



第11回 ESIシンポジウム

エネルギーシステムインテグレーションー ESI の取り組みー

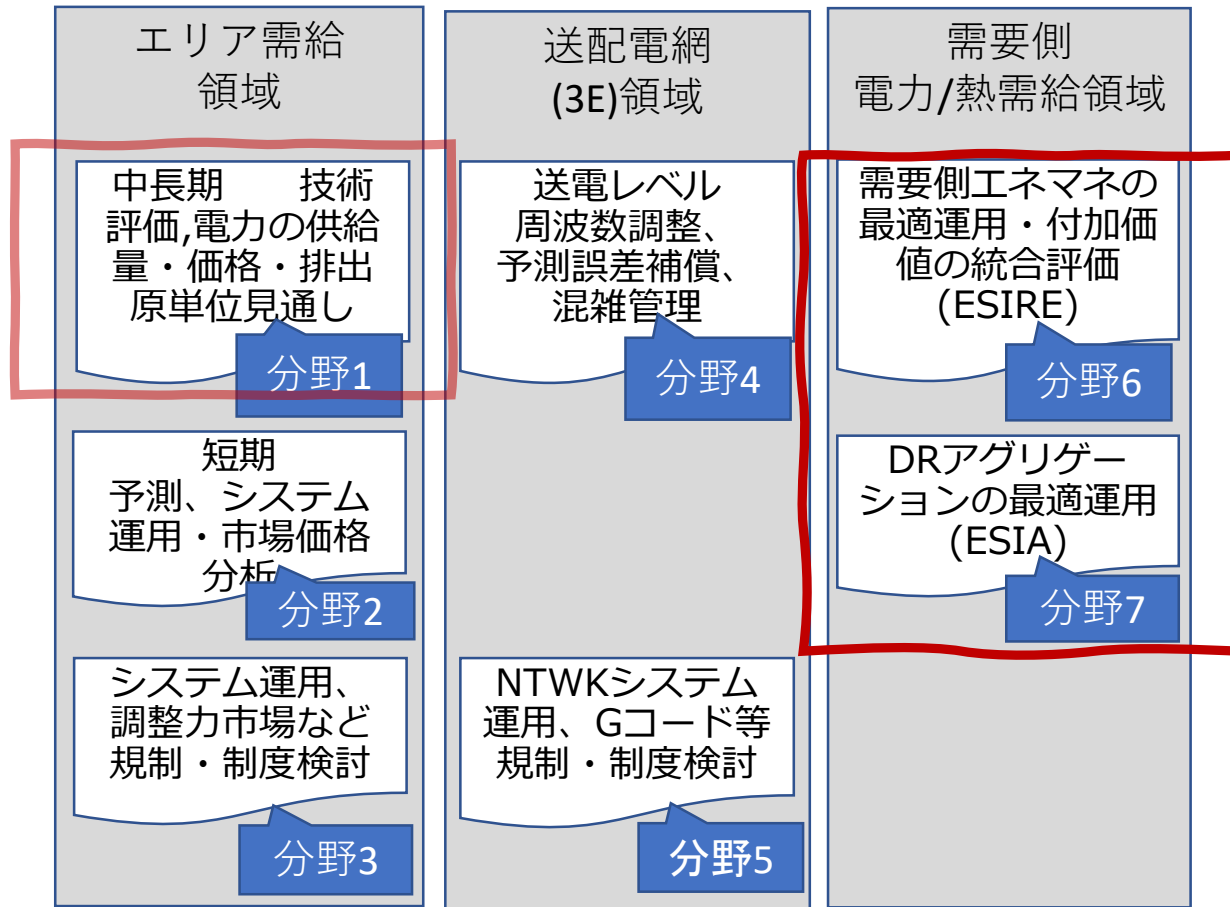
需要側の視点

東京大学生産技術研究所
エネルギーシステムインテグレーション
社会連携研究部門

岩船由美子



ESI 第I期の取り組み領域



制度設計・諸機関の活動への反映

システム運用改善

実証試験、製品開発
導入・普及、事業化・システム運用

エネルギーシステムインテグレーション (ESI)連携研究部門における需要側の視点

- エネルギーシステム最適化における需要の役割を評価できるツールの作成、共有
- ツールを用いた共同研究
- 需給統合型
 - 広域需給シミュレーションモデルにおける需要応答(DR)モデル構築
 - 電気自動車 (EV)、ヒートポンプ給湯機 (EQ)
- 需給分離型
 - 住宅エネルギーモデル (ESIRE)
 - DR評価モデルの構築
 - 需要データシミュレーションツール
 - アグリゲーションモデル (ESIA)



需要部門 (DR) のモデル化

需給分離型

発送電領域

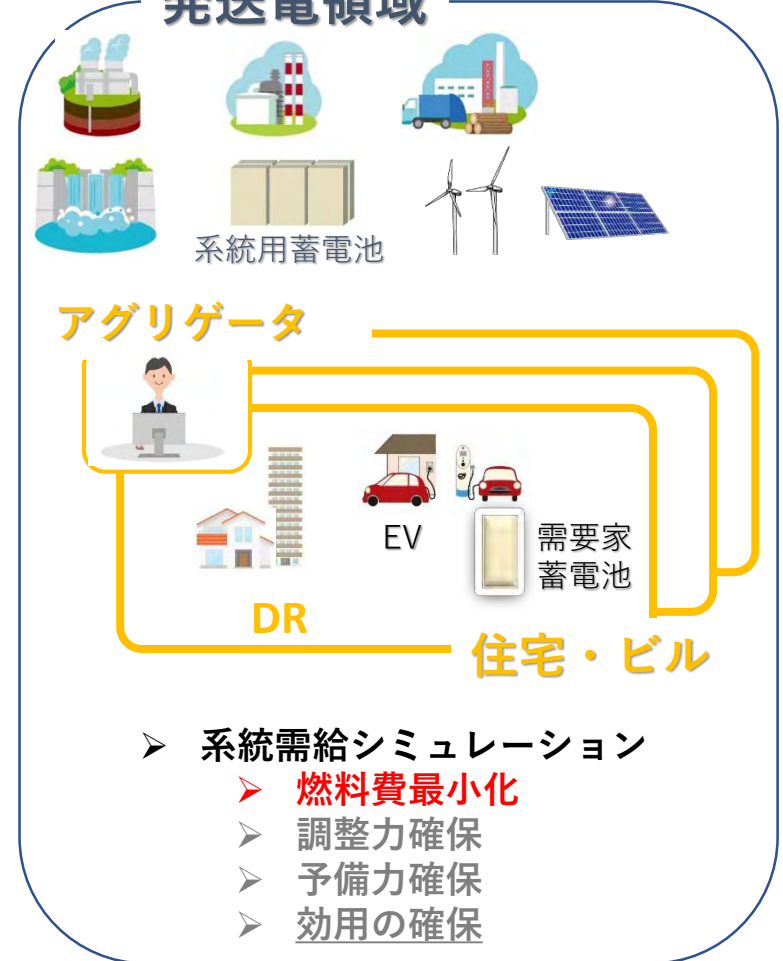


アグリゲータ



需給統合型

発送電領域



系統全体におけるDRの価値評価

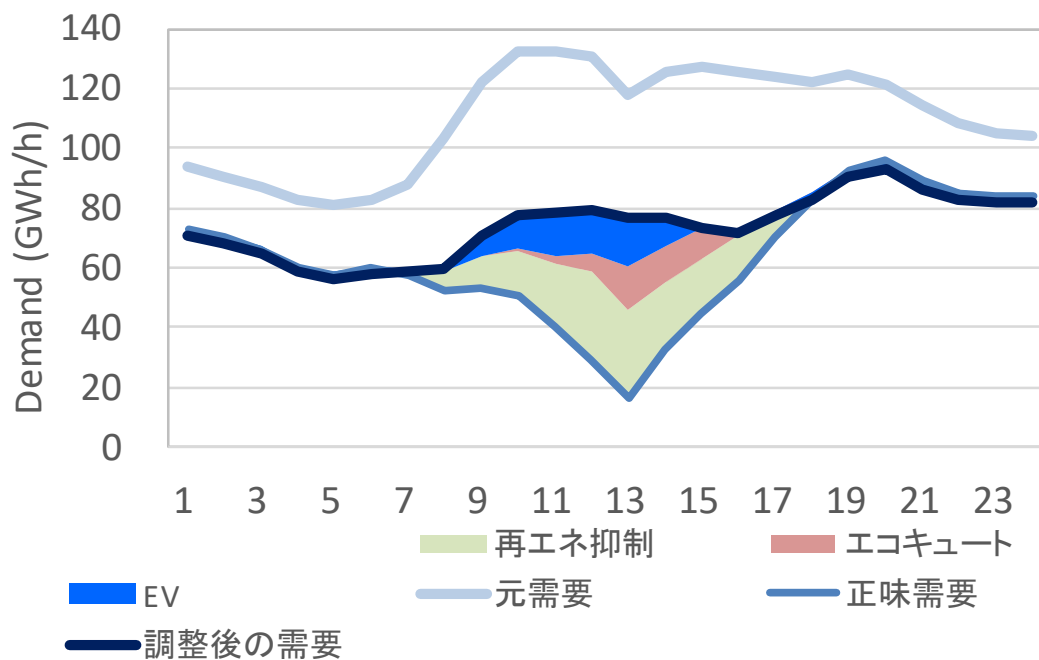
ミクロな需要家におけるDR効果の評価

需給統合型

- 系統全体の需給シミュレーションにおけるDRモデル実装（10エリア）
 - 電気自動車モデル
 - ODデータに基づく自家用車走行パターン（自家用車5クラス×休平日データ）
 - パラメータ
 - 導入台数、電池容量（kWh/kW）、電池充放電ロス、走行電費
 - HP給湯機モデル
 - 大阪大学下田研究室給湯需要シミュレーションデータ（5クラス×8760時間データ）
 - パラメータ
 - 導入台数、タンク容量、HP気温特性、タンクロス、季節別貯湯温度



