



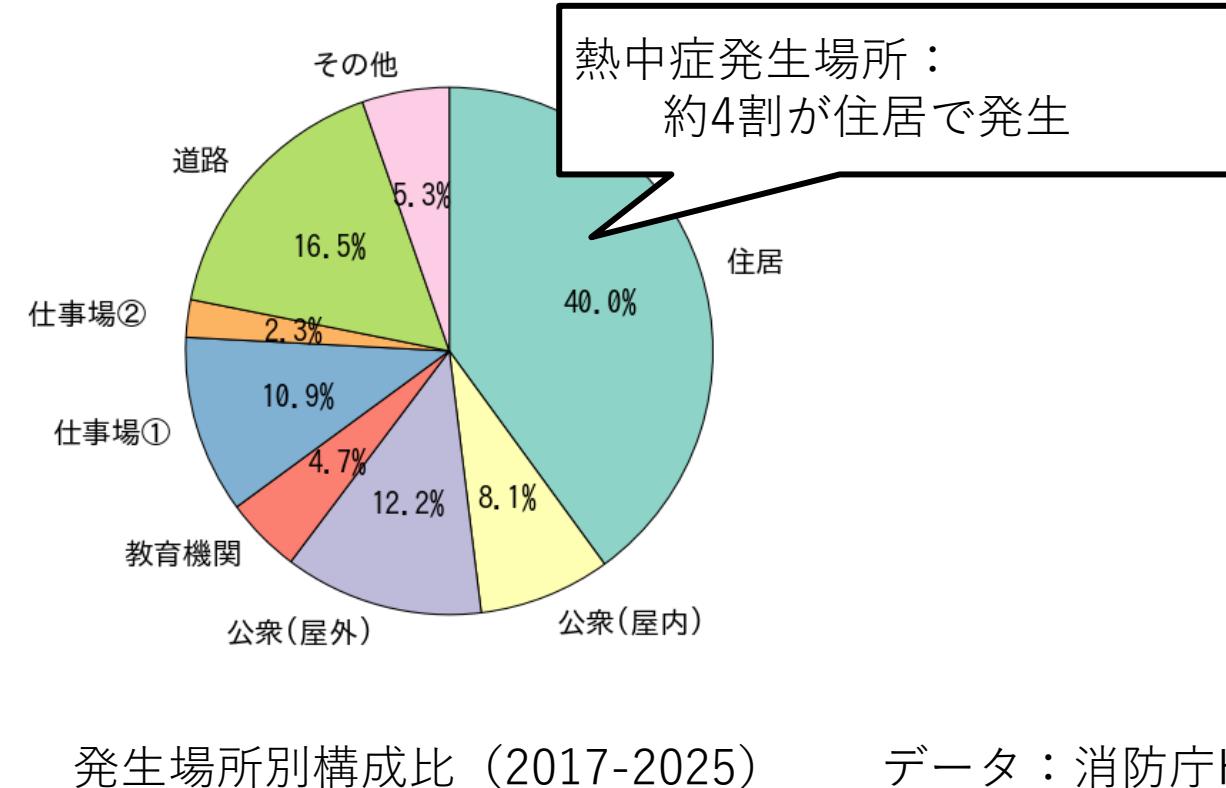
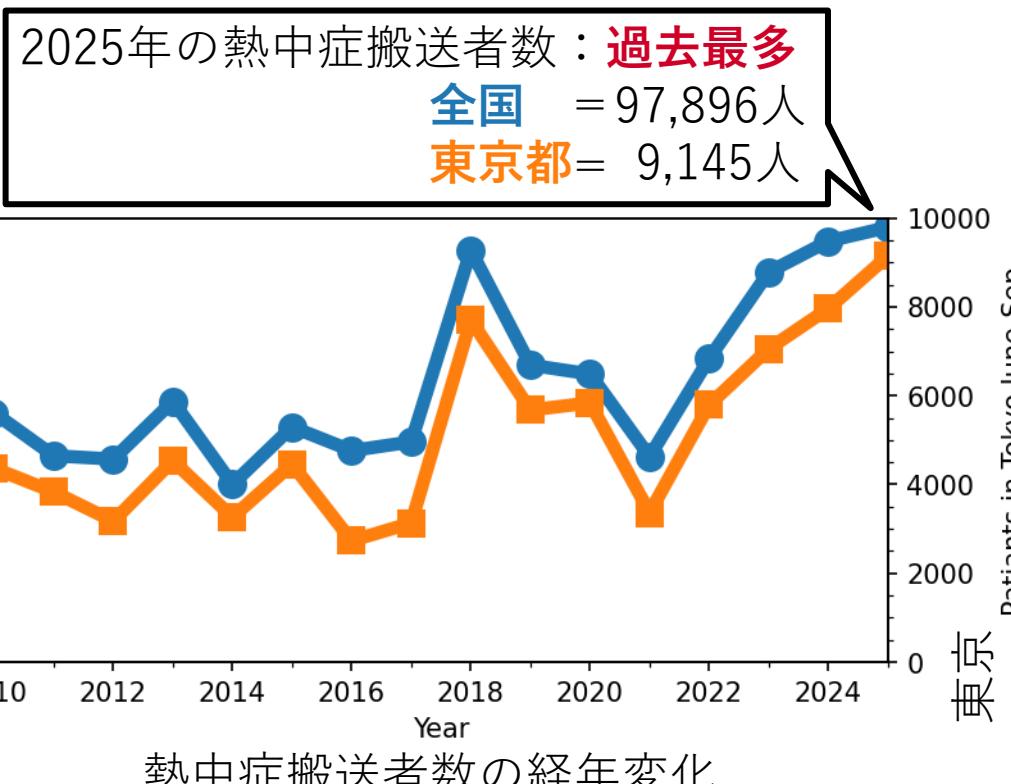
気候変動適応の研究会 研究発表会・分科会

気候・電力ビッグデータを用いた 温暖化による空調電力需要への影響評価

中島 虹 (産総研), 今田 由紀子 (東大), 伊東 瑞衣 (JAMSTEC),
高根 雄也 (国環研), 山口 和貴 (東京電力HD)

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20231007, JPMEERF25S12433) および文部科学省「気候変動予測先端研究プログラム」の支援により実施しました。記して感謝の意を表します。

