

年輪幅から高知県の10月の最高気温の空間分布を 復元する試み

武 市 伸 幸*

要 旨

高知県内の3箇所の官公署に展示されている年輪試料の年輪幅年々変動に基づき、高知県の10月の10年間平均最高気温空間分布の復元を試みた。復元では、まず、1941～64年の24年間について、年輪幅と最高気温との関係式を作成し、1929～38年の10年間について復元結果の検証を行った。その結果、気温実測値と復元値との比較で、本山中で両者の間に1.6°Cの差がみられたものの、他の地点では両者の差は1.0°C以内であった。また、気温実測値の空間分布と復元値の空間分布は類似する傾向にあった。本山に関しては観測点の移設による影響が大きいと考えられ、移設の影響を除去すると復元結果はおおむね妥当なものとして判断される。次に、作成した関係式を用いて、1800年から1899年について、10年平均の復元気温分布図を作成した。得られた気温分布図は、沿岸部の須崎が最も高温に、内陸部の本山、檜原および南東部の室戸が低温になる気温分布を示していた。以上の結果より、気象観測点から離れた場所に生育している樹木の年輪試料を用いた気温空間分布復元は、可能であると考えられる。

1. はじめに

歴史時代の気候復元の方法としては、日記などの文書記録に基づく気候復元が一般的であるが、これとは全く別の方法として、樹木に形成される年輪幅に基づく気候復元の方法がある。

年輪幅を用いた気候復元の例としては、佐藤ほか(1989)による長野県の降雨日数の復元や太田(1993)による静岡県気田の7月の平均気温と年平均気温年々変動復元の研究がある。また、四国に関しては、武市(1988)により高知県馬路村魚梁瀬の11月の最高気温年々変動復元が、Yamakawa *et al.* (2002)により徳島、多度津、高知、松山における夏季平均気温の年々変動の復元が行われている。また、武市(2005)は、高知県内の3地点に保管展示されている巨木展示物の年輪幅を用いて、高知市の夏季平均日最低気温の年々変動の復元を行っている。このように、年輪幅に

基づいた特定地点における気候要素の年々変動の復元は行われているものの、年輪幅に基づいた気候要素の空間分布復元はほとんど行われていない。

年輪幅に基づいた気候要素の空間分布復元について、Takechi (2005)は西日本の10地点の気象観測点とそれに隣接した地点で採集された樹齢40年前後の複数の年輪試料を用いて、気温の空間分布復元の可能性の検討を行い、気象観測点と年輪試料採取地点が隣接する場合には、一年単位の気温空間分布復元が可能であることを明らかにした。そこで本稿では次のステップとして、官公署に保管展示されている樹齢の長い年輪試料に基づいて過去の気温空間分布復元を行い、1地点1本の年輪試料に基づいた気温空間分布復元の可能性の検討と、気象観測点と年輪試料採取地点が離れている場合の空間分布復元の可能性の検討を行った。なお、復元範囲を高知県内としたのは、樹齢の長い年輪試料が四国では高知県内ではしか得られず、これらの試料で四国山地の北側まで復元を行った場合、試料のない四国山地の北側の復元結果がよくなかったためである。

* 元 土佐女子高等学校。

—2005年12月14日受領—
—2008年2月4日受理—

2. 検討の手順

2.1 用いた年輪試料

用いた年輪試料の採集地点と気象観測点を第1図に、供試木の樹種と樹齢を第1表に示す。各試料とも伐採時期が古く伐採の記録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。そのため第1図には聞き取りによるおおよその伐採地点を示した。気象観測点に関しては、気象庁の気象観測点を用いることとし、高知県内に均等に分布し、気象月報から長い期間の気象観測データが得られる地点を選び、第1図に示す9地点を気象観測点として用いた。

各年輪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、展示物であるため削り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、各円盤の測線数は魚梁瀬と大古味山2本、仁尾ケ内は1本と少ないものとなっている。

各個体の年輪幅の測定値は、個体による広狭の差と

第1表 供試木の概要。

地点名	樹種	推定樹齢	保管場所
魚梁瀬	スギ	250年	安芸森林管理局魚梁瀬合同事務所
仁尾ケ内	ヒノキ	450年	嶺北森林管理署
大古味山	モミ	286年	四万十源流センター

