

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：26402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01822

研究課題名(和文) 地域特性を考慮した熱中症予防情報の提供に関する研究

研究課題名(英文) Studies on information provision of heat stroke prevention considering regional characteristics

研究代表者

赤塚 慎 (Akatsuka, Shin)

高知工科大学・システム工学群・准教授

研究者番号：80548743

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：市街地と郊外において独自に定点自動気象観測を実施し、市街地及び郊外などの観測点ごとの温熱環境の違いを検討した。これにより、郊外における暑さ指数の日最高値は市街地と同程度まで上昇することがあり、郊外においても熱中症予防対策が必要であることがわかった。さらに、数値予報データや領域気象モデルWRFを用いて、気象データの空間代表性の問題を解決する手法を検討した。各データの特徴等を明らかにすることはできたが、気象データの空間代表性の問題を解決する有効な手法を開発することはできなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、比較的涼しいイメージがある郊外(里山)においても暑さ指数の日最高値(日最高WBGT)は市街地と同程度まで上昇することがあり、65歳以上が65歳未満よりも3以上も低い日最高WBGTで熱中症が発症する可能性があることが示唆された。これらは、日頃の熱中症予防対策に関して意義ある情報であり、熱中症予防対策に広く利用されている「熱中症に関する予防指針」における温度区分は、高齢者と高齢者以外で異なる基準にする必要があることが示された。さらに、このことから市町村レベルよりも小さいスケールの地域を代表する気温やWBGTデータを作成することの重要性が再確認されたと考える。

研究成果の概要(英文)：Fixed points automatic meteorological observations were conducted in the urban area and the suburbs, and the difference in thermal environment between the observation points in the urban area and the suburbs was examined. As a result, the daily maximum WBGT in the suburbs could rise to the same level as in the urban areas, and it was found that heat stroke prevention measures are also required in the suburbs. Furthermore, we investigated a method to solve the problem of spatial representativeness of meteorological data by using numerical prediction data and mesoscale numerical weather prediction system (WRF: The Weather Research and Forecasting Model). Although we were able to clarify the characteristics of each data, we could not develop an effective method to solve the problem of spatial representativeness of meteorological data.

研究分野：空間情報工学

キーワード：熱中症

様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在熱中症予防対策に広く利用されている「熱中症に関する予防指針」における温度区分の温度基準は全国共通である。環境省熱中症予防情報サイトでは、東京、横浜、名古屋、大阪、福岡における熱中症患者発生率と日最高 WBGT との関係から「WBGT が 28 を超えると熱中症患者が著しく増加する」ことが紹介されているが、『この事実は他の都市でも当てはまるのか?』という疑問があった。研究代表者は、山梨県における 2004 年から 2012 年までの熱中症による救急搬送者データと気象観測データを利用して山梨県における熱中症発生の実態把握を行い、地域毎に熱中症警戒レベルの温度基準が異なる可能性があることを明らかにした。また、山梨県における 2004 年から 2012 年までの熱中症による救急搬送者データと気象観測データを利用して山梨県における熱中症発生の実態把握を行い、熱中症の発生には気象条件の違いの他に年齢別人口構成や主要産業等が影響を及ぼしている可能性があることを明らかにした。これらのことから、都道府県レベルよりも小さいスケールの地域において、各地域の気象条件や社会的な特性を考慮した熱中症警戒レベルに関する温度基準を検討し、地域毎に熱中症予防情報・指針を提供することが熱中症対策としてより有効であると考えた。

一方、気象観測点における観測データ(気象庁の AMeDAS)は、データの空間代表性が問題となる。つまり、ある観測点における気温がどの範囲のエリアの気温を代表しているのかが不明であり、気象条件が異なる地域毎に熱中症予防情報・指針を提供するためには、各地域を代表する気温・WBGT データを用いて熱中症発生数との関係を解析する必要があると考えられた。

2. 研究の目的

本研究は都道府県レベルよりも小さいスケールの地域において、各地域の自然的・社会的な特性を考慮した熱中症予防情報・指針を提供するための手法を開発することを目的とし、各都道府県に適用可能な解析手法のフレームワークを構築することを目指す。具体的には、各地域を代表する気温・暑さ指数(WBGT)データの作成手法を開発すること、地域毎に気温・暑さ指数と熱中症発生数との関係を検討し、各地域における熱中症予防のための基準温度の違いを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 各地域を代表する気温・暑さ指数(WBGT)データの作成手法の開発

