



温冷感を利用した直感的インタフェースの開発に向けた基礎検討

Basic study for the development of intuitive interface using thermal sensation

信田聖果¹⁾, ソンヨンア¹⁾

Seika NOBUTA, Youngah SEONG

1) 法政大学 デザイン工学部 システムデザイン学科 (〒102-8160 東京都千代田区富士見 2-17-1)

概要: 人間の温冷感を利用した直感的インタフェースの開発を目指し, 素材・形状・操作方法を調べる基礎検討として, エアコンのリモコンを題材としたワークショップを実施した. ワークショップでは, 日常的に触れる 8 つの素材を用意し, 材質感の評価とリモコンのプロトタイプ制作を行なった. 材質感の評価結果, 硬軟感や凹凸感が温冷感と関係していた. 制作物では, 素材の触覚だけでなく, リモコン本体の硬さや形状, 配置, 素材の音や色などの要素を用いて温冷感を表現する試みが見られ, 制作意図を分析した結果, 使い慣れた操作性を目指した時より温冷感の表現や操作負担の軽減を目指した時に多様な操作方法が提案されていた.

キーワード: 直感的インタフェース, 温冷感, 触覚, 材質感

1. はじめに

スマートフォンで代表されるこれまでの直感的インタフェースは視覚情報を手掛かりにするものが多かったが, デバイス技術の発展とインクルーシブ社会理念の普及に伴い, 視覚情報に限らず多様な感覚を活用して直感的に操作できるインタフェースへの需要が高まっている. 五感の中でも触覚は, 暗闇でも知覚できる・全身に分布しているなどの特徴から身体を通じた直感的な操作可能性が期待され [1][2], 製品・コミュニケーション・医療などの分野において開発が活発に進められてきた [3]. このような背景のもと, 本研究では触覚を通じて感じる温冷感に注目し, 温冷操作を直感的に行えるインタフェースの設計法と応用可能性を明らかにすることを目的とする.

これまで温度情報を提示するインタフェースは多く提案されてきたが, マウスやディスプレイ, 鍵盤などのデバイス表面にペルチェ素子を付着してインタラクティブに表面温度を上下させる方法が多かった [4]. このような従来研究に対し, 本研究では直接的な温度制御を行わなくてもユーザがインタフェースの表面素材・形状などから温冷感を知覚し, 直感的な操作を行う可能性を調査することを目的としている. 温冷感に影響する素材・形状・操作方法の特徴や設計法が明らかになると, 様々な一般プロダクトデザインにも幅広く応用できる可能性がある.

その基礎検討として本論文では, 温冷感と関連性が高いエアコンのリモコンを題材としたワークショップを実施し, 温冷感を利用したインタフェースに必要な素材・形状・操作方法について調査を行う. 触覚には, 温冷感, 硬軟感, 凹凸感, 粗さ感, 摩擦感の 5 つの材質感次元が存在すると言われているが [5], それらが互いにどのように作用してい

るのかについては明らかになっていない. 温冷感に影響を与える素材及び材質感を調べるために, ワークショップの前半では, 事前に用意した 8 つの素材に対する 5 つの材質感について参加者の評価を集める. 後半では, 参加者が素材を触りながらリモコンの表面に使う材質のイメージを膨らませ, 粘土でリモコンの形状を作る手法を取り入れ, 素材選定と形状のアイデア創出を促す. 参加者の制作物の素材・形状・操作方法・制作意図の分析を通じて温冷感を利用した直感的インタフェースの設計要素について考察を行う.

