

# 京都気候変動適応センター(KCCAC) 2023 (R05) 年度成果報告

**安成哲三**

**総合地球環境学研究所 顧問・名誉教授**

**KCCACセンター長**

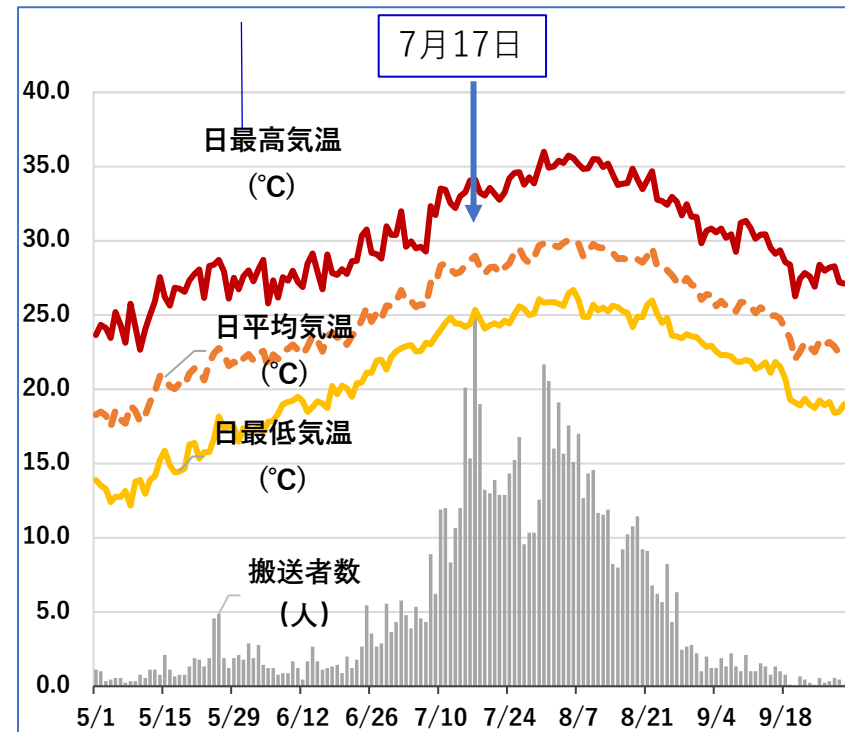
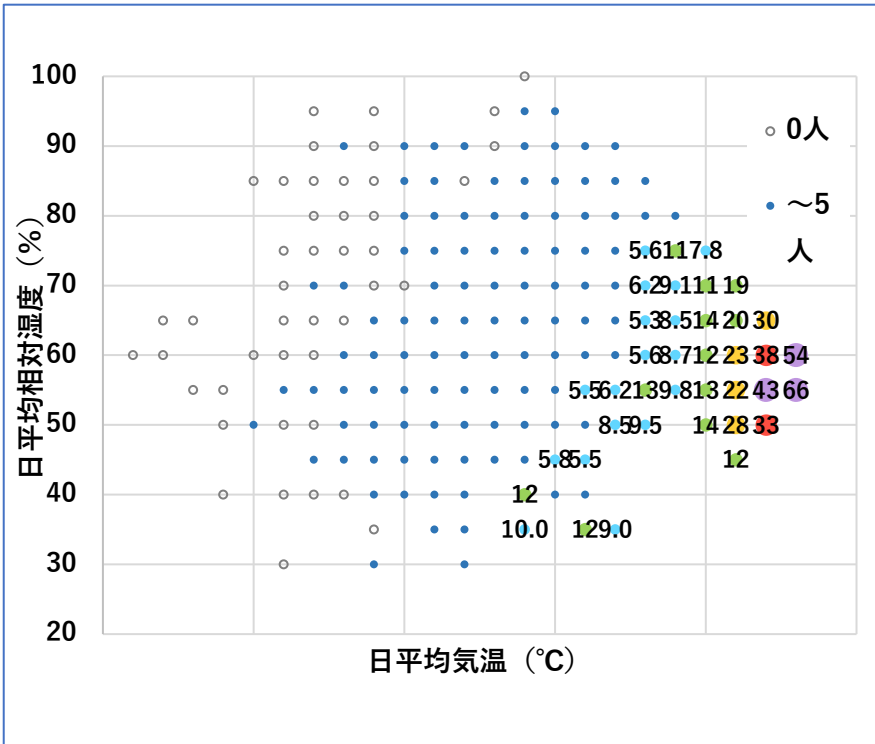
**協力者：何斯誠(RA、京都大学)**

**京都府脱炭素社会推進課、京都市温暖化対策室**

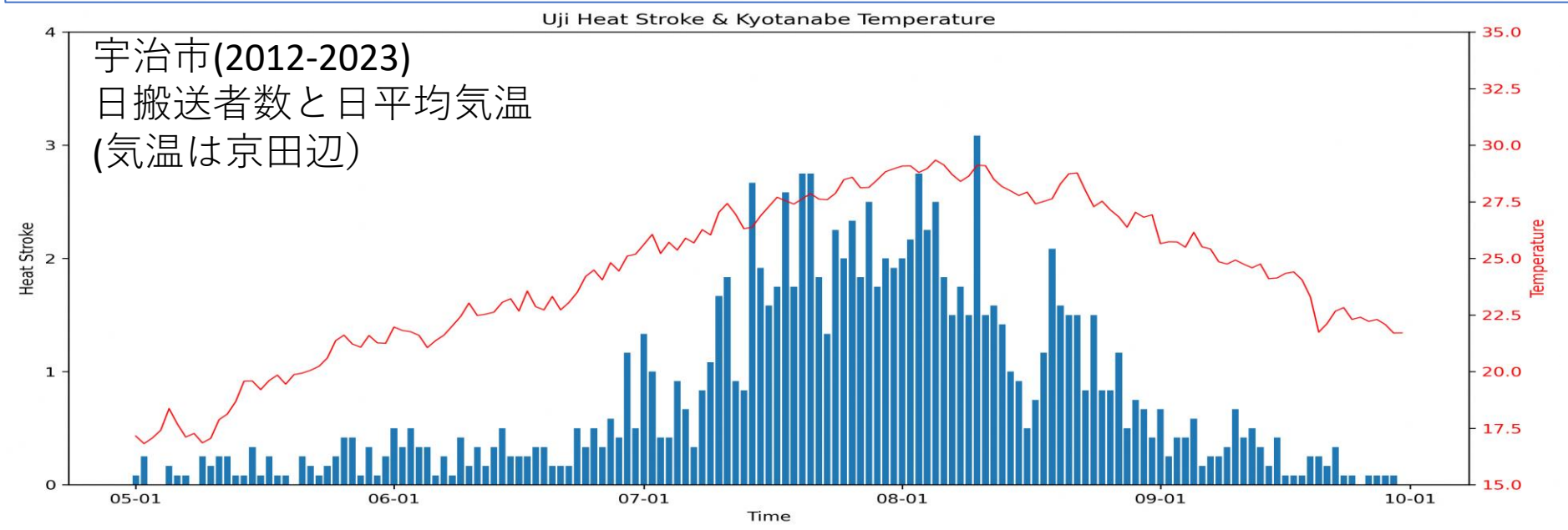
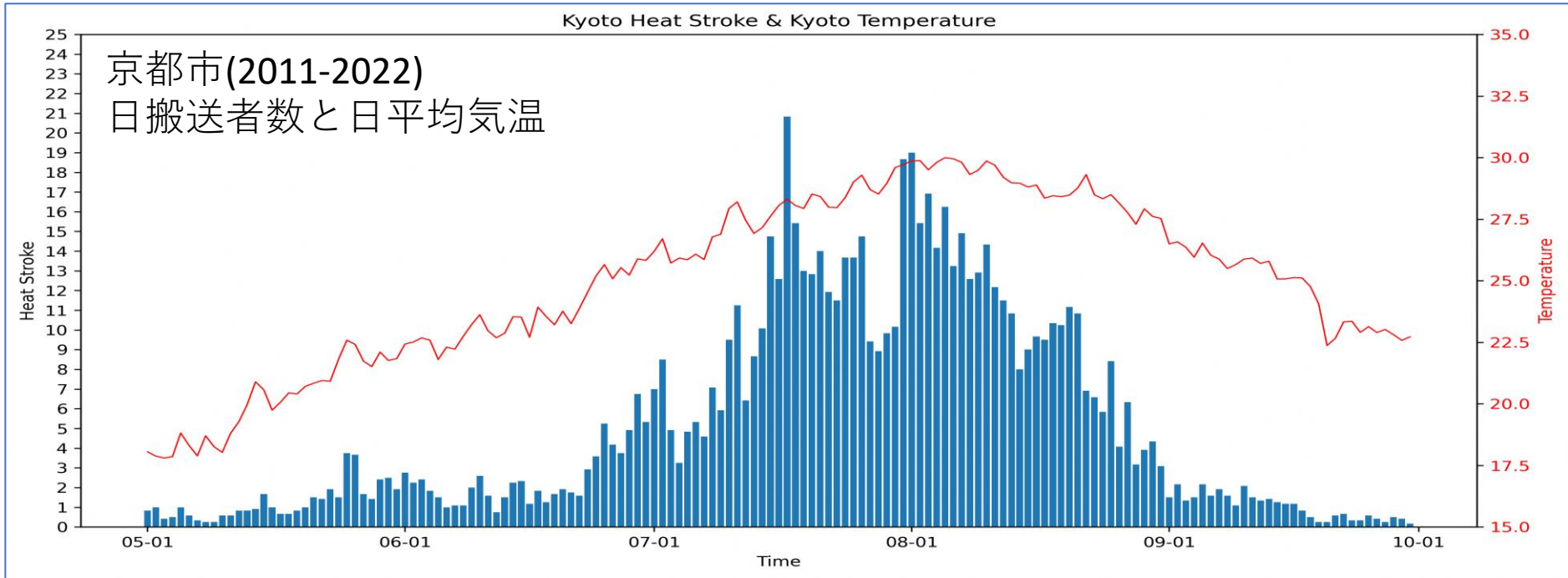
京都府・市における  
暑熱に関する地域的な分布・変動と  
温暖化に伴う予測

