

徳島すぎ内装材の快適性評価

木に囲まれた空間の暖かさ

網田 克明

要旨：オフィスビルの室内に徳島すぎ内装材を施工し，隣室との温熱環境の違いを比較した。モルタルやPタイルで囲まれた部屋と比べ，徳島すぎ内装材を多用した部屋のPMV値は高く，快適性の範囲を示した。

1 はじめに

一般的なオフィスビルでは，床にPタイル，壁にはモルタル仕上げやビニールクロスを採用している所が多い。しかしながら，このような無機材料に囲まれた室内は，冬季に足下が冷えるなど，快適とは言えない空間を形成するようである。その一方で，木に囲まれた空間は暖かいといわれる。木材需要のすそ野を広げるためには，木材が室内環境に及ぼす保温性などプラスの効果をわかりやすく数値データで示す必要がある。

「徳島県木の家づくり協会」では，県産材製品を消費者にPRする目的で，事務室の内装にスギ材や自然素材をふんだんに使っている。そこで，木材が室内の温湿度や温熱快適性にどう影響するのか，果たして木に囲まれた空間は本当に暖かいのか，実際に測定することにした。

2 試験方法

2.1 快適性の評価

暑さ，寒さは環境側の4条件，すなわち気温，湿度，気流，熱放射と人体側の2条件，すなわち代謝量と着衣量で決まる。図1のようにヒトから環境への放熱は，いろいろな経路を経て行われている。そのなかで最も主要な放熱は，皮膚表面で行われる対流，熱放射，伝導である。放熱が代謝熱量よりも多いと寒く感じられ，逆に少ないと体内に熱が蓄積され暑く感じる。従って，同じ空気温度でも，周辺の天井，床，壁の冷たさなどが体感温度に影響することになる。

木材はコンクリート等と比べ，熱伝導率が小さく，熱を伝えにくい材料である。このため内装面に木材を多用すれば，放熱が抑えられ，暖かい空間が形成されるはずである。

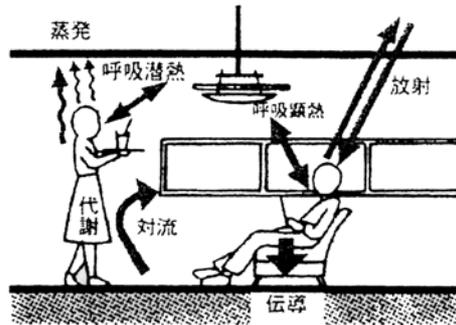


図 1 人と環境の熱受¹⁾

今回、暖かさなどの快適性を評価するにあたって、建築環境の分野で使われる PMV 値を採用することにした。PMV (Predicted mean vote) とは、人体の熱的中立温度を予測する快適方程式³⁾により算出された温熱環境指標である。温熱状態を大多数の人の感覚的評価に合うように、0(暑くも寒くもない状態, 中立値)を中心に+3(暑い) ~ -3(寒い)の7段階に分け、±0.5の範囲が快適とされる。PMVの算定にあたっては居住者の代謝量, 着衣量を定め、室内の作用温度, 湿度, 気流速度を測定して求める。

表 1 温冷感のカテゴリースケール²⁾

PMVのスケール	温冷感カテゴリー	
+3	かなり暑い	hot
+2	暑い	warm
+1	やや暑い	slightly warm
0	中立	neutral
-1	やや寒い	slightly cool
-2	寒い	cool
-3	かなり寒い	cold

$$PMV = (0.303e^{-0.036M+0.028}) \times (M - W - Ed - Es - Ere - Cre - R - C) \quad 4)$$

M : 代謝量[W / m²]

W : 仕事量[W / m²]

Ed : 不感蒸泄による蒸発熱損失量[W / m²]

Es : 発汗による蒸発熱損失量[W / m²]

Ere : 呼吸による蒸発熱損失量[W / m²]

Cre : 呼吸による顕熱損失量[W / m²]

R : 着衣外表面からの放射による熱損失量[w / m²]

C : 着衣外表面からの対流による熱損失量[W / m²]

