

暑熱（熱中症）による国内死者数と夏季気温の長期変動

藤部文昭*

要旨

1909～2011年の人口動態統計資料を使って、暑熱による国内の年間死者数と夏季気温の変動を調べた。暑熱による死者数は、戦前から戦争直後まで年間200～300人程度で推移した後、1980年代にかけて減少したが、記録的猛暑になった1994年を契機にして急増し、戦前を上回る数になった。しかし、暑熱による死亡率は1994年以降も戦争前後も同程度であり、年齢層ごとに見ると戦前から現在まで一貫して高齢者の暑熱死亡率が高いことから、近年の暑熱死者数の増加の一因は人口の高齢化にあることが分かる。また、診断運用上の変化による見かけの増加も死者数の増加に寄与している可能性がある。一方、暑熱による年間の死者数・死亡率と夏季気温（7、8月平均気温）との間には、戦後の減少期と1990年代後半以降を除いて0.7～0.8の相関があり、夏季気温の変動1℃当たり暑熱死亡率は40～60%変化する。

1. はじめに

近年、夏の暑さによる熱中症の被害が社会問題になっている。記録的な猛暑になった2010年は、「自然の過度の高温への曝露」（2.1節参照）による全国の死者が1731人に達した。この数字が象徴するように、盛夏期の高温は深刻な気象災害という様相を持っている。

暑熱（熱中症）の被害と気象状態との関連については、人口動態統計や救急搬送数等のデータに基づき、年々あるいは日々の被害件数と高温指標（気温、真夏日数など）との相関が示されてきた（中井 1993；Ando *et al.* 1996；Nakai *et al.* 1999；星・稲葉 2002；星ほか 2007, 2010；入来・橋本 2006；横山・福岡 2006；小野 2009, 2010；環境情報科学センター 2011；Miyatake *et al.* 2012）。近年の被害の増加傾向については、高齢者人口の増加の影響が考えられるほか、診断基準の変化の影響が指摘されており（星ほか

2010；菊地ほか 2010）、また一方、地球温暖化の進行による健康へのリスク増加の可能性が論じられている（安藤ほか 2003；Asanuma *et al.* 2007）。

ここまで、表題や上の段落で「暑熱（熱中症）」という表記をしたが、「暑熱」は高温という気象状態を、「熱中症」はそれが引き起こす症状を表す言葉である。2.1節で述べるように、人口動態統計では「外因」と「傷害の性質」に基づく二本立ての死因分類が行われていて、暑熱は前者、熱中症は後者に対応する。以後、本稿では「暑熱」と「熱中症」を上記のように使い分けることとする。ついでながら、高温に関連する健康障害は熱中症だけではない。気温が「至適範囲」を超えると死亡率が増す傾向があり、それは熱中症よりも循環器疾患や呼吸器疾患によるところが大きいとされる（本田・高橋 2009）。こうした広い視点から、気温と健康被害の関係を扱った研究も行われている（Takahashi *et al.* 2007；兜 2006など）。このように、「暑さによる健康被害」にはいくつかの異なる概念が含まれる。本研究では、高温という気象状態による直接の被害に注目する立場から、人口動態統計における暑熱による死者数を扱う。

前記のように、暑熱の被害や熱中症の発生数と気温

* 気象研究所。E-mail: ffujibe@mri-jma.go.jp

—2012年11月5日受領—

—2013年3月4日受理—

の関係を取り上げた文献は少なくないが、気温データの扱いは比較的簡単であり、気温のほかに年齢構成や診断基準の変化など、被害に関わる諸要因を分析してそれらの関連を解きほぐす試みは十分ではない。また、従来の研究は最も古いものでも1959年以降のデータが対象であるが、暑熱による死者数の統計データは明治時代末期からある。そこで本研究では、この資料を使って過去100年にわたる死者数の変動を調べた。まず、暑熱による死者数と死亡率について、人口データを利用しながらその年齢層別の変化を概観する。次に、気温データを利用して暑熱による死亡率と夏季気温との関連を定量的に調べ、近年の被害増加の実態や要因について考える。

2. 資料と解析方法

2.1 暑熱・熱中症による死者数

日本では1899年から「疾病及び関連保健問題の国際統計分類」(International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, ICD) にほぼ準拠した年間死者数の統計が行われてきた(厚生労働省 2007)。暑熱に関する分類項目が入ったのは第2回ICD(以下ICD-2のように表記)が採用された1909年からである。その後ICDは8回改訂され、暑熱に関連する項目の名前も変遷した。また、1950年から適用されたICD-6以降、外因による死亡については、その原因に関する項目に加えて傷害の性質に関する項目が設けられ、二重の分類が行われるようになった。第1表は暑熱・熱中症に関連する分類項目の変遷を示したものである。

1995年から適用されているICD-10では、「第20章：傷病および死亡の外因」の中に「自然の過度の高温への曝露(X30)」と「人工の過度の高温への曝露(W92)」の項目があり、これらが外因としての暑熱による死者数を表す。一方、「第19章：損傷、中毒およびその他の外因の影響」の中に「熱および光線の作用(T67)」の項目があり、これが傷害の性質としての熱中症死者数に対応する。ただし、社会一般では両者の区別は厳格ではなく、厚生労働省(2012)の広報資料にはX30の数値が「熱中症による死亡数」として掲載されている^[後註1]。実際には、外因としての暑熱死者数と傷害の性質としての熱中症死者数の間に大きな差はない。最近数年間の各項目の人数は下記のようにになっている。

年	2007	2008	2009	2010	2011
X30	904	569	236	1731	948
W92	15	17	26	11	16
T67	923	591	264	1745	961

このように、X30とT67の差はわずかである^[後註2]。本研究では、第1表に「外因」として掲げた項目(ICD-10についてはX30のみとし、W92は除く)を使った。以下、「死者数」という言葉を「暑熱による死者数」の意味で使う。

第1表の各項目の死者数データは、「日本帝国死因統計」(~1931)、「死因統計」(1932~1938)、「人口動態統計」(1939~1943, 1947~)に性別、かつ年齢階級別に掲載されている(ただし1944~1946年は統計がない)。年齢階級は、1935年までは満0歳、1~14歳、

