

2020年度 統計データ分析コンペティション

優秀賞 [高校生の部]

気温と脳卒中の発症リスクについて

山野瑞起・岩見拓海・黒子風大・柏木創太
(兵庫県立姫路西高等学校)

論文の概要

三大疾病の1つである脳卒中が冬に多くなることに着目し、気温や室温との因果関係について仮説を立てて偏相関分析を行い、ヒートショックのリスクを低くする床暖房の普及率の影響を除くことで、気温と脳卒中の相関関係がより強くなることを示している。

論文審査会コメント

回帰分析と相関係数で多面的に検証して興味深い結果が得られており、今後、政令指定都市以外に対象を広げた結果も期待したい。

気温と脳卒中の発症リスクについて

山野瑞起・岩見拓海・黒子風大・柏木創太
兵庫県立姫路西高等学校

1. 研究の目的・背景

日本の年間の死亡者のうち約半数の死因が三大疾病と呼ばれる3つの生活習慣病であるのをご存知だろうか。三大疾病とは、がん、心疾患、脳卒中のことであり、それぞれが全体の死亡数に占める割合は図1の通りである。中でも脳卒中は発症後に障害が残ることが多く、とても危険である。図1より日本人の10人に1人は脳卒中で亡くなっていることが分かる。これを予防することができれば、人々の健康維持に大きく貢献できるのではないかと考えた。

そこで、脳卒中は冬に多いというイメージから脳卒中は環境的要因によって起こりうるのではないかと考え、詳しく調べてみたところ、ヒートショック（短時間の急激な温度変化による血圧の急激な上昇や下降）や脱水症状といった環境的要因が脳卒中を引き起こすことがあり⁽¹⁾、脳卒中の発生リスクは気温や気候と関係があるとする先行研究もあった⁽²⁾。

また、実際に2019年の脳卒中死亡者数を月別でグラフにしてみると（図2）、脳卒中による死亡者数は冬に多くなるということが分かった。これらのことから、私たちは気温と脳卒中の発症リスクには因果関係があるのではないかと考えた。

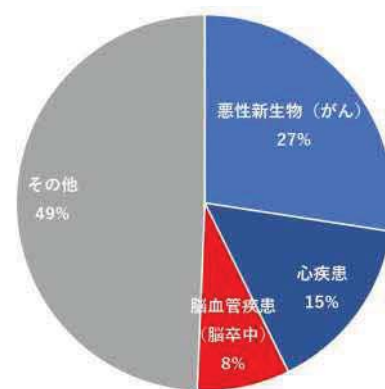


図1. 2018年の日本人の死因割合
（2018年人口動態調査より）

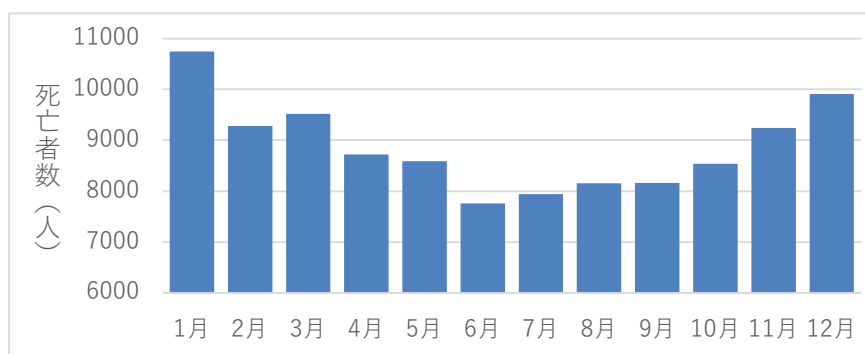


図2. 2019年の月別脳卒中死亡者数

2. 研究の方法と手順

この研究では、気温と脳卒中の発症リスクの間に因果関係があるかを調べることを目的とする。まず気温と脳卒中の発症リスクには相関があるのを確かめてから、どのような気温の条件で脳卒中の発症リスクが高まるのかさらに仮説を立て、データ分析で検証する。このとき、脳卒中の発症リスクのデータには均質なものになるように加工を施した脳卒中による死亡数のデータを用いた。

