

木の文化・木の科学

山 田 正*

Culture and Wood Science

Tadashi YAMADA*

木材研究所創立40周年の記念講演ということで題をこのように選び、日頃抱いている所感の一端を述べる。この表題を見ると、科学は文化ではないのかと指摘されそうであるが、両者の関係は、文化の定義を、例えば、人類が理想や要求を具体化してゆく活動の過程と広く定めるならば、木に関する文化の基礎の一つを木の科学が形造っていると考えることによって理解されるであろう。我々の木材研究所は木の科学的研究を職業とする専門家の集団である。トーマス・クーンの云う normal science としての 木材科学 の研究を推進しているのが現状である。

さて、文化をこのように定義しても、その具体的なとらえ方は様々である。一、二の例をあげると、芸術・宗教などのように人間の精神的行動という高度な過程としてとらえらる一方、衣食住など、我々の日常の生活行動の段階でとらえらる一方もある。木の文化を前者の立場に立って歴史的な考察を試みようとする、例えば、国宝の仏像彫刻や器具、古建築などを論ずることとなる。その場合、そのような文化財を成立させた当時の仏像を中心とする社会思潮や人的物的資源の状況について考察することも重要であるが、ここでは古建築の美的評価について先人の所見の一例を紹介するにとどめよう。古建築といえば、石造を主とする世界の文化財建造物の中で、わが国のそれは、木造を主とする点の特異である。

明治期、東大に美学の講座を開設された大塚博士は、木造建築の特色として、形については、形の変化の対照を著しくしうること、水平方向に著しく突出させうること、力の組織の全体統一を顕わし易いことなどを指摘している。また、表現については、軽快で優美、上品、壮麗、温雅、華美、絢爛など種々の感じを出すことが自由であり、その上に構造をそのまま美化し装飾化することが容易である。それには木目が独特の味をもって、生き生きとした感じを与え、温み、親しみを感じさせることも一因となる旨のことを述べている。古い時代にあつて、深く軒を挺出させて水平方向への視覚的力感をも表出し、美観を与える図1のような構築に、古人の木の加工性や強度に関する科学知をみて深い感銘を覚えると共に、木目の独特の味が何に由来するのかと素朴な疑問を抱く。人の木への親しみは同じ生物体だからという主旨の小原教授の説明がある。科学的な解釈は困難であった。このように、木の文化からの木の知と、木の科学にもとづく木の知との間には差異が存在する。

一方、文化を日常生活行動の段階でとらえるときには、われわれの生活環境を形造る工芸品などの木製品が対象の一つになる。一般に工芸品は、多様な使用目的に応じ、材料の樹種も加工の技術も種々であり、地方色が濃厚に反映することもあつて、味わい深いものが多い。これに関する書物として明治に刊行された「木材の工芸的利用」は、木材の性質、経済的關係、人々の習慣にまでわたつていて、木材の比較文化論の典型といえる。伝統工芸に関する国の行政としては伝産法の制定施行など、地方産業振興につながるものが

* 木材物理部門 (Research Section of Wood Physics)

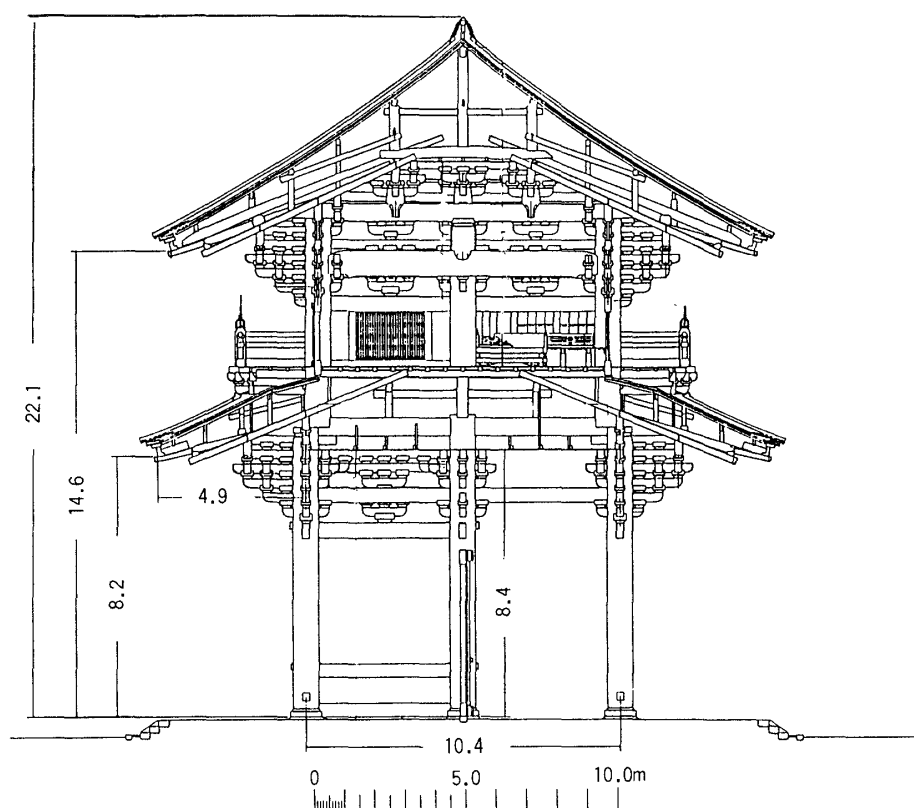


図1 (東福寺山門修理報告書より)

