

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 18 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26289200

研究課題名(和文) 猛暑による健康被害リスクの評価と増幅要因分析に基づく屋外温熱環境設計理論の再構築

研究課題名(英文) Reconstruction of theory for outdoor thermal environment design based on evaluation and analysis of the health risk in hot summer conditions

研究代表者

持田 灯 (Mochida, Akashi)

東北大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00183658

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：都市温暖化対策を地球温暖化の緩和効果、ヒートアイランド現象の緩和効果、都市温暖化への適応効果の観点から総合的に評価するシステムを構築した。さらに、猛暑による熱的健康被害のRiskをメソ・ミクロ気候一貫解析結果から推定する手法を提案した。本手法では、RiskをもたらすHazardを、上空の気象条件によるNatural Hazardと、市街地計画による増幅分を足し合わせた市街地内部のHazardに分けて評価する。以上で構築した予測・評価システムを用いて各種都市温暖化対策の効果を定量的に評価するとともに、将来の気象条件の変化も考慮し、適切な屋外温熱環境設計のために優先度をまとめた。

研究成果の概要(英文)：There are two aspects to the countermeasures against urban warming: mitigation and adaptation. Moreover, urban warming is caused by both global warming and urban heat islands (UHIs). This study proposed a system to assess the effects of countermeasures used to mitigate global warming, mitigate UHIs, and adapt to urban warming simultaneously. Moreover, an evaluation method for outdoor health risk in the extremely hot days was developed. In this study, to distinguish between hazards that cannot be controlled by humans and those that can be controlled by modification of urban structures, "natural hazard" and "actual hazard" were defined, respectively.

Using the assessment systems, the effects of countermeasures were evaluated. Finally, the priority of measures for appropriate design of outdoor urban environment under future climate conditions was concluded.

研究分野：都市環境工学、数値流体力学

キーワード：建築環境・設備 地球・都市環境 Severe Weather 屋外温熱環境設計 熱中症 Risk評価

1. 研究開始当初の背景

都市温暖化は地球温暖化とヒートアイランド現象が複合して生じている。都市温暖化対策の効果の評価は既に数多く行われてきたが、各種対策が、地球温暖化を緩和するものであるのか、ヒートアイランド現象を緩和するものであるのか、都市温暖化に対する適応策であるのかの区別が曖昧なことが多く、不合理な政策決定や建築計画が散見される。さらに、ヒートアイランド現象の進行により、都市域の暑熱化が問題視され、その実態把握や対策に関する多くの研究が行われてきたが、その殆どは標準的な夏季の晴天日を想定していた。しかし、人体表面温度を外気温が上回る猛暑が近年増加しており、このような条件下での暑さ対策や熱中症等の健康被害の Risk 評価が求められる状況となっている。

2. 研究の目的

(1)都市温暖化対策の目的を、A) 地球温暖化の緩和、B) ヒートアイランド現象の緩和、C) 都市温暖化への適応の3つに分け、各々の目的に照らした都市温暖化対策の評価指標を算出する総合的な評価システムを提案する。

(2)標準的な夏の気候条件下の温熱快適性評価に加え、猛暑による熱的健康被害を新たに評価するための健康被害 Risk を定義する。

(3)屋外において人間は歩行していることが多く、熱的健康被害 Risk の評価においては、あるポイントにおける熱ストレスが大きくても、直ちにそこを通過する歩行者に健康被害が生じるわけではない(図1)。そこで、「人間の移動」の概念を加えた、より実現象に即した健康被害 Risk 評価手法を提案する。

(4)以上を踏まえ、将来の気候変化も考慮し、屋外温熱環境設計理論の再構築を行う。

3. 研究の方法

(1)都市温暖化対策の目的を、A) 地球温暖化の緩和、B) ヒートアイランド現象の緩和、C) 都市温暖化への適応の3つに分け、それぞれの評価領域及び対象を明確化するとともに、それぞれの評価指標を提案するこ

とで、総合的な評価システムを組み立てる。

(2)災害 Risk は一般に(1)式で表される。

$$Risk = \text{発生する事象 (Hazard)} \times \text{影響の大きさ (Vulnerability)} = f(Hazard) \quad (1)$$

この概念を展開し、猛暑による熱的健康被害 Risk を定義し、Risk 評価を行う。

(3)Risk 評価のために、これまでに開発してきたメソ・ミクロ・体感気候の予測モデルをダウンスケール解析手法により連結した一貫解析システムを構築する。

(4)時間経過とともに各ポイントにおいて短期間曝露されていく歩行経路上の温熱環境を人体熱生理モデルに入力することで歩行する人間の熱的健康被害 Risk を評価する。