第1表 日本の死因統計における暑熱・熱中症の関連項目の変遷。

ICD	日本の適用期間	外因(コード)	傷害の性質(コード)
2	1909~1922	暑熱(195)	
3	1923~1932	暑熱ニ依ル死(194)	
4	1933~1943	暑熱ニヨル死(191)	
5	1947~1949	暑熱による死(191)	
6	1950~1957	過度の高温及び日射病(E931)	熱および日射の作用(N981)
7	1958~1967	過度の高温及び日射病(E931)	熱および日射の作用(N981)
8	1968~1978	過度の高温(E900)	熱作用(N992)
9	1979~1994	過度の高温(E900) ¹⁾	熱及び光の作用(992)
10 ²⁾	1995~	自然の過度の高温への曝露(X30) 人工の過度の高温への曝露(W92)	熱及び光線の作用(T67)

1) 小分類として、気象条件によるもの(E900.0)、人為的原因によるもの(E900.1)、原因不明のもの(E900.9)が設定されているが、「人口動態統計」の年齢階級別の表ではE900の総数だけが掲載されている。

2) 2003年に一部改訂されたが、X30, W92, T67は変更ない。

15～59歳、および60歳以上の4つである。1936年に1～14歳の階級が4歳以下と5歳以上に分かれ、1937年以後は90歳まで、1947年以後は100歳まで、それぞれ5歳階級ごとの資料が得られる（ただし1937～1939年の70歳以上は10歳階級ごと）。本研究では1909年から2011年までの資料を使った。また、1909～1942年、1947～1949年と1999年以降は都道府県別の死者数データが得られるので、これを使って長期変動の地域特性を調べた。

上記のデータの対象地域は北海道から沖縄県までである。戦前は千島列島が含まれ、戦後は沖縄県や奄美、小笠原が含まれない期間があるが、これらの変化は本研究の解析にはほとんど影響しないと考えられる。

2.2 人口

総務省統計局による下記の人口データを使った。

- (1) 「年齢各歳，男女別人口（明治17年～平成17年）」：1884年から2005年までほぼ5年ごとに、満100歳までの各年齢の男女別人口を収録する（<http://www.stat.go.jp/data/chouki/zuhyou/02-02.xls>，2013年2月3日閲覧）。
- (2) 「都道府県，男女別人口（明治17年～平成21年）」：1920年以降については、毎年の男女別総人口を収録する（<http://www.stat.go.jp/data/chouki/zuhyou/02-05.xls>，2013年2月3日閲覧）。

これらのデータがない部分は以下のように補間した。

- (a) 1920年以前で総人口データがない年は、前後の年の総人口を線形補間した。その上で、1920年の年齢別人口と総人口の比（年齢別人口比）に各年の総人口をかけて、年齢別人口を求めた。資料(1)には1920年より前の年齢別人口のデータもあるが、1920年以降に比べて高齢者が不自然に多く、信頼性に疑問があるため使わなかった^[後注3]。
- (b) 1920年以降で年齢別データがない年については、前後の年の年齢別人口比を線形補間し、これに当年の総人口をかけて、年齢別人口を求めた。
- (c) ただし、1941～1943年については、1940年の年齢別人口比に当年の総人口をかけて、年齢別人口を求めた。これは、戦争前後の人口構成の変化による影響を避けるためである。

2.3 死亡率の計算

暑熱による死者数を年ごと・年齢層ごとに規準化して扱うため、死亡率を計算した。死亡率は次の定義によった。

$$\text{死亡率} = \frac{\text{暑熱による当該年齢層の年間死者数}}{\text{当該年齢層の人口}} \quad (1)$$

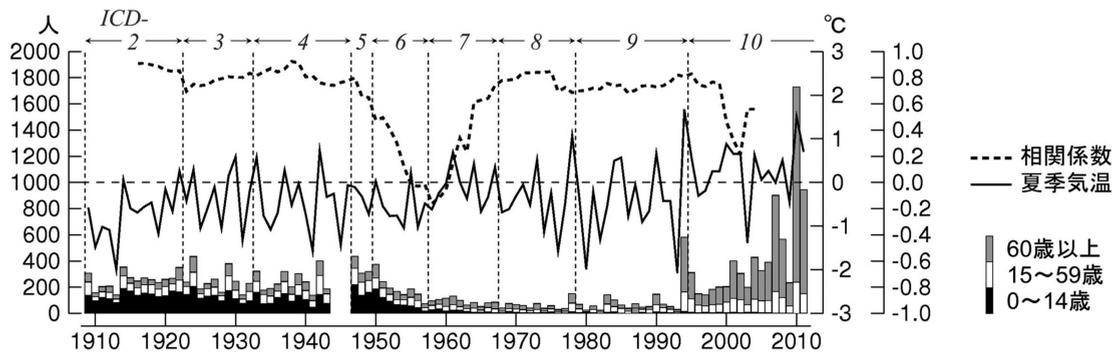
上式の「当該年齢層」は、死者数データの年齢区分（2.1節）に合わせて0～14歳、15～59歳、60歳以上および全年齢とした。加えて、20世紀中ごろまで子どもの被害が多かったことと、近年高齢者の被害が多いこと（後出の第1図参照）を考え、0～4歳と80歳以上の死亡率も求めた。ただし、これらの値が得られるのはそれぞれ1936年以降と1937年以降である。

式(1)で与えられる死亡率は、年齢構成の変化に影響される。そのため、年齢構成の影響を除いた尺度として年齢調整死亡率が定義されている。これは、5歳階級ごと（ただし85歳以上は1階級とする）の死者数を1985年の人口に組み替えた上で式(1)を適用したものである。しかし、本研究で年齢調整死亡率を求めることができるのは、85歳までの5歳階級ごとの死者数データが得られる1940年以降である。そこで、これと年齢調整をしないで求めた死亡率による結果とを比べながら議論を進める。なお、年齢層別（0～14歳、15～59歳など）の年齢調整死亡率も1940年以降については計算できるが、本稿では簡潔さの観点からこれによる結果は示さなかった。