熱中症の現状：年間10万人近い熱中症による救急搬送が発生



データ：消防庁HP

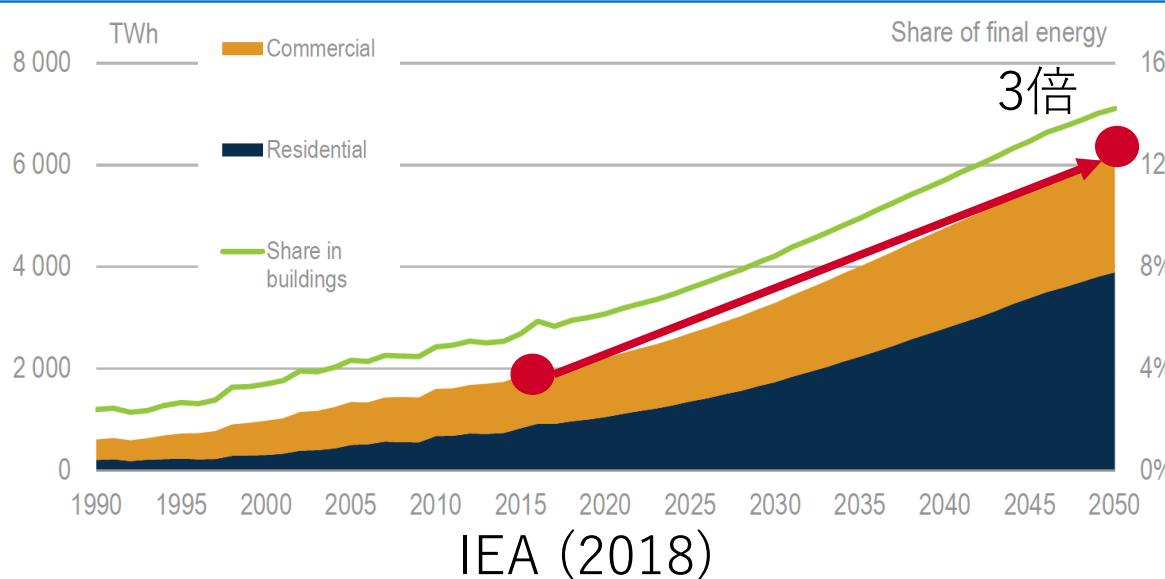


熱中症予防にエアコン使用は必須
しかし、エアコン使用による電力需要増加は社会問題として顕在化
(2022年6月に電力需給ひっ迫注意報発令)

増加する冷房需要：将来の電力需要予測が重要

2050年には2016年の3倍の冷房エネルギー需要 + シェア増加

Figure 3.5 • World energy use for space cooling by subsector in the Baseline Scenario

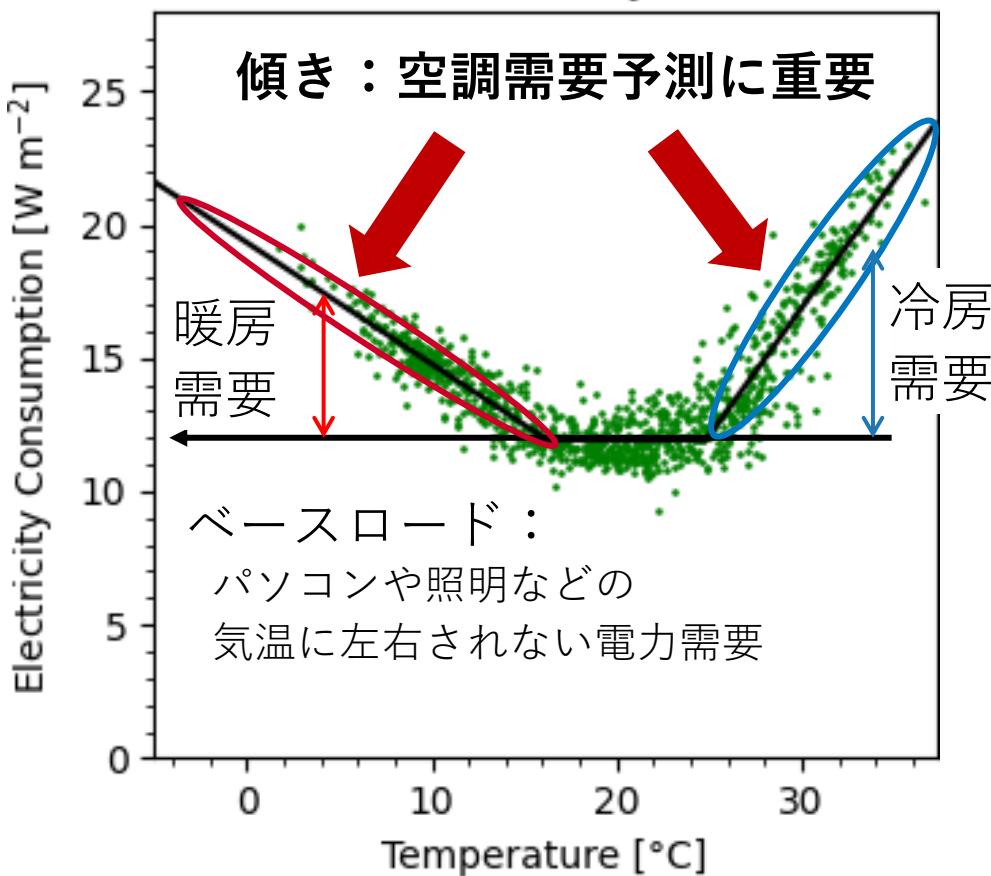


冷房エネルギーの99%は電力(1%はガス)

