

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
気象データと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

研究分担者 森 太郎 北海道大学 大学院工学研究院 准教授
研究協力者 羽山 広文 北海道大学 名誉教授
研究協力者 長谷川 舞 元 北海道大学 大学院工学院修士課程

研究要旨

日本人の死因で心疾患、脳血管疾患、呼吸器疾患、不慮の溺死溺水は冬季に増加するという報告が多い。本研究では 1972～2015 年の人口動態統計死亡票と気象データの関係を整理し、健康で安全な建築、都市計画の指標とすることを目的とした。個々の死亡データと日平均気温をマージさせてデータベースを作成し(1)CSVM、(2)Death Index、(3)死亡数重み付け月平均外気温と月別死亡割合による分析を行った。その結果、下記の知見を得た。

- 1)欧州 30 か国と日本 6 都市について、CSVM と冬期の外気温の間には正の相関が見られた。
- 2)CSVM と二重サッシ・複層ガラスの窓の普及率との間に負の相関が認められた。JD Healy らによる欧州を対象とした研究においても、窓の性能と CSVM との間には有意な相関が認められており、冬の寒さを意識した生活スタイルにより、冬期の死亡割合は低くなることが示唆された。
- 3)月別死亡割合の外気温に対する回帰係数は寒冷地で小さく、寒冷地以外の地域でも 1980 年頃より改善の傾向が見られた。また、死亡割合が低外気温と高温で高くなる現象は年齢調整を行うと小さくなった。高温、低温気象下での高齢者へのサポートによって死亡数を減少させることができると考えられる。
- 4)月別死亡割合の回帰係数と建築的な要因の比較に関して、暖房費の増加割合との相関関係があった。冬に暖房費を多く使う地域ほど回帰係数が小さかったため、暖房によって死亡率を削減できると考えられる

A. 研究の背景と目的

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、脳血管疾患などさらに細分化される。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、室温、気圧、外気温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、外気温と疾病による死亡の関係や、低外気温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

て外気温と死亡との関係を経時的に分析する。初めに、1970年以前の死亡の季節依存性と近年の状況を比較するために、Death Index²⁾を用いた分析を行った。

次に、冬期の死亡数についての日本における状況を確認し、加えて欧州の状況との比較をするため、CSVM³⁾を用いた分析を行った。最後に、日本における外気温の変化による死亡数への影響を地域別に確認するため、月平均外気温と月毎の死亡割合との相関を分析した。以上により、低外気温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ことを目的とした。

B. 既往の研究

靄山による既往研究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、靄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。

外気温と死亡を分析した研究には山中ら⁴⁾による研究がある。月単位での脳血管疾患による死亡率と平均外気温の関係を分析しており、石川県より外気温の低い地域では22～25℃の間で、和歌山県より外気温の高い地域では25～28℃の間で死亡率が最小となったことを報告している。また、伊香賀ら⁵⁾の研究では住宅の断熱性能が健康に与える影響を評価するため、アンケート調査により断熱、気密性能の高い住宅に転居した時の有病率について分析しており、転居後には対象とした10の疾病全てにおいて改善の傾向が見られたと報告している。

川久保ら⁶⁾の研究でも戸建住宅の環境性能が健康に与える影響を分析しており、調査結果から住環境の改善により疾病を予防しうると示唆している。これらの研究は住宅の性能が与える健康への影響を評価したものであるが、本研究では外気温

に着目しその健康影響について分析する。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⁷⁾、濱田ら⁸⁾、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、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 Healy⁹⁾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。

C. 調査資料・分析概要

C1. 分析対象

本研究では1972～2015年(44年分)の人口動態統計死亡票⁹⁾(Table.1)、市町村別のアメダス気象

データ¹⁰⁾(Table.2)を用いて統計分析ソフト R¹¹⁾により分析を行った。

C2. 日本における人口と死亡の推移

Fig.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¹²⁾。また、日本における年間の総死亡数は1972～2015年でFig.2のように推移していた。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130万人となっていた。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割まで増加していた。また、死亡場所の推移はFig.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亡割合が大きい、それ以降は逆転していた。

C3. 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。Table.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。次にGIS(QGIS)を用いて、それぞれの市区町村コードの代表位置から水平距離を測定し15番目までのアメダス観測所のリストを作成した。このリストを用いて、死亡データを1行ずつ順に取り出し、死亡日と自治体コードの情報をもとに最も近傍の気象データを取り出し、その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検索することを最大15番目まで繰り返し、それでもデータがない場合

はNAとした。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。

D. Death Index を用いた分析

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。

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

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(Fig.4)。これに、Fig.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年以降に水道の整備が完了する都市も多かった¹⁴⁾。

これにより、1910年代以前には毎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都市共にインフラが完備されたためと考えられる。一方で冬季の死亡率は東京の方が高い状態が続いており、暖房習慣が影響していると考えられる。

