

年輪幅より高知市の夏季平均日最低気温の 年次変動を復元する試み

武 市 伸 幸*

要 旨

高知県内の官公署などに保管展示されている、樹齢の長い樹木の円盤展示物の年輪幅を用いて、1790~1939年の150年間の高知市における夏季の最低気温の年次変動の復元を行った。年輪幅から復元された夏季の最低気温の年次変動と実測の夏季平均の日最低気温の年次変動の相関係数は、検証期間の1891~1905年の期間において、9年間移動平均では $r=0.863$ の有意な相関を示していた。また、調査期間中最も低い復元値を示す1797~1805年に関しては、『高知県災害異誌』にも同様に低温を示すと考えられる記事がみられた。以上の結果より、官公署に展示されている樹木の円盤試料を用いた過去の気温の年次変動の復元は可能であることが明らかとなった。

1. はじめに

歴史時代の気候要素の年次変動の復元に関して、三上(1993)は、全国各地に残された江戸後期の藩日記を主体とする日記記録より、東北地方北部や関東・中部地方の8月の平均気温偏差の年次変動の復元を行っている。また、水越(1986)は古文書の天候資料から近畿地方中部を対象として、入・出梅雨日ならびに梅雨期間の長期変動傾向と梅雨期間降水量の年次変動の推定を行っている。このような文書記録に基づく気候復元とは全く別の方法として、樹木に形成される年輪幅の年次変動に基づく気候復元の方法がある。

樹木に形成される年輪幅を用いた気候要素の年次変動の復元例として、佐藤ほか(1989)は木曾ヒノキの年輪幅の年次変動を用いて1009~1984年までの降雨日数の復元を行っている。また、太田(1993)は、静岡県気田のヒノキと長野県飯田の気象データを用いて静岡県気田の7月の平均気温と年平均気温の年次変動の復元を行っている。しかし、佐藤ほか(1989)では、多くの個体の年輪幅を平均化して1本の年次変動として分析に用いており、また、太田(1993)ではデータの個体数が示されていないが、図から判断すると1個

体の年輪幅を使用していると推定される。このように、平均化して1本の年次変動としたり、1個体の年輪幅のみで分析を行うと、分析に用いたサンプルの変動と類似した波形の復元結果をもたらす可能性が考えられる。また、佐藤ほか(1989)では推定式に将来の降雨日数を用いていることにも疑問がある。

これらの点に関し、武市(1988)やTakechi(2004)は、高知県馬路村魚梁瀬の魚梁瀬スギと宮崎県高千穂町水無平のツガについて、同一林分に生育する数個体の年輪幅年次変動に基づいて、魚梁瀬の11月の最高気温の年次変動と高千穂の4月の最低気温の年次変動復元を行っている。また、同様に1地点から多数の供試木のデータを得る方法で四国全般の気温変動の復元を行った例として、Yamakawa *et al.* (2002)は四国山地の剣山、瓶ヶ森、冠岳に生育するコマツガ、ウラジロモミ、ヒノキの年輪幅を用いて徳島、多度津、高知、松山の4地点の夏季平均気温の年次変動を復元し、寒冷な時期として1790年代を、温暖な時期として1820年代を挙げている。しかし、年輪幅を用いて歴史時代に遡った気候復元を行おうとする場合、研究者が研究用に試料を採取する場合を除くと、同一地域から複数の大径木の試料が得られることは少ない。したがって、分析可能な年輪データとして、各地に展示されている巨木の幹の輪切りの年輪を利用することが、唯一の有効な方法になると考えられる。このような場合、次の

* 土佐女子高等学校。

—2005年1月17日受領—

—2005年10月14日受理—

ような点が問題となる。

- ① 1 供試木の年輪データを用いた気候復元が可能かどうか。
- ② 気象観測地点から離れた地点で採取された年輪データから気候復元が可能かどうか。
- ③ 異なる地点の年輪データから 1 地点の気候の年次変動の復元が可能かどうか。

