

日平均気温グラフの主成分分析による 季節進行指標の導出の試みと近畿・北海道地方への応用

草 薙 浩*

1. はじめに

日本の地理教科書では、気候特性の学習に関する記述で、大陸性と海洋性の程度を表すのに隔海度という気候因子が用いられている。隔海度とは海からの隔たりの度合いを表すが、地理教科書では定量的な指標で表されることはない。

隔海度に関連して、大陸性・海洋性気候の程度を数値化して表すため、大陸度 (Continentality) や海洋度 (Oceanity) という指標が古くから多数提案されている。これらの指標は、大陸と海洋での季節進行の違いに根拠を置いていられる。

Gorczynski (1922) は気温の年較差を用いて大陸度を定義している。著者は、気温の年変化について、気温グラフの位相のずれの違いを、高い感度で検出する手法として主成分分析法が適していることに着目し、大陸度の年較差とは異なる位相を用いて季節進行を定量的に評価できる指標を導出できるのではないかと考えた (草薙 2013a, b)。

本報告は、気温グラフの主成分分析によって得られる季節進行の定量化指標を提案し、この指標に基づいて日本の気候に対する隔海度の適用可能性を検証することを目的としている。

2. 季節進行指標の導出

2.1 主成分分析

季節進行指標を導出するために用いた日平均気温データ (1981-2010年) は、気象庁のウェブサイトから入手した。観測地点は、近畿地方 (三重県と福井県の嶺南地方を含む72地点) と北海道地方 (139地点)、

および、東京の合計212地点である。

季節進行指標を導出するための主成分分析は、変数を日平均気温 (変数の数: $p=365$)、対象サンプルを気象庁の観測地点 (サンプル数: $n=212$) にして、共分散法により共分散行列 (212×212 要素) を解いて固有値と固有ベクトルを計算し、これらから第1主成分負荷量と第2主成分負荷量を算出した。第1成分は主に年変化の振幅を与え、第2成分は年変化の位相に関係すると見なせる。そこで、第1主成分負荷量 (寄与率99.5%) を横軸に、第2主成分負荷量 (寄与率0.3%) を縦軸にした散布図によって2次元負荷量マップを描いた。

2.2 季節進行指標の導出

季節進行指標を導出する過程について説明する。マップ上で回転角 θ (度) を測ると、季節進行指標 (SAI (日)) は、(1)式で算出できる。

$$SAI = \theta \times 1.014 \quad (1)$$

但し、1.014 ($=365$ (日) / 360 (度)) である。

季節進行指標 (単位: 日) の基準点は主成分分析からは決まらないので、東京の SAI を 0 (日) とした。

3. 季節進行指標の気候特性評価への応用

季節進行指標の有効性を調べるため、日本の地域区分の中で比較的面積が小さく温暖な気候の近畿地方 (面積約27000 km²) と面積最大で寒冷な北海道地方 (面積約83000 km²) の気候特性の評価を試みた。

3.1 近畿地方と北海道地方の負荷量マップ

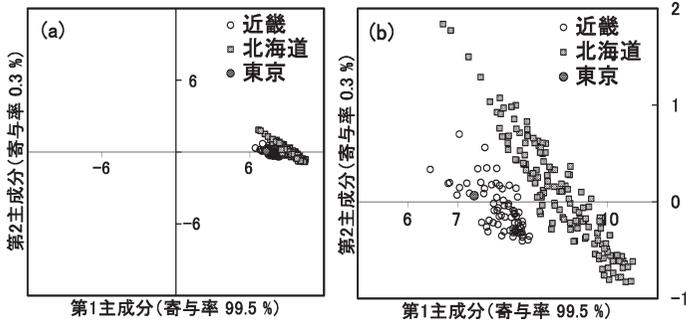
近畿地方と北海道地方の日平均気温グラフを主成分分析して得た2次元負荷量マップを第1図に示す。

