

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：31501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03489

研究課題名（和文）物体の形状などを認識させるマーカーを用いたマルチモーダルインタフェースの研究開発

研究課題名（英文）Research and development of multimodal interfaces using markers to recognize the shape of objects, etc.

研究代表者

酒井 聡 (SAKAI, SO)

東北芸術工科大学・デザイン工学部・教授

研究者番号：90515157

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、物体の形状などを認識させるマーカーを用いたマルチモーダル・インタフェースを研究開発した。研究代表者らがこれまでに開発してきた動的に変化する投影面を用いたデジタルサイネージ技術で培ったマーカー形成技術を応用し、映像投影に用いるカード型スクリーンの位置やIDなどをカメラで取得し、プロジェクション・マッピングの技術で複数枚のカードに映像投影を行えるようにした。カード型スクリーンとすることで、手に持つこと、複数枚を用いること、複数人が同時に扱えることなど様々な活用が可能となった。その成果は、社会実験としてスリーエム仙台市科学館に展示されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、物体の形状などを認識させるマーカーを用いたマルチモーダル・インタフェースを研究開発した。マルチモーダル・インタフェースとは様々な感覚器を同時に用いることで、単体の感覚のみを用いるよりもより多くの情報を得るインタフェースである。本研究で開発したカード型スクリーンを用いたインタフェース「MagicalCard」は、プロジェクション・マッピングと超指向性スピーカーの技術を複合的に用いることで新しいインタフェースのあり方を検証したものである。

研究成果の概要（英文）：In this research, a multimodal interface using markers to recognize the shape of objects was researched and developed. The marker formation technology developed by the principal investigators for digital signage technology using dynamically changing projection surfaces was applied to acquire the position and ID of the card-shaped screen used for image projection using a camera, and project images onto multiple cards using projection mapping technology. The card-shaped screen is used to project images onto multiple cards. The card-shaped screen can be held in the hand, multiple cards can be used, and multiple people can use the screen at the same time. The results are exhibited at the 3M Sendai Science Museum as a social experiment.

研究分野：インタラクションデザイン

キーワード：インタラクションデザイン インタフェースデザイン 情報デザイン マルチモーダルインタフェース

## 1. 研究開始当初の背景

映像や音響分野の技術革新は文字通り日進月歩であり、これまで以上に関心が寄せられている。どちらも高解像度化、高精細化とともに、VRやAR、MR、さらにプロジェクション・マッピングなど表現も多岐に亘るようになった。

本研究では、物体の形状などを認識させるマーカーを用いたマルチモーダル・インタフェースを研究開発する。

それを実現するには、本研究代表者らが開発をしてきた動的に変化する投影面を用いたデジタルサイネージ技術で培ったマーカー形成技術を応用する。マーカーを用いることで、専用の機器を使用しなくとも簡単に空間内の物体の位置情報や方向を検知させることができ、VRやAR、MRにも適用可能で、映像や音響といった視覚、聴覚以外の触覚などを物体に加えられるため社会的な応用領域が多く見込まれる。加えて、体感刺激だけでなく機器やプログラムなどのシステム操作などにも転用が可能である。

## 2. 研究の目的

本研究は、研究担当者が研究代表者を務めた技術を応用・発展させた研究開発である。これまでの研究では、プロジェクション・マッピングの技術を高度化し、高速・高精度に3次元画像を補正し様々な動的なスクリーンに投影する技術を確立すること、映像と音響などをマルチモーダルに扱い検証することが目的であった。本研究ではその技術を用いて、新規性の高いデジタルサイネージを開発するだけでなく、昨今、学術的な研究開発や社会実装が目覚ましいVRやAR、MRへの転用、ハプティック技術などを用い触覚刺激を起こすことで、より高度な人と物を繋ぐ新たなマルチモーダル・インタフェースを研究開発する。物体の形状などを認識させるマーカーを用いたマルチモーダル・インタフェースの方法論の確立は、これまで専用の機器が必要であった事象について既存の物体にマーカーを付加するだけで、様々な物体を簡単に空間内の物体の位置情報や方向を検知させることができ、VRやAR、MRだけでなく様々な適用可能で社会的な応用領域が多く見込まれる。