E. CSVM を用いた分析

E1. CSVM の定義

CSVM(coefficient of seasonal variation in mortality)³⁾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。欧州における既往研究³⁾¹⁵⁾ではこの期間で1年間を区分し CSVM を算出しており、本研究でもこの結果を用いて日本と欧州の冬期の死亡割合の状況を比較するため、同じ期間で分けて CSVM を算出した。その CSVM の算出式を(2)式に示す。CSVM が上昇するほど冬期の死亡数が多いことを示す。

$$CSVM = \frac{(f_{d1} - \frac{f_{d2}}{2})}{(\frac{f_{d2}}{2})} \quad (2)$$

f_{d1} : 冬期の死亡数

f_{d2} : 冬期でない期間の死亡数

E2. 日本における CSVM の経時的分析

1972~2014年における東京、北海道の CSVM を算出し分析したものを Fig.6 に示す。また、高齢化の影響を考慮し、年齢分布に関して年齢調整を行ったもの、行わないもの両方のデータについてグラフを作成した。なお、年齢調整は以下の式にて行った。

$$N_{pr,yr} = \sum_{age=0}^{15} \left\{ D_{pr,age,yr} \frac{P_{pr,age,85}}{P_{pr,age,yr}} \right\} \quad (5)$$

$$P_{pr,age,85} = P_{pr,85} \frac{P_{age,85}}{P_{total,85}} \quad (6)$$

年により変動が見られたが、年齢調整にかかわらず、全国的に1998年に増加のピークがあることが分かった。これについて、心疾患、脳血管疾患、呼吸器疾患、悪性新生物の4疾患について疾患別の CSVM を算出したところ、Fig.7、8、9、10 に示したように、悪性新生物、心疾患では CSVM の変動が小さく、呼吸器疾患において1998年の CSVM が著しく増加していることが分かった。

Kawai らによると¹⁶⁾1994年の予防接種法改正により、それまで強制であった小中学生のインフルエンザワクチン接種が自由化し、1998年まで小中学生のインフルエンザワクチン接種率が下がったことが、全年齢におけるインフルエンザやそれに起因する疾病による死亡率を高めており、今回の結果もその影響であると言える。

現在、新型コロナウイルス(COVID-19)の感染が拡大しているが(2020/3)、建築学の範囲を建物の運営まで含む領域とするならば、学校の感染をコントロールすることで呼吸器系疾患による死亡数を減らすことができるということは貴重な知見と考えられる。

E3. 日本と欧州の CSVM

欧州30か国¹³⁾と日本の6都市での、1980~2013年における CSVM と月平均外気温の関係について、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 Fig.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。Fig.11 から、日本と欧州に共通して、CSVM と4か月平均外気温には正の相関が見られ、北海道やフィンランドのような寒冷地では CSVM が低く、三重やキプロスのような温暖地では高い傾向があることが分かった。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。

E4. CSVM と建築的な要因

次に、CSVM の都道府県ごとの違いと建築的要因の関係を考察するため、重回帰分析を行った。目的変数を年齢調整死亡数から得た CSVM、説明変数を冬期の暖房費増加度合い、築浅の住宅の割合、一戸建住宅の割合、二重サッシ・複層ガラスの窓の普及率とし、2003年、2008年、2013年それぞれで分析した結果、いずれの年においても、二重サッシ・複層ガラスの窓の普及率との負の相関

が認められた (Fig.12)。都道府県ごとにバラつきがあるものの、窓の断熱が施されている地域ほど CSVM は低くなった。これについて、JD Healy ら³⁾による欧州を対象とした研究においても、窓の性能と CSVM との間には有意な相関が認められており、冬の寒さを意識した生活スタイルにより、冬期の死亡割合は低くなることが示唆された。

F. 外気温と月別死亡割合を用いた分析

F1. 月別死亡割合の定義

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。死亡数には粗死亡数(自宅を対象)、年齢調整死亡数それぞれについて算出した。

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

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

R_d : 月別死亡割合

$N_i, N_j, N_F, \dots, N_D$: 各月の死亡数

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。ただし、災害による死亡数への影響を考慮し、岩手、宮城、山形については 2011 年のデータ、兵庫については 1995 年のデータを除いた。また、十分なデータ数を得るためにその年から 5 年間のデータをまとめて用いた。これにより得られたグラフが Fig.13 のようなグラフである。また、ここから得られた回帰係数の経時変化を Fig.14 に示す。

北海道では 1972 年から 2011 年で大きな変動は見られなかったが、東京などの関東以南の多くの地域で、1995 年以降に回帰係数が 0 に近く、即ち、外気温による月別死亡割合の変動が小さくなっていった。一方で、山梨など一部の地域では近年に近づくにつれて外気温による月別死亡割合の変動が大きくなっていることが分かった。年齢調整死亡数から算出したものと比較すると、全体的な

傾向として、自宅での粗死亡数の方が回帰係数は 0 から遠ざかったことから、自宅での死亡者の方が、外気温による月別死亡割合の変動は大きいと考えられる。44 年間の月別死亡割合と月平均外気温の関係を分析したところ、低外気温のときと高外気温のときに月別死亡割合が高くなる傾向が見られた。そこで、低外気温時と高外気温時に回帰直線の傾きが変わるブレイクポイント(以下、BP1、BP2)がそれぞれ 1 点あるものとし、外気温の最低値～BP1、BP1～BP2、BP2～外気温の最高値で範囲を分け(以下、低温域、中温域、高温域)、それぞれで回帰直線を算出した。BP の算出は R の segmented パッケージ¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾を用いて行った。北海道、岩手、山形、新潟では BP1 が正しく検出されなかったため BP2 のみを境界とし、範囲を低温域と高温域の 2 つに分けて回帰直線を算出した。その結果から抜粋して Fig.15 に示す。また、47 都道府県における結果をまとめたものを Table.4 に示す。Fig.14 で示した結果が「1972-2011 の回帰係数の経時変化」と題した列に示されており、Fig.15 で示した結果が「segment1」～「segment3」の列に示されている。

