

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）
分担研究報告書

健康増進に向けた住宅環境整備のための研究

人口動態統計死亡表を用いた外気象が日本人の死亡率に与える影響に関する分析

研究分担者	森 太郎	北海道大学	大学院工学研究院	教授
研究分担者	林 基哉	北海道大学	大学院工学研究院	教授
研究協力者	長谷川 舞	日本郵政		
研究協力者	青山恭子	北海道大学	大学院工学研究院	大学院生

研究要旨

人口動態統計死亡表に記載されている一人一人の死亡データ（死因、年齢、死亡場所、日時等）と死亡場所、日時の気象データを組み合わせ、日本人がどのような気象状況の際に亡くなるのかを地域別、省エネルギー区分別に分析した。全体としては、既往研究と同様に夏期の温度上昇よりも冬期の温度低下が死亡率上昇に与える影響が強かった。また、その感度は寒冷地よりも温暖地の方が高かった。その傾向は地域別でも省エネ区分でも同様であったため、特に温暖地での断熱性能の強化と寒冷地でもエネルギー価格の上昇をふまえたさらなる断熱性能の向上が必要であることが示唆された。

A. 研究目的

日本の年間死亡総数は約 120 万人である。その死因は疾病、事故等による外傷、溺死溺水など多岐にわたる。そのうち、疾病では新生物、循環器疾患、呼吸器疾患などが死因として分類され、新生物では悪性新生物、循環器疾患では心疾患、脳血管疾患などに細分化される。悪性新生物、心疾患、脳血管疾患は 3 大死因と言われており、特に死亡数の多い疾患である。またこのうち、心疾患、脳血管疾患は季節により死亡数が変化し、冬季に死亡数が増加するという報告が多くされており¹⁾、室温、気圧、外気温度などの気象条件の変化によって、心拍数や血圧などが変化することが関係していると考えられている。特に、寒さが高齢者の健康状態に与える影響は大きく、日本での高齢化進行を考慮すると寒さへの対応は急務である。しかし、外気温度と疾病による死亡の関係や、低外気温度が死亡に与える影響に関して長期的に分析した研究は少ない。そこで、1972～2015 年(44 年間)の人口動態統計死亡票と気象デ

ータを用いて外気温度と死亡との関係を経時的に分析することで、低外気温度下で疾患による死亡へ至らないための対策を住環境の点から検討する萌芽となることを目的とする。

A1. 既往研究

初山による既往研究²⁾では 1930～1934 年と 1952～1956 年における季節病カレンダーを作成し、1930～1934 年では夏期と冬期に傷病の発生が多く、1952～1956 年では夏の傷病が減り、冬期に集中するようになったことを報告している。その後、1970 年に近づくにつれて死亡率が減少し、冬のピークも緩慢化していることが見受けられる。本研究では、初山が用いた月ごとの死亡割合を示す指標である Death Index を 1972 年以降のデータについて算出した。また、本研究で用いる人口動態統計死亡票を用いた既往研究は、松村ら³⁾、濱田ら⁴⁾、三上ら¹⁾による研究がある。松村らによる既往研究では 2003～2006 年の人口動態統計死亡票を用いて死亡数の季節依存性、死亡

数と外気温の関係を整理している。2003年において死亡数の多い死因のうち、新生物、脳血管疾患、心疾患を対象とし、日本全国を9エリアに区分してそれぞれの月別死亡数を算出したところ、脳血管疾患、心疾患において冬期の死亡数が高くなるが、北海道と沖縄においては季節変動が小さいことを報告している。また、濱田らは2003～2006年の人口動態統計死亡票とアメダス気象データを用いて、呼吸器疾患における地域、気象条件、死亡場所と死亡率の関係について分析している。その結果、外気温度、絶対湿度が低くなるほど死亡率が高くなり、温暖な地域ほどその傾向が顕著にみられたと述べている。三上らによる既往研究では、2003～2011年の人口動態統計死亡データについて、CSVMという指標を用いて日本と欧州のCSVMと暖房デグリーデー(HDD)の比較、日本のCSVMと窓性能の関係について分析を行っている。その結果、日本と欧州に共通してCSVMとHDDには負の相関があり、CSVMと窓等の高断熱化にも負の相関があったことから、寒冷地ほど断熱に配慮した建築が普及しているため、冬期の死亡数が少ないと結論付けている。ここで、CSVMとはJD Healy⁶⁾が提案した冬期の死亡数変動を示す指標である。JD Healyは既往

研究で欧州14か国について1988～1997年のCSVMを算出し、死亡数と外気温の関係について分析している。その結果、寒冷地ではCSVMが低い、即ち冬期の死亡数が少ない傾向が見られたと報告している。

B. 研究方法

B1. 人口動態統計死亡表

本研究では1972～2015年(44年分)の人口動態統計死亡票⁶⁾(表1)、市町村別のアメダス気象データ⁷⁾(表2)を統計分析ソフトR⁸⁾により分析を行った。

図1に示したように、日本の人口は1970年～2015年で約4千万人増加しており、そのうち65歳以上の高齢者の割合は7.1%から26%までに増加している⁹⁾。また、日本における年間の総死亡数は1972～2015年で図2のように推移している。1972年の総死亡数は約70万人であるのに対し、2015年ではおよそ2倍の130万人となっている。特に、高齢化の進行により65歳以上の人の死亡割合は年々増加しており、1972年では6割程度であったのが、2015年では約9割まで増加している。また、死亡場所の推移は図3のようになっており、1977年以前では病院の死亡割合よりも自宅の死

表1 Mortality Data from Vital Statistics

調査年	現住所	性別	死亡時刻	死亡場所(疾病)			年齢	死因分類		
				1972～1988年	1989～1994年	1995～2015年		1972～1978年	1979～1994年	1995～2015年
年	都道府県 市区町村	男性 女性	年/月/日/時/分	1.病院 2.診療所 3.助産所 4.自宅 5.その他	1.病院 2.診療所 3.老人保健施設 4.助産所 5.自宅 6.その他	1.病院 2.診療所 3.老人保健施設 4.助産所 5.老人ホーム 6.自宅 7.その他	歳	ICD-8に基づく 疾病分類	ICD-9に基づく 疾病分類	ICD-10に基づく 疾病分類

