

## 生駒山宝山寺の杉材に見られる年輪の年周変化について

加藤 賢一\*

### 概要

2004年、奈良県・生駒山宝山寺境内から伐採された杉材に見られる年輪幅を調査した。年輪の計数から1718±2年に植えつけられた伐採時樹齢286±2年の材で、年輪幅は11年、23年等の周期で変動していることが判明した。11年変動は太陽黒点数の変動周期と一致しており、従来の指摘が本資料でも確認された。23年周期はあまり意識されてこなかったが、世界的に見られる傾向であることを指摘する。

#### 1. はじめに

木材に見られる年輪(tree-ring)は日本のような四季のある国で育った樹木に現われる成長痕である。樹木の成長は環境に大きく依存し、日本のような四季のある温帯では春成長した細胞と夏以降に成長した細胞では形や細胞壁の厚さが異なるため、見かけの異なった早材と晩材の層を作る。こうした繰り返しを1年周期で行なっている結果、1年周期の成長痕が生じる。これが年輪であり、1年間に成長した層がわかるため、年輪の数を数えればその樹木の樹齢がわかり、その幅を測ればその樹木の成長量がわかることになる。

樹木の成長は取り巻く自然環境に関する種々の影響を受けているため、年輪を調べることによりそうした環境についての情報が得られる。なかでも年輪幅は樹木の成長の年変化が記録されている点で重要で、幅の大小は降水量と密接な関係があることが知られており、過去の自然環境を知る上での材料の一つとなっている。

樹木の成長を左右する要因には内的なものとの外的なものがあり、米延(2006)は内的因子として

- ・樹齢
- ・遺伝形質

を挙げ、外的因子としては

- ・気候、気象
- ・大気汚染
- ・病虫害
- ・植物社会学

- ・立地(地形や土壌など)
  - ・人為の干渉
- などを挙げている。

このうち、外的な要因に着目し、年輪幅と気候との相関関係を導き、年輪幅から年輪形成時の気候状態を復元しようという試みが行なわれており、年輪気候学、年輪気象学(dendroclimatology)などと呼ばれている。なお、年輪幅の時間変化のようすからその樹木が成長していた時期を特定しようという試みは年輪年代学(dendroarchaeology)と呼ばれ、古い建造物に使われている木材の年代を特定することによりその建造物が立てられた年代に制限をつけるといった応用がなされてきた。その他、古環境を再現するdendroecology、火山噴火・地震・地すべりのようすなどを再現するdendrogeomorphology、水環境を再現しようとするdendrohydrologyといった研究分野が開拓されてきた。

年輪幅といったマクロな情報ではなく、年輪を構成物質に着目し、年輪形成時に取り込まれた物質を直接調査してみようという試みも行なわれている。特に炭素、酸素、水素などのアイソトープ比を求めて年輪気候学に貢献しようという試みがなされており、dendroisotope chemistry と呼ばれる研究分野となっている(以上は The Laboratory of Tree-Ring Research, The University of Arizona、<http://www.ltrr.arizona.edu/index.html> による)。

このように樹木の年輪が持っている情報は多岐に渡り、特に過去の自然環境の変化を記録しているという点で貴重な資料と言える。また、木材の年輪は容易

\*大阪市立科学館 学芸課  
E-mail:kato@sci-museum.kita.osaka.jp

に肉眼で視認できるため、博物館にとっては古環境を示す資料として使いやすく、しばしば展示に供されている。大阪市立科学館でも太陽活動の変動を間接的に示している例として 1994 年以来 4 階展示場に年輪資料を展示している。

年輪幅変動を太陽活動と結びつけて考察した研究としては久保田・鈴木 (1992)、久保田 (2001) などがあり、わが国 (特に関西地域) の樹木でも年輪幅の変動が 11 年の太陽活動周期と同期しており、さらにいわゆるマウンダー極小期なども観察されることを報告している。

このたび新たな年輪資料を受け入れたので、展示に供する前の基本調査として年輪計測を行なった。本論文はその結果を報告するものである。



図1. 宝山寺の位置

## 2. 年輪資料

ここで対象とする年輪資料 (受入番号 2004-18、2004 年 9 月 29 日受入) (以下、生駒資料と呼ぶ) は奈良県生駒市の生駒山宝山寺境内 (図 1) に生えていた杉で、高さが約 40m あったという (これは証言者の言であるが、国内で 40m を越す木は珍しい)。2004 年 8 月に伐採された。本資料は根元より高さ 12 m ほどのところを厚さ 7cm ほどにスライスしたもので、直径 64.5~67.5cm である (図 2)。資料の年輪中心は幾何学的中心よりややずれており、中に数箇所、節が見られる。

伐採の後、スライス作業ならびに木口面加工は岸本造園によって行なわれた。



図2. 資料外観

## 3. 年輪幅計測とその結果

年輪幅の測定は、年輪中心より放射状に 8 方向を選び、年輪端の距離を測定することによって行った。材の上にスケールを置き、年輪とスケールの目盛をデジタル・カメラで同時に写しこみ、後で目視により距離を読んだ。スケールの目盛は 1 mm 単位であり、0.1mm まで読み取った。

