

平成 28 年度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）
『2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会に向けた外国人・障害者等に対する熱中症対策に関する研究』
分担研究報告書

日別・地域別の症例発生と重症度から各種気象に関するパラメーターの
有効性の検討と発生予測への応用

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振興部 部長

研究要旨

本研究は、2020 年東京オリンピック・パラリンピックに向けて有効となる情報リソースを選別・統合し、新たな熱中症危険度予測手法を開発すること目的としている。新たな熱中症危険度予測手法を検討するため、①気象予測の予報有効期間の検討、②消防庁熱中症救急搬送者速報を用いた熱中症リスクの評価、③日本の暑さにかかる外国人旅行者アンケート、④HS-STUDY2016 と消防庁熱中症救急搬送者数との関係解析、について調査・研究を行った。

その結果、①暑さ指数予測値は 4 日程度まで有効である可能性が高い、②熱中症搬送者が急増する猛暑期間は 7 日前から予測でき可能性がある、③過去の搬送者数から求めた WBGT28℃における熱中症の発生リスクは、北海道では東京のおよそ 6 倍、高齢者は成人のおよそ 3 倍であった、④海外からの日本への旅行者は、日本の夏を蒸し暑いと感じており、北欧の方を中心に、熱中症の症状や対応策を啓発することが有効である、⑤HS-STUDY の速報値を用いて全国の熱中症発生リスクの状況を把握できる可能性があること、などが明らかとなった。

本研究は、2020 年東京オリンピック・パラリンピックに向けて有効となる情報リソースを選別・統合し、新たな熱中症危険度予測手法を開発すること目的としている。新たな熱中症危険度予測手法を検討するため、

- ・ 気象予測の予報有効期間の検討
- ・ 消防庁熱中症救急搬送者速報を用いた熱中症リスクの評価
- ・ 日本の暑さにかかる外国人旅行者アンケート
- ・ HS-STUDY2016 と消防庁熱中症救急搬送者数との関係解析

について調査・研究を行った。

1. 気象予測の予測有効期間の検討

熱中症気象情報としては、環境省「熱中症予防情報」、日本気象協会「熱中症情報」があり、暑さ指数(WBGT: Wet-Bulb Globe Temperature、黒球湿球温度)の予測値が、前者は 3 日間、後者は 8 日間提供されている。

暑さ指数の精度は、「平成 28 年度 体感指標に関する調査及び黒球温度等観測・WBGT 算出業務」業務報告書では、平成 28 年 6～9 月の東京地点の暑さ指数予報の誤差の標準偏差は、今日：1.5℃、明日：1.9℃、明後日：1.8℃で、明後日までは、ほぼ同じ程度の精度で予測値を提供することが

出来ているとしている。

日本気象協会の「熱中症情報」においては予測精度の検証結果が公表されていないが、気象庁では最高気温の予報について、その精度を公開しており（図1）1995～2016年における関東・甲信地方の最高気温の予測精度（予報の誤差の標準偏差）は、明日：1.9℃、明後日：2.5℃、3日目：2.7℃、4日目：2.8℃、5日目：3.0℃、6日目：3.1℃、7日目：3.1℃であり、5日目以降予報精度はほぼ一定の値をとるようになり、予報の有効性が低くなる（誤差が気候的変動幅に近くなる）。8月の暑さ予報は、4日先までが有効な期間と推定される。



図1 最高気温の予測精度（関東甲信地方、8月）

一方、2010年や2013年の猛暑年にあらわれる、全国的に高温となる現象（マスコミ報道などで「熱波」と呼ばれることもある）は、東アジア全体をカバーする現象で、より長期的な予測が可能とされており、気象庁では「異常天候早期警戒情報」（情報発表日の5日後から14日後までを対象として、7日間平均気温が「かなり高い」もしくは「かなり低い」となる確率）を公表している。

