

# 熱中症リスク分析のための時空間的可視化 Spatiotemporal Visualization for Heatstroke Risk Analysis

菅田 鈴

Rei Sugeta

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail: rei.sugeta.4z@stu.hosei.ac.jp

## Abstract

*In recent years, due to the progression of urbanization and aging, health risks associated with high temperatures during summer have become apparent, and the number of heatstroke patients is on the rise. Previous studies have analyzed factors such as wet bulb globe temperature (WBGT) and green coverage rate individually. This paper proposes a visualization method for the spatiotemporal relationships between WBGT, green coverage rate, aging population, and heatstroke patients. The goal is to enable simultaneous viewing of factors other than WBGT and heatstroke hospitalizations on a map, thereby intuitively and clearly identifying areas with high heatstroke risk and regions requiring summer retreat support. The WBGT is displayed as a heatmap, while green coverage rate and summer retreat facilities are shown as choropleth maps, and population data is represented by circular symbols on the map. Experiments comparing the proposed method with conventional methods based on choropleth maps and circular symbols were conducted, using the data on the municipalities in Tokyo during the summer of year 2024 as the analysis target. The results show the proposed method demonstrated comparable accuracy to the conventional methods in distinguishing high and low WBGT levels and visualizing multiple datasets. It received high ratings from subjects for simultaneously displaying multiple data and presenting value levels.*

## 1. はじめに

近年、都市化と高齢化の進行により、夏季の高温環境による健康リスクが顕在化しており、熱中症患者数は増加傾向にある。2024年の熱中症緊急搬送人員の累計は、2008年の調査開始以降、最も多い人数となった。また、暑さ指数も注目され始め、ニュースで目にすることも多い。2021年から府県予報区等内の翌日、当日の予測値が33に達する場合は熱中症警戒アラートが運用されている。2024年からは都道府県内で翌日の最高暑さ指数の予測が35以上の場合等には熱中症特別警戒アラートが発表されるようになった。

地図上での可視化でコロプレスマップは地域全体の傾向把握に適しており、円シンボルマップは局所的な比較

や値の大小の把握に優れる。一方、ヒートマップはデータの分布傾向を直感的に示せる。

本研究では、熱中症リスクの高い地域や、避暑支援が必要な地域を直感的に分かりやすくすることを目的として、暑さ指数 (WBGT)、緑被率、クールスポット (避暑施設)、熱中症搬送件数の空間的關係を同時に地図上で可視化する。可視化方法として、東京都の地図上に WBGT や緑被率をヒートマップ、高齢者人口分布や避暑施設、熱中症搬送件数をシンボルで重ねる。また、月を変えたり重ねる情報を変えたりするユーザーインターフェースを実装する。

## 2. 関連研究

野々村らの研究では、局所的な緑被率と広範囲の緑被率、それぞれと各種温度指標との関係が調べられた [1]。特に、広範囲の緑被率が高い地域ほど WBGT (暑さ指数) が低下する傾向が観測され、緑被率の空間的分布が局所的な気温や体感温度に与える影響の大きさが示された。この結果から、都市計画や緑地配置の際、対象地域主変の緑被率や地表面状態の考慮が必要であることが示唆された。

上野らの研究では、10万人あたりの熱中症搬送件数を地域や年齢、気温などごとに計算した [2]。その結果、65歳以上は、7~17歳や18~64歳と比較して熱中症になりやすい気温が低いことが分かった。熱中症搬送の件数は最高気温や WBGT とほぼ指数関数で結びついており、その対数の値を回帰モデルに当てはめた解析も行われた。WBGT 30による予想では都道府県ごとに熱中症緊急搬送者数が異なり、地域ごとの差が認められた。新たな基準には人口構造や地域の気候の違いを考慮すべきであることが示唆された。

