

# スマメデータによる需要予測を活用した 事業所向け最大需要電力抑制アラートの サービス化に向けて

---

電力中央研究所

小松秀徳、木村宰

BECC JAPAN 2018

2018年8月23日

 電力中央研究所

# 背景

- ◆ 2020年までに全世帯・事業所にスマートメータ導入予定
- ◆ 当所では、2016年に「中小事業所向け省エネレポートの自動生成ツール」を開発
  - 電力中央研究所報告Y15004, “スマートメータデータを活用した省エネルギーアドバイス自動生成ツール – 中小事業所向けサービスのための基本設計 –”
    - 運用不具合検出 + 他事業所比較を活用
    - デマンド削減や省エネの余地・着眼点を示す
    - アドバイスの追加、グラフやメッセージの改善など継続中
  - **過去の**電力消費傾向の分析に留まっていた

## 提案する枠組み

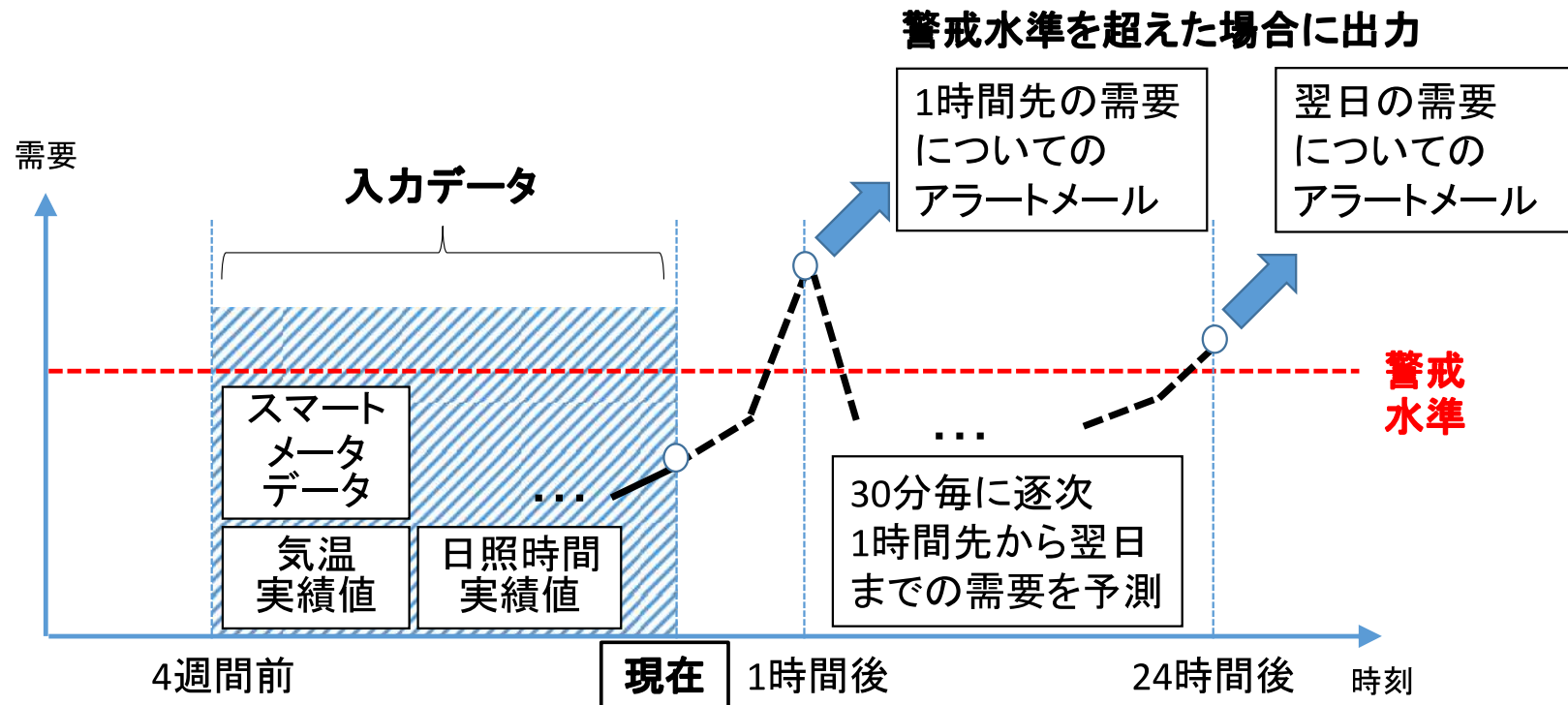
### ◆ 過去の電力消費実態に基づくアドバイス

- 運用不具合の検出
- 他事業所との比較
- 特に重要なデータの「見える化」

### ◆ 未来のデマンド増加の可能性を報せる

- 中小事業所では、年間最大電力（デマンド）に応じて契約料金が決まるため、その抑制がコスト削減の上で重要
- スマートメータデータと気象実績値のみで需要予測
- デマコンなしで、1時間先から翌日までの最大電力需要の発生を事前にアラート

# 利用形態のイメージ



- ◆ 入手が容易なデータを用い、多様な事業所に適用可能
  - 入力データ：予測時点から直前4週間分の事業所毎のスマートメータデータと気象実績値
- ◆ 契約電力超過の可能性を常に監視
  - 30分毎に逐次電力需要を予測
  - 1時間から24時間先までの予測結果が警戒水準を超えた際にメール送信

# アラートメールのイメージ

1 時間後に契約電力超過が予想されます。  
使用機器をご確認のうえ、契約電力超過を避けるため節電対策をご検討下さい。

12:30 のデマンド（実績）： 85kW

13:30 のデマンド（予測）： 125kW

お客様の契約電力：120kW

## 短時間先(1時間先)の点アラート

明日、契約電力超過の恐れがあります。  
使用機器をご確認のうえ、契約電力超過を避けるため節電対策をご検討下さい。

本日の最大デマンド（実績）： 90kW

明日の最大デマンド（予測）： 116~124kW

お客様の契約電力：120kW

## 翌日(24時間先)の幅アラート

- ◆ 点アラート
  - 予測値を単一の値として出力する予測
- ◆ 幅アラート
  - 上限値・下限値を伴う幅を持った予測
- ◆ 短時間先予測
  - 1-6時間程度先を、具体的な時間を指定した予測
- ◆ 翌日予測
  - 具体的な時間を指定せず、翌日に最大デマンドが発生するか否かのみを出力する予測

