

沖縄県における気候変動と熱中症リスクに関する解析 ～ 2022-2024 年度 ～

友寄喜貴・南雲春馬

Analysis of Climate Change and Heatstroke Risk in Okinawa Prefecture from 2022 to 2024

Nobutaka TOMOYOSE and Haruma NAGUMO

要旨： 沖縄県における暑さ指数(WBGT)および気温と熱中症救急搬送者数との関連について、2022年から2024年のデータに基づく解析を行った。その結果、搬送者の半数が高齢者（65歳以上）であり、住居での発生が最も多いことが確認された。2024年には、日最高 WBGT が 31 以上の日数および搬送者数が大幅に増加し、さらに日最低気温が高い日ほど搬送者数が増加する傾向がみられた。決定木分析では、日最高 WBGT が 30 以上かつ日最低気温が 26℃以上の場合に、搬送者数が 10 人以上となる可能性が高いことが示された。また、搬送者数の予測モデルとして通常の指数近似モデルでは高リスク時における予測精度が低下する傾向がみられたため、複数の推計モデルの構築を試み、より精度の高いモデルが得られた。日最高 WBGT および日最低気温とその交互作用項を用いた重回帰モデルにより、日中および夜間の気温がともに高い場合に熱中症リスクが相乗的に増加する可能性が示唆された。

Key words: 気候変動, 熱中症リスク, 暑さ指数(WBGT), 夜間気温, 決定木分析, 回帰分析, 沖縄県

I はじめに

近年、地球規模で進行している気候変動に伴い、沖縄県においても年平均気温は過去 100 年間で 1.7℃上昇していることが報告されている¹⁾。この気温上昇の傾向は今後も続くことが予想されており、県民の健康や生活環境への影響が懸念されている。こうした状況を踏まえ、熱中症の予防および対策は県民の健康を守るための重要な課題となっている。

沖縄県では、気候変動影響による被害を防止・軽減するための適応策を推進するため、2024 年 12 月に「沖縄県気候変動適応センター」を設置した。同センターは、県の環境部長をセンター長として、環境再生課に事務局を置くとともに、科学的知見を補完する技術部を当研究所に設置する体制となった。

本研究は、同センター技術部の取組の一環として実施したものであり、沖縄県における暑さ指数（WBGT: Wet Bulb Globe Temperature）および気温と熱中症による救急搬送者数との関連について解析を行ったものである。熱中症リスクの高い条件の把握に資する基礎的知見を得ることを目的としており、本稿ではその結果を第 1 報として報告する。

II 方法

1. 気象データおよび熱中症救急搬送者データ

WBGT については環境省が運営する「熱中症予防情報サイト」²⁾から、気温については気象庁ホームページ

³⁾から、県内の代表地点として那覇におけるデータを取得した。WBGT は、人体の熱収支に大きな影響を与える湿度、輻射熱、気温の 3 つを組み合わせた指標であり²⁾、特に熱中症リスク評価に広く使用されていることから、本研究でも主要な指標として用いた。環境省では、表 1 の基準に基づき熱中症リスクに対する注意喚起を行っている。なお、WBGT の単位は℃であるが、「熱中症予防情報サイト」では気温との混同を避けるため、WBGT の単位は省略されて記載されている²⁾。本稿でもこれに倣い、WBGT の単位を省略する。

表 1 WBGT 区分²⁾

区分	WBGT	
危険	31 以上	
嚴重警戒	28 以上	31 未満
警戒	25 以上	28 未満
注意		25 未満

沖縄県内における熱中症による救急搬送者のデータについては、県の防災危機管理課（当時）から提供を受けた。同データでは、搬送日毎の性別、年齢区分別、発生場所区分別等の熱中症救急搬送者数（以下、「搬送者数」という。）が消防管轄別に示されていたが、今回の解析では県全体（県内合計）として解析に用いた。なお、沖縄県は外国人や観光客の来訪者数が多く、搬送者数には県外居住者や一時滞在者が含まれる可能性がある。このため、人口 10 万人あたりの搬送者数といった指標で一般化するよりも、県全体としての傾向を把握することを

重視し、単純に搬送者数の実数を用いた。なお、沖縄県の推計人口は1,467,065人(2024年10月1日時点)であり⁴⁾、搬送者数10人は人口10万人あたり0.68人に相当する。