3. データセットの加工

3.1. 使用したデータ・指標

使用したデータとその出典の一覧を表1、作成した指標とその計算方法の一覧を表2に示す。ただし、表2の「年齢調整死亡率」の計算方法については後述する（3.2.参照）。

表1. 使用したデータおよび出典一覧

データ名	年度	出典
総人口（人）、15歳未満人口（人）、15歳以上65歳未満人口（人）、65歳以上人口（人）	2015	SSDSE
脳卒中による総死亡数（人）	2012~2019	人口動態調査（厚生労働省）
日間平均気温（℃）、日間最高・最低気温（℃）	2011~2019	過去の気象データ（気象庁）
2人以上の世帯における床暖房普及率（％）	2014	全国消費実態調査（総務省）

表2. 作成した指標および計算方法一覧

指標名	計算方法
脳卒中死亡率（10万人対）	後述
月間平均気温（℃）	日間平均気温を月ごとに平均
月間平均最高・最低気温差（℃）	日最高気温－日最低気温を月ごとに平均した値

3.2. 脳卒中死亡率の計算方法

気温の変動の仕方が異なる地域のデータをとるため、気象庁による気候区分（図3）から表3の9都市をモデル都市として選定してデータを抽出した。このとき、大きな病院の近さによって発症数と死亡者数の差が大きくなるなど、調査対象における医療格差の影響を最小限にするため政令指定都市から選定した。ただし、四国および九州南部には政令指定都市がないため四国は省略、九州南部は代わりに熊本市を選定した。

表3. 選定したモデル都市一覧

気候区分	都市名	気候区分	都市名
北海道	札幌市	近畿	大阪市
東北	仙台市	中国	広島市
関東甲信	さいたま市	九州北部	福岡市
北陸	新潟市	九州南部	熊本市
東海	名古屋市		

図3. 日本の気候区分⁽³⁾

さらに、モデル都市ごとに年齢構成が異なるため、それによって死亡率にも影響が出ることを考慮して人口を15歳未満、15歳以上64歳未満、65歳以上の3階級に分け、厚生労働省が示す下記の計算式で死亡率の年齢調整を行った⁽⁴⁾。

$$\text{年齢調整死亡率} = \frac{(\text{階級別祖死亡率} \times \text{当該階級の基準人口}) \text{の各階級の総和}}{\text{基準人口の総数}}$$

なお、祖死亡率は死亡数を総人口で除したものであり、基準人口は厚生労働省にならって昭和60年モデル人口を採用した。このモデル人口は昭和60年国勢調査をもとにベビーブームなどの極端な人口増減を補正したものである⁽⁴⁾。

なお本論文では、求めた年齢調整死亡率にさらに10万をかけた10万人あたりの脳卒中による年齢調整死亡率を単に脳卒中死亡率と呼称する。

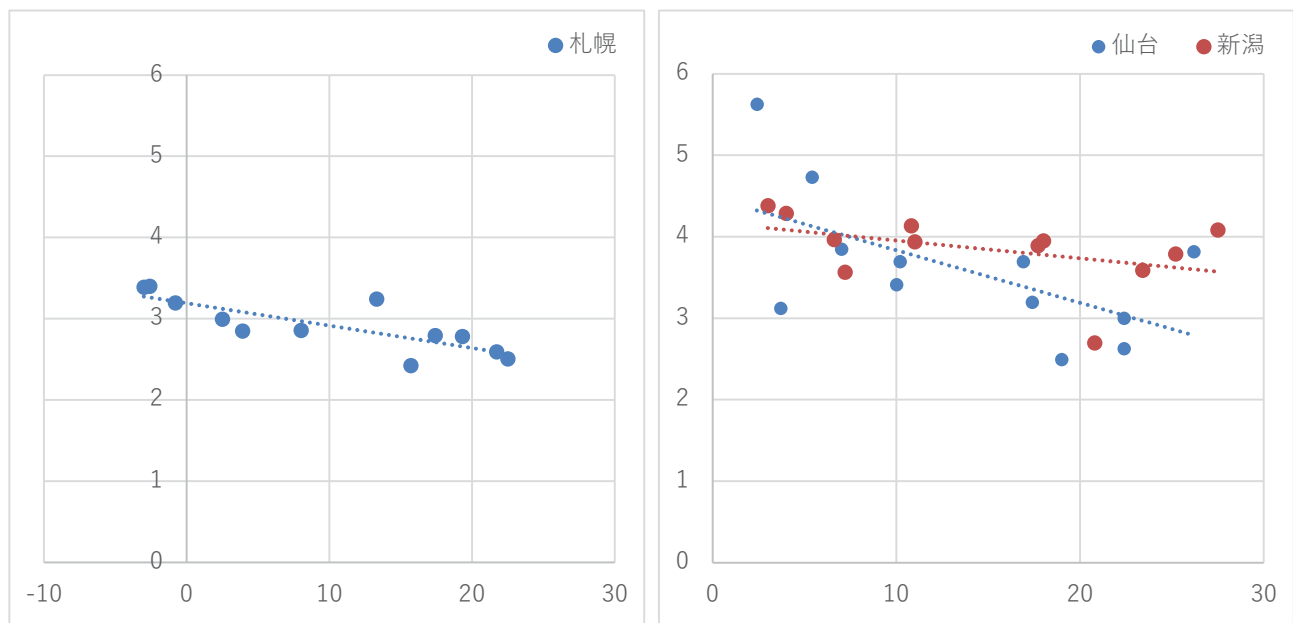
4. データ分析の結果

4.1. 気温と脳卒中の発症リスク

仮説1-1: 月間平均気温が低いほど、脳卒中死亡率は高くなる

脳卒中発症の環境的要因としてヒートショックや脱水症状が挙げられるが、このうちヒートショックに着目した。外気温が下がると外気温と室温との差が大きくなるのでヒートショックが起きやすくなり、脳卒中の発症リスクが高まるのではないかと考え、月間平均気温と脳卒中死亡率には負の相関があると予想した。データには2019年1月～12月のモデル都市ごとの月間平均気温と脳卒中死亡率を用いた。

① 北日本地域の都市



② 北日本以外の地域の都市

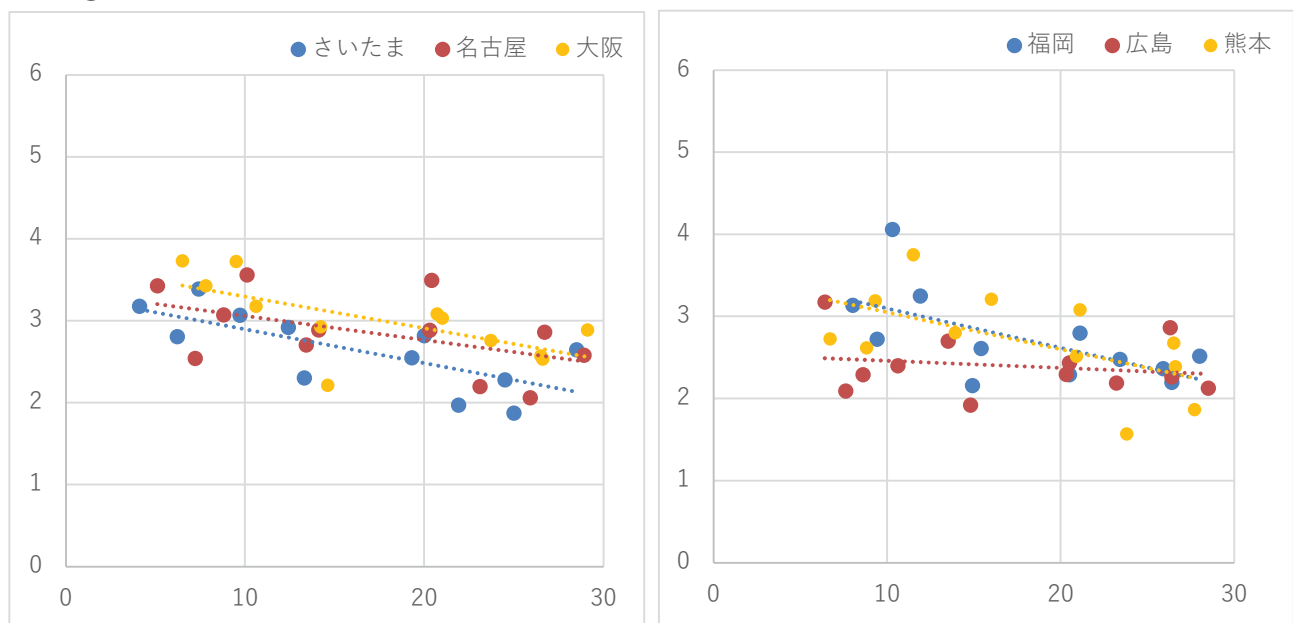


図4. 月間平均気温と脳卒中死亡率
縦軸: 年齢調整死亡率（10万人対） 横軸: 月別平均気温（°C）

各モデル都市で相関係数を求めると、いずれの都市でも負の相関を示した（図4、表4）。

図4の①と②を比較すると、平均気温が低い北日本地域の都市では札幌市を除き脳卒中死亡率が高くなっており、モデル都市間の比較から、札幌市以外は月間平均気温が低いほど脳卒中死亡率は高くなるという仮説を支持する結果が得られた。

なぜ札幌市はその他の北日本地域の都市に比べて脳卒中死亡率が低かったのかについて、札幌市のように常に低い気温が続く昼夜の気温の差が小さい都市では体が気温に慣れるため脳卒中死亡率が低くなるのではないかと考察した。

表4. 各モデル都市の相関係数

モデル都市	相関係数
札幌市	-0.80
仙台市	-0.60
新潟市	-0.43
さいたま市	-0.72
大阪市	-0.66
広島市	-0.19
福岡市	-0.63
熊本市	-0.58

仮説1-2: 月間平均の最高・最低気温差が大きいほど脳卒中死亡率は高くなる

仮説1-1を踏まえ、札幌市と仙台市の傾向の違いの原因として、1日の最高気温と最低気温の差が大きいということがあってはないかと考えた。よって、月間平均最高・最低気温差と脳卒中死亡率には正の相関があると予想した。

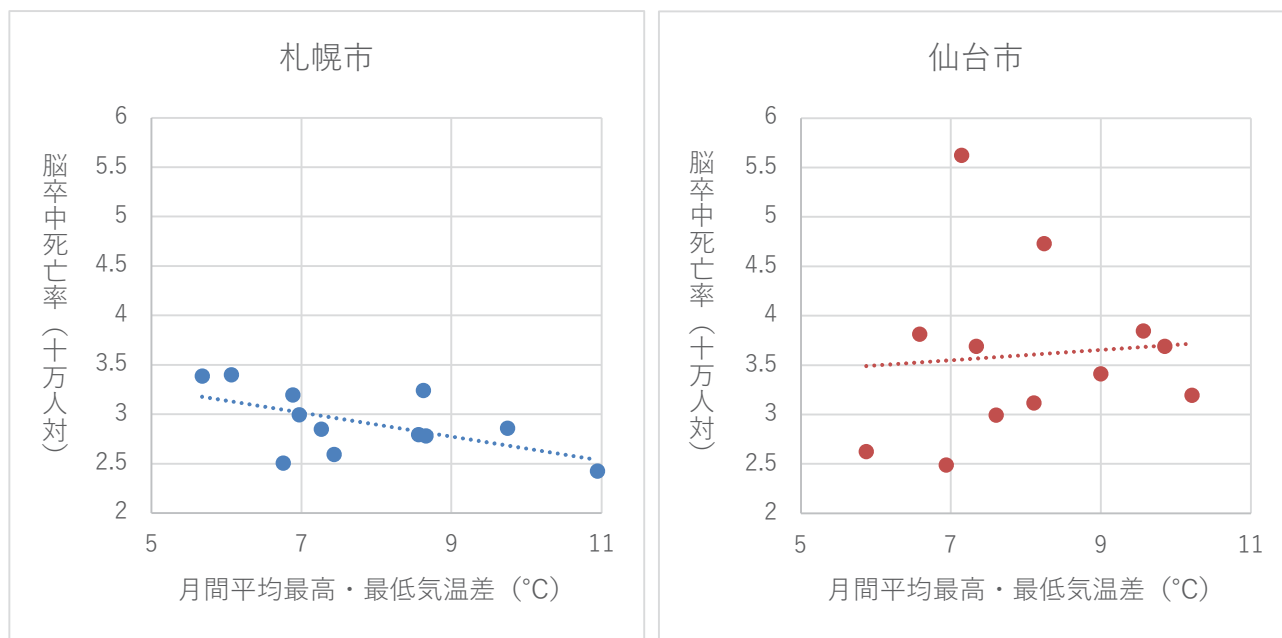


図5. 月間平均最高・最低気温差と脳卒中死亡率

結果として、札幌市は負の相関を示し、仙台市はほとんど相関がなかった（図5）。したがって、1日の気温差は脳卒中の発症リスクに影響がないことが分かった。

4.2. 気温と脳卒中の発症リスクの年単位比較

仮説2-1: 月間平均気温が低い年は脳卒中死亡率が高くなる

仮説1-2から1日の気温差は脳卒中死亡率に影響を与えないことが分かった。そこで、月の比較から年の比較に考えを進め、平年よりも気温が低い年は年齢調整死亡率が高くなるのではないかと考えた。今回は特に1月に絞って2012年から2019年までの各都市の月間平均気温のデータを抽出して用い、1月の各都市の月間平均気温と年齢調整死亡率には負の相関があると予想した。なお、モデル都市のうち仮説1-1で似た傾向を示したものから1都市ずつ、札幌市、仙台市、さいたま市、福岡市を選んで調べた。すると、どの都市でも回帰直線は横軸と平行に近くなり相関は見られなかった（図6）。

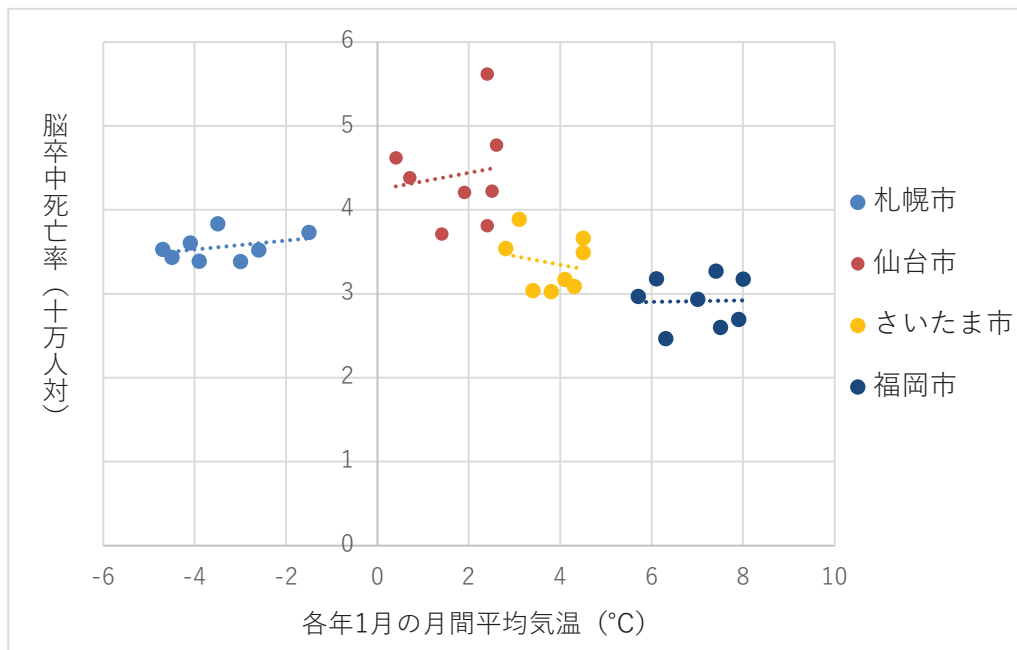


図6. 各年1月の月間平均気温と脳卒中死亡率

仮説2-2: 前年に比べて気温が低い年は脳卒中死亡率が高くなる

仮説2-1から絶対的に見て気温が低い年に脳卒中の発症リスクが高くなるわけではないということがわかったので、前年と比べて相対的に気温が低いときに脳卒中の発症リスクが高くなるのではないかと考え、仮説2-1と同様に1月のデータを用い、前年1月との月間平均気温の差（前年1月の月間平均気温－その年の1月の月間平均気温）と脳卒中死亡率には負の相関があると予想した。

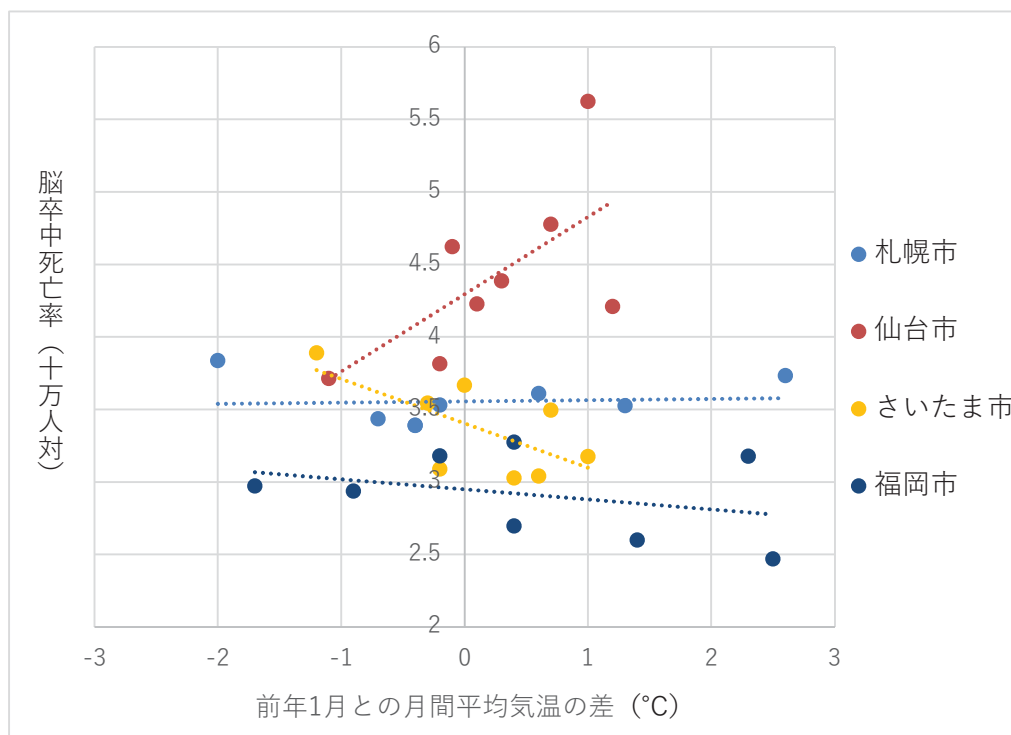


図7. 前年1月との月間平均気温の差と脳卒中死亡率

結果の散布図を図7に示す。さいたま市や福岡市は前年より気温が低いほど、脳卒中死亡率が上がっていた。対して仙台市は、下がっており、札幌市はほとんど変化が無かった。都市によって結果にばらつきがあるため、一概に前年より気温が低ければ脳卒中の発症リスクが高まるとは言い難い。

4.3. 暖房の使用と脳卒中の発症リスク

仮説3-1: 床暖房普及率が高い都市ほど脳卒中死亡率は低い

これまでは外気温の変化によって脳卒中の発症リスクに影響が出るのではないかという推測に基づいて検証を行ってきたが、ヒートショックの発生には室温も影響することから暖房の普及率を考慮して分析を行った。暖房が完備された住宅では部屋ごとの室温差が小さいのでヒートショックが起これにくいのではないかと考え、床暖房普及率と脳卒中死亡率には負の相関があると予想した。仮説1-1の分析から外気温は年齢調整死亡率に影響がすることがわかっていたのでその影響を除き、2019年1月の各都市のデータを用いて偏相関分析を行ったところ、偏相関係数は -0.25 となり、弱い負の相関を示した（図8）。

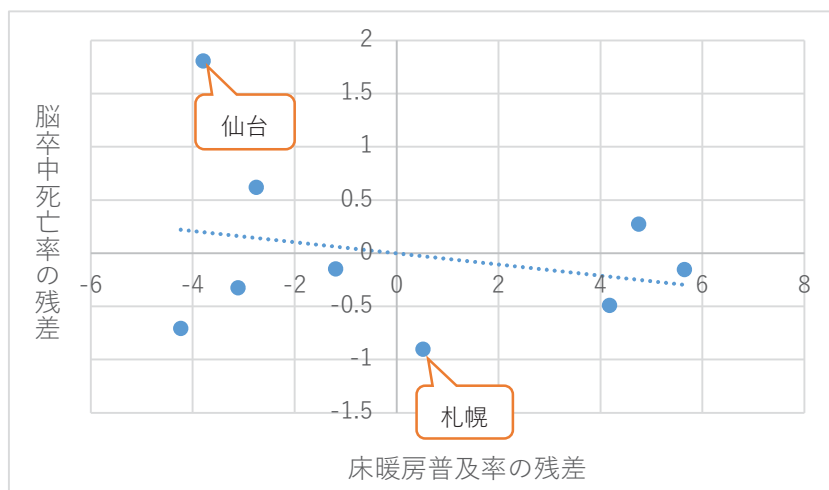


図8. 床暖房普及率と1月の脳卒中死亡率

よって床暖房普及率が高い都市ほど脳卒中死亡率が低いということになる。図8中に札幌市と仙台市のプロットを示した。札幌市の方が仙台市に比べて床暖房普及率が高いことが見て取れる。このことは、札幌市の脳卒中死亡率が同じ北日本地域の都市である仙台市よりも大幅に低いことを説明する1つの要因であると言えるだろう。

仮説3-2: 床暖房普及率の影響を除くと気温と脳卒中死亡率の相関は弱まる

仮説3-1で床暖房普及率と脳卒中死亡率には負の相関があることがわかった。また、月間平均気温と床暖房普及率との相関関係を調べたときに相関係数は -0.43 となり、負の相関であった。そこで、床暖房普及率の影響を除いたときに月間平均気温と脳卒中死亡率との相関が弱まるのではないかと考え、床暖房普及率を第3変数として偏相関分析を行った（図9）。なお、ここでも2019年1月の各都市のデータを用いている。

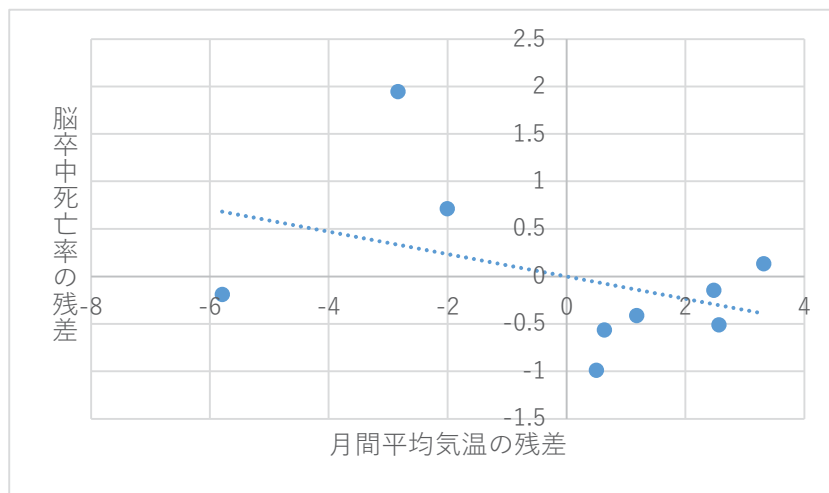


図9. 床暖房普及率の影響を除いた1月の月間平均気温と脳卒中死亡率

床暖房普及率の影響を除く前の月間平均気温と脳卒中死亡率の相関係数が -0.33 であったのに対して床暖房普及率の影響を除いた後の偏相関係数は -0.40 とより強い相関を示し、仮説に反する結果となった。よって暖房という室内の要因の影響を除いても、外気温と脳卒中死亡率には相関があることが確かめられた。

5. 分析結果の解釈

今回の分析から、気温および室温が脳卒中の発症リスクに大きく関わっていることがわかった。

仮説1-1より、気温の低い月ほど脳卒中の発症リスクが高くなることが確認できた。また、気温の低い地域ほど脳卒中死亡率は高くなる傾向があることもわかった。これらは概ね予想通りだったが、札幌市においては予想を大きく裏切り、さほど死亡率が高くならなかった。この原因として1日の気温差を考えたが、仮説1-2から札幌市と他の北日本地域の都市との死亡率の高さの違いは気温差によるものではないということがわかった。

仮説2-1、2-2ではこの違いの原因は年単位の気温の変化によるものであり、一時的なものではないかと考えを進めた。しかし仮説2-1からは異なる年の同月の気温と死亡率には相関がないこと、仮説2-2からは前年の同月と比較して気温が低くても死亡率が高くないことがわかり、年単位の気温の変化も原因ではないということがわかった。そこで、この差には室温や防寒対策の程度など外気温以外の要素が影響しているのではないかと考えた。

仮説3-1、3-2では外気温以外の要素として、暖房器具の普及率（ここでは床暖房）を取り上げた。仮説3-1から普及率が高いほど脳卒中死亡率は低かった。これは予想通りヒートショックが起こりにくいためと考えられ、札幌市の死亡率が抑えられていた理由も、他の北日本地域の都市と比べ暖房の設置数が多くヒートショックなどのリスクが低くなっていたため、と説明がつく。しかし仮説3-2より、暖房器具の普及率の影響を除いても気温と脳卒中の発症リスクには相関関係があることが認められた。したがって気温の差や暖房器具の普及率以外に気温が低くなると脳卒中の発症リスクが高まる原因があると言えるだろう。

今回の研究での課題としては、気温と脳卒中の関係を調べる、としていながら地域で分けたことにより受ける影響（塩分の多い食生活や住環境など）があまり考慮されていなかったことや、因果関係まで解明することはできなかったことなどが挙げられる。さらに、脳卒中の起きるメカニズムなど医学的アプローチができればさらに研究が進められるのではないかと考える。

最後に、この研究は直接脳卒中の予防に応用できる訳ではないが、今回得られた傾向はその全容を理解する第一の足掛かりとなり得ると考えている。いつの日か、日本から脳卒中が無くなることを切に願う。

6. 参考文献

- (1)栗田智久: “冬は脳卒中リスクが増大! 気づきにくい2つの原因を医師が解説”、マイナビニュース (2016年)、<https://news.mynavi.jp/article/20160122-brain/> (2020年8月4日閲覧)
- (2)大橋 唯太: “急性循環器疾患の発症リスクと気象・気候変化との関係性について”、https://www.jstage.jst.go.jp/article/ceispapers/ceis33/0/ceis33_301/_pdf/-char/ja (2020年8月6日閲覧)
- (3)気象庁: “平年の日本の気候”、https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kisetsu_riyou/tenkou/Average_Climate_Japan.html (2020年8月5日閲覧)
- (4)平成27年都道府県別年齢調整死亡率の概況 (厚生労働省)、<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/other/15sibou/dl/16.pdf> (2020年8月4日閲覧)