

大気環境常時監視測定局における暑さ指数（WBGT）の推定

藪原佑樹 品川知則¹⁾

(1：現環境生活部温暖化対策推進課)

1 はじめに

地球温暖化による気候変動は今後も継続することが予測されており、その影響に対処し、被害を少なくするための適応が重要となっている。特に、健康被害に直結する熱中症については、気候変動適応法の改正により対策の強化が盛り込まれるなど、発生リスクの回避または軽減が求められているところである。

熱中症の発生リスクを示す指標として、湿球黒球温度（WBGT、以下「暑さ指数」という。）が広く活用されている。千葉県内においても、気象庁の観測点で観測された気温、相対湿度、平均風速、全天日射量を用いて暑さ指数が推定され、国の実況推定値（以下「実況推定値」という。）として公表されている。暑さ指数はその場所や周囲の環境によって大きく異なることが知られるが¹⁾、県内で実況推定値が提供される地点（以下「情報提供地点」という。）は千葉や船橋等の14地点に限られている。そのため、地域によっては距離が離れた地点の暑さ指数を参照することになり、実際の状況との差異が想定される。

暑さ指数の推定に必要とされる気温等の気象要素は、県や市等が設置する大気環境常時監視測定局（以下「測定局」という。）においても測定されている。測定局は大気環境保全や住民の健康保護などを目的に大気環境の状況を常時監視するものであり、暑さ指数の推定や提供は行われていない。しかし、測定局の測定データに基づいて推定した暑さ指数を活用できれば、新たな地点において暑さ指数の情報提供が可能になると期待される。

そこで本稿では、測定局の測定データに基づいて暑さ指数を推定（以下「測定局推定値」という。）し、国の実況推定値と比較を行うことで、その有用性について検証を行った。

2 調査方法

千葉県における測定局及び国の提供地点を図1に示す。対象とした測定局は、県内126地点のうち、気温、相対湿度、平均風速、全天日射量の4項目を測定している8地点（松戸根本、市川本八幡、習志野東習志野、千葉宮野木、市原岩崎西、市原郡本、袖ヶ浦横田、成田幡谷）とした。また、国の情報提供地点は14地点全てを対象とした。

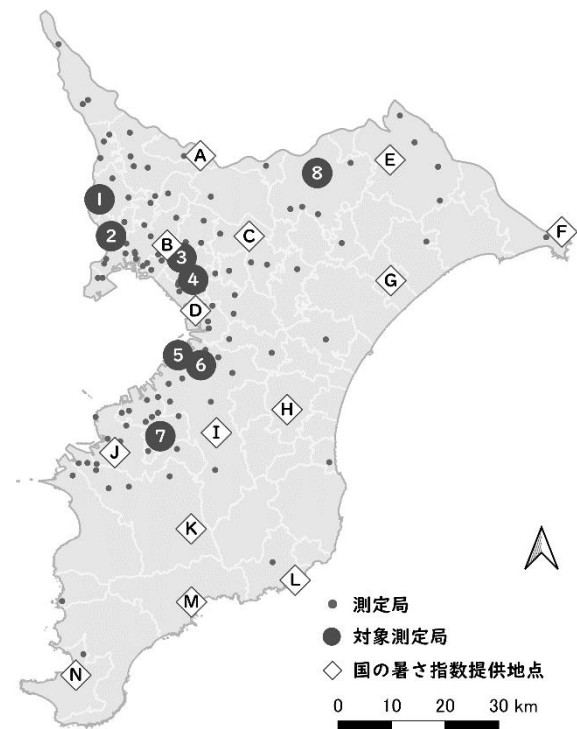


図1 千葉県における測定局及び国の情報提供地点。黒丸が測定局、白い菱形が国の情報提供地点をあらわす。数字および英字はそれぞれ以下の地点を示す。1: 松戸根本、2: 市川本八幡、3: 習志野東習志野、4: 千葉宮野木、5: 市原岩崎西、6: 市原郡本、7: 袖ヶ浦横田、8: 成田幡谷、A: 我孫子、B: 船橋、C: 佐倉、D: 千葉、E: 香取、F: 銚子、G: 横芝光、H: 茂原、I: 牛久、J: 木更津、K: 坂畑、L: 勝浦、M: 鴨川、N: 館山