測定は 8 方向で行ったが、特に測定を吟味して行った 2 方向 (図 2 参照。年輪中心を挟んで両方向。ここでは B と F としておく) をここでは後の解析用データとした。

図 3 に F 方向の年輪外観を示す。写真中に 10 年毎の年号とその年に該当する年輪の箇所を矢印で示した。これからわかるように、この資料では 1716 年までさかのぼることができる。

B 方向では、途中、年輪の不明瞭なところがあるためであろうか、数えることができたのは 1722 年までである。先の述べたように、年輪を形成するための要因には種々あるため、年輪は必ずしも 1 年に 1 本とは限らず、年輪と実年との対応には不確定性を避けることはできない。そこで、資料全体を見て遡及可能年齢を推定したが、その他の方向でも 1920 年代までであり、F 方向が最も古い年齢を示した。以上より、本資料の生年は遅くとも 1720 年代であることは確実である。ここでは、F 方向の年輪輪郭が最も明瞭であるため、これに大きな荷重を与えることにして、この資料の植えつけられた時期を

1718年±2年

付加的成分 — 23±1年

60年±10年

と推定する。

表1にF方向の年輪幅測定値を示す。図4にはそれを図示しておいた。図4中のそれぞれの測定値を重ねて表示してある滑らかな曲線は、各測定データを最小二乗法により2次曲線でフィットしたもので、全体的な経年傾向を示していると見ることができる。図5は各年輪幅からこの経年傾向の差を示したもので、後の周期解析にはこのデータを用いた。

#### 4. 年輪幅の年周変化

年輪幅の年周変化を見るため、フーリエ法と最大エントロピー(MEM)法による周期解析を行った。用いたプログラムは筆者が太陽黒点数の短周期解析を行ったときに使用したものである(加藤、1998)。

結果を図6～9に掲げる。図6, 7はフーリエ法による結果、図8, 9がMEM法による結果である。図6, 7においてP1、P2、P3、P4、P5と記したのはB方向とF方向の両方に大きなパワーが見られるところで、それぞれ9.6年、11.3年、23年、57年、128年である。また、図8, 9においてm1、m2と記したのはMEM法の結果で両方に大きなパワーが見られるところで、それぞれ9.2年、11.7年である。2つの方法によって結果に微妙な違いが見られる。

P5は図5の年輪幅に大きなうねり状になっている周期成分に対応するものであるが、MEM法では現われていない。

P3はP2の倍周期に相当する成分のようにも見えるが、後述するように、太陽黒点周期には見られない周期であり、データ処理の過程で現われた仮想的な成分とも考えにくいので、十分注意を払う必要がある。ただ、MEM法の結果ではF方向には強く出ているが、B方向には見られず、生駒資料に固有の現象の可能性がある。

P1はm1と対応し、P2とm2が対応しているが、P4に対応する成分はMEM法では55年と70年に分岐している。

解析手法や年輪の方向によらず共通して確実に見られる周期はP1=m1とP2=m2で、弱くP3とP4成分が出ている。結論をまとめると、

確実な成分 — 9.4±0.2年  
11.5±0.2年

となる。

#### 5. 測定値の検討

ここで得られた年輪幅測定値は他のサンプルとどのような関係にあるか、比較し、ここでの測定値の信頼性を検討する。

##### 1) 木曾ヒノキ

図10に木曾ヒノキ原生木の標準年齢曲線(米延、2006)と生駒資料の平均データ(FとBの平均)を並べてみた。標準年齢曲線は経年変化を差し引き、かつ30から40サンプルのデータを平均化した年輪幅のことであり、個々の資料の内的因子による効果は平均化され、外的因子による効果が大きく出ていると考えることができる。生駒資料は単一資料であり、内的因子による効果は大きく残っていると思われる。

こうして両者を比較すると生駒資料には1775年前後に極大、1830年前後に極小、1900年前後に極大、1975年前後に極小、1990年前後に極大という大きなうねりのような変化(P5成分)が見られるが、木曾ヒノキにはそうした傾向はない。ただし、これは標準化の過程で生じた生駒資料に特有の見掛けの傾向という可能性もあるので注意が必要である。