2. ワークショップの概要

温冷感を用いた直感的インタフェースの設計要素を調べるために, 日常的に触れる素材を使ったワークショップを設計した. ワークショップの前半は, 用意した素材が持つ触覚的特徴を調べるため, 材質感に関する評価を行う. ワークショップ後半の進め方やまとめ方は, 柔らかい操作インタフェースのワークショップ [6] を参考に, 温冷感を利用したリモコンに関する新しいアイデア創出と分析を行う. ワークショップ全体の流れは, (1) ワークショップの目的と流れの説明 (5 分), (2) リモコンのアイデアスケッチ (15 分), (3) 素材の体験と材質感評価 (20 分), (4) リモコンの試作とアイデアシート記入 (40 分), (5) 制作物の紹介と意見交換 (20 分) のように構成し, 各回は 4 人 1 グループで進める.

(2) では, テーマに関する理解と想像を促すアイスブレイクとして, 質より量を重視したアイデア出しを求めた. まず, 既存のエアコンのリモコンを見せながら視覚中心のデザインと異なる温冷感を使ったデザインの可能性について説明し, 簡単なアイデアスケッチを行う. 例えば, 冷暖房ボタンに温かさや冷たさを感じる素材をそれぞれ使用することで, 目で見なくても触っただけで冷暖房を識別できるリ



図 1: 操作方法を書いたカード



図 2: ワークショップの様子

モコンなどを考えるように指示した。また、ボタンを押す以外にも回転させる、ねじる、握るなどの直感的に使いやすい操作方法の一例として、8つの操作方法を書いたカード(図1)を提示し、アイデア出しの参考にしてもらった。

(3)では、日常的に触れる、かつ温冷感を感じやすいと思われる8つの素材(レーヨン、リネン、ガーゼ、サテン、ボア、シリコン、ウッド、ビニール袋のような薄いプラスチック)を用意し、材質感の評価を行なった。参加者はその場で素材を触りながら、温冷感、硬軟感、凹凸感、粗さ感、摩擦感の5つの材質感に関するアンケートに答えた。材質感に関する既存研究[5]では、素材の触知覚を構成する5種類の材質感を温冷感、硬軟感、摩擦感、マクロな粗さ感、ミクロな粗さ感と定義しているが、本研究では参加者の理解を補うために、マクロな粗さを凹凸感、ミクロな粗さを粗さ感と表記した。更に、凹凸感と粗さ感、摩擦感の違いを分かりやすくするため、指を素材の上に置いた時に感じる凹凸度合を凹凸感、指を置いて横にスライドさせた時に感じるざらざら度合を粗さ感、指を置いてスライドさせた時の突っかかり度合を摩擦感と定義した。温冷感は温かみや冷たさを感じる程度、硬軟感は柔らかさの程度を示す。参加者は素材の材質感について、-3から3まで7段階で評価した(例えば、温冷感の場合は-3:とても冷たい、-2:冷たい、-1:やや冷たい、0:どちらでもない、1:やや温かい、2:温かい、3:とても温かい)。各材質感の評価指標は、温冷感が高いほど温かく(温かい(+), 冷たい(-)), 硬軟感が高いほど柔らかく(柔らかい(+), 硬い(-)), 凹凸感が高いほど凹凸が無く(凹凸がある(-), 凹凸が無い(+)), 粗さ感が高いほど細かく(細かい(+), 粗い(-)), 摩擦感が高いほど滑らか(滑らか(+), 摩擦がある(-))であると定義した。

(4)では、操作方法を書いたカード(図1)と(2)のスケッチを参考に、素材とカラー粘土を用いてリモコンの試作を行なった。必要機能としては冷暖房の付け方を求め、余裕

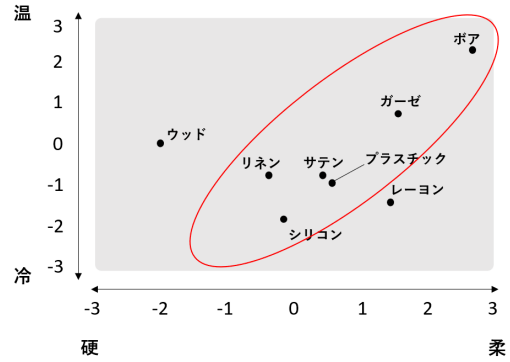


図 3: 素材の分類図(温冷感-硬軟感)

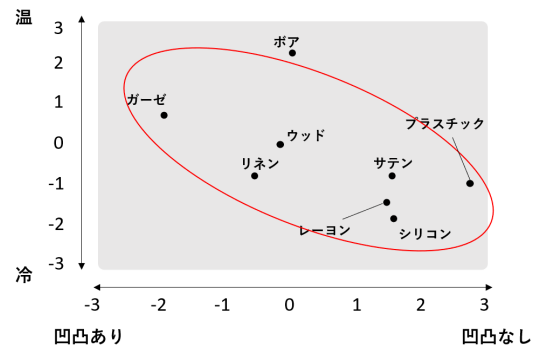


図 4: 素材の分類図(温冷感-凹凸感)

がある場合は細かい温度調節や停止ボタン、タイマーなども組み込んでもらった。アイデアシートを用意し、リモコンのイラスト・使用した素材・形状・操作方法の理由などの記録を求めた。必ずしも(2)で描いたスケッチや操作方法カード(図1)に従わないといけないわけではなく、思いついたアイデアを中心に発展させて良いと指示した。

(5)では、(4)で制作したリモコンのプロトタイプをグループ内で一人ずつ紹介し、他の参加者が作ったものを交換して触りながら気づいたことを話し合った。

試作の様子と参加者の発言を記録するために、参加者の事前同意の元で全プロセスを録画し、分析を行なった。

3. 実施したワークショップの結果と考察

法政大学市谷田町校舎研究実験室3にて2023年6月15, 16, 20日の3日間実施した。各日4名ずつ合計12名(20代男性:4名, 20代女性:8名)が参加した。環境温度による影響を減らすために、空調の室内温度を24度で一定に設定にした。図2にワークショップの様子を示す。

3.1 素材の材質感評価

8つの素材に対して評価した5種類の材質感の平均と標準偏差の結果を表1に示す。用意した素材の中では、ボアが一番温かく、シリコンやレーヨンがやや冷たく感じる事がわかった。

温冷感に影響を与える材質感を調べるために、5つの材質感間の相関係数を調べた結果、温冷感と凹凸感は負の相関(相関係数:-0.59)、温冷感と硬軟感は正の相関(0.48)が見

表 1: 材質感の評価結果：平均 (標準偏差)

材質感	レーヨン	リネン	ガーゼ	サテン	ボア	シリコン	ウッド	プラスチック
温冷感	-1.33(0.31)	-0.92(0.26)	0.92(0.38)	-0.92(0.29)	2.25(0.30)	-1.75(0.28)	0.00(0.33)	-1.00(0.17)
硬軟感	1.67(0.43)	-0.50(0.51)	1.75(0.43)	0.42(0.45)	2.83(0.11)	-0.25(0.62)	-2.25(0.25)	0.58(0.38)
凹凸感	1.67 (0.36)	-0.67(0.48)	-2.00(0.41)	1.50(0.36)	0.08(0.62)	1.58(0.25)	-0.33(0.63)	2.83(0.11)
粗さ感	1.42 (0.23)	-1.42(0.15)	-1.33(0.5)	1.33(0.43)	1.08(0.5)	0.75(0.65)	-1.25(0.54)	2.83(0.11)
摩擦感	0.83(0.42)	-0.83(0.40)	-1.50(0.31)	1.25(0.49)	1.08(0.41)	-0.92(0.76)	-1.17(0.47)	2.08(0.57)

