

令和 2 年 7 月 15 日現在

機関番号：34529

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00288

研究課題名（和文）空中映像と空中触覚の融合に関する基礎研究

研究課題名（英文）Research about sensory fusion of floating images and mid-air touch stimulation

研究代表者

Markon Sandor (Markon, Sandor)

神戸情報大学院大学・情報技術研究科・教授

研究者番号：30434971

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：DCRAデバイスによって写像される空中画像は空中に静止していて指で検査できるため、触覚刺激と組み合わせるのに適している。本研究では、高速に移動できる透明パネルを使用して、それを空中画像に重ねたり外したりする触覚刺激法を開発した。この方式では、任意の位置で指に触覚刺激を与えることができる。

空中画像と空中タッチ刺激の組み合わせに対する人の知覚を調べた。位置、形状、およびテクスチャの認識は可能であることがわかった。情報チャネルを追加する効果的な方法として、複雑な医療情報の評価を含む多くの分野で活用できると分かった。また、エンターテインメントやゲームでの商業利用の可能性も見えています。

研究成果の学術的意義や社会的意義

空中映像と空中触覚のマルチモーダル刺激に対する人の認知性能について基礎データが得られた。触覚提示の位置特定、提示した形状およびテクスチャの認識について定量的な結果が得られた。開発した実験装置で今後は更に詳細な情報を収集し、空中触覚のコンテキスト依存、時間的な特製、また触覚と視覚のドミナンス関連等について多くの心理実験を行う事を予定している。

研究成果の概要（英文）：Floating images created by DCRA devices are suitable for combining with haptic stimulation, since the floating image is stationary in the air and can be examined by fingers. In our research we have developed a haptic stimulation method, using a rapidly moving transparent panel that can be moved into the floating image or removed. This "floating touch" method allows haptic stimulation of the user's finger at any position in the image plane. We have examined the human perception to various combinations of floating images with floating touch stimulus. We have found that recognition of position, shape, and texture is possible with some limitations. This result indicates that "floating touch" can be an effective method of adding one more information channel to enhance the user experience in many fields, including evaluating complex medical information. We also see the possibility of commercial use in entertainment and games.

研究分野：ヒューマンインターフェース

キーワード：空中触覚 空中映像 マルチモーダル センサーフュージョン

1. 研究開始当初の背景

マルチモーダル刺激

複雑な情報を理解し、操作・探索する事を容易にするため、視覚情報だけではなく、触覚・聴覚・嗅覚情報と組み合わせる研究が注目されている。その中で特に触覚情報は日常的に無意識で認識され、直感的な情報チャンネルとなり、また手指で対象領域を探索する際に捜査と自然に融合される性質があり、視覚刺激と触覚刺激を組み合わせたマルチモーダル刺激が有効な手段とされている。

それを可能にするための様々なハプティック刺激装置が開発され、その中で例えば Phantom がインター装置を使って、仮想物体の輪郭等を触覚で感じさせる事ができる。先行研究では Phantom を HMD (ヘッドマウントディスプレイ) やステレオヘッドホンと組み合わせ、マルチモーダル刺激を使って仮想現実を体験できる事が示されている。

HMD の代わりに以下に紹介する DCRA による空中映像を使えば、HMD を装着する必要がなくなり、一段と自然な形で視覚刺激を提示できるようになる。Phantom で空中映像に触れ、その実態感が増す事が報告されている。一方、Phantom を使う時は装置を手握る必要があり、より自然なインタラクションが求められている。

過去の空中触覚提示方法

我々の研究グループでは触覚刺激を与える方法を以前より探っており、例えば空中映像内に空気ジェットを噴射させ、指先への気圧変化をハプティック刺激として感じる研究を行った。しかし空気ジェットの数が制限され、特定の場所での刺激しかできない等の問題がある事を分かったため、新たな触覚刺激方法の研究が必要だと分かった。

DCRA による空中映像

DCRA (Dihedral Corner Reflector Array、2面コーナリフレクターアレイ) という光学素子により、任意の光源の空中映像を投写する事ができる。実際の物体を照らせば、その物体の三次元空中映像ができるが、本研究では通常の高輝度平面ディスプレイのみを利用し、空中映像は二次元の映像となっている。

空中映像の特徴は、

- ・ 実像であり、そこから発射する光線は実際の物体からの光線と同じ特性を持つ
- ・ 映像は空中に固定されており、視野角内の任意の角度から同じ場所に見える

これらの特徴から、空中映像とのインタラクションは実際の物体と同様、指で触れたら指先は映像を指している箇所は固定されている。

空中映像とのインタラクションのために様々なインターフェースが提案・開発されているが、本研究では空中映像の面での指先位置を確実に検出できる赤外線方式タッチスクリーンを利用している。空中映像の面を囲む額より画像面で上下左右に赤外線が照射され、額に組み込まれている赤外線センサー列がそれを感知する。光線が指先で遮断されると、その座標が検出される。

2. 研究の目的

従来の研究で用いられた触覚刺激方法では刺激の有無やある場所での仮想物体の存在が認識できた成果が報告されているが、触覚刺激が視覚情報に追加され、資格情報チャンネルを補う新しい情報伝達チャンネルとしての役割を果たせるのが未だに不明である。