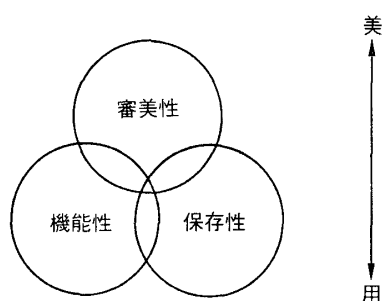


図2 木質製品の特徴

あるが、さらに振興のシーズを広く豊かにするためには、地域のセカンダリノベーションの育成に努力することが先決であろう。

一般に製品の評価には、図2のような審美性、機能性、保全性の三因子があげられ、或は、美と用の二因子があげられてきている。このような観点からの材料としての木の意義は永続する表面を内にもつということであろう。美に徹する芸術品はもとより、美と用をかねる工芸品も、そのような材の中に木のこころをくみとして製作される。感性による木の知が要求されるのである。

さらに、主に用を追求する文化活動の所産として工業製品があって、マス文化——大量生産の文化を形成する。たとえば、電気製品、乗用車、カメラなどは、日本人の技術と審美感とから生み出された素晴らしい

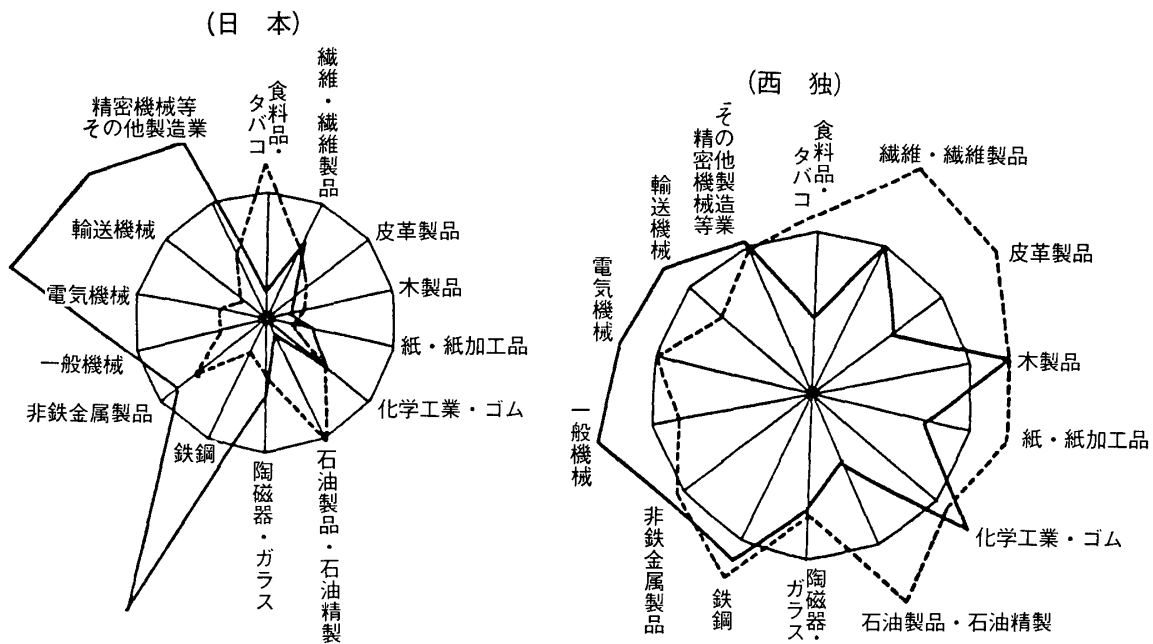


図3 (基礎素材産業の展望と課題 (1982) より)