EV/EQによるDR効果試算例



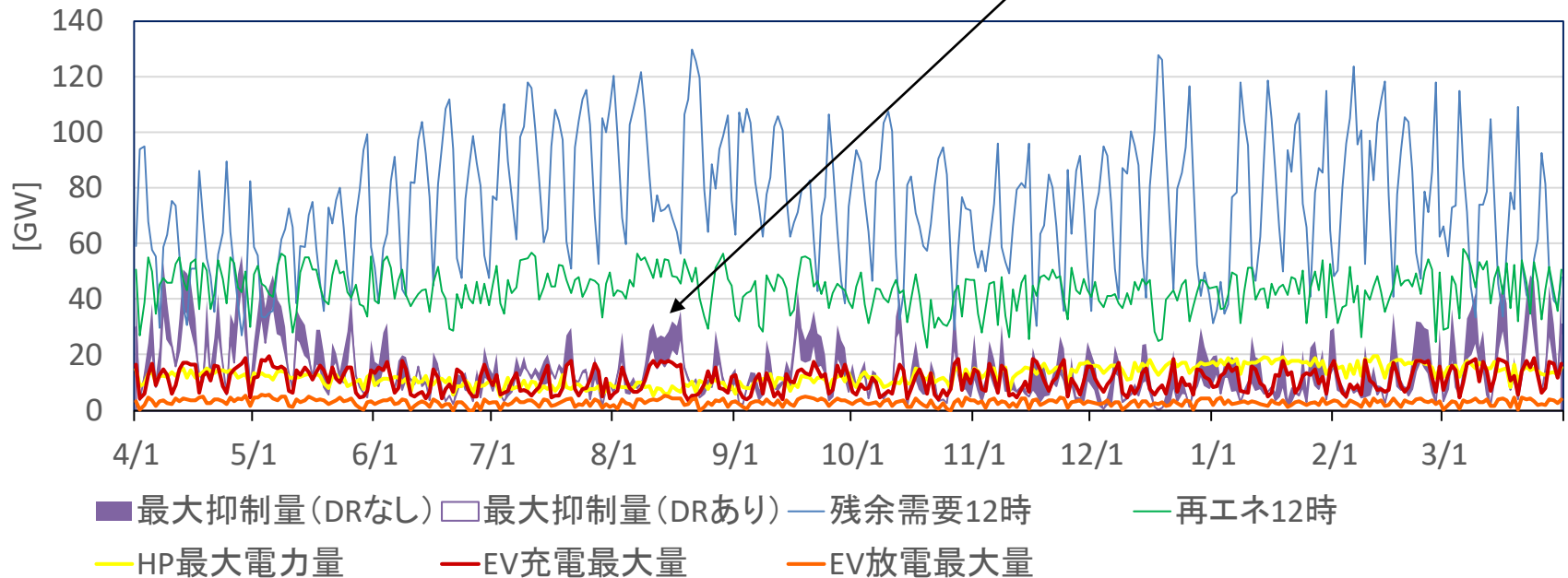
2030年4月1日の需給シミュレーション (PV103GW、風力32GW導入想定時)

EV896万台、エコキュート1400万台導入時の全国合計の結果)



需給統合型モデルの結果例

DRによる最大抑制削減効果



kWの推移 (PV103GW、風力32GW導入想定時EV896万台、HP給湯機1400万台導入時)

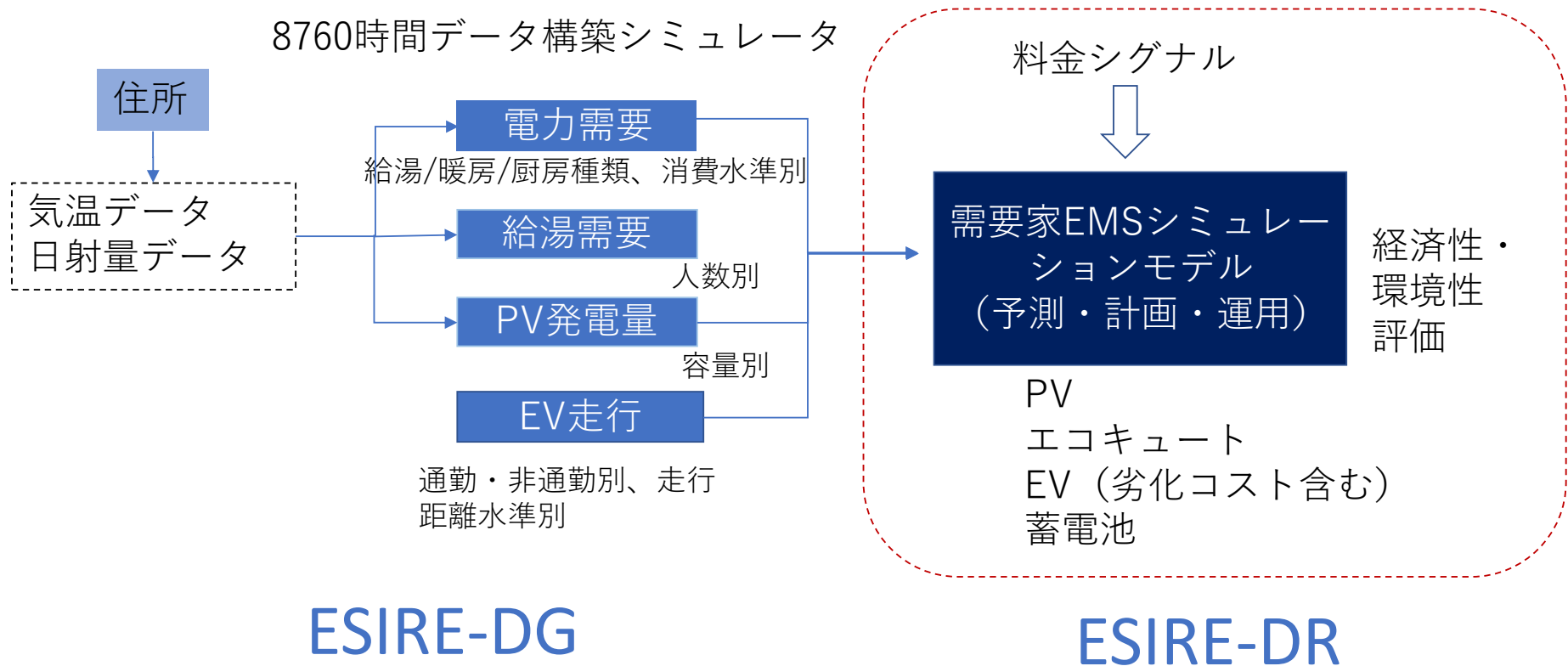


需要モデル

- ESIREモデル
 - 住宅エネルギーモデル（家1件）
 - 需要シミュレータ（PV発電量、給湯、その他需要、EV走行）→ **ESIRE DGモデル**
 - DR評価モデル（EV、EQ、電池）→ **ESIREDRモデル**
- ESIAモデル
 - アグリゲーションモデル（EV、EQ）
- 業務用電力需要シミュレータ



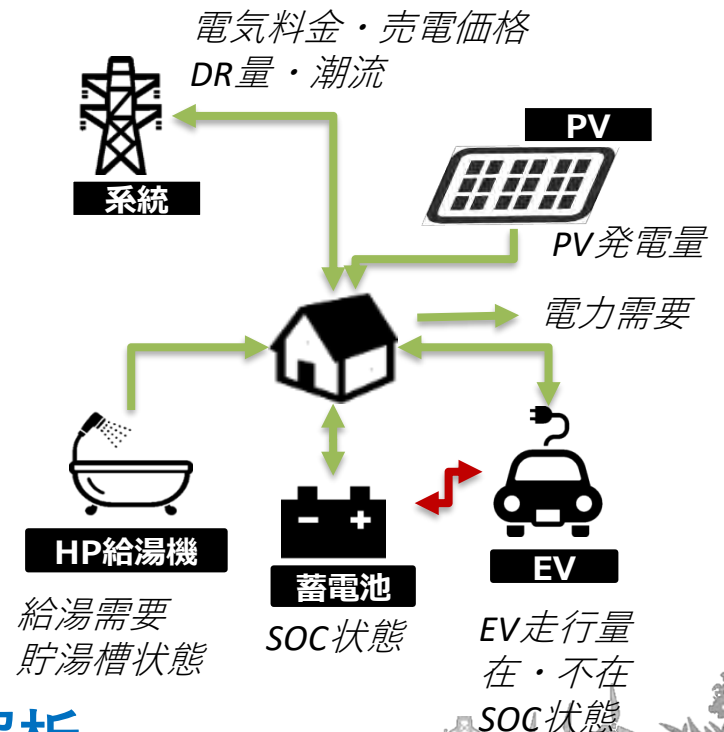
住宅エネルギーモデル：ESIREモデル (ESI Residential Energy Model)