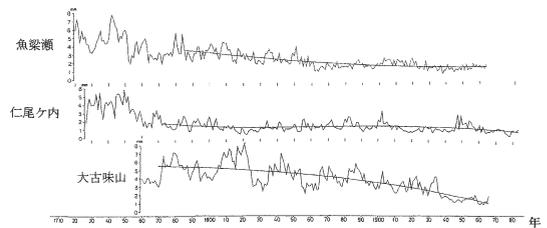


第1図 年輪試料採集地点と気象データ観測地点。▲は年輪試料採集地点、●は気象観測点、斜線部は標高1000 m以上の地域を示す。

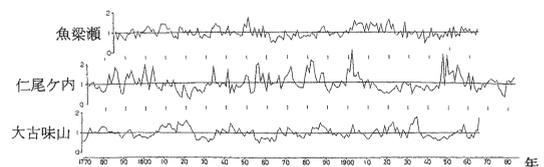
同一個体内での樹齢による広狭の差を取り除くため規準化を行った。規準化は武市(1989)にしたがい、年輪幅の年々変動に多項式による標準成長曲線のあてはめを行い、実測値とあてはめた成長曲線の値の比を求めた。各供試木について、測定の結果得られた年輪幅年々変動と、個体差や樹齢の影響を除くためにあてはめた標準成長曲線を第2図に示す。また、規準化の結果得られた各個体の年輪幅指数年々変動を第3図に示す。

2.2 推定する気候要素の決定

年輪幅の空間分布は、大スケールの気候の影響から各立地地点固有の影響まで、さまざまなスケールの要因が関係しており、各要因に関係した分布パターンが重なり合って形成されていると考えられる。同様なことは気候要素の空間分布にもあてはまる。したがって、年輪幅から復元する気候要素は、主要な分布パターンが年輪幅の主要な分布パターンと類似しているものが望ましい。しかし、本研究では、3地点の年輪試料に対して気象観測点が9地点なので、両者の分布を直接比較検討することはできない。そこで、3地点の年輪幅年々変動の主成分の成分得点群と9地点の各気候要素年々変動の主成分の成分得点群に正準相関分析を行い、成分得点間の正準相関係数を求め、正準相関係数が高い値を示す気候要素を復元する気候要素とした。なお、正準相関分析とは、相関を求めたい2つの変数群について、両変数群の相関を最もよく表わす



第2図 各年輪試料の年輪幅の年々変動とあてはめた曲線。



第3図 各年輪試料の年輪幅指数の年々変動。縦軸は比なので単位はない。

ような新しい変量（正準変量）に変換し，その変量によって2つの変数群間の相関を求めようとする手法で（田中ほか 1984），計算プログラムは田中ほか（1984）によるものを用いた。

樹木の肥大成長に影響を与える気候要素の中で，多くの気象観測点で測定されているものとして気温と降水量が挙げられる。両者について，樹木の肥大成長への気候要素の影響パターンを示す応答関数の検討結果（武市 1996）では，高知県においては，気温は樹木の成長に有意な影響がみられるものの降水量はあまり有意な影響はみられなかった。したがって，本研究では，高知県の樹木の肥大成長に有意な影響を及ぼす気温について，各月の日最高気温の月平均（以下，最高気温とする）と日平均気温の月平均（以下，平均気温とする），および日最低気温の月平均（以下，最低気温とする）を取り上げて検討を行い，復元する気候要素と復元する月を決定した。

年輪幅年々変動主成分成分得点と，各月の気候要素主成分成分得点間の正準相関係数の二乗を第2表に示す。第2表によると，10月の最高気温の正準相関係数の二乗は，他の月，他の気候要素と比較して，第1正準変量（第2表の正準相関の軸1）と第3正準変量（同じく軸3）が最も大きな値を示している。したがって，分布を復元する気候要素として10月の最高気

温を取りあげた。10月は樹木がその年の肥大成長を終了する月であり（尾中 1950），最高気温が高くなることにより，肥大成長がより遅くまで継続されることが考えられ，樹木の生理的にも意味のある月と考えられる。なお，最高気温主成分に関して，分析に用いた第3主成分までの固有値の寄与率を第3表に示した。

