

筑波大学都市街区気象シミュレーションモデル

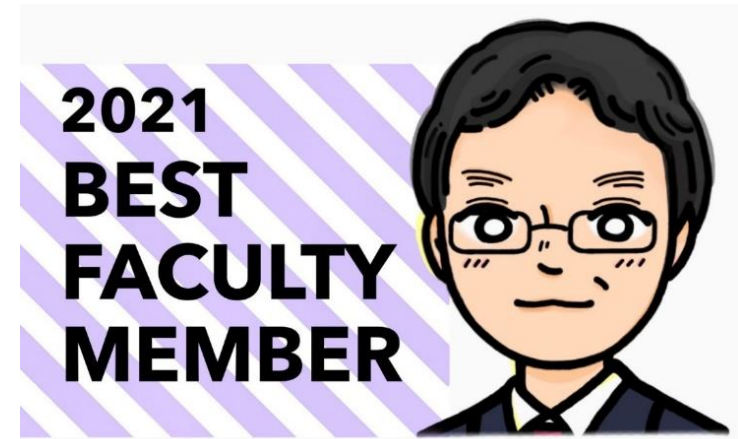
資料4

自治体における熱中症対策とその有効性

筑波大学 計算科学研究センター
教授 日下博幸（くさかひろゆき）



@Lab_kusaka



石田理紗（日下研OG）より

本日の講演

関東地方はなぜ暑い？

二つの温暖化

将来の都市温暖化とその影響

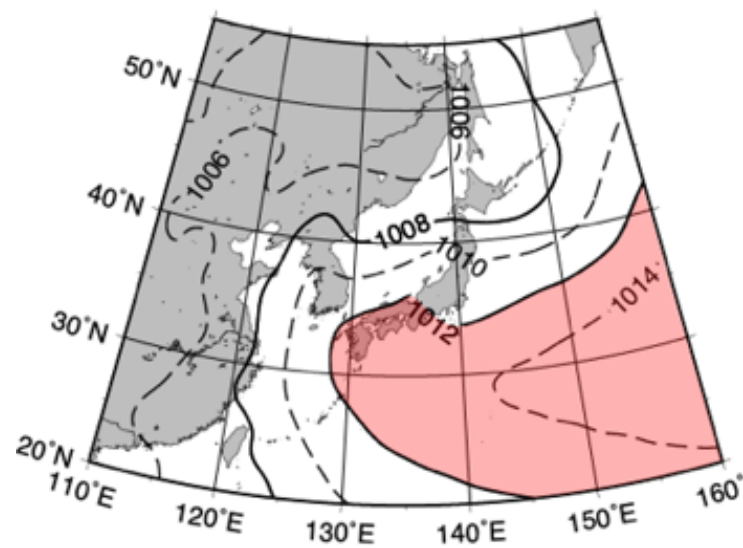
暑さの緩和，暑熱適応に向けて



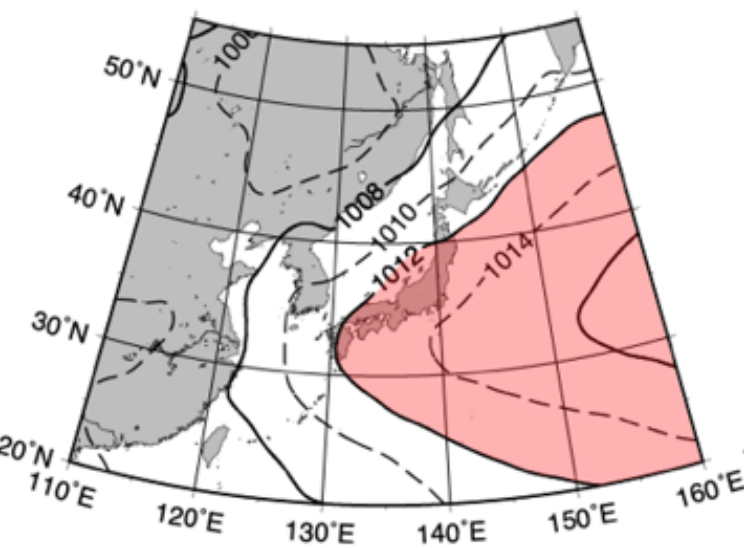
日下研究室2023

- ① 地球温暖化 + ヒートアイランド（二つの温暖化）で気温が長期的に上昇
- ② くじらの尾型高気圧による高温の持続（熱波）（+上空のチベット高気圧の張り出し）
- ③ フェーン現象（+海風をブロック）