本稿では、年齢および発生場所について、それぞれ表2および表3に示す区分に基づき解析を行った。なお、発生場所区分は消防庁が示す区分によるものである⁵⁾。

表2 年齢区分

区分	年齢	
0歳-7歳	満7歳未満	
7歳-18歳	満7歳以上	満18歳未満
18歳-40歳	満18歳以上	満40歳未満
40歳-65歳	満40歳以上	満65歳未満
65歳-75歳	満65歳以上	満75歳未満
75歳以上	満75歳以上	

表3 発生場所区分⁵⁾

区分	発生場所
住居	敷地内全ての場所を含む
仕事場①	道路工事現場、工場、作業所等
仕事場②	田畑、森林、海、川等 ※農・林・畜・水産作業を行っている場合のみ
教育機関	幼稚園、保育園、小学校、中学校、高等学校、専門学校、大学等
公衆(屋内)	不特定者が出入りする場所の屋内部分 (劇場、コンサート会場等)
公衆(屋外)	不特定者が出入りする場所の屋外部分 (競技場、屋外駐車場等)
道路	一般道路、歩道、有料道路、高速道路等
その他	上記に該当しない項目

2. 解析期間

第1報として、まずは短期間のデータを解析することにより、近年の沖縄県における全体的な傾向を把握することを目的に、2022年から2024年のデータに絞り、解析を行った。搬送者数については、概ね5月から9月を対象とした以下の期間のデータが集計されているため、それに合わせて解析対象期間を設定した。なお、4月および10月のデータは、それぞれ5月および9月に含めて解析を実施した。

- ・2022年：4月25日(月)～10月2日(日)
- ・2023年：5月1日(月)～10月1日(日)
- ・2024年：4月29日(月)～10月6日(日)

3. 統計解析

統計解析にはMicrosoft ExcelおよびR(version 4.3.1)を用い、データの可視化、決定木分析、ならびに回帰分析を実施した。

WBGTと搬送者数との関係性を評価するための推計モデルとしては、指数関数モデルが適用されることが多い^{6など)}。本研究では、分位点回帰分析または重回帰分析を取り入れた指数関数モデルの構築を試みた。具体的には、まず搬送者数を自然対数変換し、変換後の値を従属変数、WBGT等を説明変数として、線形回帰分析(分位点回帰分析または重回帰分析)を行った。なお、自然対数変換を適用するにあたり、搬送者数がゼロであった47件のデータは解析対象から除外した。得られた線形回帰式を指数関数式へ変換することで、WBGT等と搬送者数の関係性を評価するための推計モデルを構築した。

Ⅲ 結果および考察

1. 熱中症救急搬送者の年次・属性別傾向

沖縄県における熱中症救急搬送者の全体的傾向を把握するため、2022年から2024年における搬送者数の年次推移、男女別、年齢区分別および発生場所区分別の集計を行った。

県全体の男女別搬送者数の年次推移を図1に示す。搬送者の男女合計数は、2022年が1,138人、2023年が1,068人、2024年が1,495人であった。2023年は前年に比較してやや減少したものの、2024年には前年の約1.4倍となった。男女別では、3年間を通じて搬送者数の約70%を男性が占めていた。

次に、搬送者数の多かった2024年における年齢区分別の搬送者数について、図2に円グラフで示す。65歳以上の高齢者が全体の約50%を占めており、年齢区分が高くなるにつれて搬送者数が増加する傾向がみられた。この傾向は、2022年および2023年も同様であった。

