

連続最適化のアルゴリズムとエネルギー分野への応用 中山研究室

i-パワードエネルギー・システム研究センター (iPERC)
(情報・ネットワーク工学専攻 / 情報数理工学プログラム)

自己紹介

- 2019年3月：博士（理学）取得（東京理科大学）
- 2022年10月～：電気通信大学 iPERC 助教

著書：

- マンガでわかる数理最適化, 中山 舜民(著), 橋 海里 (イラスト), オフィスsawa (制作), オーム社 2024年5月
- 非線形最適化法, 成島 康史, 中山 舜民, 矢部 博, オーム社 (執筆中)

研究：数理最適化，OR

最適化問題

$$\min_{x \in \mathbb{R}^n} \text{ (または } \max_{x \in \mathbb{R}^n} \text{)} f(x) \text{ s.t. } x \in S$$

与えられた制約条件 S の下で，ある関数 $f(x)$ を最小(または最大)にする解 $x = (x_1, \dots, x_n)^\top$ を求める問題．

オペレーションズ・リサーチ (OR)

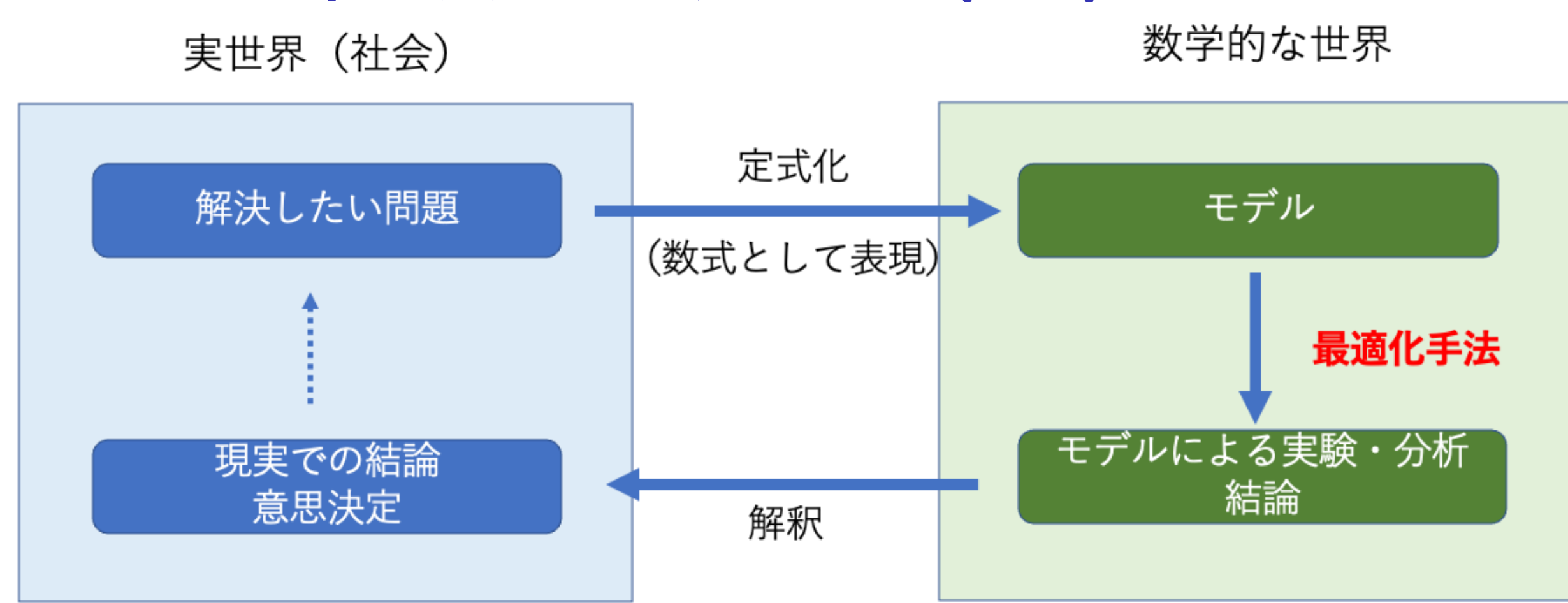


Figure: OR活用の流れ

研究トピック（興味の対象）：

- アルゴリズム
 - 連続最適化のアルゴリズム
- モデリング
 - ロバスト最適化
- 応用
 - 汎用的なモデリングとアルゴリズム $\Rightarrow$ 応用への当てはめ + 調節

