

気候変動予測データを用いた都内における将来の WBGT (暑さ指数) の推定

高橋一之

要 旨

国立環境研究所が提供する気候変動予測データ (NIES2020) を用いて、都内における将来の WBGT (暑さ指数) を推定する手法を提示した。2015～2023 年の WBGT 推定値の出現日数と、環境省熱中症予防情報サイトの実測値の出現日数との比較によって、推定手法の妥当性を確認した。本手法を用いて、都内の地点における、将来の日最高 WBGT を推定し、「危険 (WBGT が 31.0～33.0℃)」と、「熱中症警戒アラート (同 33.0℃以上)」以上の出現日数を求めた。「危険」の日数は CO₂ 排出シナリオによる差は小さく、将来も横ばいであるが、「熱中症警戒アラート」以上の日数は将来に向けて増加し、CO₂ 排出量が大きいシナリオほど急激に増加することが明らかになった。以上の推定結果には、モデルによる傾向の違いは見られず、普遍性がある。地点の違いによる影響では、「熱中症警戒アラート」以上の日数は、沿岸部で少なく、都心部から内陸部に向かって増加し、多摩地域の一部でも多い傾向が見られた。本研究の推定手法は、全国の熱中症予防情報サイトの地点についても適用が可能と考えられる。

キーワード：気候変動、予測データ、将来、WBGT、暑さ指数、推定

1 はじめに

2024 年 10 月に国連環境計画 (UNEP) は、現在の温暖化対策のままだと、今世紀末の気温上昇が 2.6～3.1℃になるとの報告書を発表した¹⁾。2024 年の日本の夏は、2 年連続で最高の暑さを記録したが、専門家からは「温暖化の影響がなければ発生し得なかった」²⁾とも言われており、将来の更なる猛暑が懸念される。

こうした状況のもと、気候変動適応改正法が全面施行され、熱中症警戒アラートの法への位置付けや、熱中症特別警戒アラートの創設、そして地域ではクーリングシェルターを指定することなど、熱中症対策が行政の重要課題となっている³⁾。

筆者が所属する東京都気候変動適応センターは、気候変動適応法に基づき、2022 年 1 月に東京都環境科学研究所に設置された新しい組織である⁴⁾。当センターの役割は、都内における気候変動情報の収集、分析や提供などであり (気候変動適応法第 13 条第 1 項)、将来の熱中症対策に必要な情報提供が求められている。

使用した気候変動予測データ (NIES2020) は、気温や降水量など、基本的で重要な情報を提供するが、熱中症発生の指標となる WBGT (暑さ指数) は提供していない。本研究は、都内における将来の WBGT の推定方法を検討し、行政等が実施する適応策に有用な情報の提供を目的とする。



図 1 WBGT の測定装置と算出

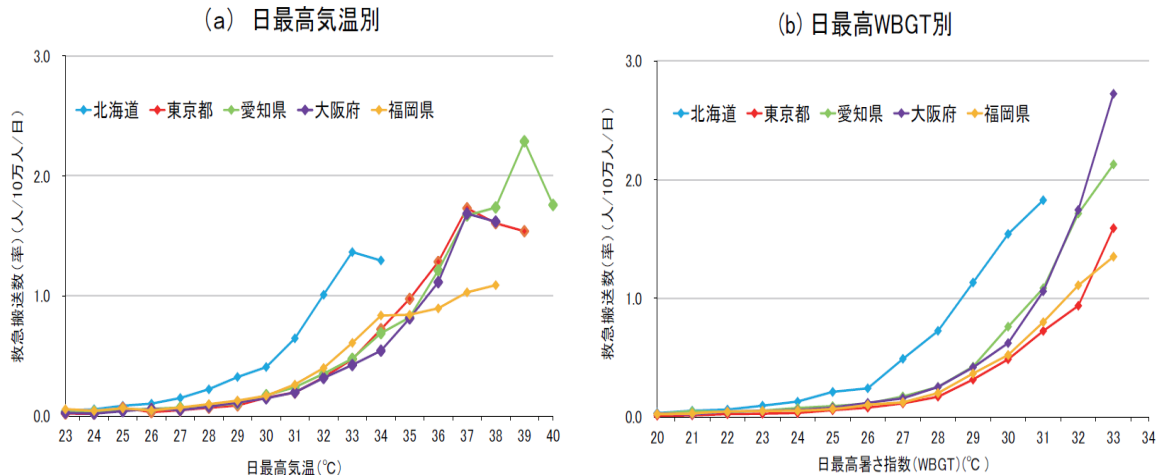


図2 (a)日最高気温別、(b)日最高 WBGT 別の救急搬送数(率)との関係 出典：熱中症環境保健マニュアル⁷⁾

本稿は、研究内容の報告が主な目的であるが、内容の理解に役立つと思われる、WBGT の定義と熱中症発生との関係、気候モデルの種類や温暖化シナリオなどの知識についても、資料を引用しながら紹介していきたい。