2010年は3回にわたり、最高気温が35℃を継続して超える猛暑期間があり、多くの熱中症搬送者を記録したが、東京および大阪について7月下旬、8月上旬、8月中旬の猛暑期間について、最高気温35℃を超える期間（図2のピンク色の期間）を、何日前から予測できたか（図2のオレンジ色）検証した。

東京については、7月下旬および8月中旬の猛暑期間は5日前から予測できていた。

			最高	最低	1日前	2日前	3日前	4日前	5日前	6日前	7日前
東京	201007	15	31.4	26.4	31	33	34	34	35	34	33
東京	201007	16	31.9	25.8	31	34	34	35	35	34	33
東京	201007	17	32.1	26	33	34	35	35	34	33	32
東京	201007	18	31.7	25.6	33	35	35	35	35	34	33
東京	201007	19	34.5	26.1	35	34	34	33	34	32	32
東京	201007	20	34.5	27.3	34	35	34	33	32	33	33
東京	201007	21	36.3	28	34	36	35	33	33	33	33
東京	201007	22	36.1	27.6	34	35	34	33	34	34	34
東京	201007	23	35.7	26.8	35	34	34	35	35	35	35
東京	201007	24	35.8	26.5	34	33	35	36	35	34	34
東京	201007	25	34.4	25.5	33	35	35	35	34	35	34
東京	201007	26	33.3	25.7	34	34	33	32	34	34	35
東京	201008	10	30.5	25.8	31	32	33	33	34	35	34
東京	201008	11	31.9	26.9	31	34	34	35	35	32	31
東京	201008	12	32.3	26.8	33	33	34	35	32	32	32
東京	201008	13	30.3	26.9	33	34	35	34	32	31	31
東京	201008	14	32.6	26.8	35	35	34	33	31	31	32
東京	201008	15	35.5	28.6	35	33	32	31	31	32	33
東京	201008	16	36.3	28.1	34	32	32	31	32	33	33
東京	201008	17	37.2	28.9	34	32	31	32	34	34	33
東京	201008	18	35.1	27.3	31	32	33	34	34	33	32
東京	201008	19	33.1	26.2	30	32	33	33	32	31	31

図2(a) 猛暑期間の予測可能性（2010年、東京）

			最高	最低	1日前	2日前	3日前	4日前	5日前	6日前	7日前
大阪	201007	18	32.8	24.5	34	34	35	35	35	34	33
大阪	201007	19	32.9	25.7	33	33	35	35	33	31	30
大阪	201007	20	33.9	26.4	33	33	35	35	33	32	33
大阪	201007	21	34.2	26.2	34	34	35	32	32	33	33
大阪	201007	22	35.3	26.2	34	35	34	32	33	33	33
大阪	201007	23	36	27.5	35	33	33	34	34	33	33
大阪	201007	24	35.6	27.3	35	33	34	34	33	32	33
大阪	201007	25	36.7	27.6	35	33	34	32	34	34	34
大阪	201007	26	34.9	27.6	35	33	31	33	35	34	34
大阪	201007	27	34.6	26.9	33	30	33	35	35	35	34
大阪	201007	28	33.3	24.6	31	34	35	36	35	35	34
大阪	201007	29	28.5	23.3	34	34	36	36	36	35	35
大阪	201007	30	33.5	26.4	35	34	36	35	35	35	34
大阪	201007	31	34	27.2	35	35	35	34	35	35	34
大阪	201008	1	34.8	27.6	33	34	34	35	35	34	34
大阪	201008	2	36.4	28.4	34	35	35	36	33	33	33
大阪	201008	3	35.6	28.1	35	35	35	36	33	33	33
大阪	201008	8	34.9	26.2	33	35	34	33	33	34	34
大阪	201008	9	33.5	26.1	33	34	34	34	34	34	35
大阪	201008	10	33.4	26.5	34	31	35	35	35	35	34
大阪	201008	11	34.6	25.7	30	35	35	35	35	34	33
大阪	201008	12	30.7	26	33	33	34	35	34	34	34
大阪	201008	13	34.3	25.7	33	33	36	35	35	35	34
大阪	201008	14	32.9	28.2	34	35	35	35	36	34	35
大阪	201008	15	34.5	28.7	35	35	36	36	35	35	35
大阪	201008	16	35	28.1	35	36	35	35	35	35	35
大阪	201008	17	36.4	27.6	36	36	35	35	35	35	35
大阪	201008	18	37.3	27.1	36	36	36	36	36	35	34
大阪	201008	19	36.6	28.2	36	35	35	35	34	34	34
大阪	201008	20	35.8	27.8	36	35	35	35	34	34	34
大阪	201008	21	36.2	28.1	36	35	35	35	34	34	34
大阪	201008	22	35.6	28.1	36	34	35	34	33	34	33
大阪	201008	23	36.8	28.4	34	35	34	34	35	34	33
大阪	201008	24	35.7	27.9	35	35	35	36	35	35	34

