

エネルギー消費行動の観測と分散蓄電池群の 協調的利用に基づく車・家庭・地域調和型 エネルギー管理システム

平成28年8月29日

研究代表者： 名古屋大学 鈴木達也

研究グループ

鈴木G(名古屋大)	馬場G(東京大)
藤本G(東京大)	薄G(大阪府大)
石井G(東京工大)	小野田G(青山学院大)
太田G(東京都市大)	

研究課題一覧



データ観測・予測・診断

ローカル最適化

アンシラリー・EVシェアリング

番号

課題名

- | | |
|-----|------------------------------------|
| ①-1 | 需要家のエネルギー消費と車利用の同時観測(鈴木) |
| ①-2 | EVシェアリングシステムにおける走行データ・SOCの同時観測(鈴木) |
| ①-3 | V2Gシステムにおけるアンシラリーサービスのデータ観測(鈴木・UD) |
| ①-4 | 各家庭・需要家間移動のモデル化と車利用予測(鈴木) |
| ①-5 | エネルギー／通信データの統合による異常・攻撃検知(石井・小野田) |
| ②-1 | 車載蓄電池を活用したHEMS・BEMS(鈴木) |
| ②-2 | 拠点間移動を考慮した複数拠点におけるEMSの協調的計画(鈴木) |
| ②-3 | 車載蓄電池とヒートポンプの相補協調的運転計画(馬場・鈴木) |
| ②-4 | 走行中の車内エネルギーマネジメントとワイヤレス給電(藤本) |
| ③-1 | アンシラリーサービスのためのV2Hアグリゲータの設計(鈴木・UD) |
| ③-2 | 分散蓄電池群を活用したアンシラリーサービスの設計(薄・太田) |
| ③-3 | EVシェアリングにおける車両割り当てと充放電の同時最適化(鈴木) |

HPWHと車載蓄電池の協調利用 (鈴木G・馬場G)

HPWHと車載蓄電池の協調利用

【Given】 $k \in [t, t+T-1]$

$\tilde{W}^+(k|t)$ 消費電力, $\tilde{W}^-(k|t)$ 発電電力, $\tilde{y}(k|t) \in \{0, 1\}$ 車走行予測
 $f^+(t)$ 買電価格, $f^-(t)$ 売電価格, $\tilde{B}^{cons}(k|t)$ 車走行による電力消費
 $\tilde{T}_{air}(k)$ 気温予測値, $\tilde{T}_{water}(k)$ 水温予測値, $\tilde{Q}_{use}(k)$ 使用熱量予測値

【Find】 $k \in [t, t+T-1]$

$p(k|t)$; 車載蓄電池の充放電電力 [kW]
 $\alpha_{65}(k|t) \in \{0, 1\}$; HPWHの運転指令(沸き上げ設定温度65°C)
 $\alpha_{90}(k|t) \in \{0, 1\}$; HPWHの運転指令(沸き上げ設定温度90°C)

【Subject to】

- ・電力, 車の使用に関する制約
- ・HPWHモデルに関する制約
- ・HPWHの運用に関する制約

【Objective Function】

minimize:

$$Z = \sum_{\tau=t}^{t+T-1} F(\tau)W(\tau|t) \Delta t + \omega_1 \sum_{\tau=t}^{t+T-1} (\alpha_{65}^{on}(\tau|t) + \alpha_{90}^{on}(\tau|t))$$

24時間先までの電気代

ON/OFF切替回数

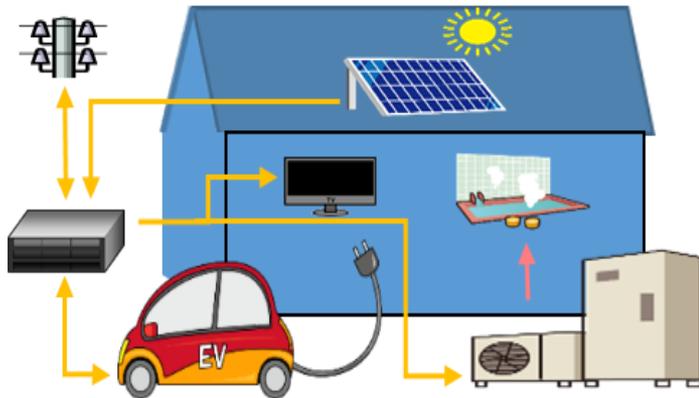
$$+ \omega_2 \sum_{\tau=t}^{t+T-1} |p(\tau|t) - p(\tau-1|t)| + \omega_3 \sum_{\tau=t}^{t+T-1} S(\tau|t) \Delta t$$

充放電量を平滑化

余剰電力のペナルティ

$$W(k|t) = \tilde{W}^+(k|t) + \tilde{W}^-(k|t) + p(k|t) + P_{HP}(k|t)$$

$$S(k|t) = \begin{cases} 0 & \text{if } W(k|t) \geq 0 \\ -W(k|t) & \text{if otherwise} \end{cases}$$



HPWHと車載蓄電池の協調利用

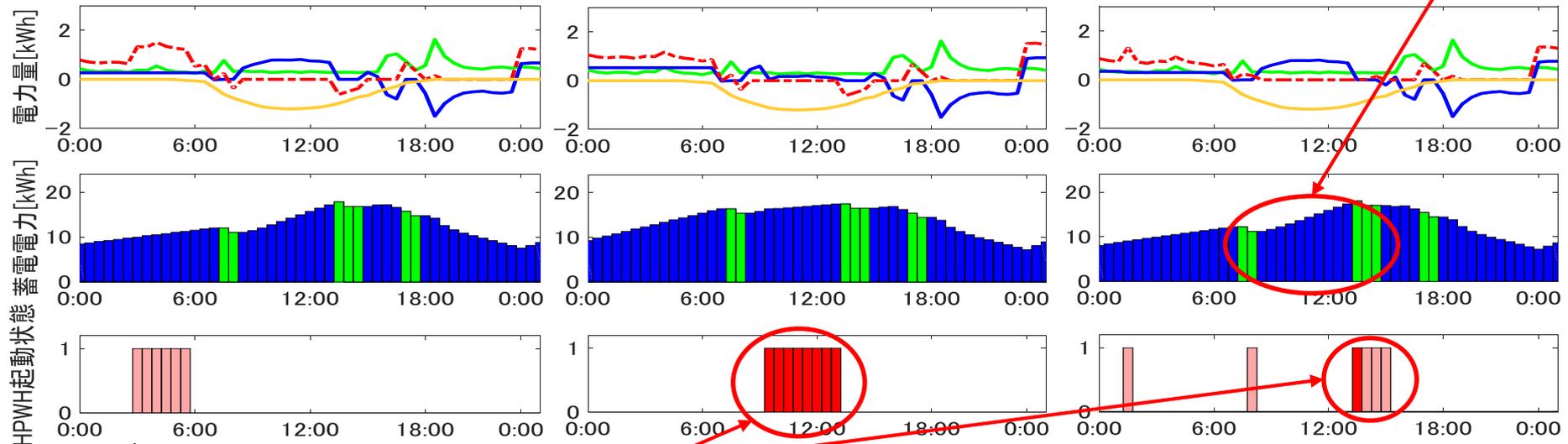
■ シミュレーション例

Point 1: EV接続時は蓄電池, 非接続時はHPWHによりPV発電電力を利用

【定時沸き上げ】

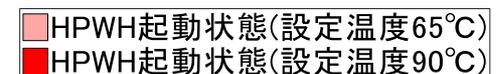
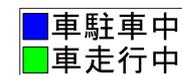
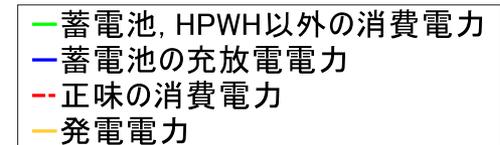
【逐次最適化 (HPWH→蓄電池)】