第1図 a では東京を含めた212個の点が x 軸上の +8 から +10 付近に塊状に、かつ、半径方向にも分布

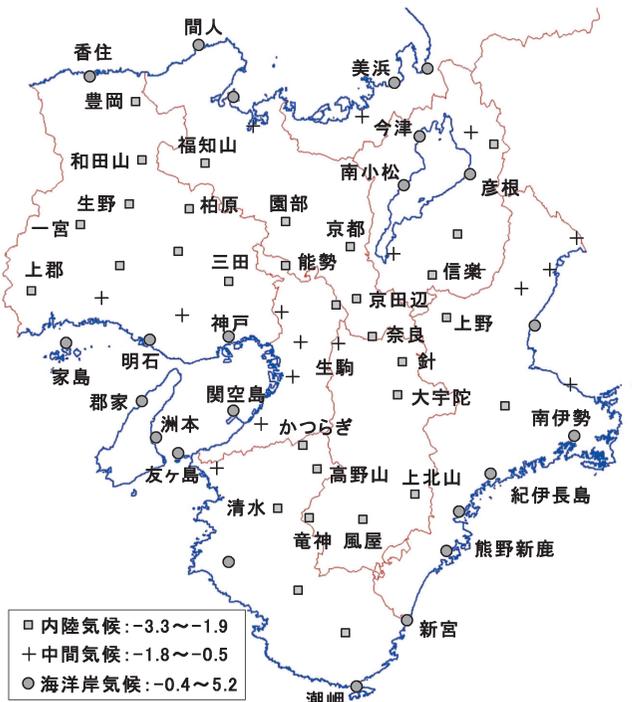
* Hiroshi KUSANAGI, 京都ウェザー研究会。

wrqgw841@yahoo.co.jp

© 2014 日本気象学会



第1図 近畿と北海道の主成分負荷量の2次元マップ。(a) 共分散法によるマップ, (b) (a)の拡大図。



第2図 季節進行指標による近畿地方の3群化を示す地図。内陸気候群は近畿の内陸部に分散して分布し、海洋岸気候群は沿岸部に分布している。

している。回転角 θ を測定すると、2つの観測地点の季節進行指標の差を(1)式を使って計算することができる。

近畿地方と比べて北海道地方では夏季と冬季の寒暖の差(気温年較差)が大きい。それゆえ、年較差の地点間の差の大きさの違いを反映して、両地方のデータ点は分離して分布していることが第1図bの拡大図

からわかる。

3.2 近畿地方のSAIの分布

季節進行指標を用いると、内陸気候と海洋岸気候を区別することができるのではないかと考えて、近畿地方72観測地点の季節進行指標を、仮に、内陸気候群はSAI: $-3.3 \sim -1.9$ 日(31地点)、中間気候群はSAI: $-1.8 \sim -0.5$ 日(17地点)、海洋岸気候群はSAI: -0.4 日 ~ 5.2 日(24地点)の3群に分けて第2図の地図に印付けして示してみた。すると、内陸気候群(□)は、近畿地方の内陸部に、また、海洋岸気候群(○)は近畿地方を取り囲む海洋の沿岸部にあることがわかった。それゆえ、季節進行指標によって、内陸気候と海洋岸気候を仕分けすることができるとともに、SAI値のマイナスが大きくなるほど内陸気候が強くなり、プラスが大きくなるほど海洋岸気候が強くなると判定することができるのではないかと考えた。この視点に立つて、以下の考察を行った。

季節進行指標から見た近畿地方の気候の特徴の1つは、海洋岸気候群(○)の地域に見られる。近畿地方は、日本海・瀬戸内海・大阪湾・太平洋の大きさの異なる4つの海に囲まれていて、海洋岸気候群の多くは、この4つの海の沿岸に分布している。さらに、大阪湾に匹敵する面積をもつ琵琶湖に面した南小松、今津、彦根にも海洋岸気候群が分布している。

一方、近畿地方の内陸では、紀伊山地を除いて1000 mを越す山が少なく比較的平坦なため、内陸気候が極端に強い観測地点はない。したがって、近畿地方の内陸気候群(□)のSAIの最小のもの

は和田山(SAI: -3.3 日)で、3.3節で述べる北海道地方の旭川(-5.1 日)と比べて大きくはない。内陸気候の強さが1位の和田山は兵庫県北部の山間地の小さな盆地にあるので日本海と瀬戸内海の影響を受け難いことが想像される。2位の三田(-3.2 日)は、兵庫県南部の瀬戸内海から23 km北の三田盆地に位置する。3位の大宇陀(-3.1 日)も奈良県北部にある狭

い盆地の地形にある観測地点であった。4位の清水(-3.1日)は和歌山県北部の山間地にあるなど、上位10位(〜-2.8日)までは、兵庫、奈良、和歌山、京都の4府県に分散して存在していることが第2図からわかる。

隔海度とは海からの距離を示す概念である。内陸国のモンゴルの首都ウランバートルは最も近い海の渤海湾から1300 km以上離れている。一方、近畿地方で海から最も遠く離れている柏原でも宮津湾から45 kmしか離れていない。したがって、日本においては、海からの距離よりも盆地など地形の局所的な構造が季節進行指標に反映されると考えられる。つぎの、北海道地方の内陸でも盆地との関係に注目して調べる。

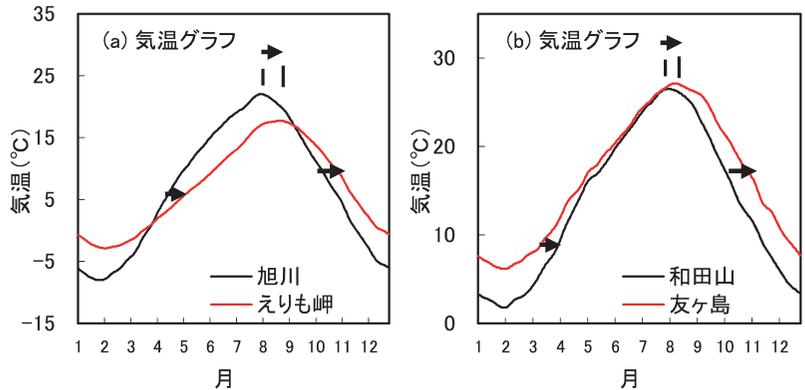
3.3 北海道地方のSAIの分布

北海道地方139観測地点について計算した季節進行指標についても、仮に、内陸気候群はSAI: -5.1~-3.1日以下(27地点)、中間気候群はSAI: -3.0~0.3日(51地点)、海洋岸気候群はSAI: 0.4~14.9日(61地点)の3群に分けて第3図の地図に示す。

北海道地方の海洋岸気候群(○)は、日本海、オホーツク海、太平洋、津軽海峡など北海道を囲む海の沿岸に分布していることがわかる。海洋岸気候群の中で、海洋気候性の強さ1位のえりも岬(SAI: 14.9日)や2位の納沙布岬(14.0日)は、太平洋に突き出た半島の岬の突端にあり三方を海に囲まれており、岬



第3図 季節進行指標による北海道地方の3群化を示す地図。内陸気候群の上位12位までが北海道の中央部に集中して分布し、海洋岸気候群は沿岸部のほぼ全域に分布している。



第4図 北海道と近畿地方の季節進行指標の最大と最小観測地点の重ね気温グラフ。

以外の沿岸部最大の知方学(9.3日)より4日以上も大きなSAIの値になっている。根室(11.2日)も含めて、季節進行指標の値は、これら4つの観測地点の地理的地形的な環境を反映していると考えられる。一方、内陸気候群(□)は、北海道の中央内陸部に多くあることが第3図を見るとわかる。さらに、SAIの値を調べてみると、内陸気候性の強さの上位12位まで

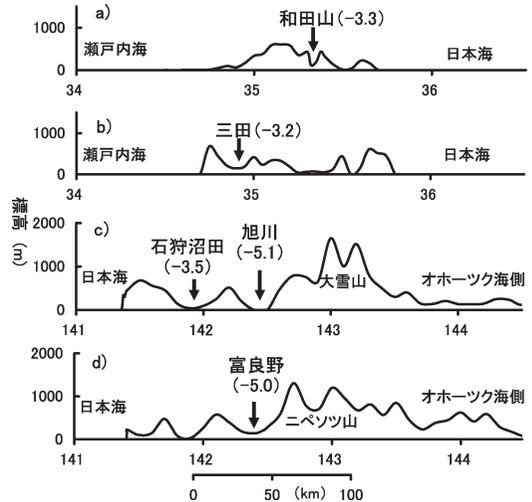
は、全て上川地方に集中している。北海道の中央部には上川地方を中心に、脊梁を形成する東の石狩山地・北見山地と、西の夕張山地・天塩山地の南北方向に二列に並ぶ山地群に挟まれた名寄・上川・富良野盆地があり、上位12位までの観測地点はこれらの盆地に集中している。

北海道地方の内陸気候群の最大は旭川（-5.1日）、海洋岸気候群の最大はえりも岬（14.9日）で、その差は20.0日あり、近畿地方の和田山と友ヶ島の差（8.5日）と比較して1.7倍以上である。この季節進行指標の大きな差が気候特性に現れ、えりも岬の暑さピークや秋の訪れが旭川より20日近く遅くなる。この20日の差を、旭川とえりも岬の季節進行指標を導出する元の気温グラフ（第4図）に戻って考察する。

第4図aの重ねグラフを見ると、季節が3月に入ってから日照時間が長くなると、えりも岬より旭川は日射によって日毎の気温上昇速度が大きいため、春が早く訪れることが2つの気温グラフの勾配や位相のずれから読み取れる。夏の暑さピークのずれや秋の訪れの早いことも読み取れる。第4図bの近畿地方の和田山と友ヶ島の重ねグラフと比べて、旭川とえりも岬のグラフの位相のずれの大きさがより明瞭になっている。

内陸気候が強くなる地形と盆地の関係は、標高断面図（第5図）で見るとよくわかる。近畿地方1位の和田山は瀬戸内海から63 km、日本海から37 kmの内陸にあることが、第5図aに示す南北方向の断面図でわかる。和田山（観測地点）は、盆地というより狭くて深い谷の谷底にあることがこの標高断面図で明らかである。第5図bに示す、2位の三田は日本海から71 km 離れているが瀬戸内海からは23 km 程度なので距離的には瀬戸内海の影響を受け易いと思われる。しかし、三田の南には瀬戸内海側に極めて急峻な六甲山系があって、瀬戸内海からの海風や気流をこの急峻な六甲山が遮蔽する働きをしていることが推測される。

一方、北海道地方の内陸気候性1位の旭川観測地点（-5.1日）は旭川盆地のほぼ中央にある（第5図c）。日本海から85 km 内陸にあり、東を冬路山（南麓）西を大雪山旭岳（2291 m 山麓）という大きな山塊で海洋から遮断されていることが、この標高断面図からわかる。内陸気候の24位の石狩沼田（-3.5日）でも、近畿地方の1位の和田山（-3.2日）より、かなり強い内陸性を示すことが北海道地方の大きな気候特性である。旭川から48 km 南下した位置にある3位



第5図 近畿・北海道地方の代表的な内陸気候観測地点の標高断面図。観測地名の（ ）は季節進行指標を示す。a) 東経134.85度の南北方向断面、b) 東経135.21度の南北方向断面、c) 北緯43.76度の東西方向断面、d) 北緯43.33度の東西方向断面。