表2 AMeDAS Weather Data

調査年	観測所	観測項目	対象項目
1972～2015年 (44年分)	全国843か所	約21km間隔 で、降水量、 風向・風速、 気温、日照時 間を観測	日平均外気温度

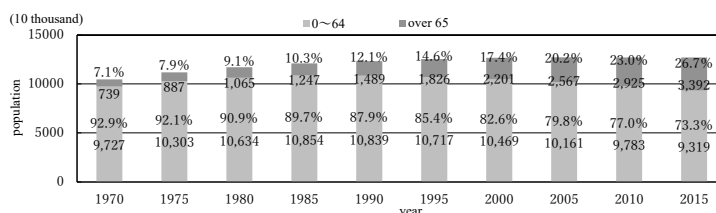


図1 Population of Japan

亡割合が大きい、それ以降は逆転していることが分かる。

B2. 分析データの構築

人口動態統計死亡票から、死亡場所、生年月日、年齢、性別、死因を得た。死亡場所は市区町村コードで表され、死因は WHO の定める国際疾病分類 (ICD-8,9,10) で表される。表 1 に示したように、死亡場所、死因分類は年により改正されている。また、気象庁のホームページから日平均外気温を得た。これらを用いて死亡データと気象データのマージを行った。以下にその方法を述べる。気象庁のホームページの「過去の気象データ」のページから Web スクレイピングを用いて全国の気象データ(日平均外気温)をダウンロードし、行が場所、列が日付(1972~2015年)の表、過去の市町村合併分を含む市区町村コードと緯度経度の関係、アメダス観測所の緯度経度データを作成した。GIS ソフト(QGIS)を用いて、市区町村コードの位置から近距離 15 番目までのアメダス観測所のリストを作成した。これらを用いて、死亡データを 1 行ずつ順に取り出し、死亡日の気象データを取り出す。また、市区町村コードから最も近傍の気象データを取り出す。この時、気象データがない場合は、次に近いアメダス観測所のデータを調べるということを最大 15 番目まで繰り返し検索し、それでもない場合は NA とする。気象データがある場合は、そこから 1 週間前までのデータを表に埋める。1 週間前までのデータがない場合は NA とする。以

上を繰り返すことで死亡データと気象データで構成されるデータベースを構築した。

また、死亡者が居住していた地域の省エネルギー区分を死亡者のデータにマージさせた。まず、総務省の地方行政のデジタル化のウェブサイト¹⁾において全国地方公共団体コードの Excel ファイルをダウンロードした。また、「住宅に関する省エネルギー基準に準拠したプログラム」のウェブサイト²⁾から「地域の区分・年間の日射地域区分・暖房機の日射地域区分検索ツール」の Excel ファイルをダウンロードした。「地域の区分・年間の日射地域区分・暖房機の日射地域区分検索ツール」のデータではそれぞれの地域名とその地域に対応する地域区分の番号が振られている。地域区分表には市町村コードの記載がないため、全国地方公共団体コードと地域区分を地域名で結合させた。そこから、都道府県で同じ地域名の市町村があるので、確認しながら修正を行い、市町村コードと省エネルギー地域区分の番号が結合されたデータを作成した。

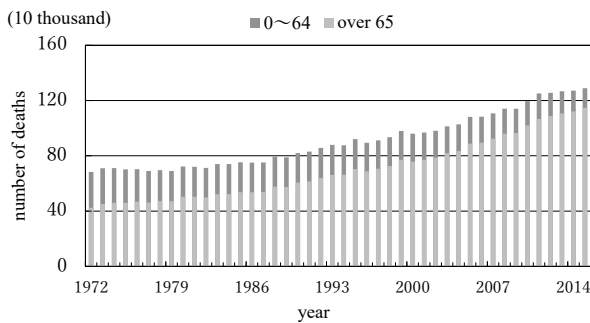


図 2 日本における死者数の推移

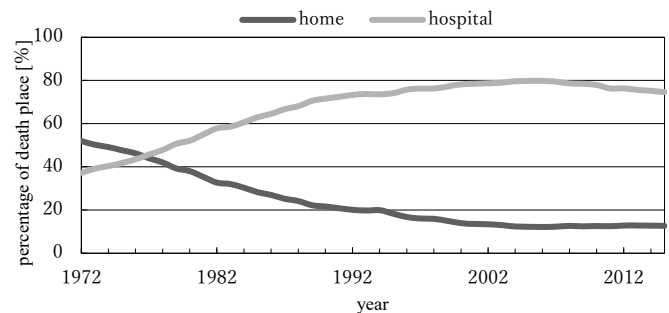


図 3 自宅と病院での死亡の推移

C. 研究結果

C1. Death Index の分析

Death Index²⁾は年平均死亡数を100とした月々の死亡割合であり、月々の死亡数変動を表す指標である。(1)式に Death Index の算出式を示す。

$$\text{Death Index} = \frac{100f_a(\text{Jan})}{f_a(\text{Jan} + \text{Feb} + \dots + \text{Nov} + \text{Dec})/12} \quad (1)$$

f_a : 各月の死亡数

既往の研究では、北海道と東京について1890年代から1960年代までの Death Index が求められている(図4)。これに、図5に示す1970年代から2010年代までの Death Index を求め算出したグラフを加えた。東京では1920年代までは7~9月の Death Index が高くなったが1930年代以降は低くなった。一方、北海道では1940年まで7月~9月の Death Index が高く1950年以降低くなり始め、その後4月~6月の Death Index も低くなった。北海道より東京の方が早く7月~9月の Death Index が下がったのは、インフラ整備、特に水道の整備時期の違いによるものと考えられる。東京では1590年代から水道の整備が行われ、1911年には改良水道の工事が完了したが、北海道では1940年頃に水道の整備が完了する都市もあった¹¹⁾。これにより、1910年代以前には毎