【同時最適化】



Point 2: 沸き上げ温度の切替によりPV発電電力を可能な限り熱エネルギーとして貯蔵

買物・送迎	従来手法	逐次最適化	同時最適化
余剰電力[kWh/週]	11.96	10.42	4.69
電気料金[JPY/週]	1857	1935	1814



車使用やPV発電の時間帯に合わせたHPWHの運用を実現

HPWHの制御特性

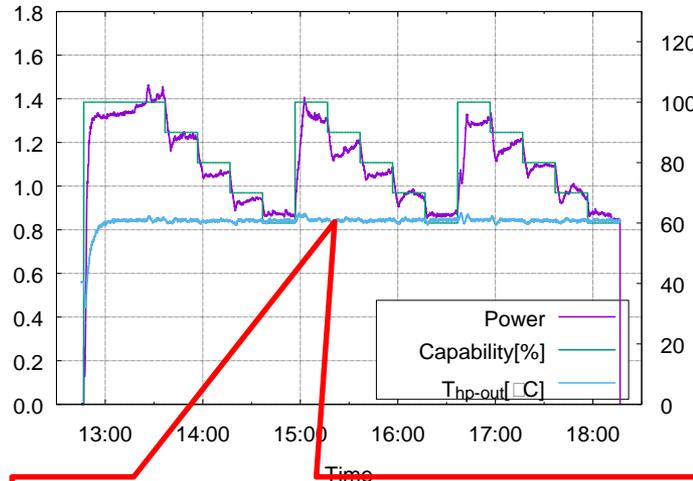
HPWHの可制御性の確認と特性取得

外部指令に応じた熱出力制御可能なHPWHに対し、静的・動的に指令を変化させた場合の特性を取得

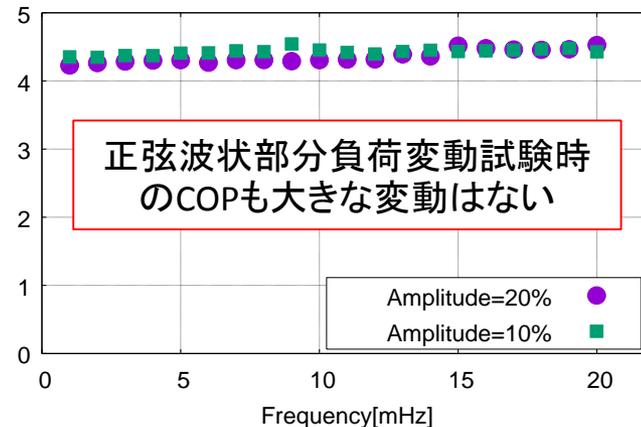
伊藤チームより提供された部分負荷制御可能なHPWH



制御ユニット
PCとUSB通信により熱出力を設定可能

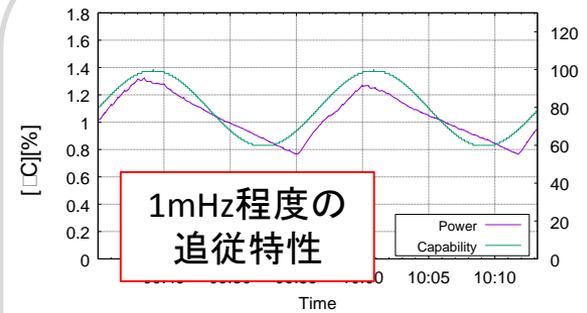


部分負荷にしても出湯温度に変化なし

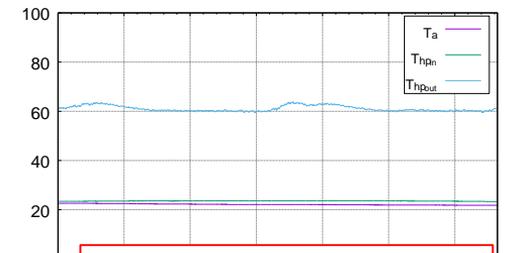


正弦波状部分負荷変動試験時のCOPも大きな変動はない

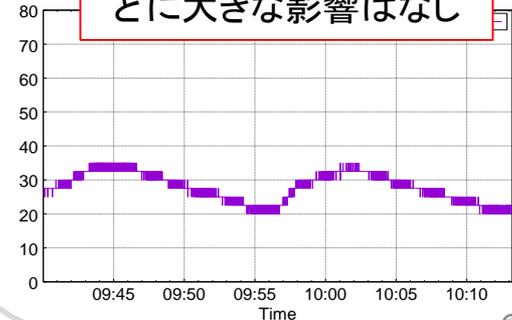
正弦波応答試験



1mHz程度の追従特性



炊き上げ湯温・流量などに大きな影響はなし

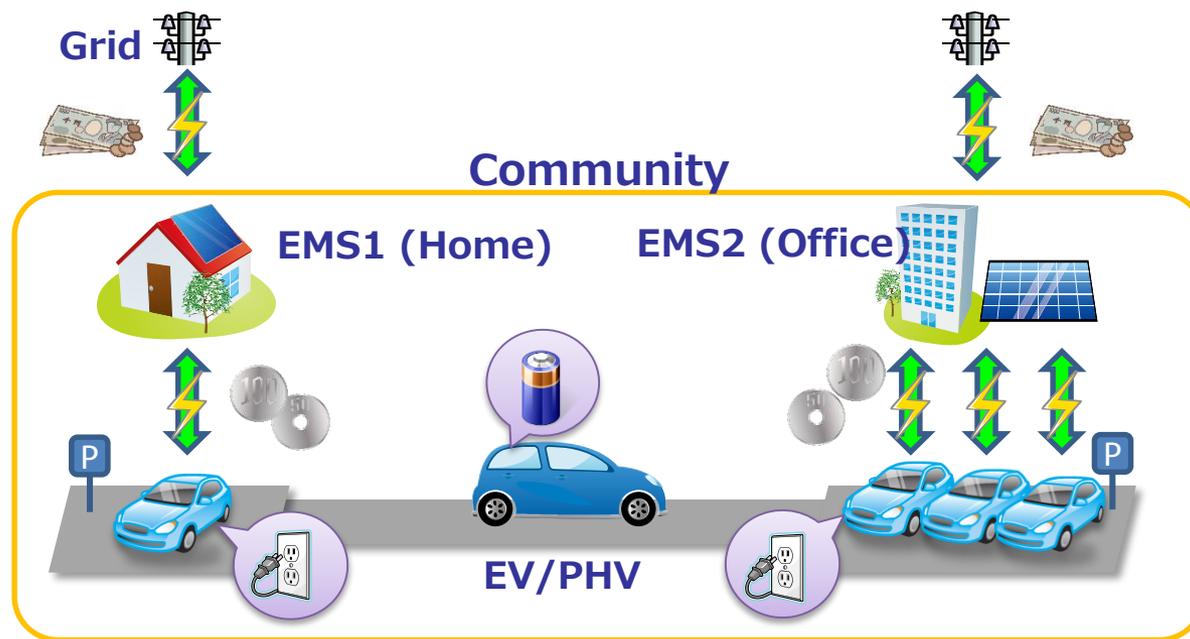


拠点間移動を考慮した複数拠点におけるEMSの協調的計画（鈴木G）

複数拠点におけるEMSの協調

複数のEMS（駐車拠点）間を複数のEV/PHVが移動するコミュニティでの充放電計画を設計したい

- EV/PHVのEMS間での排他性は？ →複数拠点間の各車の使用予測 ①
- コミュニティの目標は？ →系統との電力取引における電気代の最小化
- EV/PHV所有者の利益は？ →EV/PHVとEMSを共にエージェント化 ②
- 大規模化による計算爆発は？ →双対分解に基づく分散最適化



拠点間の移動を考慮した車の使用予測

単拠点における使用予測問題 [Yamaguchi et al. 2015] を拡張し，車の使用状況（駐車中／走行中）に加え**移動先の拠点のラベル**も予測する．

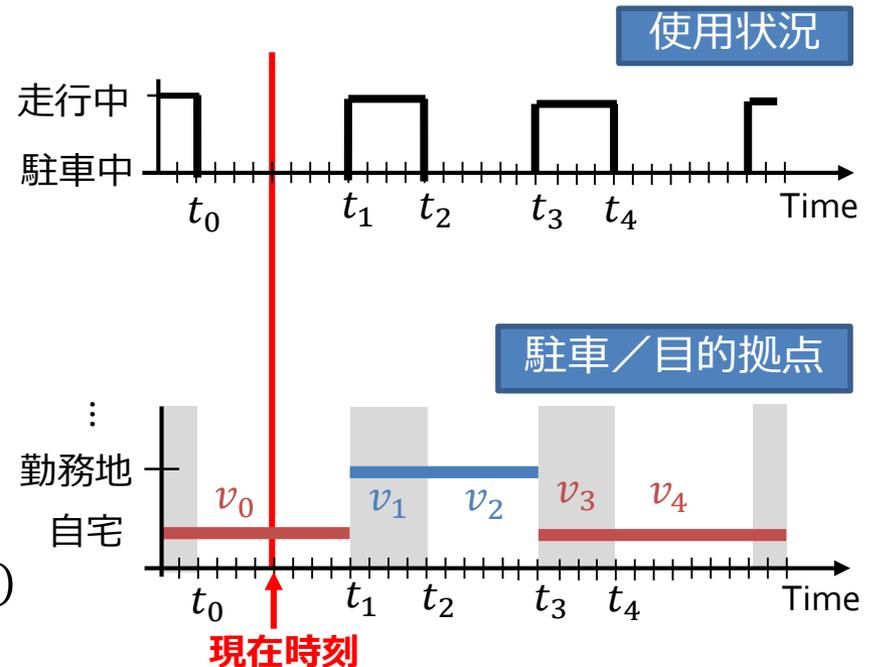
Given γ^t 現在時刻の使用状況
 t_0 直近の出発／到着時刻
 A 過去の使用履歴（度数分布）
 v_{-1} **直近の駐車拠点**

Find t_1, t_2, \dots, t_k
 1日後までの出発／到着時刻
 $v_0, v_1, v_2, \dots, v_k$
駐車／目的拠点のラベル

Which maximize

$$J = P(t_1, t_2, \dots, t_k, v_1, \dots, v_k | t_0, \gamma^t, A, v_{-1})$$

走行パターンの生起確率

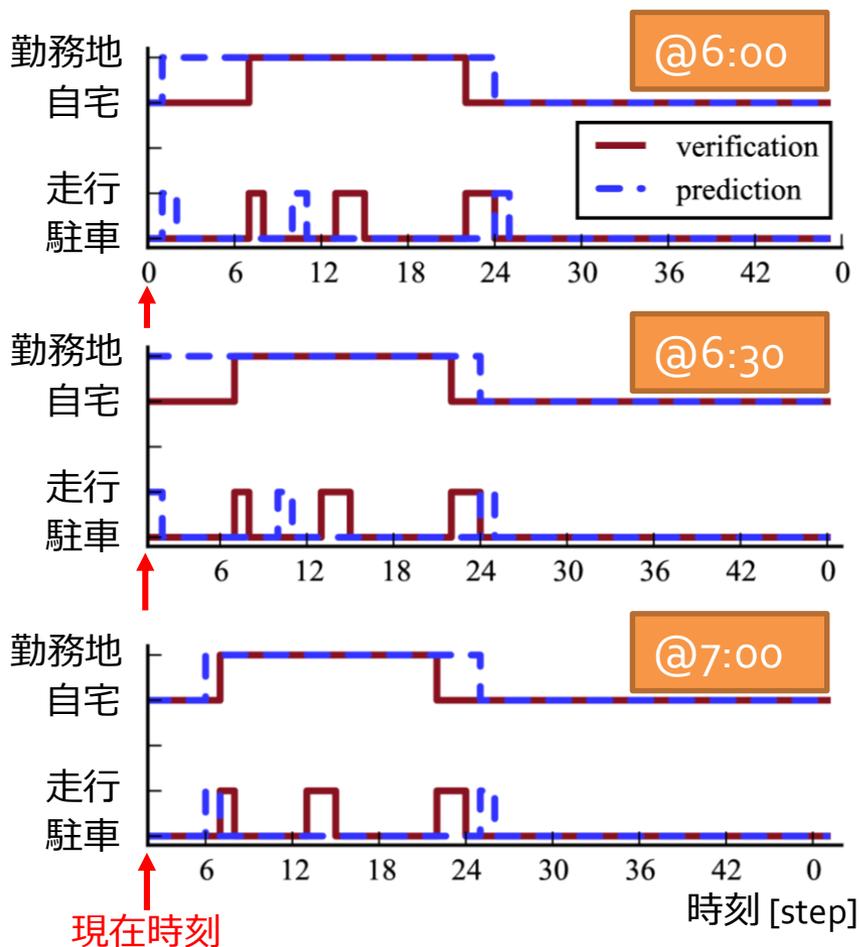


上の最適化問題の解を実時間に求めることは難しい

→ 使用状況をマルコフ過程によりモデル化し，動的計画法に基づき解を求める

拠点間の移動を考慮した車の使用予測

● 走行パターン（予測と実際）の比較



● 被験者

- 車の使用者 : 中年層主婦
- 主な使用目的 : 通勤・買い物
- 主な駐車拠点 (GPSデータから抽出)
 - 自宅
 - 勤務地
 - 商業施設 (スーパーマーケット)

● 1ステップ当たりの計算時間

拠点数	1	2	3	5
計算時間(msec)	6.87	38.7	87.9	264.4

● 3ヶ月の予測結果からの正答率

	拠点 ₁ 自宅	拠点 ₂ 勤務地	拠点 ₃ 商業施設
駐車回数	1000	778	127
True Positive Rate 駐車中ではないことの的中率	88.0%	97.1%	99.8%
Negative Predictive Value 駐車予測の信頼性	92.7%	57.9%	9.28%

複数拠点におけるEMSの協調

※ $\mathcal{H} = \{h_1, h_2, \dots, h_H\}$: EMS集合, $\mathcal{V} = \{v_1, v_2, \dots, v_V\}$: EV集合, $K(t) = \{t, t + \Delta t, \dots, t + (T - 1)\Delta t\}$: 時刻 t から T 先までの時刻の集合
 PCS: Power Conditioning System

● 各EMSのそこに駐車する車の充放電計画

Find $\mathbf{p}_h^{\text{EMS}} = \{p_{h,v}^{\text{EMS}}(k|t)\}_{v \in \mathcal{V}, k \in K(t)}$

EMS h に駐車する車の充放電電力 [kW] 系列

which minimize

$$Z_h^{\text{EMS}}(t) = \sum_{k \in K} F_h(k) \tilde{W}_h(k|t) \Delta t$$

1日の電気代

where $F_h(k) = \begin{cases} f_h^+(k) & \text{if } \tilde{W}_h(k|t) \geq 0 \text{ 買電価格} \\ f_h^-(k) & \text{if } \tilde{W}_h(k|t) < 0 \text{ 売電価格} \end{cases}$

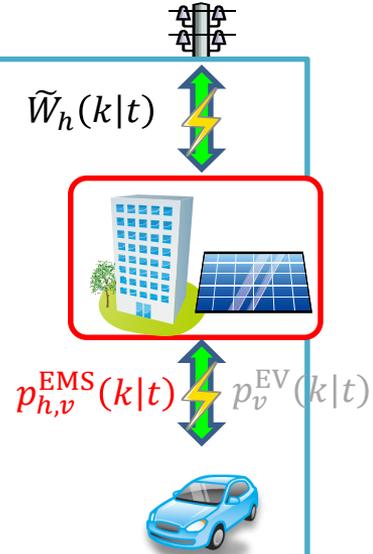
$$\tilde{W}_h(k|t) = \underbrace{\tilde{W}_h^+(k|t)}_{\text{電力需要予測}} + \underbrace{\tilde{W}_h^-(k|t)}_{\text{発電予測}} + \underbrace{\eta_h^{\text{ACDC}} \sum_{v \in \mathcal{V}} p_{h,v}^{\text{EMS}}(k|t)}_{\text{PCS変換効率}} + \underbrace{P_h^{\text{standby}}}_{\text{PCSの待機電力}}$$

subject to

$p_{h,v}^{\text{EMS}}(k|t) \tilde{y}_{h,v}(k|t) = 0, \forall v \in \mathcal{V}$: 車載蓄電池の排他性, $\tilde{W}_h^+(k|t) + \eta_h^{\text{ACDC}} \sum_{v \in \mathcal{V}} p_{h,v}^{\text{EMS}}(k|t) + P_h^{\text{standby}} \geq 0$: 逆潮流制約,

$\tilde{W}_h^+(k|t) \leq W_h^{\text{max}}$: 瞬間最大電力, $\sum_{k \in K} \tilde{W}_h(k|t) \Delta t \leq W_h^{\text{max}}$: 積算最大電力,

充放電制限, 蓄電量制限, 走行中のSoC減少量, 残量のダイナミクス



複数拠点におけるEMSの協調

※ $\mathcal{H} = \{h_1, h_2, \dots, h_H\}$: EMS集合, $\mathcal{V} = \{v_1, v_2, \dots, v_V\}$: EV集合, $K(t) = \{t, t + \Delta t, \dots, t + (T - 1)\Delta t\}$: 時刻 t から T 先までの時刻の集合
 PCS: Power Conditioning System

