



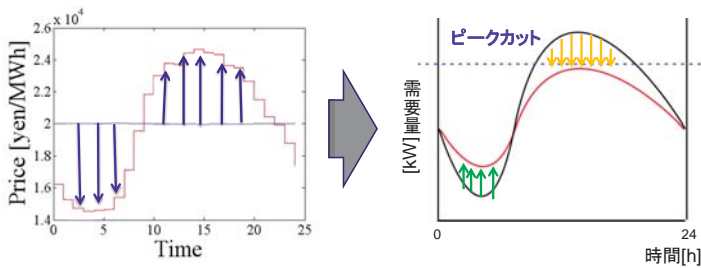
滑川研究室

- Namerikawa Laboratory -

滑川研究室では、システム制御理論を応用することにより
環境・エネルギー社会基盤システムへの貢献を目指しています。

Energy Economy

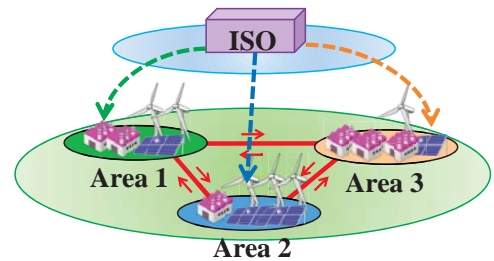
風力・太陽光発電を導入した際における
電力需給の制御手法構築
(ダイナミックプライシング)



- ◆ 勾配法を用いた前日電力料金決定手法
- ◆ リアルタイムでの電力料金決定手法

Energy Network

エネルギーネットワーク網に関する
システム制御手法の構築



- ◆ 電力システムの応答速度に応じた周波数制御システム
- ◆ サイバー攻撃に対する故障検知システム

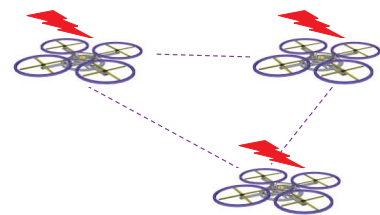
System Control Theory

エネルギー使用を最適化し
環境負荷を軽減するためのシステム構築



- ◆ スマートグリッドのための太陽光・風力発電量予測システム
- ◆ ハイブリッド電気自動車 (HEV) のための燃費最適化システム
- ◆ バッテリーを効率よく利用するためのマネジメントシステム

環境認識問題へ応用するための
マルチエージェントシステム制御手法構築



- ◆ 無人航空機の協調フォーメーション制御手法
- ◆ 無人航空機の通信途絶を考慮したフォーメーション制御手法
- ◆ 無人航空機を用いた環境地図作成手法

Energy Management System

Multi Agent System

研究者名

システムデザイン工学科 / 総合デザイン工学専攻 教授 滑川 徹

お問合せ先

Email : namerikawa@sd.keio.ac.jp TEL : 045-566-1731
URL : <http://www.namerikawa.sd.keio.ac.jp/>



エネルギーネットワークの制御と計測

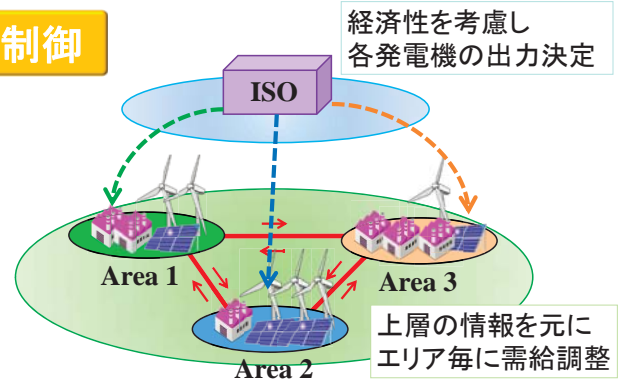
- Control and Measurement in Energy Network -

