

炎天下の都市街区での短時間屋外歩行が仕事・学習能力に及ぼす影響
The effects of an outdoor short walk in heat-stressful urban environments on cognitive performance indoors

浅野裕樹*1, 中村祐輔*2, 鈴木パーカー明日香*3, 相場祥平*4, 日下博幸*5

Yuki ASANO, Yusuke NAKAMURA, Asuka SUZUKI-PARKER, Shohei AIBA, Hiroyuki KUSAKA

Students and office workers in Japan routinely move between air-conditioned indoor environments and heat-stressful outdoor environments in summer. It is possible that a short walk in the outdoor environment affects students' and workers' cognitive performance. However, it is unclear. This study aimed to investigate the effect of walking in a heat-stressful outdoor environment on indoor cognitive performance. In the experiments, a total of 96 participants took a mathematical addition test in an air-conditioned room before and after walking in an actual outdoor environment. Results of the experiments showed that walking outdoors under heat-stressful conditions ($UTCI \geq 44$ °C) for 15 min decreased the cognitive performance (percentage of correct answers to numbers of problems solved) by 3.6% compared with that before walking. An analysis focusing on the sleep duration showed a negative relationship between sleep duration and the decrease in cognitive performance. This tendency became particularly clear among the participants whose sleep duration was less than 5 h. The reduction of cognitive performance was more pronounced in male participants than in female participants. Sleep-deprived men who walk in a heat-stressful outdoor environment are more likely to exhibit poor cognitive performance when they return to an air-conditioned room. Japanese students and office workers, especially men, need to be aware of this as they study and work.

1. はじめに

学生やオフィスワーカーは、通勤・通学や昼食などで、空調が効いた室内と暑い屋外とを日常的に行き来する。夏季の都市街区内での屋外歩行は強い熱ストレスがかかる。熱ストレスが人間の知的生産性を低下させることがいくつかの既往研究で示されている (Ramsey et al. 1983; Pilcher et al. 2002; Gaoua et al. 2011; Gaoua et al. 2012; Sun et al. 2012; Liu et al. 2013; Tawatsupa et al. 2013; Taylor et al. 2016)。さらに、近年では歩行中の熱ストレスが知的生産性を低下させることも示されている

(Chen et al. 2020; Liu et al. 2022)。しかしながら、それらの研究は気候室内での被験者実験を実施しており、実際の屋外での歩行が知的生産性に及ぼす影響については明らかになっていない。屋外では高温に加えて放射による熱ストレスがかかる。そのような環境では、たとえ短時間であっても、屋外歩行がその後の屋内での仕事や勉強のパフォーマンス(知的生産性)を低下させる可能性がある。そこで本研究は、夏の都市街区内を想定した被験者実験を実施し、短時間屋外歩行がその後の室内での知的生産性に及ぼす影響を明らかにした。ま

-
- *1 筑波大学生命環境科学研究科 s1830198@s.tsukuba.ac.jp
Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba
*2 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター
Center for Research in Isotope and Environmental Dynamics, University of Tsukuba
*3 立正大学地球環境科学部
Faculty of Geo-environmental Sciences, Risho University
*4 エイツーヘルスケア株式会社
A2 Healthcare Corporation
*5 筑波大学計算科学研究センター
Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

た、熱ストレスに対する応答は睡眠時間や性別によって異なることが知られている (Harrison and Horne 1999; Thomas et al. 2000; McCoy and Strecker 2011; Chang and Kajackaite 2019)。そのため、本研究ではそれらに着目した解析も行った。

2. 手法

被験者実験は 2016 年 8 月 2, 5, 6, 8, 25, 27, 29 日の正午前後に、筑波大学 (2, 8 日)、立正大学 (5, 6 日)、東邦大学 (25, 27, 29 日) のキャンパス内で実施された (図 1)。

(a) 屋外の様子



(b) 室内の様子



図 1：筑波大学での被験者実験の様子。

実験には大学生と大学院生で構成された 96 名 (男性 65 名、女性 31 名) の被験者が参加した。被験者は 3 グループに分けられ、それぞれ 15 分間の (a) 室内座位、(b) 屋外座位、(c) 屋外歩行の前後に認知テストを受けた。テスト内容は 2 桁の足し算で、被験者は 5 分間で可能な限り多くの問題に解答し、テストの正答率によって被験者の知的生産性を評価した。

3. 結果

はじめに、屋外の暑熱環境に着目した解析を行

った。屋外の暑熱環境の評価には、国際的な温熱指標である The Universal Thermal Climate Index (UTCI) (Bröde et al. 2012; Havenith et al. 2012; Potchter et al. 2018) を用いた。UTCI が 44°C を超える屋外環境での歩行は、たった 15 分であっても、歩行直後の知的生産性を歩行前と比べて 3.6% 低下させた (有意水準 5%) (図 2)。低下した知的生産性は 50 分で元の水準まで回復した。一方で、同じ暑熱環境であっても、15 分間屋外座位したグループの知的生産性に有意な変化は見られなかった。この結果は、熱ストレスと歩行の組み合わせが直後の知的生産性を低下させることを示す。

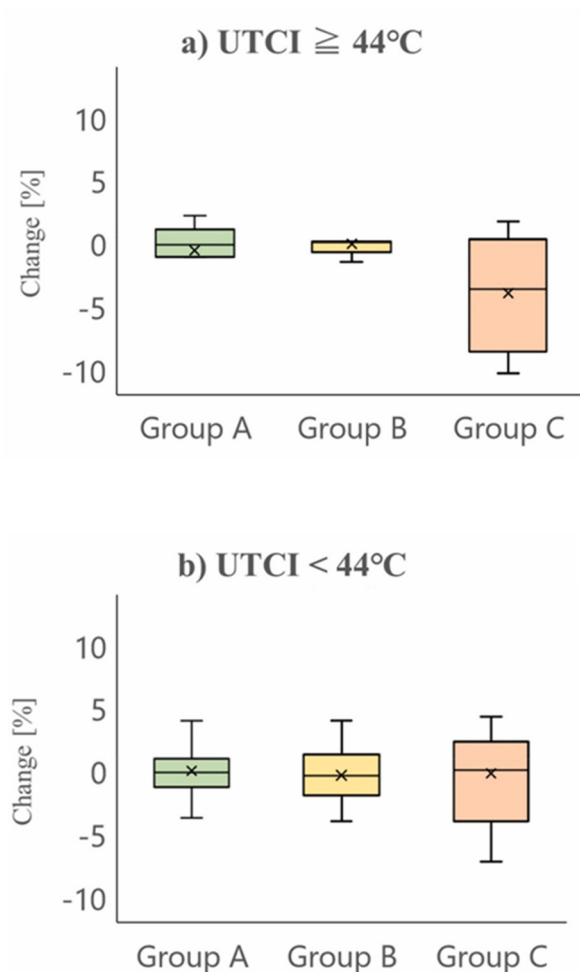


図 2：屋外歩行前後での正答率の変化についての箱ひげ図。(a) UTCI 44°C 以上の日 (8 月 5-6 日)。(b) UTCI 44°C 未満の日 (8 月 2, 8, 25, 27, 29 日)。

次に、被験者の睡眠時間に着目した解析によって、屋外歩行後の認知機能の低下は睡眠時間が短いほど大きくなること示された (相関係数: 0.48、決定係数: 0.23) (図 3)。この傾向は睡眠時間が 5

時間未満の被験においてより顕著であった。また、男性被験者の方が女性被験者よりも屋外歩行後に知的生産性が低下しやすいことも示された。

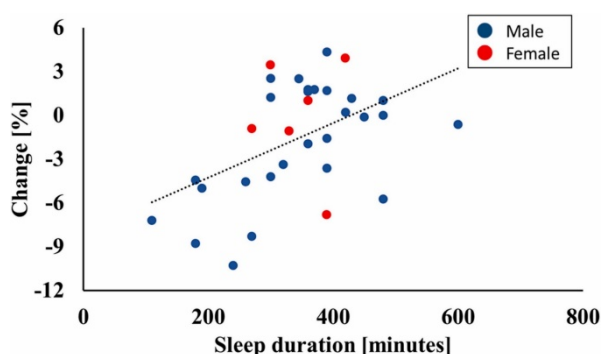


図 3：屋外歩行グループの睡眠時間と歩行前後の正答率変化の散布図。点線は全プロットの回帰直線を示す。

これら 3 つの条件を満たす (UTCI が 44°C を超える屋外環境を歩行した睡眠時間 5 時間未満の男性) 被験者の知的生産性は、歩行前と比べて 9.1% 低下した (図 4)。つまり、睡眠不足の男性は、夏の暑い日の屋外歩行後に仕事や学習のパフォーマンスを大きく低下させる可能性があり、特に注意する必要がある。

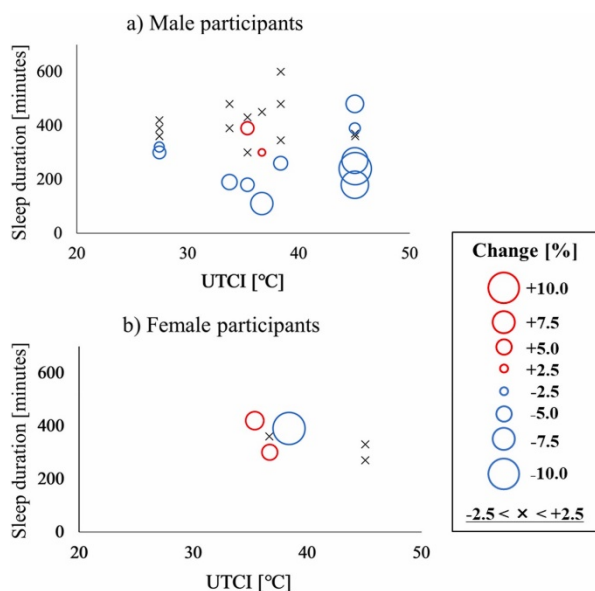


図 4：UTCI、睡眠時間、屋外歩行前後での正答率変化をまとめたバブルチャート。

また、単純な作業よりも複雑な作業において熱ストレスによって知的生産性が低下しやすい。したがって、2 桁の足し算よりもはるかに複雑な仕事や学習には、本実験結果よりも屋外歩行の効果

がより顕著に表れる可能性がある。

4. まとめ

本研究は、日本のオフィスワーカーや学生が日常的に経験する都市街区における短時間屋外歩行に着目し、その短時間歩行がその後の室内での知的生産性に及ぼす影響について明らかにした。

たった 15 分の屋外歩行であっても、UTCI が 44°C を超えるような厳しい暑熱環境や、睡眠が十分でない場合には、室内での知的生産性が歩行後に有意に低下することが示された。本研究結果は、日本におけるオフィスワーカーの生産性や学生の学習効率を向上させるために役立つと期待される。

謝 辞

本講演は *Building and Environment* に掲載された Asano et al. (2022) の内容を再構成したものです。詳細な内容につきましては原著論文をご参照ください。本研究は、独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20192005) により実施されました。また、本研究の一部は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム「気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究」JPMXD0715667165 の助成を受けました。

参 考 文 献

- Y. Asano, Y. Nakamura, A. Suzuki-Parker, S. Aiba, H. Kusaka, Effect of walking in heat-stressful outdoor environments in an urban setting on cognitive performance indoors, *Build. Environ.*, 213 (2022) 108893, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108893>.
- P. Bröde, D. Fiala, K. Błażejczyk, I. Holmér, G. Jendritzky, B. Kampmann, B. Tinz, G. Havenith, Deriving the operational procedure for the universal thermal climate index (UTCI), *Int. J. Biometeorol.* 56 (2012) 481–494, <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0454-1>.
- T.Y. Chang, A. Kajackaite, Battle for the thermostat: gender and the effect of temperature on cognitive performance, *PLoS One* 14 (2019) 1–10, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216362>.
- Y. Chen, M. Tao, W. Liu, High temperature impairs cognitive performance during a moderate intensity activity, *Build. Environ.* 186 (2020) 107372,