● 各EV/PHVの充放電計画

Find $\mathbf{p}_v^{EV} = \{p_v^{EV}(k|t)\}_{k \in K(t)}$

車載蓄電池の充放電電力 [kW]系列

which minimize

$$Z_v^{EV}(t) = \beta \sum_{k \in K \setminus \{t\}} |p_v^{EV}(k|t) - p_v^{EV}(k - \Delta t|t)|$$

subject to

電池の劣化に対するペナルティ

$\sum_{h \in \mathcal{H}} (p_v^{EV}(k|t) \tilde{\gamma}_{h,v}(k|t)) = 0$: 車載蓄電池の排他性, $p_v^{\min} \leq p_v^{EV}(k|t) \leq p_v^{\max}$: 充放電制限,

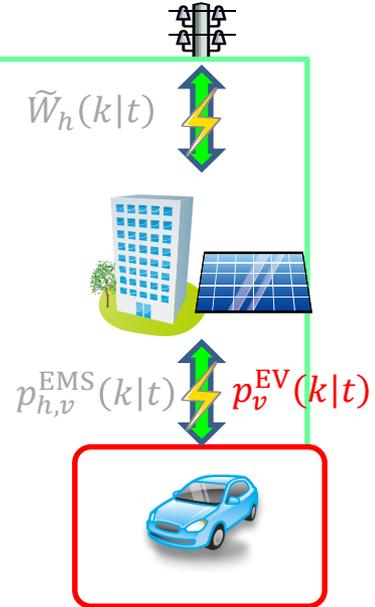
$B_v^{\min}(k|t) \leq b_v(k|t) \leq B_v^{\max}$: 蓄電量制限, $B_v^{\min}(k|t) = \begin{cases} B_v^{\text{ref}} & \text{if } [\tilde{\gamma}_v(k + \Delta t|t) - \tilde{\gamma}_v(k|t) = 1] \text{ 出発前希望残量} \\ B_v^{\max} & \text{if } k = T_v^{\text{full}} \text{ 満充電時刻} \\ B_v^{\min}(k) & \text{常時希望残量} \end{cases}$

$b_v(k + \Delta t|t) = b_v(k|t) + (1 - \tilde{\gamma}_v(k|t))\eta_v p_v^{EV}(k|t)\Delta t + \tilde{\gamma}_v(k|t)\tilde{B}_v^{\text{cons}}(k|t)$, $b_v(t|t) = B_v^{\text{init}}$, $\eta_v = \begin{cases} \eta_v^{\text{char}} & \text{if } p_v^{EV}(k|t) \geq 0 \\ \eta_v^{\text{dis}} & \text{if } p_v^{EV}(k|t) < 0 \end{cases}$

蓄電池残量のダイナミクス

残量の観測値

蓄電池の充放電効率



複数拠点におけるEMSの協調

※ $\mathcal{H} = \{h_1, h_2, \dots, h_H\}$: EMS集合, $\mathcal{V} = \{v_1, v_2, \dots, v_V\}$: EV集合, $K(t) = \{t, t + \Delta t, \dots, t + (T - 1)\Delta t\}$: 時刻 t から T 先までの時刻の集合
 PCS: Power Conditioning System

● コミュニティ内**全てのEMSとEV**に対する充放電計画

Find $\{\mathbf{p}_h^{\text{EMS}}\}_{h \in \mathcal{H}}$, $\{\mathbf{p}_v^{\text{EV}}\}_{v \in \mathcal{V}}$  EMSとそこに駐車中のEV/PHSが計画する充放電は**一致**する必要がある！

which minimize

$$Z^{\text{COM}}(t) = \sum_{h \in \mathcal{H}} Z_h^{\text{EMS}}(t) + \sum_{v \in \mathcal{V}} Z_v^{\text{EV}}(t) + \sum_{v \in \mathcal{V}} \left\{ (\lambda_v^{\text{EV}})^T \left(\sum_{h \in \mathcal{H}} \mathbf{p}_{h,v}^{\text{EMS}} - \mathbf{p}_v^{\text{EV}} \right) \right\}$$

ラグランジュ乗数 (コミュニティ内の電力取引価格)

$$= \sum_{h \in \mathcal{H}} \left\{ Z_h^{\text{EMS}}(t) + \sum_{v \in \mathcal{V}} (\lambda_v^{\text{EV}})^T \mathbf{p}_{h,v}^{\text{EMS}} \right\} + \sum_{v \in \mathcal{V}} \left\{ Z_v^{\text{EV}}(t) - (\lambda_v^{\text{EV}})^T \mathbf{p}_v^{\text{EV}} \right\}$$

EMSがEV/PHVと取引する電気代

EV/PHVがEMSと取引する電気代 (車両所有者の利益)

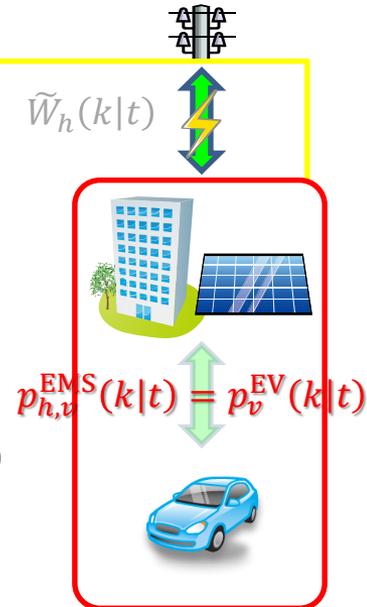
コミュニティ内でのEMSのコスト

コミュニティ内でのEV/PHVのコスト

subject to

車載蓄電池の排他性, 逆潮流制約, 瞬間最大電力, 積算最大電力

充放電制限, 蓄電量制限, 走行中のSoC減少量, 残量のダイナミクス



複数拠点におけるEMSの協調

24時間後までに車が駐車する「全」拠点の包括的な最適化が必要（直接解くのは困難）
→ 双対分解を適用し、エージェントごとの最適化問題に分割する

● 各EMS ($h \in \mathcal{H}$) の計画

Find $\mathbf{p}_h^{\text{EMS}}$

which min. $Z_h^{\text{EMS}}(t) + \sum_{v \in V} (\boldsymbol{\lambda}_v^{\text{EV}})^T \mathbf{p}_{h,v}^{\text{EMS}}$

subject to

車載蓄電池の排他性, 逆潮流制約, 瞬間最大電力, 積算最大電力
充放電制限, 蓄電量制限, 走行中のSoC減少量, 残量のダイナミクス

● 各EV/PHV ($v \in V$) の計画

Find \mathbf{p}_v^{EV}

which min. $Z_v^{\text{EV}}(t) - (\boldsymbol{\lambda}_v^{\text{EV}})^T \mathbf{p}_v^{\text{EV}}$

subject to

車載蓄電池の排他性, 充放電制限, 蓄電量制限,
走行中のSoC減少量, 残量のダイナミクス

ラグランジュ乗数（コミュニティ内の電力取引価格）の更新

$$\boldsymbol{\lambda}_v^{\text{EV}}[n+1] \leftarrow \boldsymbol{\lambda}_v^{\text{EV}}[n] + \epsilon_n \left(\sum_{h \in \mathcal{H}} \mathbf{p}_{h,v}^{\text{EMS}} - \mathbf{p}_v^{\text{EV}} \right)$$

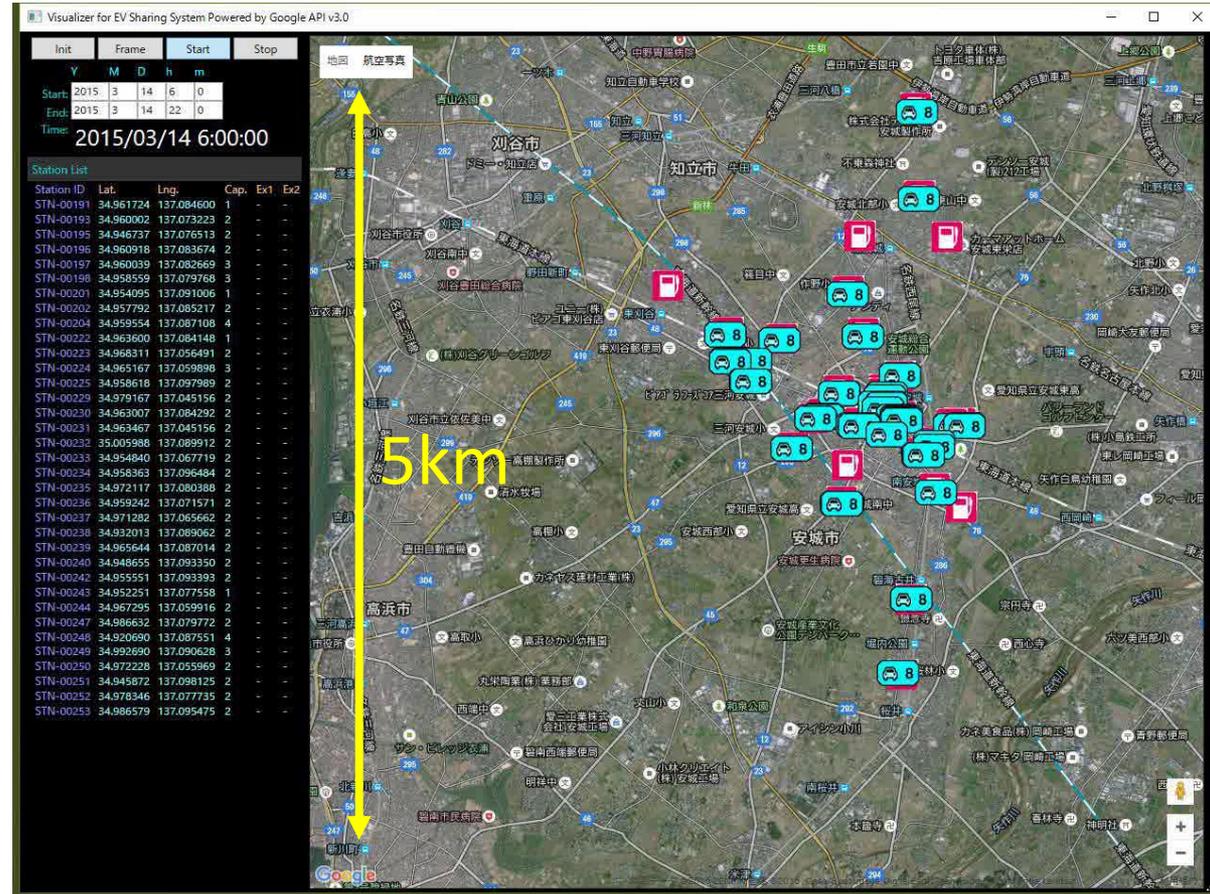
EMSとEVとの間の充放電計画の不一致

$\boldsymbol{\lambda}_v^{\text{EV}}[n]$ が収束するまで各エージェントで最適化を繰り返す

EVシェアリング・アンシラリーサー
ビス（鈴木G・薄G・太田G）

安城市でのEVシェアリング

(20stations, 30cars; 1day Behavior of EV and SOC)



Collected data: Location(GPS), Drive distance [m], Battery SOC [%], Reservation info. (1sec) 17

EVシェアリングの同時最適化

■ワンウェイ型カーシェアリングを対象とした車両運用システムの全体最適化

以下を満たすように車両割当と充放電計画、再配車計画を同時に最適化する。

- ・ 運営スタッフによる車両の再配車（予約への対応に必要な車両の移動）を極力減らす。
- ・ 太陽光発電電力をできる限り車両の蓄電池に充電する（系統への売却は不可とする）。
- ・ 電力料金（外部の電力系統から購入する電力）を抑える。

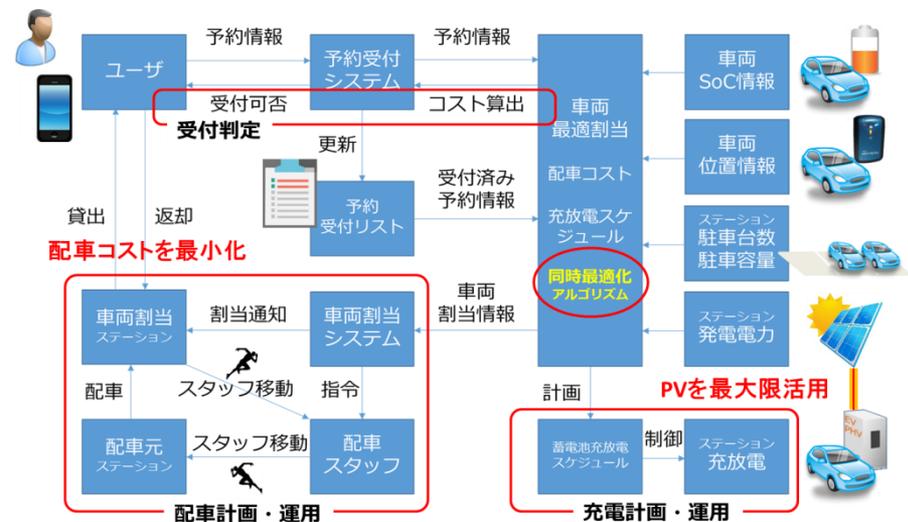
$$E = \underbrace{\sum_{\tau=t'}^{T-1} \sum_{i_1}^S \sum_{i_2}^S f_d(i_1, i_2, \tau) d_{i_1, i_2}(\tau | t)}_{\text{再配車コスト}} + \underbrace{\sum_{\tau=t'}^T \left(f_w(\tau) \sum_{i=1}^S w_i(\tau | t) \Delta t \right)}_{\text{PV発電の抑制電力}} + \underbrace{\sum_{\tau=t'}^T \left(f_l(\tau) \sum_{i=1}^S l_i(\tau | t) \Delta t \right)}_{\text{購入電力料金}}$$

■対象とするシステムの仕様

- ・ ワンウェイトリップ型
- ・ 超小型EV（トヨタ車体, COMS）
- ・ 太陽光発電電力によるEV走行電力の供給
- ・ 事前の利用予約が可能

「予約情報」

- ・ 利用開始予定時刻
- ・ 利用終了予定時刻
- ・ 貸出ステーション
- ・ 返却ステーション, etc.