2 WBGT の定義と熱中症発生との関係

WBGT (暑さ指数) は、Wet Bulb Globe Temperature (湿球黒球温度) の略称で、図1のように、3種類の測定装置⁵⁾の測定値(湿球温度、黒球温度及び乾球温度)を、屋外の場合には、7：2：1の割合で重み付けした値で定義される⁵⁾、⁶⁾。

このようにして算出した WBGT の日最高値である、日最高 WBGT と救急搬送数(率)との関係を表したのが図2(b)で、図2(a)の日最高気温よりも救急搬送数(率)との相関関係が明瞭である⁷⁾。日最高 WBGT は、熱中症発生の指標や熱中症警戒アラート等の発表基準として用いられている。

3 都内における WBGT の情報提供地点と熱中症警戒アラートの発表基準等

図3は、2024年7月20日に、都内において熱中症警戒アラートが発表されている事例⁸⁾を示す。図中の7地点が、都内(区部・多摩地域)における環境省熱中症予防情報サイトの WBGT 情報提供地点である。WBGT の単位は摂氏度(°C)である⁹⁾が、同サイトでは気温との混同を避けるため単位を省略しており⁹⁾、図3は出典のまま引用した。

表1は、日常生活における熱中症予防指針¹⁰⁾であり、WBGT が28～31°Cで「厳重警戒」、31°C以上が「危険」である。さらに暑さが厳しい、「熱中症警戒アラート」¹¹⁾



図3 都内で熱中症警戒アラート発表中の事例 出典：熱中症予防情報サイト⁸⁾

表1 日常生活における熱中症予防指針

WBGT による温度基準域	注意すべき生活活動の目安	注意事項
危険 31°C以上	すべての生活活動でおこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が高い。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
厳重警戒 28°C以上 31°C未満	中等度以上の生活活動でおこる危険性	外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 25°C以上 28°C未満	強い生活活動でおこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に充分に休息を取り入れる。
注意 25°C未満	強い生活活動でおこる危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。

出典：日常生活における熱中症予防指針¹⁰⁾

は、都内の「いずれかの地点」で、翌日・当日の日最高 WBGT が 33°C (予測値) に達する場合に発表される。図2(b)では、WBGT が 31°C 付近から救急搬送数(率)が急増していることが分かる。また、新たに加わった、「熱中症特別警戒アラート」¹¹⁾は、「すべての地点」で翌日の日最高 WBGT が 35°C (予測値) に達する場合等に発表され、極めて重大な事態であることが理解されるであろう。

表2 気候モデルの種類（★印が NIES2020 で用いられている気候モデル）

気候モデル	開発機関	特徴
MIROC5 MIROC6★	東京大学／国立研究開発法人国立環境研究所／国立研究開発法人海洋研究開発機構	日本の研究機関が開発した気候モデルであり、当該モデルを利用して日本を含むアジアの気候やモンスーン、梅雨前線等の再現性や将来変化の研究が実施されている。
MRI-CGCM3.0 MRI-ESM2.0★	気象庁気象研究所	
GFDL CM3	(アメリカ)NOAA 地球物理流体力学研究所	日本周辺の年平均気温や降水量等の変化の傾向を確認し、そのばらつきの幅を捉えられるように選ばれた気候モデル。
HadGEM2-ES	(イギリス)気象庁ハドレーセンター	
IPSL-CM6A-LR★	(フランス)ピエール・シモン・ラプラス研究所	
ACCESS-CM2★	(オーストラリア) ARC気候システム科学研究センター	
MPI-ESM1-2-HR★	(ドイツ) マックス・プランク気象研究所	

出典：気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）¹⁶⁾

表3 SSP シナリオについて

IPCC 第6次評価報告書における SSPシナリオとは			
シナリオ	シナリオの概要	近い RCPシナリオ	
 SSP1-1.9	持続可能な発展の下で 気温上昇を 1.5℃以下におさえるシナリオ 21 世紀末までの気温上昇(工業化前基準)を 1.5℃以下に抑える政策を導入 21 世紀後半に CO ₂ 排出正味ゼロの見込み	該当なし	
 SSP1-2.6	持続可能な発展の下で 気温上昇を 2℃未満におさえるシナリオ 21 世紀末までの気温上昇(工業化前基準)を 2℃未満に抑える政策を導入 21 世紀後半に CO ₂ 排出正味ゼロの見込み	RCP2.6	
 SSP2-4.5	中道的な発展の下で気候政策を導入するシナリオ 2030 年までの各国の国別削減目標(NDC)を 集計した排出量上限にほぼ位置する	RCP4.5 (2050 年までは RCP6.0 にも近い)	
 SSP3-7.0	地域対立的な発展の下で 気候政策を導入しないシナリオ	RCP6.0と RCP8.5の間	
 SSP5-8.5	化石燃料依存型の発展の下で 気候政策を導入しない最大排出量シナリオ	RCP8.5	

