

厚生労働行政推進調査事業費補助金
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)

『新しい生活様式』に即した熱中症予防対策の
評価及び推進のための研究

令和4年度～5年度
総合研究報告書

研究代表者 横堀 将司
(日本医科大学大学院医学研究科救急医学分野)

令和6(2024)年3月

目 次

I. 総括研究報告

『新しい生活様式』に即した熱中症予防対策の評価及び推進のための研究 -----	3
横堀 将司、 阪本 太吾	

II. 分担研究報告書

わが国における熱中症データベース (Heatstroke study 2020) における マスク着用者の解析・熱中症診療ガイドライン作成に関する研究 -----	13
神田 潤	
わが国における熱中症データベース (Heatstroke study 2020) の評価 熱中症診療ガイドライン作成に関する研究 -----	15
鈴木 健介	
熱中症診療アプリ作成と評価に関する研究 -----	25
林田 敬	
WBGT 水平分布の推定と提供に関する研究 -----	27
登内 道彦	
熱中症診療アプリ作成と評価に関する研究 -----	36
伊香賀 俊治	
年齢別暑熱順化と内陸湖沼が暑熱環境に及ぼす影響に関する研究 -----	38
上野 哲	
匿名レセプト情報を用いた熱中症発生状況の経年的検討に関する研究 -----	43
三宅 康史	

III. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表 -----	59
----------------------	----

I . 総括研究報告書

『新しい生活様式』に即した熱中症予防対策の評価及び推進のための研究

研究代表者 横堀 将司 日本医科大学大学院医学研究科救急医学分野 教授

研究要旨：

研究は、コロナ禍における熱中症対策の科学的論拠を集積し、効果的な周知啓発を実施することにより、熱中症予防施策の推進を目指すものである。令和4年度は、コロナ禍における熱中症治療・予防における新規エビデンスの集積を行った。日本救急医学会認定施設を対象にした疫学研究（Heatstroke study 2022）および、熱中症アプリを用いた研究を施行した。発症患者のマスク着用の有無及び COVID-19 の診断の有無（PCR 検査と抗原検査）の質問項目を追加し、全国的にマスク着用および COVID-19 と熱中症発症とのリスク関連を調査した、これによると、熱中症患者の中にも一定数、新型コロナウイルス感染症合併がいることが明らかとなり、またマスク着用下の熱中症発生の実態も明らかとなった。これらを考慮に入れ、『COVID-19 蔓延下における熱中症対応の手引き』（改訂版）を作成し、広く社会に発信することができた。令和5年度はさらにエビデンスを集積し GRADE system に準拠した Evidence Based Guideline である『熱中症ガイドライン』の作成を進めた。また新規エビデンス集積のため、災害医療分野の標準手法として全国普及している J-SPEED の手法を活用して熱中症患者発生に係る即時的なデータ収集を行ない、その有効性を確認した。

研究分担者：

神田 潤 帝京大学医学部救急医学講座
講師
鈴木 健介 日本体育大学保健医療学部
准教授
阪本 太吾 日本医科大学医学部 助教
林田 敬 慶應義塾大学大学院医学研究科
非常勤講師
登内 道彦 （一財）気象業務支援センター
国際事業部 部長
伊香賀俊治 慶應義塾大学理工学部システムデザイン
工学科 教授
上野 哲 東洋大学食環境科学部健康栄養学科
教授
三宅 康史 帝京大学医学部救急医学講座
教授

研究協力者：

梅原 祥嗣 碧水会長谷川病院

A. 研究目的

新型コロナウイルス感染症の蔓延は国民生活に大きな影響を及ぼしている。感染拡大を予防する「新しい生活様式」が示され、その実践が求められているが、室内換気、マスクの着用、フィジカル・ディスタンスの確保など、留意すべき事項も含まれており、感染拡大防止と熱中症予防の両立の難しさからの混乱が危惧される。

感染症も熱中症も発熱、高体温が主な症状であるゆえ鑑別が難しく、熱中症の安全な予防・診療については深い議論を要する。2020年、日本救急医学会は上記を鑑み、関連4団体で「新型コロナウイルス感染症の流行を踏まえた熱中症診療に関するワーキンググループ」を設立し、コロナ禍中においての熱中症診療に関する注意点

を「新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症対応の手引き（以下、手引き）」としてまとめた。これは熱中症を予防する上でのマスク着用の注意点、エアコン使用と換気の両立、熱中症とCOVID-19の臨床的鑑別、治療の安全性などについてまとめたものであり、当時のスタンダードになっていた。しかし当時、コロナ蔓延下での夏を経験していない状況での編纂であり、情報が不十分であるため学術的論拠に限られていた。現在発刊から数年が経過し、新規エビデンスが集約される中で、改めて科学的論拠を基に議論を行い、広く国民に正確な情報を伝えることは重要である。本研究は、コロナ禍における熱中症対策の科学的論拠を集積し、効果的な周知啓発を実施することにより、熱中症予防施策の推進を目指すものである。

B. 研究方法

①『COVID-19蔓延下における熱中症対応の手引き』（R2改訂版）に即したマスク着用等の新しい生活様式と熱中症発症の予防効果の評価

新しい生活様式下での熱中症発症のリスク関連因子の評価を行うため、医療機関で熱中症と診断された対象の情報を収集した。また対象の一般診療情報を解析し、病態や治療の現状を把握したうえで、発症の予防に向けた地域医療へのアプローチを検討した。

- ・研究の種類・デザイン：前向き観察研究
- ・方法：2022年6月1日から9月30日までの期間に、日本救急医学会に登録（Heatstroke Study 2021および2022：以下HS）された医療機関（日本救急医学会指導施設約140施設）で熱中症と診断された患者を対象とした。（例年の熱中症発生数・レジストリ患者数からおおよそ2000名の

情報収集が推測される。)横堀が研究代表者の委員長を務める日本救急医学会熱中症に関する委員会を研究の主管とし、対象期間に「熱中症に関する全国調査」の調査用紙に加えさらに別個に発症患者のマスク着用の有無及びCOVID-19の診断の有無(PCR検査と抗原検査)を問う質問紙を用い、全国的にマスク着用およびCOVID-19と熱中症発症とのリスク関連を調査した。診療録から、年齢、性別、来院方法、発生状況、現場でのバイタルサイン、既往歴、生活歴、来院時の所見(身体所見、採血結果など)、発生要因、治療法、転帰に関する情報を匿名化してwebで登録し、その後集計・解析を行った。また、同時に別個のマスク着用の有無に関する症例抽出を行い、マスク着用の来院時深部体温や熱中症重症度、バイタルサインや血液データとの関連性を検討した。また熱中症と疑われ来院された患者のうちCOVID-19陽性患者(PCR陽性例)の存在を確認し、発熱・高体温を大症状とし、鑑別が困難であるCOVID-19が熱中症患者のなかにいかに含まれるか、潜在的併存率についても確認した。

②熱中症予防ツールの開発と継続的データ収集
従来、研究分担者の林田を中心として、日本救急医学会の熱中症レジストリデータより熱中症重症度スコアリング(J-ERATO score)の開発がなされてきた。2021年、本スコアリングを実装したスマートフォンアプリを日本救急医学会よりリリースしている。これらから得られたデータからもマスク装着の有無と熱中症発症を知ることができる。

このJ-ERATOスコアの患者転帰予測能を確認すべく、2019年、2020年、2021年の7月1日から9月30日の期間のHSデータベースを用いて実施した。J-ERATOと退院時生存率との関係を主要評価項目として、二元ロジスティック回帰モデルおよび受信者動作特性(ROC)曲線分析を用いる。

また、暑熱順化の程度を知るために、総務省消防庁が公表している都道府県別日別熱中症救急搬送者数と環境省が発表している地域別時間別の暑さ指数(湿球黒球温度:Wet Bulb Globe Temperature:以下WBGT)予測値を用いてさらに分析を行った。

具体的には、熱中症による救急搬送者数は年齢が5段階(新生児(生後28日未満)、乳幼児(生後28日以上満7才未満)、少年(7-17才)、成人(18-64才)、高齢者(65才以上))で示されているが新生児、乳幼児の報告数は少ないため、少年、成人、高齢者の3段階と全年齢について分析をおこなった。2015年から2021年の7年間の7~9月までの3ヶ月データを分析に用いた。人口は、2020年の国勢調査の各都道府県の人口を用いた。

このデータセットにおいて各都道府県別の熱中症救急搬送者数と日最高WBGTをリンクして、WBGT1℃毎の10万人当りの日別熱中症救急搬送者数を年齢階層ごとに求めた。また回帰直線の式から、1日につき人口10万人当り1人熱中症で救急搬送される時の日最高WBGT(W10と定義)を都道府県別、月別、年齢階級別に求めた。

また、気象庁の大気毎時解析および数値予報の初期値・予測値を第一推定値として、気象庁

の地方气象台やアメダスの観測値をも用いて、再解析を行い、気温、湿度(または混合比)、日射量、風速の水平分布を求めることもベースにWBGTの平面的な分布を推定することができる計算システムを試作する。

さらには、厚生労働省から提供されている2012年~2018年の熱中症関連の診断名のついた匿名レセプト情報と、気象庁から公開される本邦における主要6都市(東京、名古屋、新潟、大阪、広島、福岡)のWBGT最高値平均を算出し、6月~9月について、『新しい生活様式』前の特徴につき、受診者数の少ない2012年、2014年、受診者数が平均的な2015年、2016年、2017年、受診者数が多い2013年、受診者数が特に多い2018年を比較検討した。

さらには、『COVID-19蔓延化における熱中症対策の手引き』(改訂版)における、学校施設でのマスク着用下における熱中症対策の基礎資料とするべく、愛媛県内の公立小学校4校の児童424人・教職員34人)を対象として、2010年と2019年の冷房導入前に実施した調査と、新型コロナ禍の2020年の冷房導入後に実施した調査を分析対象とした。

調査項目は、教室の温湿度・CO₂濃度測定、質問紙調査、身体活動量測定とした。

③『COVID-19蔓延下における熱中症対応の手引き』(改訂版)の作成と手引きに基づく新しい生活様式の周知啓発および推進状況評価(横堀・神田・鈴木・阪本・林田・登内・伊香賀・上野・三宅)

前述の如く、2020年、日本救急医学会を中心としたワーキンググループにより熱中症対応の手引きが発出された。本研究では、上記①②から得られた科学的成果をさらに反映させ、改訂版を作成する。これには日本救急医学会のみならず、日本臨床救急医学会、日本感染症学会、日本呼吸器学会にもタスクフォースとして参画いただき、専門家間のコンセンサスを得た。

なお、本手引きにおけるクリニカルクエストは2020年6月発行の初版を継承し、論点を明確にするために、初版と同様の以下の6項目とする。

(1)熱中症を予防する上でのマスク着用の注意点は何か?

(2)COVID-19の予防で「密閉」空間にしないようにしながら、熱中症を予防するためには、どのようにエアコンを用いるべきか?

(3)熱中症とCOVID-19は臨床症状から鑑別できるか?

(4)血液検査は熱中症とCOVID-19の鑑別に有用か?

(5)高体温、意識障害で熱中症を疑う患者の

CT検査はCOVID19の鑑別診断に有用か?

(6)従来同様、蒸散冷却法(evaporative plus convective cooling)を用いて、患者を冷却してよいのか?

文献収集については、一般財団法人国際医学情報センターの協力を得て、熱中症とCOVID-1

9を比較した文献を全て抽出し一次選択とした。

実際には「熱中症」と「COVID-19」を含む検索式でMEDLINEより60件、Cochraneより1件、医学中央雑誌より13件を収集した。その後、一次選択で採用した文献については、文献セットからタスクメンバーの少なくとも3名が抄録を検討し、一人でも実際の文献を検討するべきと判断した文献を入手する方針として、二次選択とした。

その後、上記のクリニカルクエスチョンに従い二次選択で収集した文献に加えて、必要に応じて数件の文献を追加した。クリニカルクエスチョンの検討に必要な文献が補足できない場合は、熱中症、COVID-19 各々の報告を検討し、それらの情報を統合して検討した。この際は、必要に応じて総説や学会発表などの文献も検索の対象とした。

（倫理面への配慮）

Heatstroke study (HS) については、包括的に同意を取得し患者個人からの承諾は取得していない。研究への協力を希望されない患者に対しては、非協力権を保障する。登録に関しては無記名であり、個人を識別できる情報（氏名、住所、生年月日、電話番号）は入力されず、連結不可能である。

なお、上記HSに関わる調査研究については日本医科大学付属病院倫理委員会にて承認を得ている。（B-2020-134）

また、そのほかの研究についても使用するデータの個人情報には削除され匿名化されており、連結不可能となっている。また一般に公開されたデータを用いて分析しているものに関しては研究倫理への配慮は必要ない。

C. 研究結果

①『COVID-19蔓延下における熱中症対応の手引き』（R2改訂版）に即したマスク着用等の新しい生活様式と熱中症発症の予防効果の評価

HS2020、2021について

165施設から、2020年に1081例、2021年に669例がHSに登録された。全1740例のうち、58例が完全データ欠損として除外され、重症群212例、軽度～中等度1470例だった。死亡率は2020年8.4%、2021年9.1%であった。熱中症重症度分類Ⅲ度が2020年96.4%、2021年97.0%とほぼ全例を占め、65歳以上約65%、屋外発症約50%、労作性熱中症30～40%となった。Active Cooling実施率は2020年の33.5%から2021年には22.3%に減少した。

重症群と軽度～中等度群の比較では、J-ERATOスコア5以上、SOFAスコア11以上の患者の割合が重症群で有意に高く、他の重症度とも一致していた。転帰については、死亡率は軽度から中等度の4.9%に対し、重度の32.8%と有意に高い結果となった。退院時のModified Rankin Scaleが3以上であることも、重症群で有意に多くみられた。意識障害、肝障害、腎機能障害、DIC、高体温の有病率も重症群で有意に高かった。

マスク着用例とマスク非着用例を比較すると、フェイシャルマスク着用例の方が屋外発症、労

作性熱中症が多く、意識障害のない患者の割合が多く、転帰では死亡率が低く、転帰良好の患者の割合が多かった。

今後、次年度にはさらにデータ解析を行い、別個のマスク着用の有無に関する症例抽出、マスク着用の来院時深部体温や熱中症重症度、バイタルサインや血液データとの関連性を検討する。

②熱中症予防ツールの開発と継続的データ収集

・J-ERATOスコアの検証について

対象患者のうち、1244名（93.0%）が退院まで生存した。多変量ロジスティック回帰分析により、J-ERATOスコアは退院までの生存率（調整オッズ比 [OR] 0.47；95%信頼区間 [CI] 0.37-0.59）および1日目の播種性血管内凝固（DIC）の発生（調整OR 2.07；95% CI 1.73-2.49）の独立予測因子であった。ROC分析により、退院時の死亡率（曲線下面積[AUC] 0.742、95%CI 0.691-0.787）および1日目のDIC発症（AUC 0.723、95%CI 0.684-0.758）の予測に関するJ-ERATOスコアの至適カットオフ値は5点であった。

・熱中症アプリによるリアルワールドデータの検証

500名の対象者のうち、データ欠損していた17名（熱中症症状の回答がない症例15例、発生場所の回答がない症例2例）を除外し、483名（97%）を対象とした。

この中でⅠ度熱中症が97名でマスク非着用群25名（25.8%）、マスク着用群72名（74.2%）であり、Ⅱ・Ⅲ度熱中症は386名でマスク非着用群160名（41.5%）、マスク着用群226名（58.5%）であった。すなわち、熱中症を発症した476例中、Ⅱ・Ⅲ度熱中症でマスク着用例は226例（47.5%）、非着用例は160例（33.6%）であった。

・暑熱順化の程度の調査

今回の結果によると、7月、8月、9月の各月で、各年齢階級いずれをとっても日最高WBGTに対して熱中症救急搬送者数の対数はほぼ直線的に増加していた。一方、9月の熱中症救急搬送者数は、7月や8月と比較して少なくなっていた。救急搬送者は日最高WBGTに対してほぼ直線上にプロットされていることから、回帰直線と $y = 0$ との交点(W10)を気象条件と熱中症救急搬送者数の関係を表すための指標として求めた。W10の都道府県平均値は全年齢では、30.5℃（7月）、31.3℃（8月）、32.5℃（9月）であった。少年（7-17才）では、29.9℃（7月）、31.4℃（8月）、32.0℃（9月）、成人（18-64才）では、31.6℃（7月）、32.3℃（8月）、33.4℃（9月）、高齢者（65歳以上）では、29.1℃（7月）、29.6℃（8月）、31.1℃（9月）であった。

・WBGTの予測について

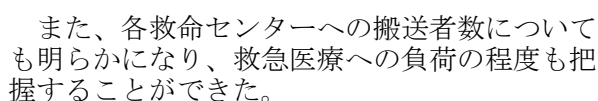
2022年度は、2010～2022年の5～10月の期間の解析値をクラウド上に作成したが、2023年度は、

・匿名レセプト情報を用いた熱中症受診者数とWBGT6都市平均（2012～2018年の6～9月）の比較
本邦の夏季の熱中症受診者数は、基本的に8月上旬にピークを迎え8月中旬には減少に転じることが明らかになった。8月下旬に再増加するかどうかは8月中下旬のWBGTにより、WBGT31以上の発生頻度と期間の長さにより受診者数が影響を受けることが明らかになった。

冷房導入前の2019年に比べて冷房導入後の2020年における夏季測定期間中の平均外気温が2.6℃低いという気象条件の違いはあったものの、冷房導入前には、4校ともに普通教室の平均室温が28～30℃と学校環境衛生基準(28℃以下)を超えていたが、冷房導入後には、平均室温が25℃と4校平均で3.2℃改善された。これに伴い、マスク着用下においても暑いと申告する児童は、59%から6%に有意に減少($p<0.001$)し、授業に集中できない児童は、63%から36%に減少傾向($p=0.075$)であった。

手引き作成の過程でマスク着用下の運動であっても、運動強度と時間を保った運動であれば熱中症リスクは上がらないことや、マスク着用自体が熱中症のリスクとならないことが明らかになった。現在文献を追加し、英文化したうえで、国際学術誌に投稿し、受理されている。

2023年6月1日より10月31日の間において、191件の登録がなされた。60歳から79歳の患者が最多であり、発生場所は屋外が最多であった。Ⅲ度の熱中症は6.3%であり、熱中症による死亡は見られなかった。また、1日前、直近7日、過去8-14日、および累計によるデータ収集と解析が可能であり、熱中症発生のトレンドを知ることができた。



なお、すでに一般化している背景的な内容はBackground Question (BQ) とし、エビデンスの乏しいもの、今後の検討課題になる可能性になるものはFuture Research Question (FRQ) とした。

CQ1-03 重症熱中症の治療において、いずれのバイオマーカーで臓器障害や抗炎症・凝固作用の状態を把握することは有用か？（FRQ）

CQ 2-3 熱中症の発症のリスク判定に、WBGTは有用か？ (BQ)

CQ 3-4 熱中症の治療において、冷却の目標速

度を設定することは有用か？

(推奨：行う・弱い、エビデンスの強さ D：合意率 92.3%)

CQ3-5 熱中症の治療において、搬送前の冷却は有用か？ (BQ)

CQ3-6 熱中症の治療において、解熱薬は有用か？ (推奨：行わない・弱い、エビデンスの強さ D：合意率 92.3%)

④CQ4 補液、抗DIC治療

CQ4-1 熱中症患者への初期輸液の目安を設定することは有用か？ (BQ)

CQ4-2 病院前診療での早期輸液と経口補水液のいずれが有用か？ (推奨：明確な推奨を提示しない、エビデンスの強さ D：合意率 100%)

CQ4-3 熱中症の治療において、いずれの経口補水液が有用か？ (FRQ)

CQ4-4 熱中症例で合併したDICにおいて、DIC治療薬が有用か？ (推奨：明確な推奨を提示しない、エビデンスの強さ D：合意率 100%)

CQ4-5 熱中症によるDICでいずれの抗DIC治療が有用か？ (推奨：明確な推奨を提示しない、エビデンスの強さ D：合意率 100%)

⑤CQ5 小児

CQ5-1 熱中症の小児患者において、重症度の判定基準として、腋窩温は深部体温に比べて有用か？ (BQ)

CQ5-2 熱中症の小児患者の治療において、いずれの冷却法が有用か？ (推奨：明確な推奨を提示しない、エビデンスの強さ D：合意率 100%)

CQ5-3 熱中症の小児患者の治療において、目標体温を38℃に設定することは有用か？ (FRQ)

CQ5-4 小児の熱中症予防において、水分摂取量の目安を設定することは有用か？ (BQ)

CQ5-5 小児の熱中症予防において、暑熱順化は有用か？ (FRQ)

CQ5-6 小児の熱中症の発症リスクの判定に、WBGTは有用か？

CQ5-7 (BQ)

乳幼児の車内閉じ込めによる熱中症を予防するには、どの対策が有用か？ (FRQ)

D. 考察

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の蔓延は国民生活に大きな影響を及ぼしている。これは救急医療の現場でも然りである。例えば東京都において新規コロナウイルス感染患者が1000人増えると、一日の搬送困難症例が86.4件増加し、また救急隊の現場活動時間が3.48分増加するとの試算がある (Igarashi and Yokobori, 2021 PMID: 34824859)。

感染症の蔓延を予防するべく、2020年より「新しい生活様式」が示され、従来その実践が求められてきた。例えば室内換気、マスクの着用、フィジカル・ディスタンスの確保など、熱中症対策の観点からは留意すべき事項も含まれており、感染拡大防止と熱中症予防の両立の難しさからの混乱を惹起することが危惧されたため、日本救急医学会では、救急救命士や看護師などを含む救急医療職を中心とする日本臨床救急医学会、感染症の学術団体である日本感染症学会、

