

令和元年6月3日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14343

研究課題名(和文)歩行者が経験する熱ストレスの総和を考慮した新たなフレームによる屋外環境評価の提案

研究課題名(英文) Proposal of a prediction method of outdoor thermal environment by using a new framework considering the total heat stress of walking pedestrians

研究代表者

持田 灯 (Mochida, Akashi)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：00183658

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではまず、ある歩行経路上の物理環境と歩行者の生理量の同時計測を行い、歩行者が曝される物理環境条件と生理量の関係を明らかにした。また、歩行する人間の熱中症Risk、温熱快適性評価のため、既存の複数の人体温熱生理モデルの精度検証を行い、適切なモデルを選択した。次に、このモデルと放射・流体連成解析を併用し、「市街地内の歩行する人間の熱ストレスを許容範囲内に収める」という新たな視点に基づく屋外温熱環境評価手法を提案した。この評価手法に基づき、アーバンクールスポットとしての街路樹の最適配置方法の検討、各種都市温暖化対策の評価を行い、新橋のある街路を例に最適な対策の提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

既往の屋外温熱環境評価は街路空間内の各ポイントの物理量の空間分布に基づいていたのに対し、本研究では、「歩行者が時間経過とともに移動していく各ポイントにおいて短期曝露されていく歩行経路上の温熱環境の総体が屋外空間の熱中症Riskや温熱快適性を決定する」という前提に立った、より実現象に即した新しい評価の枠組みを提案した。さらに、そのための予測ツール、そしてこの枠組みに基づいた評価手法を開発した。これにより実現象に即した適切な暑熱化対策の検討を行うことが可能となった。

研究成果の概要(英文)：First, simultaneous measurements of outdoor thermal environments and physiological responses of walking pedestrians were conducted and the relationships between the thermal environments and the physiological responses were determined. Secondly, the validation of the human thermoregulation models was performed in order to select the suitable models for heatstroke and thermal comfort evaluation of walking pedestrians. Lastly, a new prediction method of outdoor thermal environments based on the viewpoint of “suppressing heat stress increase of walking pedestrians to keep thermal environment in outdoor space within acceptable range” was developed by using these models and coupled simulations of radiation, conduction and convection. Based on this method, a study of the most suitable arrangement of cool spots and the evaluation of countermeasures against urban warming in a certain street in the Shimbashi area was conducted.

研究分野：都市環境工学、数値流体力学

キーワード：地球/都市環境 建築環境/設備 屋外移動測定 人体温熱生理モデル 熱ストレス クールスポットの配置計画 歩行者の快適性評価 歩行者の熱中症リスク

3 8 8 3
 56 E 5 7 K 8 G b S u 0 W E 0 0
 6 p m / 6 B 6 0 / A S G P K
 b 0 0 6 / 2 5 6 b 1 5 b 5 6 (M 8 8 S M)
 0 6 8 [0 6 2 K 8 a C M m A 8 S f (C)
 / 8 C b f / W A S K K 8 6 / K 8 G
 C 6 B # A v b [6 W v %
 / # 0 [8
 5 u / 1 2 (w E b 6 6 b) r M A 0 0
 6 / m A [6 *

(W 1) G b r 1 0 6 m 2

G 3 4 M

0, % 2 b %

(1) C 8 = 5 6 (b 6 5 6 / M 6 b) 2 W S / 1 5

K / # 0 0 3 b 6 M

(2) / M 6 b p

Risk # 0 6 b S u b 0 6 / 1 1 b

(0 8 4) M E M

(3) (2) I g : 7 4 B 0 G K / / M 6 b 0

p a 8 : S 0 i l Y C 0 0 6 S (M)

(4) (3) b 0 6 8 K b / 2 b 4 : 4 * (2 0)

M

(5) / 2 b 4 * (6 0 w P)