図2(b) 猛暑期間の予測可能性（2010年、大阪）

また、大阪については、7月下旬の猛暑期間については5日前から、8月上旬および中旬の猛暑期間は7日前から予想していた。

本年度の調査結果から、通常辞は有効性の高い暑さ指数の予報は4日程度先までであるが、極端な猛暑になる場合は、7日程度先から予測できる可能性があることが示された。

2. 消防庁熱中症救急搬送者速報を用いた熱中症リスクの評価

消防庁は、平成 20 年度から夏季の熱中症搬送者数速報を公表しており、平成 29 年度は 4 月 25 日～10 月 2 日の間、熱中症救急搬送者数が速報された。

HS-STUDY2016「熱中症症例 Fax システム」では日々の熱中症重症者数を翌日に速報しているが、4 項に示すように、平成 28 年の場合、報告数が 5 例程度を上回ると、消防庁の熱中症救急搬送者速報との対応がある程度良く、全国の搬送者数のおおよその状況を推定できる可能性がある。

1) 熱中症搬送者数のカテゴリー

6～9 月の期間の速報値がある 2010～2016 年の日々の消防庁熱中症救急搬送者速報を多い順位ならべ、熱中症搬送者の多寡を表わす目安を検討した。

2010～2016 年 6～9 月の消防庁熱中症救急搬送者数は、854 個のデータから構成される。このデータを多い順にならべ、5,10,30,50,70,90%値および最大値・最小値を表 1 に示した。また、気象庁が発表する季節予報では、夏の気温などを「きわめて暑い」(10%値より高い)、「高い」(30%値より高い)などと表現しており、この区分を参考に十位を四捨五入し、熱中症搬送者数の「極めて多い」「多い」「やや多い」の閾値を示した。

最大値	2711
5%値	1346
10%値	1043
30%値	479
50%値	194
70%値	80
90%値	28
最小値	4

表 1 (a)
消防庁熱中症救急搬送者数の順位値

極めて多い	10%値	1000
多い	30%値	500
やや多い	50%値	200

表 1 (b)
消防庁熱中症救急搬送者数のカテゴリー

HS-STUDY2016「熱中症症例 Fax システム」と消防庁熱中症救急搬送者数の間に高い相関関係が得られれば、速報値により熱中症発生リスクをカテゴリーで推定・提供できる可能性がある。

2) 年齢別および都道府県別の熱中症発生リスク

次に、2008～2016 年の日別県別の熱中症による救急搬送者数と各都市の日最高 WBGT を収集し、都道府県別の熱中症リスクを検討した。なお、各都道府県の人口の多寡による違いを平滑化するため、熱中症救急搬送者数は、人口 10 万人あたりの日別発生数に規格化して解析を行った。各都道府県の人口は、厚生労働省「人口動態統計」の「第 2 表 都道府県、年齢 (5 歳階級)、男女別人口—総人口 (平成 27 年 10 月 1 日現在)」を用い、年齢別の発症リスクの分析には、平成 22 年国勢調査の「第 1 表 年齢 (各歳)、男女別人口、面積及び人口密度、平均年齢」を用いた。