および呼吸器病に関する学術団体である日本呼吸器学会と合同で『新型コロナウイルス感染症の流行を踏まえた熱中症診療に関するワーキンググループ』を設立し、下記の如く、いわゆるコロナ禍の中における今夏の熱中症への予防に関する注意点を「新型コロナウイルス感染症の流行を踏まえた熱中症予防に関する提言」としてまとめ2020年6月1日に発出した。 (<https://www.jaam.jp/info/2020/files/info-20200714.pdf>)

本研究は2020年の時点で不十分であった、コロナ禍が継続している中での熱中症対策の科学的論拠を集積し、効果的な周知啓発を実施することにより、熱中症予防施策の推進を目指すことを目的とした。

日本救急医学会がリリースしている熱中症アプリ (https://www.jaam.jp/info/2021/info-20210601_h.html) を用いたデータ集積では、Ⅱ・Ⅲ度熱中症はマスク着用の割合が有意に高かった。このことから、熱中症となった患者がマスクを着用すると重症化リスクになる可能性があることが明らかになった。前述の「新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症対応手引き」からは、マスク着用が生理的自覚温度に影響を及ぼすことはあっても、暑熱環境における1時間程度の軽度の運動、あるいは20分程度のランニング程度の運動強度では、マスクの着用自体が体温に及ぼす影響はないと考えられていた。しかし、高齢者や小児、肺疾患がある傷病者は、エアコンや水分補給などの熱中症対策は行うべきと提言されている。今回の患者背景からは、いかにどの運動強度が患者に与えられたかは不明であるが、Physical work中に発症した患者は、マスク非着用と比較して、マスク着用で発症した人の割合が多かったことから、熱中症アプリに登録された患者は過剰な運動下での発症であった可能性がある。また、肉体労働などが原因の症例では、防塵マスク等を使用している可能性もあり、それらマスクが熱中症重症リスクに関連した可能性も考えられた。

熱中症の発症には大きく暑熱順化に関わるが、経年的な暑熱順化の変化を知ることも重要である。これにおいては2015～2021年の7～9月の熱中症救急搬送者数を用い、都道府県別日別に10万人当たり1人の割合で救急搬送される日最高WBGT(W10)を求めたが、いずれの年齢でもW10は月ごとに上昇しており、暑熱順化が高まったと考えられた。特に高齢者は、外気温や湿度の急激な変化に体が迅速に順応できないといわれており、熱中症弱者と表現される所以である。今回のデータからは、若年者では7～8月にかけて暑熱順化を得ることができ、成人や高齢者では8～9月に上昇したことから、今回、高齢者の暑熱順化の遅れをリアルワールドデータから示すことができたといえる。高齢者の暑熱順化は若年に比して遅れてしまうことが明らかであることから、アプリを使用することができない高齢者や小児に対してはどのように熱中症予備群を認知していくか、さらなる方略を考える必要がある。これには地域の特性を加味した熱中症予防が必要である。環境省では「熱中症予防情報サイト」(2006年～)において11都市のWBGT実況値、約830地

点の実況推定値や3日間のWBGT予報を提供している。実況推定値は、気象庁の大気毎時解析および数値予報の初期値・予測値を第一推定値として、気象庁の地方気象台やアメダスの観測値を用いて変分法により、再解析を行い、気温、湿度（または混合比）、日射量、風速の水平分布を求めることをベースにし、この方法によりWBGTの平面的な分布を推定することができるが、今回、医療情報との連携により活用可能なWBGTの二次元分布を推定し、活用し資することを目的に計算システムを試作する取り組みも行うことができた。今後は医療者がWBGTを必要とする地点の緯度・経度・日時データとファイルなどを用いて照会することで、必要となるWBGT値を提供できるシステムが確立できる可能性がある。

今回は上記の基礎的研究の結果も考慮しつつ、『新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症対応の手引き（第2版）』を編集した。この中ではクリニカルクエストとして、予防（マスク・エアコン）、診断（臨床症状・血液検査・胸部CT検査）、治療（冷却法）などについて現在のエビデンスを集約し、広く発出することができた。

以下に、それぞれの項目のクリニカルクエストと推奨を提示する。

【クリニカルクエスト一覧とその推奨】

予防（マスク・エアコン）

Q1 マスクを着用すると体温が上がるか？

A1 暑熱環境における1時間程度の軽度の運動、あるいは20分のランニング程度の運動強度では、マスクの着用が体温に及ぼす影響はない。

Q2 マスクを着用すると熱中症の発症が多くなるか？

A2 健康成人においてはマスクの着用が熱中症の危険因子となる根拠はない。

Q3 COVID-19の予防で「密閉」空間にしないようにしながら、熱中症を予防するためには、どのようにエアコンを用いるべきか？

A3 職場や教室等、人の集まる屋内では、密閉空間を避けるため、自然な風の流れが生じるように2方向の窓を開ける換気を適宜行い、室温を測定しながら、エアコンの温度設定を調節する。熱中症対策とCOVID-19感染症対策を両立することが望ましい。

診断（臨床症状・血液検査・胸部CT検査）

Q4 熱中症とCOVID-19は臨床症状から区別できるか？

A4 熱中症とCOVID-19はいずれも多彩な全身症状を呈するため、臨床症状のみから鑑別は困難である。

Q5 血液検査は熱中症とCOVID-19の鑑別に有用か？

A5 両者の鑑別に有用な血液検査の項目はな

い。

Q6 高体温、意識障害で熱中症を疑う患者の胸部CT検査はCOVID-19の鑑別診断に有用か？

A6 確定診断と除外診断に用いるには、不適切である。

治療（冷却法）

Q7 COVID-19の可能性のある熱中症患者の場合、蒸散冷却法を用いて、患者を冷却するべきか？

A7 通常の感染対策を行ったうえで蒸散冷却法を用いた積極的冷却を行ってもよいが、各施設で迅速に使用できる冷却法を選択するのが望ましい。

以上、特にマスクの着用や、冷却法については2020年の第1版に比して多くのエビデンスが集約され、推奨が変化した。これらは前述の如く英文化し、国際誌に掲載される予定であり、本研究はコロナ禍における熱中症研究において我が国が国際的に貢献する機会となった。

また、マスクをついている学校の環境などにおいてもエアコンの使用は熱中症を予防することに有効であることも明らかとなった。

ガイドライン作成については、従来、日本救急医学会 熱中症および低体温症に関する委員会（以下：熱中症委員会。設立当初は熱中症検討特別委員会）が2006年より全国の救命救急センター、日本救急医学会認定指導医指定施設、大学病院救急部などを対象に隔年で熱中症全国調査 Heatstroke STUDY（以下 HsS）を行ってきた。本委員会が主導する HsS の結果は会員諸氏や市民に広く報告され、本邦における熱中症実態の把握やその予防、対策に大きな貢献をしてきた。

しかし、熱中症の予防、診断、治療に関するエビデンスは依然確立されておらず、日常診療におけるスタンダードが明確であるとは言い難かった。このため熱中症委員会では議論を重ね、今まで行われた HsSや過去に報告された国内外の知見を集積し、Clinical Question (CQ) 形式の熱中症診療ガイドライン2015を作成してきた。

このガイドラインには熱中症の疫学や発生条件、診断基準、診断、予防や治療法、重症化の因子まで様々な内容が記載され、たとえば熱中症Ⅰ度からⅢ度までの熱中症重症度分類は、現場で様子を見てよいのか、あるいは医師への受診が必要か、そして入院が必要か、といった熱中症ケアのための指針を直接的に反映した重症度分類を提示し、医療者のみならず一般市民にもわかりやすいものとなった。また熱痙攣、熱失神、熱疲労、熱射病などの、重症度がわかりにくい医学用語を整理したことも画期的なことであった。総じて、ガイドライン2015は診療に従事する医療者のみならず、熱中症患者さんに遭遇する可能性がある学校職員、介護職員、労務管理者、スポーツインストラクターなど、様々な職種の皆にも大きく役に立つものとなった。

しかし2015年のガイドライン作成からほぼ10

年が経過し、また近年の地球温暖化も相まって、熱中症への関心が高まり、国内外からさらに多くの熱中症に関わる論文が発出されてきた。これに対して、改めて情報を整理したうえで新しい治療指針を作成するべきである、というのが委員の中で共有され、今回のガイドライン作成に繋がったのである。

また、昨今の「ガイドライン」はエビデンスの確実性のみならず、利益と不利益のバランス、患者の価値観や意向、コストや医療資源などを考慮し推奨の強さを記載することが求められてきている。今回、このような要望にも応え、また真の意味のガイドラインにも近づけるべく、GRADEシステムを取り入れた推奨作成を行った。残念ながら依然、熱中症治療に関わる介入研究、ランダム化比較試験は少なく、十分な推奨が得られないCQもあったが、将来的な課題としてFuture Research Question (FRQ) にまとめる、あるいは既知のもの、すでに一般化されているものはBackground Question (BQ) としてまとめ、今、何がわかっていて、何がわかっていないのかを明確にすることができた。

また、今回のリアルワールドデータから、重症熱中症においてはフェイスマスク着用患者の熱中症は、労作性が高く、重症度が低く、若い男性が屋外で発生する傾向があった。また、搬送前に得られたJ-ERATOは、熱中症で入院した患者の重症度や死亡率の予測に役立つと考えられる。熱中症診断支援アプリ「joint Triage」から得られたデータでは、マスク着用による熱中症の重症度が関連していることが明らかとなった。

また、マスク着用で授業が行われている学校施設では、断熱・日射遮蔽改修と普通教室への冷房導入による熱中症予防に有効であることが示唆された。なお、特別教室、体育館へのさらなる冷房導入は必要と考えられる。

今回の研究においては、熱中症救急搬送者数のデータを用いて、暑熱順化の程度及び時期について年齢階層ごとに分析を行ったが、7月から9月にかけて少年、成人、高齢者のそれぞれの年齢階級で暑熱順化が進み、1日に10万人当たり1人の割合で熱中症により救急搬送される時の日最高WBGTは全国平均で2.1℃(少年)、1.8℃(成人)、2.0℃(高齢者)増加した。暑熱順化は少年では夏の早い時期に進み、成人や高齢者では時間をかけて進むことが示され、我が国に特徴的な高齢者の熱中症予防の参考になると思われる。

E. 結論

本研究においては、HS2022や熱中症アプリ、から収集されたデータと環境省や気象庁のオープンデータ、DPCデータなどを突合し、ウイズコロナのリアルワールドにおける熱中症の現状を示しつつ、新規の取り組みを創出することができた。

2023年5月8日より新型コロナウイルス感染症は季節性インフルエンザなどと同じ「5類」に移行する方針となったが、今後も新型コロナウイルスなどの感染症対策も考慮にいれつつ、新しい熱中症ガイドラインを広く公表していくことで国民の健康増進に寄与したい。

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Heat stroke management during the COVID-19 pandemic: Recommendations from the experts in Japan (2nd edition) Acute Medicine & Surgery, 2023 in press.
- 2) Ryosuke Takegawa, Jun Kanda, Arino Yaguchi, Shoji Yokobori, Kei Hayashida. A prehospital risk assessment tool predicts clinical outcomes in hospitalized patients with heat-related illness: a Japanese nationwide prospective observational study. (責任著者：林田敬) Scientific Reports. 2023 Jan 21;13(1):1189.
- 3) Kanda J, Miyake Y, Tanaka D, et al. Current status of active cooling, deep body temperature measurement, and face mask wearing in heat stroke and heat exhaustion patients in Japan: a nationwide observational study based on the Heatstroke STUDY 2020 and 2021. Acute Med Surg. 2023; 10 (1): e820.

2. 学会発表

- 1) The 6th EMS Asia 2023 Tokyo (発表予定：採択済み)
- 2) 三宅 康史, 神田 潤, 日本救急医学会熱中症および低体温症に関する検討委員会. 熱中症: スポーツ医学としての挑戦と救急医学の役割. 第33回日本臨床スポーツ医学会学術集会、札幌、2022年11月.
- 3) 第50回日本集中治療医学会学術集会 (於京都 2023年3月) P031-3 重症熱中症における深部体温モニタリング・Active coolingの実施率と院内死亡率の関係について

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む。)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

Ⅱ. 分担研究報告書

わが国における熱中症データベース(Heatstroke study 2020)におけるマスク着用者の 解析・熱中症診療ガイドライン作成に関する研究

研究分担者 神田 潤 帝京大学医学部救急医学講座 講師

研究要旨：

本研究は、熱中症・熱疲労患者の全国定期登録である Heatstroke STUDY 2020-2021 のデータを用いた前向き多施設共同観察研究である。Bouchama 熱射病基準に基づき、患者を重症群と軽度～中等度群の2群に分類した。2群間の転帰を比較し、重症度、深部体温測定、フェイスマスクの使用により2つのサブグループに再分類した。フェイスマスクを使用している患者は、陣痛、スポーツ、その他の労作時にフェイスマスクを使用することが多く、重症度は低く、若い男性に少なかった。重症例については、JAAM-HS 基準における III 度より詳細な分類が必要であり、深部体温を測定しなかったことが、積極的冷却を行わず、転帰を悪化させた要因である可能性が示唆された。熱中症を予防するためには、マスクを外すだけでなく、空調や水分補給など他の対策を講じる必要があると考えられる。

A. 研究目的

本研究は、日本における熱中症および熱疲労患者におけるフェイスマスクの使用、深部体温測定、およびアクティブクーリングの現状を明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

本研究は、熱中症・熱疲労患者の全国定期登録である Heatstroke STUDY 2020-2021 のデータを用いた前向き多施設共同観察研究である。Bouchama 熱射病基準に基づき、患者を重症群と軽度～中等度群の2群に分類した。2群間の転帰を比較し、重症度、深部体温測定、フェイスマスクの使用により2つのサブグループに再分類した。Cramer's Vを用いて群間比較の効果量を求めた。

（倫理面への配慮）

研究計画書の承認 本研究プロトコルは、帝京大学「人を対象とする医学系・保健学系研究に関する倫理審査委員会」の承認を得た（プロトコルコード17-021-5、承認日2020年5月21日）。本研究は、1964年のヘルシンキ宣言およびその後の改正で定められた倫理基準に従って実施された。

帝京大学医学・保健学系倫理審査委員会の承認を得た様式により、各施設で研究に参加したすべての被験者からインフォームド・コンセントを得た

C. 研究結果

日本救急医学会の熱射病判定基準（JAAM-HS）に基づき、ほぼ全例がIII度に分類された。しかし、退院時の院内死亡や修正Rankin Scaleスコアなどの転帰において、重症群は軽度～中等度群より有意に不良であった。熱中症（深部体温測定あり）は、

熱中症様疾患（深部体温未測定）と比較して、積極的冷却率が有意に高く、死亡率が低かった。フェイスマスクを使用している患者は、労働、スポーツ、その他の労作時にフェイスマスクを使用することが多く、重症度は低く、若い男性に少なかった。

D. 考察

HsS2020と2021で得られたデータを重症と軽度～中等度に分類したところ、重症群は軽度～中等度群に比べ、院内死亡率や退院時のmRSスコア、意識障害やDICなどの臓器障害、SOFAスコアやJ-ERATOスコアなどの重症度指標などの転帰が有意に悪いことがわかった。

熱中症重症群（深部体温測定あり）と熱中症様疾患群（深部体温未測定）の両群間でJAAM-HS基準、J-ERATOスコア、SOFAスコア、肝障害、腎障害、DICなどの重症度基準に有意差がなかったことから、両群の重症度は同等であり、両群を比較することで、熱中症重症例や熱疲労症例における深部体温測定の有効性を検討することができると考えた。熱中症群（深部体温測定あり）では、能動的冷却率が有意に高く、死亡率も有意に低かった。積極的冷却に不可欠なモニタリング指標である深部体温を測定しなかったことが、積極的冷却の不足を招き、熱中症様疾患群の院内死亡率を悪化させた可能性がある。ただし、熱中症様疾患群（深部体温未測定）の一部がその患者背景から最初から積極的な治療を受けなかったことに起因している可能性にも留意する必要がある。一方、後遺障害の発生率を示す要因である退院時のmRSスコアには有意差は認められなかった。後遺障害の発生率は、積極的な冷却だけでなく、入院後の集中治療やリハビリテーションにも影響されることが考えられ、今

後の検討課題であった。

本研究の1,740例のうち、COVID-19陽性は11例(0.6%)であった。本研究は、回答医師により熱中症と診断され、熱中症の治療を受けた患者を対象としていることから、これら11症例は、回答医師がCOVID-19は無症状であると判断した後に本登録に登録されたと結論できる。したがって、これらの11症例は本研究から除外されなかった。さらに、これらの患者自体が全患者数の1%未満であることを考慮すると、これらの患者を登録しても本研究の目的や所見に影響はないと結論した。しかし、熱中症に対するCOVID-19の影響については、症例が蓄積されるにつれて検討されるべき問題である。

最後に、本研究から、フェイスマスク着用者の熱中症は、労作性が高く、重症度が低く、若年男性に少ないことが示された。これは、日本における熱中症の多くの症例が非労作性で、高齢者が屋内で発症する傾向があるのとは異なる。これは、マスクを着用したまま肉体労働や屋外活動を行う患者は通常、屋内で過ごすことの多い高齢者よりも若く健康であるためかもしれない。これまでの研究で、フェイスマスクの使用は深部体温の上昇と関連せず、転帰を悪化させるところか、より軽症で良好な転帰をもたらすことが報告されている。したがって、熱射病を予防するためには、マスクを外すだけでなく、空調や水分補給など他の対策を講じる必要があると考えられる。

E. 結論

重症例では、JAAM-HS基準におけるIII度という、より詳細な分類が必要であり、深部体温を測定しなかったことが、積極的冷却を行わず、転帰を悪化させた要因である可能性が示唆された。

熱中症を予防するためには、マスクを外すだけでなく、空調や水分補給など他の対策を講じる必要があると考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表

Current status of active cooling, deep body temperature measurement, and face mask wearing in heat stroke and heat exhaustion patients in Japan: a nationwide observational study based on the Heatstroke STUDY 2020 and 2021.
Acute Medicine & Surgery. 2023; 10 (1): e820.

2. 学会発表

重症熱中症における深部体温モニタリング・Active coolingの実施率と院内死亡率の関係

について.

日本集中治療医学会誌.2023;30Suppl.1:S523

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

特になし

2. 実用新案登録

特になし

3. その他

特になし

わが国における熱中症データベース（Heatstroke study 2020）の評価 熱中症診療ガイドライン作成に関する研究

研究分担者 鈴木 健介 日本体育大学保健医療学部 准教授

研究要旨：

【目的】本研究は、令和4年度は熱中症の重症度に対するマスクの着用リスクについて明らかにすること、令和5年度は熱中症診断支援アプリの2021年から2023年までの使用状況を解析し、新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症の発生状況とその影響を明らかにすることを目的とした。【方法】令和4年度は、熱中症診断支援アプリ「Join Triage」の2021年6月から2022年11月までの患者データを使用し、熱中症と診断された患者を対象にマスク着用の割合を比較検討した。令和5年度は、アプリのGeneral UserとHealth care providerによる2021年から2023年までの使用データを解析対象とした。【結果】令和4年度の解析では、熱中症を発症した476例中、Ⅱ・Ⅲ度熱中症でマスク着用例は226例(47.5%)、非着用例は160例(33.6%)で有意差が認められた($P<0.01$)。令和5年度の解析では、General Userによるアプリ使用者数は年々増加傾向にあり、2021年は3度熱中症の割合が高かった。Health care providerによる使用者数は年間60例程度で推移していた。【結論】熱中症患者におけるマスク着用は重症化のリスクとなる可能性が示唆された。また、新型コロナウイルス感染症流行が熱中症の発生状況に影響を与えていることが明らかとなった。本研究で得られた知見を活用し、年齢層やマスク着用状況に応じた熱中症予防対策を立てていくことが重要である。また、アプリの機能改善により、General UserとHealth care providerそれぞれのニーズに合わせた熱中症対策支援につなげていくことが期待される。

A. 研究目的

2019年より新型コロナウイルス感染(COVID-19)が流行しパンデミックとなった。新型コロナウイルス感染症専門家会議において新型コロナウイルスの感染症拡大を予防する「新しい生活様式」が示され、感染防止として、①身体的距離の確保②マスク着用③手洗い等が推奨されている¹⁾。一方で、地球温暖化に伴い、毎夏、熱中症による死者は増加しており²⁾、特に熱中症患者の発生も、人口の密集する都道府県に多いことが報告されている³⁾。2022年5月から9月の全国における熱中症による救急搬送人員の累計は71,029人であり、2021年は47,877人であり比較すると23,152人増加している⁴⁾。

熱中症は暑熱暴露あるいは身体運動による体熱生産の増加を契機として高体温を伴った全身の諸症状を呈するものである⁵⁾。熱中症の診断基準としては「暑熱環境にいるまたはいた後」の症状としてめまい、失神(立ちくらみ)、生あくび、大量の発汗、強い口渇感、筋肉痛、筋肉の硬直(こむら返り)、頭痛、嘔吐、倦怠感、虚脱感、意識障害、痙攣、せん妄、小脳失調、高体温等の諸症状を呈するもので、感染症や悪性症候群による中枢性高体温、甲状腺クリーゼ等、他の原因疾患を除外したものである⁵⁾。

新型コロナウイルス感染防止としてマスク着用は推奨され、マスク着用は吸入空気の温度上昇、口

腔や鼓膜温度を上昇させることが報告されている⁶⁾。さらに、運動中フェイスマスク着用は、不快感、呼吸困難、自覚的疲労度を増加させることが報告されている⁷⁾。マスク着用が明らかな熱中症リスクであるといった報告はないが、熱中症となった患者の重症化に及ぼす影響についての検討はされていない。