## 3. 準備

WBGT とは、熱中症予防を目的として人体と外気の熱収支に着目し作られた指標である [3]。日常に関する目安として表 1 のように、25 未満は注意、25 以上 28 未満は警戒、28 以上 31 未満は嚴重警戒、31 以上は危険とされている。WBGT の計算には 3 つの温度がある。1 つ目は黒球温度 (GT) である。黒球温度は黒色に塗装された薄い銅板の球の中心に温度計を入れて観測され、輻射熱を評価する。2 つ目の湿球温度 (NWB) は水で湿らせたガーゼを温度計の球部に巻いて観測され、湿度の影響を計る。乾球温度 (NDB) は通常の温度計を用いて観測する。WBGT はこれらを用いて以下の式で計算される。

Supervisor: Prof. Hiroshi Hosobe

$$WBGT = \begin{cases} 0.7 \times NWB + 0.2 \times GT + 0.1 \times NDB & (\text{屋内}) \\ 0.7 \times NWB + 0.3 \times GT & (\text{屋外}) \end{cases}$$

表 1 WBGT の目安 [3]

暑さ指数 (WBGT)	注意すべき生活活動の目安	注意事項
危険 (31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大きい。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
厳重警戒 (28以上31未満)		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以上28未満)	中等度以上の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十分に休息を取り入れる。
注意 (25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。

緑被率は正規化植生指標を用いて計算し、植生の閾値として 0.3 を用いる [4].

$$NDVI(x, y) = \frac{N_{x,y} - R_{x,y}}{N_{x,y} + R_{x,y} + \epsilon} \quad (NDVI(x, y) > 0.3)$$

$N$  が近赤外線波長光,  $R$  は赤波長光を示す. 植物は近赤外線波長を反射し, 赤波長を吸収する性質がある.

#### 4. 提案手法

本研究では, WBGT, 緑被率, 避暑施設, 住民 10 万人に対する熱中症搬送件数の空間的関係を可視化する. 行政職員や一般市民が熱中症リスク要因を直感的に理解しやすくするため, 一般にヒートマップや棒グラフで表現される情報を地図上に見やすく重ね合わせる方法を構築する. WBGT は熱中症発生リスクを表す指標として広く用いられているが, 実際の熱中症被害は, 緑被率や避暑施設といった地域環境要因の影響も受ける. これらを個別に可視化するだけでは, 相互の関係性を把握することは難しい. 本研究では, 複数の関連指標を同時に可視化することで, 単変量可視化では得られない空間的関係性の理解を促す.

熱中症搬送件数のデータ [5] が月別だったため, 本研究は月別で可視化する. 避暑施設は登録日の記載がなかったため, 取得可能な最新のデータ (2025 年 9 月) を用いた. また, 緑被率は短期間で大きく変動しないと考え, 分布把握を目的として 2024 年 12 月の衛星画像を用いた. 諸島が入ると地図の表示が小さく見えにくいいため, 本州にある東京の部分のみを対象とする. 複数指標を同時に表示するため, 色相の異なる 4 色 (オレンジ, 青, 紫, 緑) を用いた. これらはカラーユニバーサルデザイン [6] を参考にした. さらに, 透明度を設定することで, 下層にある情報を把握できるようにした. これらの指標はレイヤーごとに重ね, 利用者が見たい情報だけを選択できるように, それぞれにオンとオフのボタンを設ける.

##### 4.1. WBGT のヒートマップ可視化

WBGT の可視化では, 東京都の地図上にある 7 か所 (小河内, 青梅, 八王子, 府中, 練馬, 東京, 江戸川臨海) と東京の端から約 15km の範囲にある地点 (所沢, 越谷, 船橋, 横浜) の計 11 か所を対象とし, オレンジ色のヒートマップを作る. 文献 [3] から日別のデータを取得し, 日平均 WBGT から月平均を計算する.

