

地域気象観測システムを用いた 気温 - 死亡モデルの再評価

(課題番号 11670334)

平成11年度～平成12年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(1)) 研究成果報告書

平成 13 年 3 月

研究代表者 本田 靖
(筑波大学体育科学系)

研 究 組 織

研究代表者 本田 靖（筑波大学体育科学系）
研究分担者 加納 克己（筑波大学社会医学系）
原沢 秀夫（国立環境研究所社会環境システム部）

研 究 経 費

平成11年度 1,100千円

平成12年度 1,700千円

計 2,800千円

研 究 発 表

(1) 学会誌など
下記の学会発表をもとに投稿予定

(2) 口頭発表

Honda Y. Re-evaluation of daily temperature-mortality relationship using detailed information. Twelfth Conference of the International Society for Environmental Epidemiology, Buffalo, New York, U.S.A., August 2000.

本田靖，内山巖雄：気温と小児死亡に関する疫学研究．第59回日本公衆衛生学会総会，群馬，2000，10．

概要

研究の背景と意義

地球環境問題のうち、地球温暖化が大きな問題として認識されるようになり、その直接的な健康影響としての気温と死亡との関連に関する研究の重要性が高まってきている。海外でも、北米、ヨーロッパをはじめ、多くの地域での研究が発表されており、国内では、1995年以降、本課題代表者らが我が国で初めて日別の気温のデータと電算化された死亡個票を用いた総合的な疫学研究を発表してきた。なかでも、気温と死亡との関係に適応が関与しており、我が国においてはその関与が構造的であることを明らかにした。しかしながら、その構造には若干の不整が認められる。その原因には、この研究で個人情報、たとえば喫煙歴、空調設備使用の有無などが考慮できないという疫学方法論的な問題と、曝露の精度の問題が考えられる。曝露の精度の問題とは、基本的に県庁所在地における気温のデータを県の代表としていることによる問題である。県によっては長野県のように南北に長く、かつ標高差の大きな県があるため、この方式による偏りが考えられるけれども、この偏りが評価されたことはない。

研究の目的

本研究では、1995年までの資料を用いて、県庁所在地の気温データを用いた場合と、より細かく地域気象観測システム (Automated Meteorological Data Acquisition System = AMeDAS) を用いた場合とで、我が国の各県においてどの程度の偏りが観察されるかを明らかにする。また、偏りの大きさと都道府県の特徴との比較により、都道府県の特徴から偏りの予測が可能かどうかを解析する。

研究の特色・独創性

現在入手しうるもっとも詳細な気象データが AMeDAS によるデータであるけれども、情報量が膨大かつ市町村との対応付けが煩雑なため、このデータを用

いた研究は現在までのところ存在しない。AMeDAS の測定点は日本全体で 1,300 地点、平均 300km² に 1 カ所の割合で、そのうち 800 余りの地点で気温が測定されている。したがって、市町村レベルで曝露すなわち気温の割り当てが可能である。これによって、都道府県にただ一つの測定点の場合に比べて飛躍的に曝露の誤分類が減ることが期待される。これにより、上述した長野県のような場合から沖縄県のようにかなり均質と考えられる場合まで、偏りの大きさを評価することが可能になり、都道府県の特徴からの偏り予測可能性に関する評価も行うことができる。

研究の位置づけ

海外での研究を含めて、気温と死亡の関係に関する疫学調査では、曝露の指標としての気温を市町村レベルで与えて解析したものはほとんどなかった。この解析で明らかになった重要な点は以下の 2 点である。

(1) 広域に 1 カ所だけの測定点を用いることによる偏りの大きさを評価する本研究により、県に測定点が一つの場合でも、日別の気温と死亡率との関係で見ればほとんど偏りが少ないことが多い、という事実が明らかになった。これは、ほとんどの都道府県において、死亡数と人日の両者がほぼ同程度に偏ることが多いため、死亡数を人日で除して求められる死亡率は偏りが小さいという性質を持っていたためである。

このことは非常に重要な意味を持つ。すなわち、一つには過去におこなった、各都道府県一測候所のデータによる気温と死亡との関連に関する解析のパターン解析は市町村レベルのデータを用いたのと同様であろうと考えられることから、再解析の必要性が高くないことがわかる（付録 1 に都道府県レベルで行ってきた解析をまとめた）。もう一つ、とはいえ、将来予測において、温暖化で増加する死亡数を計算するには、気温区分ごとに死亡率と人日の積をとる必要があるが、このうちの人日が偏っているためである。

結局、死亡率のパターン解析は都道府県レベルのデータを用いて行い、その結果を用いた影響評価には市町村レベルのデータを使うことが薦められる。

(2) 偏りのパターンが一定であった。つまり、従来の「都道府県ごとに都道府

県庁所在地にある一測候所のデータ」を用いる方法では、高温側で人日、死亡数ともに過大評価、低温側ではともに過小評価の傾向があった。作業仮説としては、県庁所在地が南にある場合はそのようになるが、北に位置する場合は逆に高温側で人日、死亡数の過小評価、低温側で過大評価になると考えられていた。しかし少数の例外を除いて多くの県において高温側で過大評価という構造を持っていた。現時点では推測の域を出ないものの、これはヒートアイランドによるものと考えられる。県庁所在地は一般的に人口密度が高く、舗装道路、コンクリートの建造物も多く、エネルギー消費量も多いために、その他の県内地域に比べて気温が高いのであろう。

論文 1

AMeDASデータによる市町村単位の気温の推定

原沢英夫（国立環境研究所・社会環境システム部）

1. GISによるAMeDAS気温データの市町村単位の気温推定方法

市町村単位の気温データは、平年値について計算された1kmメッシュ以外にないので、最近の気温データが得られない。そこで、AMeDASデータを用いて市町村単位の気温データを推定した。

1.1 AMeDAS の気温データ

AMeDAS データとしては、1995 年の 1 年間を対象とした。表 - 1 は AMeDAS の観測変数（降水量、風、日照時間、気温）別のデータ数と降水量、気温については括弧内に観測地点数を示した。気温の場合、842 地点で観測している。図 - 1 に AMeDAS 観測地点の位置を示した。

1.2 市町村の重心位置の計算

国土地理院の数値地図情報から得た市町村境界地図データより、市町村の重心位置をGISの機能を用いて算定した。結果を図 - 1 に示した。GISとしてはMapInfoを用いた。

1.3 市町村の重心位置から一定距離にある AMeDAS 観測地点の検索

市町村の重心位置を中心として半径 5 から 20km の範囲内にある AMeDAS 観測地点をGISの特定地点の検索機能、すなわち特定地点から一定距離に存在する点の検索機能を用いて、抽出した。この際、一定距離の設定の仕方により、観測地点数が異なるので、半径を可変として5 km から 5km 間隔で、20km の範囲まで計算を行った。結果から、5 から 10km では、市町村、とくに山間部の市町村に観測地点がない場合もあること、20km 以上とすると地点数は多くなるが、都市域の市町村が農村部、山間部の観測点を拾いあげてしまうことから、15km が、市町村の気温を推定するには適当と判断し、以降 15km を

AMeDAS 観測地点抽出の対象範囲とした。図 - 2 は市町村毎に 15km 以内に入る観測地点数を示したものである。

2. 市町村単位の気温データベースの作成

・市町村単位の気温データの算定

1. に述べた方法により、市町村の重心より 15km の範囲にある AMeDAS 観測地点を抽出した対応テーブルを作成し、この対応テーブルを用いて、市町村毎に観測地点を抽出して、気温データを取り出し、日平均、日最高、日最低データを算定した。1995 年 1 年間の全国データは膨大となることから、計算は月別に行った。

・市町村単位の気温データベース化

上記の手順で作成した市町村単位の気温データについては表計算ソフトでも扱えるデータベースとし、本研究プロジェクトで共通的に利用できるようにした。

表 - 1 AMeDAS データの変数別の観測地点数（降水量と気温）とデータ数
 (括弧内は、地点数)

| 95 年 | 1 月 | 2 月 | 3 月 |
|------|-------------|-------------|-------------|
| 総数 | 114204 | 103068 | 114948 |
| 降水量 | 35898(1158) | 32340(1155) | 36642(1182) |
| 風 | 26102 | 23576 | 26102 |
| 日照時間 | 26102 | 23576 | 26102 |
| 気温 | 26102(842) | 23576(842) | 26102(842) |

| 95 年 | 4 月 | 5 月 | 6 月 |
|------|-------------|-------------|------------|
| 総数 | 112350 | 118358 | 115260 |
| 降水量 | 36570(1219) | 40145(1295) | 39570 |
| 風 | 25260 | 26071 | 25230 |
| 日照時間 | 25260 | 26071 | 25230 |
| 気温 | 25260(842) | 26071(841) | 25230(841) |

| 95 年 | 7 月 | 8 月 | 9 月 |
|------|-------------|-------------|-------------|
| 総数 | 119102 | 119195 | 115380 |
| 降水量 | 40889(1319) | 40889(1319) | 39600(1320) |
| 風 | 26071 | 26102 | 25260 |
| 日照時間 | 26071 | 26102 | 25260 |
| 気温 | 26071(841) | 26102(842) | 25260(842) |

| 95 年 | 10 月 | 11 月 | 12 月 |
|------|-------------|-------------|-------------|
| 総数 | 119102 | 113190 | 114638 |
| 降水量 | 40796(1316) | 37410(1247) | 36332(1172) |
| 風 | 26102 | 25260 | 26102 |
| 日照時間 | 26102 | 25260 | 26102 |
| 気温 | 26102(842) | 25260(842) | 26102(842) |

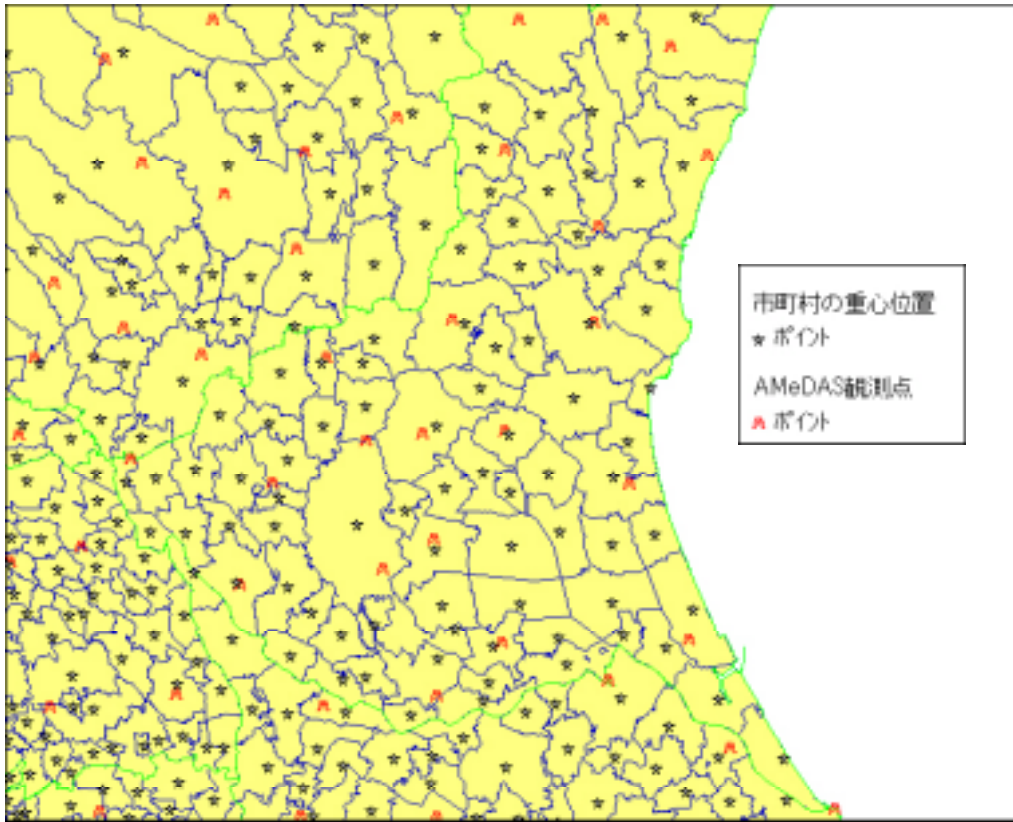


図 - 1 AMeDAS観測地点と市町村重心位置(茨城県)

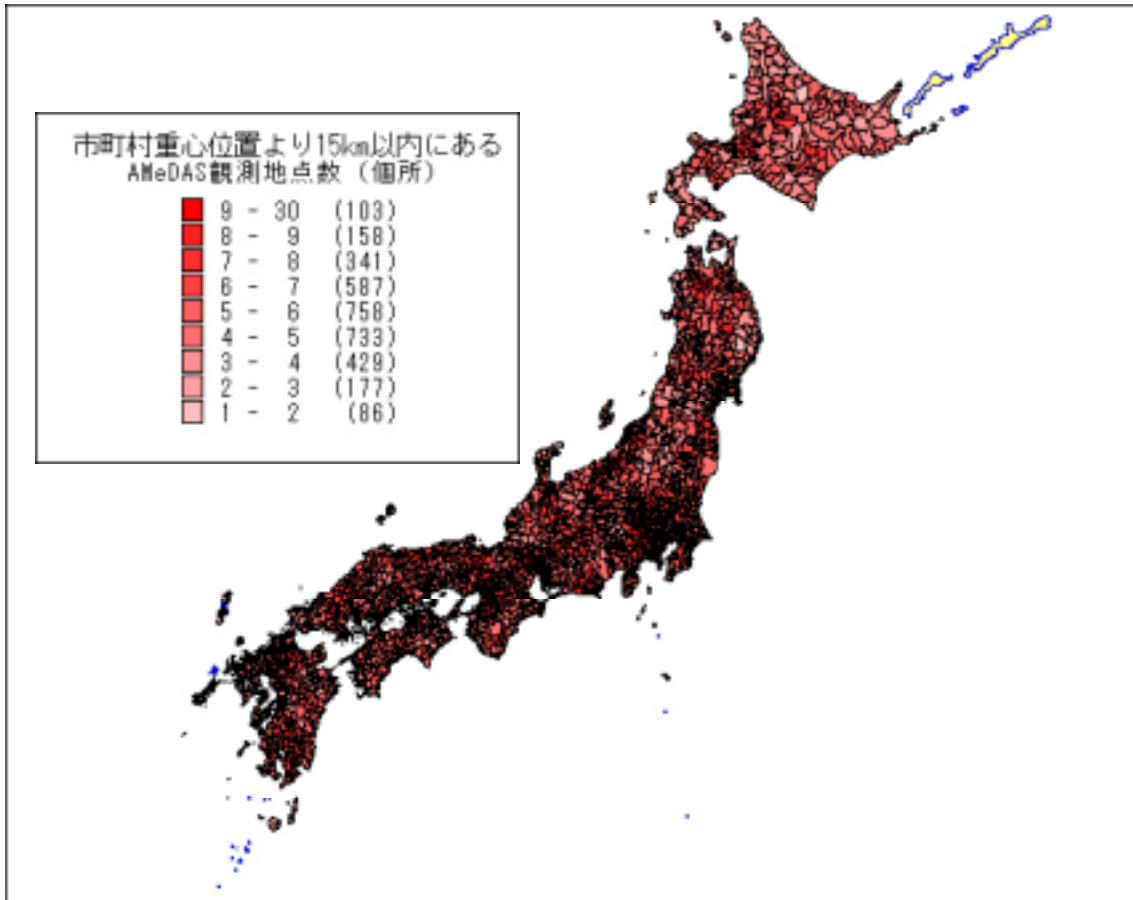


図 - 2 市町村重心から15km以内のAMeDAS観測地点数(括弧内は、対象地点の総数)

詳細な情報を用いた日別気温と死亡との関連の再評価

本田 靖 (筑波大学体育科学系)

緒言

環境疫学の教科書を参照すれば明らかなように、曝露の誤分類は環境疫学の大きな問題である。このことは温暖化の健康影響予測でも当てはまる。さまざまな問題はあるにせよ、より誤分類の少ない方法の探索がどうしても必要になってくる。

図 3 は北海道における日最高気温と死亡率との関係を示す。このように、気温と死亡とは V 字型を示す。

このような関連をみるのに、日最高気温として、各都道府県で基本的に県庁所在地の測候所 1 地点のみのデータを用いた。つまり、全国で 3000 を越える市町村に対して、47 の測定点しか用いなかったことになる。たとえば北海道ならば、稚内の気温も根室の気温も、札幌の気温で代用したことになる。このような、たとえば札幌以外の市町村の気温を札幌のデータで代用することによる誤分類の影響を調べるため、AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) を用いた解析 (City-based analysis) と、従来の各都道府県 1 測定点の解析 (Prefecture-based analysis) とを比較した。

資料と方法

死亡資料は厚生省より特別の許可を得た (総統承 158 号) 死亡個票のデータ、総務庁より人口データ、気象庁より気象データを得た。今回用いた気象変数は、日最高気温である。これは、もともとの目的が地球温暖化の健康影響の評価にあり、日最高気温が重要と考えたためである。しかしながら、日最高気温と日平均気温との相関は 0.9 以上と非常に高く、気温と死亡とのパターンを観察する場合には日最高気温から 4 を減ずることで概ね日平均気温と死亡との関連と考えてよいと思われる。

AMeDAS の気温測定点は約 800 点であり、なお市町村数よりも少ないために、測定点と市町村とを一对一对応する事はできず、論文 1 で述べたように、市町村の重心位置から半径 15km 以内の測定点を取りだし、その測定値の平均を求めてその市町村の気温とした。これで離島など非常に特殊な地域以外の市町村すべてに測定値が与えられた。平均化によって近隣の市町村は実際よりも似た値をとることになるけれども、47 測定点での解析に比べれば、十分真の値に近いと考えることができる。

Prefecture-based analysis では、都道府県人口とその都道府県における死亡をすべて県庁所在地測候所の気温によって分類した（県庁所在地に測候所のない埼玉県は熊谷市、滋賀県は彦根市で代用した）。それに対し、City-based analysis では各市町村の人口と死亡を、その市町村の気温によって分類した。たとえば日最高気温 8 未満の日が a 日であれば、その a 日における死亡数と、人口 × a 日（人日）を求める。この a 日は市町村によって異なる。こうして、8 未満に含まれる、ある都道府県内全市町村の死亡数と人日をそれぞれ合計してその都道府県の死亡数、人日とし、死亡率を（死亡数 ÷ 人日）で求めた。この city-based analysis を gold standard、すなわち実質上の真の値とし、prefecture-based analysis がどの程度それから偏っているかを解析した。

なお、本報告は 1995 年のみ、また 65 歳以上人口のみを対象とした。

結果と考察

図 4 は北海道における city-based の男の死亡数、人日に対する prefecture-based の各値の比を日最高気温別に示している。

この図では、23 以上の 2 区分で死亡数と人日が大きく偏っている。しかし、偏りの程度が非常に似通っているので、死亡数 ÷ 人日で求まる死亡率に関しては、すべての気温区分で比が 1 に非常に近く、ほとんど偏りが無い。すなわち、死亡率で見ると限りは prefecture-based analysis でもかまわないということになる。都道府県ごとに調べても、ほとんどすべての都道府県がこのように高気温側で大きな死亡数と人日の偏りを示していた。

もう一つ考慮に入れるべき点は統計的安定性である。各都道府県，各気温区分の city-based の死亡数（65 歳以上，男女別）を求め，その平方根をとり，その値とその区分における死亡率の比，すなわち偏りの大きさととの関連をみると，図 5 のようになった。死亡数の平方根が 60 近辺をみると 4 点の例外はあるけれども，死亡数の平方根が大きくなるにつれて偏りは減少していくことがわかる。この図から，その区分に含まれる死亡数が 2,500 程度あれば，それほど偏りを問題にしなくてよいことが伺える。

この例外的な 4 点は，兵庫県の男女，8 未満，8 以上 13 未満の 4 区分であった。この年，兵庫県では阪神・淡路大震災により，多数の被害者を出した。図 6 にみられるように，1995 年 1 月 17 日の神戸における死亡数は通常の 20 倍以上にも及んだ。しかも，この日の日最高気温が，神戸の測候所では 8 以上，city-based で求めた値は 8 未満で，この 17 日の死亡のほとんどが誤分類されたことになる。一方で，人日は計算方式から明らかなように，通常の 1 日分の誤分類ですむ。これによって死亡率までが大きく偏ることになった。

しかしながら，逆に考えれば，このような百年に 1 度起こるかどうかのまれな事象でない限り，基本的に死亡率に偏りは区分ごとの死亡数のサイズに依存すると言える。

以上のことから，現在まで行ってきた prefecture-based analysis は，通常の統計的安定性（と突発的な大事件）を考慮に入れてやりさえすれば，特に大きな問題はなさそうであることが明らかになった。しかしながら，地球温暖化の将来予測として，死亡数を計算する場合には，人日が偏っているために問題が生ずる。将来予測には city-based で求めた人日を用いる必要がある。

なお，参考のため，付録 1 として prefecture-based analysis の初期の論文を，また付録 2 として日本生気象学会誌に掲載された湿度の影響に関する論文を巻末に掲載した。

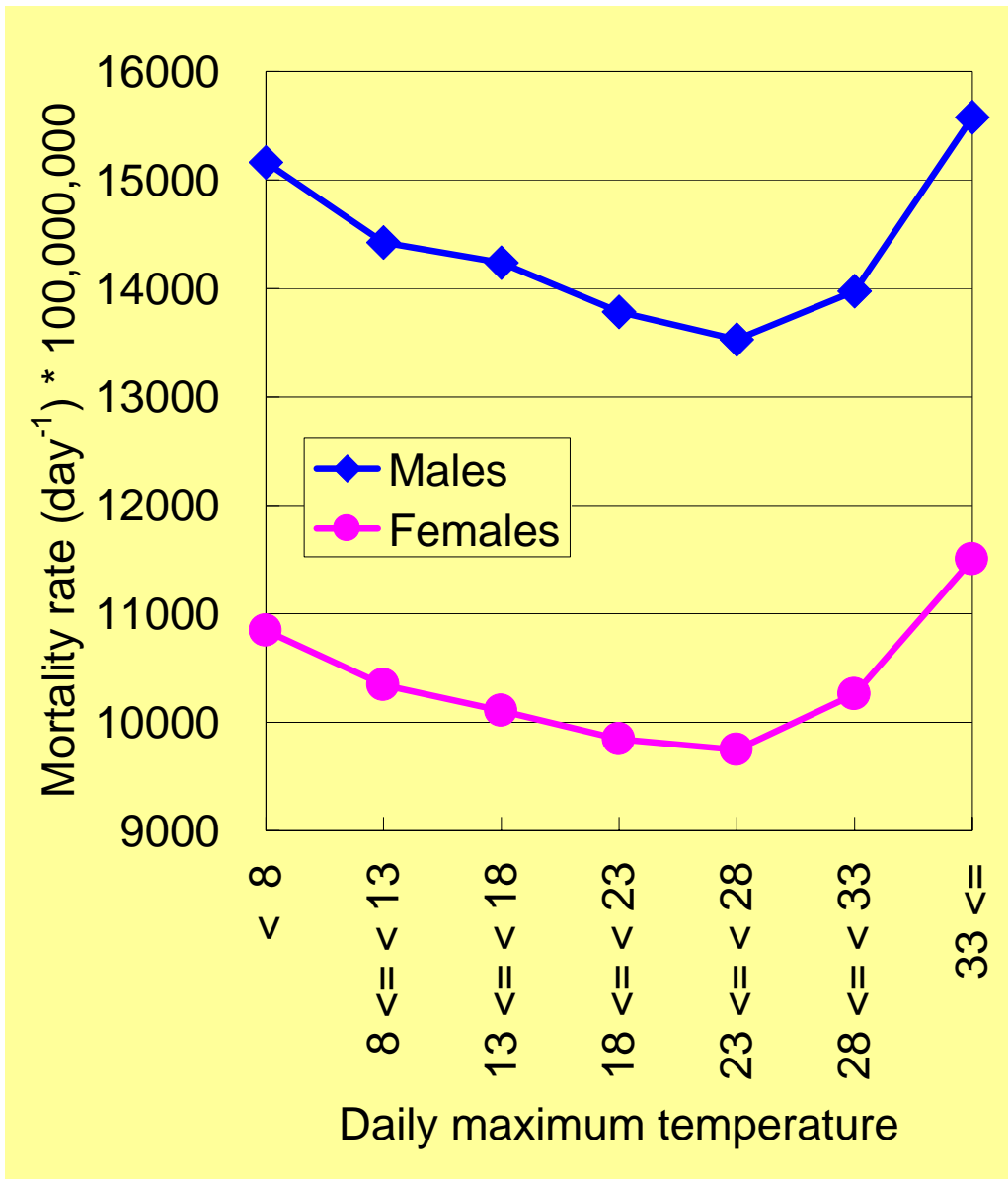


図 - 3 日最高気温と死亡率との関連
(北海道, 1972-1990年)

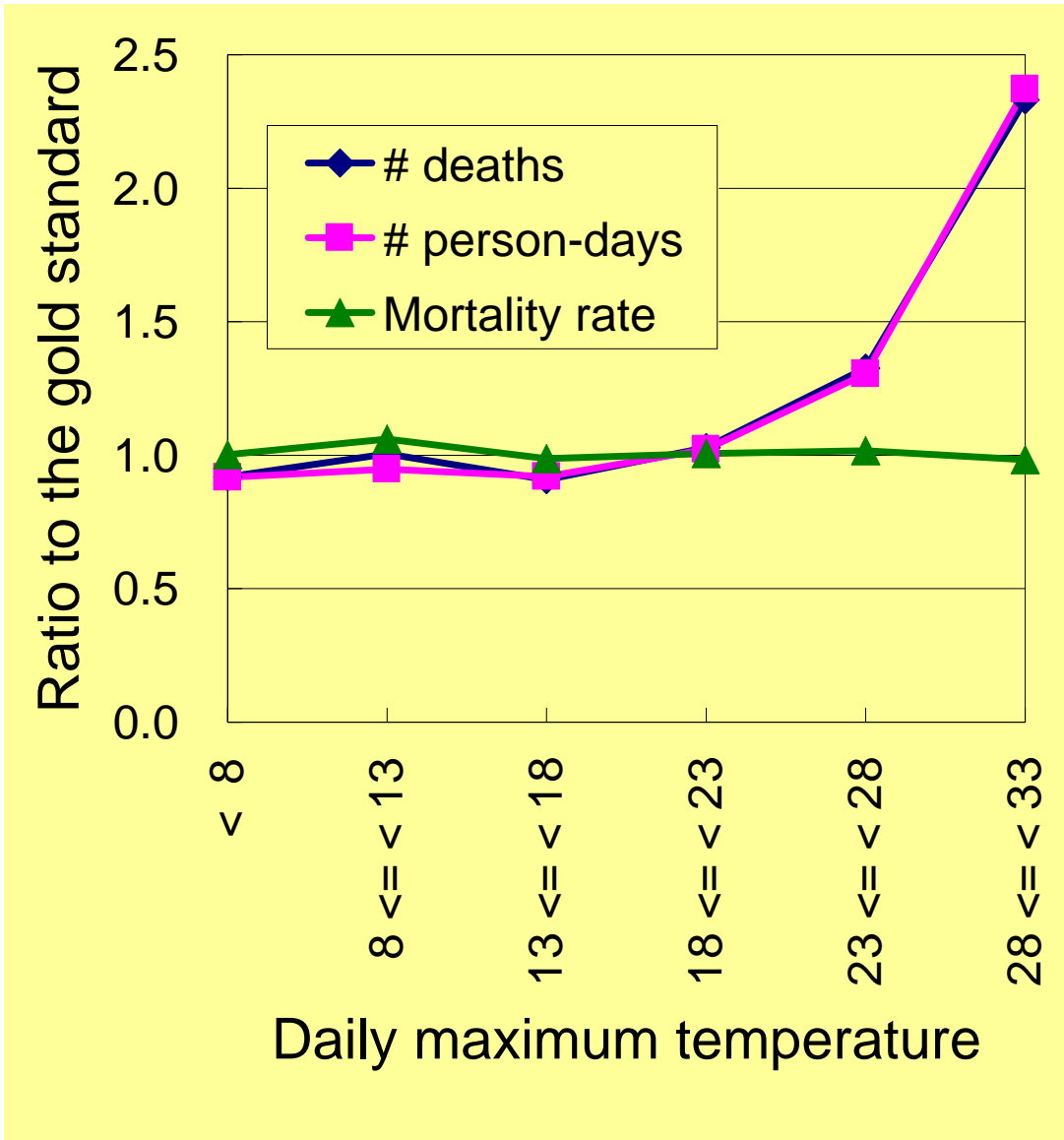


図 - 4 Prefecture-based の日最高気温別-
死亡数，人日，死亡数の，
gold standard に対する比
(北海道，男，1995年)

注：AMeDAS を用いた各市町村のデータ (city-based) によって各気温区分に
配分された死亡数，人日とそれから計算される死亡率を gold standard とし，
それに対する各都道府県一測候所のデータ (prefecture-based) による死
亡数，人日，死亡率の比を求めたもの。

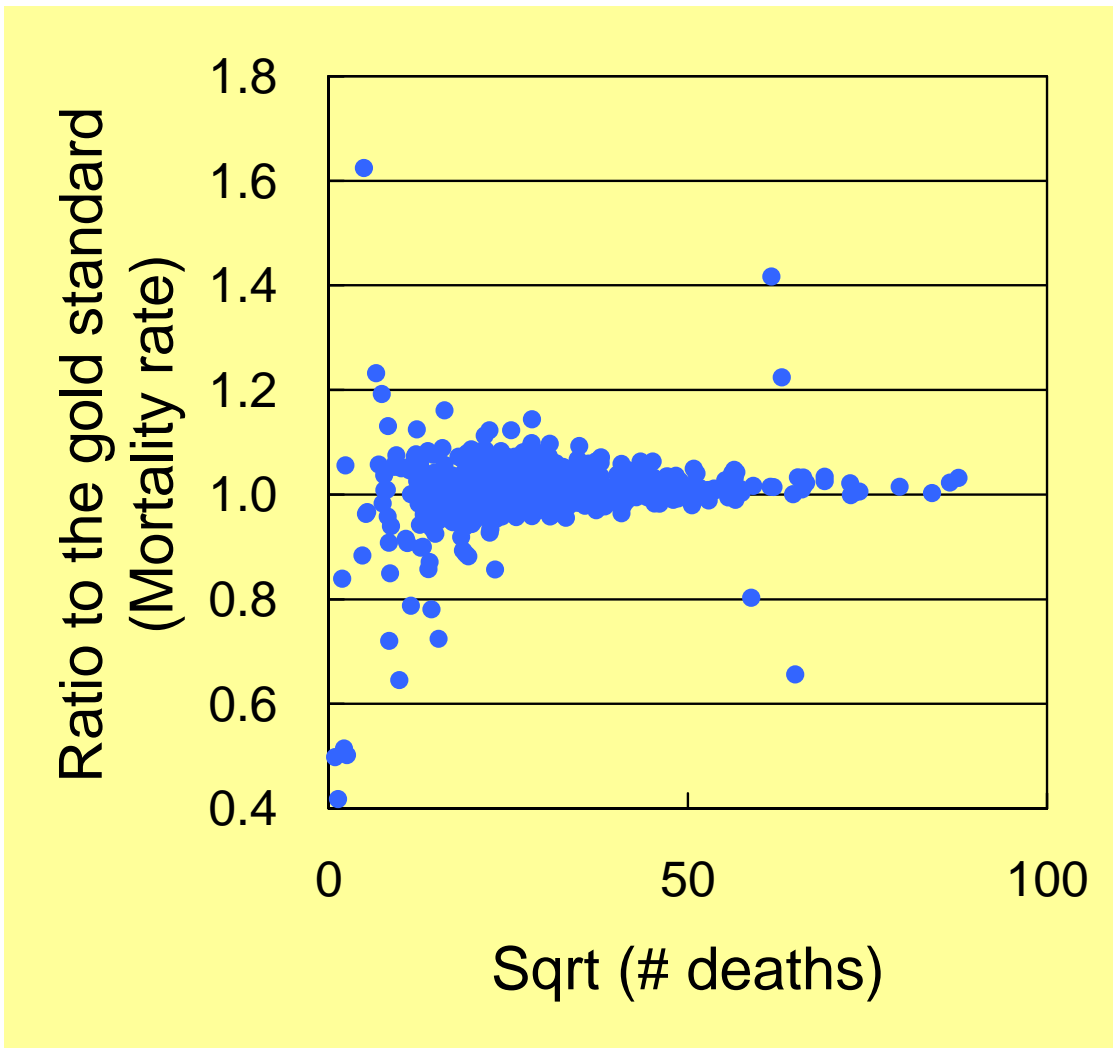


図 - 5 死亡数の平方根と死亡率の比
(prefecture-based の死亡率 / city-based の死亡率)との関係

注：たとえば図 4 においては死亡率の比を日最高気温ごとに観察している．この死亡率を計算する際に分子として死亡数を用いる．その死亡数の平方根と死亡率の比との関連をみたのがこの図である．

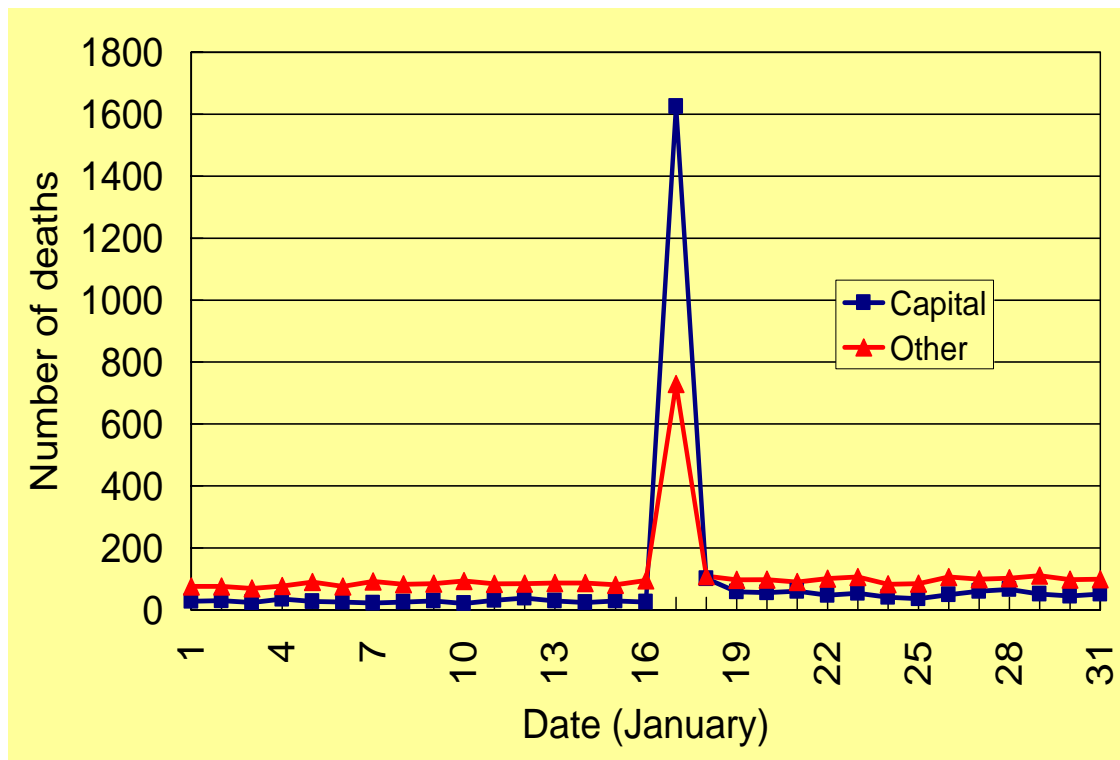


図 - 6 日別死亡数の推移
(兵庫県, 1995年)

論文 3

都道府県レベルデータによる気温誤分類の方向

本田 靖 (筑波大学体育科学系)

緒言

我々の行ってきた気温と死亡研究は、都道府県ごとに 1 カ所だけの気象データ測定点を設定し、それでその都道府県の気象を代表させていた (prefecture-based analysis). 一方、気象情報を市町村レベルでとり、市町村の人口と死亡をその気象データによって分類してやれば当然誤分類を減少させることができる (city-based analysis). これら二つの比較から、prefecture-based analysis における誤分類の影響は、人日と死亡数では顕著であるが、死亡率には大きな影響がない、ということ論文 2 で述べた。

本論文では、都道府県レベルの解析で用いた都道府県庁所在地の、県内の位置によって誤分類の起こり方に一定の傾向があるのではないかとすることを作業仮説として、都道府県庁所在地を用いる場合の誤分類の構造をあきらかにすることを目的とした。すなわち、ある県の県庁所在地がその県の南にあれば、本来もっと北にあって寒い県内地域の死亡数と人日が県庁所在地の暖かい区分に誤分類されるので、city-based の死亡数・人日に対する prefecture-based の死亡数・人日の比は、33 以上などの高気温側の区分で 1 より大きく、低気温側の区分で 1 より小さくなるものと考えられる (図 7 上)。一方、都道府県庁所在地がその都道府県の北にある場合は逆に、高温側で比が 1 より小さく、低温側で 1 より大きくなることが考えられる (図 7 下)。もちろん、標高、海に面しているかどうかなどでも修飾を受ける可能性はあるけれども、傾向としてそのようになるという作業仮説をたて、その評価をおこなった。

資料と方法

資料および都道府県別解析、市町村別解析から誤分類の評価をおこなう方法は、論文 2 と同様、各日最高気温区分において都道府県データからの数値 (死

亡数，人日，死亡率）が市町村データに比べてどの程度偏っているかを比のかたちで示した．

都道府県すべてにつき，図 8,9 のように男女別にグラフを描き，そのパターンを分類した．

結果

都道府県庁所在地が北の場合の例を図 8 に，南の場合の例を図 9 に示す．作業仮説とは異なり，都道府県庁所在地が北にある場合も南にある場合も，また，図には示していないが中央に位置する場合も，日最高気温区分の高温側で比（すなわち偏り）が大きく，低温側で小さくなっている．比の大きさそのものは都道府県によって大きくばらつくけれども，とりあえず高温側で比が 1 より大きく低温側で比が 1 より小さいというパターンとしては一定としてよいものと考えられた．

このようなパターンをとらない例外が 2 県に認められたので，それらのグラフを図 10 に示す．岩手では，28-33 の区分では比が 1 よりも大きくなっているけれども，もっとも高温である 33+ の区分で大きく 1 を下回っている．一方の千葉県も，33+ で 1 よりも小さくなっている．ただし，それほど 1 とこなっているとはいえない．

考察

人日，死亡数の誤分類は，2 県の例外を除いて，都道府県庁所在地の位置に関係なく，高温側で比が 1 より大きく，低温側で 1 より小さいという一定のパターンをとっていた．このことは，都道府県内の他の地域に比べて，都道府県庁所在地の気温が高めであることを示す．これを説明できるのは，いわゆるヒートアイランド現象と考えられる．ヒートアイランド現象とは，人口密度が高く，エネルギー消費量も多く，コンクリートに囲まれている都市部で，その周辺よりも気温が高めになる現象である．一般に，都道府県庁所在地は，その都道府県の中心としてもっとも都市化が進んでいることが多く，そのためにその都道府県内ではヒートアイランド現象がもっとも顕著に起こっていると考えられる．

この推測は、千葉県の場合と矛盾しない。千葉県では上述のような一定の偏りが見られなかったけれども、その理由として、県庁所在地の千葉市から東京よりに巨大な人口を持つ都市地域を持ち、千葉市がそれほど突出して都市化しているわけではないこと、そして南に温暖な南房総が存在することが考えられる。しかしながら、岩手県に関しては、現在説明不可能である。岩手県のもつ特殊なパタンの理由を明らかにするためには今後詳細な検討をすることが必要である。

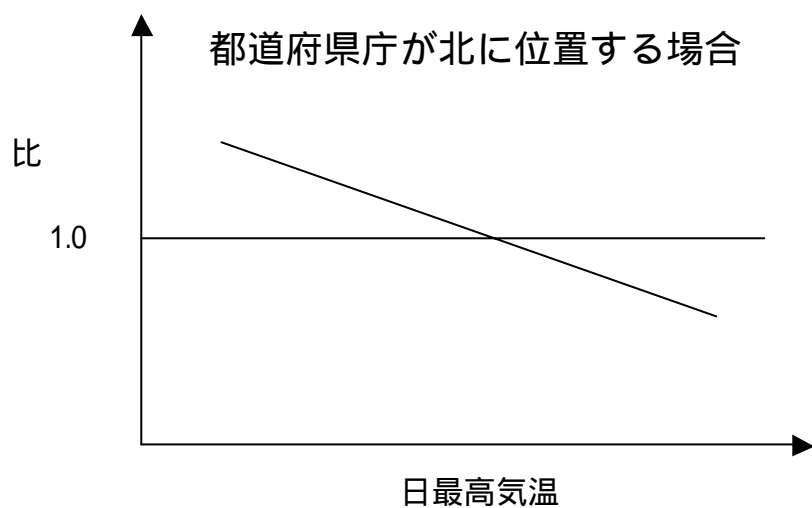
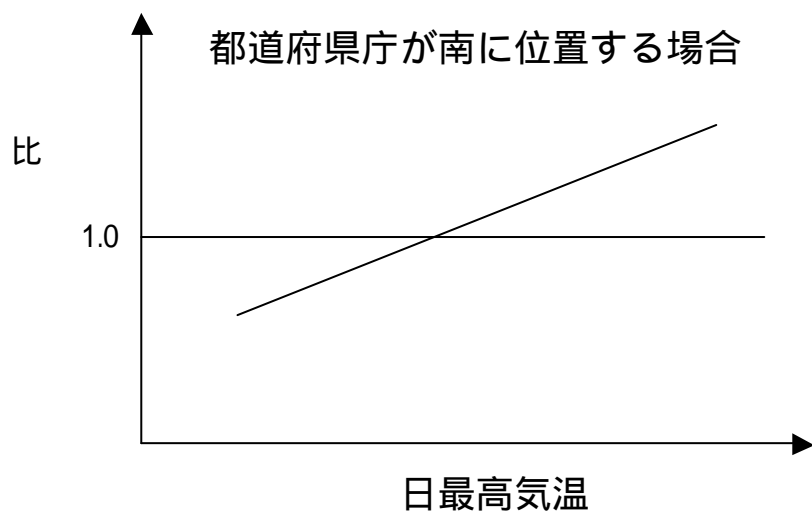


図 - 7 都道府県庁の位置による誤分類パターン
(作業仮説としての模式図)

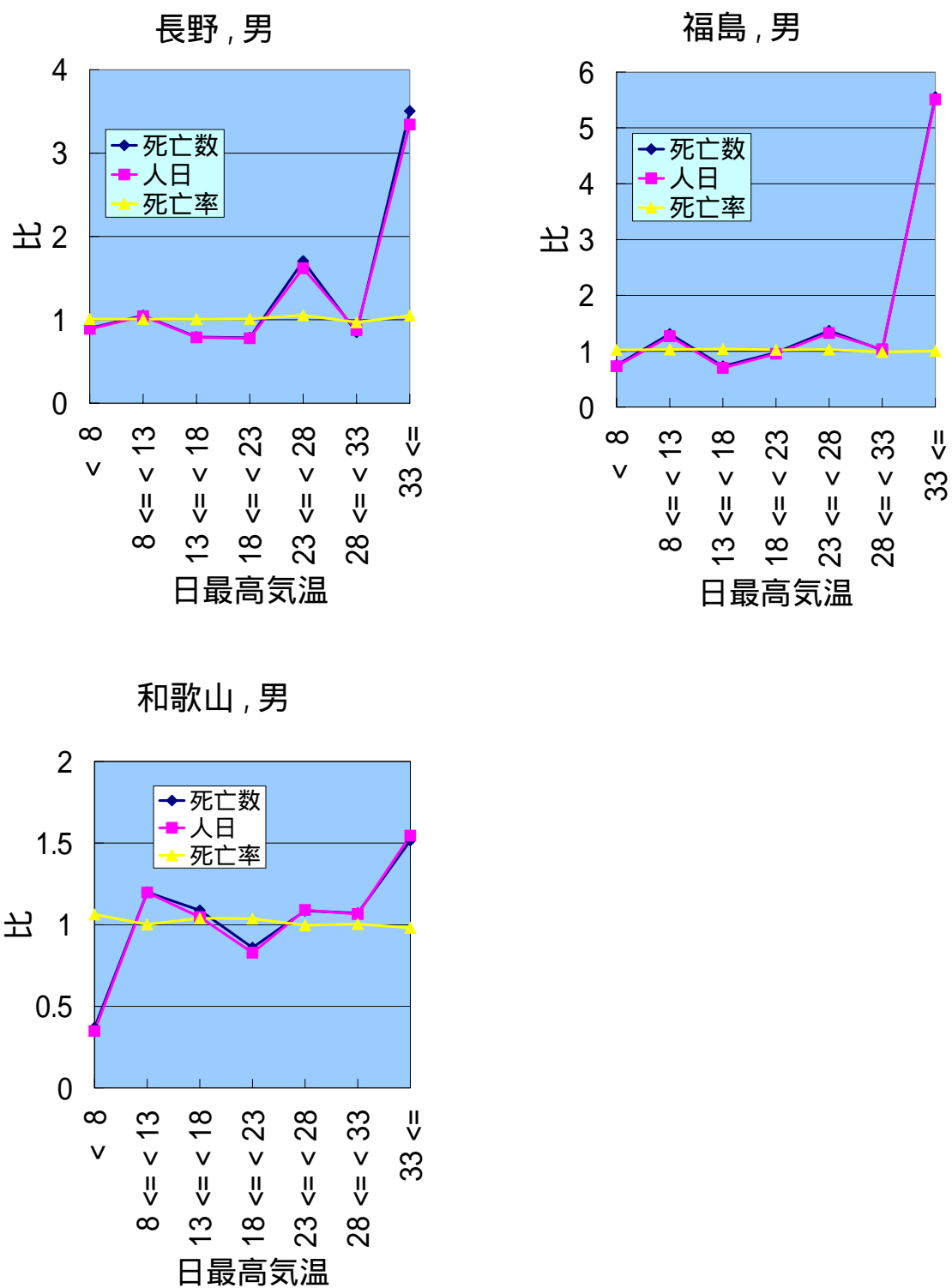


図 - 8 県庁所在地が北に位置している場合

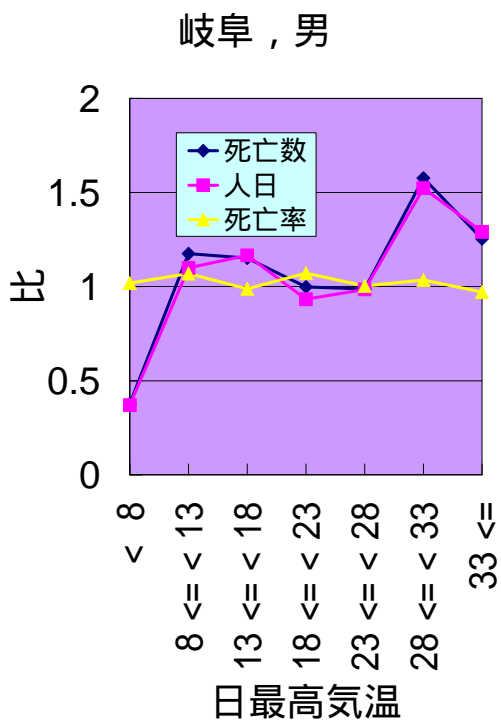
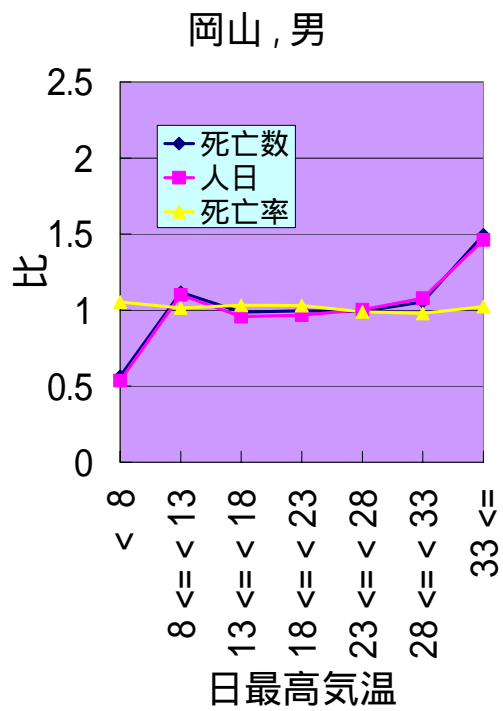
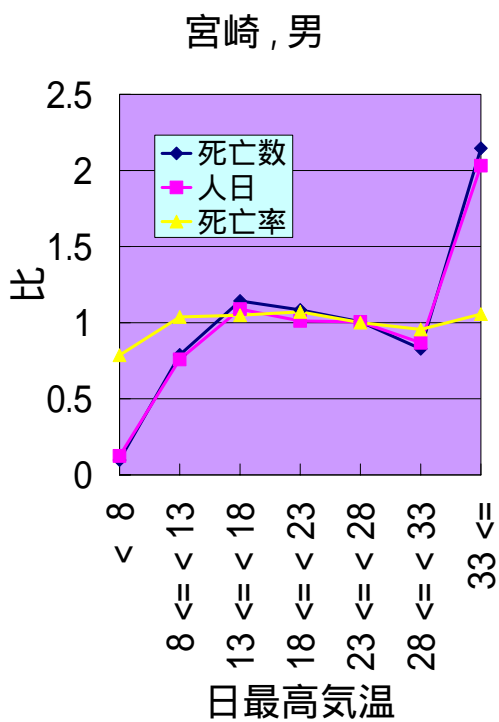


図 - 9 県庁所在地が南に位置している場合

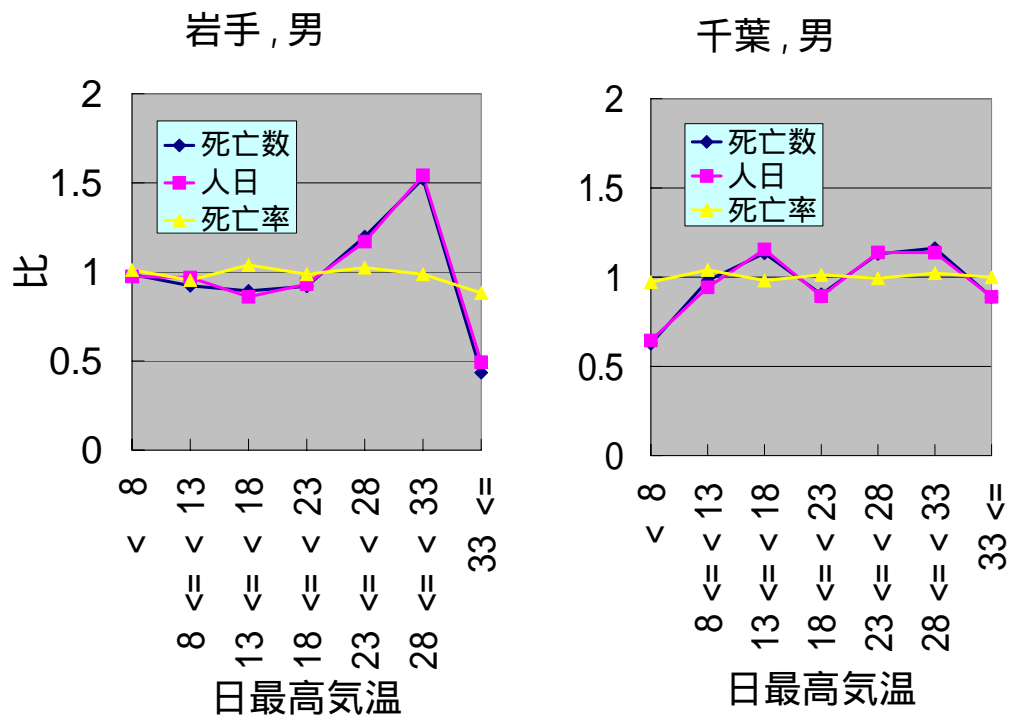


図 - 10 例外的なパターンを示す 2 県

付録 1 : 都道府県レベルの解析概説

わが国における気温と死亡との関連 および温暖化の健康影響予測の試み

本田 靖 (国立環境研究所, 現所属: 筑波大学体育科学系)

緒言

気象と健康との関連についての考察は、ヒポクラテスの時代から行われていたようであり(文献 1), わが国では朮山らの仕事(文献 2)が有名である。近年になってからも米国(文献 3), 欧州(文献 4)などで多くの論文が発表されている。

そのなかで、温暖化に焦点を当てたものは米国で発表されており(文献 5), 気温上昇による死亡率の変化, それを修飾する適応に関しても考察が加えられている。わが国での研究には生理学的なもの(文献 6), 動物媒介感染症の変化の研究などがある(文献 7)。しかし上述の米国での温暖化による影響評価を行う基礎となるような疫学研究はまだ行われていなかったようである。

この論文では、わが国での、温暖化が死亡に与える影響を推定するための基礎として以下の各項目の解析を行う。

- (1)九州における過去の日最高気温と死亡率との関係概観;
- (2)その関連を単純に用いた, 温暖化による死亡数増減の予測;
- (3)日最高気温と死亡率との関係に与える湿度の影響;
- (4)日最高気温と死亡率との関係に与えるインフルエンザの影響;
- (5)温暖化に対する馴化の影響。

なお, (1)では年齢階級別の解析をおこなったが, 気象と死亡との関連に大きな影響を及ぼすのは高齢者なので, 特に断らない限り, 65 歳以上に限定した結果を示した。

資料と方法

<資料>

死亡に関する資料は, 1972 年から 1990 年までの人口動態統計死亡票(総承統 156 号), 人口の資料は総務庁統計局の国勢調査と人口推計資料, 気象に関する資料は, 気象庁の各測候所における普通気候観測時日別資料を用いた。

<方法>

日最高気温

気温と死亡との関係を観察する際, 地域は, 理想的にはその地域内での気温の格差が無いことが望ましい。しかし現実には空調設備のある屋内においても, 気温を均一にするのは困難であることが示すように, かなりせまい範囲ですら, 気温が均一であるとは考えがたい。そこで, ある程度の誤差は覚悟の上で, 使用できる気温の資料を用いることになる。本研究では, 測候所の資料を用いることとし, それによって代表される最小単位として県を選んだ。県内に数カ所の測候所が存在することもあるが, そのうちのいくつかは島嶼, 山頂など, 人口密度の低い, 気象予報に重要な地点であり, 単純な平均はかえって偏りを大きくする。そこで, 一般的に人口の最も多い, 県庁所在地の測候所を用いることにした。ただし, 県庁所在地に測候所のない埼玉県と滋賀県は, それぞれ熊谷と彦根で代用した。また, 沖縄県は 1792 年の死亡に関する資料が得られなかったため, 本論文を通じて 1973 年から 1990 年までの資料を用いた結果を示した。

気温の指標として, 日最高気温, 日平均気温, 日最低気温があるが, 本研究は地球温暖化による影響評価を行うための基礎研究という位置づけから, 日最高気温を指標とした。(1972 年から 1990 年までの九州各県での日最高気温と日平均気温との相関係数は 0.97 以上, 日最高気温と日最低気温との相関係数も 0.91 以上であり, 3 つのうちのどれを用い

ても結果に大きな相違はないものと思われる。)

気温区分は、8 未満，8 以上 13 未満，13 以上 18 未満，18 以上 23 未満，23 以上 28 未満，28 以上 33 未満，33 以上の 7 区分とした。

死亡率

それぞれの気温区別の県別死亡率を以下の方法で求めた。

- 1) ある年次の各気温区分に属する日数と、その年次の県人口をかけてその区分の人日 (person-days) とする。
- 2) 各気温区分に属する日に発生した死亡数を合計する。
- 3) 求めた死亡数を人日で除する。便宜上、本研究ではその死亡率を 100,000,000 倍する。これでその年次の死亡率が求められる。通年の場合は、通年の死亡数の合計を各年次の人日の合計で除して求めた。

県よりも大きな単位での死亡率は、各県の人日を重みとして県別死亡率の重みづけ平均を求めた。

性、年齢階級などの属性・交絡因子別の死亡率は、属性によって合計する死亡数・人日を制限することによって得られる。死因別死亡率は、表 1 に示す分類に従って解析し、第 8 回修正が用いられた期間 (1972 年-1978 年) と第 9 回修正が用いられた期間 (1979 年-1990 年) とに分けた解析も加えた。

統計的方法

気温依存性の強さをみる場合には、日最高気温区分間で死亡率を比較するため Mantel-Haenszel 法によって年次を制御して死亡率比を求めた (文献 8)。これは、結果に示すように、年齢・死因は effect modifiers として重要であるが、年次に関しては比較的安定したパターンを示すためである。基準として、多くの年次でもっとも人日の大きい 23-28 をとった。区間推定には Greenland-Robins の方法 (文献 9) を用い、95%信頼区間を求めた。

温暖化による九州の死亡数増減の予測

実際の予測では、本研究のような直接的な死亡のほかに、間接的な死亡 (マラリア媒介蚊の棲息域拡大によるマラリア死亡の増加、気候変化、海面上昇による農業生産の激減に伴う飢饉による死亡など) も考慮する必要があるし、直接的死亡に関しても、馴化の影響は無視できない。しかし、現時点での知見をもとに、予測を行っておくことは、将来のより精緻なモデル作成に有用となる。

ここでは九州の日最高気温と死亡率との関係が不変とし、過去 19 年間 (1972-1990 年) の気温が単純に 1, 3, 5 高かったと仮定したときの死亡数を求め、実際に観察された死亡数と比較した。

インフルエンザ死亡率の時空間的解析

1972-1978 年は ICD-8 の 470-474, 1979-1990 年は ICD-9 の 487 をインフルエンザとした。このインフルエンザ死亡数の年次変化を都道府県別に調べ、そのうち大流行の年と思われる 1973 年, 1976 年に関して、第何週に流行のピークがあるかを都道府県別に調べた。この際、流行時の週あたり死亡数が 5 未満の県は解析対象から除外した。また、複数週で死亡数が同じ場合のピークはその中点をピークとした。なお、1976 年の流行は前年の 12 月から始まっている様子がうかがえたが、少なくともピークが 12 月に始まった様子はなかったので、1 月 1 日から第 1 週を開始してピークを求めた。

気温と死亡率に与える気候の影響

まず、南北での差があるかどうか調べるために、各県の V 字型を観察した。

気温と死亡との関係を観察する場合の気温は、日最高気温を指標としている。これは短期的な大気の状態、すなわち気象のひとつである。長期的な大気の状態、すなわち気候の指標として、ここでは資料の得られた 19 年間 (1972-1990 年) にわたる日平均気温の平均 (沖縄県は 18 年間) を用いた。以降、単に「平均 (的) 気温」とも表現する。北海道が寒冷であるとか、沖縄は温暖であるとかは、この平均気温で数量的にあらわされる。

この平均気温と日最高気温別死亡率との関連を、各県を点とする散布図を描いて観察し

た。また、便宜的にその回帰直線を描いて関連のモデル化を模索した。

解析（各項目ごとに結果と考察を記す）

・九州における日最高気温と死亡との関係

- 1. 結果

- 1 - 1. 年次別総死亡率

図 1-1, 1-2 は、日最高気温と死亡率の関係を 1972 年から 1990 年まで年次ごとに見たものである。若干の例外はあるが、多くの年次で 28-33 を屈曲点とする V 字型を示す。33 以上での死亡率は 23 以上 28 未満、あるいは 18 以上 23 未満と同レベルであり、18 未満の死亡率は、それらよりも高く、特に 8 未満、8 以上 13 未満での死亡率は、最低を示す 28 以上 33 未満での死亡率の 1.5 倍程度の死亡率を示す。

図 2 は、各日最高気温区分ごとの人日数を年次別に示している。これから明らかなように、8 未満と 33 以上に区分される人日数は少なく、その死亡率は統計的に不安定ではないかと予想される。実際、人日数は年次により大きく変動している。例えば、33 以上での死亡数は、最低の 1980 年が最高の 1990 年の 16 倍以上になっている。しかしながら、死亡率で見ると年次ごとのパターンは安定しており、相違は最大でも 2 割を越えない。そして、V 字型はほとんどの年次で観察される。なお、図には男のみ示してあるが、女でも同様の傾向が見られた。

- 1 - 2. 年齢階級別死亡率

年齢階級別に死亡率を見たものが図 3 である。65 歳以上での死亡率が圧倒的に高く、これが図 1-1, 1-2 で見られた全死因のパターンを決定しているようである。年齢ごとに見ていくと、おおむね横這いとかんがえられるのは 30 歳代で、以後は加齢とともに低温での死亡率が上昇していく。ただし、60-64 歳でも、8 未満の死亡率は 23-28 の死亡率の 1.2 倍程度である。

年齢階級間の比較では高年齢層で非常に高い死亡率を示すが、各年齢階級ごとに 23-28 の区分を基準とした死亡率比を見ると、特に男の若年齢で特異なパターンを示す（図 4）。これに関連して 10-14 歳男女の不慮の事故による死亡率を図 5 に示す。これによると、28 以上で高い死亡率を示し、それは女よりも男に顕著である。5-9 歳の不慮の事故では、パターンは同様であるが、高温での死亡率はそれほど高くなく、また男女差も少ない。

以後、この九州の解析に関しては、年齢による effect modification を避けるため死亡の大多数を占める 65 歳以上の集団のみに関して述べる。

- 1 - 3. 死因別死亡率

気温依存性の強さに関して、大分類の中で第 8 回修正（ICD-8）の期間と第 9 回修正（ICD-9）の期間とで大きくパターンが異なるのは呼吸系の疾患であった（図 6）。18 未満で、ICD-9 の期間の死亡率比が低くなっている。他の疾患では期間による差は少ないので、1979-1990 年のもののみをまとめて表 2 に示す。気温依存性が認められたのは循環系の疾患、呼吸系の疾患、消化系の疾患、「症状、徴候及び診断名不明確の状態」、感染症、不慮の事故であり、気温依存性が認められなかったのは、新生物であった。循環系の疾患は、28 以上で 23 以上 28 未満の死亡率よりも有意に低いのが特徴的である。

次に細分類であるが、循環系の疾患の中では、心疾患の気温依存性が強く、脳血管疾患はやや弱い。それ以外では老衰の気温依存性が非常に強い。

多くの疾患で気温依存性は V 字型を示し、グラフの両端（8 未満、33 以上）で最低の死亡率を示すことはほとんどない。ただし、V 字型の左側、すなわち低温側での気温依存性が強く、高温側ではそれほど強くない。

「過度の高温」による死亡は、ICD-8 では気象によるものと人工的な環境（例えば溶鉱炉近傍での作業など）とを区別していない。最高気温が 23 未満などで気象による熱射病を起こすとは考えられないので、ここでは 33 以上での「過度の高温」による死亡を気象によるもの、すなわち外気温による熱射病とみなす。すると、全ての年齢階級をあわせて

も、その死亡数が 10 人をこえたのはわずかに 2 年次であった。総死亡数に対する外気温による熱射病の死亡数の割合をみると、1983 年の男が最高で、0.39%であった。また、男か女で 0.2%を越えた年は、1974 年、1978 年、1980 年および 1983 年の 4 年次のみであった。このように「過度の高温」による死亡は発生件数があまりに少ないため、死亡率を用いた解析は行わなかった。

- 2 . 考察

- 2 - 1 . 気温依存性

総死亡で見たとき、図 1-1, 1-2 に示すように、年次を越えて V 字型を示しており、九州においては 28 以上 33 未満においてもっとも死亡率が低く、それより気温が上がっても下がっても死亡率は高くなる。Kunst (文献 4) はオランダにおける観察で V 字型が見られると報告しており、Rogot ら (文献 1) は米国の循環系の疾患に関して多くの都市で V 字型がみられることを報告している。最低の死亡率を示す気温はオランダでは日最高気温で約 20 であり、九州に比べると 10 近く低い。また、オランダの V 字型はグラフから判断して、平均気温-5 と 25 とで死亡率がほぼ同じで、ともに 16 の最低死亡率の 1.2 倍となっている。V 字型は普遍的で、民族、地域などによる相違によってその V 字型の位置、形態が異なるものと考えられる。

生理学的には、体温の調節が極端な気温では困難なことから、V 字型になることは予想される。しかし、33 以上での「過度の高温」による死亡は非常に少ないので、体温調節機能の破綻による死亡が V 字型形成に寄与しているとは考えられない。凝固系因子、赤血球数、血液粘性と気温 (文献 10, 11), 凝固系因子と季節との関連に関する報告 (文献 12) などからは、むしろ、温熱および寒冷ストレスに対応するための適応能力の低下、および循環動態の変化、それを修飾する人工環境、文化的対応によって、超過死亡の多少が決定されると考えられる。

- 2 - 2 . 気温依存性の修飾因子

図 4 から図 6 および表 2 で明らかなように、性・年齢・年次・死因によって気温依存性は異なる。しかし、その相違を決定している要素は複雑である。

年次による相違は、呼吸系の疾患で認められるものの、総死亡の気温依存性に大きな影響のある、65 歳以上の循環系の疾患は 1978 年までと 1979 年以降とでほぼ同様であり、気温依存性に関して、年次による相違は小さいものと考えられる。

年齢階級間の相違は、加齢に伴う死亡率の上昇と横這いから右下がりの傾斜の増強という形で認められる。これは一定の人工環境・文化的対応のもとで循環系、水代謝、内分泌系などの温熱および寒冷ストレスに対する適応予備力が加齢によって低下することで説明できそうである。しかし、0-4 歳で認められない気温依存性が 5 歳を越えると認められ、特に気温の高い日の死亡率が高いということは生理学的な要因だけでは説明が不可能である。パタンが不慮の事故でも似ていることを述べたが、総死亡から不慮の事故を除いた場合の死亡率比を示したのが図 7 である。若干の不整はあるものの、高温域での気温依存性が消失している。このことから、若年層のこの特異な気温依存性は、実は夏季の屋外活動、たとえば海水浴などにもなう事故によって形成されているものであろうと思われる。

悪性新生物による死亡でも、予備力は低下するはずで、その意味では気温依存性があってもかまわないはずであるが、現実に気温依存性がみられないのは、大多数の悪性新生物患者が末期には空調設備の整った病院で死亡することが一因であると考えられるべきであろう。しかしながら、28 以上 33 未満での総死亡率に比べて 33 以上での総死亡率が高い、という状況は 1990 年でも認められる。よって、1970 年代初めから 1990 年までの家庭用冷暖房機器の急速な普及は、33 以上での死亡率を 28 以上 33 未満のレベルまで低下させるほどには有効でなかったと考えられる。Rogot ら (文献 3) によれば、米国において家全体の空調をしている人はエアコンによって夏の猛暑による超過死亡が緩和されるが、部屋ごとの空調のみの家ではその緩和作用は認められないという。日本においては部屋ごとの空調が主流、ましてすべての部屋に空調ができる家は少ないものと思われるので、今回

の結果はその Rogot らの報告に一致する。

循環器疾患のうちでは、虚血性心疾患の方が脳血管疾患よりも気温依存性が大きかった。同様の傾向がイングランド・ウェールズ、ニューヨークでもみられているが（文献 13）、年齢を 60 歳で二分していること、最低気温を用いていること、心筋梗塞と脳卒中を用いていることなど、完全には比較可能でない。鹿児島での月別の解析でも心疾患よりも脳血管疾患の気温依存性が小さいとの報告がある（文献 14）。

呼吸系の疾患に関して、13 未満の区分での死亡率比が 1978 年までと 1979 年以降で異なる理由は、現時点では不明であるが、ICD-8 と ICD-9 との対応をみても大きく異なる疾患群はないようであり、少なくとも疾病の分類変更にもなう変化ではなさそうである。文献的にみると、Harberman らの月別の解析（文献 15）にも、ICD-8 の用いられた時期に呼吸系の疾患の方が循環系の疾患よりも気温依存性が大きいという現象が記述されている： 1975 年のイングランド・ウェールズにおける月別死亡数をみると、肺炎、気管支炎・肺気腫の死亡数最大の月と最小の月の比が虚血性心疾患、高血圧性疾患よりも大きかった。

消化器疾患、感染症、不慮の事故で、弱いけれども気温依存性がみられたが、この理由も現在のところ不明である。特に、不慮の事故は変動幅も大きく、単純な V 字型ともいえず、偶然変動による影響も考えられる。

- 2 - 3 . 本研究の長所と問題点

本研究の長所は、以下の 3 点である。

(1)1972 年から 1990 年までの 19 年間にわたる解析であること。

これによって比較の日数の少ない 8 未満、33 以上での死亡率も、統計的に安定した解析が可能となった。また、年次変化を観察することも可能であった。

(2)毎日の最高気温と死亡の資料に基づいた解析であること。

季節、あるいは月別に死亡との関連をみた研究も多いが、季節あるいは月では、気温に関して誤分類の影響が大きい。日別の最高気温をもちいることによって、直接的な気温と死亡との関連の解析が可能であった。

(3)同一集団の異なる時期の比較であること。

ほぼ同一の集団の日最高気温の区分ごとの死亡率を比較しているのので、気温と死亡率との両方に関係する因子でなければ effect modifier として考える必要がない。ただし、例えば喫煙は循環動態に影響を及ぼすが、気温によってその効果は異なることが考えられるので、喫煙は effect modifier となり得る。

本研究の問題点を一言でいえば ecological study であることで、主には次の 3 点である。

(1)県庁所在地の日最高気温を県の代表として用いていること。

県庁所在地の中でも、植生、海拔高度、極端な場合はミニ気象によって気温の差はあり得る。しかし、通常県内のある地域が 33 以上のときに県庁所在地の気温が 18 未満などということは無く、ほとんどの場合に区分がひとつずれる程度の誤分類と考えられる。また、AMEDAS の気象データと市町村別人口を用いた解析を待たねば正確なことはわからないが、県庁所在地に比較して大きな人口を擁し、かつ気温のずれの大きい地域が多く存在するとは考えにくい。

(2)外気温を用いていること。

外気温が極端な場合、実際に生活している場では着衣や冷暖房によって、より弱い温熱および寒冷ストレスを受けることになる。このことによる影響は、悪性新生物に気温依存性がないことから窺われる。人間行動までを含めた馴化の影響評価として、今後とりあげるべき問題である。

(3)Effect modifier の存在

湿度によって気温と死亡との関連が修飾を受けたという報告（文献 4 , 16）、降雪による影響をみた報告（文献 1）、wind-chill（風速と気温とから計算される）と脳血管疾患との影響をみた報告（文献 17）などがある。これら気温以外の気象因子は今後の検討課題

である。

若年層での特異なパターンが夏季の屋外活動によるのではないかと考えたが、これは本研究の解析方法で認識できた稀な例である。このような社会的要因、また上述の喫煙の如く、生理学的な影響を与える要因など、多くの因子に関して別の解析が必要となる。

九州の解析を用いた温暖化の死亡数増減予測

結果と考察

男女とも、気温上昇が大きいほど、死亡数が減少している（表 3）。このことは、九州における日最高気温と死亡率との関係を示す V 字型において、8 未満、8 ~ 13 といった低温域で死亡率が高く、33 以上での死亡率はそれほど高くないことによる。しかしながら、8 未満、33 以上の二つの区分は open-ended であり、これらの区分での日最高気温を平均すると、両区分とも観察されたものよりも上昇していることが考えられる。このことよって、8 未満での死亡率は観察されたよりも低く、33 以上での死亡率は高い可能性がある。よって、実際には死亡率が上昇することも否定できない。

日最高気温と死亡率との関係に与える湿度の影響

- 1. 結果

図 8 に、地域別、期間別にみた関連を示す。ただし死亡数が 100 人未満の場合はプロットしていない。九州地方では日最高気温が 23 未満で相対湿度が低い方が死亡率は低い。女でも同様の傾向がみられたが、1979 年から 1990 年では一定の傾向がなかった。中国・近畿地方でも、低温低湿度で死亡率が低い傾向を示すことがあった。逆に、首都圏では日最高気温が 28 未満で相対湿度が高い方が死亡率は低くなっている。同様の傾向は東北・関東・甲信・東海地方でもみられる場合があった。四国地方、男、1979 年-1990 年は、首都圏に似て低温高湿度で死亡率が低い傾向を示した。北海道、日本海側の北陸地方、沖縄県では一定の傾向はみられなかった。

- 2. 考察

性・地域にもよるが、概して気温の影響に比べると湿度の影響は小さい。このことから、既報の気温と総死亡との関係は、湿度を考慮に入れても大きくは変わらないと言えよう。Kunst（文献 4）によると、オランダでは湿度が高い場合に、低温側で死亡率が高く、高温側では死亡率が低くなっている。しかし今回明らかになったように、わが国では地域により、また年次によって関係が異なるようである。従って、例えば血液濃縮による循環動態の変化を低湿度が助長する、といった生理学的なメカニズムをそのまま適用することはできない。大きく分けると東日本型と西日本型に二分されるようであるが、四国地方のような例外もあるので、文化圏によるものでもないようである。

今回の湿度の区分は、過去のデータにもとづいて、各区分での人日が小さくなりすぎないように設定したが、より極端な区分では、もっとはっきりした傾向がでる可能性がある。また、日本では夏に湿度が高く冬に湿度が低いが、英国などでは冬に湿度の高い傾向があるようであり、そのことも比較を困難にしているのかも知れない。

湿度を考慮した解析の複雑性は興味ある問題ではあるが、少なくともわが国の解析において、湿度を考慮に入れないことによって結果が大きく異なることがないと考えられ、これ以上の解析に高い priority を設定する必要はないといえる。

日最高気温と死亡率との関係に与えるインフルエンザの影響

- 1. 結果

図 9 は県別にみたインフルエンザ死亡数の年次推移である。この図から、死亡で見ると、大きな流行は 1970 年代に終焉し、近年は比較的小さな流行となっていることがわかる。この傾向は、伝染病統計のインフルエンザ患者数の動向とも一致している。小流行では週別の解析に耐えないので、1973 年、1976 年大流行で第何週にピークがあるかを調べ、1976 年の場合を図 10 に示した。流行のもっとも早いのは東京都・神奈川県、京都府・大

阪府・奈良県の 2 大都市圏であり、そこから流行が拡散するようである。観察可能な県では第 7 週にもっとも遅いピークをむかえた。1973 年は 1976 年に比べて流行が小さく、結果も若干不安定であるが、大都市圏が早いという傾向は同様であった。

図 11 から 14 はそれぞれ総死亡、循環器疾患、呼吸器疾患、外因（不慮の事故および有害作用）の死亡率と日最高気温との関連をインフルエンザ死亡率のレベルごとに示したものである。図 11 から 13 ではインフルエンザ死亡率が高くなるにしたがい、各疾患群の死亡率も高くなる傾向を示す。しかも、各区分間の相違はインフルエンザ死亡率の相違よりもかなり大きく、総死亡率では 20 倍以上になっている部分もある。すなわち、インフルエンザの流行はインフルエンザのみでなく、他の疾患の死亡率上昇をもともなう。

一方、外因はそのような一定の関連はみられない。

- 2 . 考察

インフルエンザの流行を解析する理由は、この疾病が気温と死亡との関連を調べる際の交絡因子となる可能性を持つからである。ある因子が交絡因子であるためには、その因子が研究対象となった疾病あるいは死亡と関連があり、なおかつ調べたい暴露の有無とその因子が関連することが必要である。ここで、前者に関してはインフルエンザの超過死亡という形で報告があったし、後者に関してはインフルエンザの流行がほぼ冬季に限られることがよく知られている。これらによってインフルエンザの交絡因子としての可能性は明らかである。ただし、インフルエンザが毎年、決まった気温区分で起こり、しかも同程度の規模であったとすれば、その気温区分での死亡率は高いであろうが、温暖化の健康影響評価には重要でない。実際に影響があるかどうかをみたのが今回の解析である。

まず、インフルエンザの大流行は 1970 年代にみられるが、1980 年代には前半に小さな流行がみられるのみである。すなわち、年次によってインフルエンザの流行の規模は大きく異なる。

次に、わが国ではピークの移動に約 1.5 ヶ月かかるというタイムラグの存在が明らかとなった。年次によって寒い期間は異なるので、ある年のある県では日最高気温 8 未満での死亡率がインフルエンザの流行によって上昇するが、同じ年の別の県では 8 ~ 13 の区分の死亡率を上昇させることが考えられる。

第三に、インフルエンザの流行によって総死亡率がインフルエンザによる死亡率の増加よりもはるかに高い増加を示すことは超過死亡として知られていたが、この超過死亡は、日最高気温区分別に観察しても、インフルエンザ死亡率が高いほど総死亡率・循環器疾患死亡率・呼吸器疾患死亡率も高いという関連を示した。一方、図 14 にみられるように、外因による死亡は気温の影響が小さく、また、インフルエンザ死亡との関連も認められない。

以上から、インフルエンザの流行により、気温依存性の大きな疾患は寒冷による死亡率の上昇がさらに大きくなる傾向をもつことが明らかとなった。気温と死亡との V 字型の関連は、主に循環器疾患と呼吸器疾患で形成されており、今後 V 字型の年次変化のモデル化の際に、この結果を考慮に入れることが非常に重要であることが明らかとなった。

・ 温暖化に対する馴化の影響

- 1 . 結果

いくつかの県の日最高気温と死亡率との関連をみたのが図 15（女）である。図示はしていないが、男女ともほぼ同様の傾向をもつ。北海道は 23 以上 28 未満の死亡率を最低とし、8 未満の死亡率よりもむしろ 33 以上の死亡率の方が高い。東京では 8 未満の死亡率が最高となっている。福岡では V 字の左半分の死亡率が高めで、33 以上の死亡率が 23 以上 28 未満の死亡率と同程度である。18 未満の区分に限定すると、沖縄の死亡率は東京都および北海道よりも高く、福岡県とほぼ同程度であった。

次に、気候との関連をみるために、「平均気温」と各日最高気温区分での総死亡率（男）との関連をみたのが図 16 ~ 図 22 である。図 16 は 8 未満での死亡率と平均気温との関連をみたもので、正相関を示す ($r=0.57$, $p=0.0001$)。8 以上 13 未満から 18 以上 23

未満まで、徐々に相関係数が小さくなり、23 以上 28 未満ではほとんど無相関 ($r=0.005$, $p=0.97$), 以後は負の相関を強め、33 以上で最も負の相関が強くなる ($r=-0.67$, $p=0.0001$). すなわち、傾向としては、気候が寒冷なほど低温での死亡率が低く、逆に気候が温暖なほど高温での死亡率が低いといえる。この傾向は、女でも同様にみられた。表 4 は、各日最高気温別に死亡率を従属変数、平均気温を独立変数とした場合の回帰直線の y 切片と傾きを示したものである。日最高気温が高くなるにつれて、傾きは小さく、 y 切片は大きくなっていく。なお、この傾向は、沖縄県を回帰分析の対象からはずしても (表 5), あるいは沖縄県、東京都、神奈川県をはずしても (表 6) 同様であった。

図 23 は、図 16~22 の各図ごとに沖縄県を除く 46 都道府県をもちいて得られた回帰直線群を示す。日最高気温区分を低温側から高温側へみていくと、8 未満から 8 以上 13 未満はほぼ下へ平行移動、8 以上 13 未満から 23 以上 28 未満までは平均気温の低温側を中心に回転して x 軸に平行となり、そこからは平均気温の高温側を中心に回転して右下がりの傾きを強める。すなわち、日最高気温が 23 以上 28 未満では平均気温による死亡率の差はなく、そこから日最高気温 8 以上 13 未満までは、温暖な地方に対する寒冷な地方にでの死亡率の優位性が大きくなるものの、それ以下まで日最高気温が下がるとすべての県で死亡率が上昇する。逆に、日最高気温 23 以上 28 未満から日最高気温が上昇すると、寒冷な地方に対する温暖な地方の死亡率の優位性が大きくなる。

- 2 . 考察

- 2 - 1 . 各県の死亡率と日最高気温との関係

図には示さなかったが、日最高気温と総死亡率との関係は多くの県で V 字型を示す。ただし、沖縄の男など、若干の場合に単調な右下がりの関係がみられた。これに関しては、統計的な不安定さも考慮する必要がある。実際、33 以上の区分における死亡数は 192、人日は 1808044 で、28 以上 33 未満の死亡数 8835、人日 78556887 と比べてそれぞれが約 2% と非常に小さく、33 以上の女と比べても死亡数で 68%、人日で 59% であった。

65 歳以上でみた場合、各県で日最高気温の影響をみた図 15 に示すように、寒冷な北海道では低い日最高気温の区分での死亡率に対する高い日最高気温の区分の死亡率が高い傾向が認められる。逆に温暖な福岡県、沖縄県では低い日最高気温の区分での死亡率が相対的に高くなっている。東京都は中間的な形態を示す。

- 2 - 2 . 日最高気温と死亡率との関係の地域差

気候と気温との関係の、県間の相違をみた図 16~22 および表 4~6 から、寒冷な気候の地域ほど、低温での死亡率が低く、温暖な気候ほど高温での死亡率が低い傾向がみられた。これは気候に対する馴化の存在を示唆する。ただし、冬期の北海道、東北で着衣・暖房なしには過ごせないことから明らかなように、寒冷、あるいは暑熱に対して、実際に曝露する気温を外気温よりも快適な方向へ制御しようとする適応行動が、外気温と死亡率との間に介在する。図 22 の青森県と北海道との関係が逆転していること、東京都、神奈川県が、特に図 16, 17 で外れた位置にあることなどから、この広義の「馴化」には生理学的な馴化以外に住居の構造・ライフスタイルなど文化・文明によって達成された部分を含むことが考えられる。

死亡の原因は気温のみではないが、図 23 で示される気温と死亡の関係が因果関係であるとすると、23 以上 28 未満を境に、日最高気温の上昇による死亡率の増加は平均気温の低い地域ほど大きく、逆に日最高気温の低下による死亡率の増加は平均気温の高い地域ほど大きい。このことは、生理学的に低い気温に馴化した場合には高温への susceptibility が上昇し、高い気温に馴化した場合には低温への susceptibility が上昇するとも考えられるが、生理学的な馴化のみならず、人工的環境を用いることによって、寒冷な地方では寒冷に対する適応がうまく行われている反面、暑熱に対する適応はそれほどうまく行われていない、温暖な地方では暑熱に対する適応はうまく行われている反面、寒冷に対する適応はそれほどうまく行われていない、ということも考えられる。

8 未満の区分は、open-ended であり、寒冷な地域ではこの区分の実際の気温は温暖な

地域のこの区分の実際の気温よりも低い。したがって、平均気温の低い地域ほど死亡率が過大評価されることになる。8 以上 13 未満の区分から、図 26 で平行移動しているように見えるのはこの過大評価のためであるとすると、一点を中心にした回転という構造は、より低い気温まで成り立つ可能性がある。

- 2 - 3 . 沖縄県の特異性

沖縄県は平成 2 年度の 65 歳平均余命が男女とも日本でもっとも長い(文献 18)。しかし、13 以上 23 未満での死亡率は男女ともに北海道、東京都よりも高いので、気温のみが死亡率を決定するのならば沖縄県の平均寿命が最長であるのは、温暖な気候の影響もあると考えられる。実際、もしも図 15 にしたがって死亡が起こるとし、気温が常に 13 以上 23 未満ならば、沖縄県の死亡率はほかの 3 県よりも短縮してしまう。それにしても、28 以上 33 未満での沖縄県の死亡率の低さは注目に値する。

図 23 の沖縄を除いた回帰直線で、平均気温 22.5 の沖縄の死亡率を予測すると、33 以上の区分を除いて常に実際の沖縄県の死亡率よりも高く、沖縄県以外の 46 都道府県の気温と気候との関係から考えると、やはり沖縄県の死亡率は低いといえる(表 7)。しかし、その相違はかえって日最高気温の低い区分で大きく、33 以上の区分では予測値と観測値との相違はわずか 2%に過ぎない。8 以上 13 未満での相違の大きさは、沖縄県でのこの区分の平均的な気温が 13 に近いことも影響している。

結語

以上述べてきたことから、わが国における気温と死亡率との関連がある程度明らかになったと考えられる。特に、項目 およびその後の研究で、わが国でのモデルは気候に応じて V 字型が水平にスライドするという主モデル、V 字の傾きが変化する副次的モデルが考えられた(ここでは詳述していないが、雑誌に投稿中である)。しかし、それは年次変化を考慮に入れておらず、またインフルエンザの補正もおこなっていない。

温暖化影響の総合モデルにおいて、人口の予測は重要である。その人口を規定する一つの要因が死亡である。また、気温と死亡との関連は、国ごとに異なるという報告もあり(文献 19)、沖縄県、九州の馴化による予測を、より南部の他国からのデータで行うことには無理がある。よって、わが国での馴化モデルの持つ意義は大きい。馴化に及ぼす社会・経済・文化的な要因の関与も今回の研究から示唆されたので、年次変化の構造、インフルエンザなどの攪乱因子の制御とともに関連する社会経済文化的な要因についての解析をおこない、馴化モデルをより精緻なものにする予定である。

文献

- 1) Rogot E, Padgett SJ: Associations of coronary and stroke mortality with temperature and snowfall in selected areas of the United States, 1962-1966. *Am J Epidemiol* 1976;103:565-575.
- 2) Momiyama MS: Changes in the seasonality of human mortality: A medico-geographical study. *Soc Sci & Med.* 1978;12:29-42.
- 3) Rogot E, Sorlie PD, Backlund E: Air-conditioning and Mortality in Hot Weather. *Am J Epidemiol* 1992;136:106-16.
- 4) Kunst AE, Looman CWN, Mackenbach JP: Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: A time-series analysis. *Am J Epidemiol* 1993;137:331-41.
- 5) Kalkstein LS: The impact of CO₂ and trace gas-induced climate changes upon human mortality. Reoprt to U.S.EPA, Contract # CR81430101, 1989.
- 6) 入来正躬 . 温暖化に対する生体の応答と適応 . 鈴木継美 , 安藤満 , 編 . 地球の気候変化と健康リスク . 東京:合同出版,1992;24-34.
- 7) 石井明 . 温暖化による熱帯病,特にマラリアを中心に.鈴木継美 , 安藤満 , 編 . 地球の気候変化と健康リスク . 東京 : 合同出版,1992;35-44.
- 8) Rothman KJ, Boice JD: Epidemiologic analysis with a programmable calculator. Chestnut Hill, Epidemiology Resources Inc., 1982;12.
- 9) Greenland S, Robins JM: Estimation of a common effect parameter from sparse follow-up data. *Biometrics* 1985;41:55-68.
- 10) Keatinge WR et al: Increases in platelet and red cell counts, blood viscosity, and arterial pressure during mild surface cooling: factors in mortality from coronary and cerebral thrombosis in winter. *Br Med J* 1984;24:1405-1408.
- 11) Keatinge WR et al: Increased platelet and red cell counts, blood viscosity, and plasma cholesterol levels during heat stress, and mortality from coronary and cerebral thrombosis. *Am J Med* 1986;81:795-800.
- 12) Stout RW, Crawford V: Seasonal variations in fibrinogen concentrations among elderly people. *Lancet* 1991;338:9-13.
- 13) Bull GM, Morton J. Environment, temperature and death rates. *Age and Ageing* 1978;7:210-224.
- 14) 泊惇 , 他 : 脳血管疾患および心疾患死亡の季節変動 - 気温の影響について - . 日本公衛誌 1991;38:315-323.
- 15) Haberman S, Capildeo R, Rose FC: The seasonal variation in mortality from cerebrovascular disease. *J Neurol Sci* 1981;52:25-36.
- 16) Bull GM: The weather and deaths from pneumonia. *Lancet* 1980;28:1405-1408.
- 17) Gill JS et al: Wind-chill and the seasonal variation of cerebrovascular disease. *J Clin Epidemiol* 1988;41:225-230.
- 18) 厚生統計協会 : 平成 2 年都道府県別生命表 . 厚生 の 指標 (臨時増刊) 1992;39:12.
- 19) Kalkstein LS. Direct impact in cities. *Lncet* 1993;342:26-28.

Table. 1 International Classification of Diseases (ICD) used in the cause of death analyses

| Classification | ICD-8* | ICD-9† |
|--------------------------|------------------|------------------|
| Infectious diseases | 000-136 | 001-139 |
| Cancer | 140-209 | 140-208 |
| Circulatory diseases | 390-458 | 390-459 |
| Heart diseases | 393-398, 410-429 | 393-398, 410-429 |
| Ischemic heart diseases | 410-414 | 410-414 |
| Cerebrovascular diseases | 430-438 | 430-438 |
| Respiratory diseases | 460-519 | 460-519 |
| Digestive diseases | 520-577 | 520-579 |
| Ill-defined conditions | 780-796 | 780-789 |
| Senility | 794 | 797 |
| Accidents | E900-E999 | E900-E999 |
| Excessive heat | E900 | E900 |

*ICD-8: Eighth revision. In effect from 1968 to 1978.

†ICD-9: Ninth revision. In effect from 1979.

Table 2. Mantel-Haenszel rate ratio from selected disease categories by daily high temperature (Kyushu, males, 65+ years old, 1979-1990)

| Daily high temperature() | All causes | Infectious diseases | Cancer | Circulatory diseases |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| < 8 | 1.31746 (1.29818,1.33703) | 1.10719 (0.98422,1.24552) | 1.00502 (0.97446,1.03653) | 1.49793 (1.46505,1.53155) |
| 8 <= < 13 | 1.25415 (1.24141,1.26701) | 1.23946 (1.14802,1.33817) | 0.99388 (0.97374,1.01444) | 1.38670 (1.36501,1.40874) |
| 13 <= < 18 | 1.18123 (1.16968,1.19290) | 1.12151 (1.04105,1.20819) | 0.98470 (0.96583,1.00395) | 1.29036 (1.27081,1.31020) |
| 18 <= < 23 | 1.08719 (1.07630,1.09818) | 1.10089 (1.02121,1.18679) | 0.98679 (0.96787,1.00609) | 1.13932 (1.12146,1.15747) |
| 23 <= < 28* | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 |
| 28 <= < 33 | 0.94746 (0.93779,0.95724) | 1.04398 (0.96870,1.12511) | 0.98489 (0.96629,1.00386) | 0.92108 (0.90609,0.93631) |
| 33 <= | 0.97577 (0.96037,0.99141) | 1.14335 (1.02119,1.28011) | 1.00640 (0.97727,1.03640) | 0.94053 (0.91657,0.96512) |

| Daily high temperature() | Respiratory diseases | Digestive diseases | Ill-defined conditions | Accidents |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| < 8 | 1.47539 (1.41898,1.53403) | 1.25699 (1.17710,1.34230) | 1.76189 (1.62950,1.90504) | 1.21012 (1.11221,1.31665) |
| 8 <= < 13 | 1.38138 (1.34456,1.41921) | 1.23886 (1.18407,1.29620) | 1.61296 (1.52426,1.70681) | 1.16069 (1.09537,1.22990) |
| 13 <= < 18 | 1.27329 (1.24041,1.30704) | 1.14678 (1.09764,1.19811) | 1.44109 (1.36347,1.52313) | 1.09427 (1.03497,1.15696) |
| 18 <= < 23 | 1.14215 (1.11188,1.17325) | 1.07985 (1.03268,1.12918) | 1.17278 (1.10622,1.24333) | 1.08209 (1.02322,1.14436) |
| 23 <= < 28* | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 |
| 28 <= < 33 | 0.91558 (0.89017,0.94172) | 0.97774 (0.93474,1.02272) | 0.98877 (0.93125,1.04983) | 0.97934 (0.92555,1.03626) |
| 33 <= | 0.96709 (0.92679,1.00914) | 0.97944 (0.91255,1.05122) | 1.06136 (0.96808,1.16362) | 1.01479 (0.93042,1.10681) |

| Daily high temperature() | Heart diseases | Ischemic heart diseases | Cerebrovascular diseases | Senility |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| < 8 | 1.56536 (1.51548,1.61688) | 1.51054 (1.43562,1.58938) | 1.40847 (1.36225,1.45624) | 1.84322 (1.69773,2.00118) |
| 8 <= < 13 | 1.42533 (1.39284,1.45858) | 1.33816 (1.29010,1.38801) | 1.33112 (1.30014,1.36283) | 1.67898 (1.58017,1.78398) |
| 13 <= < 18 | 1.31124 (1.28222,1.34092) | 1.25546 (1.21187,1.30061) | 1.25850 (1.23025,1.28739) | 1.46225 (1.37727,1.55247) |
| 18 <= < 23 | 1.15873 (1.13226,1.18583) | 1.13599 (1.09547,1.17800) | 1.11948 (1.09348,1.14611) | 1.19133 (1.11835,1.26907) |
| 23 <= < 28* | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 |
| 28 <= < 33 | 0.89647 (0.87491,0.91856) | 0.87328 (0.84048,0.90736) | 0.93837 (0.91602,0.96126) | 1.01001 (0.94691,1.07731) |
| 33 <= | 0.90399 (0.87014,0.93916) | 0.84957 (0.79915,0.90318) | 0.97811 (0.94171,1.01592) | 1.11497 (1.00990,1.23098) |

* Referent category

Table 3. Impact of temperature rise on the number of deaths in Kyushu (1972-1990)

| | Temperature rise | | | |
|---------|------------------|---------|---------|---------|
| | 0°C(observed) | 1°C | 3°C | 5°C |
| Males | 964,014 | 957,095 | 943,629 | 931,257 |
| Females | 843,211 | 837,183 | 825,726 | 815,422 |

Table 4.

Regression coefficient and intercept of the regression lines, with dependent variable being mortality rate* and with independent variable being nineteen year-average daily average temperature (utilizing the data of all 47 prefectures)

| Daily high temperature level() | Regression coefficient (p-value) | Intercept |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------|
| < 8 | 334.2 (0.0001)† | 13199† |
| 8 <= < 13 | 223.7 (0.0004) | 13796 |
| 13 <= < 18 | 179.0 (0.0005) | 13237 |
| 18 <= < 23 | 109.1 (0.0130) | 12933 |
| 23 <= < 28 | -1.2 (0.9726) | 13542 |
| 28 <= < 33 | -137.2 (0.0001) | 15261 |
| 33+ | -266.2 (0.0001) | 17840 |

* for 65+ years old males, 1972-1990
(1973-1990 for Okinawa prefecture).

† Okinawa is excluded because there were no day on which the daily high temperature was less than 8 .

Table 5.

Regression coefficient and intercept of the regression lines, with dependent variable being mortality rate* and with independent variable being nineteen year-average daily average temperature (utilizing the data of 46 prefectures, excluding Okinawa)

| Daily high temperature level() | Regression coefficient (p-value) | Intercept |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------|
| < 8 | 334.2 (0.0001) | 1199 |
| 8 <= < 13 | 356.7 (0.0001) | 11935 |
| 13 <= < 18 | 252.7 (0.0001) | 12206 |
| 18 <= < 23 | 140.5 (0.0058) | 12494 |
| 23 <= < 28 | 48.9 (0.1949) | 12840 |
| 28 <= < 33 | -97.2 (0.0086) | 14701 |
| 33+ | -213.1 (0.0001) | 17098 |

* for 65+ years old males, 1972-1990 (1973-1990 for Okinawa prefecture).

Table 6.

Regression coefficient and intercept of the regression lines, with dependent variable being mortality rate* and with independent variable being nineteen year-average daily average temperature (utilizing the data of 44 prefectures, excluding Okinawa, Tokyo, and Kanagawa)

| Daily high temperature level() | Regression coefficient (p-value) | Intercept |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------|
| < 8 | 368.5 (0.0001) | 12832 |
| 8 <= < 13 | 383.4 (0.0001) | 11649 |
| 13 <= < 18 | 275.8 (0.0001) | 11959 |
| 18 <= < 23 | 161.1 (0.0003) | 12276 |
| 23 <= < 28 | 63.3 (0.0549) | 12689 |
| 28 <= < 33 | -87.0 (0.0113) | 14595 |
| 33+ | -208.1 (0.0001) | 17049 |

* for 65+ years old males, 1972-1990 (1973-1990 for Okinawa prefecture).

Table 7.

Difference between the actual mortality rate (day^{-1}) and the expected mortality rate*
(Okinawa, males, 65+ years old, 1993-1990)

| Daily high temperature() | Observed mortality rate | Expected mortality rate | Proportion of over-estimation (%) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| < 8 | - | 20,719 | - |
| 8 <= < 13 | 11,095 | 13,861 | 25 |
| 13 <= < 18 | 11,130 | 12,578 | 13 |
| 18 <= < 23 | 10,445 | 11,107 | 6 |
| 23 <= < 28 | 8,937 | 9,870 | 10 |
| 28 <= < 33 | 8,174 | 9,024 | 10 |
| 33+ | 9,177 | 8,975 | -2 |

* The model utilized 46 prefectures, excluding Okinawa.

Fig. 1-1 Mortality rate from all causes by daily high temperature (Kyushu, males, 1972-1979)

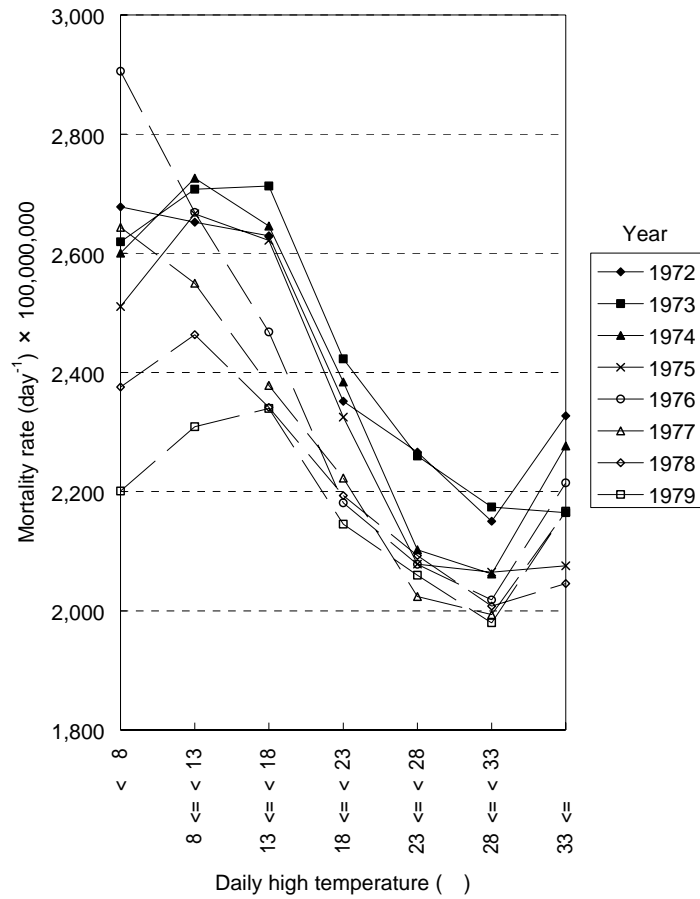


Fig. 1-2 Mortality rate from all causes by daily high temperature (Kyushu, males, 1980-1990)

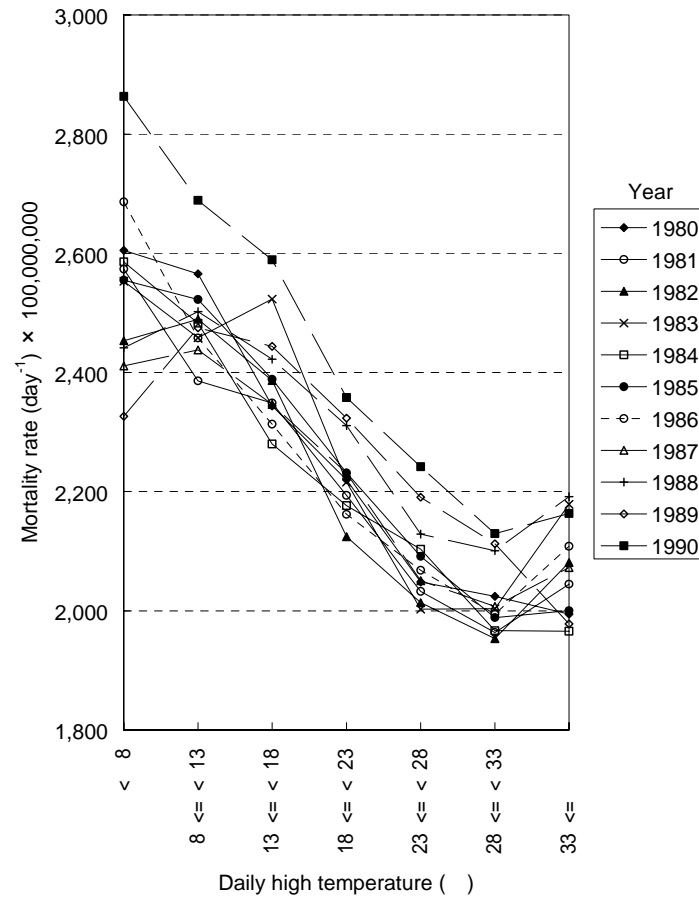


Fig. 2 Number of person-days, Kyushu, males

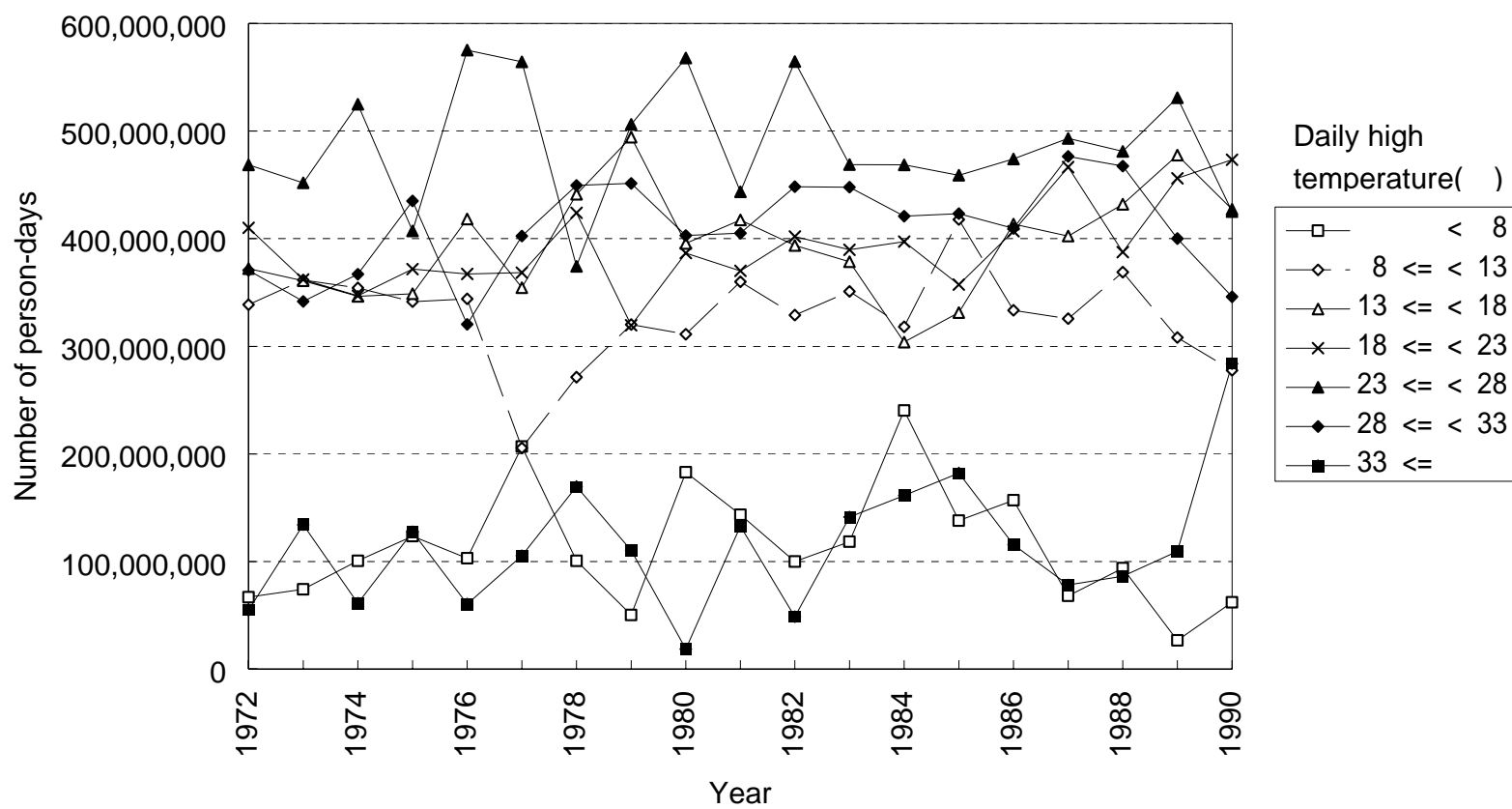


Fig.3 Mortality rate from all causes by daily high temperature and by age (Kyushu, males, 1972-1990)

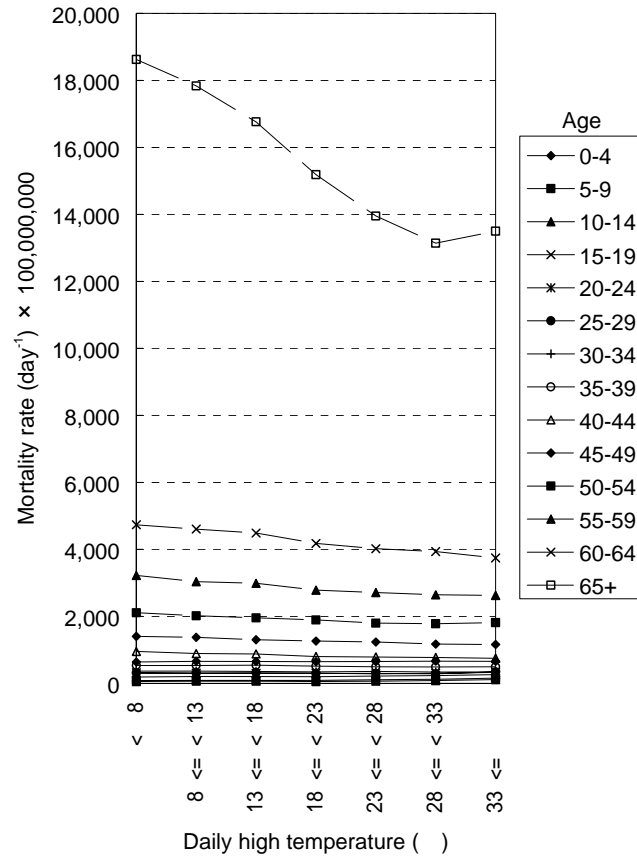
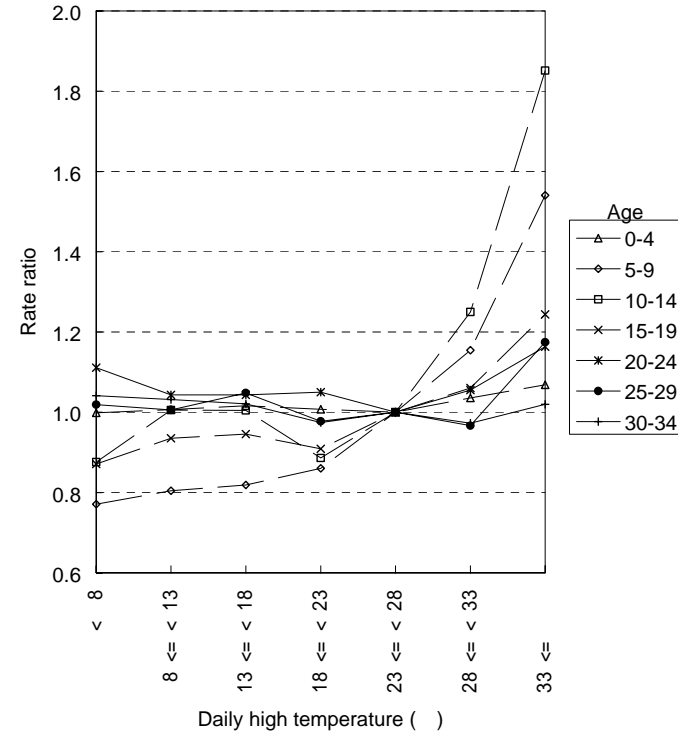


Fig. 4 Mantel-Haenszel rate ratio from all causes by daily high temperature and by age (Kyushu, males, 1972-1990)



Note: 23 ≤ < 28 as a referent category.
This applies to all the following graphs of Mantel-Haenszel rate ratio.

Fig. 5 Mantel-Haenszel rate ratio from accidents by daily high temperature (Kyushu, 1972-1990)

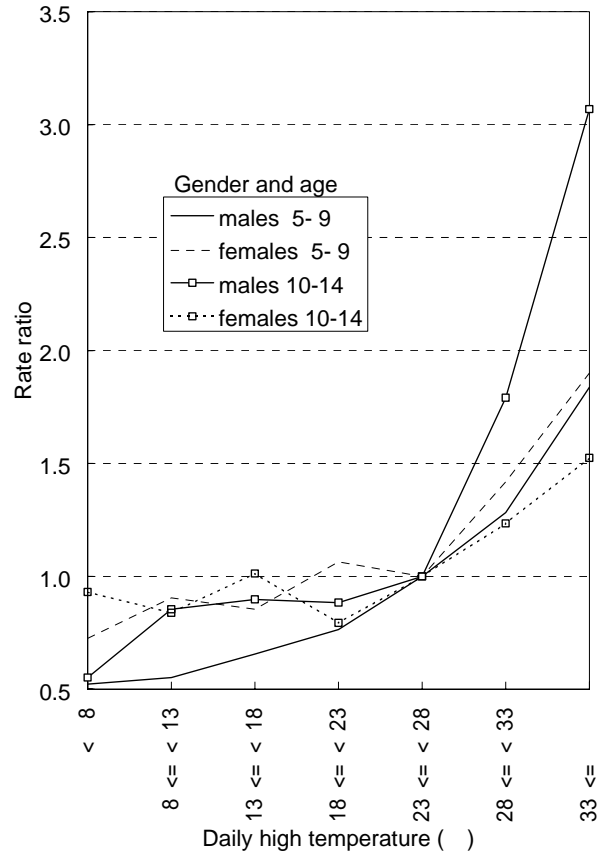


Fig. 6 Mantel-Haenszel rate ratio from respiratory diseases by daily high temperature and by period (Kyushu, 65+ years old males)

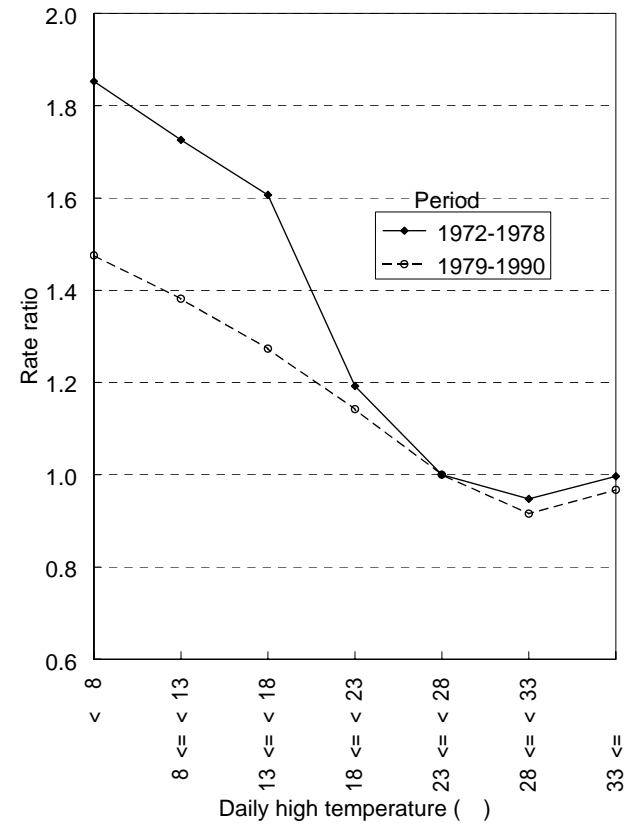


Fig. 7 Mantel-Haenszel rate ratio from non-accidental causes by daily high temperature and by age (Kyushu, males, 1972-1990)

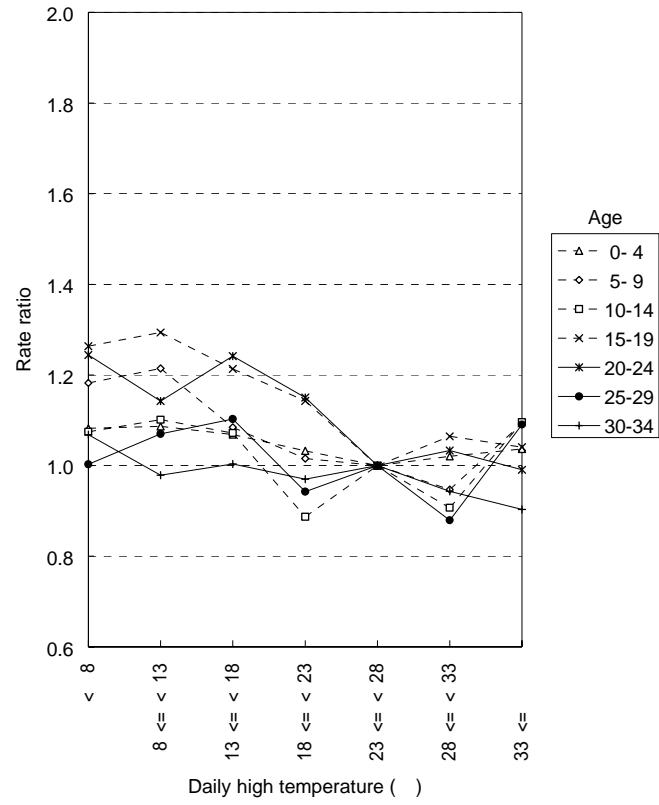


Fig.8 Relationship between daily high temperature and mortality rate (deaths/100,000,000 person-days) by daily average humidity (65+ years old group) (Humidity levels are indicated in percent at the right side of Hokkaido's graphs)

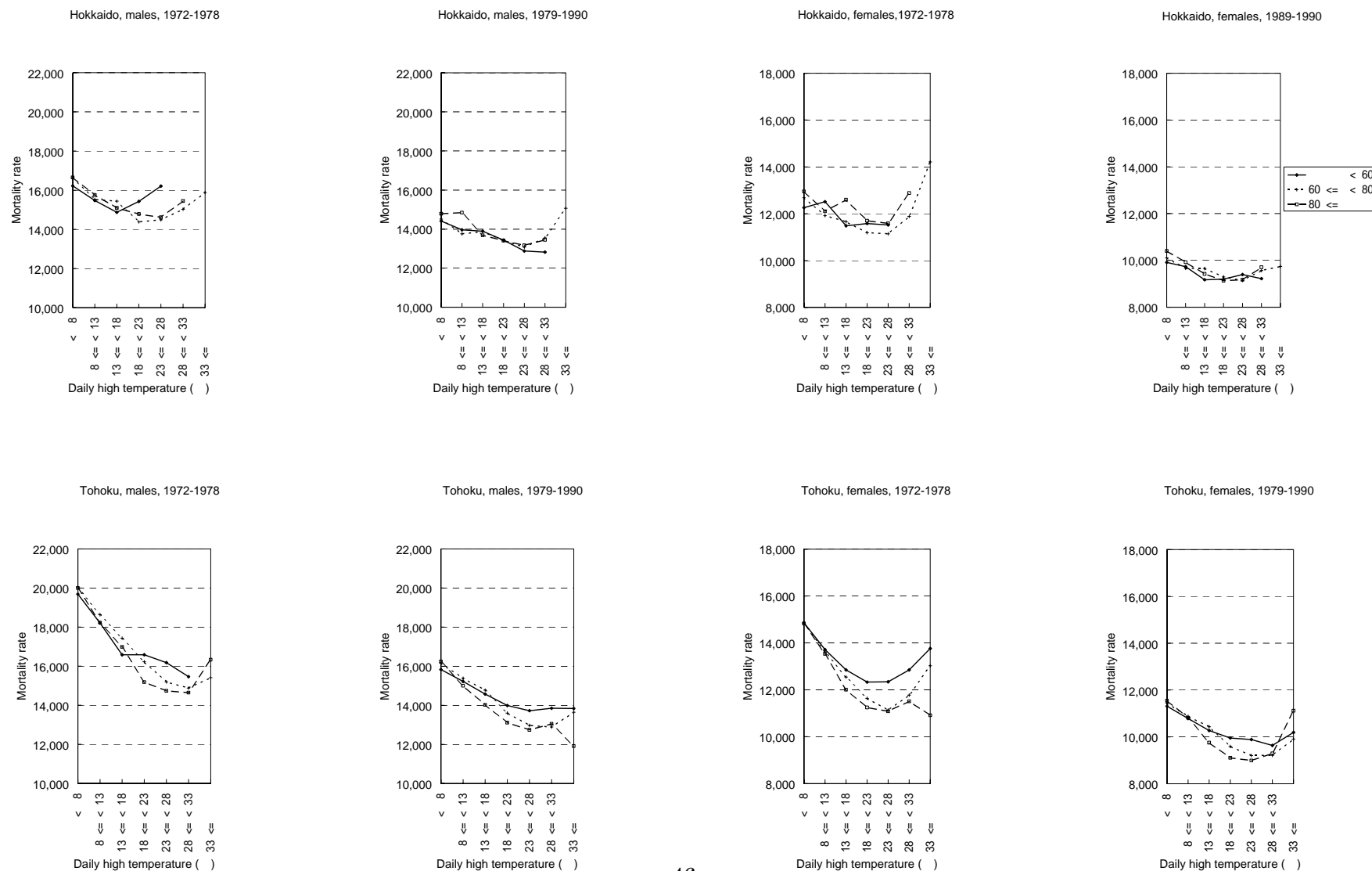


Figure 8 (continue)

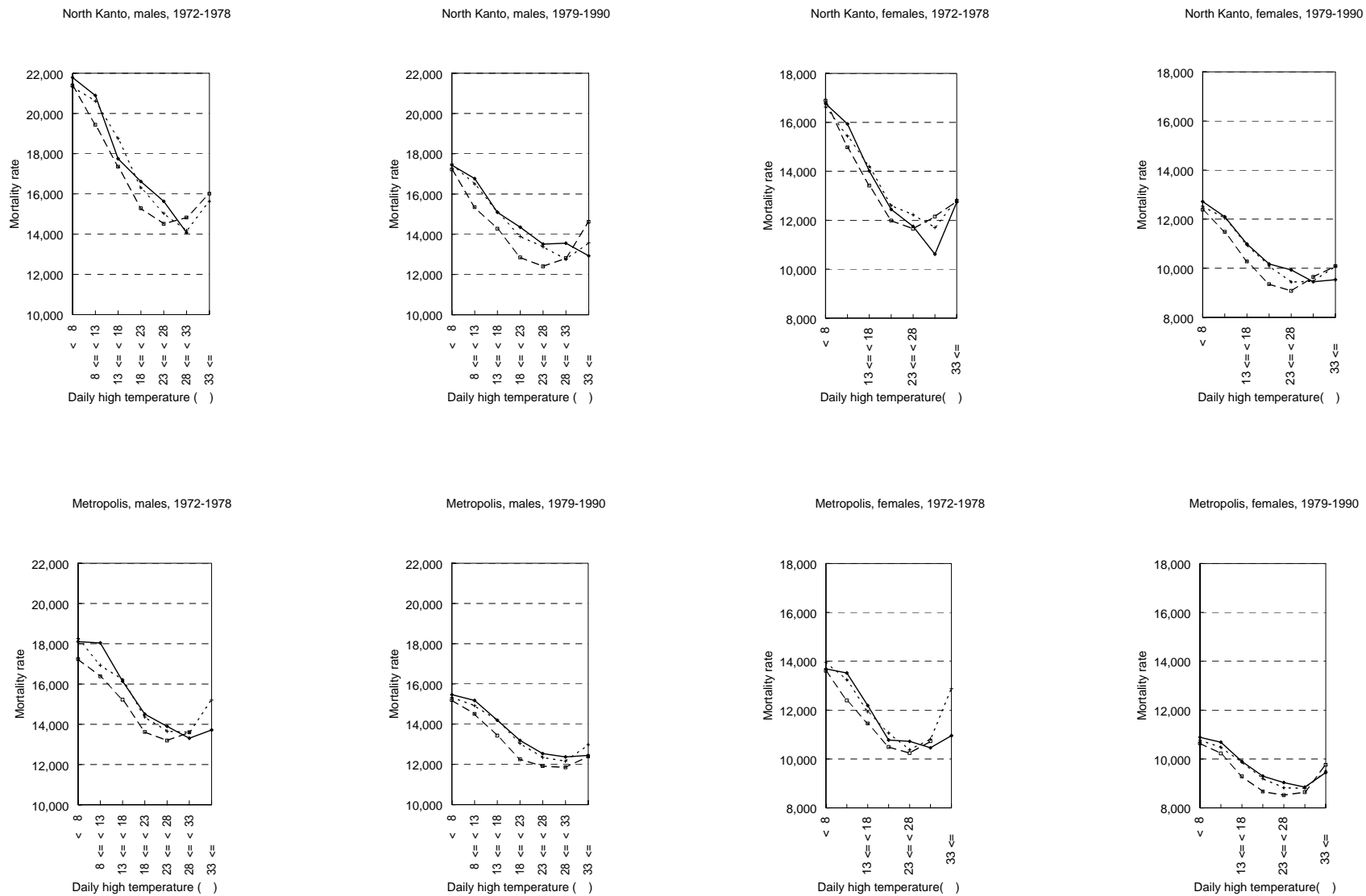
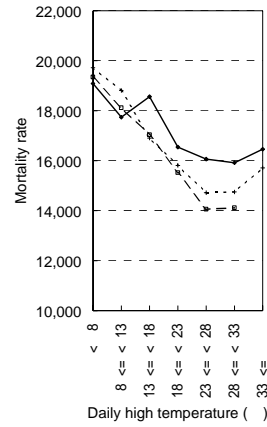
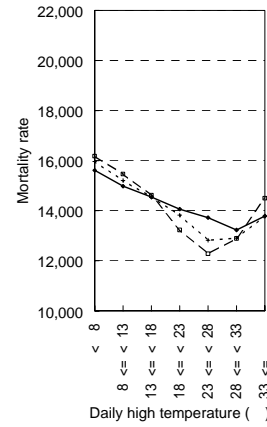


Figure 8 (continued)

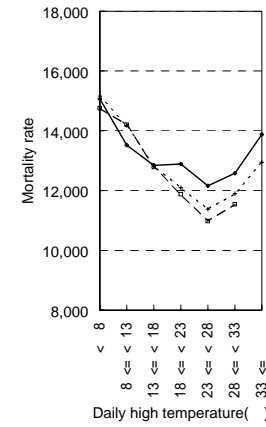
Hokuriku shore, males, 1972-1978



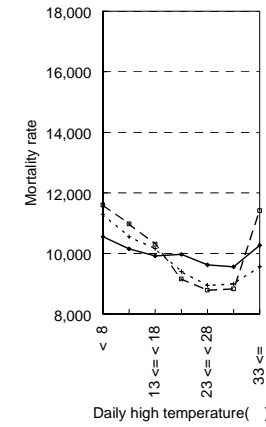
Hokuriku shore, males, 1979-1990



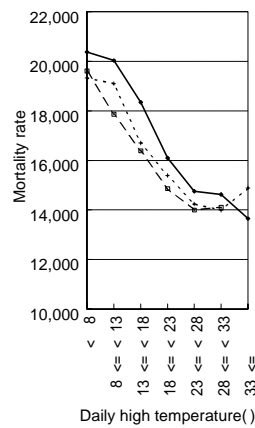
Hokuriku shore, females, 1972-1978



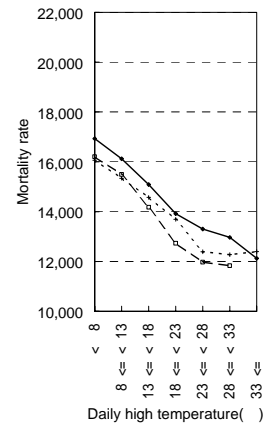
Hokuriku shore, females, 1979-1990



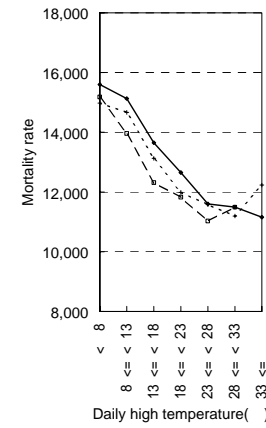
Hokuriku mountains, males, 1972-1978



Hokuriku mountains, males, 1979-1990



Hokuriku mountains, females, 1972-1978



Hokuriku mountains, females, 1979-1990

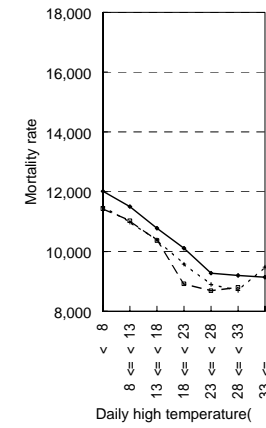


Figure 8 (continued)

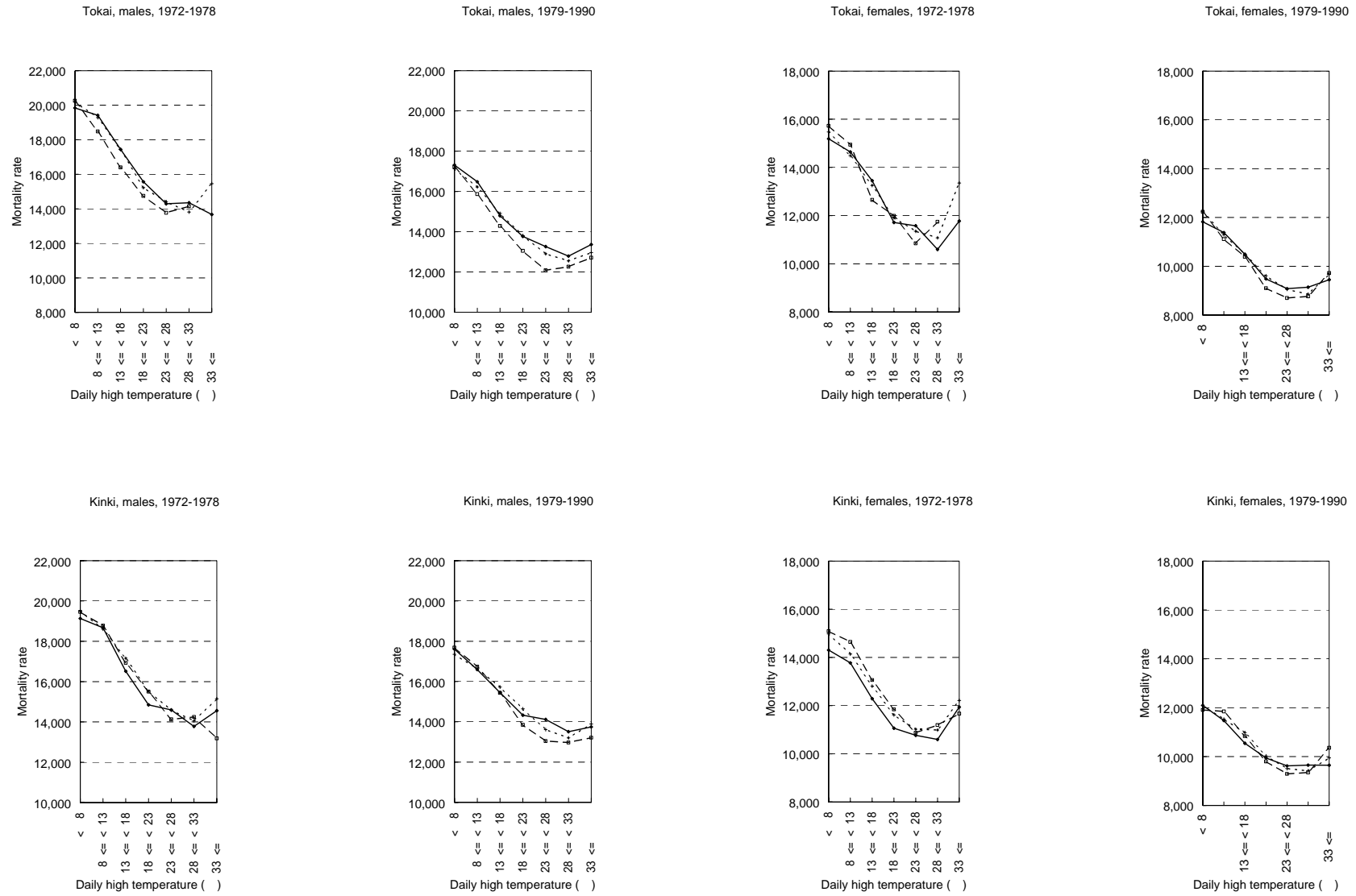
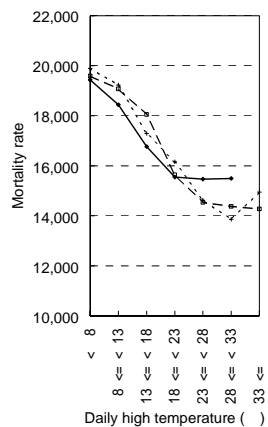
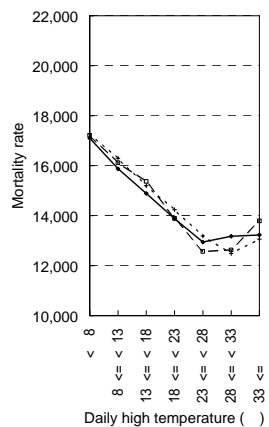


Figure 8 (continued)

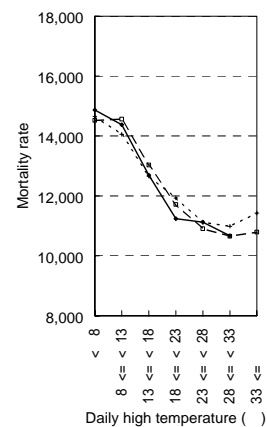
Chugoku, males, 1972-1978



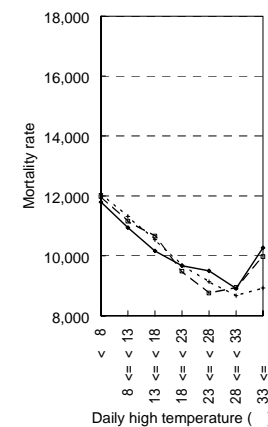
Chugoku, males, 1979-1990



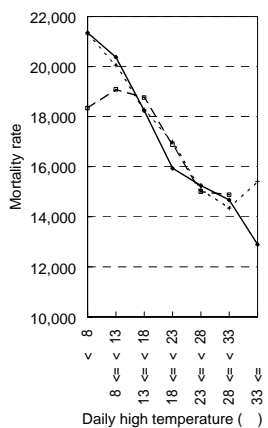
Chugoku, females, 1972-1978



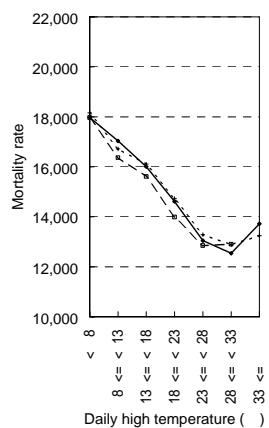
Chugoku, females, 1979-1990



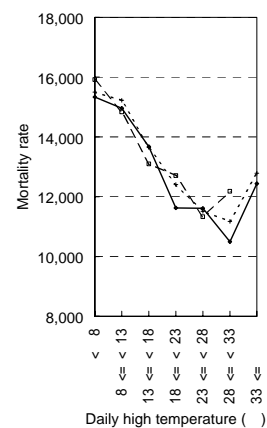
Shikoku, males, 1972-1978



Shikoku, males, 1979-1990



Shikoku, females, 1972-1978



Shikoku, females, 1979-1990

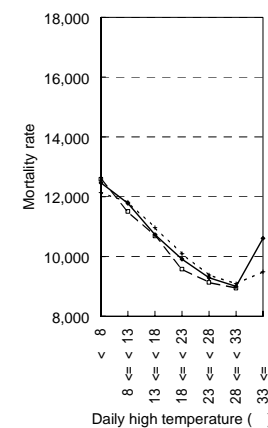
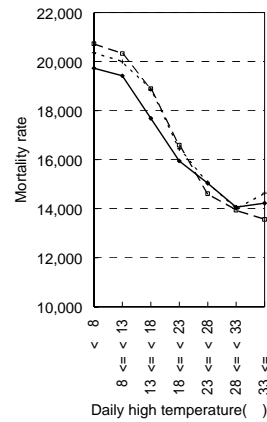
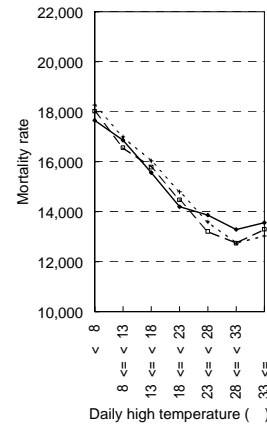


Figure 8 (continued)

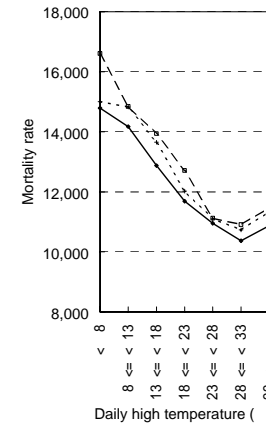
Kyushu, males, 1972-1978



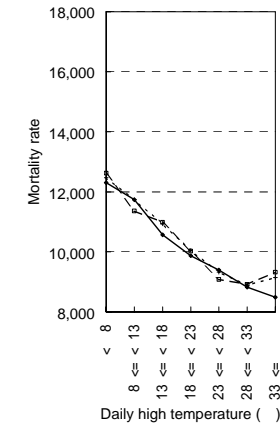
Kyushu, males, 1979-1990



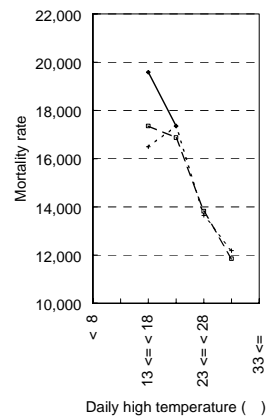
Kyushu, females, 1972-1978



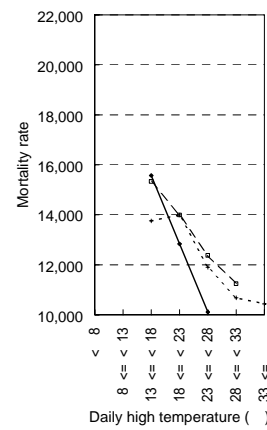
Kyushu, females, 1979-1990



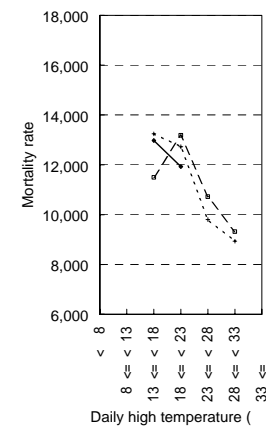
Okinawa, males, 1972-1978



Okinawa, males, 1979-1990



Okinawa, females, 1972-1978



Okinawa, females, 1979-1990

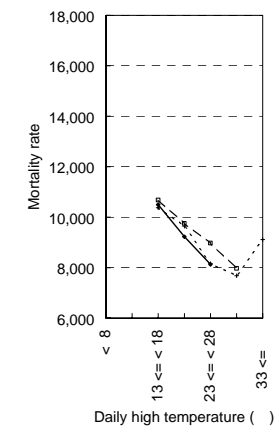


Fig. 9 Chronological trend of influenza mortality by prefecture in Japan

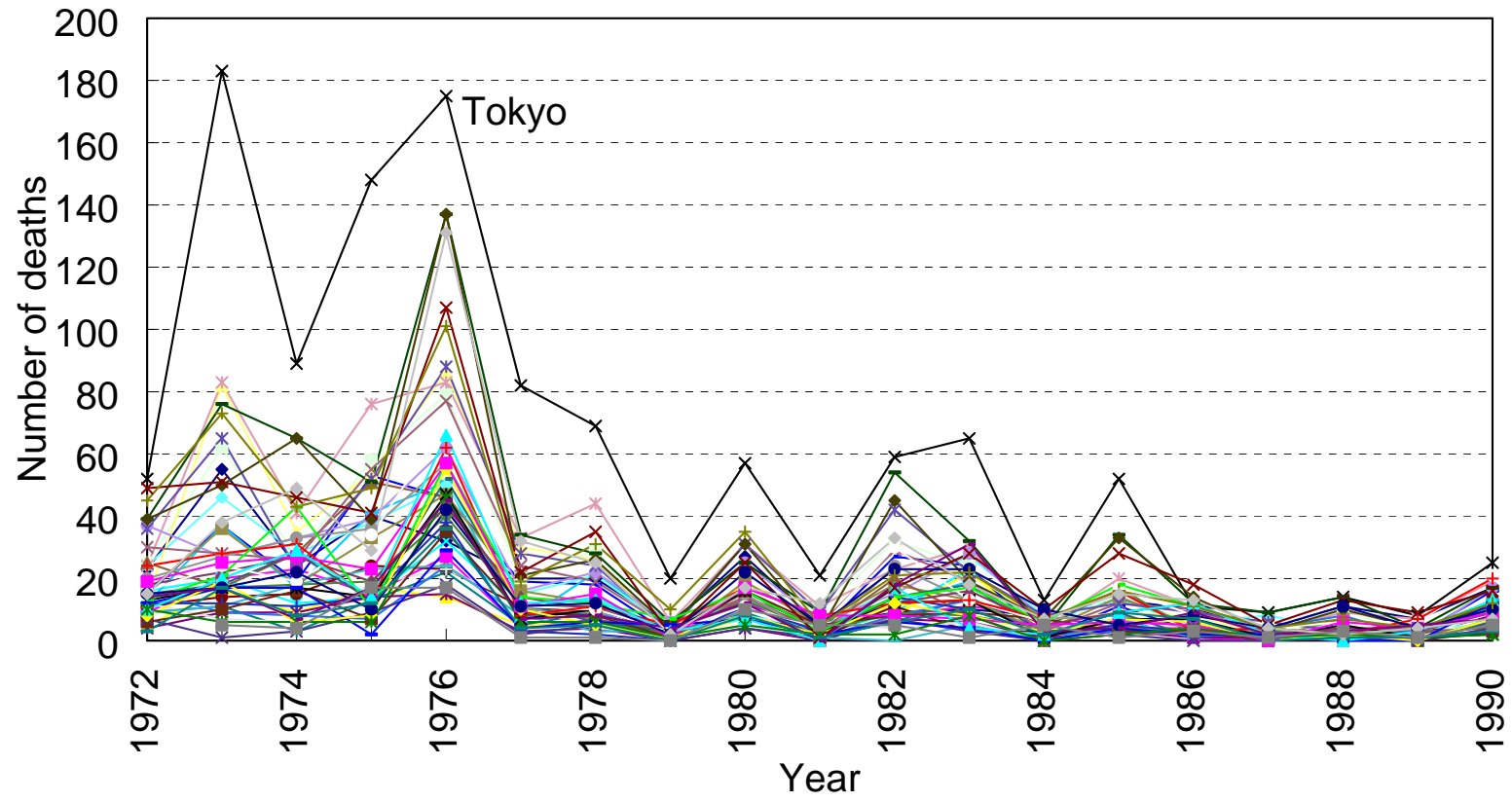


Fig. 10 Week in 1976 that showed the peak of influenza deaths by prefecture

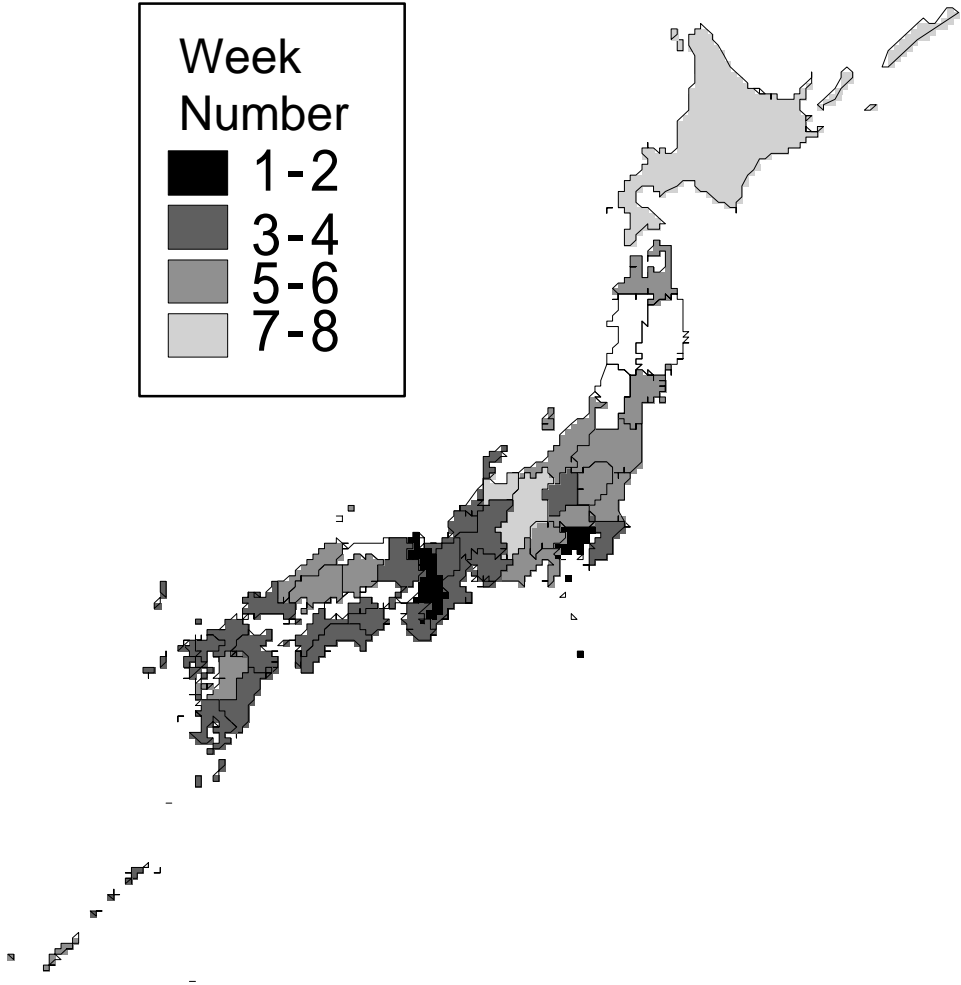


Fig.11 Relationship between daily temperature and mortality from all causes by influenza mortality (65+ years old males, 1972-1990)

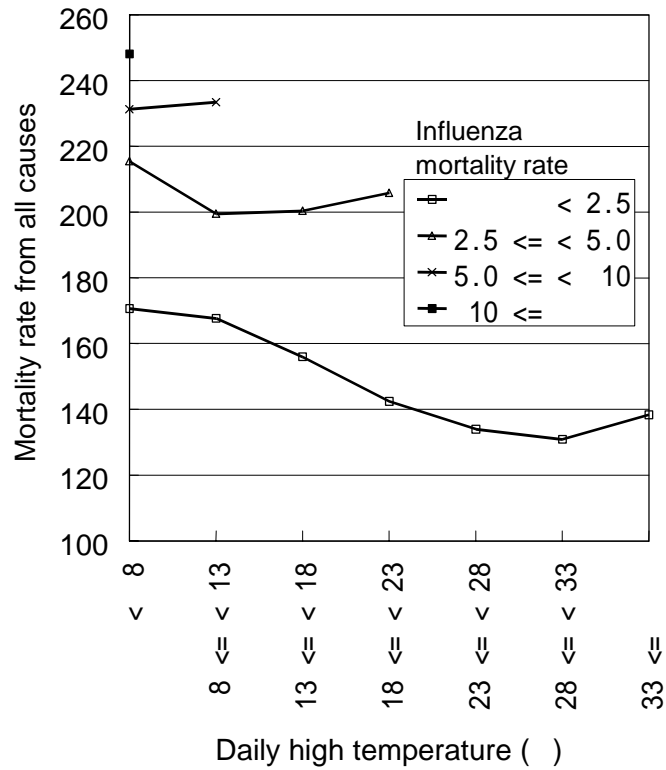
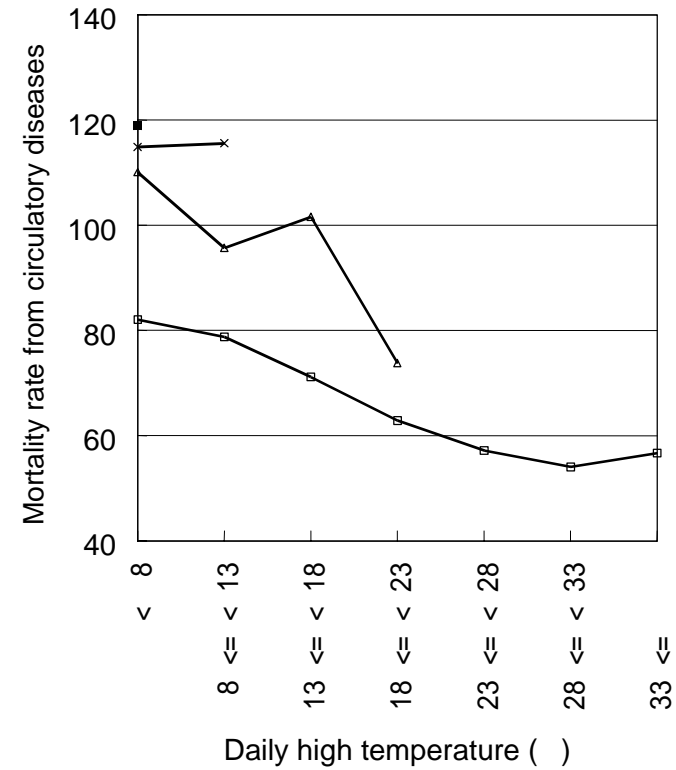


Fig.12 Relationship between daily temperature and mortality from circulatory diseases by influenza mortality (65+ year old males, 1972-1990)



Mortality rate: deaths / 1,000,000 person-days.

Fig.13 Relationship between daily high temperature and mortality from respiratory diseases by influenza mortality (65+ years old males, 1972-1990)

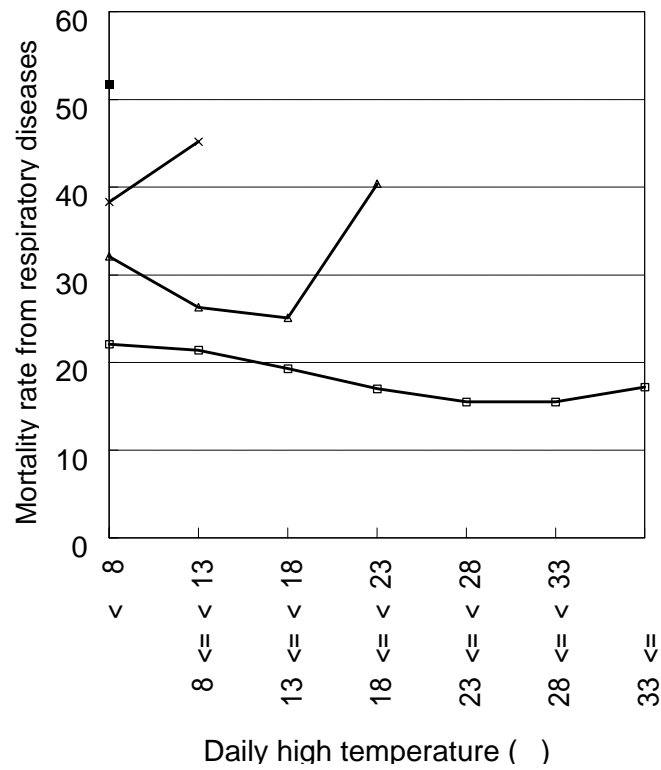


Fig.14 Relationship between daily high temperature and mortality from external causes by influenza mortality (65+ years old males, 1972-1990)

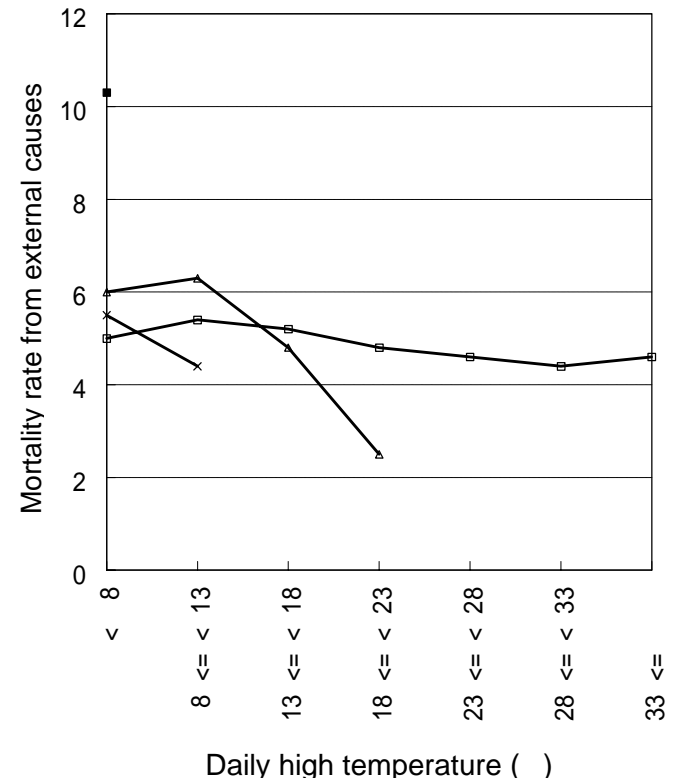


Fig. 15 Mortality rate by daily high temperature and by prefecture (females, 65+ years old, 1972-1990*)

*1973-1990 for Okinawa

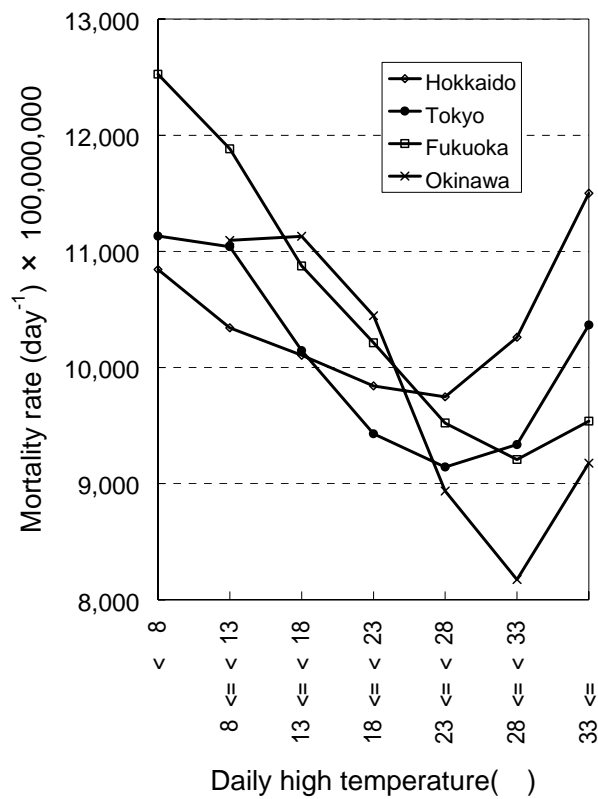


Fig.16 Nineteen year-average daily average temperature and mortality rate for 65+ years old males at <8

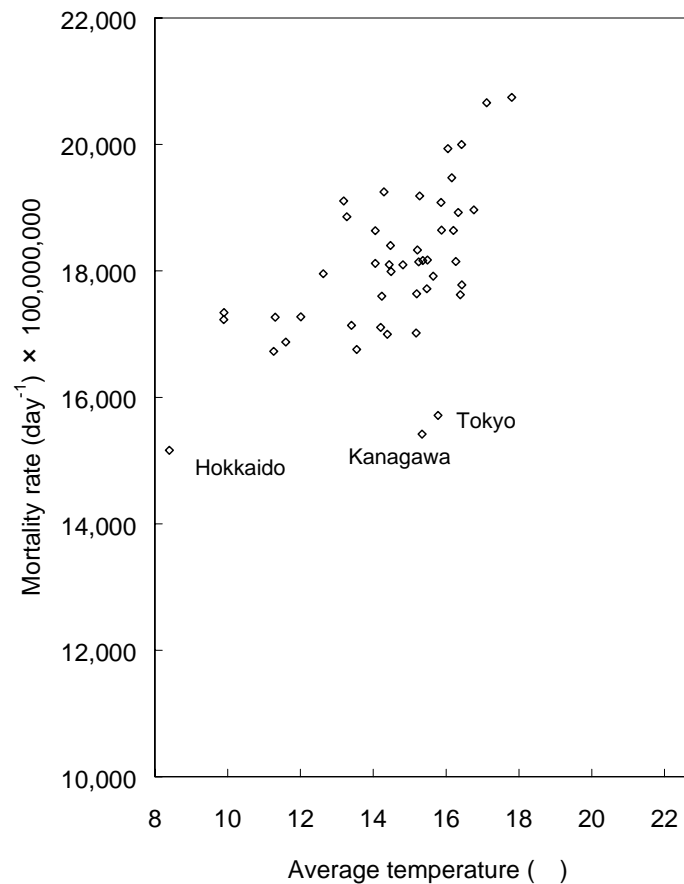


Fig.17 Nineteen year-average daily average temperature and mortality rate for 65+ year old males at 8 - 13

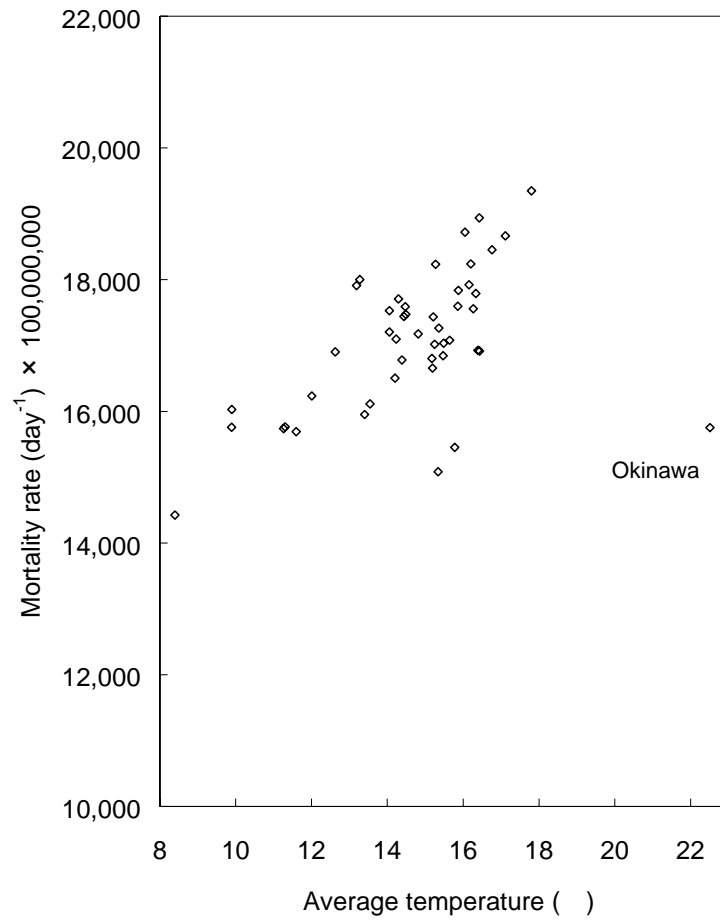


Fig.18 Nineteen year-average daily average temperature and mortality rate for 65+ years old males at 13 - 18

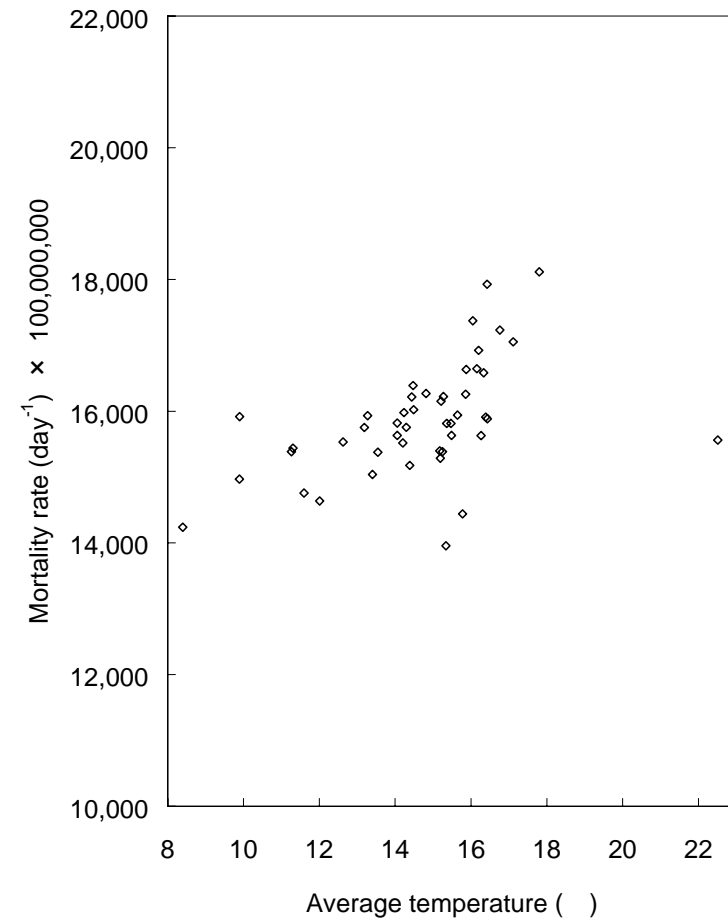


Fig.19 Nineteen year-average daily average temperature and mortality rate for 65+ years old males at 18 - 23

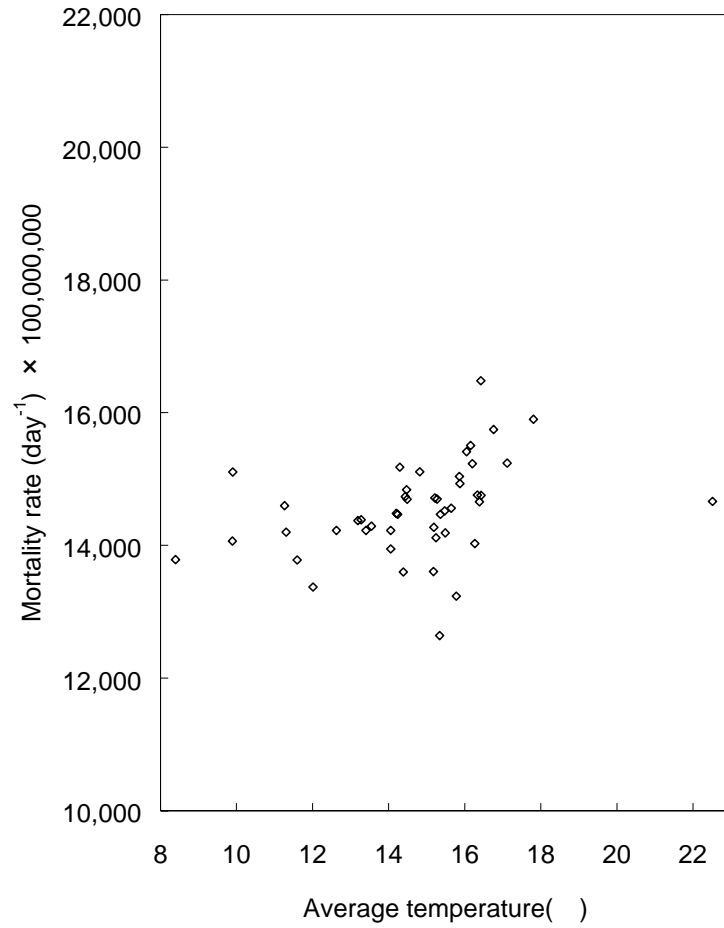


Fig.20 Nineteen year-average daily average temperature and mortality rate for 65+ years old males at 23 - 28

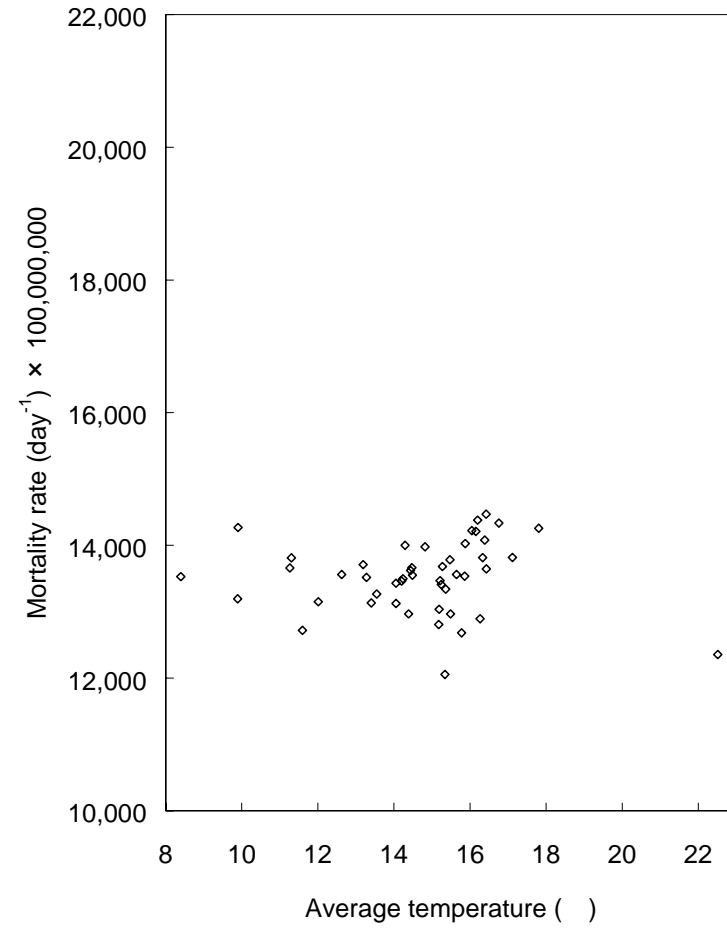


Fig.21 Nineteen year-average daily average temperature and mortality rate for 65+ years old males at 28 ° - 33 °

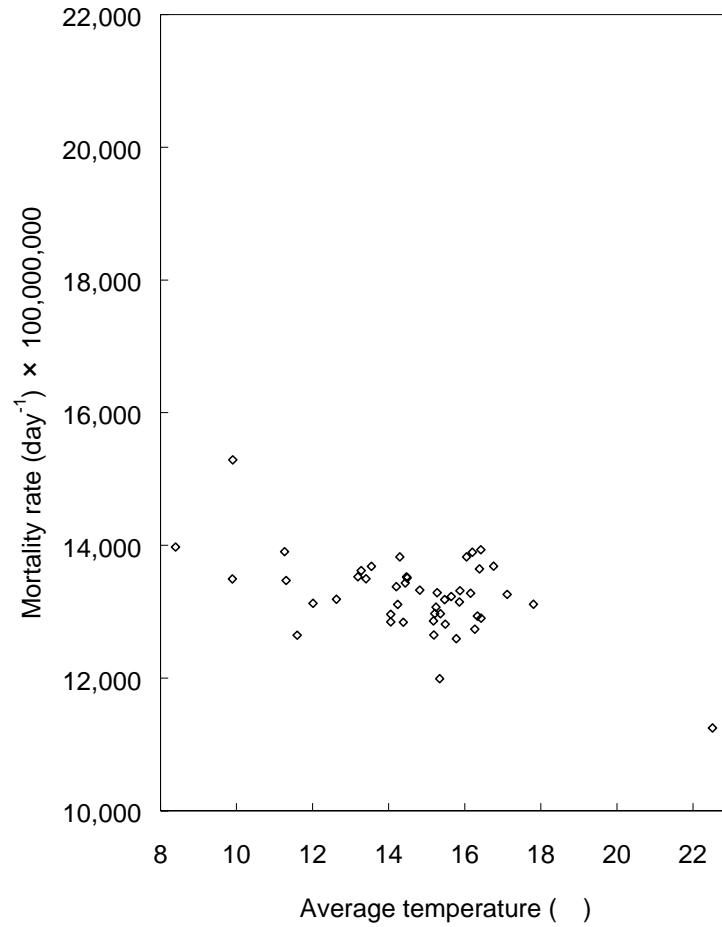


Fig.22 Nineteen year-average daily average temperature and mortality rate for 65+ years old males at 33+ °

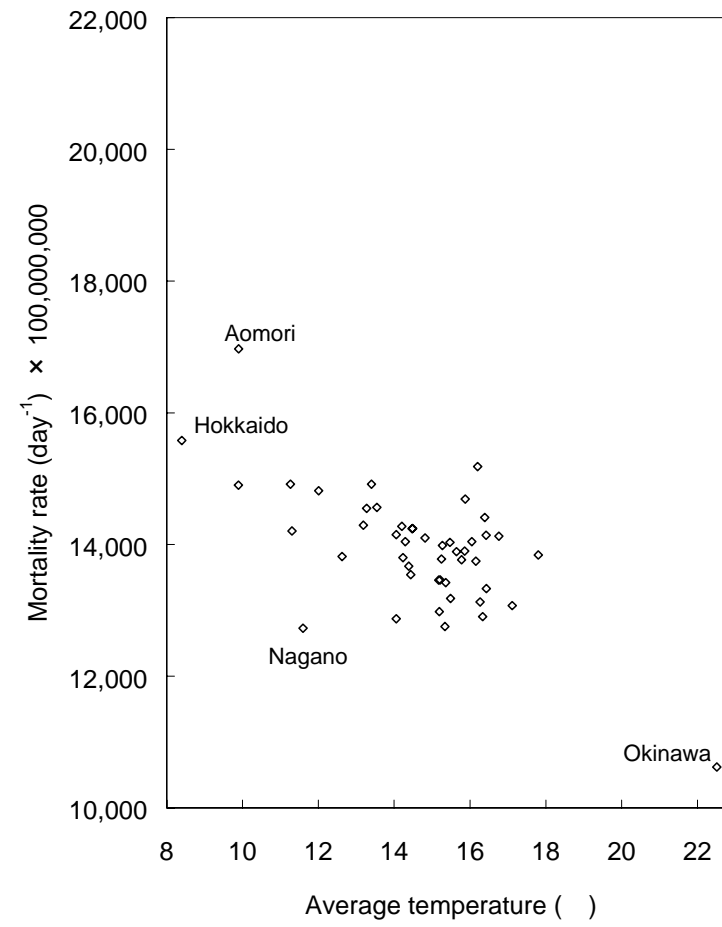
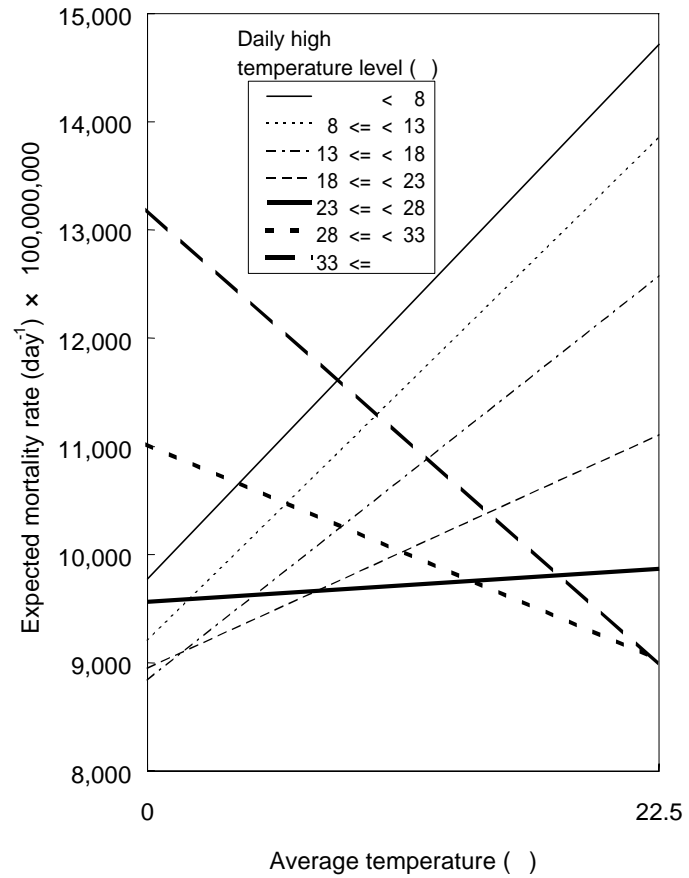


Fig.23 Regression lines for Fig.16-Fig.22
 (The model utilized the data of 46 prefectures, excluding Okinawa)



謝辞

この報告の一部は、我々の作成した下記文献 2 をほとんどそのまま引用した。引用を許可いただいた日本公衆衛生学会に感謝する。

本研究に関連する文献

誌上発表

1. 本田靖．温暖化は死亡率に影響を与えるか．医学のあゆみ 172(3):178-179; 1995.
2. 本田靖，小野雅司，佐々木昭彦，内山巖雄．九州における日最高気温と死亡との関係．日本公衆衛生雑誌 42:260-268;1995.
3. 本田靖．開発途上国における人口増加が地球環境問題に及ぼす影響に関する予備的研究報告書．(第3章 地球環境が人口動態に及ぼす影響への疫学的アプローチ)．1994．pp77-88．
4. Honda, Yasushi. Letter to the editor, Re:Air-conditioning and mortality in hot weather. Am J Epidemiol 142:99;1995.
5. Honda Y, Ono M, Uchiyama I, Sasaki A. Shift of the short-term temperature-mortality relationship by a climate factor — some evidence necessary to take account in estimating the health effect of the global warming. J Risk Res 1:209-220; 1998.

口頭発表

1. 本田靖，他．九州における日最高気温と死亡との関係（1）．第52回日本公衆衛生学会総会，北九州，1993.
2. 本田靖，他．九州における日最高気温と死亡との関係（2）．第58回日本民族衛生学会総会，三鷹，1993.
3. Sasaki, A., et al. RESEARCH ON POPULATION ATHEALTH RISK BY GLOBAL WARMING AND URBANIZATION INJAPAN（わが国における地球温暖化及び都市化による健康危険にさらされている集団に関する研究）EPH'93 First Global andEuropean ConferenceAntwerp, Belgium, 1994.
4. 本田靖，他．九州における日最高気温と死亡との関係（3）第4回日本疫学会総会，仙台，1994.
5. 本田靖，他．日最高気温と死亡率 - 地域格差について．第59回日本民族衛生学会総会，金沢，1994.
6. 本田靖，他．気温と死亡との関係に対する湿度の影響．第5回日本疫学会総会，大阪，1995.
7. 森直代，他．交通事故死亡に及ぼす気象条件の影響 - 東京都（1978～1990年）における解析．第65回日本衛生学会総会，豊明，1995.
8. 本田靖，他．気温と死亡との関係に与えるインフルエンザの影響．第54回日本公衆衛生学会総会，山形，1995.
9. 森直代，他．交通事故死亡に及ぼす最高気温，平均湿度および不快指数の影響 - 東京都（1978～1990年）における解析．第54回日本公衆衛生学会総会，山形，1995.
10. 本田靖，他．気候への適応による気温 - 死亡関係の修飾の性差．第60回日本民族衛生学会総会，東京
11. Honda, Y. Ambient temperature and Mortalty in Japan. UT-MIT-ETH JOINT WORKSHOP ON ALLIANCE FOR GLOBAL SUSTAINABILITY, HUMAN HEALTH SESSION（東大 - マサチューセッツ工科大学 - スイス連邦工科大学三大学国際学術協力ワークショップ，健康部門），Tokyo, Japan, 1996.
12. 本田靖，他．インフルエンザ流行の時空間的解析第6回日本疫学会総会，名古屋，1996.