文化的所産ということができるものである。これらの製品は、貿易摩擦を起しつつ、外国に輸出することによって、国際的な文化の交流に役立っている。これらの製品と木製品とを比較して輸出入状況をみよう。図(3)は、昭和54年度における日本と西独の工業製品輸出入特化係数を比較したものである。こゝに輸出入特化係数とは、OECDの総輸出(入)額に占める当該製品のシェアで当該国の総輸出(入)額に占める当該製品のシェアを除いたもので、特化係数が1ということは、OECDの平均を示すこととなり、図中の円がそれにあたる。図から明らかなように、わが国の輸出は、電気機械、自動車などが著しく突出しているのに比し、木製品は落込みが甚しい。各製品についてバランスのとれている西独と構造を全く異にしている。わが国は木製品に関する文化の国際交流においてレベルが非常に低いことが分る。わが国の木製品を、文化的所産として国際的に受容されるに値するように努力することは、きびしい現情勢下であればこそなおさら重要ではなかろうか。その条件としては、古く後漢の頃に成立したといわれる周礼の補記、考工記に述べられている「天に時あり、地に気あり、材に美あり、工に巧あり」という言葉をあらためて噛みしめる必要があろう。すぐれたものがあらわれるための条件—環境の政策、科学及び工学の重要性が端的に示されている。

木製品或は木性材料はわれわれの生活環境の一部を形造っている。これら木質製品による環境を木質環境とよぶならば、木製品の評価は見方をかえれば木質環境の評価となる。環境はその物理的、化学的特性によって人に働きかけ、人は視触覚、聴覚、嗅覚などの感覚器官を媒介として内部に感覚を生じてそれぞれの生理的或は心理的行動を起す。これを環境の感覚特性とよぶとき、感覚特性は一般にいくつかの感覚パラメータよりなるものである。そして、最終的に人がその環境に対して行動を決定するときの、いわば総合的な評価は、こうした感覚特性が誘因となり、人が内に抱えている嗜好特性が動因となってなされるものである。嗜好特性は環境に対する要望、生理的条件、文化的背景などにより定まる。したがって、人の文化的背景が広がる程総合評価特性も広く高いものになるので、多くの人がふだんに高度の文化的刺激を経験することが望ましい。特に感覚形成期や脳構造の完成期にはなおさらである。今

A：総合評価特性

W：動因 或は嗜好特性

R：誘因 或は感覚特性

S : 感覚パラメータ

P : 物理化学特性

とするとき、以上述べた所は次のように表式化出来るであろう。

$$A=f(W, R) \quad (1)$$

$$R=g(S) \quad (2)$$

$$S=h(P) \quad (3)$$

現在の木質環境科学の研究で主要な課題は(3)の解明、すなわち、感覚パラメータと物理化学的特性との関係を求めることに重点がおかれている。

今、感覚別に木質環境を分類すると

木質視環境

木質触環境

{ 固体接触
 気体接触——室内気候

木質聴環境

木質嗅環境

のようになるのであろうが、嗅覚刺激は気体を介すると考えて空気を取扱う室内気候に含めるとともに、室内気候を触環境から分けてまとめると

木質視触環境

木質音響環境

室内気候

に分類出来よう。夫々について、上式(3)の関係を明らかにすることが求められることとなる。物理化学特性を明らかにすることは、いわゆる自然科学の領域の仕事であって、木の科学はまさにこの範疇の学問分野である。以下は、私が専門とする木材物理の観点から木の科学の概要について述べる。

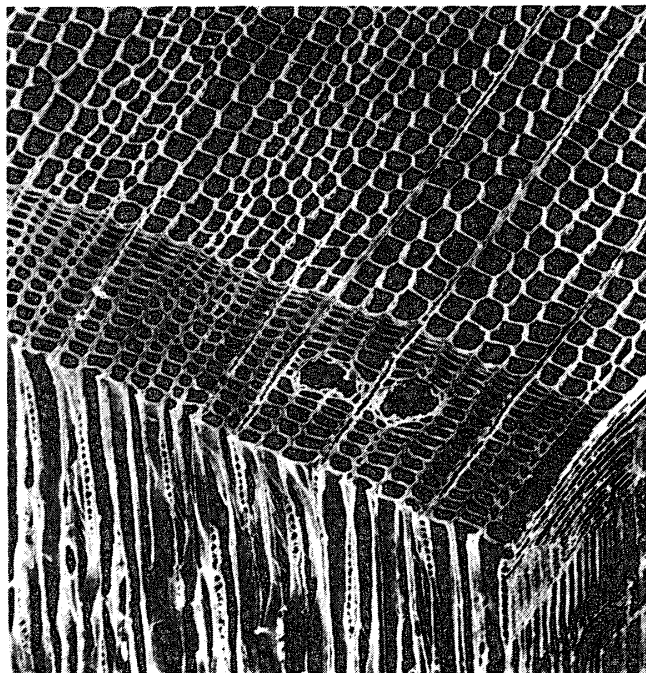


図4 (佐伯浩：木材の構造より)