空間的な傾向を反映させることを目的として, WBGT の補充に IDW 法を用いる. IDW 法は観測点からの距離に応じて重み付けを行う単純な補間手法であり, 観測点数が限られる場合でも計算コストが低く, 安定した結果が得られる利点がある.  $z(x, y)$  が予測する WBGT の値,  $N$  が補充に使われる観測点の個数,  $v_i$  が観測点ごとの実測 WBGT の値,  $p$  が重みづけのパラメータ (本研究では  $p = 2$ ),  $d_i(x, y)$  が予測する座標  $(x, y)$  と観測地  $(x_i, y_i)$  の距離を示す.

$$z(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{v_i}{d_i(x, y)^p}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i(x, y)^p}}, \quad d_i(x, y) = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

##### 4.2. 緑被率・避暑施設のコロプレスマップ可視化

緑被率は NDVI を計算し値が 0.3 より大きいとき植生があるとする. 市区町村ごとに植生がある割合を求め, 緑被率とした. 緑被率は市区町村ごと緑色の濃さで表現する. 他にも, 避暑施設を紫色でレイヤー別に重ねる. 避暑施設は東京都のクーリングシェルターと TOKYO クールシェアスポットが記載される. クーリングシェルターとは市区町村長が指定し, 主に屋内で空調設備のある特別警戒情報発表の際に開放される暑熱避難施設である. 一方で TOKYO クールシェアスポットとは, 都環境局が登録し, 公園など屋外を含んだ涼み処である. どちらにも指定されている施設もある. 本研究ではまとめて避暑施設とみなす.

##### 4.3. 搬送件数・人口分布の円シンボル可視化

文献 [5] から熱中症患者搬送件数を, 文献 [7] から 2024 年 1 月の住民データを取得した. 市区町村ごとに搬送件数と地域の幼少人口, 生産年齢人口, 老年人口を加算した. 熱中症搬送件数を青色のシンボル (円) で表し, 住民 10 万人に対する熱中症搬送件数を示す. 人数が多くなるとサイズが大きくなる. 搬送件数は市区町村単位の集計値であるため, 面積による誤解を避ける目的で, コロプレスマップではなく円シンボルによる表現を採用した. また, 人口規模の違いを考慮するため, 住民 10 万人当たりの搬送件数を用い, 円の大きさによって被害の大きさを表現する.

##### 5. 実装

2024 年度の月ごとの WBGT と熱中症搬送件数を取得した. Sentinel-2 [8] から衛星画像を取得し, NDVI と市区町村ごとの緑被率を計算した. 熱中症搬送件数は市区町村ごとに月別のデータがあったため, そのまま実装した. 避暑施設は文献 [9] からデータを取得した. 実装は全て Python で行った. インターフェースとして地図の下に月を切り替えるスライダーがある. 試作中, 地図表示で見えにくい場所があったため, 地図のサイズを変えるボタンとドラッグによる地図移動機能をつけた. 他に, 質問に答えやすいようクリックで市区町村名をポップアップ表示させた. 実験では, 質問ごとの回答時間を取得するため, 心理実験で広く用いられている jsPsych を用いた.

複数データの重ね合わせの質問はランダムで出題するようになった。

## 6. 実験

### 6.1. 実験方法

提案手法の有用性を評価するために、本手法（図 1）、コロプレスマップ、円シンボルマップの 3 通りの手法について、熱中症リスク分析のために複数データ（WBGT、緑被率、高齢者人口分布、避暑施設、熱中症搬送件数）のデータが読み取りやすいか比較する実験を行った。コロプレスマップのみの可視化（図 2）では全てのデータが市区町村ごとに分けられ、色の濃淡で表示される。円シンボルマップのみの可視化（図 3）では、市区町村ごとに 1 つの円シンボルで表示され、円の大きさからデータを読み取る。使用するデータは手法ごとに月を変える。また、回答のために地図をクリックすると、その市区町村の名前が表示される。全ての図は透明度を変え、WBGT、10 万人当たりの熱中症搬送件数、避暑施設、緑被率が重なっている。

