

## 資 料

# ストックホルムの年平均海水位と北海道知床半島の樹木の年輪\*

中 村 重 久\*\*

## Annual mean sea levels at Stockholm and annual ring of a tree in Shiretoko Peninsula, Hokkaido\*

Shigehisa NAKAMURA\*\*

**Abstract:** A subarctic interrelation between the annual mean sea levels at Stockholm and the annual ring growth rate of a tree of *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* at Shiretoko, Hokkaido, is studied by the Fast Fourier Transform Method to get their amplitude spectra and by a simple cross-correlation analysis. It is hard to find out a systematic solution of any amplitude spectra even for the directional annual ring growth rate of the tree. One of the simplest methods leads us to find three peaks in cross-correlation between the mean sea levels and the annual ring growth rate along a specific radial line. The three peaks at time lags of 22, 66 and 88 years are discussed in relation to long-term variations of the sunspot number and the solar magnetic activities which must be actually effective to the mean sea levels and to the annual ring in the subarctic zone.

### 1. 緒言

ストックホルムの海水位の変動を、北海道の知床半島のミズナラの年輪および太陽黒点数と関連づけて検討し、亜極帯の問題を提起する。

ストックホルムの海水位のデータは、1774年以來現在まで得られていて、世界中で最長連続記録である(EKMAN, 1988)。とくに、初期は標尺による目視の記録であり、検潮井による記録は1889年以降のものである。この点では、検潮井による検潮記録の問題(中村, 1989a)もあるが、本文では、ストックホルムの年平均海水位に着目することとした。

近年、人工衛星を利用して、ジオイドを基準面とした海水位の計測が試みられるようになったが、現在のところ、この衛星データは短期間のものであり季節変動が判別できるかどうか問題が残っているようである(たとえば、WEBB, 1988; ANDERSON *et al.*, 1988; 柴田, 1989)。中村(1989b)によれば、人工衛星による高度計測を利用した海洋潮汐の研究もみられるようであるが、現時点では、日周潮・半日周潮に焦点がある。この点で、EKMAN(1988)の示したデータは、長期間にわたる年平均海水位の記録として貴重なものと言える。ただ、ストックホルム以外にも長期間の月平均・年平均海水位の記録はあるし、それらの1931年以來についての情報はまとめられている(たとえば、IUGG, 1987)。

また、本文で検討の対象とする北海道知床半島のミズナラはコナラ属 *Quersus* (英名 oak) の一種であり(たとえば、北村・岡本, 1959)、1987年4月に伐採されたものの一部である。一般に、熱帯では樹木に年輪を認め難い。亜熱帯の樹木の年輪に関する研究には気候学の問題に関連したものが多い(たとえば、速水, 1967; MORI, 1981)。これは、太陽放射の変動は太陽黒点数に関連し、その効果は地球上赤道を中心とする熱帯域に

関連し、その効果は地球上赤道を中心とする熱帯域に

\*1989年8月17日受理 Received August 17, 1989

\*\*京都大学防災研究所白浜海象観測所,  
〒649-22 和歌山県西牟婁郡白浜町堅田 2347-7  
Shirahama Oceanographic Observatory, Disaster  
Prevention Research Institute, Kyoto University,  
Katada-Hatasaki, Shirahama, Wakayama, 649-22  
Japan

顕著にあらわれるとすることを出発点としている。CURRIE (1981) の海水位変動の 11 年周期成分の検討はその一例と言える。地球上で、太陽放射エネルギーは熱エネルギーとして赤道域から両極域へ、大気と海水とによって輸送されるものと考えられるが、その輸送過程はそれほど単純なものではない。中緯度帯の大気や海洋の変動は非常に複雑である。それでは高緯度帯は太陽の影響をあまり受けていないと考えてよいのであろうか。地球上の亜寒帯付近は別の意味で太陽の影響が強いと考えられる。とくに亜寒帯に近い極光帯では、地球磁気圏への太陽風の作用が強くあらわれる (たとえば、LEE, 1988)。