2.4 気温

暑熱や熱中症による死亡率を都道府県別に見ると、北海道で低く東北～南西諸島のところどころで高い（星ほか 2010；後出の第8図）。このことを参考にし、本研究では気温の尺度として、気象庁の気候監視に使われている国内17地点のうち、北海道の3地点を除く14地点の月平均値を使った。具体的には、山形、石巻、水戸、鉾子、伏木、長野、飯田、彦根、境、浜田、宮崎、多度津、名瀬、石垣島である。なお、地点の選び方を変えても（関東以西に限定する、南西諸島の2地点を除く等）、以後の結果に実質的な違いはない。

厚生労働省（2012）による2007～2010年の月別データを見ると、暑熱による死者の大半が7月と8月に発生している。そこで、夏季気温の尺度としては7月と8月の平均値を使い、平年値（1981～2010年の平均



第1図 暑熱による年間死者数（棒グラフ，目盛りは左側），夏季気温（実線，目盛りは右の内側），および各年の前後計15年間の両者の相関係数（点線，目盛りは右の外側）．夏季気温は平年値からの偏差を表す．縦の細点線はICDの更新時．

値）からの偏差で表示した．

次節では，まず3.1節で死者数・死亡率や夏季気温の長期変動を概観した後，3.2節以降でその変動と夏季気温との関係を統計的な有意性に留意しながら評価する．

3. 結果

3.1 暑熱による死者数・死亡率と夏季気温の経年変化の概要

第1図は年間死者数の推移を示す．死者数は，戦前から終戦直後にかけては概して年間200～300人で，その約半数を14歳以下が占めていた．1950年代から死者数は減少に向かい，1960～1990年代前半は概して年間数十人になったが，1994年からは一転して死者が大幅に増えた．その大半は60歳以上（うち過半数は80歳以上）である．

第1図には，夏季気温の年々変動を併せて示す．全体に，気温と死者数の年々変動はよく対応していて，近年の増加の契機になった1994年は，関東以西を中心として記録的な猛暑になった年である．第1図の点線は，1916～2004年について，各年の7年前～7年後（計15年間）を対象にした死者数と夏季気温の相関係数を示したものである．戦前と1960～1990年代前半は相関係数が0.7～0.8に達し，暑熱被害に対する夏の暑さの影響が裏づけられる．しかし，戦後の減少期と1990年代末以降は相関が低く，これらの期間の死者数増減には気温以外の要素が関わっていることが示唆される．なお，期間全体を通じると気温は100年当たり0.8°Cの率で上昇している．

第2図は暑熱による死亡率の推移を示す．死亡率の

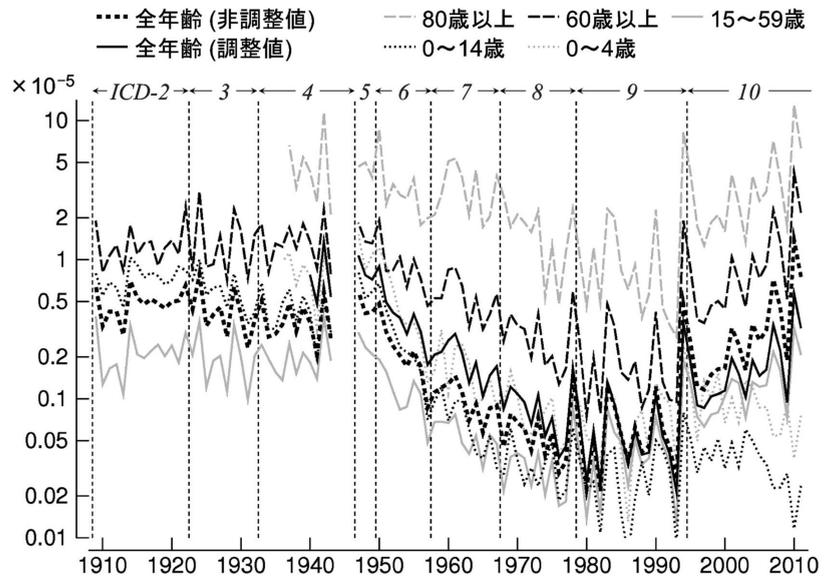
長期変化は，1950年代から1980年代にかけて減少した後，1994年から急増したという点で，第1図における死者数の変化と共通する．ただし，死者数は1994年以降が戦前に比べて大幅に多いのに対し，死亡率は近年のほうがむしろ低い．その要因の1つは，戦前と近年の総人口の違いにある．戦前の総人口は4932万人（1908年）～7289万人（1943年）であり，2010年の1億2806万人の39～57％である．

年齢層別に見ると，死亡率は戦前から一貫して高齢者が高く，年々変動のパターンは14歳以下を除くと各年齢層ともほぼ同じである．このことは，死者数に見られる高齢者比率の急増の主因が年齢構成の変化にあることを示している．実際，1940年ごろと比べ，現在の80歳以上の人口は約30倍，総人口に対する比率も15倍程度になっている．一方，14歳以下の死亡率は戦前に比べて近年は1桁下がり，子どもの暑熱被害は大幅に抑止されたことが伺える．

もし総人口や年齢構成が変わらなかったら，過去から現在までの被害はどう推移してきたのか興味を持たれる．年齢調整死亡率の計算（2.3節）と同じ方法で1985年を基準年とする年齢調整を行うと，2010年の死者数は713人であり，実数の半分以下になる．一方，戦前後の死者数は年齢調整によって大幅に増え，猛暑だった1942年は929人（実数は402人）になる．このことは暑熱死者数の長期変動に年齢構成の変化が少なからず影響することを示している．しかし一方，第2図から分かるように年齢調整の影響を上回る大きさの長期変動が存在する．3.2節では，年齢調整値と非調整値それぞれを利用しながら，戦前を含めた過去100年余にわたる暑熱死亡率の変動と夏季気温等の関連を