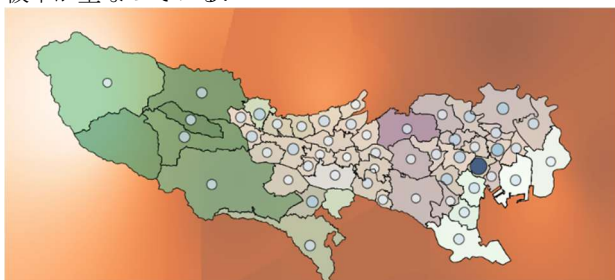


図 1 提案手法

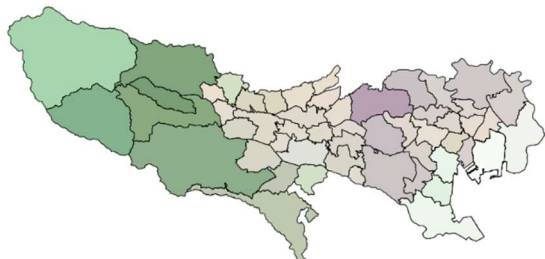


図 2 コロプレスマップ

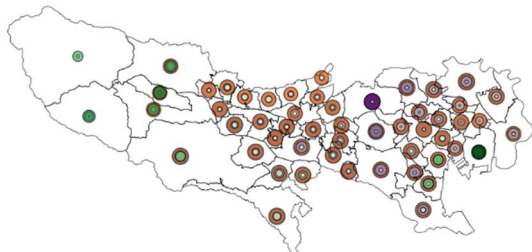


図 3 円シンボルマップ

被験者は 6 名であり、3 通りの手法を被験者ごとに異なる順で使用してもらい、数値が高いまたは低いと思われる

場所や、緑被率が高いが搬送件数が少ない場所など 2 つのデータを重ねた時の質問に対して、市区町村を答えてもらった。実験では 7, 8, 9 月のデータを使用し、それぞれの手法が 2 回ずつ同じ月のデータをとった。さらに、統合的に見て熱中症リスクが高そうな場所とその理由も尋ねた。実験前にはそれぞれ 30 秒ずつプログラムに触れ、全ての色をオフにした白地図の状態から始めた。被験者がボタンを用いてオン、オフすることでデータを探してもらった。実験後に、値の高低の分かりやすさ、複数データの同時表示の分かりやすさ、熱中症リスク分析の役立ちの 3 項目で 5 段階評価を行った。また、改善点や良かった点を尋ねるために、自由記述欄を設けた。

### 6.2. 実験結果

WBGT の値の高さと低さについての実験結果を表 2、表 3 に示す。正答率は上位 3 市区町村を正解として扱った。平均回答時間は同じ手法 6 回分の平均値となっている。WBGT の高さと低さを尋ねる質問の正答は上位 3 位以内とした。WBGT が低い市区町村を探す質問の正答率は 100% であり、全員が 1 位となる市区町村を答えた。一方で、WBGT が高い市区町村を探す正答率は本手法が最も低く、円シンボルマップが最も高かった。また、WBGT が高い市区町村を探す平均回答時間は、コロプレスマップが最も短く、円シンボルマップが最も長かった。本手法が正答率は低かったが、平均正当回答時間では最も短かった。平均回答時間と平均正答回答時間を比べると、本手法のみ正答平均回答時間の方が短くなった。しかし、分散分析を行った結果、WBGT の高さの回答時間 ( $p = 0.953 > 0.05$ )、WBGT の高さの正答率 ( $p = 0.853 > 0.05$ )、WBGT の低さの回答時間 ( $p = 0.239 > 0.05$ ) のいずれでも有意な差は見られなかった。

表 2 WBGT の高さに関する結果

	平均回答時間(s)	正答率 (%)	平均正答回答時間(s)
提案手法	29.9	50.0	26.8
コロプレスマップ	29.6	66.7	31.8
円シンボルマップ	32.3	83.3	33.7

表 3 WBGT の低さに関する結果

	正答率(%)	平均回答時間(s)
提案手法	100	11.0
コロプレスマップ	100	13.3
円シンボルマップ	100	9.35

条件を付けた質問の結果を表 4 に、熱中症リスクを感じた理由を図 4 に示す。質問は「緑被率が高く、搬送件数も多い (Q1)」「避暑施設数は多いが、搬送件数が多い (Q2)」「WBGT は高いが、熱中症搬送件数は少ない (Q3)」「緑被率が低く、WBGT も低い (Q4)」の 4 つである。時間は手法ごとの平均を取った。複数のデータを重ねた場合の Q1, Q2, Q4 に対しては、コロプレスマップと円シンボルマップに比べて本手法が速いことが分かる。全体としてみると Q2 に時間がかかっている。提案手法とコロプレスマップでは Q1 の平均回答時間が短い、