(5)以上の成果を用いた実市街地を対象とするシミュレーション結果に基づき、屋外温熱環境設計ガイドラインに係る各種都市温暖化対策技術の優先度をまとめる。

4. 研究成果

(1)猛暑による健康被害 Risk の定義と Risk 増幅要因の評価

(1)式において市街地内部の Hazard は、上空の気象条件による Natural Hazard と市街地の物理的特性(人工被覆率、日陰面積率等)による増加分の足し合わせと考える(図2)。着目する市街地の物理的特性が内包する脆弱性(Vulnerability)による市街地内部の Hazard の増加、さらにこれによる Risk の増加を表すために、Risk 増幅率を(2)式で定義する。Risk 増幅率を用いると、市街地内部の Hazard による健康被害 Risk は(3)式で表せる。Risk 増幅率が1を上回れば、Natural Hazard による Risk を増加させ、1を下回れば Natural Hazard による Risk を低減させることを表し、温熱環境設計の適否を評価するパラメータとなる。

$$Risk \text{増幅率} = \frac{f(\text{実市街地内の気象条件})}{f(\text{市街地上空の気象条件})} \quad (2)$$

$$Risk = f(\text{市街地上空の気象条件}) \times Risk \text{増幅率} \quad (3)$$

本研究では、猛暑による熱的健康被害 Risk

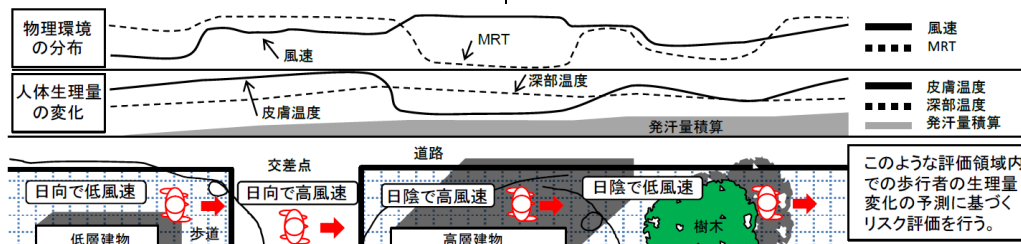


図1 街路上の物理量と歩行者の生理量の変化のイメージ



図2 市街地環境計画によるHazardの増加

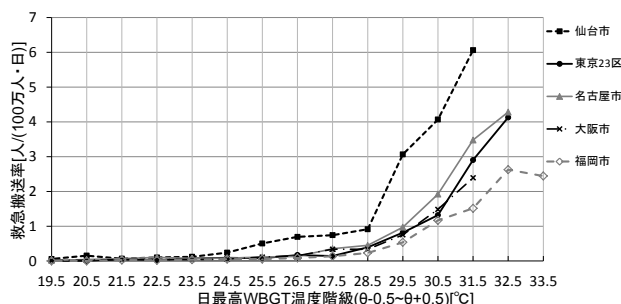


図3 熱中症発症率曲線

を100万人当たり、1日当たりの熱中症発症率で評価することにした。熱中症の救急搬送データと気象データの比較から、WBGT(4式)を熱中症発症と相関の高いHazard評価に適した温熱指標として選定し、図3のようにWBGTを説明変数とした国内主要都市の熱中症発症率曲線を作成した。

$$WBGT = 0.2T_a + 0.7T_w + 0.1T_g \quad (4)$$

$T_a$ : 乾球温度、 $T_w$ : 湿球温度、 $T_g$ : 黒球温度

**(2)都市温暖化対策手法の総合評価フレームの構築** 都市温暖化は地球温暖化とヒートアイランド現象が複合して生じている。また、温暖化対策は緩和と適応の2つに大別できることから、都市温暖化対策の目的は、A) 地球温暖化の緩和(省エネルギー化)、B) ヒートアイランド現象の緩和、C) 都市温暖化への適応の3つに分けられる。そこで、図4のように3つの観点に対応する領域A)~C)と指標を各々定義した。

①地球温暖化緩和効果の評価(領域A): CO<sub>2</sub>削減効果の評価するために、領域Aは平均的な夏日を対象として一日当たりの空調用エネルギー消費総量(顕熱負荷+潜熱負荷+空調立ち上がり負荷)にて評価を行う。

②ヒートアイランド現象緩和効果の評価(領域B): 都市大気部に流出する顕熱総量の削減効果の評価のために領域Bは平均的な夏日を対象として、都市大気部加熱量(都市外表面から大気側に流出する顕熱量-都市外表面に吸収される顕熱量)の一日積算量で評価する。都市外表面から大気側に流出する顕熱量は、壁面から対流により流出する顕熱量と領域A)から排出される人工排熱の和とする。

③都市温暖化への適応効果の評価(領域C): 温暖化現象は、地球温暖化及びヒートアイランドの影響による平均気温の上昇と、気候変動による猛暑日等の頻発に分けられる。そこで領域C)は、SET\*を平均的な夏日の快適性、

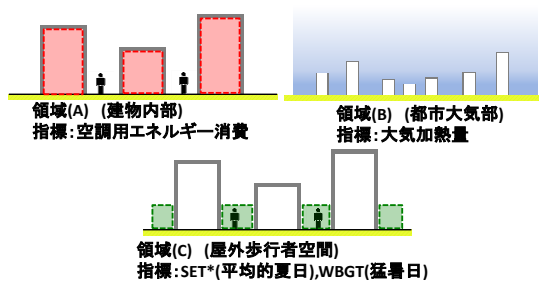


図4 評価領域と評価指標

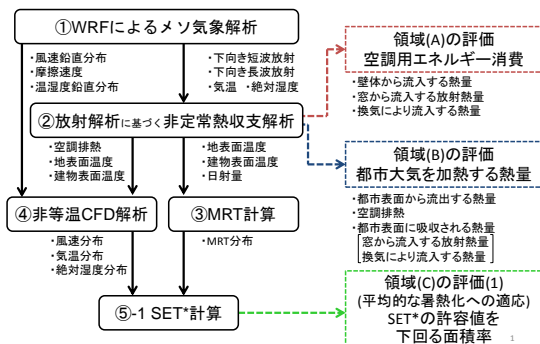


図5 解析フロー(平均的な夏日の例)

WBGTを猛暑日の安全性の評価に用い、目的に沿って使い分ける。

以上を踏まえ、建物内外の熱収支を同時に解析し、A)~C)それぞれの目的に照らした都市温暖化対策の評価指標を算出するシステムを構築した。各指標を算出するための解析フロー(平均的な夏日の例)を図5に示す。

**(3)歩行する人体の生理量変化を考慮した熱中症 Risk 評価手法の開発** 屋外において人間は過酷な温熱環境のポイントに留まっていることは少なく、温熱環境の変化がある街路を歩行していることが多い。そこで、歩行者空間の熱中症 Risk 評価手法に「人間の移動」の概念を加えた手法を開発するため、下記の実測調査を行った。

2014年と2015年の夏季に東北大学青葉山キャンパス内において図6に示すような移動測定を行い、日射や風速の変化で大きく変動する歩行経路上の環境条件と、それに追従する人体生理量の変化の関係を明らかにした。生理量に大きな影響を与え得る要因は、①高風速への曝露、②強い日射への曝露、③環境条件の急変、④人間の歩行、であると考え、4つの影響を別々に検証するために、①~④の要因を1つずつ付加するようにケース設定をした。測定結果の一例として、歩行の有無による平均皮膚温度と深部温度の差を図7に示す。測定結果から、屋外の物理環境と生理量に関して以下の項目が明らかになった。①風速による皮膚温・深部温の下降、②日射による皮膚温・深部温の上昇、③高温・低温環境移動時の深部温度の一時的な上下、④歩行による皮膚表面温度の低下。

測定で得た屋外環境条件を入力値として複数の人体熱生理モデルによる生理量予測を行い、測定値と比較した。実測値により近い結果を得たTwo node modelを熱中症 Risk 評価に用いるモデルとして採用した。Two node modelに、経路を歩行する人間が曝されていく環境条件値を入力し、人体生理量を予測することで、街路空間内の各ポイントではなく、歩行経路を一体とした評価が可能となる。

**(4)新橋を対象としたメソ・ミクロ・体感気候一貫解析による各種都市温暖化対策手法の評価** 図8は、グローバル規模の気候解析から人体の温熱生理解析に至るまでのダウンスケージングのイメージ図である。図5のフローに従い、東京の新橋の実街区(図9)を対象