気候変動による電力需要の変化を予測することが重要

1. 将来の夏季電力需給ひっ迫予防（発電量の目安）
2. カーボンニュートラル対策（温暖化により年間の電力需要は減るのか増えるのか）

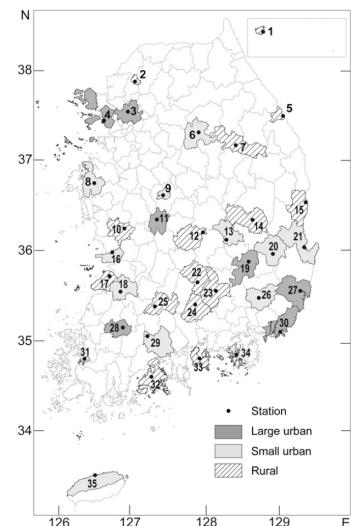
ポイント：傾きと気温で空調需要が予測できる



数多くの研究で電力と気温の関係を解析



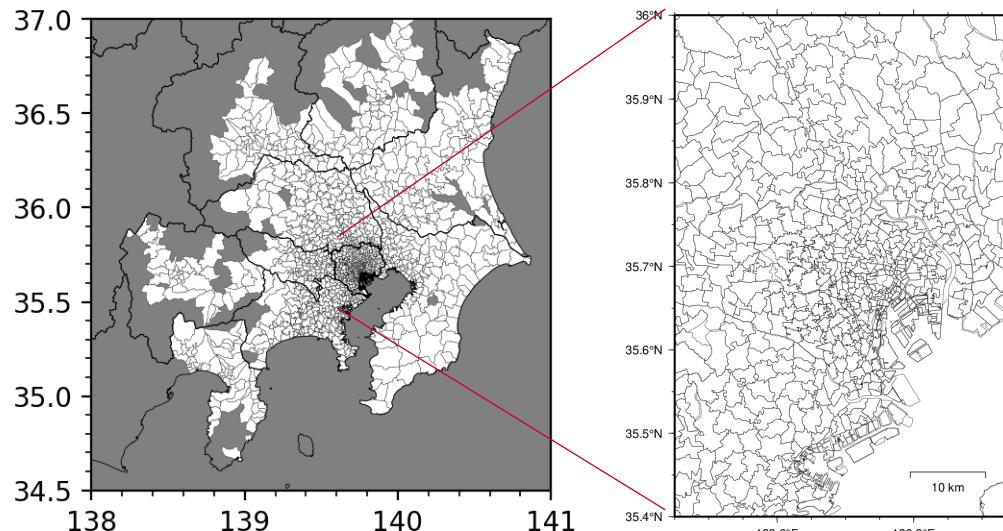
東京電力
橋高・宮崎 (2014)



韓国：解像度=数百km²
Lee et al. (2013)

課題：電力データの空間解像度が粗い

- 弊害：空調需要の地域性が不明（予測の不確実性）
- ・東京23区と北関東の違いは？
 - ・業務街区と住宅街区の違いは？



首都圏の稠密な電力需要データを取得

(東京電力パワーグリッドより提供)

電力需要データ

対象エリア：1290エリア

空間解像度： 1.8 km^2 (23区内平均)

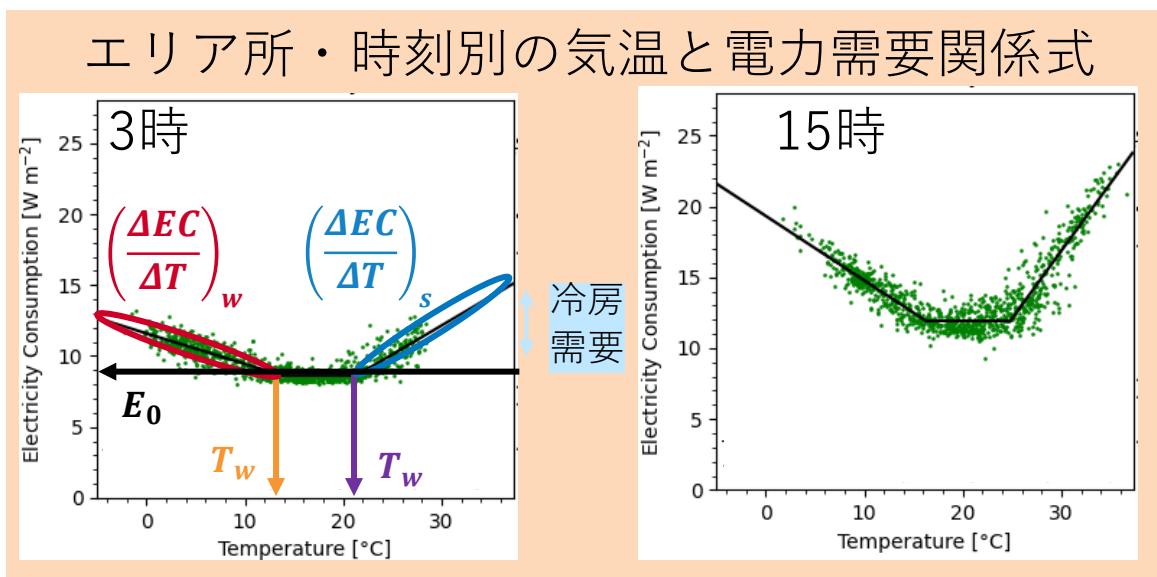
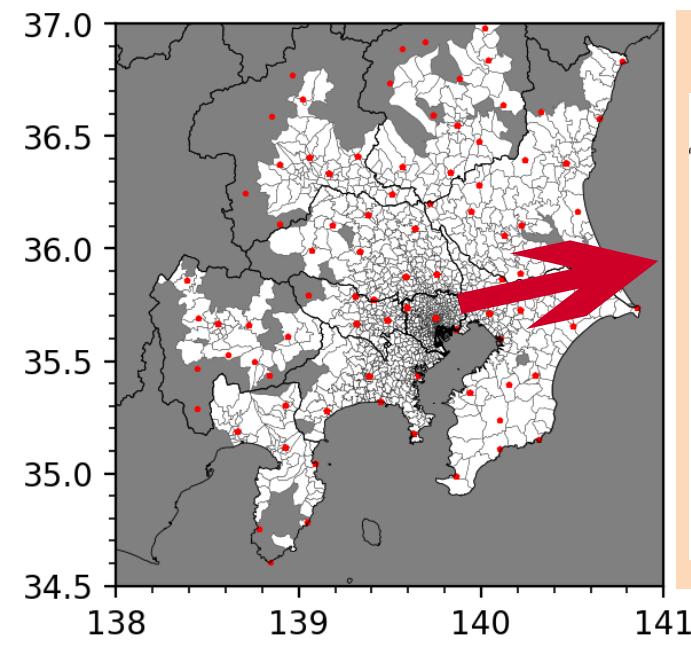
対象期間：2015年4月～2019年12月

時間間隔：1時間

本発表では、この電力需要データを活用した研究内容について紹介

1. 電力需要特性の解析 (Nakajima et al., 2022の一部、<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111729>)
2. 電力需要の将来予測
 - 疑似温暖化による予測(Takane et al., 2023の一部、<https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104966>)
 - 気候ビッグデータ (d4PDF) による予測 (結果は当日限り)

稠密な電力データに基づく統計量を用いた電力需要予測



$$E_{\text{推}} = E_0 + \underbrace{\left(\frac{\Delta EC}{\Delta T} \right)_w (T - T_w)}_{\text{when } T < T_w} + \underbrace{\left(\frac{\Delta EC}{\Delta T} \right)_s (T - T_s)}_{\text{when } T > T_s}$$

