

岐阜県多治見市における夏季晴天日の暑熱環境の実態調査と 領域気象モデル WRF を用いた予測実験 － 物理モデルと水平解像度に伴う不確実性の検討－

AN OBSERVATIONAL STUDY AND NUMERICAL PREDICTION EXPERIMENTS OF WET-BULB GLOBE TEMPERATURE (WBGT) ON TAJIMI CITY IN GIFU PREFECTURE Consideration of uncertainty with parameterization scheme and horizontal resolution of the Weather Research and Forecasting (WRF) model

○ 高根 雄也^{*1}, 日下 博幸^{*1,2}, 高木 美彩^{*1}, 岡田 牧^{*1}, 阿部 紫織^{*1}, 永井 徹^{*3}, 富士 友紀乃^{*3}
○ Yuya TAKANE^{*1}, Hiroyuki KUSAKA^{*1,2}, Midori TAKAKI^{*1}, Maki OKADA^{*1}, Shiori ABE^{*1}, Toru NAGAI^{*3}, Yukino Fuji^{*3}
^{*1} 筑波大学大学院生命環境科学研究科 Graduate school of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba
^{*2} 筑波大学計算科学研究センター Center for Computational Sciences, University of Tsukuba
^{*3} 多治見市役所環境課 Environment Division, Tajimi City Government

Corresponding author: Yuya TAKANE, s1030239@u.tsukuba.ac.jp

In this study, an actual condition of surface air temperature and Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) are firstly investigated by observation at Tajimi city in Gifu prefecture and Kasugai city in Aichi prefecture on clear-sky days during summer. The daily maximum WBGT of 34.0 °C observed at Tajimi, which was 0.9 °C higher than that observed at Kasugai city.

Secondary, numerical prediction experiments of WBGT were performed to confirm the utility of the Weather Research and Forecasting (WRF) model.

Finally, we conducted sensitivity experiments of parameterization schemes and horizontal resolution of the WRF model on the predicted WBGT. The results show that a maximum sensitivity with parameterization scheme is 8.4 °C on daytime average, and especially, the simple thermal diffusion surface (SLAB) scheme causes the overestimation of 6.8 °C. On the other hands, a maximum sensitivity with horizontal resolution is 0.5 °C, which is much smaller than that with parameterization scheme. These results show that selection of parameterization scheme, especially surface scheme is more important than that of horizontal resolution when numerical model users predict WBGT in the daytime on clear-sky days during summer.

1. はじめに

2010 年の夏季（7-9 月）は日本全国で猛暑となり、名古屋都市圏に位置する岐阜県多治見市では 38 日が日最高気温 35 °C 以上の猛暑日となった。

多治見市の猛暑に関連する研究としては、気象庁非静力学モデル (NHM) を用いて 2007 年 8 月 16 日のいわゆる多治見猛暑の再現実験を試みた小出ほか（2009）⁽¹⁾ による短い報告や、市民団体・高等学校による簡単な実態調査の報告（吉田, 2008⁽²⁾；岐阜県立多治見北高等学校自然科学部, 2008⁽³⁾）がある程度で、著者らが知りうる限り、本格的な調査はこれまでのところ行われていない。そのため、多治見市の暑熱環境の実態は現在でもよくわかっていない。

猛暑やヒートアイランドは人々に熱中症等の健康被害をもたらす。岐阜県多治見市は国内でも夏季の熱環境が最も厳しい地域の一つであり、健康被害が懸念されているが、同地域を対象に WBGT の実態調査や予測実験をおこなった例はない。今後、同地域を対象とした信頼性の高い WBGT の予測を実施する上で、(1) 同地域の WBGT の実態調査、(2) 領域気象モデルによる WBGT の予測精度の検討、(3) 領域気象モデルの計算設定に伴う予測結果の不確実性の検討を行う必要がある。

そこで、本研究では、(1) 2010 年の 8 月の晴天日に、多治見市および愛知県春日井市において、地上気温と WBGT の観測を実施し、これまで明らかにされてこなかった多治見市の暑熱環境の実態を明らかにする。さらには、(2) 領域気象モデル WRF を用いて、多治見と春日井の気温分布と WBGT の予測実験を行なう。予測実験では WRF モデルに搭載されている物理モデルと WRF モデルの水平解像度の感度実験をおこない、これらの計算設定に伴う WBGT 予測結果の不確実性を検討する。

2. 多治見における暑熱環境の実態調査

2010 年 8 月の晴天日に、岐阜県多治見市と愛知県春日井市に気温計を計 15 個、湿球温度計を計 2 個、黒球温度計を計 2 個設

置し、同地域の気温と暑熱指数 WBGT の実態を調査した。多治見で観測された WBGT の最高値は 34.0 °C であった。この値は春日井の最高値よりも 0.9 °C 高かった（図 1）。