Fig.15、Table.4 から、北海道では他の地域に比べ低温域の傾きが緩やかとなっており、地域によりバラつきはあるが、全体の傾向として北海道よりも南の地域になるほど、低温域と中温域の傾きが急になっていることが分かった。また、低温域と中温域の回帰係数の差から 47 都道府県を*で分類した。Table.4 において、segment2 の回帰係数から segment1 の回帰係数を引き、0 未満の時は記号なし、0 以上 0.1 未満の時は*、0.1 以上 0.2 未満の時は**、0.2 以上 0.3 未満の時は***、0.3 以上の時は****とした。*が多い地域ほど、中温域に比べ低温域での回帰直線の傾きが大きい、即ち外気温が低いほど死亡割合が高くなっている地域と言える。

特に四国、九州地方において低温域の傾きが取り分け急な地域が多く、北海道、東北地方では低温域と中温域で傾きの変化は微小、あるいは見受けられなかった。これは北海道のような寒冷地では他の温暖な地域に比べ、外気温が 20℃以下にな

ったときに室内温度を高くする傾向があり防寒対策がなされているため²¹⁾、20℃以下、即ち低温域と中温域での回帰直線の傾きは緩やかであり、一様であるといえる。一方でその他の地域では、外気温が20℃以下と低くなっても暖房を始めず、低温域でも十分に暖房していないために寒さの影響を受けて特に低温域での死亡割合が高くなっていると考えられる。また、高温部については、比較的寒冷地では回帰係数が小さく温暖地では大きい傾向がやや見られるが、長崎などの地域では小さく、埼玉、東京などの地域では高いことが分かった。

既往研究²²⁾では、高外気温が与える死亡への影響は、低外気温の与える影響よりも小さいことが分かっており、今回の結果においても、高温部の死亡数増加は外気温差よりも地域差によるものと考えられる。

F2. 年齢調整の影響

年齢調整死亡数による分析結果(大阪)を Fig.16 に示す。外気温が最も低いときの傾きの変化、また、高温時の傾きの変化ともに顕著に見られなくなった。つまり、粗死亡数のグラフに現れる、極端な温度による死亡者数の増大は高齢者に顕著な現象と考えられ、高齢者に対する暖房システムの支援や第一 seg, 第三 seg 以下、以上の日平均気温になる際には、その状況を周知することによって死者数を削減することができると考えられる。

F3. 月別死亡割合の気温感度と暖房費

冬期の暖房費増加度合いと、外気温による月別死亡割合の変動について分析を行った。44年間の外気温と月別死亡割合の回帰係数(以下、死亡割合の気温感度)と、冬期の暖房費増加度合いとの関係を Fig.17 に示す。北海道や秋田、長野など冬に暖房費を多く使う地域ほど外気温による月別死亡割合の変動が小さく、熊本や宮崎、鹿児島など暖房費をあまり使わない地域では外気温による月別死亡割合の変動が大きいことが分かった。このことから、暖房による防寒対策が月別死亡割合に影響していると窺える。

G. 総括

本研究により得られた知見を以下に示す。

- 1) CSVM は 1998 年に増加のピークを迎え、呼吸器疾患においてその傾向が顕著に見られた。また、欧州 30 か国と日本 6 都市について、CSVM と冬期の外気温の間には正の相関が見られた。
- 2) CSVM と建築的な要因との相関については二重サッシ・複層ガラスの窓の普及率との負の相関が認められた。JD Healy ら³⁾による欧州を対象とした研究においても、窓の性能と CSVM との間には有意な相関が認められており、冬の寒さを意識した生活スタイルにより、冬期の死亡割合は低くなることが示唆された。
- 3) 月別死亡割合の外気温による変動は北海道では他の地域に比べ小さく、北海道以外の地域でも 1980 年頃より改善の傾向が見られた。また、死亡割合が低外気温と高温で高くなる現象は年齢調整を行うと小さくなった。したがって、両者は高齢者特有の減少であり、そういった気象下での高齢者へのサポートによって死亡を減少させることが示唆された。
- 4) 月別死亡割合の回帰係数と建築的な要因の比較に関して、暖房費の増加割合との相関関係があった。北海道や秋田、長野など冬に暖房費を多く使う地域ほど外気温による月別死亡割合の回帰係数が小さく、熊本や宮崎、鹿児島など暖房費をあまり使わない地域では外気温による月別死亡割合の変動が大きいことが分かった。このことから、暖房によって死亡率を削減できると考えられる。