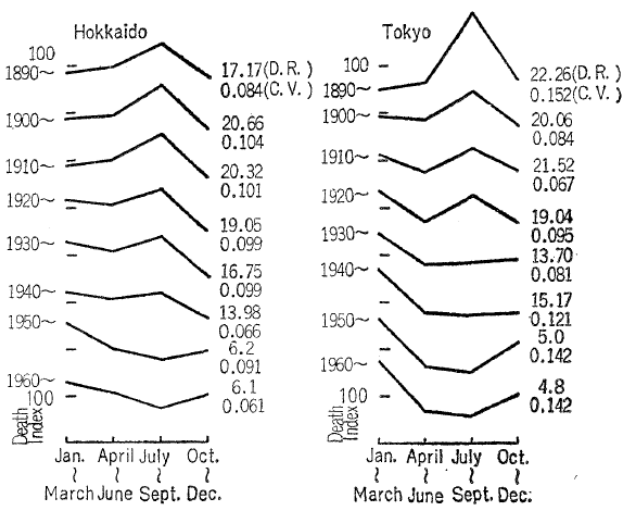


図4 Death Index (1890 - 1960) by Momiyama

年夏から秋にかけて大流行していたコレラや赤痢等の消化器系伝染病による死亡者が、東京の方が早く少なくなったことが原因と考えられる。近年では東京、北海道共に1~3月、10~12月に上昇し4~6月、7~9月に減少するという似た傾向を示すようになったが、これは2都市共にインフラ、暖房習慣が同程度に根付いたためであると推察できる。

C2. CSVM の分析

C2.1. CSVM の定義

CSVM(coefficient of seasonal variation in mortality)⁵⁾は死亡の季節変動を表す係数であり、冬期でない期間の死亡数に対する冬期の死亡数の割合で表される。Table 3に示すように1年を4か月毎に区分し、冬期を12月と翌年の1~3月、冬期でない期間を4~7月及び翌年の8~11月と定義する。(2)式に CSVM の算出式を示す。CSVM が上昇するほど冬期の死亡数が多いことを示す。

$$\text{CSVM} = \frac{(f_{a1} - \frac{f_{a2}}{2})}{(\frac{f_{a2}}{2})} \quad (2)$$

f_{a1} : 冬期の死亡数

f_{a2} : 冬期でない期間の死亡数

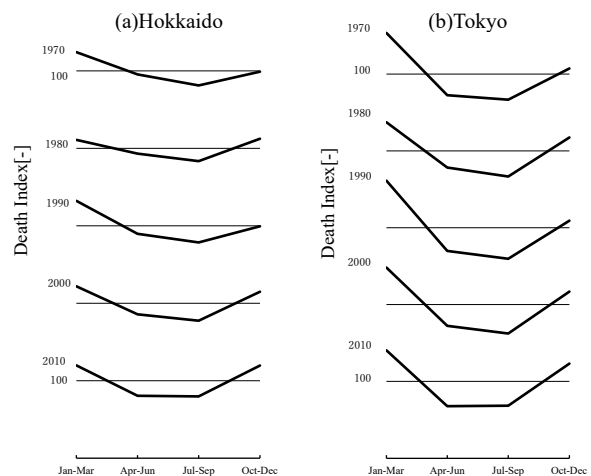
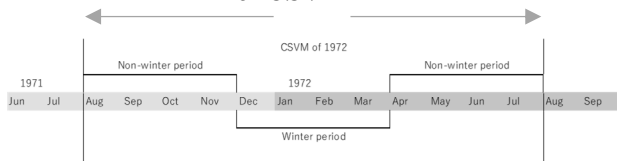


図5 Death Index (1970 - 2010)

表 3 Winter Period and Non-winter Period of CSVM



C2.2. 日本と欧州の CSVM

表 4 に欧州 30 各国¹³⁾と日本の 6 都市での、1980~2013 年における CSVM を示す。北海道の CSVM を 30 各国と比べると、スロバキアと並び最も低くなった。一方、三重県はキプロスに続き 4 番目に高くなった。欧州及び日本に共通して、冬でも比較的温暖な地域では CSVM が高くなり、寒冷地では低くなると言える。これについて、各都市の平年の月平均外気温を用いて 12 月~3 月の 4 か月平均外気温を求め、CSVM との関係を図 11 に示した。月平均外気温の平年値は、気象庁ホームページ⁷⁾の「世界の天候データツール(Climate View 月統計値)」から各国の首都のデータを得て用いた。ただし、キプロス、イタリア、スイス、オ

表 4 CSVM in Descending Order: 30 European Countries and 6 Japanese Cities (1980–2013)

Country/City	CSVM [-]	Country/City	CSVM [-]
Malta	0.294	Austria	0.132
Portugal	0.280	Slovenia	0.123
Cyprus	0.236	Hungary	0.122
Mie	0.226	Aomori	0.119
Spain	0.206	Denmark	0.121
Ireland	0.197	Norway	0.118
UK	0.186	The Netherlands	0.117
Fukuoka	0.185	Germany	0.117
Greece	0.179	Poland	0.115
Bulgaria	0.178	Latvia	0.115
Romania	0.175	Luxembourg	0.112
Osaka	0.171	Estonia	0.109
Tokyo	0.171	Czech Republic	0.108
Italy	0.160	Finland	0.095
Switzerland	0.142	Iceland	0.084
France	0.138	Slovakia	0.082
Belguim	0.136	Hokkaido	0.082
Sweden	0.133		

ランダ、ラトビア、スロバキアについては首都の月平均外気温の平年値が得られなかったため、それぞれ別の代表都市のデータを用いた。図 6 から、CSVM と 4 か月平均外気温には正の相関が見られ、多くの都市で外気温が低いと CSVM が低く、外気温が高いと CSVM が高いという関係が得られた。これは、温暖な地域に比べ寒冷地では暖房習慣が根付いていること、建物の断熱性能が関係していると考えられる。