3. 予測実験および物理モデルと水平解像度の感度実験

領域気象モデル WRF を用いて気温と WBGT の予測実験を行い、これらの予測に対する WRF モデルの有用性を確認した。水平格子間隔は 0.9 km とする。鉛直総数は 50 層である。初期値には気象庁の MSM 予報値を使用する。初期時刻は 8 月 17 日の 12 時とし、同時刻から 33 時間の気象予測を行う。長波・短波放射モデルには RRTMG、境界層モデルには MYNN Level 3 を、地表面モデルには Noah LSM と単層都市キャノピーモデル (SLUCM) を用いる。

次に、WBGT 予測に対する物理モデルと水平解像度の感度実験を行った。その結果、選択した物理モデルによって予測値が日中平均で最大 8.4 °C 異なること、特に地表面モデル SLAB は観測値の過大評価 (6.8 °C) をもたらすことが確認された（図 2a）。一方、水平解像度が 3 km 以下の場合、WBGT の予測値の解像度依存性は日中平均で最大 0.5 °C と非常に小さいことが確認された（図 2b）。

4. まとめ

日本国内で夏季の熱環境が最も厳しい地域の一つである岐阜県多治見市と、隣接する愛知県春日井市において、2010 年 8 月晴天日に気温・湿球温度・黒球温度の現地観測を実施し、地上気温分布と暑熱指数 WBGT の実態調査を行なった。次に、領域気象モデル WRF を用いて気温・WBGT の予測実験を行った。最後に、WRF モデルの物理モデルの感度実験と水平解像度の感度実験を行い、物理モデルの選択に伴う不確実性と水平解像度に伴う予測結果の不確実性の大きさを相互比較した。主な結果を以下にまとめる。

(1) WBGT の実態調査によって、多治見では日最高 WBGT が

34.0℃に達することが確認された。この値は盆地外の春日井で観測された値よりも0.9℃高かった。この要因は黒球温度が高かったためである。黒球温度が高かった要因として、両地点間で下向き短波放射量、地表面からの赤外放射量、風速が異なっていたことが考えられる。

- (2) 物理モデルの感度実験の結果、2010年8月18日の事例における WBGT の予測精度が最も高い実験は境界層モデルに MYNN、地表面モデルに Noah-LSM と SLUCM、放射モデルに RRTMG を用いた Case CTRL であった。境界層モデルを (MYNN から) YSU に変更した Case YSU は日中平均で 1.6℃観測値を過小評価、地表面モデルを (Noah-LSM と SLUCM から) SLAB に変更した Case SLAB は日中平均で 6.8℃も過大評価した。放射モデルを (RRTMG から) Dudhia に変更した Case DUDHIA の日中の結果は Case CTRL とほとんど同じであった。物理モデルの選択に伴う WBGT 予測結果の不確実性の幅は、2010年8月18日の日中平均で 8.4℃であった。同様の計算を行った 2010年8月17日の事例では、WBGT 予測結果の不確実性の幅は 7.9℃であり、2010年8月18日の事例の結果と同様の傾向を示した。
- (3) Case SLAB によって過大評価された 2010年8月17日と 8月18日の日中の WBGT の主要因は湿球温度項の過大評価であった。これは SLAB モデルの植生・土壌過程の簡略化により、このモデルで計算される潜熱フラックスが過大になった結果であると推察された。夏季晴天日に WBGT を予測する場合、物理モデルの中でも地表面モデルの選択に特に注意すべきであることが分かった。
- (4) WRF モデルの水平解像度の感度実験の結果、2010年8月18日の事例における水平解像度に伴う WBGT 予測結果の不確実性の幅は日中平均で 0.5℃であった。この値は (2) で述べた物理モデルの選択に伴う不確実性の幅に比べて約 8℃小さい。これと同様の結果が、2010年8月17日の事例を対象にした予測実験においても得られた。水平解像度 3km 以下の WRF モデルで、夏季晴天日の WBGT を予測する場合は、水平解像度向上よりも物理モデルの設定をより慎重に検討する必要があることがわかった。

謝辞

本研究は、文部科学省の委託事業「気候変動適応研究推進プログラム」において実施したものである。本観測は、筑波大学計算科学研究センターと多治見市の連携協定の下、実施された。本研究の一部は、一般財団法人日本気象協会の支援を受けた。本研究で実施した数値シミュレーションは、筑波大学計算科学研究センター学際共同利用プログラムの支援を受けた。立正大学地球環境科学部の渡来靖講師、筑波大学大学院生命環境科学研究科の秋本祐子氏には、JAM-GPV の一つである MSM のデータ変換にご協力していただきました。