出典：IPCC第6次評価報告書および環境省資料をもとにJCCCA作成

出典：気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）¹⁶⁾

2015～2023年 5～10月の日データ（地点：「東京」）

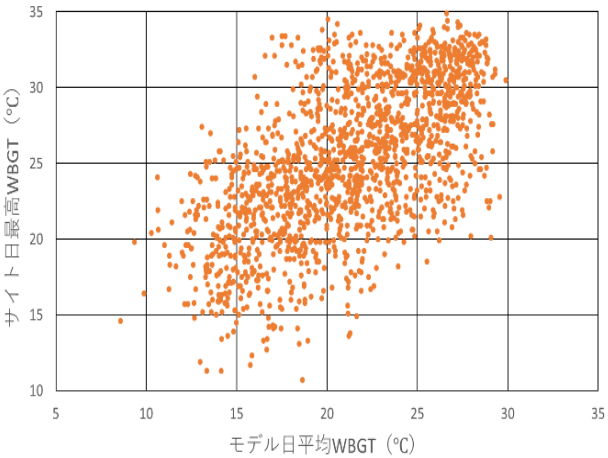


図4 モデル日平均 WBGT（横軸）とサイト日最高 WBGT（縦軸）の散布図

4 WBGT の算出式と将来の WBGT の推定方法

2 節で WBGT の定義について述べたが、この方法で WBGT を実測しているのは、都内では都心部にある「東京（文京区）」の地点だけである。他の 6 地点については、次式の小野ら（2014）¹²⁾ の近似式で求めた実況推定値が用いられている¹³⁾。

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

ここで、 T は気温[℃]、 RH は相対湿度[%]、 SR は全天日射量[kW/m²]、 WS は風速[m/s]である。

実況推定値は実測値に準ずるものとして公表されており、本研究では、近似式の 4 つの気象変数に気候予測データを適用することで、将来の WBGT を算出することとした。

5 使用した気候予測データと WBGT 算出の課題

我が国の気候予測データをまとめた「気候予測データセット：DS2022」¹⁴⁾ が公開されている。この中で、国立環境研究所が提供している NIES2020 (Ver. 1)¹⁵⁾ を用いた。

このデータは、最新の IPCC 第 6 次報告書で用いられた気候モデルの中の 5 つのモデル出力を用いている(表 2)¹⁶⁾。また、社会発展と CO₂ 排出量で分類された SSP シナリオ (表 3)¹⁶⁾ に基づくモデル出力を、日本域でダウンスケーリング (約 1 km メッシュに細密化) し、バイアス (誤差) 補正して提

供している。都内の全域についても、同様の密度で4つの気象変数が得られ、近似式を用いて将来のWBGTを算出することができる。

以上の理由から、NIES2020を用いたが、提供するものは日平均の気象変数であるため、日最高WBGTを算出する工夫が必要である。

6 将来の日最高WBGTの算出方法

このため、本研究では、熱中症予防情報サイトの地点の日最高WBGTと、NIES2020から算出した日平均WBGTの、2015～2023年の5～10月（以下、「現在期間」と呼ぶ）のデータを分析し、両者の関係から得られた回帰式を用いて、将来の日最高WBGTを算出する方法を検討した。なお、NIES2020は、2015年以降のデータが、SSPシナリオに基づく将来予測データである。

ところで、将来予測データは未来の天気予報のようなもので、特定の日付の気象変数を、実測データと直接比較することはできない。図4は、NIES2020のデータで算出した日平均WBGTと、熱中症予防情報サイトの同日の日最高WBGTを、直接比較した散布図である。両者の間には、明瞭な関係を見出すことができない。

このようなデータを補正するために、「クオントイルマッピング(分位数での比較補正)」と呼ばれる手法が、気候変動研究では標準的に用いられている^{17)～20)}。より具体的には、気候予測データのモデル値と実測値を、それぞれの値の大きさに昇順に並び替えて、モデル値を補正する方法が紹介されている²⁰⁾。