ESIRE-DRモデル

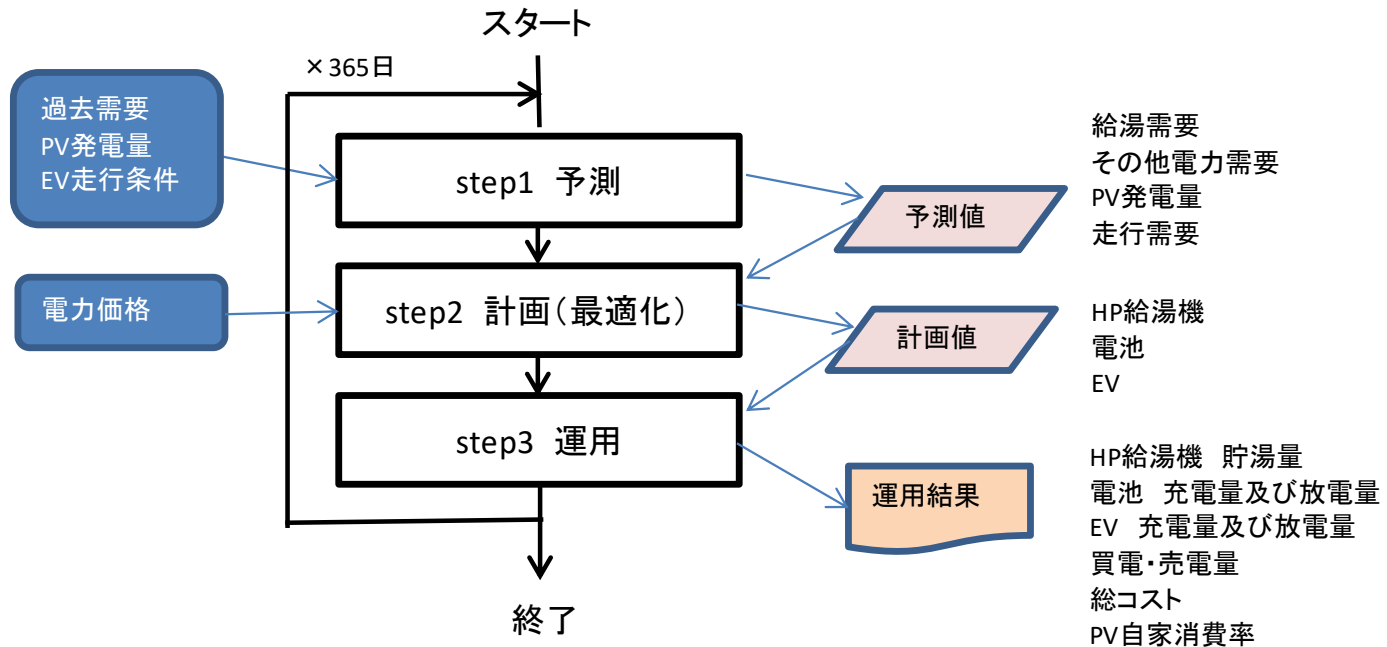
各住宅において、翌日のPV発電量/需要を予測し、24時間先までの電気料金最小化の目的でDR機器の運転計画を構築し、実際のPV、需要実績のもと運用を行う

- DR対象機器
 - HP給湯機 (EQ)
 - 定置式電池
 - 電気自動車 (EV)



→ DRによるコスト削減効果を解析

ESIRE-DRモデルの概要



必要なデータ (実績、予測値、期間：1年間 + α)

給湯需要

その他需要

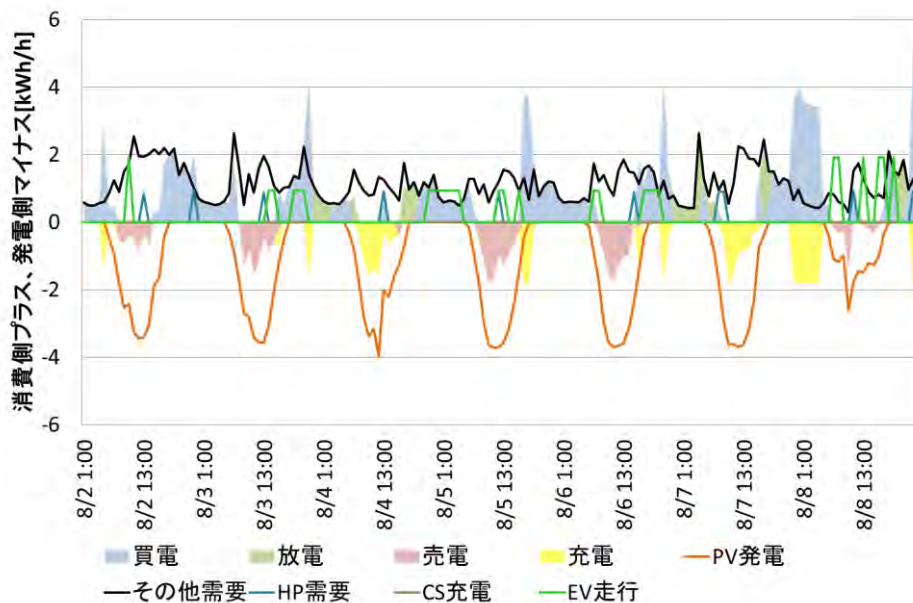
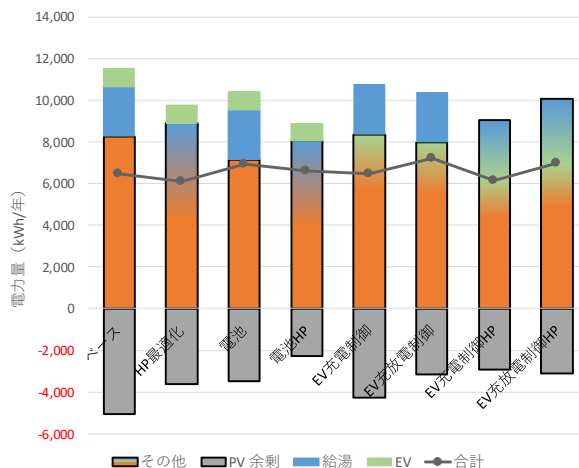
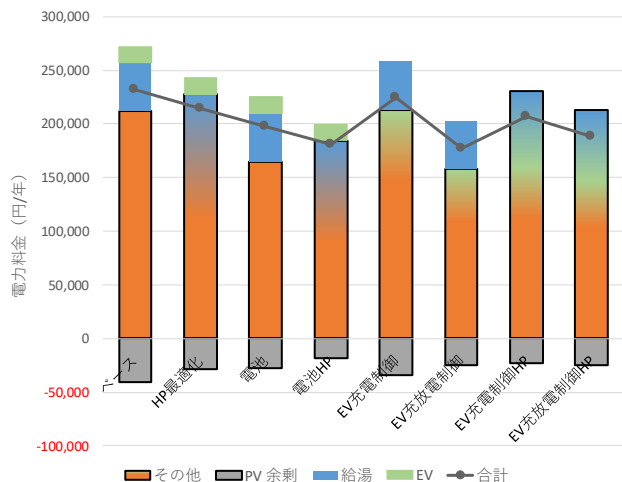
PV発電量

EV走行、EV滞在



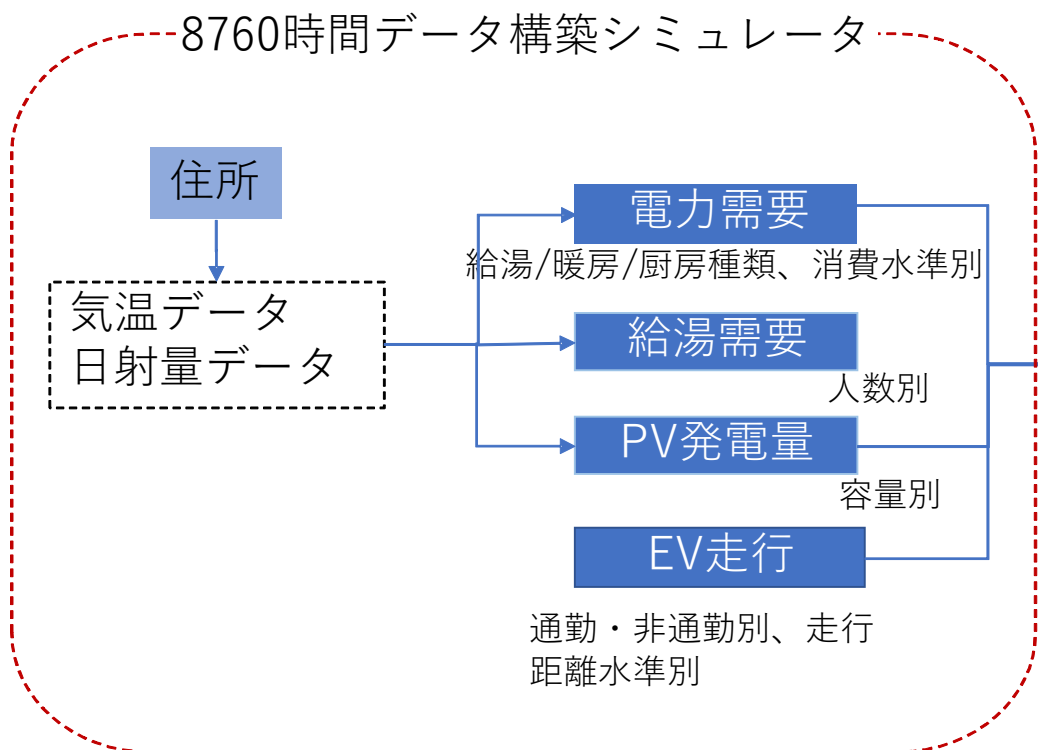
ESIRE-DRモデル 結果出力例

シミュレーション



ESIRE-DGモデル（データ構築部分）

8760時間データ構築シミュレータ



ESIRE-DG

DR評価ツール

料金シグナル



需要家EMSシミュレーションモデル
(予測・計画・運用)