電力システムの周波数制御

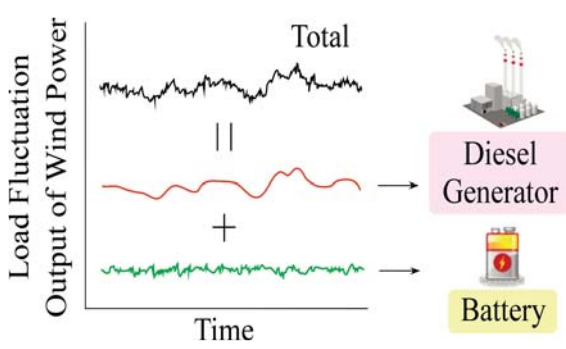


再生可能エネルギーの増加
↓
需給バランスの維持が困難
↓
周波数制御の必要性

階層制御



応答速度に応じた周波数制御分担

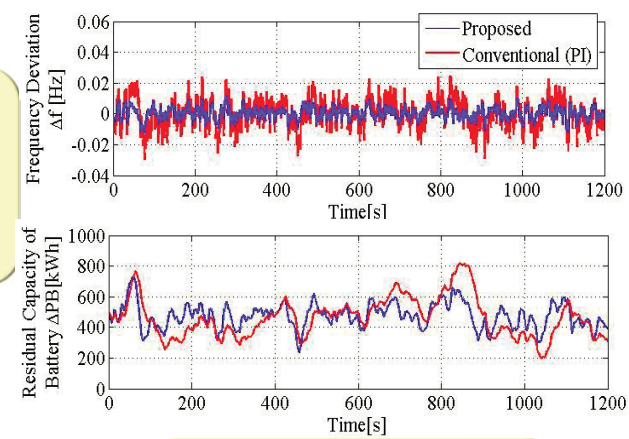


ディーゼル発電機 → 応答が遅い
蓄電池 → 応答が速い

フィルタによる制御分担

● ディーゼル発電機と蓄電池の協調を考慮

経済性を考慮した需給制御

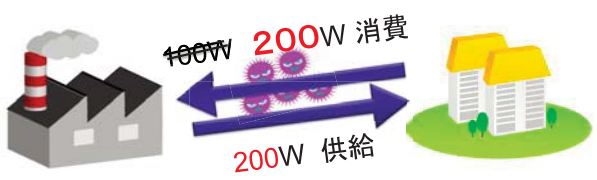


サイバー攻撃における故障検出

双方向情報通信技術の積極的導入

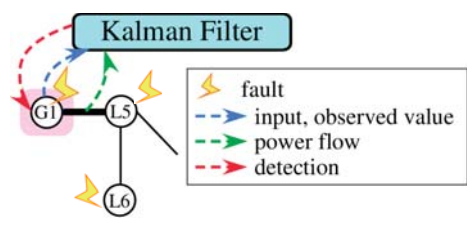
サイバー攻撃の脆弱性増加

生産活動に対する重大な影響 → サイバー攻撃の早急な検出が重要



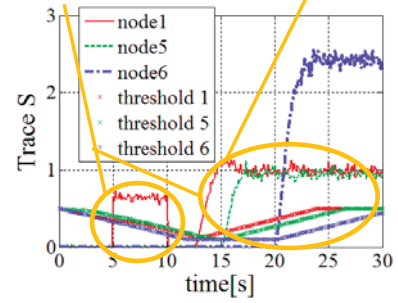
分散カルマンフィルタ

複数のサイバー攻撃に対応



故障に異常反応

各ノードの異常にそれぞれ反応



- 蓄電池の容量削減
- 周波数変動の抑制

研究者名 システムデザイン工学科 / 総合デザイン工学専攻 教授 滑川 徹
大学院生 増井 健治 入田 隆 高村 俊

お問合せ先 Email: namerikawa@sd.keio.ac.jp TEL: 045-566-1731
URL : http://www.namerikawa.sd.keio.ac.jp/



エネルギーマネジメントシステム

- Energy Management System -

エネルギーマネジメントシステム

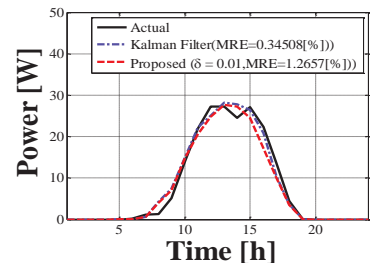
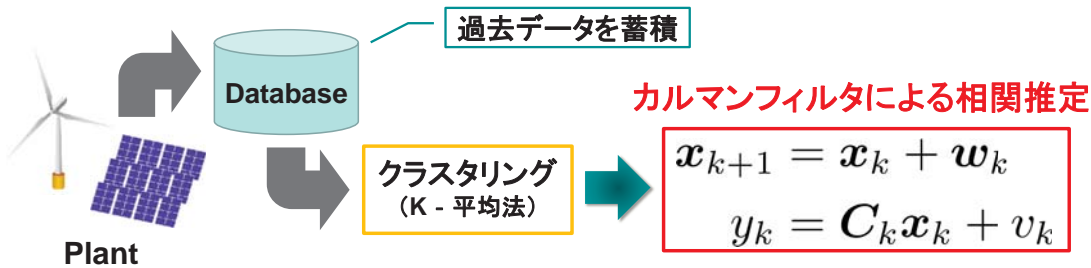
・・・エネルギー使用を最適化し、環境負荷を軽減させるシステムのこと