このようにみえてくると、亜寒帯の自然現象を太陽活動と関連づけて考えることができるかどうか、大変興味ある問題となる。

このようなことから、ストックホルムの年平均海水位と北海道知床半島の樹木の年輪を平行して検討することは、全地球的問題につながるかもしれない。

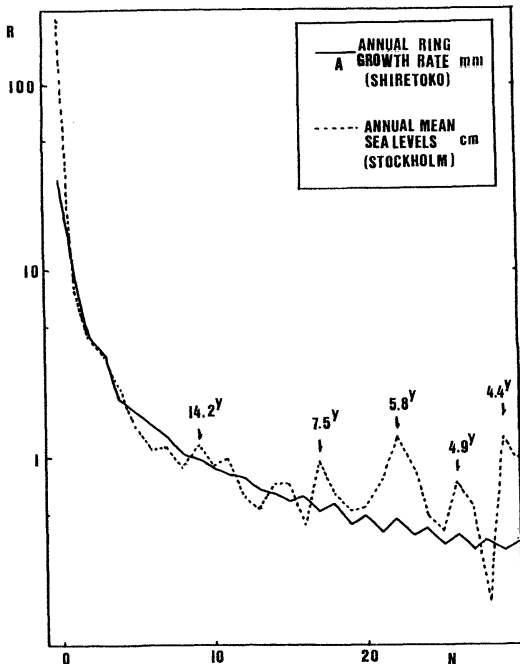


Fig. 1. Amplitude spectra of the annual mean sea levels at Stockholm (dashed line) and of the annual ring growth rate of a tree of *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* at Shiretoko, Hokkaido (solid line). Both Stockholm and Shiretoko are located in the subarctic zone, facing Baltic Sea and the northwestern Pacific, respectively.

## 2. スtockホルムの年平均海水位

ストックホルムは亜寒帯に位置し、世界中で最も長期間にわたる年平均海水位連続記録がある (EKMAN, 1988)。ここでは、解析の都合上、1774—1984 年のうち 1850 年以降の記録 128 年分を対象とした。

年平均海水位の時系列に、高速フーリエ解析法 (Fast Fourier Transform Method) を適用して振幅スペクトルをもとめ、周期 4.4 年より長い周期成分について Fig. 1 の破線のような結果が得られた。このスペクトルには、主なピークとして、周期 14.2 年 (N=9)、周期 7.5 年 (N=17)、周期 5.8 年 (N=22)、周期 4.9 年 (N=26)、そして、周期 4.4 年 (N=29) がある。

STURGES (1987) は、サンフランシスコと Honolulu の海水位変動について、周期 5—8 年でコヒーレントであったが、その位相は一致していなかったとしている。また、米国太平洋岸とヨーロッパ大西洋岸の間では、見かけ上、海水位変動で周期 40—50 年がコヒーレントであった。これを STURGES (1987) は 1800 年代以後の海水位の上昇によるとしているが、それに対応する変動を Fig. 1 の破線で示した結果から議論することはできない。

一方、カナダ大西洋岸の Saint John と New Brunswaick では、海水位変動成分には、周期 10.8 年 (太陽黒点数変動周期) のほかに、原因不明の 5.8—7 年の周期がある (たとえば、EL-SABH and MURTY, 1986)。本文の Fig. 1 では周期 11.6 年 (N=11) は小さなピークであり、周期 10.6 年 (N=12) はそのピークのサイド・ローブとみられる。EL-SABH and MURTY (1986) は 14.5 ケ月周期 (極潮汐周期) も認めているが、これについては別の機会に検討することにしたい。

## 3. 樹木の年輪

北海道斜里郡斜里町大字ウド字国宥林ホロベツ林のミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* (1987 年伐木) について記す。ここで用いた試料は、ミズナラのおよそ地表上 1m の高さで、周囲 1.95m の断面にあらわれた年輪である。この断面の一部を Fig. 2 に示す。

このミズナラの樹芯から、最も成長の小さい方向を、“0” とする。その反対側は最もよく成長している。この試料の断面のさしわたしは 0.620m で全体としてほぼ円型である。ここで、樹芯 “0” を中心として、測線 “R” を基準とし、10° きざみで、時計まわりに A, B, C, . . . , Q の測線をとる。また、反時計まわりに A', B', C', . . . , I' の測線をとる。これらの測

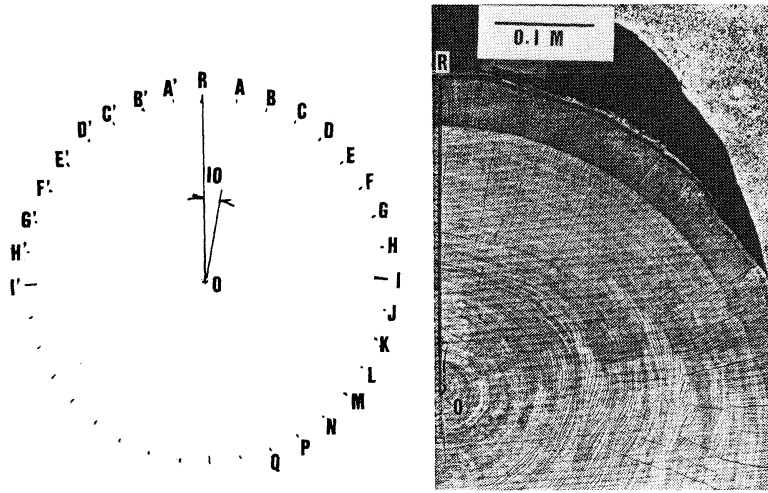


Fig. 2. A part of the annual ring of the tree (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) at Shiretoko, Hokkaido. R is the reference radial line for a minimum growth of the tree. A specific pattern of annual rings can be found in the right-hand side of the radial line R.

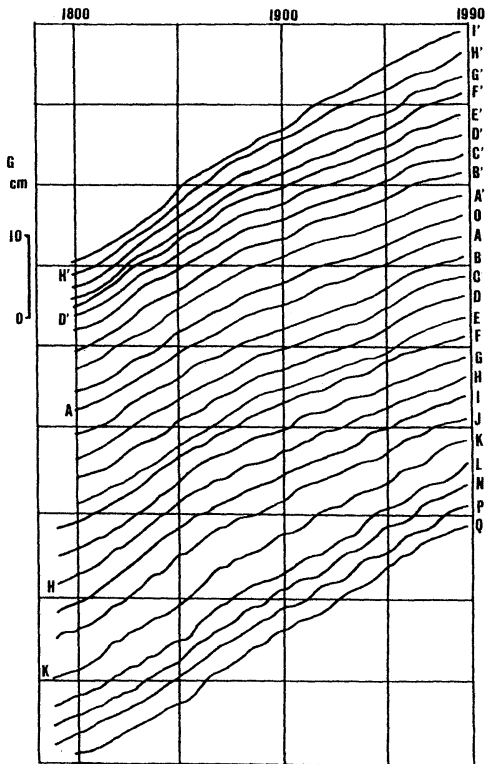


Fig. 3. Directional annual ring growth rate of the tree (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) along radial lines from Q to I' at angle intervals of ten degrees from the line R (cf. Fig. 2). The radial lines Q to I' show that the tree ring growth rate is neither uniform nor isotropic radially.

線ごとに年輪を調べると、樹木の年間成長率の方向特性がわかる。これを Fig. 3 に示す。

この試料の樹齢は推定約 200 年以上とみられるが、樹木の成長曲線を考慮にいれて、ここでは、外的条件の樹木への作用のとらえやすい部分に着目することとした (cf. 山田, 1983)。また、樹木の成育環境から、樹木の成長にともなう根張りなどにも十分留意した。この根張りは年輪からみた樹木の成長率の方向不均一性の原因となる。したがって、単純に一測線をとって年輪を調べるのは、かならずしも正しい判断にはつながらない (たとえば、京都大学農学部附属演習林竹内典之博士からの個人的情報)。

ここで、1 年毎の樹木の成長率の特性をとらえるために、高速フーリエ解析法によるスペクトル解析を行った。とくに、測線 "D" と "H" についての結果を Fig. 4 に示す。この図をみると、22 年・11 年・7 年の周期成長のところに、スペクトルの谷が位置している。別の例として、測線 "H" と "K" についての結果を Fig. 5 に示す。この図では、スペクトルのピークに、22 年・11 年・7 年の周期成分が対応しているようである。さらに、測線 "A" について求めたスペクトルは、Fig. 1 の実線のように、スペクトルのパターンは Fig. 4 や Fig. 5 の例とは異なる。