本研究は、令和4年度は熱中症の重症度に対するマスクの着用リスクについて明らかにすることを目的とした。令和5年度は熱中症診断支援アプリの2021年から2023年までの使用状況を解析し、新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症の発生状況とその影響を明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

1)令和4年度

熱中症診断支援アプリ「Join Triage」の患者データを使用した。2021年6月から2022年11月までの間、熱中症疑いの患者に対して、一般市民が入力したデータである。年齢、性別、発生場所、活動場所、活動内容、既往歴、熱中症症状(I度:めまい、たちくらみ、なまあくび、大量発汗、筋肉痛、こむら返り)(Ⅱ度:頭痛、嘔吐、倦怠感、虚脱感、集中力・判断力低下)(Ⅲ度:意識が悪い、呼びかけに対して反応なし、応答がおかしい、痙攣)を入力し、日本救急医学会熱中症ガイドラインに基づき、Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ度の重症度に分類した。

2)令和5年度

アプリのGeneral UserとHealth care providerによる2021年から2023年までの使用データを解析対象とした。記述統計量の算出、カテゴリカル変数の比較にはカイ二乗検定、連続変数の比較にはKruskal-Wallis検定を用いた。解析にはSPSS version 29.0を使用した。

(倫理面への配慮)

アプリ使用者に対しては、アプリ初回起動時に匿名化されたデータが研究に使用される旨を説明し、同意を得た。なお、アプリに入力されたデータは匿名化されており、個人が特定される情報は含まれていない。

C. 研究結果

1)令和4年度

500名の対象者のうち、データ欠損していた17名(熱中症症状の回答がない症例15例、発生場所の回答がない症例2例)を除外し、483名(97%)を対象とした。

1-1)マスク非着用群とマスク着用群の背景比較

本研究では対象としたマスク非着用群(n=185)、マスク着用群(n=298)の背景を表1に示す。

年齢、性別、発生場所、活動内容、既往の項目について検討したところ、年齢(p=0.02)、発生場所(p<0.01)、活動内容(p<0.01)において群間の有意差を認めた。

1-2)熱中症重症度分類別マスク着用割合

I度熱中症が97名でマスク非着用群25名(25.8%)、マスク着用群72名(74.2%)であり、II・III度熱中症は386名でマスク非着用群160名(41.5%)、マスク着用群226名(58.5%)であった。すなわち、熱中症を発症した476例中、II・III度熱中症でマスク着用例は226例(47.5%)、非着用例は160例(33.6%)で有意差が認められた(P<0.01)。

1-3)マスク着用別による熱中症症状による比較

I度熱中症は「めまい」の症状が最も多く、マスク非着用25例中12例(48.0%)、マスク着用群が72例中30例(41.7%)であり、有意差は認められなかった(P=0.75)。II度熱中症では、頭痛の症状が最も多く、マスク非着用75例(61.5%)、マスク着用群が113例(66.5%)であり、有意差は認められなかった(P=0.45)。III度熱中症は、「意識が悪い」の症状が最も多く、マスク非着用16例(13.1%)、マスク着用群が26例(15.3%)であり、有意差は認められなかった(P=0.84)。

2)令和5年度

General Userによるアプリ使用データ825例を用いた。2021年が201例、2022年が299例、2023年が325例であり、年々増加傾向にあった。一方、Health care providerによる使用者数は、2021年が65例、2022年が53例、2023年が59例であり、年間60例程

度で推移していた。

2-1)General Userによる使用データの年次推移(表1)

アプリのGeneral Userによる使用者数は年々増加傾向にあり、患者の年齢は若年化している可能性が示唆された。使用月は6月から8月に集中しており、2022年は6月、2023年は7月の使用が多かった。マスク着用率は年々減少傾向にあり、既往歴ではコロナ感染歴がある使用者が微増していた。3度熱中症の割合は2021年で最も高かった。

2-2)Health care providerによる使用データの年次推移(表2)

Health care providerによる使用者数は年間60件程度で推移していた。患者の年齢は若年化傾向にあり、2023年のマスク着用率が最も高かった。既往歴に有意差はみられず、バイタルサインでは2021年の体温が最も高かった。J-ERATO scoreに有意差はみられなかった。

D. 考察

1)令和4年度

本研究は、熱中症患者に対してマスク着用が及ぼす影響について検討した。II・III度熱中症はマスク着用の割合が有意に高かった。このことから、熱中症となった患者がマスク着用すると重症化リスクになる可能性があることが明らかになった。

1-1)マスクと熱中症リスク

マスク着用が、熱中症リスクとなる報告は少なく、「新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症対応手引き」からは以下のことが提言されている(9)。先行研究から、マスク着用が生理的自覚温度に影響を及ぼすことはあっても、暑熱環境における

1時間程度の軽度の運動、あるいは20分のランニング程度の運動強度では、マスクの着用自体が体温に及ぼす影響はないと考えられる。しかし、高齢者や小児、肺疾患がある傷病者は、エアコンや水分補給などの熱中症対策は行うべきと提言されている。今回の研究では、熱中症となった患者を対象としている。患者の熱耐性については不明であるが、マスク着用者の平均年齢は平均年齢では41.23歳(±20.53)と中年以上であり、リスクのある高齢者も含まれている。そのため、今回の研究結果から熱中症となった患者へのマスク着用は重症化へのリスクとなった可能性がある。

1-2)サージカルマスクが症状に及ぼす影響

マスクが呼吸、体温について及ぼす影響については次のようなことが考えられる。マスクで覆われた顔面の皮膚領域からの熱損失を抑制する可能性があることや、呼気からの気化熱を減少させる可能性があることである。高温多湿(気温34~35℃、湿度80~95%)の環境を想定して、サージカルマスク

着用によって熱ストレスを検討した研究では、生理的自覚温度が5.0℃上昇した10)。しかし、健康成人を対象としたマスク着用と体温上昇との関連した研究では、口腔内温度・鼓膜温度について統計学的な有意な上昇があったのはN95マスク着用時の口腔温度のみであり、サージカルマスクには差がみられなかった6)。また、12名の被験者を対象に、室温 35℃・湿度 65%の環境下で、毎時 6 km の歩行速度で 30 分間トレッドミルによる歩行を行い、サージカルマスク非着用時と着用時で深部体温を比較した研究では、深部体温はマスク着用の有無に関わらず上昇したが、2 群間に有意差はなかった11)。マスク着用による高温多湿の環境や運動において体温上昇についてこれらの研究が報告されていた。

気道の気化熱については、呼吸による放熱量を予測した研究が報告されている。マスクをしていない時の呼吸による放熱量は体内で作られる代謝熱5～10%程度であった12)。そのため、マスクを着用により放熱量が減少したとしても影響は少ないと報告されている。しかし、熱中症患者においてはマスク着用によって呼気の放熱量の影響があった可能性がある。

マスクによって体温上昇から正常体温までの低下を比較した研究はなく、正常体温への低下に関してマスク着用は影響がある可能性も考えられる。また、本研究はマスクの種類までには言及していない。患者背景からは、Physical work中に発症した患者は、マスク非着用と比較して、マスク着用で発症した人の割合が多かった。Physical workでは、防塵マスク等を使用している可能性もあり、それらマスクが熱中症重症リスクに関連した可能性も考えられる。

2)令和5年度

新型コロナウイルス感染症の流行により、アプリに入力されたデータからは、マスク着用率や熱中症患者の年齢層に変化がみられた。2021年は3度熱中症の割合が高く、体温も高い傾向にあった。これはマスク着用率が高かったことが関連している可能性がある。一方で、2022年以降はマスク着用率が減少し、若年者の熱中症が増加している。外出機会の増加や、熱中症に対する意識の低下が影響している可能性がある。

また、General UserとHealth care providerでは使用状況に違いがみられた。General Userは年々増加傾向にある一方、Health care providerは一定数で推移していた。General Userの増加は熱中症に対する関心の高まりを反映していると考えられる。ただし、本解析で用いたデータはアプリに入力されたものに限定されており、入力者の属性によるバイアスが存在する可能性があることに留意が必

要である。

今後は、本解析で得られた知見を活用し、年齢層やマスク着用状況に応じた熱中症予防対策を立てていくことが重要と考えられる。また、General UserとHealth care providerそれぞれのニーズに合わせたアプリの機能改善も検討していく必要があるだろう。ただし、あくまでアプリユーザーのデータに基づく解析結果であることを踏まえ、より広範な熱中症発生動向の把握とそれに基づく対策の立案が求められる。

E. 結論

1)令和4年度

本研究は、2021年6月から2022年11月までに入力された熱中症診断支援アプリ「joint Triage」の患者データを使用し、熱中症と診断された患者を対象にマスク着用の割合を比較検討した。その結果、マスク着用による熱中症重症度が関連していることが明らかとなった。熱中症患者はマスク着用で重症化する可能性があることが示唆された。

2)令和5年度

2021年から2023年までの3年間の熱中症診断支援アプリの使用状況を解析した結果、新型コロナウイルス感染症流行が熱中症の発生状況に影響を与えていることが示唆された。General Userによるアプリ使用者数は年々増加傾向にあり、若年層の熱中症患者の増加が懸念される。マスク着用率は年々減少しているが、2021年は3度熱中症の割合が高く、マスク着用との関連が疑われた。

本研究で得られた知見を活用し、年齢層やマスク着用状況に応じた熱中症予防対策を立てていくことが重要である。また、アプリの機能改善により、General UserとHealth care providerそれぞれのニーズに合わせた熱中症対策支援につなげていくことが期待される。ただし、本研究はアプリユーザーのデータに基づく解析結果であることを踏まえ、より広範な熱中症発生動向の把握とそれに基づく対策の立案が求められる。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

H.参考文献

- 1)厚生労働省:新しい生活様式新型コロナウイルスを想定した「新しい生活様式」の実践例を公表しました. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431_newlifestyle.html (2024.4.19アクセス)
- 2)厚生労働省:年齢(5歳階級)別にみた熱中症による死亡数の年次推移(平成7年～30年)<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyuu/necchusho18/dl/nenrei.pdf>(2024.4.19アクセス)
- 3)総務省消防庁:2019年 都道府県別熱中症による救急搬送人員 前年同時期との比較https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/items/heatstroke_sokuhouti_20190729.pdf(2024.4.19アクセス)
- 4)総務省消防庁:令和4年(5月から9月)の熱中症による救急搬送状況https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/items/r4/heatstroke_geppou_20205-09.pdf(2024.4.19アクセス)
- 5)日本救急医学会:熱中症診療ガイドライン2015 <https://www.jaam.jp/info/2015/pdf/info-20150413.pdf>(2024.4.19アクセス)
- 6)Yip WLLL, Lau PF, Tong HK. The effect of wearing a face mask on body temperature. Hong Kong J Emerg Med 2005; 12(1): 23-7.
- 7)Glänzel MH, Barbosa IM, Machado E, et al. Facial mask acute effects on affective/psychological and exercise performance responses during exercise: A meta-analytical review. Front Physiol. 2022;13:994454.
- 8)Y Kanda:Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. Bone Marrow Transplant. 2013 Mar;48(3):452-8.
- 9)新型コロナウイルス感染症の流行を踏まえた熱中症診療に関するワーキンググループ:新型コロナウイルス感染症流行下における熱中症対応手引き(第2報). <https://www.jaam.jp/info/2022/files/20220715.pdf>(2024.4.19アクセス)
- 10)Shi D, Song J, Du R, et al: Dual challenges of heat wave and protective facemask-induced thermal stress in Hong Kong. Build Environ. 2021;206:108317.
- 11)Kato I, Masuda Y, Nagashima K: Surgical masks do not increase the risk of heat stroke during mild exercise in hot and humid environment. Ind Health. 2021;59(5):325-33.
- 12)上野 哲: マスク着用による生理学的負担. 日本職業・災害医学会会誌. 2021;69(1):1-8

	マスク非着用(n=185)	マスク着用(n=298)	Pvalue
年齢(平均±標準偏差)	36.37 (±26.33)	41.23 (±20.53)	0.02
性別,n数(%)			0.44
男性	117 (63.2%)	200 (67.1%)	
女性	68 (36.8%)	98 (32.9%)	
発生場所,n数(%)			<0.01
Outdoors	100 (54.1%)	204 (68.5%)	
Indoors	85 (45.9%)	94 (31.5%)	
活動内容,n数(%)			<0.01
Sports	80 (43.2%)	96 (32.2%)	
Physical work	28 (15.1%)	93 (31.2%)	
Office Work	7 (3.8%)	30 (10.1%)	
Daily Life	70 (37.8%)	79 (26.5%)	
既往,n数(%)			
脳障害	6 (3.2%)	12 (4.0%)	0.84
心血管系	21 (11.4%)	45 (15.1%)	0.3
腎不全	6 (3.2%)	9 (3.0%)	1
糖尿病	14 (7.6%)	26 (8.7%)	0.78
以前の熱中症	23 (12.4%)	40 (13.4%)	0.86
肝障害	1 (0.5%)	5 (1.7%)	1
呼吸器系	8 (4.3%)	21 (7.0%)	0.5
整形外科	8 (4.3%)	12 (4.0%)	1
透析	0 (0.0%)	4 (1.3%)	0.28
免疫不全	4 (2.2%)	3 (1.0%)	0.52
コロナ感染	5 (2.7%)	8 (2.7%)	1

表 1 :患者背景

P value : Peason χ^2 検定 対応のない T 検定

P value<0.05

	マスク非着用(n=185)	マスク着用(n=298)	P
I 度	25 (25.8%)	72 (74.2%)	<0.01
II 度・III 度	160 (41.5%)	226 (58.5%)	

表 2 : 熱中症重症度別マスク割合
P value : Pearson χ^2 検定
P value < 0.05

	マスク非着用群(n=25)	マスク着用群(n=72)	P
めまい	12 (48.0%)	30 (41.7%)	0.75
たちくらみ*	5 (20.0%)	25 (34.7%)	0.24
なまあくび*	2 (8.0%)	9 (12.5%)	0.72
大量発汗	10 (40.0%)	26 (36.1%)	0.91
筋肉痛*	2 (8.0%)	11 (15.3%)	0.5
こむら返り*	2 (8.0%)	18 (25.0%)	0.08

表 3 : I 度熱中症の症状比較
P value : Pearson χ^2 検定 * = フィッシャーの正確率検定
P value < 0.05

	マスク非着用群(n=122)	マスク着用群(n=170)	P
めまい	38 (31.1%)	73 (42.9%)	0.75
たちくらみ	25 (20.5%)	51 (30.0%)	0.09
なまあくび	12 (9.8%)	24 (14.1%)	0.35
大量発汗	44 (36.1%)	58 (34.1%)	0.82
筋肉痛	12 (9.8%)	13 (7.6%)	0.65
こむら返り	10 (8.2%)	25 (14.7%)	0.13
頭痛	75 (61.5%)	113 (66.5%)	0.45
嘔吐	25 (20.5%)	42 (24.7%)	0.48
倦怠感	70 (57.4%)	91 (53.5%)	0.59
虚脱感	21 (17.2%)	34 (20.0%)	0.65
集中力・判断力の低下	21 (17.2%)	24 (14.1%)	0.57

表 4 : II 度熱中症群の症状比較
P value : Pearson χ^2 検定
P value < 0.05

	マスク非着用群(n=38)	マスク着用群(n=56)	P
めまい	19 (50.0%)	19 (33.9%)	0.17
たちくらみ	10 (8.2%)	10 (5.9%)	0.46
なまあくび	6 (4.9%)	8 (4.7%)	1
大量発汗	19 (15.6%)	28 (16.5%)	1
筋肉痛	7 (5.7%)	10 (5.9%)	1
こむら返り	14 (11.5%)	6 (3.5%)	<0.01
頭痛	13 (10.7%)	17 (10.0%)	0.86
嘔吐	10 (8.2%)	15 (8.8%)	1
倦怠感	14 (11.5%)	15 (8.8%)	0.59
虚脱感	21 (17.2%)	34 (20.0%)	0.41
集中力・判断力の低下	4 (3.3%)	9 (5.3%)	0.64
意識が悪い	16 (13.1%)	26 (15.3%)	0.84
応答がおかしい	11 (9.0%)	18 (10.6%)	0.91
呼びかけに対して反応なし	6 (4.9%)	11 (6.5%)	0.83
痙攣	14 (11.5%)	15 (8.8%)	0.41

表 5 :III度熱中症群の症状比較

P value : Peason χ^2 検定

P value<0.05

表 6 : General User による使用データの年次推移

	2021	2022	2023	p value
n	201	299	325	
年齢	40.15 (22.48)	39.35 (23.54)	36.22 (22.04)	0.10
性別.男性. (%)	139 (69.2)	191 (63.9)	205 (63.1)	0.33
アプリ使用月 (%)				
1	0 (0.0)	2 (0.7)	0 (0.0)	<0.001
2	0 (0.0)	2 (0.7)	2 (0.6)	
3	0 (0.0)	1 (0.3)	1 (0.3)	
4	0 (0.0)	1 (0.3)	2 (0.6)	
5	0 (0.0)	6 (2.0)	4 (1.2)	
6	60 (29.9)	135 (45.2)	19 (5.8)	
7	71 (35.3)	71 (23.7)	241 (74.2)	
8	53 (26.4)	71 (23.7)	44 (13.5)	
9	2 (1.0)	7 (2.3)	10 (3.1)	
10	2 (1.0)	2 (0.7)	1 (0.3)	

11	3 (1.5)	1 (0.3)	1 (0.3)	
12	10 (5.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
活動活動内容. (%)				
Sports	72 (35.8)	107 (35.8)	99 (30.5)	0.52
Office Work	14 (7.0)	24 (8.0)	25 (7.7)	
Physical work	58 (28.9)	69 (23.1)	93 (28.6)	
Daily Life	57 (28.4)	99 (33.1)	108 (33.2)	
発生場所.(%)				
Outdoors	137 (68.2)	175 (58.5)	192 (59.1)	0.15
Indoors	64 (31.8)	122 (40.8)	132 (40.6)	
Other	0 (0.0)	2 (0.7)	1 (0.3)	
マスク着用 (%)	132 (65.7)	178 (59.5)	81 (24.9)	<0.001
既往歴				
脳障害 (%)	6 (3.0)	12 (4.0)	8 (2.5)	0.54
心血管系 (%)	25 (12.4)	44 (14.7)	30 (9.2)	0.11
呼吸器系 (%)	14 (7.0)	17 (5.7)	13 (4.0)	0.32
腎臓 (%)	1 (0.5)	14 (4.7)	16 (4.9)	0.02
透析 (%)	0 (0.0)	4 (1.3)	0 (0.0)	0.03
糖尿病 (%)	15 (7.5)	27 (9.0)	17 (5.2)	0.18
肝障害 (%)	3 (1.5)	3 (1.0)	2 (0.6)	0.61
免疫不全 (%)	1 (0.5)	6 (2.0)	2 (0.6)	0.16
コロナ感染 (%)	6 (3.0)	7 (2.3)	26 (8.0)	0.00
以前の熱中症 (%)	28 (13.9)	35 (11.7)	44 (13.5)	0.71
症状				
こむら返り (%)	35 (17.4)	40 (13.4)	45 (13.8)	0.41
たちくらみ (%)	52 (25.9)	74 (24.7)	56 (17.2)	0.03
なまあくび (%)	26 (12.9)	35 (11.7)	46 (14.2)	0.66
大量の発汗 (%)	76 (37.8)	109 (36.5)	82 (25.2)	0.00
頭痛 (%)	72 (35.8)	147 (49.2)	154 (47.4)	0.01
嘔吐 (%)	34 (16.9)	58 (19.4)	63 (19.4)	0.74
倦怠感 (%)	60 (29.9)	130 (43.5)	103 (31.7)	0.00
虚脱感 (%)	23 (11.4)	51 (17.1)	52 (16.0)	0.21
集中力.判断の低下 (%)	25 (12.4)	33 (11.0)	32 (9.8)	0.65
意識が悪い (%)	11 (5.5)	31 (10.4)	17 (5.2)	0.03
応答がおかしい (%)	16 (8.0)	14 (4.7)	13 (4.0)	0.12

呼びかけに対して反応なし(%)	4 (2.0)	13 (4.3)	6 (1.8)	0.12
痙攣(%)	14 (7.0)	15 (5.0)	12 (3.7)	0.24
熱中症重症度分類				
1	55 (28.8)	42 (14.3)	62 (19.7)	<0.001
2	97 (50.8)	196 (66.7)	208 (66.2)	
3	39 (20.4)	56 (19.0)	44 (14.0)	

表 7 : Health care provider による使用データの年次推移

	2021	2022	2023	p value
n	65	53	59	
年齢 [IQR]	45.0 [25.0-59.0]	41.0 [15.0-54.0]	36.0 [13.0-51.5]	0.04
性別.男性. (%)	53 (81.5)	36 (67.9)	37 (62.7)	0.06
活動活動内容(%)				
Sports	23 (35.4)	18 (34.0)	28 (47.5)	0.48
Office Work	6 (9.2)	5 (9.4)	4 (6.8)	
Physical work	26 (40.0)	16 (30.2)	16 (27.1)	
Daily Life	10 (15.4)	14 (26.4)	11 (18.6)	
発生場所 (%)				
Outdoors	49 (75.4)	29 (54.7)	38 (64.4)	0.12
Indoors	16 (24.6)	23 (43.4)	21 (35.6)	
Other	0 (0.0)	1 (1.9)	0 (0.0)	
マスク着用 (%)	21 (32.3)	13 (24.5)	40 (67.8)	<0.001
既往歴				
脳障害 (%)	5 (7.7)	4 (7.5)	3 (5.1)	0.82
心血管系 (%)	15 (23.1)	10 (18.9)	9 (15.3)	0.54
呼吸器系 (%)	2 (3.1)	3 (5.7)	3 (5.1)	0.77
腎臓 (%)	4 (6.2)	2 (3.8)	3 (5.1)	0.84
透析 (%)	0 (0.0)	2 (3.8)	0 (0.0)	0.09
糖尿病 (%)	11 (16.9)	4 (7.5)	3 (5.1)	0.07
肝障害 (%)	1 (1.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0.82
免疫不全 (%)	2 (3.1)	0 (0.0)	1 (1.7)	0.44
コロナ感染 (%)	3 (4.6)	2 (3.8)	4 (6.8)	0.75
以前の熱中症 (%)	6 (9.2)	4 (7.5)	4 (6.8)	0.87
呼吸数 [IQR]	24.0 [20.0-30.0]	24.0 [16.0-35.0]	25.0[20.0-60.0]	0.38