2.3 計算の手順

年輪幅の空間分布から気候要素の空間分布を復元するためには， m 地点の年輪幅変数群と p 地点の気候要素変数群の関係式を求める必要がある。すなわち，

$${}_pP_n = {}_pT_m {}_mF_n \tag{1}$$

(1) 式において，重回帰分析を用いて， p 地点 n 年間の気候要素行列 ${}_pP_n$ と m 地点 n 年間の年輪幅指数行列 ${}_mF_n$ の関係をあらわす係数行列 ${}_pT_m$ を求める必要がある。その際説明変数行列 ${}_mF_n$ においては，各変数間に相関関係が存在しないようにしなくてはならない。この方法について，Fritts *et al.* (1971) および Fritts (1976) は多変量解析を用いて年輪変数群と気象変数群の関係を求める方法を提示している。以下，その方法に基づいて，年輪幅の分布から10月の最高気温の分布の復元を試みる。なお，(1) 式では Fritts (1976) にしたがって，すべての気象観測点 (p 地点) とすべての年輪試料採集地点 (m 地点) の関係式を

第2表 年輪幅年々変動主成分スコアと各月の気候要素年々変動主成分スコアの正準相関係数の二乗。

	正準相関の軸	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最高気温	1	0.575*	0.367	0.475	0.266	0.266	0.442	0.278	0.367	0.354	0.612*	0.576*	0.434*
	2	0.247	0.088	0.157	0.195	0.195	0.153	0.227	0.198	0.228	0.173	0.247	0.399
	3	0.000	0.000	0.033	0.006	0.006	0.049	0.030	0.038	0.000	0.059	0.007	0.002
平均気温	1	0.143	0.330	0.315	0.232	0.210	0.256	0.337	0.363	0.372	0.275	0.493	0.395
	2	0.349	0.141	0.043	0.120	0.146	0.101	0.217	0.119	0.054	0.098	0.166	0.285
	3	0.003	0.001	0.003	0.002	0.015	0.011	0.040	0.032	0.002	0.043	0.048	0.021
最低気温	1	0.314	0.277	0.263	0.280	0.176	0.141	0.281	0.309	0.269	0.229	0.437	0.329
	2	0.186	0.164	0.170	0.036	0.120	0.068	0.235	0.064	0.024	0.099	0.274	0.292
	3	0.047	0.014	0.003	0.004	0.020	0.031	0.005	0.057	0.005	0.001	0.003	0.117

* 5%の危険率で有意

第3表 月別最高気温の各主成分の寄与率。

主成分番号	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	92.32	88.69	81.49	77.09	72.30	65.26	83.06	61.29	85.20	79.22	81.16	93.28
2	0.03	0.03	0.06	0.10	0.12	0.13	0.07	0.17	0.07	0.09	0.06	0.03
3	0.02	0.03	0.05	0.04	0.05	0.07	0.04	0.06	0.02	0.03	0.04	0.01

単位：%

示したが、Fritts (1976) にはすべての年輪試料採集地点の年輪幅からすべての気象観測点の気候要素の復元値を同時に求める計算方法が示されていない。したがって、本稿では Fritts *et al.* (1971) にしたがって、気象観測点ごとに推定式を求める方法を示す。

最初に、3地点の年輪幅測定値と9地点の10月の最高気温測定値に各々主成分分析を行い、成分得点を得た。主成分分析を行った期間は、年輪幅測定値は1785年から1964年の180年間、10月の最高気温測定値は1941年から1964年の24年間である。両者の期間が異なるのは次の理由による。まず、年輪幅について、気候復元は年輪幅の成分得点を説明変数とする重回帰分析式を用いて行う。そのため、成分得点は、関係式を求める期間(1941~64年)と復元期間(1785~1921年)別々に主成分分析を行い、両期間ごとに求めるのではなく、分析に用いる期間全体を通して主成分分析を行い求める必要があるためである。次に、気温測定値について、気温測定値が存在する期間全体(ここでは1922~64年)の気温測定値を主成分分析に用いなかったのは、復元結果が妥当なものか判断するため、正準相関分析に用いない期間の気温測定値が必要なためである。なお、主成分分析を行う期間を1941年からとしたのは、できるだけ長い期間で主成分分析を行った方が多くの変動を含むことができて好ましいこと、1939年と40年は気温欠測値の存在する地点が多く、気温測定値として用いることができなかつたためである。