連続最適化のアルゴリズム～反復法～

反復法

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k d_k$$

解を逐次更新して最適解を求める手法

- x_k : k 回目の近似解
- $\alpha_k > 0$: ステップ幅
- $d_k \in \mathbb{R}^n$: 探索方向

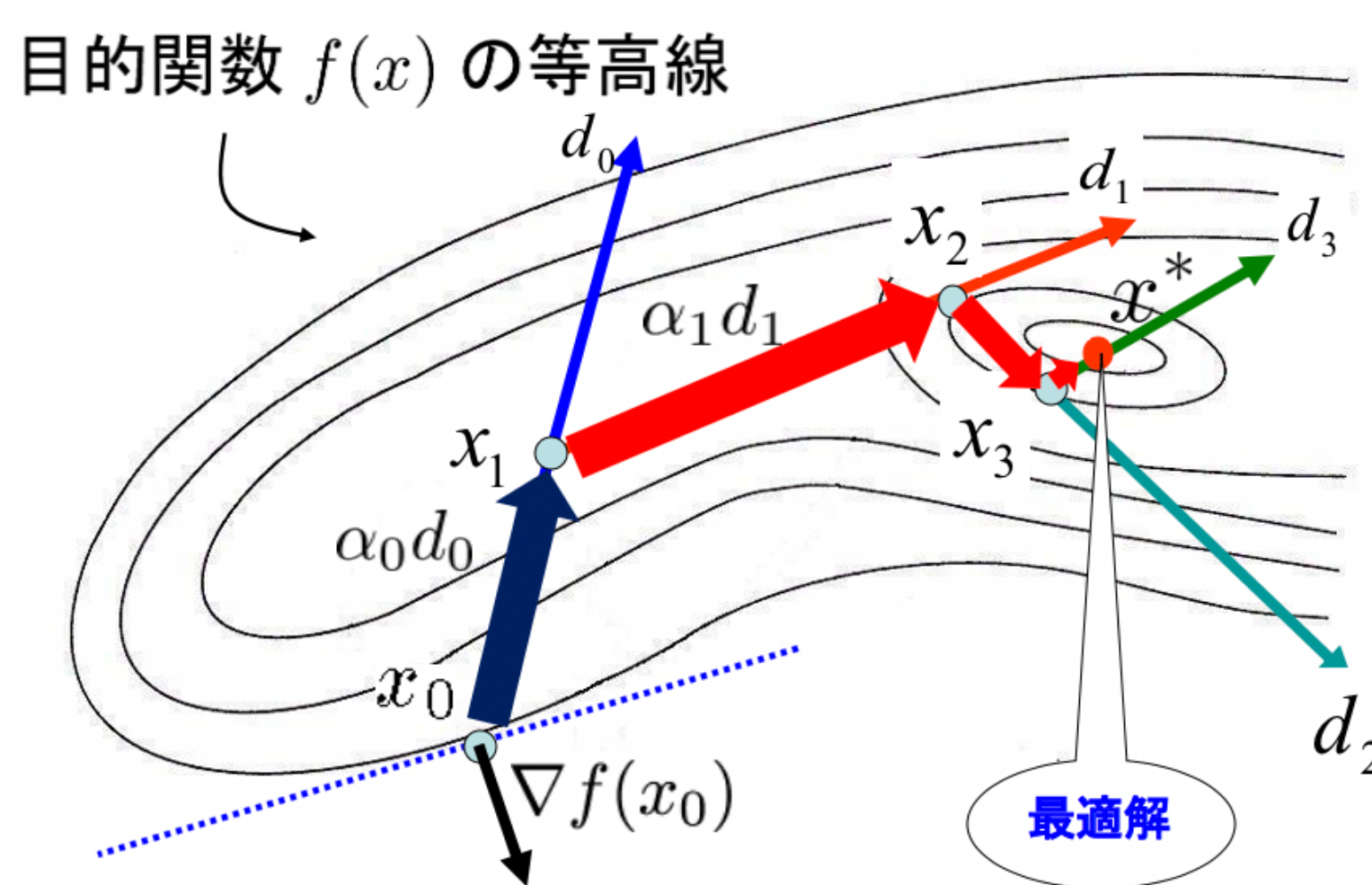


Figure: 目的関数 $f(x)$ の等高線

探索方向

- 1次法（最急降下法など）
 - 勾配（1回微分の情報）を使った方法．
 - 計算コスト 軽 / 反復回数 多
- 2次法（ニュートン法，準ニュートン法など）
 - ヘッセ行列（2回微分の情報）まで使った方法．
 - 計算コスト 重 / 反復回数 少
- 大規模な問題に対する2次法の研究