本研究では触覚刺激により仮想物体の位置、形状(輪郭)および表面のテクスチャを認識できるのかを調べる事を目標としている。その様な認識が可能であれば、例えば図2の様な情報提示が可能となり、複雑な医療情報を処理する医療従事者への情報提示がより効率的に、かつ直感的にできるようになる。そのため、触覚刺激の認識性能を調べるための実験方法を開発し、認証実験を行う事にした。



視覚刺激で外形



触覚刺激で内部構成

3. 研究の方法

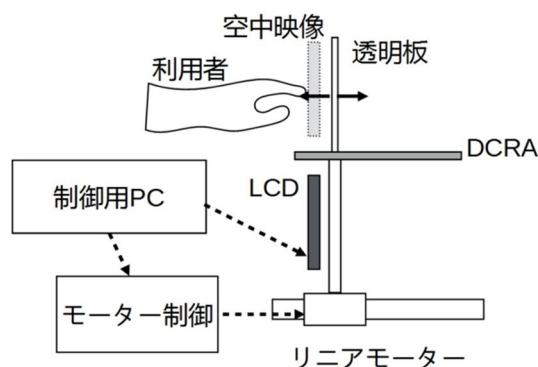
新しい空中触覚提示方式

空中触覚刺激において、以下の目標を設定している。

- ・ 空中映像面の任意の場所で刺激提示が可能
- ・ 触覚刺激が物体に触れた時と同様に認識できる
- ・ 空中映像を指先でなぞったら、触覚刺激として提示された「物体」の輪郭が分かる
- ・ 触覚により表面のテクスチャが認識可能
- ・ 触覚により物体の硬さ・弾力が認識可能

これらの目標を達成できる方式として、可動式透明板を用いた。

空中触覚刺激装置の構成は図 1 に示す。



本装置は空中映像の光源である LCD に視覚刺激内容を表示し、それを DCRA により空中映像として投射する。空中映像を構成する光線は DCRA の上に設置されている透明板を通過しているが、透明板やその位置がほとんど見えない様になっている。

リニアモーターにより透明板を利用者に向けて前後に移動させる事ができる。透明板は通常、空中映像から離れている位置にあり、利用者が空中映像の面に触れても指が透明板に届かず、空中触覚感覚が生じない。一方、空中触覚を提示する必要があった場合、つまり、利用者が「仮想物体」に触れた時に、リニアモーターは透明板を空中映像の面まで移動させ、その面に触れている利用者の指先に触覚刺激を与える事になる。触覚刺激を与えるかどうかを判断するため、利用者の指先の位置を赤外線タッチスクリーンにより検知している。

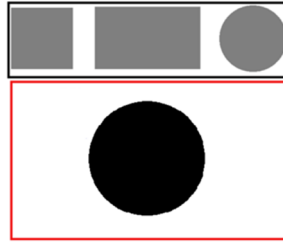
本装置に設置した制御プログラムは主に以下の処理を行う。

- ・ 初期設定段階で、空中映像と赤外線タッチスクリーンのそれぞれの座標系をキャリブレーションし、映像内の座標とタッチスクリーンの座標を一致させる。
- ・ 空中映像のコンテンツ、及び空中触覚コンテンツをイメージの形で設定し、空中映像を LCD に表示し、空中触覚のコンテンツを後の処理の対象とする。
- ・ 赤外線タッチスクリーンより、利用者が空中映像の面に触れている信号を受け取り、指先位置を得る。
- ・ 指位置は空中触覚のコンテンツの「物体」に当たる場合、透明板を手前に移動させ、「空間」にあたる場合は背面へ移動させる。この動作が指先の微小な変動により前後の振動にならないため、指の移動信号をフィルタリングし、また「物体」の輪郭に沿って一定の傾斜を持たせ、透明板が滑らかに前後に動く様な処理を行う。

実際に試作した装置は表紙の図に示す。装置全体が不透明カバーで囲まれ、外部からの明光を遮蔽している。

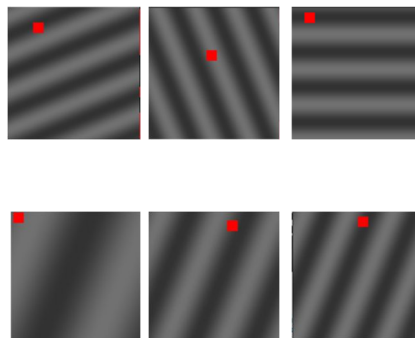
空中触覚刺激による形状認識実験

以下に示す 3 種類の仮想物体を触覚刺激により被験者に提示し、その認識性能を計測した。



空中触覚刺激によるテキスチャ認識実験

テクスチャ認識を調べるため、空中触覚により一定空間周波数・一定傾斜角のグレーティング模様を提示し、被験者に傾斜角の特定を求める。提示するパターンの例を以下に示す。