具体例

- ▶スマートグリッドのための太陽光・風力発電量予測システム
- ▶ハイブリッド電気自動車 (HEV) のための燃費最適化システム
- ▶充放電可能な二次電池を安全・高効率に利用するためのマネジメントシステム

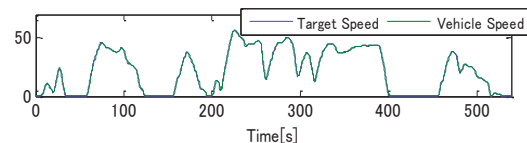
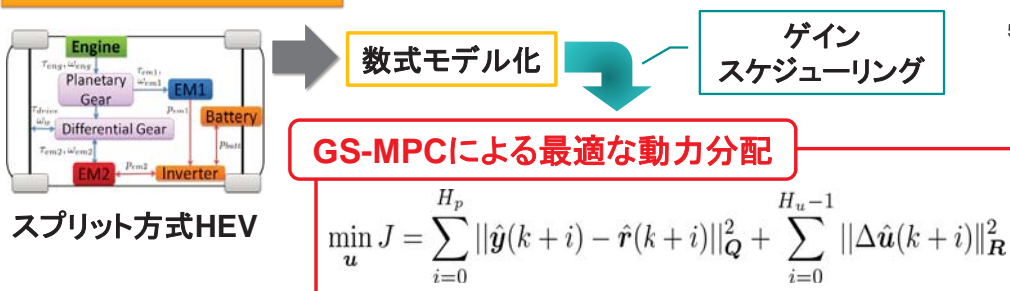
<研究テーマ概要>

発電量予測 : 24時間先の発電出力量予測システムの構築



誤差の小さい予測

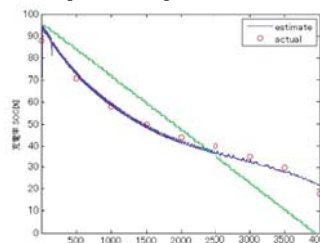
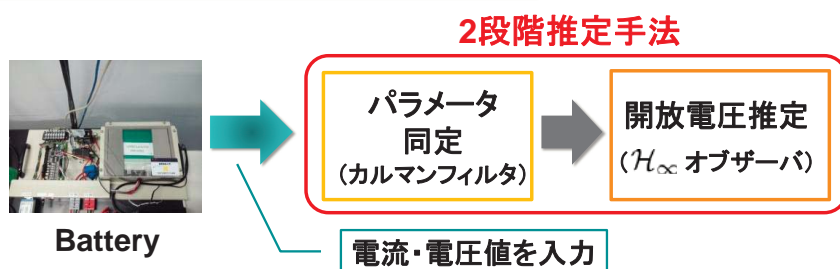
HEV燃費最適化 : 24時間先の発電出力量予測システムの構築



	GS-MPC	Rule base
燃費[km/L]	25.43	22.79
SOC[%]	58.34	58.31

目標車速への追従による燃費最適化

バッテリーマネジメントシステム : バッテリーの充電率 (SOC) 推定システムの構築



	誤差 (%)
提案手法	3.6
付属ソフト	18

付属ソフトより正確なSOC推定手法

研究者名

システムデザイン工学科/総合デザイン工学専攻 教授 滑川 徹
大学院生 猪狩 俊介 井山 仁志 名取 滉平

お問合せ先

Email : namerikawa@sd.keio.ac.jp TEL : 045-566-1731
URL : http://www.namerikawa.sd.keio.ac.jp/