C2.3. 外気温と平均死亡数を用いた分析

C2.3.1. 都道府県別の分析

都道府県別に、(3)式で年間死亡数に占める月別の死亡割合を求め、(4)式で、死亡数で重み付けした月平均外気温を求めた。

$$R_d = \frac{N_i}{\sum(N_J + N_F + \dots + N_D)} \quad (3)$$

$$\theta_i = \sum_{m=1}^{N_i} \theta_m / N_i \quad (4)$$

R_d : 月別死亡割合

$N_i, N_J, N_F, \dots, N_D$: 各月の死亡数

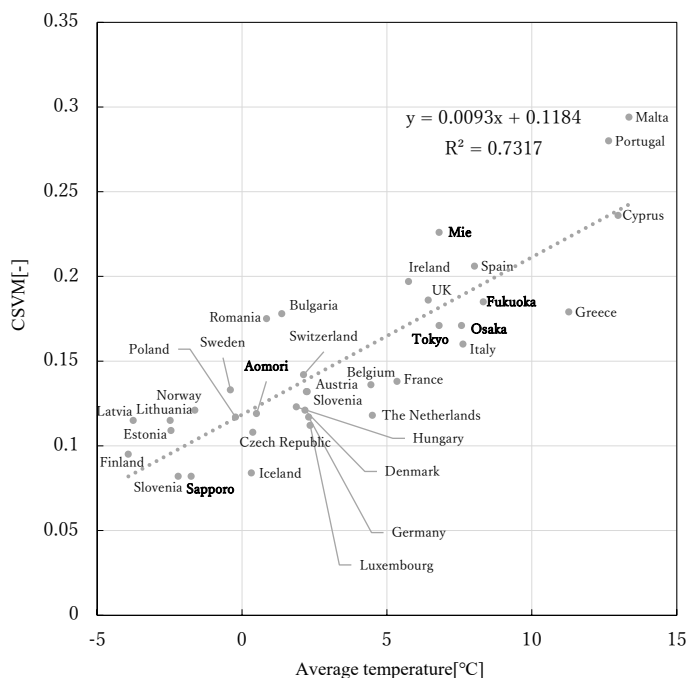


図 6 Relationship between CSVM and Average Temperature from December to March

θ_i : 月平均外気温

θ_m : 死亡者に紐づいた日平均外気温

自宅での死亡者を対象とし、47都道府県それぞれについて月別死亡割合と月平均外気温の関係を算出した。

各都道府県毎、各月毎、各カテゴリー毎に上記の手法で月平均気温を計算し、その月の死亡率(月死亡者数/年死亡者数)の関係を求めた。図7に相関図のサンプルを示す。多くの場合、外気温の上昇、下降につれて死亡率が上昇した。また、低温時の死亡率上昇の方が高温時の死亡率上昇に比べて高かった。また、外気温と死亡率の関係は二次曲線によってよく近似できる。その、近似曲線の形状を用いて、U(高温、低温時の傾きが異なっている)、D(低温時のみ死亡率が上昇する)、S(二次曲線ではなく直線)、F(一年を通じて傾きが変わらない)、N(相関係数が低く分類できない)型に分類した。図内にそれぞれの内訳を示す。U型が最も多く、高温時、低温時ともに死亡率が上昇することがわかった。

図8は低温側の傾き(θ_{25} 、その集団の外気温変動の下位25パーセントイルの時の傾き)と高温側の傾き(θ_{75} 、その集団の外気温変動の75パーセントイルの時の傾き)の比較である。この傾きは外気温の変動に対して死亡率がどの程度上昇するか、つまり、外気温に対する死亡率の感度を表している。 θ_{75} の絶対値が大きいと θ_{25} も大きくなっており、また、 θ_{75} に比べて θ_{25} の傾きの絶対値が大きくなっていた。したがって、冬期は外気温の変動に対する死亡率の変化が夏期に比べて高く、また、その状況は夏期にくらべて冬季の方が顕著であることがわかる。さらにその感度が低い地域と高い地域がある、つまり一年を通じて死亡率に大きな変化がない地域と大きな変化がある地域があることがわかった。

図9は死亡した時期が低温側の死亡感度に与えた影響をBoxplotで分析した図である。1970年から2015年の40年間で社会は大きく変化したと考えられるが、低温時に死亡率が上昇する傾向に関しては我が国においては大きく変わらなかったと

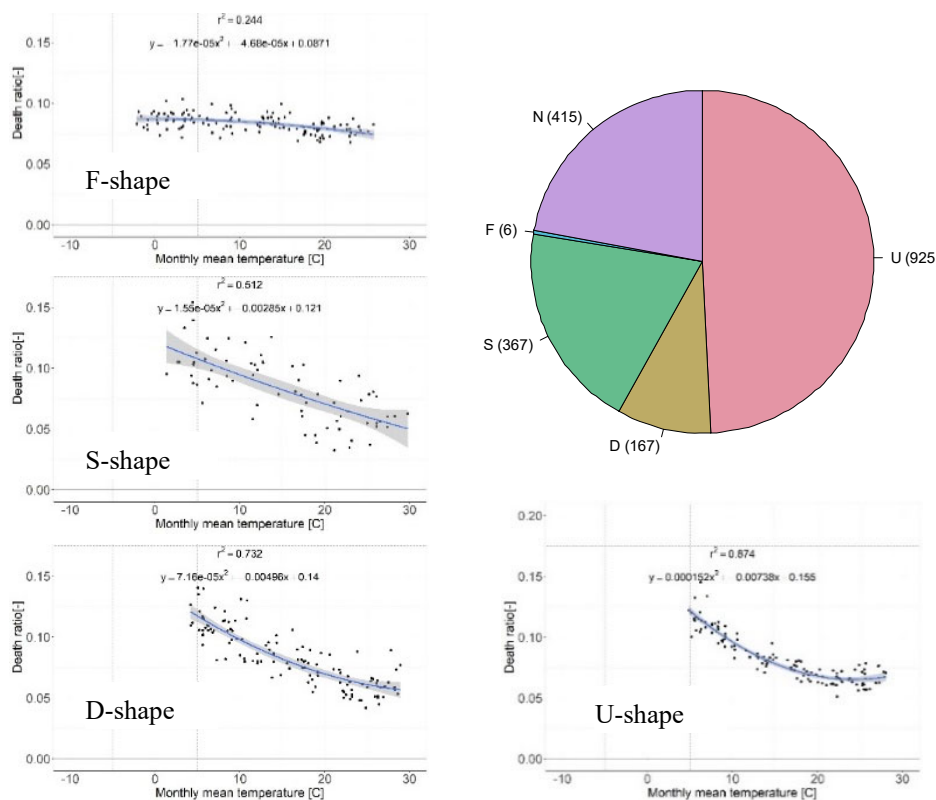


図7 外気温と死亡率の関係

考えられる。

図 10 は死亡場所（住宅、住宅以外）による傾きの変化である。住宅以外に比べ住宅で亡くなる場合は傾きの値が 0 から離れ、温度変化に対して大きな傾きを持っていることがわかる。特に昨今は住宅で亡くなる場合は外気温の変化と関連のある心疾患、脳血管疾患による突然死が多くなっているためこのような状況になっていると考えられる。一方、住宅以外は病院、老人ホームのようにあるていど空調が行われ室温が維持されているために外気温の変化に対して死亡率が変化しないと考えられる。