各地域を代表する気温・暑さ指数(WBGT)データの作成手法を開発に関して、次の 3 つを実施した。

数値予報データの精度検証

気象庁の気象観測点(AMeDAS)はおよそ 20km 間隔で設置されているが、各地域を代表する気温・WBGT データを作成するためには AMeDAS のデータだけでは不十分であると考えられた。そこで、5km メッシュである気象庁のメソ数値予報 GPV データ(MSM-GPV データ)の利用可能性を検討するため、MSM-GPV データと AMeDAS 観測データとを比較検討し、MSM-GPV データの精度検証を行った。2013 年から 2016 年までの 4 年間のデータを用いて、気象庁の各観測点における各月の Bias 及び Root Mean Square Difference(RMSD) の平均値をそれぞれ計算し、MSM-GPV データの精度検証を行った。

領域気象モデルによるシミュレーション

都道府県レベルよりも小さいスケールの地域において、その地域を代表する気温・WBGT データを作成する際に、5km メッシュである気象庁の MSM-GPV データよりもさらに詳細なデータが必要と考え、領域気象モデル WRF の利用を検討した。100m メッシュの国土数値情報土地利用細分メッシュデータを入力データとし、5km メッシュ、1 km メッシュ、200m メッシュで気温、相対湿度などのシミュレーションを行った。その後、シミュレーション結果と AMeDAS 観測データとを比較検討することで、領域気象モデル WRF によるシミュレーションの有用性を検証した。

数値予報データの高空間分解能化手法の検討

都道府県レベルよりも小さいスケールの地域において、その地域を代表する気温・WBGT データの作成する際に 5km メッシュである気象庁の MSM-GPV データよりも、さらに詳細なデータが必要と考え、MSM-GPV データの高空間分解能化手法を検討した。特に、MSM-GPV データの相対湿度と AMeDAS 観測値データとの RMSD は場所によって大きく異なることが示唆されたため、MSM-GPV データ相対湿度の高空間分解能化手法の検討に取り組んだ。相対湿度と大気中に含まれる水蒸気量の指標である可降水量とは関係が強いと考えられたため、MSM-GPV データを用いた可降水量推定手法を利用して、相対湿度を高空間分解能で推定することとし、まずは MSM-GPV データを用いた可降水量推定手法の高精度化を目指した。可降水量は標高に依存するため、90m の空間解像度の標高データと MSM-GPV データとを用いて、90m の空間解像度で可降水量を推定する手法を開発した。この時、可降水量推定のための補正係数を 2010 年から 2015 年までのデータから算出し、可降水量推定手法の高精度化及び汎用化を行った。

(2) 地域毎に気温・暑さ指数と熱中症発生数との関係を検討

市街地と郊外との温熱環境の違い

高知市の北東に位置する香美市の市街地及び郊外において気象観測を行い、市街地と郊外の気象環境の違いを把握した。香美市の中心市街地である土佐山田町にある香美市中央公民館の屋上に自動気象観測装置を設置し、10分間隔で気象観測を行った。また、香美市の中心市街地から北東におよそ5km離れた佐岡地区の里山においても、自動気象観測装置を設置し、気象観測を行った。市街地及び郊外における日平均気温、日最高気温、日最低気温、日平均相対湿度、日最高相対湿度、日最低相対湿度の月平均値をそれぞれ計算し、比較することで市街地と郊外との温熱環境の違いを検討した。

年齢による気温・暑さ指数と熱中症発生数との関係の違いの検討

高齢者は熱中症にかかりやすいと言われているため、日最高 WBGT と 65 歳以上の救急搬送者数との関係を各都道府県で調査した。日最高 WBGT は環境省が公開している WBGT データ (https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt_data.php) を使用して求め、熱中症搬送者数は総務省消防庁が公開しているデータ (<https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html>) を用いた。各都道府県において、65 歳以上の熱中症搬送者と 65 歳未満の熱中症搬送者に分けて、暑さ指数と熱中症発生数との関係の違いを検討した。