# 京都市における熱中症搬送者数と気象要素の関係

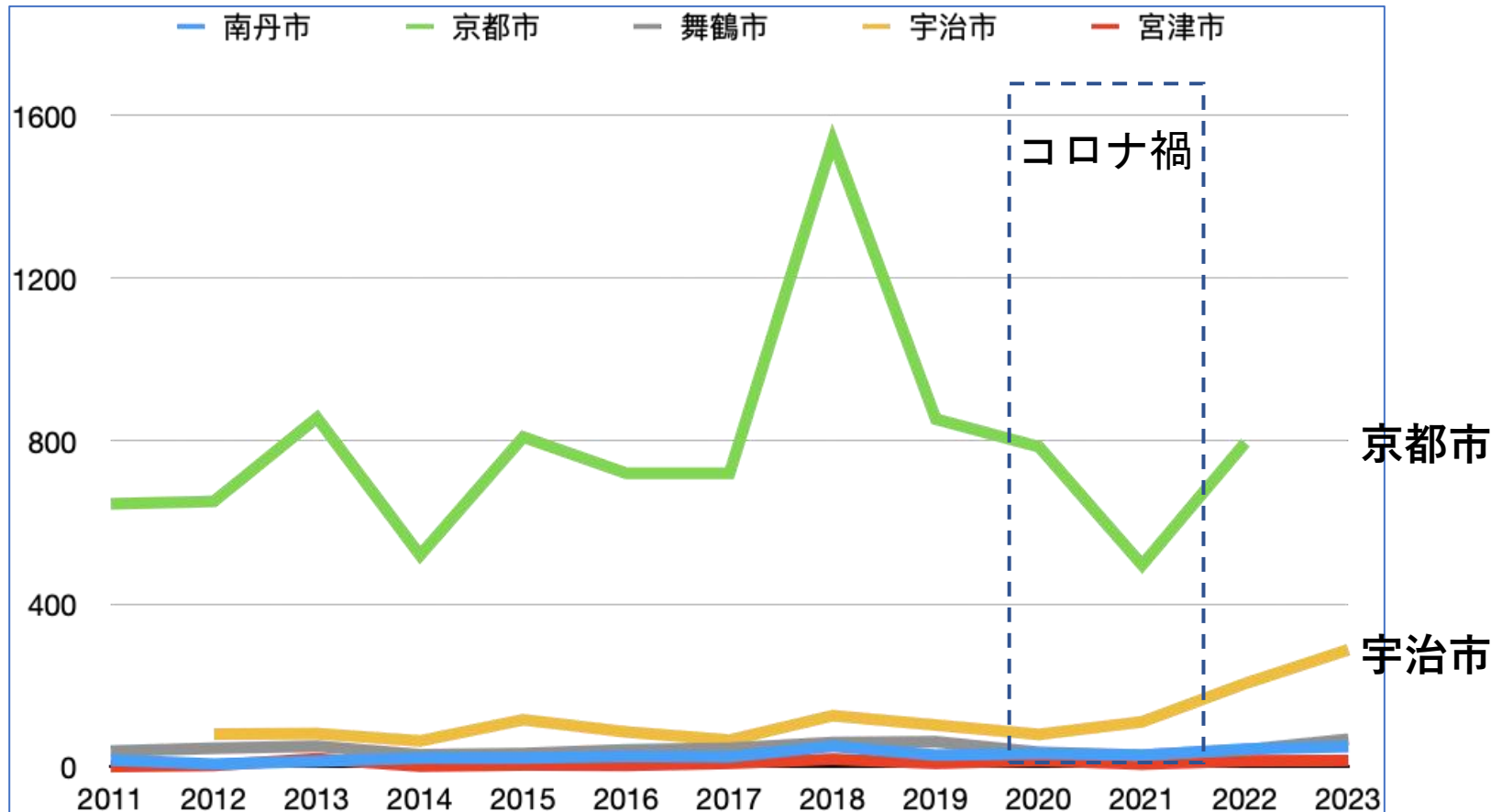
- ・日平均気温28℃以上で搬送者数は急激に増加。気温と湿度(相対湿度・水蒸気量)の季節推移と搬送者数は密接に関係している。ただし、相対湿度は、小笠原高気圧(気団)の性質のため、60%±15%に集中。
- ・梅雨明け直後の7月中旬と気温が最高になる8月上旬に、搬送者数のピークが出現。
- ・7月中旬の搬送者数は、「祇園祭」に関連した観光客数増加の影響で、特異的な大きなピークとなっている。