議論する。

なお、死亡率はすべての年齢層で男性が女性よりも高く、60歳未満の年代では男性が女性の数倍である。死者数も同様であるが、年齢が上がるにつれて女性の比率が高まるため、死者数に占める女性の比率も増え、75歳以上では女性の死者数が男性を上回る（それでも死亡率は男性のほうが高い）。1994～2011年の全年齢についての死亡率は、男性が女性の1.35倍、死者数は1.29倍である。



第2図 暑熱による死亡率の経年変化。縦の細点線はICDの更新時。

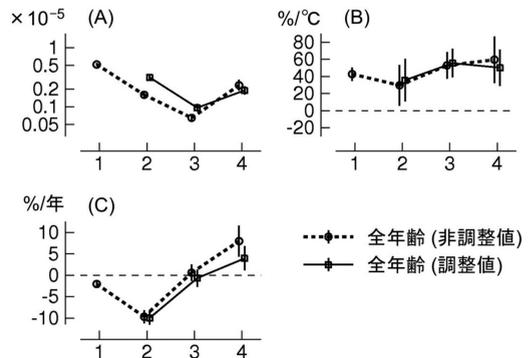
3.2 暑熱死亡率の変動と夏季気温との統計的関係

死亡率の年々変動に対する気温の影響と経年トレンドをそれぞれ定量的に評価するため、次の最小2乗法を使った。

$$\Sigma[\ln M - \{A + BT + C(n - n_0)\}]^2 \rightarrow \text{最小} \quad (2)$$

ここで M は死亡率、 T は夏季気温（平年値からの偏差）、 n は年、 n_0 は期間の中央年であり、 Σ は年についての総和を表す。 A 、 B 、 C が最小2乗係数であり、 A は気温が平年値であるときの死亡率を、 B は気温への依存性を、 C は1次トレンドを表す。式(2)を適用する期間は、第2図の長期変化特性に基づいて、1：戦前（1909～1943年）、2：戦後の減少期（1947～1970年）、3：その後の沈静期（1971～1993年）、4：近年の多発期（1994～2011年）の4つに分けた。 A 、 B 、 C の信頼区間は最小2乗法の誤差行列を使って評価した。以下、危険率5%で有意である場合を「有意」と表記する。

第3図は、全年齢を対象にして求めた A ～ C それぞれの値を、年齢調整しない死亡率と年齢調整死亡率を使った結果とを比較する形で示す。非調整値・調整値とも、 A の値は期間1から期間3にかけて減少した後、期間4に増えている（ A 値の信頼区間は誤差棒を表示できないほど小さいので、上記の変化の統計的有意性は問題ない）。 B 値はすべての期間に有意な



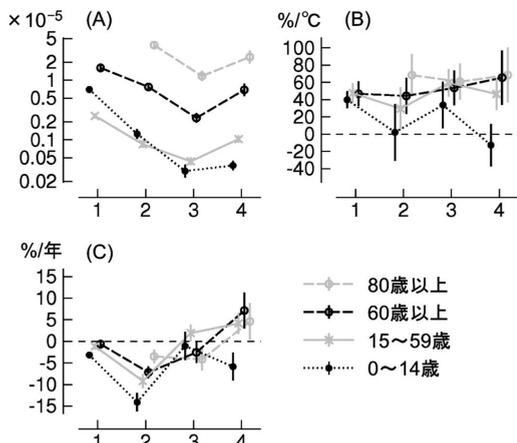
第3図 期間1（1909～1943年）、期間2（1947～1970年）、期間3（1971～1993年）、期間4（1994～2011年）における式(2)の A 、 B 、 C 項の値。 A 項の縦軸は真数に換算した値を示す。縦棒は95%信頼区間。

正值である。その値は時代とともにやや大きくなる傾向があるように見えるが、概して1℃あたり40～60%である。 C 値は期間2は負、期間3はほぼゼロ、期間4は正である（非調整値による期間1の C 値は、小さいながら有意に負）。以上のように、式(2)による死亡率の変化には年齢調整の有無にかかわらず共通の特徴がある。ただし、調整死亡率は非調整死亡率に比べて期間2の A 値が大きい。一方、期間4の C 値は

調整死亡率による値が4.0%/年であるのに対し、非調整死亡率による値は8.0%/年である。これらの差は、非調整死亡率の近年の増加傾向の中に、人口構成の変化に伴う高齢者の比率増の影響が含まれることを示している。

第4図は年齢層別の結果を示す。15～59歳、60歳以上および80歳以上を比べると、Aの値自体には大きな違いがあるが（15～59歳と80歳以上とで1桁以上の差）、その長期変動のパターンはほぼ同じであり、BとCの値もほぼ共通する。ただし、60歳以上の期間4のC値は7.1%/年で、他の年齢層よりも大きい。これは人口構成の変化、すなわち60歳以上のうちでもより高齢の人口比率の増加によるものであり、年齢調整を行った上で60歳以上の死亡率のC項を求めると、その値は3.0%/年で、有意ではなくなる（しかし15～59歳は調整後も有意；いずれも図は省略）。一方、14歳以下は期間1から期間3にかけてA値が大幅に減り、期間4の増加もほとんど見られない。また、期間2と期間4のB値は有意でなく、期間4のC値が負である。これらは、戦後一貫して夏季気温の高低にかかわらず子どもの被害が抑止されていることを示唆する。

死亡率に代えて死者数（第1図）を使っても、第3図や第4図とほぼ同じ結果になる。ただし、式(2)の対数に代えて真数を使うと、2010年のような特異的に被害の大きい年の数値が影響し、B値やC値の信頼区間の幅が広がる（図は省略）。また、中小都市14地点（2.4節）に代えて大都市（東京、名古屋、大阪、