収縮期血圧 [IQR]	114.0 [99.0-130.0]	110.00 [90.00, 130.0]	110.00 [100.00, 124.5]	0.79
体温 [IQR]	38.0 [37.00, 39.00]	37.5 [36.8-38.5]	37.0[36.5-38.0]	0.00
脈拍数 [IQR]	100.0[80.0-120.0]	90.0 [76.0-120.0]	90.0[80.0-108.5]	0.35
J-ERATO score (%)				
0	5 (7.7)	9 (17.0)	13 (22.0)	0.72
1	16 (24.6)	11 (20.8)	11 (18.6)	
2	10 (15.4)	10 (18.9)	9 (15.3)	
3	12 (18.5)	9 (17.0)	12 (20.3)	
4	11 (16.9)	8 (15.1)	9 (15.3)	
5	8 (12.3)	5 (9.4)	5 (8.5)	
6	3 (4.6)	1 (1.9)	0 (0.0)	

熱中症診療アプリ作成と評価に関する研究

研究分担者 林田 敬 慶應義塾大学大学院医学研究科 非常勤講師

研究要旨：

熱中症診療アプリに搭載する J-ERATO スコアは、熱中症患者の救急医療現場での臨床的悪化リスクを予測する有効な評価ツールである。このスコアは日本で実施された長期にわたる複数の観察研究から得られたデータに基づいており、患者の入院必要性、集中治療室 (ICU) への入室率、及び病院内死亡率と強く関連している。さらに、スコアが高い患者ほど DIC (播種性血管内凝固) や重篤な臓器機能障害の発生リスクが高いことが示されている。これにより、J-ERATO スコアが熱中症管理の初期評価における重要な指標としての役割を果たすことが期待される。

A. 研究目的

熱中症診療アプリに搭載する J-ERATO スコアが熱中症患者の臨床結果を予測する有効性を検証し、熱中症管理の改善に貢献することを目的とする。

B. 研究方法

本研究は、2019年から2021年にかけて実施された日本全国の142の救急病院を含む多施設からなる前向き観察研究と、それに先行する2010年と2012年に収集された日本のデータベースを使用した。両研究とも、救急現場での J-ERATO スコアを用いて熱中症患者のリスク評価を行ったが、最初の研究では、スコアの開発と初期の検証に重点を置き、二番目の研究ではスコアの臨床的有効性をさらに広範囲にわたって評価した。

(倫理面への配慮)

本研究は倫理審査委員会の承認を受け、患者の匿名性を考慮し同意は免除された。この研究は、臨床研究の倫理基準およびヘルシンキ宣言に従って行われた。

C. 研究結果

2010年と2012年のデータに基づく初期の研究では、J-ERATO スコアが ICU 入室率と病院内死亡率と強く関連していることが示された。続く2019年から2021年のデータを用いた研究では、1337名の患者データを分析し、スコアが高い患者では DIC の発生率が顕著に高く、特にスコアが5点以上の患者で DIC 発生率は35.8%であった。また、J-ERATO スコアと多臓器不全の重症度を示す SOFA スコアとの間に正の相関関係が見られ、スコア5点以上の患者での平均 SOFA スコアは5点であった。

D. 考察

J-ERATO スコアが示す熱中症の臨床的悪化予測能力に関する二つの研究から、救急医療現場で

の迅速かつ効果的なリスク評価ツールとしての役割が確立された。初期の研究ではスコアの有効性を基礎づけ、後続研究ではスコアによる臨床経過の予測精度が向上した。これは、救急医療の現場で患者の重症度を迅速に判断し、特に高リスク患者に対する優先的な治療戦略を展開するための基盤を提供する。特に後者の研究では、スコアが高い患者群において DIC や重篤な多臓器不全が顕著に高まるとの結果が示された。この知見は、救急隊員や医師が重症患者に対してより迅速かつ集中的な介入を行うための明確な指標を提供する。熱中症患者の治療においては、早期の冷却が極めて重要であり、J-ERATO スコアが高い患者に対する積極的な治療介入は、致命的な結果を回避するために不可欠である。さらに、このスコアの国際的な適用可能性と普及に向けた研究が望まれる。異なる気候、医療環境、人口統計的特徴を持つ地域での J-ERATO スコアの有効性を検証することで、より広範な医療設定での利用が進むことが期待される。また、J-ERATO スコアを基にした早期介入が熱中症の死亡率や重篤な合併症発生率にどのように影響を与えるかの長期的な追跡研究も重要である。これらの研究結果を踏まえ、今後は J-ERATO スコアを用いた治療ガイドラインの策定や、教育プログラムの開発が望まれる。これにより、熱中症の早期発見と迅速な対応が一層効果的になり、患者の予後改善につながる可能性が高まる。

E. 結論

J-ERATO スコアは、熱中症患者の救急医療現場での重症度と死亡リスクを迅速かつ正確に予測するための重要なツールであると考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表

A prehospital risk assessment tool predicts

clinical outcomes in hospitalized patients with heat-related illness: a Japanese nationwide prospective observational study. Scientific Reports. 2023 Jan 21;13(1):1189.

- 2. 学会発表
該当なし

- G. 知的所有権の取得状況
該当なし

WBGT 水平分布の推定と提供に関する研究

研究分担者 登内 道彦 一般財団法人気象業務支援センター 国際事業部部長

研究要旨：

日本における熱中症搬送者は WBGT と関連が深く、環境省「熱中症予防情報サイト」の約 840 か所の WBGT が良く利用されている。本研究は、同情報のベースとなる 5km メッシュの気象情報を、熱中症搬送者が急増した 2010 年以降について 5～10 月の期間整備し、疫学的な研究を行う際の参考として利用可能な情報を提供することを目的に、初年度に 2010～2022 年度メッシュ情報の整備を行い、2 年度目に、2023 年度データを追加した。また、2021 年から熱中症警戒アラートが開始され、さらに 2024 年度からは熱中症特別警戒アラートが実施されることから、県別のアラート基準、熱中症特別警戒アラートの対象となるイベントを予備的に解析した。

1. はじめに

環境省では「熱中症予防情報サイト」（2006 年～）において 11 都市の WBGT 実況値、約 830 地点の実況推定値や 3 日間の WBGT 予報を提供している。

実況推定値は、気象庁の大気毎時解析および数値予報の初期値・予測値を第一推定値として、気象庁の地方气象台やアメダスの観測値を用いて変分法により、再解析を行い、気温、湿度（または混合比）、日射量、風速の水平分布を求めることをベースにしておき、この方法により WBGT の平面的な分布を推定することができる。

日本救急医学会の熱中症特別委員会では、各施設に搬送された患者の分析・統計を行っており、これらの基礎データで活用可能な WBGT の二次元分布を推定し、2022 年度の本研究で 2010～2022 年度の、2023 年度の本研究で 2023 年度の WBGT に関する 5km メッシュの情報を整備した。

これらのデータをクラウド上に整備し、研究等で参照されることの多い、アメダス地点の日最高 WBGT 値ファイルを作成した。

また、環境省と気象庁は、2021 年から都道府県のアメダス地点における WBGT 日最高予測値が 1 地点以上で 33℃を上回ると予想される日には、「熱中症警戒アラート」を

発表している。さらに環境省は 2024 年から、都道府県のアメダス地点における WBGT 予測値がすべての地点で 35℃を上回ると予想される日には、「熱中症特別警戒アラート」を発表することとしている。

「熱中症警戒アラートは、熱中症の危険性が極めて高くなると予測された際に、危険な暑さへの注意を呼びかけ、熱中症予防行動をとっていただくよう促すための情報」（環境省熱中症予防情報サイト）としているが、閾値となる WBGT 基準は現在は全国一律である。また、「熱中症特別警戒アラートは、過去に例のない危険な暑さであり、熱中症救急搬送者数の大量発生を招き、医療の提供に支障が生じるような、人の健康に係る重大な被害が生じるおそれがある場合に発表する」⁽¹⁾としており、「人の健康に係る重大な被害が生じるおそれ」の指標として、消防庁「熱中症搬送者」データと前述の 2010～2023 年 WBGT 値を用いて、「過去に例のない危険な暑さによる熱中症救急搬送者数の大量発生」の指標を予備的に分析した。

2. WBGT 水平分布の推定方法

WBGT⁽²⁾は、以下の式で定義される。

$$\text{WBGT } (^{\circ}\text{C}) = T_w \times 0.7 + T_g \times 0.2 + T_a \times 0.1 \quad (\text{式 1})$$

ここで、 T_w ：湿球温度 ($^{\circ}\text{C}$)
 T_g ：黒球温度 ($^{\circ}\text{C}$)
 T_a ：乾球温度 ($^{\circ}\text{C}$)

T_w は、気温・湿度・気圧から求めることができ、 T_g は、気温・日射量⁽³⁾・風速から推定することができるので、WBGT の水平分布を求めるには、気温・風速・湿度・気圧・日射量の水平分布を求めれば良い。

気温・風速については、気象庁から「毎時大気解析」⁽⁴⁾ (気象庁数値予報データをアメダスなどの観測値を用いて再解析を行ったもの) が解像度 1km で提供されており、これを用いる。

湿度と日射量については、気象庁メソ数値予報モデル(MSM)⁽⁴⁾で、解析値、1 時間毎の予測値が提供されており (解像度 5km)、この値を一次推定値とし、毎時大気解析の作成方法と同様に、アメダスなどでの湿度・日照時間の観測値を用いて変分法により再解析を行うことで湿度の水平分布を求める (気象庁からはさらに解像度の細かい LFM が提供されているが、過去 10 年程度遡ることができるよう、長期間のデータがある MSM を第一推定値としている)。

気圧については、湿度の計算の際に必要となるが、1hPa 程度違っていても計算結果にはほとんど影響を与えないことから、解析値または予測値をそのまま用いる。

3. 湿度の推定

湿度水平分布の推定は、最適内挿法と呼ばれる客観解析手法で求める。解析値は推定値 (MSM の格子値を使う) を近くの観測値で修正して求められる。推定値 Z^P を、近くの観測点 i での観測値 Z_i^O とその点での推定値 Z_i^P との差 (予報誤差) で修正し、格子点上にある物理量 Z^A の解析値を求めるのが最適内挿法であり、これは N 個の観測点に対して (式 2) で求める。

$$Z^A = Z^P + \sum_{i=1}^N w_i (Z_i^O - Z_i^P) \quad (\text{式 2})$$

w_i は重みで、近傍の信頼できる観測値の場合には 1 に近い値をとり、信頼性の低い観測値ならば 0 に近い値をとる。上の添え

字の A は解析値 (Analysis) を、 P は推定値 (予報値 : Prediction)、 O は観測値 (Observation) を表す。下の添え字の i は観測点の番号を、下に添え字のないのは格子点上の値を示す。 ($\sum w_i = 1$ とは限らないので、重み付平均とは異なる)。

ここで、重み w_i は格子点での真の値を Z^T とすると、解析値と真の値との平均二乗誤差 I は (式 3) で表される。

$$I = \langle (\varepsilon^A)^2 \rangle = \langle (Z^A - Z^T)^2 \rangle \quad (\text{式 3})$$

この I を最小にするため、最小二乗法を用いて重み w_i を決定する。ここで $\langle \rangle$ はアンサンブル平均である。平均的誤差 (バイアス) はないと仮定すると、(式 4) に示す N 元連立一次方程式が得られる。

$$\sum_{j=1}^N (\sigma_{ij}^P + \sigma_{ij}^O) w_j = \sigma_i^P \quad (\text{式 4})$$

ここで、 σ_{ij}^P : 観測点 i と j での予報誤差の共分散

$$\sigma_{ij}^P = \langle e_i^P e_j^P \rangle \quad e^P = Z^P - Z^T$$

σ_{ij}^O : 観測点 i と j での観測誤差の共分散

$$\sigma_{ij}^O = \langle e_i^O e_j^O \rangle \quad e^O = Z^O - Z^T$$

σ_i^P : 観測点 i と格子点での予報誤差の共分散

ここで、点 i と点 j との間の相関係数 μ_{ij} は分散、共分散を使って $\mu_{ij} = \sigma_{ij} / \sqrt{\sigma_{ii} \sigma_{jj}}$ のように書き表せる。最終的には

σ_{ij}^P 、 σ_{ij}^O 、 σ_i^P などの共分散 (まとめて σ と書く) を求め、 σ がわかれば w_i が求まり、解析値を求めることができる。ここで Z^T は未知であるが、 σ を統計的に求めることができる。

予報誤差の相関を表現する σ_{ij}^P 、 σ_i^P などの量は、実際の観測点の組について求めた統計量を用い、2 点間の距離の関数でモデル化される。 σ_{ij}^O はデータ間の観測誤差の相関を表現する。一般に観測はお互いを参照することなく独立に行われるので、異なる観測データ間の観測誤差には相関がない。 σ により、観測点と格子点の距離、観測誤

差、観測点の不均質な分布等が重みの決定に関係してくる。即ち、格子点から遠い地点のデータの重み、信頼性の少ない観測データの重み、観測点がお互いに近い場合の重みはいずれも小さくなる。重み w_i が小さくなると i の観測による修正量は小さくなる。

観測点と格子点の距離は σ_i^p によって重みに反映される。例えばただ一つだけの観測 i があった場合、重みを求めるための方程式は(式5)となる。

$$(\sigma_i^p + \sigma_{ii}^o) w_i = \sigma_i^p \quad (式5)$$

格子点と遠くの地点 i の間では予報誤差の相関が小さいので σ_i^p が小さく重み w_i は小さい。格子点の周囲に観測データが全く無ければ、推定値がそのまま解析値になる。

4. 湿球温度の推定

湿球温度 T_w は、Iribarne J. V. and W. L. Godson (1981)⁽⁵⁾⁽⁶⁾による気温(T_a)、露点温度(T_d)、気圧(p)を用いた以下の方法により求める。

まず、 T_w の一次推定値 $T_{w(1)}$ を、(式6)により求める。

$$T_{w(1)} = (T_a \times f \times p + T_d \times s) / (f \times p + s) \quad (式6)$$

ここで、 $s = (e_s - e_d) / (T_a - T_d)$

$$e_s = \exp(C_0 - C_1 \times T_a - C_2 / T_a)$$

$$e_d = \exp(C_0 - C_1 \times T_d - C_2 / T_d)$$

$$C_0 = 26.66082, C_1 = 0.0091379024,$$

$$C_2 = 6106.396,$$

$$f = 0.0006355(K^{-1}) = C_p / (L \times \varepsilon), \varepsilon = 0.622$$

$$C_p = 1004 (JK^{-1}Kg^{-1}), L = 2.54 \times 10^6 (JKg^{-1})$$

次に、補正式により二次推定値 $T_{w(2)}$ を、(式7)により求める。

$$T_{w(2)} = T_{w(1)} - d_e / d_{er} \quad (式7)$$

ここで、

$$d_e = f \times p \times (T_a - T_{w(1)}) - (e_w - e_d)$$

$$d_{er} = e_w \times (C_1 - C_2 / T_{w(1)}) - f \times p$$

$$e_w = \exp(C_0 - C_1 \times T_{w(1)} - C_2 / T_{w(1)})$$

この補正を三次補正值まで繰り返すことで、 $0.1^\circ C$ 以内に T_w の推定値が収束するので、この収束した T_w を計算値として用いる。

なお、露点温度 $T_d(^\circ C)$ が求められていない場合については、乾球温度を $T_a(^\circ C)$ 、相対湿度を $H(\%)$ としたときの水蒸気圧 e の関係式、

$$H(\%) = e / e_s \times 100 \quad (式8)$$

$$\text{ここで、} e = 6.1078 \times 10^{((T_d \times A) / (T_d + B))}$$

$$e_s = 6.1078 \times 10^{((T_a \times A) / (T_a + B))}$$

$$A = 7.5, B = 237.3 \quad (\text{水})$$

$$A = 9.5, B = 265.5 \quad (\text{氷})$$

を T_d について解いた(式9)により求める。

$$T_d = (-C_2 - C_3) / C_4 \quad (式9)$$

ここで、 $C_1 = \log_{10}(H/100)$ 、

$$C_2 = (T_a \times A \times B) / (B + T_a)$$

$$C_3 = C_1 \times B, C_4 = C_1 - A \times B / (B + T_a)$$

5. 日射量・黒球温度の推定

日射量については、対象地点における晴天日の全天日射量 $S_0(W/m^2)$ としたとき、日照時間(分)から全天日射量 $S_1(W/m^2)$ を、以下の式で推定する(別調査による)。

$$S_1 = S_0 / c \quad (\text{sun}=0 \text{ のとき})$$

$$S_0 / \{1 + a \times \exp(-c \times \text{sun})\} \quad (\text{sun}=1 \sim 10 \text{ のとき}) \quad (式10)$$

係数、 a 、 b 、 c は地点によって異なるが、2009年の東京における値 $a = 1.3$ 、 $b = 0.19$ 、 $c = 4.0$ を用いる。

MSMでは日射量の解析値および予測値が提供されており、アメダス地点における日射量推定値(式10による)を用いて、湿度と同様に、最適内挿法により、日射量の推定値を求める。

次に、6観測点(東京・新潟・名古屋・大阪・広島・福岡)の2010年の観測データから求めた回帰式(式11)で、気温・日射量・風速から、黒球温度を推定する⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

$$T_g = T_a - 0.17 + 0.029 \times SR - 0.48 \times WS^{1/2} - 1.27 \times 10^{-5} \times SR^2 \quad (式11)$$

ここで、 T_g : 黒球温度($^\circ C$)、 T_a : 乾球温度($^\circ C$)、 SR : 全天日射量(W/m^2)、 WS : 風速(m/s)

6. システムの構築

図1は、2021年度の本研究で行った、消防庁発表の7~8月の熱中症搬送者総数(速報)と、6都市(東京・新潟・名古屋・大阪・広島・福岡)WBGT日最高値期間平均の関係であるが、2010年以降、熱中症搬送者は、7~8月の期間、毎年30,000人を超えており、それ2009年以前より、搬送者数が大きく増加している。



図-1 熱中症搬送者数と最高 WBGT 平均

また、前述の環境省「熱中症情報サイト」は、通常 5 月のゴールデンウィーク前から 10 月中旬まで運用されることから、熱中症による救急搬送者数が高い水準となった 2010 年以降について、5～10 月の 1 時間毎の気温・湿度・日射量・風速・気圧の水平分布値を算出した。

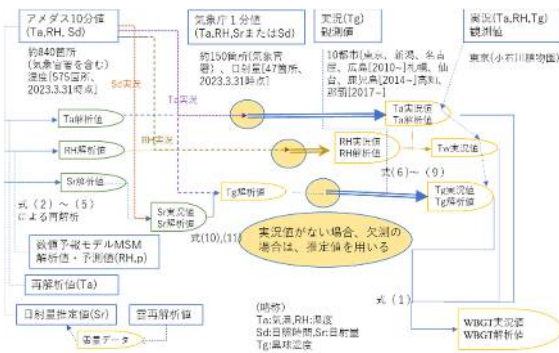


図 2 WBGT 水平分布図作成フロー

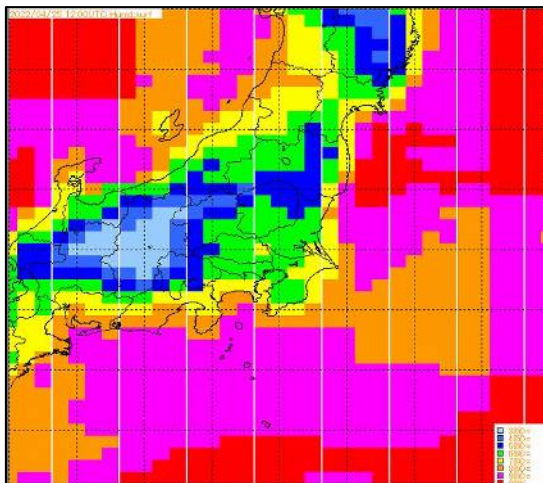


図 3 湿度再解析結果の例

水平分布の値は、観測地点から離れるとその精度が低下することから、約 840 地点

のアメダス観測点については、その観測値を用いて 1 時間ごとの WBGT を算出し、欠測等の場合は、水平分布値によりデータを補完した。2、3、4、5 項に記載の WBGT の算出方法をフローとして図 2 に、湿度の再解析の例を図 2 に示した。また、最も利用の多い、約 840 地点のアメダス地点における日最高 WBGT 値を、地点ごとの CSV ファイルとして整備した。なお、元となる気象庁データは、気象業務支援センター配信事業部より振興事業部が購入しているデータを用いた。

7. 搬送者増加の県別閾値

2021 年に開始された「熱中症警戒アラート」は、都道府県内のアメダス観測所における翌日の WBGT 予測値が 33℃を上回る

2018-22	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
北海道	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	
青森県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.9	1.1		
岩手県	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	1	1.2	1.2		
宮城県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	1.3	
秋田県	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.9	1.3	1.6	
山形県	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.6	1.1	1.5		
福島県	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.2	1.7	
茨城県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.5	0.8	1.2	2.1
栃木県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.2	1.7
群馬県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.9	1.5	2.3
埼玉県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.8	1.3	2.1
千葉県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.8	1.3	
東京都	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	1		
神奈川県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.7	1		
新潟県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	1	1.3	1.5
富山県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.8	1.2		
石川県	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.2	1.6		
福井県	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.2	1.3		
山梨県	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	0.9	1.5	
長野県	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.5	1	1.5		
岐阜県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2.2	
静岡県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.9	1.5	
愛知県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.9	1.3	1.8	
三重県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.7		
滋賀県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.7		
京都府	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.7	0.9	1.5	
大阪府	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	1.2	1.4		
兵庫県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1	1.7	
奈良県	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.6	0.8	1.2	1.6	
和歌山県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	1	1.2	1.3
鳥取県	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.8	1.4	1.7		
島根県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.6	0.9	1.4	1.8
岡山県	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.8	1.1	1.8	
広島県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.6	0.9	1.3	
山口県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.3	
徳島県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1	1.4	
香川県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.8	1.1	1.5	
愛媛県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.1	1.6	
高知県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.5	0.8	1.1	1.4
福岡県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	1.2	1.4
佐賀県	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	1.1	1.7	
長崎県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.9	1.2	
熊本県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.8	1.3	1.6
大分県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	1.4	
宮崎県	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.9	1.3	1.4
鹿児島県	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.3	0.7	1.1	1.6
沖縄県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6	0.7

図 4 WBGT 温度帯別平均搬送者数

日最高 WBGT の各都道府県最高値の温度帯別の 10 万人当たりの平均日別搬送者(6 例以上)、2018～2022 年 5～9 月の日別値による。

2018-22	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
北海道	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.8	1.1					
青森県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.9	1.1	
岩手県	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	1	1.2	1.2
宮城県	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	1.3
秋田県	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.9	1.3	1.6
山形県	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.6	1.1	1.5	
福島県	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.2	1.7

図5 WBGT 温度帯別平均搬送者数(札幌)

日最高 WBGT 都道府県最高値の温度帯別の 10 万人当たりの平均日搬送者数(4 事例以上)。2018～2022 年 5～9 月の日別値による。北海道については札幌の日最高 WBGT。

と予想されるときに発表されるが、熱中症搬送者と暑さの関係は、地域別に異なると考えられる。

本研究で、2018～2022 年の 5～10 月について、各地点の日最高 WBGT と、消防庁「熱中症搬送者情報」⁽¹⁰⁾の日別年齢別・重症度別・府県別搬送者数、2020 年度国勢調査結果(総務省)の年齢 3 区分・都道府県別人口⁽¹¹⁾を用いて、都道府県別に、日別・都道府県最高 WBGT (都道府県内の最高値)、日別の都道府県別・年齢区分別搬送者、および、令和 2 年の人口を用いて計算した、人口 10 万人当たりの搬送者数を都道府県別に求め、分析を行った。

各都道府県の日別都道府県最高 WBGT と 10 万人当たりの日別搬送者数について、WBGT1℃毎の平均値を求め、図4に示した。

熱中症警戒アラートの発表基準となっている WBGT33℃では、関東以西では、多くの都道府県で、人口 10 万人当たり搬送者数が「1.0 人」を超えている。

都道府県別にみると、北日本では WBGT ランクが低くても 10 万人当たりの搬送者数が「1.0 人」を超えている県が多く、「熱中症の危険性が極めて高くなる WBGT 値」は、地域によって異なっている。

熱中症は、体が高温にさらされて発症すし、WBGT 値のみで説明できる単純なものではないこと、高温時は、「関東平野」など、ある程度の広さを持った範囲で、危険な高温が出現することから、閾値の目安は、エリア(地方)単位で検討するのが妥当と考え、図4に、地勢的なエリアを考慮して、人口 10

万人あたり「1.0 人」を超える「熱中症警戒アラート」のおおまかな目安を「赤枠」で示した。

5 年間(2018～2022 年)の分析結果では、関東・東海・近畿・中国四国・九州は WBGT33℃、東北・北陸は WBGT32℃が目安と考えられる。沖縄については、人口 10 万人あたり「1.0 人」を超えるランクはない。

また、「鳥取県」は WBGT31℃で「1.0 人」を超えているが、WBGT 県別最高値は、県の面積が広く地点数の多い県では高くなる傾向があり、9 地点の「鳥取県」は 16 地点の「島根県」より低くなっている可能性もあり、さらに検討する必要がある。

なお、「北海道」は WBGT33℃の人口 10 万人当たりは「0.7 人」で、東北各県より閾値が高いように見えるが、「北海道」のアメダス地点数は全国最多の 163 地点で、「WBGT」を府県最高でなく、札幌の最高値を参照した図5では、WBGT28℃で人口 10 万人当たり「1.0 人」を超える。

8. 熱中症搬送者の大量発生

2021 年の本研究では、全国の搬送者数と 6 都市平均 WBGT の関係を分析すると、(i)WBGT31℃を超えるような厳しい暑さが 5 日程度続くと搬送者が急に増加し、(ii)暑い日が 7 月など夏の早い時期に現れると、さらに搬送者が増加することが示された。

「熱中症特別警戒アラート」は、「過去に例のない危険な暑さによる熱中症救急搬送者数の大量発生」が予想されるときに発表することを想定しており、「①過去に例のない搬送者数となった、2010 年、2018 年のピークを的確に抽出でき、それらよりも小さなピークは抽出されない条件」を検討する必要がある。また、一般的には暑さのピークが繰り返し現われても、「②2 回目、3 回目のピークでは、暑熱順化などにより、同じ WBGT でも搬送者は少なくなる傾向にある」ことが知られている⁽¹²⁾。

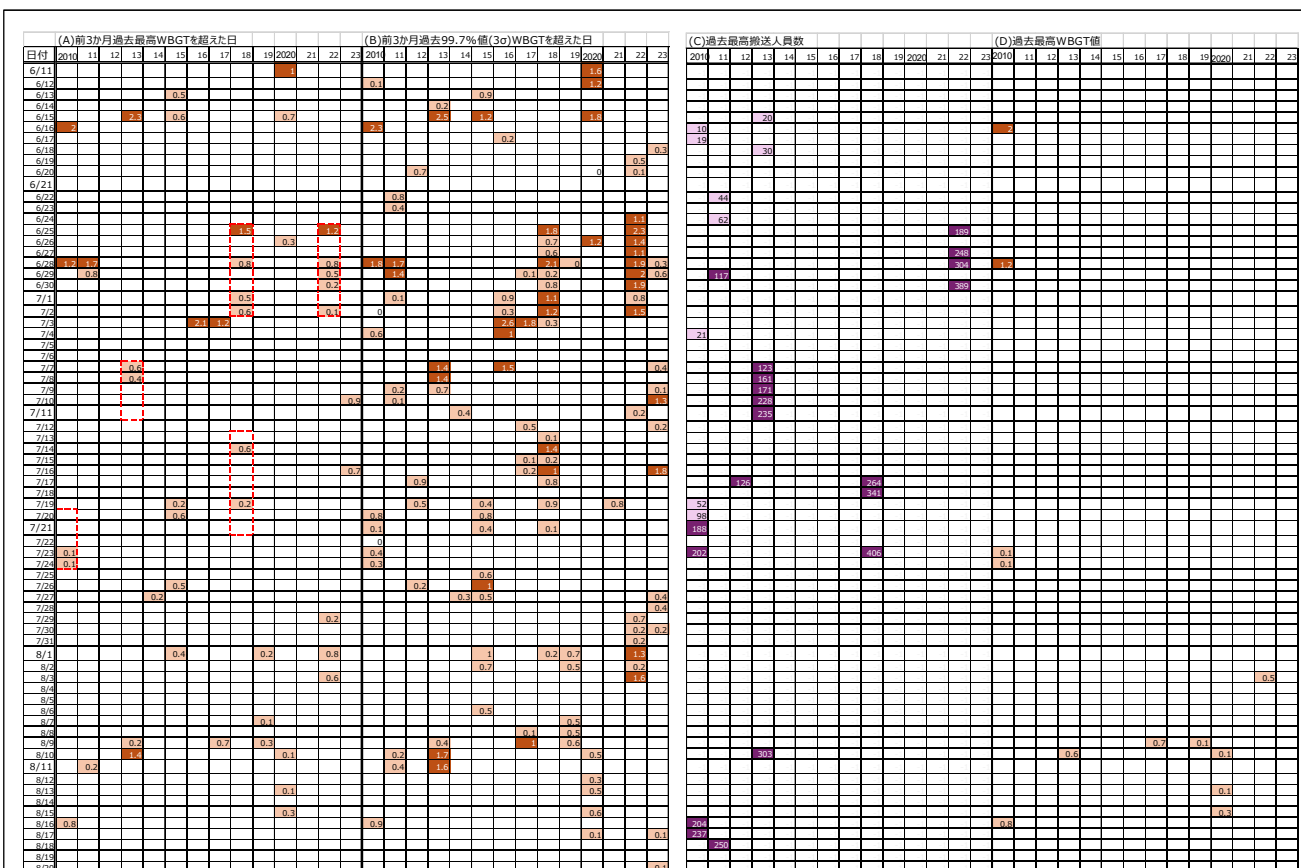


図6 過去に例のない暑さと搬送者数過去最大（東京）

左から、(A)前3か月期間最高値、(B)前3か月3σ値、(C)搬送者数最大、(D)過去最高値を超えた日

数字は、当日値と閾値の差（例：[1.0]：当日値が過去最高値を1.0上回ったことを示す）

本研究では①②を定量的に抽出する条件を検討するため、都道府県庁所在地または近傍のアメダス観測地点について、2項で計算した2010～2023年に加え、2006～2009年の実況値を推定・収集した。

過去に例のない暑さの条件としては、(D)2006年以降当日までの過去最高値、暑熱順化の影響を除外するため、(A)過去データのうち、分析を行う日の前日までの、前3か月期間最高値（例えば2015年8月1日の評価する場合、2006～2015年の5月1日から7月31日までの最高値と比較）、気温の分布関数は、標準分布に比較的近く、平均値を μ 、標準偏差を σ とした場合、 $\mu + 3\sigma$ を超える確率は全体の約0.3%となることから。 $\mu + 3\sigma$ を極端な高温と考え、(B)過去データのうち、分析を行う日の前日までの、前3か月間 $\mu + 3\sigma$ （前3か月間3σ値）、(C)分析を行う日の前日までの、前3か月間の

搬送者の過去最高値を求め、2010～2023年の6～8月について、(A)(B)(C)(D)の条件と同じまたは上回る日を図6に示した。

右から2列目(C)が、分析日前日までの過去3か月間の搬送者最大を上回った日（紫色）で、「熱中症搬送者数の大量発生」を、1週間以内の間に過去最高を更新した日が3日以上あった期間とすると、「(1)2010年7月19～23日」「(2)2013年7月7～11日」「(3)2018年7月17～23日」「(4)2022年6月25～30日」が抽出された。

一番右端の(D)過去最高 WBGT では、搬送者の急増を捉えることが出来ていない。一番左の(A)過去3か月期間最高値で、「過去に例のない危険な暑さ」を、1週間以内に過去最高を更新した日数が3日以上とすると、「2018年6月25日～7月2日」「2022年6月25日～7月2日」が抽出され、搬送者が過去最高となった期間(4)に合致するが、



図 7 過去に例のない暑さと搬送者数過去最大（札幌）

左から、(A)前3か月期間最高値、(B)前3か月3 σ 値、(C)搬送者数最大、(D)過去最高値を超えた日
数字は、当日値と閾値の差（例：[1.0]：当日値が過去最高値を1.0上回ったことを示す）

期間(3)は、関東甲信地方の梅雨明け6月29日（*のちに気象庁は7月23日に修正）後の高温を抽出するが、ほぼ全国的に梅雨明けとなり、東京でも搬送者が増加した、(3)のピークとは合致しない。また、(1)(2)は抽出できない。

(B)WBGTの条件を前3か月期間3 σ 値とし、「過去に例のない危険な暑さ」を、期間に含まれる日数5日以上とすると（左から2列目）、「2010年7月20~24日」「2015年7月19~27日」「2018年6月25~7月3日」「2018年7月14~21日」「2020年6月9~15日」「2020年8月10~17日」「2022年6月24日~7月2日」「2022年7月29日~8月3日」「2023年7月7~16日」が抽出され、搬

送者の(1)(3)(4)のピークは抽出されるが(2)は抽出されない。

(B)の前3か月3 σ 値5日以上条件では、最高値のみでは抽出できなかった(3)の期間も含め、(1)(3)(4)の期間を抽出できるが、搬送者数が過去最高に達しない期間も含まれてしまう。

WBGT実況値は2006年以降、熱中症搬送者データは2008年以降（2008~2009年は7~9月）であることを考慮し、10年のデータが揃っていない2015年以前を除くと、前3か月期間最高値あるいは前3か月3 σ 値を上回る高温が継続する期間は、「過去に例のない危険な暑さによる熱中症救急搬送者数の大量発生」の目安になる可能性がある。

9. 2023 年夏の暑さと熱中症搬送者

2023 年夏(6~8 月)の平均気温は、1898 年以降で夏として最も高く、特に北日本では平年(1991~2020 年平均)を 3.0℃上回る記録的な暑さとなった。7 月下旬の梅雨明けから、厳しい暑さが、ほぼ休みなく続いたのが特徴で、2018 年や 2020 年のように、全国の日最高気温の高い記録が更新されることはなかったが、東京の猛暑日は 22 日(16 日:2022 年)、熱帯夜は 57 日(56 日:2010 年)、金沢の猛暑日は 20 日(11 日:2022 年)、熱帯夜は 52 日(44 日:2010 年)(括弧内はこれまでの最高)であった。

消防庁による熱中症による救急搬送者状況では、搬送者数は 91,467 人で、2018 年の 95,137 人に続き第 2 位となった。また、2017~2023 年の県別搬送者数を比較すると、北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、新潟県、富山県、石川県、福井県、鳥取県、佐賀県で、これまで最も多かった 2018 年を上回り最多となった。

2014 年以降 WBGT 実測観測が行われている札幌では、これまでの最高 WBGT31.2℃(2021/8/6)を、8 月下旬になって、4 日続けて上回り、8 月 23 日はこれまでの最高値を 2.1℃更新する 33.3℃となり、北海道では過去に例のない暑さだった。

前項に示した解析を、札幌の WBGT および北海道の搬送者について実施し図 7 に示した。前 3 か月 3σ 値の連続期間で抽出された期間は、2018 年以降の搬送者数の最大値が記録された期間をほぼカバーするが、暑さの期間の継続が東京より短いため、3 か月最高値が 3 日以上継続する期間はなかった。

図 8 に、北海道・秋田県の 2023 年の毎日の搬送者数、高齢者の搬送者数、搬送者に占める高齢化率を示した。

北海道では、8 月下旬の暑さのピークで搬送者最高値が記録され、日を経るにしたがって高齢者率が高くなった(東京等で梅雨時の急な暑さで見られる変化に類似)。また、秋田県でも 8 月後半の同期間に搬送者のピークを記録しており、例年それほど暑さが厳しくない地域では、夏の後半でも過去に例のない暑さにより、搬送者が大量になると考えられる(高齢者率の逐次増加は、8 月



図 8 熱中症搬送者と高齢化率

初旬のピークでは高齢者率の逐次増加が見られたが、下旬は高齢化率は期間を通じて高かった)。

10. 参考文献

- (1) 環境省: 熱中症特別警戒情報等の運用に関する指針, https://www.wbgt.env.go.jp/pdf/doc_shsa/20240227_doc01.pdf (2024.3.28 閲覧)
- (2) Yaglou, C.P. and Minard, C.D.: Control of casualties at military training centers, AM. Med. Ass. Archs. Ind. Health 16, 302-306, 1957.
- (3) 近藤 純正: 水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支—, 1994
- (4) 気象庁: 配信資料に関する技術情報第 196,205,247 号
- (5) Huschke R. E, 1959: Glossary of Meteorology. American Meteorological Society, 638 pp.
- (6) (5) Iribarne, J. V., and W. L. Godson, 1981: Atmospheric Thermodynamics. 3rd ed. D. Reidel, 259 pp.
- (7) 新エネルギー・産業技術総合開発機構・日本気象協会: 太陽光発電利用システム・周辺技術の研究開発(1996)
- (8) 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：日本生気象学会雑誌
50(4),147-157, 2014
- (9) Michihiko T., Masaji O. and Kouji M.:
Heat Stroke Information in Japan, 12th.
International Congress of Biometeorology,
2014,<https://ams.confex.com/ams/ICB2014/webprogram/Paper252939.html>
(2023.3.11 閲覧)
- (10) 消防庁：令和2年国勢調査令和2年国
勢調査調査の結果,
<https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post4.html> (2023.3.28 閲覧)
- (11) 総務省：熱中症のデータ一
覧,<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/kekka.html> (2024.3.28 閲覧)
- (12) 環境省：熱中症環境保健マニュアル
2022,
https://www.wbgt.env.go.jp/pdf/manual/heatliness_manual_full.pdf (2024.3.28 閲覧)

F. 研究発表

1. 論文発表

論文発表なし

2. 学会発表

- ・登内道彦：高湿化する夏と2022年の熱中症搬送者, 日本生気象学会大会(2022年11月12日), 日本生気象学会雑誌59(2), s38, 2022
- ・登内道彦：2023年の夏と熱中症搬送者数, 日本生気象学会大会(2023年11月19日), 日本生気象学会雑誌60(2), s54, 2023

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

特許取得なし

2. 実用新案登録

実用新案登録なし

3. その他

そのほかの知的所有権取得なし

熱中症診療アプリ作成と評価に関する研究

研究分担者 伊香賀 俊治 慶應義塾大学理工学部 教授

研究要旨：

【背景】学校施設及び住居における熱中症リスクの実態把握が不十分である。

【目的】学校施設及び住居において環境・バイタルデータを収集し、熱中症予防策の知見を得る。

【方法】公立小学校の冷房導入前後の室内環境測定と児童・教職員への質問紙調査結果を分析した。住居内の高齢者の舌下温、体内水分率、発汗量、居間・寝室の温湿度を測定した。

【結果】学校施設の室内環境と暑さで体調不良を訴える児童の関連を示した。高齢者の舌下温、体内水分率、一晩の体重減少率を明らかにした。

【考察】暑さで体調不良を訴える児童の減少は学校施設設計と冷房導入の効果によるものと考えられる。住宅の構造種別・住居位置、エアコン使用状況による熱中症救急搬送リスクを示した。

【結語】学校施設及び住居における熱中症予防策についての知見が得られた。

A. 研究目的

小中高等学校等における熱中症救急搬送者数毎年5,000件程度あるが、新型コロナウイルス感染症対策のため、冷房中も窓開け換気が併用されるため、十分な冷房効果が期待できない中で、マスク着用での授業が行われている。一方、熱中症救急搬送者の40%を占める住居における熱中症リスクの実態把握が不十分である。学校施設、住居における熱中症診療アプリの基礎資料とする。

B. 研究方法

令和4年度は、愛媛県内の公立小学校4校の児童424人・教職員34人)を対象として、冷房導入前調査と、新型コロナウイルス禍の2020年の冷房導入後調査を分析対象とした。調査項目は、教室の温湿度・CO₂濃度測定、質問紙調査、身体活動量測定である。令和5年度は東京都多摩ニュータウン在住の50～90歳の男女48名(37世帯)を募集し、深部体温より0.5℃程低い舌下温を婦人用電子体温計で測定した。また、体組成計により体内水分量を測定した。発汗量を反映するとされる。測定は就寝前と起床後の1日2機会とし、2週間実施した。測定値は日誌に記入を行い、同時に対象者宅の居間・寝室の床上約1.0mの高さの室内温湿度を10分または30分間隔で連続測定した。調査は、慶應義塾大学理工学部・理工学研究科の生命倫理委員会の承認を得たプロトコルで実施した。

C. 研究結果

(1)学校施設について、冷房導入前の2019年に比べて冷房導入後の2020年における夏季測定期間中の平均外気温が2.6℃低いという気象条件の違いはあったものの、冷房導入前には、4校ともに普

通教室の平均室温が28～30℃と学校環境衛生基準(28℃以下)を超えていたが、冷房導入後には、平均室温が25℃と4校平均で3.2℃改善された。これに伴い、マスク着用下においても暑いと深刻する児童は、59%から6%に有意に減少($p<0.001$)し、授業に集中できない児童は、63%から36%に減少傾向($p=0.075$)であった。

(2)住居の就寝中平均SET*は、木造戸建住宅よりも1.9℃有意に高かった。鉄筋コンクリート造の集合住宅は構造体の熱容量が大きいことで就寝中も蒸し暑い状態が続くことを示している。最上階は就寝中平均SET*が中間階よりも2.6℃、最下階よりも3.8℃有意に高く、日中に屋根面に蓄積された日射熱の影響が最上階で最も強かったことが考察される。起床時舌下温の期間中平均値は、36.2～36.9℃であった。また、期間中最低舌下温は、35.8～36.5℃、期間中最高舌下温は、36.6～37.2℃であった。体内水分率は、54～40%で、ほとんど調査対象者で50%を下回っていた。また、一晩の体重減少率は、多い人で3.4%、少ない人で0.3%であった。

D. 考察

学校施設における暑さで体調不良を訴える児童の減少は、学校施設の断熱・日射遮蔽改修と普通教室への冷房導入の効果によるものと考えられる。

住宅の構造種別・住居位置、エアコン使用状況による舌下温、体内水分率、発汗量との関連、熱中症救急搬送リスクとの関連を示した。

E. 結論

マスク着用で授業が行われている学校施設では、断熱・日射遮蔽改修と普通教室への冷房導入による熱中症予防に有効であることが示唆された。高齢

者宅の夏季室内温湿度、体温、体内水分率調査結果に基づき、住まいと住まい方側からの熱中症診療アプリの基礎資料とした。

F. 健康危険情報

(分担研究報告書には記入せずに、総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1. 論文発表 なし
2. 学会発表 なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

年齢別暑熱順化と内陸湖沼が暑熱環境に及ぼす影響に関する研究

研究分担者 上野 哲 東洋大学 食環境科学部健康栄養学科 教授

研究要旨:令和4年は(1)熱中症救急搬送データを用いて年齢別の暑熱順化に関する疫学研究、令和5年は(2)内陸湖沼が周辺の暑熱環境に及ぼす影響を調査した。(1)、(2)別々に以下に示す。
(1)令和4年:熱中症救急搬送者数を用い、都道府県別日別に10万人当たり1人の割合で救急搬送される日最高WBGT(W10)を求めた。少年(7-17才)では、29.9℃(7月)、31.4℃(8月)、32.0℃(9月)、成人(18-64才)では、31.6℃(7月)、32.3℃(8月)、33.4℃(9月)、高齢者(65歳以上)では、29.1℃(7月)、29.6℃(8月)、31.1℃(9月)であった。いずれの年齢でもW10は月ごとに上昇しており、暑熱順化が高まったと考えられる。増加幅は年齢階層で差がなかったが、増加した月が少年では7～8月が大きく成人、高齢者では8～9月が大きかった。
(2)令和5年:2023年7月下旬から8月上旬にかけて、渡良瀬遊水地3か所と遊水地から3km程離れた大学キャンパス内2か所でWBGT、気温、黒球温度、湿度を日向、日陰で各々測定し、最寄りの気象観測地点(古河)のデータと比較した。遊水地の水温は国土交通省のデータを参照した。最も気温が高い14時の遊水地周辺のWBGTは古河のWBGTよりも1.3～2.4程有意に高かった。最も気温が低い午前4時には、遊水地中央のWBGTが周辺よりも1ほど高く、遊水地の高い水温の影響によるものと考えられる。夏期には内陸の湖沼では暑熱ストレスが高くなり熱中症のリスクも高くなることが予想される。

(1) 令和4年度

A. 研究目的

夏季における暑熱順化の程度及び時期を予測し、熱中症の対策への参考資料とすること。

B. 研究方法

総務省消防庁が公表している都道府県別日別熱中症救急搬送者数と環境省が発表している地域別時間別WBGT予測値を用いて分析した。熱中症による救急搬送者数は年齢が5段階(新生児(生後28日未満)、乳幼児(生後28日以上満7才未満)、少年(7-17才)、成人(18-64才)、高齢者(65才以上))で示されているが新生児、乳幼児の報告数は少ないため、少年、成人、高齢者の3段階と全年齢について分析した。2015年から2021年の7年間の7～9月までの3ヶ月データを分析に用いた。暑熱環境のデータとして、都道府県別に毎日の日最高WBGTを用いた。各都府県内のWBGT観測点の中から3つの測定点を周辺人口の多い順に3つ選んで、人口による加重平均で都道府県の日最高WBGTを求めた。北海道は、面積が広いWBGT観測点を6つ選んで人口で加重平均した。人口は、2020年の国勢調査の各都道府県の人口を用いた。

各都道府県別の熱中症救急搬送者数と日最高WBGTをリンクして、WBGT1℃毎の10万人当たりの日別熱中症救急搬送者数を年齢階層ごとに求めた。熱中症救急搬送者数の対数をとると、日最高WBGTに対してほぼ直線的に増加した。そこでの回帰直線の式から、1日につき人口10万人当たり1人熱中症で救急搬送される時の日最高WBGT(W10と定義)を都道府県別、月別、年齢階級別に求めた。ここで用いた分析方法は、Uenoら¹⁾に詳しく記している。

(倫理面への配慮)

本研究は、一般に公開されたデータを用いて分

析しているため研究倫理への配慮は必要ない。

C. 研究結果

神奈川県の結果を図1に示す。7月、8月、9月の各月で、各年齢階級いずれをとっても日最高WBGTに対して熱中症救急搬送者数の対数はほぼ直線的に増加していた。65歳以上の高齢者では同じ日最高WBGTに対しての熱中症救急搬送者数が最も多く、次が7-17才の少年で、18-64才の成人が最も少なかった。9月の熱中症救急搬送者数は、7月や8月と比較して少なくなっていた。図1で、熱中症救急搬送者は日最高WBGTに対してほぼ直線上にプロットされていることから、回帰直線と $y=0$ との交点(W10)を気象条件と熱中症救急搬送者数の関係を表すための指標として求めた。各47都道府県で、年齢に関しては少年、成人、高齢者の3つの年齢階層と全年齢層平均の4種類、季節に関しては7～9月の3種類の合計12個($4 \times 3 = 12$)のW10を計算した。

図2に46都府県(北海道はW10が22～26℃程度と低いため図から除外)のデータをプロットした。左の列は、7月と8月の年齢階層ごとのW10の比較、右の列は8月と9月のW10の比較を示す。右の列の少年の7月と8月の比較以外は、ほとんどの県で $x=y$ の直線よりも上にプロットされ、7月より8月、8月より9月の方がW10の値が高いことを示した。47都道府県のW10平均値を求めるのに、県によって人口が大きく異なるため人口で加重平均した。W10の都道府県平均値は全年齢では、30.5℃(7月)、31.3℃(8月)、32.5℃(9月)であった。少年(7-17才)では、29.9℃(7月)、31.4℃(8月)、32.0℃(9月)、成人(18-64才)では、31.6℃(7月)、32.3℃(8月)、33.4℃(9月)、高齢者(65歳以上)では、29.1℃(7月)、29.6℃(8月)、31.1℃(9月)であった。

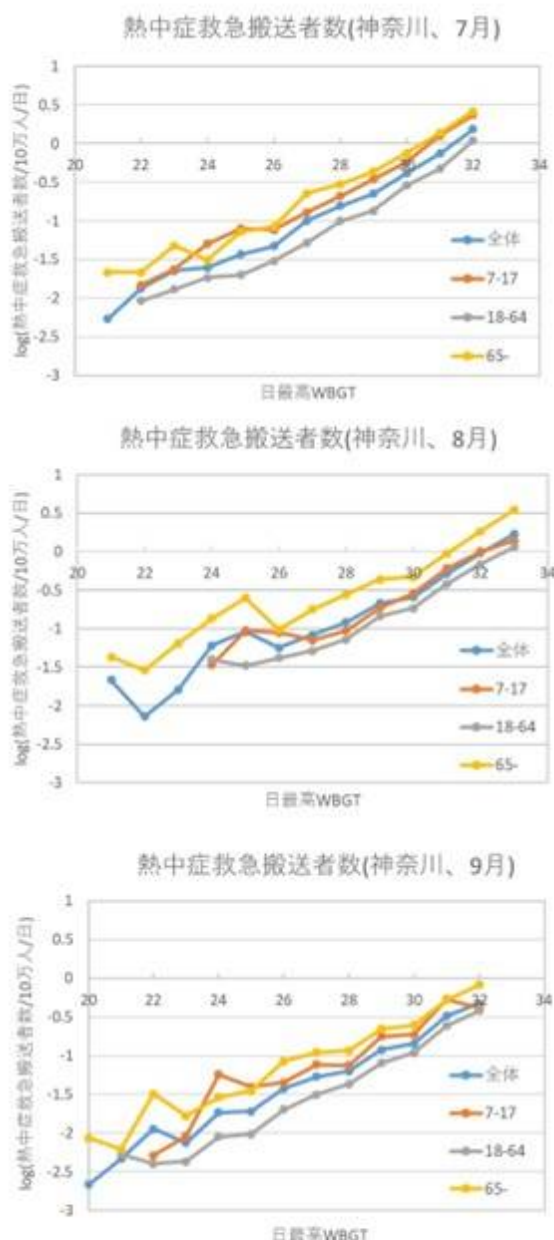


図1. 熱中症救急搬送者数(神奈川県、7、8、9月(7-17、18-64、65才以上、全年齢平均))

D. 考察

W10は1日に10万人当たり1人の割合で熱中症により救急搬送される時の日最高WBGTを表すためW10が低いほど熱中症になりやすく、高いほどなりにくい。8月で比較すると、少年で31.4℃、成人で32.3℃、高齢者で29.6℃となり、高齢者で最も低く熱中症になりやすく、次が少年で成人では最も熱中症になりにくいことを示した。

季節に関しては、少年、成人、高齢者いずれの年齢層も7月が最もW10の値が低く、9月が最も高くなり暑熱順化が夏の間進んでいることを示した。全年齢の平均では、7月から9月にかけて2.0℃の上

昇していた。少年で2.1℃、成人で1.8℃、高齢者で2.0℃の上昇となり年齢階級により大きな差はなかった。しかし、W10の上昇のタイミングに年齢による差があった。少年では、7月～8月の上昇が大きく1.5℃となっていた。それに対して成人や高齢者では7月～8月の上昇はそれぞれ0.7℃、0.5℃と小さく、8月～9月の上昇の方が大きかった。少年の方は、スポーツ等で屋外に出て暑熱ばく露を受ける機会が多いのに加えて体の順応も早いと考えられる。それに対して成人や高齢者は、屋外での暑熱ばく露の機会は少年より少なく、暑熱への体の順応も遅くなると思われる。早い段階から体の暑熱順化を少しずつ行い暑さへの抵抗力をつけておくことが必要である。

本研究で用いたデータは2015年から2021年までの7年間のデータであるため、7年間の平均的な暑熱順化の結果が示されたと考えられる。暑くなる時期は年毎に異なるため、異なる暑熱順化を示す事が予想される。今後、更なる検討が必要である。

E. 結論

熱中症救急搬送者数のデータを用いて、暑熱順化の程度及び時期について年齢階層ごとに分析を行った。7月から9月にかけて少年、成人、高齢者のそれぞれの年齢階級で暑熱順化が進み、1日に10万人当たり1人の割合で熱中症により救急搬送される時の日最高WBGTは全国平均で2.1℃(少年)、1.8℃(成人)、2.0℃(高齢者)増加した。増加する時期は年齢階級で異なり、少年では7～8月に1.5℃だったのに対し成人、高齢者では0.7℃、0.5℃となった。暑熱順化は少年では夏の早い時期に進み、成人や高齢者では時間をかけて進むことが示された。

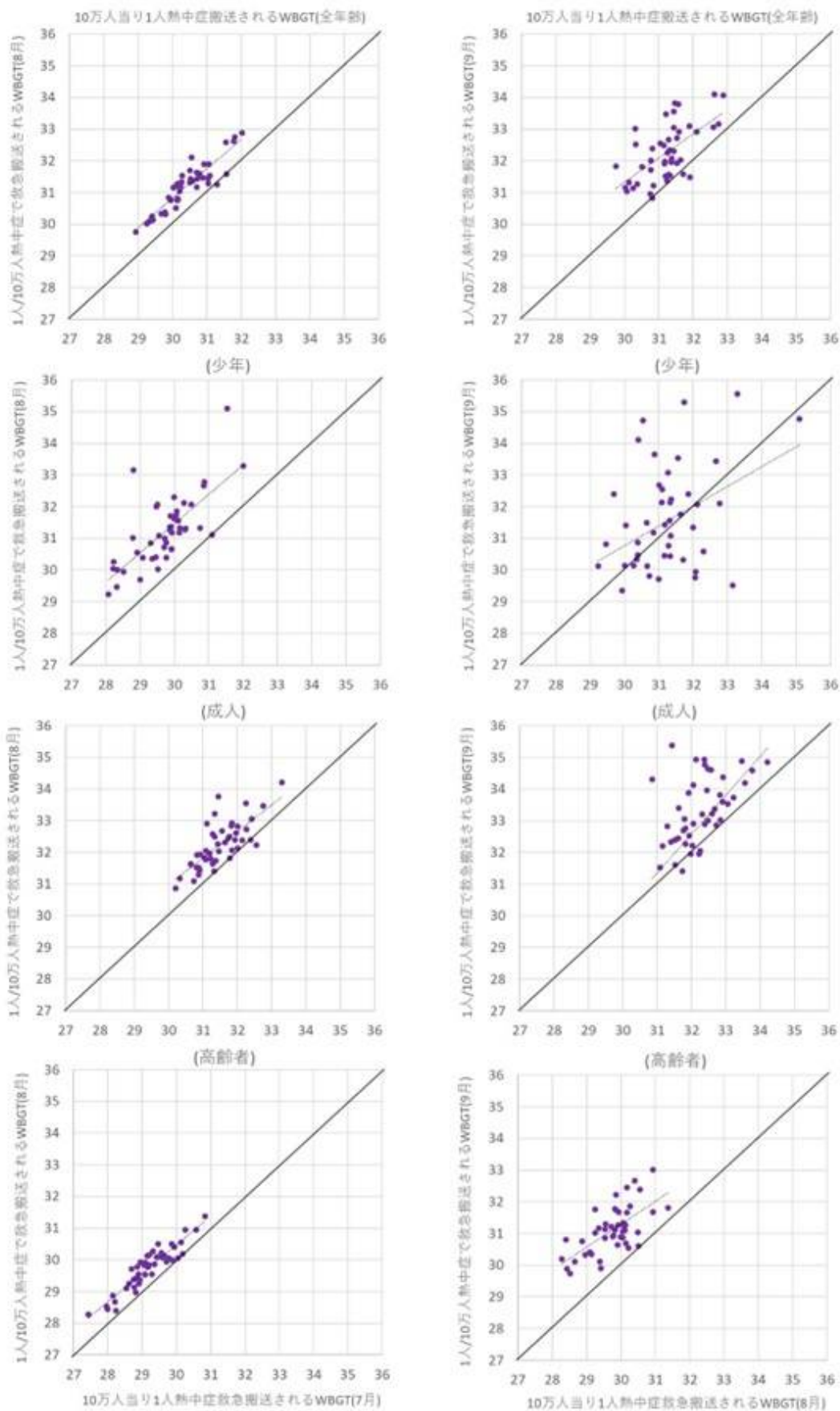


図2. 人口10万人当り1人の割合で熱中症救急搬送される時のWBGT比較
7月対8月(左列), 8月対9月(右列)、各プロットは46都府県のデータ

(2) 令和5年度

A. 研究目的

内陸湖沼の周辺の暑熱環境に及ぼす影響を調査すること。

B. 研究方法

広大な湿地である渡良瀬遊水地で気象観測を行った。渡良瀬遊水地は南北に約9キロメートル、東西に約6キロメートル、周囲の長さは約30キロメートル、堤防や台地に囲まれ、総面積は約3,300ヘクタールに及ぶ。中心を渡良瀬川が流れ、南の利根川にそそいでいる。ラムサール条約で国際的に重要な湿地に指定されている。遊水地の中心部分(A点)、遊水地周辺(B点)は国土交通省、遊水地の公園部分(C点)は栃木市の許可を得て2023年7月7日から2023年8月6日まで環境のWBGTを計測した。渡良瀬遊水地から3km程の大学キャンパス内の芝生上(D点)、駐車場(E点)でも計測を行った(図3)。各地点では、日向と日陰の2カ所でWBGT計(WBGT301(京都電子))を三脚に固定し地上1.5mの高さで1分間隔で計測した。そして、最寄りの気象庁気象観測点の古河市の観測データと比較した。渡良瀬遊水地の水温は、国土交通省が計測したデータを用いた。



図3. 観測地点と気象台観測点

2. 統計処理

各地点の計測データ間の有意差は対応のあるt検定(Microsoft Excel)を用い $p < 0.05$ を統計学的有意とした。

(倫理面への配慮)

本研究は、国土交通省と栃木市の許可を得て環境計測を行った結果得られたデータと一般に公開してあるデータを用いて分析しているため研究倫理への配慮は必要ない。

C. 研究結果

1. 各観測点における日向のWBGTと古河の比較

最も暑い期間である2023年7月21日～8月6日までの1時間ごとの日向のWBGT平均値を図4に示す。13時から15時にかけて最もWBGT値は高く、14時の時点の平均WBGTは遊水地中心で31.9、周辺部で31.6、公園で33.2、キャンパス芝生上で32.0、駐車場で32.6を記録した。いずれも最寄りの古河の気象観測値30.5を有意に上回っていた。一日のうちで日の出前の4時頃が最もWBGTが低く、遊水

地中心と駐車場で有意に古河の観測点より高く、公園及びキャンパス内芝生では有意に低かった。

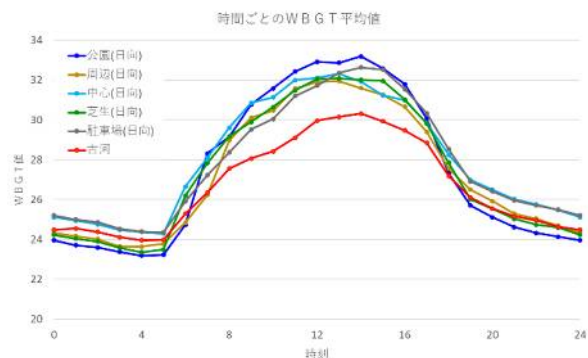


図4. 日向の計測点と古河の気象観測点の値

2. 各観測点における日陰のWBGTと古河の比較

2023年7月21日～8月6日までの1時間ごとの日陰のWBGT平均値を図5に示す。13時から15時にかけて最もWBGT値は高く、14時でのWBGT平均値は遊水地中心で29.5、周辺部で29.1、公園で29.1、キャンパス芝生上で29.4、駐車場で29.1を記録した。いずれも最寄りの古河の気象観測値30.5を有意に下回った。一日のうちで日の出前の4時頃が最もWBGTが低く、遊水地中心と駐車場で有意に古河の観測点より高く、公園では有意に低かった。

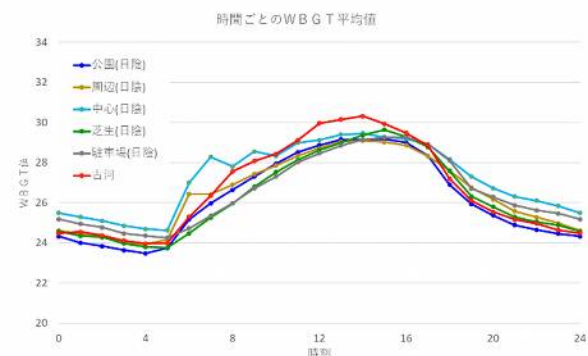


図5. 日陰の計測点と古河の気象観測点の値

3. 遊水地各観測点における気温と水温と比較

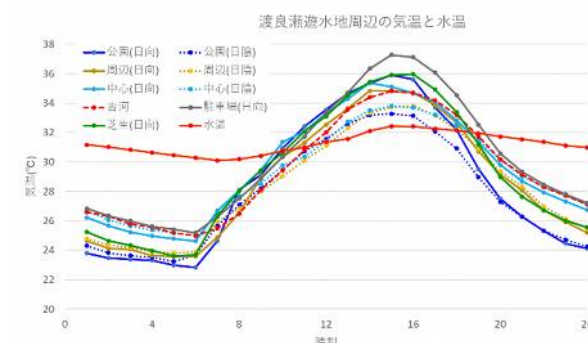


図6. 各観測点の平均気温と遊水地の平均水温

2023年7月21日～8月6日までの1時間ごとの平均気温と遊水地の水温を示す(図6)。気温は14時ごろが最も高く、日向の駐車場37.3℃、キャンパス内芝生上35.9℃、公園35.9℃、遊水地中心35.1℃、遊水地周辺34.8℃、水温32.4℃だった。遊水地中

心と周辺では気象観測所と有意差がなかった。日陰では駐車場34.6℃、キャンパス芝生35.2℃、公園33.3℃、遊水地中心33.8℃、周辺33.7℃だった。午前4時頃が最も気温が低く、昼間日向の位置では駐車場25.4℃、キャンパス芝生上23.6℃、公園23.0℃、遊水地中心24.6℃、周辺23.6℃、水温30.3℃だった。遊水地中心の日陰以外は気象観測点よりも有意に気温が低かった。

4. 各地点の黒球温度の比較

14時における最寄りの気象観測地点の黒球温度は、日向の公園より有意に低かったが、そのほかは有意差がなかった。午前4時には、古河の黒球温度は遊水地中心の日陰と駐車場の日向を除いて有意に他の地点より高くなった(図7)。

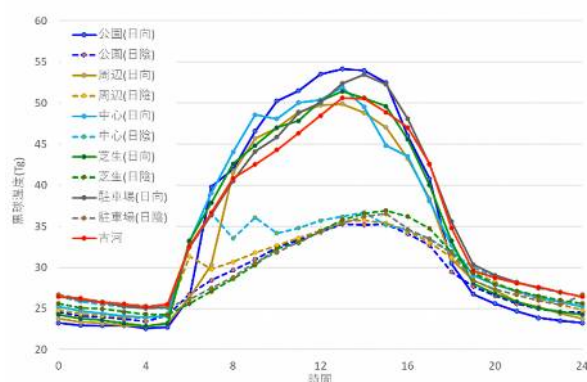


図7. 各地点の日向と日陰及び古河の黒球温度

D. 考察

本研究で、内陸の湖沼が周辺の温熱環境に及ぼす影響を調べるため日本で有数の湿地である渡良瀬遊水地で調査を行った。計測されたデータは最も近い気象観測地点のデータや遊水地の水温のデータと比較した。

1. 日向のデータと最寄りの気象観測地点のデータの比較

14時では、公園、駐車場、キャンパス芝生、遊水地中心部、周辺部の順に平均WBGTが高かった。大学内の駐車場の地面はコンクリートなので、地面が熱を持ち輻射熱も大きくなるため、平均WBGTが高くなることは予想される。公園でWBGTが高かったのは、計測器の直下は芝生であったが計測器前が砂利道だったことの影響が考えられる。