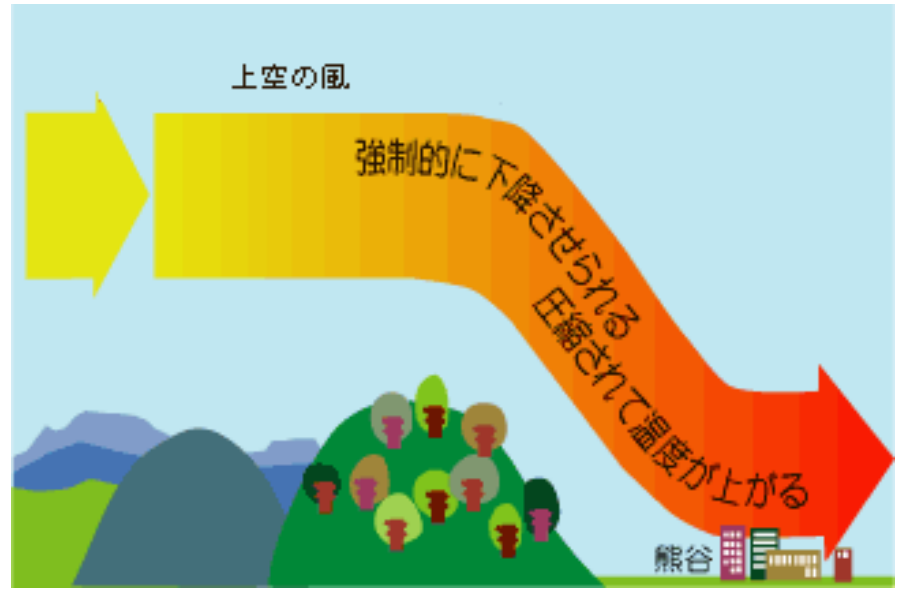
くじらの尾型高気圧



一般天気な夏型



産総研HPより



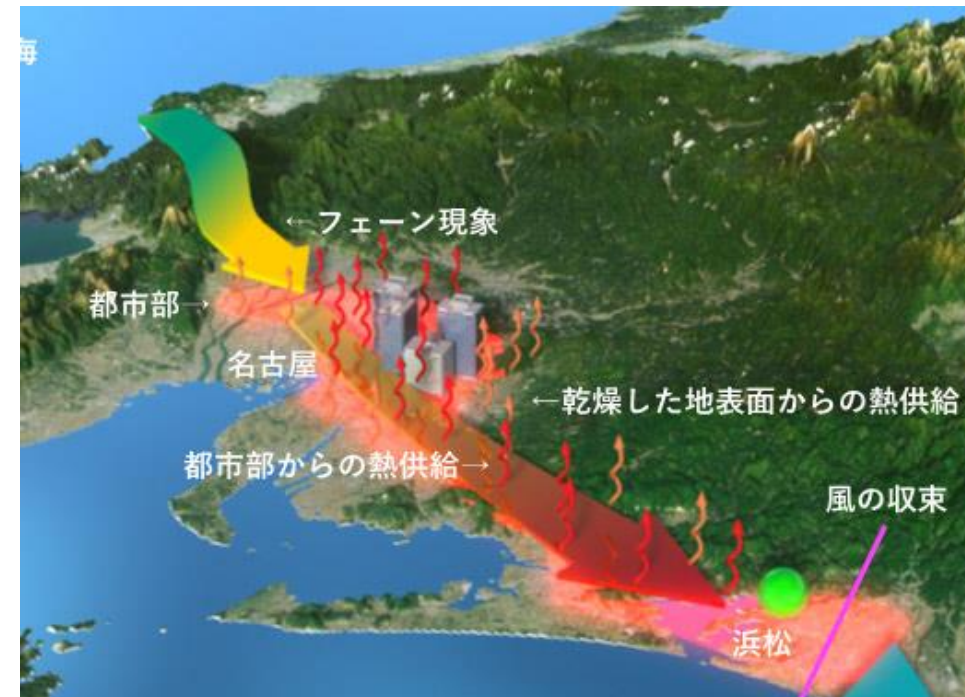
熊谷地方気象台HPより

	地球規模	地域
人為要因（ベース気温の上昇）	気候変動（温暖化）	ヒートアイランド（都市）
自然要因（突発的な高温）	熱波	フェーン現象（内陸）



関東地方内陸では39°C以上

地震災害, 豪雨災害後に
熱波やフェーンが発生すると
暑熱被害もより深刻になる
（複合災害）



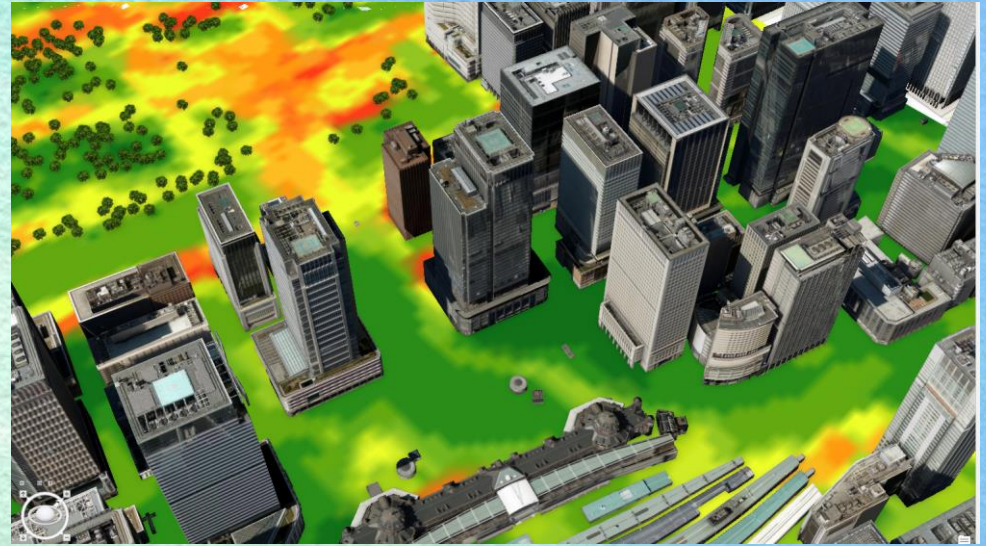
本日の講演

関東地方はなぜ暑い？

二つの温暖化

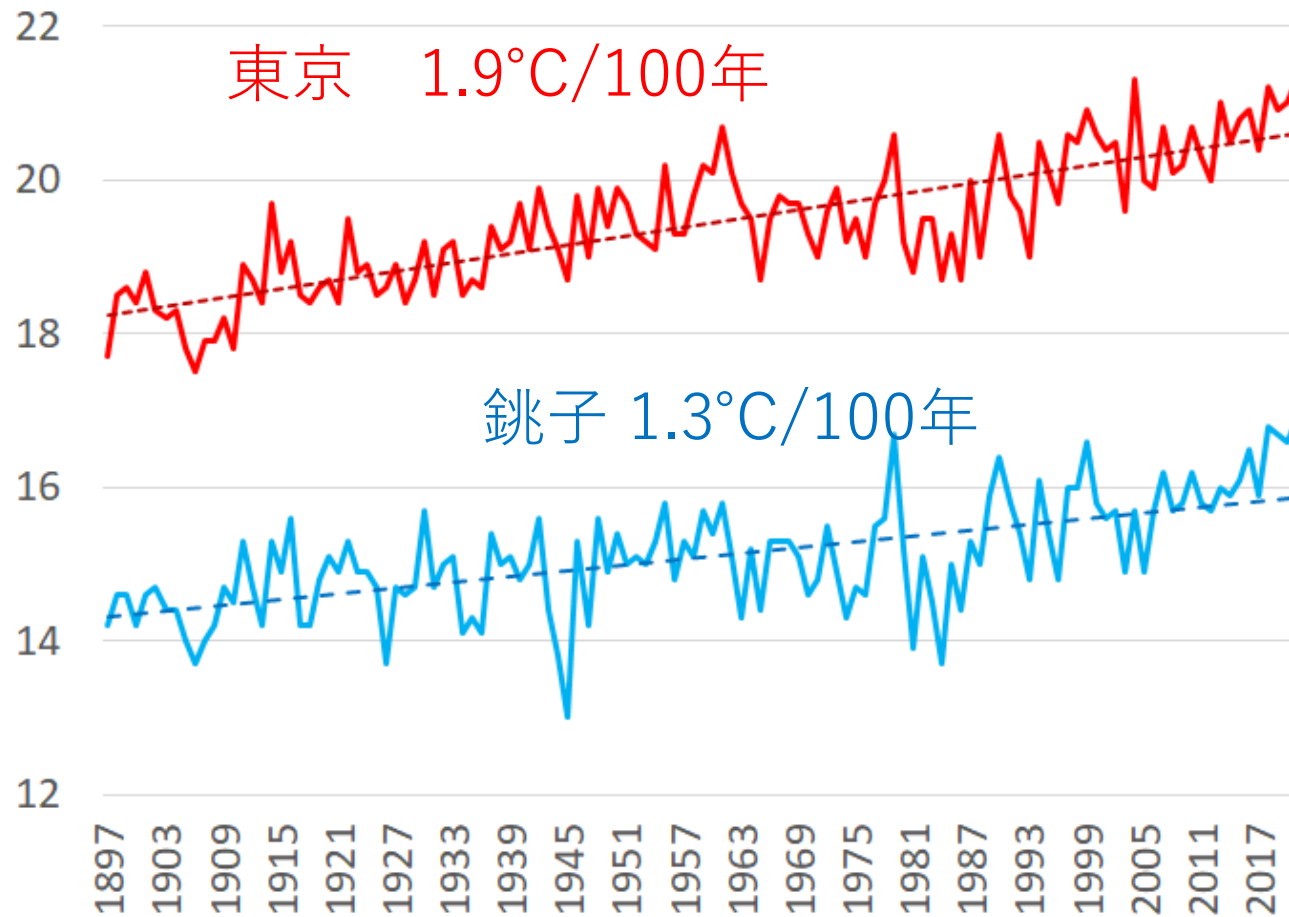
将来の都市温暖化とその影響

暑さの緩和，暑熱適応に向けて



筑波大学による東京駅前WBGT予測

都市の温暖化は、地球温暖化とヒートアイランドで



温暖化と都市化の影響は同程度
(都市化の影響がやや大きい)

気象庁 1.26°C/100年 (1898-2021年)

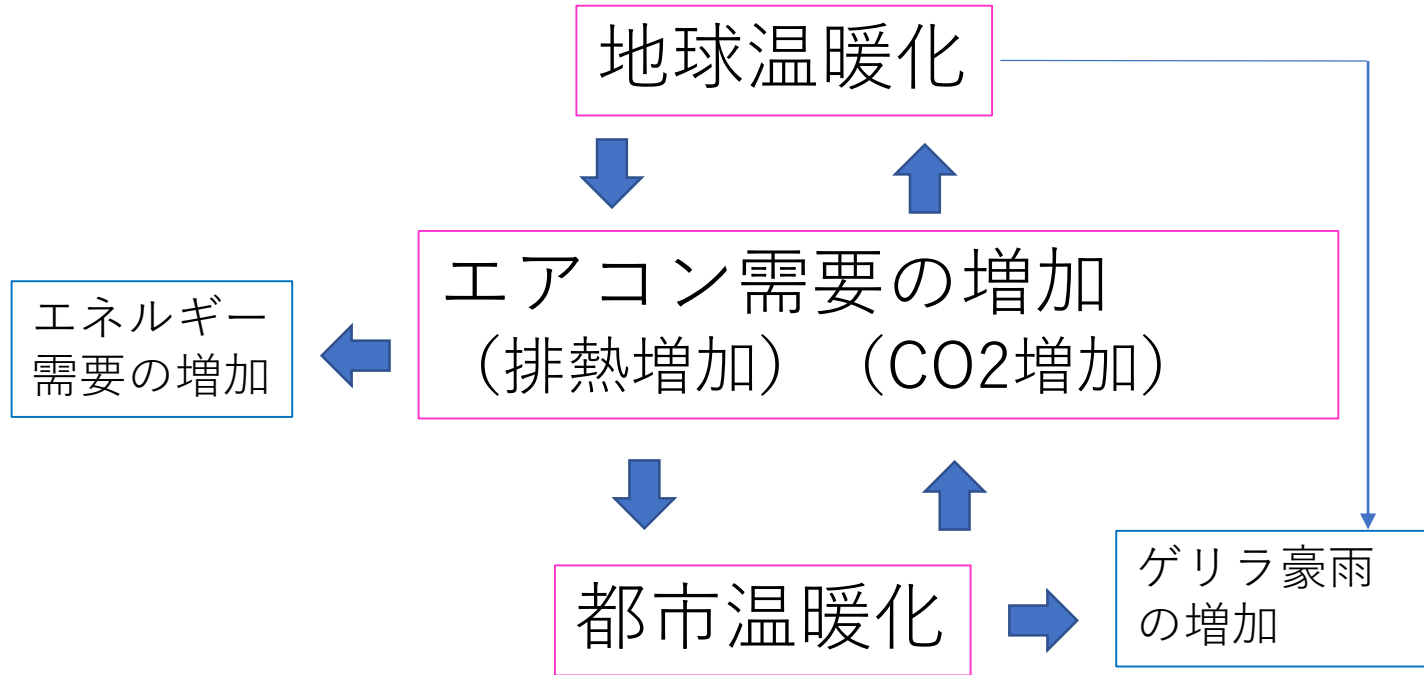
近藤純正先生 (東北大・名誉教授)
0.89°C/100年 (1898-2021年)

(近藤純正ホームページより)

※ヒートアイランド現象とは、都市化による人工排熱 (人間活動による熱の排出) や緑地の減少などにより、都市の気温が周囲よりも高くなる現象

気候変動＋ヒートアイランド→厳しい暑熱環境→熱中症リスクの増大

気候変動とヒートアイランドは相互作用する
(正のフィードバック、排熱フィードバック)