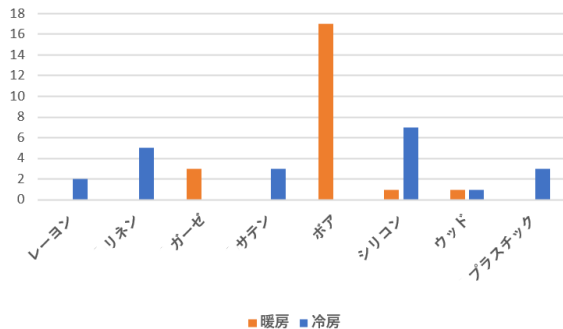


図 5: 冷暖房ボタンの素材

られ、温冷感と粗さ感 (-0.24) 及び温冷感と摩擦感 (-0.05) では相関が見られなかった。すなわち、素材が柔らかくて凹凸があるほど温かく感じやすく、素材が硬くて凹凸がないほど冷たく感じやすい傾向が見られた。図 3 に温冷感と硬軟感、図 4 に温冷感と凹凸感を軸にした素材の分布を示す。

参加者のコメントから、素材を触る方向や重ねた枚数によって感じ方が異なるという意見があった。今回の調査では素材の触り方は指定せず参加者が自由に触って評価したが、今後リモコン製作に表面の素材をデザインする場合は、素材を触る操作方向・厚み・素材の下にくる本体の柔らかさなどが温冷感に影響を与える可能性を考慮する必要がある。また、ウッドの場合、「ウッドの音は温感を感じる」、「日常的に目にするものだから安心感がある」という意見があり、温冷感の知覚には触覚だけでなく聴覚や経験値も影響する可能性が示唆された。

3.2 リモコンのプロトタイプの仕様分析

参加者が制作したプロトタイプは合計 23 個であり、素材、形状、操作方法、制作意図について分析を行なった。

3.2.1 冷暖房ボタンの素材

冷暖房ボタンに使用された素材を図 5 に示す。参加者から素材の指定がなかった場合を除き、暖房ボタンに使われた素材は計 22 個、冷房ボタンは計 21 個であった。暖房ボタンはボアを選択した人が多かった一方で、冷房ボタンにはシリコンやリネン、サテンなど、暖房ボタンと比較して使用される素材が分散されていた。

暖房ボタンに一番多く使用したボアの選定理由として、「素材の中で一番温感を感じる」といった意見以外に「ずっと触っていたい」、「リラックス感がある」という意見があり、

心的リラックス感が素材の温感に影響を与えている可能性が示唆された。また、「一番柔らかみを感じるから」など、3.1 章で調査した硬軟感と温冷感の関係性を示す意見も多かった。ウッドやプラスチックは、冷暖房ボタンではなく乾燥ボタンに使用したいという意見があり、ウッドの硬さやプラスチックのツルツルさ（凹凸/粗さ/摩擦の無さ）が乾燥のイメージを形成する可能性が考えられる。

素材の選定理由を大きく分類すると (1) 温冷感を感じた素材だから (47.8%) (2) 組み合わせを考えた時に違いが分かりやすい素材だから (26.1%) (3) 形状や操作方法に合う素材だから (26.1%) の 3 つであった。今後、直感的に操作可能なりモコンのデザインをする際には、直接的な温冷感以外にも (2) と (3) で示す明示的な差異や明確な操作性を考慮する必要があると考えられる。

3.2.2 直感的に使える形状・操作方法

制作物の紹介と意見交換の映像記録から得られたプロトタイプに関する具体的な説明を分析し、操作方法と制作意図を分類した結果を図 6 に示す。操作方は、事前にアイデア発想の参考として配っていたカード (図 1) に限らず、参加者の説明から得られたキーワードを中心にまとめた結果、押す・回す・タッチ・スライド・(立体物全体の) 回転・つまむ・握る・傾けるの 8 つの操作方法が見られた。制作意図は、ワークショップで指示した「温冷感を利用した直感的な操作性」を各参加者がどのように解釈し、具体的な形状や操作方法を提案していたかに関する分析であり、下記の 4 つの傾向が見られた。(1) 使い慣れた方法 (8.70%)：使い慣れている物が与える安心感や配置の覚えやすさという観点から、ゲーム機の形をしたリモコンを考えた。(2) 操作負担を軽減 (26.1%)：片手で操作できる、弱い力で操作できる、リモコン全体をボタンにすることで触れる面積を大きくして認識しやすくする、手の平全体で操作できる方法などを考えた。(3) 温冷感の質感 (30.4%)：温冷感を伝えるのを制作意図にしつつ、素材の触覚だけでなく、リモコン本体の硬さや形状、配置、素材の音や色などを温冷感の表現要素として捉えた。例えば、丸い・膨らんでいる・柔らかい・木材の音・左方向・ピンク色は温感、角ばっている・凹んでいる・硬い・金属の音・右方向・水色は冷感と設定した。(4) 操作を誘導する形状 (8.70%)：手の形をしたリモコンに手を合わせて使う、といったアフォーダンスの観点から形状と操作を考えた。(5) その他 (26.1%)：アンパンマンや動物のよ