経済性・
環境性
評価

PV
エコキュート
EV（劣化コスト含む）
蓄電池

ESIRE-DR



住宅電力需要シミュレータ

- 環境省家庭部門のCO2排出実態統計調査（以下CO2統計）の調査票データを分析し，給湯種類，厨房種類，主暖房種類の組み合わせで，需要を類型化
- 過去に収集したHEMSデータの世帯を対象に，保有機器別消費水準別にマッチする代表世帯を抽出
- 代表世帯の実績データを用いて，マルコフ連鎖モンテカルロシミュレーション（MCMC）法を適用し，任意の8760時間の需要プロファイルを構築

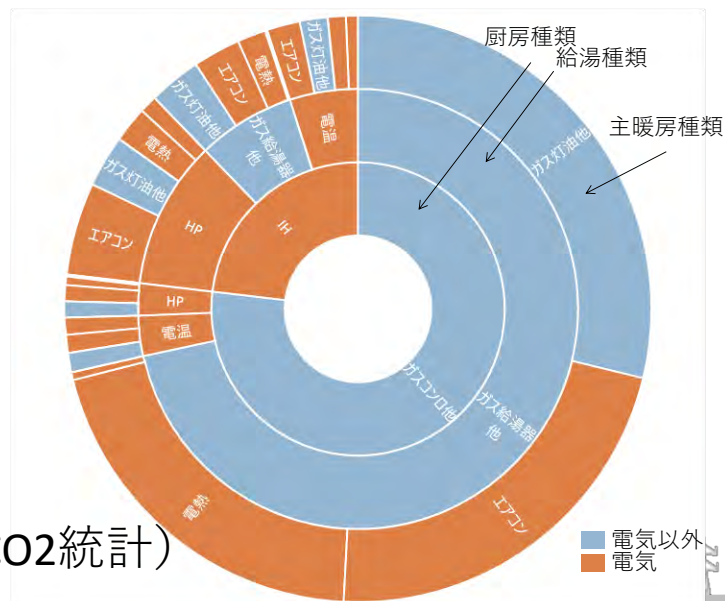


設備種類別世帯内訳

類型	設備種類			消費水準			世帯割合*2
	厨房	給湯	主暖房*1	小	中	大	
1	ガス	ガス	ガス他	1	2	3	28.8%
2	ガス	ガス	電気	4	5	6	42.3%
3	IH	HP	ガス他	7	8	9	2.9%
4	IH	HP	電気	10	11	12	7.1%
5	その他			—	—	—	19.0%

*1主暖房電気はエアコン、電熱系（電気ストーブ、電気カーペット・こたつ）

*2：CO2統計より集計



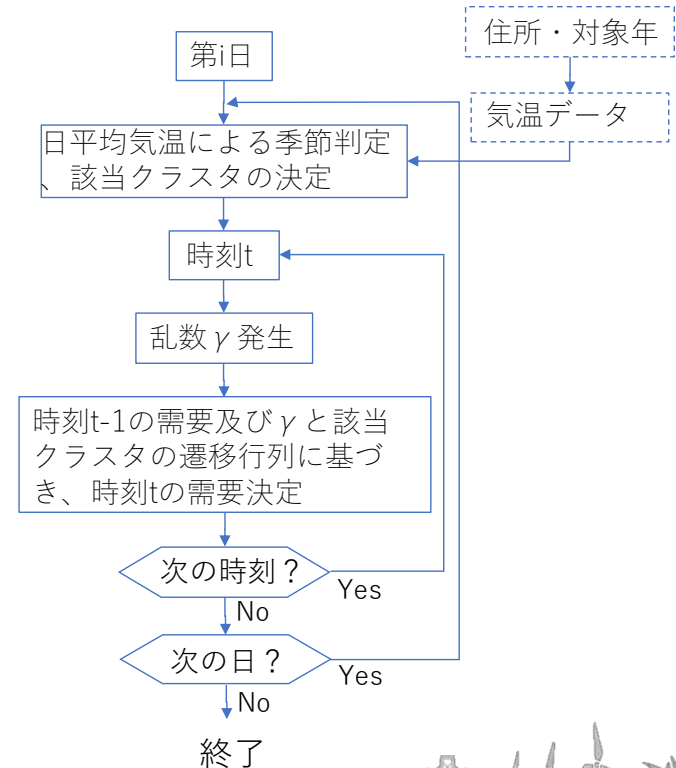
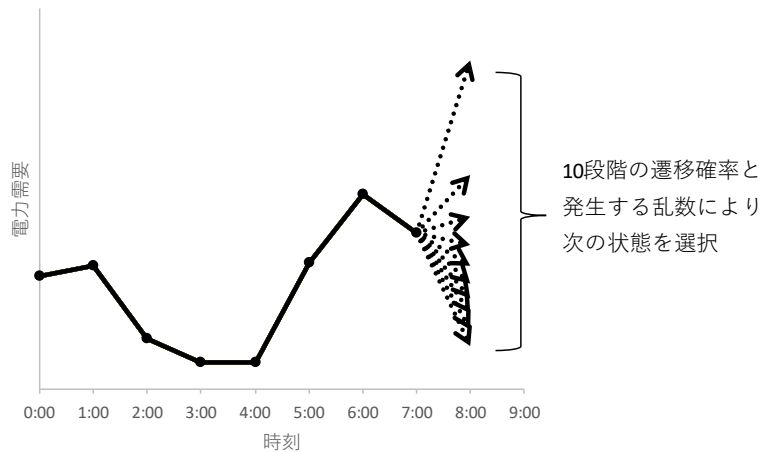
設備別住宅戸数割合 (CO2統計)

■ 電気以外
■ 電気

需要シミュレーション方法

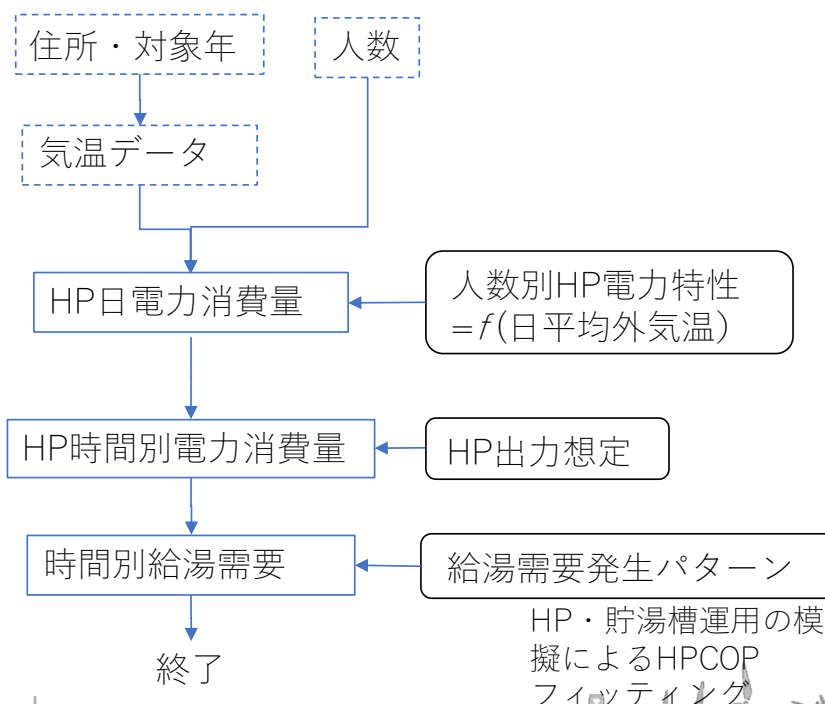
- 各時間の需要の決定

- 状態遷移確率行列を用いて前時間の需要水準から次の時間の需要水準を決定



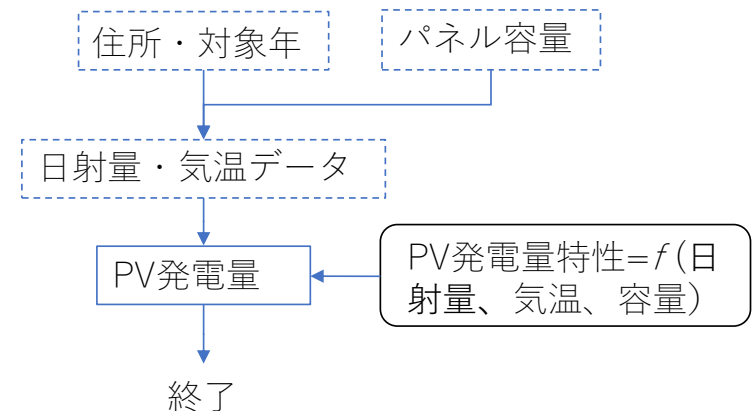
給湯需要シミュレータ

- 人数別の気温特性を考慮したHP給湯機の日消費電力量の推計
- 時間別HP消費電力量の推計
- 給湯需要の推計



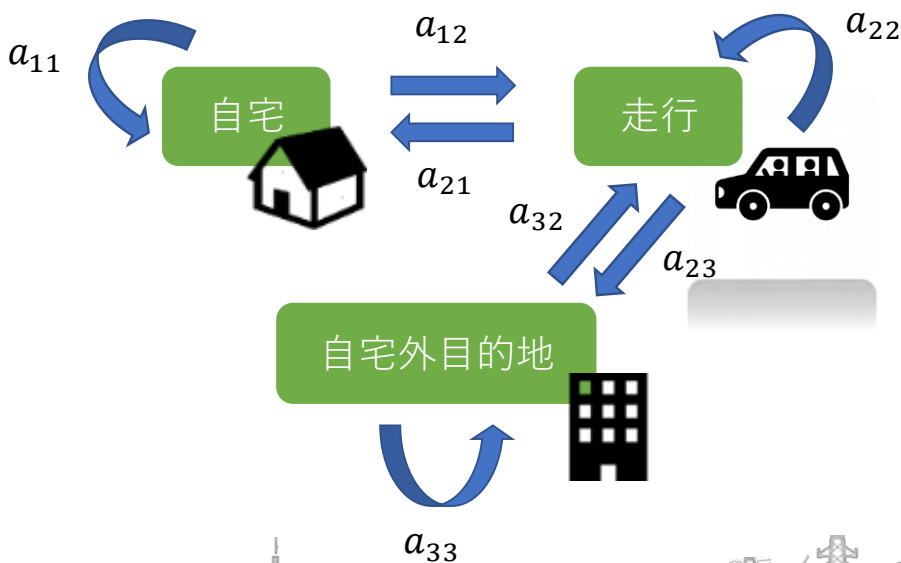
太陽光発電電力量シミュレータ

- PV発電量は，日射量と外気温の関数として表す
 - $PV\text{発電量}[t] = \text{日射量}[t] \times \alpha \times (1 - (\text{気温}[t] - \text{基準気温}) \times \beta) \times PV\text{発電容量}$
 - α : PV出力係数 (全天日射量当たりの容量当たりPV発電量) [kWh/(kWh/m²)]
 - β : PV発電量の温度損失係数
 - t : 時刻
- HEMSデータ分析
 - 444世帯に対し，非線形回帰を行い， α , β を推計
 - 係数が有意水準0.1%で有意な世帯422世帯における回帰結果の平均より $\alpha = 0.72$, $\beta = 0.009$