参考文献

- (1) 小出雅之・滝本秀一郎・稲垣広己・則武俊樹、多治見で最高気温が 40.9℃を記録した日の JMANHM による気温分布の再現実験、東京管区調査研究会誌、41 (2008)
- (2) 岐阜県立多治見北高等学校自然科学部、日本一暑い町・多治見を観測する高校の取り組み、日本ヒートアイランド学会第 3 回全国大会予稿集 (2008)、pp28-30.
- (3) 吉田信夫、多治見の都市気候と高温、日本ヒートアイランド学会第 3 回全国大会予稿集 (2008)、pp20-22.

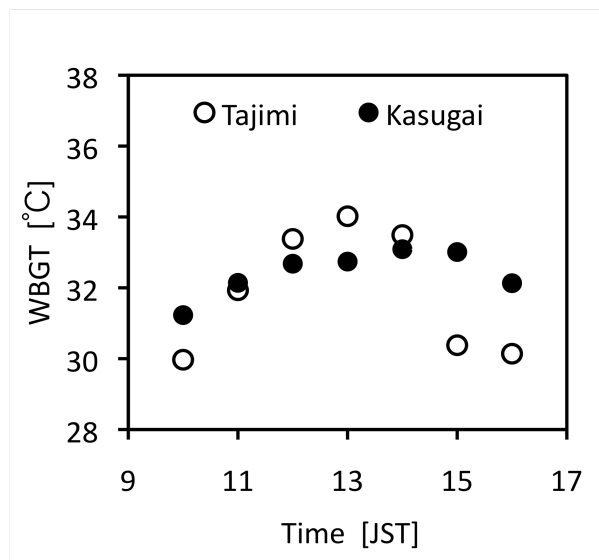


Figure 1 Diurnal variation of WBGT from 6 to 18 JST on 18 August 2010 observed in Tajimi (open circle) and Kasuga city (solid circle).

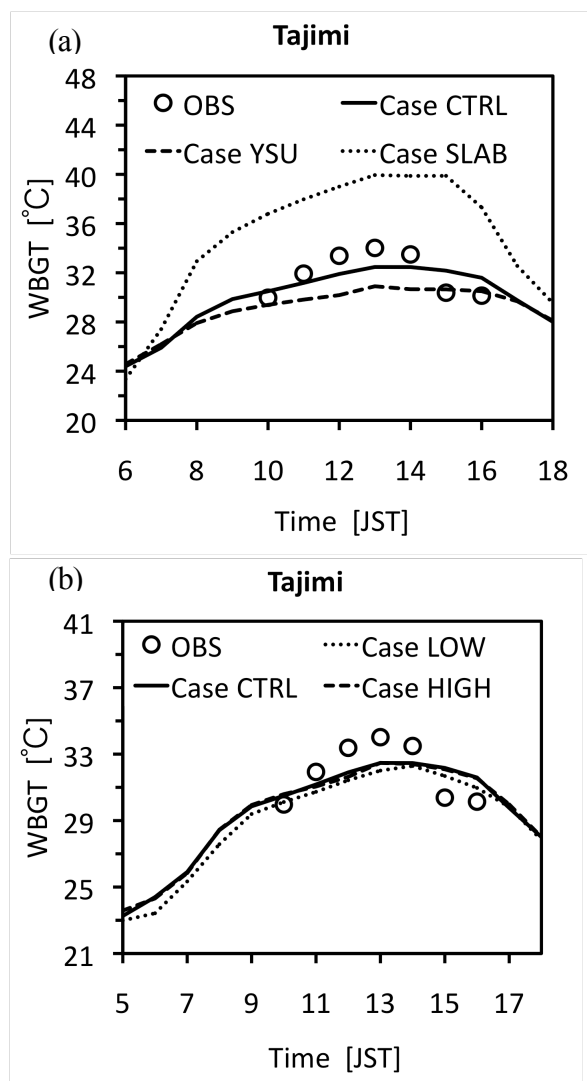


Figure 2 (a) Diurnal variation of WBGT from 6 to 18 JST on 18 August 2010 in Tajimi. The circles represent observed results, the solid line Case CTRL, the dash line Case YSU, and the dot line Case SLAB. (b) Same as (a), but for sensitivity of horizontal resolution. The circles represent observed results, the dot line Case LOW, the solid line Case CTRL, and the dash line Case HIGH.