14時におけるWBGTが遊水地の周辺部や中心部で他の計測値地点よりも低かったのは、地面が芝生であることと遊水地の水温が気温と比べて低いことの影響が考えられる。

日中最も気温が高い14時頃は、遊水地中央や周辺のWBGTは古河より有意に高かったが、気温及び黒球温度に関しては有意差がなかった。WBGTを構成している気温や放射温度以外の要因は湿度と風速であるため、渡良瀬遊水地周辺では湿度が古河より高く、WBGTの有意差の要因ではないかと推測される。ただし、古河の観測点では湿度は計測されていないため、湿度の計測が必要である。

2. 日陰のデータと最寄りの気象観測地点のデータの比較

古河の気象観測点のWBGTは日陰の他の観測点よりも高かった。気象観測点では、日射がある環境で計測することになっているため日陰よりも高いWBGTが計測されている。

測定した日陰の場所は、木漏れ日がほとんどない樹木の真下だった。しかし、早朝には真横から日射が入るため日射の影響を受ける可能性がある。遊水地中心部や周辺の日陰では、早朝日向と同様の比較的高いWBGTが観測されたのはその影響だと思われる。

3. 遊水地の水温が暑熱環境に及ぼす影響

キャンパス内の駐車場で日中の平均気温が最も高かったのは、地面がコンクリートであるため温度が下がりず地面からの輻射熱が大きかったためと考えられる。最も気温が低い朝4時でも駐車場気温が高かったのは、地面が温まっていたと考えられる。

日の出前の遊水地中心部の気温は日向、日陰とも他の地点よりも高かった理由として遊水地の水温が平均で30.4℃と高かったことが考えられる。

遊水地の水温が夜間も高いため、遊水地周辺では夜間の気温高く維持されることが考えられる。夜間に気温が下がらないと、睡眠不足となり熱中症の危険性が高くなることが予想される。

E. 結論

遊水地周辺では最寄りの気象観測点よりも昼間のWBGTが有意に高かった。夜間も遊水地の水温が高いことから気温が高かった。内陸の湖沼では熱中症の危険性が高くなることが予想される。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
日本生気象学会発表予定

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

厚生労働行政推進調査事業費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
令和4年度～令和5年度 総合研究報告書
分担研究報告書

匿名レセプト情報を用いた熱中症発生状況の経年的検討に関する研究

研究分担者 三宅 康史 帝京大学医学部救急医学講座 教授
研究協力者 登内 道彦 気象業務支援センター 部長
梅原 祥嗣 碧水会長谷川病院
神田 潤 帝京大学医学部救急医学講座 講師

研究要旨：

『新しい生活様式』に即した熱中症予防対策の評価として、2012 年より 2020 年までの《匿名レセプト情報》（医療機関を受診し熱中症と診断にもとづき治療を受けた症例のレセプトに記載された医療データを一定の審査を得て厚生労働省より提供される）を用いて、本邦の夏季における熱中症患者の発生状況・重症度等について全国 6 都市における同時期の WBGT 値と合わせて分析・調査した。判明した結果として、7 月下旬～8 月上旬に特に熱中症患者が増えるため、その時期の集中的な予防措置と受け入れ医療機関における準備が重要である。また 2019 年、2020 年の分析から、夏季の暑さはほぼ同程度であったが、マスク着用の徹底による熱中症発生数の増加は認められなかった。

2年間の厚生労働行政推進調査事業費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）分担研究として、『新しい生活様式』に即した熱中症予防対策の評価及び推進のための研究を、2012年より2020年までの《匿名レセプト情報》（医療機関を受診し熱中症と診断にもとづき治療を受けた症例のレセプトに記載された医療データを一定の審査を得て厚生労働省より提供される）を用いて分析・調査した。

A. 研究目的

初年度は、研究期間として2012年より2018年までの各年について6月～9月の4か月間の熱中症関連の診断を受けた《匿名レセプト情報》を用いて、気象庁から公表される全国6都市の同時期のWBGT値を重ね、本邦の夏季の暑さの程度や経時的な変化と熱中症患者の発生数、重症度の特徴を解析した。2年目は、これに2019年、2020年のデータを追加して検討するとともに、COVID-19の発生前の2019年と発生後の初めての夏となる2020年の、マスク着用の徹底等による熱中症発生の影響の有無を《匿名レセプト情報》から比較することを目的とした。

B. 研究方法

2012年から2020年までの9年間の、各年の6月～9月の4か月に医療機関を受診（来院手段は問わず）し、熱中症と診断を受けた症例の情報を、厚生労働省が統括する《匿名レセプト情報》として一定の書類審査を通過したのちに、個人情報that特定できない形式（旬別、地域別、治療内容別など）に変

換したデータの提供を受けた。

提供を受けた2012年から2020年までの9年間の夏季4カ月分の症例数を旬別（上旬、中旬、下旬）に、軽症例（外来受診のみ、外来受診で点滴あり）、重症例（入院例、死亡例）の4段階に分けて集計した。日別のWBGT値は、研究協力者である（一財）気象業務支援センター登内道彦氏の協力により、気象庁から公表される全国6都市の同時期のWBGT（6都市の当日最高WBGTの平均）をその旬別発生数に重ねて、WBGTによる発生数、重症度割合の変化を解析した。

また、COVID-19発生前の2019年夏季と、感染流行後の初めての夏となる2020年の夏季について、熱中症《匿名レセプト情報》を用いて、性別、重症度別症例数、重症度割合などを旬別に比較検討した。

（倫理面への配慮）

特に必要としない。

C. 研究結果

《匿名レセプト情報》から提供を受けた2012年から2020年までの9年間の6月～9月の4か月分の症例数は、2012年316,388人、2013年393,907人、2014年285,921人、2015年345,498人、2016年351,797人、2017年349,293人、2018年578,736人、2019年380,027人、2020年375,310人に及んだ。

①9年間の熱中症患者発生パターン

図1～9に、2012年から2020年までの各年における外来受診（青）、外来＋点滴（黄色）、入院（灰色）、

死亡(赤)の旬別の変化を各月旬別に線グラフで示すとともに、これに本邦6都市最高WBGT平均(日別)を重ねてそれぞれ1枚の図としたものを示す。各年の6月～9月における熱中症患者発生数の経時的な変動は、二峰性となるパターン、一峰性となるパターン、明確なピークがなく発生数の多い状況が長く続くパターンに分けられた。

二峰性となるパターンでは7月下旬～8月上旬にピークがあり、8月中旬に減少した後8月下旬に再度増加した後9月には収束する。2012年、2014年、2017年、2018年がそれにあたる。8月下旬の再増加(または8月中旬の一過性減少)がなく7月下旬または8月上旬に一峰性のパターンをとったのは2015年、2019年、2020年であった。残る2013年、2016年は7月上旬から8月下旬まで盛夏が続き、発生数の多い状況が長く続いた年であった。

パターンによる特徴を見出すことはできなかったが、6月中から症例数が増えた年は存在しなかった。一方で残暑が厳しく9月まで症例数が多かったのは、2012、2013、2016、2019、2020年と半数以上あった。最も暑かった夏は2018年で、症例数も圧倒的に多かった。一方で冷夏と言えないまでも症例数の最も少なかったのは2014年、次いで2012年であった。これら3つの年の経過は二峰性パターンであった。一峰性となった年の中で特異的なのはピークが8月下旬に生じた2020年であるが、重症者(入院数+死亡者数)のピークはその前の8月中旬であった。それ以外では基本的に症例数の多い時期と重症例の時期はほぼ同じであった。発生数の多い状況が長く続くパターンとなった2013年は重症例はむしろ最大の症例数の出た7月下旬より8月中旬の方が多かった。

②COVID-19発生前後の夏季におけるマスク着用徹底の影響

2019年は合計で380,027人が医療機関を受診し熱中症の診断を受けた。男性194,950人、女性185,077人であった。2020年は合計375,310人、男性192,663人、女性182,647人であった(図10左)。

年齢層別では、未就学児相当、小学生相当、中学生相当、高校生相当、大学生相当、成人、高齢者(65歳以上、うち80歳以上、90歳以上を別途集計)に分けて両年を比較した。

2019年は未就学児相当6,081、小学生相当15,678、中学生相当15,728、高校生相当12,496、大学生相当14,721、成人138,448、高齢者176,875(うち80歳以上83,090、90歳以上17,030)であったが、2020年は未就学児相当3,417、小学生相当11,938、中学生相当13,996、高校生相当11,646、大学生相当13,660、成人140,298、高齢者180,355(うち80歳以上86,289、90歳以上18,510)であり、大学生相当までは2019年、成人以降は2020年の方が多かった。

重症度割合は《入院+死亡数/熱中症の診断のついた全受診者数》として計算した。入院者の数、死亡者の数は2019年33,006人、608人、2020年33,163人、651人とほぼ同数であった。受診者数のピークは2019年は8月上旬、2020年は8月下旬であり、重症者である入院+死亡数のピークは2019年は8月上旬、2020年は8月中旬となった。重症者の割合をみると両年とも、多くの地域で8月中旬に最も高くなり、同じ傾向を呈していた。地域で比較すると北海道での重症者割合が他地域より高く、6～7月から上昇している傾向がみられた。

D. 考察

2012年～2020年の分析では、2013年を除き7月下旬から8月上旬が受診者数のピークとなっており、同じく2013年を除いて8月中旬は減少期になっている。そしてどの年でも9月上旬にはほぼ終息することがわかっている。とはいえ半数の年では9月まで症例数が多くなってきており、児童・生徒、学生における夏休み明けの時期には注意が必要である。

今後は、世界的な気候変動の影響を受け、夏季における台風や豪雨などの発生が多くなると、熱中症症例数も大きく影響を受ける可能性がある。ただ、どの年においても7月下旬から8月上旬が本邦において、熱中症の受診、重症例の発生、重症割合が確実に増えることが今回の結果より分かった。梅雨が明けて天候が安定すること、暑さそのものの蓄積とそれによる身体の疲労が蓄積される時期にあたることなどが要因になっていると考えられる。

2019年と2020年の比較では、男女比、症例数、重症度割合などはそれ以前とほぼ同様であった。2019年の症例数の変化は2012年以降のパターン分類としては一峰性であったが、この年の気候の特徴としては9月上～中旬に再度高温となる時期があった。また2020年は8月下旬まで暑さが続いた。これにより影響が生じたと考えられる事象として、2019年の成人未満の年齢層(未就学児～大学生相当)での症例数の増加がある。学校等において8月の夏休みの後に9月から2学期が始まる最初の時期に、熱中症への注意喚起が必要と言える。

結果として、2019年と2020年の夏の暑さは、8月に暑さが続いた期間や9月の再度の気温上昇等の違いがあるものの、暑さの程度は、それ以前とほぼ同様と考えられる。また症例数、重症度割合の比較などにおいても差がなかったことから、『新しい生活様式』におけるマスク着用の徹底、屋内での換気、「三密」回避の影響は限局的であったと思われる。その中で、夏季のマスク着用によりより強く暑さを感じたために、いつもより早期に休憩や水分補給をしたり、「三密」の回避や外出の制限が熱中症の発生を抑制する影響をもたらした可能性は十分あることも考慮すべきである。

E. 結論

2012年より2020年までの本邦の夏季における熱中症患者の発生数や重症度について、厚生労働省から提供を受けた《匿名レセプト情報》を用いて分析した。7月下旬～8月上旬に特に熱中症患者が増えるために、その時期の集中的な予防措置と医療機関における準備が重要である。また2019年、2020年の《匿名レセプト情報》の分析からは、熱中症発生はそれ以前とほぼ同程度であり、マスク着用の徹底等『新しい生活様式』に伴う症例数の増加は認められなかった。

F. 研究発表

1. 論文発表

Kanda J, Miyake Y, Tanaka D, Umehara T, Yamazaki M, Harada N, Fujita M, Hayashida K, Kaneko H, Kobayashi T, Miyoshi Y, Kishihara Y, Okada Y, Okano Y, Tachino J, Takauji S, Yamaguchi J, Maeda A, Yokota H, Yokobori S. Current status of active cooling, deep body temperature measurement, and face mask wearing in heat stroke and heat exhaustion patients in Japan: a nationwide observational study based on the Heat stroke STUDY 2020 and 2021. Acute Med Surg. 2023 Feb 14;10(1):e820.

2. 学会発表

三宅 康史, 神田 潤, 日本救急医学会熱中症および低体温症に関する検討委員会. 熱中症:スポーツ医学としての挑戦と救急医学の役割. 第33回日本臨床スポーツ医学会学術集会、札幌、2022年11月.

