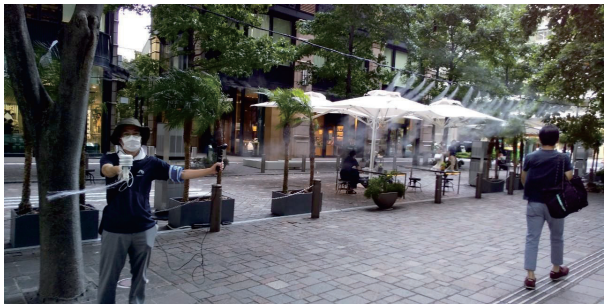
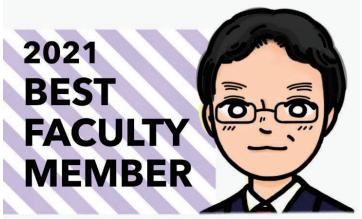
日本学術会議公開シンポジウム・第15回防災学術連携シンポジウム
2023年4月11日（火） 13:00-17:00 話題提供（10分）

酷暑のメカニズムを気候学の立場から問い直す

筑波大学 計算科学研究センター
日本地理学会 日下博幸（くさかひろゆき）





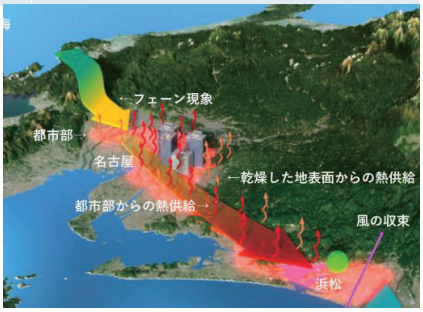
石田理沙（日下研OG)より

日本の記録的な高温（災害級の暑さ）は複合要因で

	地球規模	都市圏規模
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
自然要因（突発的な高温）	熱波	フェーン現象（5～7℃程度）

太平洋側の日最高気温記録（熊谷,浜松,美濃で41℃以上）
日本海側の夜間高温記録（糸魚川, 高田, 富山などで30℃以上）

フェーン現象
(Nishi and Kusaka 2019, 2023)
(Nishi et al 2019)
（高根・伊藤 2021）

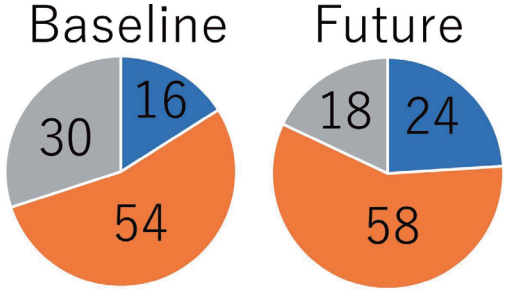


産総研 研究成果記事一覧ページより

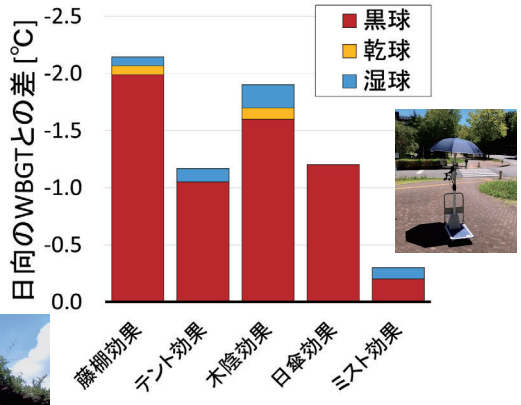
本日は、フェーンとヒートアイランドの最新の成果と誤解についてお話しします

気候変動に関係するフェーン、ヒートアイランドの研究

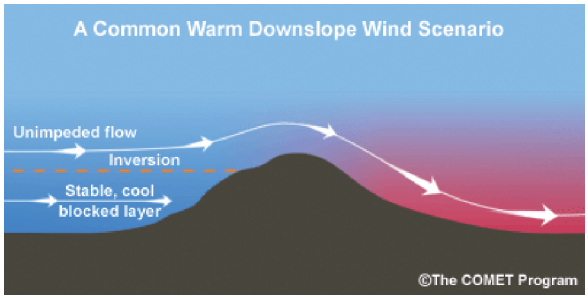
新潟では, 将来, フェーンの頻度が増加
(Nishi and Kusaka 2023)

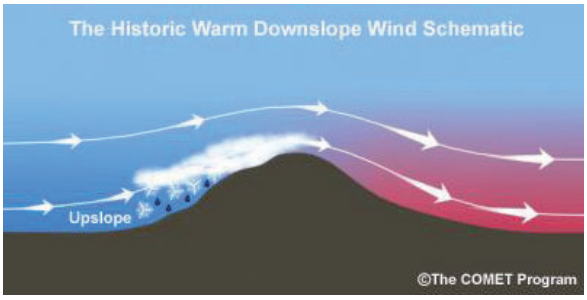


ヒートアイランド対策から暑さ適応策へ
(Kusaka et al. 2021, 2022)



フェーン現象に関する誤解





もう一つのフェーン現象
（力学フェーン）

中高の地学・地理学で学ぶフェーン現象
（一般的なイメージ，熱力学フェーン）

右が多数派なのか？

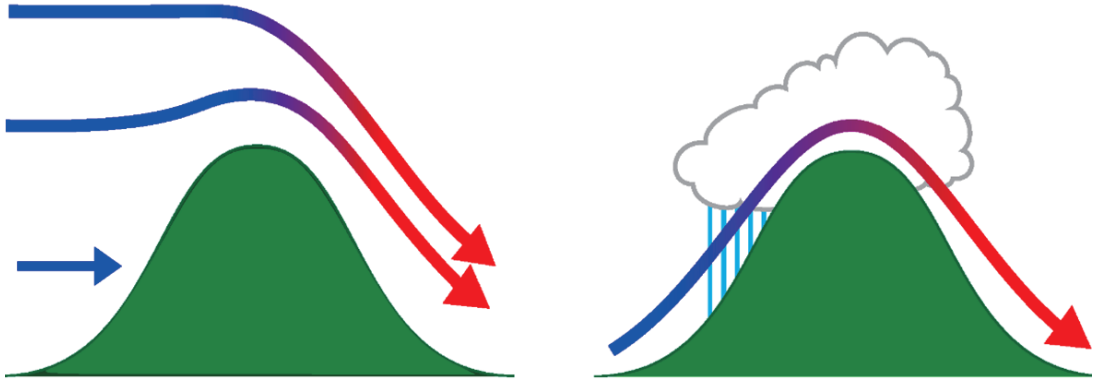
The COMET Programより

研究室の大学院生たちと一緒に調べてみた結果、
フェーンで有名な北陸地方（富山平野）では

Kusaka et al. (2021)

80.8%

minority



Kusaka et al. (2021)

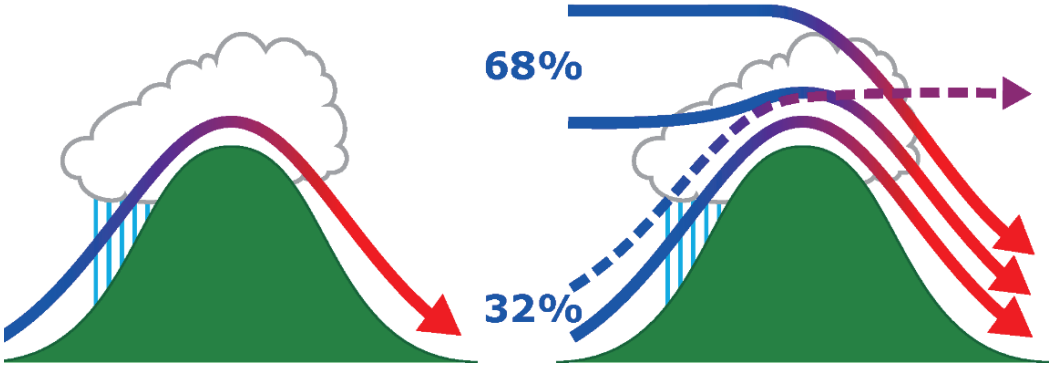
たとえ雨が降っていたとしても…

19.2%

最近発見されたタイプ

minority

majority



ヒートアイランドに関する6つの誤解

① ヒートアイランドは田舎（小さな町）では発生しない

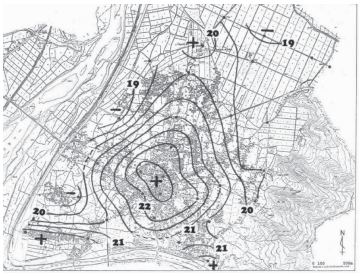
② ヒートアイランドは夏の日中に現れる，夏の日中都市が暑い主要因はヒートアイランド

③ 埼玉県が暑いのは、東京の熱が海風によって運ばれているためだ

④ 過去100年の東京の気温上昇は、主として温暖化のせいである

⑤ 暑さ指数（WBGT)の重みは、気温(10%), 湿度(70%), 放射(20%)

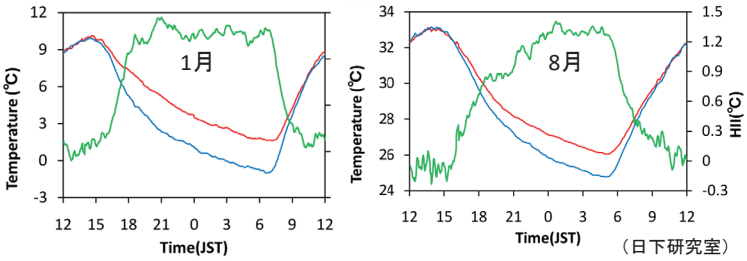
⑥ テントや遮熱性舗装は街路樹と同程度に、熱中症対策に有効



①小布施（人口1.2万人）でもヒートアイランド

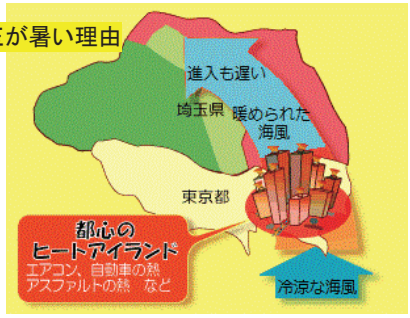
（信州大学　榊原名誉教授より）

②ヒートアイランドは冬の夜間に，夏の日中都市が暑いのは放射や風のせい



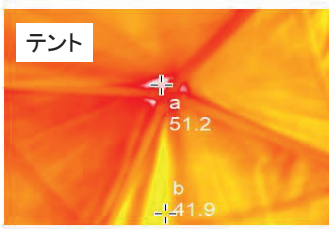
（日下研究室）

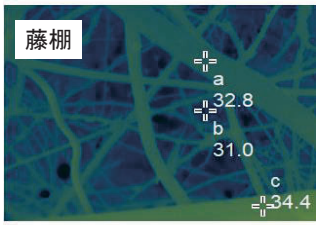
③埼玉が暑い理由



（熊谷地方気象台ホームページより）

⑤WBGT（暑さ指数）
＝0.1×気温＋0.7×湿球温度＋0.2×黒球温度





⑥ 高温になる，日射を透過させるテントもある

（Kusaka et al 2021）

まとめ

日本の記録的高温は、気候変動＋ヒートアイランド＋熱波＋フェーンで

最近、フェーンに関する新説が数多く提唱されている

ヒートアイランド緩和策研究から暑熱適応策研究へ

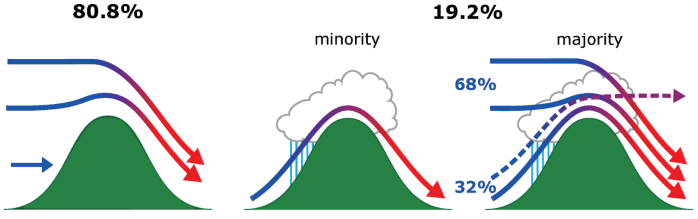
ヒートアイランドやその対策に関する誤解は多い

常識と思っていたことでも、調べてみると違うことはある。

自然地理学は俯瞰的な見方をする

地理学的な見方も
地球物理学的な見方も
どちらも大事

観察・観測・野外実験もシミュレーションも
みんな大事



Kusaka et al. (2021)

