

気候変動適応の研究会 研究発表会・分科会

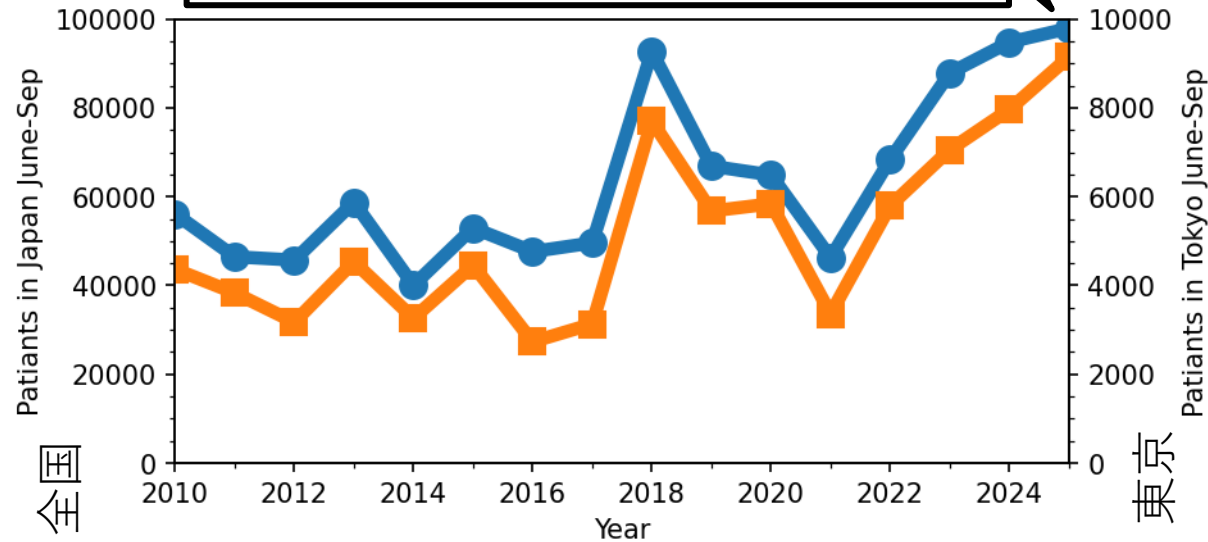
# 気候・電力ビッグデータを用いた 温暖化による空調電力需要への影響評価

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

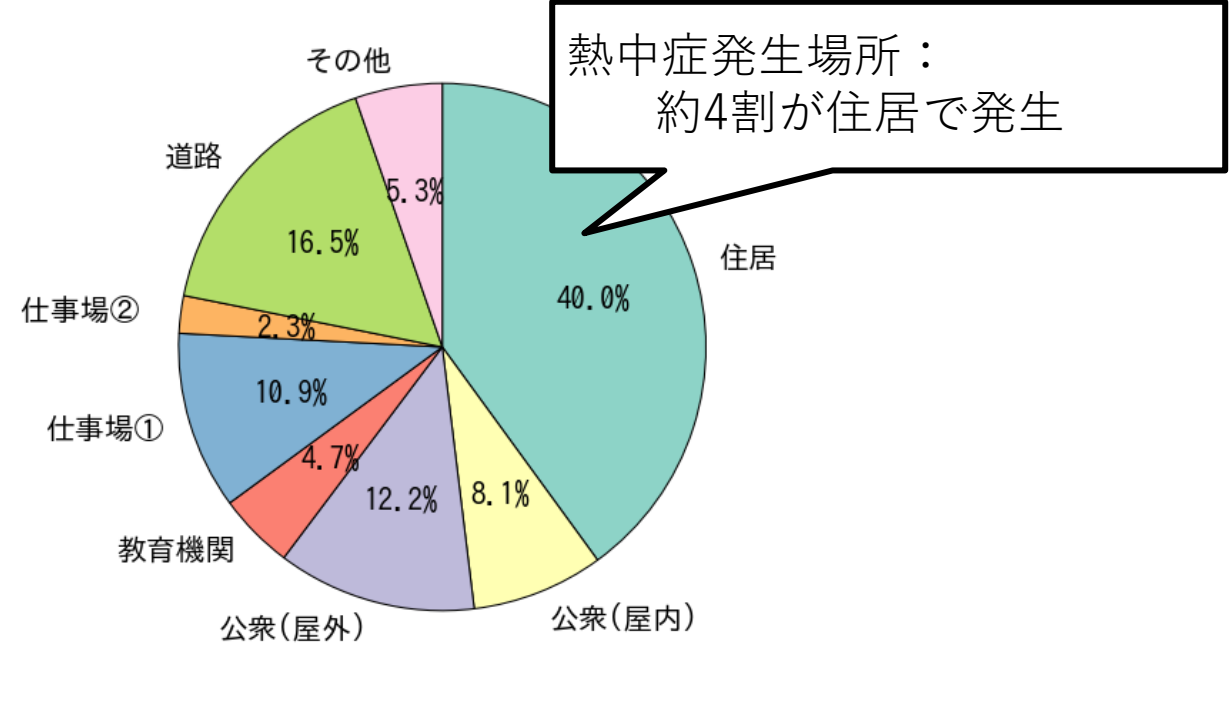
本研究は、環境省・(独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20231007, JPMEERF25S12433) および文科省「気候変動予測先端研究プログラム」の支援により実施しました。記して感謝の意を表します。