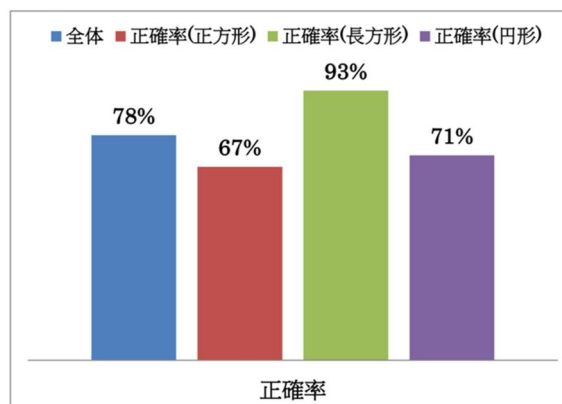
4. 研究成果

空中触覚刺激による認知性能を調べるため、いくつかの実験を実施した。実験を重ねる事につれ、空中触覚の性質が次第に明らかになってきた。

空中触覚刺激による形状認識実験

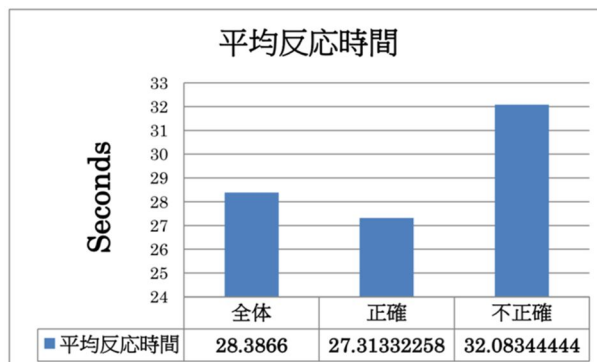
形状認識を調べるため、利用者に指先で空中映像の面に触れ、その中で提示されている正方形・長方形・円の何かの形状がどこにあるのか、どの形状が提示されているのかを答えるタスクを与える。被験者に空中映像と同時に空中触覚を提示する事による訓練を与え、次に空中触覚だけで認識を調べる。

実験結果を以下に示す。全体的な認識性能は78%だったが、長方形の認識率が高く、正方形と円形の認識率が低かった。この理由は、被験者が空中映像面を探る動作とそれに応答する透明板の動作の作用で、広い範囲での効果（長方形の長辺の検出）が正確であるが、正方形と円形を区別するために必要な角部分が局所的な情報であり、それを正確に検出するために透明板の高速な移動が必要となる。本装置は十分高速な動作ができない場合があり、そのためこの認識性能が比較的に低かったと考えられる。



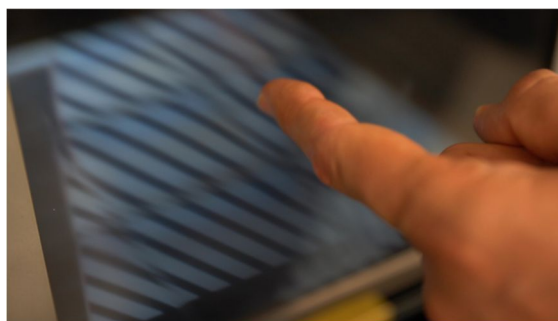
また認識に必要な時間、つまり被験者が空中映像の面を探る時間も評価し、結果を図6に示

す。ここから分かるのは、形状を正しく認識した時より、形状の認識が間違った時の方で被験者が形状認識に長い時間を使った。



空中触覚刺激による形状認識実験

触覚刺激によるテクスチャ認識実験の様子を以下に示す。訓練段階で視覚情報も表示され、被験者の指先は空中映像の面をなぞり、その明るさと仮想物体の凹凸が同期していることを体験する。実際の認識実験では空中映像の様表示がなく、凹凸だけを指先で認識することになる。



認識性能を示すコンフュージョンマトリックスの一例を以下に示す。

1								
2		1						1
3			1	1				
4					1			
5					2			
6								
7							2	
8		1						

実験結果により、空中触覚を用いてテクスチャの認識が可能である事が分かる。ただし、本研究の最終段階でコロナウイルスの影響により、十分な数の検証実験は実施できず、定量的な評価に必要な実験の実施は課題として残されている。

結論

空中触覚刺激により、空中映像の情報に加え、触覚で表現される「仮想物体」の形状を輪郭より認識する事ができると分かった。また「仮想物体」の表面テクスチャも表現でき、グレーティングの傾斜角であれば区別できることも明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Sandor Markon, Ahmet Onat, Jinglong Wu and Ryo Ohtera
2. 発表標題 Haptic shape recognition in medical image processing
3. 学会等名 CME2017 (International Conference on Complex Medical Engineering) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 SANDOR MARKON, JINGLONG WU, RYO OHTERA, AND AHMET ONAT
2. 発表標題 FUSION OF TOUCH AND VISION WITH FLOATING IMAGE VISUALIZATION
3. 学会等名 CME2019 (International Conference on Complex Medical Engineering) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	呉 景龍 (Wu Jinglong) (30294648)	岡山大学・ヘルスシステム統合科学研究科・教授 (15301)	
研究分担者	大寺 亮 (Ohtera Ryo) (50590410)	神戸情報大学院大学・情報技術研究科・准教授 (34529)	