測定局推定値は、各測定局における測定データを基に、小野・登内（2014）²⁾ が提案する以下の式に基づいて推定した。

暑さ指数(WBGT)

$$\begin{aligned} &= 0.735 \times T_a + 0.0374 \times RH \\ &+ 0.00292 \times T_a \times RH + 7.619 \times SR \\ &- 4.557 \times SR^2 - 0.0572 \times WS \\ &- 4.064 \end{aligned}$$

ここで、 T_a は気温（℃）、 RH は相対湿度（%）、 SR は全天日射量（kW/m²）、 WS は風速（m/s）とする。測定データは、千葉県が管理する「ちばの大気環境³⁾」のホームページから1時間値データをダウンロードして利用した。対象期間は2023年6月1日から9月30日とし、6時から19時までの1時間毎に測定局推定値を算出した。なお、測定項目に欠測がある時間のデータは除外した。

国が提供する実況推定値は、環境省の「熱中症予防情報サイト⁴⁾」における暑さ指数予測値等電子情報提供サービスを利用して取得した。国の実況推定値は、気象庁の観測点における観測値を基に、測定局推定値と同様に上記式を用いて推定される。対象期間は2023年6月1日から9月30日とし、6時から19時までの1時間毎の実況推定値を利用した。

このように算出した暑さ指数を用いて、県内8地点の測定局における測定局推定値について、県内14地点で提供される国の実況推定値と比較を行った。

3 結果及び考察

対象とした8地点の測定局のうち、4地点において測定データの欠測が確認された。このうち袖ヶ浦横田については、データの取得率が約3割と低かったため解析から除外した。

袖ヶ浦横田を除く7地点の測定局について、国が実況推定値を提供する14地点と比較を行った。その際、測定地点の位置関係が及ぼす影響を考慮するため、測定局推定値と実況推定値の相関係数の算出に加えて、両者の測定地点間の直線距離を計測した。その結果、測定局推定値と実況推定値の相関係数は全ての組み合わせで0.89以上となり、強い正の相関

がみられた（図2）。なお、相関係数が0.91を下回った5つの組み合わせは、いずれも国の情報提供地点が勝浦地点である場合の組み合わせであった。さらに、各組み合わせにおける相関係数と直線距離の関係を調べたところ、地点間の距離が離れるほど暑さ指数の相関係数が低くなる傾向がみられた（図2）。

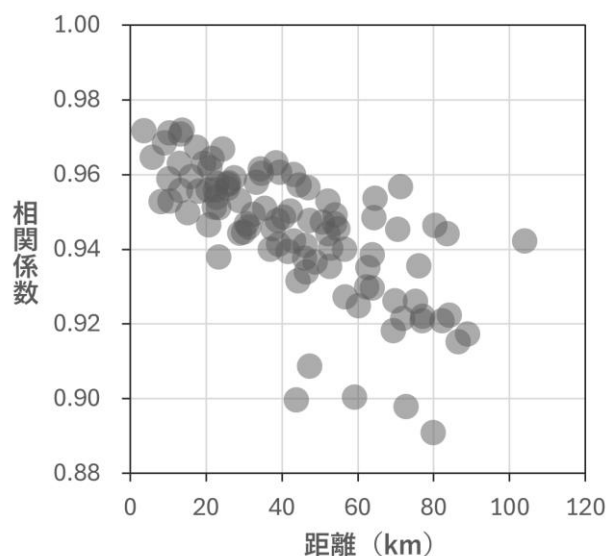


図2 測定局と国の情報提供地点間での暑さ指数の相関係数と距離の関係

そこで、各測定局における測定局推定値について、最寄りの国の情報提供地点における実況推定値との関係をさらに詳しく整理した。また、熱中症の発生数は暑さ指数28℃前後を境に増加すること⁵⁾から、測定局推定値と実況推定値のどちらか一方でも高領域値（28℃以上）となった際の暑さ指数の差を算出した。さらに、熱中症警戒アラート（熱中症警戒情報）の発表基準が日最高暑さ指数に基づくことを踏まえ、暑さ指数の日最高値を比較した。