# 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

2025年の熱中症搬送者数：過去最多  
全国 = 97,896人  
東京都 = 9,145人



熱中症搬送者数の経年変化



熱中症発生場所：  
約4割が住居で発生

発生場所別構成比（2017-2025）

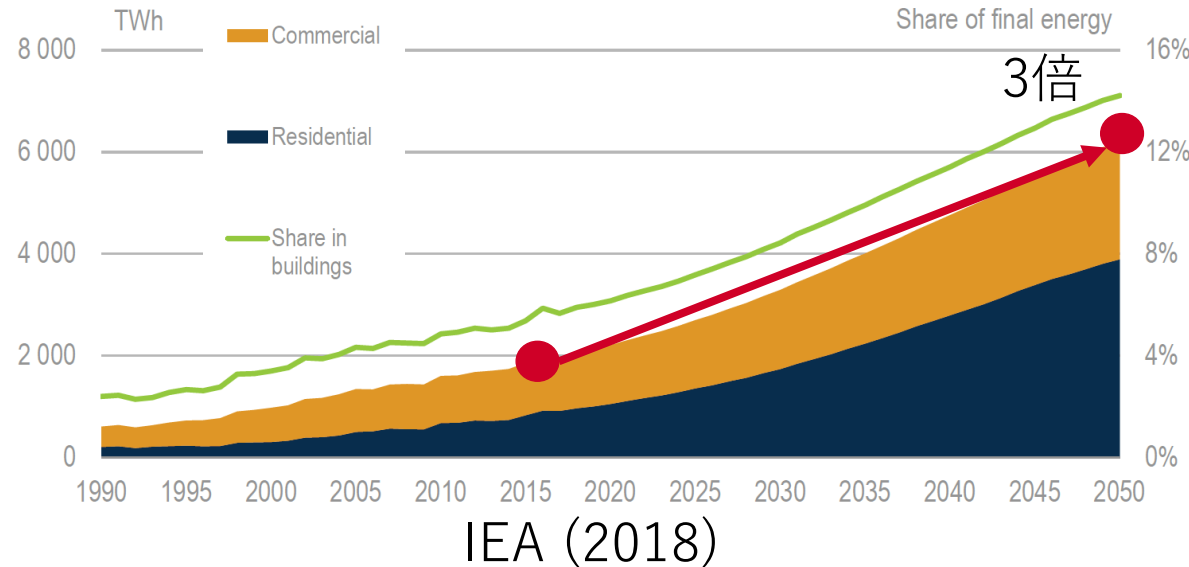
データ：消防庁HP



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)

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

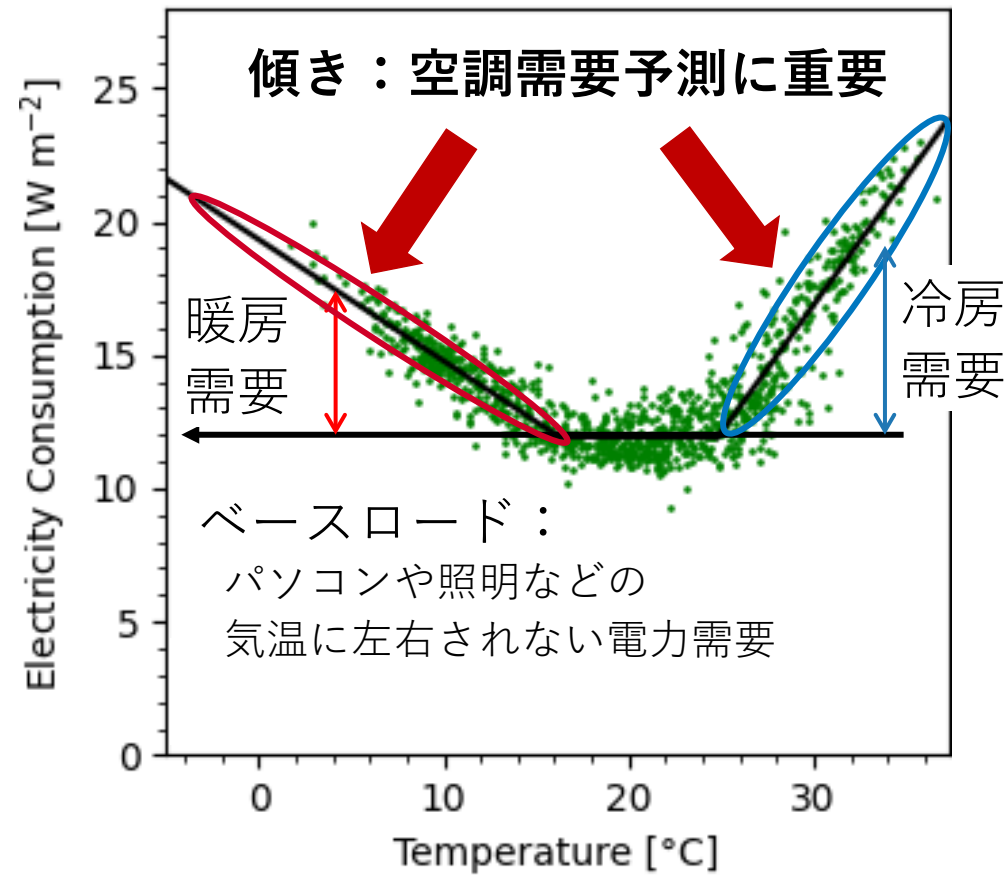


冷房エネルギーの99%は電力(1%はガス)

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）

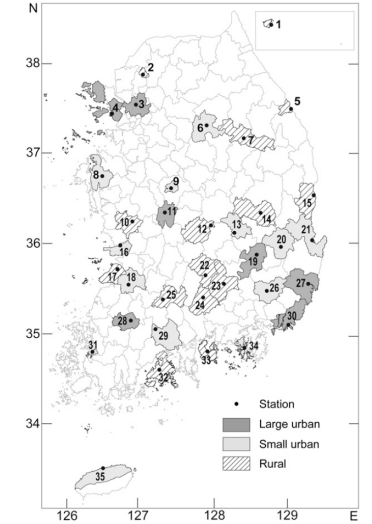
## ポイント：傾きと気温で空調需要が予測できる



数多くの研究で電力と気温の関係を解析



東京電力  
橘高・宮崎 (2014)