さらに、発生場所区分別の搬送者数について、図3に示す。住居での発生が最も多く、全体の約40%を占めて

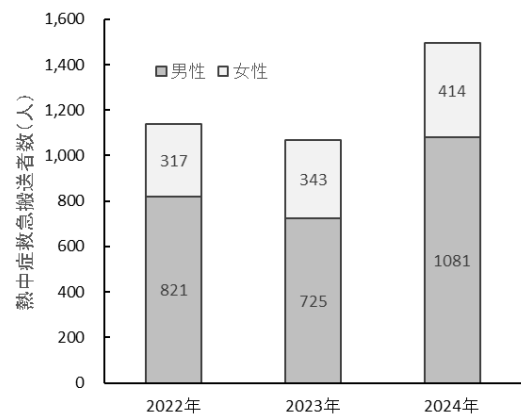


図1. 沖縄県における2022～2024年の搬送者数の推移。

いた。特に 2024 年は、前年と比較して住居での搬送者数が 218 人増加していた。次いで、公衆（屋外）、道路、仕事場①の順に多い傾向にあった。

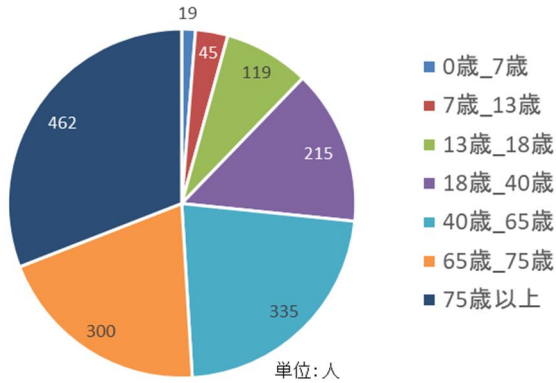


図 2. 年齢区分別の搬送者数 (2024 年)。

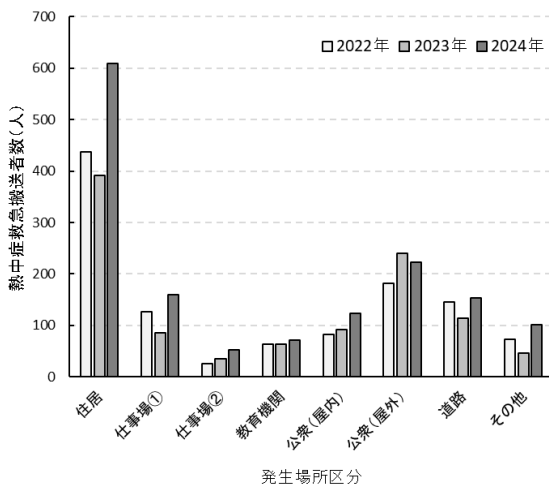


図 3. 発生場所区分別の搬送者数 (2022～2024 年)。

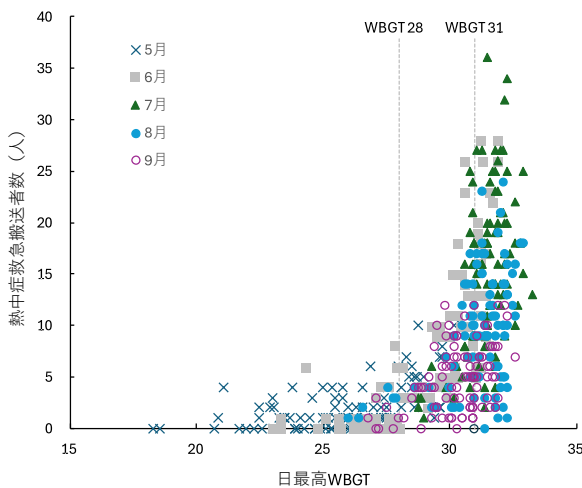


図 4. 日最高 WBGT と搬送者数の関係 (2022～2024 年)。

2. WBGT および気温と搬送者数に関する解析

(1) 日最高 WBGT と搬送者数との関係

WBGT と搬送者数との関連を検討するにあたり、日最高 WBGT を用いて解析を行った。これは、環境省が発表する熱中症警戒アラートの基準に日最高 WBGT が用いられていること²⁾、ならびに他県での関連研究においても日最高 WBGT と搬送者数との関連性が報告されているためである^{6,7)}。沖縄県における日最高 WBGT と搬送者数の関係を図 4 に示す。日最高 WBGT が 28 (「厳重警戒」レベル) を超えるあたりから搬送者数が増加し、31 (「危険」レベル) に達する頃には搬送者数が急増する傾向がみられた。また、日最高 WBGT が 30～31 付近の日について、月別に搬送者数を比較すると、6 月に多く、9 月に少ない傾向がみられた。この傾向は福岡県の結果⁷⁾とも一致しており、6 月は暑熱に対する身体の慣れ(暑熱順化)が十分に進んでおらず、9 月は暑熱順化が進んでいるため、同程度の WBGT であっても熱中症リスクが相対的に低下していることが一因と考えられた。

(2) WBGT および日最低気温と搬送者数の年次変化

日最高 WBGT を「28 未満 (警戒レベル未満)」「28～31 (厳重警戒レベル)」「31 以上 (危険レベル)」の 3 区分に分類し、各区分における年間の日数および搬送者数を集計した結果を表 4 に示す。