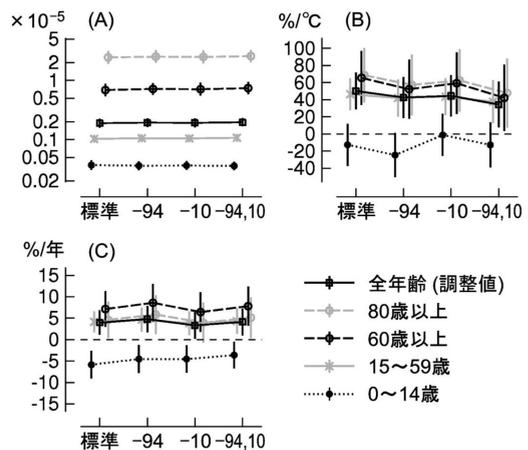
第4図 第3図と同じ、ただし年齢層別（いずれも非調整値）。

福岡）の気温を使うと、大都市の気温の上昇率が大きいことを反映して古い期間ほど式(2)のT値が低く、そのため期間1のA値は第3、4図よりも20～30%大きくなる。しかし、このことを除けば得られる結果は第3、4図に似ている。言い替えると、式(2)のような概括的な回帰分析による限り、気温に中小都市のデータを使っても大都市のデータを使っても結果に目立った差はない。

3.3 補足解析

以下、いくつかの補足的な解析結果を示す。まず、期間4のうち1994年と2010年は記録的な猛暑で、前後の年に比べて死者が大幅に多かった。第5図は、これらの年のデータが期間4のA、B、Cの値にどの程度影響するかを見るため、これらの片方および両方を抜いた場合の結果を示したものである。Aの値はこれら2年のデータの有無にはほとんど影響されない。BとCも大きくは変化せず、1994年と2010年を両方抜いてもB、C値は0～14歳を除いて有意に正である。

星ほか（2010）は、ICD-10が採用された1995年以降の熱中症死亡率が、採用前と比べて有意に高いことを指摘し、ICDの変更が死亡率の見かけの増加をも



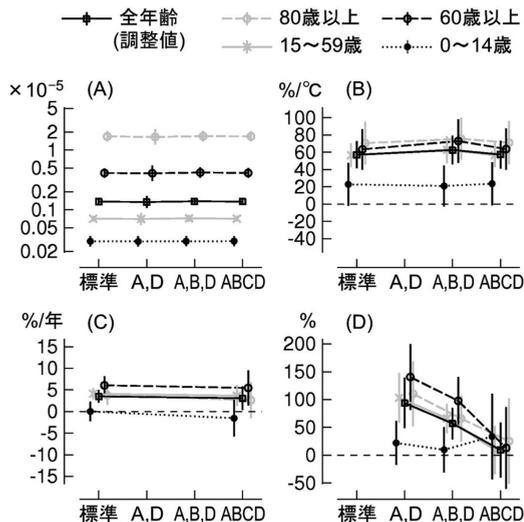
第5図 期間4のA、B、C項を1994年や2010年のデータを抜いて計算したもの。「標準」は両年を残した場合（すなわち第3、4図に示したものと同一）、「-94」は1994年の、「-10」は2010年のデータを抜いた場合、「-94,10」は両方を抜いた場合。なお、図を見やすくするため同じ年齢層についての値を線で結んだ。

たらしたという見方を示した。そこで、式(2)の結果に対する ICD 変更の影響を評価するため、式(2)に階段関数 S の項を加えた下記の条件を設けた。

$$\Sigma[\ln M - \{A + BT + C(n - n_0) + DS(n - n_1)\}]^2 \rightarrow \text{最小} \quad (3)$$

ただし、 $n_1 = 1995$ 年で
 $S(x) = -0.5 \quad (x < 0)$
 $S(x) = 0.5 \quad (x \geq 0)$

である。この式(3)を、 B 以下の項を入れたり除いたりしながら、ICD-9が採用された1979年以降の期間に適用した（対象期間を数年ずらしても、以後の結果に大きな変化はない）。第6図は、(i) A, B, C 項を入れた場合、すなわち式(2)を使った場合、(ii) A 項と D 項を入れた場合、(iii) A, B, D 項を入れた場合、および(iv) A, B, C, D 項をすべて入れた場合の結果をそれぞれ示す。 A, B, C の各項は、 D 項の有無にはあまり影響されないことが分かる。一方、 D 項は C 項がなければ大きな有意の値を持つが(ii, iii)、 C 項があると有意ではなくなる (iv)。これは、1990年代半ば以降の死亡率の増加が、ICD の変更による不連続変化よりも、気温の年々変化 (B 項) や 1 次関数的な増加 (C 項) によってほぼ説明される



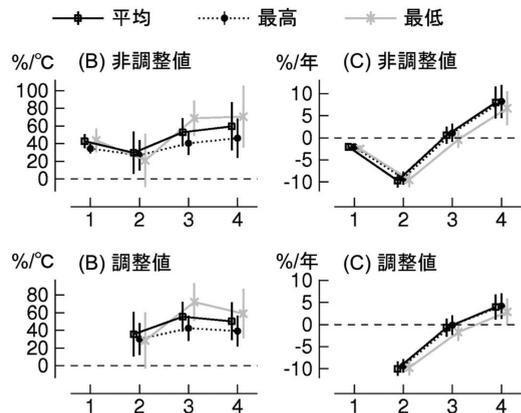
第6図 式(3)を1979~2011年に適用したもの。ただし、「標準」は D 項を除いて計算した結果（すなわち第3、4図と同じ計算方法によるもの）。「A, D」は A 項と D 項だけを入れて計算した結果。「A, B, D」以下も同様。

ことを示している。この結果だけから ICD 変更による不連続変化を否定するのは早計であろうが、一部で言われているほど ICD 変更の影響は明白ではないようである。

第7図は、式(2)の T として日最高・最低気温の月平均値（以下「最高気温」等と表記）を使った場合の結果を示す。月平均・最高・最低気温による結果の間に目立った違いはない。ただ、期間3と期間4の B 項は最低気温による値のほうが最高気温による値よりも大きめである。この違いは有意ではなく、ここではこれ以上深入りしないが、今後の研究において留意すべきことかも知れない。