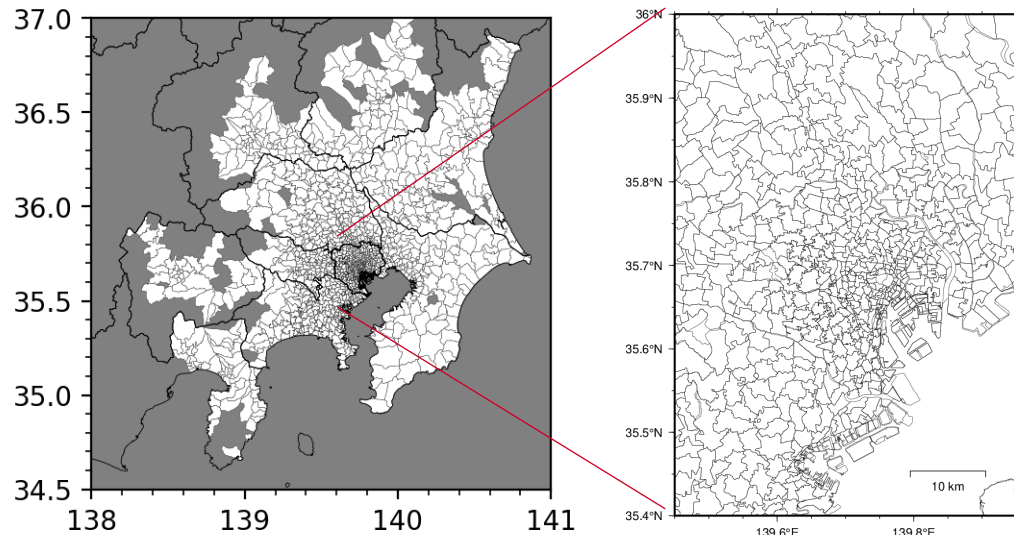


韓国：解像度=数百km<sup>2</sup>  
Lee et al. (2013)

## 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

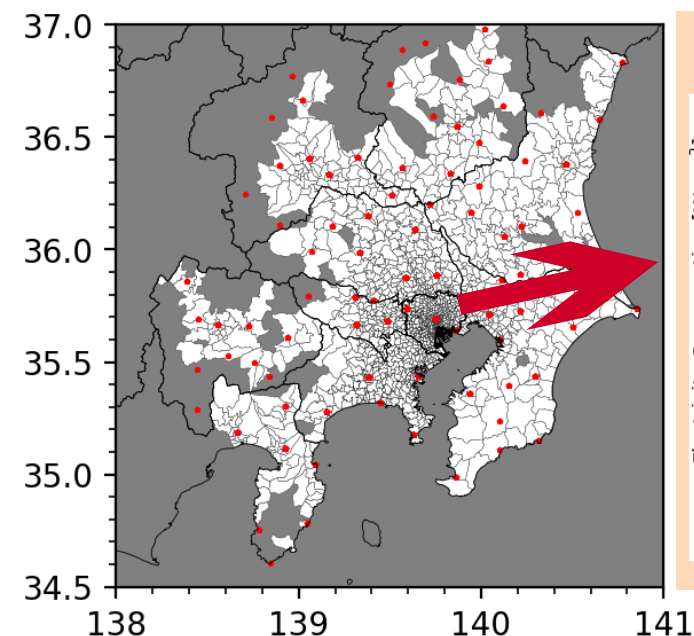
空間解像度：1.8 km<sup>2</sup> (23区内平均)

対象期間：2015年4月～2019年12月

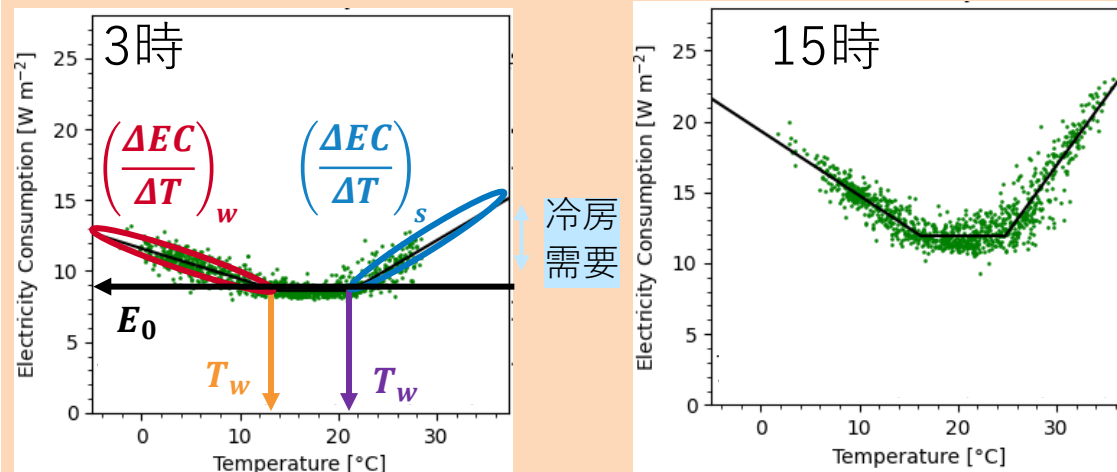
時間間隔：1時間

## 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

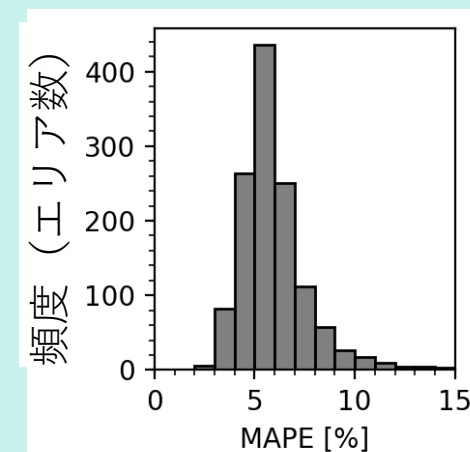
1. 電力需要特性の解析 (Nakajima et al., 2022の一部、<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111729>)
2. 電力需要の将来予測
  - 疑似温暖化による予測 (Takane et al., 2023の一部、<https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104966>)
  - 気候ビッグデータ (d4PDF) による予測 (結果は当日限り)