都市暑熱環境の悪化は、環境・エネルギー・災害・健康問題に
→ 緩和策と適応策が必要 → 地球規模の気候変動問題の縮図

本日の講演

関東地方はなぜ暑い？

二つの温暖化

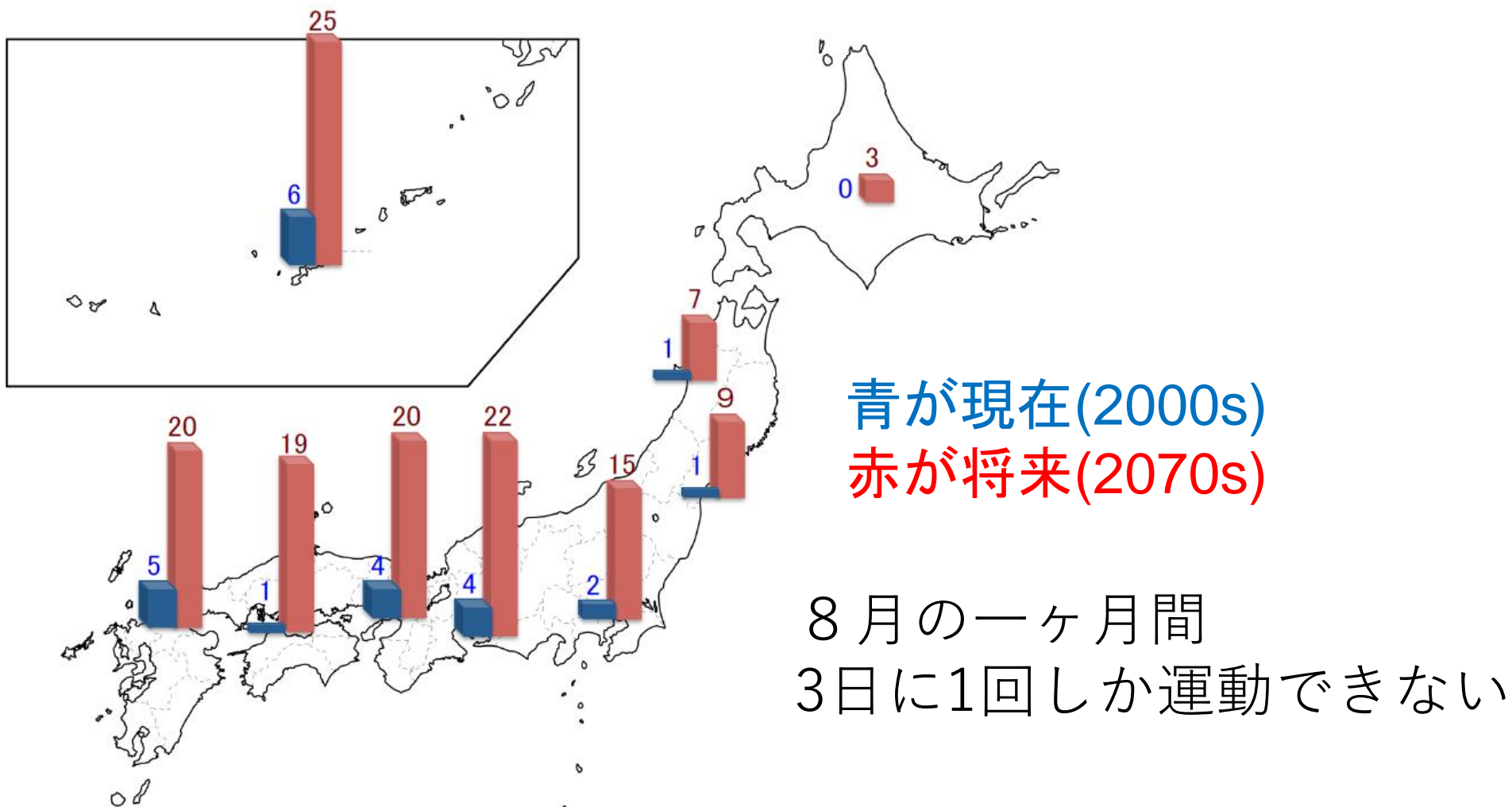
将来の都市温暖化とその影響

暑さの緩和，暑熱適応に向けて



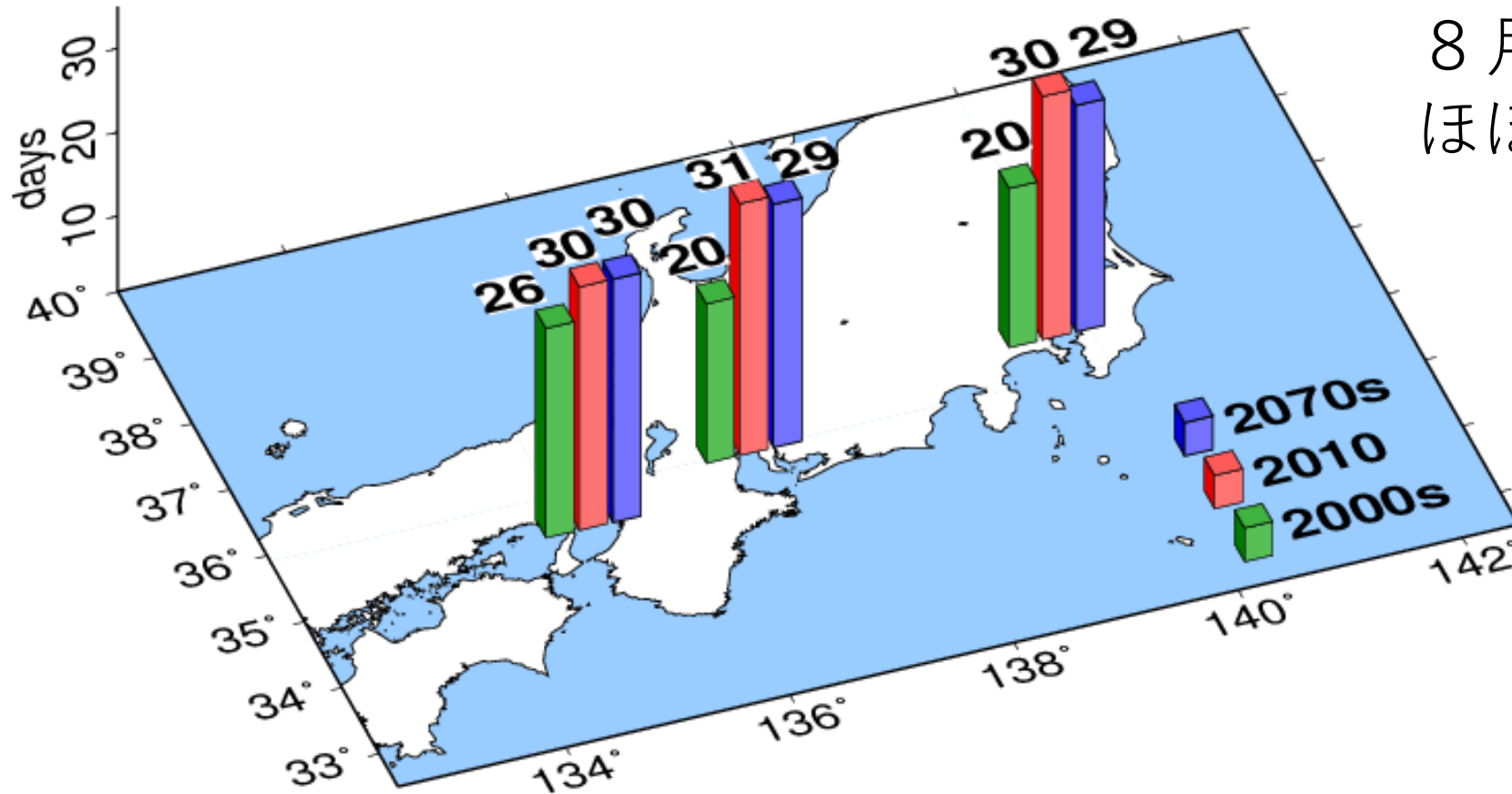
筑波大学のスーパーコンピュータ

50年後は、普通の夏でも、2000年代の記録的な猛暑年と同程度



熱中症危険日（屋外での運動禁止日数）マップ

50年後は、普通の夏でも毎日寝苦しい



8月の一ヶ月間、
ほぼ毎晩睡眠不足に？

寝苦しい夜（深夜でも26°C以上）の日数マップ

将来（2040年頃） 関東地方の夏季の熱中症搬送者数は
過去（1990年頃） の約2～4倍に…

Mean : 234.4%

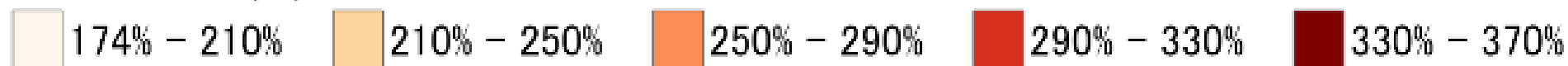
Min. : 174.8%
(Akita)

360.0%
(Tokyo)

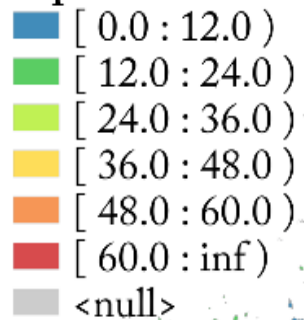
289.8%
(Fukuoka)

Max. : 363.9%
(Kanagawa)

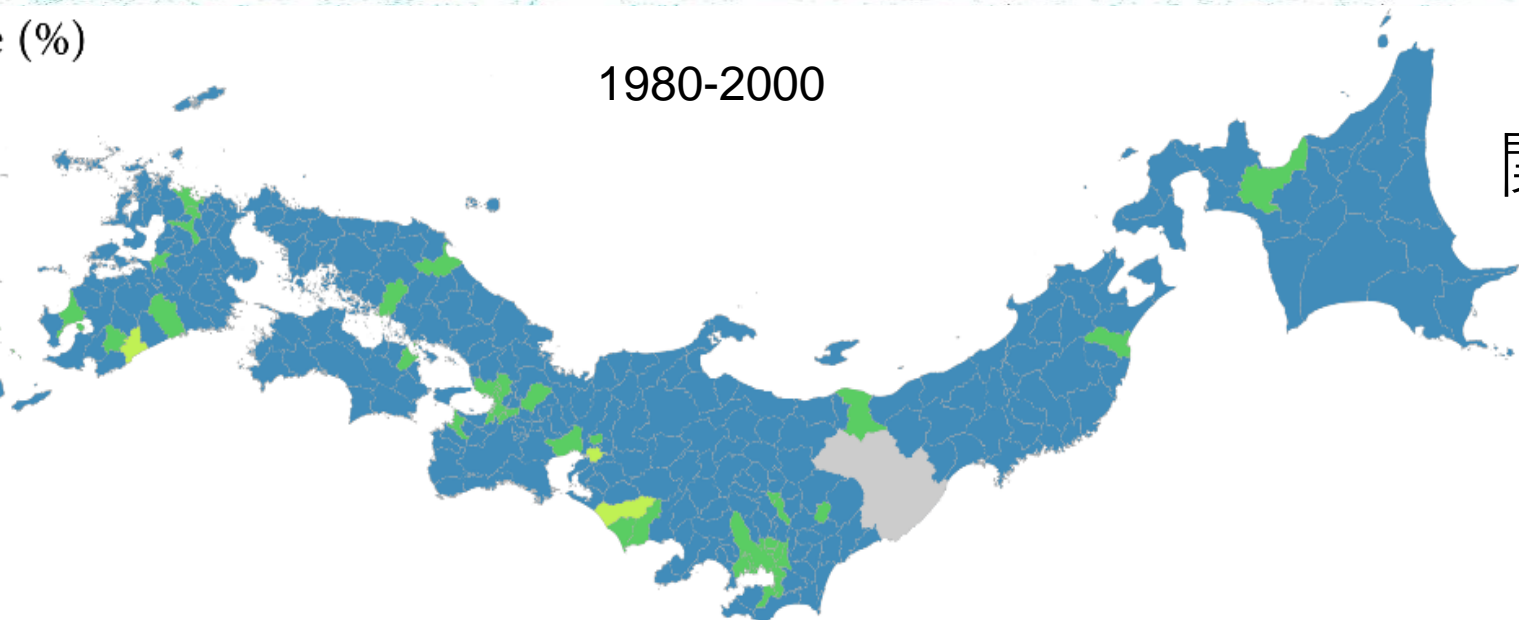
Increase Rate (%)



Operation rate (%)

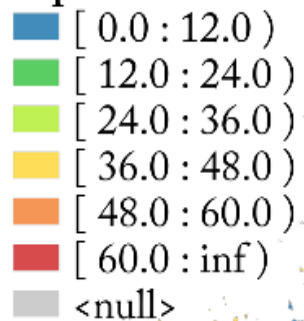


1980-2000

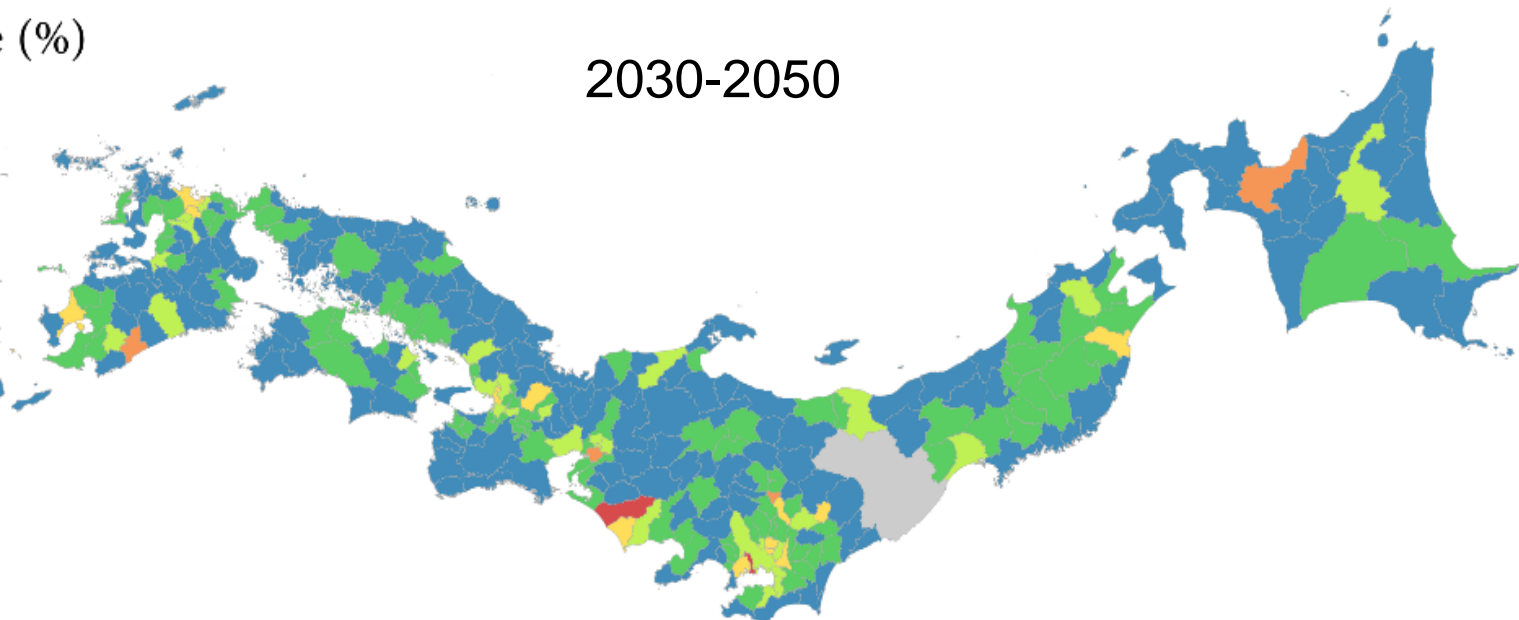


関東は24%以下

Operation rate (%)