また、広告業やデザインの分野だけに留まらずプロジェクション・マッピングの手法が広く扱われるようになった。本研究者らも前段階の研究では動的なスクリーンを活用することで、映像表現とパラメトリック・スピーカーを用いた音響技術の複合的活用方法・新規技術開発を行ってきた。その中で開発を行ったマーカー形成技術は、専用の機器を使用しなくとも簡単に空間内の物体の位置情報や方向を検知させられることに気づいた。それらを用いたマルチモーダル・インタフェースを研究開発することで、上記の視覚や聴覚などの体感刺激だけでなく機器やプログラムなどのシステム操作などに活用でき、独自性が高く社会への応用領域も高いものである。

## 3. 研究の方法

本研究は、研究担当者らが過去に採択されている研究課題にて研究開発を行った映像とその投影面の技術を応用し、これまでになかった新たなマルチモーダル・インタフェースを開発することを目標としている。本研究で必要な3次元画像センシング、映像信号処理、高性能な被投射体(反射体)については、これまでの研究で確立された基盤技術を用いることがで

きる。また、本研究で最も重要な物体の形状などを認識させるマーカーの形成技術についても基盤研究を進めてきた。そのため本研究では、次の点を中心に研究開発を進め、人と物を繋ぐ新たなマルチモーダル・インタフェースの研究開発に努める。「1.マーカー技術をマルチモーダル・インタフェースに活用する方法の確立、2.空間内の物体の形状や位置情報などを取得するために相応しいマーカーの形成技術とその利用方法の最適化、3.具体的な社会実装のために想定される用途、利用分野、市場を検証するための作品制作」以上、三点について研究を進展させ、これらの成果を公的な施設にて誰でもが親しみやすい作品として公開発表を行う。

## 1. マーカー技術をマルチモーダル・インタフェースに活用する方法の確立

これまでの研究開発で映像や音響の活用方法は一定の方法論を築いており、マルチモーダル・インタフェースを開発するために昨今、学術的な研究開発や社会実装が目覚ましいVRやAR、MRへの転用方法を検討する。また、マルチモーダル化をより一層高度化するためにハプティック技術などを用いた触覚刺激の付加についても検討する。具体的な方法として、以下のものが想定される。

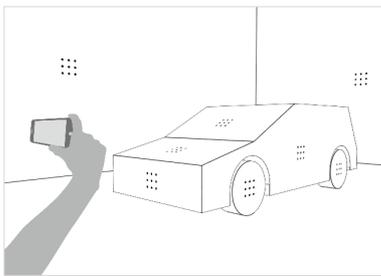


図 1: VRやARへの転用①「自動車のクレイモデルにマーカーをつけ、物体認識させる」

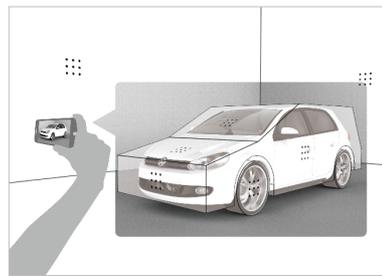


図 2: VRやARへの転用①「精密なモックアップを制作しなくとも、形状や色を確認できる。」

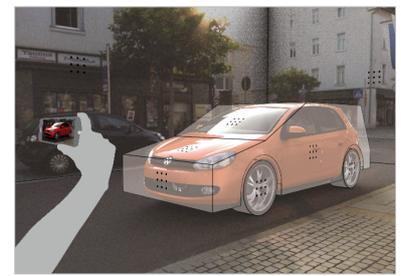


図 3: VRやARへの転用①「車体だけでなく、走行中の町などをシュミレーションすることもできる。」

- VRやARへの転用 (図1,2,3)
- ハプティック技術の活用
- 機器やプログラムなどのシステム操作への転用 (図4,5)