本研究では、この手法を参考にして、NIES2020で算出した日平均WBGTから日最高WBGTを算出する回帰式を求め、都内の地点における将来のWBGTを推定した。

7 分析と推定の結果

(1) 日最高WBGTと日平均WBGTの回帰式

回帰式を求めるための分析結果であるが、シナリオ：SSP1-2.6、モデル：MIROC6で、熱中症予防情報サイト「東京」の地点における分析結果を例示する。

図5は、6節で述べた現在期間（2015～2023年の5～10月）に算出した日平均WBGT（青線）と、実測の日最高WBGT（茶線）を昇順に並べた図である。

図6に、図5の日平均WBGTと日最高WBGTの散布図（茶点）、回帰式（赤枠）と回帰直線（青線）を示す。回帰式は全域での二乗誤差を最小とするもので、低温域では回帰直線との差が見られるが、熱中症が問題となる高温

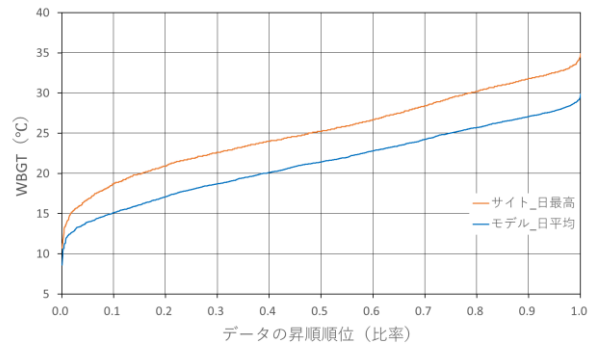


図5 モデル日平均とサイト日最高WBGTの昇順図

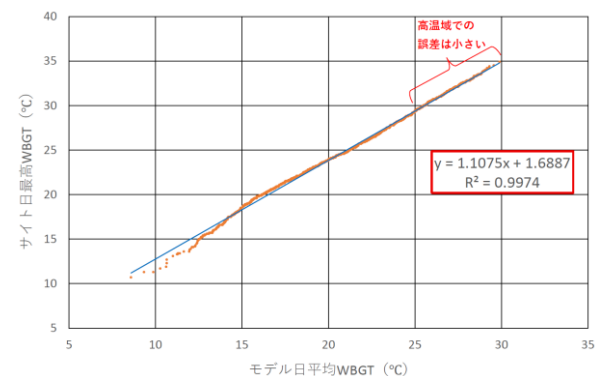


図6 モデル日平均とサイト日最高WBGTの散布図

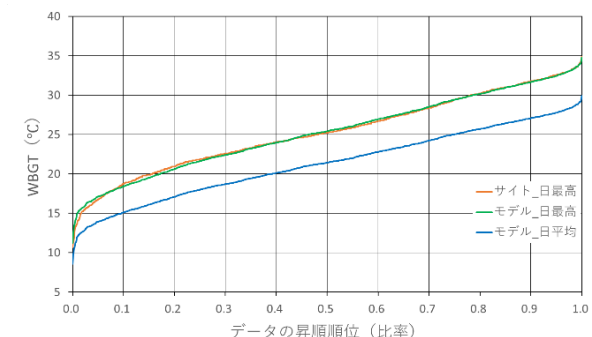


図7 モデル日最高WBGTを含む昇順図

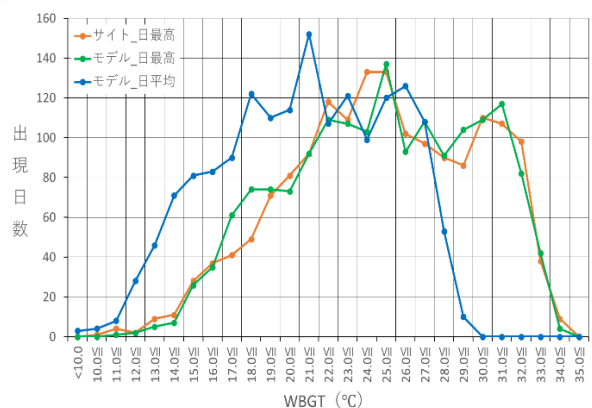


図8 モデルとサイト日最高WBGTの出現日数

域での誤差は小さい。

図7は、図5と同様であるが、日平均 WBGT（青線）を図6の回帰式に当てはめて求めた、推定の日最高 WBGT（緑線）を表す。高温域では、実測の日最高 WBGT（茶線）とほとんど重なっている。

(2) 現在期間の日最高 WBGT の出現日数

図8は、図7で示した、推定の日平均 WBGT（青線）、推定の日最高 WBGT（緑線）、実測の日最高 WBGT（茶線）の、現在期間における出現日数を表す。推定の日最高 WBGT の出現日数が、実測の日最高 WBGT の出現日数をかなり良く再現した。(1)と(2)の結果から、回帰式が、現在期間の日最高 WBGT をほぼ再現することが確認された。

