



@Lab\_kusaka  
日下研究室(筑波大学)

# 都市の暑熱環境問題とその対策

都市の暑熱環境問題は、温暖化問題の縮図  
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)

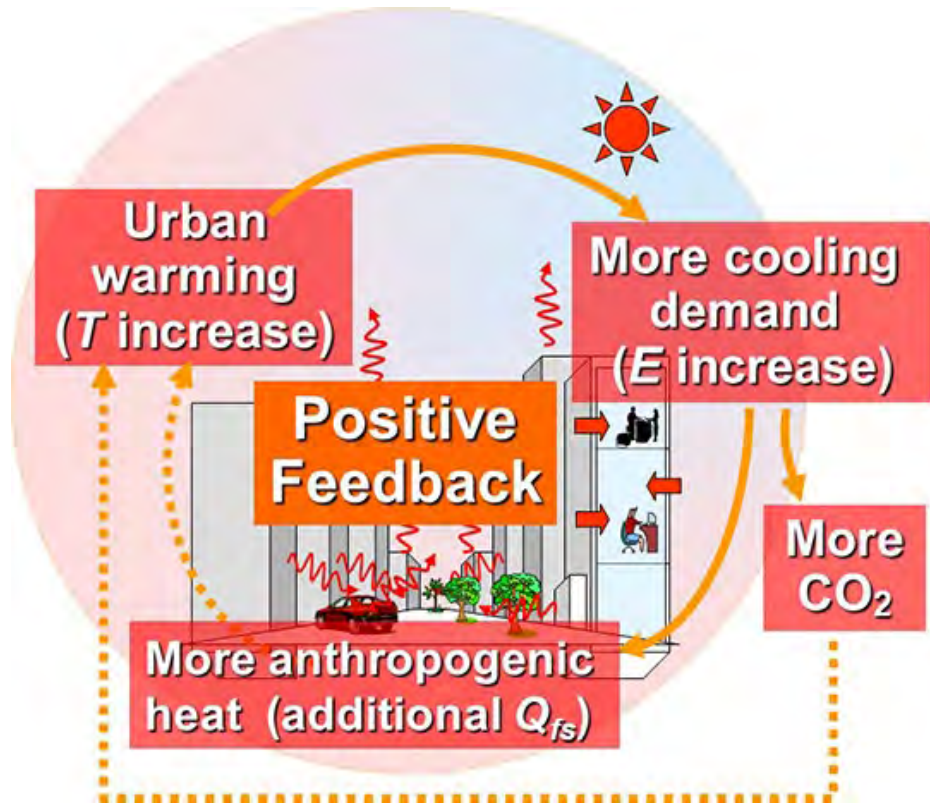
筑波大学 計算科学研究センター  
教授 日下博幸(くさかひろゆき)



