

温冷感に視覚情報が与える影響*

高橋 良香**

The effect of visual sense on thermal properties*

Yoshika Takahashi **

概要

温冷感に関する研究では、視覚の影響がない状態で実験が行われることが多い。視覚によって得られる情報量は、その他の感覚によって得られる情報量と比べてはるかに多いため、視覚で得られた情報は、視覚以外の感覚にも影響を及ぼす可能性が考えられる。そこで、本年度、物理的特性上は小さな違いしかないにもかかわらず、人の温冷感的には、若干冷たい～若干温かいまで知覚の違いを生じさせる各種木材の温冷感に着目し、視覚情報が与える影響について検討を行う。ここでは、温冷感に関する研究を行うにあたり、先行研究について調査した結果を紹介する。

1. はじめに

物質に触った時に感じる温冷感は主観的なものとはいえ、熱伝導率などの物理量からある程度、推測することが可能である¹⁾。ただ、この種の実験では、視覚の影響を受けないようにするため、遮蔽して材料を見ないで行う方法²⁾や、目隠しをする方法³⁾が採用されることが多い。視覚情報があることによる影響は、昨年度、筆者が行った実験からも示された。筆者は、スギ材を見たり、触ったり、見て触った時の各種生理量を計測し、血圧の結果から、視覚と触覚を複合させると、触覚による反応よりも、視覚による反応に近い結果が得られた(図1)⁴⁾。これは、人間が五感を通じて外部情報を知覚する割合⁵⁾が、視覚 83.0%、聴覚 11.0%、臭覚 3.5%、触覚 1.5%、味覚 1.0%とされていることから、視覚からの情報が大きな影響力をもち、他の感覚で得られた知覚に影響を及ぼしたためだと考えられる。同様の例としては、味覚の判定能力に、視覚や嗅覚が影響を与えることが報告されている⁶⁾。

視覚の影響の有無について検討した研究では、材料を見ることで、温感触、冷感触がともに若干強調されるが、視覚の影響は大差ないと報告されている(図2)⁷⁾。しかし、この実験では、フォームポリスチレンから、アルミニウムまで温冷感の感じ方の幅が広い材料を使用しており、“温冷を感じない”付近では、視覚入力があることで、冷たい側の温冷感を持つ材料(-0.5 付近)が温冷を感じない(0 付近)に温冷感が変化しており、単純に温冷感が強調されるとは言い切れない。そこで、今年度は、若干温かい(例えば、キリ材)から、若干冷たい(例えば、オーク材)とを感じる材料を用いることで、視覚からの情報が温冷感に及ぼす影響を分析する実験を行う。視覚からの情報としては、材料を見る効果のほか、照明の照度や壁面の色・明るさなどが考えられる。本報告では、視覚情報が材料に触った時の温冷感に与える影響について研究を行うにあたり、温冷感に関する過去の研究を紹介する。