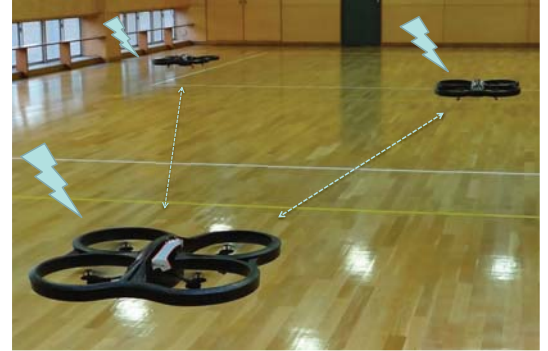
分散協調型マルチエージェントシステム

-Distributed Cooperative Control for Multi-Agent Systems-

マルチエージェントシステム

ネットワーク接続された複数機エージェントが
情報交換を通し、協調的にタスクを行うシステム

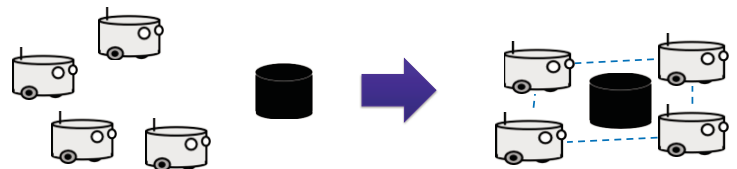
- 優れた効率性 - 短時間等, 作業効率の向上
- 優れた耐故障性 - タスク遂行力の向上



マルチエージェントシステム

応用例

- フォーメーション制御への応用
- 環境認識問題への応用
- 動物の群れ行動の再現



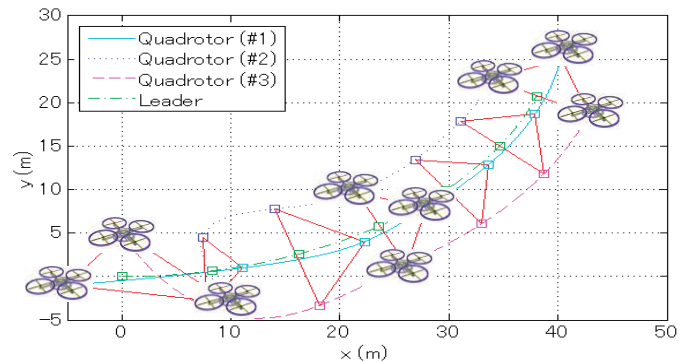
① Formation Control

UAV (無人航空機) 群のフォーメーション

合意アルゴリズムによる協調制御

$$u_i = - \sum_j \alpha_k \left(x_j^{(k)} - x_i^{(k)} \right)$$

入力 ゲイン 状態量偏差



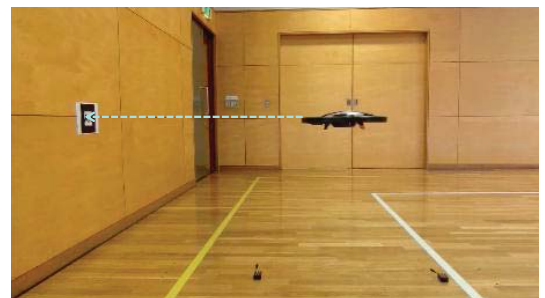
② Localization and Mapping

UAV による環境認識

カルマンフィルタを用いた推定誤差の修正

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{k|k-1} + K_k \tilde{y}_k$$

事後推定 事前推定 ゲイン 出力予測誤差



カメラ情報から壁との距離を推定

研究者名

システムデザイン工学科 / 総合デザイン工学専攻 教授 滑川 徹
大学院生 栗城 康弘 小嶋 昂明 森 翔平

お問合せ先

Email: namerikawa@sd.keio.ac.jp TEL: 045-566-1731
URL : <http://www.namerikawa.sd.keio.ac.jp/>



電力網のダイナミックプライシング

-Dynamic Pricing for Power Network-

Background

脱原発・地球温暖化問題

風力・太陽光発電大量導入
発電量は天候依存

Problem

電力需給バランスの乱れ

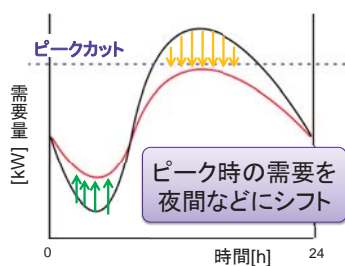
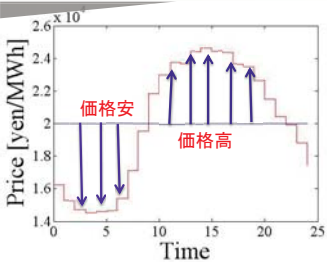
系統周波数変動発生
電力系統への悪影響