表 4. 日最高 WBGT 別の年間日数および搬送者数。

年	日数 (日)	搬送者数 (人)	日平均搬送者数 (人/日)
WBGT 28 未満			
2022	42	37	0.9
2023	39	71	1.8
2024	40	54	1.4
WBGT 28 以上 31 未満			
2022	61	394	6.5
2023	53	338	6.4
2024	53	350	6.6
WBGT 31 以上			
2022	58	707	12.2
2023	62	659	10.6
2024	68	1,091	16.0

表 4 から、日最高 WBGT が 28 未満および 28～31 の範囲にある日については、年次別の日数および搬送者数に大きな差はみられなかった。一方、日最高 WBGT が 31 以上の区分の日数および搬送者数において、2023 年と 2024 年の間で顕著な差がみられた。具体的には、2023 年における日最高 WBGT が 31 以上の日の日数は 62 日、搬送者数は 659 人であったのに対し、2024 年では日数が

68日と約1.1倍に増加し、搬送者数は1,091人と約1.7倍に達していた。この結果、日最高 WBGT が 31 以上の日の1日あたりの平均搬送者数は、2023 年に比べて 2024 年で約 1.5 倍に増加しており、2024 年においては高 WBGT 条件下での熱中症リスクがより高まっていた可能性が示唆された。

2023 年と 2024 年において搬送者数に違いが生じた要因を検討するため、日最高 WBGT が 31 以上であった日を対象として、日最低気温と搬送者数との関係を解析した。なお、WBGT ではなく、気温の日最低値を用いたのは、より直感的に理解しやすく、また、一般県民でも手軽に測定することができるため、個々の状況に応じて熱中症リスクに適応できるようにするためである。その結果を図 5 に示す。図 5 では、日最低気温と搬送者数の散布図に加え、それぞれの箱ひげ図を年次別に併記した。全体として、日最低気温が高い日ほど、搬送者数が多い傾向がみられた。2023 年の日最低気温の中央値は 27.6℃であったのに対し、2024 年は 28.5℃と高く、搬送者数の増加に影響を及ぼした可能性が示唆された。なお、日最低気温は主に夜間に記録されることから、夜間の暑熱環境が熱中症リスクに与える影響が示唆される。特に、沖縄ではコンクリート造の住宅が多く、日中に蓄えられた熱が夜間に輻射されることで室内温度が下がりにくい傾向にある。加えて、2024 年は電気料金を含む生活費の高騰がみられた年であり、経済的理由からエアコン使用を控えた世帯もあった可能性がある。先述のとおり、2024 年は住居での熱中症による搬送者数が前年に比べて 218 人増加しており、夜間の暑熱環境が搬送増加に与えた影響を裏付ける一つの要因と考えられる。

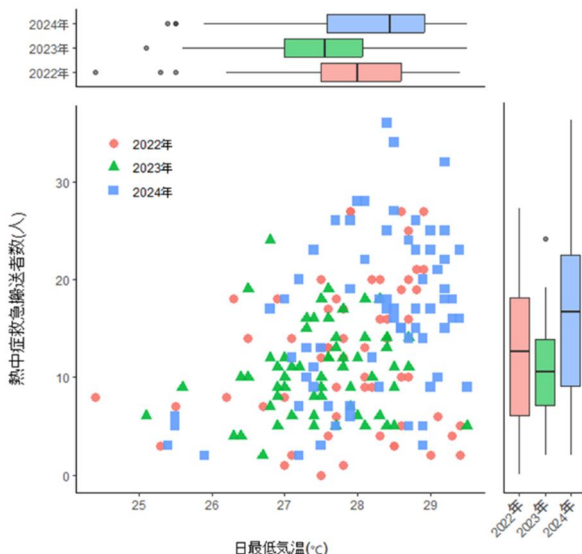


図 5. 日最高 WBGT が 31 以上の日における日最高 WBGT と搬送者数の年次別分布(n=188).