(3) 将来の日最高 WBGT の推定方法

NIES2020 データの、同じモデルによる将来の予測データは、現在期間の予測データが算出されたのと、同じ考え方に基づいて算出されている。すなわち、将来の予測データは、現在期間の予測データに、SSP で表される温暖化などの影響が加わった延長線上にある。このため、現在期間の予測データで求めた回帰式に、将来の予測データから求めた日平均 WBGT を適用することで、将来の日最高 WBGT を推定することとした。

(4) 将来の日最高 WBGT の出現日数

この考え方に基づいて、将来の日最高 WBGT の出現日数を推定した。条件は(1)と同様で、シナリオ：SSP1-2.6、モデル：MIROC6、地点：「東京」の結果を例示する。将来の期間は、2020～2030年、2030～2040年、というように、2050～2060年までとした。この期間の NIES2020 データを、4節で述べた近似式に当てはめて求めた日平均 WBGT に、図6の回帰式を適用して、将来の日最高 WBGT を推定した。

図9は、このようにして求めた日最高 WBGT の、1年当たりの出現日数を表す。折れ線グラフの色分けは、凡例で示した推定期間を意味する。ただし、現在期間との比較のために、2015～2023年の1年当たりの出現日数（図8の緑線に対応する）を緑線で示す。図の高温側に着目すると、現在期間から将来にかけて、年代が進むにつれて、折れ線グラフの右端が高温側に移動することが分かる。右