の富良野（-5.0日）も旭川と似た標高断面図（第5図d）であることが北海道中央の雄大な山岳地形を示している。富良野もニベソツ山（2013 m 山麓）など標高が高くスケールの極めて大きな山塊で海から遮蔽された盆地であることが第5図a、bとの比較からわかる。

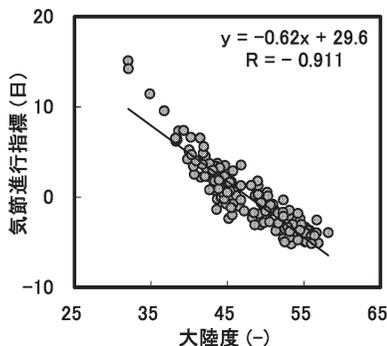
北海道地方についても、季節進行指標が盆地の海の影響の受け難さを測る尺度になり得る可能性を裏づける結果である。日本では、隔海度よりもむしろ局地形効果が気温の年変化の特徴に影響する、言い替えると、隔海度は日本では必ずしも最適な尺度ではないということが示された。それゆえ、季節進行指標は、島国で山がちな日本においては、局所地形の盆地の海の影響の受け難さを測るのに適した指標ではないかと推定した。

5. 大陸度と季節進行指標

Gorczyński (1922) は、大陸性気候の特徴として気温の年較差が大きくなることを用いて、(2)式で表される大陸度 (K) を導出している。

$$K = \frac{1.7}{\sin \phi} (A_y - 12 \sin \phi) \quad (2)$$

但し、 A_y は気温の年較差、 ϕ は緯度である。



第6図 季節進行指標と大陸度の相関関係。

この K の値に対して、本調査ノートと似た気候区分 (0~33:海洋気候, 34~66:大陸気候, 67~100:強い大陸気候) が仕分けられている (Deniz *et al.* 2011)。そこで、大陸性・海洋性気候に関する2つの指標である大陸度と季節進行指標がどの程度一致するかを調べた。

北海道地方139観測値について(2)式を使って計算される大陸度と、季節進行指標の関係を第6図の散布図で示す。縦軸は季節進行指標 SAI なので数値が大きい(上向き)ほど海洋性気候になり、横軸は大陸度 K なので数値が大きい(右向き)ほど内陸気候になるため、データ点が右下がり(逆相関の関係)になって分布している。両指標の間の相関係数は $R = -0.911$ と計算され、大陸度と季節進行指標の間には強い相関があることが示された。これは、本調査ノートで提案した季節進行指標が大陸性・海洋性気候の指標として使えることを示唆している。

6. おわりに

主成分分析法を使って気温の年変化を特徴づける尺度を求め、これを利用して各地点の気候特性を同定する試みを行った。その結果、大陸度とは異なる手法で季節進行を定量的に評価できる可能性のある新たな指標(季節進行指標:SAI)を導出できたのではないかと考えている。今後は、更に多くの観測地点に、この指標を適用してその有効性の検証を行って行く予定である。

謝辞

本調査ノートをまとめるにあたり、編集委員の藤部文昭氏から貴重なコメントとご助言を頂きました。査読者の各氏からも貴重な意見を頂きました。

以上、各位に対して心より御礼申し上げます。

参考文献

- Deniz, A., H. Toros and S. Incecik, 2011: Spatial variations of climate indices in Turkey. *Int. J. Climatol.*, **31**, 394-403.
- Gorczynski, L., 1922: The calculation of the degree of continentality. *Mon. Wea. Rev.*, **50**, 370.
- 草薙 浩, 2013a: 365日気候グラフの主成分分析—日平均気温グラフ(近畿・北海道)の共分散と相関行列法の比較—. 日本気象学会2013年度春季大会予稿集, B106.
- 草薙 浩, 2013b: 日平均気温グラフの主成分分析による季節進行指標の導出と近畿・北海道地方への応用. 日本気象学会関西支部2013年度第3回例会予稿集, 9.