第8図は、都道府県別の1999~2011年の死亡率を示す（都道府県ごとの年齢別死者数のデータはないため、年齢調整はない）。死亡率の高い県は東北地方から九州まで分布しているが、都道府県ごとのばらつきが目立ち、ある地域に偏る傾向は見られない。星ほか(2010)は、厚生労働省保管の人口動態統計死亡票を使って1975~2007年の熱中症による年齢調整死亡率を都道府県別に求めた。第8図はこれよりも対象期間が短く、年齢調整もないが、分布の大まかな特徴は星ほか(2010)のものと似ている。例えば、星ほか(2010)の結果で死亡率の高い方から1~3番目である秋田・鹿児島・群馬県は、第8図でも都道府県中1位、6位、9位である。

なお、大都市圏である東京都と大阪府の死亡率は、都道府県中それぞれ20位、19位であり、ほぼ全国平均



第7図 全年齢の A, B, C 項を、式(2)の T として日平均気温、日最高気温、日最低気温を使って求めたもの。日平均気温による値は第3図に示したものと同一。

並みである。死者数は東京都が年間60人、大阪府が41人で全国1位、2位であり、合わせて全国の死者数(528人)の19%を占めるが、死亡率は他の府県に比べて特に大きくないことが分かる。

第9図は、第8図の期間と20世紀前半(1909~1942年と1947~1949年)の死亡率の比を都道府県別に示す。比は本州の日本海側から西日本で大きい傾向があるが、やはり都府県ごとのばらつきが目立つ。ただし、東京都は2.2倍、大阪府は3.4倍であり、それぞれ

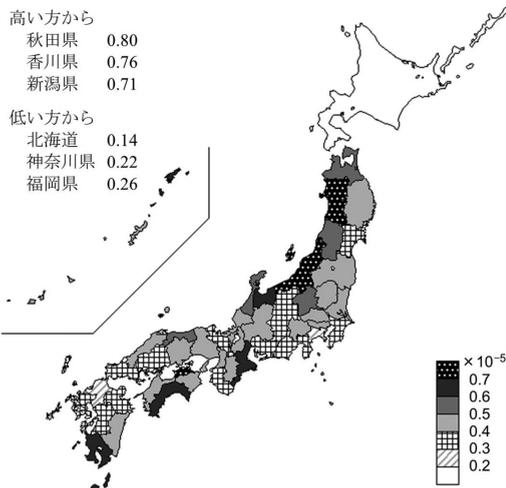
の周囲の府県よりも比が大きくなっている。

4. 議論

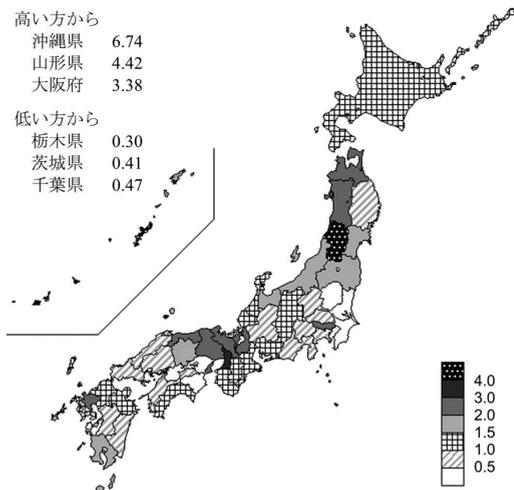
熱中症に対する社会の関心が高まったのは最近数年~十数年である。しかし、今回示されたように、まだ地球温暖化やヒートアイランドが進んでいなかった20世紀前半に、毎年200~300人程度の暑熱による死者が出ていたことは注目に値する。当時の診断基準は今と同じではないだろうが、年間の死者数と夏季気温の間に高い相関があることは、両者の因果関係を裏づける。当時は風水害による人的被害が大きく、感染症などの脅威も大きかったため、暑熱被害に対する関心が相対的に低かったものと考えられる。戦後の死者数の減少については、公衆衛生の進歩、とりわけ乳幼児の被害抑止の効果が大きかったと考えていだろう。

一方、近年の死者数増加の要因としては、(a)高齢者の増加と、(b)気温の上昇傾向が挙げられる。(a)については、期間3から期間4にかけてのA値の増加に加え、年齢調整を行わない場合と行った場合の結果の比較(3.1節)から、その寄与の大きさが分かる。(b)については、式(2)の回帰分析で気温変動1°C当たり死亡率が40~60%変化するという結果(B項, 第3, 4図)と、長期的な昇温傾向の存在から、その影響を伺うことができる。また、1994年や2010年の死者数の多さは、各年の記録的な高温によることは明らかである。しかし、期間4は式(2)のA項、すなわち気温が平年値であるときの死亡率が期間3に比べて高く、また、期間4の18年間にも有意な増加トレンドがある(C項)。そして、これらの特徴は年齢調整死亡率を使った結果にも表れ、また、15~59歳の年齢層にも認められる。この事実から、高齢化と気温上昇以外にも死者数の増加要因があることが伺える。

星ほか(2010)は、1995年のICD-10採用と前後して熱中症の死者数が急増したことについて、「ICD-10以前には、原因に関わらず急死例に対して死亡診断書に心不全あるいは急性心不全と記載されるケースが多かった」のに対し、「ICD-10では(略)原死因に心不全や急性心不全という記載を原則用いないこと」になった点を指摘し、「夏季の暑熱環境で発生した死亡について、正確に診断がなされるようになり、従来の心不全、急性心不全に替わって熱中症とする記載が増加したものと推察される」と述べて、ICD-10の採用が熱中症の診断数を増加させたという見方を示した。しかし、式(3)による回帰分析で、ICD-10への変更



第8図 暑熱による1999~2011年の県別死亡率。



第9図 1999~2011年と、1909~1949年(1943~1946年を除く)の暑熱死亡率の比(前者÷後者)。

伴う不連続的な増加（*D* 項）と一次関数による経年増加（*C* 項）を両方入れた場合、*D* 項よりも *C* 項のほうが統計的に有意であり（第 6 図）、ICD-10の採用だけでは期間 4 の増加トレンドを説明できない。菊地ほか（2010）は監察医の立場から、東京都の熱中症の死者数が2000年代後半に比べ2003年ごろまで少なかったことについて、当時は「基礎疾患の増悪による病死あるいは老衰死などと診断されることにより過小評価されていた可能性が高く」と述べ、熱中症への関心の高まりによる診断率の上昇が見かけの増加傾向を生み出した可能性を指摘した。この推測を確かめるのは難しいが、暑熱や熱中症の死者数には診断というプロセスが介在するため、その長期変動には ICD という公式基準には表されないさまざまな人的要因が関わる可能性を念頭に置くべきであろう^[後注4]。