- <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107372>.
- N. Gaoua, J. Grantham, F. El Massioui, O. Girard, S. Racinais, Cognitive decrements do not follow neuromuscular alterations during passive heat exposure, *Int. J. Hyperther.* 27 (2011) 10–19, <https://doi.org/10.3109/02656736.2010.519371>.
- N. Gaoua, J. Grantham, S. Racinais, F. El Massioui, Sensory displeasure reduces complex cognitive performance in the heat, *J. Environ. Psychol.* 32 (2012) 158–163, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.01.002>.
- G. Havenith, D. Fiala, K. Błażejczyk, M. Richards, P. Bröde, I. Holmer, H. Rintamaki, Y. Benschabat, G. Jendritzky, The UTCI-clothing model, *Int. J. Biometeorol.* 56 (2012) 461–470, <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0451-4>.
- Y. Harrison, J. Horne, One night of sleep loss impairs innovative thinking and flexible decision making, *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.* 78 (1999) 128–145.
- J.G. McCoy, R.E. Strecker, The cognitive cost of sleep lost, *Neurobiol. Learn. Mem.* 96 (2011) 564–582, <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2011.07.004>.
- K. Liu, G. Sun, B. Li, Q. Jiang, X. Yang, M. Li, L. Li, S. Qian, L. Zhao, Z. Zhou, K. M. von Deneen, Y. Liu, The impact of passive hyperthermia on human attention networks: an fMRI study, *Behav. Brain Res.* 243 (2013) 220–230, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.01.013>.
- W. Liu, X. Tian, M. Tao, A model to quantify the relation between cognitive performance and thermal responses in high temperature at a moderate activity level, *Build. Environ.* 207 (2022) 108431, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108431>.
- J. Pilcher, J. Nadler, C. Busch, Effect of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review, *Ergonomics* 62 (2002) 682–698.
- O. Potchter, P. Cohen, T.P. Lin, A. Matzarakis, Outdoor human thermal perception in various climates: a comprehensive review of approaches, methods and quantification, *Sci. Total Environ.* (2018) 390–406, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.276>, 631–632.
- J.D. Ramsey, C.L. Burford, M.Y. Beshir, R.C. Jensen, Effects of workplace thermal conditions on safe work behavior, *J. Saf. Res.* 14 (1983) 105–114, [https://doi.org/10.1016/0022-4375\(83\)90021-X](https://doi.org/10.1016/0022-4375(83)90021-X).
- G. Sun, X. Yang, Q. Jiang, K. Liu, B. Li, L. Li, L. Zhao, M. Li, Hyperthermia impairs the executive function using the Attention Network Test, *Int. J. Hyperther.* 28 (2012) 621–626, <https://doi.org/10.3109/02656736.2012.705217>.
- B. Tawatsupa, V. Yiengprugsawan, T. Kjellstrom, J. Berecki-Gisolf, S.A. Seubsman, A. Sleight, Association between heat stress and occupational injury among Thai workers: findings of the Thai cohort study, *Ind. Health* 51 (2013) 34–46, <https://doi.org/10.2486/indhealth.2012-0138>.
- L. Taylor, S.L. Watkins, H. Marshall, B.J. Dascombe, J. Foster, The impact of different environmental conditions on cognitive function: a focused review, *Front. Physiol.* 6 (2016), <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00372>.
- M. Thomas, H. Sing, G. Belenky, H. Holcomb, H. Mayberg, R. Dannals, H. Wagner, D. Thorne, K. Popp, L. Rowland, A. Welsh, S. Balwinski, D. Redmond, Neural basis of alertness and cognitive performance impairments during sleepiness. I. Effects of 24 h of sleep deprivation on waking human regional brain activity, *J. Sleep Res.* 9 (2000) 335–352.