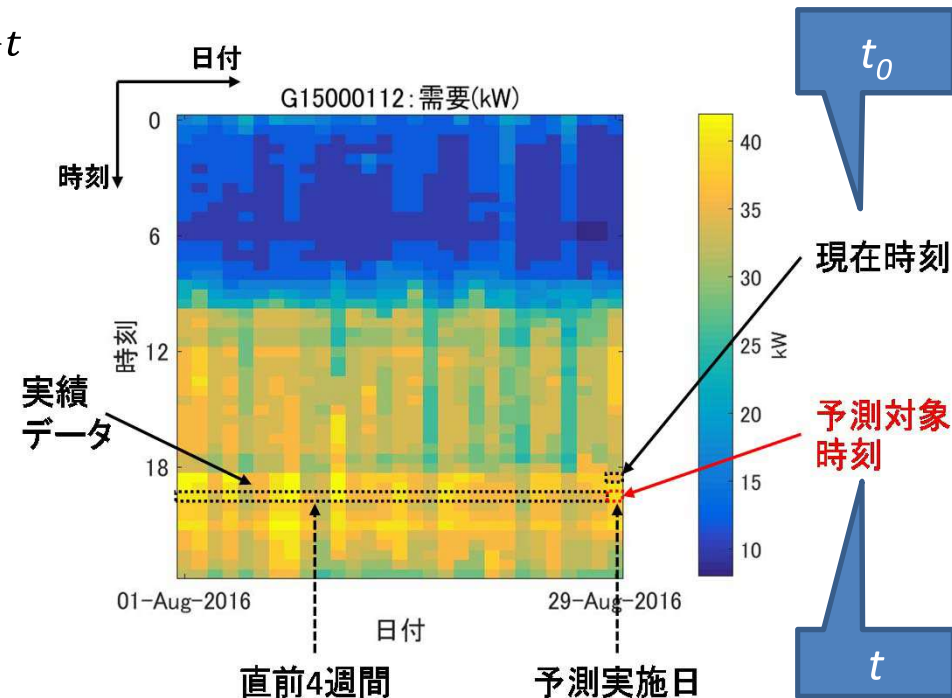
# 予測の枠組み①

時刻 $t$ の電力需要 =  
 $a_1 \times$  至近28日間の時刻 $t$ の平均需要 $A_t$   
 $+ a_2 \times$  予測時点 $t_0$ の需要偏差 $D_{t_0}$   
 $+ a_3 \times$  気温実績値を変換した値 $CH_{t_0}$   
 $+ a_4 \times$  日照時間実績値 $LI_{t_0}$   
 $+ a_5$

$$A_t = \frac{1}{28} \sum_{i=1}^{28} i \text{ 日前の時刻の電力需要}$$

$$D_{t_0} = A_{t_0} - \text{時刻}t_0\text{の実電力需要}$$

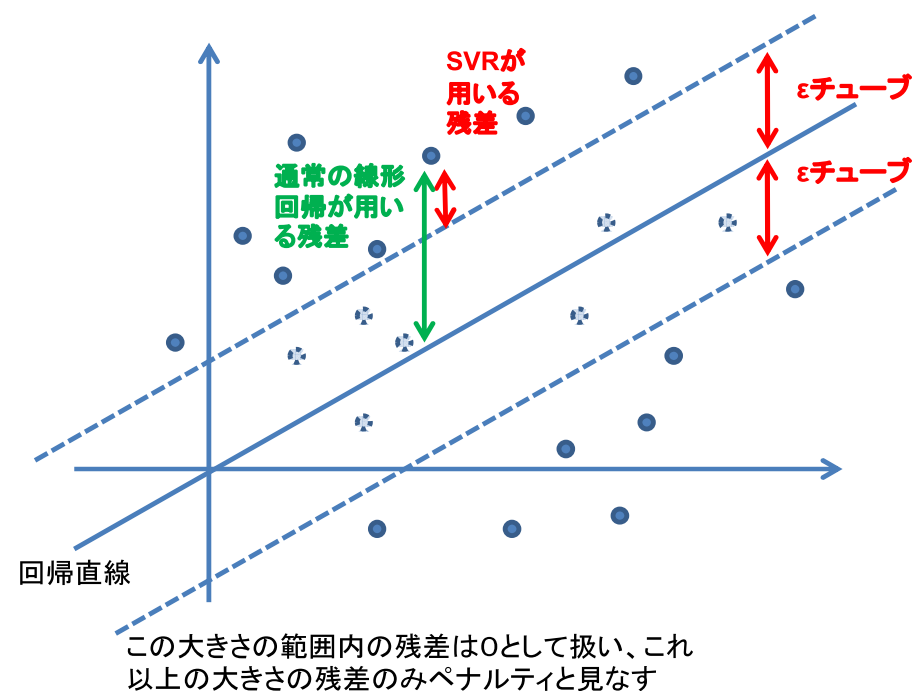
$$CH_{t_0} = \begin{cases} T_{t_0} - 23 & (T_{t_0} \geq 23) \\ 0 & (19 < T_{t_0} < 23) \\ 19 - T_{t_0} & (T_{t_0} \leq 19) \end{cases}$$



◆ 予測ロジックが理解しやすい回帰式を使用

## 予測の枠組み②

- ◆ 回帰係数はSVR (Support Vector Regression) で決定
  - 不感帯 ( $\epsilon$ チューブ) により、稀なデータを重視、大きな予測外れの頻度を低下
- ◆ 新規パラメータ" $\alpha$ "の導入
  - 予測幅を指定
    - 警戒水準超過の見逃しの少なさ (再現率) と誤報の少なさ (適合率) のいずれを重視するかを調整
  - $\epsilon$ チューブを、予測値の大きさに対する%値として指定できるように改良