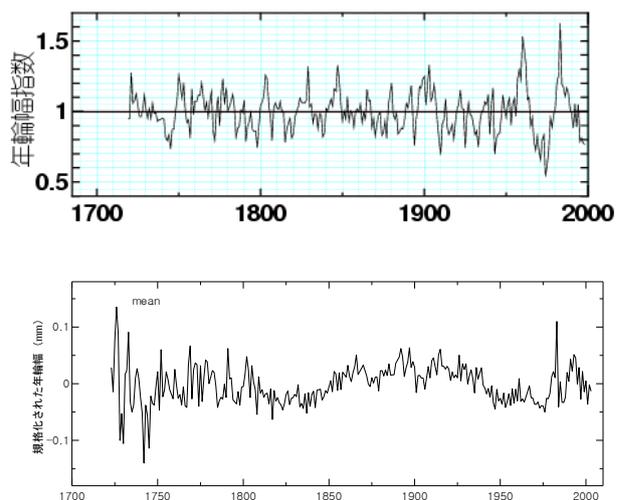


図10.木曾ヒノキの標準年齢曲線(上、米延、2006)と生駒資料の平均年輪幅比較

短期の大きな変化(図ではスパイク状に見える)については必ずしも相関が良いとは言えない。たと

えば、木曾ヒノキでは1900年頃、1960年頃に大きなスパイクが見られるが、生駒資料では反対の傾向である。

## 2) 岡山理科大学のマツ

最近80年ほどの期間での比較として岡山理科大学構内のマツから採取された年輪データ(波田、1996)と比較しておく(図11)。1945年以降については全般的傾向は非常によく似ているが、岡山理科大学のマツが生長初期にあたると思われる初期10年ほどはあまり相関が見られない。

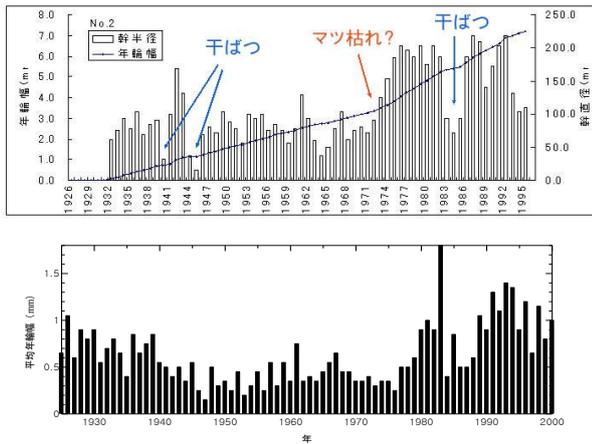


図11. 岡山理大マツ(波田、1996)と生駒資料の平均年輪幅比較

## 3) 海外データとの比較

図12に生駒資料と3箇所の海外データとの比較を図示した。海外はトルコ・エルマリ、フランス・トロンシェ谷、アメリカ・コールベンチでの3地点であり、北緯が比較的揃った地点を選択した。これら海外データは National Climate Data Center (Asheville, North Carolina, U.S.A.) の Pleoclimatology データアーカイブからダウンロードした。

全般的傾向はフランス・トロンシェ谷と酷似している。詳細に見れば各地点それぞれ特徴があり、生駒データがことさら奇妙な値を示しているようには思われない。

## 6. 年周変化の比較

4章で示した生駒資料の年周変化の妥当性を検討するため、上の海外データの年周変化と比較してみた。フーリエ法およびMEM法で求めた周期と生駒資料F方向の周期を図13、図14に並べてみた。併せて太陽黒点相対数の解析結果を載せている。

トルコ・エルマリでは10.2年、14.8年、23.2年、32.0年、51.0年に周期が見られる。フランス・トロンシェ谷では12.5年、23.2年、30.1年、57.0年、73.0年に周期が見られる。アメリカ・コールベンチでは17.8年、23.2年、39.4年、73.0年に周期が見られる。

一方、生駒資料ではF方向とB方向の双方に有効で、解析法によらない成分は9.4年および11.5年周期であった。双方のデータを平均化したデータをフーリエ解析すると10.4年と10.9年に強い成分が現われてきた(図13中でP1と記した)。これらの倍周期と思われる成分がP2である。図14(MEM法)ではP1、P2の周期は10.5年、23.4年となっている。

この解析法による結果の違いを考慮すると、海外3地点で得られた周期のうちP1に相当する成分は、トルコ・エルマリでは10.2年、フランス・トロンシェ谷では12.5年成分の横に見える11.0年成分であり、コールベンチでは不明確である。太陽黒点では10.9年に最も強い成分があり、9.8年に第2成分が見られる。以上より、P1成分はコールベンチを除いて有意に見られる成分であり、世界共通の傾向と言って良いだろう。これはまた太陽黒点の周期と一致しており、従来の指摘を裏付ける結果となった。

P2と記した周期23年の成分は世界4箇所共通しており、P1成分が欠損している地域があるところを見ると、これはP1の倍周期ではなく、P1とは別の有意な周期と見るべきであろう。図6の生駒資料ではB、F共にP2が23年となっており、図13で2成分に分離しているのは平均化の過程において生じた見掛けの現象と思われる。これより、23年周期は世界共通に見られるものと結論づけることができよう。

生駒資料にある60年周期は他では見られず、これに相当するように見えるのはフランス・トロンシェ谷とコールベンチに見られる73年成分である。トルコ・エルマリにはそのような長周期の傾向は出ていない。

結果をまとめると、生駒資料には約11年、23年を周期とする成分があり、この周期は世界的に見られる周期と一致し、かつ11年周期は太陽黒点の変動周期とも一致する。

こうした周期性は他のサンプルでも得られており、生駒資料も同様の外的要因のもとで生長してきたことがうかがえる。この周期性がどこに起因するか、また年輪幅変動がどの外的要因と結びついているか、といった考察も大変興味深いところであるが、筆者の任に余るところであり、ここでは解析結果の報告に留めておく。