図 11 は年齢による傾きの変化である。年齢が上昇するにつれて感度が上昇していることがわかる。高齢であればあるほど外気温の変化に対して脆弱であることがわかる。

図 12 は傾きの地域間の変化である。北海道が最も 0（低温時に感度が低い）に近く、温暖地に近づくほど低くなり、低温時に死亡率が上昇しやすいことがわかる。また、北海道と東北、北陸、甲信グループ、関東から九州までのグループ、沖縄という 4 グループが形成されているように見え、北から徐々に死亡率の感度が上昇している。特に、北海道から甲信までのエリアは外気温に対する死

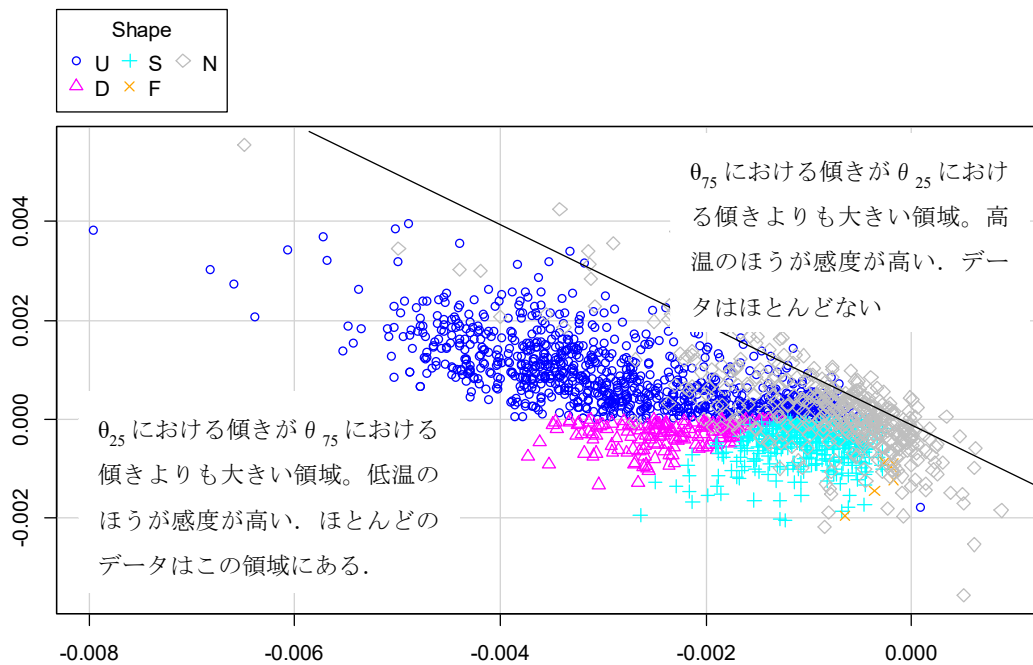


図 8 高温時（縦軸）と低温時（横軸）の傾きの比較

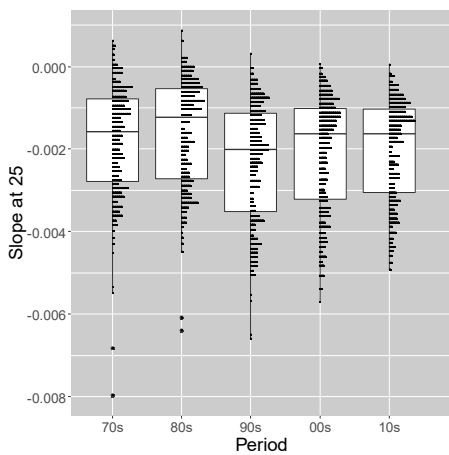


図 9 年代別の低温時 (θ_{25}) の傾きの変化

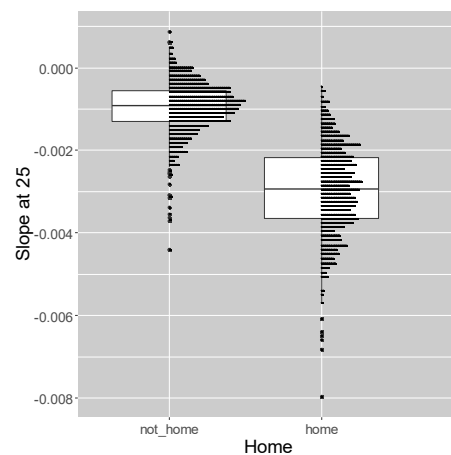


図 10 死亡場所による低温時 (θ_{25}) の傾きの変化

亡の感度がそれほど低くない。これらの地域は寒冷な地域であり、冬期に建物内をしっかりと暖房することが死亡率の抑制に寄与していると考えられる。

表 5 は住宅における死亡に関して θ_{25} における傾きを目的変数とした multiple regression analysis を行い、係数と有意差の検討をおこなった結果である。但し、70 年代、80 年代とそれ以後では住宅とそれ以外で亡くなる方の割合が全く異なるため、ある程度安定した 90 年代以降のデータ

でのみ解析をおこなった。Age では年齢層が高くなると感度が高くなる傾向、Period では年代が進むと感度が低くなる傾向、Region では温暖地ほど感度が高くなる傾向がみられ、ほとんどの係数において有意差が確認された。建物関連では冬期の室温を安定させることが省エネルギーの観点だけでなく、住民の健康にとっても重要であることを強調したい。また、図 5 にも示すように冬期の感度が高い地域は夏期においても感度が高くなっている。温暖地だからと言って暖房を行わない生