ついでながら、2003年のヨーロッパの猛暑では死者が3万5千人に上ったと推定されている（IPCC 2008）。この人数は2010年の猛暑による日本の熱中症死者数を1桁以上上回るが、これは前後の数年に比べた過剰死亡数から推定されたものであり、熱中症以外の原因による死者が含まれるかも知れない。また一方、菊地ほか（2011）は東京都の熱中症死者数に関する議論の中で「実質的には熱中症死であっても、死因を（略）不詳と診断された例も多いものと思われ、超過死亡概念に基づく実質的死者数の推計は今後の重要な課題である」と述べ、潜在的な熱中症被害者が人口動態統計の数値よりも多い可能性に言及した。このように、暑熱による健康被害をどう定義づけ、どのように把握するかという問題は残っている。

熱中症の被害に対しては、ヒートアイランドの影響がしばしば論じられる。しかし、星ほか（2010）の研究や第 8 図が示すように、暑熱や熱中症の死亡率は必ずしも大都市圏で高くはない。ただ、20世紀前半に比べた変化において、東京都と大阪府は周囲の府県よりも死亡率の増加傾向が大きい（第 9 図）。日本の大都市の気温上昇率は中小都市や非都市地点に比べ、都市によるばらつきはあるものの概して100年当たり1°C以上大きく（気象庁 2012；Fujibe 2012）、第 3、4 図に示された死亡率の気温依存性を併せ考えると、ヒートアイランドの進展が大都市域の死亡率増加の一因になっていても不思議ではないと言える。しかし、死亡率の変化にはさまざまな社会的要因が関わりと考えられるので、それらを考慮に入れた分析が求められる。

上記の最後のことは、将来地球温暖化が進んだときの暑熱災害を考える上でも重要である。気温1°C当たり死亡率が40~60%変化するという今回の結果は、あくまでも年々の変動に関するものであり、長期的な気温上昇傾向の中で暑熱による被害が今後どのように推移していくかという点については、生活環境や社会の変化を考慮した評価が求められる。とは言え、温暖化と高齢化の進展が暑熱災害のリスクを高める方向にあることは想像に難くない。これまでのところ、暑熱災害に関わる研究には生気象学や生理学などの寄与が大きいですが、これらの分野と気象学の間で情報を共有しつつ、その被害の抑止に向けて貢献できる道を考えていくことが課題である。

5. まとめ

- (1) 1909年以降の暑熱による国内死者数の推移は、1：戦前の多発期（概して年間200~300人）、2：戦後の減少期、3：1960~1990年代前半の抑制期（概して数十人）、4：1994年からの多発期、の4期間に大別できる。
- (2) 期間1は14歳以下の暑熱死者数が全体の40%以上を占め、特に4歳以下の乳幼児の被害が多かった。一方、期間4は暑熱死者数の75%が60歳以上であり、うち過半数は80歳以上である。
- (3) 各期間とも、暑熱死者数の年々変動は夏季（7、8月）の気温と有意に対応する。暑熱死亡率の夏季気温に対する回帰係数は40~60%/°Cである。
- (4) 期間4は暑熱死亡率（年齢調整値）の1次トレンドの係数が4%/年程度の正の値を持つ。15~59歳を対象にした統計でも、暑熱死亡率の有意な増加が認められる。
- (5) 暑熱死亡率は都道府県によって異なるが、明確な地域的偏りは認められない。20世紀前半と比べた変化率についても明らかな地域依存性は見出されない。ただし、東京都と大阪府は20世紀前半からの増加率が周囲の府県よりも大きい。

後注1：報道等で「熱中症による死者数」として取り上げられる数値としては、人口動態統計によるもののほか、救急搬送された熱中症患者の死亡数がある。後者は統計対象が救急患者に限られるため、人口動態統計に比べて値が1桁小さい。総務省消防庁の報道発表資料によると、最近数年間の人数は下記である（2008、2009年は7~9月、2010、2011年は6~9月の数。http://www.

fdma.go.jp/neuter/topics/fieldList9_2_1.html, 2013年2月3日閲覧).

2008	2009	2010	2011
47	16	171	73

また、「気候変動監視レポート」（気象庁, <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/monitor/index.html>, 2013年2月3日閲覧）では、各都道府県の防災機関等からの資料を基に集計した結果として、2007年夏の熱中症による死者が66人、2010年は271人と書かれており、やはり人口動態統計よりも大幅に少ない。所管機関による統計値のばらつきは一般にありがちなことだが、暑熱・熱中症による死者数は差が極端なので注意を要する。

後注2：環境省（2011）は T67の数値を掲載している。

後注3：1918年の100歳以上の人口は13735人となっていて、1920年の113人の100倍以上である。1920年は第1回国勢調査が行われた年であり、それまでのデータは精度に限界があると考えらるべきであろう。

なお、1920年から終戦までの期間も、戦後に比べて高齢者人口が多く（例えば100歳以上の人数は1947年の55人に対して1940年は185人）、若干の疑問を感じるが、これについては特段の扱いをしなかった。

後注4：ICD-10の採用前の1994年に、記録的な猛暑の中で、「過度の高温（E900）」による死者が586人という空前の数に達した（第1図）。このことは、1990年代後半以降の死者数増加がICD変更のせいだけではないことを示している。ただ、翌年からのICD変更予定が診断者の判断に影響し、言わば変更を先取りする形で「過度の高温」の診断件数の増加をもたらしたということも、あり得るかも知れない。また逆に、1994年の猛暑による被害の多発によって暑熱（熱中症）に対する社会の意識が高まり、翌年以降の診断件数の増加をもたらしたという可能性も考えられよう。以上は著者の想像に過ぎないが、1994年の猛暑が熱中症に対する社会の取り組みに対してどのような意味を持ったか、興味深いところである。

参考文献

- Ando, M., K. Tamura, S. Yamamoto, C. Liang, Y. Wu, J. Zhang, Z. Mao, M. Yang and A. Chen, 1996: Outline of health effects of global climate change. *J. Epidemiol.*, 6 (4 supplement), 141-144.
- 安藤 満, 山元昭二, 浅沼信治, 2003: 温暖化による熱ストレスと熱中症. *地球環境*, 8, 211-219.
- Asanuma, S., C. Liang and M. Ando, 2007: Impact

assessment of heat stress on population health in Japan and China. *Glob. Environ. Res.*, 11, 39-44.