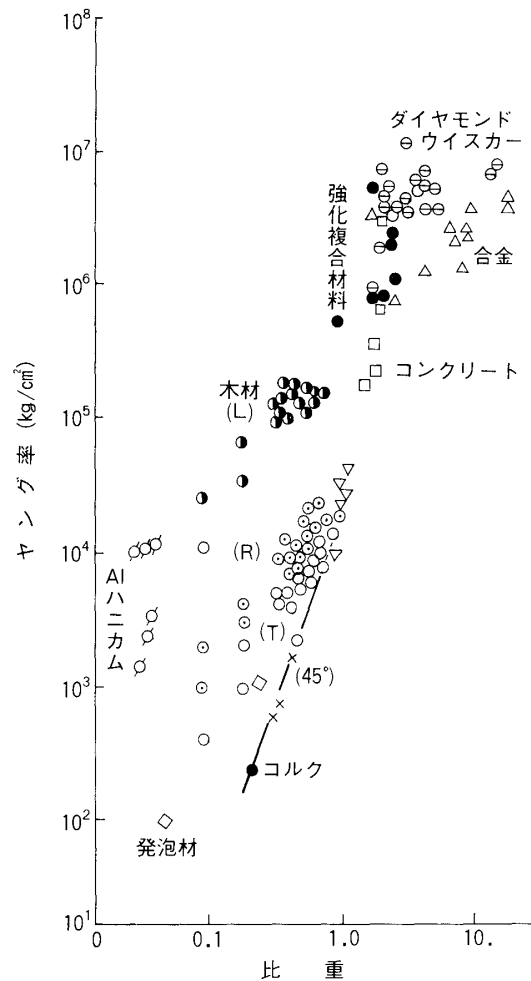


図15

佐伯博士は走査電顕により、目で見える木材の構造の一例を図(4)のように示している。そこには細胞壁と空孔のおりなす天然の妙を感じ取ることが出来るのであるが、その意味づけは未だ木材の科学知の及ばざる所である。

物性の研究とは物理的な刺激と応答の関係を究明することである。木に力、熱、電磁気、などのエネルギーや流体などを与えたときの反応について研究するのが木の物性研究である。例えば木に引張の力を与えれば木は伸びる。ある範囲内の力で引っ張ったあと力を0にすれば伸びも0となる。この線型刺激応答からヤング率が定められる。ヤング率は他の色々な物性と関連をもち、それぞれの目安を与える重要な定数である。数種の材料の比重とヤング率の関係を示すと図(5)のようになる。図中、木材とあるのは Kollmann らの教科書に出ている有用健全材の平均値をプロットしたもので、ふつう、バラツキが大きく、比重範囲を狭くすると傾向のみられぬときさえある。しかし、英国の研究所の、210 樹種、3 万数千個の試片のデーターを整理すると、この傾斜が、0.95乃至0.98と1に近いことが報告されている。バラツキには夫々各試片固有の構造条件が反映しているものであるが、ヤング率と比重との関係の全体像としてはこのような関係が見出される。このように、科学的な取扱いというか思考の枠として、出来るだけ多くの色々な現象をあるがまゝに記述して相互に比較し、現象そのものの全体像をつかむという考え方がある。実用的工学的にはこういう考え方で十分な場合がある。これをかりに木材工学のパラダイムと名付けておこう。戦前はこの考え方が主流で

あった。これは、木をブラックボックスとみなして、途中、その中でどんな変化が起っているかについては触れない。

このように、ブラックボックスとみなしていたものの構造は、近年、各種の分析装置の発展により、詳細

表 1.

解 析 事 項	複 合 型	解 析 パ ラ メ ー タ ー	解 析 法
1) 骨格およびマトリックスの材料特性	基本要素	セルロース ヘミセルロース リグニン 骨 格 マトリックス	分子構造に基づく理論計算
2) 骨格とマトリックスの複合体の主軸方向における材料特性	繊維構造	細胞壁層内における骨格、マトリックス成分の体積割合、分布および結合状態、骨格の形状	- 混合則 - 積層体の弾性論
3) 細胞壁の材料特性	積層構造 網目構造	細胞の種類、フィブリル傾角、体積割合	- 混合則 - 有限要素法 (L方向については実測可能)
4) 細胞群の材料特性	多孔(分散)構造	早・晩材別 放射組織	有限要素法 (+モンテ・カルロ法) (実測可能)
5) 木材の材料特性	積層構造	針葉樹材, 広様樹材, (巨視的多孔積層構造の分類)	- 混合則 - 積層体の弾性論 (実測可能)

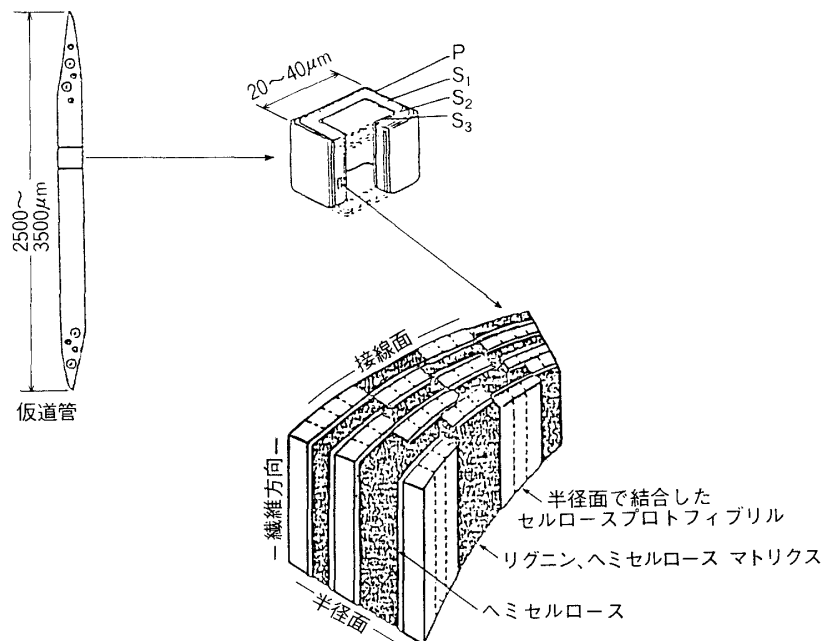


図6 (Kerr, Goring.)

に解明されてきた。表・1にみるような、細胞、細胞壁、壁層、骨格、マトリックスなどの構造、構成、相互間の状態が徐々に明らかにされて、図・6のようなモデル例が設定されている。このように、ブラックボックスの中味が明るみに出されてくるとともに、現象を木材の分子構造から巨視構造にわたる本質に迫って広く深い視野から理解しようという要求が出て来た。エネルギー授受に関するそのような考え方、枠組みの例が、前の表・1である。(物質移動については別の枠組を考える必要がある。)種々の現象について表中のパラメータを設定すれば、恰も演習問題を考えるように、研究題目はいくつも立ちどころに作成できるし、それらについては、どのように実験し、データを出し、論文にまとめ、どの文献を利用するかは、大凡、予定しうるもので、このレールの上に乗れば、研究者としての業績の数は多くなり、評価されることになる。先に述べた木材工学のパラダイムに対して、これを木材物理のパラダイムとよぶことにしよう。

楽器用材の特徴をこのパラダイムにもとづいて考察しよう。バイオリンを例にとると、その音の良否は組立、構造にもよるが、きめ手は胴板の材料の良否にかかっているといわれている。バイオリンの弦の振動は駒を通して表板のたわみ振動に変換され、さらに魂柱を通して裏板のたわみ振動を生じ、これらが空気を振動させる。したがって、木材物理のパラダイムでは、バイオリンの材料の研究はその振動状態を究明すればよいと考える。それには材を振動させ易い性質として低い比重と高いヤング率、又、振動エネルギーを材自体が吸収しないように小さい動的損失の材がよいという発想につながる。このような点を目安にして材を選定すると細胞壁の物性値の平均値のみに注目すればよいと考えるようになる。ヤング率についていえば図5の E_L について求められる直線上、或はそれより高い値をとればどのような材料でもよいこととなる。そのなかには、動的損失が木材より小さいものもあり、有利にみえるけれども、実際にはそういう材料は用いられない。音の放射減衰を考えるとさらに比重が効いてくる。さて、音の三属性の中で、大きさ(信号振幅)、高さ(振動数)は物理量と一義的な対応がみられる。しかし、音色は知覚上の問題の外に情緒要因が深く関連する。その解明には物質としての木と文化的背景をもつ人の生理、心理を含む総合科学としてのパラダイムが要求されることとなる。今、これを木質環境のパラダイムとよぶことにしよう。もとより、木材物理のパラダイムで解明が予想され期待される問題は山積しており、その研究の推進は重要である。しかし、真の木の知というものは、このような科学の知のみで充分であるとは云えない。

さて、人の生理機能を含めた研究の枠組みをどのように考えればよいか。1例として、今、図・7にみるような人の聴覚受容器のはたらきを調べよう。音波は外耳を経て中耳にいたり鼓膜を振動させる。この振動はツチ骨、キヌタ骨、アブミ骨でインピーダンス変換されて内耳蝸牛の基底膜の振動を起し、有毛細胞の電位を変化させて生体情報となる。今のところ、有毛細胞の精密な機能をまねることは出来ないが、基底膜の機能としての周波数分析器は、精密なものが近年市販されている。これを基底膜の代りに利用して木の音色

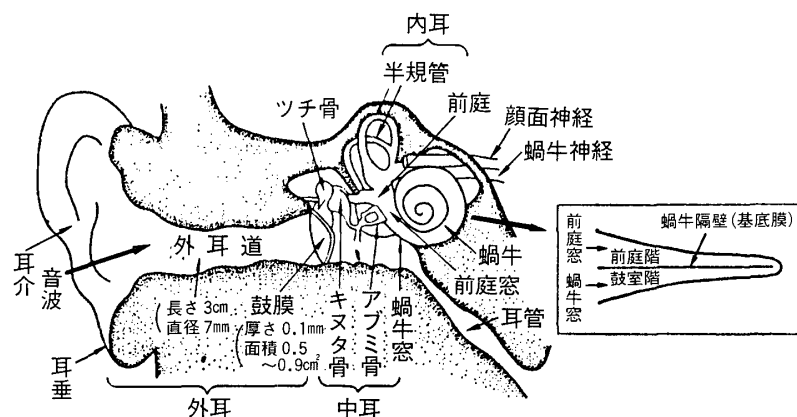


図7 (樋渡涓二：感覚と工学より)

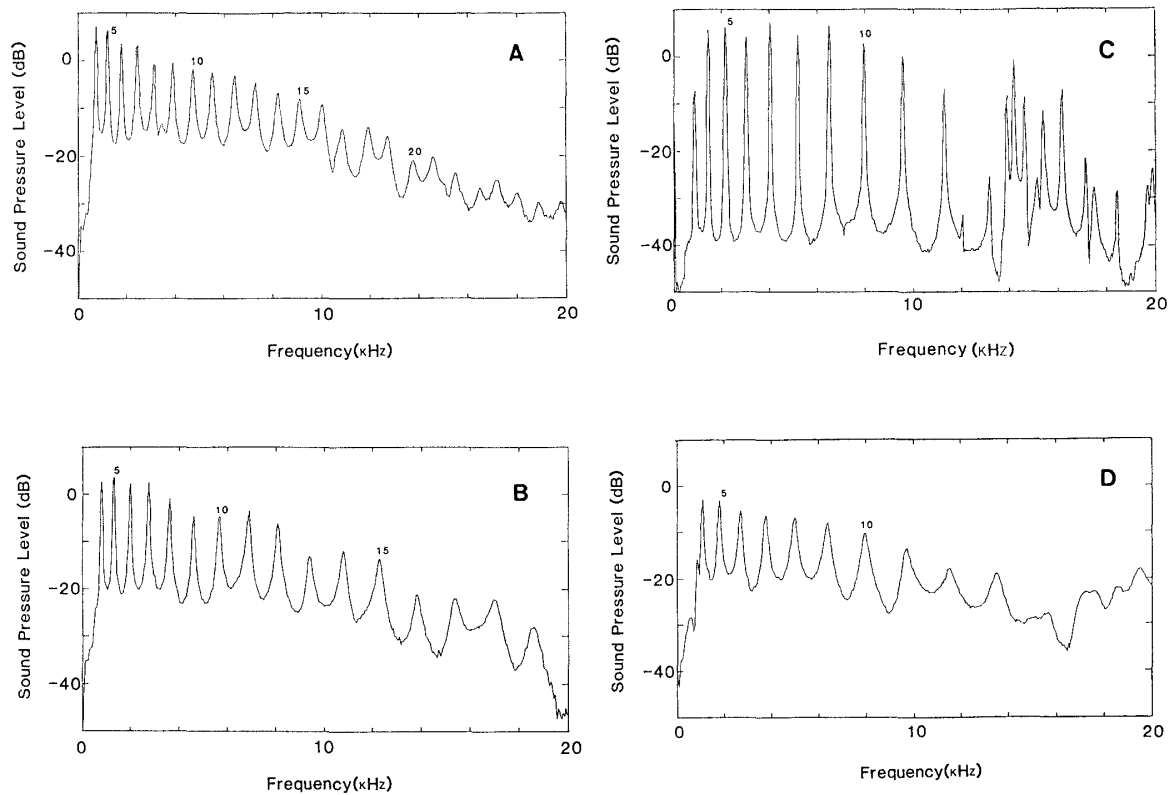


図 8

記号： A：トガサワラ半径方向 B：カツラ半径方向 C：アルミニウム，
D：アクリル樹脂

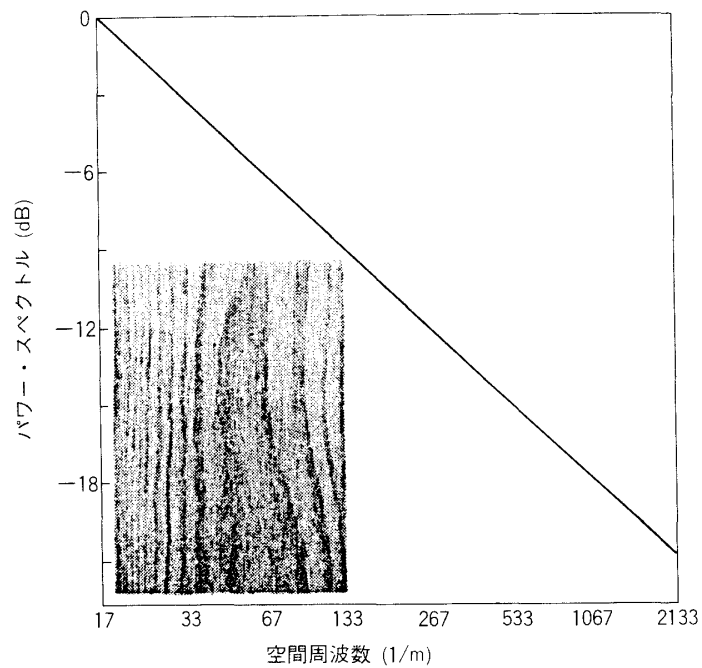


図9 Redwood のパワースペクトル (板目)

を調べればどのようなになるか。図・8は矢野が測定した結果の1例である。ヤング率と比重の比が同じであっても、樹種により各振動モードの共振点を異にしており、トウでは倍音構造を豊にする傾向がみられる。又、音圧が周波数とともにだらかに低下するのが木材の特徴となっているが、これは、樹種によりその傾斜も若干異なる。このような現象を解析すると、それは木材の不均質な多孔構造にもとづくものと考えざるを得ない。木材物理のパラダイムによる考察とはかなり異なる結論となるのである。

木材の多孔構造の妙は、上掲図・4から直観的に把握出来るのであるが、さらにそれを定量的に表示する方法として、この写真の濃淡分布の空間周波数に関するパワースペクトルを求める方法がある。写真画面の明るさは眼の桿体を受容器となっているのであるが、それを光変換器により電気量にかえて測定し、位置による測定値のバラツキをフーリエ解析するものである。因みに、機械と人間の感性を比べてはっきりと機械の方がすぐれているといえるのは明るさの分解能といわれている。図9は板目面について、左から右ヘライソスキャンカメラのスキャンをくり返したときに記録された濃淡のゆらぎから求められたものである。図からわかるように、木目の特徴は、次の場所でどのような変化が生ずるか全く予測がつかないという白色ノイズ(水平なゆらぎ)でもなく、又、その変化が一義的に決定されるという垂直線の線スペクトルにもならず、その中間にあって、ある傾斜をもち、或る程度規則性はあるが、不規則性も多分に含むという現象を示すことで、同じ板目面でも材により、採材の位置により、採材の方法により傾斜は種々に変化しながら、規則性と不規則性との間をゆらいでいる。いゝかえれば、この傾斜の大きさが偶然性の目安を与えている。元来、生物は人工の物と異なって、乱れや不可逆性という本質的な要素——偶然の要素を一ぱいかゝこんでいるものである。人間について云えば脈拍数のゆらぎ、脳波のゆらぎ、或は、古典音楽のリズムにおけるゆらぎなどもこのような木目のゆらぎ方と似ている点の多いことが見出されている。生物材料としての木材への人の親和感、やすらぎはこの辺にその一因があるのではなからうか。