(3) b 0 6 M A 0 6 M

1, % 2 b 2

(1) b 6 0 2 b 1 0 / # b 1 5 b 0 / 8 / #

1 1 0 3 b 6

M

(2) (1) S S 1 0 0 5 3 P 1 / # b 3

M S u b / 1 b 4 E I g 0 b 7

(3) (2) [(H I S / 1 1 7 4 B 0 G K / #

6 8 / M 6 b 3 2 T % K S p

f M

(4) / 2 b 4 * (6 7 I O S

Risk # 0 6 M m 2

Y A / 2 b 4 * (6 7 / M 6 b p

#

K

(3) f K S m 2

(5) b B 8 S w / B 1 M M A w

Risk # b 6 b 0 / #

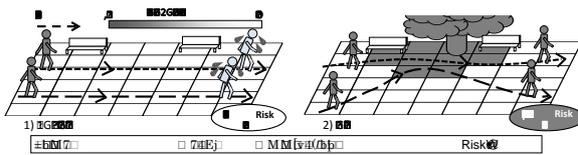
B 6 b / b 0 6 M

2 2 8

(1) 9 8 b

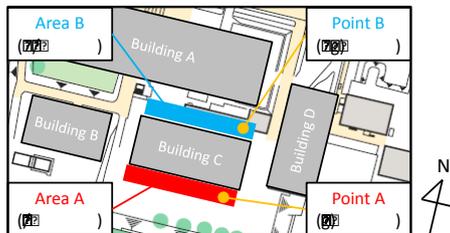
2016~2018 b 6 7 % b i g 7 g B i d

(W 2)



W 1 % 2 f m

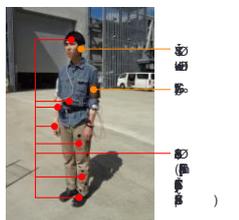
K 8 0 0 b *



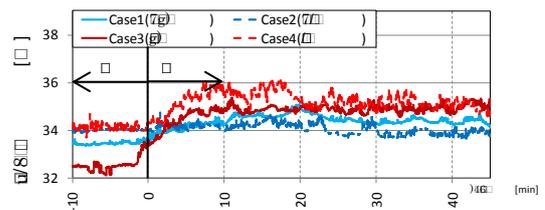
W 2 d



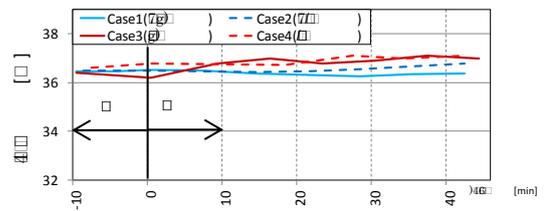
W 3 (b)



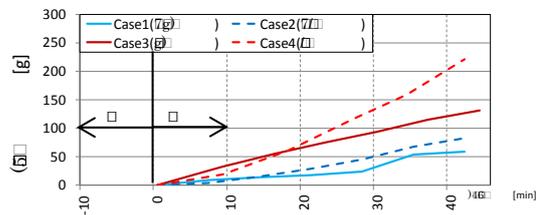
W 3 (b)



(1) w/8



(2) 4



(3) (b)

W 4

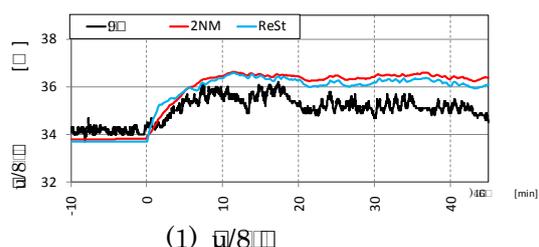
3 gM 0883b [ACM] □
 /25/0/5556KS0bM [K] □
 2016 05566W □
 □ □ 83b# □ r bw □ s /bw#ACM* □
 90MSu □ □ ~s b0 [I] □ 1 NM (KS) □
 WbWS □ □ □ 7b □ Case1, 2 [BK] □
 ICu bpg [G] □ 10 (r) □ 35 □ r [KS] Sg) b v /b □ Case3, 4
 b% P v 3 b s 8 j # AC w ESG # b □ S □
 r # S □ 36.5 □ 3 [NK] 5 7 b □
 # [v] 0.3 □ [6WS] b PK b # (□ 0.7 □ KS □ s (5 □
 g) [r] BK (□ 2.2 b s / (g) □
 BK (□ 2 b WS □

(2) / 8

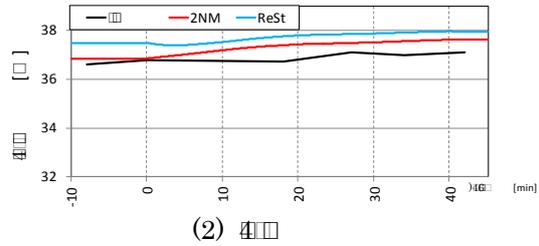
(1) b [S] C K / 1 0 5 □
 /8/56 BK S 0 b P 1 □
 □ Stolwijk model % 5, KS Revised-Stolwijk model 8S □
 8 2 8 8 j e □ Case4 P M b 0 W □ 5 g M □
 G b) # 3 8 1 S □ 2NM b 1 0 6 8 □
 K G K S □
 - 2NM / 5 b (b 5 % K 1 1 7 □
 8 b P v 4) □ α_c □
 1 b Case1) P K 8 / 8 b □ α_c □
 b g □ r v b s 8 j b # A 8 □ Case2~5 e 3)-6) 0 K S G b □ Case [□ □ 4
 α_c □ (S I C / 1 s 8 j □) v b b % 6 b □
 v l g □ □ M 0 5 O S 8 S b) v (□ Gage b f M 5 b f M □
 9 8 G 0 K S □ (W 6) □ □ 1) Gage b □ (□

(3) 8 8

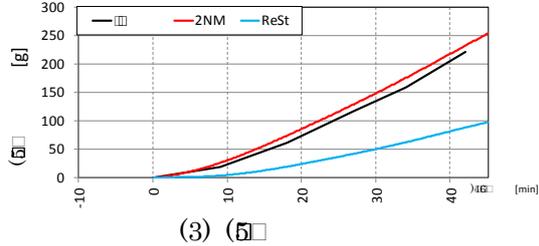
q 8 Risk 8
 □ 38 □ 6 8 / 1 5 5 b □ ISO7933 □ b b □ (4 □
 6 f K b 1 b 0 6 K 8 2 (6) 2 / M □ 3 % □) e [b 6 K 7 □
 6 I C / 1 K 7 6 □ # 7 b 5 □ Risk 0 6 M S f K S □
 M 8 S p □



(1) α/8



(2) 4

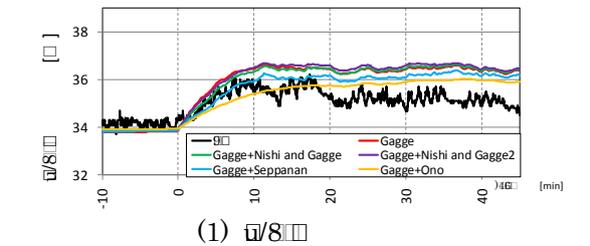


(3) 5

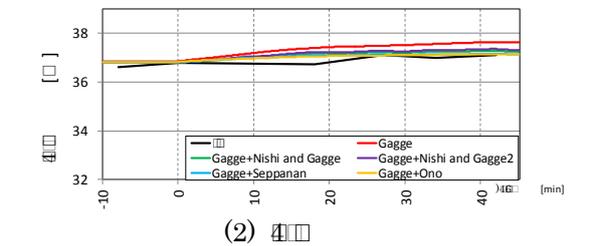
W 5 0

/ 1 / 8 b P v 4) b □ □ 2)

	GpGGv	0g
Case1	Gage	$\alpha_c = 5.7(M - 0.8)^{0.39}$
Case2	Gage + Nishi and Gage	$\alpha_c = \max\{5.7(M - 0.8)^{0.39}, 8.6V_{ms_relative}^{0.53}\}$
Case3	Gage + Nishi and Gage2	$\alpha_c = \max\{5.7(M - 0.8)^{0.39}, 6.5V_{ms_relative}^{0.39}\}$
Case4	Gage + Seppanen	$\alpha_c = \max\{5.7(M - 0.8)^{0.39}, 14.8V_{ms_relative}^{0.69}\}$
Case5	Gage + Ono	$\alpha_c = \max\{5.7(M - 0.8)^{0.39}, 4V_{mv_relative} + 0.35V_{mv_relative}(TI) - 0.0008(V_{mv_relative}(TI))^2 + 3.4\}$



(1) α/8



(2) 4

W 6 0

62
 SET* M (W8 SET*) Gb ASHARAE
 Od W [MG] W
 2 MG 8 M 8 / 2 b 4 / 7 b 3 0 6
 M f K S
 m 2 8 G [b / 2 5 6 5 6 1 0 6 6 7
) 2 P M 0 6 1 G I O G (0 2 M / K 0 6 M G
 W S

(4) 2
 68
 18~30m b 5
 g 8 b 0 6 b 0 K S (/ 2) 0 b 7 1 6
 k ~ K S g 5 6 1.2m/s [M g K S b 0
 h b 0 (7 3 W 7 g I S 8 4 (5 6 0) W 8
 g M 4 1 5 0 4 F (K b) B S
 90~140 0 4 p b = [6 3 8 2 8 (5 8
 h v p b = [6 5 b 3 % (2 1 0 0 g) 4) M S 4
 = 4) K 8
 4 W 9 b g M G [A
 4) 8 6 6 b 4 7 d
 21m W b 6 7 [

(5) 2
 4: K 6 b / K S p Risk 0 6 / W S 0 8 b (2 b 0 Y
 4 (W 1.2m/s [M K S (W 1 0 : e) 0
 8 3 4 M b 0 [M G 2 4 0 p 2 % 8 S u G b / 2
 4 * (D 8 8 g K 2 6 (b / W S) g M T (MRT)
 5 (4)) b N (W 1 1 , 1 2) MRT b 9 8 j / K 8 6 8
 4 6 j K 8 8 G 0 [A
 G b) b 5 6 (M C 0 6 [7 b / * b
 C m 0 6 1 0 6 K 8 g I S 2 6
 * M 8 : S 0 i 0 6) s 3 t G 9 4 :) P f g M
 G W S 0
 P 1 1 w P K S 0 6 b / K
 P b 0 6 K S h 8 9 6 h 8) s W
 (4) f K S 0 6 m 2
 10 : 1 6 5 % h 8 4 =

/ 2 0 0

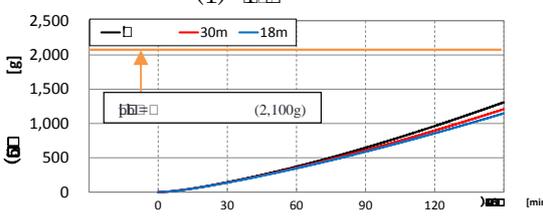
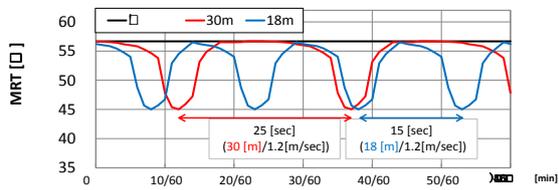
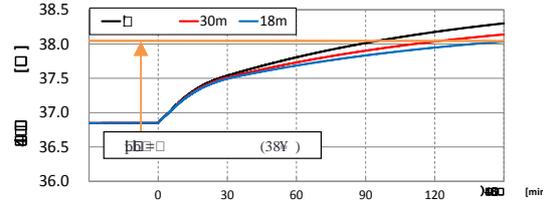
GGGG	g
Case 30m	G 6 2 7 0
Case 27m	G 6 2 7 0
Case 24m	G 6 2 7 0
Case 21m	G 6 2 7 0
Case 18m	G 6 2 7 0