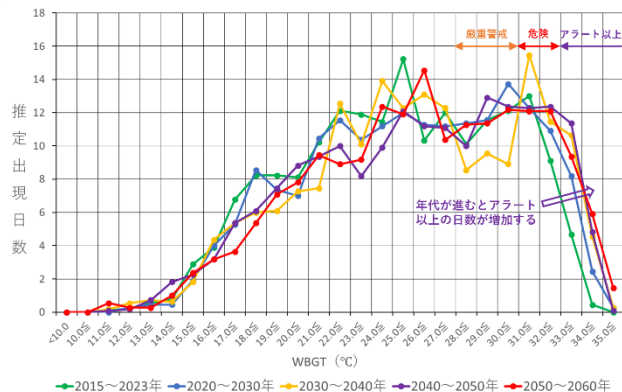


図9 将来の日最高 WBGT の年間出現日数

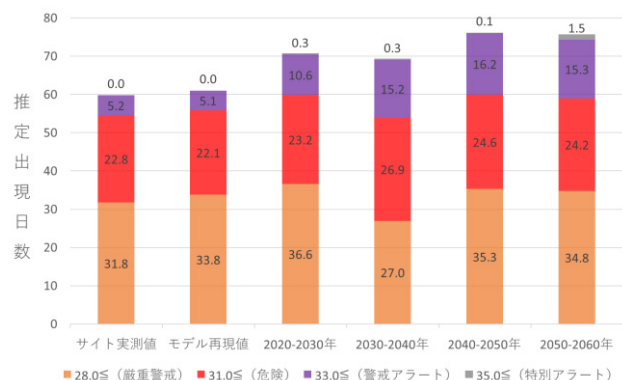


図10 厳重警戒以上の年間出現日数

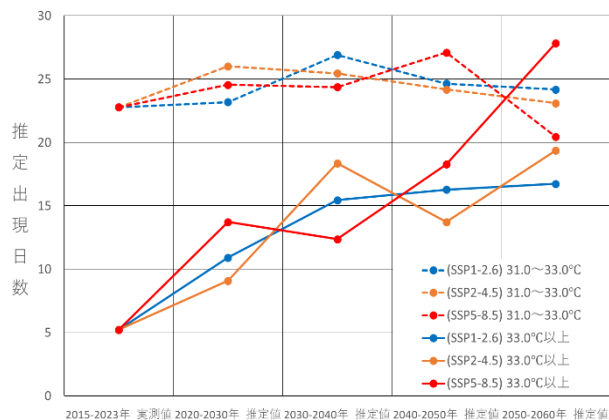


図11 危険(破線)と警戒アラート以上(実線)の出現日数

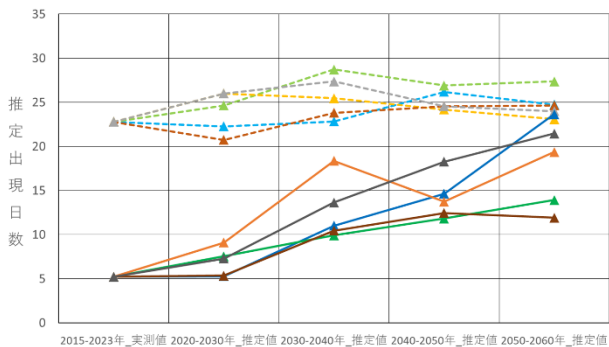


図12 図11と同様のモデル別の比較

上の「厳重警戒」等の範囲は、3 節で述べた WBGT の区分に対応する。各年代の WBGT の出現日数を、この区分で集計したのが図 10 である。

図 10 によれば、2015～2023 年には「警戒アラート」に相当する日数が 5 日程度であるが、2020～2030 年にはその 2 倍程度に、2030～2040 年以降は 3 倍程度になると推定される。そして、2015～2023 年には「特別警戒アラート」に相当する日数はないが、2050～2060 年にはそれに相当する日数が 1.5 日出現すると推定される。

(5) SSP (温暖化) の違いによる影響

次に、SSP (温暖化) の違いによる影響を分析する。条件は、モデル：MIROC6、地点：「東京」の結果を例示する。(4)で述べた分析手順により、図 10 と同様の、SSP2-4.5 と SSP5-8.5 に対応する図を作成した (図は省略)。図 10 とそれらの図の中で、最も重要な「危険」と「警戒アラート以上」の日数を、SSP 別にまとめたのが図 11 である。

図中の破線は危険、実線は警戒アラート以上の日数を示す。シナリオは、SSP1-2.6 (青線)、SSP2-4.5 (茶線)、SSP5-8.5 (赤線) を表す。危険の日数は、どのシナリオでも、将来に向けてほぼ横ばいである。しかし、警戒アラート以上の日数は、将来に向けて増加し、CO₂排出量が多いシナリオほど急激に増加する。SSP5-8.5 では、2050～2060 年には 2015～2023 年の実測値の 5 倍以上と推定される。

(6) モデルの違いによる影響

ここでは、モデルの違いによる影響を分析する。条件は、地点：「東京」、シナリオは中位にある SSP2-4.5 の結果を例示する。表 2 の 5 種類のモデルについて、図 10 と同様の図を作成し (図は省略)、「危険」(破線) と「警戒アラート以上」(実線) の日数を、モデル別 (モデル名の頭書を凡例に示す) にまとめたのが図 12 である。

どのモデルでも、図 11 で見られたのと同様の傾向で、モデルによる傾向の違いは見られず、推定結果には普遍性がある。

(7) 地点の違いによる影響

最後に、地点の違いによる影響を分析する。条件は、シナリオ：SSP1-2.6、モデル：MIROC6 で、地点は、熱中症予防情報サイトの「東京」、「江戸川臨海」、「練馬」、

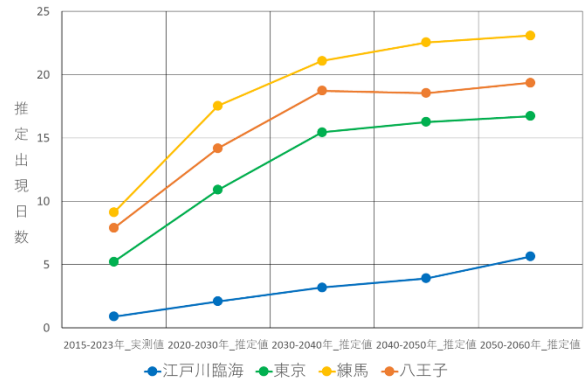


図 13 警戒アラート以上の日数の地点別の比較

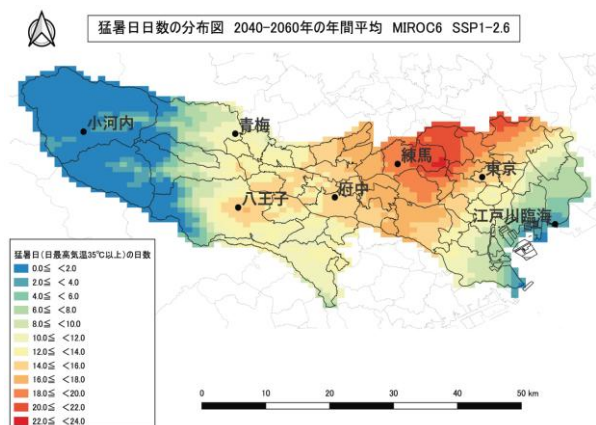


図 14 猛暑日日数の分布図 (2040～2060 年)

「八王子」の 4 地点である。

図 13 は、これらの地点における、「警戒アラート以上」の日数を示す。現在期間から将来にかけて、「警戒アラート以上」の日数の地点ごとの順位は変わらない。「警戒アラート以上」の日数は、「江戸川臨海」(沿岸部)で少なく、「東京」(都心部)から「練馬」(内陸部)に向かって増加し、「八王子」(多摩地域)でも多い傾向が見られた。