#### 4. 相互相関

上に見たように、スペクトル解析のみによって、ストックホルムの年平均海水位と北海道知床半島のミズナ

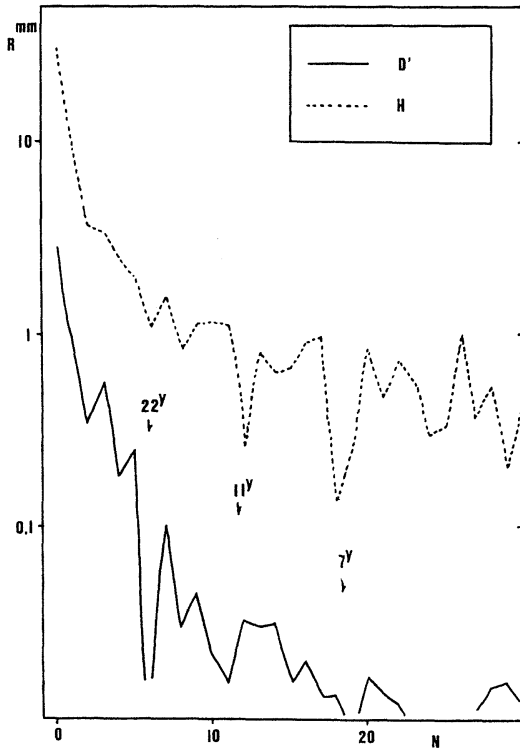


Fig. 4. Amplitude spectra of the annual ring growth rate along the radial lines D' (dashed line) and H (solid line).

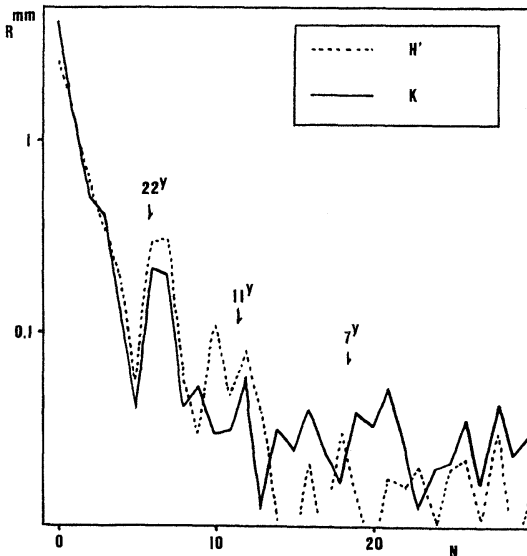


Fig. 5. Amplitude spectra of the annual ring growth rate along the radial lines H' (dashed line) and K (solid line).

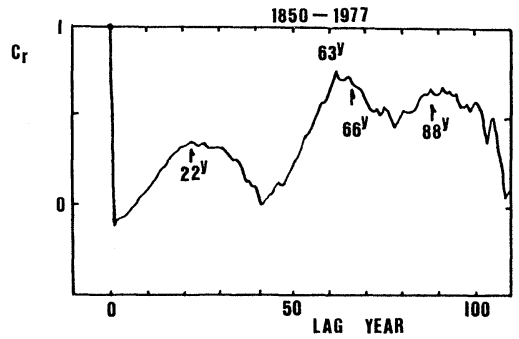


Fig. 6. Cross-correlation between the annual mean sea levels at Stockholm and the annual ring growth radial line A of the tree (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) at Shiretoko, Hokkaido.