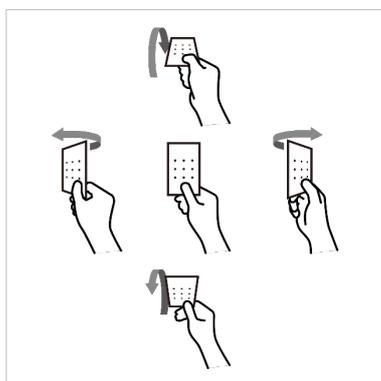


図 4: カードにマーカーを付け、カードの動きに合わせて、コンテンツを移動させるなどが見込める。

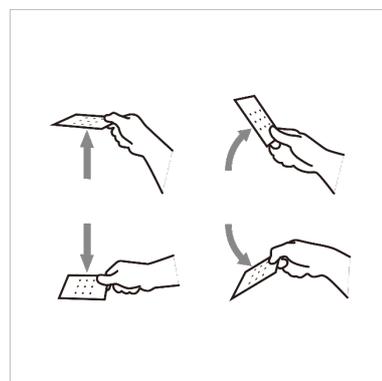


図 5: カードを上げ下げしたり、傾けたりすることで音量を上げたり、再生位置を変更するなど見込める。

研究者らが開発したマーカーの特長に物体の方向を認識させる技術があり、それを用いることにより物体を傾けることで装置の回転速度を変更するなど、機器やシステム操作に用いる簡易インタフェースを構築することが見込まれる。

以上3つの項目を主体として内容を検証することで、マーカー技術をマルチモーダル・インタフェースに活用する方法を確立する。

## 2. 空間内の物体の形状や位置情報などを取得するために相応しいマーカ―の形成技術とその利用方法の最適化

1.で検証した内容に対して、用途に合わせたマーカ―の形成技術とその認識方法の最適化が欠かせない。具体的な最適化の方法として以下が想定される。

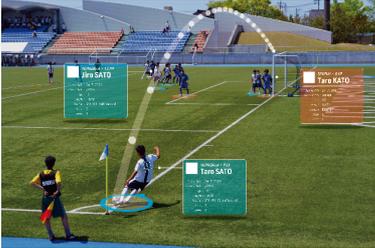
- 人の目には見えないマーカ―形成
  - 形状をより認識しやすくするマーカ―形成。
  - 具体的な社会実装のために想定される用途、利用分野、市場を検証するための作品制作
- 
- 2020年に開催される東京オリンピックなどを視野に入れたスポーツ分野での応用展開（図6）
  - 今後、普及が加速する自動運転車両などを開発／設計／利用する場面での応用展開
  - 公共のデジタルサイネージなどの各種情報提示・広告などの応用展開

図 6：選手やボールなどにマーカ―を付け、情報付加に用いる。

## 4. 研究成果

### 1. 平成 30 年度（2018 年度）研究実施計画と成果

平成 30 年度（2018 年度）研究実施計画は、マーカ―技術をマルチモーダル・インタフェースに活用するための方法の基盤技術確立と応用範囲の創出を目指して行った。「VR や AR への転用」「ハプティック技術の活用」「機器やプログラムなどのシステム操作への転用」の 3 つを検討し、試作実験を行う予定であったが、交付された費用を元に再度、研究内容を見直したため、平成 30 年度（2018 年度）については本研究以前に開発していたデモンストレーション用機材の映像解像度が FullHD であったものを 4K 化することでも新たなマルチモーダル・インタフェースの開発が可能と判断し機材選定などを行い、新規システムを開発した。そのため予算の都合などもあり VR や AR などへの転用は翌年度に持ち越すこととした。

しかしながら、自動車や家電、センサー製造などの企業と社会的応用については複数回意見交換を持つことができ、デモンストレーションをするなど具体的な応用方法について知見を得られた。特にゲーム会社から投影する映像により認知の差が生じているのではないかという指摘に対して、本研究と他のプロジェクション・マッピングの差を明示することに繋がるため追加の実験を行うこととした。

### 2. 令和元年度（2019 年度）研究実施計画と成果

2019 年度は特に 4K 化を目標にプロジェクタの選定、GPU の処理などを見直し、投影速度の向上方法について検証を行った。特にプロジェクタについては 4K のレーザープロジェクタを納入し、その投影速度などを検証した。しかしながら、4K 画像を処理するには実験用 PC の GPU がやや非力であることなどが明らかになった。また、プロジェクタへの映像信号の送信方式を、

光ケーブルを用いることで向上を目指したが、大きな違いとならなかった。加えて、VR や AR に用いるために VR ゴーグルを納入し、マーカー検知などを検証した。マーカーは問題なく検知できるが 4K 化と同様に実験用 PC の GPU の処理能力が足らず、VR ゴーグル内で映像を合成するなどまではできなかった。

上記の内容は、画像投影に特化した内容であったがハプティックの応用を含め検証し、マルチモーダル化の可能性を様々に探った。結果として、想定していた超指向性スピーカなどによる音波の合成によるハプティックの生成は、カード型スクリーン上では難しいことが明らかになった。これを実現するにはカード型スクリーンに新たに振動子を加えるなどの加工が必要であり、手軽に映像を手取るように扱えるカード型インタフェースの良さを損なうことになるため、この方法は実装するには至らなかった。

最後に外部発表については、様々な公的機関との交渉の結果、幾つかの組織を候補とすることができた。また、社会実装のための協力企業などとも研究内容について情報共有を果たし、今後の協働について検討された。

### 3. 令和 2 年～3 年度～（2020 年度 ～ 2021 年度）研究実施計画と成果



図 7：スリーエム仙台市科学館での社会実験

新型コロナウイルス感染症（以下、感染症）の影響により研究期間を 1 年延長し、研究を行った。2021 年度は、前年度に達成することができなかった研究成果の外部発表に充填をおいて研究開発を行った。依然として感染症の影響があり計画当初のように多くの被験者を集め検証を行うことは困難を伴ったが、スリーエム仙台市科学館（以下、科学館）に試験機の試用を兼ねて公開展示をするに至った（図 7）。科学館も感染症の影響を受け、一般来場者を受付けられない休館が続いていたため、その期間を用いて研究者と科学館の職員とで試験機を設置、展示しカード型スクリーンへの映像投影テスト、映像コンテンツを用いて動作確認などを重ねた。感染症による休館が済んでからは、一般来場者にも試験機を扱えるようにした。特に科学館では仙台市の全ての小学校に通う児童たちが市の学習プログラムとして訪れることとなっており、通常の一般開放の際にはランプの絵柄を用いたコンテンツを主に、化学記号をカードに投影し化合物物を作成するコンテンツを用いることとし、科学館の職員の指導のうえ体験してもらった。会場の面積から同時に体験できる人数を少数としたため、複数人で協働をするなどには至りにくい状況であったが、十分にカード型スクリーンを使ったマルチモーダル・インタフェースの可能性を多くの人たちに示差できた。

以上の内容で期間延長をした 7 月末まで外部発表を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 酒井 聡 / 東北芸術工科大学、若生一広 / 仙台高等専門学校、茅原拓朗 / 宮城大学、長崎智宏 / 東北工業大学
2. 発表標題 物体の形状などを認識させるマーカーを用いた マルチモーダルインタフェースの研究開発
3. 学会等名 芸術工学会
4. 発表年 2018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	若生 一広  (WAKO Kazuhiro)  (90500893)	仙台高等専門学校・総合工学科・教授     (51303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------