①環境条件



②生理量

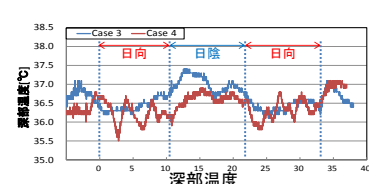
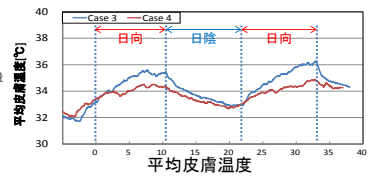
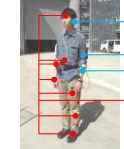


図6 実測の様子

図7 実測結果

に平均的夏日(2011年8月8日)及び猛暑日(2013年8月10日)において、メソ気象モデルとマイクロ気候モデルをダウンスケール手法により連結し一貫解析を実施し、対象建物に各種都市温暖化対策を施した場合の温熱環境への影響を評価した。検討ケースは、①対策なし、②壁面高反射化、③壁面緑化、④遮熱舗装、⑤街路樹。解析結果として、猛暑日におけるWBGTの分布を図10に示す。壁面高反射化は地表付近への日射反射量の増大により、壁面緑化は蒸散に伴う湿度の上昇により、対策なしのケースに比べ歩行者空間のWBGTが上昇した。一方街路樹は、湿度の上昇は見られるが、日射遮蔽によるプラスの効果が大きく、WBGTは低下した。同様に、平均的夏日のSET\*分布も、②~④のケースでは上昇した領域が見られ、⑤では大きく低下することを確認した。

以上の気候解析結果を用いて、各種対策手法の効果を(2)で提案した3つの領域(A)~(C)で定量的に評価した結果を表1に示す。対策なしのケースを比較対象としているが、壁面高反射化及び壁面緑化は地球温暖化緩和対策やヒートアイランド緩和対策として有効であるが、歩行者空間の温熱環境を悪化させてしまう。一方、遮熱舗装は歩行者に悪影響を及ぼすのに加えて、地球温暖化対策としてもマイナスの効果が顕れている。街路樹のみ、特に日射遮蔽効果が原因で全ての観点から有効であるという結果になった。

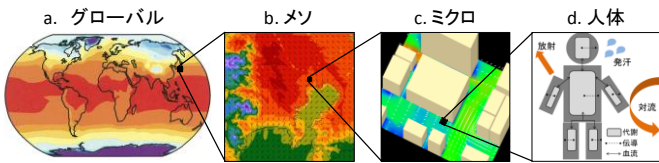


図8 気候予測の詳細化イメージ

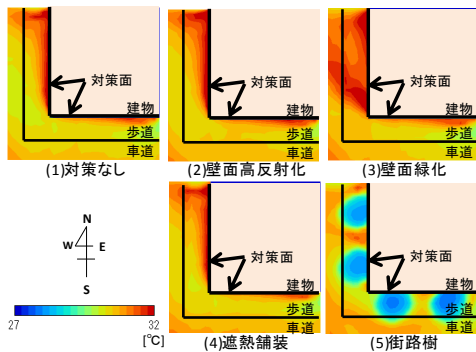


図10 解析結果(猛暑日のWBGT)

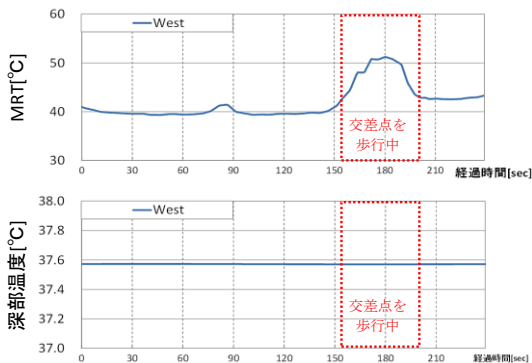


図12 移動経路に沿った解析結果(上: MRT、下: 深部温度)

また、地表に到達する日射を制御する対策技術として開発が進められる、再帰性反射フィルムの効果を数値解析により検証した<sup>[注1]</sup>。鏡面反射フィルムと再帰性反射フィルムを窓面に貼付した場合の地表付近のWBGT分布を図11に示す。窓近傍において、再帰性反射フィルムではWBGTが1.0°C、SET\*が1.3°C低く、一定の効果が確認できた。