以上から、死亡には低外気温が関与しており、インフラの整備、予防接種、建築性能の向上、暖房習慣の改善により防ぎ得ると考えられる。

H. 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 2021年5月 第86巻 第783号(掲載決定)

2. 学会発表

- 1) 長谷川舞, 羽山広文, 森太郎, 林基哉: 長谷川舞, 羽山広文, 林基哉: 気象データと人口動態統計を用いた疾病発生の季節依存性に関する経時的分析・その2 外気温と月別死亡割合を用いた分析, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 日本建築学会大会学術講演会, DII, , 2020.9

I. 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) 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, pp.133-136, 2014.10
- 2) 靱山政子: 疾病と地域・季節, 大明堂, 1971
- 3) 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
- 4) 山中伸一, 中村泰人: 脳血管疾患死亡率と環境温度との関係に関する一考察, 日本建築学会計画系論文集, 62巻, 502号, pp.79-85, 1997.12
- 5) 伊香賀俊治, 江口里佳, 村上周三, 岩前篤, 星旦二, 水石仁, 川久保俊, 奥村公美: 健康維持がもたらす間接的便益(NEB)を考慮した住宅断熱の投資評価, 日本建築学会環境系論文集, 76巻, 666号, pp.735-740, 2011.8
- 6) 川久保 俊, 伊香賀 俊治, 村上周三, 星旦二: 戸建住宅の環境性能が居住者の健康状態に与える影響, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp441-444, 2012.9
- 7) 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19 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
- 8) 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, pp.999-1002, 2011.2
- 9) 厚生労働省: 人口動態統計, 2018
- 10) 気象庁: 気象統計情報, 2018
- 11) 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
- 12) 総務省統計局：国勢調査, 2019
 - 13) 靱山政子：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 卷, 1 号, 1969
 - 14) 日本水道史編纂委員会：日本水道史, 日本水道協会, 1967
 - 15) 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
 - 16) 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
 - 17) Vito M. R. Muggeo: Estimating regression models with unknown break-points. *Statistics in Medicine*, 22, 3055-3071, 2003
 - 18) 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
 - 19) 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
 - 20) 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
 - 21) 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 卷, 1 号, p.5-14, 2008
 - 22) Antonio Gasparrini et: Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study, *Lancet*, 386(9991), 369-75, 2015 July 25