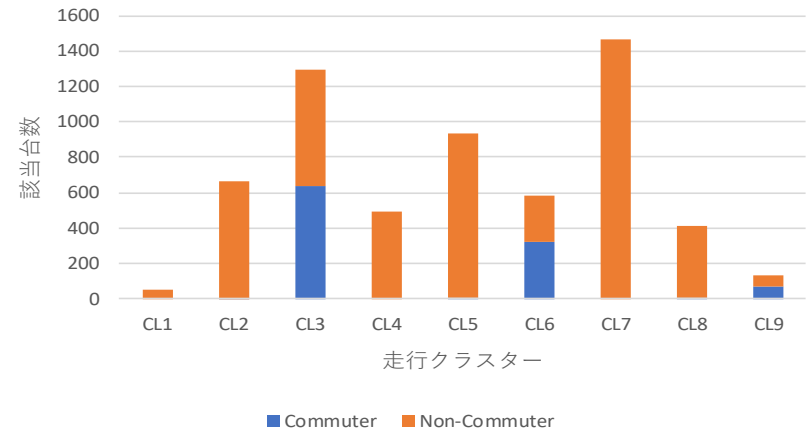
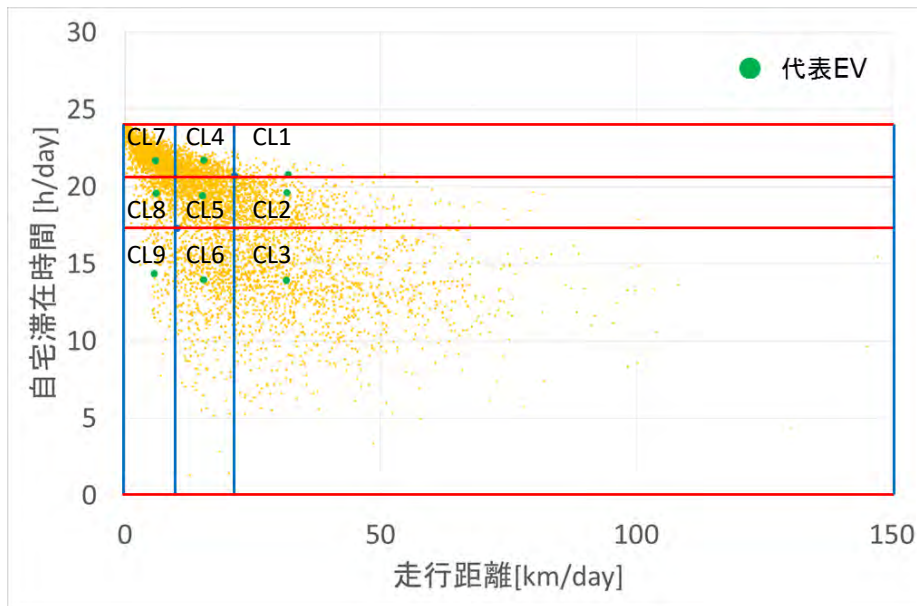
マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いた電気自動車の走行シミュレータ

- EV実走行データを分析し，個別の自家用自動車の1年間の走行パターンを模擬するシミュレータを構築
- EVの状態をマルコフ連鎖（1ステップ前の状態によって次のステップの状態が決定される連鎖（マルコフ過程））モデルにより表現
- EVの状態（自宅（Home），走行（Trip），自宅外目的地（Other））を毎時決定



EV走行パターンモデル化方法

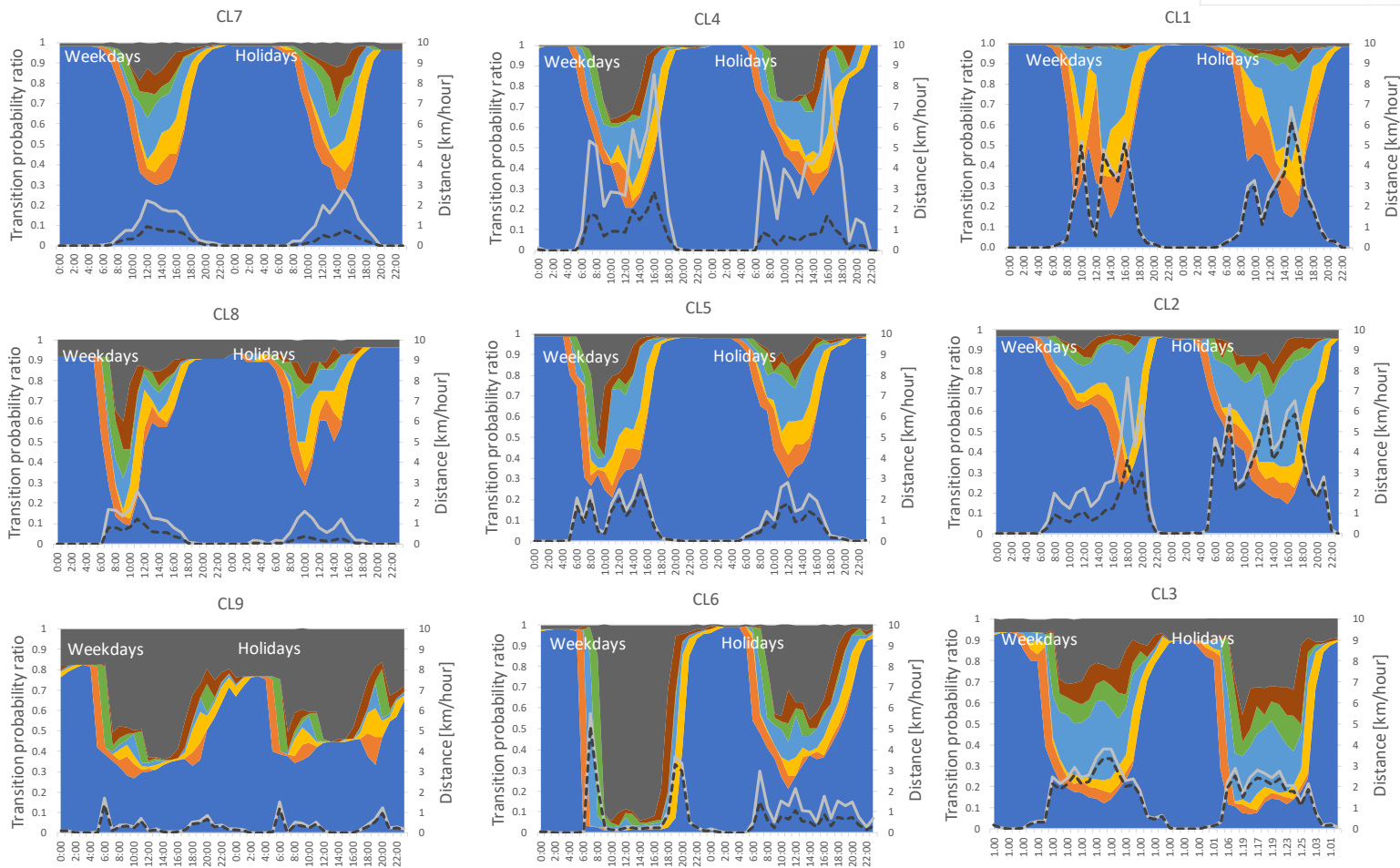
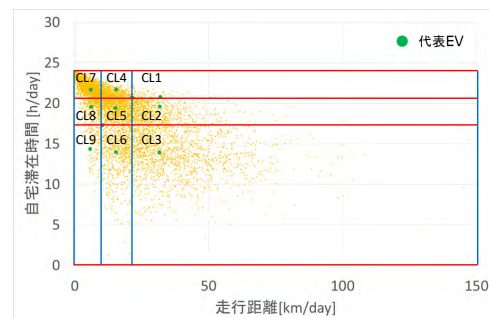
- 日産リーフの実走行データ（6,022台，期間：2015年1月1日 - 2016年12月31日）
- 各EVの総走行距離と総自宅滞在時間のそれぞれ3分位数を閾値として，EV群を3×3のグループに分類
- 代表EVは，クラスタ内のEV群の総走行距離と総自宅滞在時間それぞれの中央値との距離（規格化後）が最小となるEV