最後に、本生駒資料の受け入れについてお世話になりました夕陽さんさんの会の野村さち子さんに厚く御礼申し上げます。

参考文献

加藤賢一 1998、大阪市立科学館研究報告 8、23  
 久保田諄、鈴木美好 1992、地学教育 45、87

久保田諄 2001、月刊うちゅう、17、12号（大阪市立科学館友の会）

波田善夫 2006、ウェブページ、<http://had0.big.ous.ac.jp/>

米延仁志、2006、ウェブページ、<http://dendro.naruto-u.ac.jp/~yn/>

表1. 年輪幅測定値。F方向、単位 cm。1列目は先頭の年を示す

年初	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1717	***	***	***	***	***	***	0.38	0.49	0.63	0.57
1721	0.2	0.23	0.09	0.12	0.24	0.23	0.2	0.19	0.13	0.16
1731	0.3	0.16	0.09	0.15	0.03	0.18	0.12	0.13	0.1	0.11
1741	0.13	0.03	0.13	0.16	0.1	0.11	0.1	0.12	0.16	0.1
1751	0.11	0.13	0.12	0.09	0.15	0.09	0.12	0.09	0.07	0.07
1761	0.07	0.07	0.05	0.08	0.11	0.15	0.08	0.19	0.17	0.14
1771	0.06	0.15	0.1	0.09	0.1	0.09	0.13	0.17	0.17	0.13
1781	0.07	0.08	0.07	0.11	0.07	0.08	0.05	0.12	0.07	0.07
1791	0.08	0.04	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.07	0.08
1801	0.05	0.1	0.11	0.05	0.11	0.09	0.05	0.06	0.06	0.06
1811	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.06	0.02	0.02	0.03	0.04
1821	0.07	0.06	0.04	0.03	0.08	0.1	0.04	0.06	0.03	0.04
1831	0.03	0.09	0.02	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.04	0.04
1841	0.07	0.03	0.07	0.06	0.06	0.06	0.04	0.05	0.06	0.07
1851	0.08	0.03	0.09	0.08	0.03	0.08	0.03	0.06	0.07	0.08
1861	0.09	0.09	0.09	0.12	0.11	0.16	0.08	0.09	0.05	0.08
1871	0.02	0.06	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.03	0.06
1881	0.07	0.04	0.09	0.11	0.14	0.09	0.07	0.06	0.08	0.08
1891	0.09	0.1	0.1	0.07	0.09	0.08	0.11	0.04	0.08	0.09
1901	0.03	0.08	0.1	0.08	0.08	0.07	0.09	0.09	0.1	0.14
1911	0.15	0.11	0.09	0.12	0.14	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06
1921	0.03	0.07	0.05	0.07	0.04	0.08	0.02	0.1	0.07	0.08
1931	0.06	0.09	0.11	0.09	0.05	0.12	0.09	0.12	0.08	0.05
1941	0.06	0.03	0.07	0.03	0.06	0.03	0.02	0.08	0.04	0.05
1951	0.03	0.07	0.03	0.05	0.07	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03
1961	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.07	0.07	0.05	0.06	0.04
1971	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05	0.04	0.09
1981	0.1	0.09	0.27	0.04	0.1	0.06	0.04	0.07	0.12	0.1
1991	0.16	0.11	0.13	0.15	0.09	0.15	0.08	0.12	0.09	0.11
2001	0.08	0.12	0.09	***	***	***	***	***	***	***