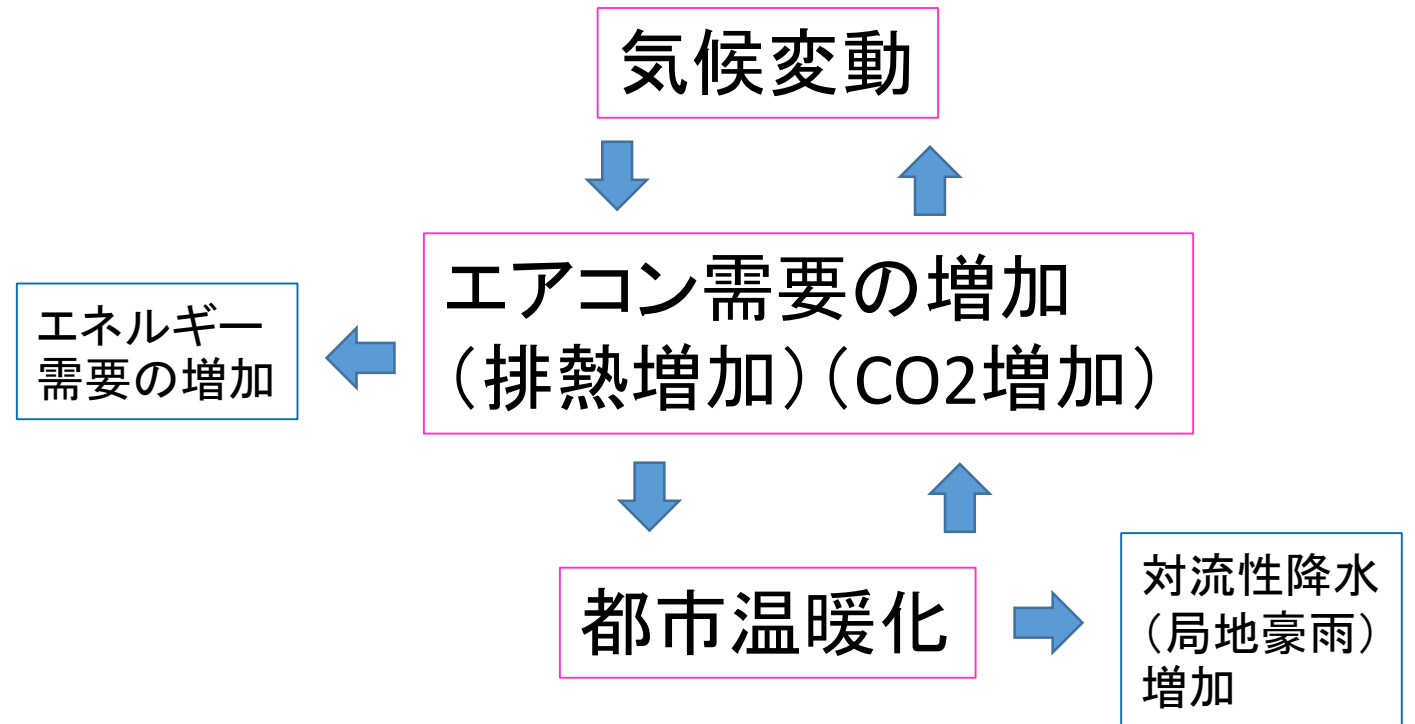
石田理沙(日下研OG)より

# 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)



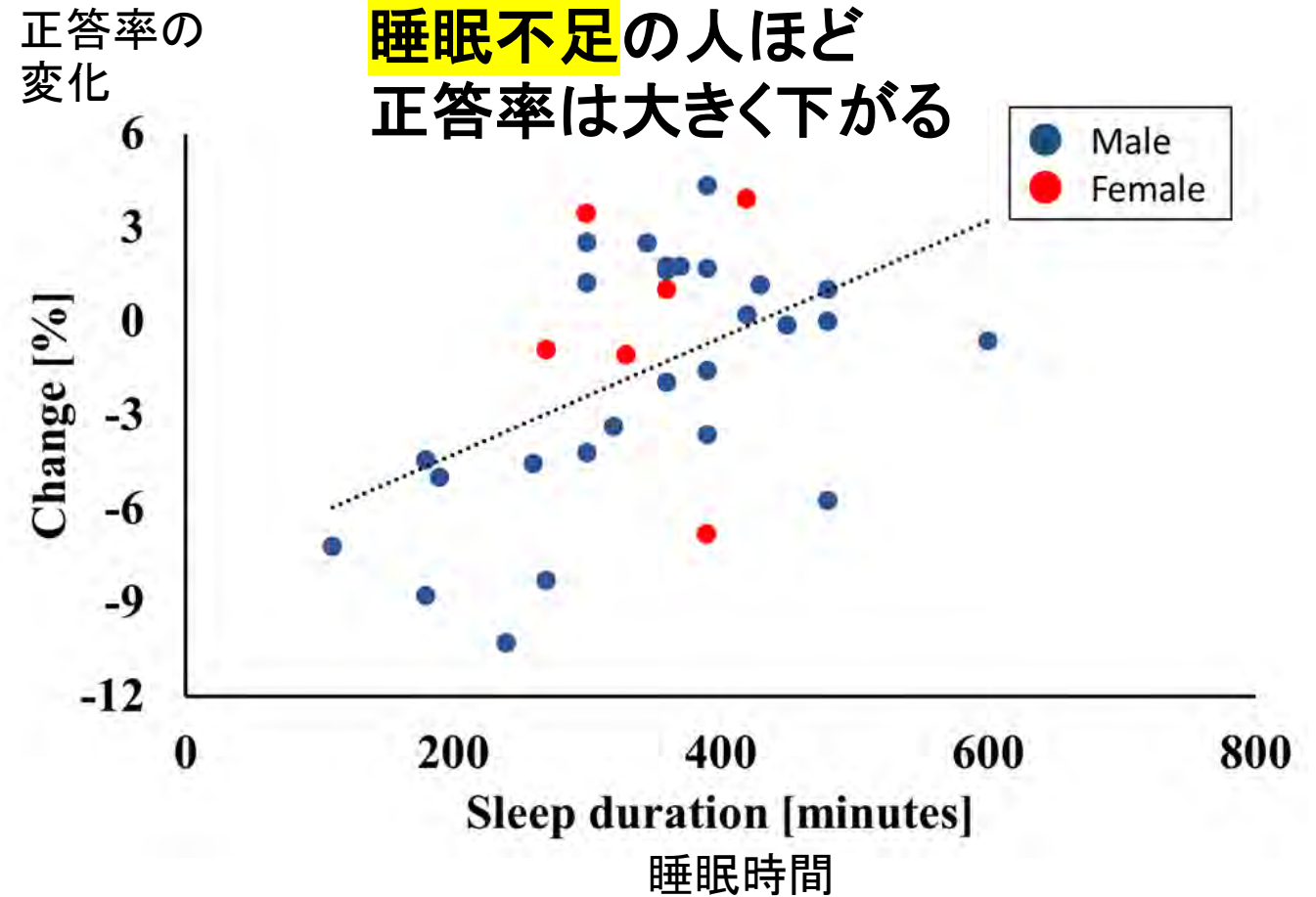
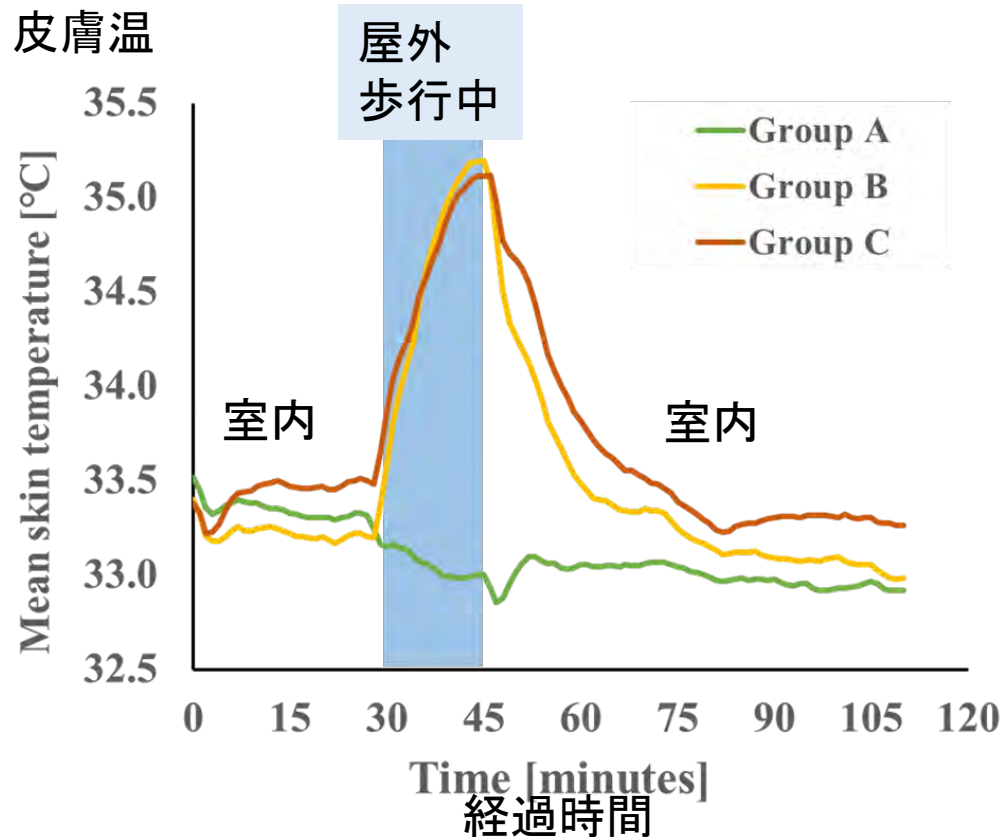
亀卦川幸浩氏(明星大)作成