円シンボルマップではQ3の平均回答時間が最も短い。しかし、分散分析を行った結果、Q1 ( $p = 0.116 > 0.05$ )、Q2 ( $p = 0.660 > 0.05$ )、Q3 ( $p = 0.834 > 0.05$ )、Q4 ( $p = 0.859 > 0.05$ ) のいずれでも有意な差は見られなかった。熱中症リスクを感じた理由について図4に示す。回答は本手法ではWBGTが選ばれず、円シンボルマップでは緑被率が選ばれなかったことから、可視化手法の違いによって、被験者が注目する指標が変化することが分かる。

表4 複数データに関する結果

	提案手法(s)	コロプレス マップ(s)	円シンボル マップ(s)
Q1	26.9	36.7	48.8
Q2	50.0	72.4	56.5
Q3	49.0	46.0	41.5
Q4	41.0	44.8	47.2

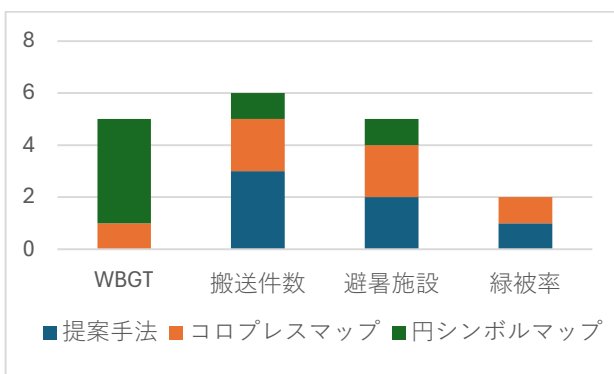


図4 熱中症リスクを感じた理由

### アンケート結果

値の高低の分かりやすさ (Q5)、複数データの同時表示の分かりやすさ (Q6)、熱中症リスク分析の役立ち (Q7) に関するアンケート評価の平均を図5に示す。すべての項目で本手法が最も良い結果を得た。値の高低の分かりやすさでコロプレスマップの評価が最も低い、複数データの表示の分かりやすさは円シンボルマップよりも評価が高い。しかし、分散分析を行った結果、Q5 ( $p = 0.247 > 0.05$ )、Q6 ( $p = 0.0626 > 0.05$ )、Q7 ( $p = 0.926 > 0.05$ ) のいずれでも有意な差は見られなかった。

自由回答欄の回答として「色の合体が分かりにくい」「複数表示したときの色の変化が分かりにくい」「混色でグレーになるのが分かりづらい」といった色への回答があったが、これはどの手法でもあった。本手法では特に「WBGTが見づらい」という意見があったが、「一番わかりやすかった」という回答もあった。また、実験中に「後の手法の方が速くできた気がする」という意見もあった。

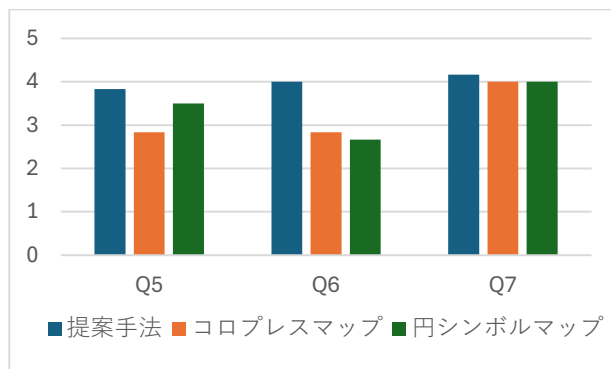


図5 アンケート結果

## 7. 議論

### 7.1. 実験結果

実験の結果、WBGTの高低を判別する正確性で、本手法、コロプレスマップ、円シンボルマップの回答時間で統計的に有意な差は見られなかった。また、正答回答時間も統計的に有意な差は見られなかった。平均時間を見ると、WBGTの高さに対する質問ではコロプレスマップが、WBGTの低さに対する質問では円シンボルマップの平均回答時間が最も短かった。WBGTの高さの質問の平均正答回答時間は本手法が最も短かったが、正答率は円シンボルマップが最も高かった。この平均正答回答時間が短かった理由は、ヒートマップの色彩の違いの読み取りができる人がいたこと、ヒートマップが他の情報より細かく、周囲のWBGTの色から予測しやすかったからだと考える。また、正答率に差が出てしまった理由は、市区町村を聞く質問に対してヒートマップは連続的で隣接以外の市区町村との比較が難しかった可能性がある。WBGTが低い市区町村を特定する質問では、全員が1位の市区町村を回答として答えており、正答率は100%であった。奥多摩町が可視化しても特に低かったが、WBGTの補完方法や西方面のデータが足りておらず、わかりやすくなってしまった可能性がある。WBGTの低い市区町村を特定する質問では、円シンボルマップ、本手法、コロプレスマップの順で遅くなった。一方、WBGTが高い市区町村を特定する質問では、コロプレスマップが最も速く、次に本手法、最後に円シンボルマップの順で遅くなった。つまり、WBGTの高低を探す時間の順番が逆になっていた。このことは、コロプレスマップが高い部分を探しやすく、円シンボルマップが低い部分を探しやすいとも言える。しかし、コロプレスマップの可視化では正答に時間がかかっていることから地図内のWBGTの差や色の差があまりないために、均一に見えて分かりにくかった可能性がある。また、被験者個人の結果を見ると、全員が大きく短くなる手法がなく、個人で得意な手法が違った。また、手法の中でも最大値と最小値のばらつきが大きく、統計的に有意な差につながらなかった。

複数データの重ね合わせでは、統計的に有意な差は見られなかった。「緑被率が高く、搬送件数も多い (Q1)」

とき、本手法とコロプレスマップが速く、共通点は緑被率が塗りつぶしであるときである。「避暑施設数は多いが、搬送件数が多い (Q2)」の質問で全ての手法で最も時間がかかったのは、青と紫の重なりが分かりにくかった可能性がある。「WBGT は高いが、熱中症搬送件数は少ない (Q3)」の質問で円シンボルマップの平均回答時間最も短いのは、4 問の中で一方が高く、一方が低い質問であるため、円シンボルマップはその差が分かりやすいからだと考える。高くても多い、あるいは低くても少ないといった傾向を捉える質問では、本手法の方が素早く判断できるが、高いが少ないといった差の大きさを見る質問では、円シンボルマップの方が素早く判断できる。熱中症リスクのありそうな土地を選んでもらったとき、本手法では円シンボルの影響が大きい。コロプレスマップが散らばっているように見えるため、円シンボルは特徴としてとらえやすいのかもしれない。その結果、被験者は色の分布よりも円の大きさに基づいてリスクの高そうな市区町村を判断する傾向を示したと考えられる。これは、リスクの高い地域を直感的に選択させるという本研究の目的には沿った結果である一方で、大きさによる表現が他の情報よりも判断に強く影響する可能性がある。しかし、個人の結果を見ると、3 つの手法を試す中で、リスクの原因を尋ねた際に、全被験者が 2 つの手法で原因となる指標を同じにしていたため、熱中症搬送件数というデータが熱中症リスクとして大きな要因と考える人が多いとも考えられる。全体的に WBGT よりも搬送件数をみて判断していた被験者が多く、今回の実験で初めて聞いたという人もいたため、WBGT の重要性がまだ知られていない可能性もある。緑被率はコロプレスマップと本手法でしか選ばれなかったことから、塗りつぶしが最も分かりやすいと考えられる。

## 7.2. アンケート結果

アンケート結果から、本手法はすべての評価項目で最も高い評価を得たことが示された。しかし、統計的に有意な差は見られなかった。値の高低の分かりやすさ (Q5)、複数データの同時表示の分かりやすさ (Q6)、熱中症リスク分析の役立ち (Q7) どの質問においても従来の表現より平均評価が高く、被験者はデータの違いを把握しやすいと感じたことが分かる。塗りつぶしのみによる表現は同じ色味のデータを区別するのが難しく、複数データを同時に表示する場合には識別が困難である。円シンボルマップも Q6 では評価が低下しており、条件が複雑になると理解のしやすさが下がる傾向が見られる。本手法は従来手法に比べ、複数データの同時可視化や高低差の把握で優れた性能や評価が得られた一方、色表現の工夫や学習効果の考慮が必要である。