EVシェアリングの同時最適化



■ 最適化問題としての定式化

Given:

S : ステーション数 T : 時刻ステップ数 (サービス時間)

V : 車両台数 $R(t)$: 時刻 t における予約件数

$f_d(i_1, i_2, \tau)$: 再配車のコスト $x_{i,j}(t)$: 車両の初期配置
 ※初期配置決定問題として別途算出

$f_w(\tau)$: PV発電コスト

$f_l(\tau)$: 電力料金

$\{\hat{r}_p(t)\}_{p \in \{1, \dots, R\}}$: 予約情報

- ・利用開始時刻
- ・貸出ステーション
- ・利用終了時刻
- ・返却ステーション
- ・走行時の消費電力量 $\hat{e}_k(\tau|t)$

$\{y_{i,k}(t)\}_{i \in \{1, \dots, S+1\}, k \in \{1, \dots, R(t)\}}$: 予約を満たす車両の位置情報

$\{\hat{g}_i(\tau|t)\}_{i \in \{1, \dots, S\}}$: PV発電電力 (予測値)

※各ステーションにPV発電設備を設置

Variables:

$d_{i_1, i_2}(\tau|t)$: ステーション間の再配車台数

$x_{i,j}(\tau|t) \in \{0, 1\}$: 車両の位置情報

$w_i(\tau|t)$: PV発電抑制電力 $l_i(\tau|t)$: 購入電力

Which Minimize: システムの1日の運用コストを最小化

$$E = \underbrace{\sum_{\tau=t'}^{T-1} \sum_{i_1}^S \sum_{i_2}^S f_d(i_1, i_2, \tau) d_{i_1, i_2}(\tau|t)}_{\text{再配車コスト}} + \underbrace{\sum_{\tau=t'}^T \left(f_w(\tau) \sum_{i=1}^S w_i(\tau|t) \Delta t \right)}_{\text{PV発電電力の抑制による損失}} + \underbrace{\sum_{\tau=t'}^T \left(f_l(\tau) \sum_{i=1}^S l_i(\tau|t) \Delta t \right)}_{\text{購入電力料金}}$$

(再配車台数の表現)

$$d_{i_1, i_2}(\tau|t) = \sum_{j=1}^V x_{i_1, j}(\tau|t) x_{i_2, j}(\tau+1|t)$$

※ 論理変数の置換により線形化が可能

最適化対象の時刻: $\tau \in \{t', \dots, T\}$, $t' = \begin{cases} t^s & (t < t^s) \text{ (サービス開始前)} \\ t+1 & (t \geq t^s) \text{ (サービス開始後)} \end{cases}$
 t^s : サービス開始時刻

Find:

$\{a_{j,k}(t)\}_{j \in \{1, \dots, V\}, k \in \{1, \dots, R\}}$: 各予約に対する車両の割当

$\{p_{i,j}^{\text{Charge}}(\tau|t)\}_{j \in \{1, \dots, V\}, \tau \in \{t, \dots, T\}}$: 各時刻における各車両の充放電計画

$\{x_{i,j}(\tau|t)\}_{i \in \{1, \dots, S\}, j \in \{1, \dots, V\}, \tau \in \{t, \dots, T\}}$: 各時刻における各車両の位置情報

Subject to:

$x_{i,j}(\tau|t) \geq a_{j,k}(t) y_{i,k}(t)$: 各予約に車両が割り当てられた場合の、車両に対する時間と位置の占有

$\sum_{j=1}^V a_{j,k} = 1$: 各予約に対する車両割当の唯一性

$\sum_{i=1}^{S+1} x_{i,j}(\tau|t) = 1$: 各車両の各時刻に対する車両位置の唯一性

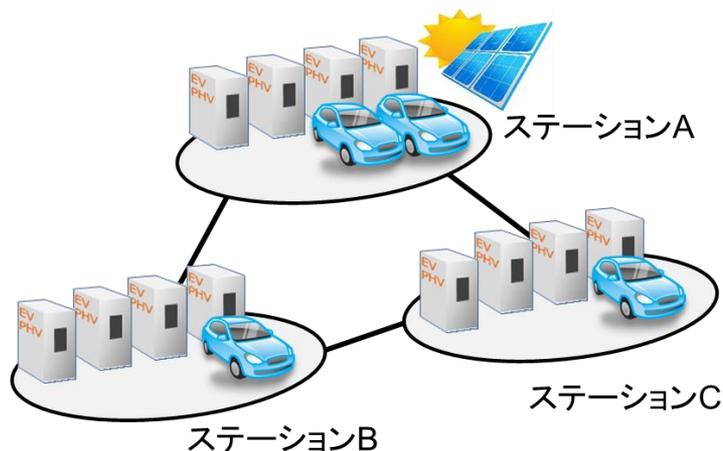
$l_i(\tau|t) + g_i(\tau|t) - w_i(\tau|t) - \sum_{j=1}^V p_{i,j}(\tau|t) = 0$: 電力需給制約

$b_j(\tau|t) - b_j(\tau-1|t) = \sum_{i=1}^S p_{i,j}(\tau|t) \Delta t - \hat{e}_k(\tau|t) x_{S+1, j}(\tau|t)$: 車両のSoC

その他の制約: 各ステーションの各時刻の駐車台数, etc.

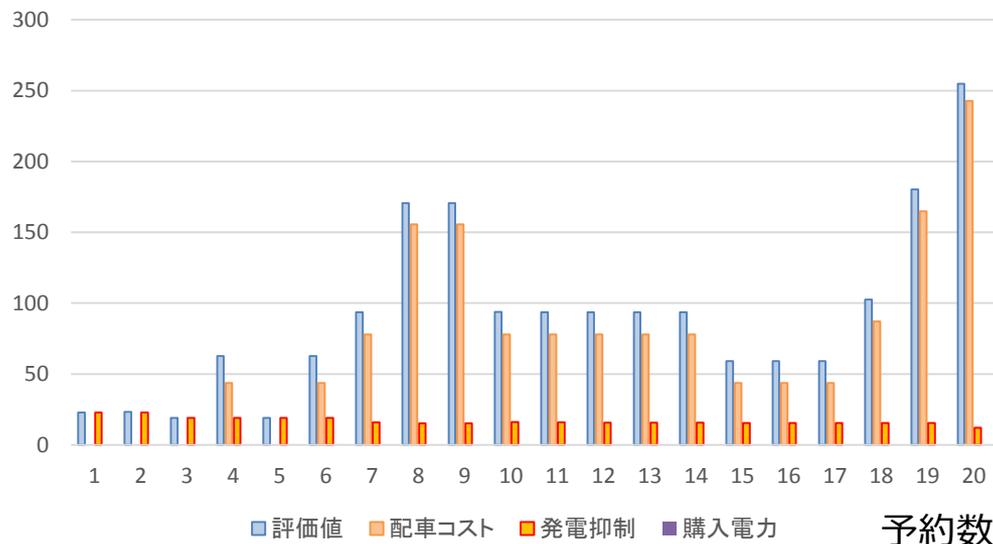
EVシェアリングの同時最適化

■ シミュレーション例[※]



- ステーション：3か所
- 車両数：4台
 - 蓄電池容量：5.2kWh，初期残量：2.6kWh
- 予約件数：20件
- サービス時間：12時間（8:00～20:00）
- PV設備はステーションAにのみ設置
 - 最大出力1kW相当を想定
- 系統からの購入電力：12円/kWh
- 抑制による発電損失：5円/kWh

評価値



予約件数の増加と配車コストの関係

- 1～9件：予約数の増加とともに配車コストも増加
- 10～17件：配車コスト（回数）が減少
- 18～20件：配車コストが増加

運用する車両数に対して、運用コストを低く抑えられる利用予約の件数の範囲が存在する。

※ 川島, 伊藤, 稲垣, 鈴木, “EVシェアリングシステムにおけるEVの運用計画と車載蓄電池の充放電計画の同時最適化”, SCI'16

EV移動データを組み込んだ配電電圧分布の解析

■ 配電電圧分布のODEモデル

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\theta}{dl} &= \frac{s}{v^2}, & \frac{dv}{dl} &= w, \\ \frac{ds}{dl} &= -\frac{p(l,t) - gq(l,t)}{1 + g^2}, \\ \frac{dw}{dl} &= \frac{s^2}{v^3} - \frac{gp(l,t) + q(l,t)}{v(1 + g^2)} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Ref.) DistFlow} \\ \text{ODE} \\ \\ l \in \Sigma \\ \text{配電NWの} \\ \text{グラフ表現} \end{array}$$

組み込み
(同化)



$$\begin{aligned} p(l,t) &= p_L(l,t) + p_G(l,t) + p_{EV}(l,t) \\ p_{EV}(l,t) &= \int_D \rho(\xi,t) \times P \times \phi(\xi - \mathbf{x}_p(l)) d\xi \end{aligned}$$