Table.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

Table.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

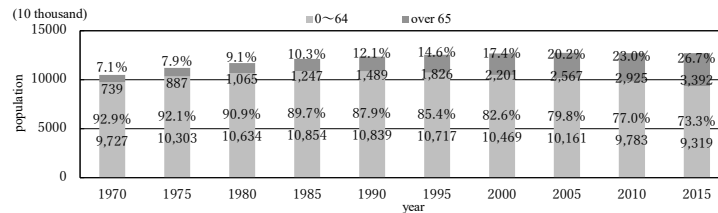


Fig.1 Population of Japan

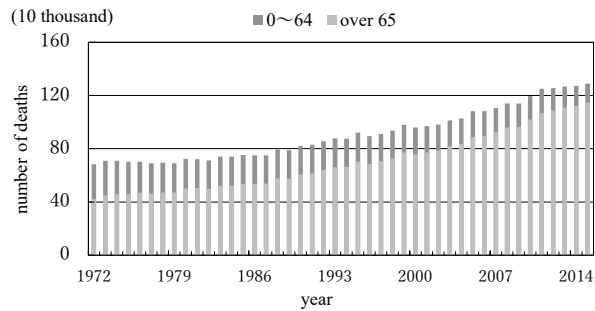


Fig.2 Number of Deaths in Japan

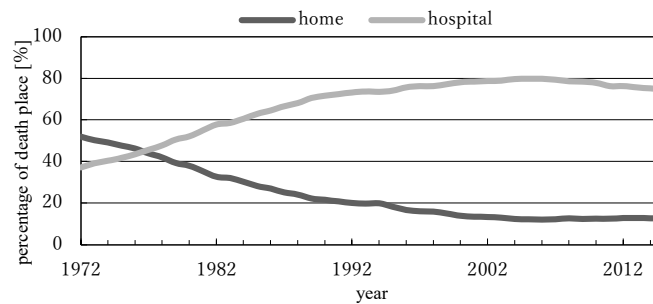


Fig.3 Percentage of Death Place

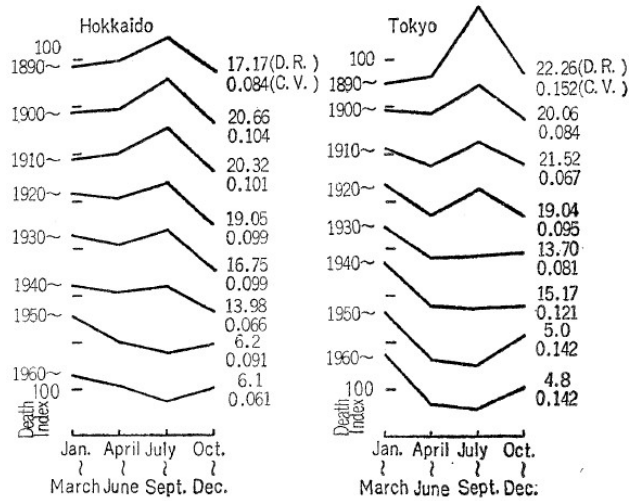


Fig.4 Death Index of Hokkaido and Tokyo (1890s-1960s)¹³⁾

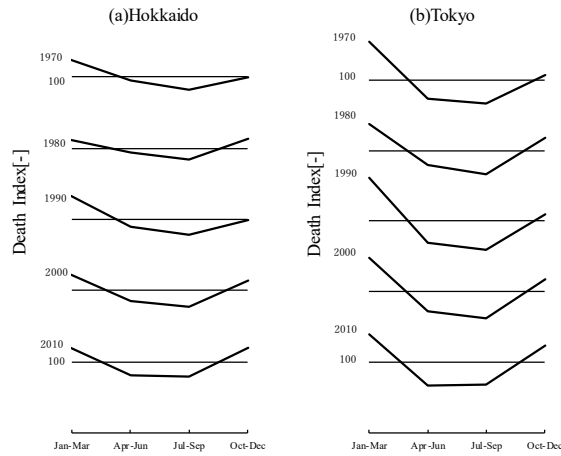


Fig.5 Death Index of Hokkaido and Tokyo (1970s-2010s)

Table.3 Winter Period and Non-winter Period of CSVm

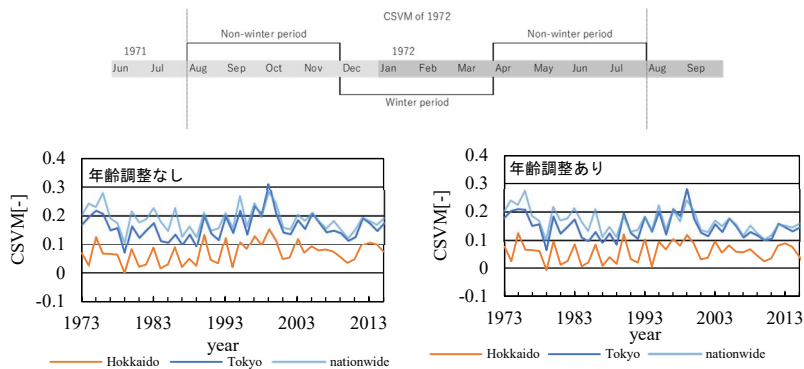


Fig.6 Yearly Change of CSVm (All Disease)

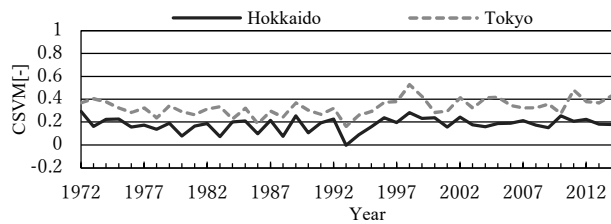


Fig.7 Yearly Change of CSVM (Heart Disease)

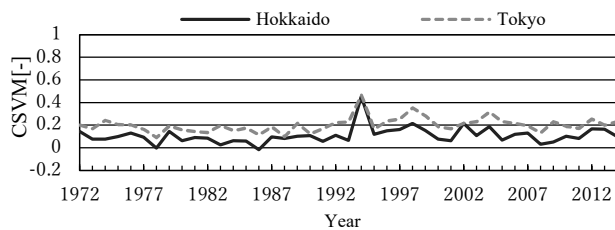


Fig.8 Yearly Change of CSVM (Cerebrovascular disease)

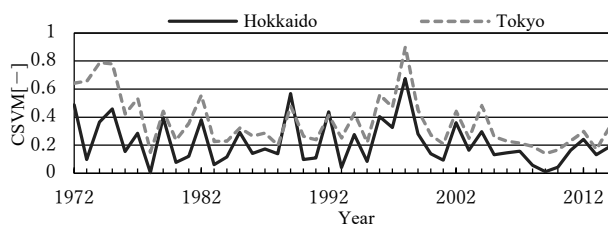


Fig.9 Yearly Change of CSVM (Respiratory Disease)

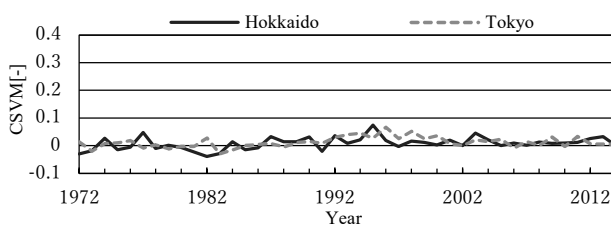


Fig.10 Yearly Change of CSVM (Malignant neoplasms)