* 2015 年 8 月 3 日作成

** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所学際萌芽研究センター。 E-mail: yoshika_takahashi@rishi.kyoto-u.ac.jp

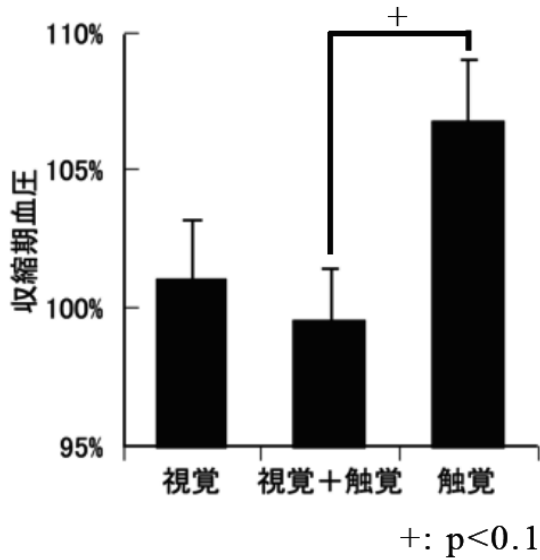


図 1: スギ材に接した時の血圧変化⁴⁾

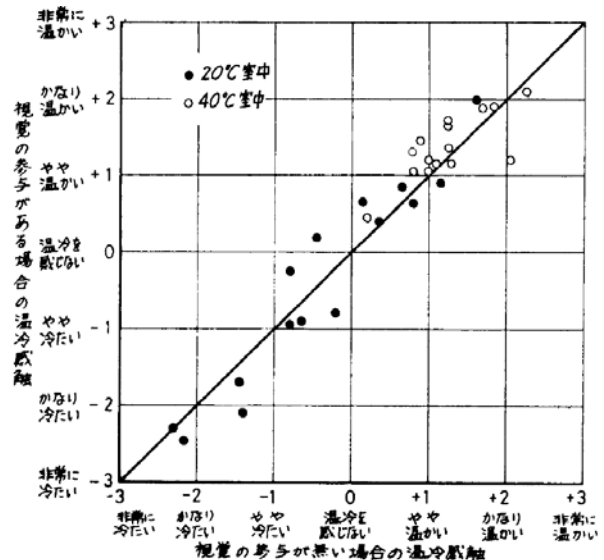


図 2: 視覚入力の有無と温冷感の関係⁷⁾

2. 温冷感に影響を与える指標（熱伝導率、厚み、室温、木材の断面）

2.1 熱伝導率

吉田は、50 種類の材料を集め、材料を見て、触ることによって得た印象を 20 種類の形容詞対に対して 7 段階評点で評価した。実験は室温 35℃、湿度 80% の環境で行い、被験者は女子大学生 25 名だった。その結果を図 3 に示す。温冷感に関する形容詞対のみに着目すると、材料の熱伝導率と相関が高い ($r = 0.96$) ことが報告されている。図 3 では、熱伝導率の値を得ることができなかった材料は図示されていない¹⁾。

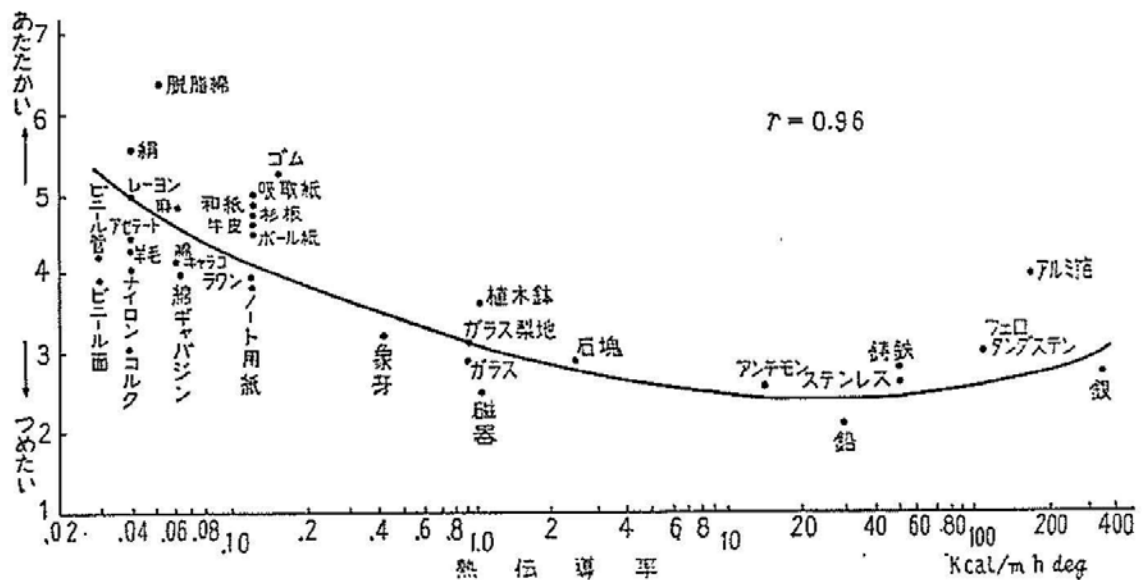


図 3: 各種材料の熱伝導率と温冷感¹⁾

2.2 厚み

岡島らは、250 mm × 250 mm の平板で、厚みが 10.5 mm (A)、1 mm (B)、0.2 mm (C) の3種類のアルミニウムの温冷感の違いを、一対比較法によって評価した。3種類のアルミニウムは、厚みのみ違い、比重量、比熱、熱伝導率は全く同じである。実験は室温 21℃、相対湿度 55% の環境で行い、被験者は男子大学生 5 名、女子大学生 5 名の計 10 名だった。また、視覚の影響が判断に影響を及ぼさないようにするため、一対の材料を開口部の空いたスクリーンに向こう