各クラスターの該当台数



代表EVの稼働日の遷移確率 及び走行距離

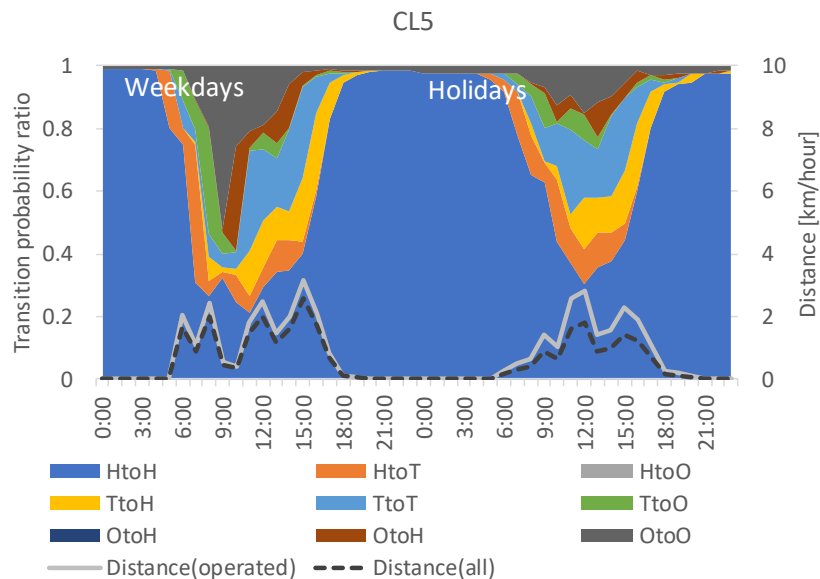


■ HtoH ■ HtoT ■ HtoO ■ TtoH ■ TtoT ■ TtoO ■ OtoH ■ OtoT ■ OtoO — Distance(operated) - - - Distance(all)

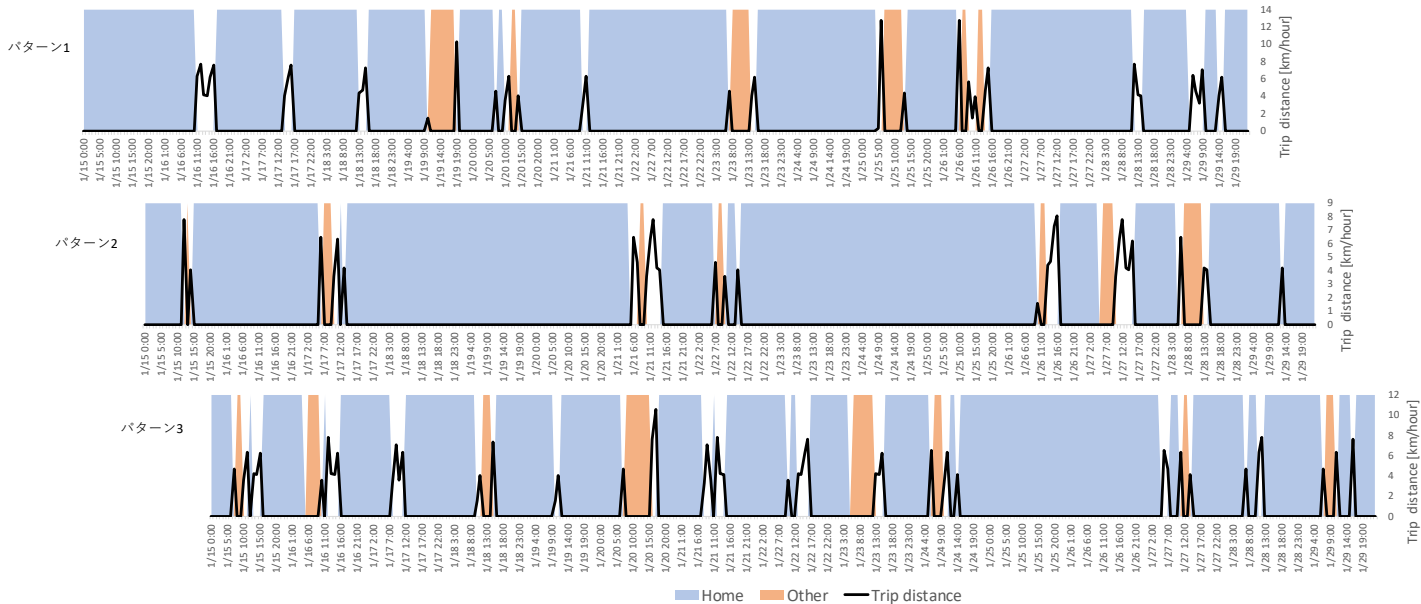


EV走行パターン

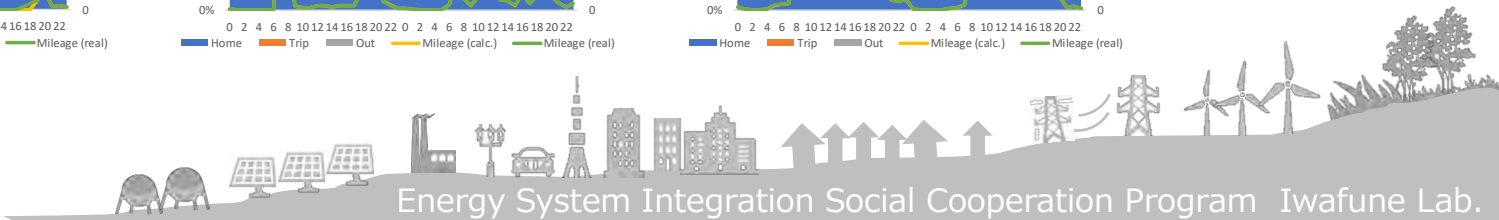
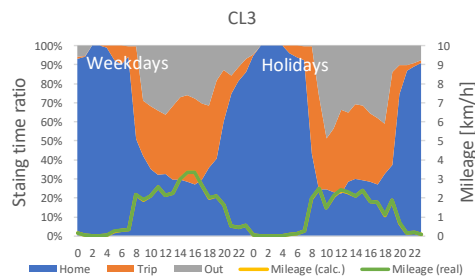
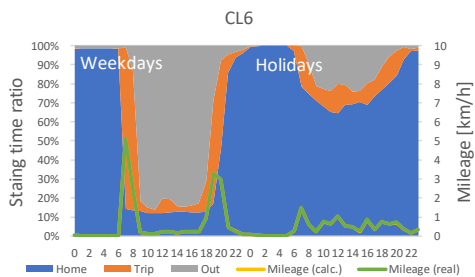
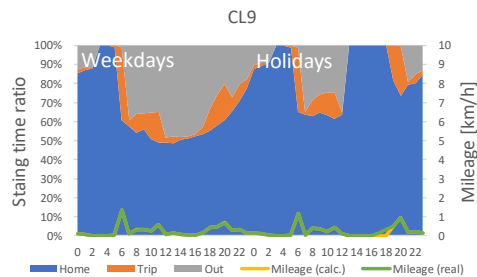
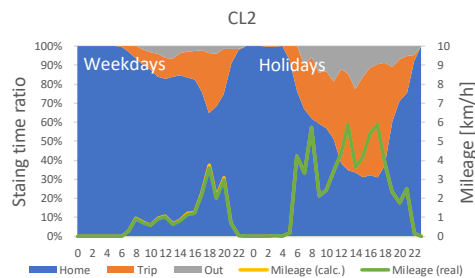
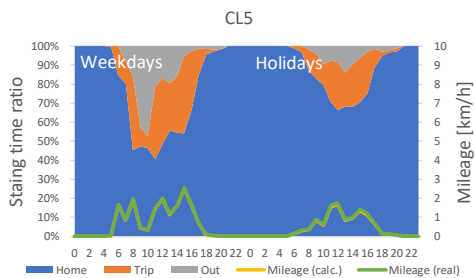
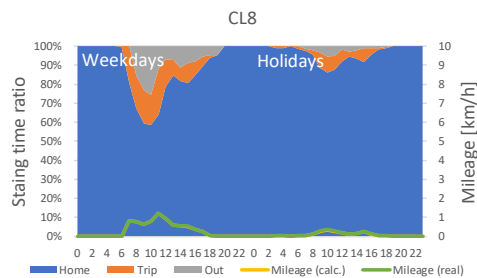
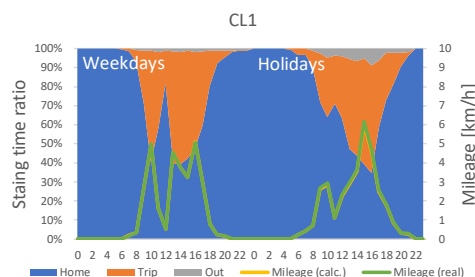
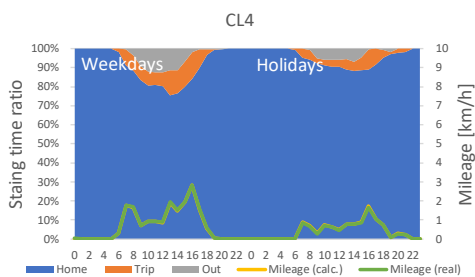
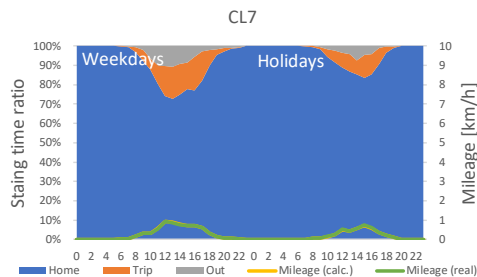
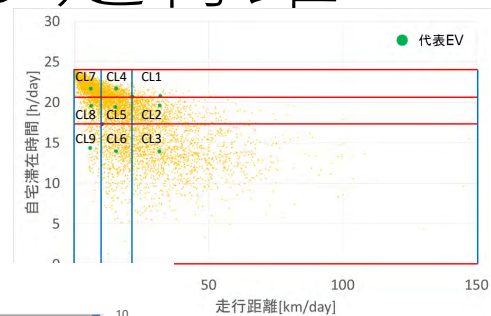
代表世帯遷移確率



マルコフ連鎖モンテカルロシミュレーションによる8760時間走行パターン決定

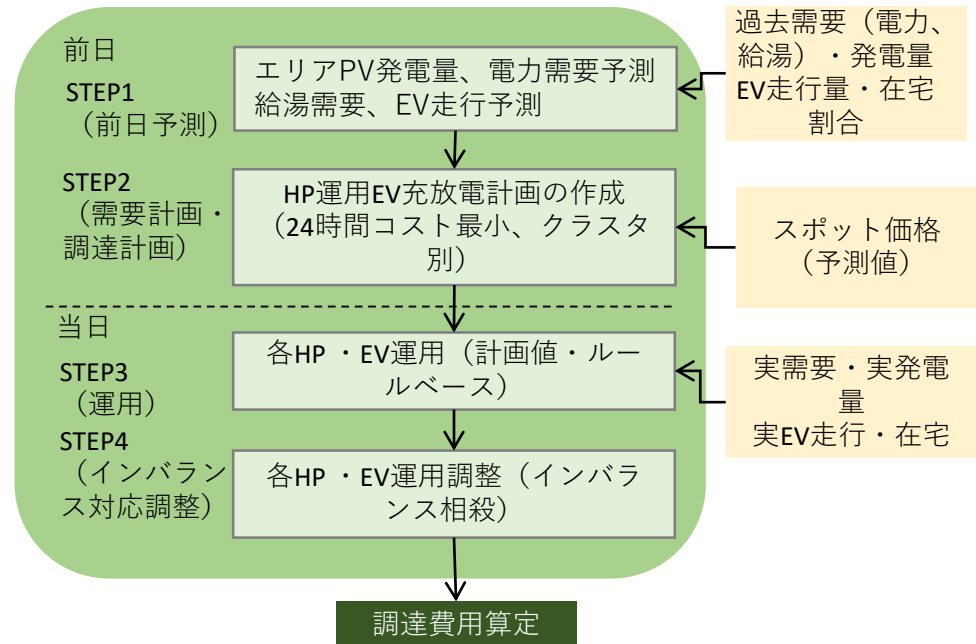


100EV模擬時の平均の状態及び走行距離 離 (全日、非稼働日も含む)



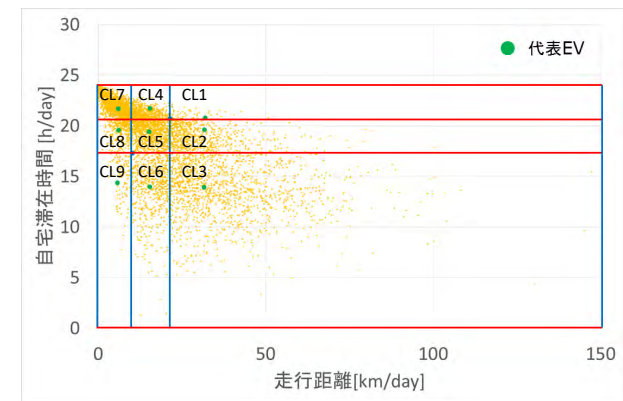
アグリゲーションモデル：ESIAモデル (ESI Aggregation Model)

- 発電－需要BGを組成するアグリゲータを想定し、市場価格に基づき、調達コスト最小化を目指す
- 対象需要
 - 給湯需要
 - EV走行需要



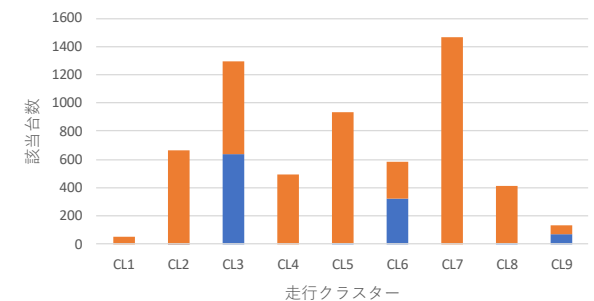
シミュレーションデータおよびケース設定

項目	データ
価格	九州電力2019年1月～12月のスポット価格、インバランス価格
HP給湯機	タンク容量370L、COPは気温の関数
EV	電池容量40kWh/3kW 外部充電ステーションにおける充電単価：50円/kWh
給湯需要データ(1)	大阪大学シミュレーションデータ（2013年1014件）より抽出
EV走行データ(2)	ESIREモデル（ESI住宅シミュレーションモデル）より9クラスター×100件シミュレーションデータより抽出



項目	ケース設定
夜間運転ケース（基準ケース）	従来通りの運転を想定（1-6時のみ購入可能）、EV全体のSOCを6時に100%まで戻す（タンク貯湯量を24時に貯湯可能範囲の20%まで戻す）
HP給湯機	HP最適制御ケース（タンク貯湯量を24時に貯湯可能範囲の20%まで戻す）（インバランス調整なし、あり）
EV	EV充電制御ケース（EV全体のSOCを6時に80%まで戻す）（インバランス調整なし、あり）
	EV充放電制御ケース（EV全体のSOCを24時に50%まで戻す）（インバランス調整なし、あり）

EV走行モデル



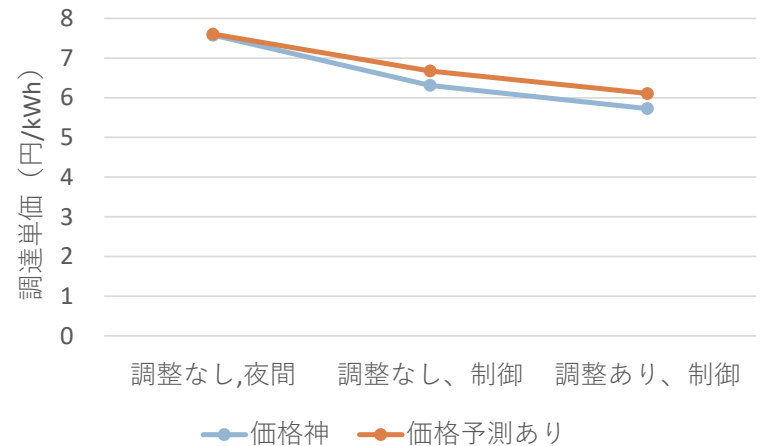
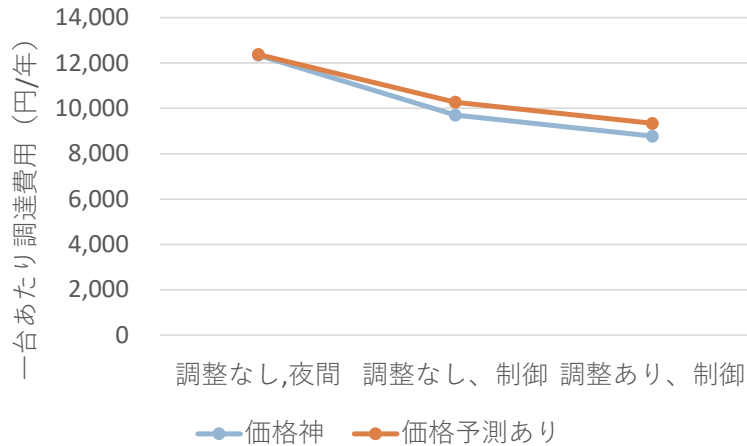
■ Commuter ■ Non-Commuter

EVクラスター割合

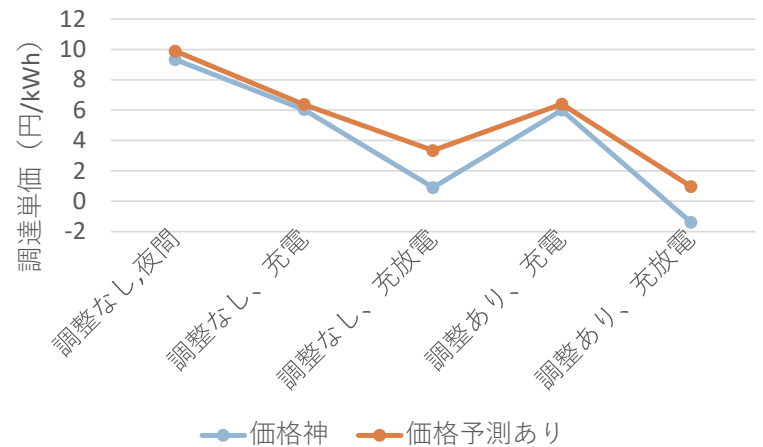
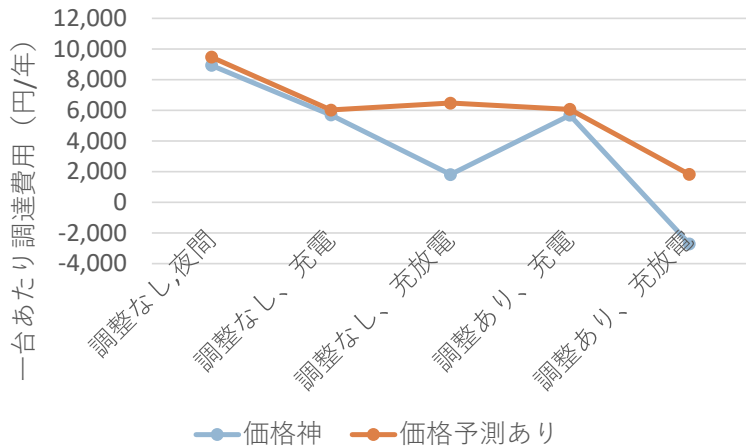