ラの年輪との間にどのような関係があるかを判断することは難しい。

ここで、最も簡単な解析法を利用することにしたい。とくに、1850年から128年間を対象として、ストックホルムの年平均海水位とミズナラの測線“A”上の年成長率（年輪の幅）との相互相関係数  $C_r$  を求めた。その結果は Fig. 6 のようになった。すなわち、ずらしが22年・66年・88年のとき  $C_r$  値は極大となるとみてよい。しかも、このずらしは22年の整数倍である。ただし、44年のとき  $C_r$  値は極小に近い。なぜこのような結果が得られたのであろうか。なお、今後の検討に残された問題である。

ちなみに、太陽黒点数 SSN の月平均値を1749-1989年についてみると、この期間に極小期が22回ある。この SSN の値の変動は、かならずしも正弦波的不是だが、周期的規則性があり、この期間を通じて10.9年周期で SSN 月平均値は変化していると言ってよい（京都大学理学部地磁気資料解析センター家森俊彦氏からの情報）。これは、気候学的検討の対象となった11年周期に相当するものと思われる。ただし、太陽黒点の極性（HALE, 1924）や MAUNDER (1922) の butterfly-diagram のほか、たとえば、STIX (1989) の記述例をみても、太陽活動に関連した変動の周期は11年ではなくて、22年周期であるとみるべきであろう。しかも、この22年周期が Fig. 6 に関係がありそうにみえる。

ストックホルムの年平均海水位と北海道知床半島のミズナラの年輪とは、太陽黒点の変動を介して、相互に関連があるとみてよいであろうか。亜寒帯に位置するストックホルムも北海道も、亜寒帯に近い極光帯を通して、

太陽活動の変動の影響を強く受けているのかもしれない。本文の終わりにあたり、この研究に関連して多数の方々の御助言・御協力をいただき、また、御激励をいただいたことを記して、謝意を表したい。

#### 文 献

- ANDERSON, A. J., G. MARGARERT and H.-G. SCHERNECK (1988): A satellite altimeter experiment for the European Space Agency Earth Remote-Sensing Satellite. EOS (Trans. Am. Geophys. Union), **69**, 873-881.
- CURRIE, R.G. (1981): Amplitude and phase of the 11 yr term in sea level: Europe. Geophys. J. Roy. Astron. Soc., **67**, 547-556.
- EL-SABH, M.I. and T.S. MURTY (1986): Seasonal and long-term sea level variations in the Atlantic coast of Canada. Marine Geodesy, **10**, 295-308.
- EKMAN, M. (1988): The world's longest continued series of sea level observations. Pure Appl. Geophys., **127**, 73-77.
- HALE, G. E. (1924): Sunspots as magnets and the periodic reversal of their property. Nature, **113**(2829), 105-112.
- 速水頌一郎 (1967): 西紀 1650 年—暗黒から黎明への時代. 京大防災研究所年報, (10A), 1-11.
- IUGG (1987): Proces-Verbaux No.17, IAPSO IUGG, XIX General Assembly at Vancouver, held in August 1987. 473pp.
- 北村四郎 (補)・岡本省吾 (1959): 原色日本樹木図鑑. 保育社. 306pp. (とくに p.47).
- LEE, L. C. (1988): Toward a time-dependent reconnection model. EOS (Trans. Am. Geophys. Union), **69**, 1617-1627.
- MAUNDER, E.W. (1922): The sun and sunspots. Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **82**, 534-543.
- MORI, Y. (1981): Evidence of an 11-year periodicity in tree-ring series from Formosa related to the sunspot cycle. J. Climatol., **1**, 345-353.
- 中村重久 (1989 a): 検潮井による検潮記録, La mer, **27**, 164-169.
- 中村重久 (1989 b): 人工衛星による高度計測と海洋潮汐について, La mer, **27**, 200-204.
- 柴田彰 (1989): Geosat 高度計で観測された日本周辺における相対的海面水位の変動について. 海と空, **65**, 1-16.
- STIX, M. (1989): The sun. A and A Library Springer-Verlag, Berlin, 390pp.
- STURGES, W. (1987): Largescale coherence of sea level at very low frequencies. J. Phys. Oceanogr., **17**, 2084-2094.
- WEBB, D. J. (1988): Assimilating altimeter data into ocean models using forward and forward-backward schemes. Symposium on Ocean Data Assimilation and Prediction Studies, PS-6, IAPSO IUGG, Proces-Verbaux No.17, XIX General Assembly at Vancouver, August 1987. p. 240-241.
- 山田常雄編 (1983): 岩波生物学辞典 (第 3 版). 岩波書店, 東京. 349pp. (とくに p.979).