Approach

ダイナミックプライシング

電力価格動的決定
電力価格による電力需給制御

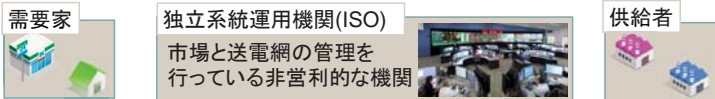
ダイナミックプライシングとは



電力料金の単価を時間で変化させる料金体系

需要が多い昼の時間帯・再生可能エネルギー発電量の急減
→ 電力料金を上げる → 電力需要の低下
需要が少ない深夜の時間帯・再生可能エネルギー発電量の急増
→ 電力料金を下げる → 電力需要の増加

3つの参加者(プレイヤー)



電力負荷平準化・電力需給一致

アプローチ1 前日決定電力料金: Day-Ahead Pricing

主問題 社会全体の利益の最大化 電力需給量の一致

$$\max_{s,d,\theta} \sum_{i \in A} \{v_i(d_i) - c_i(s_i) - f_i(\theta_i)\} \quad \text{s.t. } s + \bar{B}\theta = d$$

s : 発電量
 d : 需要量
 θ : 電圧位相角

双対問題

$$\min_{\lambda} \max_{s,d,\theta} L(\lambda, s, d, \theta)$$

$L(\lambda, s, d, \theta) = \sum_{i \in A} \{v_i(d_i) - \lambda_i d_i + (\lambda_i s_i - c_i(s_i))\} + \lambda^T \bar{B}\theta - \sum_{i \in A} f_i(\theta_i)$

ラグランジュ乗数 λ が電力価格に相当

勾配法を用いた分散的な電力価格決定

ISO: $\lambda^{k+1} = \lambda^k + \gamma(s + \bar{B}\theta - d)$

Generators: $s_i^k = \arg \max_{s_i} \lambda_i^k s_i - c_i(s_i)$

Consumers: $d_i^k = \arg \max_{d_i} v_i(d_i) - \lambda_i^k d_i$

アプローチ2 実時間電力料金: Real-Time Pricing

主問題

$$\max_x \sum_{i=1}^n J_i(x_i) + J(z)$$

目的関数 (プレイヤーの利益の総和, 公共利益の最大化)

s.t. $z = H(x) = \sum_{i=1}^n H_i(x_i)$

制約条件 (公共利益ダイナミクス・需給偏差の解消)

$$g_j(x) = 0 \quad (j = 1, \dots, m)$$

非協力ゲーム

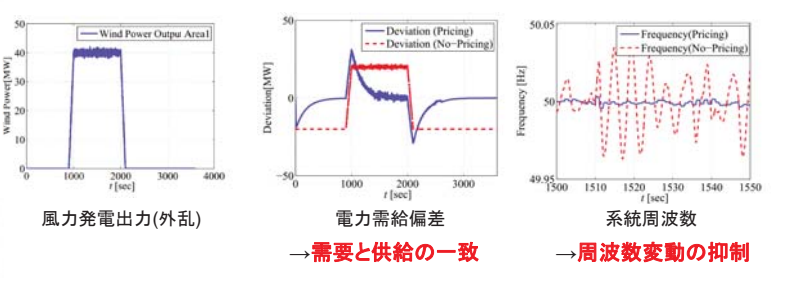
$$\min_{\lambda_j} O_i(x, \lambda_j) = \min_{\lambda_j} \lambda_j g_j(x)$$

ISO目的関数

$$\max_{x_i} C_i(x_i, x_{-i}, \lambda_i) = \max_{x_i} J_i(x_i) + \pi_i(x_i, x_{-i}, \lambda)$$

需要家(供給者)目的関数

付加コスト



研究者名

システムデザイン工学科/総合デザイン工学専攻 教授 滑川 徹

大学院生 大川佳寛 佐藤 隆太郎 池上裕人

お問合せ先

Email: namerikawa@sd.keio.ac.jp TEL: 045-566-1731
URL : http://www.namerikawa.sd.keio.ac.jp/