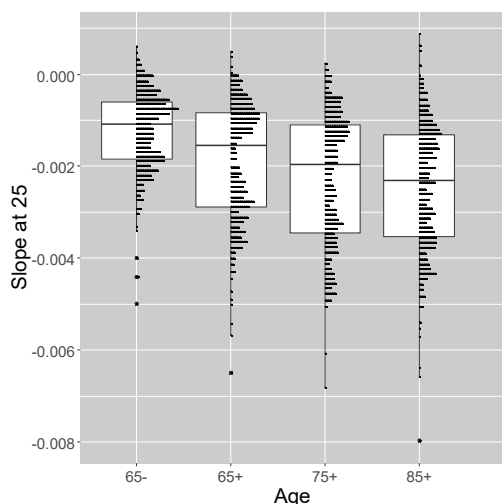


図 11 年齢別の低温時 (θ_{25}) の傾きの変化

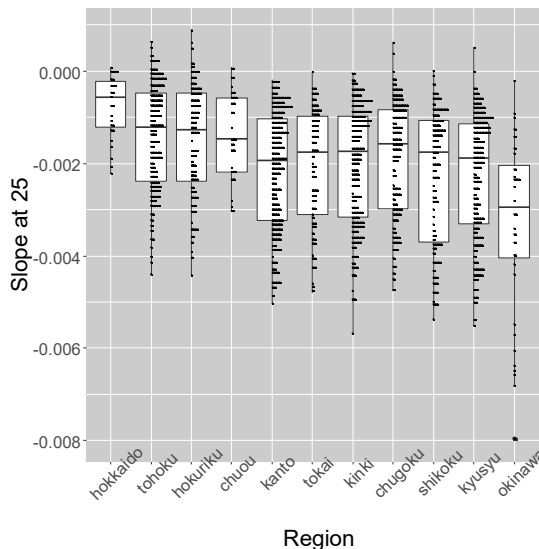


図 12 地域別の低温時 (θ_{25}) の傾きの変化

表 5 θ_{25} における傾きを目的変数とした multiple regression analysis

	Coefficients	Estimates	Std. error	Pr	
Age	65-	0 (reference)			
	65+	-1.2×10^{-3}	7.7×10^{-5}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
	75+	-1.8×10^{-3}	7.7×10^{-5}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
	85+	-1.7×10^{-3}	7.7×10^{-5}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
Period	90s	0 (reference)			
	00s	1.8×10^{-4}	6.7×10^{-5}	0.009	**
	10s	3.4×10^{-4}	6.7×10^{-5}	6.3×10^{-7}	***
Region	Hokkaido	0 (reference)			
	Tohoku	-1.2×10^{-3}	2.0×10^{-4}	1.2×10^{-13}	***
	Hokuriku	-1.4×10^{-3}	2.1×10^{-4}	$< 7.8 \times 10^{-16}$	***
	Chuou	-7.7×10^{-4}	2.6×10^{-4}	0.0037	**
	Kanto	-2.1×10^{-3}	2.0×10^{-4}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
	Tokai	-2.1×10^{-3}	2.2×10^{-4}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
	Kinki	-2.0×10^{-3}	2.0×10^{-4}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
	Chugoku	-1.9×10^{-3}	2.1×10^{-4}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
	Shikoku	-2.5×10^{-3}	2.1×10^{-4}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
	Kyusyu	-2.3×10^{-3}	2.0×10^{-4}	$< 2 \times 10^{-16}$	***
	Okinawa	-2.6×10^{-3}	2.6×10^{-4}	$< 2 \times 10^{-16}$	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

活することが健康の観点からは好ましくないと考えられる。

C2.3.2. 省エネルギー区別の分析

都道府県別と同様の手法を用いて省エネルギー区別の分析を行った。図 13 は冬期の死亡感度の 2 地域と 7 地域の比較である。いずれも年齢層別に計算を行い、近似曲線を求め、25 パーセントの傾きを求めた。II 地域ではどの年齢層も死亡率と外気温の関係に顕著な差はみられなかった。一方、VII 地域では 4~10℃の外気温が低い期間に年齢層が上がるほど死亡率が高くなり、近似曲線の傾きが大きくなっていることがわかった。

そこで、都道府県別と同様に目的変数を外気温の第一四分位数 (θ_{25}) における死亡感度、説明変数を年齢層、死亡場所、亡くなった年、省エネルギー区分とし、multiple regression analysis を行った、結果を表 6、同様に目的変数を外気温の第三四分位数 (θ_{75}) における死亡感度を用いて multiple regression analysis を行った結果を表 7 に示す。 θ_{25} の分析に関しては、年齢層間の比較では年齢層が上がるにつれ回帰係数推定値が減少し、P 値に関しては 65 歳未満と 65 歳以上の比較では $P < 0.01$ 、65 歳未満と 75 歳以上では $P < 0.001$ と有意な差があるということがわかった。また、死亡場所が病院である場合と自宅である場合の比較や、

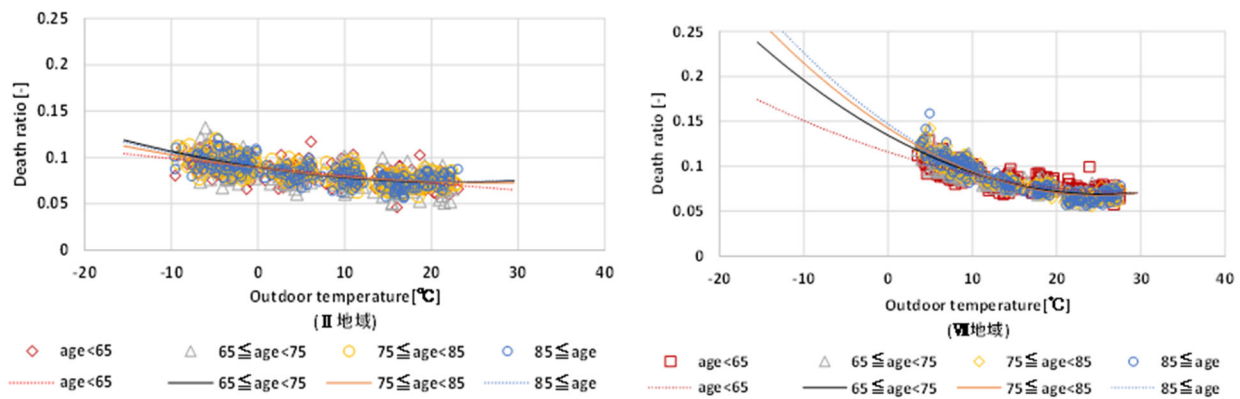


図 13 省エネルギー区分における死亡率の比較

表 6 multiple regression analysis (slope at θ_{25})

