

資料 1 - 4 人口当たり熱中症搬送数と温度指標との関係性

熱中症搬送数を説明する温度指標としては、日平均気温等、気温に関する様々な温度指標が考えられる。そのため、本調査を進めていく上での適切な温度指標について、検討を行った。

1. 候補となる温度指標について

熱中症搬送数との関係性を考えられる温度指標について、表 1 に整理した。

表 1 熱中症搬送数との関係性を検討する温度指標の整理

指標名	指標の性質	備考	候補指標 (○)
日最高気温	高温のインパクトを表現できる		○
高温時間数		既往調査 ¹ により、熱中症搬送数との関連において地域ごとにその設定温度(閾値)が異なることが分かっており、その説明が難しい。閾値以上の気温について気温の高低の重み付けはできない	—
ある温度以上の積算値		設定温度(閾値)の設定、及び閾値以上の気温についての重み付けの程度を決めることが難しい	—
日平均気温	1日を通しての気温の状況を表現できる		○
2日最高気温(※1)	搬送者の熱の履歴を考慮している		○
2日平均気温(※2)			○
覚知時刻から24時間前平均気温・最高気温		1時間ごとの値となるため、日当たり搬送数との対応ができない	—
覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値(※3)			○
日最低気温	夜間の気温を表している	夜間における救急搬送数が少ない	—
22-24時気温			—
WBGT	体感温度を表現できる	WBGTの観測網、及び全天日射量を観測している気象台が限られているため、実測値でも推定値でも都市化指標との関連は検討できない	—

※1：覚知日とその前日における最高気温(時間値48データの最高値)

※2：覚知日とその前日における平均気温(時間値48データの平均値)

※3：覚知時刻から過去24時間の平均気温(時間値24データの平均値)を1~24時まで平均した値

以上より、本検討において熱中症搬送数を表す温度指標については、5指標(日最高気温、2日最高気温、日平均気温、2日平均気温、覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値)について検討を進めることとする。

¹ 環境省：平成16年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書，平成17年3月

2. 各温度指標による熱中症の感度グラフの作成

候補とした5指標について、それぞれ温度指標と人口当たり熱中症搬送数の関係グラフを作成した。対象データは、要因分析で用いた37地域から甲府市及び基準温度27℃未満の7地域(札幌市、青森市、仙台市、秋田市、福島市、水戸市、新潟市)を除いた29地域における、2008～2010年の6～9月の熱中症救急搬送データ(総搬送者数：18,495例)とした。

人口百万人当たり・日当たりの熱中症搬送数(以下、搬送率)の算出方法は下記の通りである。各指標における集計結果を図1～5に示す。

$$\text{年齢別人口百万人あたりの熱中症搬送数(人/日)} = \frac{\sum_{\text{city } i}^n \text{CASE}_{i, \text{年齢別}}}{\sum_{\text{city } i}^n (\text{POP}_{i, \text{年齢別}} \times \text{DAY})} \times 1,000,000$$

ここで、ある都市(City i)の年齢別の熱中症搬送数を $\text{CASE}_{i, \text{年齢別}}$ 、出現日数を DAY、当該都市の年齢別夜間人口を $\text{POP}_{i, \text{年齢別}}$ とする

最高気温を表す指標(図1、2)と平均気温を表す(図3～5)でグラフの立ち上がり始める温度ランクや立ち上がりのカーブの形状は異なるものの、グラフ形状はどれも滑らかであり、性別・年齢によって層別化したグラフの搬送数の順位付けもほぼ変わらない。