## 分析対象とする事業所の概要

業種 大分類	件数	延床面積(m <sup>2</sup> )	年間 総消費量(kWh)	年間 最大電力(kW)
卸売業, 小売業	12	600 - 1,300	127,000 - 502,000	30 - 140
公務(他に分類されるものを除く)	3	6,000 - 60,000	184,000 - 4235,000	130 - 1200
分類不能の産業	1	900	84,000	40
教育, 学習支援業	1	13,000	937,000	320
宿泊業, 飲食サービス業	1	11,000	1370,000	340
生活関連サービス業, 娯楽業	3	900 - 1,700	168,000 - 614,000	120 - 190

### ◆環境共創イニシアチブが公開する30分値のBEMSデータ21事業所



# 平均的な予測精度①

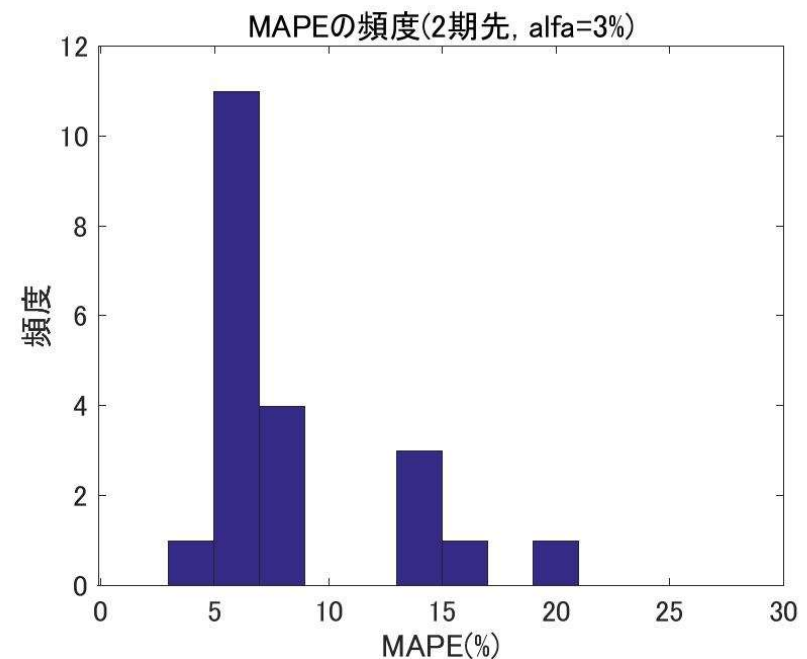
	1時間先	6時間先	12時間先	24時間先
MAPE (Mean Absolute Percentage Error)	8.4%	13.5%	15.6%	16.5%

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left| 100\% \cdot \frac{F_k - A_k}{A_k} \right|$$

予測値
←  $F_k$ 
←  $-$ 
←  $A_k$ 
実測値

- ◆ 16 件の事業所で10%未満、10%を超えたのは5 件
- ◆ 21 事業所平均は8.4%

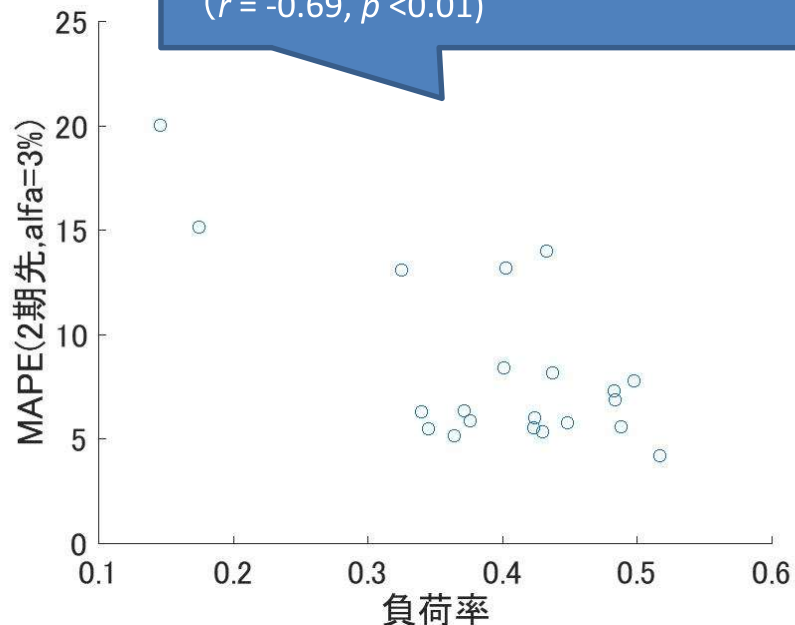
(※ただし、SVRは必ずしも平均的な予測精度を高める性質のものではない)



## 平均的な予測精度②

MAPEと負荷率には負の強い  
相関関係

( $r = -0.69, p < 0.01$ )



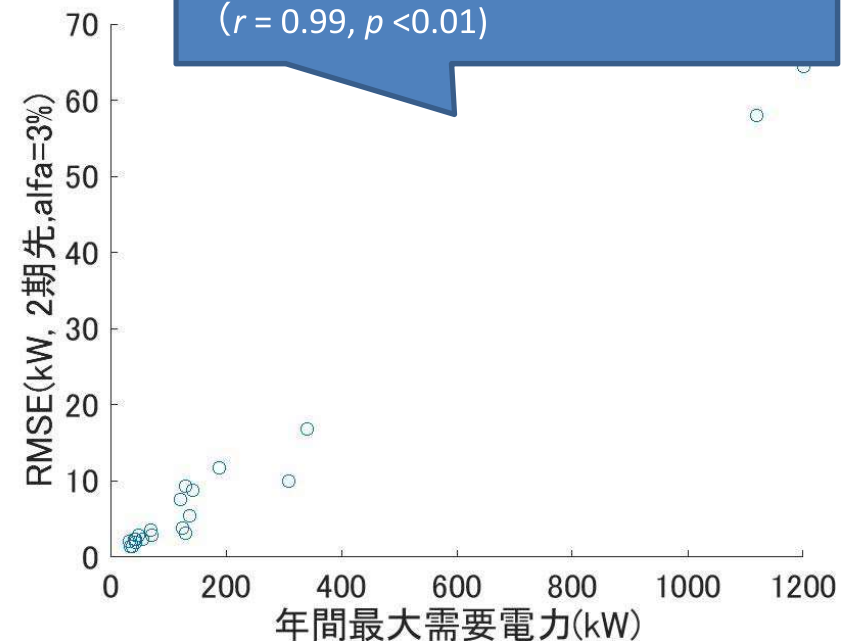
※ MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left| 100\% \cdot \frac{F_k - A_k}{A_k} \right|$$

↑ 予測値    ↑ 実測値

RMSE の年間最大需要電力に  
対する割合は平均4.9%

( $r = 0.99, p < 0.01$ )



※ RMSE(Root mean squared error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (F_k - A_k)^2}$$

↑ 予測値    ↑ 実測値

## アラートの精度 (21事業所平均)

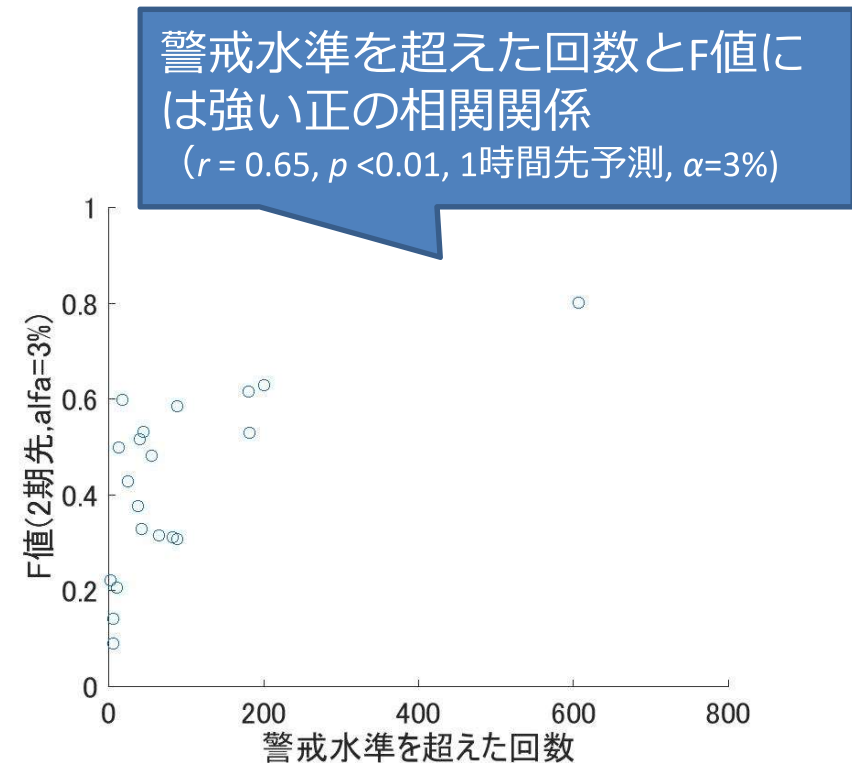
### ◆短時間(1時間)先の点アラート( $\alpha=1\%$ )

- 再現率 : 46.4%
- 適合率 : 37.7%

### ◆翌日(24時間)の幅アラート( $\alpha=3\%$ )

- 再現率 : 48.1%
- 適合率 : 29.7%

- ◆ 再現率 : 警戒水準超過の見逃しの少なさ
- ◆ 適合率 : 誤報の少なさ
- ◆ F値 : 再現率と適合率を同時に等しい重みで評価する指標
- ◆ 正解率 : 全タイムステップのうち、警戒水準を超えたか否かの予測が正解だった割合

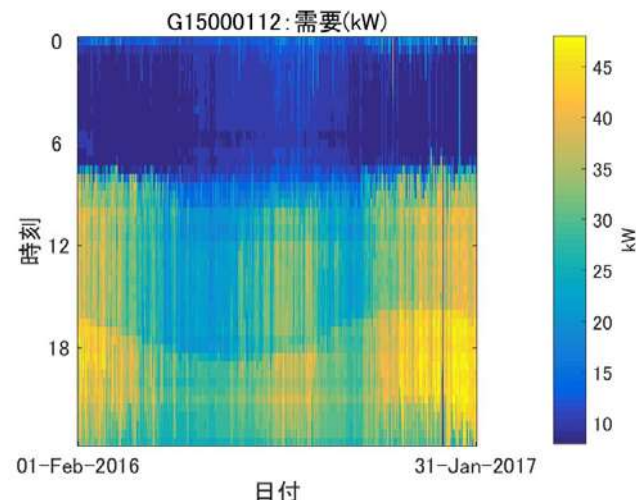


※警戒水準 = 予測対象期間の最大需要電力の90%

# アラートの精度が最も高い事業所の例①

所在地	北海道
業種 大分類	卸売業, 小売業
延床面積	791 m <sup>2</sup>
年間総消費量	206,750 kWh
年間最大電力	48 kW
負荷率	49.0%
警戒水準を超えた回数	607回

※警戒水準＝予測対象期間の最大需要電力の90%



短時間先の点アラート

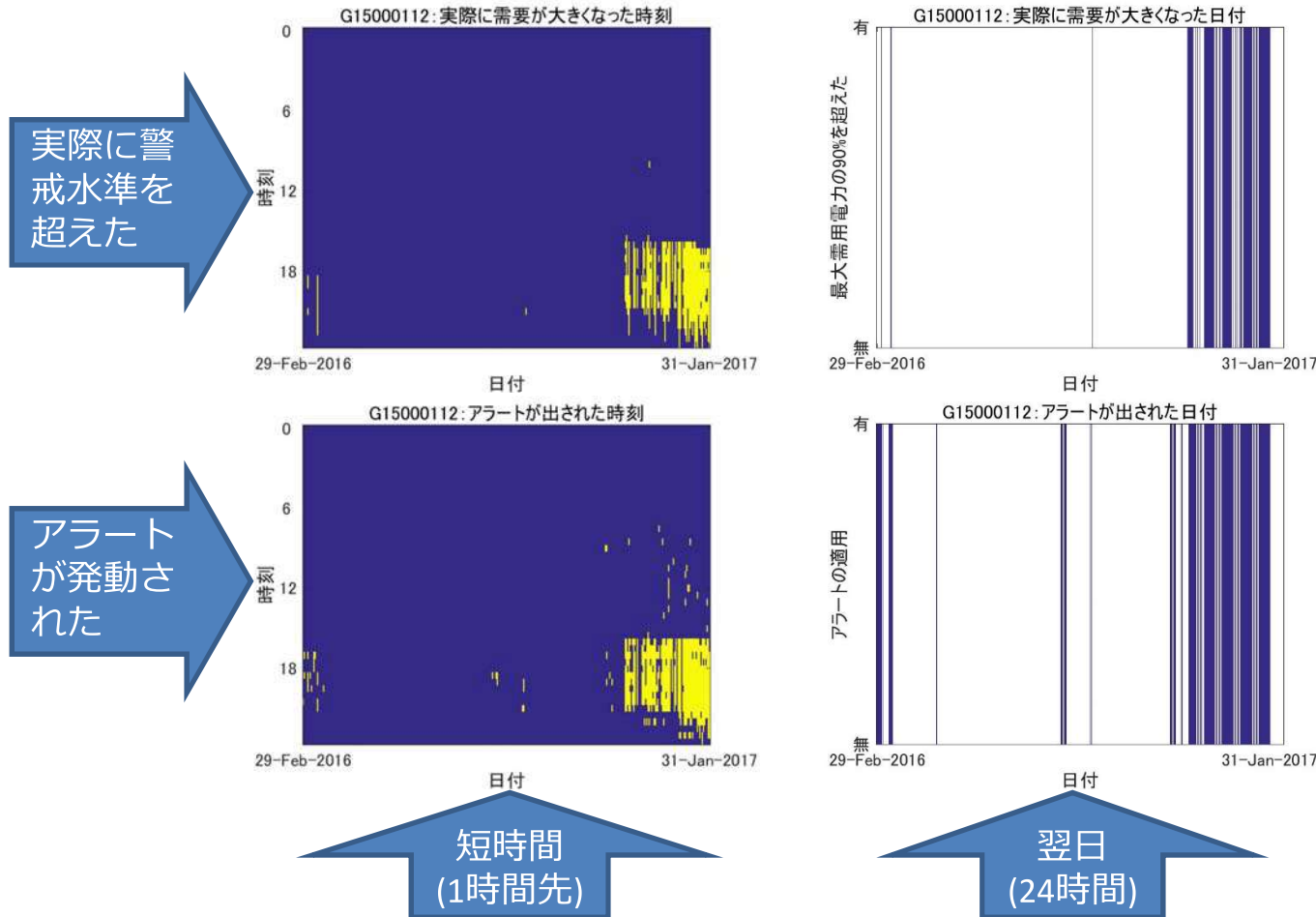
予測対象時刻	再現率	適合率	F値	正解率
1時間先	<b>74.8%</b>	<b>86.3%</b>	80.1%	98.5%
6時間先	<b>65.7%</b>	<b>78.9%</b>	71.7%	98.0%

翌日の幅アラート

予測対象時刻	再現率	適合率	F値	正解率
12時間先	<b>96.7%</b>	<b>60.2%</b>	74.2%	87.9%
24時間先	<b>96.7%</b>	<b>64.1%</b>	77.1%	89.6%

- ◆ 再現率：警戒水準超過の見逃しの少なさ
- ◆ 適合率：誤報の少なさ
- ◆ F値：再現率と適合率を同時に等しい重みで評価する指標
- ◆ 正解率：全タイムステップのうち、警戒水準を超えたか否かの予測が正解だった割合

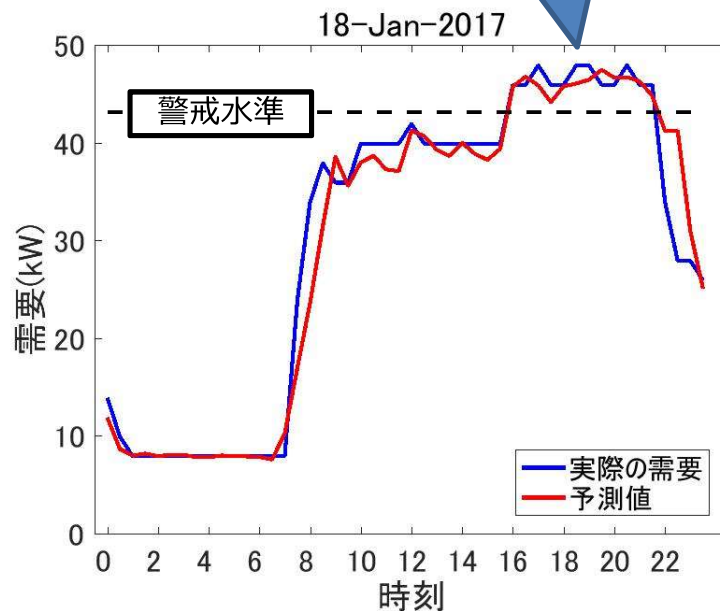
# アラートの精度が最も高い事業所の例②



◆ 多めに発動されているものの、実際にデマンドが出やすい時季、時間帯を捉えたアラートになっている

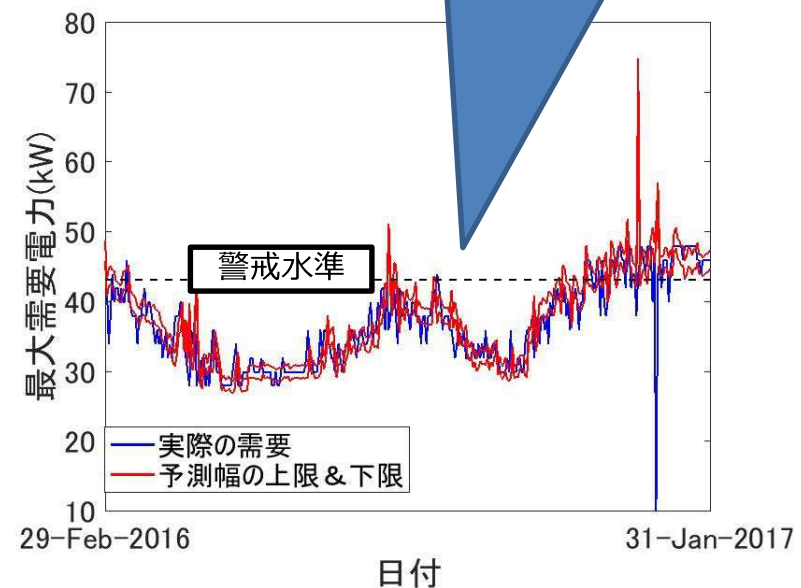
# アラートの精度が最も高い事業所の例③

- 需要が実際に警戒水準を超えた時間帯にアラートも発動



実際に最大需要電力に近づき  
アラートも発動された日

- 季節変化に追従
- ただし実際の需要よりも予測値が大きめ
- 年末年始等特殊日に予測外れ

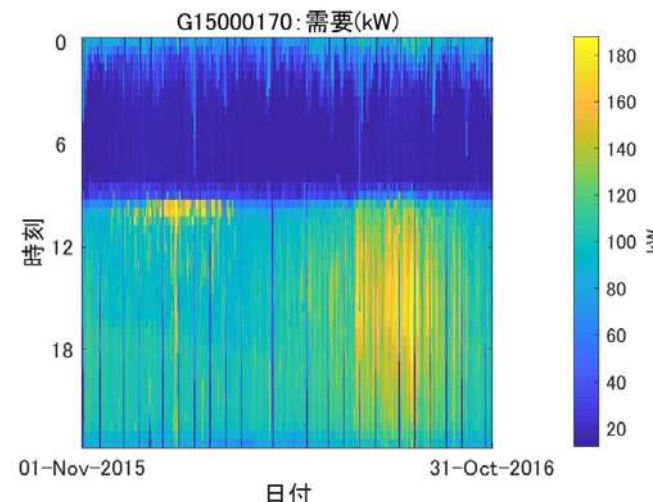


日毎最大需要と  
翌日アラートの予測幅の上限と下限

# アラートの精度が2番目に高い事業所の例①

所在地	関西
業種 大分類	生活関連サービス業, 娯楽業
延床面積	1,505 m <sup>2</sup>
年間総消費量	659,564 kWh
年間最大電力	188 kW
負荷率	39.9%
警戒水準を超えた回数	201回

※警戒水準＝予測対象期間の最大需要電力の90%



短時間先の点アラート

予測対象時刻	再現率	適合率	F値	正解率
1時間先	<b>57.7%</b>	<b>69.5%</b>	63.0%	99.2%
6時間先	<b>42.8%</b>	<b>43.4%</b>	43.1%	98.6%

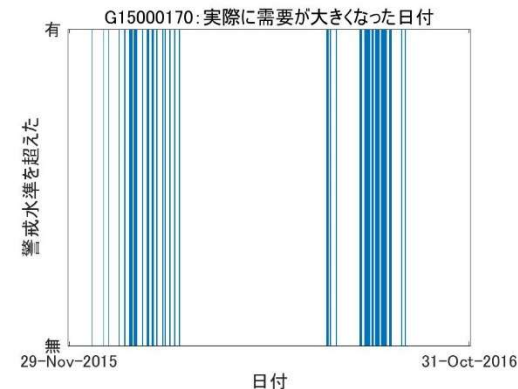
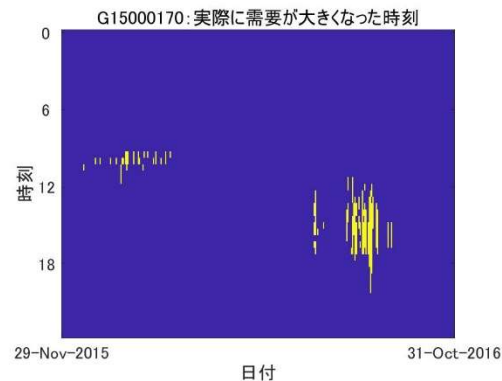
翌日の幅アラート

予測対象時刻	再現率	適合率	F値	正解率
12時間先	<b>75.0%</b>	<b>48.0%</b>	58.5%	84.9%
24時間先	<b>68.8%</b>	<b>43.4%</b>	53.2%	82.8%

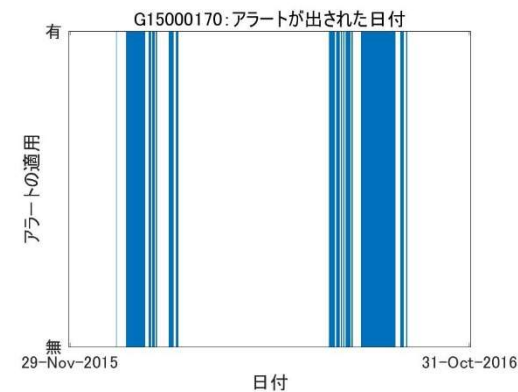
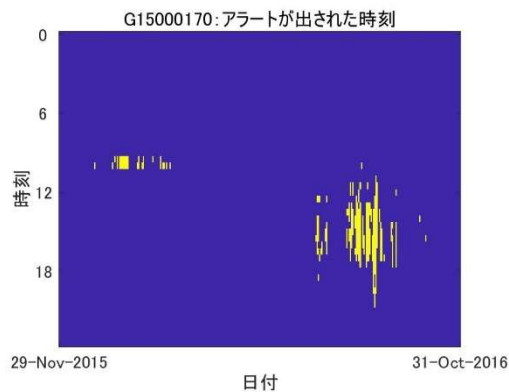
- ◆ 再現率：警戒水準超過の見逃しの少なさ
- ◆ 適合率：誤報の少なさ
- ◆ F値：再現率と適合率を同時に等しい重みで評価する指標
- ◆ 正解率：全タイムステップのうち、警戒水準を超えたか否かの予測が正解だった割合

# アラートの精度が2番目に高い事業所の例②

実際に警戒水準を超えた



アラートが発動された



短時間  
(1時間先)

翌日  
(24時間)

◆ 多めに発動されているものの、冬場朝および夏場午後のピークを捉えたアラートになっている



## まとめ

- ◆ スマートメータデータ、気象実績値で需要予測
  - 入手が容易なデータを利用
- ◆ 予測値が警戒水準を超えた際、アラートを発動
  - 予測幅の大きさや警戒水準は任意で設定可能
    - 再現率と適合率のいずれを重視するかを調整
  - アラートに期待される効果
    - 契約電力の基本料金や削減対策に要する準備の削減  
(⇔実需要が最大需要電力に近づくのは年間のうちごくわずか)
- ◆ 公開BEMSデータで予測精度を評価
  - アラートの精度が最も高い事業所の例
    - 点アラート短時間先 (1 時間先) : 再現率74.8%、適合率86.3%
    - 幅アラート翌日(24 時間先) : 再現率96.7%、適合率64.1%

## 今後の課題と展望

---

- ◆ より多様なデータで予測精度を検証
- ◆ 予測精度が低い事業所に対する精度向上
- ◆ 省エネサービスへの実用化
  - 事業所向けWebサービスなどへの実装
- ◆ ユーザーからのフィードバックを反映した修正

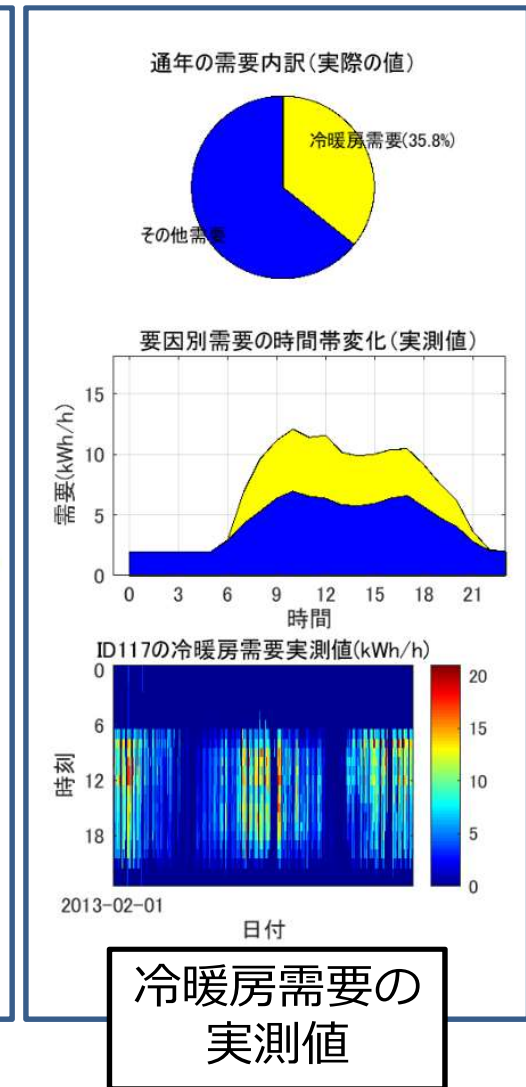
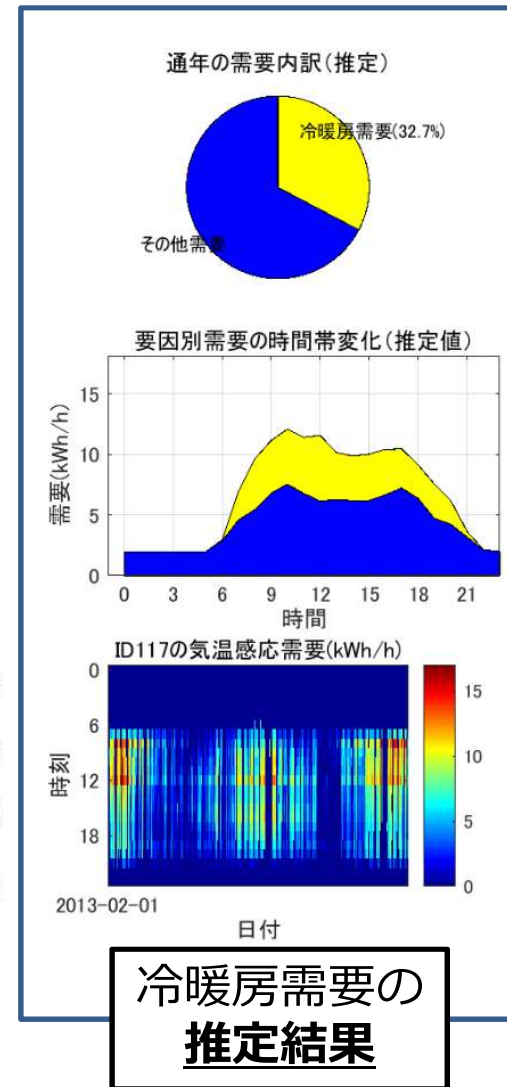
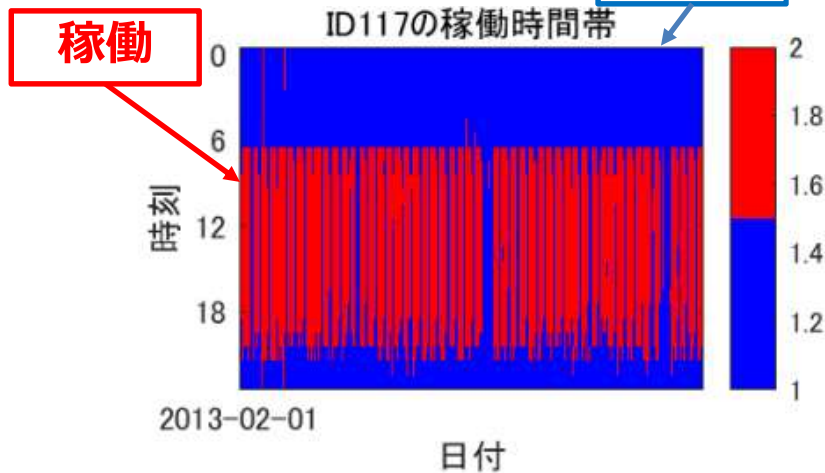
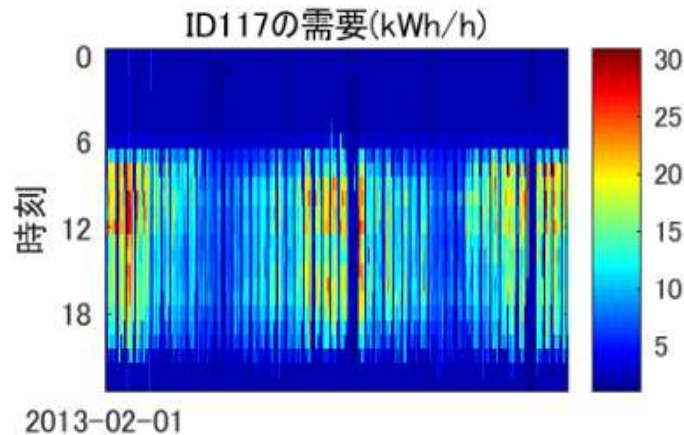
関連トピック