そこで本稿では、これらの点を検討するため、高知県内の 3 地点に保管されている巨木展示物の年輪幅を用いて、高知市の 7 月と 8 月の最低気温の平均値の年次変動復元を行い、展示物の年輪幅に基づいた過去の気候復元の可能性について検討を行った。

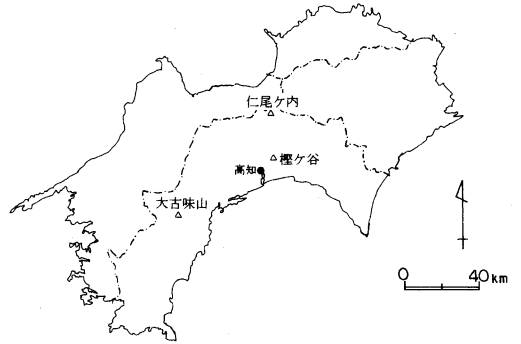
2. 用いた年輪試料の特性

用いた年輪試料の概要を第 1 表に示す。各試料とも伐採時期が古く伐採の資料が残っていないため、地区内での伐採場所は特定できない。そこで、聞き取りによるおおよその伐採地点を第 1 図に示した。各試料の年輪幅は展示場所においてマイクロファイナダーを用いて 0.1 mm の精度で測定を行った。その際、展示説明のために円盤の表面に記載されている文字や根張りの影響を避けるため、および、展示物なので削るなどの加工ができないこと、重量があるので展示場所から運んで横にして測定することできないなどの理由により、各円盤の測線数は大古味山が 2 本、その他は 1 本と少ない。このように標本数や測線数が少ないことは、各データが地点の代表として適当でないことも考えられるが、前述したように、樹齢の長い供試木が容易に手に入らない現状では、このような展示物をデータとして使用しなくてはならないことが考えられ、本研究はこのようなデータからの気候復元可能性の検討も目的とした。

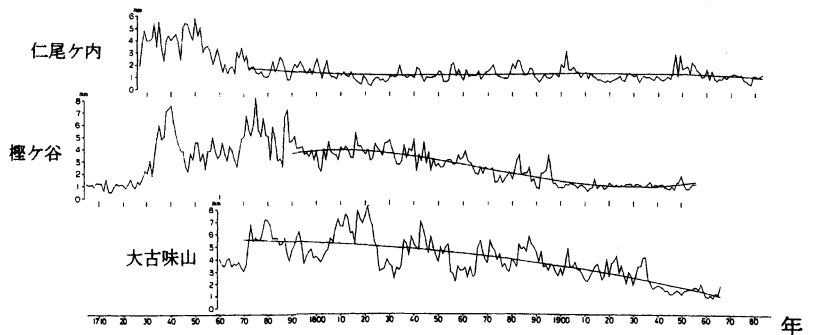
各個体の年輪幅の測定値

第 1 表 年輪試料の概要。

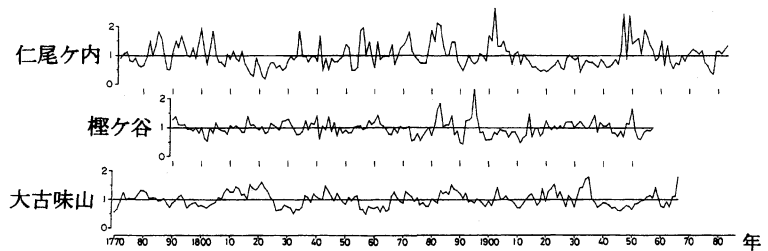
地点名	樹種	推定樹齢	保管場所
仁尾ヶ内	ヒノキ	450年	嶺北森林管理署
櫻ヶ谷	スギ	300年	高知学芸高等学校
大古味山	モミ	286年	四万十源流センター



第 1 図 年輪試料採集地点と気象データ観測地点。
△：年輪試料採集地点。
●：気象データ観測地点。



第 2 図 各地点の年輪幅の年次変動とあてはめた標準成長曲線。



第 3 図 各地点の年輪幅指数の年次変動。

は、個体による広狭の差と同一個体内での樹齢による広狭の差を取り除くため規準化を行った。規準化は武市(1989)にしたがい、年輪幅の年次変動に多項式による標準成長曲線のあてはめを行い、実測値とあてはめた成長曲線の値の比をとることにより行った。測定の結果より得られた年輪幅年次変動と、個体差や樹齢の影響を除くために各個体の年輪幅年次変動にあてはめた標準成長曲線を第2図に示した。また、規準化の結果得られた各個体の年輪幅指数年次変動を第3図に示した。

3. 高知市の気温年次変動の復元

復元を行う気候要素として、高知測候所で観測された最高気温、最低気温、平均気温、降水量の4要素(気温は月平均値、降水量は月降水量)を取り上げ、1887~1939年の53年間について、各地点の年輪幅指数年次変動(第3図)との相関係数を求めた。なお、相関係数を求める期間を1939年までとしたのは、1940年に高知測候所の観測地点が市街地内部から当時は郊外であった地点に移動しており、データの継続性が途切れたと考えられるからである。得られた相関係数を第2表に示す。なお、尾中(1950)によると樹木の成長は10月で終わるとされているので、前年の11月から当年の10月までを樹木の1年とし、11月から順に相関係数の値を示した。

第2表で各地点の相関係数が高い値を示す7月と8月の月平均日最低気温についてみると、年輪幅指数は、

仁尾ヶ内では7月の最低気温と5%の危険率で有意な負の相関を、大古味山では8月の最低気温と1%の危険率で有意な正の相関を示している。また、5%の危険率で有意な相関を示してはいないものの、榎ヶ谷についても、7月と8月の最低気温は比較的高い相関を示している。そこで、7月と8月の最低気温を平均したものを(以下、夏季の最低気温とする)と3地点の年輪幅指数との相関係数を求めた。その結果、各地点の年輪幅指数と高知市の夏季の最低気温との相関係数は仁尾ヶ内が $r=-0.308$ 、榎ヶ谷 $r=0.304$ 、大古味山 $r=0.272$ であり、各地点とも5%の危険率で有意な相関を示していた。以上の結果より、復元する気候要素としては、夏季の最低気温を用いることとした。なお、7月から8月にかけては早材形成から晩材形成に変わる時期であり、この変化はオーキシソおよび成長阻害物質の濃度が中心的役割を演じているとされる(佐藤・堤編, 1978)が、Yamakawa *et al.* (2002) や武市(1991)においても、この時期の気温との相関が認められており、早材から晩材の移行に気温が関係しているものと考えられる。

高知市の夏季の最低気温年次変動の復元は次の手順で行った。

まず、調査期間全体の1790~1939年の150年間について、3地点の個体の年輪幅指数に主成分分析を行った。その結果、固有値1.0以上で2つの主成分を得た。次に、1910~1939年の30年間について、これらの主成分の成分得点を説明変数、夏季の最低気温を目的変数として

第2表 各地点の年輪幅指数と高知市の各月の気候要素との相関係数。

気候要素	地点	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
最高気温	仁尾ヶ内	-0.11	0.03	0.18	-0.20	0.14	-0.17	-0.03	0.02	-0.12	-0.07	0.08	-0.01
	榎ヶ谷	-0.01	-0.29*	-0.18	-0.18	-0.19	-0.25	-0.21	-0.02	-0.21	0.07	0.04	0.19
	大古味山	-0.10	-0.14	-0.13	0.05	-0.11	-0.38**	-0.11	-0.13	-0.15	0.09	-0.02	-0.17
最低気温	仁尾ヶ内	-0.17	-0.12	0.11	-0.21	0.22	0.06	0.03	-0.19	-0.28*	-0.18	-0.09	0.08
	榎ヶ谷	0.04	-0.10	-0.12	-0.14	-0.10	-0.16	0.02	0.06	0.23	0.24	0.02	0.10
	大古味山	0.03	0.19	0.01	0.12	-0.16	0.01	0.14	-0.15	0.06	0.41**	0.05	-0.13
平均気温	仁尾ヶ内	-0.15	-0.06	0.15	-0.21	0.20	-0.03	0.01	-0.12	-0.21	-0.14	-0.01	0.04
	榎ヶ谷	0.02	-0.21	-0.16	-0.17	-0.14	-0.22	-0.10	0.02	0.25	0.17	0.03	0.17
	大古味山	-0.02	0.05	-0.06	0.09	-0.15	-0.15	0.04	-0.17	-0.07	0.26	0.02	-0.18
降水量	仁尾ヶ内	-0.10	-0.02	0.18	-0.34*	0.14	0.28*	0.16	-0.01	-0.01	0.00	-0.14	0.21
	榎ヶ谷	-0.22	-0.12	-0.08	0.12	-0.15	-0.15	0.05	-0.08	-0.11	-0.11	-0.30*	0.19
	大古味山	-0.06	0.03	-0.05	0.02	-0.11	0.20	0.16	0.15	0.15	-0.22	0.00	0.02

相関を求めた期間は1887年から1939年の53年間

** : 1%の危険率で有意

* : 5%の危険率で有意

ステップワイズ法により重回帰分析を行い回帰式を求めた。このように主成分分析で得られた主成分の成分得点を説明変数として重回帰分析を行うことは、説明変数間に相関がないことから、元の年輪データを用いて重回帰分析を行うよりも優れた方法であると考えられる。得られた重回帰式を(1)式に示す。

$$Y = 22.2536 + 0.137753X_1 + 0.218266X_2 \quad (1)$$

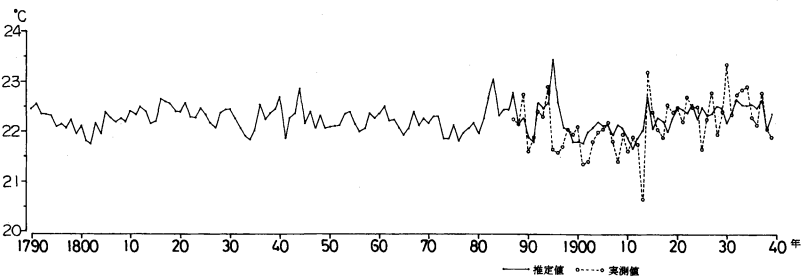
ここで、 Y は夏季の最低気温であり、 X_1 、 X_2 は第1、第2主成分の成分得点である。 X_1 、 X_2 両変数とも $|t|$ の値は1以上であったので、有意な変数として採用した。

次に(1)式を用いて夏季の最低気温年次変動の復元を行った。得られた最低気温の復元値の年次変動と高知市において観測された最低気温の実測値の年次変動を第4図に示す。第4図は実測値の変動幅が大きいため、年次変動の傾向をみるため両者に9年間移動平均を行った。その結果を第5図に示す。第5図について、(1)式の検証期間である1891~1905年間の実測値と推定値の相関係数は $r = 0.863$ であり(検証期間は1887~1909年の間であるが、9年間移動平均なので前後が短くなっている)、1%の危険率で有意な相関がみられた。このように両者の間には有意な相関が認めら

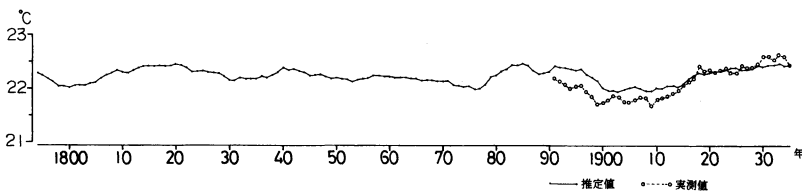
れるものの、第5図によると、検証期間においては、復元値は実測値よりも0.3°C程度高い値となっている。この理由としては、第3図において仁尾ヶ内や桧ヶ谷の年輪幅指数がこの期間に特異なピークを形成し、これが第4図の1882~1896年までの高い復元値となって現れていることが考えられる。この誤差に関して、高知県のように気温が樹木の成長にとって完全に制限的に作用していない地域においては、広い年輪幅は隣接木との競争など気温で表すことができない要因により生じることが多く、また、研究の目的として、気候復元地点の高知市に隣接していない地域に生育する樹木を使用して、高知市の気温変動の復元を試みていることから、この程度の誤差の発生は避けられないと考えられる。なお、Yamakawa *et al.* (2002) は、高知市の気象データについて、1914年以前のものについて、信頼性の欠如を理由の一つとして挙げ、この期間のデータの使用を控えており、この点も本報告で実測値と推定値の9年間移動平均の結果に0.3°C程度の差が生じている原因とも考えられる。

第5図に示した1793~1935年間の復元値の平均値22.25°Cを調査期間の夏季の最低気温の平均値とし、平均値から0.1°C以上高い期間を高温期、低い期間を低温期とすると、9年間移動平均で表現した1890年以前の高知市の夏季の最低気温年次変動は、1813~1822年にかけてと、1840~1842年にかけて、および1882~1887年にかけて高温期が、1797~1805年にかけてと1869~1878年にかけて低温期がみられる。

次に、本報告の復元結果と文書記録との比較を行う。文書記録としては高知県の気象災害をまとめた『高知県災害異誌』(高知県, 1966)を使用する。『高知県災害異誌』より、復元された気温年次変動の高温期および低温期の期間に該当する記事を見ると、低温期に関して、1798年8月2日に降霜の記事が、同年11月25日に大雪の記事がみられる。後者は夏季ではないが、



第4図 年輪幅より復元した高知市の夏季の最低気温の年次変動と実測値の年次変動。



第5図 復元値と実測値の9年間移動平均の年次変動。

気温の月変動が一連のものと考え、夏季も同様に低温であった傍証とも考えられる。1797～1805年にかけての期間は、復元期間中で最も気温が低く復元されている時期であり、これらの記事は復元結果が妥当であることを示していると考えられる。なお、1833年ごろに始まる天保のききんの期間に関して、年輪幅の年次変動より求めた夏季の気温の復元値は、調査期間全体の平均値より 0.06°C から 0.02°C 低くなっているにすぎず、前述した低温期には該当していない。このききんについて、『高知県災害異誌』には早魃や長雨の記載はみられるものの、気温に関する記載がみられないことから、高知県においては、天保のききんの時期には、気温は平年と大差がなかった可能性も考えられる。

4. おわりに

樹木に形成される年輪幅の年次変動に基づいた気候復元の例として、高知県内の官公署などに保管展示されている樹齢の長い樹木の円盤展示物の年輪幅年次変動を用いて、高知市の7月と8月の最低気温の平均値の復元を行った。

年輪幅から復元された復元値の年次変動と実測値の年次変動の相関係数は、検証期間の1891～1905年の期間において、9年間移動平均では $r=0.863$ であり、1%の危険率で有意な相関を示していた。また、調査期間中最も低い復元値を示す期間に関しては、『高知県災害異誌』に低温を示すと考えられる記事がみられた。

以上の結果より、今後事例を増やして研究する必要がある。また、復元できる月についても制限があるものの、気象観測点から離れた場所で採取され、官公署に展示されている樹木の円盤試料を用いた過去の気温の年次変動の復元は可能であるものと考えられる。

また、今後、年輪幅の年次変動に基づいた気候復元と、日記などの文書記録に基づいた気候復元を組み合わせることにより、気候復元精度の向上が期待できると考えられる。

参 考 文 献

- 高知県, 1966: 高知県災害異誌, 159pp.
- 三上岳彦, 1993: 日記天候記録から推定した小氷期後半の夏期気温変動, 地学雑誌, 102, 144-151.
- 水越允治, 1986: 近畿地方における梅雨の長期変動傾向, 京都大学防災研究所年報, 29, B-2, 109-123.
- 尾中文彦, 1950: 摘葉・摘芽・輪栽・光の遮断等の処理が常緑針葉樹の成長特に肥大成長に及ぼす影響, 京大演報, 18, 55-95.
- 太田貞明, 1993: 樹木年輪の分析からみた日本の小氷期, 地学雑誌, 102, 107-118.
- 佐藤大七郎, 堤 利夫編, 1978: 樹木—形態と機能—, 文永堂, 309pp.
- 佐藤忠信, 八嶋 厚, 田中 琢, 1989: 年輪を用いた長期的気候変動特性の抽出, 京都大学防災研究所年報, 32, B-1, 279-289.
- 武市伸幸, 1988: スギの年輪幅の変動より推定した高知県魚梁瀬の気温変化, 東北地理, 40, 181-189.
- 武市伸幸, 1989: 年輪幅の測定と規準化について, 地理科学, 44, 35-47.
- 武市伸幸, 1991: 年輪幅の分布と気温分布の類似性について, 地理科学, 46, 1-8.
- Takechi, N., 2004: A study about reconstructing past temperature in April from tree ring records in Takachiho, Miyazaki Prefecture, Setouchi Geograph. J. 13, 1-10.
- Yamakawa, W., Kobayashi, O. and Sweda, T., 2002: A tree-ring reconstruction of summer temperature for southwest Japan. Edited by Yamano, M., Nagao, T. and Sweda, T. "Geothermal/Dendrochronological Paleoclimate Reconstruction across Eastern Margin of Eurasia", 43-49, Proc. 2002 International Matsuyama Workshop.

A Study to Reconstruct the Annual Variation of Summer Minimum Temperature in Kochi City from Annual Tree-Ring Widths

Nobuyuki TAKECHI*

* *Tosajoshi High School, 2-3-1 Outesuji Kochi City 780-0842, Japan.*

(Received 17 January 2005 ; Accepted 14 October 2005)

第3回天気予報研究会開催のお知らせ

日時：2006年2月17日(金) 13時30分～17時30分

場所：気象庁大会議室(気象庁5F)

千代田区大手町1-3-4

主題：「集中豪雨の短時間予測」

総合講演：

加藤輝之(気象研究所予報研究部)

「集中豪雨の環境場とメソスケール」

講演：

1. 日本気象予報士会

題目未定

2. 瀬古 弘(気象研究所予報研究部), 熊原義正(大

阪管区気象台), 斉藤和雄(気象研究所予報研究部)

「大阪湾付近から発生する線状降水帯の発達・衰弱とその環境」

3. 入田 央((財)気象業務支援センター)

「予報現場が求める豪雨予報の天気系概念モデルと指標」

4. 海老原 智(気象庁予報部予報課)

「降水短時間予報の現状と今後」

5. 富山芳幸((株)ウェザーニューズ)

「防災情報のリードタイムと降水量予報の精度」

6. 中山 寛(気象庁予報部数値予報課)

「2005年9月4日から5日の首都圏豪雨の予測と発生・維持機構」

7. 川畑拓矢・瀬古 弘・田宮久一郎(気象研究所予

報研究部)・黒田 徹(気象研究所(JST重点研究

支援協力員))・斉藤和雄(気象研究所予報研究

部)・露木 義(気象庁予報部数値予報課)

「雲解像度非静力学4次元変分法データ同化システムを用いた練馬豪雨事例に関するデータ同化実験」

8. 総合討論

各発表の講演要旨は天気予報研究連絡会ホームページ(気象学会HP→研究連絡会ページ→天気予報研究連絡会HP, または<http://members.jcom.home.ne.jp/tenkiyoho/>)をご覧ください。

主催：日本気象学会天気予報研究連絡会

問い合わせ先：連絡会事務局：山岸米二郎

(0718091101@jcom.home.ne.jp)