3地点の年輪幅測定値に主成分分析を行った結果、固有値1.0以上で2つの主成分を得た。第1主成分は寄与率42.8%、第2主成分は寄与率33.7%であった。第3主成分は固有値0.7であるが、寄与率は23.4%と十分に大きい。したがって、本研究では年輪幅測定値は第3主成分までを用いた。また、10月の最高気温に関しては、(3)式の正準変量 ${}_pW_p$ が正方行列であることから、固有値に関係なく上位3個の主成分を分析に用いた。

続いて、年輪幅分布の3個の主成分成分得点と10月の最高気温分布の3個の主成分成分得点を用いて正準相関分析を行い、正準変量と正準得点を求めた。次いで、正準得点を説明変数、各地点の10月の最高気温を目的変数として、気象観測点ごとに重回帰分析を行った。すなわち、

$${}_1P_n = {}_1R_p {}_pX_n^* \tag{2}$$

ここで、 n は年数 (1941~64年の24年間)、 p は主成

成分 ($p=3$) であり、 ${}_1P_n$ は1地点の24年間の10月の最高気温の行列、 ${}_pX_n^*$ は24年間の3個の成分の正準得点の行列、 ${}_1R_p$ は重回帰分析より得られた3個の回帰係数の行列である。(2)式の計算を9地点について行い、各地点の係数行列を決定した。

(2)式は期間が24年間であるので、説明変数の正準得点行列が24年分しかなく、それ以前の気温の復元はできない。そこで観測期間以前の気温復元のため(2)式を次のように変形した。今、正準得点行列 ${}_pX_n^*$ は、

$${}_pX_n^* = {}_pW_p {}_pX_n \tag{3}$$

${}_pW_p$: $p \times p$ 個の正準変量の行列

${}_pX_n$: p 個の年輪幅分布の主成分の n 年間の成分得点の行列

であり、さらに成分得点行列 ${}_pX_n$ は、

$${}_pX_n = {}_pE'_m {}_mF_n \tag{4}$$

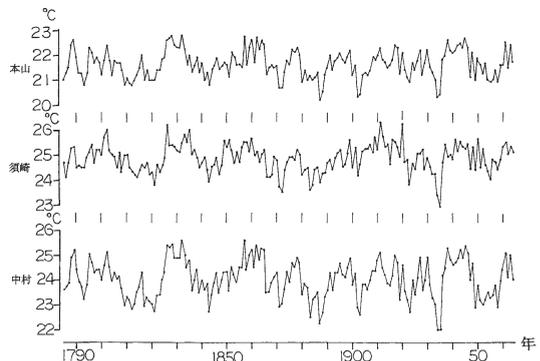
${}_pE'_m$: 固有ベクトルの転置行列

${}_mF_n$: m 地点 n 年間の年輪幅指数の行列

であるので、(2)式に(3)式と(4)式を代入すると、

$${}_1P_n = {}_1R_p {}_pW_p {}_pE'_m {}_mF_n \tag{5}$$

となり、年輪幅指数の行列(${}_mF_n$)から1地点の気温(${}_1P_n$)の推定を行うことができ、さらに、(5)式よりすべての地点の気温を復元することにより、気温分布図を描くことが可能になる。各地点の気温年々変動復元結果の例として、実測値と復元値の相関係数が高い本山、須崎、中村の3地点の復元結果を第4図に示す。



第4図 復元した地点別気温年々変動(本山、須崎、中村)。

ここで、年輪幅指数の行列 $_mF_n$ にかかる $_1R_p$ 、 $_pW_p$ 、 $_pE'_m$ は(1)式の $_pT_m$ (ここでは地点ごとに計算を行っているので $_1T_m$ となる)に該当し、伝達関数(transfer function)と呼ばれる(Fritts *et al.* 1971; Fritts 1976)。