さらに、猛暑日を対象に新橋のマイクロ気象解析結果を温熱生理モデルと接続し、人間が街区を歩行した場合の生理量を予測した。その結果に(3)で提案した手法を適用し、人間の移動を考慮した熱中症Risk評価を行った。歩行経路は図9の青枠内。図12に物理環境(MRT)と生理量(深部温度)の推移を示す。MRTの値が高い交差点を歩行している時間帯において、深部温度はほとんど変化が表れていない。この結果から、既往のポイント毎の評価は過剰な暑熱化対策を要求していた可能性が示唆された。人間の歩行を考慮するという新たな視点を評価に組み込むことで、適切な暑熱化対策を提示することが可能となった。

(5)メソ気象解析による将来のNatural Hazardの変化の予測 メソ気象モデルWRFを用いて仙台及び東京を対象に2000年代と2030年代の8月の気象解析を行い、将来のNatural Hazardの分布を予測し現在からの気象条件の変化を分析した。仙台の気象条件(気温、絶対湿度、WBGT)及びそこから算出した1ヶ月、100万人当たりの熱中症発症率について、

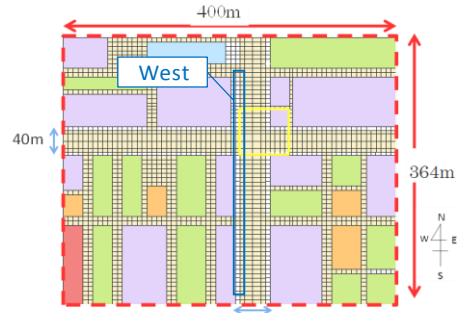


図9 ミクロ解析評価対象街区

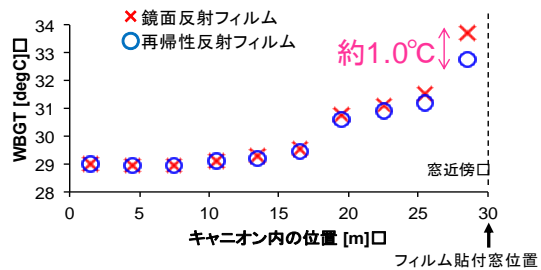


図11 再帰性反射フィルムによる地表面付近のWBGTへの影響

表1 都市温暖化対策の定量評価結果

|        | 領域(A)      | 領域(B)         | 領域(C)       |         |
|--------|------------|---------------|-------------|---------|
|        | 地球温暖化緩和効果  | ヒートアイランド緩和効果  | 都市温暖化への適応効果 | 猛暑への適応  |
|        | 空調用エネルギー消費 | 都市大気部に流出する顕熱量 | SET* 許容面積率  | リスク増幅率  |
| 対策なし   | 5.66[GJ/日] | 47.6[GJ/日]    | 76.6[%]     | 3.14[-] |
| 壁面高反射化 | 5.50[GJ/日] | 45.9[GJ/日]    | 70.9[%]     | 3.65[-] |
| 壁面緑化   | 5.26[GJ/日] | 41.4[GJ/日]    | 73.5[%]     | 3.68[-] |
| 遮熱舗装   | 5.71[GJ/日] | 43.2[GJ/日]    | 74.7[%]     | 3.27[-] |
| 街路樹    | 5.51[GJ/日] | 33.2[GJ/日]    | 92.5[%]     | 1.07[-] |

2030年代と2000年代の差の分布を図13に示す。沿岸部でWBGTの上昇傾向が顕著であった。これは、(4)式よりWBGTは気温より湿度の重みが大きく、将来は海面からの蒸発量の増加に伴い沿岸部で湿度が著しく上昇することに起因する。東京エリアにおいても同様の傾向が確認された。WBGTの上昇に伴い、熱中症発症率も将来は沿岸部で特に増大することが予測された。以上より、将来の気候を見据えた都市内温熱環境を設計するにあたり、気化冷却効果を持つ対策は湿度及びWBGTの上昇、さらにそれに伴う熱中症被害の増大を招く恐れがあることが示唆された。

**(6) 将来における温熱環境設計理論の再構築**

以上の成果を踏まえ、CASBEE-HIで考慮されている対策技術をベースに、将来の気候変化を考慮した屋外温熱環境設計を行う際の優先度をガイドラインとして表2にまとめた。日陰の形成、建物屋上面の高反射化、鉛直面の再帰反射化等により日射を制御することは猛暑日の出現頻度の増加が予測された将来の気候下において非常に有効な対策である。風通しは、平均的な夏日において対流により人体からの熱放散や発汗作用の促進が期待できる。しかし、猛暑日では人体表面温度より気温が高いため、風が吹くことで大気から人体への熱供給が促進される。また、海

