

2 沖縄県における熱中症患者発生と気象の関係

比嘉良守・花宮義和・上江洲久雄・上原一也（沖縄気象台）

1 はじめに

人は暑い時に皮膚に多くの血液を分布させたり、汗をかいたりして体温を低下させている。熱中症とは、熱の産生と放出のバランスが崩れて体温が上昇し障害が生じた状態をいう[1]。

沖縄県は熱中症に対して6月から9月までを予防のための啓発活動期間としている。この活動の一環として沖縄気象台は、日最高気温33以上が観測された場合および予想される場合に天気予報の気象概況の中で熱中症に注意するよう呼びかけている。

2 調査目的

亜熱帯海洋性気候に属する沖縄の気候特性および気象要素と熱中症患者発生との関係を把握することを目的に本調査を行った。さらに熱中症予防のための指標として用いられるWBGT(湿球黒球温度)との関係を明らかにし、熱中症と気象の関わりの基礎資料作成を進める。

3 調査方法

2001～2006年(6～9月)の県内の熱中症患者数等を沖縄県より入手し、患者と沖縄気象台(那覇)の気象観測値およびWBGT値と比較する。

4 気象観測値と患者の関係

(1) 2006年那覇の気温と患者数の関係

第1図は日毎の患者発生数と那覇の気温の関係を示している。熱中症患者は梅雨期間中の6月15日、19日にも単発的に発生しているが、梅雨明け(6月20日ごろ)後から7月上旬にかけて気温の急激な上昇と共に、特に日最高気温が31、日最低気温が26を超えたあたりからほぼ連日発生している。その後も日最高気温の上昇とあわせて断続的に患者が発生し、8月11日には最も多い10人が熱中症となった。以後、日最高気温は下降傾向を示し、患者発生日も少なくなった。なお、7月6日には調査期間

中最高の日最高気温35.0を観測し、調査期間中2番目に多い7人の患者が発生した。

2006年は日最高気温31、日最低気温26以上で患者が発生する傾向にあることが推測できる。

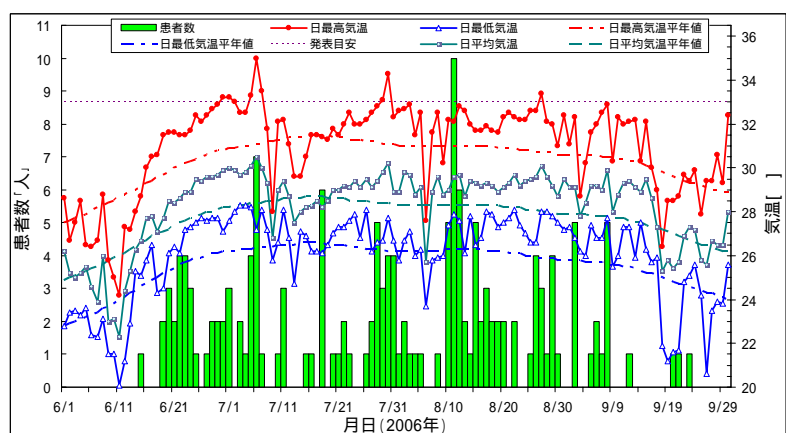
(2) 各気象観測値と患者との関係

2001～2006年のデータで見ると、日最高気温については30～31に患者発生の閾値がありそうであるが、日最低気温については24～26と幅が広く閾値は明瞭でない(第2図左)。その他には日最小相対湿度75%以下、日平均風速9m/s以下、日照時間4時間/日以上、全天日射量13MJ/m²以上で患者が多く発生する傾向がつかめた(図省略)。

次に適中率、捕捉率を第3図、第2表のように定義して気象観測値と患者を比較した。適中率は日最高気温が31で67.1%となり、32になると71.3%に上昇する。一方、患者発生日数捕捉率は日最高気温が31で90.6%だが、32になると65.2%に急下降する。現在の発表目安である日最高気温33では捕捉率21.9%、適中率67.9%となった。

その他の気象観測値でも同様に調査した。結果、適中率の良かった上位3要素を第2表に示す(捕捉率は表省略)。

なお、直達日射積算量や日積算紫外線量および平年との差(各気温、平均相対湿度、日照時間)



第1図 那覇の日最高・最低・平均気温(平年値)と沖縄本島地方の熱中症患者数(2006年6～9月)

前日との差（各気温、日照時間、全天日射量、直達日射積算量）では、患者発生との間に明瞭な関係は見られなかった。また、気温と患者数がともに上昇する7月中旬までを「前期」、気温が下降する時期を「後期」として各気象観測値と対比させたが、患者発生との間には明瞭な関係は見られなかった（図省略）。