/ 4 7 6

GGGG	g	Case 30m	Case 27m
7	0	0	0
GGGG	g	Case 24m	Case 18m
7	0	0	0
6	0	0	0

/ 3 0 (3)

80%	g
g	B 0 0 0
% P 5	0 0 0
83	g
% P 3	/ 3 0
MRT	6 6
ap 5	7 7 0 / 0 3 4
% T / 5	0 0 G G w G G = G G %
36	1.7 [m]
g	70 [kg]



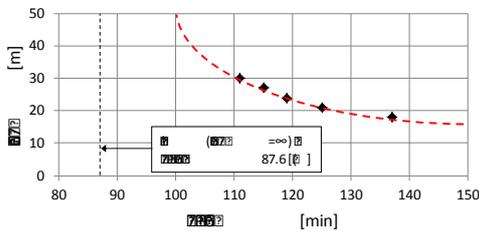
W 7 (MRT b)

(2) 5 W 8 0

(W 10:2e, □)8b SET* K068/PK0
 [6 □ 35 □ WG8 □ (08 □)KS (/ □ 5:eW 16m □
 *K/718C/2 □ (W 10:2e, □)bOKS □
 □ SET*b)W 14 07H □ (35 □)WGm □ 5:gMGG □
 2b90 □ 35 □ aWG/ □ EG □
 (ES6b/M BM bFO6 □
 Pbo8j4#06K8G □A □
 b06[31S □a □ 9C □
 7[7C/M □3b □C □p □M □
 □ (W 15)G bG b □b06Pbo8j4#06M □
 I[6 □

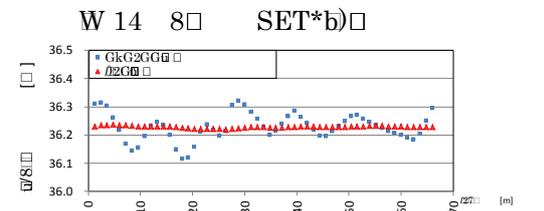
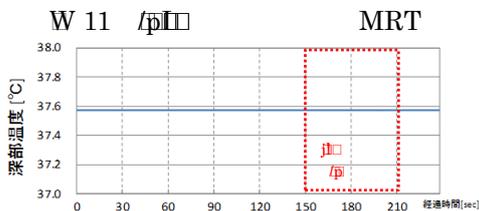
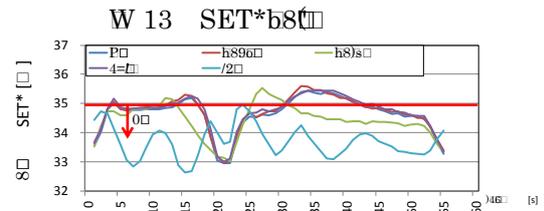
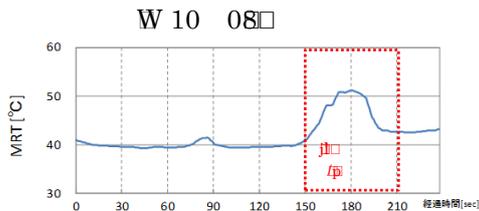
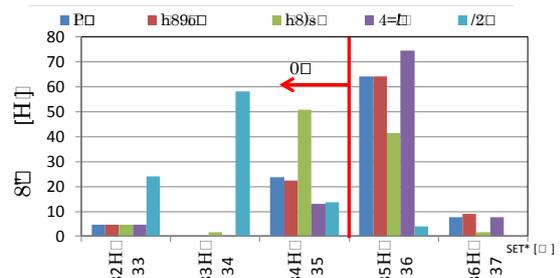
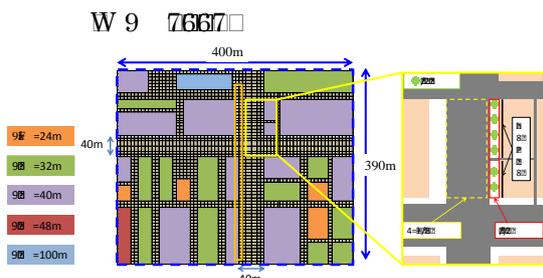
0°
 < >:G □ , M: □p5 □ [met], u_i :%b83b 3 B □
 (i=1:4/ □ , i=2: □ , i=3:5% □) [m/s],
 $u_{walking,i}$: □ 3 B □ [m/s], $u_{relative,i} (=u_i - u_{walking,i})$:%b □ P □ [m/s],
 $V_{ms_relative}$: $\sqrt{u_{relative,i}^2}$ [m/s], $V_{mv_relative}$: $\sqrt{\langle u_{relative,i} \rangle^2}$ [m/s],
 $u'_{relative,i}$: $u_{relative,i} - \langle u_{relative,i} \rangle$ [m/s], TI: □b □ (=100 × $\sqrt{u'_{relative,i}^2 / V_{mv_relative}}$) [%]