# 京都市および隣接する宇治市の搬送者数・気温の関係の比較



# 京都府内主要都市における 熱中症人数年間推移(2011~2023)

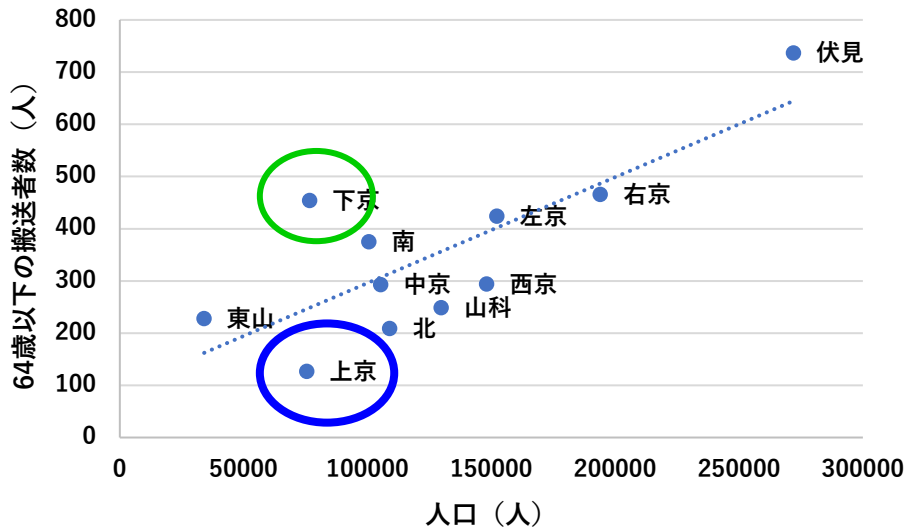


# 京都市

## 地域（区）ごとの熱中症搬送者数 人口比・年齢層傾向の違い

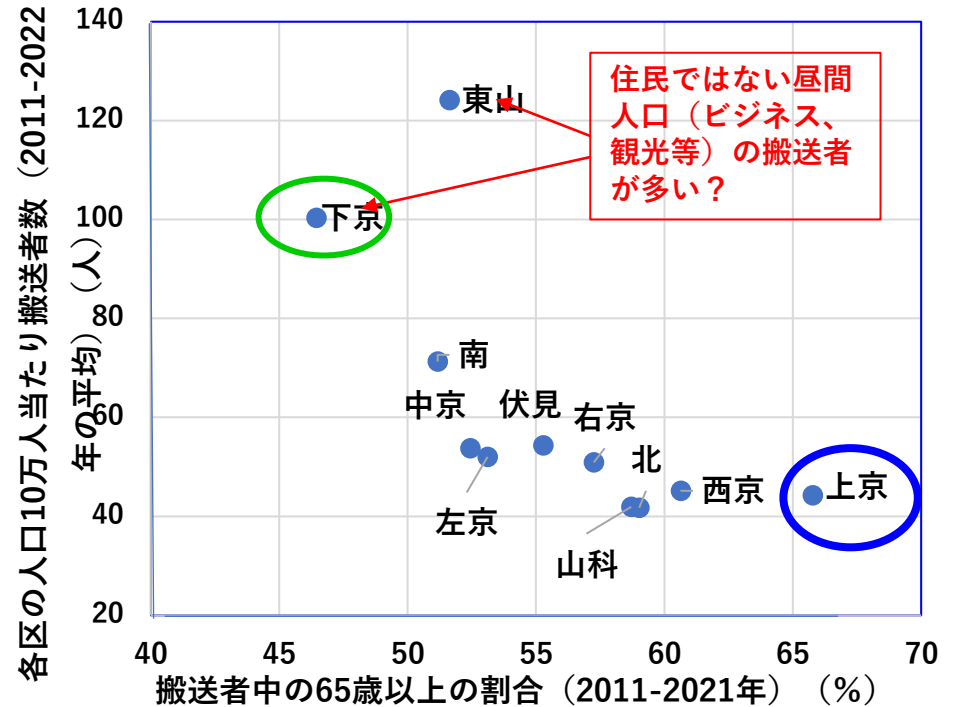
※人口は2021年4月1日時点、搬送者数は2011年～2021年の合計

区ごとの人口と、64歳以下の搬送者数の関係



人口に対する64歳以下の搬送者数の割合は、東山区、下京区、南区で多く、50%前後である。

- 下京区・東山区では、住民以外の(高齢者でない)観光客・ビジネス関係者の割合が大きい。



- 下京区、東山区：人口に対する搬送者数が多いが、搬送者中の65歳以上の割合は小さい。→昼間人口（観光、ビジネス）の搬送者が多いから？
- 上京区：搬送者数は少ないが、65歳以上の割合は大きい。  
(地域コミュニティのあり方など今後の課題)

# 熱中症搬送者数と気象要素および観光客数等の関係 機械学習 (XGBoost)による分析

## 過去の熱中症搬送者数の再現

過去の気象データ、観光客数、搬送者の属性等を用いて、過去の熱中症搬送者数を再現する。



## 交差検証

(モデルの妥当性の検討)

ある年の熱中症搬送者数を他の年のデータを用いて再現する。



## 将来の熱中症搬送者数の予測

気象予測データを基に、2100年までの熱中症搬送者数の予測と評価を行う。観光客数の変化などの影響も評価する。

## 機械学習の手法

コンピューターに大量のデータを読み込ませ、様々なアルゴリズムに基づいて分析させる仕組み。

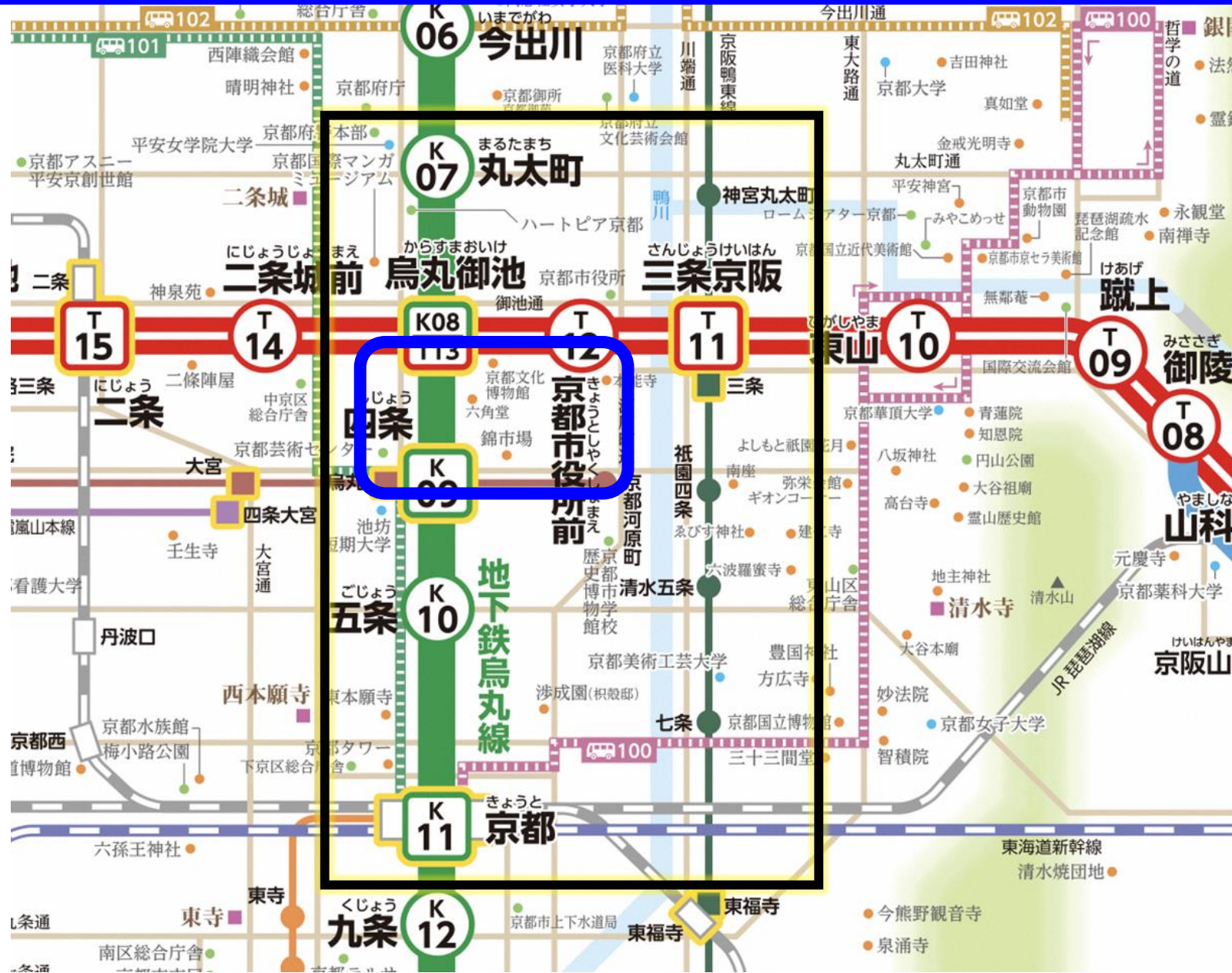
コンピューターに反復的に学習させることで、データの中に潜む特徴や規則性を見つけ出すことが可能

・機械学習アルゴリズム：XGBoost(eXtreme Gradient Boosting)