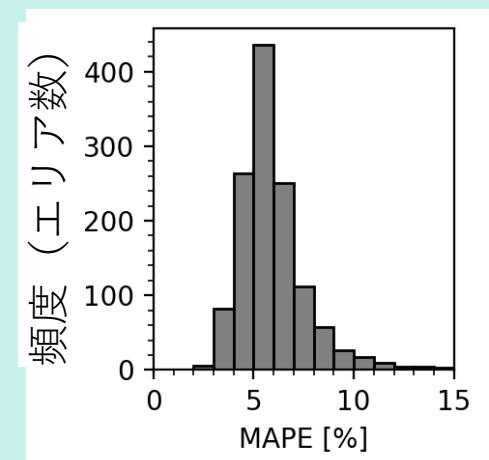
暖房需要

冷房需要

ポイント: 気温を代入することで電力需要を予測できる

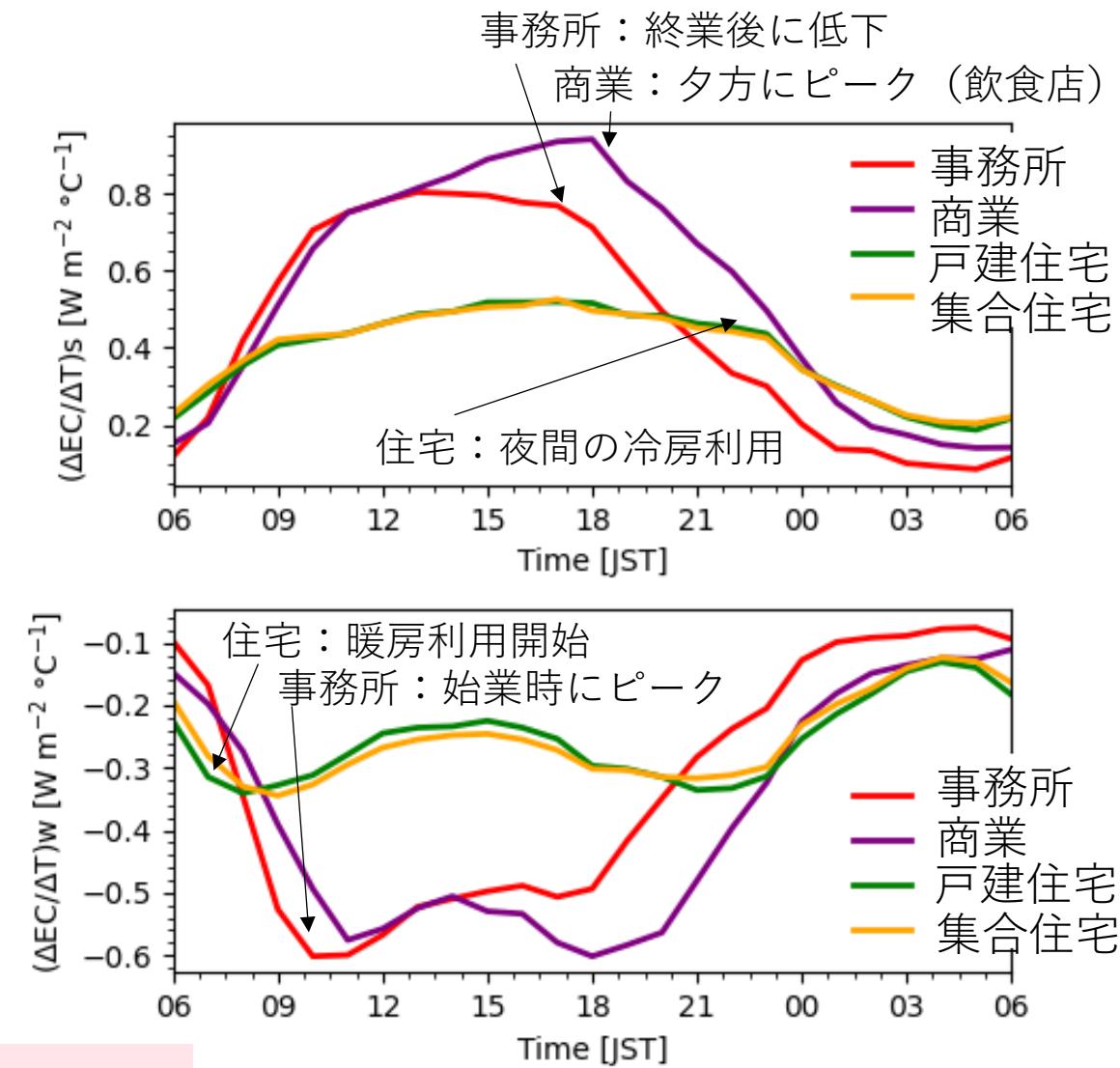
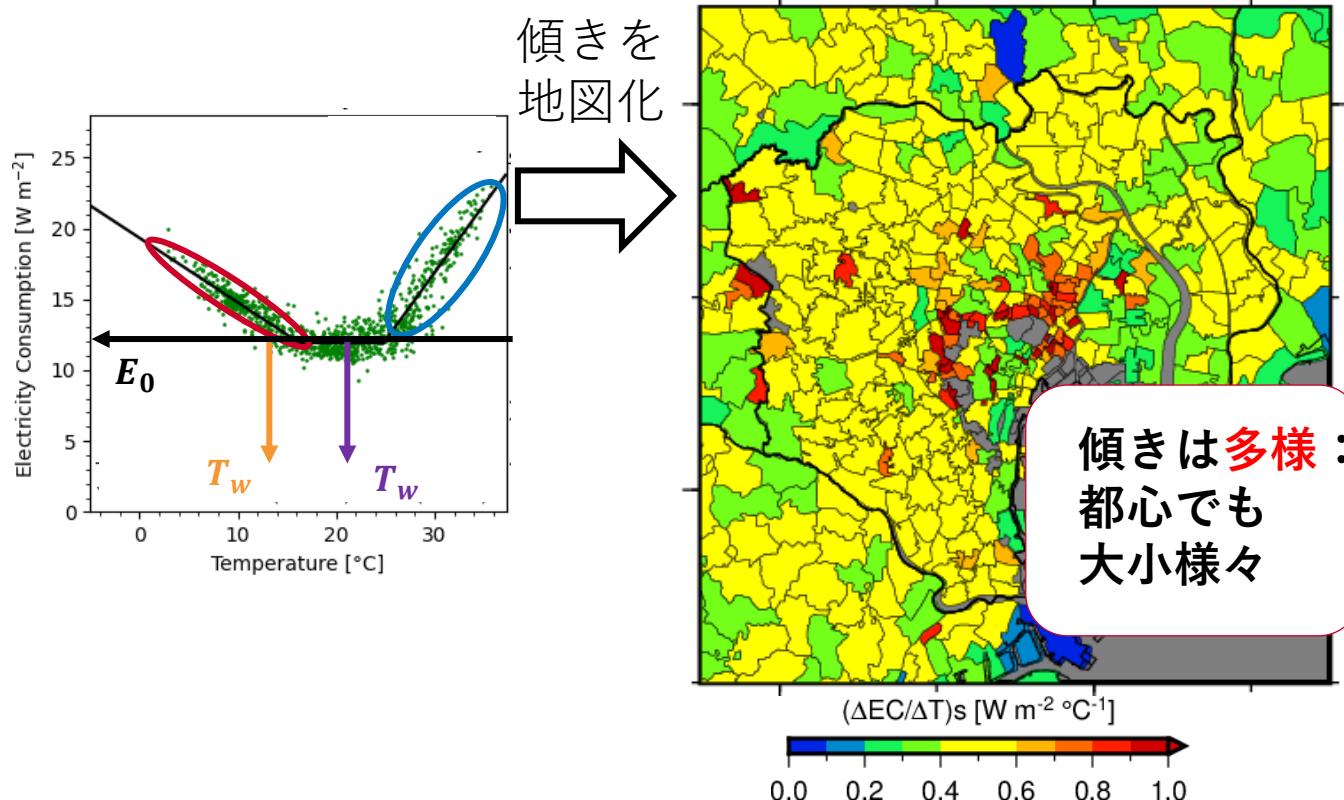
エリア別・時刻別に電力需要関係式を推定