地域データ活用プロジェクト 発足

大丸有地区 (データ提供:3×3Lab Future)

箱型制約のアルゴリズムの開発とその応用

箱型制約付き最適化問題

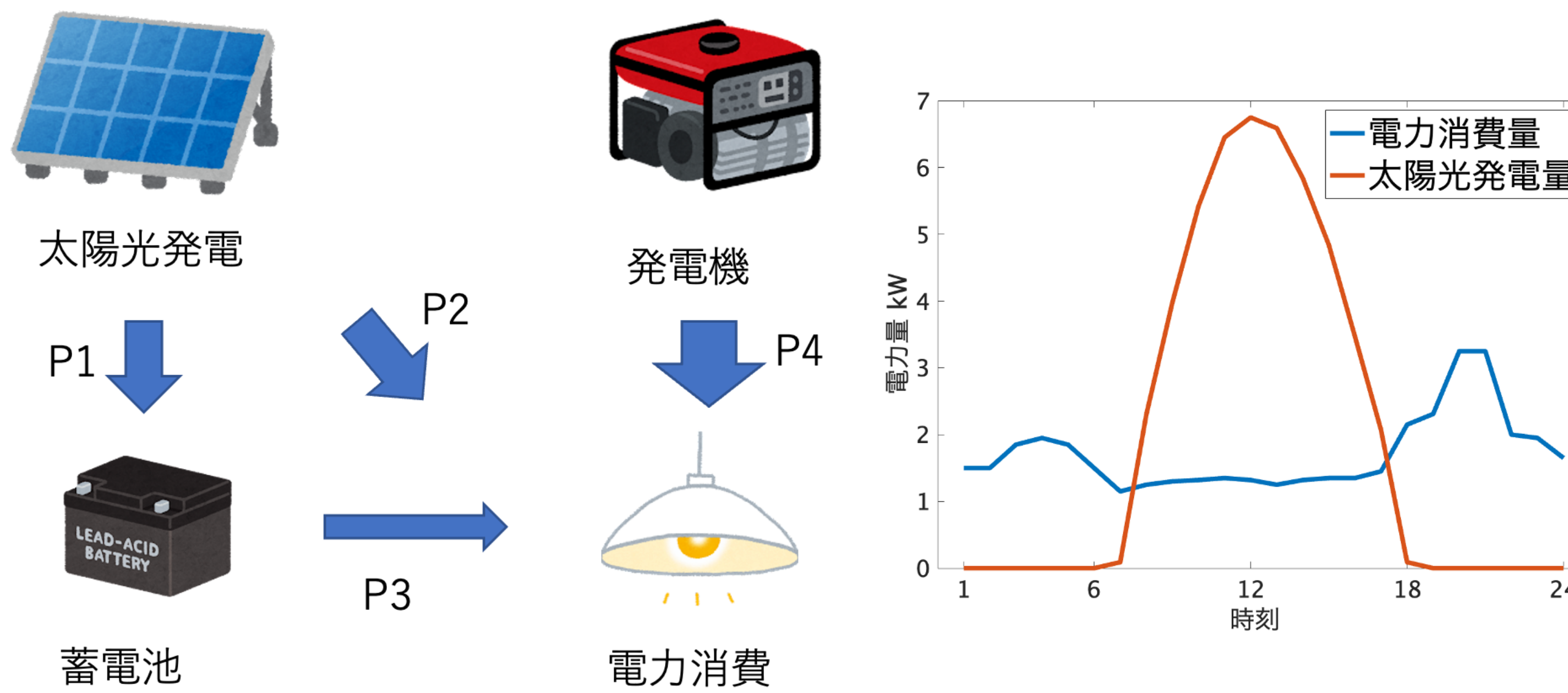
$$\min_{x \in K} f(x), \quad K = \{x \in \mathbb{R}^n \mid l_i \leq (x)_i \leq u_i, \quad i = 1, \dots, n\},$$

ただし $l_i \in \mathbb{R} \cup \{-\infty\}, u_i \in \mathbb{R} \cup \{\infty\}$ ($i = 1, \dots, n$).