側に設置し、触覚のみで材料の温冷感を一対比較法により判断させた (図 4)。その結果、厚みの違うアルミニウムは、温冷感に明らかな差を生じさせていた。表 1 に、実験に用いたアルミニウムの物理特性と一対比較法によって得られた温冷感の心理量 (偏差率 Z_j) を示す。偏差量 Z_j は、プラス側にあるものほど、より温かいと感じ、マイナス側にあるものほど、より冷たいと感じることを表している。このことから、熱伝導率のみでは温冷感を評価することはできなく、材料の厚みの違いによる影響を考慮する必要があることがわかった²⁾。

松井&笠井は、アルミニウム、鉄、ガラスについて各種材料の厚みが温冷感に与える影響について検討をした。検討対象の材料は、300 mm × 300 mm の平板で、厚みは、アルミニウムが 0.25 mm、5 mm、20 mm、鉄が 0.6 mm、1.6 mm、5.3 mm、ガラスが 2 mm、5 mm、10 mm だった。材料の温冷感は、厚みが異なる同一材料 3 種類、その他の材料 3 種類の計 6 種類の材料を一対比較法により評価した。実験は、室温 20℃ の恒温

室で行い、被験者は 20 ~ 23 歳の男子大学生 20 名だった。また、視覚の影響が判断に影響を及ぼさないようにするため、スクリーンを設け、被験者に材料を見せないようにした。その結果、アルミニウムと鉄は薄くなるほど、温かく感じ、厚みの違いが温冷感に影響を与えていた。ガラスは、厚みが 2、5、10 mm と変化しても、ほぼ同程

度の温冷感を示し、厚みの違いは温冷感に影響を及ぼさなかった (図 5)。以上より、材料の厚みが温

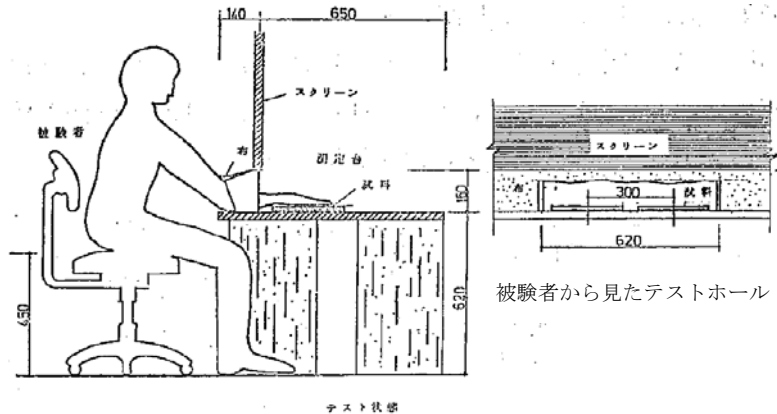


図 4：一対比較法による材料の温冷感の実験風景²⁾

表 1：材料の物理特性と温冷感²⁾

材料	熱伝導率 (kcal/mhc)	寸法 (mm)	温冷感 (偏差率 Z_j)
アルミニウム A	175	250×250×10.5	-0.925
アルミニウム B	175	250×250×1	-0.463
アルミニウム C	175	250×250×0.2	1.390