3. 気温分布の復元

第4表に、年輪幅の分布と10月の最高気温の分布の関係式作成に使用した1941~64年の実測値と復元値の相関係数、および、期間中の1945~54年と1955~64年の10年間ごとに、10月の最高気温の実測値と復元値の平均値と標準偏差を示す。実測値と復元値の相関係数は、高知と檜原を除く7地点で5%あるいは1%の危険率で有意な相関を示しており、また、10年間の平均でみた両者の平均値の差も0.4°C以内と小さい。標準偏差については、実測値の標準偏差に対する復元値の標準偏差の割合は、1945~54年の10年間は25.9~60.5%、1955~64年の10年間は17.2~89.0%となっており、全体的にみると30~50%の地点が多い。この理由として、実測値の変動幅と比較して、気温分布復元の基準となる年輪幅の変動幅が小さいこと、年輪試料採取地点と気象観測点が離れていることが考えられる。

次に、復元結果の検証期間として、関係式の作成に使用した期間に先立つ1929~38年の10年間について検討する(第4表)。まず、平均値については、本山において復元値は実測値より1.6°C高くなっているものの、これは観測場所の移設による影響と考えられる。すなわち、本山においては、観測場所移設前の1922年から38年までの17年間(検証期間は区切りのよい年数をとって10年間としているが、ここではより正確にするため観測値のある17年間を用いた)の10月の

最高気温平均値は20.1°Cであるのに対し、移設後の1941年から1957年までの17年間(移設前の年数と同年数とした)の気温の平均値は21.8°Cであり、移設後が1.7°C高くなっている。同じ期間の10月の最高気温について、復元に用いた地点の中で本山に近い大柵と越知をみてもみると、1938年までの17年間の平均値は大柵22.6°C、越知23.9°C、1941年以降の17年間の平均値は大柵23.1°C、越知24.1°Cであり、1939年と40年を境にして、大柵は0.5°C、越知は0.2°C、1941年以降の17年間の平均値が高くなっているにすぎない。このことから、本山における1939年と40年の欠測期間(この期間に観測点の移設が行われた)を境とした気温測定値の平均値の相違には、観測場所の移設の影響(谷風に当たる場所から風陰への移動など環境の変化)が現れていると考えられ、この影響を除くと実測値と復元値の差は0.5°C以内と考えられる。その他、檜原や高知においても1940年前後に観測場所の移設が行われているが、これら2地点では1938年までの10年間と1941年からの10年間では0.3°Cの気温差であり、移設による影

第4表 気温実測値と推定値の統計的特徴。

地点	実測値と復元値	相関係数	関係式を求めた期間				検証期間	
			1945~54年		1955~64年		1929~38年	
			平均(°C)	標準偏差	平均(°C)	標準偏差	平均(°C)	標準偏差
室戸岬	実測値	0.447*	22.1	0.868	22.0	0.710	21.9	0.897
	復元値		21.9	0.348	22.0	0.273	22.1	0.292
安芸	実測値	0.428*	25.1	1.170	24.5	1.145	24.0	0.825
	復元値		24.8	0.407	24.6	0.495	24.3	0.809
本山	実測値	0.630**	21.8	0.975	21.5	0.948	19.9	0.731
	復元値		21.7	0.585	21.6	0.556	21.5	0.749
大柵	実測値	0.436*	23.4	1.499	22.8	1.041	22.8	0.824
	復元値		23.0	0.508	22.9	0.496	22.8	0.700
越知	実測値	0.396*	24.2	1.056	24.2	1.057	23.7	0.679
	復元値		24.0	0.404	24.1	0.345	23.9	0.511
高知	実測値	0.228	24.1	0.912	24.4	0.947	23.4	0.825
	復元値		24.0	0.236	24.1	0.163	24.2	0.115
須崎	実測値	0.513**	24.9	0.865	25.2	1.106	24.6	0.634
	復元値		24.9	0.496	24.9	0.444	24.4	0.788
檜原	実測値	0.352	21.1	0.980	21.4	0.892	20.5	0.727
	復元値		21.0	0.351	21.2	0.230	21.4	0.108
中村	実測値	0.694**	24.6	0.972	23.7	0.793	24.3	0.925
	復元値		24.4	0.591	24.0	0.706	23.7	1.103