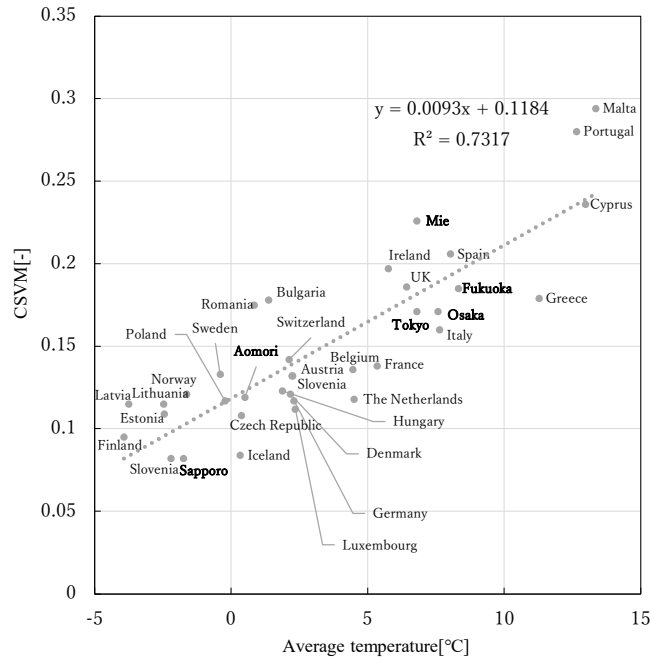


Fig.11 Relationship between CSVYM and Average Temperature from December to March

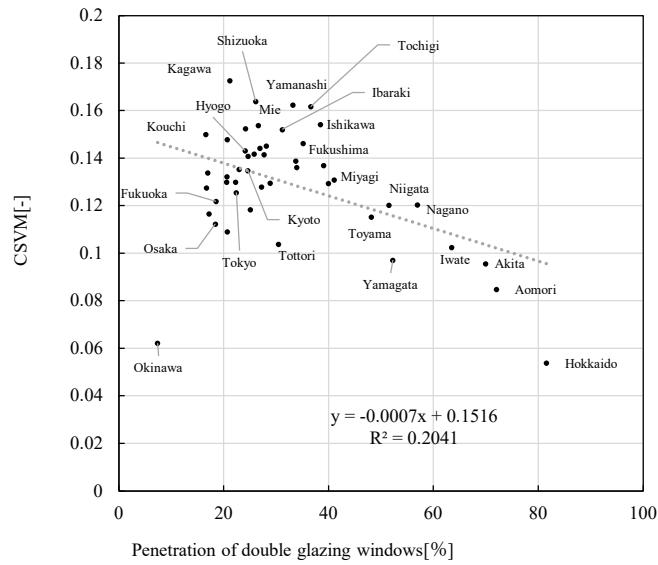


Fig.12 Relationship between CSVYM and Penetration of double glazing windows

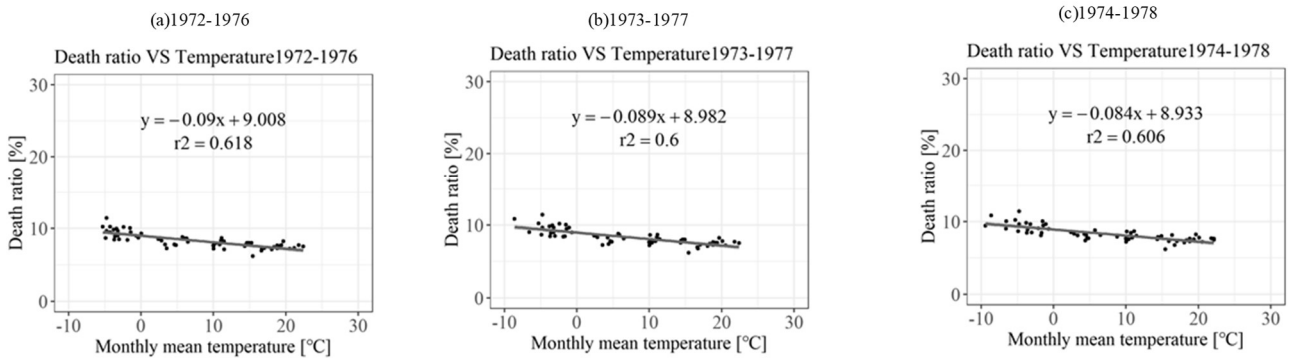


Fig.13 Relationship between Death ratio and Monthly mean temperature in Hokkaido

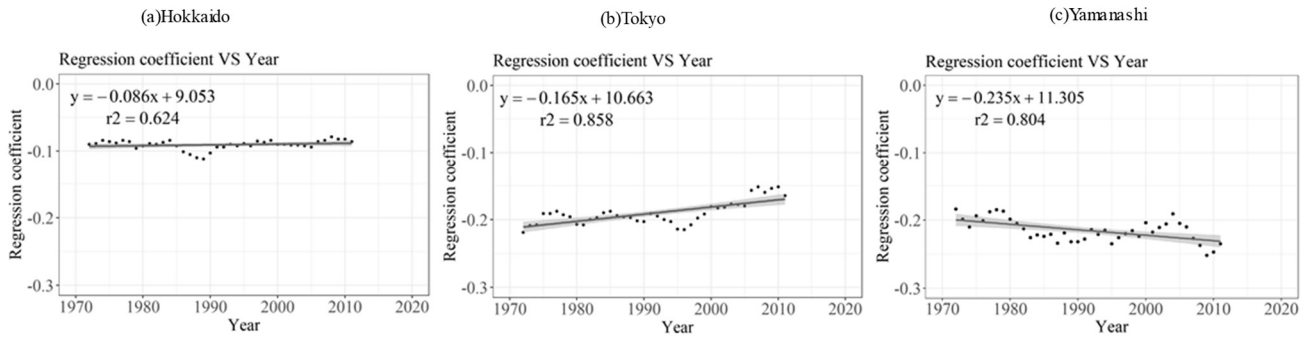


Fig.14 Relationship between Regression coefficient and Year

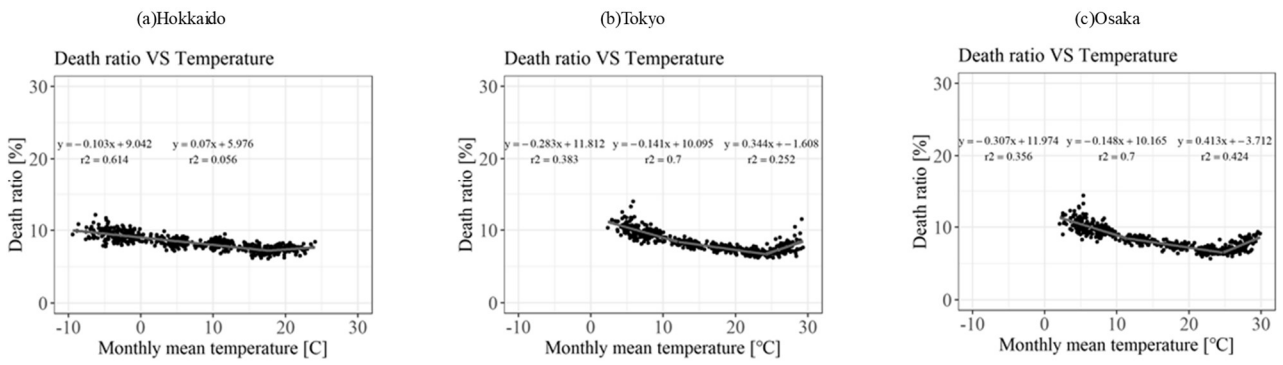


Fig.15 Relationship between Monthly mean temperature and Death ratio (1972-2015)

Table.4 Relationship between Death ratio and Temperature by Prefectures

都道府県	segment1		BP1[°C]	segment2		BP2[°C]	segment3		1972-2011の 回帰係数の経時変化	
	回帰係数	決定係数		回帰係数	決定係数		回帰係数	決定係数	回帰係数	決定係数
北海道				-0.10	0.61	17.6	0.07	0.06	0	0.03
青森県 *	-0.18	0.20	6.5	-0.14	0.41	19.7	0.19	0.14	-0.001	0.35
岩手県				-0.19	0.71	19.2	0.09	0.06	0	0.05
宮城県 *	-0.24	0.31	8.4	-0.19	0.63	19.4	0.05	0.03	0	0.01
秋田県	-0.15	0.47	14.4	-0.20	0.29	20.8	0.17	0.13	-0.001	0.71
山形県				-0.17	0.70	19.9	0.06	0.03	-0.001	0.55
福島県 *	-0.26	0.28	7.8	-0.18	0.66	20.3	0.02	0.01	-0.001	0.53
茨城県 ***	-0.39	0.39	9.2	-0.18	0.64	22.5	0.18	0.14	-0.001	0.20
栃木県 **	-0.32	0.46	10.1	-0.17	0.49	20.7	0.06	0.04	-0.001	0.23
群馬県 **	-0.31	0.36	9.7	-0.18	0.61	22.3	0.18	0.20	-0.001	0.13
埼玉県 **	-0.34	0.46	10.4	-0.15	0.66	23.8	0.32	0.27	0	0.01
千葉県 **	-0.35	0.38	10.8	-0.18	0.68	22.2	0.09	0.08	0	0.01
東京都 **	-0.28	0.38	12.1	-0.14	0.70	24.2	0.34	0.25	0.001	0.45
神奈川県 **	-0.33	0.38	11.9	-0.16	0.63	22.2	0.12	0.13	0.001	0.09
新潟県				-0.18	0.78	21.9	0.16	0.17	-0.001	0.70
富山県 *	-0.24	0.21	9.5	-0.16	0.46	22.4	0.18	0.11	-0.001	0.17
石川県 *	-0.27	0.21	9.9	-0.18	0.47	21.9	0.08	0.03	-0.001	0.44
福井県 **	-0.38	0.12	4.9	-0.19	0.59	22.9	0.13	0.07	-0.001	0.08
山梨県 **	-0.35	0.37	9.2	-0.17	0.44	21.1	0.07	0.02	-0.001	0.31
長野県 *	-0.22	0.27	5.6	-0.15	0.59	19.5	0.03	0.01	0	0.09
岐阜県 **	-0.29	0.33	9.3	-0.15	0.62	23.4	0.18	0.15	0	0.03
静岡県 **	-0.36	0.47	12.6	-0.17	0.61	23.2	0.15	0.12	-0.001	0.17
愛知県 **	-0.34	0.47	11.4	-0.14	0.65	24.9	0.37	0.32	0	0.01
三重県 ***	-0.39	0.37	10.2	-0.16	0.61	24.0	0.23	0.18	0	0.03
滋賀県 **	-0.29	0.36	10.7	-0.17	0.47	21.9	0.09	0.05	-0.001	0.16
京都府 **	-0.31	0.29	10.0	-0.16	0.62	23.6	0.19	0.22	0	0.01
大阪府 **	-0.31	0.36	11.4	-0.15	0.70	24.7	0.41	0.42	0	0.01
兵庫県 **	-0.31	0.37	11.0	-0.15	0.68	24.1	0.23	0.32	0	0.03
奈良県 **	-0.32	0.31	8.7	-0.16	0.57	22.7	0.29	0.16	-0.001	0.43
和歌山県 **	-0.32	0.33	13.1	-0.15	0.44	23.3	0.16	0.16	-0.001	0.39
鳥取県 ***	-0.42	0.10	5.2	-0.22	0.65	21.5	0.05	0.02	-0.001	0.42
島根県 **	-0.31	0.22	10.8	-0.18	0.45	22.5	0.02	0.00	-0.001	0.34
岡山県 **	-0.34	0.41	11.0	-0.15	0.58	24.5	0.20	0.14	0	0.10
広島県 **	-0.33	0.35	9.9	-0.16	0.64	23.7	0.22	0.24	0	0.03
山口県 ***	-0.37	0.31	10.7	-0.17	0.51	23.7	0.17	0.11	-0.001	0.40
徳島県 **	-0.27	0.45	15.1	-0.13	0.18	25.0	0.36	0.12	-0.001	0.58
香川県 ***	-0.46	0.29	10.3	-0.18	0.50	23.6	0.20	0.17	-0.001	0.22
愛媛県 ***	-0.38	0.41	12.1	-0.17	0.56	25.1	0.34	0.23	0	0.00
高知県 ***	-0.41	0.43	13.7	-0.16	0.32	25.5	0.45	0.17	0	0.02
福岡県 **	-0.35	0.36	11.6	-0.17	0.64	24.4	0.19	0.20	0	0.01
佐賀県 ****	-0.62	0.20	7.0	-0.21	0.64	24.9	0.35	0.14	0	0.02
長崎県 **	-0.37	0.33	12.0	-0.20	0.41	22.3	0.05	0.01	0	0.02
熊本県 ***	-0.52	0.22	7.6	-0.23	0.68	22.7	0.11	0.08	0	0.00
大分県 ***	-0.38	0.29	10.2	-0.17	0.50	23.7	0.17	0.08	-0.001	0.08
宮崎県 ****	-0.65	0.30	8.9	-0.21	0.58	23.9	0.19	0.10	0.001	0.08
鹿児島県 ****	-0.50	0.42	13.4	-0.18	0.51	25.4	0.33	0.14	0.001	0.58
沖縄県 ****	-0.61	0.28	19.8	-0.15	0.15	28.3	1.93	0.35	0.009	0.88