(3) 各気象観測値を組合せてみた場合

患者発生と比較的対応の良かった気象観測値を組合せ、全患者発生日数（256日）に対する閾値内患者発生日数の適中率および捕捉率を求め、有効性と閾値（条件）を探った。条件内での最大値を一覧にしたものが第3表である。傾向としては、気温と組合せることで適中率が上がっている。

第4図は組合せ中最も適中率の良かった日平均風速と日最低気温の捕捉率をみたもので、「日平均風速は7m/s以下」、「日最低気温は28以上」という条件で捕捉率80%以上が得られている。また、日平均風速5~4m/s、日最低気温27~28で患者発生日数に急変があることがわかる。

5 WBGT

(1) 熱中症予防の指標としてのWBGT

WBGT (Wet-bulb Globe Temperature : 湿球黒球温度、Yaglou と Minard により提唱) とは、人体の熱収支に影響の大きい気温、湿度、輻射熱を取り入れた指標で、現在熱中症予防のため広く用いられており、乾球温度 (T)、湿球温度 (Tw)、黒球温度 (Tg) により次式で算出できる。

$$WBGT = 0.7T_w + 0.2T_g + 0.1T \quad (1)$$

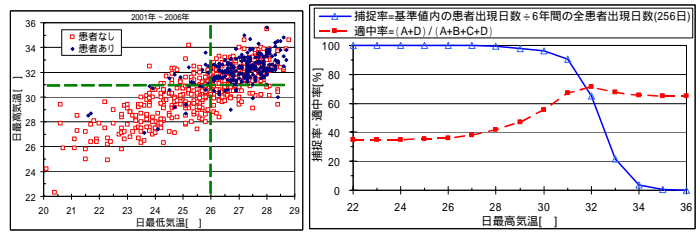
また、WBGT と熱中症との関係については、熱中症保健指導マニュアルにおいて WBGT 温度 28~31 (気温: 31~35) で嚴重警戒として関連付けられている[1]。

今回、那覇の地上気象観測による気温、相対湿度、現地気圧、全天日射量の1分値データを用いて WBGT を近似的に求め、熱中症患者数との関係を調査した。ここで湿球温度 Tw は解析的には求められないため、(2)(3)式より導出した近似値を用いた。

$$e = e_s(T_w) - \frac{c_p P}{\epsilon L} (T - T_w) \quad (2)$$

$$e_s(T) = \exp\left\{19.482 - \frac{4303.4}{T + 243.5}\right\} \quad (3)$$

また、黒球温度 Tg は気象台において観測してい



第2図(左) 日最高・最低気温と患者発生あり・なし
第3図(右) 日最高気温の適中率と捕捉率

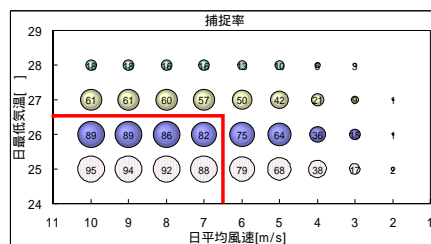
第2表 適中率算出表と気象観測値(単独)での適中率

患者発生		あり	なし			
		A	B			
気象観測値 WBGT値	基準値 以上			日最高気温 (MXT)[]	日最低気温 (MNT)[]	日平均気温 (AVT)[]
	基準値 以下			適中率[%]	71.3	69.7
湿度、風速は上段を以下、下段を以下とした				条件(基準値)	32 以上	27 以上
適中率=(A+D)/(A+B+C+D)						66.9

第3表 気象観測値組合せでの適中率

	日最高気温 (MXT)[]	日最低気温 (MNT)[]	日平均気温 (AVT)[]	日照時間 (SMS)[h]	全天日射量 (SMG) [MJ/m ²]	日最小相対湿度 (MNH)[%]
日最低気温 (MNT)[]	72.5 MXT:31以上 MNT:27以上	-	-	-	-	-
日平均気温 (AVT)[]	71.3 MXT:31以上 AVT:29以上	71.3 MNT:26以上 AVT:29以上	-	-	-	-
日照時間 (SMS)[h]	71.4 MXT:32以上 SMS:4以上	72.1 MNT:27以上 SMS:4以上	72.1 AVT:29以上 SMS:4以上	-	-	-
全天日射量 (SMG) [MJ/m ²]	71.3 MXT:32以上 SMG:10~11~12以上	71.4 MNT:27以上 SMG:18~19以上	71.9 AVT:29以上 SMG:19以上	67.6 SMS:9以上 SMG:24以上	-	-
日最小相対湿度 (MNH)[%]	71.3 MXT:32以上 MNH:80~75~70以下	71.6 MNT:27以上 MNH:65以下	70.8 AVT:29以上 MNH:80~75以下	65.6 SMS:10以上 MNH:70以下	67.4 SMG:25以上 MNH:70以下	-
日平均風速 (AVW)[m/s]	73.1 MXT:32以上 AVW:5以下	73.4 MNT:27以上 AVW:6以下	73.0 AVT:29以上 AVW:5以下	68.0 SMS:8以上 AVW:5以下	68.6 SMG:23以上 AVW:5以下	65.4 MNH:50以上 AVW:4~3以下