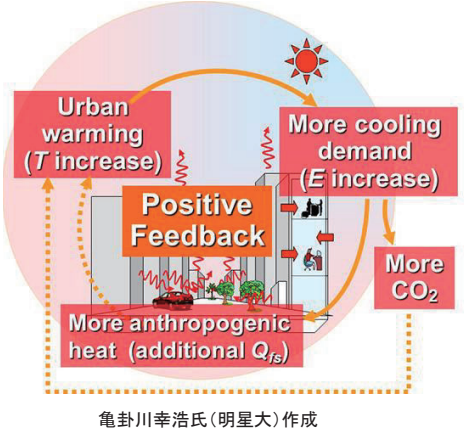
参考文献

- Asano, Y., Nakamura, Y., Suzuki-Parker, A., Aiba, S., Kusaka, H. (2022) Effect of walking in heat-stressful outdoor environments in an urban setting on cognitive performance indoors. Building and Environment, 213, Article 108893. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108893
- Kusaka, H., Nishi, A., Kakinuma, A., Doan, Q.V., Onodera, T. & Endo, S. (2021) Japan's south foehn on the Toyama plain: dynamical or thermodynamical mechanisms? International Journal of Climatology, 41, 1-18.
- Kusaka, H., R. Kimura, and Y. Asano, 2022: Wisteria trellises and tents as a tool for thermal comfort improvement and heat stress mitigation: Meteorological, physiological, and psychological experiments considering the relaxation effect exerted by visualizing green. Meteor. Applications. https://doi.org/10.1002/met.2046
- Kusaka, H., Y. Nakamura, and Y. Asano, 2023: UV Parasol, Dry-Mist Spraying, and Street Trees as Tools for Heat Stress Mitigation. Journal of the Meteorological Society of Japan, 100, 677-685.
- Nishi, A. & Kusaka, H. (2019) Effect of Foehn wind on record-breaking high temperature event (41.1 degrees C) at Kumagaya on 23 July 2018. SOLA, 15, 17– 21.
- Nishi, A., Kusaka, H. & Nakamura, S. (2022) *Mesoscale and local-scale climatology of extreme temperature events in Niigata*. Japan: International Journal of Climatology, 42, 9897-9908.
- Nishi, A. and H. Kusaka, 2023: Future changes of the extreme high-temperature events influenced by foehn winds in Niigata, Japan. Atmos. Sci. Letters, e1137, https://doi.org/10.1002/asl.1137
- Sakai, S., M. Nakamura, K. Furuya, N. Amemura, M. Onishi, I. Iizawa, J. Nakata, K. Yamaji, R. Asano, K. Tamotsu, 2012: Sierpinski's forest: New technology of cool roof with fractal shapes. Energy and Buildings, 55, 28-34.
- 高根雄也・伊藤享洋, 2021: なぜ浜松で歴代最高気温41.1℃が観測されたか？ ―実況と過去の高温事例との比較による考察―, 天気, 68.

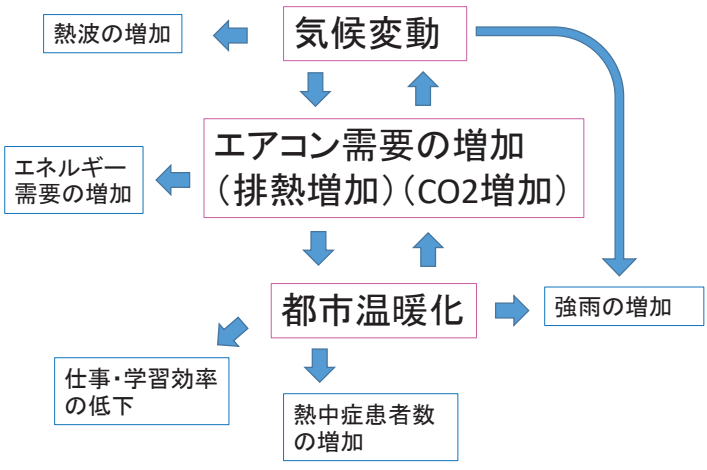
付録

近年，暑さは災害級に！　将来はさらに厳しい暑熱環境に

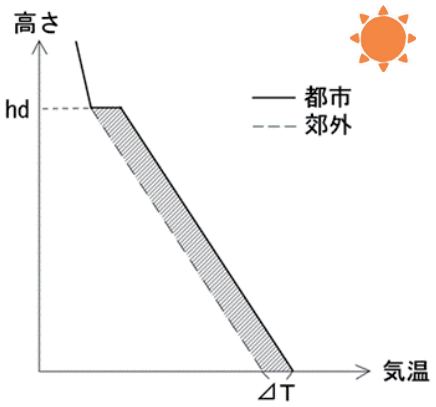
⇨ 熱中症患者数の増加
電力需要の増大
仕事や学習効率の低下



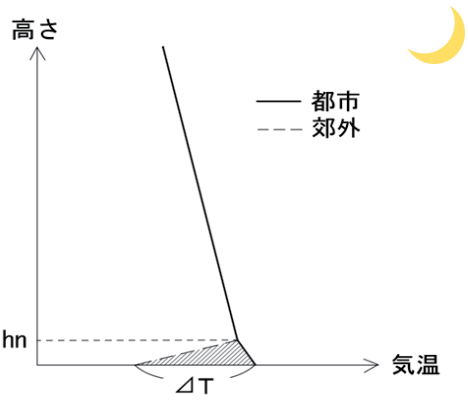
亀卦川幸浩氏（明星大）作成



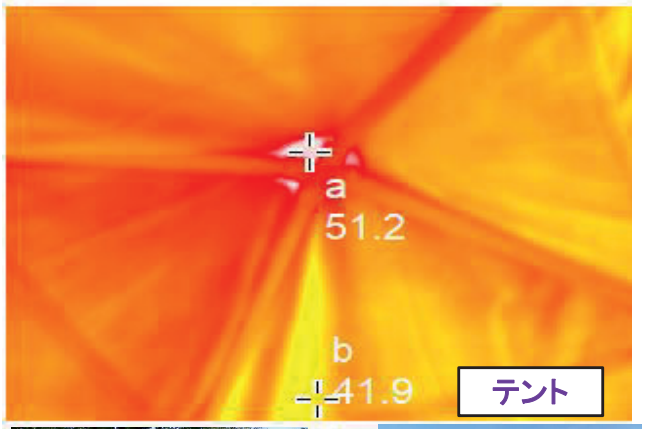
日中、混合層全体を暖める。夜間は地表付近のみに限定。

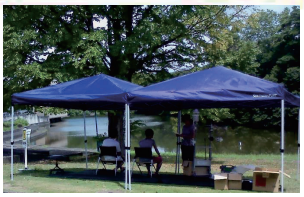


（日下研究室）



夏よりも秋・冬の方が放射冷却が強いため、
都市と郊外の夜間冷却の差が大きくなる



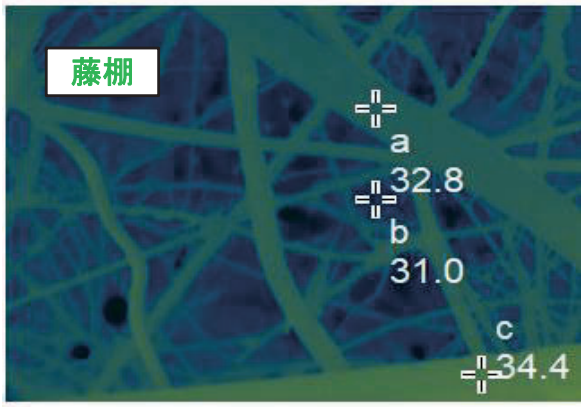


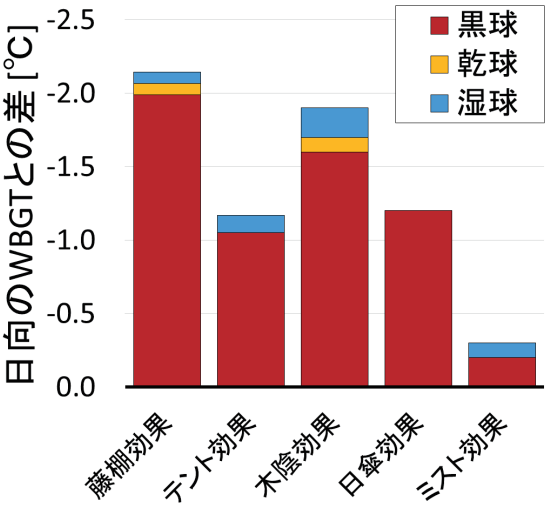
Kusaka, H. et al. (2022)
Meteorological Applicationsの論文より

2017年8月7日 12:20-12:40

テントは熱くなった

藤棚は熱くならなかった





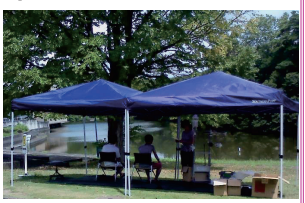
Kusaka, H. et al. (2022)
Journal of the Meteorological Society of Japanより

1位

2位

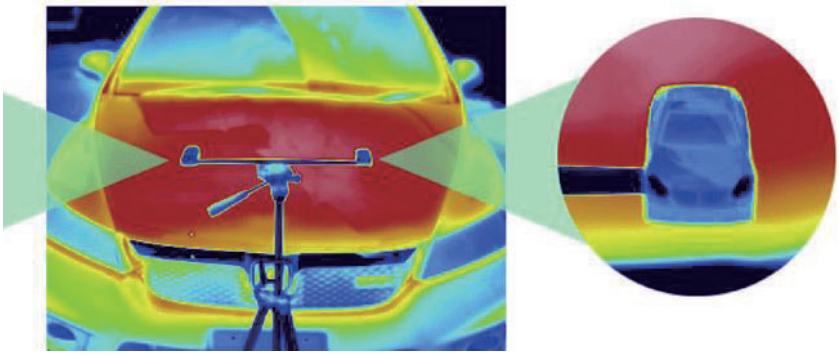
3位

4位



5位

小さな物体は暖まりにくい
（大きな日除けよりも、葉っぱのような小さな日除けをたくさん使う方がよい）

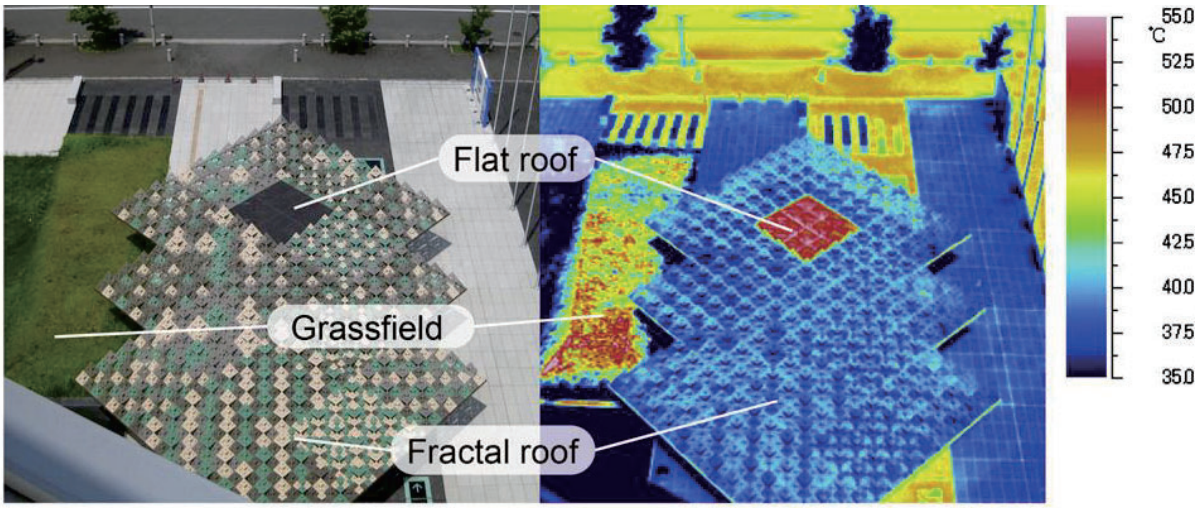


酒井敏
（京都大学・教授）

Minicar

Sakai et al (2012)