2030-2050

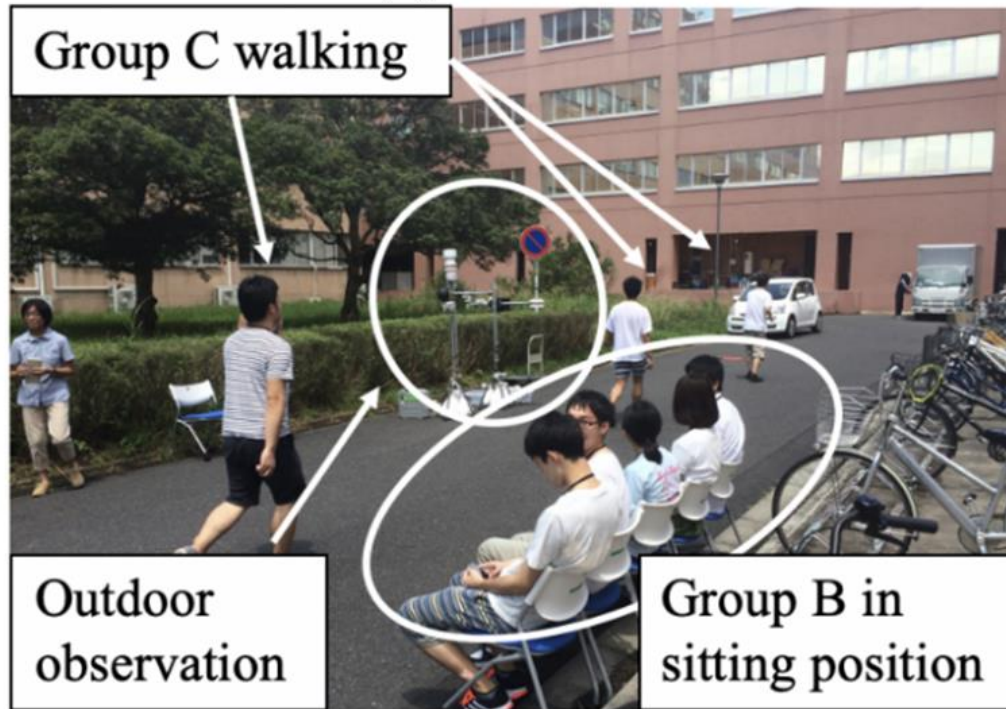


50%を超える
医療圏も

危険な暑さの日（上位1%）の救急車稼働率

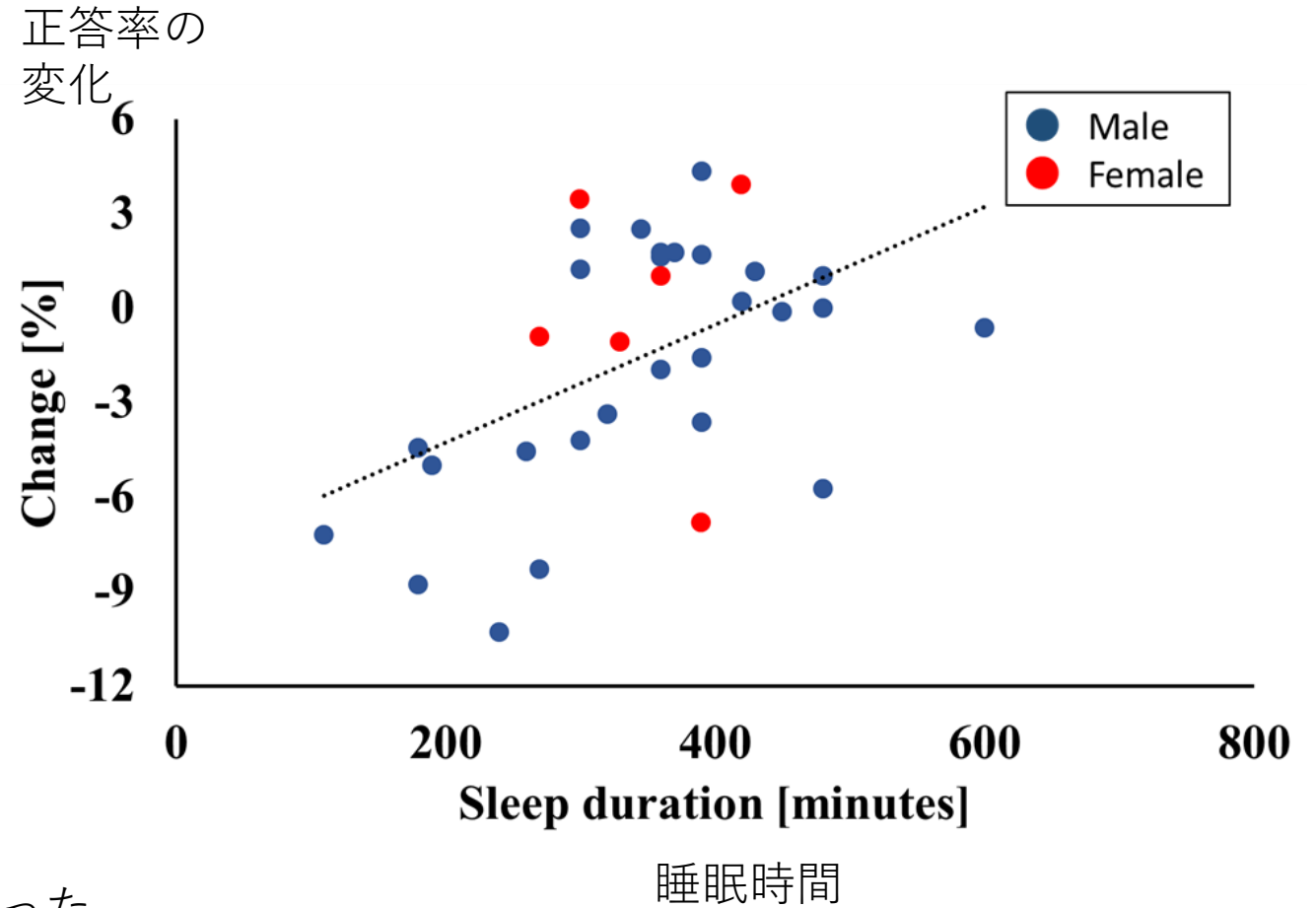
Nakamura et al. (2023)
投稿準備中

屋外を15分間歩くだけで、
計算能力（試験の正答率）は低下する

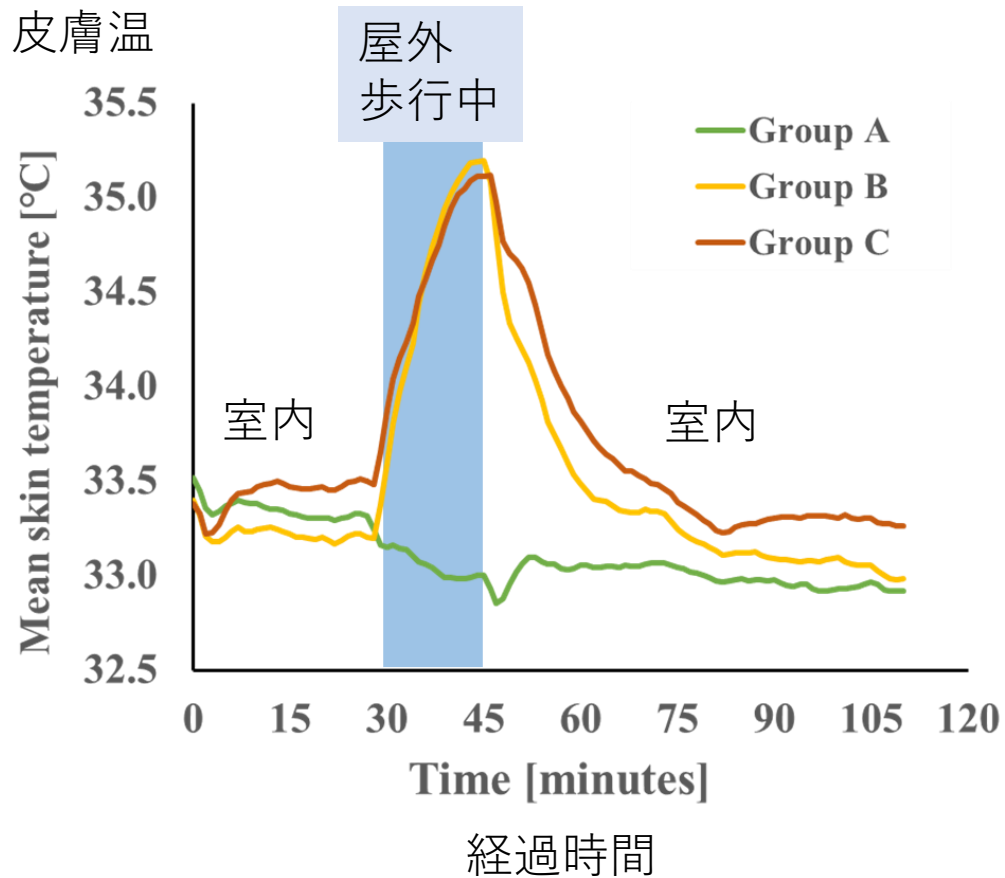


部屋にいるグループ、外にいるグループ、
外を歩くグループに、2桁の足し算をやってもらった

睡眠不足の人ほど
正答率は大きく下がる

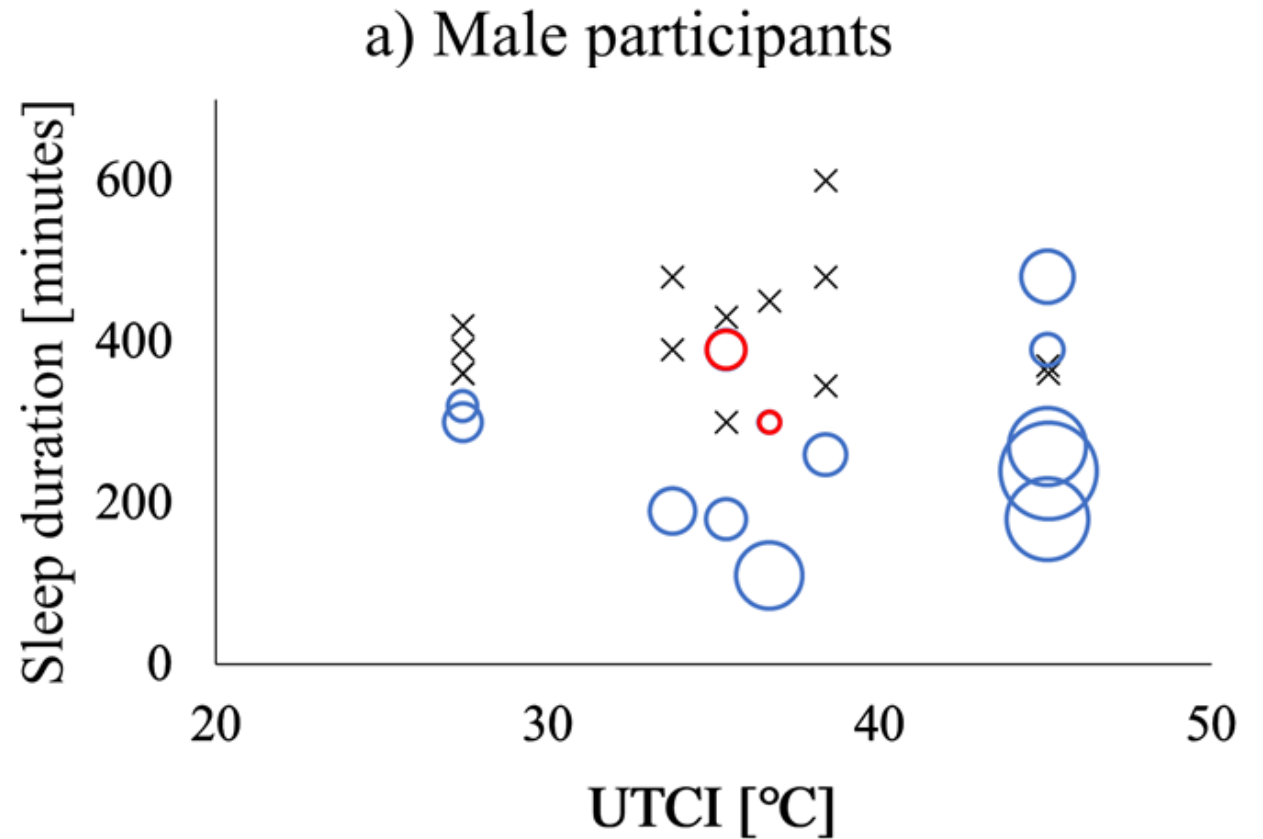


外を歩くと皮膚温が高くなる。
身体も頭も回復まで1時間かかる



暑い日ほど
正答率は大きく下がる

睡眠不足の人ほど
正答率は大きく下がる



本日の講演

関東地方はなぜ暑い？

二つの温暖化

将来の都市温暖化とその影響

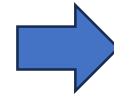
暑さの緩和，暑熱適応に向けて