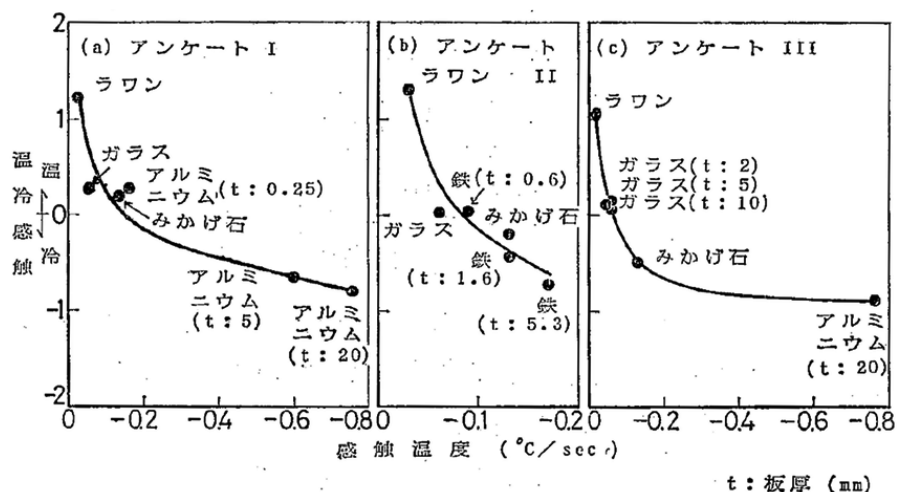


図 5：材料の厚みを変えた場合の感触温度と温冷感の関係⁸⁾

冷感に及ぼす影響は、アルミニウムや鉄のように温度伝導率（＝熱伝導率／（比熱×密度））が大きい材料においては顕著であるが、ガラス程度の温度伝導率の材料ではその影響はほとんどないと考えられる⁸⁾。

しかし、16種類の木材と4種類のその他の材料の温冷感について調べた原田らは、これらの材料の温冷感を測定するにあたり、裏面まで熱の影響が及ばないようにするため、予備実験を行い、その結果、材料の厚みを30 mm以上に行っている。原田らの本実験では、200 mm×150 mm×30～40 mmの材料を用意し、約10秒の接触による一対比較法により温冷感を評価させている。その際、視覚の影響を避けるため、目隠しをさせている³⁾。原田らの実験で、最も熱伝導率 λ が高いセメントモルタル（ $\lambda = 3.389 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$ ）は、松井&笠井⁸⁾で、厚みが温冷感に及ぼす影響がほとんどないと言われているガラス（ $\lambda = 2.50 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$ ）の熱伝導率とほとんど同じことから、原田らの実験においても、材料の厚みは温冷感にほとんど影響を与えないと考えられる。しかし、30 mm以上の厚みが必要と考えたのは、松井&笠井⁸⁾とは材料のサイズが違い、また、材料の裏面まで熱が及ばないという視点により、材料の厚みについて検討を行ったためだと考えられる。そのため、今年度行う実験では、使用する材料のサイズや接触時間を決めた上で、原田らと同様に材料の裏面まで熱の影響が及ばないなどの視点により、材料の厚みを検討する必要があると考えられる。

2.3 室温

松井&笠井は、15種類の材料を使い、室温が変えた時の温冷感について評価を行っている⁷⁾。材料の寸法は、300 mm×300 mmとした。実験は、室温が10、20、36、40、50℃の環境で行い、被験者は19～22歳の男子大学生20名だった。また、視覚の影響が判断に影響を及ぼさないようにするため、スクリーンを設けて、被験者に材料を見せないようにした。その結果を図6に示す。室温が10、20℃のように、手のひらの温度が材料の温度より高い場合、材料の温度伝導率（＝熱伝導率／（比熱×密度））が大きいほど冷たく感じる。室温が40、50℃のように、手のひらの温度が材料の温度より低い場合、材料の温度伝導率が大きいほど温かく感じる。温度伝導率 k が $0.01 \text{ cm}^2/\text{sec}$ （石材類程度）以上になると、温冷感の評価結果はそれほど大きく変化しない。室温が36℃の場合、材料の温度伝導率の大小に関係なく、温冷感はやや温かい（+1）と温冷を感じない（0）のほぼ中間（+0.5）を示している。これは手のひらと材料との温度がほぼ等しく、両者の間で熱の移動が殆どないことから、材料が手のひらの放熱を

