

令和 4 年 5 月 18 日現在

機関番号：12612

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22867

研究課題名（和文）既得の視覚イメージを利用した実空間における投影型人間拡張技術の実現

研究課題名（英文）Projected-based human augmentation technology using pre-existing visual images

研究代表者

橋本 直己（Hashimoto, Naoki）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：70345354

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、映像コンテンツ中に登場する既知の視覚イメージを利用して、実世界における自らの身体に対する認識を改変し、心理面および運動能力面において自分自身を拡張する手法の確立を目指す。近年普及が進む視覚を利用したVR技術は、娯楽やトレーニングといった応用を越え、体験後の人々の心理や行動に深い影響を与えることが示されつつある。本研究では、人々が既に獲得している、映像に対する強い視覚的イメージに基づき、プロジェクションマッピングによって自身の体を変貌させたり演出したりすることで、特別な訓練を必要とすることなく自身の潜在能力を自在に解放し、日常での運動や行動において適切な能力を引き出す手法を実現する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究における、実世界での身体イメージ改変が生み出す効果の積極的活用は、映像投影による未踏な効果の体現であり、非常に挑戦的な課題である。また、それを広範囲で利用可能にする身体装着型の映像投影技術の構築は、映像演出の新たな可能性を切り開く重要な枠組みとなる。視覚イメージがもたらす身体への効果とその提示技術を同時並行的に研究することは、得られた知見を迅速に社会に還元する上でも非常に効果的であり、また双方の特徴や制約を踏まえた上での、効率的かつ効果的な検討が可能になるため、非常に有意義なアプローチである。

研究成果の概要（英文）：This research aims to establish a method of using known visual images that appear in video content to alter the perception of one's own body in the real world and extend oneself in terms of psychological and athletic performance. VR technology using vision, which has become increasingly popular in recent years, has gone beyond applications such as entertainment and training, and has been shown to have a profound effect on people's psychology and behavior after the experience. In this research, based on the strong visual image people have already acquired of images, we aim to realize a method whereby people can freely release their own potential without the need for special training by transforming and directing their own bodies through projection mapping, and draw out their appropriate abilities in their daily exercise and behavior.

研究分野：拡張現実感

キーワード：拡張現実 人間拡張 重さ錯覚 仮想現実 VR心理

### 1. 研究開始当初の背景

近年普及が進んでいる視覚を活用した Virtual Reality (VR) 技術は、娯楽やトレーニングといった応用を越えて、体験後の人々の心理や行動に深い影響を与えることが明らかになりつつある。これらはプロテウス効果と呼ばれ、VR 世界において自分自身を表現するアバターの外見に応じて、振る舞いや行動などに変化が生じることが明らかにされてきた。強烈な映像刺激を提示可能な VR 技術では、自分自身の行動をも変えてしまうほどの錯覚が引き起こされるため、それが人の知覚にも影響を与えられるのではないかと着想した。

### 2. 研究の目的

本研究は、映像コンテンツに溢れる昨今の社会において、現実を越えた様々な映像表現に対して、人々は既に強いイメージを獲得していることに着目する。例えば、映画中のヒーローが必殺技を繰り出すときの映像表現は、それが強さを象徴するイメージとして多くの人に記憶されている。本研究では、このような既得の視覚イメージに基づき、プロジェクションマッピングによって自身の体を変貌させたり演出したりすることで、特別な訓練を必要とすることなく自身の潜在能力を自在に解放し(心身相関効果) 日常での運動や行動において適切な能力を引き出せる手法(図1)について検討する。



図1：身体認識変化による潜在能力

### 3. 研究の方法

(1)「視覚イメージを用いて身体能力を引き出すための検討」として、まず代表的な視覚イメージとして「力強さ」に着目し、これを「持ち上げられる物の重さ」に置き換えて、視覚イメージによって生じる重さ知覚に対する錯覚について調査を行った。

図2に示すように、VR空間において様々な(強さに関する)視覚イメージを有するアバターを複数用意し、それぞれにおけるアバター印象量を計測した。

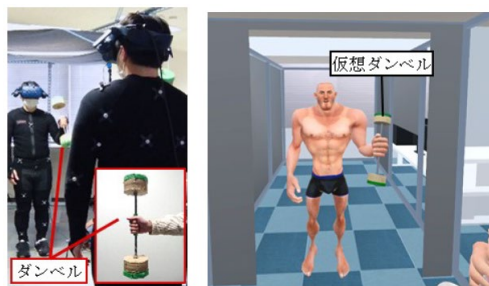


図2：VR空間でのアバターの様子

そしてHMDを使ってVR空間に没入し、2kg前後の重さのダンベルを使って主さ比較実験を行い、重さ錯覚量の定量化を行った。これらから得られたアバター印象量と重さ錯覚量に基づいて、両者の関係性について分析を行った。

また、アバターによっては自身と体格が異なる場合があり、その重さ変化によって重さ知覚が影響を受ける可能性が指摘されたため、自身の姿を変えるのではなく、自身の体の周辺に、力強さを想起させるような視覚的エフェクト(図3)を提示することで、自身の強さに関する印象量を操作し、それと重さ錯覚量の違いを評価した。さらに、錯覚が発生するメカニズムについて考察するために、ダンベルを把持する際に腕の筋電計測(図4)を同時に行い、実際に腕が出力している力の大きさやタイミングを計測した。