予測の精度を段階的に改善でき、予測精度が高いアルゴリズム

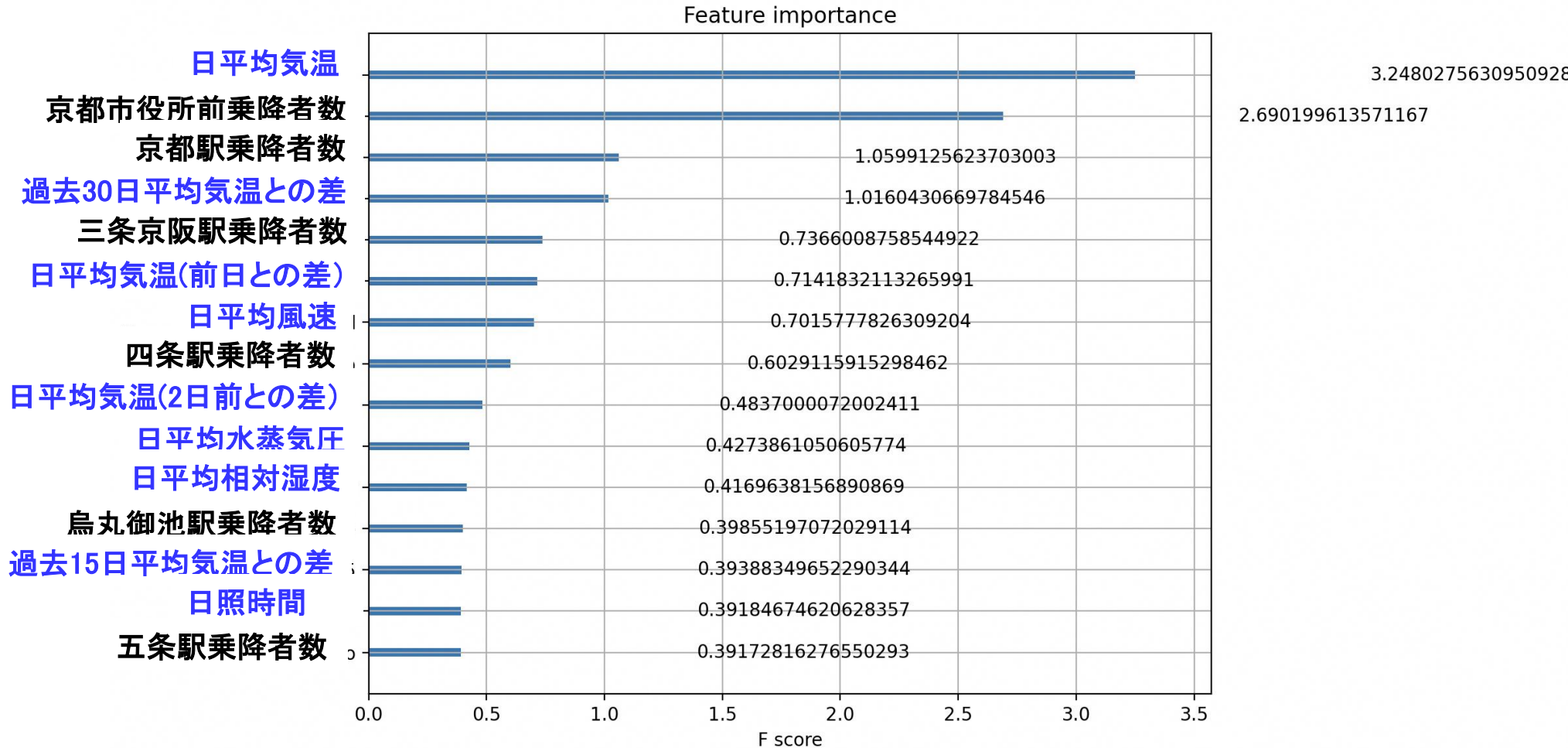
参考文献：Den K. et al, Sci.Total Env. (2023); Chen, T., Guestrin, C., (2016) Proc. of the 22nd ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining

# 機械学習による「祇園祭」効果の検証 地域的な観光客数の指標として地下鉄乗降客数を利用して分析



山鉾巡行  
経路

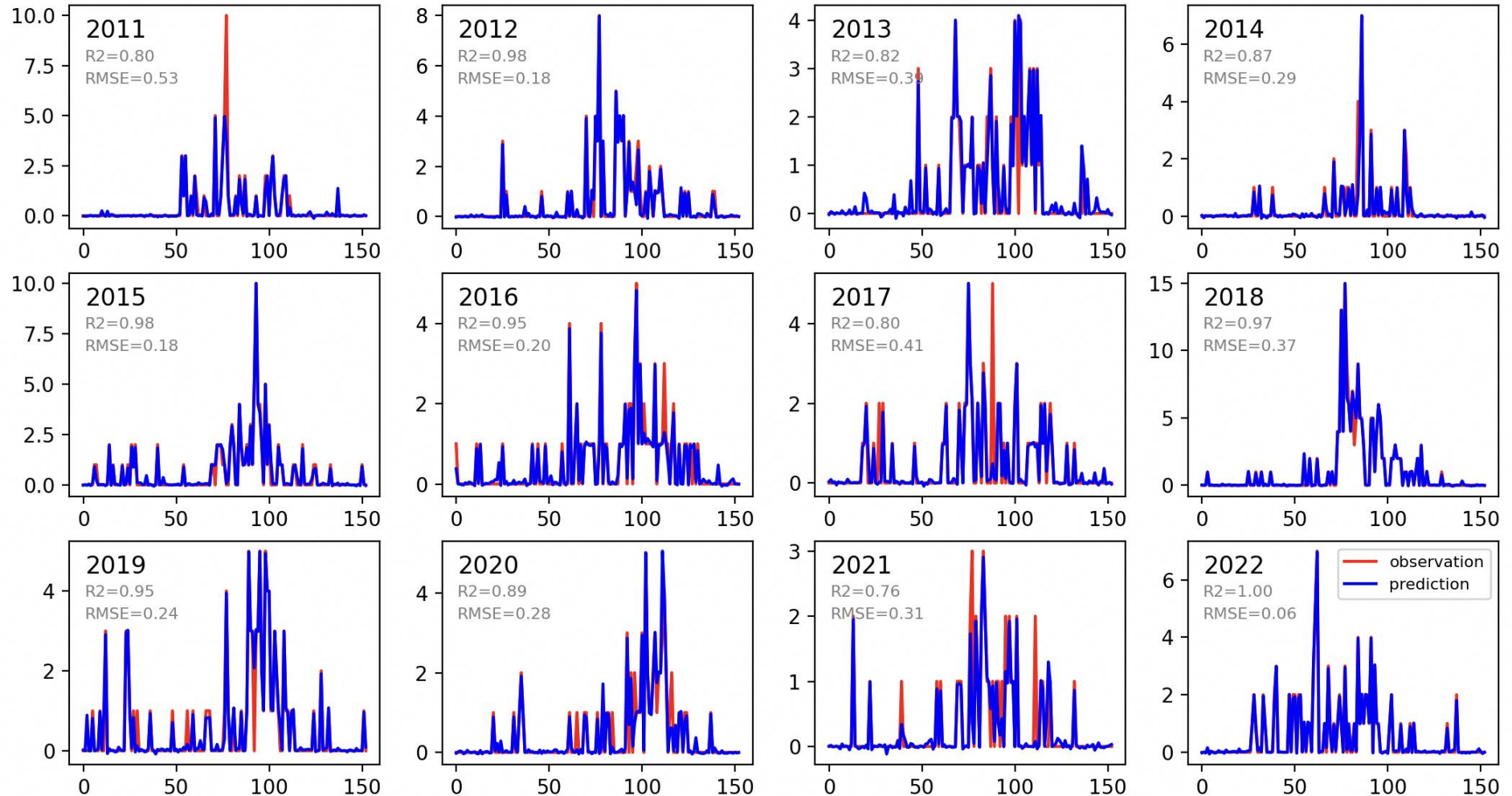
# 下京区地域の熱中症搬送者数(5-9月) 変動に どの要素がどの程度貢献しているか？ F-score による検証