图3.1 F年輪 1950—2004年

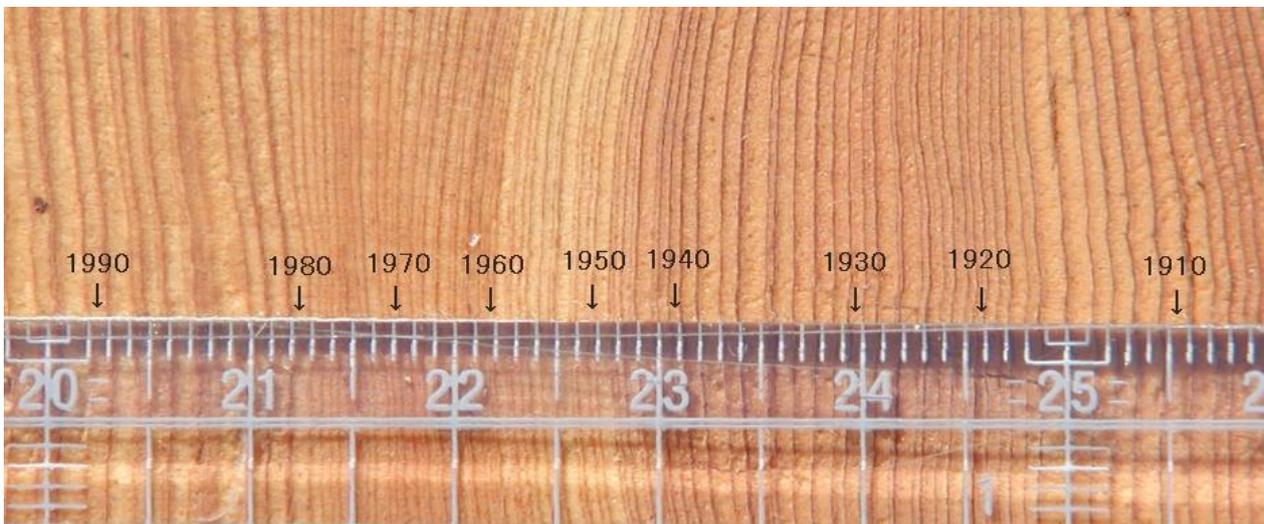


图3.2 F年輪 1910—1990年

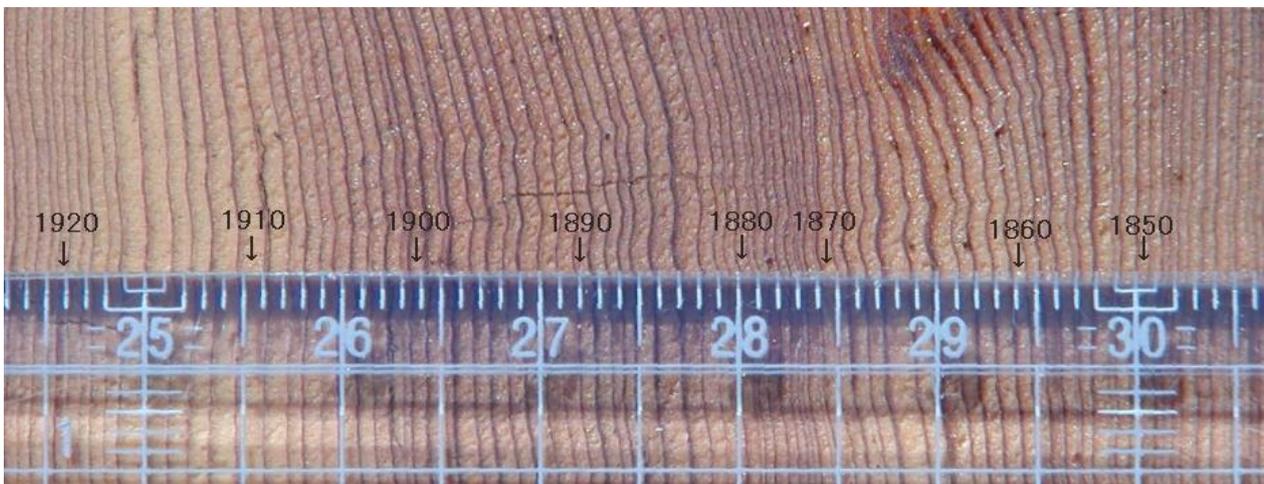


图3.3 F年輪 1850—1920年

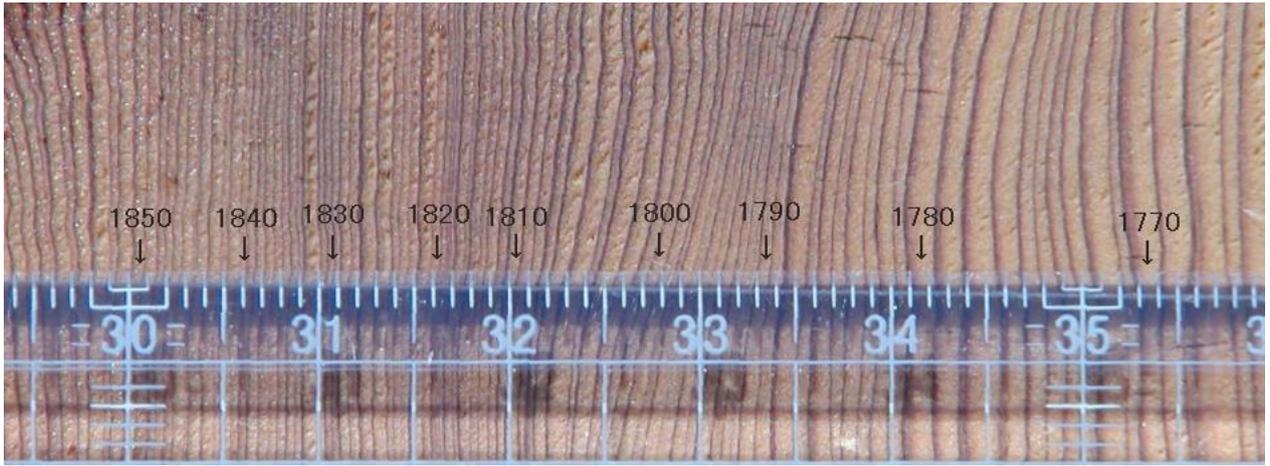


図3.4 F年輪 1770-1850年

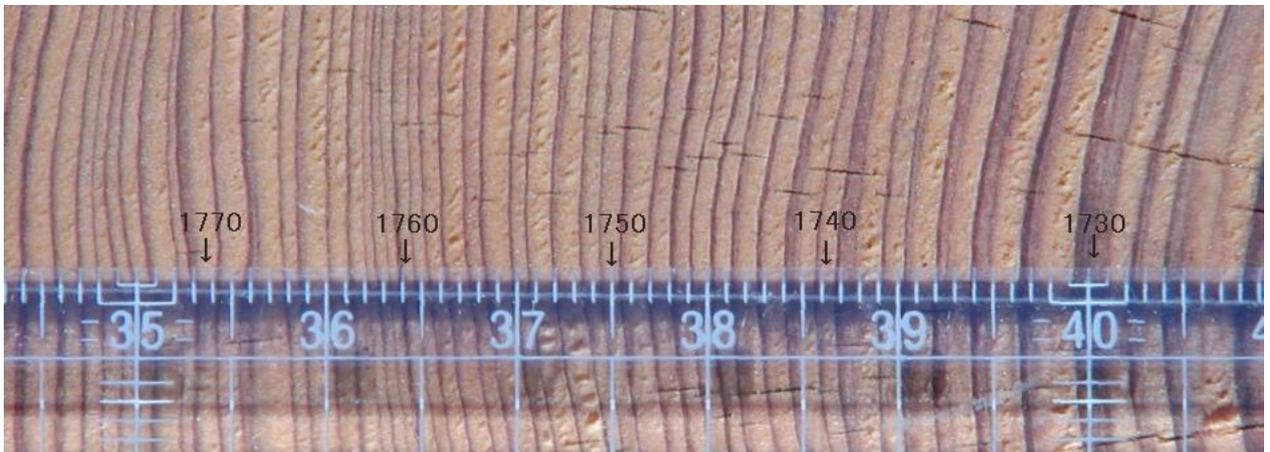


図3.5 F年輪 1730-1770年



図3.6 F年輪 1716-1730年

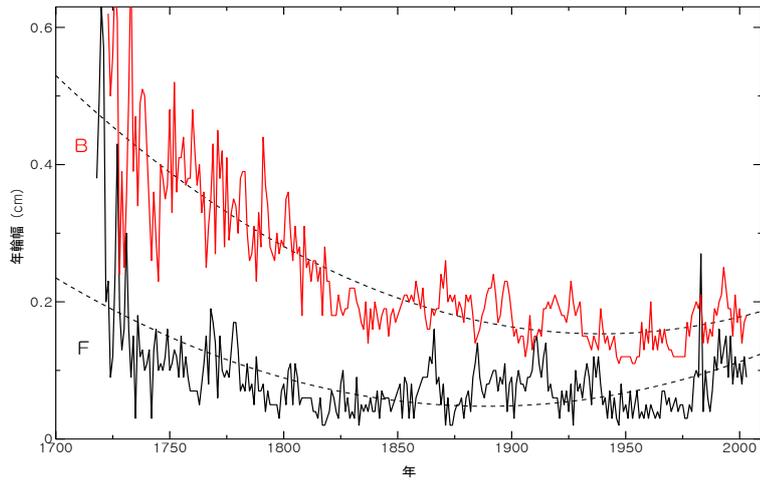


図4. 年輪幅測定値。B方向は上に0.1mmずらして表示

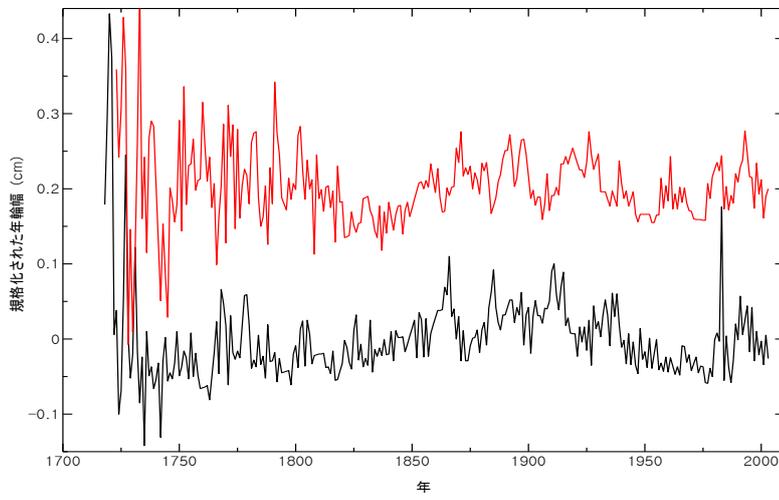


図5. 規格化された年輪幅測定値。B方向は上に0.2mmずらして表示

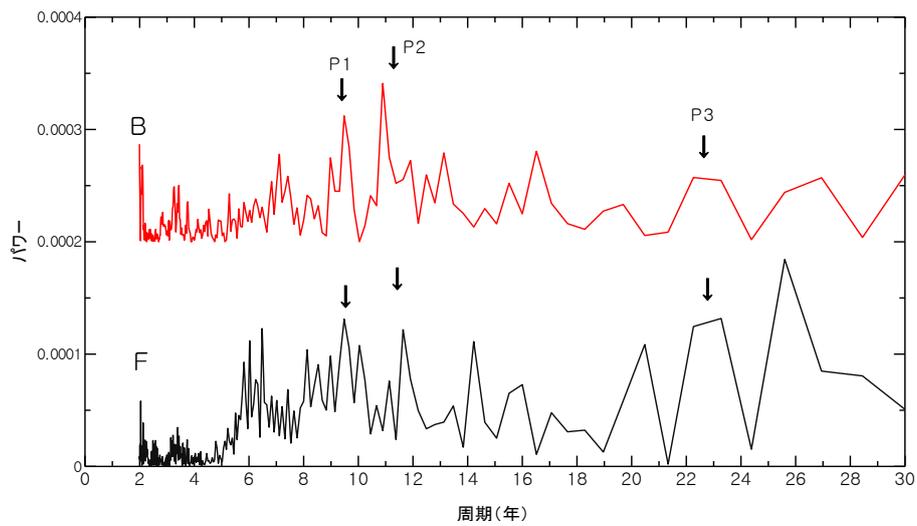


図6. フーリエ法によって求めた年輪幅のペリオドグラム(1)