なお、作用温度とは、気温と平均放射温度の影響を勘案した総合的な温熱指標である。ヒトが感じる体感温度は部屋の気温ではなく身体からの熱の逃げであることから、作用温度で評価するものである。

$$OT = (h_{c,t_a} + h_{r,t_r}) / (h_c + h_r) \quad 5)$$

OT：作用温度[] h_c ：対流熱伝導率[W / m²] t_a ：空気温度[]

h_r ：線形放射熱伝達率[W / m²] t_r ：平均放射温度[]

2.2 測定箇所

測定箇所は徳島市かちどき橋に所在する徳島県林業センター5階の2室である。一室は「徳島県木の家づくり協会」の事務室，もう一室は隣接する林業関係団体の事務室である。

隣室の内装は，壁面がモルタル仕上げ，床にはビニルアスベストタイルを施工している。一方，「木の家づくり協会」は，ビニルアスベストタイルに徳島すぎ厚板 30mm の表面熱圧処理材（床との間に 30mm の根太を施工）を施工し，壁にはスギ集成材（厚さ 10mm）と和紙クロスを貼っている。



徳島県木の家づくり協会

表 2 測定箇所の内装仕様等の違い

	木の家づくり協会	隣室
部屋面積	23m ²	28m ²
床仕上げ	杉表面熱圧処理材(厚さ30 ^{mm})	ビニルアスベストタイル
壁仕上げ	杉集成材(厚さ10 ^{mm})、和紙クロス	モルタルコテ押え
天井仕上げ	和紙クロス	岩綿吸音板貼



快適性の測定

2.3 測定項目

2.3.1 快適性と床・壁表面温度

室内の快適性測定には INNOVA 社の作用温度，湿度，風速の各トランスデューサーとサーマルコンフォートデータロガーを用いた。作用温度トランスデューサーは，対流による熱損失と放射の割合，周囲に対する角度係数が人体と同じになるよう設計されており，通常温度計よりもヒトの体感温度に近い。写真のように，トランスデューサーを事務作業を行う

付近の座位の高さ（0.6m）に設置し、着衣量を 1clo、代謝量を 1.2met として PMV 値を求めた。また表面温度トランスデューサーを床・壁面の表面に設置し仕上げ材料の表面温度を測定した。あわせて、床、壁面から 0.6m 離れた場所の作用温度を測定した。

2.3.2 室内の上下方向の温度差，相対湿度差

サーモレコーダー（ティアンドデイ社製 TR 72）を床上垂直方向 0.1m，0.6m，1.1m の高さに設置し，室内の上下方向の温度差と相対湿度差を測定した。

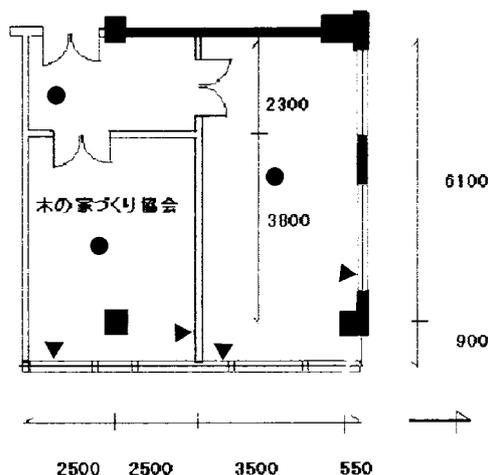


図 2 二つの部屋の平面図

(注) と は快適性等の測定個所

2.4 測定条件

測定は，平成 12 年 2 月 7 日～2 月 8 日の 2 日間で行った。2 月 7 日は日平均気温は 7.1 と比較的暖かい日となった。翌 2 月 8 日には冬型の気圧配置が強まり，徳島県内に寒気が流れ込み小雪のちらつく天候となった。林業総合技術センターに設置している気象計では，2 月 8 日の日平均気温は 3 ，最低気温 1.0 を記録した。なお，日射等の影響を極力避けるため，各部屋とも扉，ブラインドは閉めて測定を行った。

表 3 測定日の気象条件

測定個所：徳島県林業総合技術センター

測定日	時間	風向	風速 m/s	気温℃	最高気温℃	最低気温℃
2月7日	日平均		1.2	7.1	10.8	3.4
	10:00	W	1.3	9.8	9.9	6.9
	12:00	N	2.2	9.9	10.8	9.4
	14:00	NNE	2.3	9.7	9.8	9.4
	16:00	NNE	2.7	9.4	9.8	9.3
2月8日	日平均		2.3	3.0	7.6	-1.0
	10:00	WSW	4.6	5.0	7.6	5.0
	12:00	WSW	3.8	5.0	5.0	1.5
	14:00	W	2.4	2.2	2.4	0.4
	16:00	W	2.7	2.3	3.2	2.1