相関係数を求めた期間は1941~64年の24年間

* 5%の危険率で有意

** 1%の危険率で有意

第5表 検証期間の一年単位の気温実測値と復元値。

地点	室戸		安芸		本山		大柝		越知		高知		須崎		檜原		中村	
	実測値	復元値																
1938年	22.5	22.4	25.3	25.3	20.6	22.6	23.8	23.8	24.6	24.4	24.2	24.4	25.3	24.9	21.6	21.6	25.3	25.2
1937年	21.9	22.3	24.6	24.9	19.8	22.0	23.1	23.4	23.4	24.5	23.7	24.3	25.0	25.4	21.1	21.4	24.0	24.5
1936年	21.6	22.1	24.0	24.6	20.2	21.8	23.0	23.1	23.1	24.1	24.1	24.3	24.6	24.7	21.1	21.4	23.6	24.2
1935年	22.5	22.5	24.4	23.0	21.2	20.4	23.8	21.7	24.3	23.0	24.4	24.1	25.0	22.9	21.0	21.3	26.0	22.0
1934年	20.8	21.5	23.4	23.1	18.8	20.3	21.7	21.8	22.6	23.2	22.3	24.0	23.9	23.4	19.5	21.2	23.1	22.0
1933年	21.6	21.8	23.2	23.8	19.4	21.0	22.5	22.4	23.9	23.7	22.7	24.2	24.0	24.2	20.5	21.4	23.7	23.0
1932年	20.6	22.0	22.6	24.0	19.2	21.3	21.5	22.7	22.9	23.8	22.5	24.3	23.5	24.2	19.8	21.5	23.6	23.3
1931年	23.5	22.0	23.5	24.4	19.6	21.5	22.1	22.8	23.3	23.9	22.7	24.2	24.6	24.5	19.5	21.3	24.0	23.8
1930年	22.8	22.3	24.8	25.2	20.6	22.2	23.5	23.5	24.2	24.5	24.3	24.3	25.2	25.4	20.2	21.4	25.0	24.9
1929年	21.6	22.0	23.7	24.5	20.0	21.7	22.9	23.0	24.2	23.9	23.1	24.2	24.9	24.4	20.4	21.3	24.9	24.0
平均	21.94	22.09	23.95	24.25	19.94	21.50	22.79	22.81	23.65	23.90	23.40	24.22	24.60	24.40	20.47	21.37	24.32	23.68
標準偏差	0.897	0.292	0.825	0.809	0.731	0.749	0.824	0.700	0.679	0.511	0.825	0.115	0.607	0.788	0.727	0.108	0.925	1.103
相関係数	0.529		0.550		0.314		0.406		0.227		0.433		0.402		0.497		0.180	

気温の単位：℃

響は小さいものと考えられる。本山以外では、10年間の平均値でみると、檜原と高知において復元値が実測値よりも0.9℃と0.8℃高くなっているが、これら2地点を除くと両者の差はおおむね0.3℃以内と小さい。次に、標準偏差についてみると、高知と檜原において復元値の標準偏差は実測値の標準偏差のそれぞれ14%と15%となっている。したがって、実測値と復元値の相関係数にもみられるように、高知と檜原については、他の地点よりも復元の精度は若干劣っていると考えられる。

復元結果の検討のため、検証期間の1929～38年について、気温実測値と復元値を比較したものを第5表に示す。表にみられるように、一年単位で検討すると、各地点とも実測値と復元値の間に1℃以上差のある年がみられる。特に、観測場所の移設の影響があると考えられる本山を除くと、復元の精度は若干劣っていると考えられる高知と檜原では、両者の間に1℃以上差のある年が4～5年みられる。このように、一年単位の比較において、実測値と復元値の間に1℃以上の差がみられるのは、毎年の気温の変動幅に比べて年輪幅の変動が小さいこと、また、年輪試料採取地点と気象観測地点が離れていることによるものと考えられる。したがって、本稿では一年単位の気温復元ではなく、気温観測地点の移設等の影響を受けたと考えられる本山以外の地点において、実測値の平均値と復元値の平均

値の差が0.9℃以内となっている10年平均の気温復元を行った。

第6表 各地点の10年平均気温復元値。

期間	地 点									平均
	室戸	安芸	本山	大柝	越知	高知	須崎	檜原	中村	
1800年～1809年	22.0	24.6	21.6	23.0	24.2	24.1	25.1	21.2	24.1	23.3
1810年～1819年	21.9	24.0	21.2	22.6	23.8	24.2	24.4	21.3	23.3	23.0
1820年～1829年	22.2	24.6	21.9	23.2	24.2	24.3	24.9	21.5	24.2	23.4
1830年～1839年	22.1	24.9	21.9	23.3	24.3	24.2	25.3	21.2	24.5	23.5
1840年～1849年	21.9	24.3	21.4	22.8	24.0	24.1	24.6	21.2	23.7	23.1
1850年～1859年	22.1	24.9	21.8	23.2	24.3	24.1	25.2	21.2	24.4	23.5
1860年～1869年	22.1	24.9	22.0	23.3	24.2	24.2	24.8	21.3	24.5	23.5
1870年～1879年	22.0	24.5	21.6	23.0	24.0	24.1	24.6	21.2	24.1	23.2
1880年～1889年	21.6	23.9	21.4	22.3	23.6	23.9	24.2	20.9	23.2	22.8
1890年～1899年	22.1	24.7	21.8	23.2	24.2	24.2	24.9	21.4	24.2	23.4

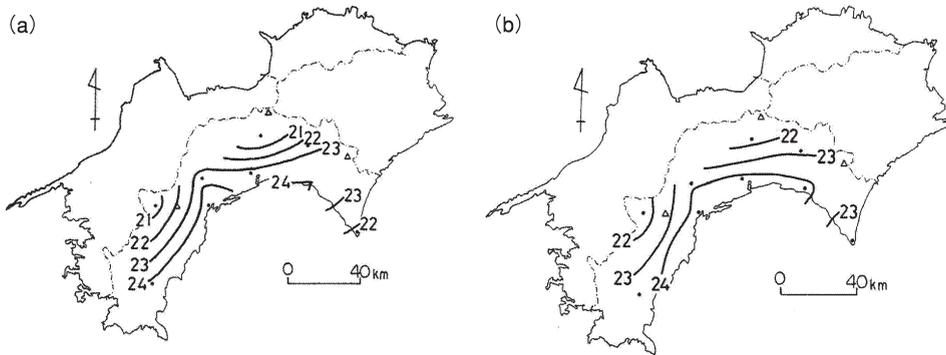
単位：℃

値の差が0.9℃以内となっている10年平均の気温復元を行った。

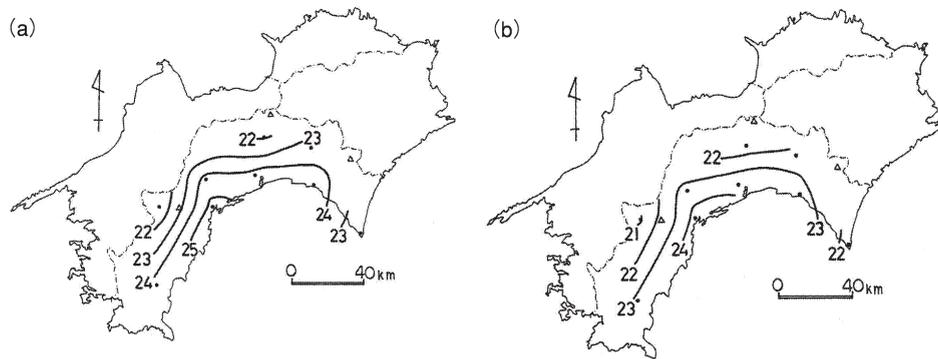
次に、気温分布復元結果の検討のため、前述の検証期間の10年間平均値について、気温実測値と復元値の空間分布を比較したものを第5図a, bに示す。前述のように、復元結果の精度が若干劣る地点があるものの、両者の分布パターンはおおむね一致する傾向にあり、復元結果は信頼できるものと考えられる。