各測定局と最も距離が近い地点の組み合わせ及びそれらの間での暑さ指数の相関係数を表1に示す。暑さ指数の相関係数は、成田幡谷測定局と香取地点間で最も高く、次いで、最も距離が近い習志野東習志野測定局と船橋地点間で高かった。一方、最も距離が離れた松戸根本測定局と船橋地点間で相関係数が最も低くなった。また、暑さ指数の差の指標として、測定局推定値と実況推定値の差の二乗平均平方

根値を算出した。この値が 0 に近くなるほど暑さ指数の差が小さいことを意味する。暑さ指数の差は、市原岩崎西測定局と千葉地点間で最も小さくなった。一方で、相関係数が最も低い組み合わせである松戸根本測定局と船橋地点間で暑さ指数の差は最大となった（表 1）。

続いて、いずれかの暑さ指数が 28℃以上となった高領域値データを抽出して比較を行ったところ、測定局推定値と実況推定値の差の二乗平均平方根値は 0.85～1.68 となり、全てのデータを用いた計算値と

比べて高い値を示した（表 1）。また、このときに生じる暑さ指数の差をみると、図 3 に示すように、地点により傾向がばらつくものの、比較的多くの時間帯で暑さ指数が 1～3℃程度異なっていた。最後に、暑さ指数の測定局推定値及び実況推定値について、それぞれの日最高値を算出して比較した。暑さ指数の日最高値はおおむね一致する傾向があったものの、暑さ指数が高い日に値の差が拡大する地点がみられた（図 4 a、d、f）。

表 1 測定局におけるデータ取得状況及び最も近い国の情報提供地点（最近接地点）との比較。暑さ指数差は測定局推定値と実況推定値の差について二乗平均平方根を計算した値とした。

	測定局名	データ数	データ取得率	最近接地点 (距離 km)	相関係数	暑さ指数差 (全データ)	暑さ指数差 (高領域値)
1	松戸根本	1708	100 %	船橋 (15.2)	0.950	1.38	1.68
2	市川本八幡	1708	100 %	船橋 (10.5)	0.953	1.06	1.21
3	習志野東習志野	852	49.9 %	船橋 (3.5)	0.972	0.99	1.09
4	宮野木	1702	99.6 %	千葉 (5.7)	0.965	0.94	1.08
5	市原岩崎西	1708	100 %	千葉 (9.0)	0.968	0.83	0.85
6	市原郡本	1708	100 %	千葉 (10.2)	0.959	1.09	1.22
7	袖ヶ浦横田	514	30.1 %	—	—	—	—
8	成田幡谷	1265	74.1 %	香取 (13.7)	0.972	0.88	1.03

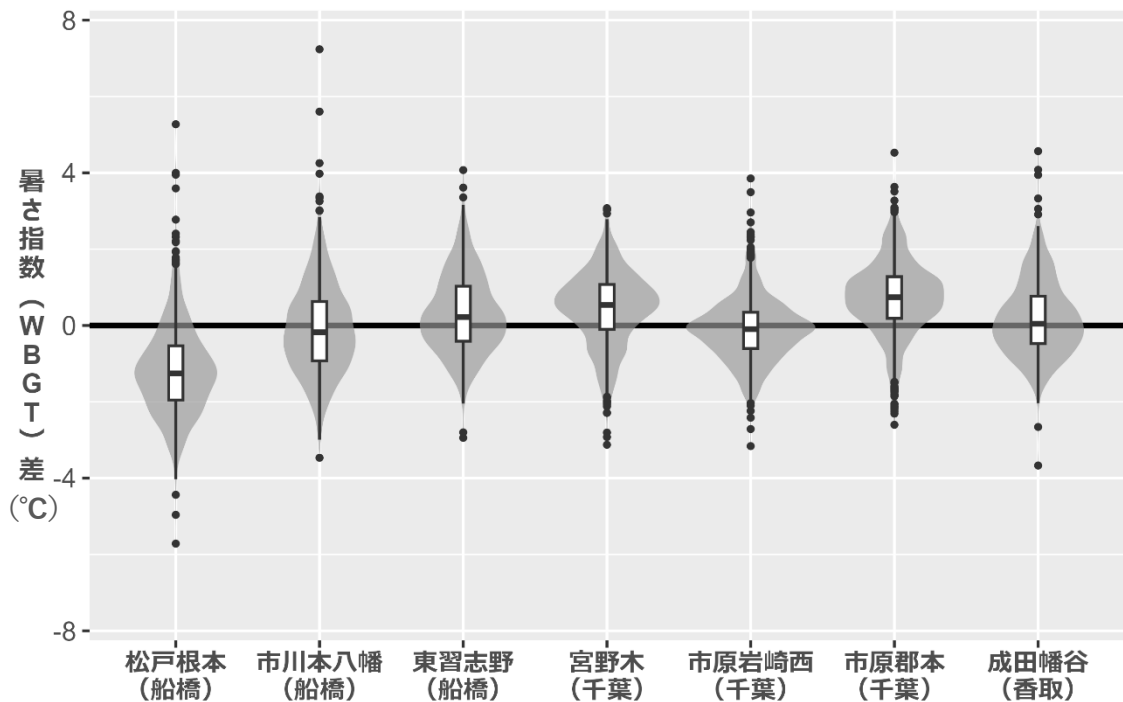


図3 各測定局と最も近い国の情報提供地点間での同時刻における暑さ指数の差（測定局推定値と実況推定値のいずれかの値が 28℃以上となった時刻のデータに基づく）。確率密度分布を示すバイオリンプロット（灰色）に箱ひげ図（白）を重ねた。横幅が大きい場所ほど、その値の分布が多いことを示している。箱ひげ図の外れ値は黒い点で示した。