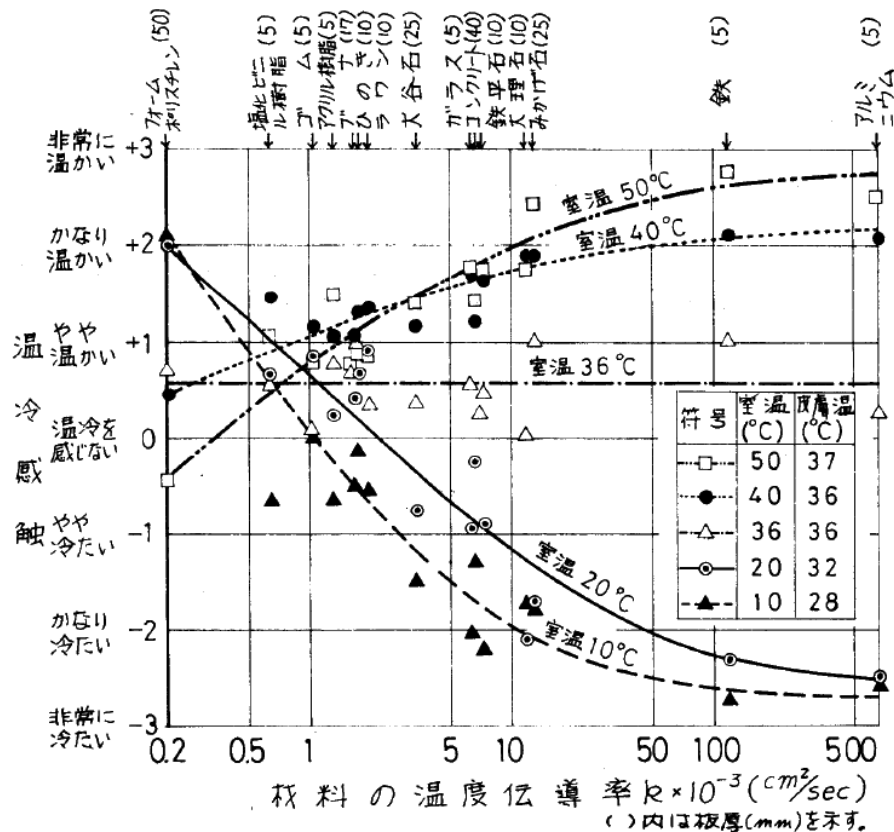


図6：室温変化時の各種材料の温度伝導率と温冷感⁷⁾

妨げ、わずかに温かく感じるためだと考えられる。

木材やプラスチックのように温度伝導率 k が小さい材料 ($k = 0.0013 \sim 0.002 \text{ cm}^2/\text{sec}$) は、室温が 10°C から 50°C と変化しても、温冷感は -0.5 から $+1$ とそれほど変化しない。同様の室温変化で、無機・鉱物質 ($k = 0.0033 \sim 0.013 \text{ cm}^2/\text{sec}$) は、温冷感が -2 から $+2$ 、鉄やアルミニウム ($k = 0.119 \sim 0.660 \text{ cm}^2/\text{sec}$) は、温冷感が -2.5 から $+2.5$ と大きく変化する。一般に温冷感は、材料の温度が手のひらの温度より高い場合 (暑い部屋の場合) 温かく感じ、低い場合 (体温より低い部屋の場合) 冷たく感じる。しかし、フォームポリスチレン (=発泡スチロール) ($k = 0.0002 \text{ cm}^2/\text{sec}$) のように温度伝導率が非常に小さい材料は、暑い部屋の場合、"温冷を感じない"程度になり、体温より低い部屋の場合、温かく感じる。これは暑い部屋においては、手が外部より受熱していた状態がフォームポリスチレンに触れることによって受熱量が急に少なくなるため、冷ために感じる。また、体温より低い部屋においては、手で触れると、手のひらから放熱している熱がフォームポリスチレンと手のひらの間に蓄熱され、手のひらの温度が高くなるため、温かく感じると考えられる。