■ EV運行(時空間分布)のPDF表現

$$\rho(\mathbf{x}, t) \quad \mathbf{x} \in D$$

EV運行地域

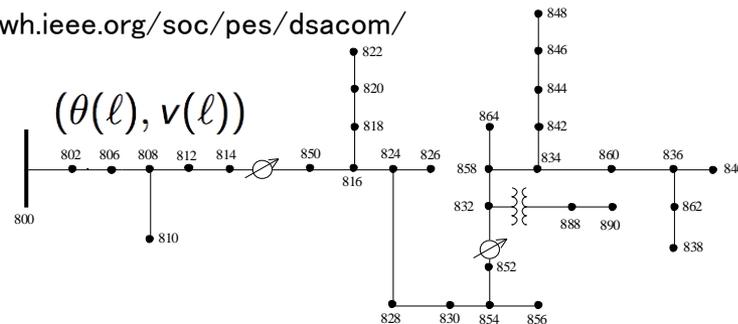
粗視化

実測・
予測データ

特徴

- 分布の陽な記述が可能
- 大規模系への適用が可能
- Frequency Regulationとの融合が可能

IEEE 34-Node Test Feeder from
ewh.ieee.org/soc/pes/dsacom/



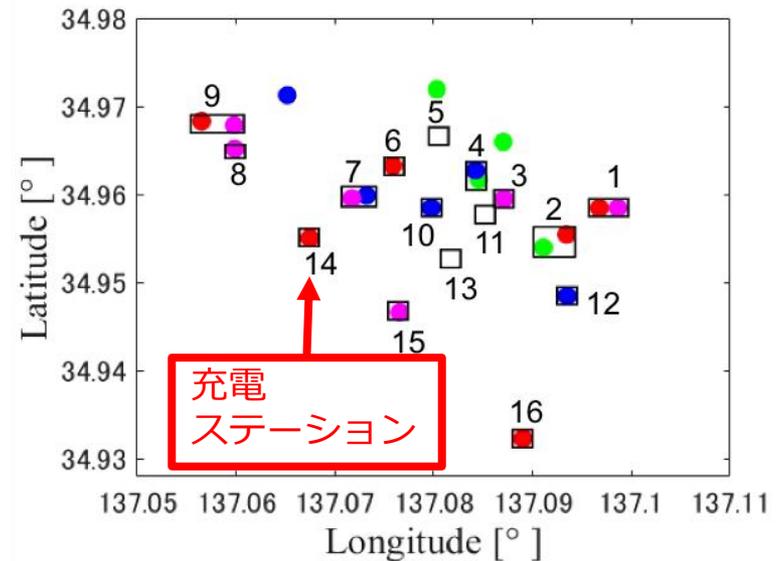
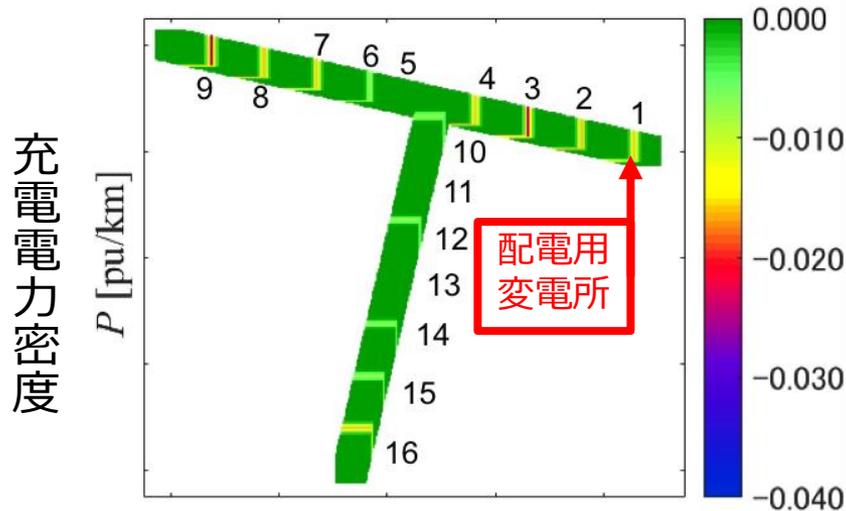
アウトプット

- 電圧・周波数の時空間分布
- 送り出し電圧の周波数変動

EV運行地域 D



EV移動データを組み込んだ 配電電圧分布の解析



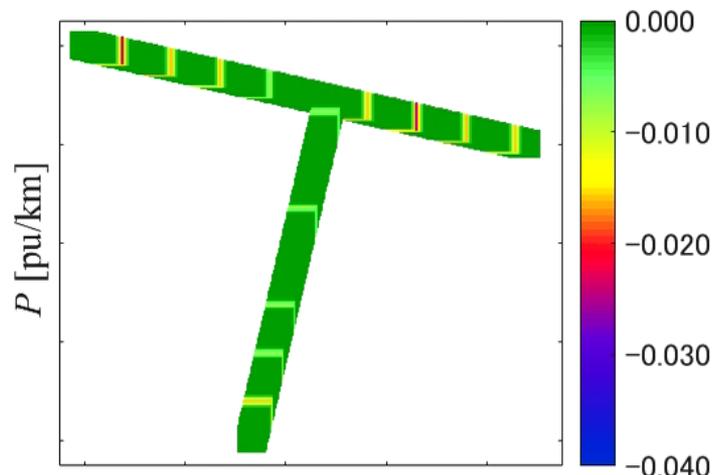
- 三河安城市EVシェアリングデータ
 - 2015年10月23日
- T型配電網モデル
 - 線路パラメータなどは標準値を採用
 - 無負荷 (EV充電の影響を可視化するため)
 - 仮想的充電ステーションにおいて $4\text{kW}/\text{台} \times 10$ の充電を想定
- 各時刻においてEVシェアリングデータを組み込んだODEモデルにより配電電圧分布を計算



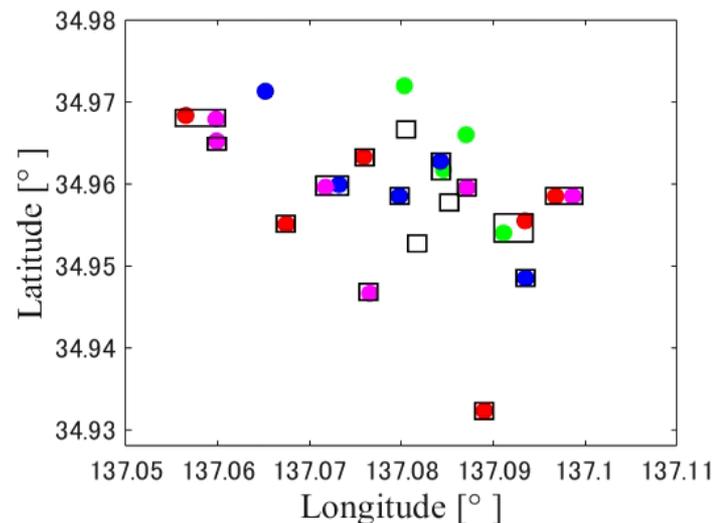
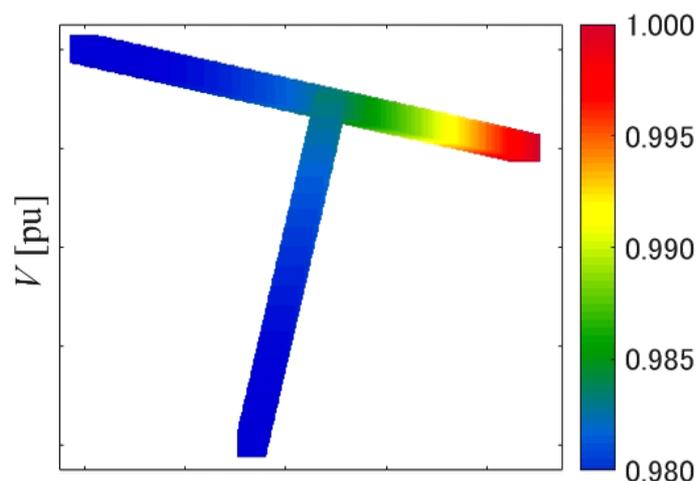
EV移動データを組み込んだ 配電電圧分布の解析

10月23日 6時0分

充電電力密度



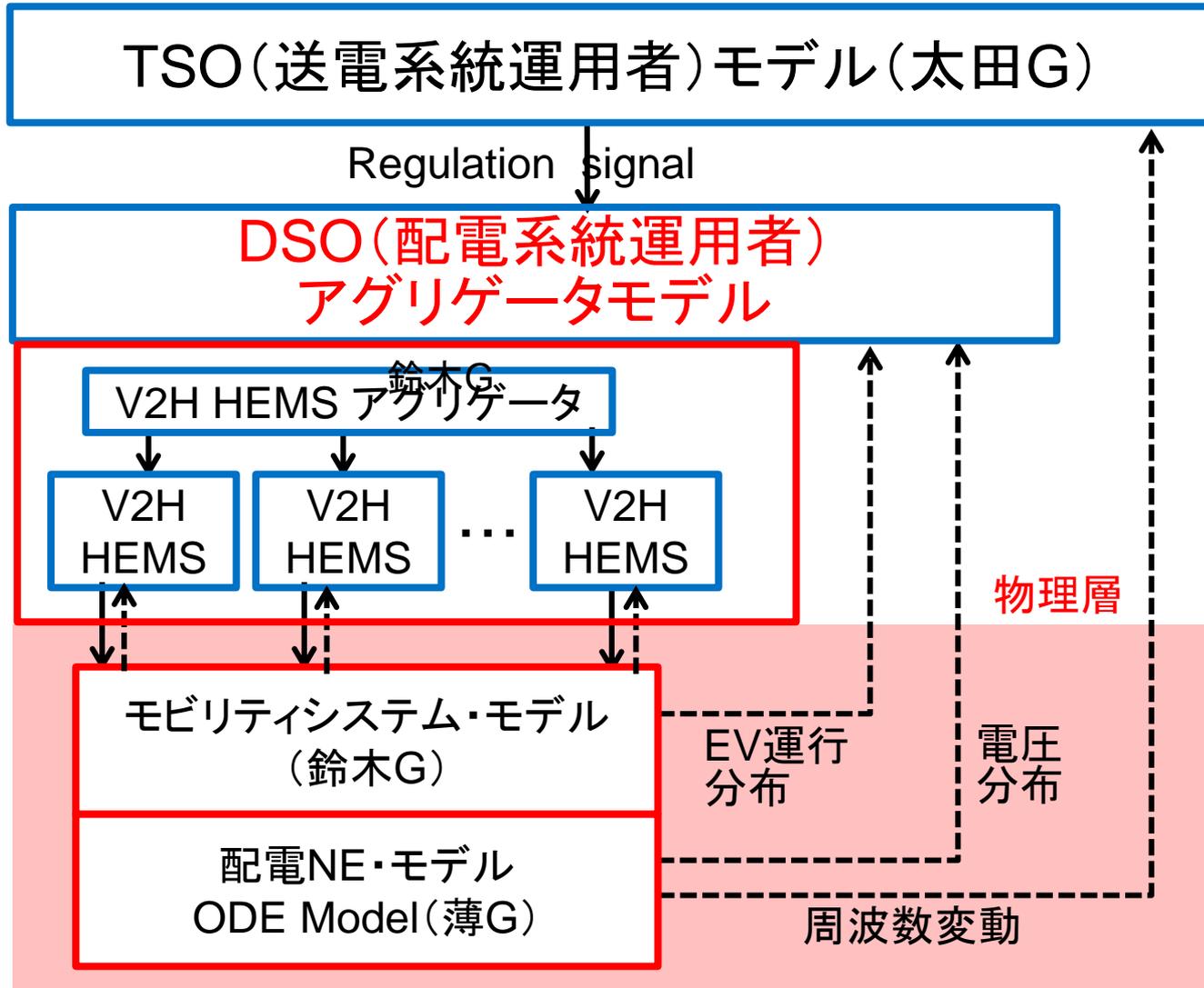
電圧振幅



- 分散車載蓄電池群の充（放）電の配電電圧分布への影響を時空間で解析可能
- 解析結果を配電電圧分布を考慮したアンシラリーサービスの設計に展開

(文献) 水田, 薄, 太田, 石亀, 電気関係学会
関西支部連合大会, 2016年11月 (発表予定) 23

車載電池活用型アンシラリーサービス(AS) の検証



EVによるAS(周波数制御)の ポテンシャル解析

※ A.S. アンシラリーサービス



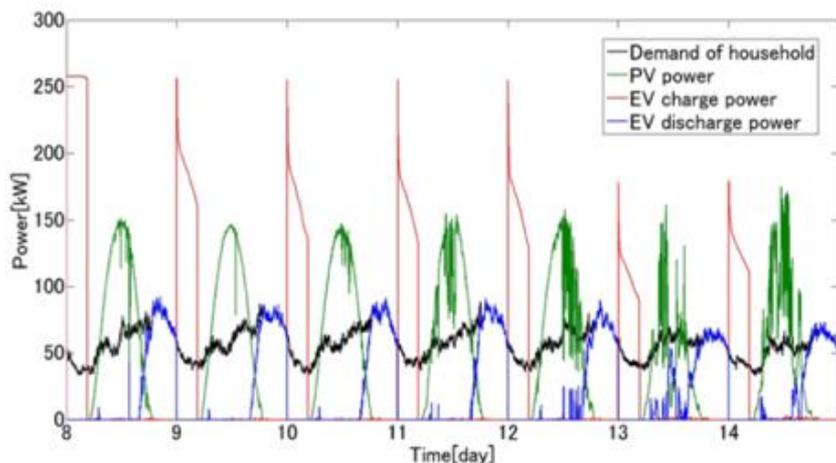
豊田市実証の住宅67軒の実測データ

- ・ 太陽光発電と住宅の電力負荷
- ・ PHEVの利用状況
- ・ 同じ日の電力会社管内の日射量変動と需給計算を基に, A.S.信号を生成

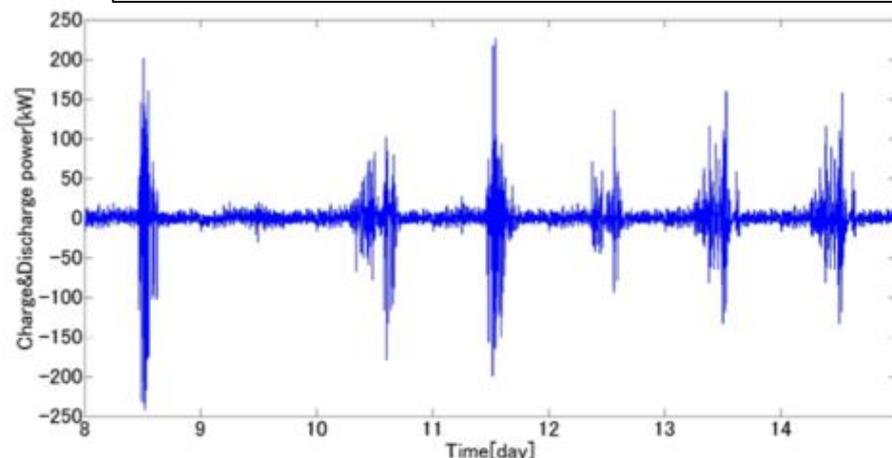
電気料金約13万円/Week

相殺可能

A.S.インセンティブ約17万円/Week
(充放電kWhあたり10円を想定)



V2Hケース



V2Gケース

(A.S.信号に応じて常に充放電)

走行中の車内エネルギーマネジメントとワイヤレス給電（藤本G）

消費エネルギー最小化走行

□ 旋回中の車両速度軌道最適化

旋回中の車両速度軌道，左右駆動力差モーメントを同時に最適化することで消費エネルギーの削減を実現する手法の提案

$$\min. W_{in} = \int_{t_0}^{t_f} P_{in}(x(t), u(t)) dt$$

$$x(t) = [V(t) X(t) \beta(t) \gamma(t)]^T$$

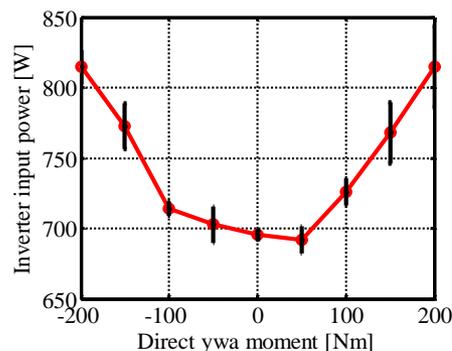
$$u(t) = [a_x(t) k(t) \delta_f(Zt) \delta_r(t)]^T$$



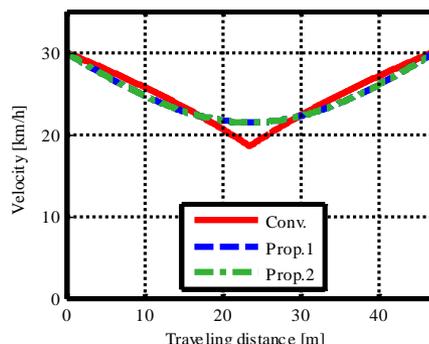
Field Test

□ 実走行試験による評価

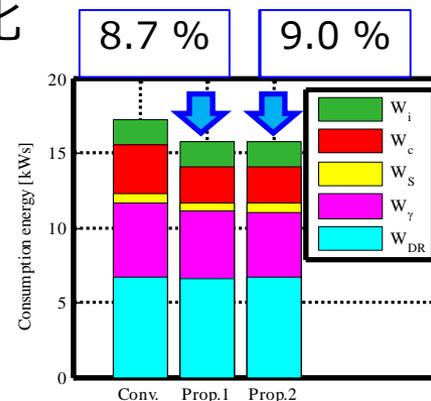
- ✓ 5/9~5/11 駆動力差モーメント導入時の消費電力計測
- ✓ 8/22~8/25 速度軌道+駆動力差モーメント同時最適化



Inverter input power



Velocity



Consumption energy

石井G・小野田G

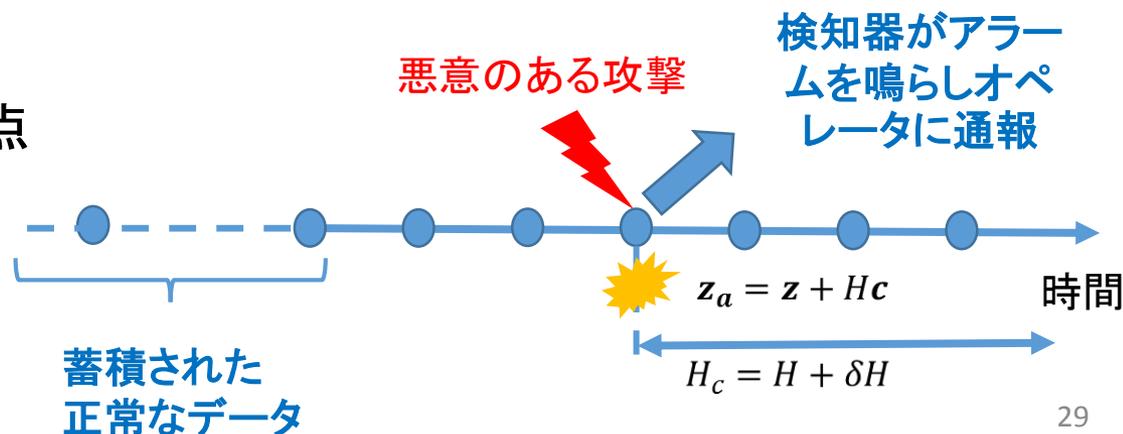
エネルギー／通信データ統合による異常検知（石井G・小野田G）

送電系統の状態推定機構の攻撃検知

- 系統内の各バスの電圧・位相(状態: x)を電力の観測値(z)に基づき計算
- 通常は最小二乗法による解法 $z = Hx + e$
- **悪意のある改ざん** 観測値: $z_c = z + Hc$ トポロジー情報: $H_c = H + \delta H$
 - ➡ 従来の外れ値検知では, 検知不可能

機械学習によるアプローチ

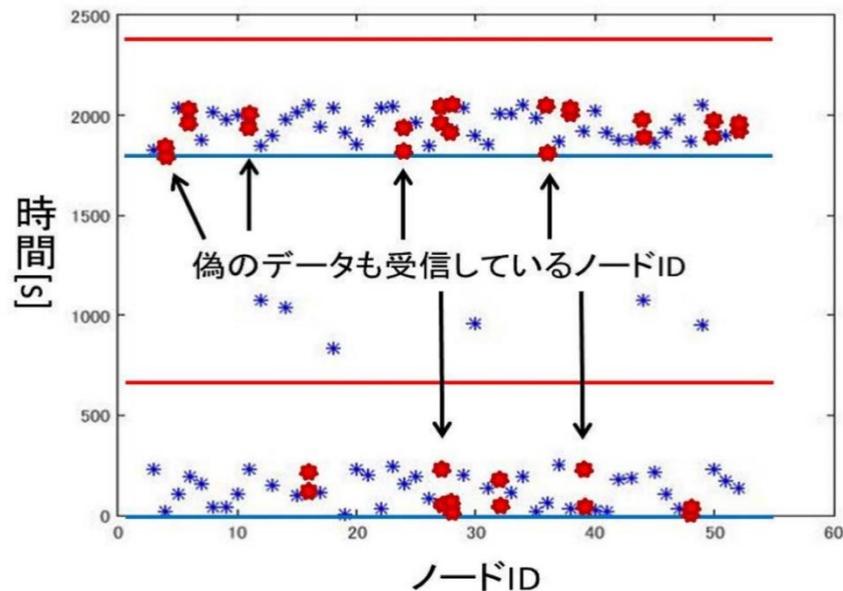
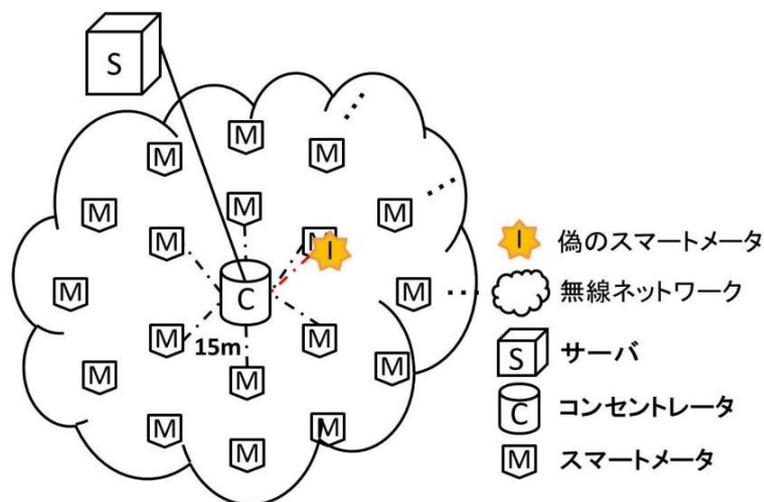
- 正常時の観測値の時系列データによりモデルを学習
- 密度比推定の手法を適用
- 攻撃モデルを仮定しない利点



スマートメータへのサイバー攻撃

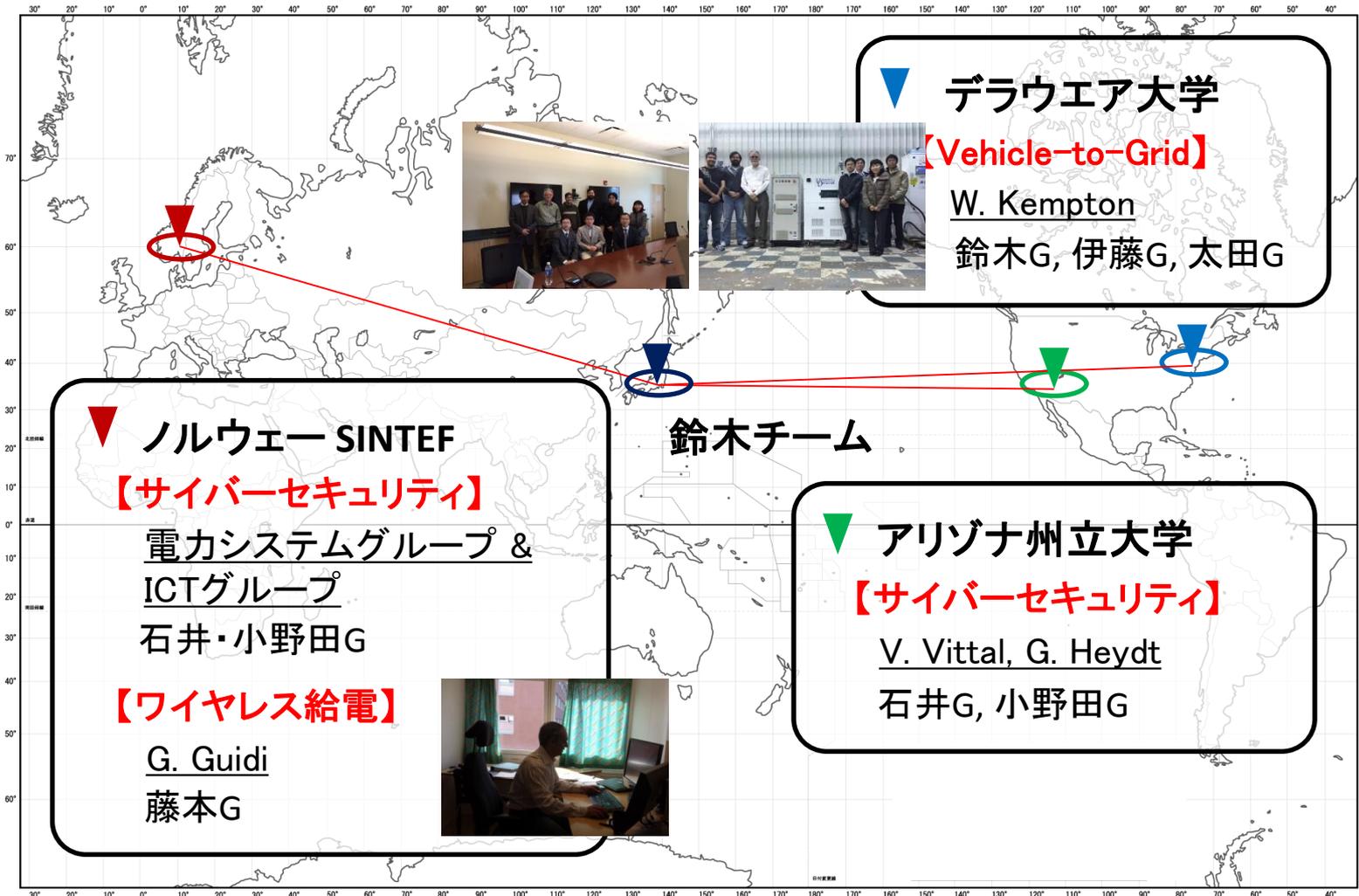
なりすまし攻撃の影響解析

- 各家庭 → 電柱上のコンセントレータ : 30分毎に無線で送信
- 攻撃: 正規のメータになりすまし, 偽データを送信
- 同じメータから複数回データを受信した場合に検知可能
- 電力系統/制御通信ネットワーク連成シミュレータを用いた