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

# 都市暑熱環境の悪化は、仕事・学習にも悪影響を

暑い中、外出すると熱中症リスクが上がり、知的生産性は下がる(仕事や勉強でミスが増える)  
わずか15分の屋外歩行で、2桁の足し算のような簡単な計算ですら、正答率が下がる



# 都市の暑熱環境問題は、地球環境問題の縮図

暑さの適応策(熱中症対策)と緩和策(ヒートアイランド対策)は両方とも大事. 多くは共通しているが、相反するものもある

下記は主なヒートアイランド対策(○△×は熱中症対策効果)

× 遮熱性舗装(高反射塗装した道)

△ 屋上緑化

○ 壁面緑化, 打ち水(局所的)

○ ドライミスト(やり方による)

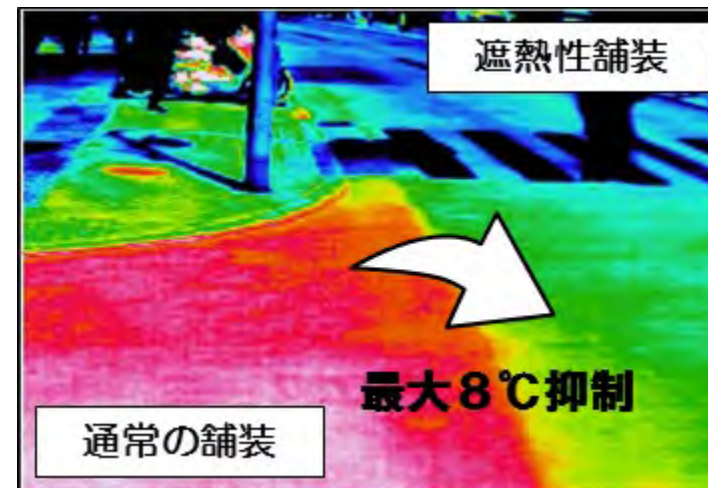
○ テント, 日傘

◎ 風の道

◎ 街路樹, 藤棚

気温を下げたい?

熱ストレスを緩和したい?