熱帯夜の基準である夜間気温（≡日最低気温）25℃以上の日数について、年次別に集計した結果を表 5 に示した。併せて、28℃以上の日数およびその最長連続日数についても集計した。25℃以上の日数は 2023 年と 2024 年でほぼ同等であったが、28℃以上の日数は、2023 年が 18 日、2024 年が 56 日と約 3.1 倍に増加していた。さらに、最低気温が 28℃以上であった日の最長連続日数は、2023 年の 5 日から 2024 年には 24 日へと顕著に増加していた。これらの結果から、2024 年は夜間においても気温が高く、体温調節が困難な状況が続いたことで、身体への負担が蓄積し、熱中症リスクを増大させた可能性が考えられた。25℃以上の「熱帯夜」も留意すべきであるが、夜間の気温が 28℃を超えるような日においては、さらなる警戒が必要であることが示唆される。この知見は、環境省がエアコン使用時には、設定温度ではなく室温「28℃」を目安に、適切な温度を保つよう推奨していること²⁾とも一致しており、個人レベルでの温湿度計を活用した適切な室温管理の重要性を裏付けるものである。

表 5 日最低気温 25℃以上の日数

年	25℃以上	うち 28℃以上	28℃以上の最長連続日数
2022	106	32	8
2023	117	18	5
2024	116	56	24

(3) 決定木分析

決定木分析とは、予測因子と目的変数との関係を階層的に可視化し、分類や回帰のルールを導出するために用いられる統計的手法である。本研究では、搬送者数がどのような日最高 WBGT および日最低気温の条件下で増加するかを明らかにすることを目的として、決定木分析を実施した。搬送者数を「2人以下」「3～9人」「10人以上」の3区分に分類し、これを目的変数として決定木分析を行った。その結果を図 6 に示す。分析の結果、日最高 WBGT が 28 未満の場合には搬送者数は 2 人以下になることが多く、一方で、日最高 WBGT が 30 以上かつ日最低気温が 26℃以上である条件下では、搬送者数が 10 人以上となる可能性が高いことが示された。これにより、日中および夜間の暑熱環境の条件が重なることで、熱中症リスクが顕著に高まることが示唆された。

これらの結果は、2024 年における搬送者数の増加が日最低気温の上昇と関連していたという先述の考察とも整合しており、熱中症リスクに対して日中および夜間の暑熱環境が影響を及ぼすことを裏付ける知見といえる。

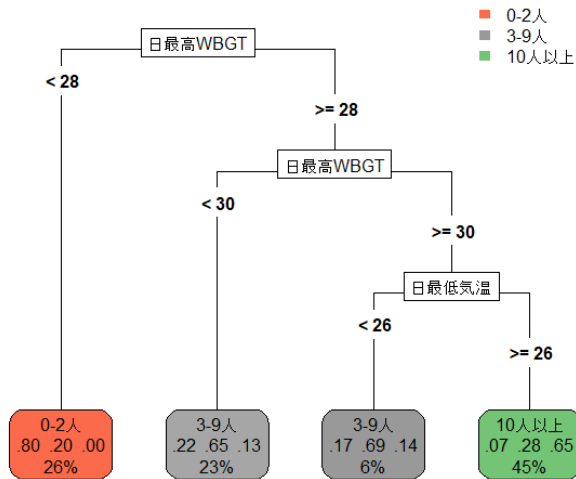


図 6. 日最高 WBGT および日最低気温による搬送者数の決定木分析 (n=476). 日最高 WBGT \geq 28 かつ日最低気温 \geq 26 $^{\circ}$ C となった日は全体の 45% が該当し、それらの日の搬送者数の内訳は、0-2 人が 7%(.07), 3-9 人が 28%(.28), 10 人以上が 65%(.65)であったことを示している。

3. 搬送者数推計モデルの評価

(1) WBGT による推計モデル

熱中症リスクを軽減するためには、気象条件と搬送者数との関係性を定量的に把握し、それに基づき将来的な搬送者数を予測することが課題となっている。本研究では、搬送者数の推計モデルを構築し、その精度や適用性について評価を行った。

まず、日最高 WBGT を用いた推計モデルの構築を試みた。日最高 WBGT と搬送者数との関係を図 7 に示す。図中には、通常の指数回帰曲線に加え、75 パーセンタイル回帰による近似曲線およびその回帰式を併記した。これらの回帰式を用いた推計モデルに基づき、日最高 WBGT から推測される搬送者数（以下、「予測値」という。）と実際の搬送者数（以下、「実測値」という。）を比較した散布図を図 8 に示す。通常の指数回帰モデル（図 8 (A)）では、予測値が概ね 13 人程度で頭打ちとなる傾向がみられ、特に搬送者数が多い日において実測値との乖離が顕著であった。本研究は、熱中症リスクが高まる気象条件を把握するための基礎的知見を得ることを目的としている。特に、搬送者数の多い日における予測精度の向上は、効果的な対策を講じるうえで重要である。