エリア所・時刻別の気温と電力需要関係式



90%の変電所で誤差9%未満

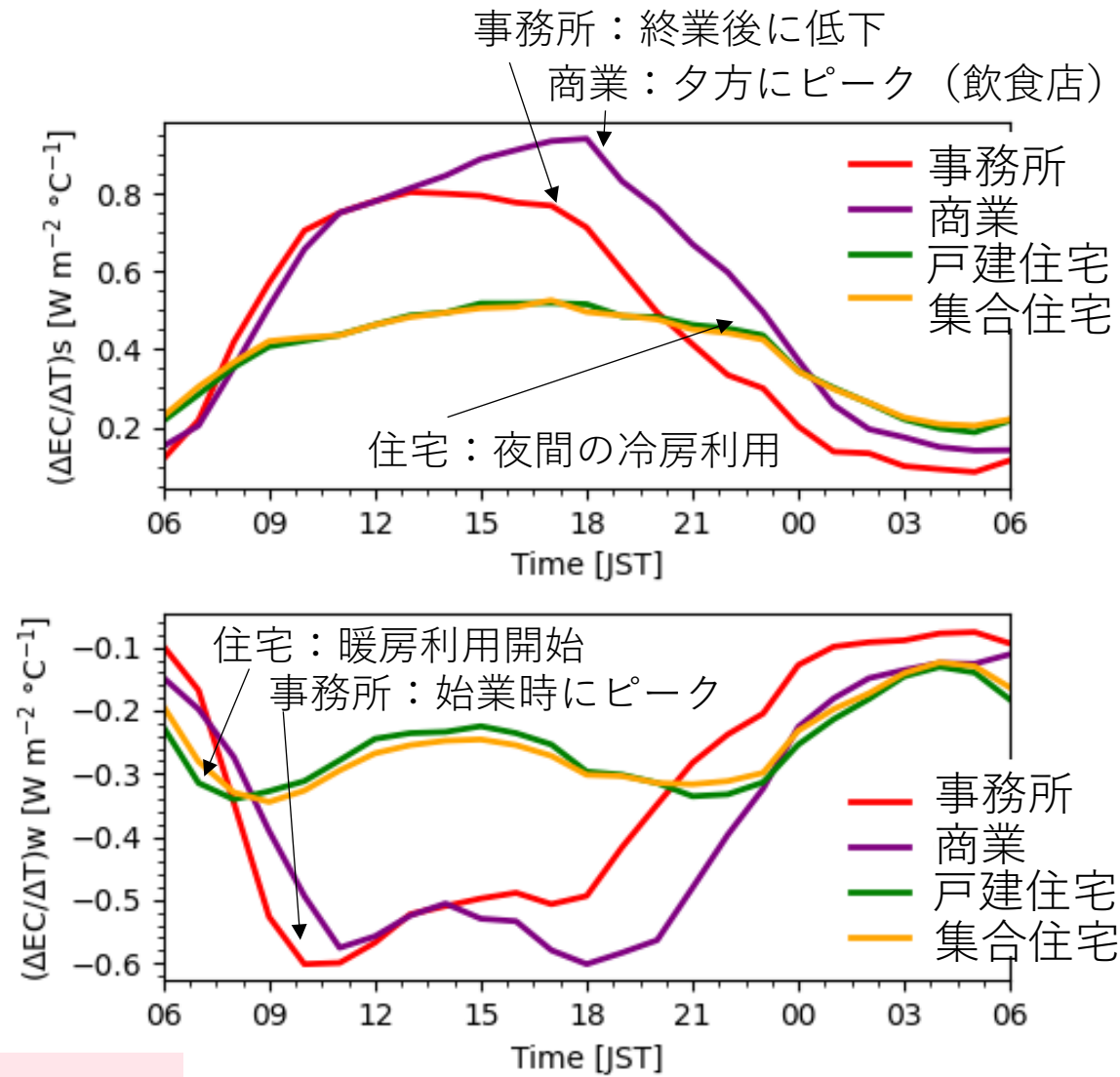
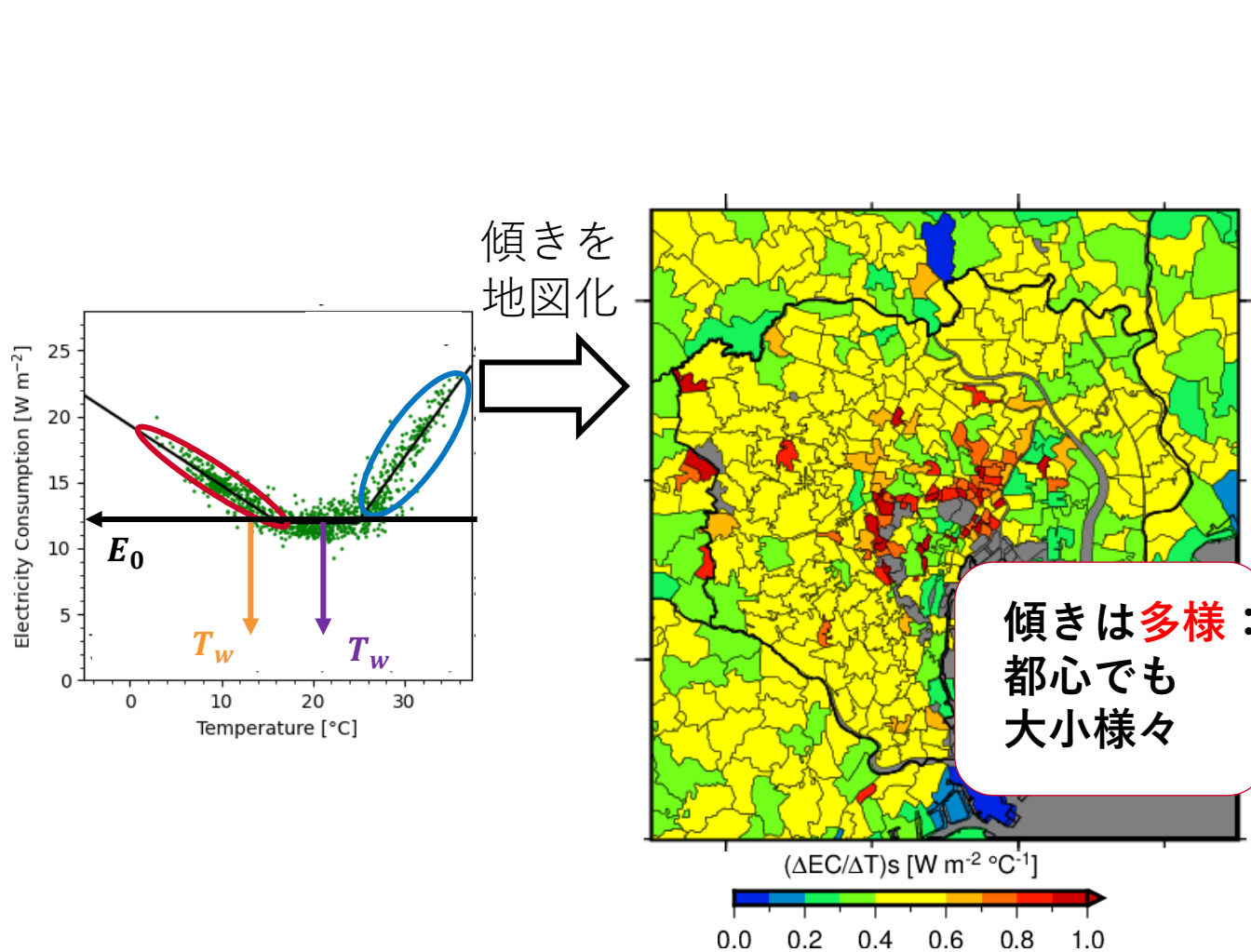