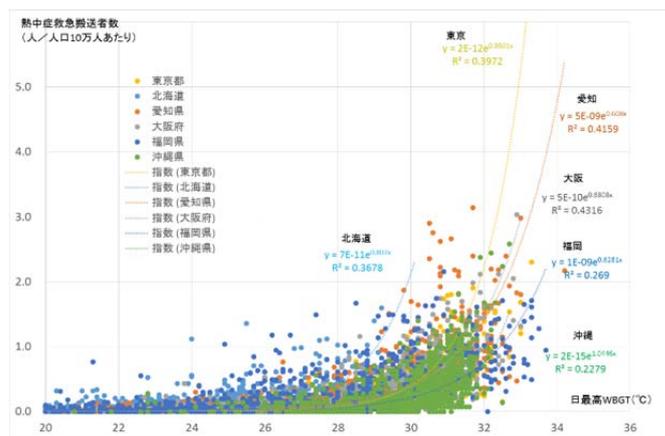


図 3 都道府県別熱中症搬送者数 (2008～2016 年)

図 3 は、2008～2016 年の全データについて、日別の人口 10 万人あたりの搬送者数と都道府県庁所在地における日最高 WBGT の散布図で、それぞれの都道府県について、指数関数で回帰直線

を求めている。

東京・愛知・大阪はほぼ同様の回帰曲線となるが、北海道では、より低い WBGT でも搬送者数は多くなり、福岡・沖縄ではより高い WBGT でも搬送者数は低くなる傾向にあり、夏期も比較的冷涼な気候にある北日本では、同じ WBGT でも熱中症リスクが高い。

表 2 都道府県別の熱中症リスク

	a	b	R ²	WBGT31°C での熱中 症リスク	WBGT	
					25	28
					回帰式で計算される人口10万人あたりの搬送者数(人)	
北海道	7.00E-11	0.807	0.368	6.75	0.04	0.46
東京	2.00E-12	0.860	0.397	1.00	0.00	0.06
愛知	5.00E-09	0.608	0.416	1.01	0.02	0.12
大阪	5.00E-10	0.681	0.432	0.96	0.01	0.09
福岡	1.00E-09	0.628	0.269	0.38	0.01	0.04
沖縄	2.00E-15	1.045	0.228	0.30	0.00	0.01

a,b:回帰式 $y=a \times eb$ の係数、R²:回帰式の相関係数の2乗

表 2 に、各都道府県の指数回帰式の係数、WBGT25,28,31°Cにおける人口 10 万人あたりの搬送者数、東京都の WBGT31°Cでの熱中症搬送者数を 1.0 とした場合の、各都道府県における熱中症リスク（熱中症搬送者数の東京都に対する比）を示した。

次に、消防庁搬送者数における、年齢区分および医療機関での初診時における傷病程度は表 3 に示すとおりであり、図 4 に 2008~2016 年の全データについて、東京都における年齢区分別の日別の人口 10 万人あたり搬送者数と日最高 WBGT の散布図を示し、指数関数で回帰直線を求めた。

表 3 救急搬送者の年齢区分と重症度区分

新生児	生後 28 日未満の者
乳幼児	生後 28 日以上満 7 歳未満の者
少年	満 7 歳以上満 18 歳未満の者
成人	満 18 歳以上満 65 歳未満の者
高齢者	満 65 歳以上の者