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

図 1

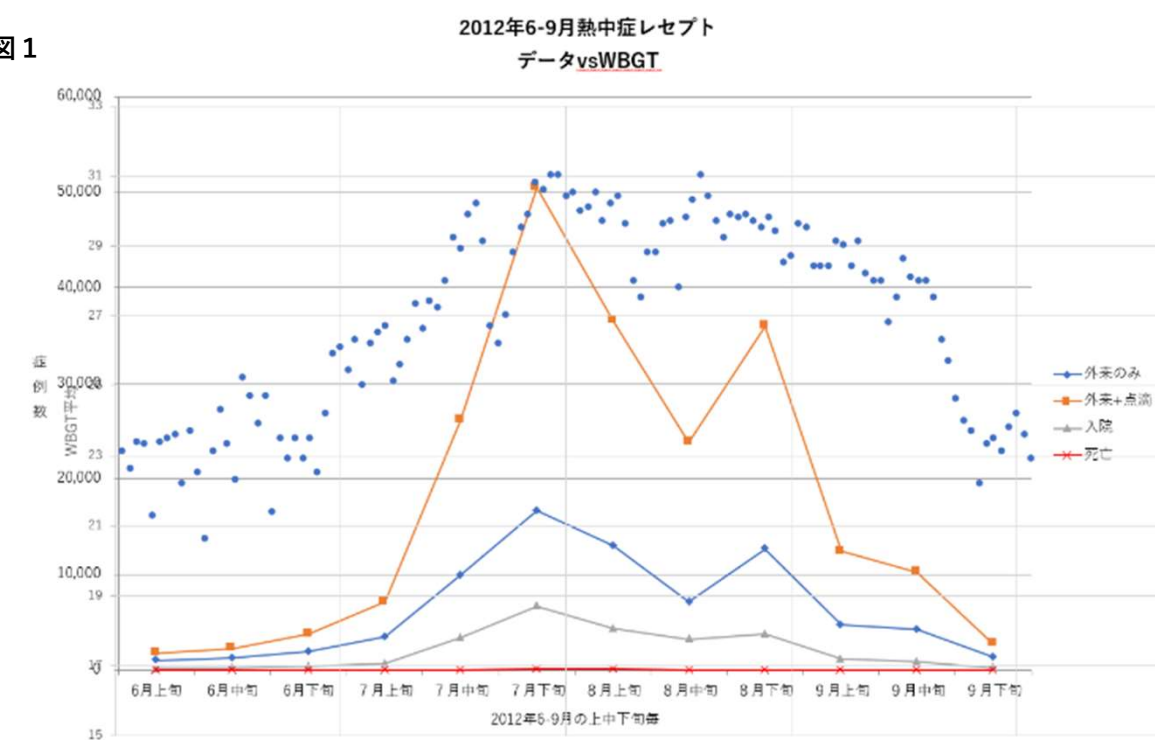


図 2

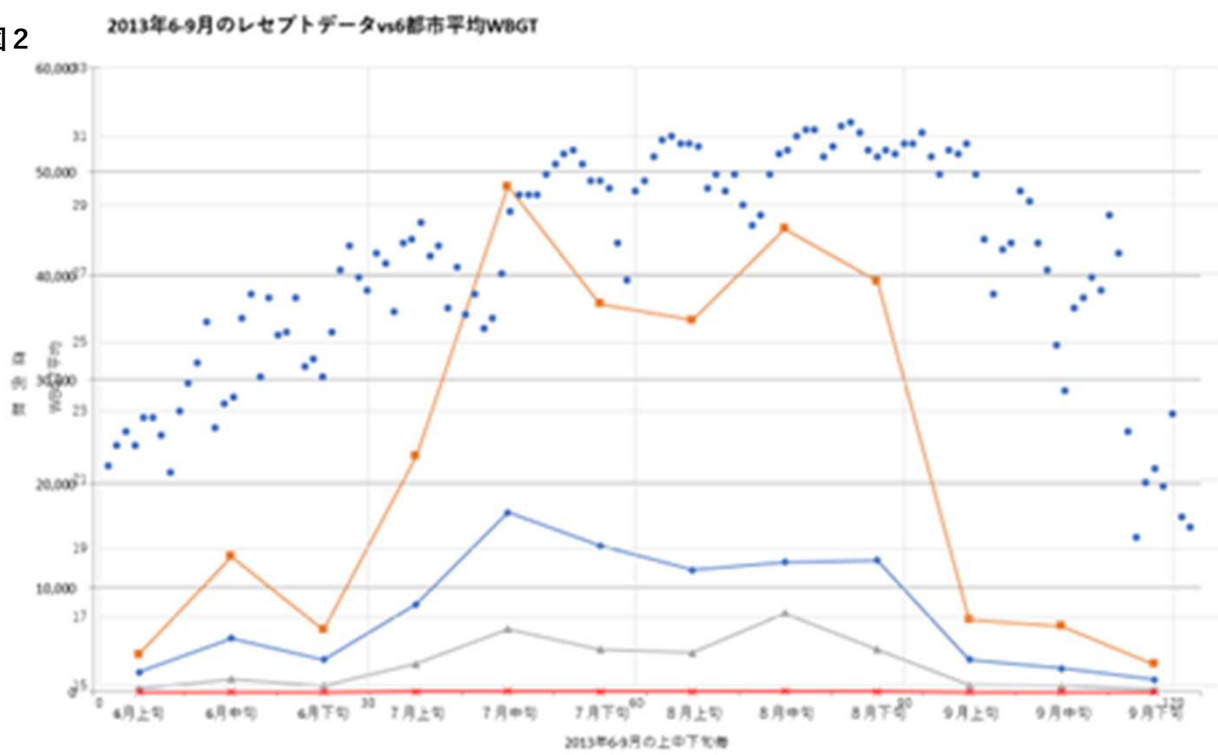


図 3

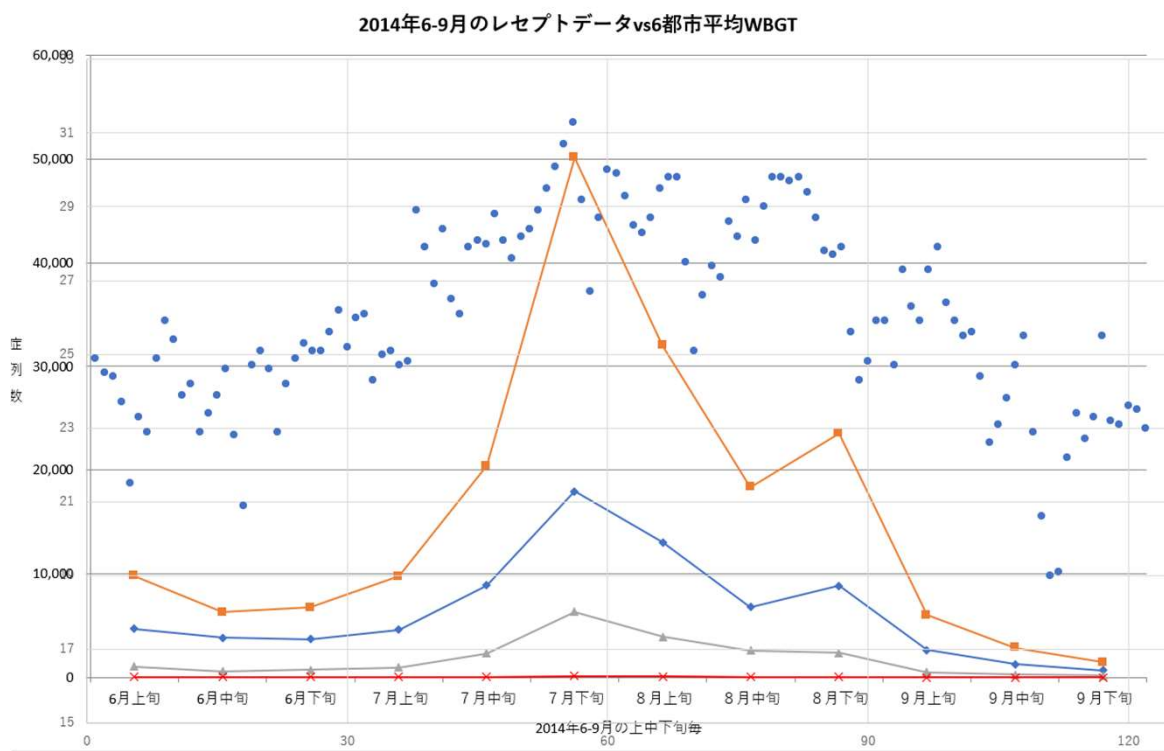


図 4

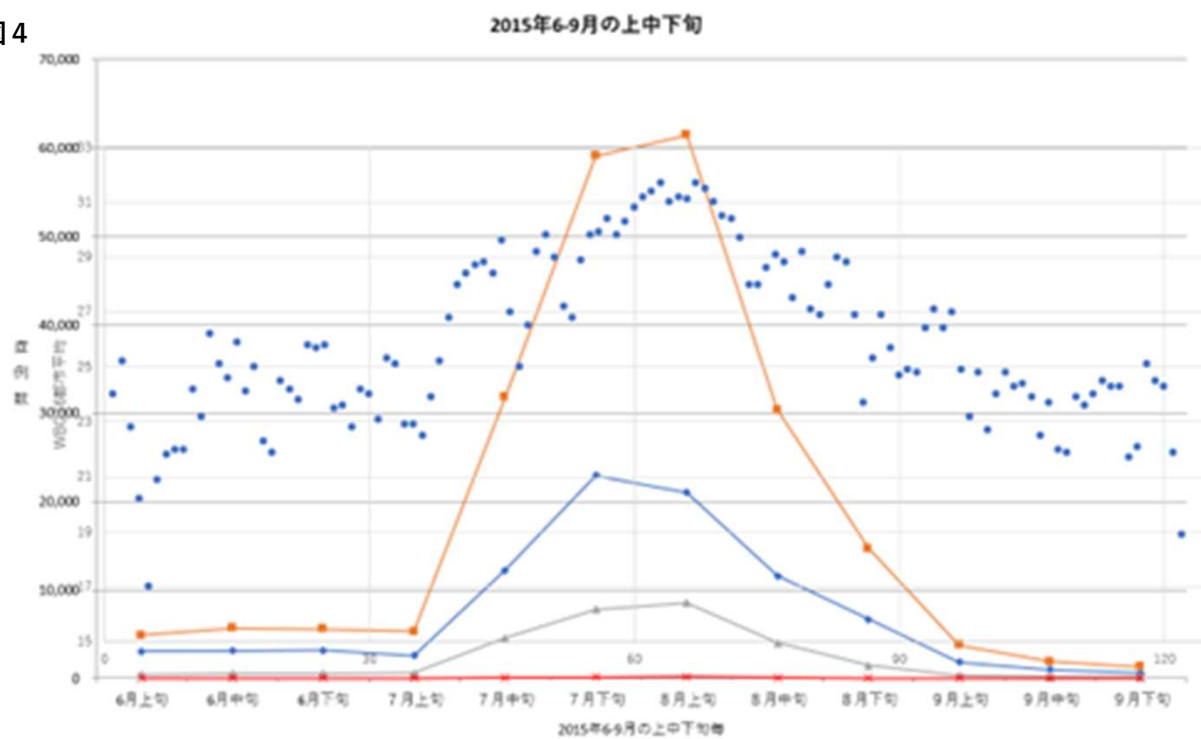


図 5

2016年6-9月のレセプトデータvs6都市平均WBGT

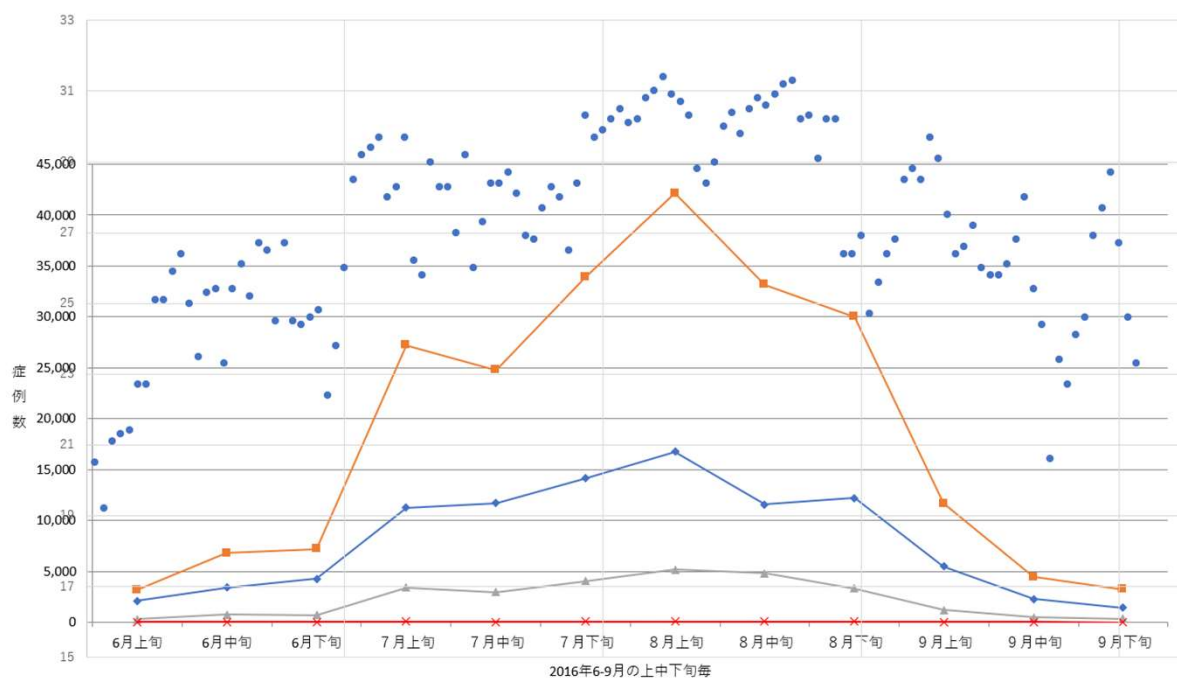


図 6

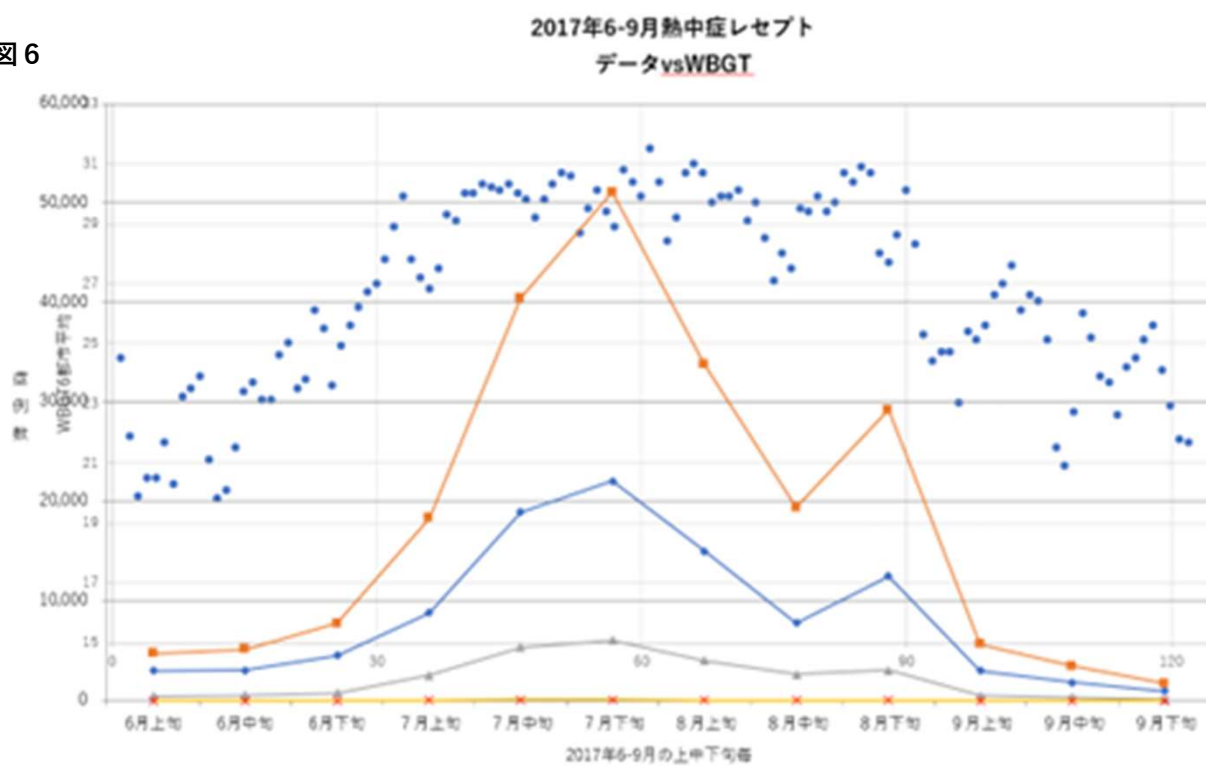


図 7

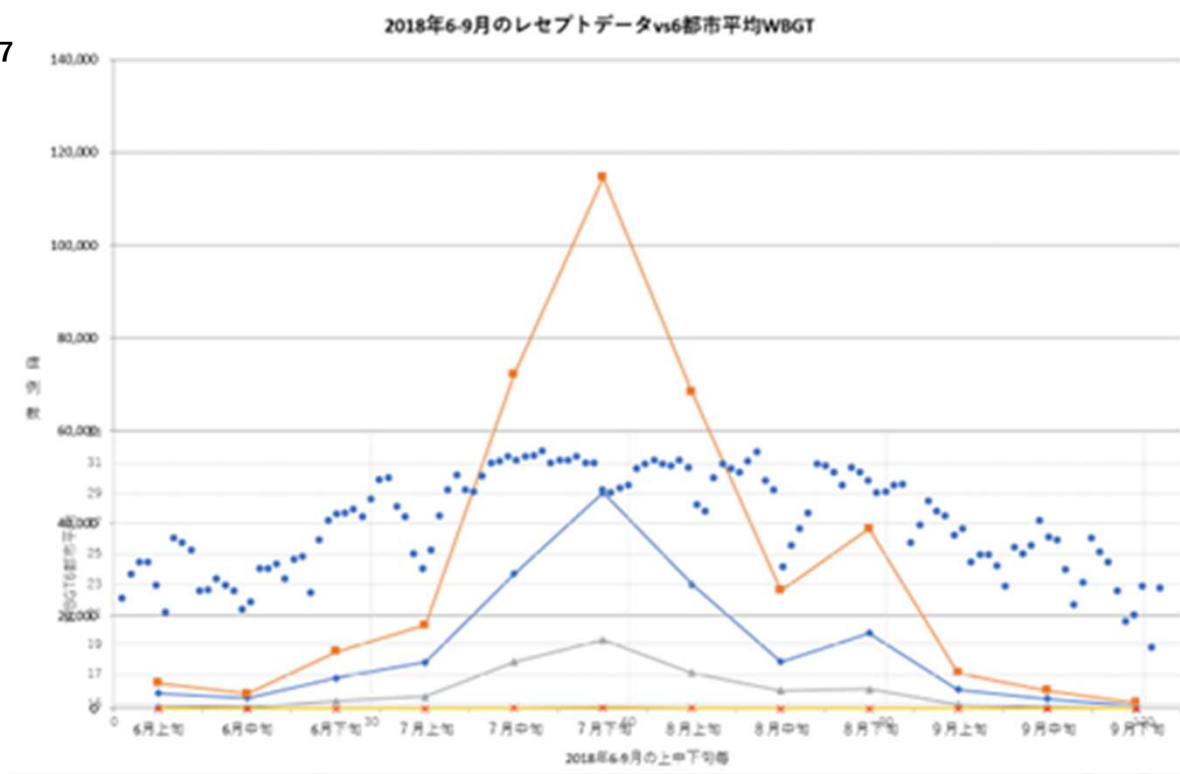


図8 (万人)

2019年6-9月のレセプトデータvs6都市平均WBGT

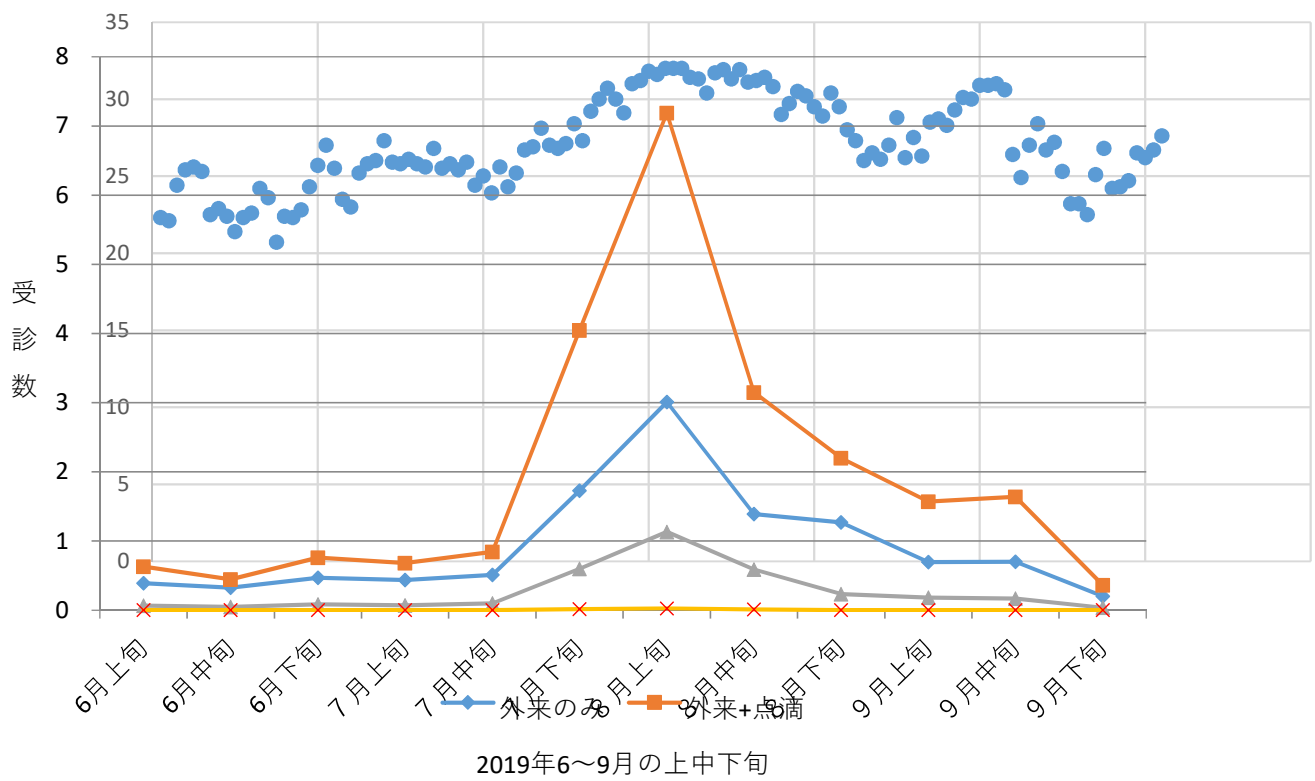


図9

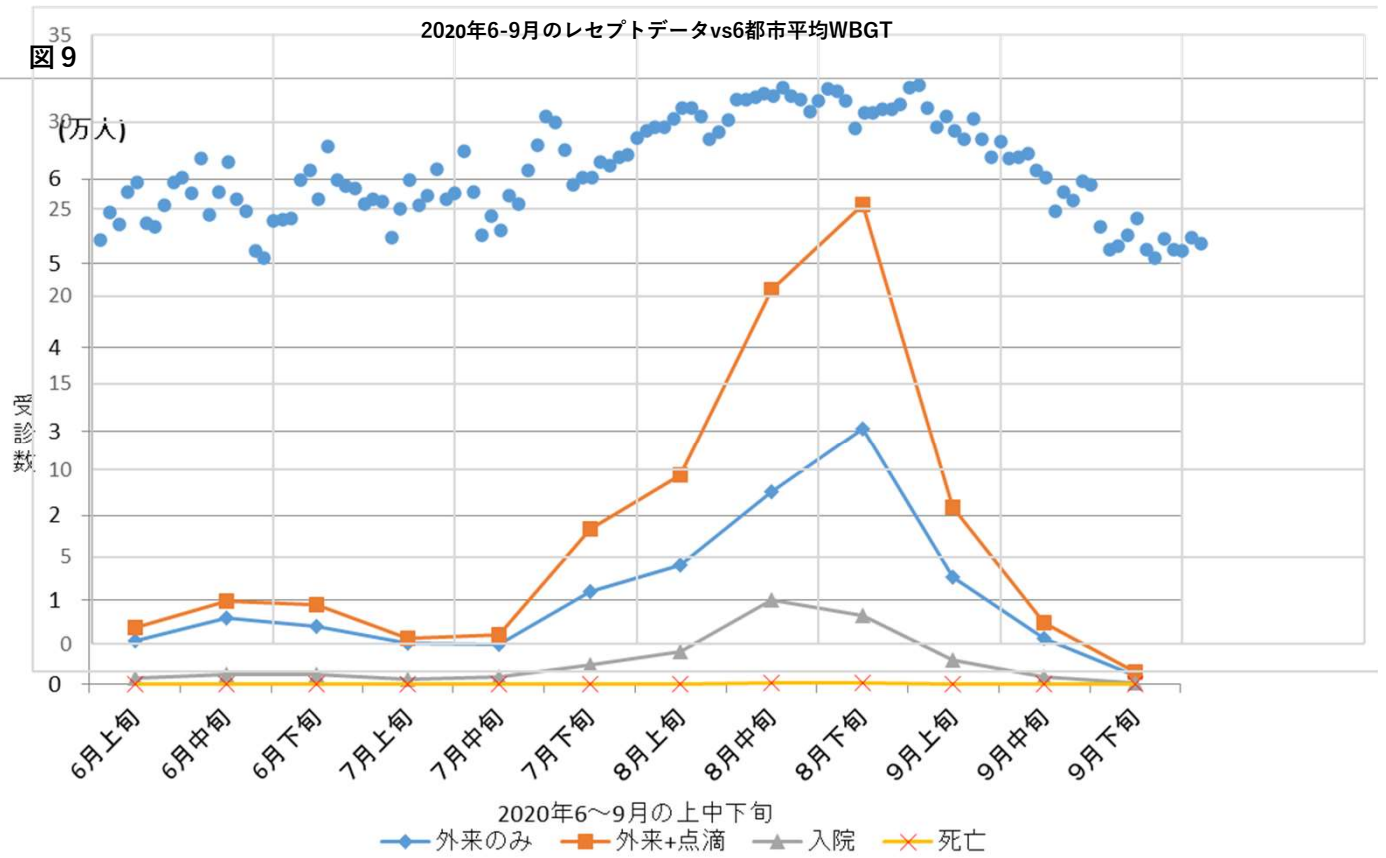
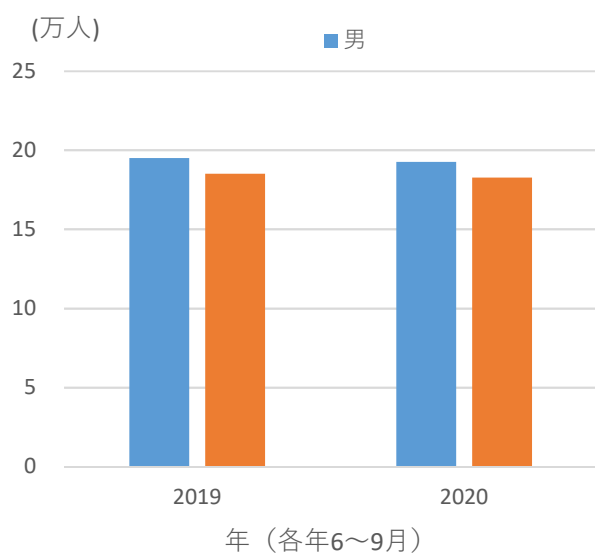
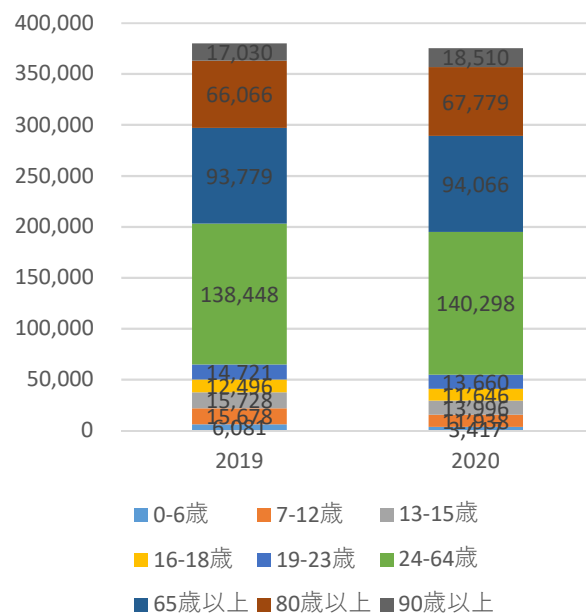


図10 匿名レセプト情報（医療機関受診）にて熱中症の診断を受けた症例(2019年と2020年の比較)
 左：性別比較 右：年齢層別比較



年代層別比較
 2019vs2020



Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
「『新しい生活様式』に即した熱中症予防対策の評価及び推進のための研究」研究班	熱中症診療ガイドライン 2024	「『新しい生活様式』に即した熱中症予防対策の評価及び推進のための研究」研究班	熱中症診療ガイドライン 2024		東京	2024	

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Kanda J, Miyake Y, Tanaka D, et al.	Current status of active cooling, deep body temperature measurement, and face mask wearing in heat stroke and heat exhaustion patients in Japan: a nationwide observational study based on the Heatstroke STUDY 2020 and 2021.	Acute Medicine & Surgery	10 (1)	e820	2023
Kanda J, et al	Heat stroke management during the COVID-19 pandemic: Recommendations from the experts in Japan (2nd edition).	Acute Medicine & Surgery	10 (1)	e827	2023
Ryosuke Takegawa, Jun Kanda, ArinoYaguchi, Shoji Yokobori, Kei Hayashida	A prehospital risk assessment tool predicts clinical outcomes in hospitalized patients with heat-related illness: a Japanese nationwide prospective observational study.	Scientific reports	13(1)	1189	2023

厚生労働行政推進調査事業費補助金
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)

『新しい生活様式』に即した熱中症予防対策の評価及び推進のための研究

令和4年度～5年度 総合研究報告書

研究代表者 横堀 将司（日本医科大学大学院医学研究科救急医学分野）
東京都文京区千駄木 1-1-5 Tel. 03-3822-2131