以上の結果をふまえて、復元期間の1785～1921年中1800～99年について、気温復元値の10年平均を用いた平均気温分布図を作成した。分布図作成に使用した10年ごとの平均気温を第6表に示す。この中から2つの10年間を選び、復元気温分布図を第6図に示した。示した期間は、各地点平均気温が最も高かったうちの1つ1830～39年（第6図a）と、最も低かった1880～89年（第6図b）とした。

復元結果（第6図a, b）によると、平均気温が高い期間、低い期間ともに分布パターンには大きな変化



第5図 気温実測値と復元値の空間分布。単位：°C，a：実測値，b：復元値。



第6図 年輪幅の分布より復元した10月の最高気温分布。単位：°C，a：1830～1839年の10年平均，b：1880～1889年の10年平均。

はみられず、県南東端の室戸、中部内陸部の本山および西部内陸部の檜原が低温、県中西部沿岸部の須崎が高温の気温分布になっている。また、等温線は室戸付近を除き、地形にしたがう傾向にある。

4. おわりに

高知県内の3地点の官公署に展示されている年輪試料の年輪幅の年々変動の分布に基づき、県内9地点の気象観測点を用いて10月の最高気温分布復元を行い、年輪幅の分布に基づいた気温分布復元の可能性の検討を行った。

年輪幅の分布より得られた気温復元値は、関係式を求めた期間については実測値との相関係数も高く、また、10年平均でみた場合、実測値と復元値の平均値の差も小さかった。検証期間については、気象観測場所が移設されたことのある地点が多く、実測値と復元値の平均値が1°C以上異なる地点もみられたが、気象観

測点移設の影響を除くと両者はおおむね一致する傾向にあるとともに、実測値と復元値の分布パターンはおおむね一致する傾向にあった。以上の結果より、復元結果は妥当なものと考えられる。復元期間の1800年から1899年について作成した10年間気温分布図によると、沿岸部の須崎が高温、内陸部の本山、檜原および南東部の室戸が低温となる気温分布を示していた。以上の結果より、官公署に保管展示されている年輪試料を用いた気温分布の復元は、高知県レベルの空間スケールでは可能であると考えられる。

なお、この方法が妥当なものかさらに検討を加えるため、今後、事例研究を増やすとともに、復元範囲を広げた研究が必要と考えられる。

参考文献

Fritts, H. C., T. J. Blasing, B. P. Hayden and J. E. Kutzbach, 1971: Multivariate techniques for specifying

- tree-growth and climate relationships and for reconstructing anomalies in paleoclimate. *J. Appl. Meteor.*, **10**, 845-864.
- Fritts, H. C., 1976: *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London, 567pp.
- 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.
- 佐藤忠信, 八嶋 厚, 田中 琢, 1989: 年輪を用いた長期の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復元した高知県魚梁瀬の気温変化. *東北地理*, **40**, 181-190.
- 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, 1996: 年輪気候学的解析における応答関数の検討. *地理科学*, **51**, 252-260.
- Takechi, N., 2005: Reconstruction of the past temperature distribution in Southwest Japan from annual ring width. *J. For. Res.*, **10**, 367-372.
- 武市伸幸, 2005: 年輪幅より高知市の夏季平均日最低気温の年々変動を復元する試み. *天気*, **52**, 913-917.
- 田中 豊, 垂水共之, 脇本和昌, 1984: パソコン統計解析ハンドブックII多変量解析編. 共立出版, 403pp.
- Yamakawa, W., O. Kobayashi and T. Sweda, 2002: A tree-ring reconstruction of summer temperature for southwest Japan. Edited by M. Yamano, T. Nagao, and T. Sweda "Geothermal/Dendrochronological Paleoclimate Reconstruction across Eastern Margin of Eurasia", 43-49, Proc. 2002 International Matsu-yama Workshop.

A Study to Reconstruct the Distribution of Maximum Temperature in October in Kochi Prefecture from Annual Ring Widths

TAKECHI Nobuyuki*

* *Tosajoshi High School.*

(Contact address: N. Takechi, 15-7 Hijimacho Kochi City 780-0066, Japan)

(Received 14 December 2005 ; Accepted 4 February 2008)