90%の変電所で誤差9%未満



$$\text{MAPE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|E_{\text{推}i} - E_{\text{実}i}|}{E_{\text{実}i}} \times 100$$

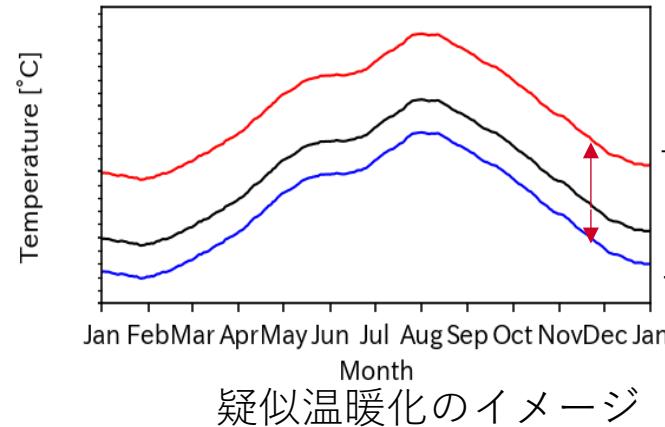
電力需要の時空間特性を明らかに



23区内でも電力需要の気温依存性（傾き）が異なることを発見

建物用途別の傾きの時間変化

疑似温暖化による電力需要量の将来予測



疑似温暖化：

現在の気温が一様に〇°C上昇すると仮定

+3°C, -1°Cの気温を代入

$$E_{\text{推}} = E_0 + \left(\frac{\Delta EC}{\Delta T} \right)_w (T - T_w) + \left(\frac{\Delta EC}{\Delta T} \right)_s (T - T_s)$$

when $T < T_w$ when $T > T_s$

暖房需要

冷房需要

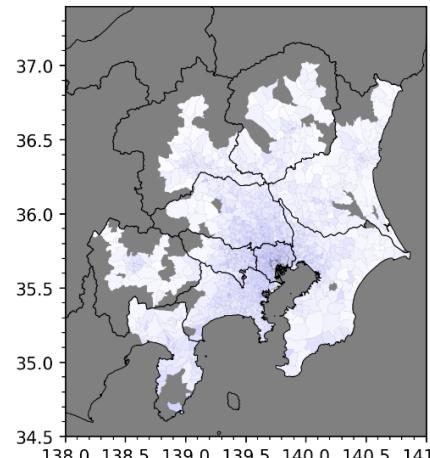
現在との差

+3°C

電力需要変化の地域性が明らかに
(粗い電力需要データでは困難だった)

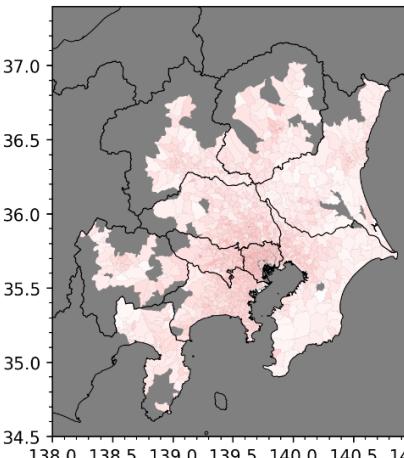
冷房需要変化量

(a) $\Delta T_{GW} = -1.0[°C]$



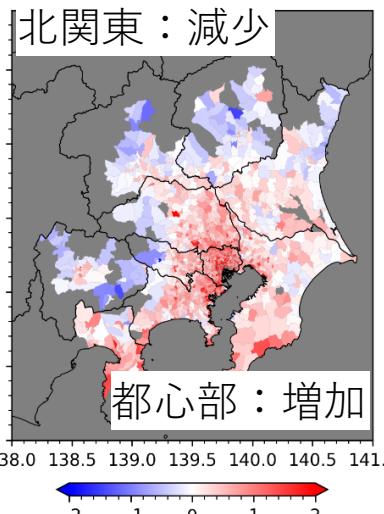
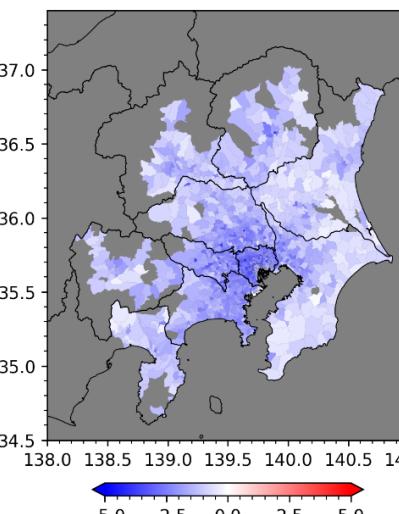
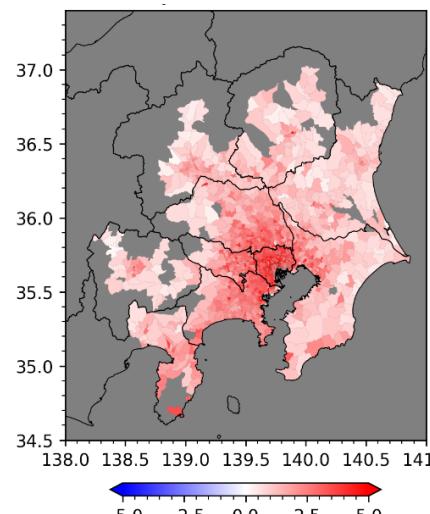
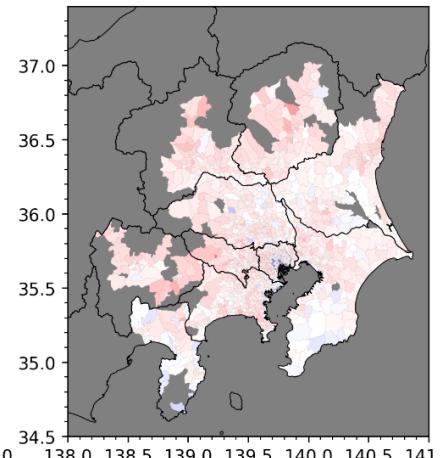
暖房需要変化量

(b) $\Delta T_{GW} = -1.0[°C]$



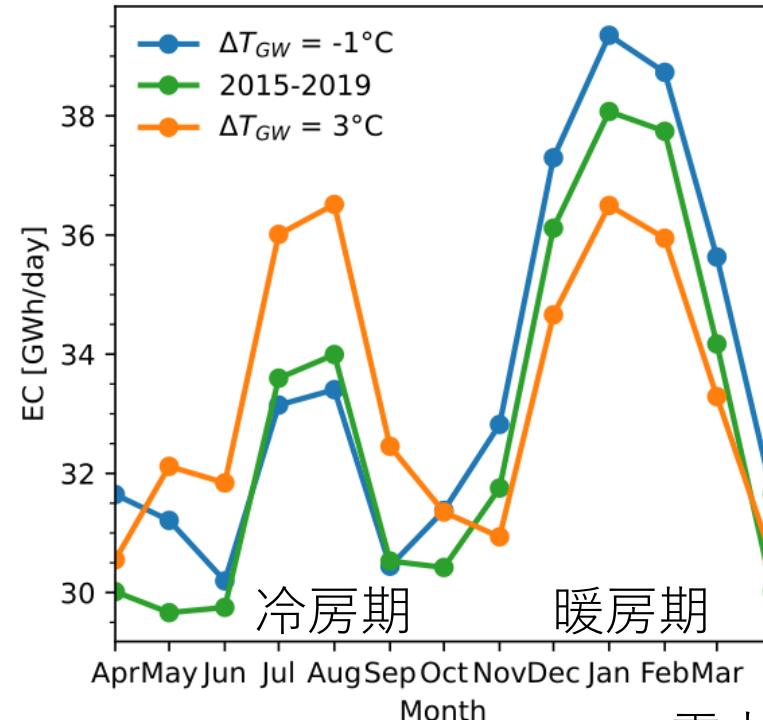
年間電力需要変化量

(c) $\Delta T_{GW} = -1.0[°C]$



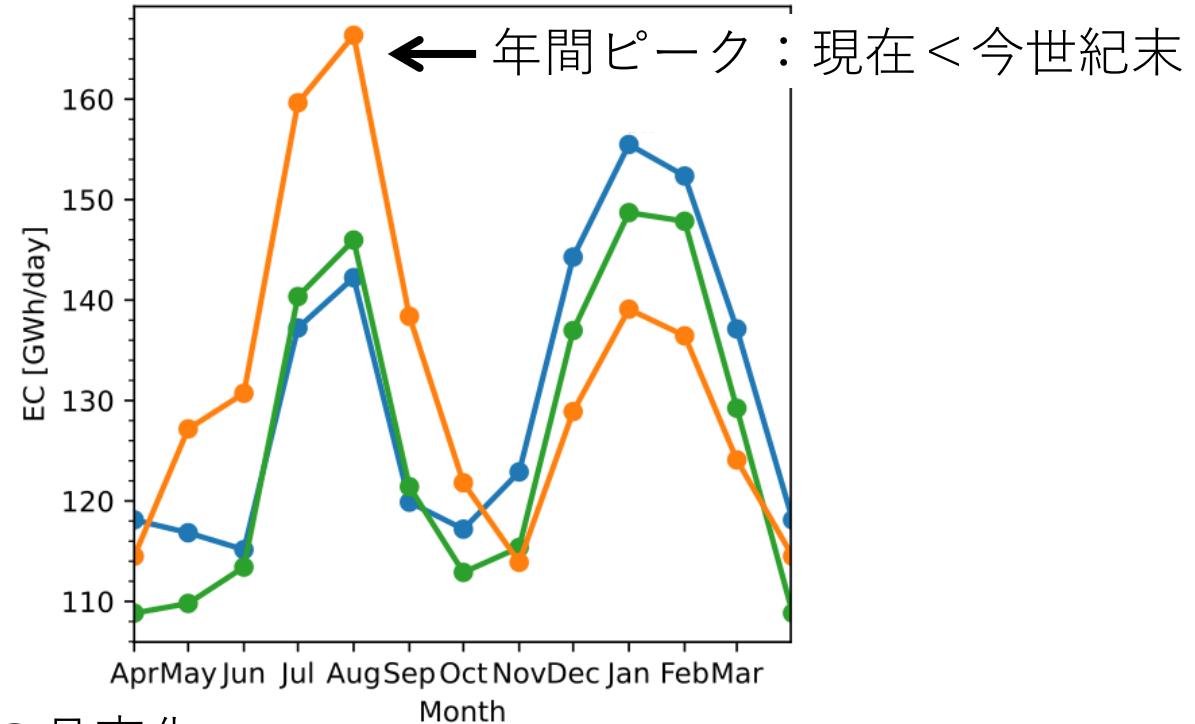
ピーク電力需要が冬から夏にシフト

栃木



電力需要量の月変化

東京 2 3 区



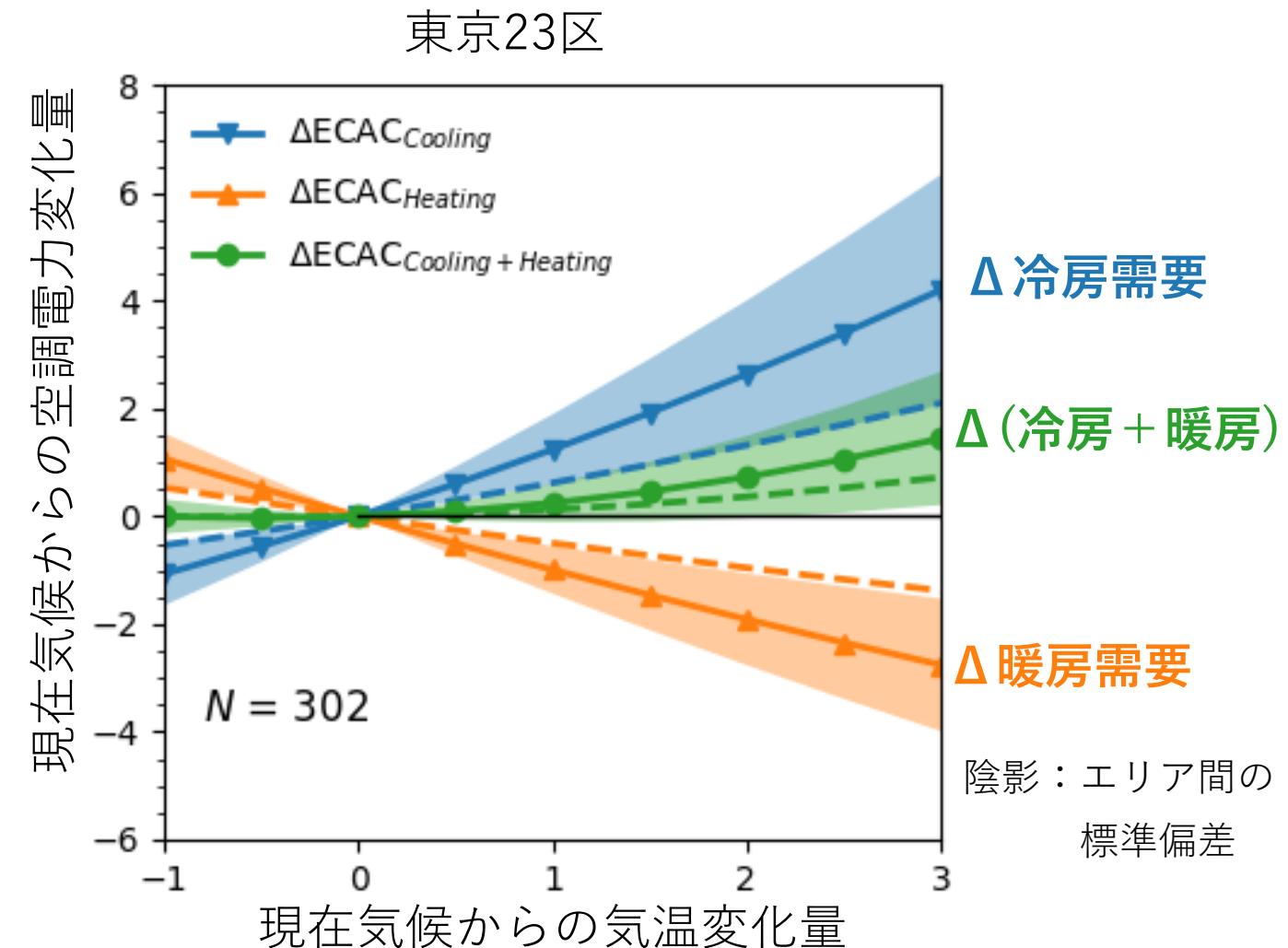
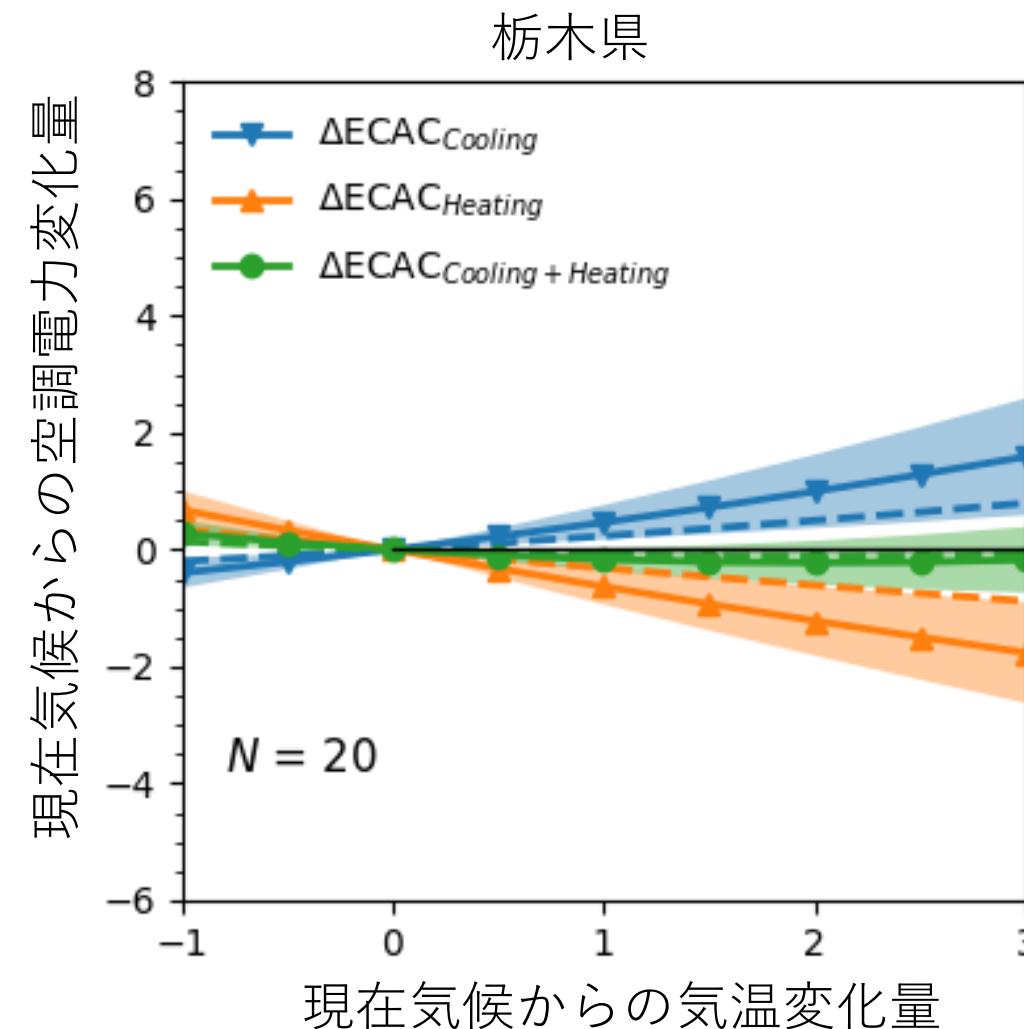
← 年間ピーク：現在 < 今世紀末

2015-2019(現在): 夏 (冷房) < 冬 (暖房)

+3°C(今世紀末): 夏 (冷房) ≈ 冬 (暖房)

冷房需要増加による電力需給ひっ迫が頻繁する可能性を示唆

温暖化で年間の電力需要は増える？減る？



①気温が常に〇°C上昇すると仮定

観測事実として季節によって長期変化傾向が異なる
 →季節ごとの将来変化も考慮する方が望ましい

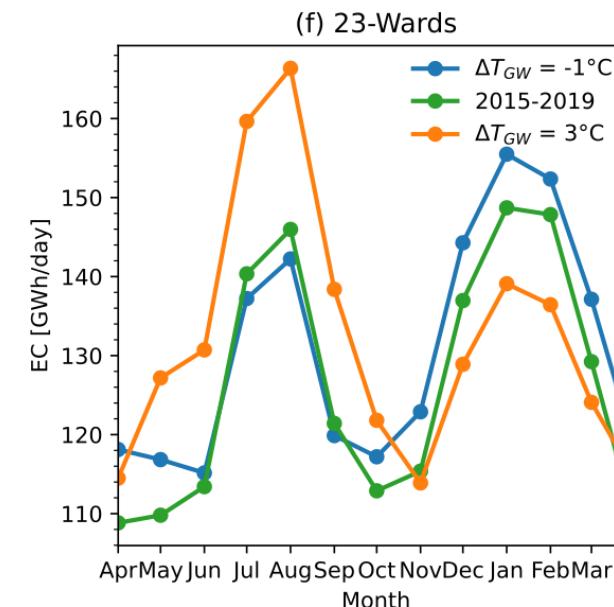
日本の平均気温のトレンド

| 季節 | 上昇割合 (°C/100年) |
|----|-------------------|
| 冬 | 1.23 |
| 春 | 1.67 |
| 夏 | 1.38 |
| 秋 | 1.43 |

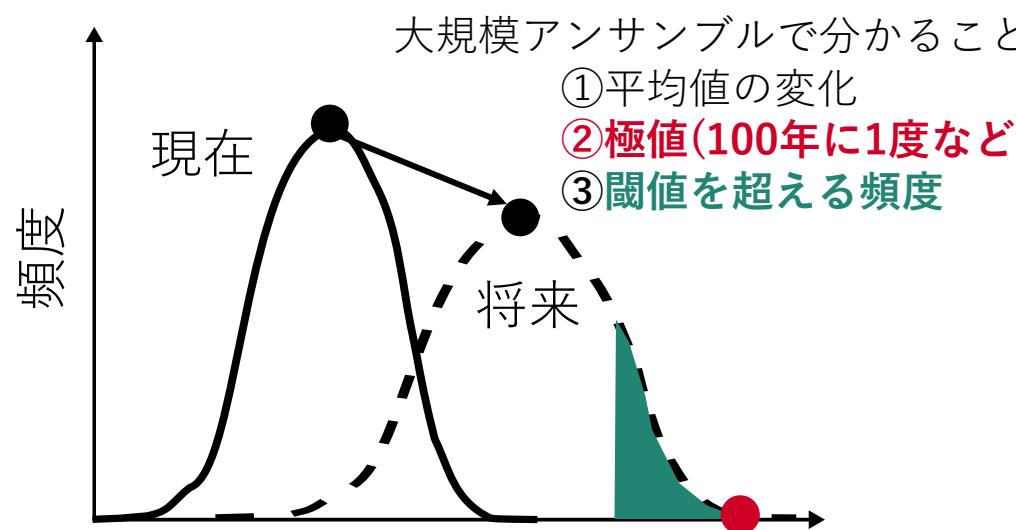
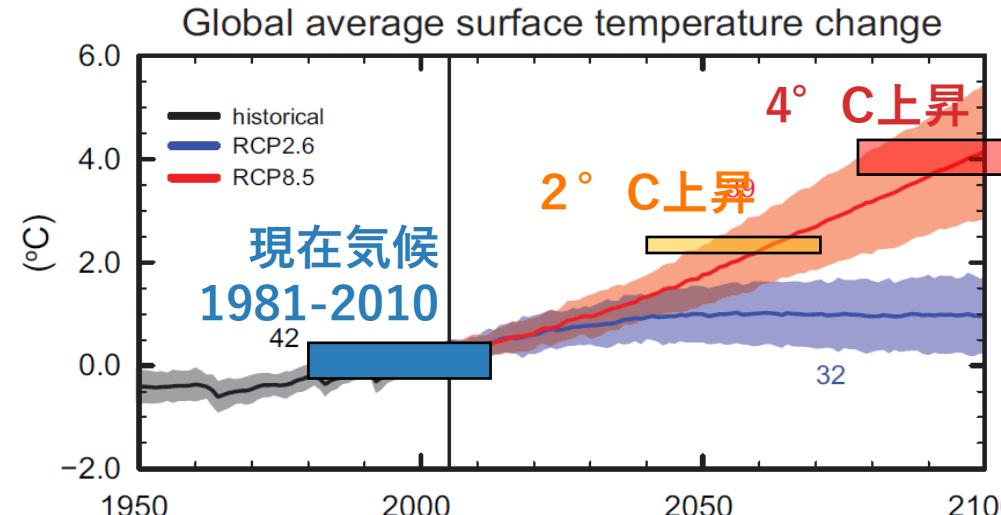
(気象庁HP)

②対象期間が短い(5年間)

極値(100年に1度など)の解析は困難
 →供給面では需要極値に対応することが重要



解決策：地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF）が非常に有用



d4PDFとは

- 全世界および日本周辺域について、60, 20, **5kmメッシュ** の高解像度大気モデルを使用したモデル実験出力
- 過去～現在**、および地球の平均気温が産業革命以降 **2°C** および **4°C** 上昇した未来の気候状態について実験
- モデルの入力値にはらつき（擾動）を与えたアンサンブル実験

本発表で利用

利点

- 大規模アンサンブル（360年分）：確率評価が可能
例) 30年×12メンバーで極端事例を抽出可能
- 高空間解像度（5km）：自治体レベルで将来を評価可能
- 高時間分解能（1時間）：時刻別電力需要評価可能

モデルの課題

- 完全に気候を表現できるモデルはないため、系統的な誤差（バイアス）が発生する

*気象庁観測点に近い格子点をバイアス補正した値を利用

変電所別に電力需要時別値を推定
(3気候条件 × 1,290エリア × 360年)

当日発表限り

季節変化：半旬ごとの電力需要の将来変化

当日発表限り

当日発表限り

- 東京電力管内の電力ビッグデータを利用して首都圏の電力需要に関する研究を推進
 - 電力需要の予測式を1290エリアの時刻別に整備
 - ・電力需要の気温に対する傾きの多様性を明らかに（都心3区でも傾きの大小さまざま）
 - 温暖化による将来の電力需要量の変化の推定
 - ・電力需要のピークとなる季節が冬から夏に変化（夏の電力需要ひっ迫）
 - ・北関東では、温暖化による電力需要の変化は小さい（冷房需要の増加≒暖房需要の減少）
 - ・都心では、温暖化により電力需要が増加（冷房需要の増加>暖房需要の減少）
- * 気象ビッグデータ (d4PDF) を活用することで、100年に一度などの電力需要の極値を解析中。