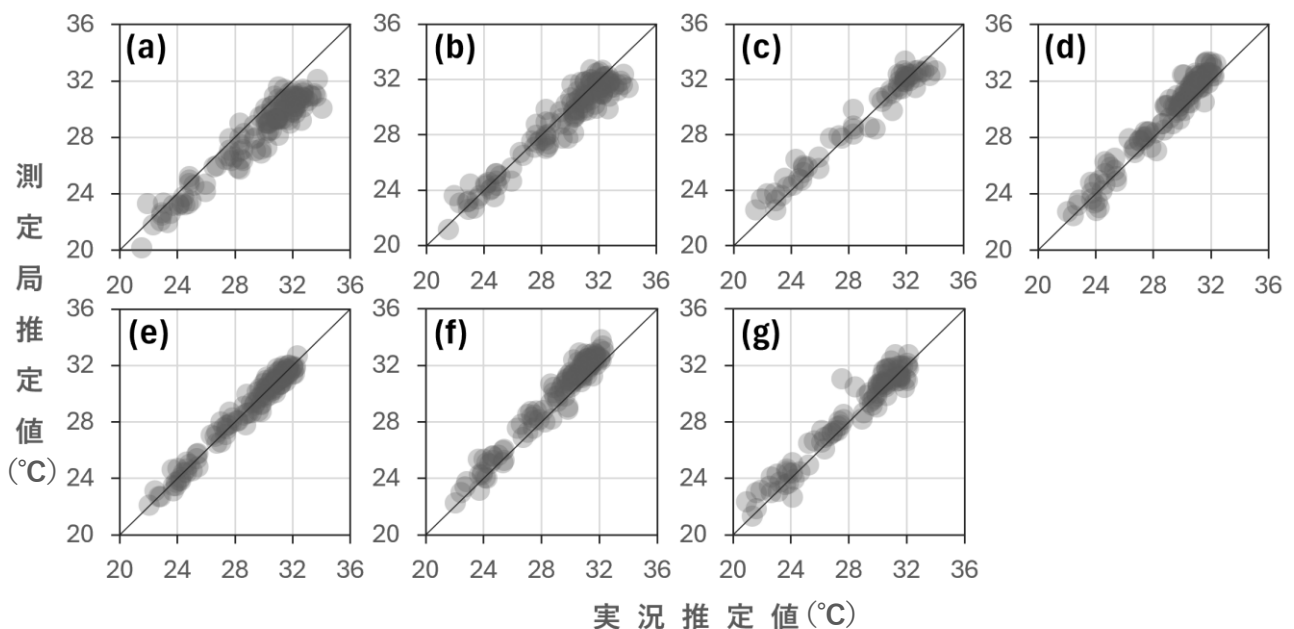


図4 測定局と国の情報提供地点間での暑さ指数日最高値の比較。1:1 ライン（実線）から外れるほど2地点間の差が大きいことを示す。各グラフの測定局と国の情報提供地点の組み合わせは以下の通り。(a) 松戸根本—船橋、(b) 市川本八幡—船橋、(c) 習志野東習志野—船橋、(d) 宮野木—千葉、(e) 市原岩崎西—千葉、(f) 市原郡本—千葉、(g) 成田幡谷—香取。

4 まとめ

本稿における検討の結果、測定局推定値は国の実況推定値とおおむね強い相関を示しており、測定局の測定データを利用して暑さ指数を推定できることを確認した。ただし、地点間の距離が離れるほど暑さ指数の相関が弱まること、また最も距離が近い地点間でも暑さ指数に 1~3℃程度の差が生じており、その差は熱中症の発生リスクが高まる高温時に拡大することが確認された。このため、実際の状況に即した暑さ指数を把握する上では、県内 14 地点だけでなく、より多くの場所で暑さ指数情報が提供されることが望ましいと考えられる。測定局の測定データを活用した暑さ指数情報の提供は、その有効な手段の一つとなり得る。実際に、本稿において暑さ指数を推定した 8 地点の測定局の他に、47 地点の測定局において暑さ指数の推定に必要な 4 項目のうち日射量を除く 3 項目の気象要素（気温、相対湿度、平均風速）が測定されている⁶⁾。これらの測定局で日射量を測定することができれば、国の情報提供地点が近隣に無い地域において新たな暑さ指数提供地点の創

出が可能となり、熱中症の発生リスクに関する効果的な情報提供につながることを期待されるだろう。

引用文献

- 1) 大橋唯太, 竜門洋, 重田祥範: 都市域のさまざまな活動空間での WBGT の比較. 日生気誌, 46(2), 59-68 (2009).
- 2) 小野雅司, 登内道彦: 通常観測気象要素を用いた WBGT (湿球黒球温度) の推定. 日生気誌, 50(4), 147-157 (2014).
- 3) 千葉県: ちばの大気環境.
<https://air.taiki.pref.chiba.lg.jp/> (2024 年 8 月時点)
- 4) 環境省: 熱中症予防情報サイト.
https://www.wbgt.env.go.jp/data_service.php (2024 年 8 月時点)
- 5) 星秋夫, 稲葉裕, 村山貢司: 東京都と千葉市における熱中症発生の特徴. 日生気誌, 44(1), 3-11 (2007)
- 6) 千葉県環境生活部大気保全課: 令和 4 年度大気環境常時測定結果. (2023)

Estimation of Wet-Bulb Globe Temperature using meteorological conditions measured at ambient air pollution monitoring stations

YABUHARA Yuki SHINAGAWA Tomonori

To explore the utilization of meteorological data from ambient air pollution monitoring stations for providing the Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) index, we estimated WBGT based on temperature, relative humidity, average wind velocity, and global solar radiation measured at eight monitoring stations in Chiba prefecture. These estimated WBGT values were then compared to those provided by the national government. The estimated WBGT values from the seven monitoring stations generally showed a strong positive correlation with those provided by the national government. However, the correlation slightly weakened as the distance between the locations increased. Additionally, even between the closest locations, there was a difference in WBGT values of approximately one to three degrees during periods of elevated temperatures. To provide information on the risk of heatstroke, utilizing meteorological data from monitoring stations to offer WBGT information at more locations is considered a potentially effective approach.

Key words: Ambient air pollution monitoring station, Climate change adaptation, Heat stress, Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT)