

日本におけるがん死亡率の地理分布と 気候に関する考察

横家将納・服部宣明*

A study on geographical distribution of malignant neoplasm in
Japan in relation to climate

by

Masana Yokoya, Nobuaki Hattori*

Abstract

This study reports an analysis of the geographic correlation between the averaged climatic data derived from the mesh climatic data and the cancer mortality in 47 prefectures in Japan. Cancers of the digestive system showed a moderate inverse correlation with the solar radiation and annual mean temperature. However, the hypothesis that vitamin D produced after exposure to solar radiation has anticarcinogenic effects could not be proved only from these correlations. Meanwhile, a significant inverse correlation with the annual mean temperature was observed for the cancer of the pancreas (M: $r = -0.72$, $p < 0.001$; F: $r = -0.70$, $p < 0.001$). It is difficult to investigate the correlation between cancer mortality and simple climatic factors such as temperature. This correlation might be a spurious correlation, it support the hypothesis that the increase in temperature reduce the risk of mortality from the cancer of the pancreas. Thus, the analysis using spatial information such as the mesh climatic data has a possibility which can be a very effective method.

Key words: GIS, Mesh climatic data, Pancreas cancer, Solar radiation, Temperature.

キーワード：地理情報システム，メッシュ気候値，膵臓癌，日射量，気温

1 緒言

がんのリスクファクターには様々なものがあると考えられ、それらの研究の中には、気温や

* 環境学園専門学校

Professional training College of Ecology, Amagasaki, Hyogo, 660-0083 Japan

日射量などの気候要素との関連を指摘するものがある。

Grant は北米における研究で、膀胱がん、食道がん、腎臓がん、肺がん、すい臓がん、直腸がん、子宮頸がんの死亡率と日射量との間に負の関連が観察されることを報告している¹⁾。また、Mizoue は日本における研究で、食道がん、胃がん、結腸がん、直腸がん、すい臓がん、胆嚢がんとの死亡率と日射量との間に負の地域相関が観察されることを報告している²⁾。

これらの研究は、気温や日射量など気候の観測値に対して、その土地の罹患率や死亡率の平均値を比較して、地域相関を調べる、いわゆる疫学における生態学的手法で行われているものが多いが、木下や北島らの研究では都道府県別のがん死亡率や平均寿命に対応させる気候のデータとしてメッシュ気候値が使用されている^{4) 5)}。メッシュ気候値とは年平均気温や、年平均日射量などの気候値を、1 km 格子単位で日本全土について推定した気候データであるが、空間解像度が高く、気象管所やアメダス観測点が無い地域における日射量や気温もかなり正確に推定されていることから、様々な分野での利用が進んでいる⁶⁾。

メッシュ気候値は木下や北島らの研究でも使用され、その有用性が認められているが、メッシュ気候値を単独で使用するのではなく、人口分布など、他の空間データを組み合わせることで、分析の精度をさらに高めることができる。特に、生態学的手法で行われる研究は、交絡因子の影響を受けやすく、生態学的誤謬の可能性を排除しきれないという点もあり、地域相関の分析には誤差の少ない、精度の高いデータを用いる必要がある。

Mizoue や木下らは日本におけるがん死亡率と、日射量や気温との地域相関の原因として、日射量や気温との関連が深いビタミンDの生成が、すい臓がんなどのリスクや発病後の予後に影響を与える可能性を示唆している^{2)~4)}。しかし、これらの研究では地域相関の分析に用いられた気候値の空間的精度が粗く、地域相関の原因やリスクファクターの特定のためには分析に改良の余地が残されている。そこで本研究では、これらの研究を踏襲し、空間データ解析の精度をさらに高める改良を行い、がんの都道府県別、発生部位別の年齢調整死亡率と気候値との地域相関について分析を行なうとともに、その原因について考察を加えた。

2 方法

2・1 都道府県別、発生部位別年齢調整死亡率

分析の対象となる都道府県別のがん死亡率として、国立がんセンターより公開されている人口動態統計による都道府県別がん死亡データの中から部位別、75歳未満年齢調整死亡率のデータを使用した⁷⁾。このデータには、1995～2007年までの13年間の年度別、都道府県別の年齢調整死亡率が、男女別、発生部位別にまとめられている。これら、都道府県別の13年間のデータは、都道府県ごとの違い、すなわち死亡率の地域差に注目し、年度による変動の影響を取り

除くため、各年度、部位別、性別ごとに、47都道府県の平均値が0、分散が1となるよう正規化を行った後、異なる年度の同じ発生部位同士で13年間における都道府県別平均値として加工した。

2・2 メッシュ気候値

国土の平均的な気候の状態を詳細に示すデータとして、気象庁の作成したメッシュ気候値がある。メッシュ気候値は平年値（30年間の平均値）の一種であり、気象台やアメダス観測点の無い場所の気象要素の月平均値、あるいは月合計値を地形などの影響を考慮して1kmメッシュ四方ごとに推定したものである。メッシュ気候値は既存の気象台やアメダス観測点のデータと地形データを用いて作成されている。まず、日本をいくつかのブロックに分け、そのブロックに含まれる既存の観測点の気候値とその観測点における標高などの地形因子との間で重回帰式を作成し、その重回帰式を地形因子が既知のあらゆる場所にあてはめることで気候値を推定している。推定の誤差は平均気温を日単位で推定した場合の2乗平均平方根誤差で0.5℃程度であるが、月単位で積算した場合の平均値で考えた場合の誤差は±0.1℃以内と報告されており、月単位、年単位で推定されている平年値に関しては精度が高いと考えられている⁶⁾。今回は2000年版のメッシュ気候値（メッシュ気候値2000年）を入手し、分析に用いた。

メッシュ気候値2000年には、1971年～2000年までの日最高気温、日平均気温、日最低気温、降水量、日射量などの平年値（過去30年間の平均値）が含まれている。今回はこの中の日射量および日平均気温の平年値を使用した。

メッシュ気候値は、本来、平均的な気候の状態を表す目安として用いられるものであり、10年ごとにしか更新されない。そのため死亡率の平均値との対応を考えた場合、統計の期間が異なり、年度による気候の変動も考慮されないことになる。しかし、1971年～2000年までの全国の気象官署の観測値を調べてみると、日平均気温の年間平均値の標準偏差は、那覇で0.51℃、札幌でも0.64℃程度であり、変動の幅は小さい⁸⁾。さらに、都道府県別に求めた日平均気温の平年値の差が10℃以上になることを考えれば、年度による気候の変動を考慮しないことによる誤差は小さいと思われる。また、同様の理由で、日射量に関しても誤差は小さいと考えられる。例としてメッシュ気候値の日平均気温の平年値を関東地方について表示した分布図を示す。（図1）

2・3 人口による重み付け

メッシュ気候値には人が居住していない山岳地帯や無人島などの地点の気候値も含まれているが、これらの地点の気候値も平均して都道府県ごとの平均の気候値を算出することは望ましくない。そこで総務省から公開されている、地域メッシュ統計、人口メッシュデータを利用し

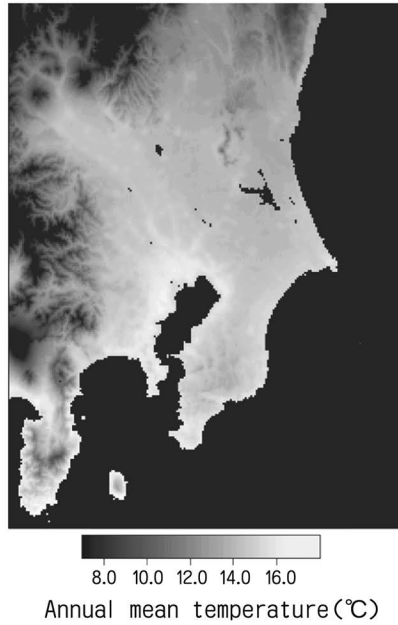


図1 メッシュ気候値 2000 の表示例。日平均気温の平年値について関東地方を表示。白く表示されている地域ほど日平均気温の平年値が高い



図2 平成 17 年度の国勢調査に基づいて作製された人口メッシュデータの表示例。関東地方を表示。白く表示されている地域ほど人口密度が高い

た。この人口メッシュデータは平成 17 年度の国勢調査の結果をもとに、日本全体について 1 km メッシュごとに人口を集計したものであり、メッシュ気候値と同じ規格で作成されている⁹⁾。例として人口メッシュデータを関東地方について表示した分布図を示す(図 2)。これによれば、人口が多い地域の気候値ほど都道府県を代表する気候値として強く反映されるよう算出を行い、人口による重み付けを行うことが妥当であると考えられた。さらに、死亡率データは 75 歳未満を対象としており、地域によって人口に占める、年齢の割合が異なることを勘案して、人口メッシュデータに対して平成 17 年度国勢調査の結果を使用して市町村別に 75 歳未満の人口の割合を乗じることとした¹⁰⁾。この場合 75 歳未満の人口の割合のデータは市町村単位で公開されており、同一市町村に含まれるメッシュの 75 歳未満人口の割合はすべて同じであると仮定した。これらのことをまとめると都道府県別の平均の気候値は以下の式のように求められる。

都道府県別の平均の気候値

$$= \frac{\sum (\text{メッシュの気候値} \times \text{そのメッシュの人口} \times \text{市町村ごとの 75 歳未満の人口割合})}{\sum (\text{メッシュの人口} \times \text{市町村ごとの 75 歳未満の人口割合})}$$

このようにして求めた都道府県別の平均気温は各都道府県にある気象官署の平年値と比較して低くなった¹¹⁾。また、その差は、最も差が大きくなった都道府県の日平均気温の年間平均値の場合で 1.5°C であった。また、人口による重み付けを行った場合、人口による重み付けを行わなかった場合(単純に人口が 1 人でもあるメッシュの気温の平均を都道府県別に算出した場合)と比較して、平均気温が高くなった。また、その差は、最も差が大きくなった都道府県の日平均気温の場合で 2.0°C であった。また同様な方法で求めた都道府県別の平均日射量については、各都道府県にある気象官署の平年値と比較して、増加する場合と、減少する場合の両方があった。例えば上記の方法による福島県の平均日射量の計算値は、福島市での観測平年値より 1 日あたり 0.57MJ・m⁻²大きな値となったが、長野県の場合では松本市の観測平年値より 0.69MJ・m⁻²小さな値となった。気温と日射量で傾向が異なるのは、両者の地点代表性に差があるためであると考えられる⁸⁾。

このようにしてメッシュ気候値から求められた都道府県別の平均の気候値を用いれば、点にする気象官署の平年値を用いて分析を行なうより分析の精度は高くなると考えられた。

2・4 データ解析

日平均日射量と日平均気温の平年値の都道府県別平均値と、がんの男女別、発生部位別年齢調整死亡率の、都道府県別の 13 年間平均値との間でピアソンの積率相関係数を求めた。

3 結果

表1は、日平均日射量の都道府県別平均値と、がんの男女別、発生部位別年齢調整死亡率の都道府県平均値との相関係数を示したものである。表中には部位ごとに、疾病及び関連保健問題の国際統計分類：International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems-10 (ICD-10) に対応する分類を併記した。発生部位ごとの相関係数は、肝臓、子宮、白血病で正の相関、その他の発生部位、消化器系のがんで負の相関を示した。

表2は、日平均気温の都道府県別平均値と、がんの男女別、発生部位別年齢調整死亡率の都道府県平均値との相関係数を示したものである。発生部位ごとの相関係数の値は日射量の場合と似た傾向を示し、肝臓、子宮、白血病などで正の相関を示し、消化器系のがんで負の相関を示した。

食道、胃、結腸、大腸では日射との相関の方が強く、すい臓、胆嚢では気温との相関の方が強くなった。特にすい臓に関しては日平均気温の平均値との間に $r = -0.72$ (男)、 -0.70 (女) の、比較的強い負の相関が見られた。図3および図4に日平均気温の都道府県別平均値と、すい臓がんの年齢調整死亡率の都道府県別平均値との関係についてプロットした散布図を男女別に示す。

4 考察およびまとめ

肝臓、子宮、および白血病の地域相関に関しては、日射量および気温の双方との関係で、他の消化器系のがんなどと比較して異なった傾向を示した。これは、これらの部位におけるがんの発生はそれぞれ、慢性B型肝炎ウイルス (HBV)、ヒトパピローマウイルス (HPV)、成人T細胞白血病ウイルス (HTLV) などのウイルス感染によるところが大きく、他の部位のがんとはリスクファクターの空間的分布が異なるためであると考えられることができる。

その他の発生部位におけるがんについては、消化器系のがんで日射量および気温との双方で相関が強くなる傾向にあった。これらの結果は Grant¹⁾、Mizoue²⁾、Kinoshita^{3) 4)}らの既存の報告とほぼ一致している。また、これらの報告における手法は本研究と方法論的に異なっている部分があるものの、地域相関を示した相関係数のみに注目すると、本研究で得られた相関係数はいずれの報告よりも強い値となった。これは本研究における分析で、人口分布などのデータが加味されたことにより精度が向上したためである可能性がある。

また、すい臓および、胆嚢では他の消化器系の器官の場合と異なり、日射量との相関より平均気温との相関の方が強くなった。特にすい臓に関しては日平均気温の平均値との間に、比較

表 1 日平均日射量の都道府県別平均値と、がんの男女別、発生部位別年齢調整死亡率の都道府県平均値との相関係数

発生部位	Cancer site	ICD-10	Correlation coefficient (M)	p value	Correlation coefficient (F)	p value
食道	Esophagus	C15	-0.42	0.0035	-0.42	0.0033
胃	Stomach	C16	-0.59	<0.0001	-0.47	0.0010
結腸	Colon	C18	-0.51	0.0003	-0.62	<0.0001
直腸S状結腸移行部	Rectum	C19-C20	-0.40	0.0057	-0.44	0.0022
肝及び肝内胆管	Liver	C22	0.37	0.0104	0.33	0.0244
胆のう及び他の胆道	Gallbladder	C23-C24	-0.19	0.2013	-0.28	0.0567
膵	Pancreas	C25	-0.54	0.0001	-0.59	<0.0001
気管、気管支及び肺	Lung	C33-C34	-0.29	0.0506	-0.20	0.1838
乳房	Breast	C50	-	-	-0.44	0.0021
子宮	Uterus	C53-C55	-	-	0.33	0.0233
卵巣	Ovary	C56	-	-	-0.57	<0.0001
前立腺	Prostate	C61	-0.04	0.8042	-	-
膀胱の悪性新生物	Bladder	C67	-0.31	0.0333	-0.32	0.0299
悪性リンパ腫	Lymphoma	C81-C85	-0.10	0.5006	-0.07	0.6295
白血病	Leukemia	C91-C95	0.40	0.0058	0.41	0.0044
大腸	Large intestine	C18-C20	-0.49	0.0004	-0.61	<0.0001

表 2 日平均気温の都道府県別平均値と、がんの男女別、発生部位別年齢調整死亡率の都道府県平均値との相関係数

発生部位	Cancer site	ICD-10	Correlation coefficient (M)	p value	Correlation coefficient (F)	p value
食道	Esophagus	C15	-0.26	0.0739	-0.21	0.1526
胃	Stomach	C16	-0.49	0.0004	-0.34	0.0190
結腸	Colon	C18	-0.16	0.2732	-0.27	0.0710
直腸S状結腸移行部	Rectum	C19-C20	-0.33	0.0250	-0.39	0.0075
肝及び肝内胆管	Liver	C22	0.35	0.0165	0.36	0.0132
胆のう及び他の胆道	Gallbladder	C23-C24	-0.46	0.0011	-0.28	0.0608
膵	Pancreas	C25	-0.72	<0.0001	-0.70	<0.0001
気管、気管支及び肺	Lung	C33-C34	0.05	0.7430	0.15	0.3265
乳房	Breast	C50	-	-	-0.19	0.2018
子宮	Uterus	C53-C55	-	-	0.40	0.0049
卵巣	Ovary	C56	-	-	-0.54	0.0001
前立腺	Prostate	C61	-0.18	0.2215	-	-
膀胱の悪性新生物	Bladder	C67	-0.32	0.0283	-0.13	0.3840
悪性リンパ腫	Lymphoma	C81-C85	0.10	0.5147	0.12	0.4341
白血病	Leukemia	C91-C95	0.56	<0.0001	0.53	0.0001
大腸	Large intestine	C18-C20	-0.25	0.0889	-0.34	0.0195

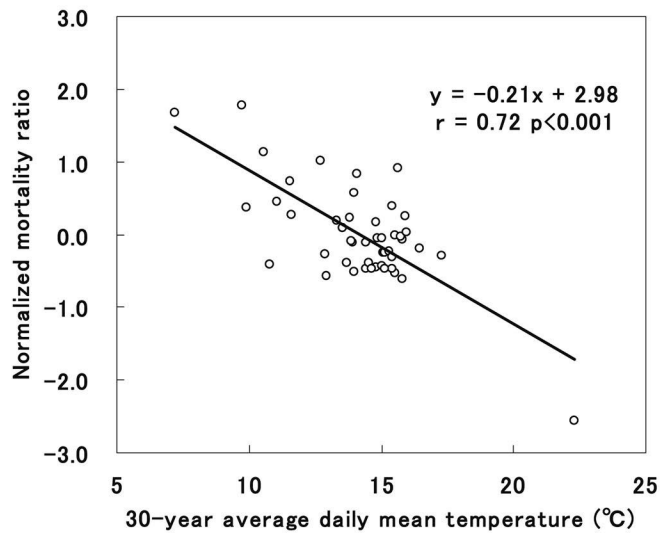


図3 日平均気温の都道府県別平均値と、すい臓がんの年齢調整死亡率の都道府県平均値との関係（男性）

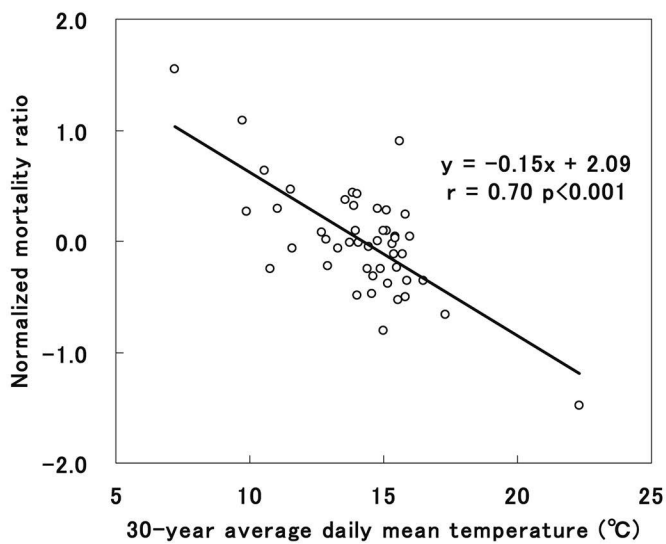


図4 日平均気温の都道府県別平均値と、すい臓がんの年齢調整死亡率の都道府県平均値との関係（女性）

的強い相関が見られた。この原因は明らかではないが、食道、胃、腸、あるいはすい臓、胆嚢のように隣接する部位器官同士で地域相関の傾向が類似していることは、これらの発生部位におけるがんの発生機序との間に何らかの関係を持っている可能性があるのかも知れない。

一方、日射量や気温などの気候要素のがんの発生に対する関与は、主としてビタミンDの生成ががんの発生を抑制するという考えに基づいているが、ビタミンDが生体内においてどのような機構でがんの発生を抑制しているかなど、その生理作用については不明な点も多い。また、Mizoue も気温、日射量とすい臓がん死亡率との強い相関を指摘しながらも、ビタミンDの食事摂取量と死亡率との間に直接的な関係を見いだすことができないことを述べている²⁾。本研究においても日射量や平均気温と、消化器系器官におけるがんによる死亡率との間には地域相関が見られるものの、それがビタミンDの影響であるかどうかは地域相関のみからでは明らかにはできない。また、生態学的手法による研究は、交絡因子の影響を受けやすく、生態学的誤謬や、擬似相関の可能性を考えなければならない。例えば、日本においては食塩摂取量やエネルギー摂取量などが寒冷な地域ほど大となる傾向にある¹²⁾。さらに体格や喫煙率などにも地域差があり、こうした要因の影響の可能性も考慮しなければならない^{13) 14)}。

しかし、一般的に、日射量や気温など単独の気候要素とがんによる死亡率との地域相関が強く現れるような現象は希であるとも考えられる。例えば、喫煙は多くのがんの重要なリスクファクターの1つと考えられているが、都道府県別の喫煙率と肺がんの年齢調整死亡率との地域相関を調べても弱い相関しか現れない^{7) 14)}。また、胃がんと食塩摂取量との間にはいくつかの研究で因果関係が見出されているようであるが、本研究で見られたような強い地域相関は得られていない^{12) 15)}。これらの関係が地域相関として現れるためには、他のリスクファクターの地理的な偏在が無いなどといった一定の条件が必要であると考えられる。

また、今回取り上げた日射量や平均気温などの気候値は、屋外における気候値であり、実際の生活環境における日射の暴露量や、住居内の気温ではない。木下らは死亡率との比較を行う気候値として、平均気温ではなく最高気温を使用しているが、最高気温の方が実際の生活環境の気温を正確に反映しているためであると考えられる^{3) 4)}。また、このことは、寒冷（冬の気温）か暑熱（夏の気温）かで発がんに対する意味が異なることを示しているのかも知れない。本研究においても最高気温や暖候期の気候値などを使用すれば地域相関がさらに強い値を示す可能性がある。

疫学研究における生態学的手法は、従来、仮説を検討するための初期段階であると考えられてきたが、メッシュデータやGIS（地理情報システム）を使用しての分析など、情報処理技術が発展するにつれ分析精度が向上し、集団単位的事象を扱う場合には非常に有効な手法となりうるということが認識されつつある。今後もこの手法のみならず、様々な視点から詳細な研究が行われる必要があると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、研究の機会を与えてくださいました下関短期大学および、有用な助言をくださいました下関短期大学栄養健康学科の諸先生方、及び査読をして下さいました先生方に深く感謝いたします。

文献

- 1) Grant WB. : An estimate of premature cancer mortality in the U.S. due to inadequate doses of solar ultraviolet-B radiation, *Cancer*, 94, pp. 1867-1875, 2002.
- 2) Mizoue T. : Ecological study of solar radiation and cancer mortality in Japan, *Health Phys*, 87, pp. 532-538, 2004.
- 3) Kinoshita S., Wagatsuma Y., Okada M., : Geographical distribution for malignant neoplasm of the pancreas in relation to selected climatic factors in Japan, *Int. J. Health Geogr.*, 6 (34), pp. 1-10, 2007.
- 4) 木下節子：日本における悪性新生物の地理分布と日射量、気温に関する生態学的研究, 実践女子短期大学紀要, 29, pp. 247-257, 2008.
- 5) 北島晴美・太田節子：都道府県別平均寿命の分布の変遷と気候の影響, 信州大学山地下水環境教育研究センター研究報告, 3, pp. 53-75, 2004.
- 6) 椎野純一：メッシュ気候値 2000 解説, 気象庁, 東京, 2002.
- 7) 国立がんセンターがん対策情報センター：部位別 75 歳未満年齢調整死亡率 (1995 年～2007 年), 2009. <http://ganjoho.ncc.go.jp/professional/statistics/statistics.html>
- 8) 気象庁：過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (2009 年 10 月 30 日)
- 9) 総務省統計局：地域メッシュ統計の概要, 2005.
- 10) 総務省：平成 17 年度国勢調査, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/index.htm>, (2009 年 10 月 30 日)
- 11) 国立天文台：理科年表 平成 21 年, 丸善株式会社, 東京, pp. 198-203, 2009.
- 12) 田中平三・中村美詠子・吉池信男：国民栄養調査データを活用した都道府県別栄養関連指標の検討 (平成 14 年度 厚生科学研究費補助金健康科学総合研究事業『『健康日本 21』における栄養・食生活プログラムの評価手法に関する研究』), 2002. <http://www.nih.go.jp/eiken/yousan/eiyochosa/index.html>
- 13) Kouchi M. : Geographic Variation in Modern Japanese Somatometric Data and Its Interpretation, The University Museum, the University of Tokyo, 22, 1983.
- 14) 厚生労働省：平成 18 年度地域保健・老人保健事業報告の概況, 2008. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/c-hoken/06/index.html>
- 15) World cancer Fund in association with American Institute for Cancer Research : Food, nutrition and the prevention of cancer : a global perspective, American Institute for Cancer Research, Washington DC, 1997.

要旨

メッシュ気候値および人口メッシュデータを利用して都道府県ごとに求めた日射量、日平均

気温の平年値と、同じく都道府県ごとに求めた、男女別、発生部位別のがん年齢調整死亡率の平均値との関係を調べた結果、消化器系の器官で負の有意な相関が認められた。すなわち、日射量や気温の増大に対して、がんによる死亡は抑制される傾向にあった。これら日射量、気温と死亡率との地域相関の原因については、ビタミンDの生成が関与している可能性が示唆されているが、地域相関のみからはこれを明らかにすることはできないと考えられた。一方、平均気温とすい臓がんによる死亡率の間には男性で $r = -0.72$ 、女性で $r = -0.70$ の比較的強い地域相関が見られた。ある種のがんの死亡率が、気温のような単独の気候因子との間で地域相関としての関係が強くなることは希であるとも考えられ、気温がすい臓がんの発生に何らかの形で関係している可能性が考えられた。このようにメッシュ気候値などの空間情報を用いた分析は非常に有効な手法となる可能性がある。