

複合現実型視覚刺激による触印象への影響 (2)

— 素材感の提示と曲面物体への展開 —

Psychophysical Influence on Tactual Impression by Mixed Reality Visual Stimulation (2) - Superimposing Different Visual Textures onto Flat and Curved Objects -

杣田明弘¹⁾, 家崎明子¹⁾, 木村朝子²⁾, 柴田史久¹⁾, 田村秀行¹⁾

Akihiro SOMADA, Akiko IESAKI, Asako KIMURA, Fumihisa SHIBATA, and Hideyuki TAMURA

1) 立命館大学 情報理工学部

(〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

2) 独立行政法人科学技術振興機構 さきがけ

(〒332-0012 埼玉県川口市本町 4-1-8)

Abstract: In mixed reality (MR), it has been indicated that not only visual impression, the tactual impression can be affected by computer generated image. In this paper, we focus on “roughness” as one tactual impression and investigate the psychophysical influence on tactual impression by MR visual stimulation. We make some experiments of superimposing MR visual stimulations onto the plastic objects with four different roughness and two different shapes. As the result, even though the material of tactual and visual stimulation are different, the subjects tactually perceive the material same as MR visual stimulation, if the surface roughness of tactual and visual stimulation are analogous.

Key Words: Mixed Reality, Tactual Impression, Psychophysical Influence, Digital Manufacturing

1. はじめに

我々は複合現実 (Mixed Reality; MR) 環境における実物体の外観の変化が、触印象に与える影響について調査を進めている。[1]では、実物体にそれと同じ材質・異なる表面粗さのCGテクスチャを重畳描画した場合について調査し、同じ粗さの実物体に触れていても、視覚的に粗いMR型視覚刺激が提示されるとより粗い触感として知覚されることが分かった。そこで、次のステップとして、実物体とは異なる材質のMR型視覚刺激を提示する場合に、視覚で提示する素材感を触覚からも得ることが可能か調査する。本稿では、平面状の実物体に異なる材質の視覚刺激を提示する場合、曲面がある実物体に展開した場合、商品としての予備知識を与える場合に、MR型視覚刺激が触知に及ぼす影響について実験を行ったので、詳細を報告する。

2. 実験1：平面に対する素材感提示

2.1 実験目的

実験1では、平面状の実物体に実物とは表面粗さの異なる様々な材質のMR型視覚刺激を提示することで、視覚で提示する素材感を触覚からも得ることが可能か調査する。なお、以降の実験では[1]と同じMRシステムを使用する。

2.2 実験内容

実験対象には、ラピッドプロトタイプ技術 (Rapid

Prototyping; RP) を用いて成形した、表面粗さが段階的に異なる4種類のプラスチック板 (15×20 cm) を用いる。これらは[1]で用いられたものと同じで、それぞれ表面粗さの粗い順に Rough 1 から Rough 4 と呼ぶ。MR型視覚刺激としては、さまざまな製品に使用される素材の画像を実物体と同形状のCGモデルにテクスチャマッピングしたものを用意する。素材は革 (5種類)、石 (2種類)、布 (5種類)、鉄 (1種類)、ゴム (1種類)、樹脂 (3種類)、木 (3種類) の計20種類を用いる。

まず予備実験で、各素材の見た目に近い粗さを持つプラスチック板を選出する。次に、本実験では、予備実験で求めた素材とプラスチック板の組合せそれぞれに対し、見た目と触感が一致しているかを評価する。

2.3 予備実験

2.3.1 実験手順

全ての素材に対し、被験者ごとに以下の手順で予備実験を行う。被験者は、大学生13名である。

- (1) 各素材のCGテクスチャとその使用例が記載された用紙 (図1) を被験者に提示し、触感のイメージを持たせる
- (2) HMDを装着した被験者の眼前に、無作為に選択した、表面粗さの異なる2枚のプラスチック板を配置する
- (3) プラスチック板に、(1)の素材をそれぞれ重畳描画する