- Fujibe, F., 2012: Evaluation of background and urban warming trends based on centennial temperature data in Japan. *Pap. Meteor. Geophys.*, 63, 43-56.
- 本田 靖, 高橋 潔, 2009: 熱ストレスの健康影響. *地球環境*, 14, 257-262.
- 星 秋夫, 稲葉 裕, 2002: 人口動態統計を利用した発生場所からみた暑熱障害の死亡率. *日本生気象学会雑誌*, 39, 37-46.
- 星 秋夫, 稲葉 裕, 村山貢司, 2007: 東京都と千葉市における熱中症発生の特徴. *日本生気象学会雑誌*, 44, 3-11.
- 星 秋夫, 中井誠一, 金田英子, 山本 享, 稲葉 裕, 2010: わが国における熱中症死亡の地域差. *日本生気象学会雑誌*, 47, 175-184.
- IPCC, 2008: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, M.L. Parry *et al.* eds, Cambridge University Press, 986pp.
- 入来正躬, 橋本眞明, 2006: 熱中症発症の地域差—山梨県と北海道の比較から—.*日本生気象学会雑誌*, 43, 23-33.
- 兜 真徳, 2006: 気候変動と健康リスク研究の最近の動向. *地球環境*, 11, 79-86.
- 環境情報科学センター, 2011: 平成22年度熱中症とヒートアイランド現象の関係解析調査業務報告書. 環境情報科学センター, 84pp. <http://www.env.go.jp/air/report/h23-02/index.html> (2013.2.3閲覧).
- 環境省, 2011: 熱中症環境保健マニュアル (改訂版). 環境省, 63pp. http://www.env.go.jp/chemi/heat_stroke/manual.html (2013.2.3閲覧).
- 菊地洋介, 黒須勝美, 阿部伸幸, 林 紀乃, 畔柳三省, 重田聡男, 福永龍繁, 2010: 東京都23区内における熱中症死者の経年的動向. *日本法医学雑誌*, 64, 141.
- 菊地洋介, 谷藤隆信, 阿部伸幸, 高橋識志, 引地和歌子, 宮下奈緒, 林 紀乃, 森 晋二郎, 重田聡男, 福永龍繁, 2011: 2010年夏季の東京都23区内における熱中症死者の発生動向 (速報). *日本法医学雑誌*, 65, 121.
- 気象庁, 2012: ヒートアイランド監視報告 (平成23年). 気象庁, 78pp. <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/himr/2012/index.html> (2013.2.3閲覧).
- 厚生労働省, 2012: 平成24年我が国の人口動態 (平成22年までの動向). 厚生労働省, 55pp. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/81-1a2.pdf> (2013.2.3閲覧).
- 厚生労働省大臣官房統計情報部, 2007: 疾病, 傷害及び死因分類の正しい理解と普及に向けて (ICD-10 (2003年版) 準拠). 厚生労働省, 43pp. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/sippe/dl/fukyubuon.pdf> (2013.2.3閲覧).

- Miyatake, N., N. Sakano and S. Murakami, 2012: The relation between ambulance transports stratified by heat stroke and air temperature in all 47 prefectures of Japan in August, 2009: ecological study. *Environ. Health Prev. Med.*, 17, 77-80.
- 中井誠一, 1993: 熱中症死亡数と気象条件—日本における21年間の観察—. *日本生気象学会雑誌*, 30, 169-177.
- Nakai, S., T. Itoh and T. Morimoto, 1999: Deaths from heat-stroke in Japan: 1968-1994. *Int. J. Biometeor.*, 43, 124-127.
- 小野雅司, 2009: 地球温暖化と熱中症. *地球環境*, 14, 263-270.
- 小野雅司, 2012: 2010年夏の熱中症. *気象研究ノート*, (225), 29-35.
- Takahashi, K., Y. Honda and S. Emori, 2007: Assessing mortality risk from heat stress due to global warming. *J. Risk Res.*, 10, 339-354.
- 横山太郎, 福岡義隆, 2006: 日本各地における熱中症の発生頻度とその傾向に関する研究. *日本生気象学会雑誌*, 43, 145-151.

Long-term Variations in Heat Mortality and Summer Temperature in Japan

Fumiaki FUJIBE*

* *Meteorological Research Institute, Tsukuba 305-0052, Japan.*
E-mail: ffujibe@mri-jma.go.jp

(Received 5 November 2012; Accepted 4 March 2013)

Abstract

Variations in heat mortality in Japan were examined in relation to summer temperature, using vital statistics data for 1909 to 2011. The number of deaths from excessive heat was around 200 to 300 each year until the middle of the 20th century, and then decreased until the 1980s, but abruptly increased in 1994 and has remained higher than ever. For the mortality rate, however, the recent increase has been limited to a level that is only as high as that in the middle 20th century, whereas statistics for each age group indicates a high rate of heat mortality for elderly people throughout the analysis period. These facts indicate that the rapid increase of deaths from excessive heat in recent years is largely attributable to the increase in the population of elderly people, although it is also likely to be caused by changes in post-mortem practice, in which more attention has been paid in recent years to heat disorder. On the other hand, there is a positive correlation of 0.7-0.8 between summer temperature (average for July and August) and heat mortality in each year, with a regression coefficient of 40-60% for a 1°C increment in temperature.