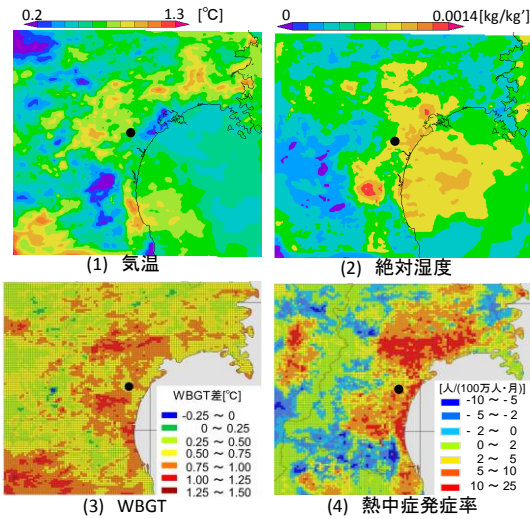


図13 仙台の気候変化予測結果 (2030年代-2000年代)

表2 将来における各種都市温暖化対策の優先度

| 大項目   | 中項目   | 小項目  | 優先度  |
|---|---|--|--|
| 1. 風通し  | QH <sub>HI</sub> -1 敷地内の歩行者空間等へ風を導き、暑熱環境を緩和する             |  | △  |
|   | LR <sub>HI</sub> -1 風下となる地域への風通しに配慮し、敷地外への熱的な影響を低減する      |  | △  |
| 2. 日陰   | QH <sub>HI</sub> -2 夏季における日陰を形成し、敷地内歩行者空間等の暑熱環境を緩和する      |  | ◎  |
|   | QH <sub>HI</sub> -3 敷地内に緑地や水面等を確保し、敷地内歩行者空間等の暑熱環境を緩和する    |  | △  |
| 3. 外構の地表面被覆 (微細ミスト噴霧を含む)                        | LR <sub>HI</sub> -3 地表面被覆材に配慮し、敷地外への熱的な影響を低減する            |  | △  |
|   | 4. 建築外装材料   | QH <sub>HI</sub> -4 建築外装材料等に配慮し、敷地内歩行者空間等の暑熱環境を緩和する                    | ①屋上(人が出入りできる部分)の緑化に努める                                   |
| ②外壁面の材料に配慮する                                    |   |  | 建築物の南側や西側の日射の影響が強い壁面等の緑化に努める<br>窓面や壁面等へ再帰反射材料を選定することに努める |
| LR <sub>HI</sub> -4 建築外装材料等に配慮し、敷地外への熱的な影響を低減する |   | ①屋根面の緑化等と高反射材料を選定するように努める  | ○  |
|   |   | ②外壁面の材料に配慮する   | ○  |
| 5. 建築設備からの排熱                                    | QH <sub>HI</sub> -5 建築設備に伴う排熱の位置等に配慮し、敷地内歩行者空間等の暑熱環境を緩和する | ①建築物の外壁・窓等を通しての熱損失の防止及び空調設備等に係るエネルギーの効率的利用のための措置を講ずることにより、大気への排熱量を低減する | ○  |
|   |   | ②建築設備に伴う排熱は、低温排熱にすること等により、気温上昇の抑制に努める                                  | △  |

風は多量の湿気を含むため、湿度の上昇に伴う熱中症被害の深刻化も懸念される。したがって、風通しの有効性の評価には更なる検討を要する。同様に、緑地、水面等の蒸発促進により気温低下を図る気化冷却型の対策の有効性も注意深く検討する必要がある。

【注1】 指向反射を考慮した諸量は次式により計算される。

$$S_i = \alpha_{i\theta} E_{Di} + \alpha_i \sum_{k=1}^{N_{sky}} \kappa_{ki} A_i F_{ik} I_{SH} + \alpha_i \sum_{k=1}^N F_{ki} \cdot \pi \cdot R_{Sk(i)} \quad (5)$$

$$R_{Si(j)} = \rho(\theta_s, \phi_s; i, j) E_{Di} + \sum_{k=1}^{N_{sky}} \kappa_{ki} \rho_{Si(j)} A_i F_{ik} I_{SH} + \sum_{k=1}^N \kappa_{ki} F_{ki} \cdot \rho_{ki(j)} \cdot \pi \cdot R_{Sk(i)} \quad (6)$$

$$\kappa_{ki} = \rho_{hemi(k,i)} / \sum_{j=1}^N F_{ij} \cdot \pi \cdot \rho_{ki(j)} \quad (7)$$

$$S_{Ti} = \tau_{i\theta} E_{Di} + \tau_i \sum_{k=1}^{N_{sky}} \kappa_{ki} A_i F_{ik} I_{SH} + \tau_i \sum_{k=1}^N F_{ki} \cdot \pi \cdot R_{Sk(i)} \quad (8)$$