2.4 木の断面

原田らは、比較的温かいと感じられる材料である木材に着目し、その材面の現われ方が温冷感と各種熱特性に影響を与えるかを調べている。材料としては、木材 16 種類、木材以外 4 種類が用いられたが、ここでは、同一樹種で縦断面と木口面の材料が揃えられた 6 樹種、12 種類の材料の結果を比較する。実験に用いた 6 樹種は、カラマツ、セラヤ、ヤチダモ、カポール、イタヤカエデ、シラカシである。実験は、室温 20°C 、相対湿度 60% の環境で行い、被験者は 20～25 歳の学生で、男女各 10 名の計 20 名だった。また、視覚の影響を避けるため、目隠しをし、両手のひらで同時に両材料に触れさせ、約 10 秒後にどちらの材料が冷たいか、もしくは同じ位に感じるかを判断させた。その結果、同一樹種では、縦断面に比べて、木口面の方が冷たく感じられることがわかった (図 7)。縦断面と木口面の熱伝導率の比は 6 樹種で $1.47 \sim 2.16$ 倍で、平均 1.72 倍だった。縦断面と木口面の温冷感の差は、6 樹種で $1.11 \sim 1.40$ で、平均 1.28 だった³⁾。ここでは、熱伝導率と温冷感の結果が対応していた。

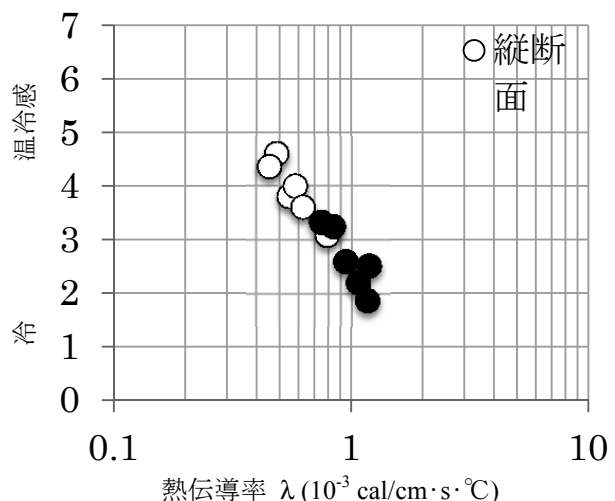


図 7： 各種木材の熱伝導率と温冷感の関係³⁾

3. 今年度行う研究について

温冷感に関する過去の研究より、温冷感に物理的特性 (熱伝導率¹⁾、厚み^{2) 3) 8)}、木の断面³⁾、および環境要因 (室温⁷⁾) が影響を与えることがわかった。これらの研究結果を踏まえ、今年度実験を行う際の条件設定に生かしたい。また、触覚や温冷感に関する研究では、視覚入力の有無に注意が払われており、視覚入力は温冷感を若干強調させる働きがあることが報告されている⁷⁾。ただ、視覚入力の影響は、材料を見ることによる効果のみが検討されているため、今年度行う研究では照明の照度や、壁の色、明るさなど、材料を見ること以外の効果についても検討する予定である。材料としては、若干温かい～若干冷たいと感じる材料を使い、視覚入力が温冷感に及ぼす影響が、微小なものであっても検出できるようにする。計測項目としては、温冷感、皮膚温、脳波、心電図、心拍数を予定している。

参考文献

- 1) 吉田正昭、触覚の系統、日本女子大学紀要、13、47-68、1963.
- 2) 岡島達雄、棚橋勇、安田保、武田雄二、建築仕上げ材料の感覚的評価に関する研究（その1）-触覚による温冷感の定量化-、日本建築学会論文報告集、245、1-7、1976.
- 3) 原田康裕、中戸莞二、佐道健、木材表面の熱特性と接触温冷感、木材学会誌、29・3、205-212、1983.
- 4) 高橋良香、スギ材が人の心理及び生理面に及ぼす作用、第192回定例オープンセミナー配付資料、2015.
- 5) 教育機器編集委員会編、産業教育機器システム便覧、日科技連出版社、386ページ、1972.
- 6) 伊藤輝子、桂きよみ、飯野久栄、視覚・嗅覚・聴覚の味覚判定能力に及ぼす影響、日本味と匂学会誌、4・3、511-514、1997.
- 7) 松井勇、笠井芳夫、仕上材の感触に関する研究 その1：温冷感触、日本建築学会論文報告集、263、21-32、1978.
- 8) 松井勇、笠井芳夫、仕上材の感触に関する研究 温冷感触：その2、日本建築学会論文報告集、294、1-12、1980.