	使い慣れた方法	操作負担を軽減	温冷感の質感	操作を誘導する形状	その他
押す					
回す					
タッチ					
スライド					
回転					
つまむ					
握る					
傾ける					

図 6: 制作されたプロトタイプの実操作方法と制作意図に基づく分類

うなコンテンツ中心のデザインを考えた。

最も多かった操作方法は、既存リモコンに多く採用されている「押す」タイプであった。従来のデバイスであまり見られない、「回す・本体の回転・つまむ・握る・傾ける」などの操作も見られ、素材や立体そのものを手先や手のひらの感覚で操作する方法が多かった。特に、操作負担の軽減や温冷感の表現を目指した場合、他の制作意図よりも多様な操作方法が提案されており、「直感的操作」を具体的に定義するのは難しいが、参加者の解釈と制作意図によって形状と操作方法に関するアイデアの広がりが変わってくる傾向が見られた。

4. おわりに

本研究では、温冷感覚を利用した直感的インタフェースの開発を目指し、エアコンのリモコンを題材としたワークショップを実施し、素材・形状・操作方法の特徴を調査した。事前に用意した8つの素材を5種類の材質感で評価し、温冷感の表現に最適な素材を選定すると共に、硬軟感と凹凸感は温冷感と関連があることがわかった。参加者のコメント及びアイデアの仕様を分析した結果、素材そのものの温冷感のみならず、操作方法や実装形状によって感じ方が変わってしまう可能性、温冷感に影響する要素には触覚以外にも視聴覚や心的イメージも含まれる可能性、制作意図によって操作方法のアイデアの多様性を広げられる可能性などが示唆された。以上の結果は、今後のワークショップの改

善に加えて、温冷操作インタフェースを設計していく際に考慮すべき点として応用できる。今後は、幅広い年齢層を対象としたワークショップの開催及び具体的なリモコンの設計と評価に取り組み、直感的に使いやすいユニバーサルデザインやインクルーシブデザインの実装へつなげていく。

参考文献

- [1] Misa Grace Kwok: 触覚インタフェースの現状と今後, 人間工学, vol.43, No.2, pp.26-27, 2007
- [2] 田中真美: 触覚・触感のメカニズムの解明とセンサシステムの開発に関する研究, 精密工学会誌, vol.82, No.1, pp.20-25, 2016
- [3] 田中由浩: 触覚研究の動向, システム/制御/情報, Vol.64, No.4, pp.119-120, 2020
- [4] 串山久美子, 土井幸輝, 笹田晋司, 馬場哲晃: Thermo Drawing: 冷温提示による小型触覚ディスプレイを使用した温度描画システムの開発, 情報処理学会 インタラクシオン 2012, pp.723-728, 2012
- [5] 岡本正吾, 永野光, 山田陽滋: 素材の触覚を構成する5種の材質感次元, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp.362-365, 2011
- [6] 香川舞衣, 辻村和正, 佐倉玲, 山村亮介, 寛 康明: 柔らかい操作インタフェースのアイディア創出を促すワークショップの実践, 情報処理学会 インタラクシオン 2023, pp.860-865, 2023