生駒山宝山寺の杉材に見られる年輪の年周変化

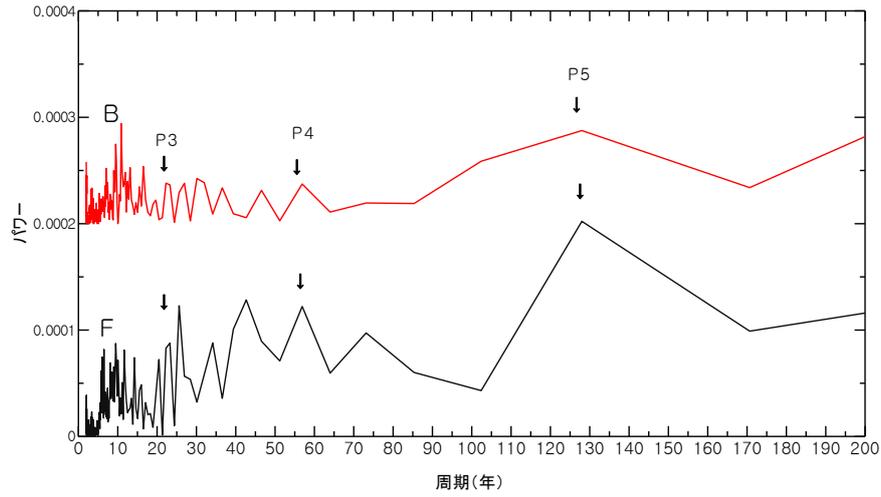


図7. フーリエ法によって求めた年輪幅のペリオドグラム(2)

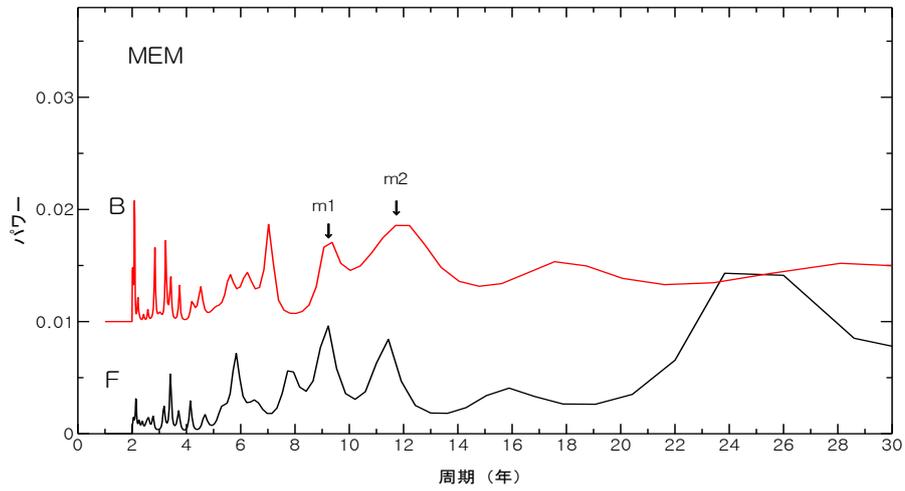


図8. MEM法によって求めた年輪幅のペリオドグラム(1)

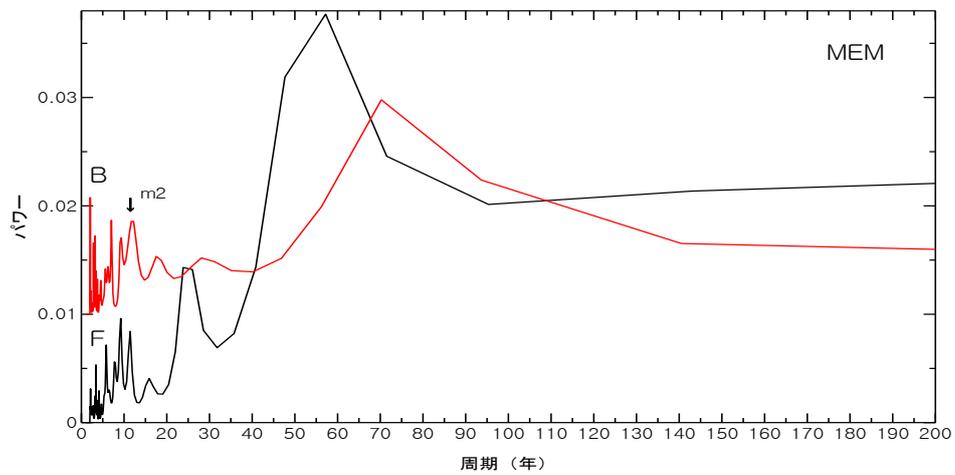


図9. MEM法によって求めた年輪幅のペリオドグラム(2)