これらの関係は統計的に十分と思われる標本数から得られているものであることから、どの指標においても熱中症搬送数が説明できていると考えられる。

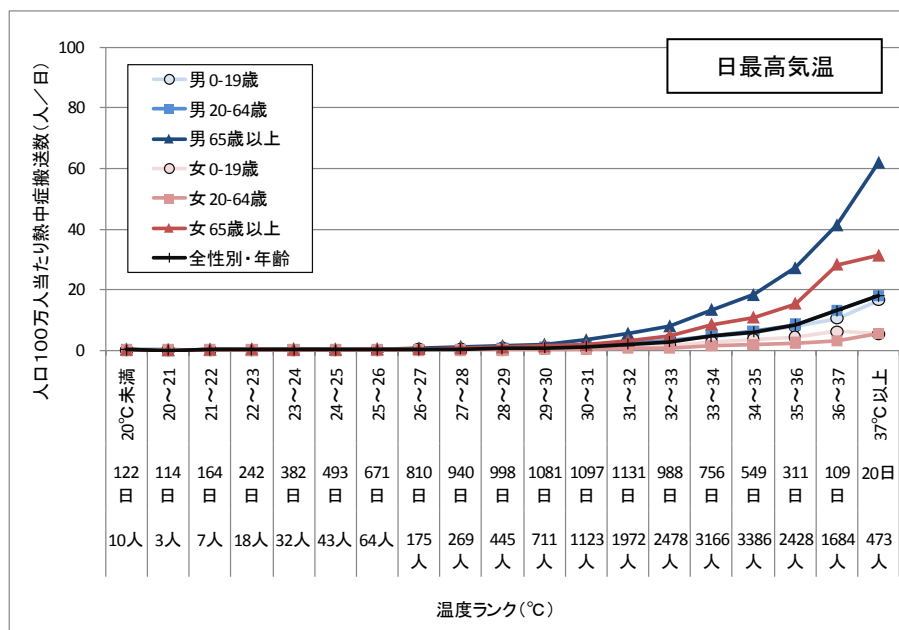


図1 日最高気温ランクと人口当たり熱中症救急搬送数の関係

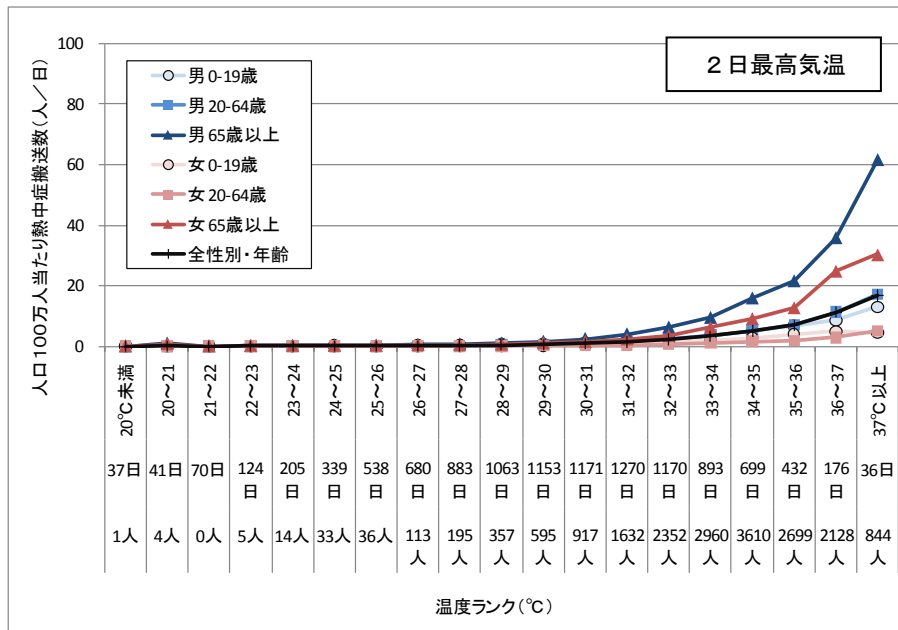


図2 2日最高気温ランクと人口当たり熱中症救急搬送数の関係

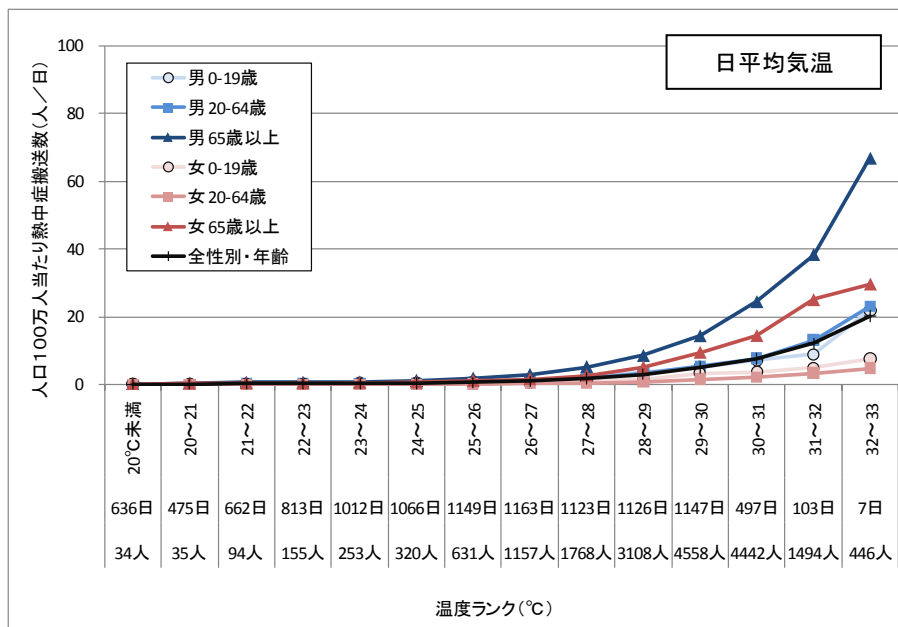


図3 日平均気温ランクと人口当たり熱中症救急搬送数の関係

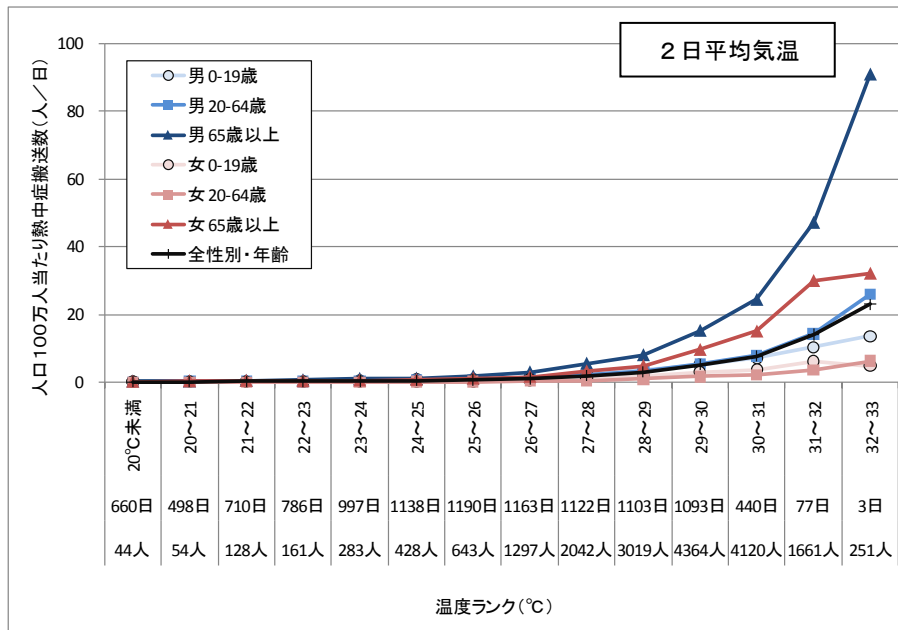


図4 2日平均気温ランクと人口当たり熱中症救急搬送数の関係

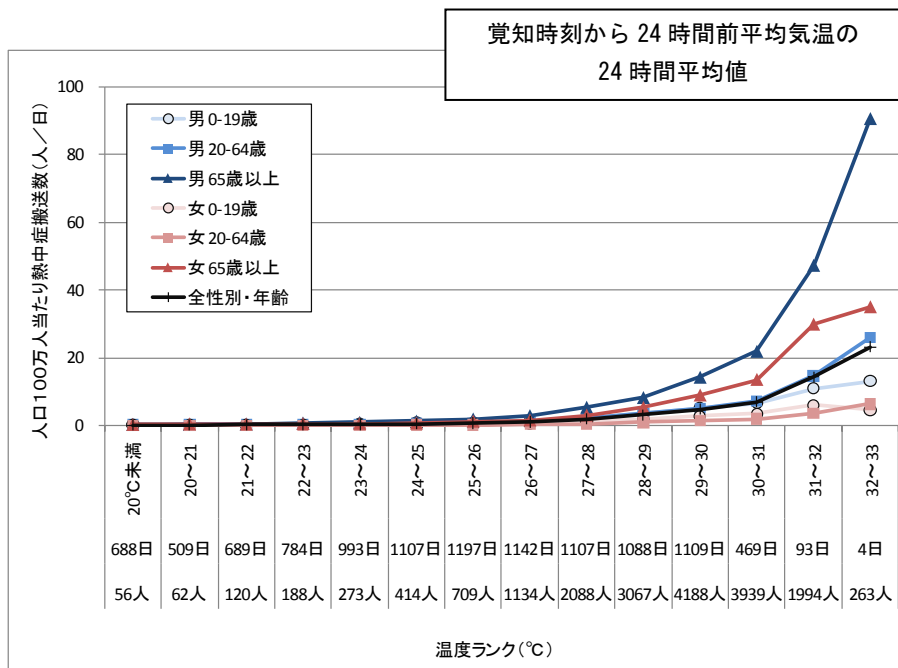


図5 覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値ランクと人口当たり熱中症救急搬送数の関係

3. 日ごとの熱中症搬送数のバラつきの確認

どの温度指標と熱中症搬送数の関連性が高いか検討するため、地域ごとの日当たりの搬送数について、各温度指標におけるバラつきの程度(バラつきが少ない程、説明力の高い指標だと言える)を検討した。この際、搬送数の多い4都市(東京都23区:4510人、横浜市:1437人、京都市:1305人、名古屋市:2486人)を対象に検討を行った。