図 14 は、NIES2020 が提供する、猛暑日日数のデータを可視化した分布図で、熱中症予防情報サイトの 7 地点を示す。条件は、シナリオ：SSP1-2.6、モデル：MIROC6 で、2040～2060 年の 1 年当たりの平均日数を表す。

図 13 の 2040～2050 年と 2050～2060 年の地点間の傾向は、図 14 と整合しており、図 13 は、地点の違いによる影響を、正しく反映していると考えられる。

8 考察

7 節の「(5) SSP (温暖化) の違いによる影響」では、危険の日数は、将来に向けてほぼ横ばいであるが、警

戒アラート以上の日数が増加することを述べた。「危険」は変わらないのに、それよりも暑さが厳しい「警戒アラート以上」の日数が増加するというのが、不思議に思われたのではないだろうか。このような現象が推定される理由について考察する。

図 15 は、SSP1-2.6 における、将来の日最高 WBGT の出現日数を表す図 9 に、SSP5-8.5 の部分図を合成した図である。モデル：MIROC6、地点：「東京」で、図 9 と同条件である。

SSP1-2.6 では、警戒アラート以上の範囲に着目すると、2050 年頃で折れ線の間隔が狭まり、警戒アラート以上の日数の増加が止まる。しかし、SSP5-8.5 では、2050 年頃に折れ線の間隔が広がり、警戒アラート以上の日数が急激に増加する。一方、危険の範囲に着目すると、SSP1-2.6 と SSP5-8.5 のどちらも、年代間の変動はあるが、危険の範囲で集計すると、両者にあまり差はない。

これが、危険の日数は、将来に向けてほぼ横ばいであるが、警戒アラート以上の日数が増加する理由である。

9 おわりに

国立環境研究所が提供する気候変動予測データ（NIES2020）を用いて、都内における将来の WBGT を推定する手法を提示した。2015～2023 年の WBGT 推定値の出現日数と、熱中症予防情報サイトの実測値の出現日数との比較によって、推定手法の妥当性を確認した。

本手法を用いて、都内の地点における、将来の日最高 WBGT を推定し、「危険（WBGT が 31.0～33.0℃）」と、「熱中症警戒アラート（同 33.0℃以上）」以上の出現日数を求めた。「危険」の日数は CO₂ 排出シナリオによる差は小さく、将来も横ばいであるが、「熱中症警戒アラート」以上の日数は将来に向けて増加し、CO₂ 排出量が多いシナリオほど急激に増加することが明らかになった。以上の推定結果には、モデルによる傾向の違いは見られず、普遍性がある。

最後に、地点の違いによる影響を分析した。「熱中症警戒アラート」以上の日数は、「江戸川臨海」（沿岸部）で少なく、「東京」（都心部）から「練馬」（内陸部）に向かって増加し、「八王子」（多摩地域）でも多い傾向が

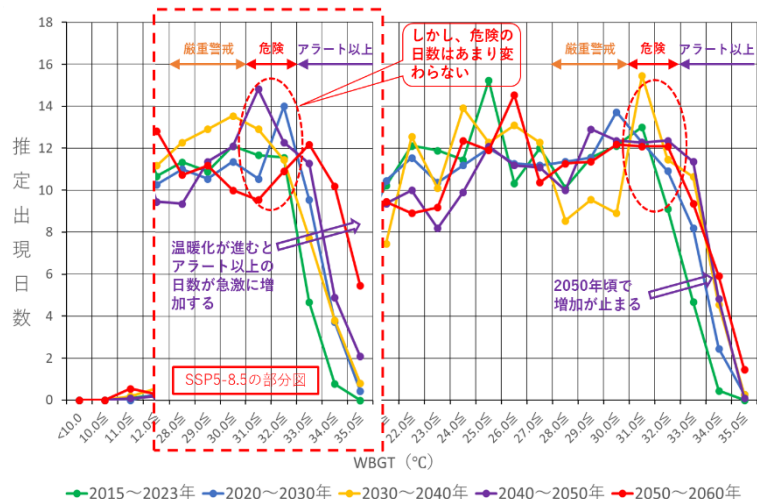


図 15 警戒アラート以上の日数が増える理由を示す図

見られた。この傾向は、NIES2020 が提供する猛暑日数（データとも整合し、本研究の結果は、地点の違いによる影響を、正しく反映していると考えられる。

本研究で提示した将来の日最高 WBGT の推定方法で必要なのは、推定する地点の将来の気候予測データと、過去から現在の日最高 WBGT データだけである。前者については、NIES2020 データが、日本全国にわたって約 1 km メッシュの密度で提供している。また、後者については、熱中症予防情報サイトが、2025 年 7 月現在、全国で 841 地点のデータを提供している¹³⁾。このため、本研究で提示した推定方法は、これらのデータを入手するだけで、全国の地点についても適用が可能と考えられる。