3 結果と考察

3.1 快適性 PMV 値

2月7日午前11時から10分間、家づくり協会のPMV値を測定した。その結果、値は-0.5から+0.5近くまで上昇した。一方、隣室のPMV値は11時30分から10分間、-0.5～中立値0の範囲で推移した。このことから家づくり協会の室内は暖まりやすいが、隣室は暖まりにくいことが推察される。

翌2月8日午前10時から10分間、家づくり協会のPMV値を再び測定した。その結果、0～+0.5の範囲で推移した。一方、隣室のPMV値は10時30分から10分間、-0.5を上限に、低めに推移した。つまりやや寒い状態であった。さらに、家づくり協会において暖房を切った状態で測定した。その結果、値は中立の±0前後で推移した。つまり暑くも寒くもない快適な状態であった。

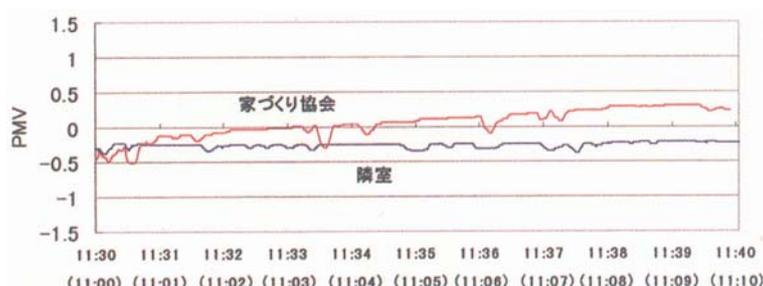


図 2 二つの部屋の快適性 (2/7 暖房あり)

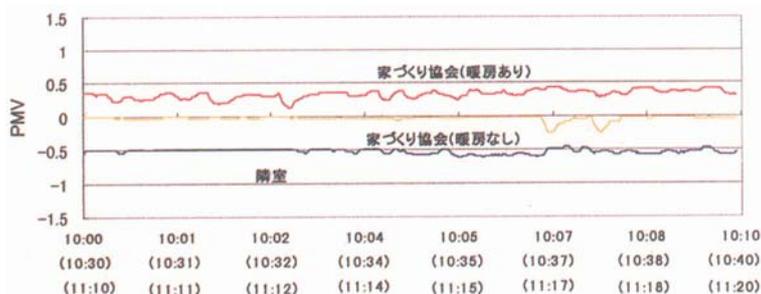


図 3 二つの部屋の快適性 (2/8)

ISOなどの規格では、室内の気流速度は、冬季は毎秒0.15m以下、夏季は0.25m以下を推奨している。³⁾ 気流が強すぎれば不快な要因の一つにもなる。

図4～5に各部屋の気流速度を示す。測定中は人の出入りを制限していなかったため、ときどき気流の乱れがみられるが、ほぼ0.10m以下におさまっている。前述したとおり、PMVの算定にあたっては代謝量、着衣量、室内の作用温度、湿度、気流速度を測定し求める。気流がほぼ同じであり、両部屋のPMVに差が生じたということは、作用温度に左右されたことになる。そこで次節では作用温度と表面温度の測定結果から快適性を考察することにする。

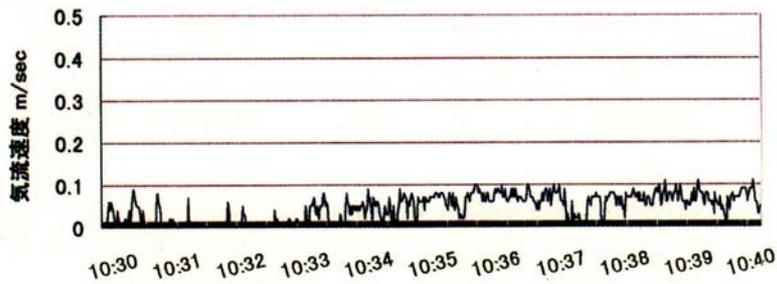


図 4 室内の気流速度 (隣室 2/8 暖房あり)