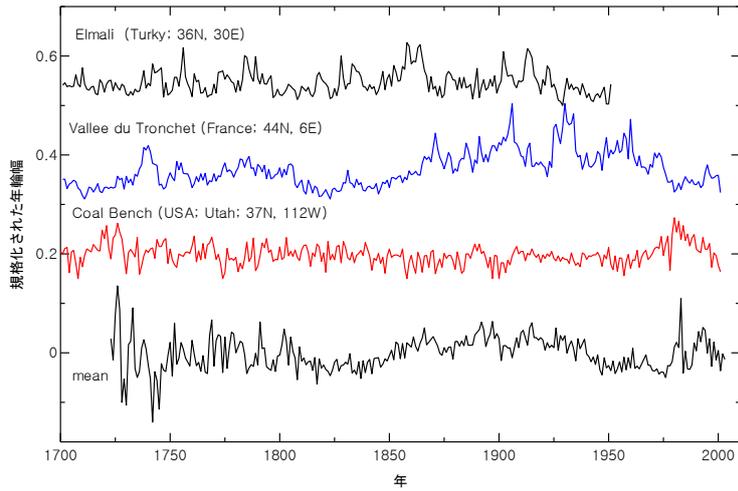


図 12. 生駒資料(最下)と海外データとの比較。上からトルコ・エルマリ、フランス・トロンシェ谷、アメリカ・コールベンチでのデータ。

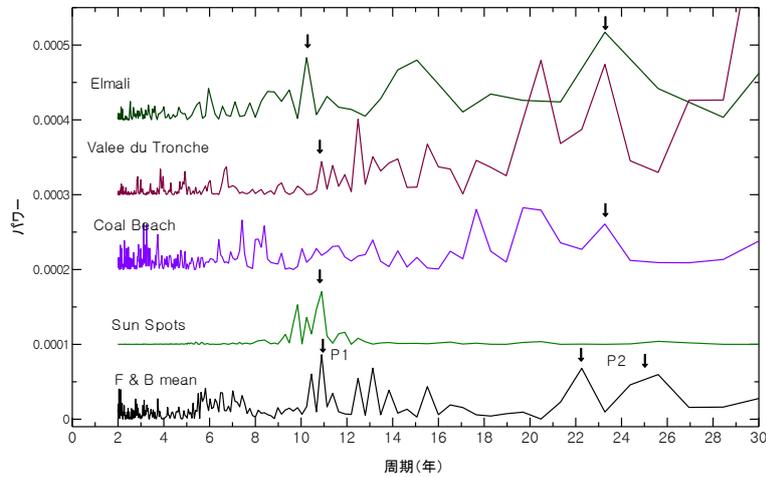


図 13. フーリエ法による周期解析結果の比較。上からトルコ・エルマリ、フランス・トロンシェ谷、アメリカ・コールベンチでのデータ、ならびに太陽黒点、生駒資料(FとBの平均値)。

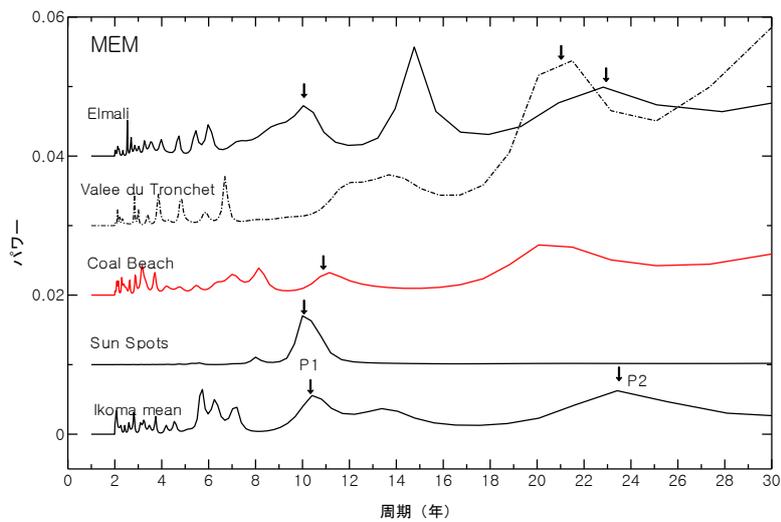


図 14. MEM法による周期解析結果の比較。上からトルコ・エルマリ、フランス・トロンシェ谷、アメリカ・コールベンチでのデータ、ならびに太陽黒点、生駒資料(FとBの平均値)。