木質環境のパラダイムを模索している中に、感覚受容器の機能を物理的な測定器に代替して定量化をはかることを考えた。しかし、上述したように、受容器の性能は受容器の構造だけで定まるものではなく、脳の高等さとも関係してくる。木質環境の研究に脳科学の発展は重要である。

以上のような人間の生理機能にもとづく分析に対して、人の心理にもとづく研究は、例えばセマンティック・ディファレンシャル法を用いる方法で推進されてきている。心理量を示す形容語句の意味尺度を何段かに微分化して、木質環境の視環境評価を被験者に申告させ、結果を統計処理して因子空間軸を定め、その意味空間内に得点をプロットして分析する方法である。木材材料について近年この種の研究が多い。時間がないので紹介を省くが、これは統計処理により検証しつつ、データの信頼性を高めるように因子軸を選択できる点が特徴であろう。そして、評価する人の言語体系に文化的背景が反映してくる場合、環境の時間的な積分指標となるとも考えられる。しかし、言語体系は、人間の表現手段としてミニマム的なものである点を留意する必要がある。

最後に室内気候に関する木質環境の特徴を1つ述べておこう。日本の文化は木の文化、湿りの文化といわれている。西欧と異なる気候風土に発展した文化ということである。室内気候は温度、湿度、ふく射、気流などが主な因子となって定まるが、その外に大気成分も含めて考えることとすると、桧柱の香り、内装合板のホルマリン臭など後者に関する木材材料の功罪は様々である。室内気候に関する木材の特徴の1つは、その吸放湿性による自動調湿機能にある。図10(a)は二種の内装材による室内温湿度の経時変化を外気の状態と比較したもので、矢印の時刻に室内に水蒸気を発生させ、※印の時刻に水蒸気発生を停止した状態におく。木材の表面を樹脂で被覆すると著しく調湿能が低下することがわかる。図10(b)は調湿能をもたないビニル材料で構成された室内壁面を、夫々の割合でパーティクルボード(○)、合板(●)、メラミン化粧合板(×)で覆ったときの、室内温度上昇にともなう壁面からの放湿量を比較したものである。木質系材料は、被覆の割合が大きいときは、メラミン化粧材に近い量しか放湿しないが、その被覆割合が少くなると両