そこで、熱中症リスクが高い条件下でのモデル適合性を向上させるため、分位点回帰分析を適用し、モデルの構築を試みた。試行の結果、75 パーセンタイル回帰に

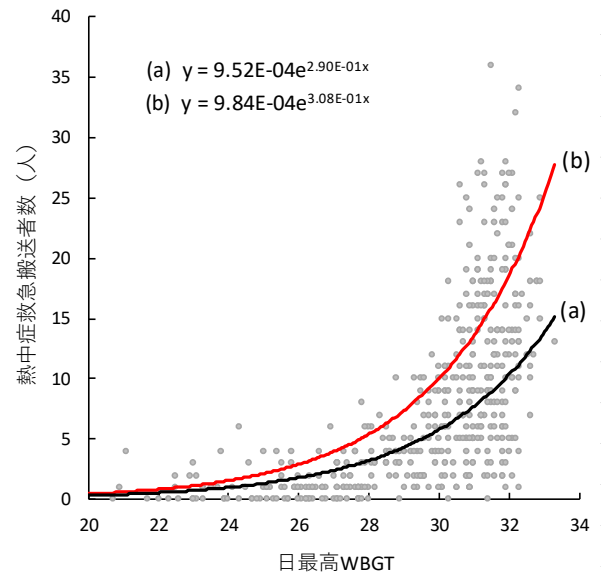


図 7. 日最高 WBGT と搬送者数の関係. (a) 通常の指数回帰曲線, (b) 75 パーセンタイル指数回帰曲線.

よるモデルが最も良好な適合性を示した（図 8 (B)）。同モデルにおいては、搬送者数が少ない日における予測値が過大評価となる傾向がみられたものの、搬送者数が多い日の再現性は比較的良好であった。ただし、同モデルはあくまで本研究における試行の中で最も適合性の高かったものであり、その妥当性を支持する科学的根拠が十分に確認されたわけではない。同モデルの有効性については、今後さらなる検証が求められる。

(2) WBGT および最低気温による推計モデル

先に示した分位点回帰モデルは、予測精度の面では一定の有用性が認められたものの、説明変数との関係性に基づく科学的根拠が必ずしも明確とはいえず、変数間の関係性を明示的に説明できるモデルの構築が求められる。先述のとおり、搬送者数は日最高 WBGT に加えて日最低気温の影響も受ける可能性が高いことから、日最高 WBGT および日最低気温を説明変数とする重回帰分析を実施した。その際、日最高 WBGT と日最低気温の組み合わせが熱中症リスクに及ぼす影響を評価するため、両変数の交互作用項を含む重回帰分析とした。両変数間には高い相関 ($r=0.892$) が認められ、多重共線性の影響が懸念されたが、分散拡大係数(VIF)の検討の結果、VIF は 4.0 であり、一般的な許容範囲内 ($VIF<10$) に収まっていた。なお、共線性の影響を軽減し、各回帰係数の解釈を明確にするため、両変数をそれぞれ平均中心化 (centering) した上で分析を実施した。その結果、以下の回帰モデル(c)が得られた。