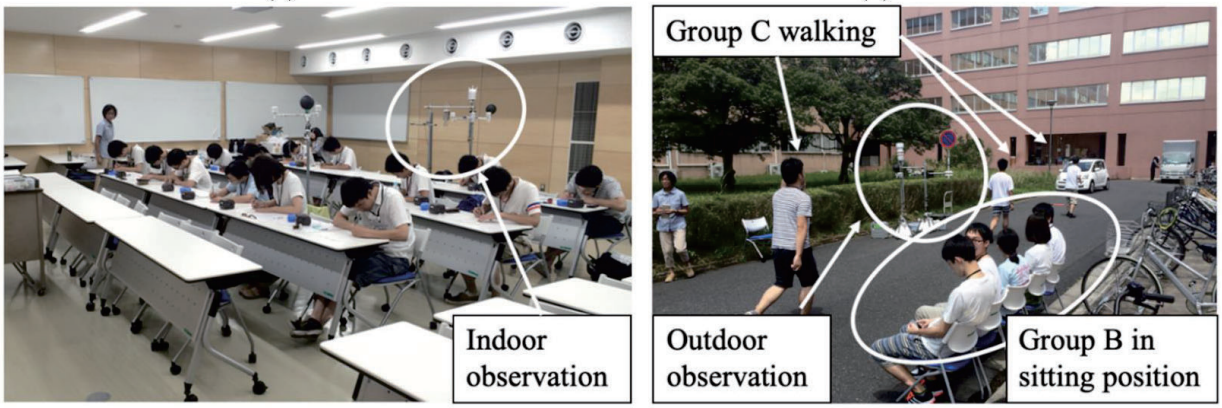
葉っぱを模したフラクタル日除けは暖まらない



暑い日に、屋外を15分歩いただけで、計算ミスをしやすくなる

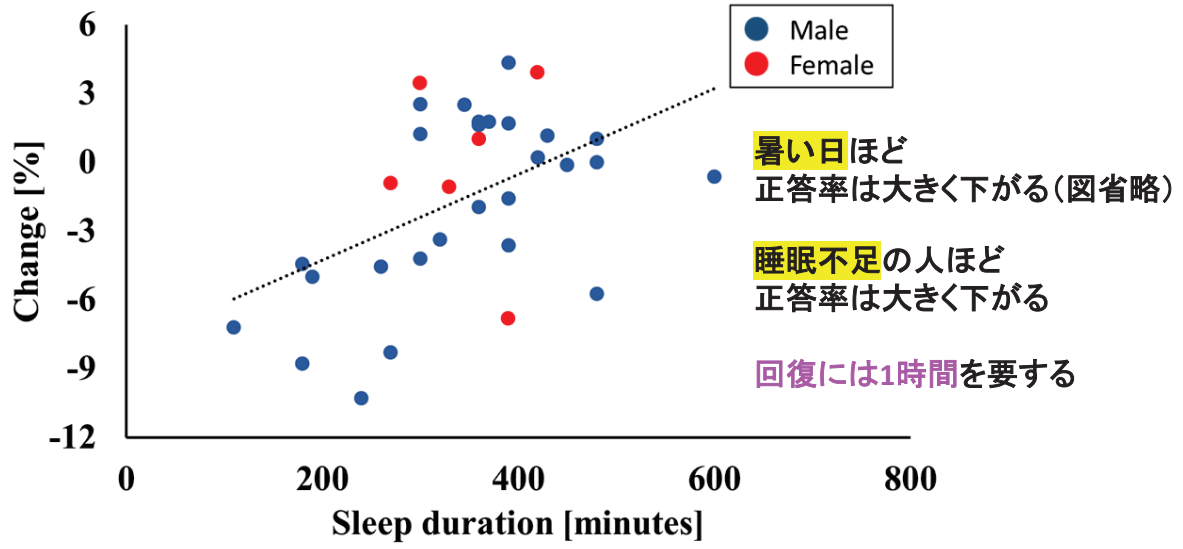
(a) Indoor

(b) Outdoor



Asano, Y. et al. (2022) Building and Environment の論文より

二桁の足し算の
正答率の変化



暑い日ほど
正答率は大きく下がる（図省略）

睡眠不足の人ほど
正答率は大きく下がる

回復には1時間を要する

Asano, Y. et al. (2022) Building and Environment より