(1) 各温度指標との相関の検討

上記4都市について、日当たりの熱中症搬送数を温度指標ごとにグラフ上にプロットした。一例を図6に示す。

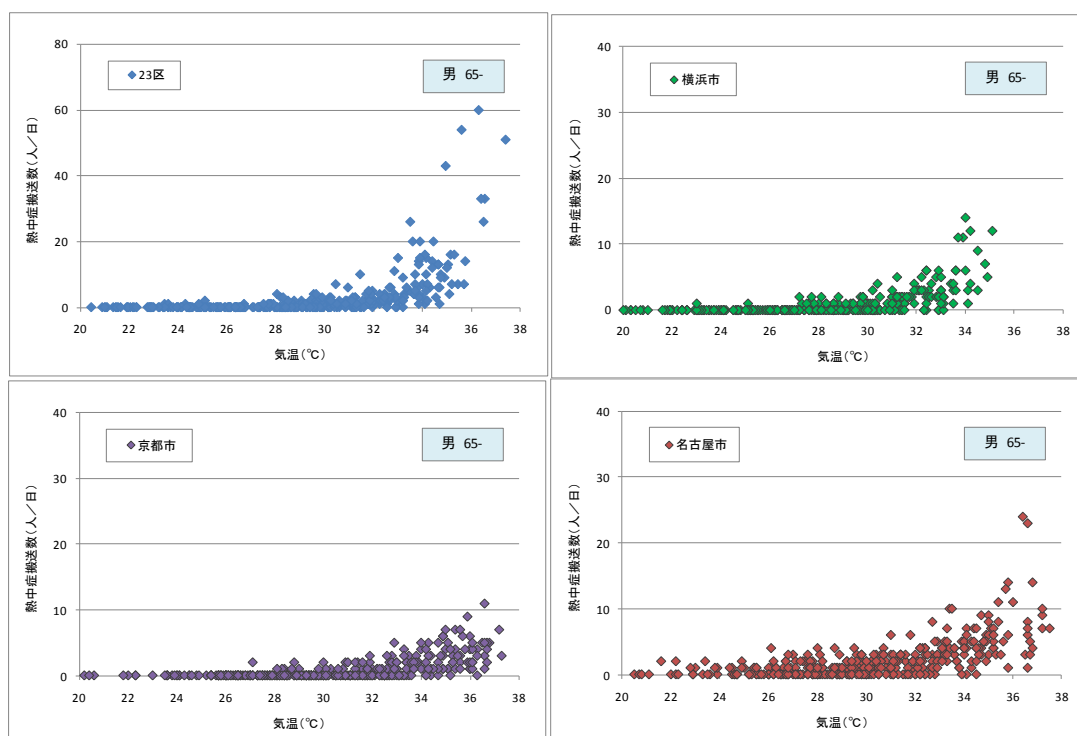


図6 温度指標と日当たり熱中症搬送数の関係のイメージ

各温度指標における相関の検討には、分布を指数関数型分布と見なし、対数を取ったY軸の値(熱中症搬送数)とX軸(温度指標)の1次回帰直線の相関係数を求めた。この際、搬送数0人の日は $\ln Y = 0$ と見なした。算出した相関係数の一覧を表1に示す。

$$Y = a b^X \quad (Y: \text{熱中症搬送数}, X: \text{温度指標})$$

$$\Leftrightarrow \ln Y = \ln a + X \ln b \quad (\rightarrow 1 \text{ 次回帰による相関係数の算出})$$

表2より、全ての地域で一貫して相関係数が高くなる温度指標は見られなかった。しかし、性別・年齢別に相関係数を比較すると、いずれの温度指標においても男女共に0-19歳階級の値が低い。このことから、0-19歳の年齢階級では、気温を用いた温度指標の熱中症搬送数に対する説明力が低いことが推察される。これは、0-19歳の熱中症搬送者の特徴として、日中の屋外における搬送例が多いことから、気温よりも運動の状態や日射の影響が強いものと考えられる(図7)。

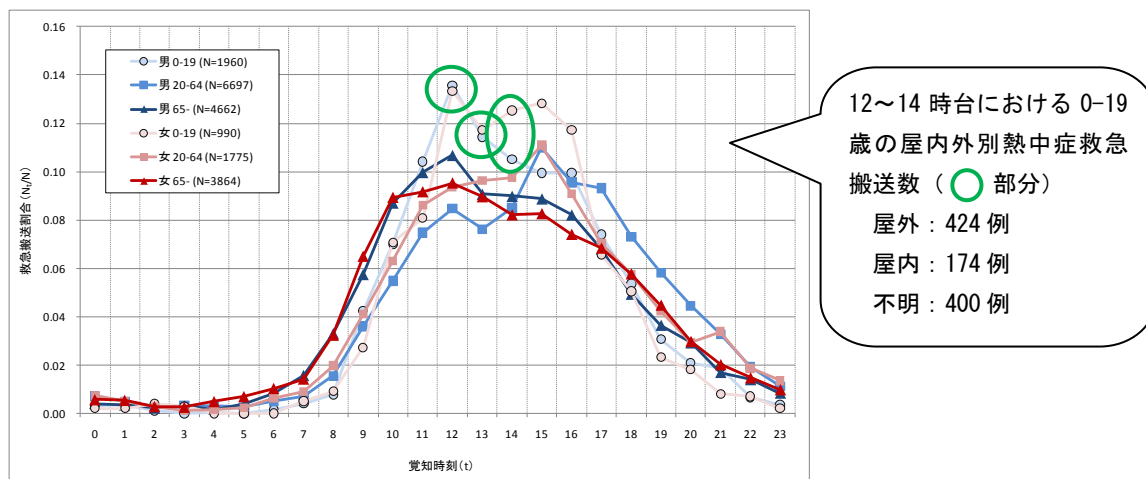


図7 覚知時刻別の熱中症搬送数（年齢階級別、男女別）

各年齢階級・各性別における時間帯ごとの熱中症搬送数を、24時間帯の合計（図中のN）で割った値を、その時間帯の救急搬送割合（ N_i/N ）とした。

表2 各温度指標における相関係数R

東京都23区	男			女		
	0-19歳	20-64歳	65歳以上	0-19歳	20-64歳	65歳以上
日最高気温	0.51	0.76	0.66	0.40	0.54	0.63
2日最高気温	0.49	0.73	0.65	0.38	0.54	0.62
日平均気温	0.51	0.75	0.67	0.40	0.56	0.64
2日平均気温	0.50	0.75	0.67	0.39	0.57	0.65
覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値	0.50	0.74	0.66	0.38	0.56	0.64

横浜市	男			女		
	0-19歳	20-64歳	65歳以上	0-19歳	20-64歳	65歳以上
日最高気温	0.35	0.63	0.56	0.21	0.37	0.42
2日最高気温	0.33	0.61	0.56	0.20	0.38	0.42
日平均気温	0.33	0.62	0.55	0.19	0.37	0.43
2日平均気温	0.31	0.61	0.56	0.19	0.37	0.43
覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値	0.31	0.60	0.55	0.18	0.37	0.43

京都市	男			女		
	0-19歳	20-64歳	65歳以上	0-19歳	20-64歳	65歳以上
日最高気温	0.30	0.60	0.54	0.17	0.33	0.57
2日最高気温	0.28	0.59	0.55	0.17	0.33	0.56
日平均気温	0.27	0.61	0.56	0.18	0.33	0.56
2日平均気温	0.27	0.60	0.56	0.17	0.33	0.57
覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値	0.27	0.59	0.55	0.17	0.32	0.56

名古屋市	男			女		
	0-19歳	20-64歳	65歳以上	0-19歳	20-64歳	65歳以上
日最高気温	0.33	0.63	0.64	0.20	0.41	0.61
2日最高気温	0.32	0.60	0.64	0.19	0.41	0.60
日平均気温	0.33	0.65	0.68	0.20	0.41	0.62
2日平均気温	0.34	0.63	0.68	0.20	0.41	0.62
覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値	0.34	0.62	0.68	0.20	0.41	0.60

(2) 温度ランクごとのバラつきの違いの検討

近似式における相関係数では、熱中症救急搬送数についての温度指標間の説明力の違いは見いだせなかった。そこで、各温度指標と日当たり熱中症搬送数の関係について、温度ランクごとの搬送数のバラつきを標準偏差により検討した。なお、標準偏差の検討は、(1)で気温の説明力が低いことが推察された0-19歳を除いた、20-64歳と65歳以上で行った。検討のイメージを図8に示す。

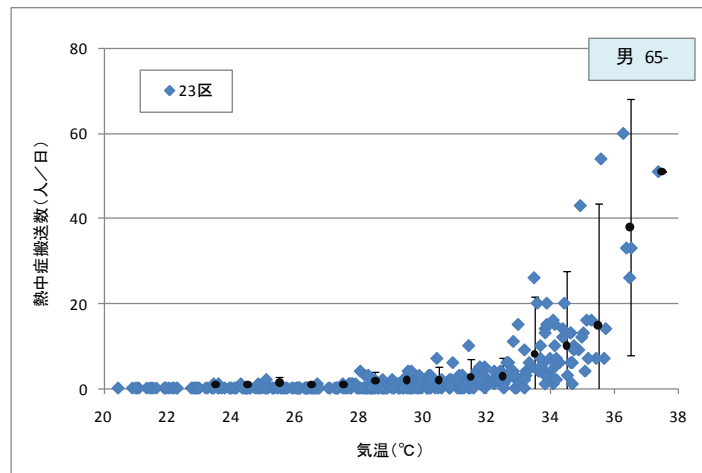


図8 標準偏差による温度ランクごとの搬送数のバラつきのイメージ

図9～12には、各地域の年齢・男女別人口で基準化した標準偏差を温度ランクごとに示す。

図9～12より、全体的な傾向として、温度ランクが高くなるほど標準偏差が大きくなっている。これは、高温の日には相対的に搬送者が増えるため、日ごとの搬送者数のバラつきの幅も増えやすくなるためと考えられる。

ここで、最高気温(日最高気温、2日最高気温)と平均気温(日平均気温、2日平均気温、覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値)における傾向を比較すると、4都市における全体的な傾向として、65歳以上ではその違いは見られないが、20-64歳では若干ではあるが、最高気温を用いた場合の標準偏差が小さくなっている。すなわち、20-64歳では平均気温よりも最高気温の説明力がやや高いことが考えられる。これは、20-64歳の搬送が多い覚知時刻が、最高気温の影響を受けたと考えられる15時台にピークがあることも整合的である(図7)。それに対して65歳以上の搬送数は、午前中も含む1日に渡って分布しており、最高気温と平均気温で説明力に違いがないことと矛盾しない。

また、最高気温及び平均気温において標準偏差の違いを見ると、一部で履歴を考慮した2日最高気温及び2日平均気温、覚知時刻から24時間前平均気温の24時間平均値の標準偏差がやや小さくなっているが、明瞭な傾向の違いは認められなかった。

以上より、20-64歳では最高気温の説明力が若干高いと考えられ、65歳以上では最高気温と平均気温の説明力に大きな違いはないと考えられる。

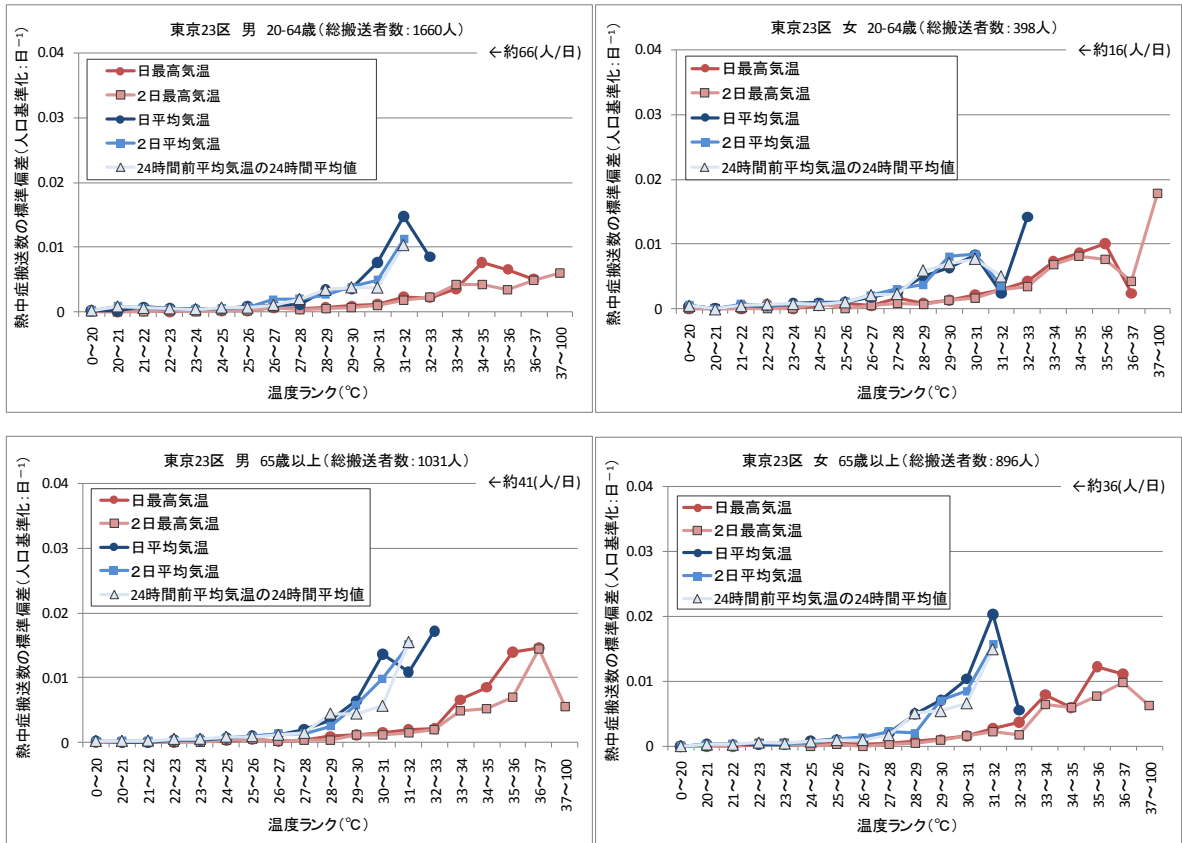


図9 温度指標別、温度ランクごとの標準偏差（東京都23区）

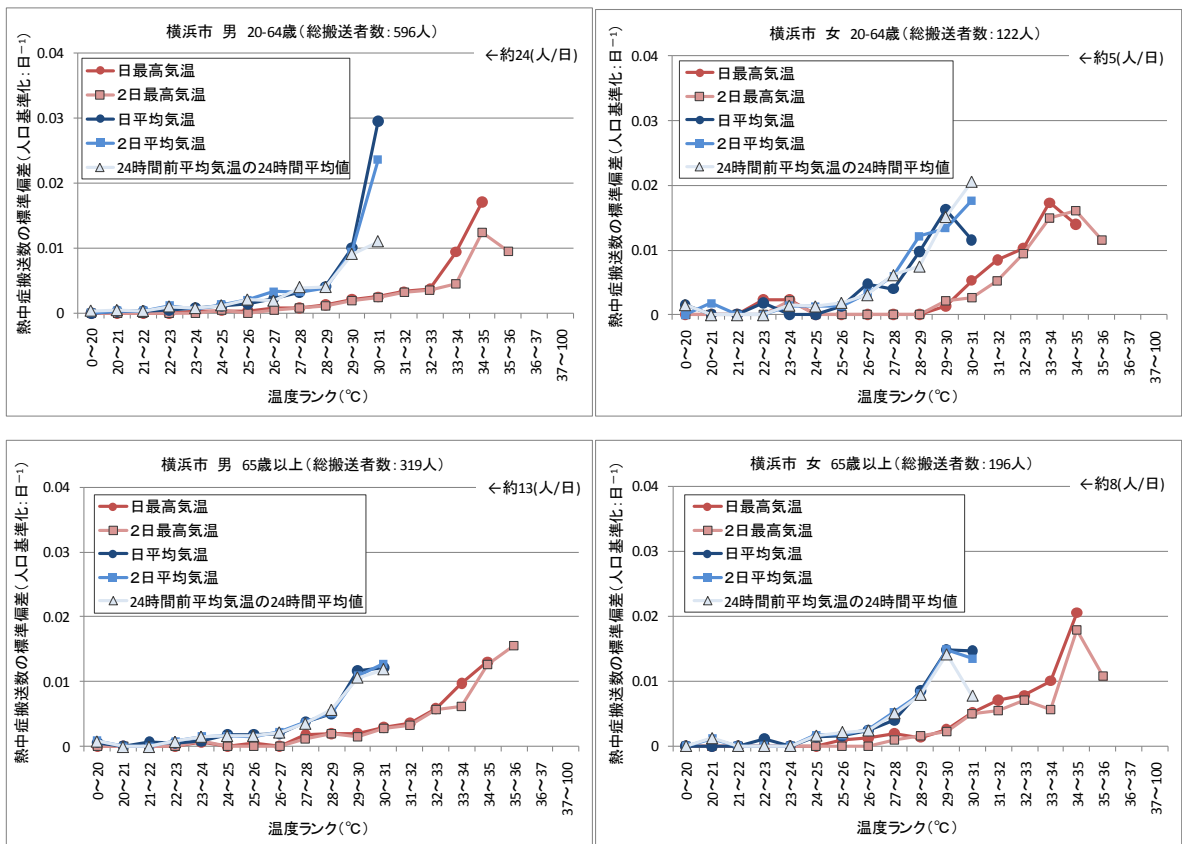


図10 温度指標別、温度ランクごとの標準偏差（横浜市）

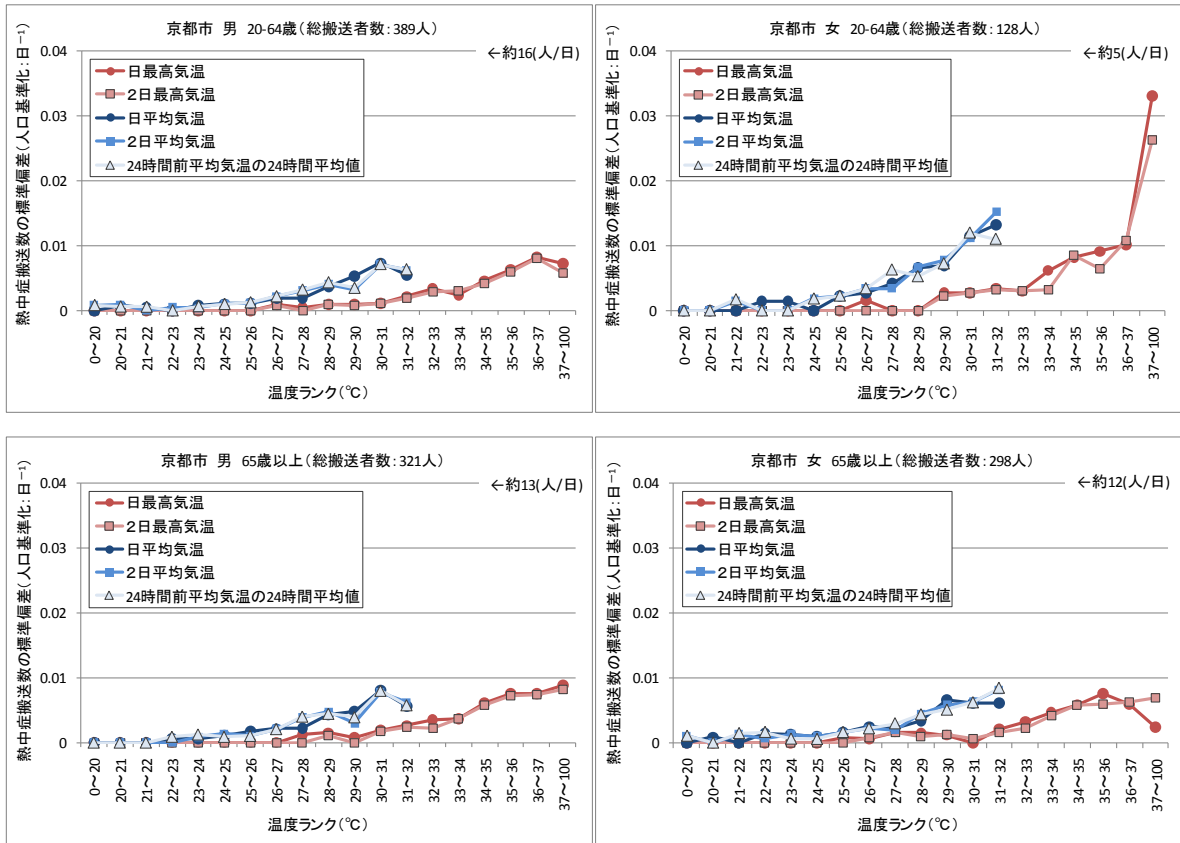


図 1.1 温度指標別、温度ランクごとの標準偏差 (京都市)

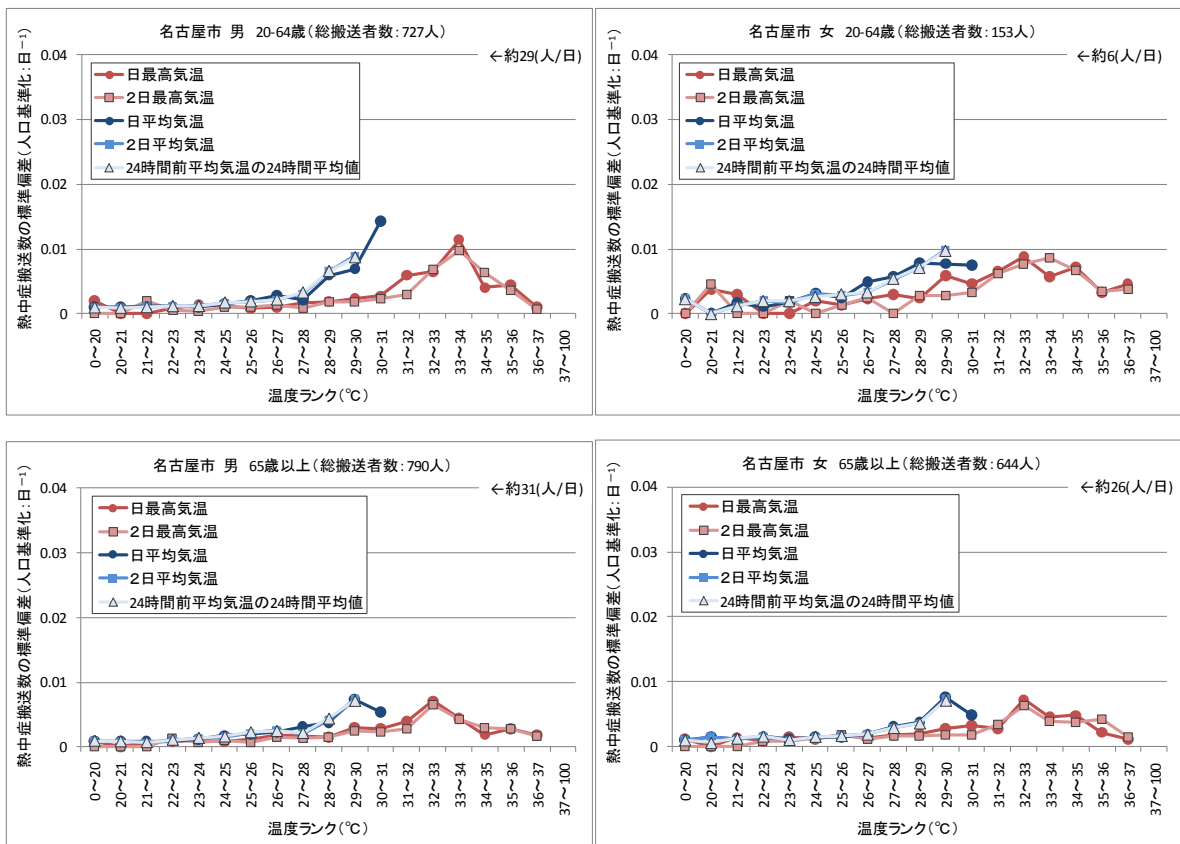


図 1.2 温度指標別、温度ランクごとの標準偏差 (名古屋市)

4. まとめ

熱中症の救急搬送数を説明するのに適切な温度指標について検討を行った。

全国規模での検討では、温度指標間の説明力に違いは認められなかったが、より詳細な検討を都市別に行った所、0-19 歳では相対的に気温の指標による説明力が低いこと、20-64 歳では平均気温を表す指標よりも最高気温を表す指標の方が、若干ではあるが説明力が高いこと、65 歳以上ではその違いは認められないことが示唆された。また、履歴の考慮の有無の違いは明確には認められなかった。

以上より、都市化と熱中症の関連性を気温の指標を用いて議論していくに当たっては、0-19 歳を除いた 20-64 歳および 65 歳以上を対象とすることが適切であり、また、20-64 歳階級に対しては最高気温を表す温度指標を用いた方が良いと考えられる。65 歳以上については、平均気温を表す指標も最高気温を表す指標も有効であると考えられる。また、今回の検討の範囲では履歴の考慮による説明力の顕著な違いは見られなかったことから、一般的に分かりやすい日最高気温や日平均気温を用いることが考えられる。以上を表 3 に整理した。

表 3 温度指標の評価のまとめ

年齢階級	性別	温度指標の評価
0-19 歳	男	△：温度指標（熱中症搬送数と気温の指標との相関が低い）
	女	
20-64 歳	男	◎：日最高気温（熱中症搬送数との相関が日平均気温よりも良く、分かりやすい） ◎：2 日最高気温（熱中症搬送数との相関が日平均気温よりも良い） ◎：日平均気温（熱中症搬送数との相関が良く、分かりやすい） ○：2 日平均気温（熱中症搬送数との相関が良い） ○：覚知時刻から 24 時間前平均気温の 24 時間平均値（熱中症搬送数との相関が良い）
	女	
65 歳以上	男	◎：日最高気温（熱中症搬送数との相関が良く、分かりやすい） ○：2 日最高気温（熱中症搬送数との相関が良い） ◎：日平均気温（熱中症搬送数との相関が良く、分かりやすい） ○：2 日平均気温（熱中症搬送数との相関が良い） ○：覚知時刻から 24 時間前平均気温の 24 時間平均値（熱中症搬送数との相関が良い）
	女	

なお、熱中症救急搬送数と温度指標の関連性だけに着目すれば、冒頭に記載したように、覚知時刻から 24 時間前平均についての平均気温・最高気温や、高温時間数、ある気温以上の積算値等の指標についての検討や体感を考慮した WBGT 等についての検討も必要であるが、これらについては今後の課題とする。