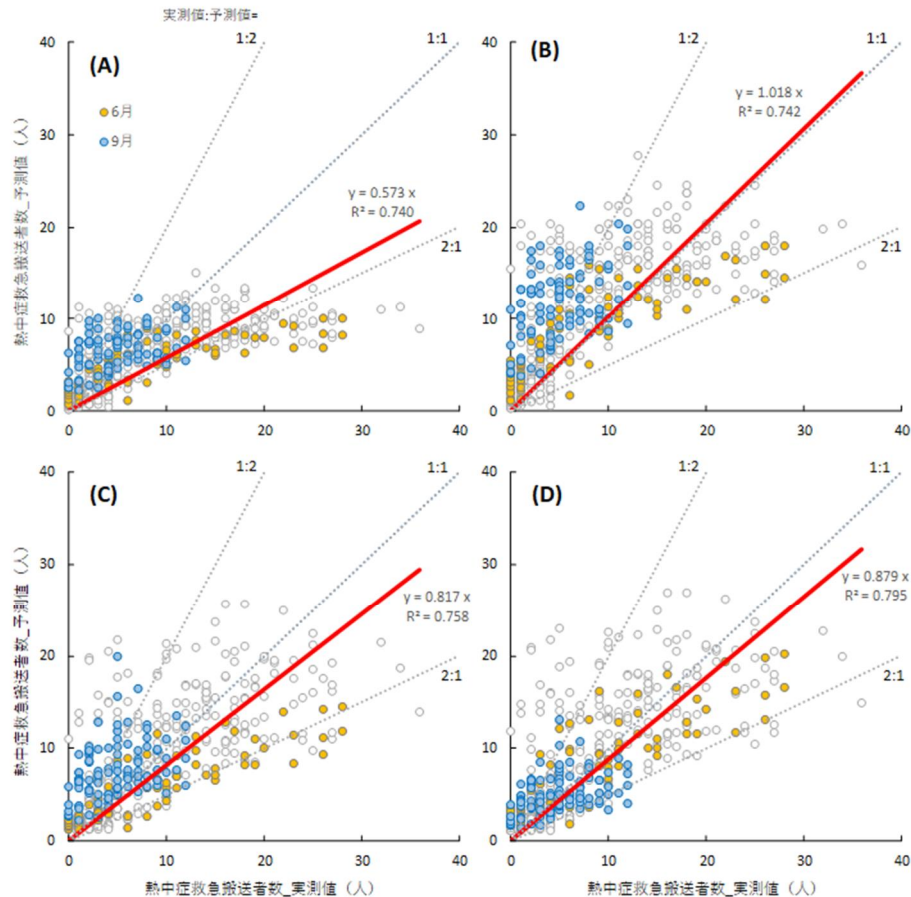


図 8. 各推計モデルによる搬送者数の予測値と実測値の比較 (n=476). (A)通常の指数回帰モデル, (B)75 パーセンタイル回帰モデル, (C)重回帰モデル (日最高 WBGT+日最低気温+日最高 WBGT・日最低気温), (D)重回帰モデル (日最高 WBGT+日最低気温+日最高 WBGT・日最低気温+6 月ダミー+9 月ダミー).

$$\begin{aligned} \text{搬送者数} = & 4.90 \cdot e^{(0.254 \cdot \text{最高 WBGT_c} \\ & + 0.153 \cdot \text{最低気温_c} \\ & + 0.035 \cdot \text{最高 WBGT_c} \cdot \text{最低気温_c})} \end{aligned} \quad \dots (c)$$

ただし,

最高 WBGT_c = 最高 WBGT - 最高 WBGT の平均値

最低気温_c = 最低気温 - 最低気温の平均値

ここで、添え字 c は各変数が平均値で中心化されている (centered) ことを示す。

同モデルにおいては、すべての係数が統計的に有意であり、かつ正の値を示した。これにより、日最高 WBGT および最低気温 (すなわち夜間気温) が高いほど、搬送者数が増加する傾向が示された。さらに、交互作用項の有意性から、日中および夜間の気温がともに高い状況では、熱中症リスクが相乗的に増大する可能性が示唆された。同モデルに基づく予測値と実測値の比較結果を図 8(C)に示す。通常の推計モデル(図 8(A))と比較して、特に搬送者数が多い日における予測精度の向上が確認された。

図 8 (A),(B)および(C)において、予測値が実測値の 2 倍以上に過大評価された事例は 9 月に多くみられた。また、図 8 (A)および(C)では、6 月に実測値が予測値を上回る側に偏って分布している傾向が確認された。これらの結果は、先述のとおり、6 月は暑熱順化が十分に進んでおらず、9 月には暑熱順化が進んでいるという状況と整合していた。

この暑熱順化の影響を考慮し、モデル(c)に 6 月および 9 月を表すダミー変数を説明変数として追加し、重回帰分析を実施した。その結果、以下の回帰モデル(d)が得られた。

$$\begin{aligned} \text{搬送者数} = & 5.28 \cdot e^{(0.255 \cdot \text{最高 WBGT_c} \\ & + 0.157 \cdot \text{最低気温_c} \\ & + 0.031 \cdot \text{最高 WBGT_c} \cdot \text{最低気温_c} \\ & + 0.267 \cdot \text{6 月ダミー} \\ & - 0.481 \cdot \text{9 月ダミー})} \end{aligned} \quad \dots (d)$$