東京都建設局HPより

<https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/jigyo/road/kanri/hosou/dourokanri0034.html>

研究論文ではおおむね遮熱性舗装に否定的(例えば、赤川ほか 2008)。

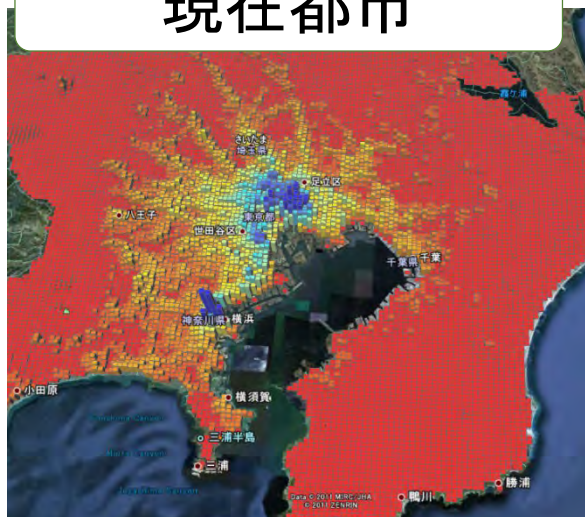
アルベドが大きくなるため  $\alpha = 0.067 \rightarrow 0.34$  (遮熱性舗装)

上向き放射量が増大し、黒球温度も上昇し  $T_g = 45^\circ\text{C} \rightarrow 50^\circ\text{C}$  (遮熱性舗装)

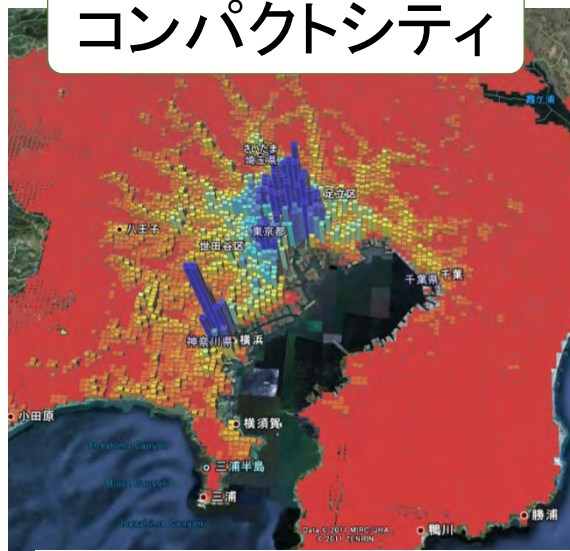
熱ストレスも増大する  $SET^* = 40^\circ\text{C} \rightarrow 42^\circ\text{C}$  (遮熱性舗装)

# 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

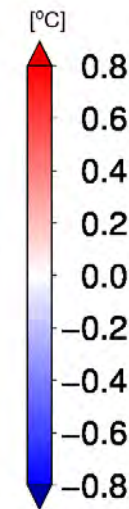
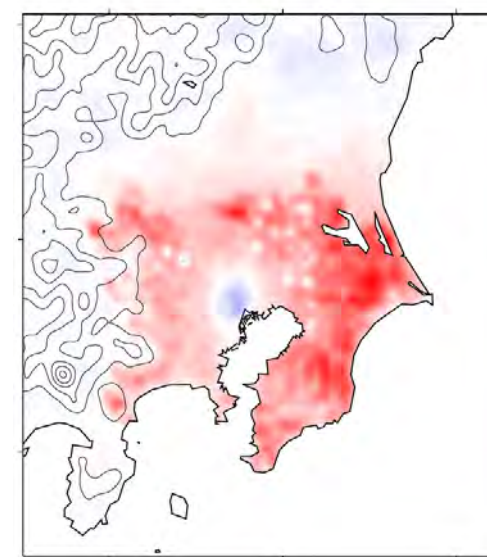
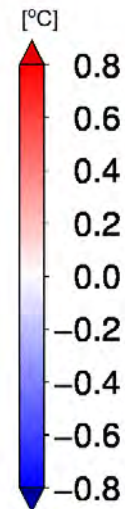
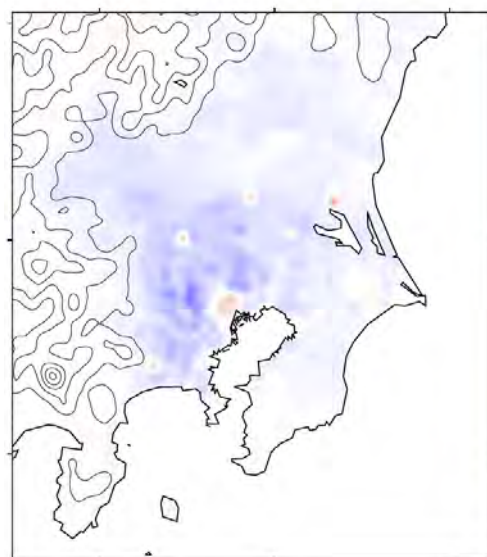
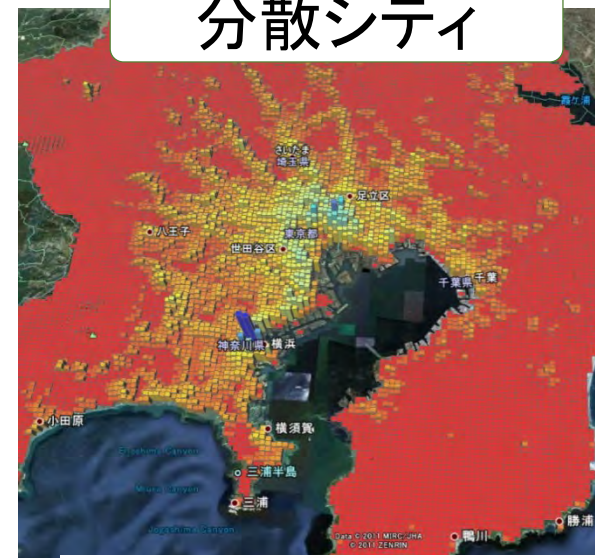
現在都市



コンパクトシティ



分散シティ

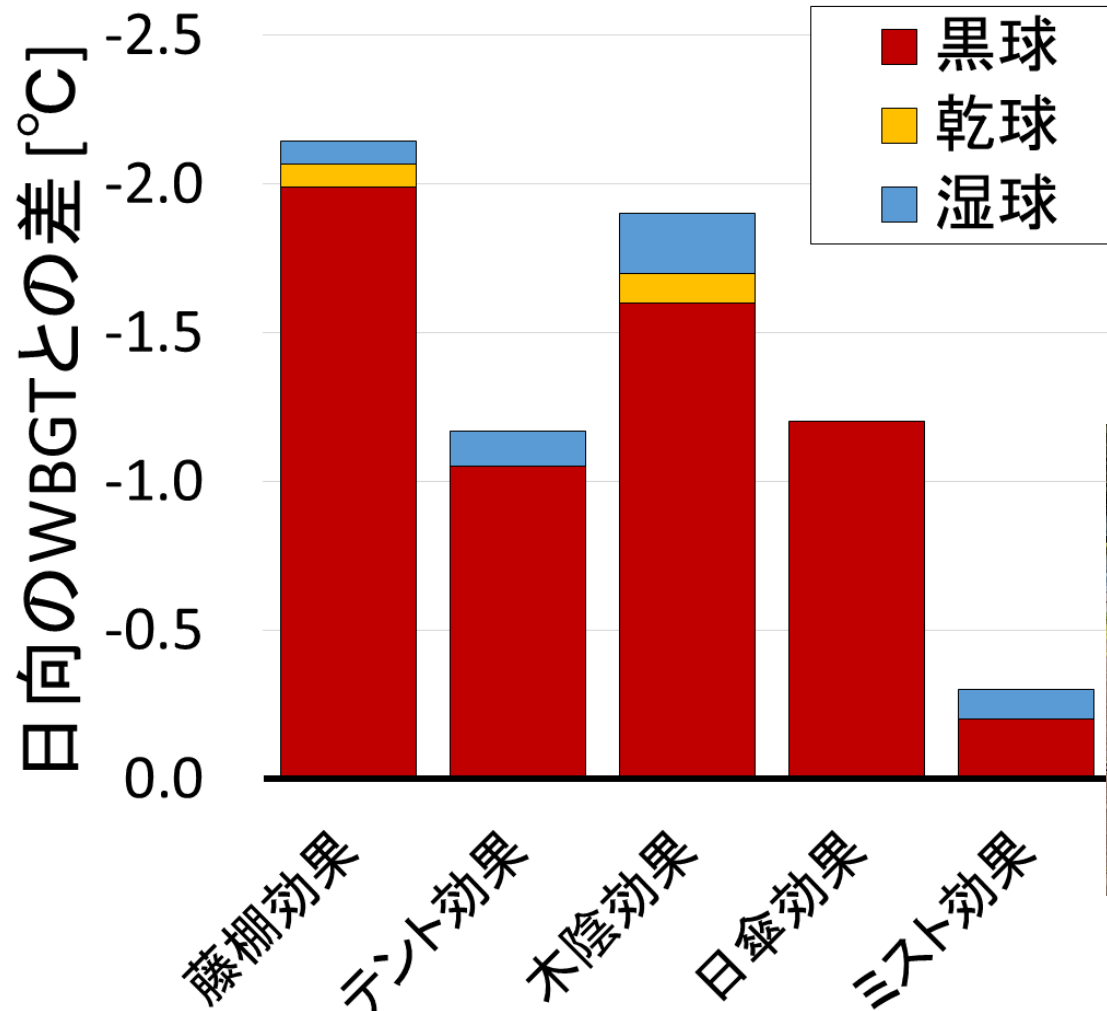


Kusaka et al (2016, Climatic Change)

# 暑さも緩和策から適応策(熱中症対策)へ

1位

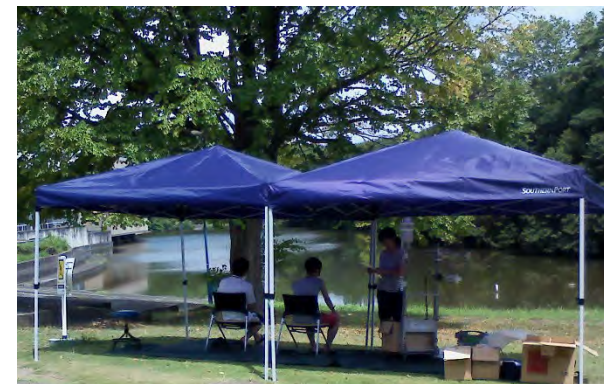
2位



3位



4位



5位



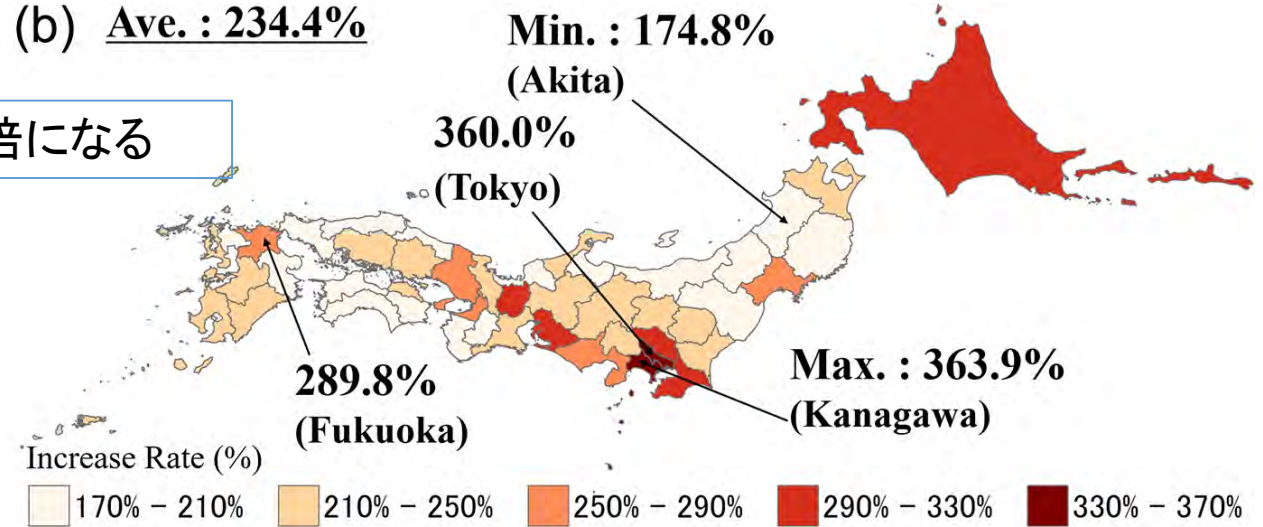
Kusaka, H. et al. (2022)

Journal of the Meteorological Society of Japanより

# 暑熱順化(含むエアコン普及)は、非常に有効◎

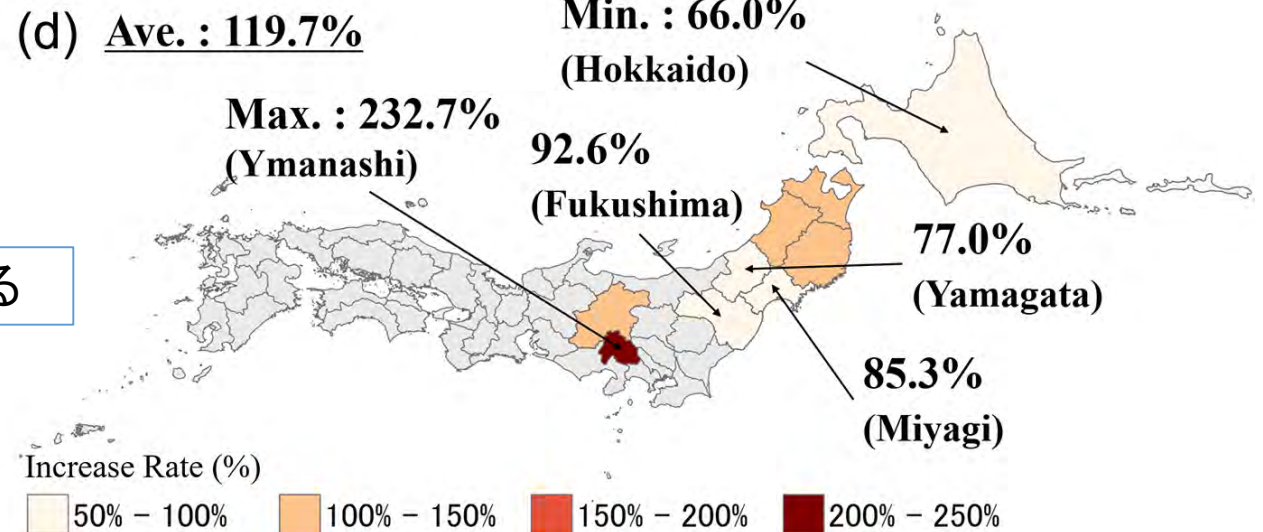
(b) 将来の熱中症搬送者数 増加率 (b) Ave. : 234.4%

将来(2050年代)の熱中症リスクは、20世紀末の3倍になる



(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)

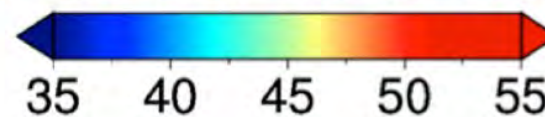
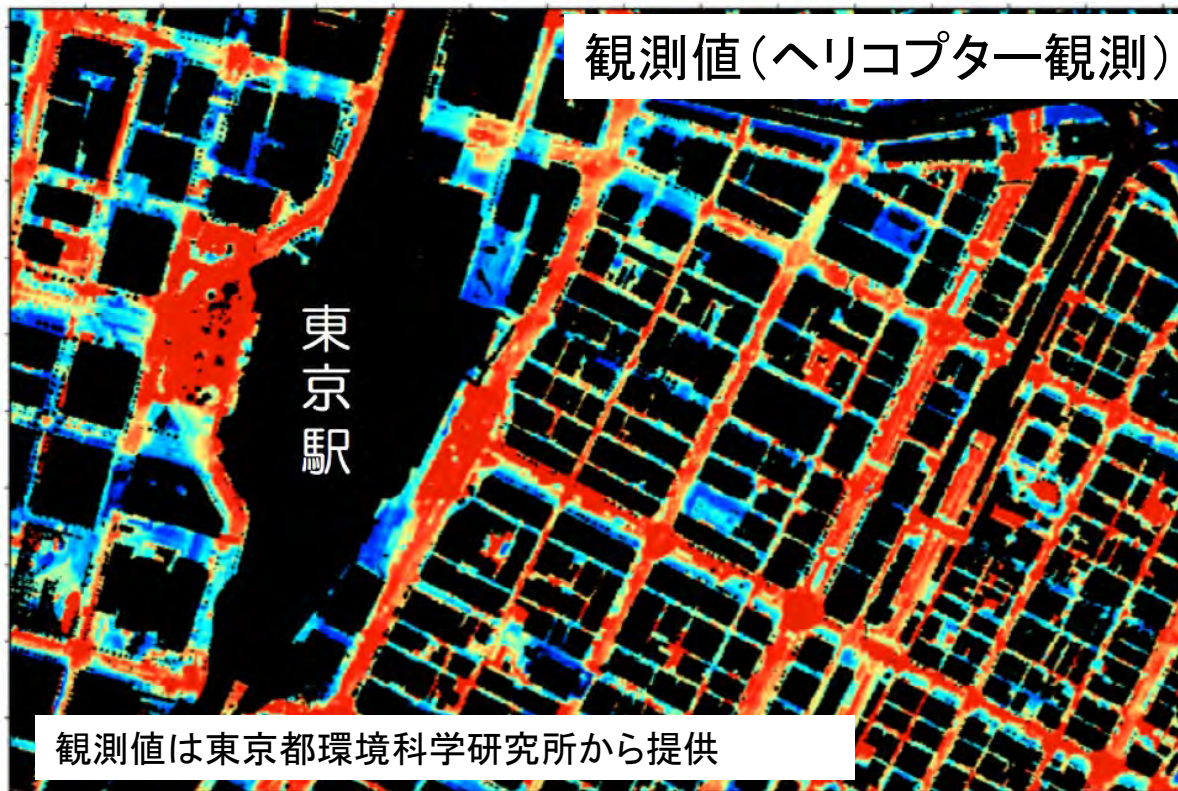
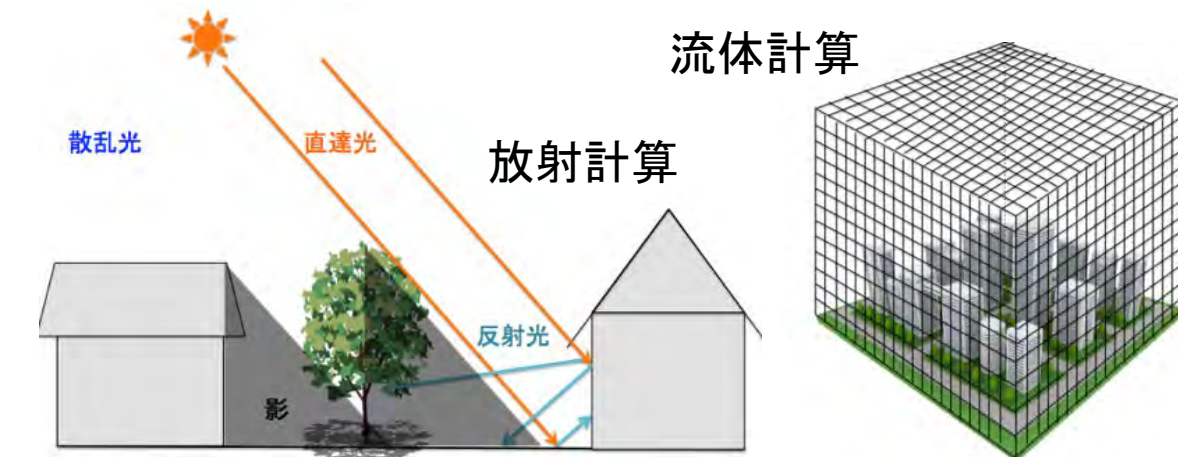
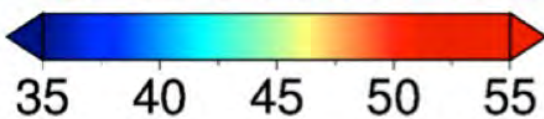
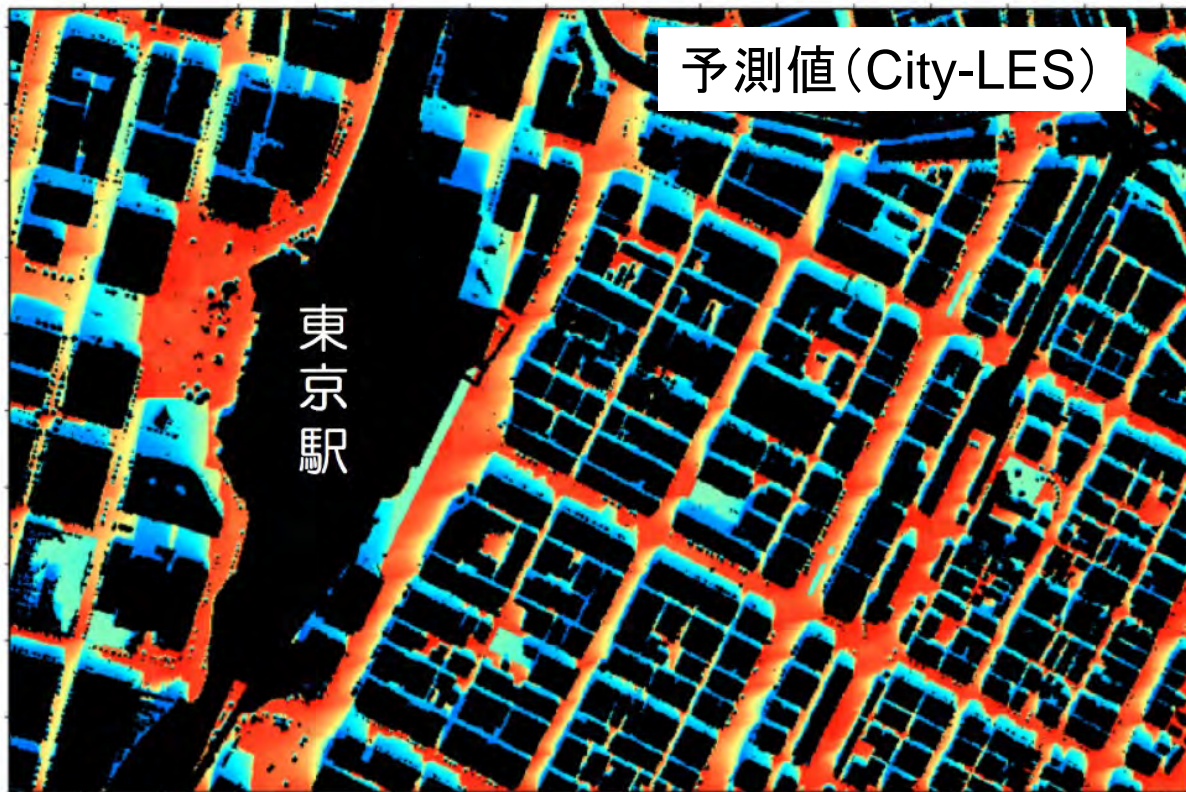
暑さ対策と暑熱順化により熱中症リスクを軽減できる