# 稼働「時間帯」推定

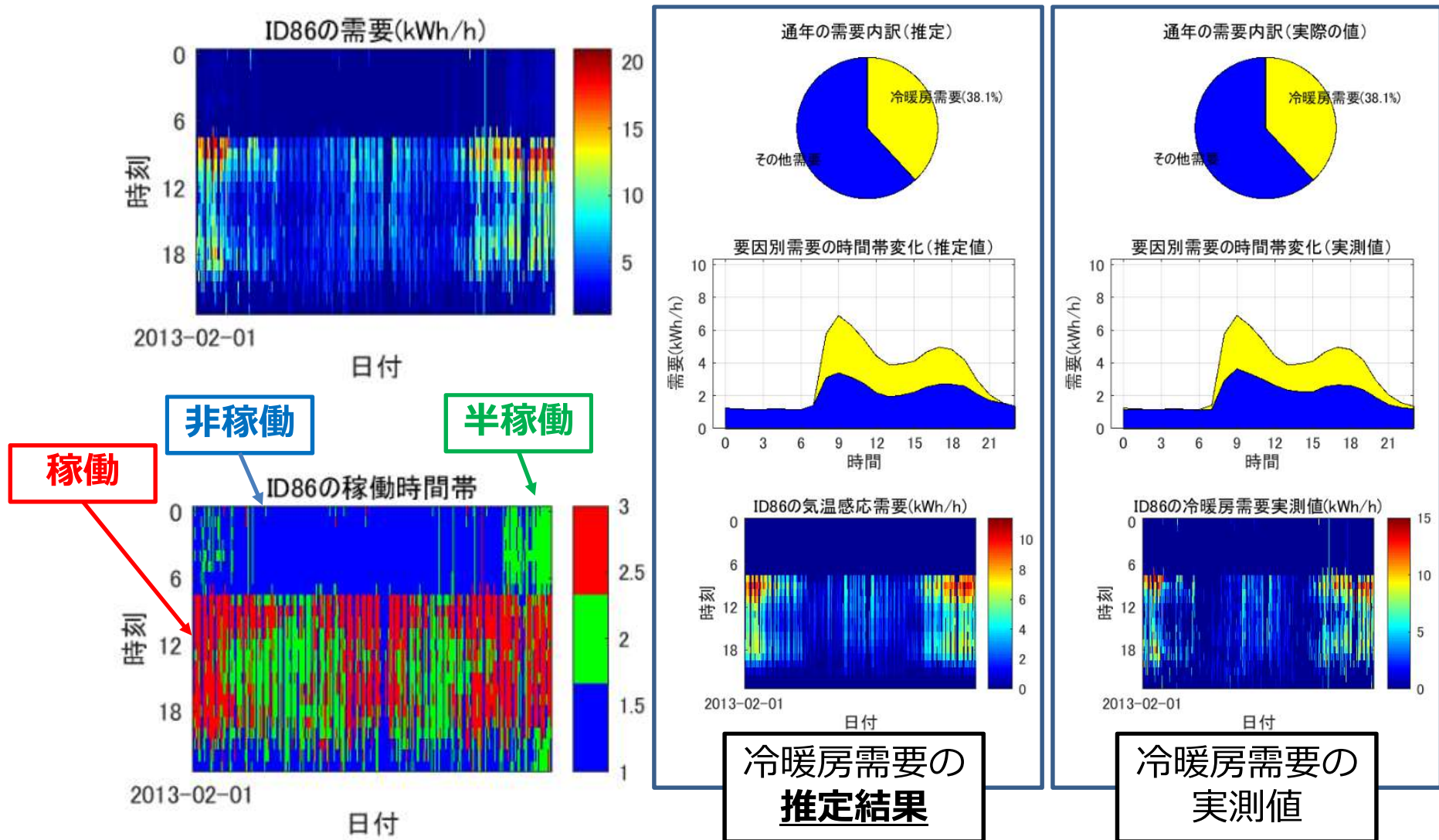
## 概要紹介

- ◆ 稼働「日」推定、およびその推定結果に基づく簡易用途分解を検討してきた
  - AIベースのクラスタリングと回帰分析の組み合わせ
  - 日毎の稼働状態（稼働/半稼働/非稼働）を推定
  - さらに日毎の冷暖房需要を推定
- ◆ これを改良して稼働「時間帯」推定を検討
  - よりきめ細かく時間帯毎に稼働状況を把握
  - より高い精度の簡易用途分解
  - 冷暖房需要の多い時季・時間帯などについて、よりきめ細かく消費傾向の提示が可能に

# 稼働「時間帯」推定の結果例①



# 稼働「時間帯」推定の結果例②



## 関連文献

### ◆ 電力中央研究所報告

<http://criepi.denken.or.jp/index.html>

- 「スマートメータデータ分析情報の活用 –分析技術の動向調査と需要分析の予備的検証–」 Y14003 (2014年)
- 「スマートメータデータを活用した省エネルギーアドバイス自動生成ツール –中小事業所向けサービスのための基本設計–」 Y15004 (2016年)
- 「スマートメータデータを用いた電力需要予測 –最大需要発生に対する自動アラート機能の開発–」 C17007 (2018年)

### ◆ 研究会などでの発表資料

- 中小事業所向け省エネアドバイス自動生成ツールの改善検討, BECC JAPAN 2016 (2016年)

<http://seeb.jp/wp-content/uploads/2016/10/2016BECC-3A2Komatsu.pdf>

- 中小事業所向け省エネアドバイスレポート自動生成に資する稼働日推定および簡易用途分解の推定傾向分析, BECC JAPAN 2017 (2017年)

<http://seeb.jp/2017BECC/download/2017BECC-1B2Komatsu2.pdf>