ここで、6 月および 9 月ダミーは、それぞれ 6 月または 9 月に該当する場合を 1、それ以外を 0 としたダミー変数である。

同モデルにおいては、すべての係数が統計的に有意であった。6月ダミーは正の値、9月ダミーは負の値を示し、暑熱順化の効果を反映したモデルとなっていた。同モデルに基づく予測値と実測値の比較結果を図8(D)に示す。他の3つの推計モデルと比較して、6月および9月におけるデータの偏りが解消されており、予測値と実測値の比は、モデル評価の指標として一般的に用いられる1/2～2倍の範囲内に収まる割合も改善され、より精度の高いモデルとなっていた。

以上の結果から、日最高WBGTおよび日最低気温を説明変数とし、交互作用項を含めた重回帰モデルは、熱中症リスクが高まる条件下における有効な評価手法の一つであると考えられる。また、6月および9月を表すダミー変数を追加することで、暑熱順化の影響を考慮したより精度の高いリスク評価が可能となった。

本研究では、複数のモデルの構築を試行し、通常の指数回帰モデルを上回る精度を持つモデルを得ることができた。ただし、各モデルは必要となるデータが異なるため、将来予測に活用する際には、利用可能なデータ、求められる精度、数値処理の煩雑さ、統計ソフトウェアの環境等を考慮し、最適なモデルを選択することが重要である。本研究で提案したモデルは熱中症リスク評価の一助となるが、さらなる検討や改良が求められる。

IV まとめ

本研究では、沖縄県におけるWBGTおよび気温と熱中症救急搬送者数との関連について解析を行い、以下の知見を得た。

- 1) 2022年から2024年にかけて、搬送者数は2024年に1,495人と前年の約1.4倍に増加した。搬送者の約半数は高齢者（65歳以上）で、特に住居での発生が最も多かった。
- 2) 2024年は日最高WBGTが31以上の日数と搬送者数が大幅に増加した。日最低気温が高い日ほど搬送者数が多い傾向にあった。
- 3) 決定木分析により、日最高WBGTが30以上かつ日最低気温が26℃以上の場合、搬送者数が10人以上となる可能性が高いことが示された。
- 4) 搬送者数の推計モデルにおいて、通常の指数近似モデルでは高リスク時における予測精度が低下する傾向

がみられたため、複数の推計モデルの構築を試みた。分位点回帰分析を用いた結果、75パーセンタイル回帰モデルが高リスク時において良好な適合を示した。日最高WBGT、日最低気温、その交互作用項を説明変数とする重回帰分析を用いたモデルでは、日中および夜間の気温がともに高い場合には、熱中症リスクが相乗的に増加する可能性が示唆された。さらに、6月および9月のダミー変数を追加することで、暑熱順化の影響を考慮した、より精度の高いモデルが構築できた。これらのモデルにおいて、特に搬送者数が多い日における予測精度の向上が確認された。

以上より、沖縄県における熱中症リスクは、日中および夜間双方の暑熱環境の影響を強く受けていることが明らかとなった。日中は、学校や事業所等での対策、クーリングシェクターの設置等、行政施策が展開しやすい側面がある。一方、夜間（特に住居内）は、個人の生活環境や行動に依存する部分大きい。今後は、夜間の熱中症リスクについても県民に周知し、適応策を推進する必要がある。

V 参考文献

- 1) 沖縄気象台. 沖縄地方の気候変動 沖縄地方のこれまでの気候の変化（観測結果）. <https://www.data.jma.go.jp/okinawa/data/kiko/obs_okinawa.html>. 2025年4月アクセス.
- 2) 環境省. 熱中症予防情報サイト. <<https://www.wbgt.env.go.jp/>>. 2025年4月アクセス.
- 3) 気象庁. 過去の気象データ検索. <<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>>. 2025年4月アクセス.
- 4) 沖縄県統計資料 WEB サイト. 推計人口. <https://www.pref.okinawa.lg.jp/toukeika/estimates/estimates_su_ikei.html>. 2025年4月アクセス.
- 5) 消防庁. 熱中症情報. <<https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html>>. 2025年4月アクセス.
- 6) 横田哲朗・古賀康裕・福田祥一（2022）長崎県における熱中症発生と気象との関連性（2020-2022年度）. 長崎県環境保健研究センター所報, 68: 33-4
- 7) 高尾佳子（2023）福岡県内のWBGTと熱中症救急搬送者数の概況（2022年）. 福岡県保健環境研究所年報, 50: 119-121.