

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 3日現在

機関番号：35302

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23710047

研究課題名（和文） 数値モデルを利用した屋外熱中症リスクの地域メッシュ評価

研究課題名（英文） Grid-map estimations of outdoor heat stroke risk using a numerical model

研究代表者

大橋 唯太 (OHASHI YUKITAKA)

岡山理科大学・生物地球学部・准教授

研究者番号：80388917

研究成果の概要（和文）：夏季屋外における熱中症の発生リスクを推定できる数値モデルを開発し、シミュレーションをおこなった。この数値モデルでは、都市部の屋外気象条件、建物からの排熱、人体の熱ストレスが予測可能である。実際のシミュレーションでは、対象地域として東京と大阪を選択し、都市全体の熱ストレス分布を WBGT と呼ばれる熱中症指標によって、メッシュ・マップとして再現した。この熱ストレス・マップから、実際の熱中症患者数と WBGT によって予め作成された関係式を用いて、熱中症リスクのマップを再現した。

研究成果の概要（英文）：We simulated a heat stroke risk under the summertime outdoor, using a numerical model. This model is possible to predict an urban meteorology, waste heat from buildings, and heat stress to human body. The urban mesh maps of heat stress were reproduced by the WBGT index for the Tokyo and Osaka urban areas. After that, maps of the heat stroke risk were simulated from utilizing equations as relation between actual heat stroke patients and the WBGT value.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学、環境影響評価・環境政策

キーワード：熱中症リスク・数値シミュレーション・暑熱ストレス・地域メッシュ・マップ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 熱中症患者は年々増加傾向にあり、特にいくつかの政令指定都市では1980年から2000年までに救急車による患者搬送数が倍増している。2010年は、熱中症による死者数は170人、救急搬送に至っては5万4千人を超える過去に類を見ない数字を記録した。

(2) 熱中症の注意・警戒に関する予報情報が、民間気象会社や報道機関などを通して広く提供されるのが一般的になってきた。しかし現状では、都道府県あるいは市町村単位での予報がほとんどであるため、人が活動する地

域や空間環境の局所的な影響を熱中症予報に反映させることができていない。

## 2. 研究の目的

日本で最も人口が集中する東京23区と大阪市のそれぞれを対象に、2007年及び2010年猛暑時の熱ストレス分布を再現する。その過程で、以下の点を明らかにする。

(1) 大気側の流体気象モデル、都市建築側のエネルギー消費モデル、人体側の温熱生理モデルを連成結合させた熱中症地域予報システムを構築し、再現計算された屋外の暑熱ス

トレス・マップから熱中症発生リスクの地域特性とその出現メカニズムを明らかにする。

(2)都市緑化や廃熱削減など、高温化対策導入による暑熱緩和効果が、熱中症リスクの低減に貢献できるかを定量評価する。

### 3. 研究の方法

(1)数値モデルの開発をおこなう。申請者が数年前より研究に使用する、都市の流体気象モデルと建築エネルギー消費モデルの連成結合モデルに、人体の暑熱応答から温熱感覚を算出できる人体温熱生理モデル（Two-nodeモデル）を組み込む。

(2)数値シミュレーションの準備をおこなう。猛暑が続き、最高気温や熱中症患者数の記録を更新した2007年及び2010年の夏期を対象に、東京23区と大阪市の熱ストレス・マップをそれぞれ再現する。ここでは1kmメッシュでの空間分解能を設定する。熱ストレスの評価指標には、日本の熱中症情報でよく使われるWBGT（湿球黒球温度）や、建築学分野の温熱感評価で使われるSET\*などを採用する。

(3)東京23区と大阪市の熱中症リスク・マップを作成する。東京消防庁によって記録された地域別・日別の熱中症救急搬送数データと環境省が公開する熱中症指標WBGTの観測データからWBGTと熱中症患者発生率の関係式を作成する。この関係式をもとにして、計算された熱ストレス・マップを熱中症リスク・マップへと変換する。

(4)得られた熱中症リスクの地域分布から、東京23区と大阪市それぞれにおいて屋外の熱中症リスクが高くなりやすい地域を特定し、その要因を分析する。

(5)熱中症リスクの抑制効果を検討する。各種ヒートアイランド対策（建物・道路の緑化、建物の日射高反射化、建物・自動車の廃熱削減、冷房システムの水冷式化など）の都市域への広範囲導入に伴う熱中症リスクの低減効果を数値シミュレーションによって定量化する。

### 4. 研究成果

(1)夏季における都市屋外環境の暑熱化による熱中症リスクを推定できる数値モデルの開発に取り組んだ。この数値モデルは、流体気象モデル、建築エネルギー消費モデル、人体熱ストレスモデルから構成されている（図

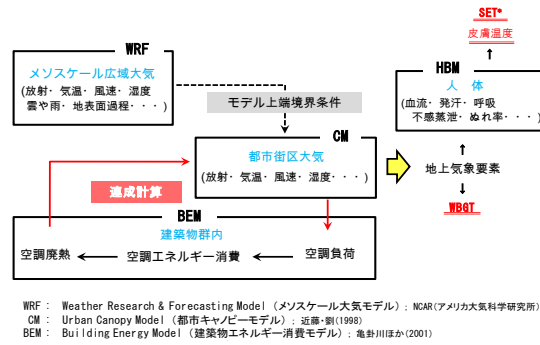


図1 数値モデルの計算フロー

1)。

数値シミュレーションの対象地域として東京23区と大阪市を選択し、実街区パラメータ（平均建物高度や道路幅など）の設定によって都市部の熱ストレス分布を再現することができた。このとき、人体の温熱生理や熱収支を考慮した物理モデル（Gaggeのtwo-nodeモデル）を組み込んだのと同時に、次のステップである熱中症リスクを推定するための熱ストレス指標WBGTの計算過程も数値モデル内に導入した。

(2)開発した数値計算システムによって熱中症リスクが評価できるよう、再現された熱ストレスの空間マップを実際の熱中症発生率などに変換することを試みた。ここでは、実際の熱中症患者データと熱ストレス指標WBGTの相関分析をおこなうことで熱中症リスク関数を作成し、あてはめた。

大阪市では市全体の救急搬送データから、東京23区では区ごとの救急搬送データから、それぞれWBGTの数値と熱中症発生数の関係を見出し、関係式を作成した（図2；東京23区の例）。図2からもわかるように、区によってWBGTに対する熱中症患者発生率（1日あたり・昼間人口10万人あたり）が大きく異なっており、熱中症リスクの地域性を考慮する必要性が、この結果からもわかる。

(3)(2)の関係式を、(1)で再現した熱ストレス・マップにあてはめることで、熱中症リスク・マップへと変換を試みた。このとき、次の2種類の熱中症リスクの評価を検討した。  
①住民の熱中症リスク（静的熱中症リスク）：各メッシュに居住する住民の昼間人口をもとに、そのメッシュに居住する人に対す

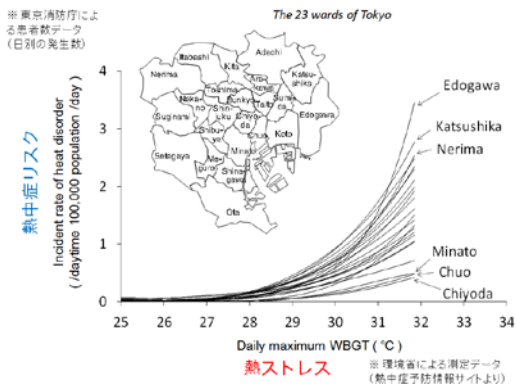


図2 実際に観測されたWBGTと熱中症救急搬送数の関係式（2010年の解析データより）

る熱中症リスクの分布を作成する。

②移動者の熱中症リスク（動的熱中症リスク）：メッシュ間を移動する人が、そのメッシュに位置したときに被る熱中症リスクの分布を作成する。

したがって、①では熱中症患者データの最小単位である区ごとに、また②では年齢層ごとに熱中症リスク関数を作成し、それぞれのマップに用いた。静的熱中症リスクはメッシュ内の昼間人口に対して1か月積算の患者数として、一方の動的熱中症リスクは対象地域全体における昼間人口1万人あたりの1か月の患者数として表すことができた（図3；東京23区8月の例）。

(4) ヒートアイランド対策が都市域の広範囲に導入された場合の熱中症リスクの変化を、

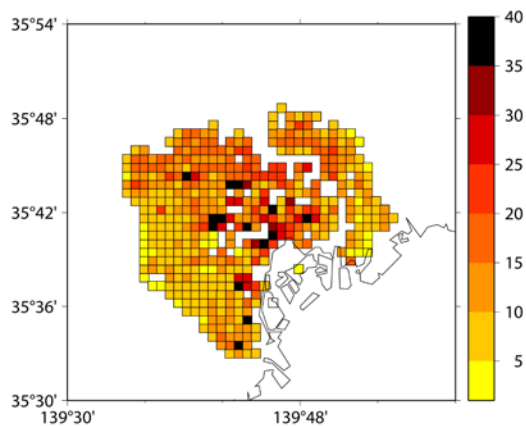


図3 2010年8月を対象とした静的熱中症リスクのシミュレーション結果。数値は、各メッシュでの1ヶ月間の熱中症発生人数を示す。

数値シミュレーションによって評価した。その結果、建物緑化や排熱の削減は熱中症リスクを大きく低下させることはなく、反対に建物への高反射塗料の導入が熱中症リスクを増加させる結果が得られた。これは、都市域では、熱ストレス指標であるWBGTの数値が放射環境の影響を強く受けて変動することに起因しており、都市域内の気温や湿度のコントロールだけでなく日射や赤外放射の吸収を如何に抑制するかも重要な熱中症対策になることを示している。

本研究課題では、以上のように高い空間分解能で熱中症リスクの地域マップを数値シミュレーションによって再現した。このような、1kmというメッシュ情報として熱中症リスクを示す手法は、現在のところ国内外でもほとんど見られず、例えば地球温暖化の将来予測に絡めて都市域内での熱中症リスクの変化を調べるうえでも有効と言える。

今後は、実際の数十年後の将来予測や、他の地域への適用などを検討し、同時に、短期的な熱中症予報への展開を実際に考えていく予定である。

#### 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1件）

① 大橋唯太、亀卦川幸浩、井原智彦、数値気象モデルを利用した屋外熱中症リスクの評価手法に関する研究、環境情報科学論文集25、査読有、25巻、2011、335-340

〔学会発表〕（計6件）

① 大橋唯太、亀卦川幸浩、井原智一、杉山奈々美、数値モデルWRF-CMBEMを用いた東京23区における屋外の熱中症ハザード・リスクの数値シミュレーション、2013年日本気象学会春季大会、2013年5月15日、国立オリンピック記念青少年総合センター（東京都）

② Yukitaka OHASHI、Natsumi NITA、Maho MURASHIGE、Susumu SHIMADA、and Teruo OHSAWA Summertime heat-stress features of the west Japan: urban, sea, and mountain effects, 8th International Conference of Urban Climate, 2012年08月08日、ダブリン（アイルランド）

③ 大橋唯太、亀卦川幸浩、井原智一、杉山奈々美、数値シミュレーション手法による東京23区を対象とした熱中症リスクマップの作成、日本ヒートアイランド学会第7回大会、2012年07月22日、京都大学吉田キャンパス（京都府）

④Yukitaka OHASHI, Yukihiro KIKEGAWA, and Tomohiko IHARA, Regional map of heat disorder risk evaluated by urban meteorological numerical model, 19st International Congress of Biometeorology, 2011年12月5日, オークランド (ニュージーランド)

⑤大橋唯太、亀卦川幸浩、井原智彦、数値気象モデルを利用した屋外熱中症リスクの評価手法に関する研究、第25回環境研究発表会、2011年11月30日、日大会館 (東京)

⑥ 杉山奈々美・大橋唯太、東京都区部における熱中症患者発生率と WBGT の地域特性について、2011 年度日本気象学会関西支部第 1 回例会、2011 年 11 月 5 日、広島市東区民文化センター (広島)

〔その他〕 (計 2 件)

①解説・報告

青柳暁典・足立幸穂・伊東瑠衣・近藤裕昭・日下博幸・小田僚子・大橋唯太・清野直子：第 8 回国際都市気候会議 (IUCU8) の報告、天気 (日本気象学会)、60 巻、2013、97-104.

②本研究課題に関連する受賞

大橋唯太、2012 年 5 月 第 12 回環境情報科学センター賞 (学術論文奨励賞) (都市域における熱中症指標の実態調査と数値モデルによる評価に関する研究) ※受賞概要解説：環境情報科学 (環境情報科学センター)、41 巻、3 号、2012、40-42

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大橋 唯太 (OHASHI YUKITAKA)

岡山理科大学・生物地球学部・准教授

研究者番号：80388917

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

亀卦川 幸浩 (KIKEGAWA YUKIHIRO)

明星大学・理工学部・教授

研究者番号：20409519

井原 智彦 (IHARA TOMOHIKO)

東京大学・大学院新領域創成科学研究

科・准教授

研究者番号：30392591