	Coefficients	Regression coefficient	Pr
Age	65<	0(reference)	
	65+	-5.35×10^{-4}	5.01×10^{-3} **
	75+	-1.12×10^{-3}	2.77×10^{-8} ***
	85+	-1.33×10^{-3}	9.41×10^{-11} ***
Death Place	house	0(reference)	
	non-house	1.80×10^{-3}	8.31×10^{-26} ***
Period	1990-	0(reference)	
	1990+	-2.67×10^{-4}	4.54×10^{-2} *
Region	region_1	0(reference)	
	region_2	-3.31×10^{-4}	2.13×10^{-1} †
	region_3	-7.27×10^{-4}	7.11×10^{-3} **
	region_4	-0.108×10^{-3}	1.95×10^{-4} ***
	region_5	-1.39×10^{-3}	6.81×10^{-7} ***
	region_6	-1.83×10^{-3}	2.51×10^{-10} ***
	region_7	-2.20×10^{-3}	1.96×10^{-13} ***
	region_8	-3.49×10^{-3}	9.35×10^{-25} ***

表 7 multiple regression analysis (slope at θ_{75})

	Coefficients	Regression coefficient	Pr
Age	65<	0(reference)	
	65+	8.27×10^{-5}	6.14×10^{-1}
	75+	4.07×10^{-4}	1.44×10^{-2} *
	85+	3.66×10^{-4}	2.71×10^{-2} *
Death Place	house	0(reference)	
	non-house	4.59×10^{-4}	1.27×10^{-4}
Period	1990-	0(reference)	
	1990+	-3.93×10^{-5}	7.35×10^{-1}
Region	region_1	0(reference)	
	region_2	3.75×10^{-5}	1.08×10^{-1}
	region_3	2.16×10^{-4}	3.53×10^{-1}
	region_4	3.89×10^{-5}	8.67×10^{-1}
	region_5	2.04×10^{-4}	3.79×10^{-1}
	region_6	1.82×10^{-4}	4.33×10^{-1}
	region_7	-1.96×10^{-4}	3.99×10^{-1}
	region_8	7.45×10^{-4}	1.67×10^{-3} **

亡くなった年に関しても有意な差が見られた。一方、省エネルギー区分に関してはⅠ地域とⅡ地域間では有意な差が見られなかったが、他の地域との比較では有意な差がみられ、Ⅷ地域に近づくにつれ回帰係数推定値が小さくなっており、温暖になるにしたがって、低温の影響で死亡率が上昇しやすいことがわかった。

また、 θ_{75} では、年齢層においては、65歳未満と75歳以上の比較において、有意な差が見られた。また、Ⅰ地域とⅧ地域との差において有意差がみられたが死亡場所の比較や亡くなった年の比較では、有意な差が見られなかった。

以上をまとめると、省エネルギー区分でみた場合も、都道府県別と同様に温暖地ほど冬期の死亡率が上昇しやすいことがわかった。省エネルギー区分は日本が亜寒帯から亜熱帯までの気候区分をもっているために、一律の省エネ手法を適用するのが難しいために、主に暖房デグリーデーを利用して作られた省エネ設計のための気候区分である。しかし現状では、気候区分が温暖地であればあるほど、外気温変動による感度が高くなっている。つまり、省エネ区分によって断熱性能が緩和されているために冬期の低温に対して居住者の健康が犠牲になっていると考えられる。

図14は縦軸に θ_{25} における傾き、横軸に暖房コスト比（光熱費に占める暖房コストの比）をとった各都道府県ごとの相関図である。暖房コスト比が大きいほど、つまり、暖房をしっかりと行っている地域ほど傾きが0に近づいており、冬期の暖房をしっかりとすることが重要であることがわかる。また、90年代（オレンジ）、00年代（グレー）、10年代（青）に分けてプロットを行っている。2010年代に点群が右に向かって移動している。わが国では2011年の東日本大震災後にエネルギー価格が電気を中心に急上昇している。そのため、寒冷地を中心に暖房コスト比が上昇したため、このようにグラフが右に向かって移動している。北海道（ho）では全光熱費に占める暖房コストの割合が

3割をこえるようになってきている。おそらく、震災前はすべての地域でオール電化住宅が普及していたため、震災後の電気代の上昇によってこのような状況が生じていると考えられる。現在、ロシアによるウクライナ侵攻によりエネルギーコストはさらに上昇しつつある。このような状況がづくると、現在、室温が維持されている寒冷地においても、がまんの省エネルギーの結果、室温が低下をしかねず、その場合には居住者の健康にも影響が及ぶと考えられる。省エネルギーと室内環境を両立するには高断熱が最も重要である。現在、わが国ではZEH、ZEBの導入に向けた議論が進んでいるが、高い断熱性能をもったそれらの建物の導入を早急にすすめるべきである。

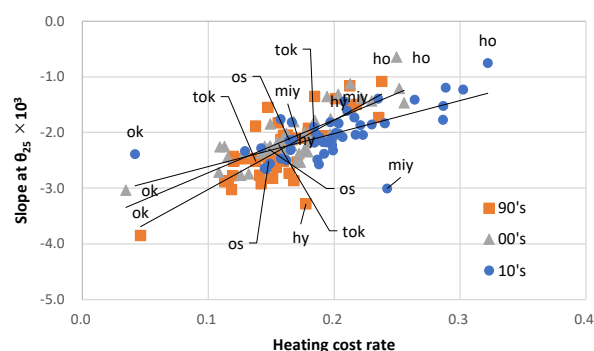


図14 暖房コスト比と θ_{25} における傾き

D. 結論

以下に本研究項目のまとめを示す。

本研究項目では、人口動態死亡表と気象データ、省エネルギー区分のマーヅを行い、外気温変動と日本人の死亡の関係について分析した。

Death Index の分析では靄山らが示した、冬期に死亡率が高くなる傾向が2010年代でも引き続きみられ、北海道よりも関東で顕著であった。

CSVM を用いて EU、日本の都道府県の死亡率の冬期の上昇傾向を分析した結果、全体的に温暖地で冬期の死亡率の上昇傾向がみられた。冬期の外気温と CSVM の相関においては、北海道は EU 諸国と比べても CSVM が低い位置にあったが、三重県は非常に高い位置にあった。

各月、各カテゴリーの死亡者数で重みづけを行った外気温と死亡率の関係を分析した結果、冬季の低温と死亡率との間に有意な相関が見られた。

また、省エネ対策が死亡率に与える影響を調べるために多変量回帰分析を実施した結果、年齢層や死亡場所（病院 vs 自宅）によって死亡率に有意な差があることがわかりました。また、温暖な地域では外気温が低い期間に死亡率が著しく上昇することが明らかになった。