国際連携

国際連携 (2016.1時点)



国際連携 (現在)



ノルウェー SINTEF

【サイバーセキュリティ】

Boye Høverstad
石井・小野田G

【ワイヤレス給電】

G. Guidi
藤本G

【洋上電カシステムの設計と制御】^{New}

薄G

アイオワ州立大学

【サイバーセキュリティ】^{New}

M. Govindarasu
石井G, 小野田G

デラウェア大学

【Vehicle-to-Grid】

W. Kempton
鈴木G, 太田G

イタリア CNR-IEIIT

【サイバーセキュリティ】^{New}

Roberto Tempo
石井G, 小野田G

鈴木チーム

アリゾナ州立大学

【サイバーセキュリティ】

V. Vittal, G. Heydt
石井G, 小野田G

クレムソン大学

【Vehicle-to-Grid】

G. Kumar Venayagamoorthy
鈴木G

【国際標準化】^{New}

Japan Smart Community Alliance 次世代自動車・インフラ整備インターフェースの国際標準化に関するWS
(Austrian Institute of Technologyとの連携模索)

【Grid Integrated HILS】^{New}

VITO/EnergyVilleから推奨されたインバータシステムを導入

電気自動車の系統連系/事故時動作/自立運転/A.S.貢献の総合試験 (SINTEF, NREL, RWTH Aachen Universityなど)

太田G

国際連携（現在）



グループ	相手先	内容
鈴木G	米 デラウェア大 W. Kempton	<ul style="list-style-type: none"> EVシミュレータによるV2Gデータ取得等 米Delaware大学に修士学生1名をVisiting Scholarとして派遣（期間：2016.04～2018.03, 文部科学省「トビタテ！留学JAPAN」制度）
	米クレムソン大学 G. Kumar Venayagamoorthy	<ul style="list-style-type: none"> HEMSに関してNSFのファンディングへ共同提案 “NSF CPS: TTP Option: Synergy: IoT Driven Smart Connected DC Homes (IoTDCHomes) Proposal”
石井G・ 小野田G	米 アリゾナ州立大学 V. Vittal, G Heydt	<ul style="list-style-type: none"> 送電系統の状態推定において PMU を用いた場合のサイバー攻撃の検知
	ノルウェー SINTEF 研究所	<ul style="list-style-type: none"> スマートグリッドにおける制御通信データを用いたセキュリティ対策の検討
	米 アイオワ州立大学 M. Govindarasu	<ul style="list-style-type: none"> 電力システムに対するサイバーセキュリティの教育支援
	イタリア CNR-IEIIT Roberto Tempo	<ul style="list-style-type: none"> マルチエージェント系におけるレジリエント合意
藤本G	ノルウェー SINTEF 研究所 Giuseppe Guidi	<ul style="list-style-type: none"> （東大→SINTEF）博士学生が9～11月までSINTEF研究所に滞在し、SINTEF側のテーマ（トラックの走行中ワイヤレス給電）に協力 （SINTEF→東大）Dr. Guidiが2017年1～3月まで東大に滞在し、東大側のテーマ（ワイヤレスインホイールモータ2号機の効率改善及び電力制御）に協力
太田G	電気自動車・充電インフラの国際標準化	<ul style="list-style-type: none"> Japan Smart Community Alliance 次世代自動車・インフラ整備インターフェースの国際標準化に関するWS(2016/7/26)で問題提起
薄G	ノルウェー SINTEF 研究所	<ul style="list-style-type: none"> 洋上電力システムの設計と制御

システム構築

システム構築 エネルギーアウェアな EVシェアリングシステム



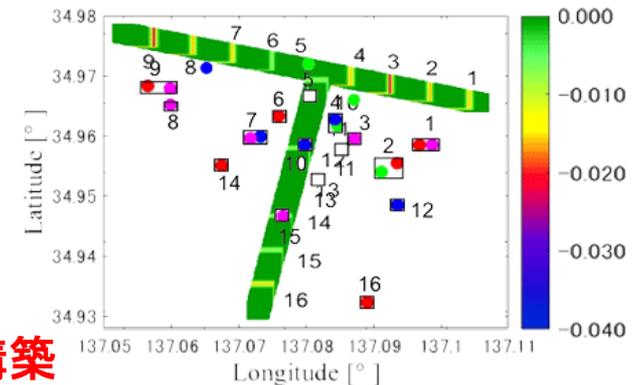
- エネルギー管理を考慮したと車両の最適運用システム（鈴木G）

- ワンウェイ（乗り捨て）型カーシェアリングを想定
- 三河安城市EVシェアリングをモデルに
 - 超小型EV（トヨタ車体, COMS）
 - 太陽光発電電力によるEV走行電力の供給
 - 事前の利用予約が可能
- 車両割当と充放電計画, 再配車計画を同時に最適化



- EV移動データを組み込んだ配電電圧分布の解析（薄G）

- EVシェアリングデータを組み込んだODEモデルにより配電電圧分布を計算
- 分散車載蓄電池群の充（放）電の配電電圧分布への影響を時空間で解析可能
- 解析結果を配電電圧分布をアンシラリーサービスの設計に展開



様々なEVシェアリングで利用可能なプラットフォームの構築

システム構築 (2/2)

EMSに必要な要素技術群

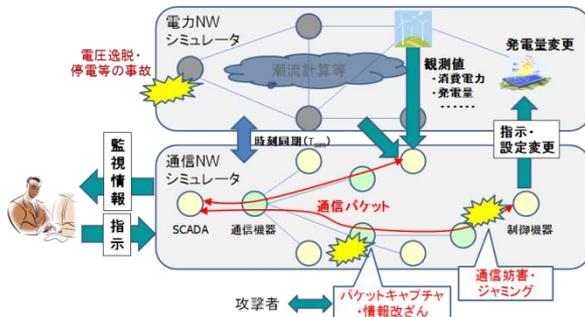
EVユニバーサルパワーサプライシステム (太田G)

- アンシラリーサービス対応 H/W, I/F
- Grid Integrated HILS for Storage & Inverter



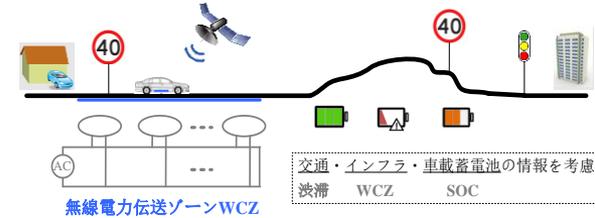
電力系統および制御通信ネットワークに対するサイバーセキュリティに関するデモ (石井G・小野田G)

- 構成： Matlab, QualNet, 連成用ツール
- 分散型充電管理方式, 配電系統の電圧制御に対する攻撃のビジュアル化



HEMSと交通状況/走行中ワイヤレス給電を考慮した車内EMS (藤本G)

- 最適制御に、ITS・インフラ(無線電力伝送ゾーン)・車載蓄電池等の情報を考慮に入れ、無線充電を用いた新たなエネルギー管理を行う

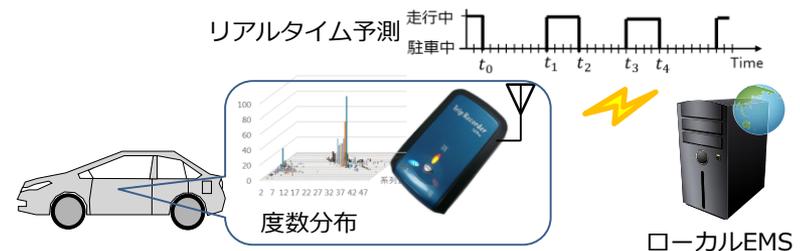


分散最適解に基づく協調型EMS (鈴木G)

- ローカルEMS群の協調分散最適化システム
- HEMSアグリゲータによるアンシラリーサービス

車使用予測 (車載) モジュール (鈴木G)

- GPSロガーの拡張機器として車使用の統計処理を自動化
- ローカルEMSとの接続連携 (車使用予測をEMSに提供)



研究発表・アウトリーチ (前回領域会議以降分)

研究発表（学術論文）



学術論文誌・解説記事

1. 佐々木勇介, 山口拓真, 川島明彦, 稲垣伸吉, 鈴木達也, 走行/駐車の間経過マルコフモデルと動的計画法に基づく車の使用予測, 計測自動制御学会, 第52巻 第11号(2016年11月号) (採録決定)
2. A.Ito, Z.Zhou, T.Suzuki, S.Inagaki, T.Yamaguchi, A.Kawashima, Model Predictive Charging Control of In-vehicle Batteries for Home Energy Management based on Vehicle State Prediction, IEEE CST (査読中)
3. 縄田郁海, 佐々木勇介, 川島明彦, 稲垣伸吉, 鈴木達也, モデル予測型HEMSにおける車載蓄電池とヒートポンプ式給湯器の協調運用, ISCIE SCI'16特集号 (改訂中)
4. 鈴木達也, 稲垣伸吉, 川島明彦, 伊藤章, 車載蓄電池の利活用が拓く次世代エネルギー管理, 計測と制御, Vol.55, No.7, pp.579-584, 2016
5. F. Raak, Y. Susuki, and T. Hikihara, Data-driven partitioning of power networks via Koopman mode analysis, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol.31, no.4, pp.2799-2808, July 2016.
6. Y. Susuki, I. Mezic, F. Raak, and T. Hikihara, Applied Koopman operator theory for power systems technology, *Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE*, vol.7, no.4, October 2016 (採録決定).
7. C. Kojima, Y. Susuki, K. Tsumura, and S. Hara, Decomposition of energy function and hierarchical diagnosis of power grid swing instabilities, *Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE*, vol.7, no.4, October 2016 (採録決定).
8. H. Hoshino, Y. Susuki, and T. Hikihara, A lumped-parameter model of multiscale dynamics in steam supply systems, *ASME Journal of Computational and Nonlinear Dynamics* (採録決定).
9. Y. Kono, Y. Susuki, M. Hayashida, I. Mezic, and T. Hikihara, Multiscale modeling of in-room temperature distribution with human occupancy data: A practical case study (改訂中).
10. 河野 洋平, 薄 良彦, 林田 光紀, 引原 隆士, ビル内アトリウム熱移動モデリングへのクープマンモード分解の適用-I: 小スケール流速場による有効熱拡散 (改訂中).
11. 河野 洋平, 薄 良彦, 引原 隆士, ビル内アトリウム熱移動モデリングへのクープマンモード分解の適用-II: 大スケール流速場による移流 (改訂中).
12. Q. Wu, T.J. Koo, and Y. Susuki, Dynamic security analysis of power systems by a sampling-based algorithm (査読中).
13. 星野 光, 薄 良彦, T.J. Koo, 引原 隆士, 2サイト地域エネルギーシステムにおけるコージェネレーションユニットの非線形制御---電気およびガスフローの同時調整 (査読中).
14. K. Kawabe, Y. Ota, A. Yokoyama, K. Tanaka, "Novel Dynamic Voltage Support Capability of Photovoltaic Systems for Improvement of Short-Term Voltage Stability in Power Systems", *IEEE Trans. PS* (Accepted)
15. 太田豊, "電気自動車と電力システムの協調の動向", 技術雑誌スマートグリッド (2017/01) (予定)
16. Hiroshi Fujimoto, Shingo Harada: Model-based Range Extension Control System for Electric Vehicles with Front and Rear Driving-Braking Force Distributions, *IEEE Transaction on Industrial Electronics* (2015).
17. Motoki Sato, G. Yamamoto, D. Gunji, T. Imura. and H. Fujimoto: Development of Wireless In-Wheel Motor using Magnetic Resonance Coupling, *IEEE Transactions on Power Electronics* (2015).
18. Yuta Ikezawa, Hiroshi Fujimoto, Yoichi Hori, Daisuke Kawano, Yuichi Goto, Misaki Tsuchimoto, Koji Sato: Range Extension Autonomous Driving for Electric Vehicles Based on Optimal Vehicle Velocity Trajectory Generation and Front-Rear Driving-Braking Force Distribution, *IEEJ Journal of Industry Applications* (2016).
19. 山本岳, 郡司大輔, 居村岳広, 藤本博志: ワイヤレスインホイールモータの送電電圧および負荷電圧制御による電力伝送効率最大化の検討, *電気学会論文誌D* (2016).
20. A. Cetinkaya, H. Ishii, and T. Hayakawa, Networked control under random and malicious packet losses, accepted, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2016.
21. Y. Chakhchoukh and H. Ishii, Enhancing robustness to cyber-attacks through multiple least trimmed squares in power state estimation, *IEEE Transactions on Power Systems*, to appear, 2016.
22. Y. Isozaki, S. Yoshizawa, Y. Fujimoto, H. Ishii, I. Ono, T. Onoda, and Y. Hayashi, Detection of cyber attacks against voltage control in distribution power grids with PVs, *IEEE Transactions on Smart Grid*, 7: 1824-1835, 2016.
23. 渡邊勇, 小野功: 電力系統状態推定における不正データ注入攻撃に対するロバストなメータ配置, *電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門 誌)*, Vol. 136 No. 3, pp.390-400, 2016.