気象要素と観光客の動向の両方が搬送者数変動に寄与



# 機械学習による 下京区域の搬送者数変動（5～9月）の再現 （気象要素 + 地下鉄乗降者数）の結果



赤線：実際の搬送者数

青線：再現された搬送者数

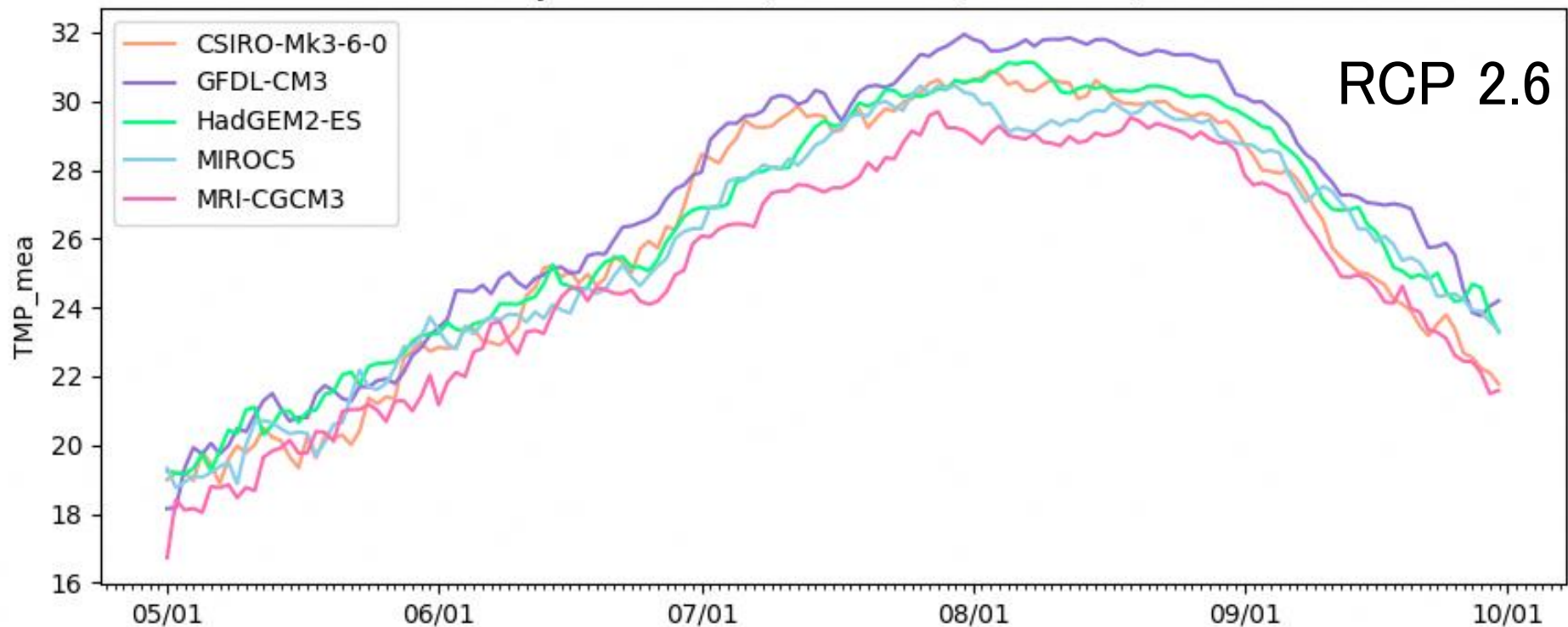


# 気候の将来予測データによる 2100年までの搬送者数の予測とその評価

- 全球客観解析データ(ERA5)による現在気候の再現・予測と検証(地上観測値、気候再現値との比較)
- NAROダウンスケーリング(1km) 気候予測データによる予測
- d 4 PDF (60km) 気候予測データの検証

# NARO(農研機構) ダウンスケーリング気候データによる予測 京都付近の気温予測のモデル間比較(RCP 2.6) (2070-2099)

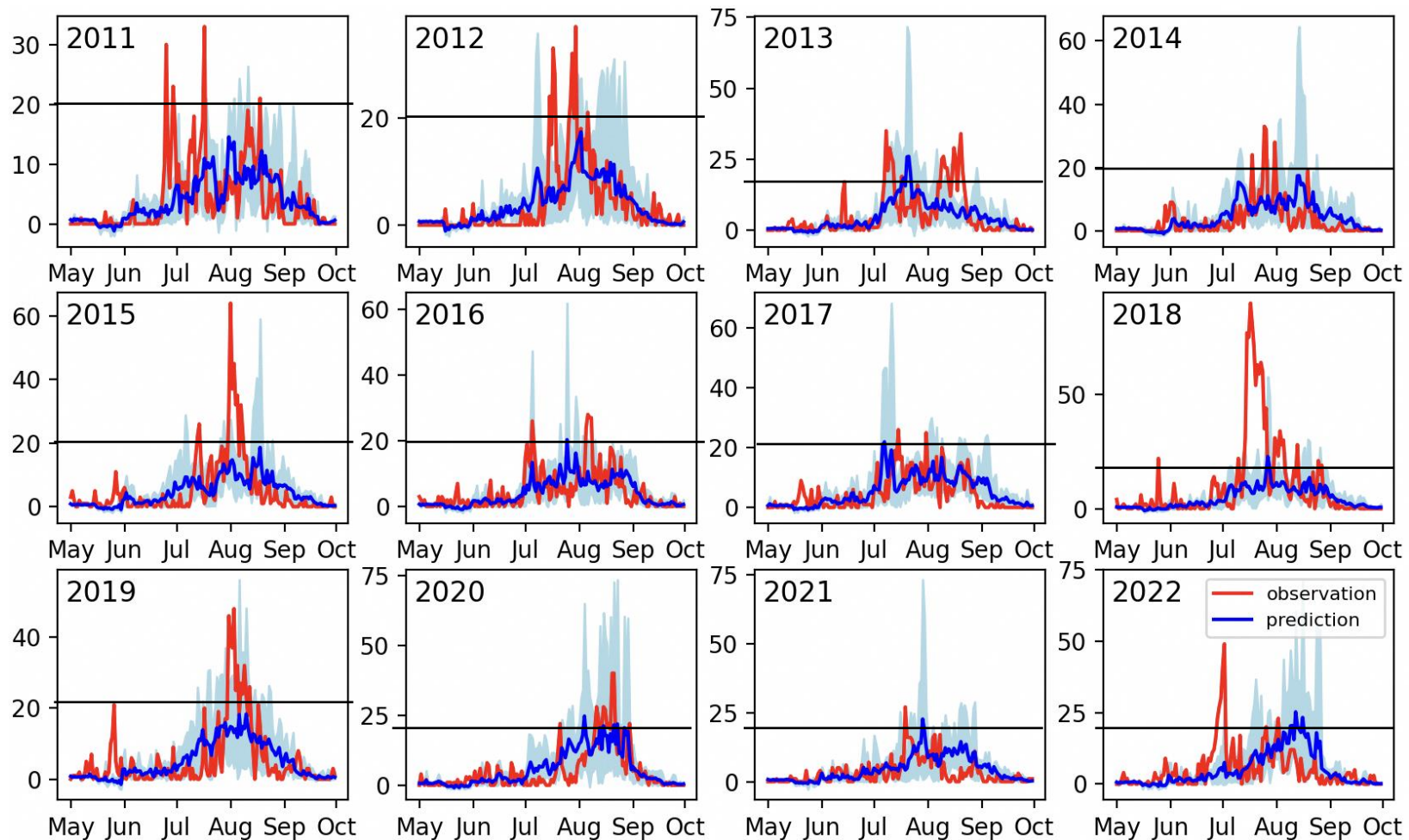
Kyoto-N35.0125, E135.7312 (2070-2099)



- 予測された盛夏期の気温は、モデル間で最大3~4℃の違いがあり、熱中症搬送者数予測誤差が大きくなる。
- 盛夏期の気温の季節変化パターンが、現在の季節変化パターンとかなり異なっており、搬送者予測推定に影響している(バイアス補正の影響?)

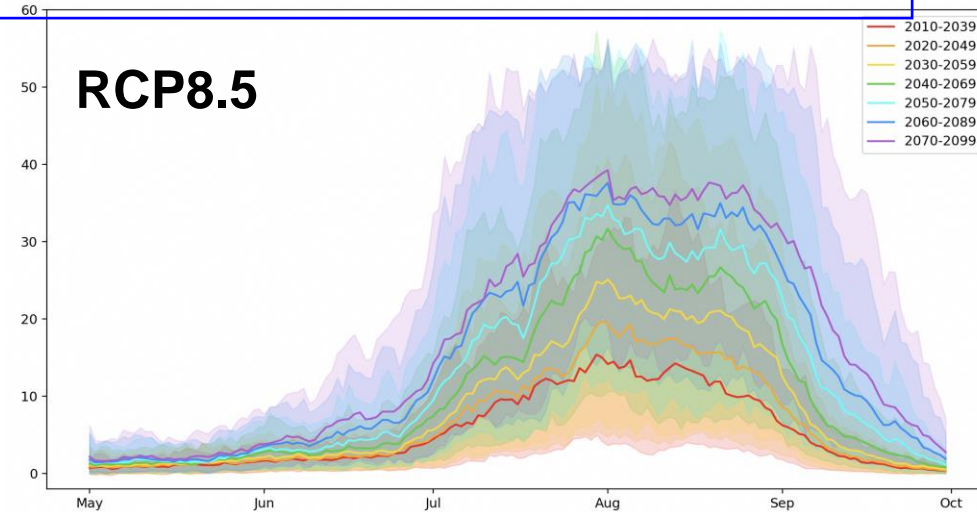
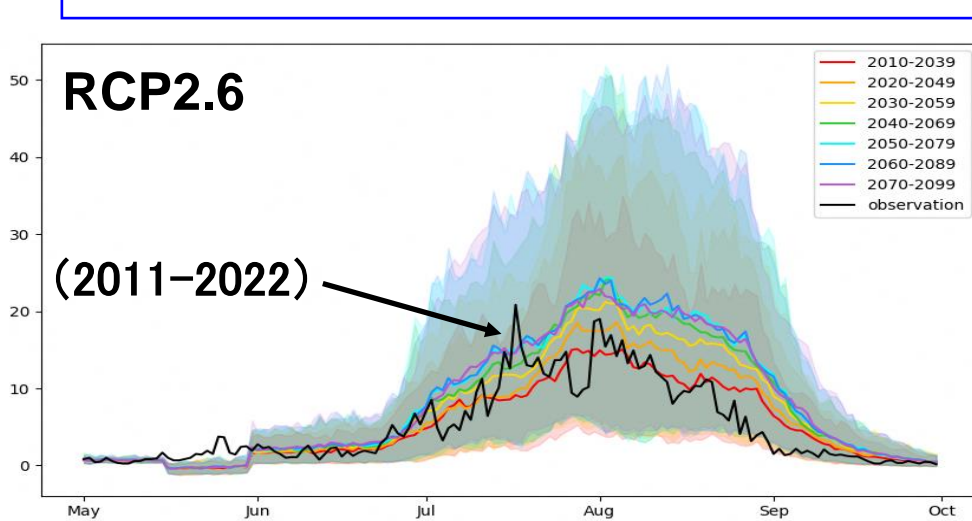
# 5つの気候モデルの過去気候再現データによる 搬送者数推定の検証（2011-2022）

## Multi-Model Ensemble (MME)平均による 搬送者数推定(青)と実際の搬送者数(赤)の比較



# 5つのモデルのMME（平均）の搬送者数の 季節的推移（5月～9月）の予測 RCP2.6 vs RCP8.5

10年ずつ30年平均 モデル間のバラツキは非常に大きい。



- 平均すると21世紀末にはピーク時(8月初め)には現在の15人/日が25人/日(最大50人/日)程度に増加。
- 20人/日を超える期間(7月末～8月末)は約1か月。

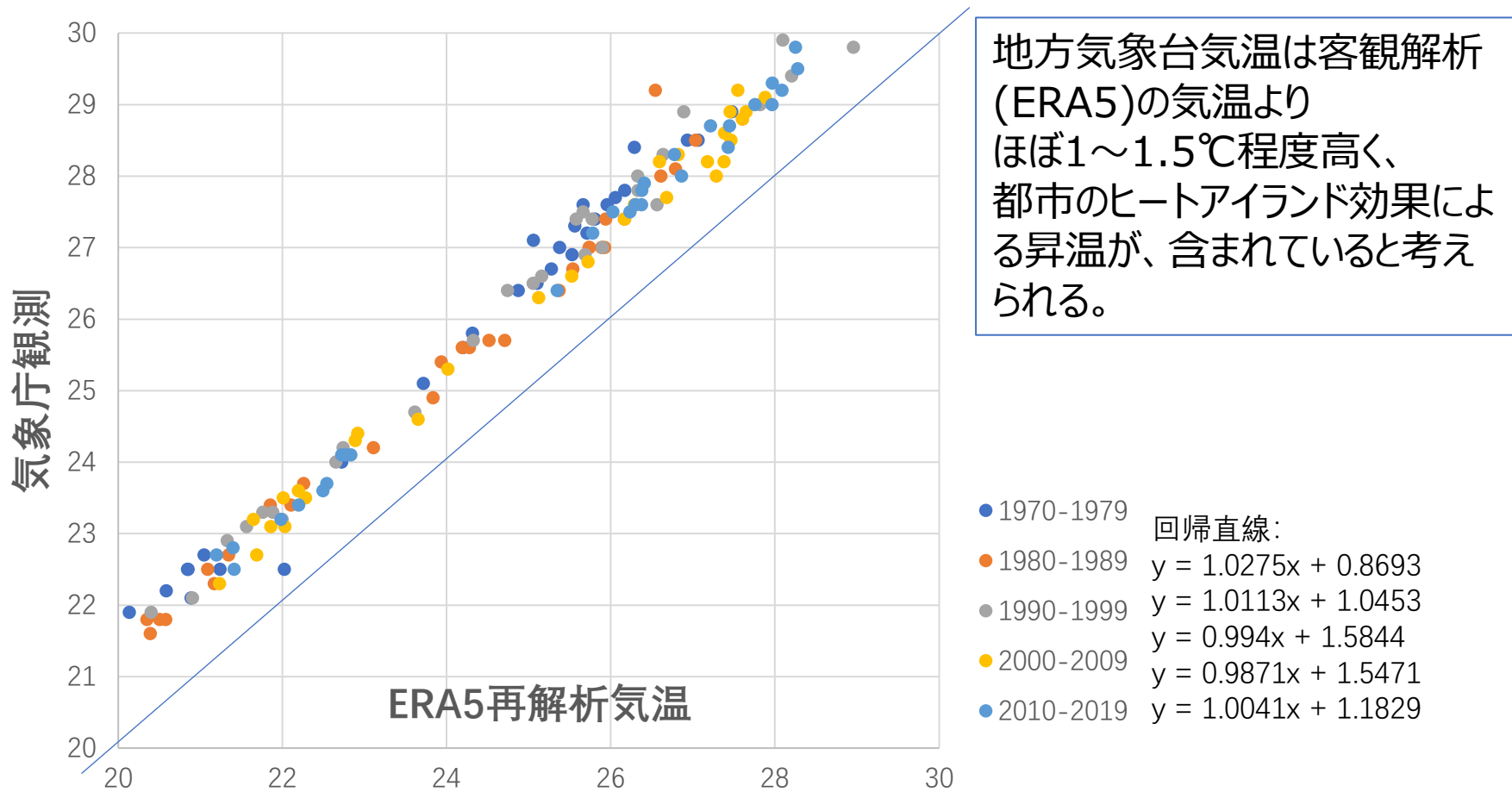
- 平均すると21世紀末にはピーク時(8月初め)には現在の15人/日が40人/日(最大55人/日)程度に増加。
- 20人/日を超える期間(7月初め～9月初め)は約2か月。35人/日を超える期間(7月末～8月末)は約1か月。

・現在の実測数にある7月中旬のピークは再現できない。(祇園祭の効果が重要)

# NARO気候予測データによる搬送者予測における課題

## ・都市気候要素の評価をどうするか

京都地方気象台気温 (Y軸) vs 全球客観再解析(ERA5)データによる京都域気温 (X軸)