参考文献と出典

- 1) 朝日新聞デジタル（2024 年 10 月 24 日）：今世紀末気温 3 度上昇か 国連報告書、温室ガス排出は増加傾向が悪化
(<https://digital.asahi.com/articles/ASSBS0BMV SBSULBH00HM.html>)（参照：2025 年 9 月 4 日）
- 2) 朝日新聞デジタル（2024 年 9 月 2 日）：今年の夏も、史上最も暑かった 平均気温、平年より 1.76 度高く
(<https://digital.asahi.com/articles/ASS9224D3 S92UTIL00LM.html>)（参照：2025 年 9 月 4 日）
- 3) 環境省：気候変動適応法及び独立行政法人環境再生保全機構法の一部を改正する法律案の概要
(<https://www.env.go.jp/content/000114644.pdf>)（参照：2025 年 7 月 8 日）
- 4) 東京都環境局（2024）：東京都気候変動適応計画、

- p61.
(<https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/kankyo/-85>) (参照: 2025 年 7 月 18 日)
- 5) 環境省: 熱中症予防情報サイト (暑さ指数の詳しい説明)
(https://www.wbgt.env.go.jp/doc_observation.php) (参照: 2025 年 7 月 30 日)
 - 6) 環境省 (2020): 夏季のイベントにおける熱中症対策ガイドライン
(https://www.wbgt.env.go.jp/heatillness_gline.php) (参照: 2024 年 11 月 19 日)
 - 7) 環境省 (2022): 熱中症環境保健マニュアル
(https://www.wbgt.env.go.jp/heatillness_pr.php#manual) (参照: 2024 年 11 月 19 日)
 - 8) 環境省: 熱中症予防情報サイト (暑さ指数の実況と予測)
(https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt_data.php?region=03&prefecture=44) (参照: 2024 年 7 月 20 日)
 - 9) 環境省: 熱中症予防情報サイト (暑さ指数とは?)
(<https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt.php>)
(参照: 2025 年 7 月 30 日)
 - 10) 日本生気象学会 (2022): 日常生活における熱中症予防指針 Ver. 4
(<https://seikishou.jp/cms/wp-content/uploads/20220523-v4.pdf>) (参照: 2025 年 7 月 30 日)
 - 11) 環境省 (2025): 報道発表資料
(https://www.env.go.jp/press/press_04773.html) (参照: 2025 年 4 月 15 日)
 - 12) 小野ら (2014): 通常観測気象要素を用いた WBGT の推定. 日生気誌, 50(4), 147-157.
(doi:10.11227/seikisho.50.147)
(参照: 2023 年 11 月 9 日)
 - 13) 環境省: 熱中症予防情報サイト (当サイトで提供する暑さ指数について)
(https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt_detail.php)
(参照: 2025 年 7 月 30 日)
 - 14) 文部科学省・気象庁 (2022): 気候予測データセット DS2022. (<https://dias.jp.net/ds2022/>)
(参照: 2025 年 1 月 15 日)
 - 15) 石崎 (2021): CMIP6 をベースにした CDFDM 手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ, Ver. 1, 国立環境研究所.
(doi:10.17595/20210501.001.)
(参照: 2024 年 8 月 23 日)
 - 16) 国立環境研究所: 気候変動適応情報プラットフォーム (A-PLAT)
(<https://adaptation-platform.nies.go.jp/webgis/guide.html>) (参照: 2024 年 11 月 15 日)
 - 17) 飯泉ら (2010): 統計的ダウンスケーリングによる気候変化シナリオ作成入門. 農業気象, 66, 131-143.
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/agrmet/66/2/66_66.2.5/_pdf/-char/ja)
(参照: 2024 年 2 月 2 日)
 - 18) 鈴木ら (2015): WBGT に基づいた日本の暑熱環境の将来予測. 日生気誌, 54(1), 59-72.
(<https://doi.org/10.11227/seikisho.52.59>)
(参照: 2025 年 6 月 26 日)
 - 19) 気象庁 (2017): 地球地温暖化予測情報 第 9 巻, A15.
(<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol9/pdf/all.pdf>) (参照: 2024 年 6 月 26 日)
 - 20) 国立環境研究所: ココが知りたい地球温暖化, 気候変動適応編, 「気候予測情報のバイアス補正とは何ですか?」
(https://adaptation-platform.nies.go.jp/climate_change_adapt/qa/05.html)
(参照: 2024 年 2 月 2 日)