変数がブロック構造を持つ問題に対するアルゴリズムを開発

潮流制御への応用

太陽光発電と電力消費量のデータを元に期 t の電力量 $P_i(t)$ を計画．



$$\min_{P_i(t)} \sum_{t=\tau}^{T+\tau} \left(\text{太陽光発電のロス} + \text{蓄電池の負荷} + \text{発電コスト} \right).$$

※ t 毎に変数 $P_i(t)$ のブロック構造

スパース最適化のアルゴリズムとその応用

最適化問題

$$\min_{x \in \mathbb{R}^n} f(x) := g(x) + h(x)$$

$g: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$: L -平滑 (微分可能), $h: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$: 非平滑 (微分可能とは限らない)

h の近接写像が計算可能であれば, 近接勾配法を適用可能

近接勾配法 (最急降下法 (1次法) + 近接写像)

$$x_{k+1} = \text{Prox}_{\frac{1}{L}h} \left(x_k - \frac{1}{L} \nabla g(x_k) \right)$$

- 2次の情報を取り入れた近接勾配法の開発
 - 2次法 + 重み付き近接写像 / 重み付き近接写像の計算困難性
- スパース最適化を用いた需要予測

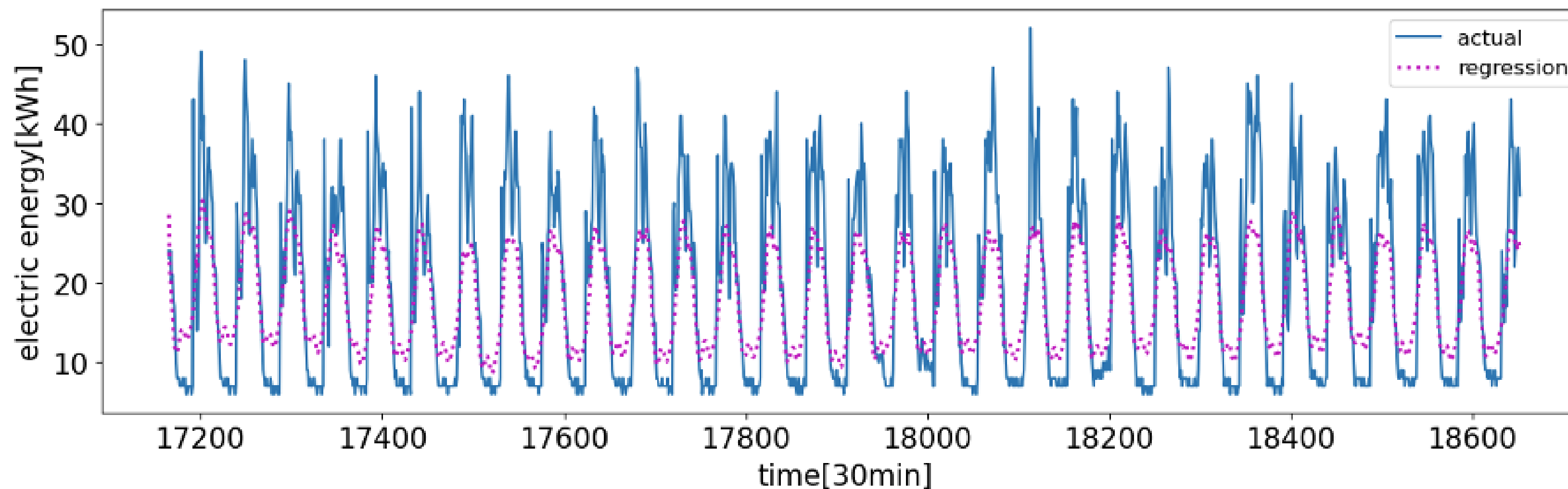


Figure: ある消費者の30分ごとの電力消費量の予測

電気の小売等を行っている共同研究先の顧客の消費電力量の予測モデルの構築や分析

電力の価格決定モデル（ロバスト最適化）

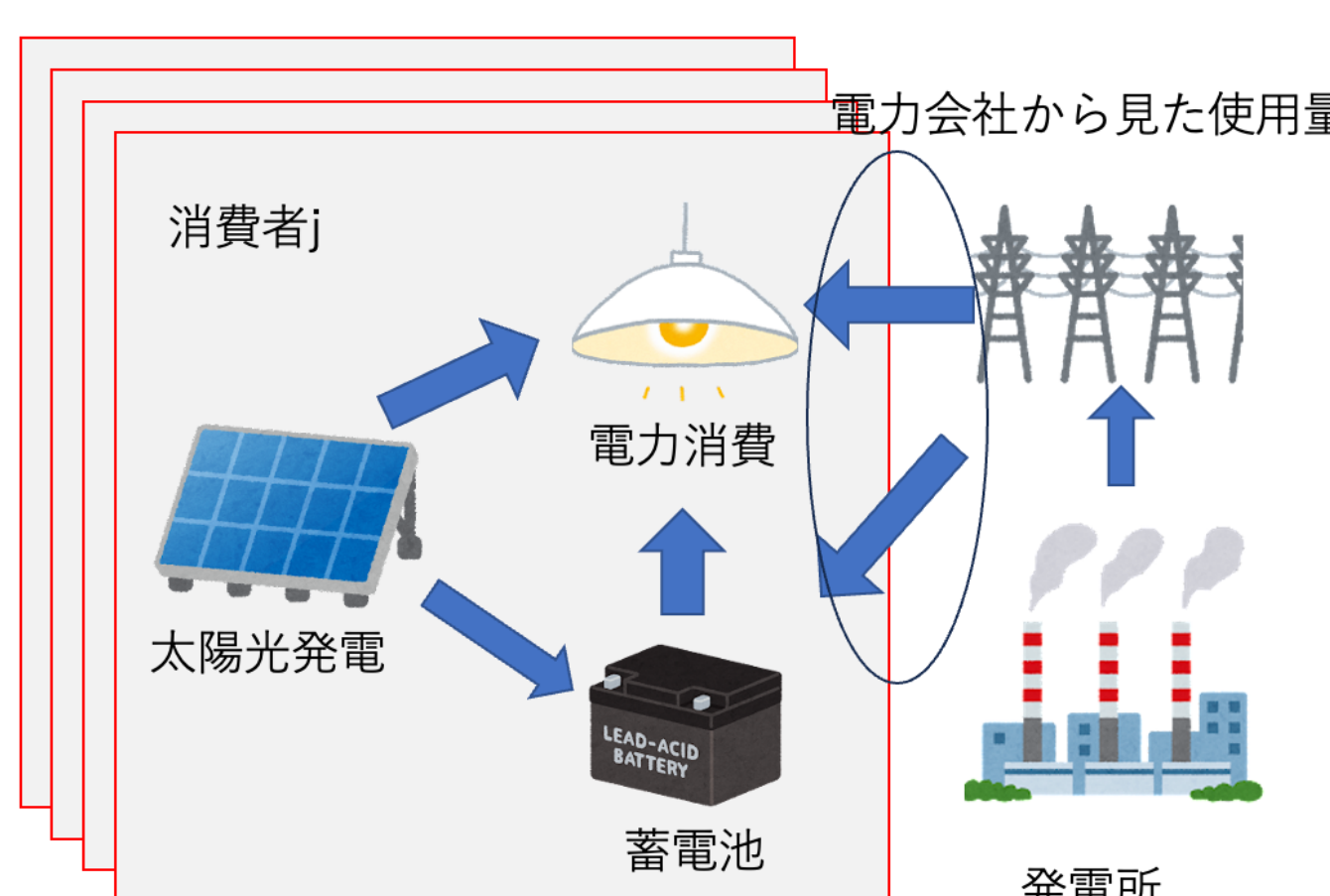


Figure: グリッド

- 電力の需要量と太陽光の発電が不確実なものとした価格決定モデル (Bertsimas and Sim (2004)のロバスト最適化)

消費者の効用

$$\max \text{ 需要の効用} - \text{価格} \times \text{使用量}$$

・価格によって消費量は変動

電力会社の利益

$$\max \text{ 価格} \times \text{使用量} - \text{生産コスト}$$

全体の最適化問題

$$\max \text{ 需要の効用} - \text{生産コスト}$$

価格が打ち消されてる

解いた結果の双対変数が価格