アグリゲーションの効果 (EQ, EVのみ) スポット予測誤差の影響 (n=100)

EQ



EV

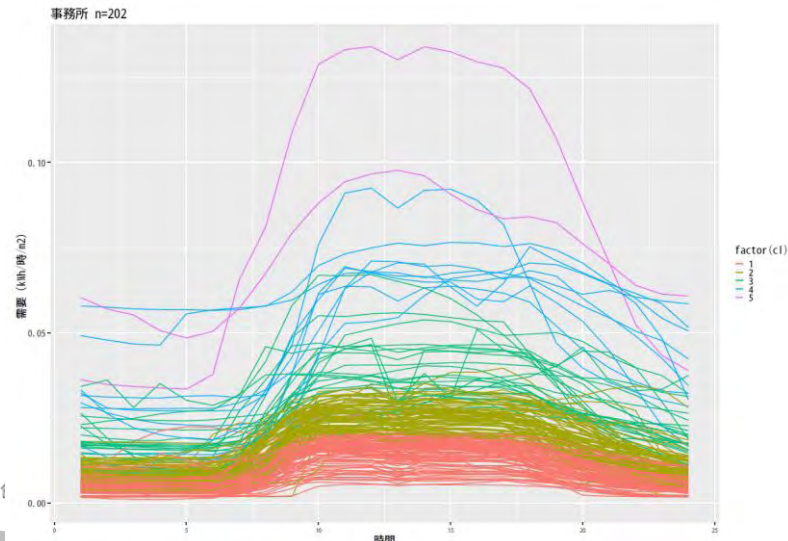
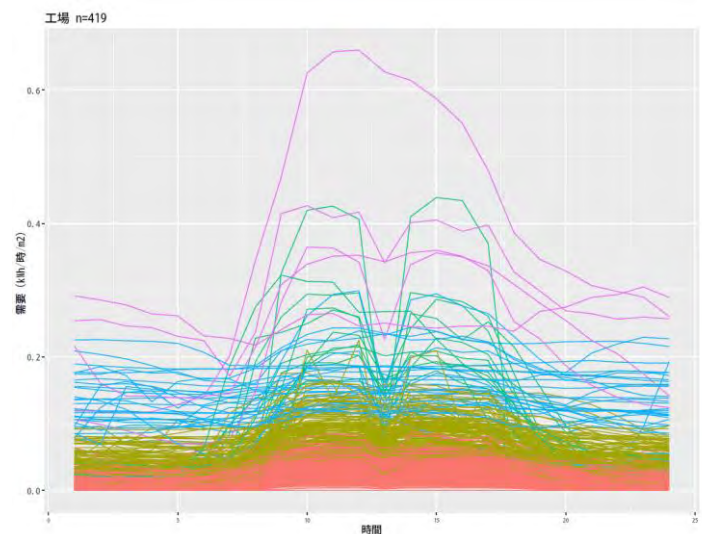
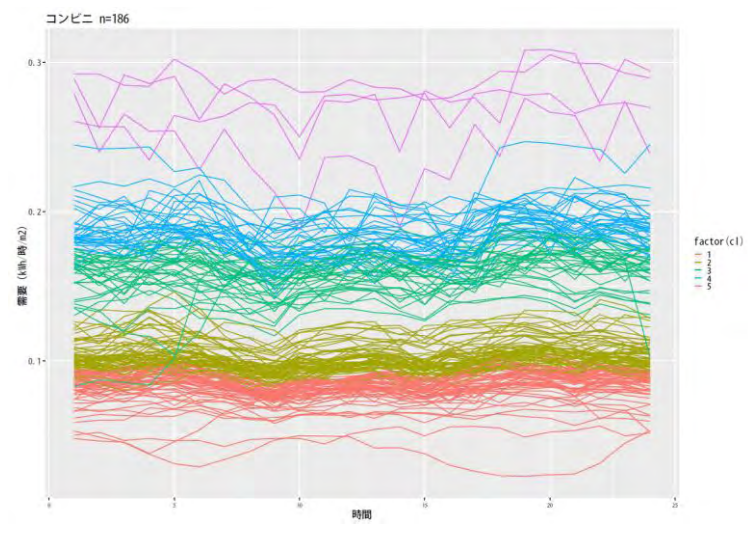
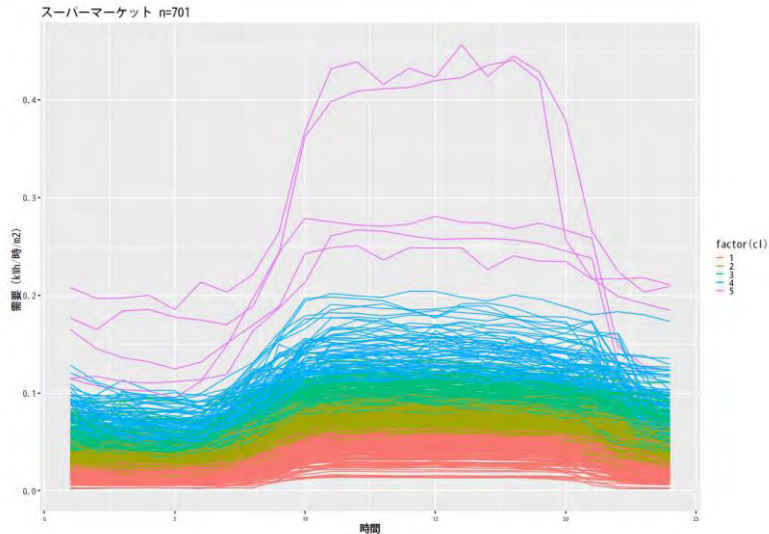


業務用電力需要シミュレータ

- SII Energy Management System Open DATA (BEMSデータ)
 - 平成 23 年度 エネルギー管理システム導入促進事業費補助金(BEMS)
 - 平成 27 年度 エネルギー使用合理化等事業者支援補助金(合理化)
 - 平成 28 年度 エネルギー使用合理化等事業者支援補助金(合理化)
- 業務用建物におけるMCMC電力需要モデル
 - 休平日を考慮しない
 - 12種類に需要を分類 (事務所、卸売業・小売業 (コンビニ、スーパー、それ以外)、飲食店、宿泊、生活関連サービス業・娯楽業、医療、福祉、教育、学習支援、工場)
 - 気温は代表都市 (札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、愛媛、広島、福岡) のデータを用いる
- 地域、年、種別棟数あるいは床面積を入力
 - 平均床面積は法人土地・建物基本調査 全国編 建物の所有・利用を参照
- 各カテゴリ別に消費量が平均に近い10建物を抽出、平均値をモデル需要データとする



業務用需要データ



モデル評価より得られる需要の柔軟性活用の効果

- マクロ（需給）シミュレーション
 - EV
 - 乗用車で16%程度（900万台）普及しても、充電需要としては全体需要の1%程度
 - kWは大きく、kWhは小さい
 - 充電制御のみの場合、勤務地充電が重要
 - 充電制御のみでは、柔軟性が低く、充放電制御も可能とすることが有効
 - ミクロ（住宅、アグリゲーション）シミュレーション
 - HP給湯機
 - PV保有世帯において、卒FITによりPV買取が下がると、天候予測に基づいた最適運用を行うと、現状の時間帯別料金においても、6千円/年程度のコストメリットがある。省エネにもなる。年間平均では3kWh程度の電池と同程度の自家消費拡大効果あり。
 - 太陽光発電が多く導入され、昼間の市場価格が大きく下がっている状況では、市場連動価格の場合、毎日昼運転でも、完全最適時のコストメリットの80%程度は確保できる。
 - EV
 - PV保有世帯において、卒FITによりPV買取が下がったときの最適運用によるコストメリットは、効果は走行パターンにより大きく異なる。現状の時間帯別料金において、充電制御だけだと、1万円前後/年、充放電制御3,4万円/年程度である。
 - アグリゲーションで、インバランス調整まで適用できると、経済価値が高い。



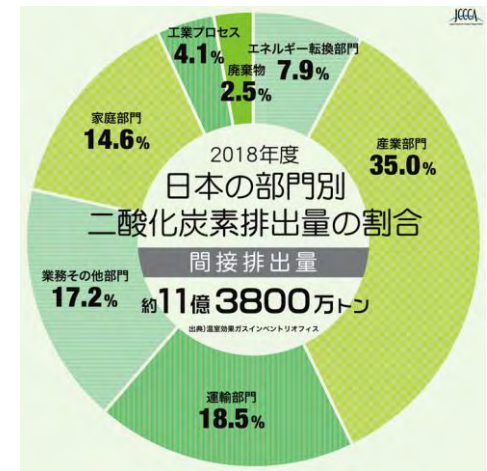
最近思うこと

• CNへのパス

- 長期ビジョンが重要だがフォーキャストでしか動かない
- バックキャストとフォーキャストが全然つながりそうにない
- 再エネが思うように増えない
- 自治体の役割は大きいですが、継続できる仕組みがない
- 市場原理だけでは進まないが、義務化などは難しい

• 需要におけるEE&DR（省エネと需要応答）を進めるには

- DR：弾力性をどう制度に組み込めるのか
 - DR (kWh, ΔkW) の費用対効果
 - スマートデバイス自体の普及 第三者所有モデルの可能性
 - 電化 (EV)
- EE：既築建物のロックインを防ぐには
 - 断熱改修、新築建造物高性能化
 - 都市計画問題との関連



ESI II期に向けて

- 需要家モデルの活用拡大
 - アグリゲーションモデルの拡張、評価
 - 将来の価格の反映
 - 需要データベースの構築（EV走行含めた需要サンプルの拡大）
- スマートメータデータ活用可能性評価
- EE+DRのシステムの価値の評価
- 社会実装のための制度設計提案



ご清聴ありがとうございました。