注：第2、3表ともに上段は適中率、下段はその時の条件



第4図 日平均風速と日最高気温を組合せた時の捕捉率

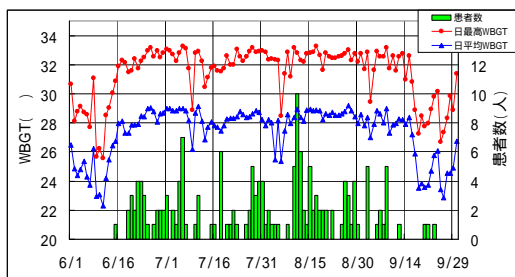
ないため、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構により提案されている近似式(4)式を用いた。

$$T_g = T + \frac{0.09S}{1 + 0.0037S} \quad (4)$$

e : 蒸気圧 (hPa)	e _s : 飽和蒸気圧 (hPa)
T _w : 湿球温度 ()	C _p : 定圧比熱 (J/kg*K)
p : 気圧 (hPa)	0.622 L : 蒸発熱 (J/kg)
T : 気温 ()	S : 日射量 (W/m ²)

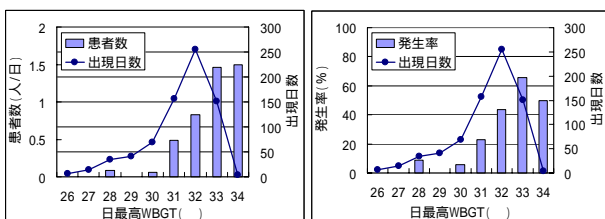
(2) WBGT と熱中症患者数との関係

図4図に2006年の那覇のWBGT値と沖縄本島地方の熱中症患者数を時系列で示した。これによると日平均、日最高WBGTともにWBGTが増加した時に発生している傾向がある。



第4図 那覇のWBGT、患者数の時系列図(2006年)

WBGT階級ごとの1日あたりの患者発生数と、発生率(熱中症患者発生日数/階級内全日数)を第5図に示す。患者発生数は日最高WBGT30まではほぼ0であるが、31以上から増加しはじめ、WBGTが高いほど患者発生数は増加する傾向にある。また、発生率も同様に日最高WBGT30まではほぼ0であるが、31以上になると急増し33で50%を超えるようになる。



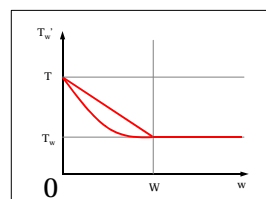
第5図 WBGT階級毎の度数分布図(2001~2006年)

(3) 風速によるWBGTの補正

前記したWBGTには風の効果が入っていないため、以下の方法でT_wを風速w(m/s)で補正することを試みた。

はじめに基準風速W(m/s)を決めて、この風速よりも小さい場合にT_wを補正する。補正湿球温度をT_w'とすると、w=0のときT_w'=T、w=WのときT_w'=T_wとして、その間を第6図のように線形(図中)および2次関数(図中)で近似する(式省略)。次に第2表の定義により適中率を算出した。

結果、補正していないWBGTでは32で適中率が70.4%で最高となったのに対して、線形近似した場合()風速10m/s未満・WBGT34での適中率が74.2%となった。また、2次関数近似をした場合()は、風速10m/s未満・WBGT33での適中率が74.6%となり、それぞれで改善が見られた。



第6図 湿球温度T_wの補正イメージ図

6 まとめ

沖縄県では「梅雨明け後の特徴的な気候(太平洋高気圧勢力下)」に患者が発生しやすいという結果を得た。特徴的な結果は以下のとおりである。

- (1) 熱中症患者発生は日最高・最低・平均気温との対応がよく、日最高気温31以上、日最低気温26以上に集中している。
- (2) 2つの気象観測値を組合せることで単独運用よりも適中率を上げることができる。
- (3) 日最高WBGT値は、31以上で患者が急増し、33で発生率が50%を超える。指標として広く用いられているWBGTに対して風速補正を行うことで適中率を上げることができる。

ただし、熱中症を評価する際、注意を要する点として、晴天に伴う人間活動増加の扱いがある。

7 謝辞

熱中症患者発生に関する詳細な資料を提供してくださった沖縄県福祉保健部健康増進課に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1]環境省(平成17年6月):熱中症保健指導マニュアル
- [2]山口章吾・大山辰夫:熱中症と気象について、平成16年度東京管区調査研究会誌