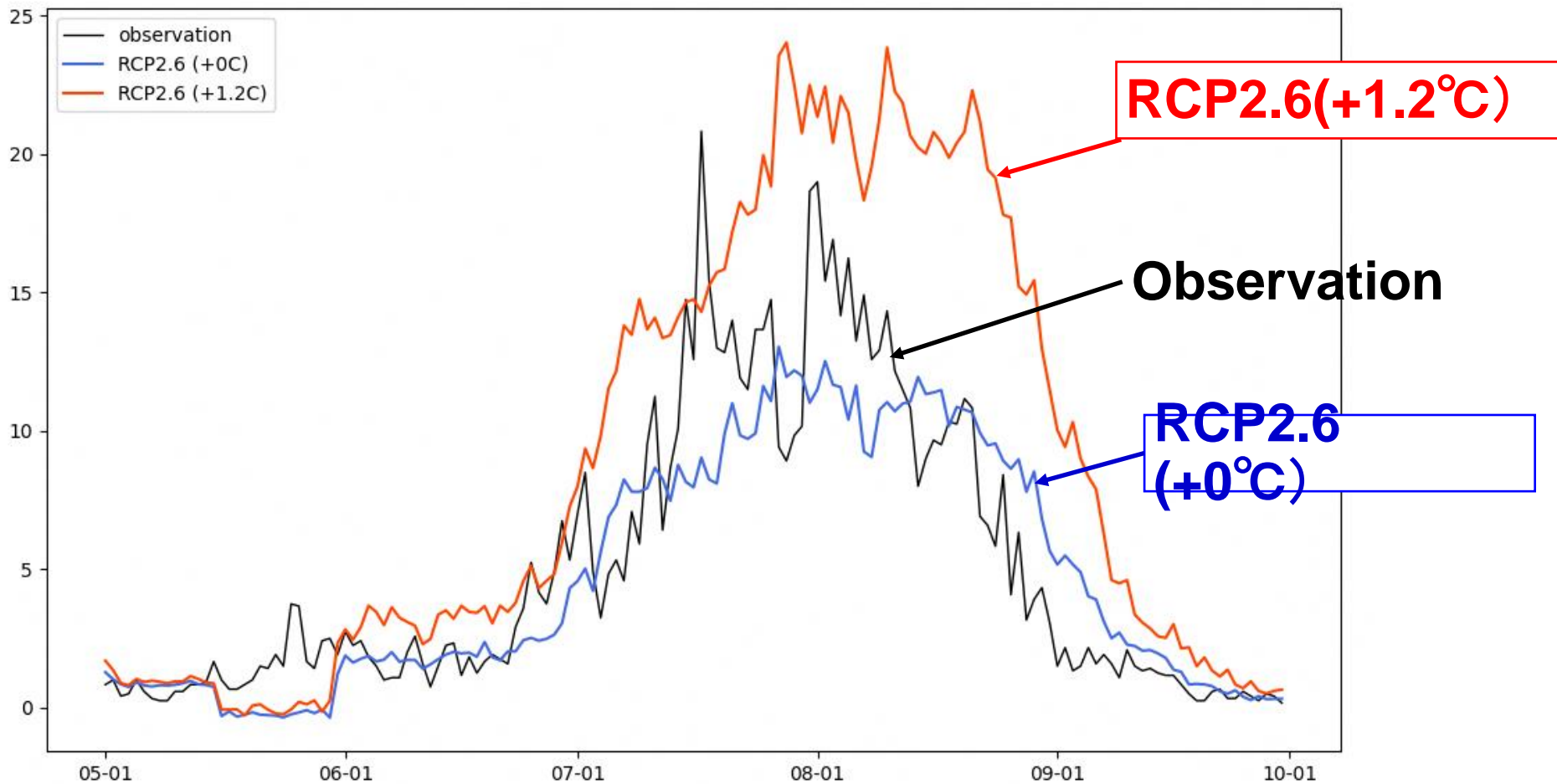


## ・バイアス補正と気候モデルごとの予測誤差をどう評価するか

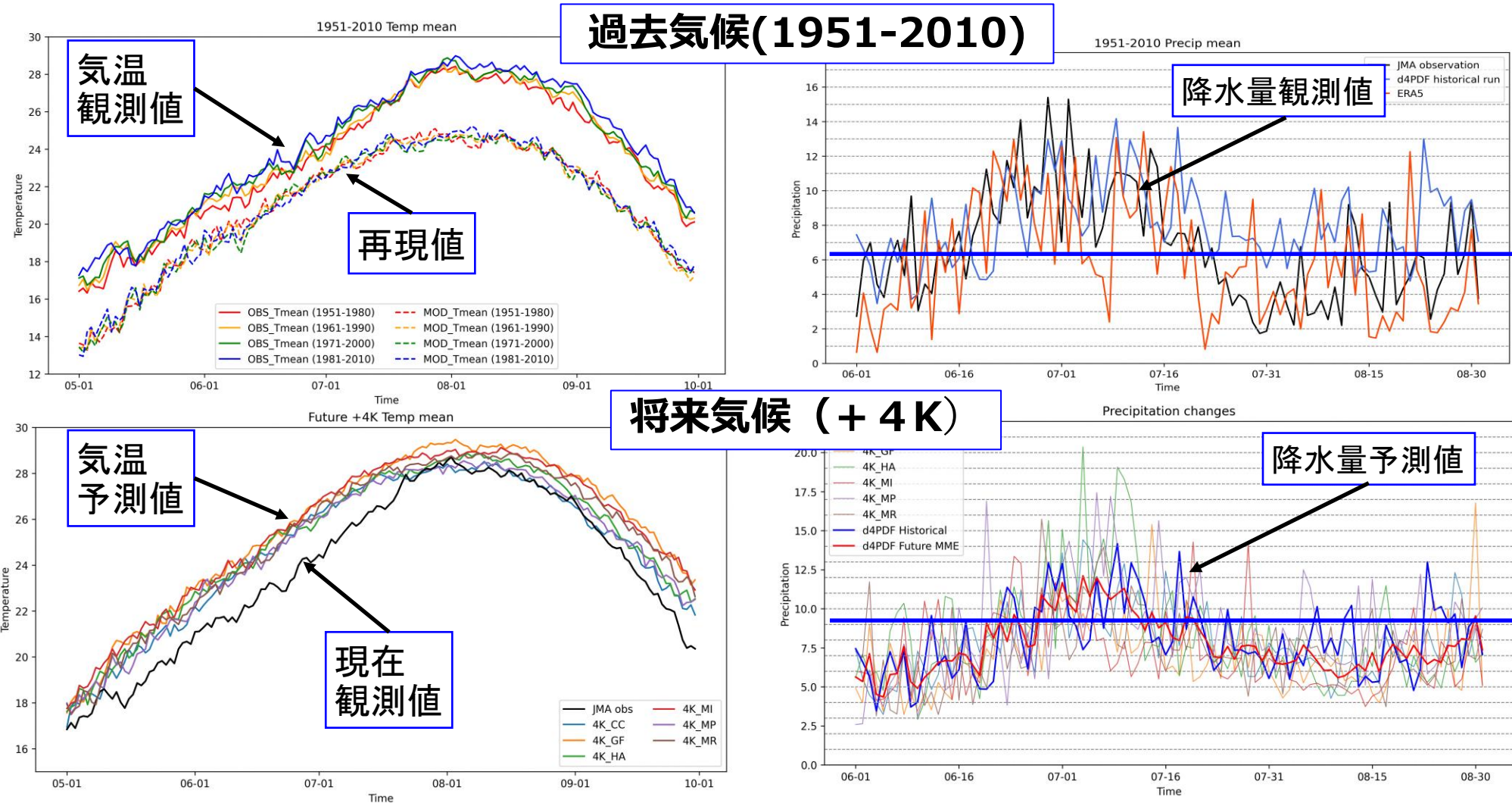
(バイアス補正に用いた基準(1985~2000)の気候値が、その後の観測(2006~2023)では、季節変化パターンを含め大きく変化しており、その影響が予測値にも反映している。)

# 京都市の都市気候成分(+1.2°C) を想定した RCP2.6における搬送者数の推定

(MMEによる予測2010-2039、観測は2011-2022)



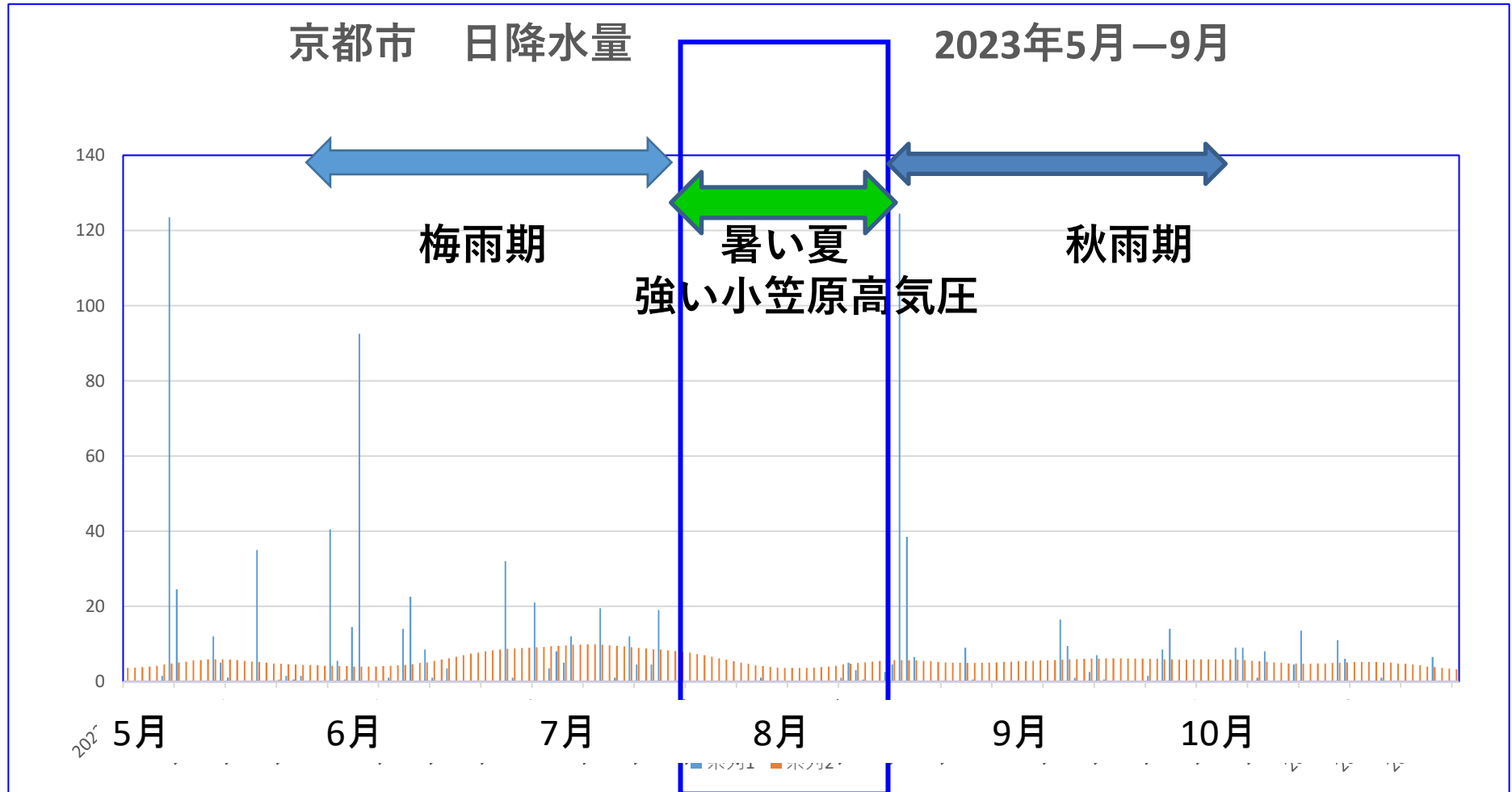
# d4PDF気候予測データの暑熱問題への利用における問題点



- 盛夏期の気温の再現・予測値が低め。雲量・降水量の影響か？
- 梅雨期と盛夏期の変化が小さすぎる降水量の再現・予測値
- 暖候期を通して、多めの降水量再現・予測値

# d4PDF気候予測データの示唆すること

日本(特に西日本)の夏の暑さは、小笠原高気圧の強さだけでなく、梅雨期と秋雨期の時期、強さとも密接に関連しており、  
季節変化の予測も重要



# 分析結果のまとめ

- 京都市の搬送者数変動には、7月半ばの祇園祭という夏季の大きな観光行事が大きく作用していることが、機械学習分析でも明らかになった。区ごとの地域差も特徴的である。
- 農研機構(NARO)のダウンスケーリング気候予測データによるピーク時搬送者数は、ばらつきは大きいですが、平均すると21世紀末には、7～8月(2か月)で、現在気候で約600人、RCP2.6では約900人、RCP8.5では約2000人となる予測結果となった。
- ただ、上記の分析には都市気候(ヒートアイランド) 効果は顕わには考慮されておらず、現在の1～1.5℃程度の都市気候効果を考慮して予測すると、RCP2.6の近未来気候でも2倍近く増加する(12人/日⇒22人/日) 結果となった。
- d4PDF気候予測データは、盛夏期も多めの降水量も影響して、4Kの温暖化時でも、気温は現在と同じ程度である。(予測精度の評価は、今後の日本付近の気候モデリングの大きな課題である。)

# 暑熱問題の「変革的」適応に向けた今後の課題

- (西) 日本の夏季の気温・湿度・日射量の変動には梅雨前線（+秋雨前線）と小笠原高気圧の動向が密接に関連するため、熱中症予測には、これらの要素の季節推移を含む夏季の天候・気候全体の予測の精度に考慮する必要がある。単純に（「地球温暖化」⇒酷暑の強化、長期化）とはならない。
- 都市気候(ヒートアイランド) による暑熱への影響も非常に重要であり、熱中症のより根本的対策には、「緩和」と「適応」を調和的に進め、都市全体のクール化に向けた社会・経済システムの構築を含む長期的適応の視点が大切である。
- 京都市内で見られた搬送者数の属性の特徴的な違いは、暑熱問題に対する脆弱性と曝露の視点からの更なる考察が必要である。

# 本研究3年間の成果を踏まえた 今後の「変革的適応」に向けた含意

- 暑熱問題も、農業問題も、自然生態系への影響も、相互に密接にからんだ複雑な問題群であり、それぞれ単独で議論することは、地域社会の未来へ向けた持続可能性（未来可能性）という視点からも、大きな齟齬を生じる懸念が強く示唆された。
- 気候予測が抱える不確定性を前提にすると、気候予測にもとづく影響や適応についての数値化、定量化と「予測」は、あくまで、問題群の理解の一断面を示すだけであり、それらのみを根拠に適応策を進めることは、避けるべきである。
- 「人新世」と言われる現在の地球社会では、地域の自然・文化や伝統的慣習・制度も含めた社会の包括的、変革的な適応が必要である。そのためには、気候変動適応以外の関連する地球・地域規模の諸問題も含めた長期的な社会のヴィジョンを常に市民と議論しつつ共有できるように、行政組織の縦割りの撤廃なども含めた制度改革が重要である。

# 事業の効果検証

## ● 農業従事者アンケートのフィードバック

昨年度実施した農業従事者アンケート結果について、対象地域を管轄している丹後農業改良普及センター、一部自治体及び調査にあたり協力を得た関係機関にフィードバックを行った。

## ● 高校生への講演におけるアンケート

府内の高等学校において気候変動に関する講演を行い、講演後の意識や行動の変化等についてアンケート調査を実施した。

## ● シンポジウムにおけるアンケート

シンポジウムにおいて、気候変動に関する講演やセンターの活動報告を行い、アンケート調査を実施した。

# 普及啓発

- ホームページにおいて「コメの気候変動影響調査」の分析結果を掲載
- 府内高等学校で気候変動に関する講演を実施
- 京都における気候変動影響と適応策に関するシンポジウムを開催
- センターの活動状況についてメルマガを配信、センター通信を発行（3月）
- 京都における気候変動影響に関するリーフレットを作成

## 学会発表

- 日本地球惑星科学連合 2023年大会（千葉幕張・2023年5月）  
石井 励一郎 上野 公太郎  
「気候変動が日本国内の稲作の収量および米の品質に与える影響と潜在的な適応策に関する考察」
- 環境科学会 2023年会（神戸大・2023年9月）  
安成哲三 「京都市における熱中症搬送者数と気象変動特性」
- Future Design 2023（オンライン・2023年9月）  
一原雅子 「専門知を対等に伝え合う場としてのFuture Design：  
気候変動下における農業の実現可能な将来展望に向けて」

## 学術論文発表

Masako Ichihara, Yoshinori Nakagawa, Reiichiro Ishii, Tatsuyoshi Saijo, Tetsuzo Yasunari  
**Toward a transformative climate change adaptation from local to global perspective –a transdisciplinary challenge by Kyoto Climate Change Adaptation Center.** *Frontiers in Climate*  
(Volume 5 – 2023) DOI:10.3389/fclim.2023.1304989

## シンポジウムの開催

京都における気候変動の影響とその適応策をテーマにしたシンポジウムを2月15日に開催

### 【内容】

**基調講演**「気候変動にともなう豪雨災害の変容とその備え」

京都大学防災研究所 教授 竹見 哲也氏

### 講演

「地球沸騰化時代の極端な猛暑に備える」

日本気象協会 主任技師 工藤 泰子氏

「京都のコケ庭と気候の変化」

福井県立大学 教授 大石 善隆氏

### 京都気候変動適応センターからの報告

京都気候変動適応センター センター長 安成 哲三

### パネルディスカッション

会場 65名、オンライン 132名

公開シンポジウム

## 京都から考える 気候変動適応 —未来に向かって—

記録的な猛暑や豪雨、大雪、異常気象など、気候変動の影響は私たちの暮らしを大きく変えています。京都における気候の現状とこれからの予測、気候変動によって引き起こされる様々な影響・変化、それらに私たちどのように対応していけばよいのか、気候変動を知り、適応策について一緒に考えましょう。

2024年 **2月15日(木)**  
13:30~16:00  
開場13:00

**参加無料・要申込・先着順**  
下記の会場またはオンライン、いずれかの方法でご参加いただけます

**会場** 京都府立京都学・歴史館 小ホール 京都市左京区下鴨半木町1-29 定員 80名

**オンライン** オンラインでも同時配信を行います  
お申し込み時にいただいたメールアドレスに zoomURLをお送りいたします 定員 300名

**申込方法**  
下記のURLより参加申込をお願いします  
<https://kccac.jp/symposium/>  
締切 2024年 2月12日(月)

**お問い合わせ**  
京都気候変動適応センター (総合地球環境学研究所内)  
mail: [contact@kccac.jp](mailto:contact@kccac.jp)  
tel: 075-707-2261

京都気候変動適応センターについて <https://kccac.jp/>  
京都府、京都市、総合地球環境学研究所 (地球研) では、京都における気候変動の影響と適応に関する情報の収集・分析・発信を行う拠点として、2021年7月14日に「京都気候変動適応センター」を地球研内に設置しました。

京都気候変動適応センター  
Kyoto Climate Change Adaptation Center

京都府 京都市 総合地球環境学研究所