研究発表（国際会議）



国際会議論文

1. Y. Kono, Y. Susuki, M. Hayashida, and T. Hikihara, Modeling of effective heat diffusion in a building atrium via Koopman mode decomposition, 2016 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2016) (発表決定).
2. H. Hoshino, Y. Susuki, and T. Hikihara, Basins of attraction of steady operating conditions in a two-site electricity and heat supply system, 2016 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2016) (発表決定).
3. F. Raak, Y. Susuki, I. Mezic, and T. Hikihara, On Koopman and dynamic mode decompositions for application to dynamic data with low spatial dimension, 55th IEEE Conference on Decision and Control (CDC2016) (発表決定).
4. Y. Ota, "Integration of Renewables and Electric Vehicles into Smart Grid -Innovative Energy Management Strategies and Implementation-", International Conference on Grid Integration of Electric Mobility, Berlin, pp.1-11 (2016/7/1)
5. Yuta Ikezawa, Hiroshi Fujimoto, Yoichi Hori: Range Extension Autonomous Driving for Electric Vehicles Based on Yuta Ikezawa, Hiroshi Fujimoto, Daisuke Kawano, Yuichi Goto, Misaki Tsuchimoto, Koji Sato: Bench Test of Minimum Time Autonomous Driving for Electric Vehicle Based on Optimization of Velocity Profile Considering Energy Constraint, 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (2015).
6. Hideki Yoshida, Hiroshi Fujimoto, Daisuke Kawano, Yuichi Goto, Misaki Tsuchimoto, Koji Sato: Bench Test of Range Extension Autonomous Driving for Electric Vehicles Based on Optimization of Velocity Profile Considering Traffic Signal Information, International Electric Vehicle Technology Conference & Automotive Power Electronics Japan 2016 (2016).
7. Takuma Takeuchi, Takehiro Imura, Hiroshi Fujimoto, Yoichi Hori, Daisuke Guniji: Study on Energy System Configuration of Wireless In-Wheel Motor with Supercapacitor, The 29th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition (2016).
8. Motoki Sato, Giuseppe Guidi, Takehiro Imura, Hiroshi Fujimoto: Model for Loss Calculation of Wireless In-Wheel Motor Concept Based on Magnetic Resonant Coupling, IEEE Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (2016).
9. S. M. Dibaji, H. Ishii, R. Tempo, Resilient randomized quantized consensus with delayed information, Proc. 55th IEEE Conference on Decision and Control, to appear, 2016.
10. A. Cetinkaya, H. Ishii, T. Hayakawa, Enhanced stability analysis for networked control systems under random and malicious packet losses, Proc. 55th IEEE Conference on Decision and Control, to appear, 2016.
11. A. Cetinkaya, H. Ishii, and T. Hayakawa, Random and malicious packet transmission failures on multi-hop channels in networked control systems, Proc. 6th IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems (NecSys'16), to appear, 2016.
12. Y. Kikuya and H. Ishii, A fault tolerant protocol for clock synchronization in sensor networks, Proc. 6th IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems (NecSys'16), to appear, 2016.
13. Y. Chakhchoukh, S. Liu, M. Sugiyama, and H. Ishii, Statistical outlier detection for diagnosis of cyber attacks in power state estimation, Proc. IEEE Power & Energy Society General Meeting, Jul 2016.
14. Y. Susuki and I. Mezic, Koopman operator theory for nonlinear dynamical systems: An introduction with engineering applications, 2016 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2016) (発表決定).

他5件

研究発表（国内会議・特許）



国内会議/研究会発表，講演等

1. H. Hoshino, Y. Susuki, T.J. Koo, and T. Hikihara, A controller design of a two-site electricity and heat supply system, システム制御情報学会 研究発表講演会, 非線形系・むだ時間系 141-4, 京都テルサ, 2016年5月25日.
2. 太田 豊, 薄 良彦, 再生可能エネルギー大量導入時の電力系統のアンシラリーサービスの信号生成, システム制御情報学会 研究発表講演会, 車・家庭・地域調和型EMS構築に向けたシステム技術とデータ利用(2) 156-1, 京都テルサ, 2016年5月25日.
3. 白 成哲, 薄 良彦, 太田 豊, 引原 隆士, 電力需給データを組み込んだODEモデルによる配電電圧分布の解析, システム制御情報学会 研究発表講演会, 車・家庭・地域調和型EMS構築に向けたシステム技術とデータ利用(2) 156-2, 京都テルサ, 2016年5月25日.
4. 佐孝 恭一, 薄 良彦, 引原 隆士, クープマン作用素に基づく電力系統の電圧不安定化現象に関する一検討, システム制御情報学会 研究発表講演会, 車・家庭・地域調和型EMS構築に向けたシステム技術とデータ利用(2) 156-3, 京都テルサ, 2016年5月25日.
5. 薄 良彦, 白 成哲, 太田 豊, 引原 隆士, 非線形ODEを用いた配電電圧分布の計算機シミュレーション, IEICE 非線形問題研究会, 甲南大学, 2016年9月 (発表予定).
6. 水田 直斗, 薄 良彦, 太田 豊, 石亀 篤司, EVシェアリングデータを組み込んだODEモデルによる配電電圧分布のシミュレーション, 電気関係学会関西支部連合大会, 大阪府立大学, 2016年11月 (準備中).
7. 佐孝 恭一, 薄 良彦, Fredrik Raak, 引原 隆士, クープマン作用素の連続スペクトルに基づく電圧不安定化の時系列データ解析, 電気関係学会関西支部連合大会, 大阪府立大学, 2016年11月 (準備中).
8. 太田豊, 薄良彦, "再生可能エネルギー大量導入時の電力系統のアンシラリーサービスの信号生成", システム制御情報学会研究発表講演会(SCI'16), pp.1-2 (2016-06)
9. 大野雄輝, 太田豊, 佐々木三郎, 中島達人, "再生可能エネルギーと電気自動車導入された離島系統のエネルギー分析", 電気学会B部門大会, pp.1-2 (2016-09) (予定)
10. 生田悠斗, 谷内正志, 太田豊, 佐々木三郎, 中島達人, "電気自動車と太陽光発電が導入された住宅におけるエネルギーマネジメントの基礎検討", 電気学会B部門大会, pp.1-2 (2016-09) (予定)
11. 上地 大河, 平田 研二, 小野功, 石井秀明, 小野田崇, 実時間価格提示を利用した分散型充電管理方策と制御通信ネットワークの連成シミュレーションによる考察, SCI'16, May 2016.
12. 西垣貴央, 小野功, 石井秀明, 宮下充史, 小野田崇, AMIへのサイバー攻撃のシミュレーションの一検討, SCI'16, May 2016.
13. Y. Chakhchoukh, S. Liu, M. Sugiyama, H. Ishii, Cyber attack detection in power state estimation via a machine learning approach, SCI'16, May 2016.
14. 堀、馬場、伊藤、榊原「実給湯負荷データを用いた家庭用ヒートポンプ給湯機可制御負荷運転時の利便性評価」電気学会電力・エネルギー部門大会, 2016年9月予定
他5件

特許

1. (国内出願) 特願2015-168036, 車両の使用予測システム
2. (国内出願) 特願2015-170173, 電力制御システム及びサーバー
3. (国内出願) 特願2016-045920, カーシェアリングサービスの運用システム
4. (外国出願) PCT出願 (基礎出願案件: 2016-045920)

アウトリーチ活動



招待講演

1. T. Suzuki, International Electric Vehicle Expo 2016: The future Automobile Industry; Japan Perspective (March 18-24, 2016, Jeju Island, South Korea)
2. Y. Ota, "V2X Application for RES Integration", IEEE PES General Meeting, Panel Session : Advanced Applications of Dispatchable DER in a Smart Grid Environment (July 20, 2016)

講演会企画 (オーガナイズド・セッション)

1. 第60回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'16), 車・家庭・地域調和型EMS構築に向けたシステム技術とデータ利用, 10件、オーガナイザ: 薄 良彦 (京都大学), 石井 秀明 (東京工業大学), 2016.5.25-27, 京都テルサ
2. 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会2016 (SSI2016), エネルギー管理におけるシステム・情報・制御技術, オーガナイザ: 稲垣伸吉 (名古屋大学), 鈴木達也 (名古屋大学), 川島明彦 (名古屋大学), 2016.12.6-8, 滋賀県立体育館 (予定)

メディア

1. 日本経済新聞: 「工場・発電所サイバー防衛」 (7月5日夕刊)

日本経済新聞 (夕刊) 2016年(平成28年)7月5日(火曜日) 日本経済新聞社 2016 (日刊)

工場・発電所サイバー防衛

攻撃増加 企業の2割経験
産学官相次ぎ対策

工場や発電所がサイバー攻撃の標的となる。産学官が連携して対策を講じている。サイバー攻撃の被害は、工場や発電所だけでなく、家庭や学校にも広がっている。産学官が連携して対策を講じている。

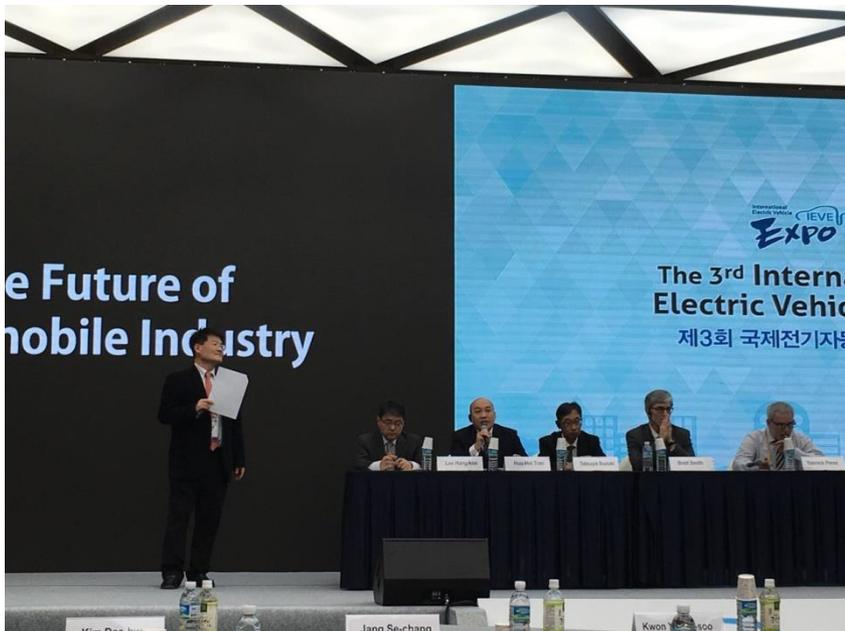
機関	内容
電気通信大学	工場を動かす制御装置の脆弱性を可視化
東京工業大学	発電所や変電所のデータ改ざんを監視
米GE	カナダの情報セキュリティ会社を買収し、工場の制御装置を守る対策を強化
東京電力ホールディングス	ハッカーの動向調査会社と契約。攻撃を想定した訓練も
経済産業省	電力事業者などと対策共有で年内にも新組織

夕刊 7月5日 (火曜日)

発行所 日本経済新聞社
〒100-8201 東京都千代田区千代田1-1-1
電話 03-5561-1111
FAX 03-5561-1112
〒100-8201 東京都千代田区千代田1-1-1
電話 03-5561-1111
FAX 03-5561-1112
http://www.nikkei.com/
印刷所 日本経済新聞社印刷部
〒100-8201 東京都千代田区千代田1-1-1
電話 03-5561-1111
FAX 03-5561-1112

アウトリーチ活動

- International EV Expo 2016 (2016/3/23, Jeju)
 - Panel discussion: The future Automobile Industry: Japan Perspective (Tatsuya Suzuki)



参加者200名程度(8割が韓国人)