# 筑波大学 City-LESモデル の開発

筑波大学朴泰佑教授・名古屋大学飯塚悟教授の協力を得て  
(株式会社ウエザーニューズと共同改良中)

## 地表面温度の予測精度





# まとめ

- 都市の暑熱環境問題は、地球規模の気候変動問題の縮図。
- 温暖化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)。
- 都市温暖化は、熱中症リスクの増加や知的生産性の低下をもたらす (睡眠不足の人は特に)
- ヒートアイランド対策(緩和策)と熱中症対策(適応策)は、  
共通なものが多いが相反するものもある
- 都市規模ヒートアイランド緩和策では限界がある
- 遮熱性舗装はヒートアイランド対策になるが熱中症対策にはならない。
- テントや日傘は多少効果あり。 藤棚や街路樹の効果大
- 温暖化により、将来(2050年頃)熱中症リスクは2-3倍程度増加
- 北海道、東北などは、エアコンの普及や暑熱順化によりリスク増加を抑えることができそう

# 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., Suzuki-Parker, A., Aoyagi, T., Adachi, S. A., Yamagata, Y., 2016: Assessment of RCM and urban scenarios uncertainties in the climate projections for August in the 2050s in Tokyo. *Climatic Change*, 137, 427-438.
- 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*.(in press)
- Kusaka, H., Asano, Y., Kimura, R. 2022b: Wisteria trellises and tens 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*. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2022-030>
- 赤川宏幸, 竹林英樹, 森山正和, 2008: 湿潤舗装と遮熱舗装上の温熱環境改善効果に関する実験的研究. *日本建築学会環境系論文集*, 73, 85-91.