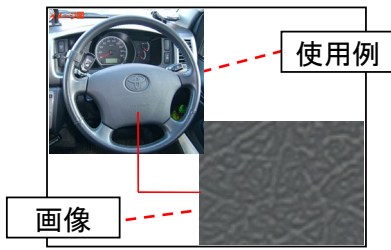


図1 素材とその使用例を示す用紙

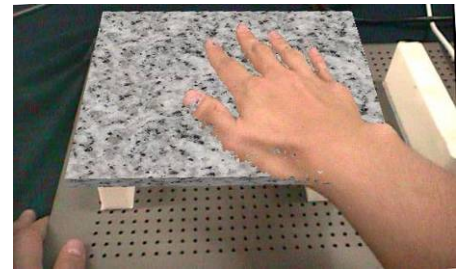


図2 実験風景 (複合現実空間)

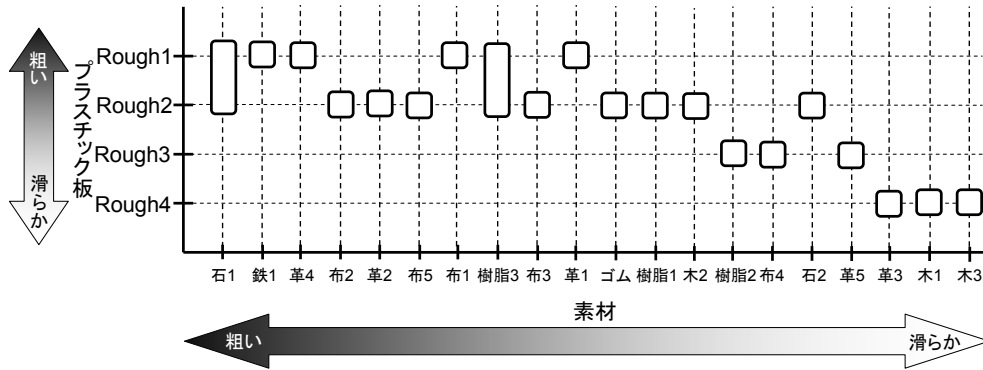


図3 予備実験の結果

- (4) 被験者は両方のプラスチック板に触れ (図2), 「どちらが見た目と触感が近いか」という問いに回答する
- (5) プラスチック板を無作為に入れ替え, 4種類全ての組合せを提示し終わるまで (2) から (4) を繰り返す
- (6) サーストンの一対比較法を用いて, 素材の見た目とプラスチック板の触感の類似度の心理尺度を求める
各素材に対し, 順位が最も高いプラスチック板を, 表面粗さが近い (視覚的に感じる触感と触覚的に感じる触感が最も近い) プラスチック板とする。

2.3.2 実験結果

実験結果を図3に示す。横軸は素材 (視覚的な粗さの順に記載), 縦軸はプラスチック板の粗さ, グラフ中の四角は粗さが最も近いと判断された組み合わせを示している。素材粗さの順番は, 事前に被験者に図1の用紙をより粗く感じる順に並び替えさせ, 正規化順位法により求めている。

2.4 本実験

2.4.1 実験手順

予備実験で選ばれた素材とプラスチック板の組み合わせ (図3) すべてに対し, 以下の手順で実験を行う。被験者は, 大学生13名である。

- (1) 予備実験と同じ図1の用紙を被験者に提示し, 触感のイメージを持たせる
- (2) HMDを装着した被験者の眼前に, 予備実験の結果, 粗さが近いと判断された素材とプラスチック板の組み合わせを提示する
- (3) 被験者はプラスチック板に触れ (図2), 「見た目と触感が合っているか」という問いに「一致している」「まあまあ合っている」「違和感がある」の3段階で回答する
※回答の如何に関わらず, その理由を聴取する

2.4.2 実験結果と考察

実験結果を図4に示す。横軸は回答人数, 縦軸は素材と

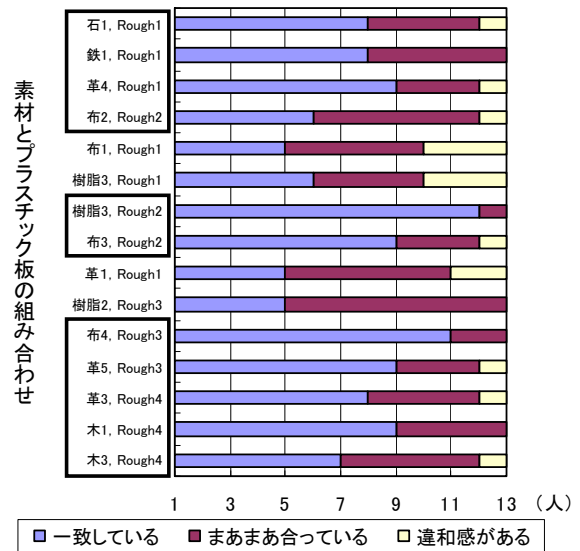


図4 実験1 本実験の結果

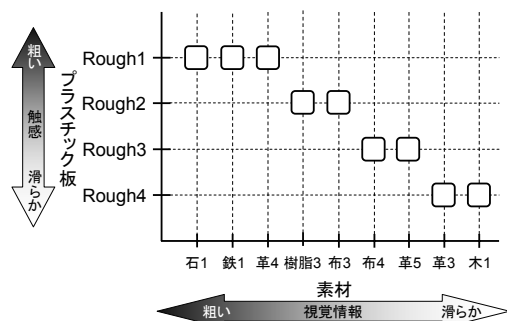


図5 評価の高いCGテクスチャとプラスチック板の組み合わせ

プラスチック板の組み合わせを表す。ここでは「違和感がある」という回答が3名以下であった素材とプラスチック板の組み合わせのみ記載している。

図4の太線で囲まれた11組は、「違和感がある」の回答が1名以下、かつ残りの被験者の半数にあたる6名以上から「一致している」という回答が得られた組み合わせである。これらは、MR型視覚刺激により、視覚で提示する素材の触感を概ね提示できている（以下、素材感提示可能）と考えられる。また、この11組の素材とプラスチック板の組み合わせをみると、1つのプラスチック板の粗さに対して、複数の素材との組み合わせが存在する。このことから、MR型視覚刺激によって実物体の数よりも多くの素材感を触感として提示できることがわかる。

素材の見た目とプラスチック板の触感が特に近いと評価された（「違和感がある」という回答が1名以下、かつ8名以上の被験者が「一致している」と回答）組み合わせを図5に示す。図より、素材の粗さの順位とプラスチック板の表面粗さの間には相関があり、材質に関係なく、見た目でも粗く感じる素材には、表面粗さの粗い実物体が適していることがわかる。

また、「違和感がある」と回答した被験者からは、「素材表面の凹凸の大きさ、および間隔がプラスチック板と極端に異なる場合は、違和感がある」というコメントが得られた。よって、MR型視覚刺激によって異なる素材感を提示するためには、凹凸の大きさ、間隔それぞれが類似している実物体と素材を選択する必要があることがわかる。

3. 実験2：曲面に対する素材感提示

3.1 実験目的

実験1の結果より、平面状の実物体にMR型視覚刺激を提示する場合、提示する実物体と素材間で、凹凸の大きさおよび間隔が類似していれば、視覚で提示している素材の素材感を触感としても知覚できることが示された。しかし、自動車のステアリング、杖など、工業製品の多くは曲面形状を有している。そこで、本実験では実物体を平面状のものから曲面状へと展開した場合でも、同様に素材感を触感から得ることができるか調査する。

3.2 実験内容

実物体として、RPで成形した、表面粗さが段階的に異なる4種類の円柱状の曲面物体を用いる（図6(a)）。これらは、[1]および2章で利用したプラスチック板と同じ方法で、表面を成形することで粗さの違いを実現している。

実物体の形状が平面状から曲面状となることで、物体の触知方法が個人ごとに異なることが予想される。触知方法が触印象に影響を与えることは大いに考えられるので、実験前、実験者が実物体の触り方を実演し、触知方法を統一する。この触知方法は事前に調査した結果、最も一般的であった方法（図7）を採用した。また、被験者には、触知している間は、親指を動かすよう指示した。

MR型視覚刺激には、実物体と同形状のCGモデルに素材の画像をテクスチャマッピングしたものを用いる（図6(b)）。使用する素材およびそのCGテクスチャは実験1で使用したものと同一である。素材と実物体の組み合わせは、

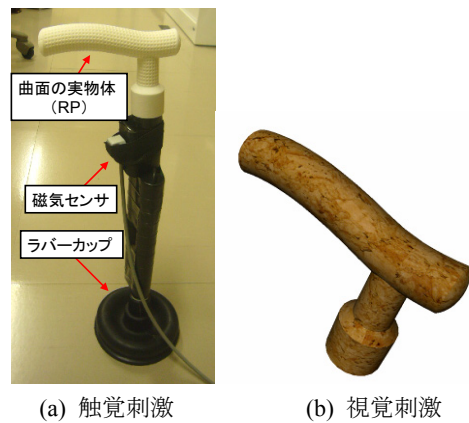


図6 提示する刺激

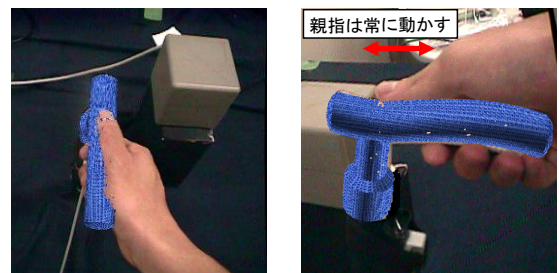


図7 実験風景（複合現実空間）

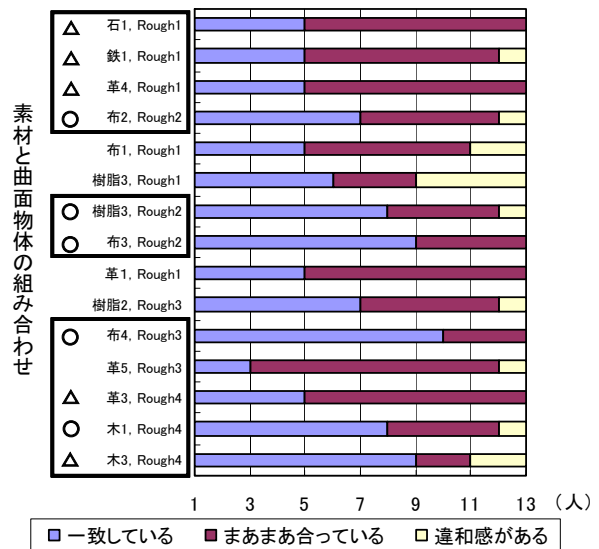


図8 実験2の結果

実験1で「違和感がある」と回答した被験者が3名以下であったもの（図4の15種類）について行う。

3.3 実験手順

15種類の実物体と素材の組み合わせについて2.4節と同様の手順で実験を行う。被験者は、大学生13名である。

3.4 実験結果と考察

実験結果を図8に示す。実験1で素材感提示可能と判断した11組（図8太線で囲んだ項目）に着目すると、内6種類（図8○印）は、実験1同様、素材感提示可能（「違和感がある」1名以下、かつ「一致している」6名以上）という結果となった。残り5種類のうち、革5・Rough3の組み合わせを除く4種類（図8△印）も、上記素材感提

示可能とした条件と1名の差があるのみで、実験1とほぼ同等の結果が得られた。

一方、素材ごとの結果に着目すると、石、樹脂、鉄、木の素材を提示した際には、実験1と同様の傾向が得られた。しかし、革など、一見柔らかそうな素材を提示した場合、実験1よりも「一致している」と回答する被験者が減少している。革3や革5など、素材が革のときに「まあまあ合っている」と回答した被験者からは、「表面粗さは合っているが、見た目と触ったときの堅さがイメージと異なるため、少し違和感を覚える」というコメントが多く得られた。これは、今回の触知方法が「撫でる」に加え、「握る」という動作を含んでおり、実物体の堅さをより知覚しやすくなったためと考えられる。このように、触知方法が変わることで、素材の堅さの印象が強くなることもわかった。

4. 実験3：形状に対する予備知識の付加

4.1 実験目的

次に、被験者に、触知する実物体の用途・特徴などの予備知識を与えることで、触印象にどのような影響が現れるか調査する。

4.2 実験内容

本実験では、まず市販されている杖を被験者に使用させ、曲面物体が「杖」の把持部であることを意識させる。また、杖を実際に使用させることで、「丈夫である」「堅い」という印象を与え、曲面物体の内部には堅い芯が入っているという予備知識を与える。もし、触印象が予備知識に引っ張られるのであれば、布、革といった柔らかい素材がMR型視覚刺激として提示された場合でも、素材の柔らかさの印象が抑えられ、実物体の堅さに違和感を持たなくなるという可能性が考えられる。

本実験では、「重さ」の影響を受けずに、被験者が実物体である杖を前後左右に動かせるよう、杖と地面が接地する部分にラバーカップを取り付けている。また、素材を実物体の動きに追従させるため、実物体に磁気センサを取り付け、その位置姿勢を取得している（図6(a)）。

4.3 実験手順

実物体と素材の組み合わせは実験2と同じとする。実験前に被験者に杖を使用させ、予備知識を与える。その後、実験2と同じ手順で実験を行う。被験者は、大学生13名である。

4.4 実験結果と考察

実験結果を図9に示す。実験1で素材感提示可能であった11組（図9太線で囲んだ項目）については、実験2とほぼ同様の結果が得られ、7種類（図9○印）が素材感提示可能と判断された。また、残りの4種類（図8△印）についても、実験2とほぼ同じ傾向であった。これは、当初の予想に反して実験2と同様の傾向であり、柔らかそうな素材を提示したときに「堅さが気になる」といったコメントも変わらず多く得られた。

また、実験後「曲面物体が杖であるという予備知識が、触印象に影響を与えたか」確認したところ、「形状の予備

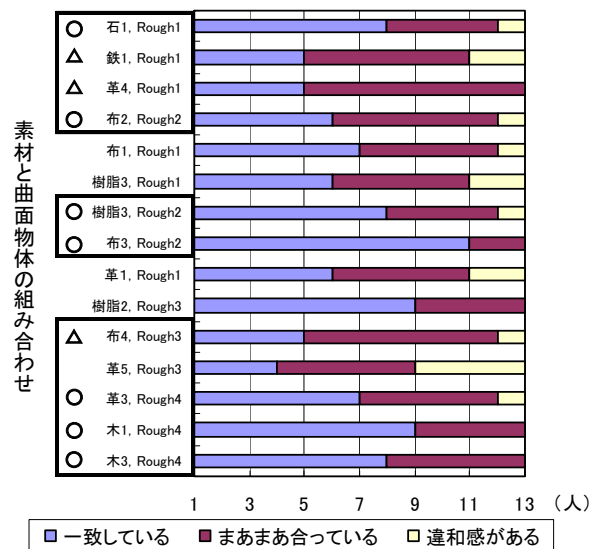


図9 実験3の結果

知識よりも、試行毎に確認する素材のイメージ（図1）の方がより強く意識に残った」という回答が得られた。「杖」は堅いという予備知識を与えても、視覚で感じる材質表面の柔らかさをより意識していることが分かる。

以上より、今回の実験条件では、形状に対する予備知識は、触印象に対してほとんど影響を与えなかった。

5. むすび

本稿では、表面粗さが異なる4種類の実物体に対して、異なる材質の様々な素材をMR型視覚刺激として提示し、視覚的な材質の変更が触印象に影響を及ぼすか調査した。実験結果より、提示する実物体の形状に関わらず、石、樹脂、鉄、木といった素材のCGテクスチャの場合、提示する実物体と素材の凹凸の大きさ、および間隔が類似していれば、MR型視覚刺激によりその素材感が触覚としても得られることが示された。しかし、革などの柔らかい材質の素材を提示した場合、触知方法によって堅さという因子が大きく影響し、素材感提示が困難となることがわかった。また、上記の傾向は、実物体の用途・特徴などの予備知識を与えても、大きくは変わらないことがわかった。

今後は、MR型視覚刺激に加え、聴覚刺激も同時に提示し、複数の感覚器官への刺激が触知にどのような影響を及ぼすか調査する。

謝辞 実験にご協力いただいた鍵本麻美氏に感謝の意を述べる。本研究の一部は、科研費・基盤研究A「三感融合型複合現実空間の構成法に関する研究」による。

付録 “material.jpg”に素材の画像（20種類）を、“result.jpg”に実験1の実験結果を添付する。

参考文献

[1]家崎明子, 柚田明弘, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行, “複合現実型視覚刺激による触印象への影響 (1) — 研究構想と基礎実験 —”, 本大会, 2007.