## 8. おわりに

本論文では、ヒートマップ、コロプレスマップ、円シンボルを組み合わせた地図上に表示し、熱中症リスク分析に役立つ可視化の手法を提案した。従来のコロプレスマップ、円シンボルマップと比較する実験の結果、WBGT の高低の判別や複数データの可視化で、提案手法は既存

手法と同程度の正確性を示した。特に、複数データの同時表示や値の高低の把握で被験者から高い評価を得た。一方で、統計的に有意な差は見られなかった。

今後の課題として、統計的な差を明確に見るために、実験数を増やすことがあげられる。本研究では個人の得手不得手や判断速度にばらつきが大きく、手法ごとの最長時間と最短時間の差が大きかった。そのため、被験者数を増やし、統計的な分析を行う必要がある。また、自由記述の回答からは、色の重なりや複数表示時の変化の把握に課題があることが示されたが、総合的には本手法が最も分かりやすいとの意見が多く、可視化による情報理解を促進できることが示唆された。色の重なりを改善するには、3 色以上混ぜないこと、使用者によって色を変え機能、表示している指標のみの色の重なりが分かる相関表示の可視化を作ることがあげられる。また、色の明度や色相の差をさらにつけること、数値が大きくなると色を段階的に変えることが挙げられる。実験の総合的な判断から利用者が想定する熱中症の要因が強く結びついており、使用者自身の熱中症原因に対する理解や関心が、可視化の解釈に影響する可能性があるため、それに対しての配慮が必要になる。他にも、本研究では高齢者のみの情報を抽出することや、屋外と屋内の区別をしていない。それらによって WBGT も変わるうえに、室内での熱中症搬送件数も増えているため、熱中症リスクを判断するには本研究より細かく分析する必要があると考える。

## 文 献

- [1] 野々村敦子, 増田拓朗, "WBGT を用いた樹林のもつ夏季の体感温度低減効果の分析," 環境情報科学論文集, no. 23, pp. 161-166, 2009.
- [2] 上野哲, "年齢と地域差が熱中症救急搬送時の気象条件に及ぼす影響," 工業技術 (東洋大学工業技術研究報告書), no. 46, pp. 57-59, 2023.
- [3] 環境省, "環境省熱中症予防情報サイト," [Online]. Available: [https://www.wbgt.env.go.jp/sp/wbgt\\_data.php](https://www.wbgt.env.go.jp/sp/wbgt_data.php). [Accessed 7 2025].
- [4] 国土地理院, "植生指標データについて," [Online]. Available: <https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/ndvi.html>. [Accessed 7 2025].
- [5] 東京消防庁, "東京消防庁ホームページ," [Online]. Available: <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/learning/elib/heat.html>. [Accessed 7 2025].
- [6] 伊藤啓, "カラーユニバーサルデザイン: 色覚バリアフリーを目指して," 情報管理, vol. 55, no. 5, pp. pp307-317, 2012.
- [7] 東京都総務局統計部, "住民基本台帳による東京都の世帯と人口: 令和 6 年 1 月東京都の統計," [Online]. Available: <https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/juukiy/2024/jy2400001.htm>. [Accessed 9 2025].

- [8] Copernicus Data Space Ecosystem, "Copernicus Browser," [Online]. Available: <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>. [Accessed 7 2025].
- [9] 東京都熱中症対策ポータル, "クーリングシェルター・TOKYO クールシェアスポットのリスト," [Online]. Available: <https://wbgt.metro.tokyo.lg.jp/effort/coolshare/search.html>. [Accessed 7 2025].
- [10] 国土交通省, "国土数値情報 | 行政区域データ," [Online]. Available: <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-2024.html>. [Accessed 7 2025].