軽症	入院加療を必要としないもの
中等症	重症または軽症以外のもの
重症	3 週間以上の入院加療を必要とするもの

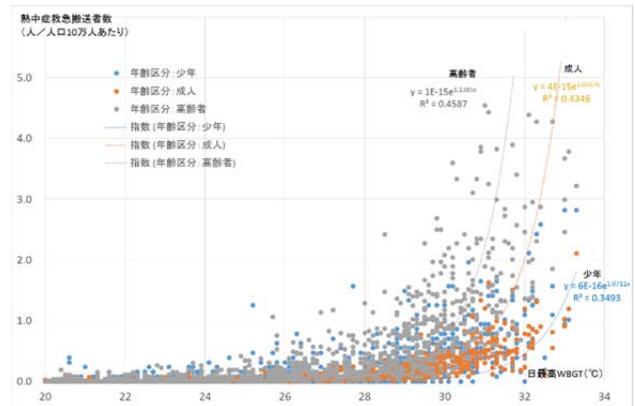


図 4 年齢別熱中症搬送者数(2008~2016年、東京)

少年はスポーツ場面での発症が多いことから、低い WBGT でも発生が見られるが、WBGT が高くなっても、それほど増加していない。一方、成人・高齢者では WBGT29°Cを越えるあたりから搬送者数が増加し、高齢者の方が成人よりも増加する割合が大きい。

年齢階級別の指数回帰式の係数、WBGT 25,28,31°Cにおける人口 10 万人あたりの搬送者数、成人の WBGT31°Cでの熱中症搬送者数を 1.0 とした場合の、それぞれの年齢階級における熱中症リスク（熱中症搬送者数の成人に対する比）を表 4 に示した。

表 4 年齢階級別の熱中症リスク

	a	b	R ²	WBGT31°C での熱中 症リスク	WBGT(°C)	
					25	28
					回帰式で計算される人口10万人あたりの搬送者数(人)	
少年	6.00E-16	1.071	0.349	0.23	0.00	0.01
成人	4.00E-15	1.057	0.435	1.00	0.00	0.03
高齢者	1.00E-15	1.139	0.459	3.16	0.00	0.07

a,b:回帰式 $y=a \times eb$ の係数、R²:回帰式の相関係数の2乗

3. 日本の暑さに係る外国人旅行者アンケート

平成 28 年 8 月 2～4 日の期間、成田空港国際線出発ロビーにおいて、海外から日本への旅行者にインタビュー形式でアンケートを行い、約 500 例の回答を得た。この中で、旅行者の居住国と日本の「暑さ（気温）」「魅し暑さ（湿度）」について 1～5 の 5 段階で評価したデータを取得した。

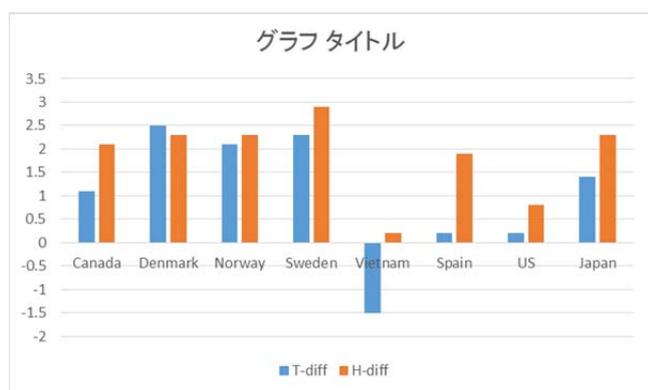


図 5 日本と居住国の気温・湿度感覚の差
(青：暑さの感覚差、橙：湿っぽさの感覚差)

図 5 は居住国別に「暑さスコア（日本の夏が居住国の夏に比べて暑い）」（青）と「蒸し暑さスコア（日本の夏が居住国の夏に比べて蒸し暑い）」（橙）を示した。

- ・ 北欧の方は、他国に比べて日本は暑い、湿度が高いと感じている割合が高い。
- ・ スペインや USA の方では、気温はそれほどでもないが湿度が高いと感じている。
- ・ ベトナムでは、気温は日本の方が涼しく、湿度は同じくらいと感じている。