温暖地でも住宅環境の断熱性能を改善することが健康促進に必要である。また、寒冷地でも今後のエネルギー価格の上昇をふまえると、さらなる断熱性能の向上（ZEH, ZEB 化）が必要である。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 長谷川舞, 森太郎, 羽山広文, 林基哉, 人口動態統計を用いた疾病による死亡の季節依存性に関する経時的分析, 日本建築学会環境系論文集, 第 86 巻 (2021), 783 号

2. 学会発表

- 1) Mori taro, Aoyama Kyoko, Hasegawa Mai, Hayashi Motoya, Influence of outdoor temperature and Japanese regulation of energy efficiency on long-term vital statistic, Indoor Air 2022, Kuopio, Finland
- 2) 青山恭子, 森太郎, 林基哉 省エネルギー区分と死亡率の関係 人口動態統計死亡票を用いた気象と死亡の関係に関する研究 日本建築学会大会学術講演会 環境工学 I 2022 1079-1080 2022-07
- 3) 青山恭子, 森太郎, 林基哉 外気温が死亡に与える影響の経時的分析 省エネルギー区分別にみた気象と死亡の関係に関する研究 日本建築学会大会学術講演会 北海道支部研究報告集 95 339-342 2022-06
- 4) 青山恭子, 森太郎, 林基哉 外気温が死亡に与える影響の経時的分析 省エネルギー区分別にみた気象と死亡の関係に関する研究 空気調和・衛生工学大会学術講演会 空気調和・衛生

工学大会学術講演論文集, 2022-08

- 5) 青山恭子, 森太郎, 林基哉 Analysis of the Effect of Climate on Mortality over Time IAQVEC2023

G. 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

<参考文献>

- 1) Mikami Haruka et: An Analysis of the Influence of the Seasonality and Statistics, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, pp133-136, 2014.10 (in Japanese) 三上遥, 羽山広文, 菊田弘輝, 森太郎, 二村伊玖磨: 人口動態統計を用いた疾病発生に関する研究 その9 CSVM を用いた疾病の季節性と地域特性に関する分析, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp133-136, 2014.10
- 2) Masako Momiyama: Diseases from The Geographical and Climatic Point of View, Daimeido, 1971 (in Japanese) 榎山政子: 疾病と地域・季節, 大明堂, 1971
- 3) Matsumura Ryosuke et: Study on disease occurrence based on Population Survey Report Part1 Disease Occurrence in 9 Prefecture, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, pp209-512, 2008.1 (in Japanese) 松村亮典, 羽山広文, 絵内正道, 菊田弘輝, 森太郎: 人口動態統計を用いた疾病発生に関する研究 その1 9都道府県の疾病発生について, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp209-512, 2008.1
- 4) Hamada Mari et: Study on disease occurrence based on Population Survey Report Part4 Respiratory disease and Regional Characteristic, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, pp999-1002, 2011.2 (in Japanese) 濱田麻里, 羽山広文, 釜澤由紀, 町口賢宏, 斉藤雅也, 森太郎, 菊田弘輝: 人口動態統計を用いた疾病発生に関する研究 その4 呼吸器疾患と地域性, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp999-1002, 2011.2
- 5) JD Healy: Excess Winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors, J Epidemiol Community Health, Vol.57, pp.784-789, 2003
- 6) Ministry of Health, Labor and Welfare: Demographic statistics (in Japanese) 厚生労働省: 人口動態統計
- 7) Japan Meteorological Agency: Climatological statistics (in Japanese) 気象庁: 気象統計情報
- 8) R Core Team: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <https://www.R-project.org/>, 2018
- 9) Statistics Bureau of Japan: National population census (in Japanese) 総務省統計局: 国勢調査
- 10) Masako Momiyama: A Comparative Study in The Seasonal Variation of Seen in Some Countries Mortality in The World (I)-Steady Moderation of Seasonal Variation, Geographical review of Japan, Vol.42, No.1, 1969(in Japanese) 榎山政子: 世界における死亡の季節変動形態の研究(第1報), 地理学評論, 42巻, 1号, 1969
- 11) Japan Water Supply History Compilation Committee: History of Japan Water Supply, Japan Water Work Association, 1976(in Japanese) 日本水道史編纂委員会: 日本水道史, 日本水道協会, 1967
- 12) Shioko Kawai et: Influenza Vaccination of Schoolchildren and Influenza Outbreaks in a School, Clinical Infectious Diseases, Vol.53, Issue 2, pp.130-136, 15 July 2011
- 13) Christine Liddell et: Excess winter deaths in 30 European countries 1980-2013: a critical review of methods, Journal of Public Health, Vol.38, No.4, pp.806-814, 2015
- 14) Vito M. R. Muggeo: Estimating regression models with unknown break-points. Statistics in Medicine, 22, 3055-3071, 2003
- 15) Vito M. R. Muggeo: segmented: an R Package to Fit Regression Models with

Broken-Line Relationships, R News, 8/1, 20-25. URL <https://cran.r-project.org/doc/Rnews/>, 2008

- 16) Vito M. R. Muggeo: Testing with a nuisance parameter present only under the alternative: a score-based approach with application to segmented modelling, J of Statistical Computation and Simulation, 86, 3059-3067, 2016
- 17) Vito M. R. Muggeo: Interval estimation for the breakpoint in segmented regression: a smoothed score-based approach, Australian & New Zealand Journal of Statistics, 59, 311-322, 2017
- 18) Yasuto Nakamura et: Method for Simultaneous Measurement of the Occupied Environment Temperature in Various Areas for Grasp of Adaptation to Climate in Daily Life, Human and Living Environment, Vol.15, No.1, 5-14, 2008 (in Japanese) 中村泰人, 横山真太郎, 都築和代, 宮本征一, 石井昭夫, 堤純一郎, 岡本孝美: 日常生活で生じる気候適応を把握するための居住環境温度の多地域同時計測法, 人間と生活環境, 15 巻, 1 号, p.5-14,2008
- 19) Antonio Gasparrini et: Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study, Lancet, 386(9991), 369-75, 2015 Jul 25
- 20) 住宅に関する省エネルギー基準に準拠したプログラム 入力補助ツール・補足資料
地域の区分・年間の日射地域区分・暖房機の日射地域区分検索ツール
(<https://house.lowenergy.jp/program>)