$$E_{推} = E_0 + \underbrace{\left(\frac{\Delta EC}{\Delta T}\right)_w (T - T_w)}_{\text{暖房需要}} + \underbrace{\left(\frac{\Delta EC}{\Delta T}\right)_s (T - T_s)}_{\text{冷房需要}}$$

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

ポイント: 気温を代入することで電力需要を予測できる

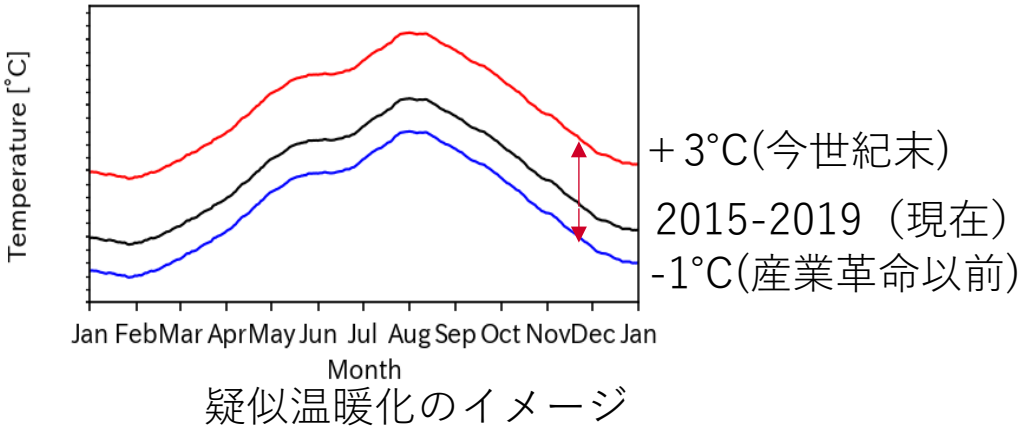
エリア所別・時刻別に電力需要関係式を推定



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○°C上昇すると仮定

現在との差

↓ +3°C, -1°Cの気温を代入

$$E_{推} = E_0 + \underbrace{\left(\frac{\Delta EC}{\Delta T}\right)_w (T - T_w)}_{\text{暖房需要}} + \underbrace{\left(\frac{\Delta EC}{\Delta T}\right)_s (T - T_s)}_{\text{冷房需要}}$$

when  $T < T_w$       when  $T > T_s$

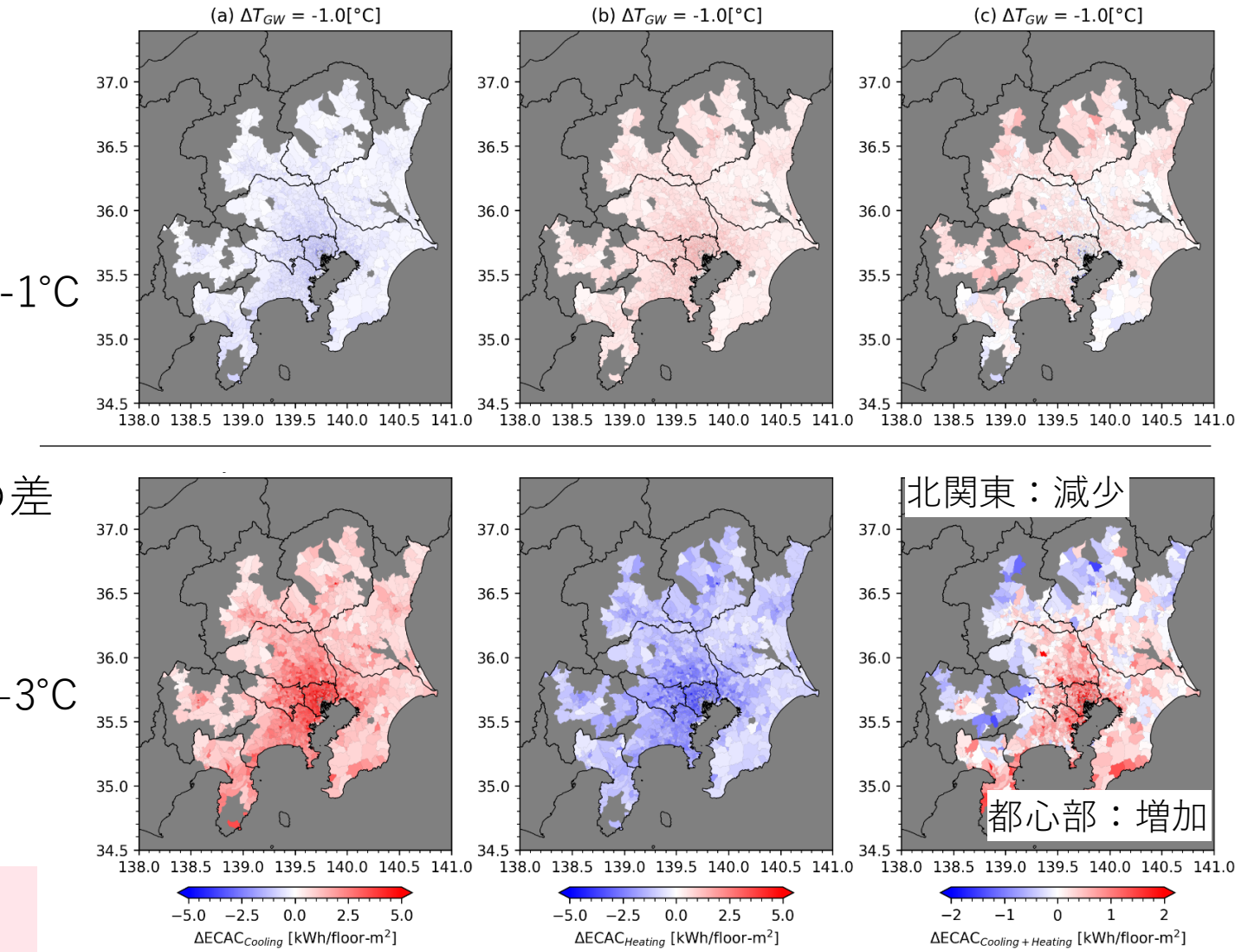
→ +3°C

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)