次に、居住国別に、「旅行中に熱中症の症状を感じたか？」（青）、「居住国に熱中症はあるか？」（橙）、「熱中症への対処方法は知っているか？」（灰色）を統計した結果を図 6 に示した。

北欧の方は、熱中症の症状を感じたとする人は少なく、予防法については約半数の方が知っていると答えている。

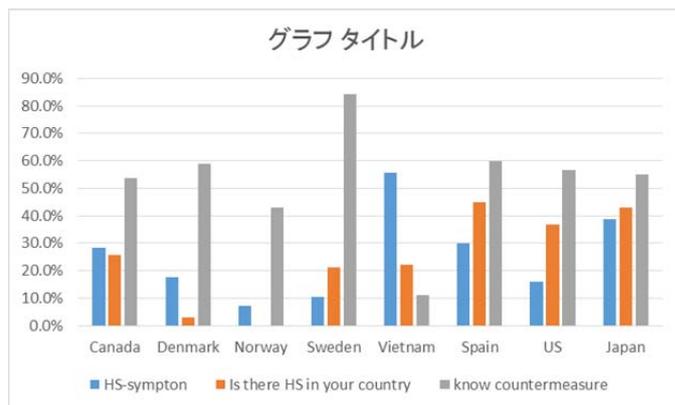


図 6 熱中症の症状に関するアンケート結果

青：熱中症の症状を経験したか？

橙：居住国で熱中症はあるか？

灰：熱中症への処置を知っているか？

ベトナムの方は半数が熱中症の症状を経験したと答えている（質問は旅行中としたが居住国と誤解している可能性がある）、北欧の方で症状があったとしている方は少ないが、熱中症の症状がわからなかった可能性もある。

アジア地域以外の方ほとんどすべてが、日本の夏は蒸し暑いと感じており、北欧の方は、加えて気温も高いと感じている。

本年のアンケート結果からは、オリンピック。パラリンピックに向けて、①北欧の方を中心に、どのような症状になるか、その時の対応策を啓発することが有効か、②湿度が高い時に効果的な対応策（ポジティブなもの）を情報発信する必要があると思われる。

4. HS-STUDY2016 と消防庁搬送者数速報データの関係解析

HS-STUDY2016「熱中症症例 Fax システム」の速報データについて、環境省「熱中症予防情報サイト」で公開を行っている、東京・新潟・名古屋・大阪・広島・福岡の 6 都市における日最高 WBGT 値、および、消防庁「熱中症による救急搬送状況」で公開されている熱中症による救急搬送者数速報を用いて、これらの関係を分析した。

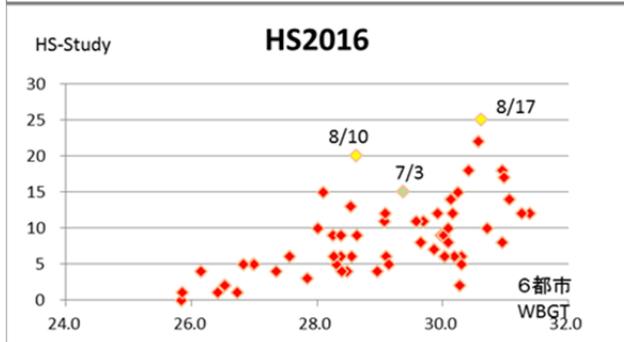
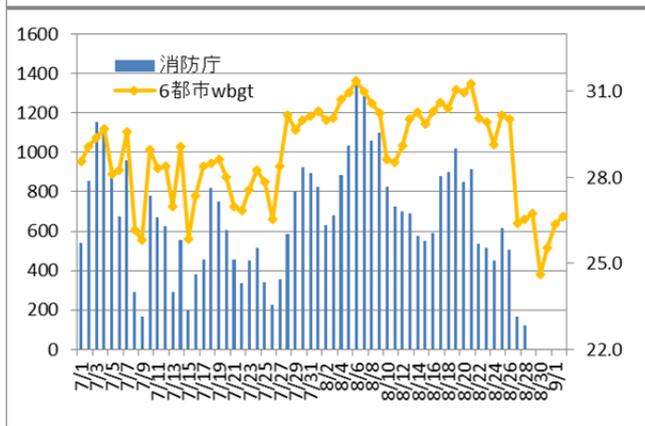
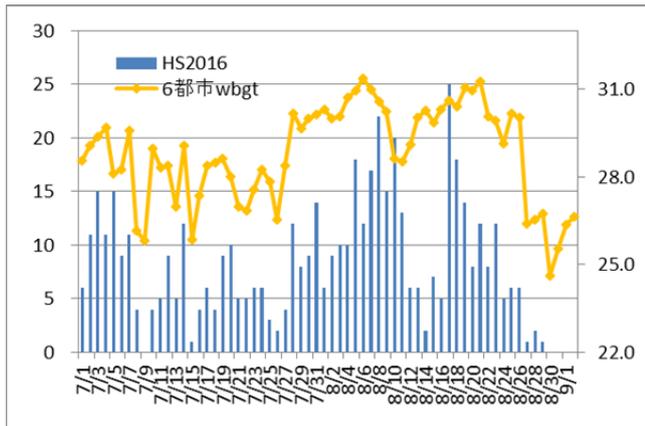