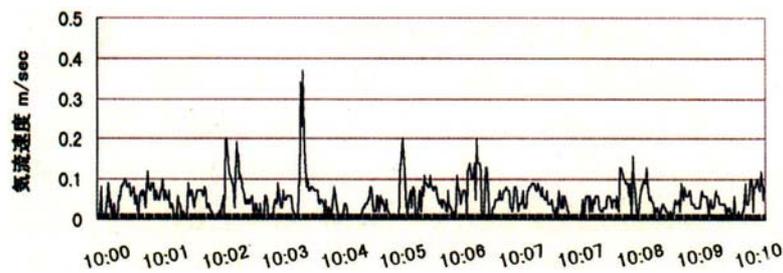


図 5 室内の気流速度 (家づくり協会 2/8 暖房あり)

3.2 床・壁表面温度と作用温度

図 6～7 に床上 0.6m の座位位置の作用温度と床表面温度の時間経過を示した。

2月8日の家づくり協会の床表面温度は、21 を超えており、床上 0.6m での作用温度も 23 を超えた。一方、隣室では、床表面温度は、18 に届かなかった。国際規格 ISO では執務空間の床表面温度を 19～26 としているが、隣室ではこの基準を下回った。

図 8 は前日の 2月7日に測定したものである。床・壁の表面温度と作用温度との関係をあらわしている。この日は翌日に比べだいぶ暖かかったが、家づくり協会と隣室との差が明らかである。すなわち、家づくり協会では床・壁の表面温度が高く、作用温度も高くなっている。一方、コンクリートで囲まれた隣室は、床・壁の表面温度が低く、作用温度も低くなっている。この図から、表面温度と作用温度との間には何らかの影響があることが推察される。

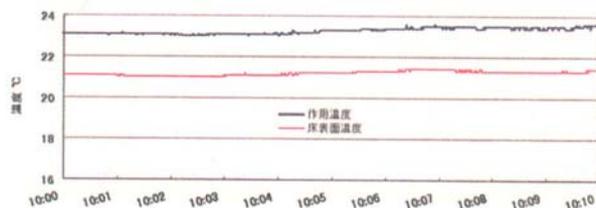


図 6 「木の家づくり協会」の作用温度 (2/8)

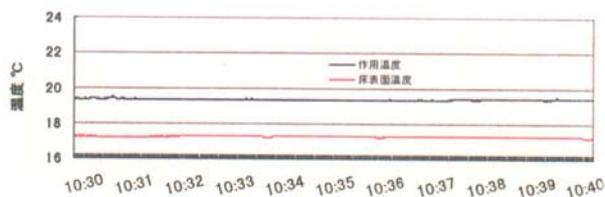


図 7 隣室の作用温度 (2/8)

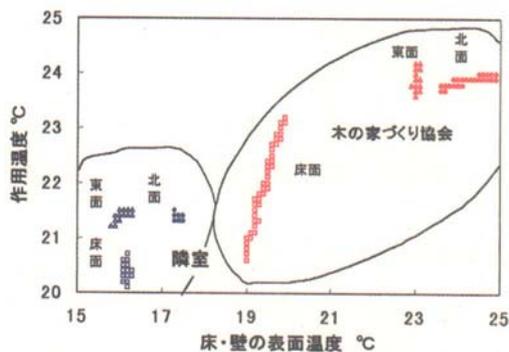


図 8 床・壁表面温度と作用温度の関係

(注) 家づくり協会 (床: 杉厚板, 壁北面: 和紙クロス, 壁東面: 杉集成材) 隣室 (床: P タイル, 壁: モルタル)

3.3 室内の上下方向の温度差

図 9~10 は, 2月8日の床上 0.1m (くるぶしのところ) と床上 1.1m (頭の所) の温度差について時間経過をみたものである。ISO³⁾では, 執務空間の上下温度差を 3 以内としている。この温度差が大きいと不快感を覚える, といわれる。

家づくり協会では暖房開始直後に 4 近く差が生じたが, 暑くなりすぎたので暖房を切ってしまった。このため暖房による上下温度差を観察することが出来なかった。

一方, 隣室では暖房により 3 前後の差が観察された。また床上 0.1m の温度が 18 ~ 19 と, 低くなっている。家づくり協会の床上 0.1m の温度は暖房停止後の温度下降により 22 から 18 まで下がった。