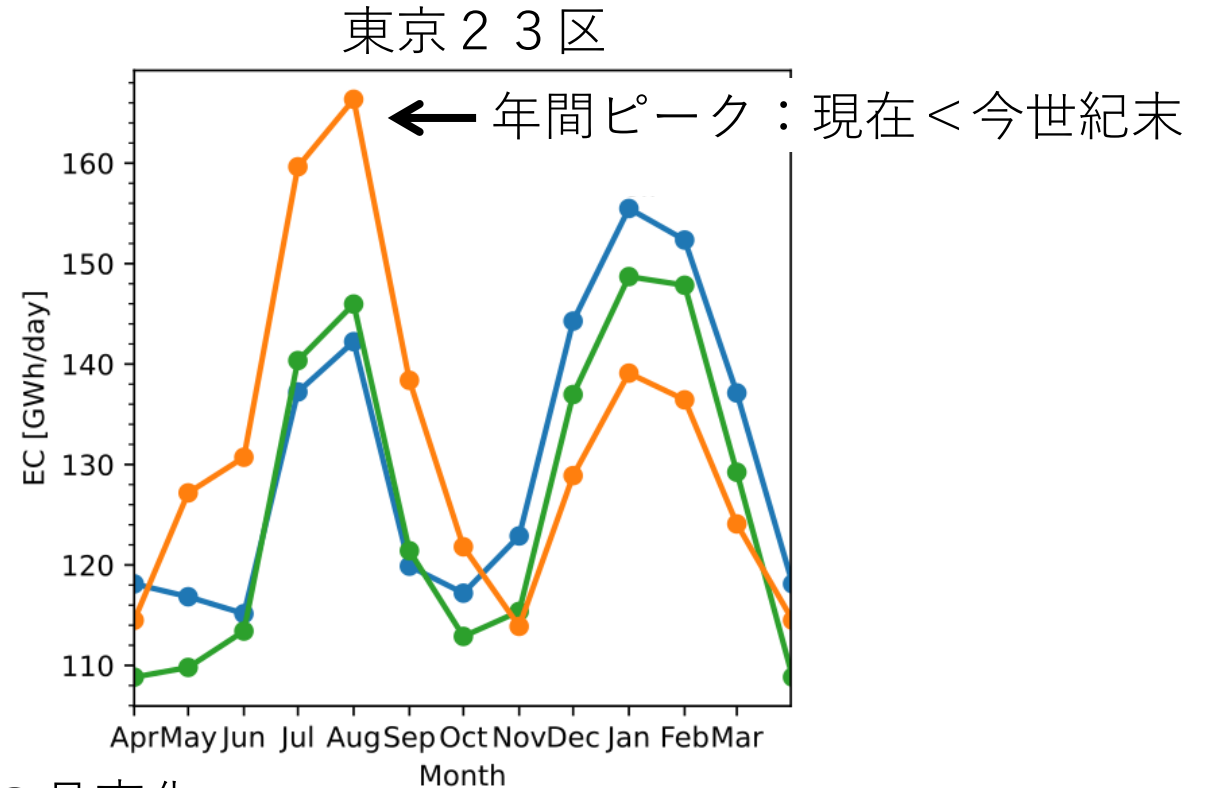
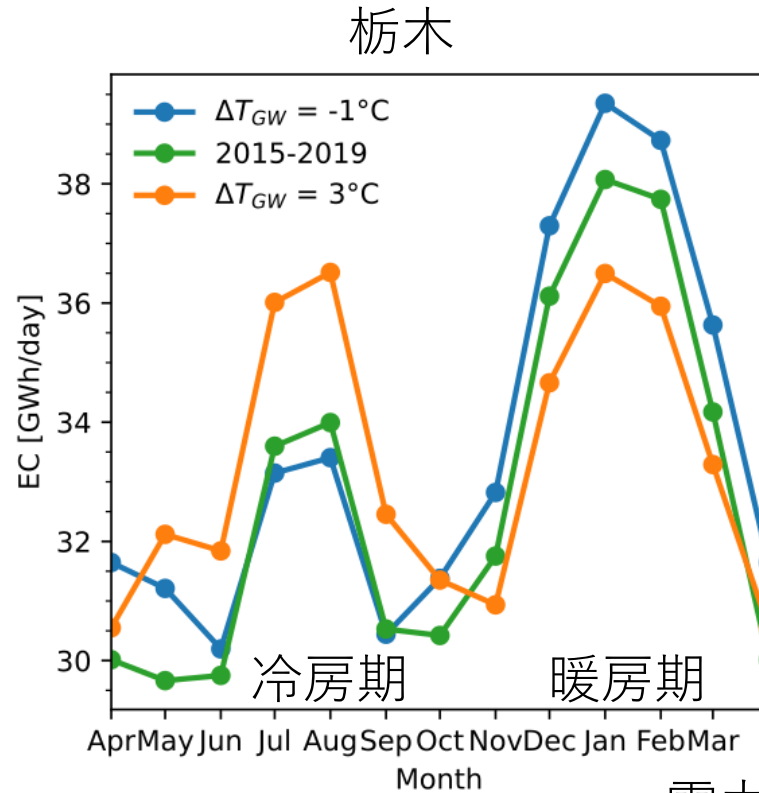
冷房需要変化量

暖房需要変化量

年間電力需要変化量



# ピーク電力需要が冬から夏にシフト



電力需要量の月変化

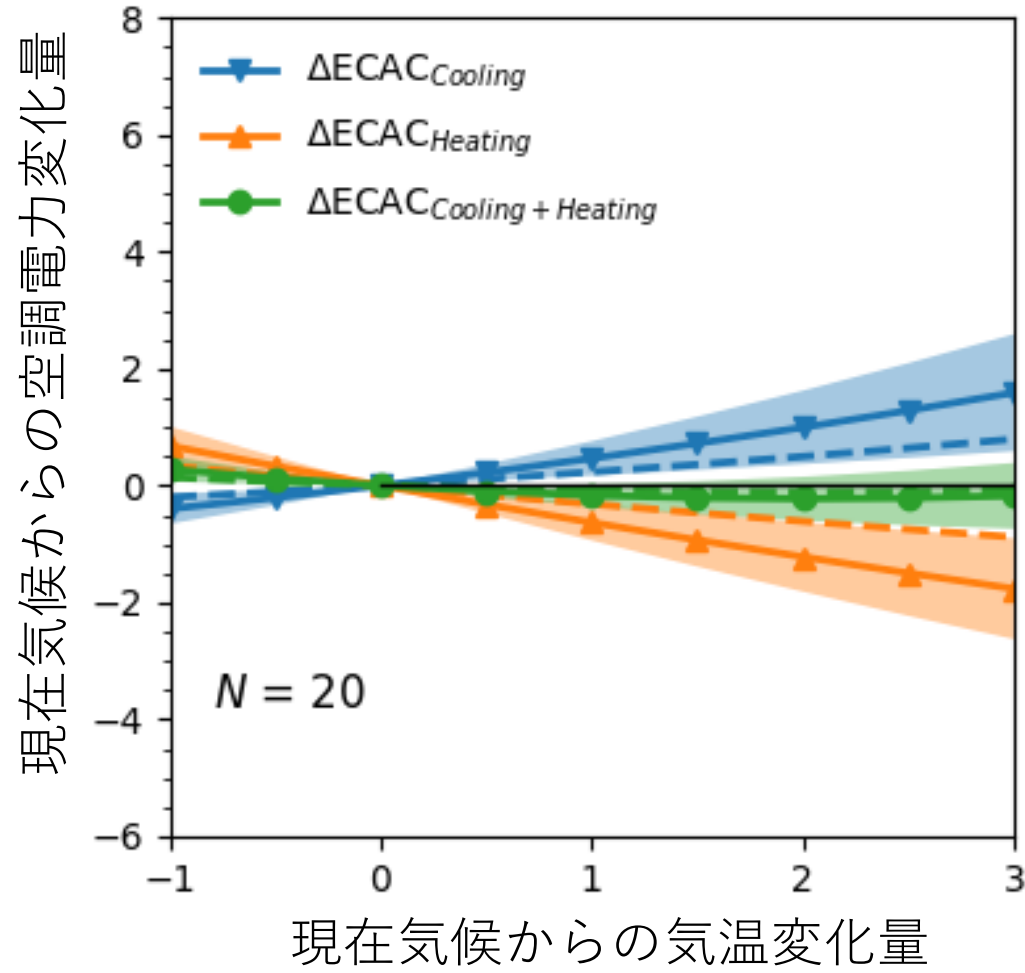
2015-2019(現在): 夏(冷房) < 冬(暖房)

+3°C(今世紀末): 夏(冷房) ≧ 冬(暖房)

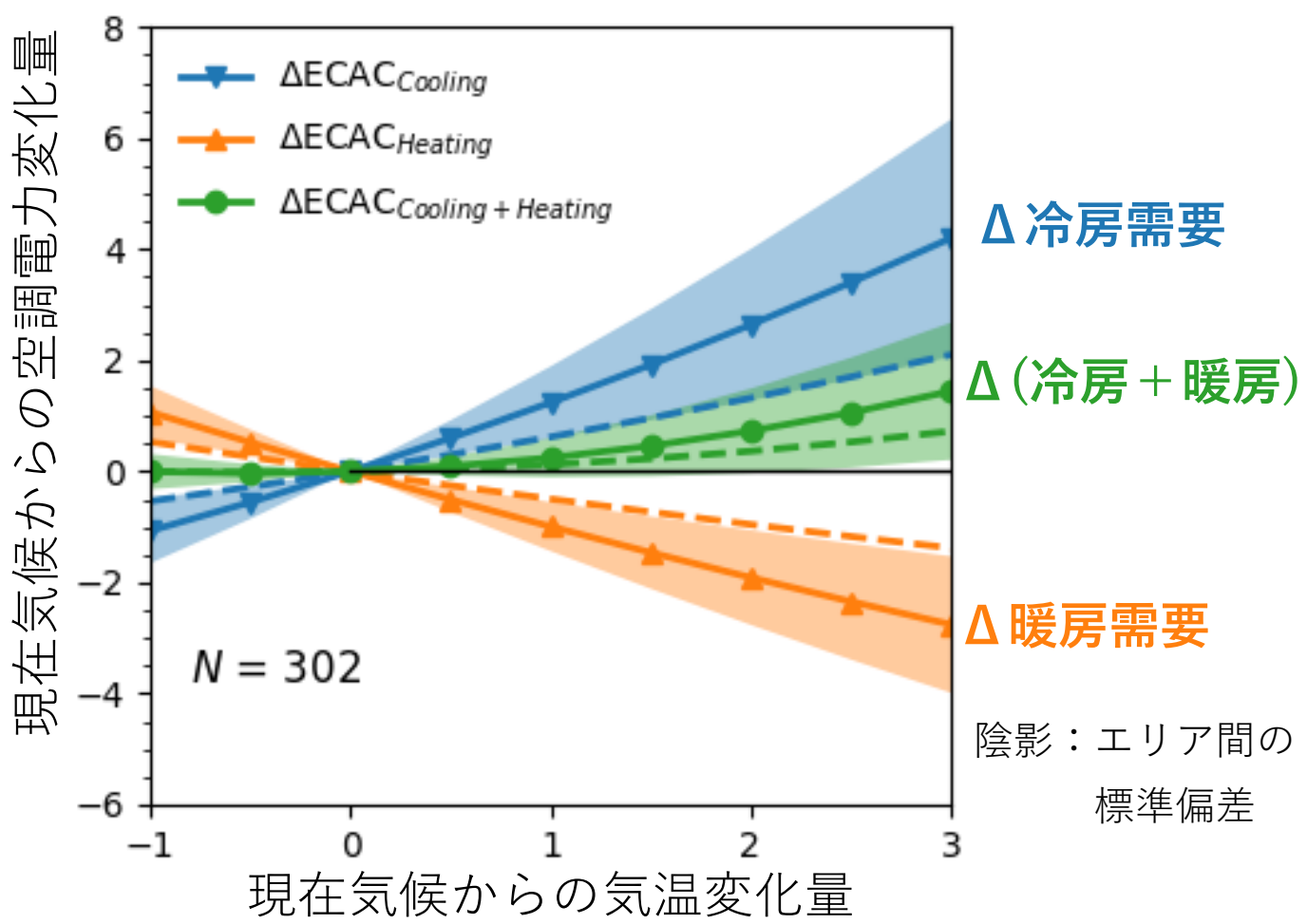
冷房需要増加による電力需給ひっ迫が頻繁する可能性を示唆

# 温暖化で年間の電力需要は増える？減る？

栃木県



東京23区



・ 都心で年間電力需要が増加することを示唆

## ①気温が常に○℃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

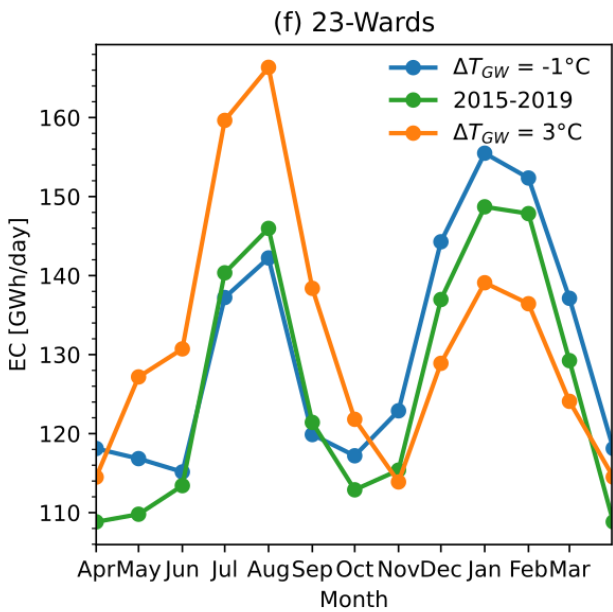
日本の平均気温のトレンド

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)

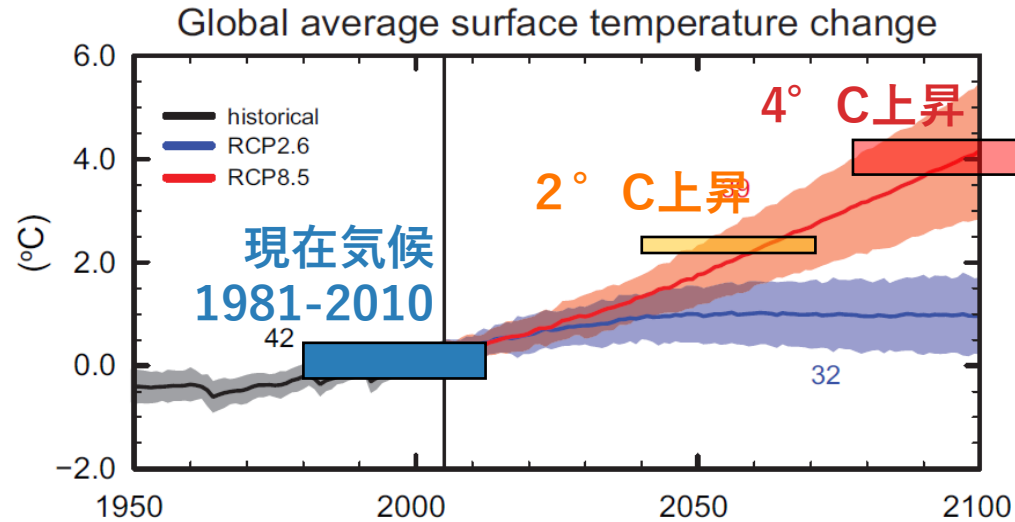
## ②対象期間が短い(5年間)

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

本発表で利用



## 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
- モデルの入力値にばらつき（摂動）を与えたアンサンブル実験

## 利点

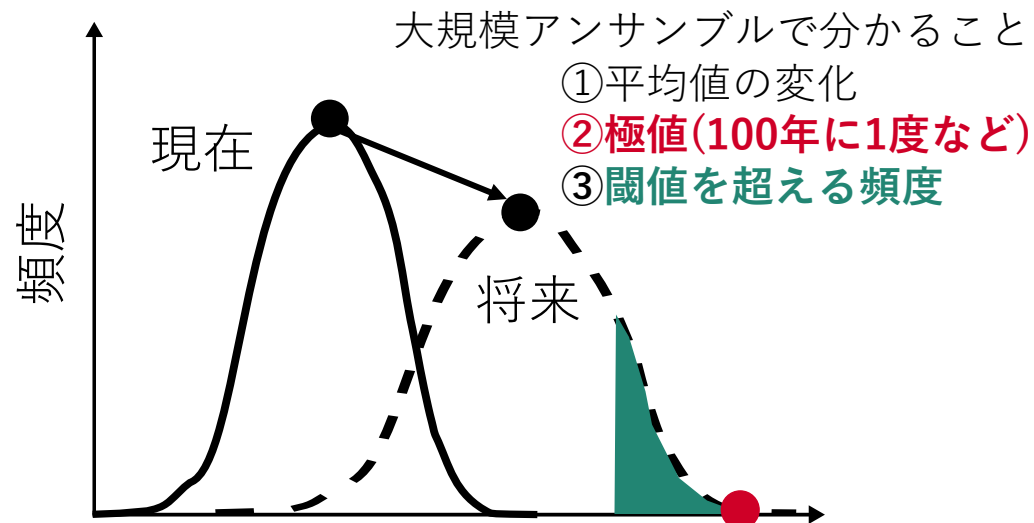
- 大規模アンサンブル（360年分）：確率評価が可能  
例）30年×12メンバーで極端事例を抽出可能
- 高空間解像度（5km）：自治体レベルで将来を評価可能
- 高時間分解能（1時間）：時刻別電力需要評価可能

## 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

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。