図7 「熱中症症例 Fax システム」速報データ・消防庁救急搬送者数と6都市 WBGT (上: 熱中症症例 Fax システム速報データ、中: 消防庁救急搬送者数、下: 6都市 WBGT 温度帯別 Fax システム速報データ)

前述の6都市の日最高WBGT値平均は、HS-STUDY2016、および、消防庁救急搬送者数と、良く対応しており、WBGTが高いと症例数および搬送者数が増加する。

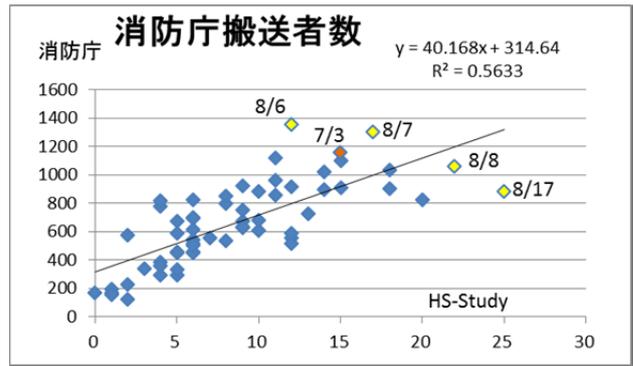


図8 熱中症症例 Fax システム速報データと消防庁救急搬送者数データの比較

HS-STUDY の症例数と消防庁の熱中症搬送者数は図8に示すとおり正の相関関係があった。2014年の同データでは症例が5例程度を超えると、消防庁の熱中症搬送者数がある程度の範囲で推定することが示されたが、2016年においても同様の傾向が示された。

HS-STUDY2016の症例数は重症度Ⅱ以上を対象としている。上図ではHS-STUDY2016の症例数が多くなると、一時回帰式(図の直線)から下側にずれるプロットが多くなっている。これは特に暑さが厳しいときには、消防庁の熱中症搬送者数よりも、HS-STUDY2016の症例数の増加する割合が大きいことを意味して居り、重症度Ⅱ・Ⅲを主とするHS-STUDY2016の症例数の方が、重症度Ⅰのデータを多く含む消防庁の熱中症搬送者数よりも、暑さに対してよりセンシティブであると言える。これらの傾向を2013-2015年の同様のデータで確認したところ、同様の傾向が確認できた。ただ、上図の8/6や8/7などのように逆の傾向(熱中症搬送者の方が増加率が大きい)場合もあり、更に詳しく検討する必要がある。