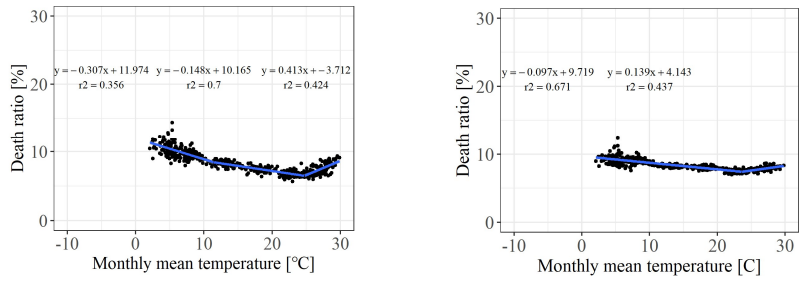


Fig.16 Comparison of Death ratio between data without Age-adjusted and without Age-adjusted Mortality Rate

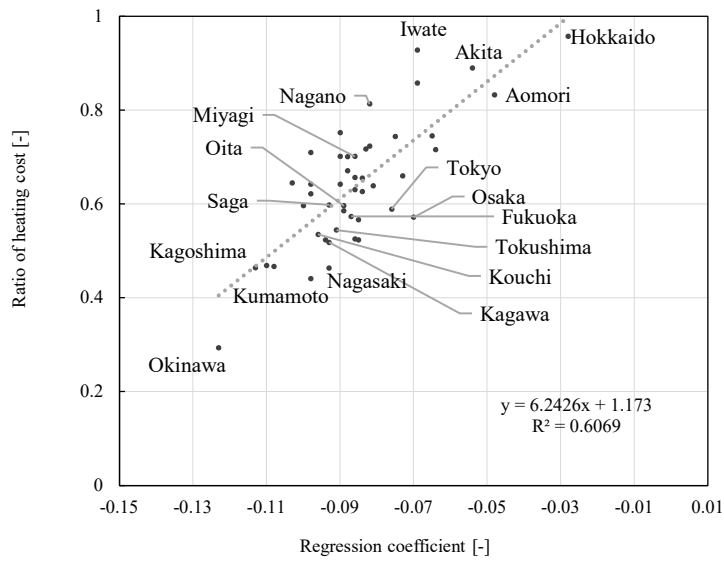


Fig.17 Relationship between Regression coefficient of Death ratio and Ratio of heating cost