4. 研究成果

(1) 各地域を代表する気温・暑さ指数(WBGT)データの作成手法の開発

数値予報データの精度検証

気象データの空間代表性の問題を解決する手法の検討では、面的なデータである気象庁の MSM-GPV データと気象庁の AMeDAS 観測データとを比較検討することで、数値予報データの精度検証を行った。表 1 に、気温と相対湿度の四国における MSM-GPV データと AMeDAS 観測データとの RMSD を示す。この表から、四国においては、どの観測点でも気温の RMSD 及び相対湿度の RMSD に大きな違いがないことがわかった。さらに、太平洋側、瀬戸内海側ともに MSM-GPV データの気温は観測値よりも低い値を示し、夏季はその傾向が顕著であった。一方、相対湿度に関しては、太平洋側では MSM-GPV データが観測値よりも低い値を示し、瀬戸内海側では高い値を示す結果となった。このことから、場所によって MSM-GPV データと AMeDAS 観測データとの差の傾向は大きく異なることがわかった。したがって、都道府県レベルよりも小さいスケールの地域において、その地域を代表する気温・WBGT データの作成する際に、直接 MSM-GPV データを利用することは困難であることが示唆された。

表 1 四国における MSM-GPV データと AMeDAS 観測データとの RMSD

	(a) 気温				(b) 相対湿度			
	高知	松山	高松	徳島	高知	松山	高松	徳島
1月	1.5	1.3	1.1	1.6	11.2	9.5	8.5	11.6
2月	1.6	1.4	1.2	1.8	10.2	9.2	8.0	10.7
3月	1.7	1.3	1.4	1.4	11.7	10.1	8.7	10.4
4月	1.4	1.3	1.6	1.3	11.8	10.2	11.9	10.8
5月	1.7	1.4	2.1	1.6	11.7	10.5	13.3	11.4
6月	1.4	1.2	1.8	1.4	9.4	8.3	10.4	8.9
7月	1.7	1.6	2.1	1.4	8.1	8.6	9.7	8.3
8月	1.5	1.5	2.1	1.6	8.6	8.6	10.9	8.9
9月	1.4	1.2	1.6	1.2	10.0	8.5	8.5	8.2
10月	1.5	1.2	1.5	1.2	11.7	9.0	8.7	8.8
11月	1.2	1.2	1.1	1.2	12.2	10.5	8.3	8.7
12月	1.3	1.4	1.0	1.6	12.9	10.5	7.6	9.7

単位: °C 単位: %

領域気象モデルによるシミュレーション

領域気象モデル WRF を用い、100m メッシュの国土数値情報土地利用細分メッシュデータを入力データとし、5km メッシュ、1 km メッシュ、200m メッシュで気温、相対湿度などのシミュレーションを行った。その後、シミュレーション結果と AMeDAS 観測データとを比較検討した。表 2 に、高知市周辺における、各空間解像度でのシミュレーション結果と AMeDAS 観測データとの差を示す。この表から、5km メッシュよりも詳細なシミュレーションでも、RMSD は MSM-GPV データと大きな違いは見られなかった。また、より詳細なシミュレーションを行うことで、RMSD が大きくなる可能性も示唆された。今後より詳細な検討が必要である。

さらに、領域気象モデル WRF を用いた長期間のシミュレーションには、多くの計算資源が必要になるため、都道府県レベルよりも小さいスケールの地域において、その地域を代表する気温・WBGT データの作成する際には、計算資源の確保が問題になると考えられる。

表 2 ある一日の各空間解像度でのシミュレーションにおける RMSD の違い
(a) 気温 (b) 相対湿度

	高知	後免		高知	後免
5 km	1.6	1.6	5 km	7.6	-
1 km	1.7	1.8	1 km	6.6	-
200 m	1.8	1.9	200 m	7.1	-

単位: °C 単位: %

数値予報データの高空間分解能化手法の検討

90m の空間解像度の標高データと MSM-GPV データとを用いて、90m の空間解像度で可降水量を推定する手法を開発し、その高精度化及び汎用化を行った。2010 年から 2015 年までのデータから算出した補正係数を用いて 2016 年の可降水量を推定した場合と、2016 年のデータから算出した補正係数を用いて 2016 年の可降水量を推定した場合の精度の違いは 0.05mm とわずかであったことから、2010 年から 2015 年までのデータから算出した補正係数を用いることの有効性を示すことができた。