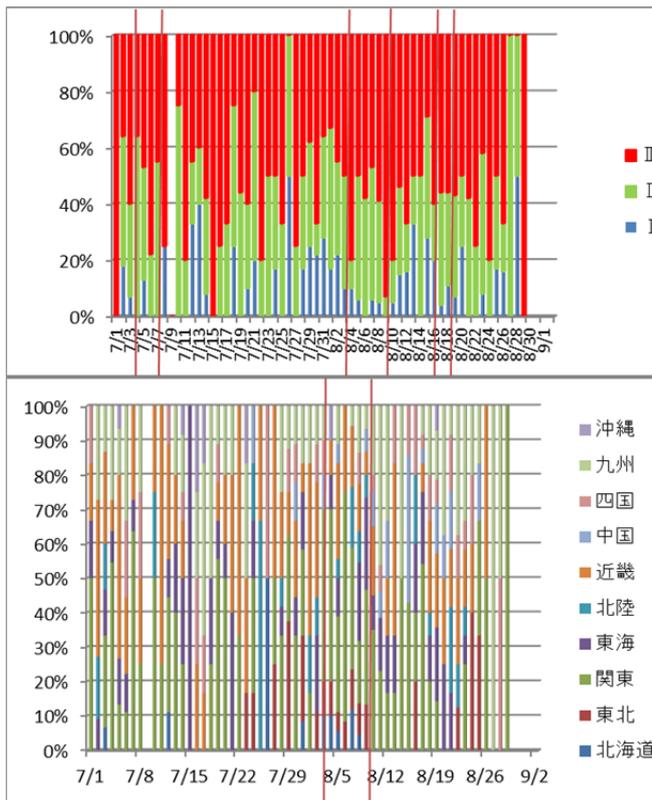


図9 「熱中症症例 Fax システム」速報データ日別重症度率、発生地域割合（平成 28 年）

なお、①厳しい暑さが続く期間に重症者率が次第に高くなる、②地域別に統計するとその時期に暑く（熱中症発生者が多い）地域が反映される傾向は、本年も確認されており、速報としての HS-STUDY データの有効性は確認された。

さらに事例を蓄積する必要があるが、重症症例数の増加、および、特に症例数が増加している地域を情報として提供することで、地方自治体の地域衛生担当者やケア担当者に対し、特に危険な時期や地域を警告するなどの情報に利用することが可能と思われる。また、オリンピック・パラリンピックに向けても、現在の状況を提供することで、注意喚起を促すことで、熱中症リスクの軽減につなげることも可能と思われる。

本年度の調査により、

- ・暑さ指数予測値は 4 日程度まで有効である可能性が高い。
- ・熱中症搬送者が急増する猛暑期間は 7 日前から

予測できる可能性がある。

- ・過去の搬送者数から求めた WBGT28°C における熱中症の発生リスクは、北海道では東京のおよそ 6 倍、高齢者は成人のおよそ 3 倍であった。
- ・海外からの日本への旅行者は、日本の夏を蒸し暑いと感じており、北欧の方を中心に、熱中症の症状や対応策を啓発することが有効である。
- ・HS-STUDY の速報値を用いて全国の熱中症発生リスクの状況を把握できる可能性がある。

ことが明らかとなった。

「夏季のイベントにおける熱中症対策ガイドライン 2017-暫定版-」では、北欧など涼しい地域から日本の夏に来日する旅行者は、暑熱順化が十分ではなく、来日して数日は、高齢者・子供などと同様に熱中症発生リスクが高いとされており、今後、

- ・都道府県別・年齢別の搬送者数の解析をととした熱中症リスク分析（熱中症高リスク群の発生リスク分析）
 - ・HS-STUDY による全国の熱中症搬送数推定の精度評価
 - ・猛暑期間の予測可能性の検討
- により、東京オリンピック・パラリンピックに向け、熱中症リスクの把握、新たな熱中症危険度予測手法の検討を行う。

F. 研究発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし