュートラル達成に向けて目標の先倒しがされ、2030年までに20[GW]のPVの大量導入の計画がある。

電力網へのプロシューマの出現

- ・プロシューマはPVと蓄電池を併用し、電力会社からの買電量を減らす。
- ・蓄電池を上手く活用して余剰電力を、売電し利益向上を目指す。



Fig.1 PV

プロシューマ群の協調運用

- ・協調運用により商業的なプロシューマの増加による電力網への負担の低減を目指す。

研究目的

- ・プロシューマ群に対し、電力網への負担を抑制する運用計画を導き、PV等に起因する需要予測誤差の影響を評価する。
- ・運用計画の分散最適化問題への帰着を示す。

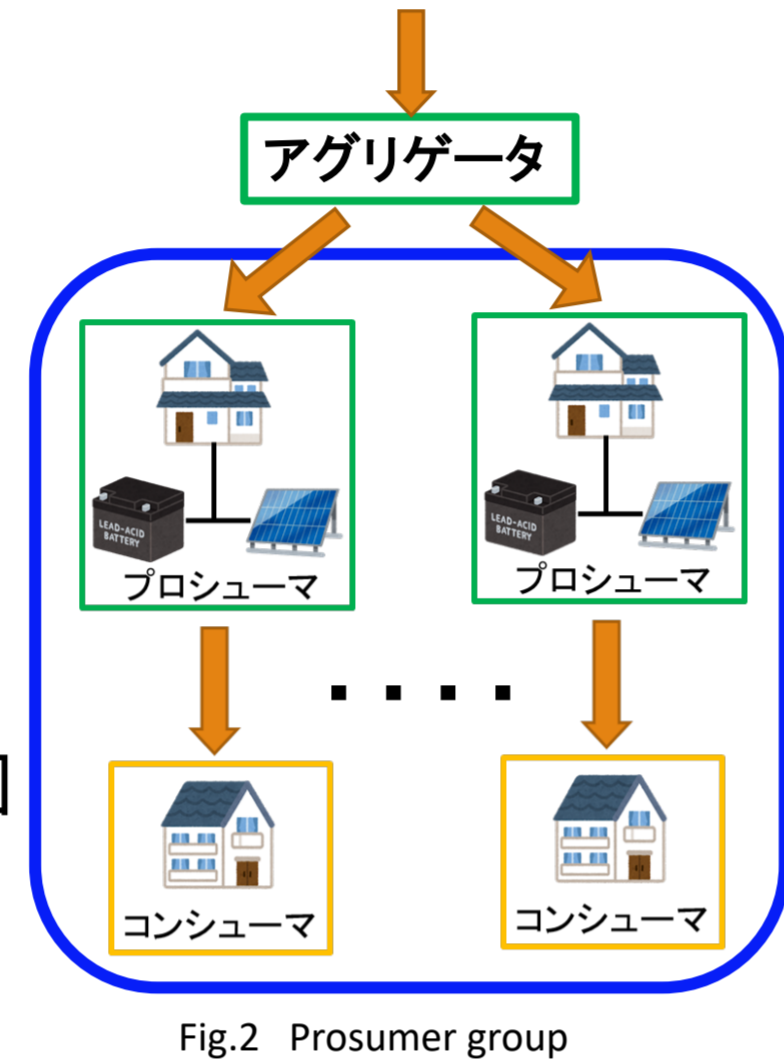


Fig.2 Prosumer group

2.プロシューマ群の予測協調運用計画

プロシューマ群に対し、PV等の需要予測誤差を考慮した協調運用計画問題を定める。

プロシューマ蓄電モデル

プロシューマ $i(i = 1, \dots, M)$ に対して

$$x_i(n+1) = x_i(n) - w_i(n) + u_i(n)$$

蓄電容量 $x_i(n) \in X_i^a = [x_{min}^i, x_{max}^i]$

プロシューマ需要予測誤差 $\tilde{w}_i(n) \in \tilde{W}_i(n) = [\tilde{w}_{min}^i(n), \tilde{w}_{max}^i(n)]$

Table 1 Parameters

$x_i(n)$	蓄電量 [kWh]
$w_i(n)$	プロシューマ需要 [kW]
$u_i(n)$	潮流量 [kW]

協調運用のための予測誤差を考慮した制約の縮小

協調運用のための群総潮流 $\sum_{i=1}^M u_i(n)$ に対し制約を与える。

群総潮流制約 $\sum_{i=1}^M u_i(n) \in U_{sum} = [u_{min}^M, u_{max}^M]$

[仮定] 運用時には予測誤差分をアグリゲータが買電をおこない、Dead beat 制御則を用いて次のstepで計画軌道に戻る。

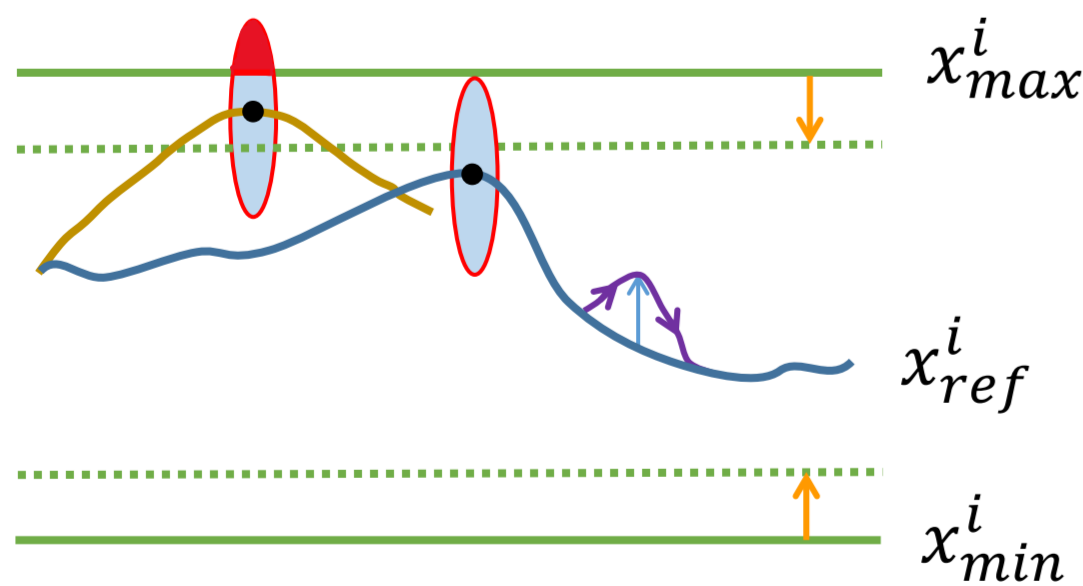


Fig.3 Constraint tightening

- ・予測誤差による計画軌道 x_{ref}^i の偏差を事前に評価し、制約を縮小する。

$$\bar{x}_i(n) = x_i^a \ominus (-\tilde{W}_i(n-1))$$

- ・Dead bead 制御則を事前に評価し、制約を縮小する。

$$\bar{U}_{sum}(n) = U_{sum}(n) \ominus (\oplus_{i=1}^M \tilde{W}_i(n-1))$$

アグリゲータの運用コスト

アグリゲータが電力会社に支払うの電力料金 Table 2にもとづき最小化する。

$$J = \sum_{i=1}^M \sum_{n=1}^{N-1} R(n)u_i(n)$$

Table 2 Time of use (TOU) prices [1]

Time of Day (h)	Price(\$/kWh)
23:00~7:00	0.0075
7:00~13:00	0.03
13:00~17:00	0.12
17:00~19:00	0.03
19:00~23:00	0.12

交互方向乗数法(ADMM)による分散最適化

プロシューマ増加に伴い運用計画の計算は大規模になる。提案手法では、双対分解法より収束が速いADMMの合意に基づき、協調的運用計画問題を分散最適化問題に帰着する。

3.シミュレーション

Fig.2のプロシューマ群について、PV等の需要予測誤差を考慮した1日(N=24)の協調運用計画を求める。

- ・各プロシューマ需要は文献[1]より作成。
- ・プロシューマ群にM=4種類のプロシューマが存在する。
- ・群総潮流を各時刻で70[kW]以下に抑制する。

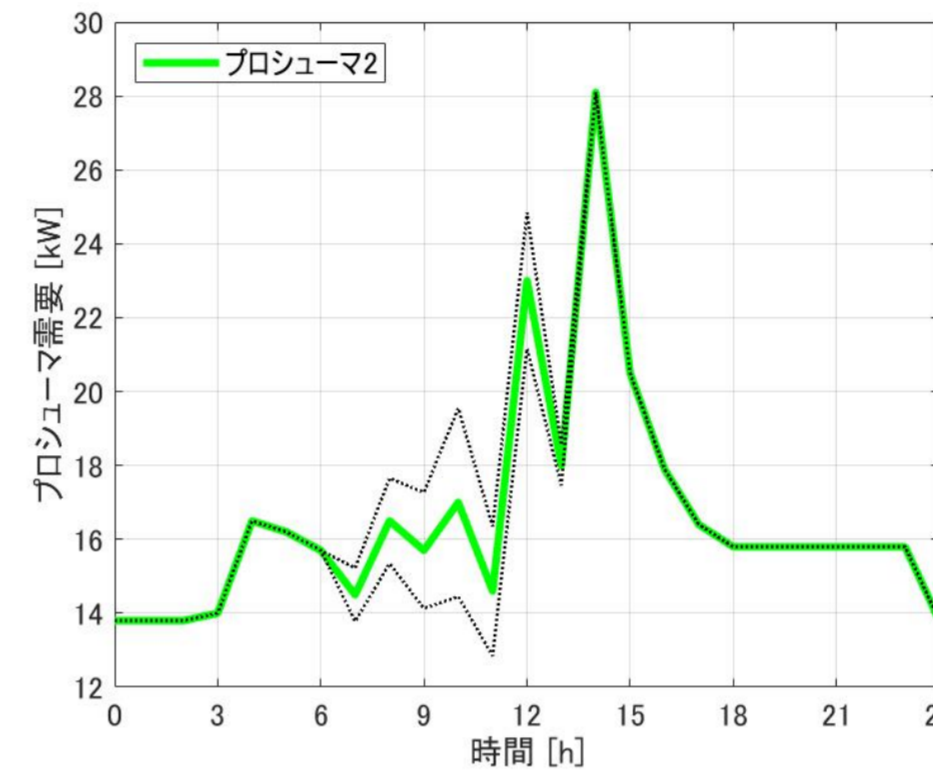


Fig.4 power demand of prosumer 2

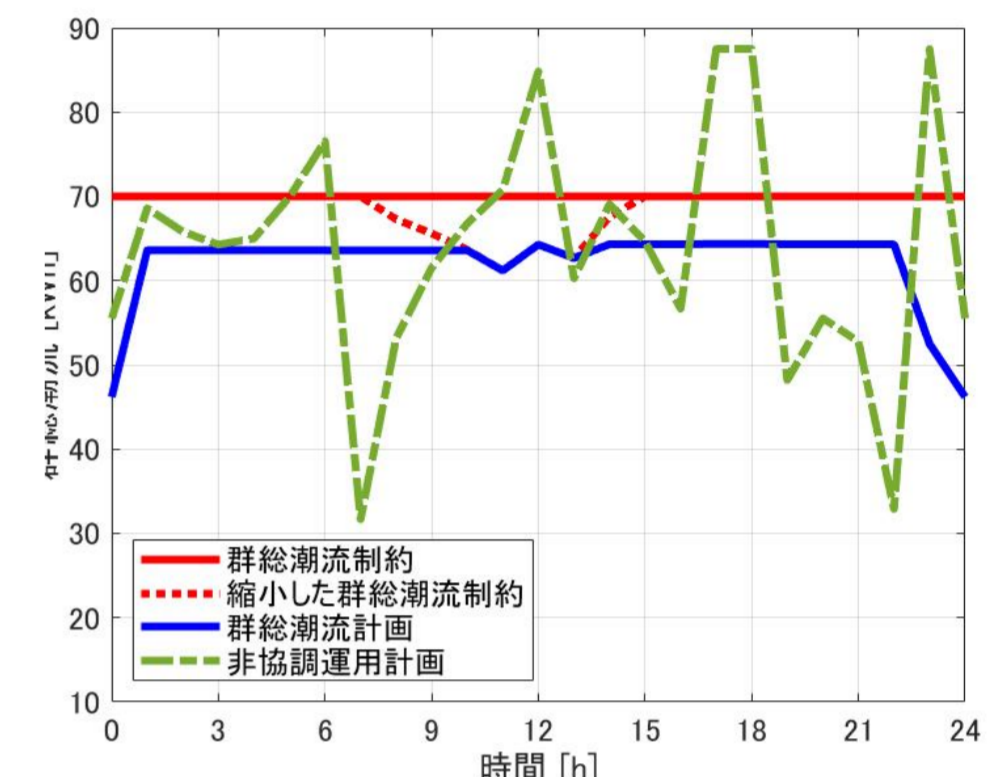


Fig.5 Power flow scheduling of prosumer group

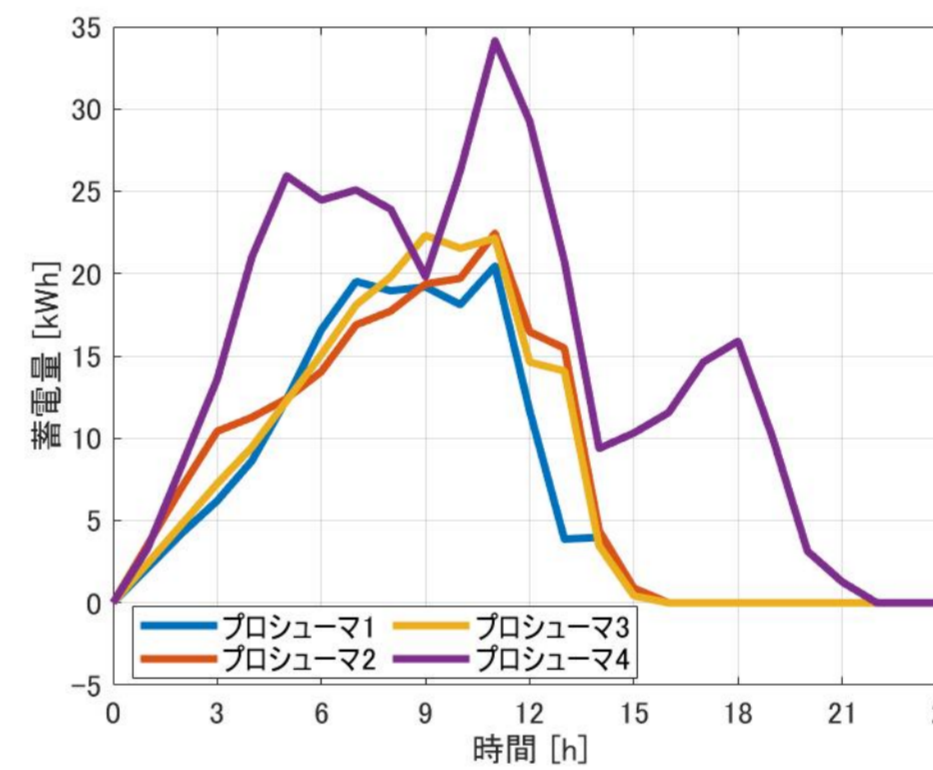


Fig.6 Battery operation of prosumers

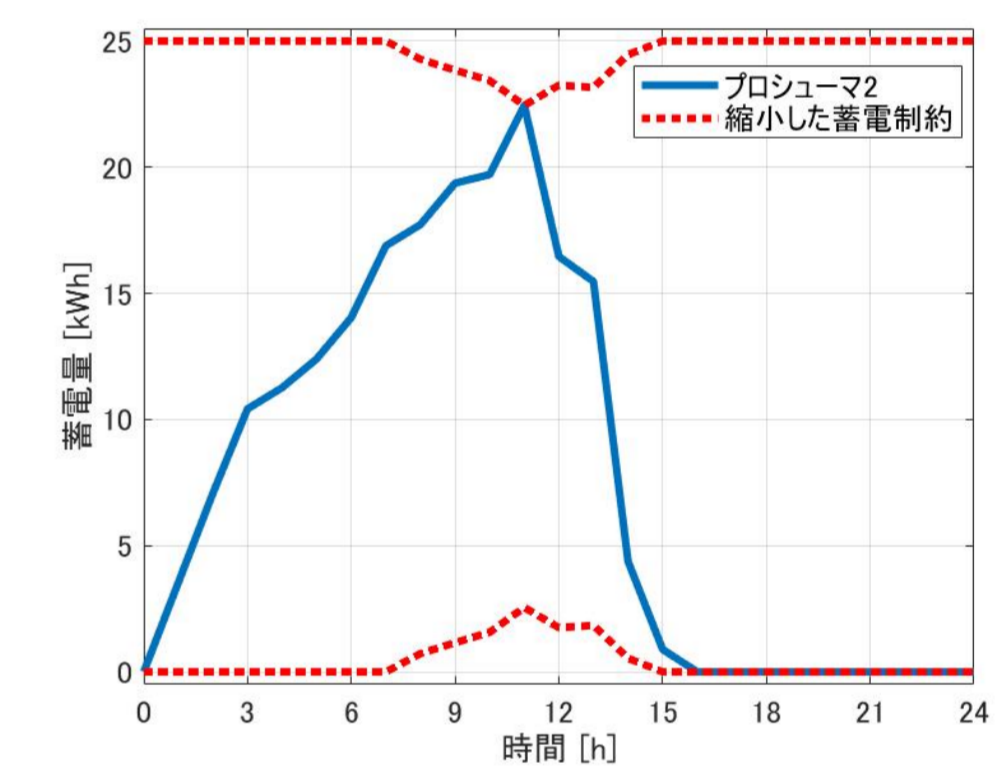


Fig.7 Battery operation of prosumer 2

- ・需要予測誤差を考慮した協調的運用計画は群総潮流制約内で買電をしている。一方、非協調的運用計画は制約を上回る買電をしている。
- ・電力が安い時間帯に充電をし、高い時間帯に放電することで蓄電池を上手く活用する傾向が確認される。

4.まとめと今後の展望

まとめ

- ・分散最適化問題に帰着できるプロシューマ群の協調的運用計画を定め、需要予測誤差を考慮した設計法を導いた。個別運用と比較し、過剰な買電を抑制できることを示した。

展望

- ・充放電効率を考慮し、さらに各プロシューマ間の蓄電池の協調を考慮した運用計画法の検討を行う。

参考文献

- [1] J. Faraji, A. Abazari, M.Babaei, S.M. Muyeen, M. Benbouzid : Day-Ahead optimization of prosumer considering battery depreciation and weather prediction for renewable energy sources; Applied Sciences, 10-8, 2774 (2020)
- [2] V.Spudic, C. Conte, M.Baotic and M. Morari : Cooperative distributed model predictive control for wind farms; Optimal Control Application and Methods, 36-3, 333/352 (2014)
- [3] 端倉, 児島: Constraint tightening法によるロバストMPC; システム/制御/情報,60-6,231/237 (2016)