(2) 地域毎に気温・暑さ指数と熱中症発生数との関係を検討 市街地と郊外との温熱環境の違い

図 1 に 2018 年 7 月一ヶ月間の日平均気温、日最高気温、日最低気温の月平均値を示す。図 1 から、市街地と里山では日平均気温及び日最低気温は平均で 2 程度違うにもかかわらず、日最高気温の違いは平均で 1 程度であったことがわかる。特に、日最高気温では里山においても月平均値が 30 を超える結果となった。図 2 に 2018 年 7 月一ヶ月間の日平均相対湿度、日最高相対湿度、日最低相対湿度の月平均値を示す。図 2 から、里山の日平均相対湿度及び日最低相対湿度は平均で 10%程度市街地よりも高い結果となったことがわかる。この結果から、日平均気温及び日最低気温の月平均値は里山の方が市街地よりも 2 程度低い、日中は市街地と同程度まで気温が上昇する場合もあり、相対湿度は市街地よりも高くなる傾向にあることがわかる。そのため、WBGT で見ると市街地も里山も同程度まで上昇することもあった。このことから、郊外においても熱中症予防対策が必要であることがわかった。

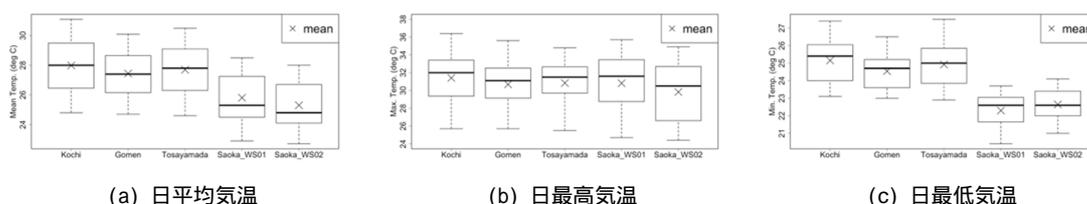


図 1 2018 年 7 月一ヶ月間の日平均気温、日最高気温、日最低気温

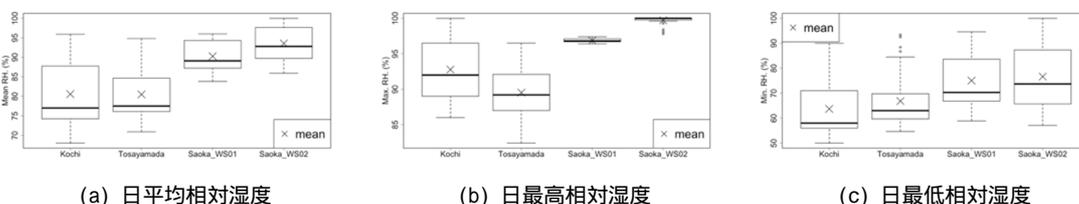


図 2 2018 年 7 月一ヶ月間の日平均相対湿度、日最高相対湿度、日最低相対湿度

年齢による気温・暑さ指数と熱中症発生数との関係の違いの検討

65 歳以上と 65 歳未満とで人口 10 万人当りの熱中症搬送者数と熱中症発生日の日最高 WBGT との関係の都道府県毎の違いを検討した。その結果、人口 10 万人あたり一人の熱中症搬送者が発生すると予測される時の日最高 WBGT を比較したところ、65 歳以上が 65 歳未満よりも 3 以上も低い日最高 WBGT で熱中症が発生する可能性があることが示された。このことから、熱中症予防対策に広く利用されている「熱中症に関する予防指針」における温度区分は、高齢者と高齢者以外で異なる基準にする必要があることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shin AKATSUKA	4. 巻 13
2. 論文標題 Improved method for estimating precipitable water distribution using numerical prediction data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Internet Journal of Society for Social Management Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shin Akatsuka, Junichi Susaki, Masataka Takagi	4. 巻 22
2. 論文標題 Estimation of Precipitable Water Using Numerical Prediction Data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 257-268
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4186/ej.2018.22.3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 赤塚慎，中野慎悟，前田康佑
2. 発表標題 まちと里山の気象環境
3. 学会等名 日本エネルギー環境教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Akastuka, Junichi Susaki and Masataka Takagi
2. 発表標題 Estimation of precipitable water using numerical prediction data
3. 学会等名 International Symposium of the11th SSMS and the 5th RCND 2017（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin AKATSUKA
2. 発表標題 Improved method for estimating precipitable water distribution using numerical prediction data
3. 学会等名 The 12th International Symposium of SSMS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----