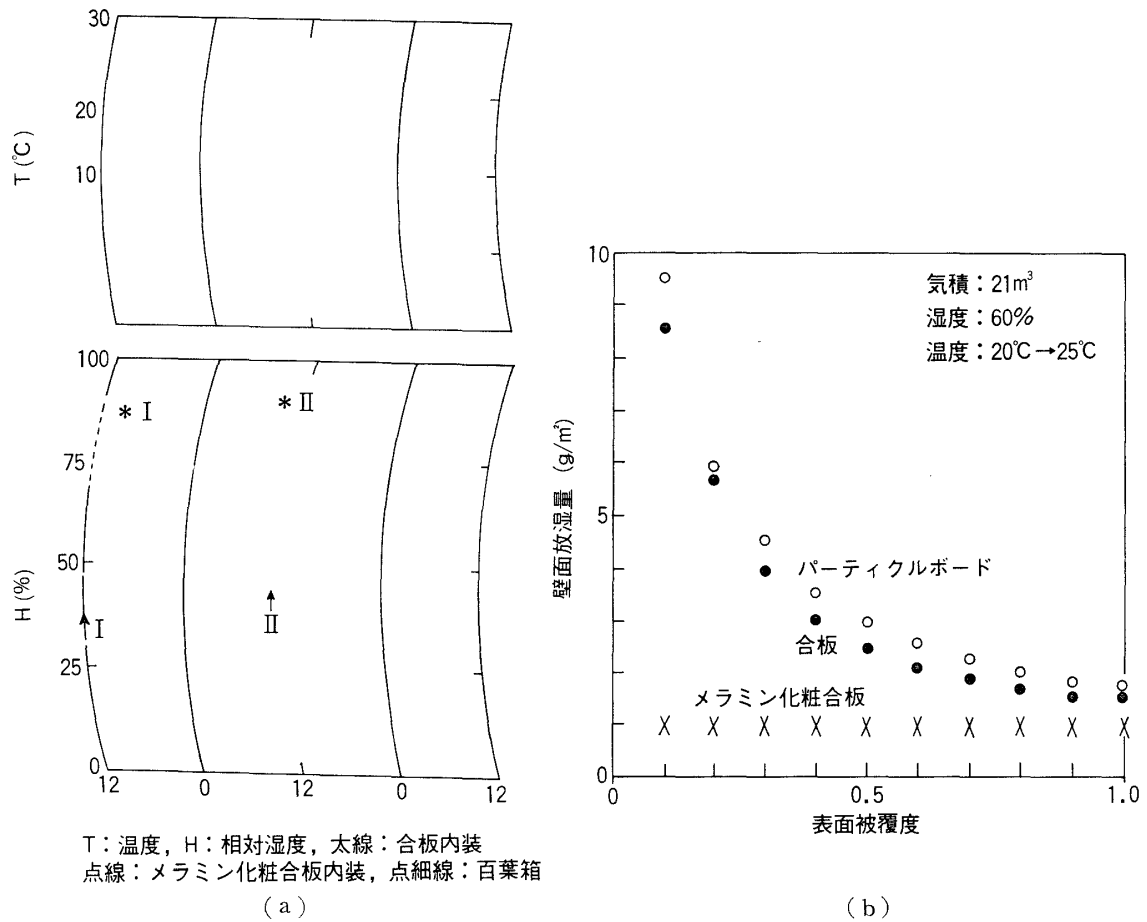


図10 (牧, 則元, 山田)

者の傾向は全く異ってきて、木材材料は表面から多くの水分を放出して室内湿度を調節していることが分る。木材のこのような非線型性も人の挙動に通ずる点ではなかろうか。木材は水分によって反ったり狂ったり割れたりしてあばれる一方、目にみえない所でこのような心にくい活動をしているのである。

以上で私が主張したいのは、木の文化を高めるには物心一如の思考の枠組みを新に考えてゆく必要があるということである。そこに木の科学の位置と方向づけが見出されるであろう。一方、人の感覚形成の土台が作られ、脳構造がほぼ完成されるのは3, 4歳から7, 8歳位迄といわれる。白木の玩具や木製 B.E. を多用した学校・家庭など、人の成長期に木質環境を豊に与えうる社会を願う次第である。近視眼的なかつての木材利用合理化政策の弊害の1端が今日の世相に反映しているように思えてならないからである。又国民個々の木質環境に対する嗜好特性を高め、国際的評価にたえる木製品を創造するためにも、このことは重要ではなかろうか。