$S_i$ : 日射吸収量[W],  $A_i$ :  $i$ の面積[m<sup>2</sup>],  $E_{Di}$ ,  $E_{Si}$ : 直達天空日射量[W],  $F_{ij}$ :  $i$ から $j$ を臨む形態係数,  $F_{is}$ : 天空率,  $I_N$ : 法線面直達日射量[W/m<sup>2</sup>],  $I_{SH}$ : 水平面天空日射量[W/m<sup>2</sup>],  $R_{Si}$ : 日射に対する射度[W],  $S_{Ti}$ : 透過日射量[W],  $\gamma_i$ : 受照率,  $\theta_i$ : 日射入射仰角,  $\alpha_i$ ,  $\rho_i$ ,  $\tau_i$ : 日射吸収率, 反射率, 透過率,  $N_{sky}$ : 解析領域内の天空面に該当する面要素数,  $\theta_s$ ,  $\phi_s$ : 面要素に対する日射入射仰角, 方位角,  $\rho_{kij}$ :  $k$ を発し $i$ に到達する放射エネルギーのうち, $j$ の方向に反射する割合[1/sr],  $\rho_{ki}$ :  $k$ から $i$ へ反射する放射エネルギーの分布関数の修正係数,  $\rho_{hemi(k,i)}$ :  $k$ を発し $i$ に到達する放射エネルギーがさらに解析領域全体へ反射する割合の計測値

指向反射は $\rho_{kij}$ により決定づけられる。ANDモデルに基づき再帰性反射フィルムの反射特性のモデル化を行う。ANDモデルは、反射エネルギーの指向反射成分の反射方向に対する分布が、その値が最大となる方向成分を中心に正規分布関数を回転させることにより得られる非等法的な曲面分布を有すると仮定した指向反射率の計算モデルである。

$$\rho(\theta_i, \theta_o; \phi_o) = \rho_{Df}(\theta_i) + \rho_{Sp}(\theta_i, \theta_o; \phi_o) \quad (9)$$

$\rho_{Df}(\theta)$ : 入射仰角における単位立体角反射率の拡散反射成分[1/sr],  $\rho_{Sp}(\theta_i, \theta_o; \phi_o)$ : 入射仰角、反射仰角、反射方位角における単位立体角反射率の指向反射成分[1/sr]

## 5. 主な発表論文等 (研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計43件)

1. Takuma Hasegawa, Saori Yumino, Tomonobu Goto, Akashi Mochida, Human physiological responses of pedestrians walking and standing in outdoor spaces, Proceedings of the 8th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, 査読有, 2017, 125-130
2. Masataka Kasai, Tsubasa Okaze, Miguel Yamamoto, Akashi Mochida, Kazumasa Hanaoka, Heatstroke risk prediction for Tokyo during summer in the 2030s based on mesoscale simulations by WRF, Proceedings of the 8th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, 査読有, 2017, 149-154
3. Shinji Yoshida, Akashi Mochida, Tatsuya Harima, Taro Omura, Tsutomu Nagahama, Effects of windows with near-infrared-ray retro-reflective film on outdoor thermal environment in a three-dimensional cubic cavity-type street canyon,