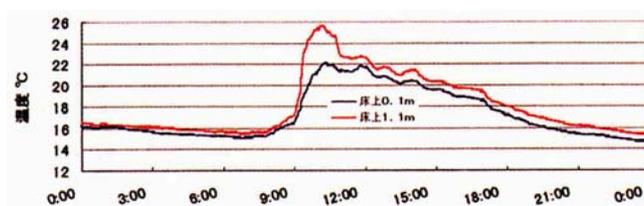


図 9 室内の上下方向の温度差 (木の家づくり協会 2/8)

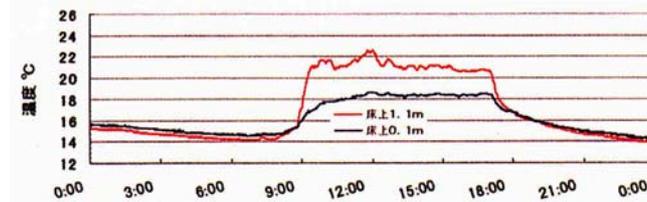


図 10 室内の上下方向の温度差 (隣室 2 / 8)

3.4 室内の上下方向の相対湿度差

執務空間の相対湿度は ISO³⁾では、30～70%、通称ビル管法で 40～70%とされている。今回の測定結果では、両部屋とも、おおむねその範囲内に入った。

相対湿度は変動しないほうが快適だと言われるが、家づくり協会は 40～60%で、上下方向の湿度の差も隣室とくらべ変動が少ないようである。なお、隣室では加湿器を使用していたので、本来このグラフはもっと幅がでてるのではないかと推察される。

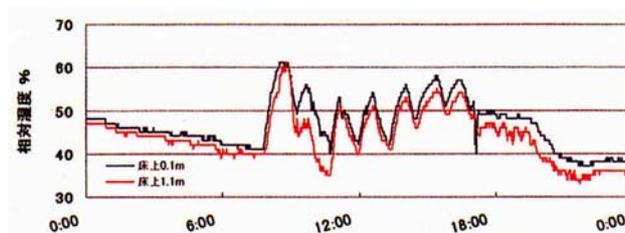


図 11 室内の上下相対湿度差 (木の家づくり協会 2 / 8)

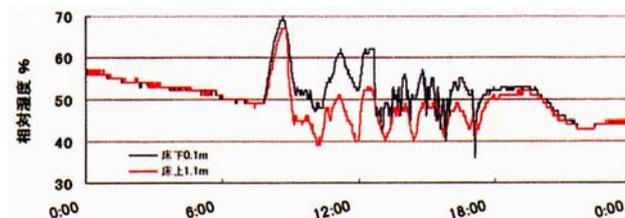


図 12 室内の上下相対湿度差 (隣室 2 / 8)

4 おわりに

今回、測定した 2 つの部屋では快適性に差が生じた。2 月 8 日には木に囲まれた「家づくり協会」の PMV 評価は ± 0.5 の範囲、すなわち快適性の範囲に入った。一方、隣室の PMV 値は快適性の範囲に届かなかった。そして、暖かかった 2 月 7 日には両部屋の PMV 値に明瞭な差は出なかったものの、壁面、床面の表面温度は明らかに隣室が低く、それに呼応するように隣室では作用温度が低かった。このことは周囲の材料の表面温度が温熱環境に影響していることを示唆する。

しかしながら、こうした作用温度の違いは、測定した 3 つの部屋の面積、方位の違い、さらには窓面積等に影響された、ということも考えられる。また作用温度のセンサーは全方位について均等に温度を感知する。今後、床・壁からの 1 方向の面輻射を感知する温度センサーで厳密に測定する必要がある。

また今回データ収集はできなかったが、家づくり協会では冬季においてほとんど暖房を必要としなかった。こうした光熱費の差がどの程度生じるのか、省エネ的観点からの調査も行っていきたい。

【参考・引用文献】

- 1) 「環境工学教科書」 環境工学教科書研究会編著 彰国社（1996.3）
- 2) 「建築環境工学」 浦野，中村編著 森北出版（1996.6）
- 3) ISO7730 Moderate thermal environments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort (1994. 12)
- 4) 「建築人間工学事典」 日本建築学会編 彰国社（1999.5）
- 5) 「建築環境学 1」 木村健一編 丸善（1992.4）