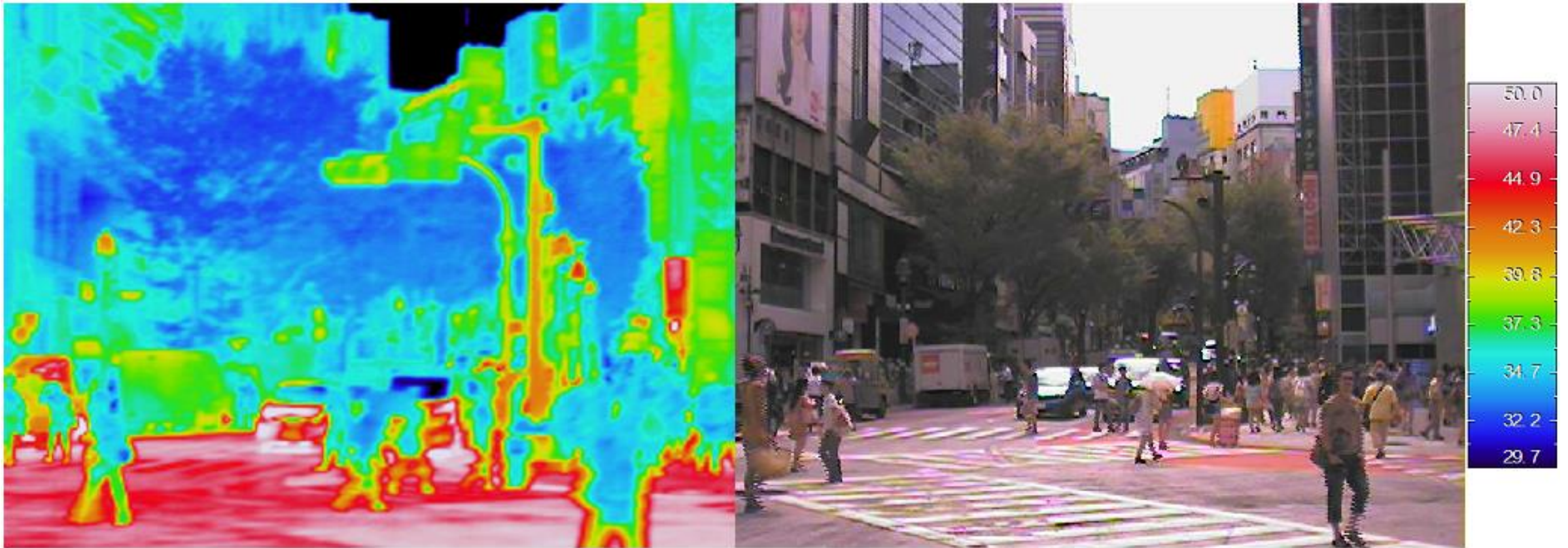
東京駅前で暑さ指数を観測

都市が暑くなる原因

- ✓ビル・道路の増加、緑地の減少
- ✓エアコン排熱・自動車排熱
- ✓風通しの悪さ

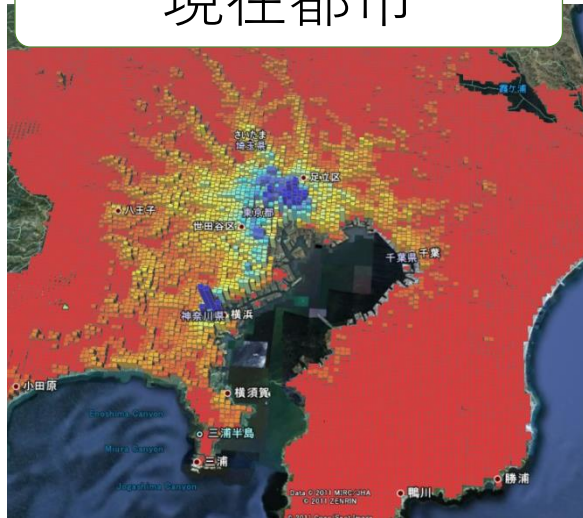


この逆をやれば多少緩和できる

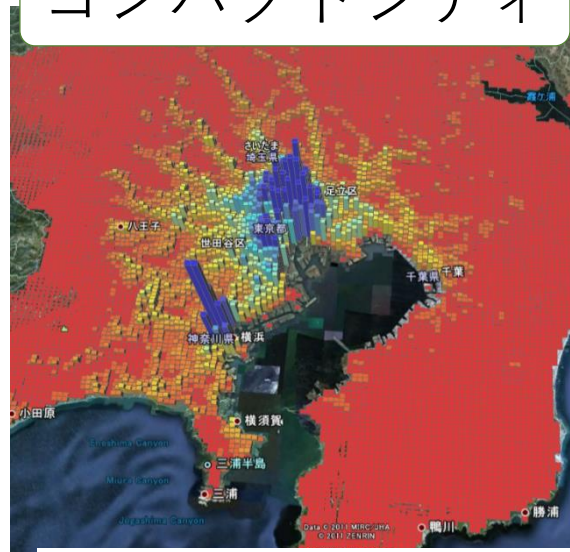


都市規模のヒートアイランド対策で暑さを緩和するには限界がある

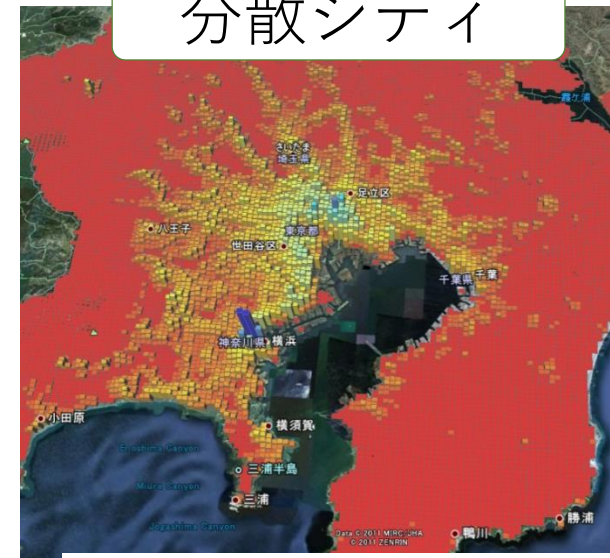
現在都市



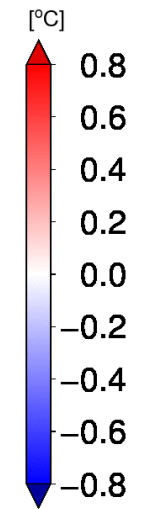
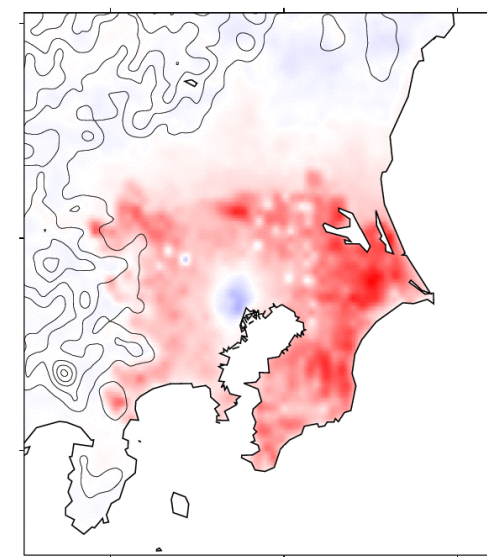
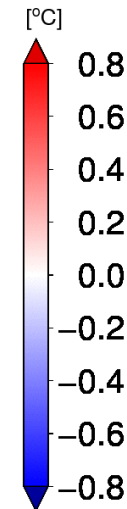
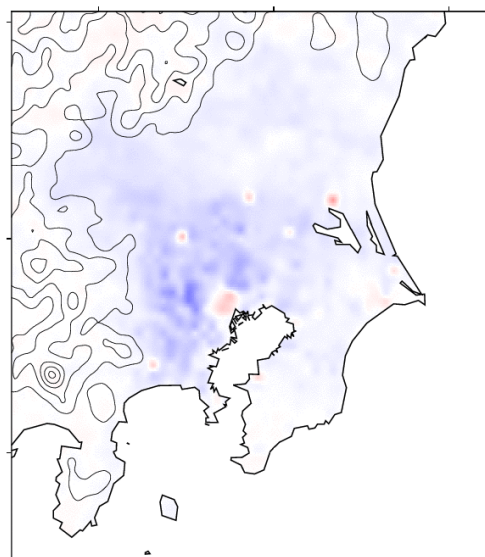
コンパクトシティ



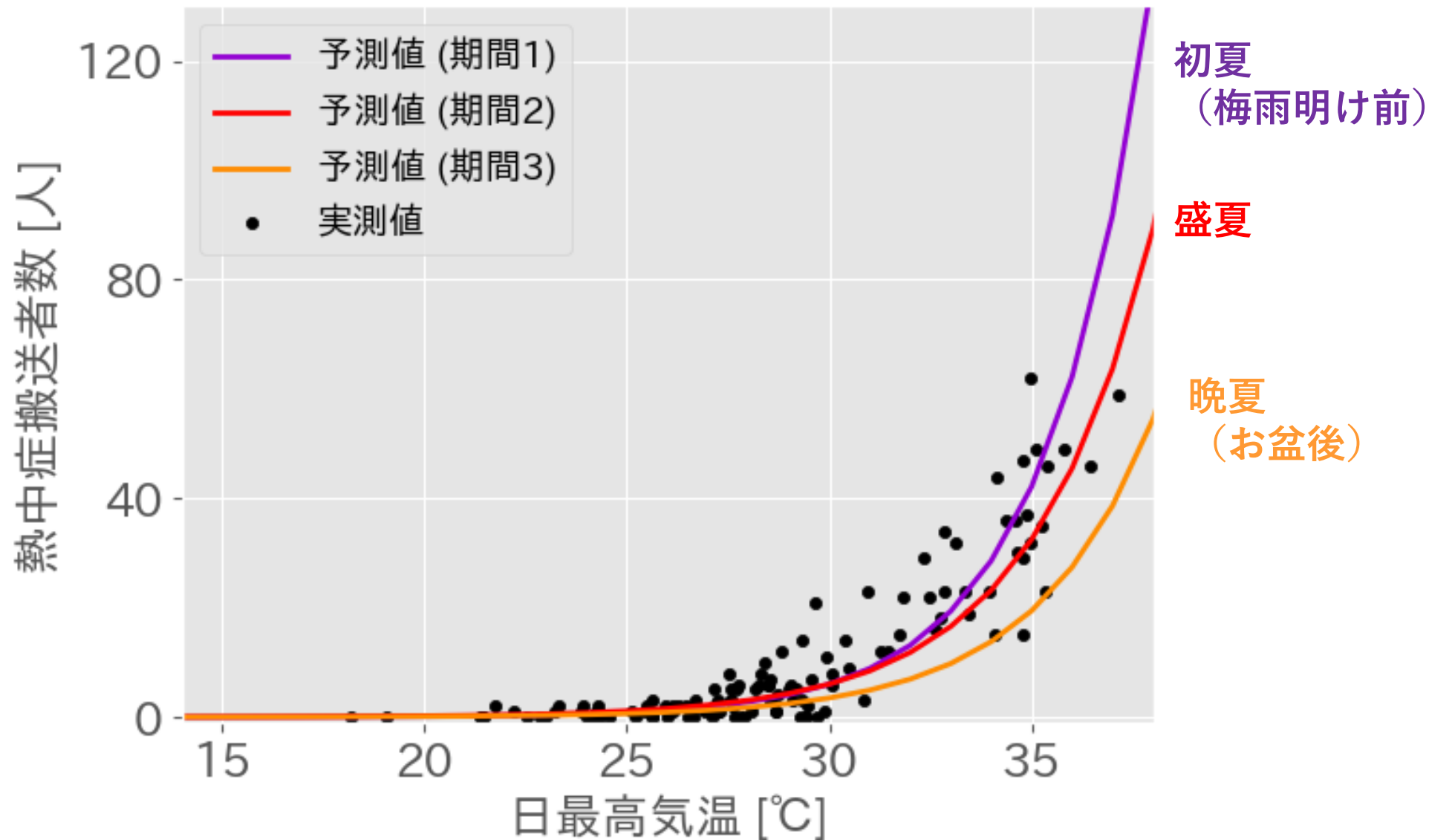
分散シティ



Kusaka et al (2016, Climatic Change)

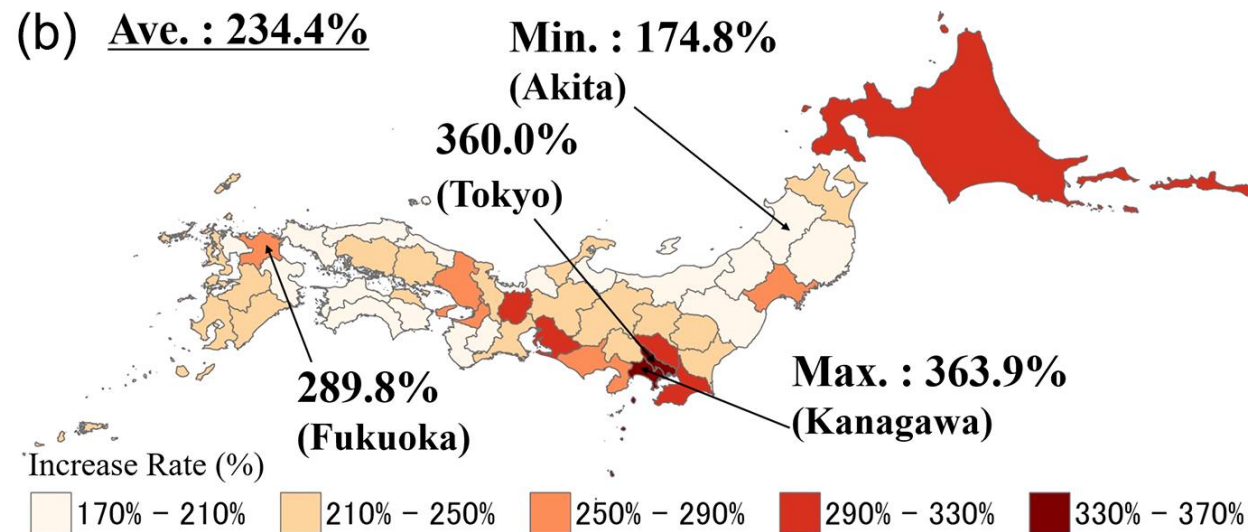


暑熱順化の効果は大きい(人と生活スタイルの両方)

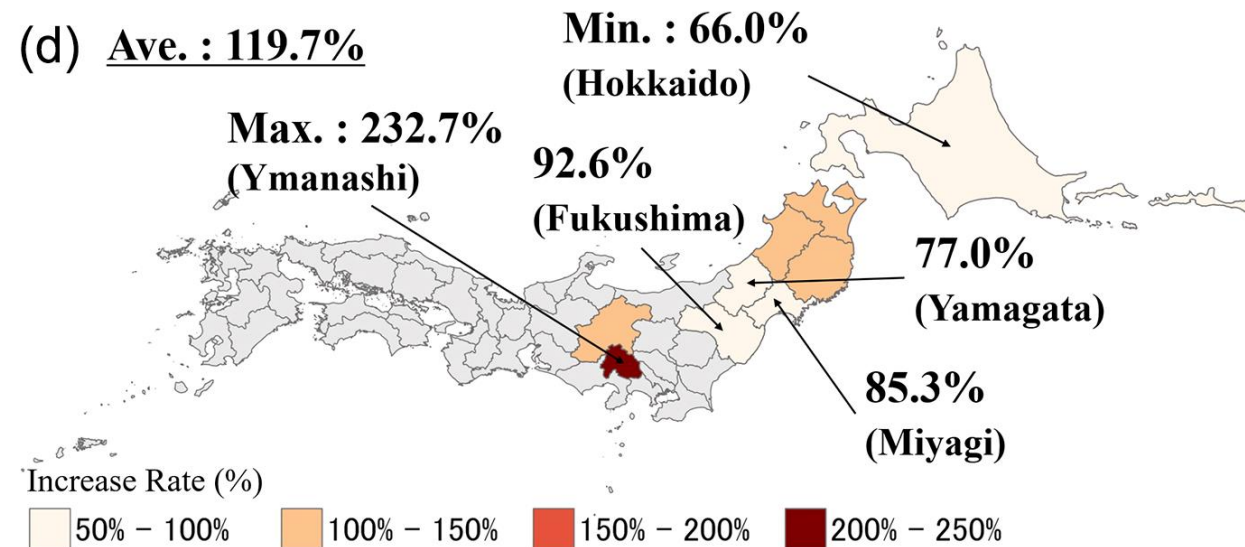


長期的な暑熱順化（含むエアコン普及）は、非常に有効

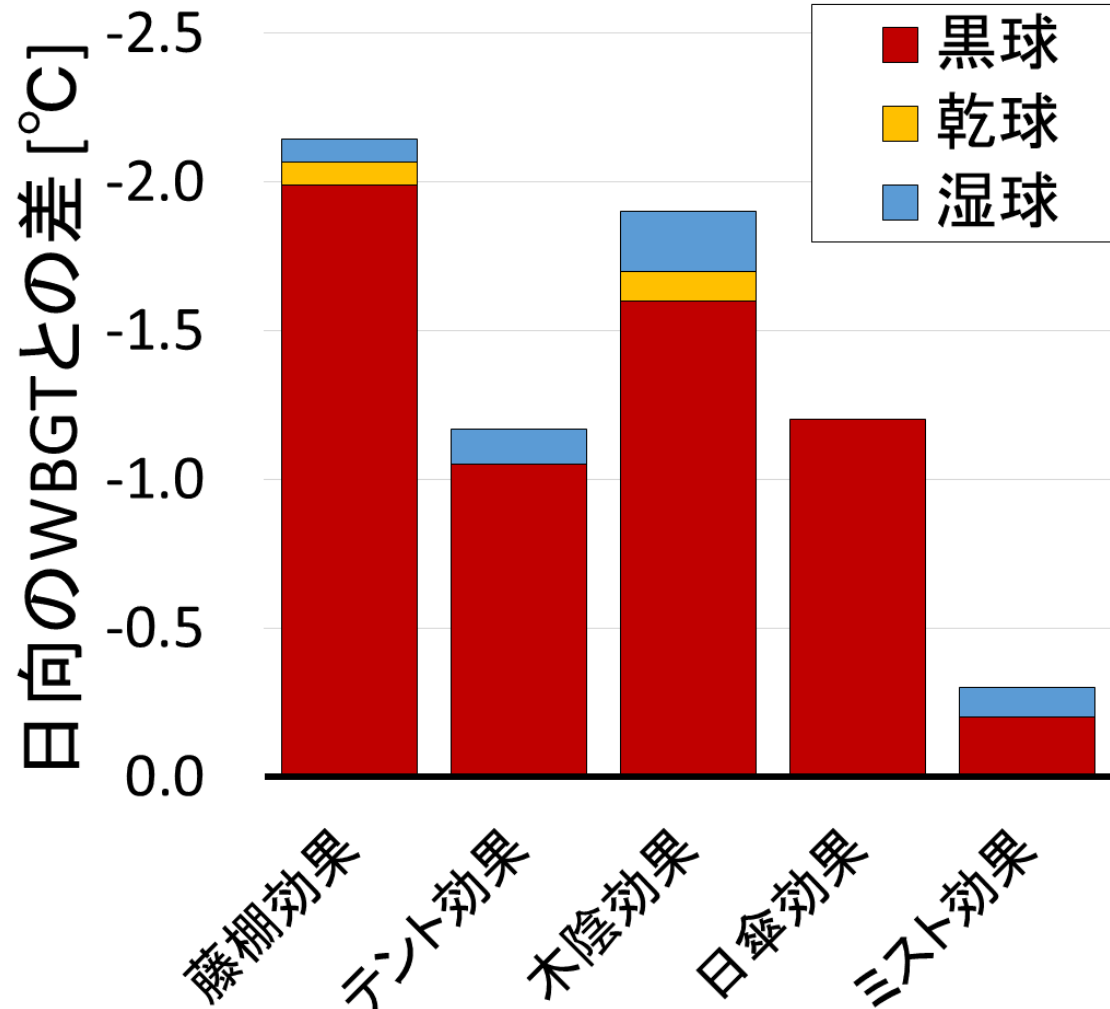
(b) 将来の熱中症搬送者数 増加率



(d) 将来の熱中症搬送者数 増加率
(エアコンが普及していない県の住民が暑さ対策をして、暑熱順化もした場合)



自治体や個人ができる暑さ対策



1位



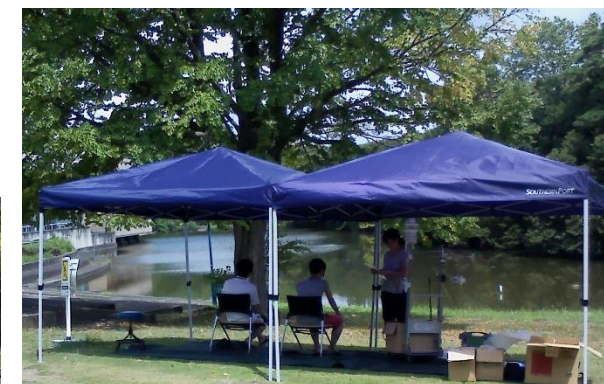
2位



3位



4位



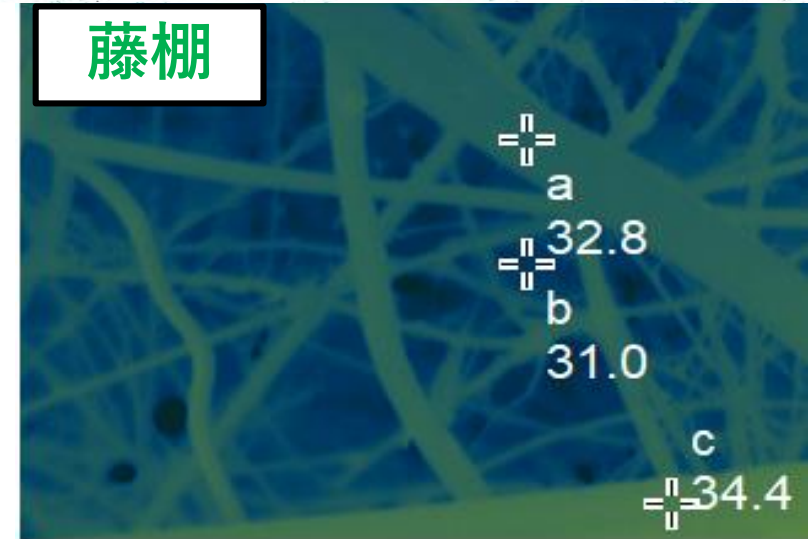
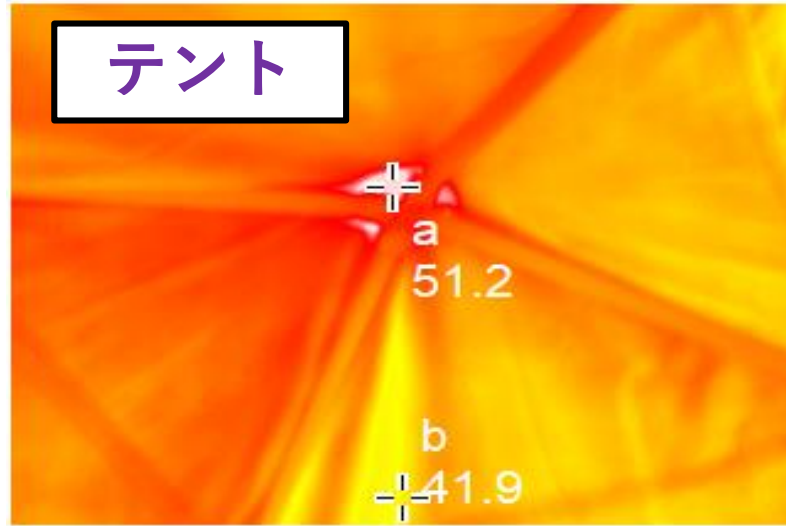
5位



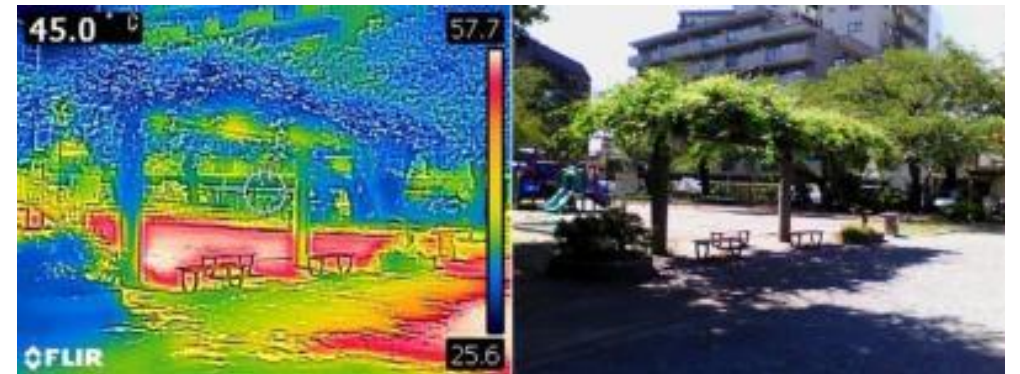
2017年8月7日 12:20-12:40

テントは暖まる
日射もわりと透す

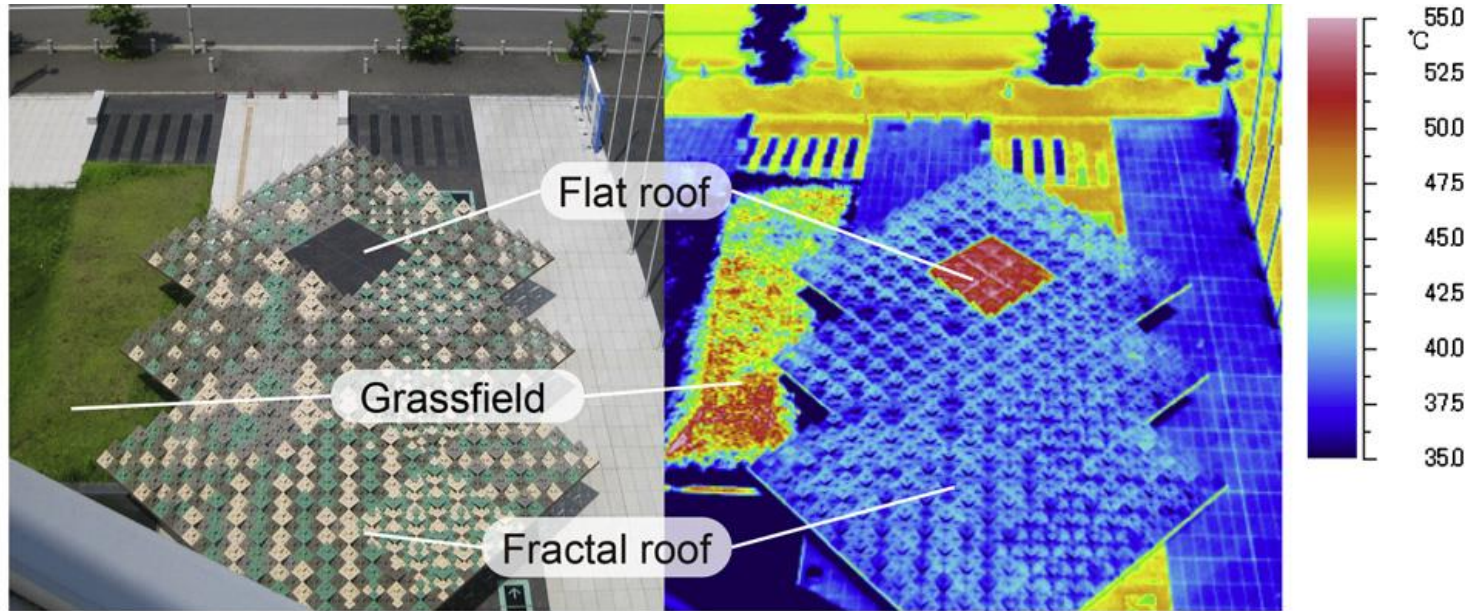
藤棚の方が優秀



横浜市西区の取り組み
藤棚再生プロジェクト



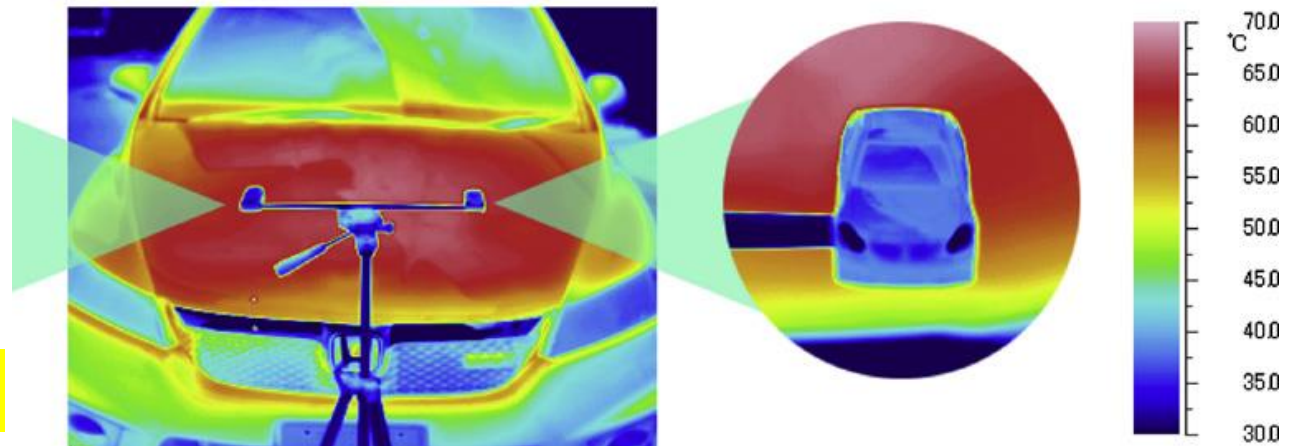
大きな日除けよりも、葉っぱのような日除けをたくさん使う方がよい



樹木を模した日除け
(フラクタル日除け)

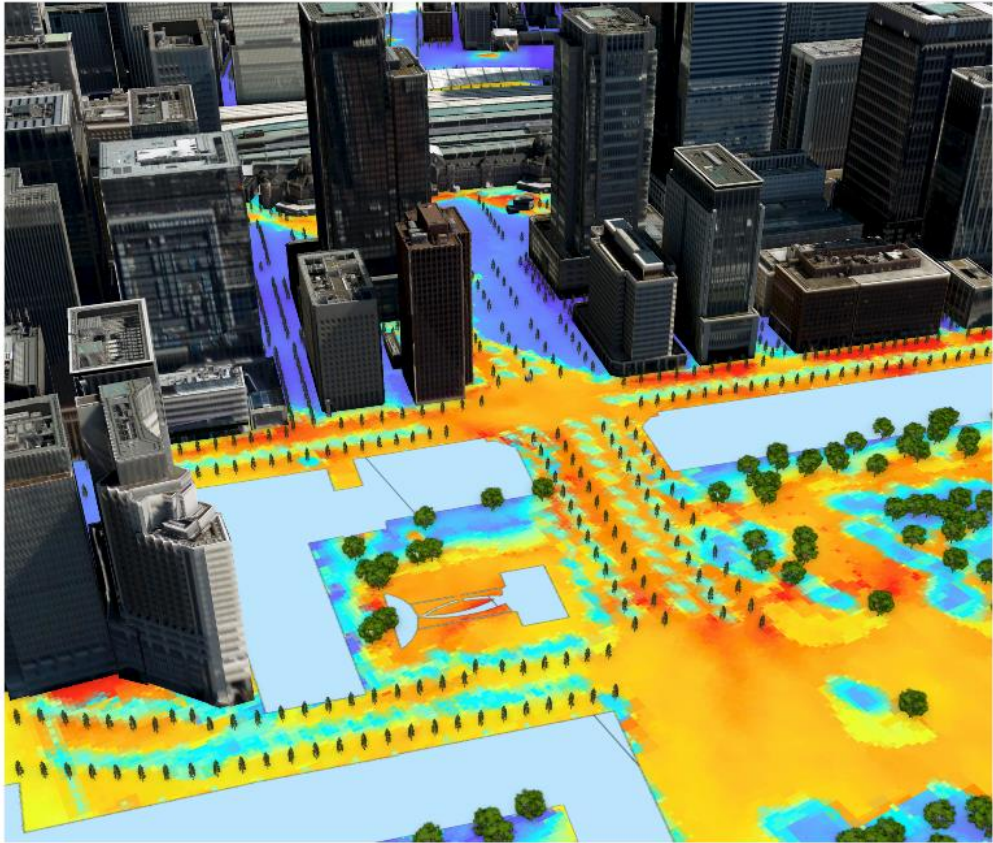
研究成果→商品化

熊谷市の取り組み
→ 熊谷さくら運動公園に設置 (H29)

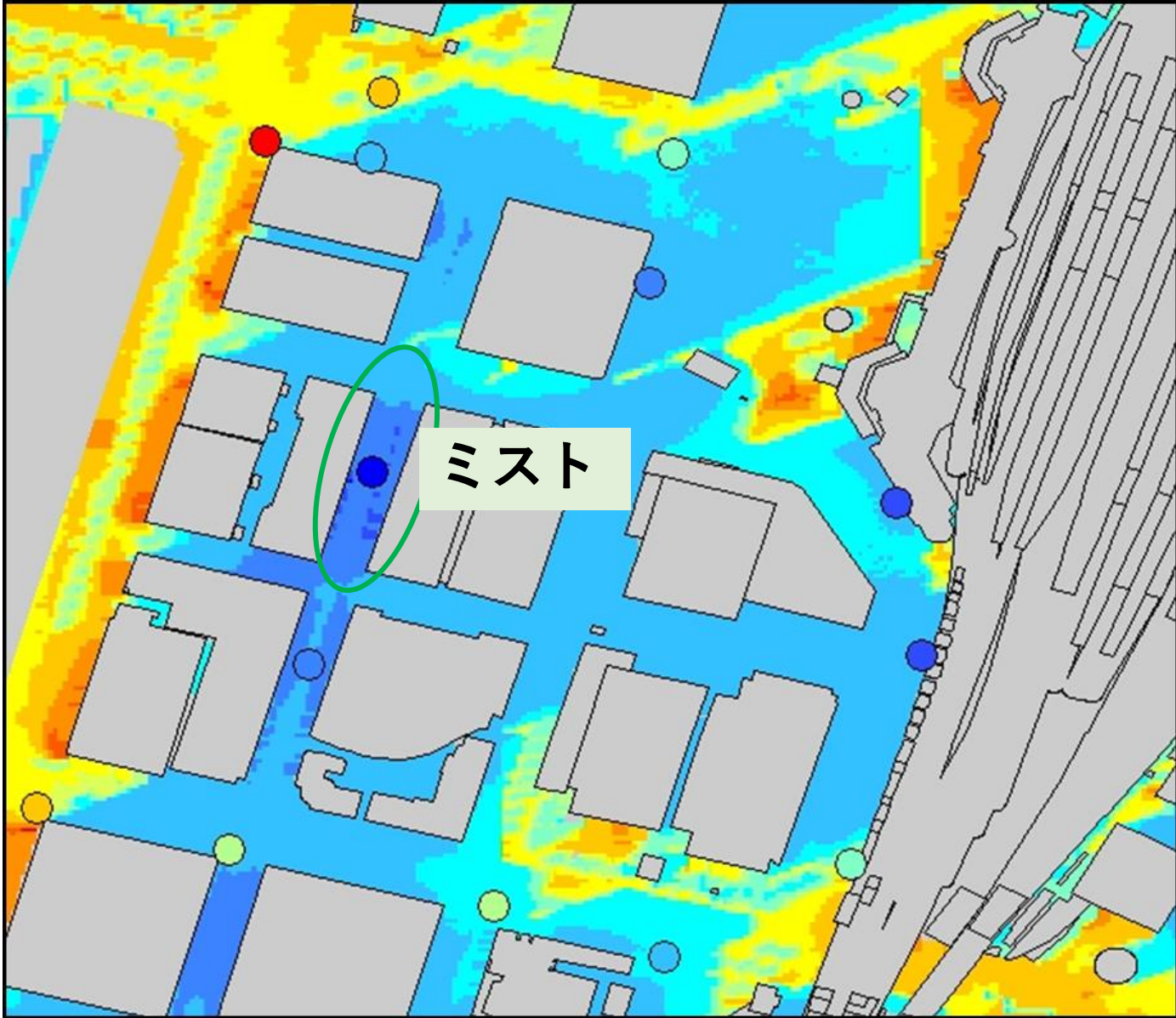


筑波大学による東京駅前の暑さ指数予測

ミストも上手に使えば有効



世界最新鋭の都市街区気象予測モデル
(筑波大学)



ミストを設置する際には工夫が必要



多治見市HPより

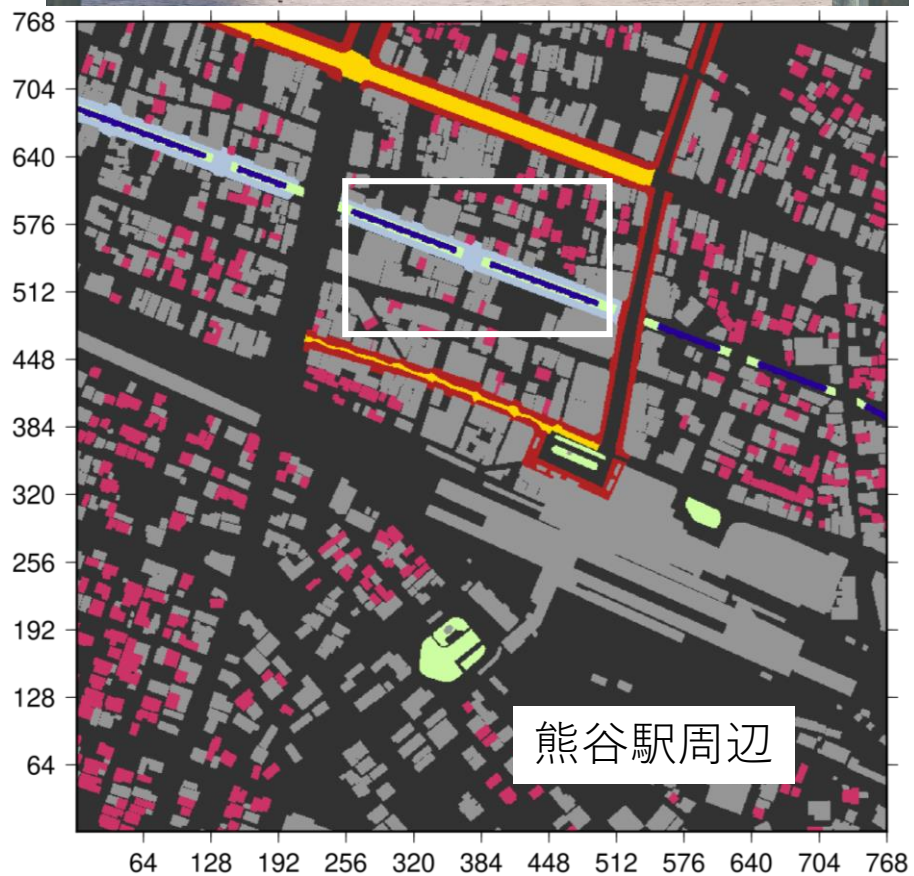
**多治見市の取り組み:
ミストを横から噴射する方式に!
(駅前にはひさしの下に設置)**



熊谷市HPより

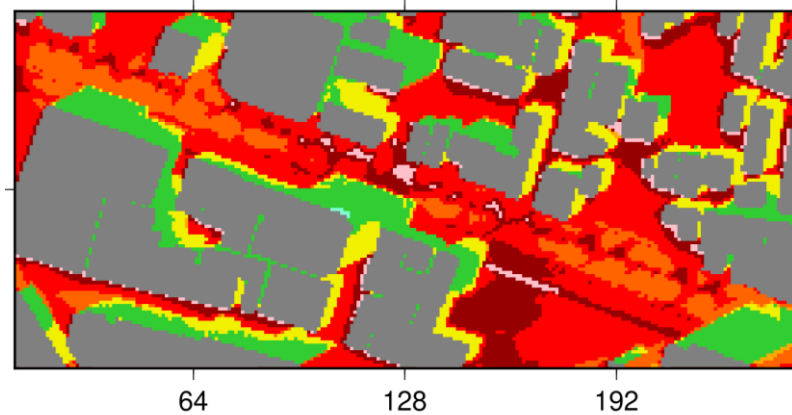
熊谷市の取り組み:ひさしの下に設置

熊谷市公式Twitterより

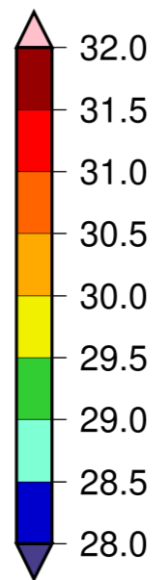
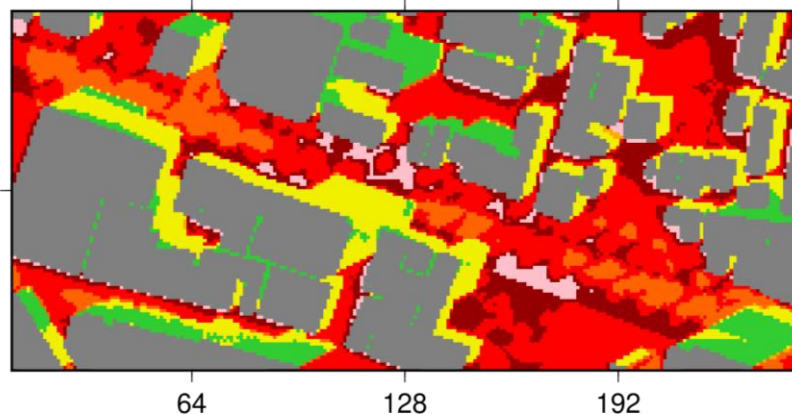


星川エリアにおけるWBGT予測

暑さ対策後
・ミスト散布
・ひさしの設置



現状

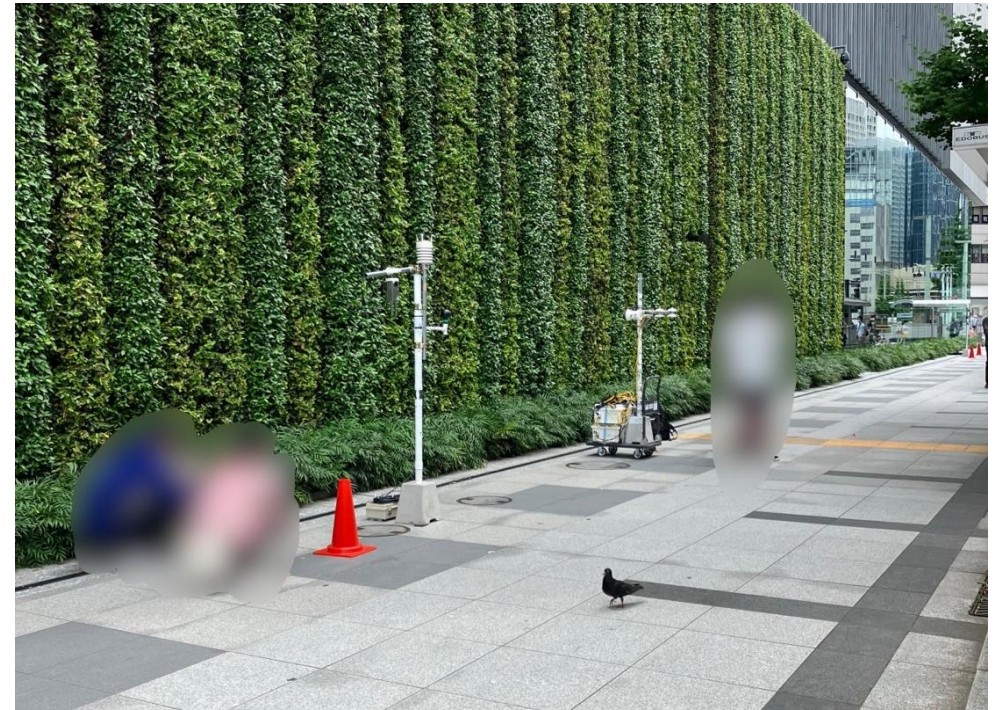


壁面緑化は、屋内の人にも**屋外の人にも**やさしい

暑さ指数=25.2℃

歩道での暑さ指数が
1.40℃低下

暑さ指数=23.8℃



山田絵里花修士研究（実施中）

熊谷市の取り組み：小学校への導入

まとめ

ご清聴ありがとうございました



- 記録的な高温は、
地球温暖化＋ヒートアイランド
＋ 鯨の尾型高気圧による高温の持続（熱波）＋ フェーン現象で！
- **将来**、夏季の熱中搬送者数は約3倍になる、**救急車や病床数が足りるか心配です**
- **屋外を15分間歩く**だけでテストの**成績や仕事の能率は低下**する（睡眠不足の人）
- **自治体の皆様へ**
テント、日傘、ミストは有効だが弱点もある → **日傘の奨励、効果的なミスト設置**
藤棚や街路樹の積極的な設置、維持管理 → 他の部署との連携
社会と人の暑熱順化の効果は非常に大きい → **梅雨明け前からのエアコン準備の奨励**
救急搬送体制の維持、強化

参考文献

- Asano, Y., Nakamura, Y., Kusaka, H., Suzuki-Parker, A., Aiba, S., 2022: Effect of walking in heat-stressful outdoor environments in an urban setting on cognitive performance indoors. *Building and Environment*, 213, 108893.
- Kusaka, H., Hara, M., Takane, Y., 2012: Urban climate projection by the WRF model with 3-km horizontal grid increment: dynamical downscaling and predicting heat stress in the 2070s August for Tokyo, Osaka, and Nagoya metropolises, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 90B, 47-63.
- Kusaka, H., Nakamura, Y., Asano, Y., 2022a: UV parasol, dry-mist spraying, and street trees as tools for heat stress mitigation. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 100, 677-685.
- Kusaka, H., Asano, Y., Kimura, R. 2022b: Wisteria trellises and tents as tools for improved thermal comfort and heat stress mitigation: Meteorological, physiological, and psychological analyses considering the relaxation effect of greenery. *Meteorological Applications*, 29, e2046.
- Nakamura, S., Kusaka, H., Sato, R., Sato, T., 2022: Heatstroke risk projection in Japan under current and near future climates. *J. Meteor. Soc. Japan*.

參考資料

講演者略歴

千葉県君津市出身



- 1997年 筑波大学大学院修士課程修了
- 1997～2006年 (財) 電力中央研究所
- 2002年 博士 (理学) を筑波大学より授与

- 2002年～2004年 **アメリカ国立大気研究センター(NCAR)**

- 2006年～現在 **筑波大学計算科学研究センター**

- 2011年～2013年 国際都市気候学会 (IAUC) 理事
- 2020年 Kusaka et al (2021) がBoundary-Layer Meteorology, Springerより、
過去50年間の同誌の歴史で、最も多く引用・貢献した論文トップ10に選出
- 2021年 アメリカ気象学会 (AMS) The Helmut E. Landsberg Award 2021 受賞

日本の最高気温記録 市町村トップ20

年平均気温では沖縄がトップ
8月平均気温では大阪・京都の方が上

関東内陸にはホームランバッターが多い

順位	都道府県	地点	地域性	観測値	
				°C	気候変動の影響
1	静岡県	浜松		41.1	2020年8月17日 (フェーン)
〃	埼玉県	熊谷		41.1	2018年7月23日 (フェーン)
3	岐阜県	美濃		41.0	2018年8月8日
〃	岐阜県	金山 (下呂市)		41.0	2018年8月6日
〃	高知県	江川崎 (四万十市)		41.0	2013年8月12日
6	静岡県	天竜 (浜松市)		40.9	2020年8月16日
〃	岐阜県	多治見		40.9	2007年8月16日 (フェーン)
8	新潟県	中条 (胎内市)		40.8	2018年8月23日 (フェーン)
〃	東京都	青梅		40.8	2018年7月23日
〃	山形県	山形		40.8	1933年7月25日 (フェーン)
14	群馬県	桐生		40.5	2020年8月11日
〃	群馬県	伊勢崎		40.5	2020年8月11日
17	埼玉県	越谷		40.4	2007年8月16日 (フェーン)
20	群馬県	館林		40.3	2007年8月16日 (フェーン)

ヒートアイランドの要因

