

古記録を用いた気候復元を目的とする天候記録データと観測データの比較

吉田 史織 (指導教員：神山 翼)

1 はじめに

1.1 古記録からの気温の復元

日本で公式の気象観測が開始されたのは1872年であり、系統的に行われた気象観測データが存在しないそれ以前の気候を推定する手段として、古日記に記載された日々の天候記録を活用する方法がある。その方法を用いて過去の夏季の気温変動を復元した先行研究としては Mikami(1996)[1] と平野ら (2013)[5] が挙げられる。Mikami(1996) は東京都八王子市における「石川日記」に記載された7月の降水日数から7月平均気温との間に成り立つ単回帰式にもとづいて、1720年以降の7月の気温変動を復元した。平野ら (2013) は山形県川西町における「竹田源右衛門日記」を用い、7月の晴天日数を説明変数、月平均日最高気温を目的変数として回帰式を作成し、7月の月平均日最高気温を推定した。

1.2 年輪セルロースの酸素同位体比を用いた気象の推定

日本の気候変動を過去数百～数千年間の夏季気候の変動を年単位で解析できる古気候データとして、樹木の年輪セルロースに含まれる酸素同位体比がある。[6] 年輪セルロースの酸素同位体比は樹木が成長する夏季の降水量や相対湿度と負の相関を持ち、気温とも正の相関を持つことが明らかになっている。また、先行研究によって近畿～東海地方の古日記の天候記録を用いて復元された17世紀以降の大阪における梅雨期の降水量の経年変動パターンとも一致していることが示されており、十年単位、百年単位の変動パターンにおいてもこのデータを用いて議論することが可能になっている。

2 データと手法

2.1 使用データ

まず、観測データにおける気温データと天候日数について、気象庁のデータを利用し、東京の1967年から2022年における6月・7月・8月の月平均気温、日最高気温、日最高気温の月平均、天気概況(昼06時～18時)のデータを収集したのち、各日における天候の出現日数を求めた。海面水温のデータとして、ERA5の再解析データを用いた。また、江戸時代の非公式の観測記録として霊憲候簿を利用した。これは渋川景佑が幕府の命で作成した天文観測記録であり、観測は1838年から1854年まで、17年間続けられた。子午線儀・垂揺球儀・象限儀等を用いた天文観測のデータのほか、毎日の天気や気温・気圧も記録されている。古日記の天候記録のデータとして、吉村稔・山梨大学名誉教授による歴史天候データベース (<http://tk2-202-10627.vs.sakura.ne.jp/>)[3] を利用した。これは、様々な文献や史料(古記録、刊本、表から読みとった西暦1661年から1892年にかけての日本各地の天気情報をデータベース化されたものの一部がWeb上に公開されたものである。本研究では、対象地点として八王子市を選択し、1720年から1895年にかけての7月の「いい方の天気」および「悪

い方の天気」をこのデータベースから収集した。

2.2 天候日数の定義

気象庁の観測データにおいては、「晴」「曇」「雨」の文字を含む回数を抽出し、出現天候の種類数で割ることでその天候の出現日数とした。たとえば、「晴のち雨」である日において、晴天日数が1/2日、降水日数が1/2日出現したとする。歴史天候データベースのデータにおいては、出現天候日数を2で割った数をその日における天候と定義した。すなわち、例えば「いい方の天気」が「晴れ」であり「悪い方の天気」が「雨」であった場合、その日の天候は「晴れ」が0.5日、「雨」が0.5日と表す。このデータベースでは、日毎の天候が、①晴れ②薄曇り③曇り④にわか雨⑤雷雨⑥大雷雨⑦小雨⑧雨⑨大雨⑩固体降水=ひょう、あられ等⑪にわか雪⑫小雪⑬雪に分けられ記号で表されている。まず、①を「晴れ」、②③を「曇り」、④⑤⑥⑦⑧⑨を「雨」としてデータを収集した。欠損値は東京、東京の天候も欠損していた場合は横浜の天候で補完した。

3 結果

3.1 夏季における天候日数と気温データとの相関

本研究では、平野ら [5] に倣い、各気温データと天候日数の間にどのような相関が存在するかを調査した。特に、6月・7月・8月の各月におけるデータを用いて、それぞれの相関を求めた。その結果、7月の月平均日最高気温と降水日数が $r=-0.769(p<0.05)$ 最も強い相関を持つことが明らかになった。この結果に基づき、これらの変数を用いて回帰式を作成した。

$$Y_i = (33.299) + (-0.557)x_i \quad (i = 1, 2, \dots, 56) \quad (1)$$

この結果は、平野ら [5] の「7月の月平均日最高気温と晴天日数との相関が最も強い」という結論と異なるものである。平野の研究は、東北地方南部に位置する山形県川西町の天候記録を対象に気候復元を試みたものであり、地点ごとに相関の強い気温データが異なることが示唆される。

3.2 ファジィ線形回帰を使用した線形回帰

ファジィ線形回帰は、線形回帰にファジィ論理を取り入れたモデルであり、誤差や不確実性を考慮した予測を行う。本研究では、小笠原 (1989)[4] の提案した手法を用い、1967年から2022年の東京の7月データを用いて回帰式を求めた。回帰式は以下の通りである。

$$Y_i = A_0 + A_1x_i \quad (i = 1, 2, \dots, 56) \quad (2)$$

ここで、 x_i は降水日数、 Y_i は推定日最高気温の月平均を示す。回帰係数 A_j はファジィ数として以下のように表される。

誤差の合計 J を最小化する目標関数は、

$$J = \sum_{i=1}^{56} (w_0 + w_1|x_i|) \quad (3)$$

制約条件は以下の通りである。

$$(a_0 + a_1 x_i) - (w_0 + w_1 |x_i|) \leq y_i \quad (4)$$

$$(a_0 + a_1 x_i) + (w_0 + w_1 |x_i|) \geq y_i \quad w_j \geq 0 \quad (5)$$

東京のデータに基づき、回帰係数は $a_0 = 33.443, a_1 = -0.543, w_0 = 0.051, w_1 = 0.183$ と求められる。

3.3 天候記録からの気温の復元と観測データとの比較

歴史天候データベースから収集した 1839 年から 1854 年にかけての 7 月の天候日数を、前節で作成したそれぞれの回帰式における x_i に代入した結果を下图に示す。この気温推定結果を 19 世紀の古気象観測記録である「霊憲候簿」にもとづく気温変動と比較したものが以下である。

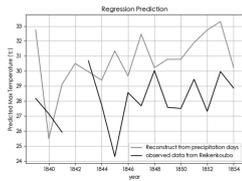


図1 線形回帰を用いた気温変動の復元



図2 ファジィ線形回帰を用いた気温変動の復元

ファジィ回帰式を利用して大まかな予測を行おうと試みましたが、観測値が予測値の範囲内に収まらないケースが多く見受けられた。このことから、ファジィ回帰式の利用のみでは予測値と観測値のギャップを埋めるには不十分であることが判明した。主な原因として考えられるのは、回帰式を構築する際に現在のデータに基づいて作成したことにある。これにより、気候変動や温暖化といった長期的なトレンドが十分に考慮されていなかった可能性が高い。また、日記から求めた天候日数と実際の天気との間にズレがある可能性や、霊憲候簿の観測結果に誤りが含まれている可能性も考慮する必要がある。

3.4 日記から収集した天候日数と実際の天候日数

先述したように、日記に記される天候は、記録者の主観によるものであり、特に「晴れ」と「曇り」の識別などは実際の気象庁による観測とずれが生じると考えられる。そこで、北海道弟子屈町の不動産業者である大道開発が目視により記録している「お天気日記」のデータを用い、気象庁の観測データと比較した。期間は、2023 年の 1 月から 12 月のデータを用いた。全データにおける相関係数は晴天日数において $r=0.350(p<0.05)$ 、降水日数において $0.360(p<0.05)$ と正の相関が見られた。月毎における目視記録の天候日数と観測データにおける天候日数の相関を求めたものが以下の表である。統計的に有意であったのは、晴天日数において 6 月・10 月・11 月、降水日数において 6 月・7 月・9 月・10 月・11 月となった。

3.5 猛暑イベントと気候変動モードの整合性の検証

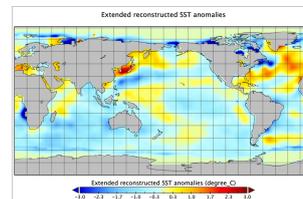
日本の夏の気候に影響を与える現象として、エルニーニョ現象が挙げられる。エルニーニョ現象とは、太平洋赤道域の日付変更線付近から南米沿岸にかけて海面水温が平年より高くなり、その状態が 1 年程度続く現象で

表1 月毎における目視記録の天候日数と観測データにおける天候日数の相関

対象	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
晴天日数	0.043	0.225	0.037	0.292	0.303	0.635	
降水日数	nan	nan	0.0496	-0.1669	-0.1521	0.6294	
対象	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
晴天日数	0.345	0.207	0.229	0.551	0.467	0.243	
降水日数	0.4812	0.2699	0.4537	0.7889	0.3444	0.6952	

ある。この熱帯域での長期的な海面水温の変動は、地球規模の大気循環場の変化を通じて全世界に影響を与え、日本においてはエルニーニョ時には太平洋高気圧の張り出しが弱くなることから冷夏・暖冬になり、逆にラニーニャ時には暑夏・寒冬になるとされている。西洋の古記録を元に、エルニーニョの発生した年を推定した先行研究 [2] において、エルニーニョとされていたのにも関わらず、歴史天候データベースから収集した晴天日数が多かった年として 1864 年の夏季を対象に、ERA5 の再解析データを用いて検証した。

図3 1864 年 7 月における ssta



西洋の古記録ではエルニーニョとされているが、むしろラニーニャ的であり、加えて正のインド洋ダイポールモード現象のような様子が確認できる。これは西洋の古記録とは整合しないが、日本の古記録とは整合する。今後、他の SST データセットや、他の変数についても調査を行い、先行研究が扱った西洋の古記録を確認する必要がある。

参考文献

- [1] Takehiko Mikami. Long term variations of summer temperatures in tokyo since 1721. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 31:157–165, 1996.
- [2] Santiago E. Antunez De Mayolo William H. Quinn, Victor T. Neal. El niño occurrences over the past four and a half centuries. 1987.
- [3] 吉村稔. 歴史天候データベース・オン・ザ・ウェブ.
- [4] 小笠原洋子, 野口佳一. ファジィ線形回帰式を導入した古日記の降雪日数による気温推定-京都における 1・2 月の月平均気温の復元-. *地理学評論 Ser. A*, 73(5):459–467, 2000.
- [5] 三上岳彦, 平野淳平, 大羽辰矢, 森島済, 財城真寿美. 山形県川西町における古日記天候記録にもとづく 1830 年代以降の 7 月の気温変動復元. *地理学評論 Series A*, 86(5):451–464, 2013.
- [6] 中塚武. 樹木年輪セルロースの酸素同位体比からみた古代日本の気候変動. 国立歴史民俗博物館研究報告, *Bulletin of the National Museum of Japanese History*, 232:11–30, Mar 2022.