- 1)
- 2) $V_{ms_relative}$ 1.66 □ $V_{mv_relative}$ (40 (6 □)bKS □
- 3)
- 4) 2010~2014 b 8 v □b0 #b8K □
 90%P 833b 1 b00 □ ±1 □ □
 ±10% □ ±1m/s □ ±1h p □K □ 2011 □ 8 v 8 0P1KS □
- 5)
 1.2m/s □/27 □
 KKS □



/ □ 5 P □

	□ 08 □	8 □ 06 □
P □	28.3 [%]	74.5 [%]
h896 □	26.8 [%]	70.9 [%]
h8 □	57.0 [%]	87.3 [%]
4= □	17.7 [%]	67.3 [%]
Z °	95.9 [%]	100 [%]



W 12 □/ □/ □/ □
 W 15 (TK) E8 □
 □/ □/ □/ □ □ 5)

- 1) Gagge, A.P. et al.8 ASHARAE Trans., 77, pp.247-262, 1971
- 2) , pp.73-74, 2013.3
- 3) Gagge, A.P. et al.8 ASHARAE Trans.,82, pp.234-247, 1976
- 4) Nishi, Y. et al.8 Journal of Applied Physiology, 29, pp.830-838, 1970
- 5) Seppanen, O. et al.8 ASHARAE Trans., 78, pp.120-130,1972
- 6) , 601, pp.9-14, 2006.3
- 7) , 623, pp.107-114, 2008.1

3) □
 7) □

1. (b) 1) 2019 () 2019 □
 b 2019 () 2019 □
2. (b) 5) Penman-Monteith 2 □
 b () 2019 () 2019 □
3. Penman-Monteith 2 □ (b) 6)
 □ 2019 () 2019 □
4. (b) 3) □ □ pp.
 #E () 2018 () □ □ pp.
 935-936 □ 2018 □
5. □ □ pp.41-44 □ 2018 □
6. (b) 1) 2017 ()
 b) □ □ pp.759-760 □ 2017 □
7. (b) 2) □ □ pp.761-762 □
 2017 () 2017 □

1. (b) 3) 2018 ()
 # () □ 2018.9.6 □ ()
2. □ □ 2018.3.9 □
 # ()
3. (b) 1) () □ 2017.9.1 □ ()
 # 2017 () □ 2017.9.1 □ ()
4. 2) 2017 ()
 □ () □ 2017.9.1 □ ()

4> 2)°
 (1)% () ^ K
 (2)% *
 % ()
 (GOTO, tomonobu)
 % □ ()
 (KOBAYASHI, hikaru)
 % □ ()
 (MOTOE, masashige)