- Proceedings of the 8th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, 査読有, 2017, 289-294
4. Shinji Yoshida, Saori Yumino, Taiki Uchida, Akashi Mochida, Numerical analysis of the effects of windows with heat ray retro-reflective film on the outdoor thermal environment within a two-dimensional rectangular cavity-type street canyon, Proceedings of 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, SUB10\_FP-0007, 査読有, 2016
  5. Masataka Kasai, Satoshi Shoji, Tsubasa Okaze, Kazumasa Hanaoka, Akashi Mochida, Prediction of heatstroke risk in sendai in summer of 2030s based on mesoscale simulation by WRF, Proceedings of The Fifth International Conference on Human-Environment System, 査読有, 2016
  6. Saori Yumino, Taiki Uchida, Kiyoshi Sasaki, Hikaru Kobayashi, Akashi Mochida, Total assessment for various environmentally conscious techniques from three perspectives: Mitigation of global warming, mitigation of UHIs, and adaptation to urban warming, Sustainable Cities and Society, 査読有, 2015, Vol.19, 236-249
  7. Shinji Yoshida, Saori Yumino, Akashi Mochida, Taiki Uchida, An evaluation of the effects of heat ray retro-reflective film on the outdoor thermal environment using a radiant analysis method, Proceedings of the 9th International Conference on Urban Climate, 査読有, 2015
  8. Saori Yumino, Taiki Uchida, Akashi Mochida, Hikaru Kobayashi, Kiyoshi Sasaki, Evaluation of greening and highly reflective materials from three perspectives, Proceedings of the 9th International Conference on Urban Climate, 査読有, 2015
  9. Saori Yumino, Akashi Mochida, Naohiro Hamada, Susumu Ohno, Method for evaluating the health risk in urban pedestrian space in extremely hot summer conditions based on the total analysis of mesoscale microscale climates, Proceedings of the 9th International Conference on Urban Climate, 査読有, 2015
  10. Akashi Mochida, Saori Yumino, Taiki Uchida, Hikaru Kobayashi, Comprehensive assessment on urban planning and building design to mitigate climate change and adapt to urban warming, Proceedings of World Engineering Conference and Convention, 査読有, 2015
  11. Shinji Yoshida, Saori Yumino, Taiki Uchida, Akashi Mochida, Effects of windows with heat ray retro-reflective film on outdoor thermal environment and building cooling load, Journal of Heat Island Institute International, 査読有, 9(2), 2014, 67-72 [学会発表] (計 33 件)
  1. Akashi Mochida, Human physiological responses of pedestrians walking and standing in outdoor spaces, 8th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, 2017.3.25, 関西大学(大阪府・吹田市)
  2. Shinji Yoshida, Numerical analysis of the effect of windows with heat ray retro-reflective film on the outdoor thermal environment within a two-dimensional rectangular cavity-type street canyon, 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, 2016.5.30, Singapore (Singapore)
  3. Masataka Kasai, Prediction of heatstroke risk in Sendai in summer of 2030s based on mesoscale simulation by WRF, 5th International Conference on Human-Environment System, 2016.10.29, 名古屋大学(愛知県・名古屋市)
  4. Shinji Yoshida, An evaluation of the effects of heat ray retro-reflective film on the outdoor thermal environment using a radiant analysis method, 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, 2015.7.20, Toulouse (France)
  5. Saori Yumino, Evaluation of greening and highly reflective materials from three perspective, 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, 2015.7.20, Toulouse (France)
  6. Saori Yumino, Method for evaluating the health risk in urban pedestrian space in extremely hot summer condition based on the total analysis of mesoscale climates, 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, 2015.7.20, Toulouse (France)
  7. Akashi Mochida, Comprehensive assessment on urban planning and building design to mitigate climate change and adapt to urban warming (Invited Lecture), World Engineering Conference and Convention, 2015.11.29, 国立京都国際会館(京都府・京都市)
  8. Akashi Mochida, Evaluation of the effects of greening and highly reflective materials from three perspectives (Keynote lecture), Croucher Advanced Study Institute 2015-2016, 2015.12.7, Hong Kong
  9. Akashi Mochida, Evaluation of the health hazard risk in urban pedestrian space based on the total analysis of mesoscale and microscale climates (Keynote lecture), Croucher Advanced Study Institute 2015-2016, 2015.12.7, Hong Kong
6. 研究組織
- (1)研究代表者  
持田 灯 (Mochida, Akashi)  
東北大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：00183658
- (2)研究分担者  
吉田 伸治 (Yoshida, Shinji)  
奈良女子大学・生活環境科学系・准教授  
研究者番号：50343190
- 後藤 伴延 (Goto, Tomonobu) 2014 年度  
東北大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：20386907
- (3)連携研究者  
大風 翼 (Okaze, Tsubasa)  
東京工業大学・環境社会理工学院・准教授  
研究者番号：40709739
- 渡邊 浩文 (Watanabe, Hironori)  
東北工業大学・工学部・教授  
研究者番号：60247236
- 十二村 佳樹 (Junimura, Yoshiki)  
岐阜大学・地域科学部・准教授  
研究者番号：20463143