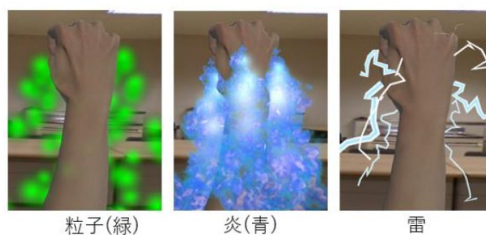


図3：視覚的エフェクトの例

(2)「身体の見た目に自在に変貌させるプロジェクションマッピング技術」を実現するためには、非剛体物体への映像投影技術に関する検討と、複数のカメラやプロジェクタを使った効果的な投影技術に関する検討を行った。

非剛体に対する映像投影に関しては、変形する衣服を対象とし、不可視な赤外線に強く反射するマーカを特殊系列状に並べたマーカを衣服全体に配置し(図5)、その変化から変形の様子を推定し、さらに腕などによる自己遮蔽に頑健なアルゴリズムを構築した。

また、衣服には必ず模様が存在するため、その模様を打ち消しながら、任意の映像投影が実現可能となる動的輝度補正技術を提案した(図6)。さらに、GPUを駆使してリアルタイム処理も実現した。



図4：筋電センサの取



図5：系列マーカを配置した衣服

### 4. 研究成果

(1) 視覚イメージによる重さ知覚への錯覚に関する結果としては (図 7)、より強い印象量を与えるアバターを使うことで、対象物体を軽く感じる錯覚が確認できた。これはアバターによる重さ印象の影響を受けるため、視覚的エフェクトによる視覚効果付与が効果的であった。筋電計測結果に基づく考察によって、印象量の強いアバターを用いた場合には、より強い力出力をしている傾向が見られたが、確定的な結果を述べられるほどの十分なデータは得られなかった。

結論として、視覚イメージは人の知覚にまで影響を与えることが定量的に確認でき、将来的に人の運動パフォーマンスに影響を与える可能性が示された。

(2) プロジェクションマッピング技術に関しては、非剛体として変形する、着衣状態の衣服に対して、その変形を捉えて的確な映像投影を実現した。さらに、稼働する腕などによる遮蔽にも頑健なアルゴリズムを実現し、自然なプロジェクションマッピングを可能にした (図 8)。加えて、投影面上の模様を打ち消しながらの非剛体面への映像投影を可能にした (図 9)。

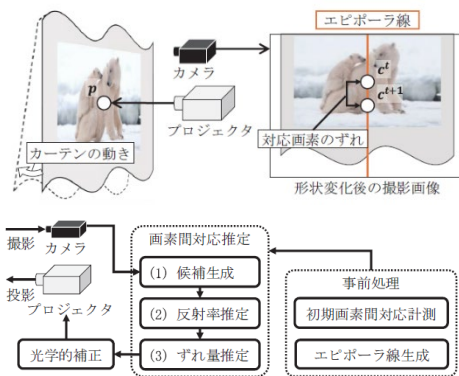
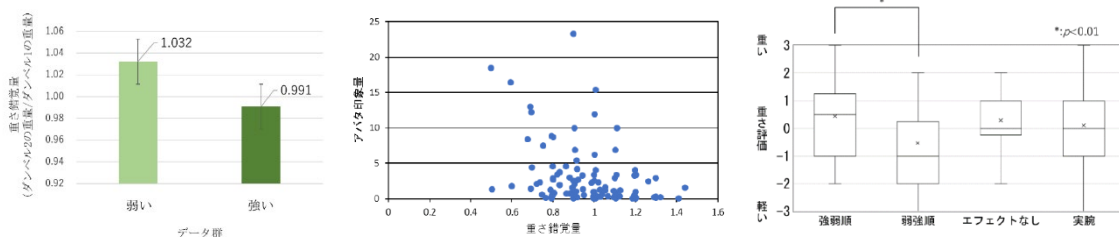
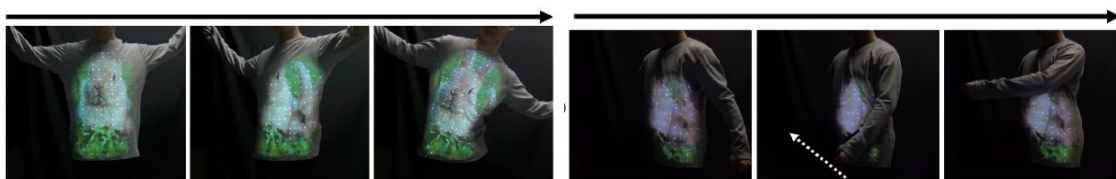


図 6：変形する投影面における動的光学補正処理



(a) アバター印象量と重さ錯覚量 (b) 全被験者の散布図 (c) 視覚的エフェクトによる効果  
図 7：アバター印象量と重さ錯覚量に関する評価結果



(a) 身体のひねりによる衣服の変形 (b) 腕を振り上げたときの自己遮蔽への対応

図 8：変形する衣服へのプロジェクションマッピングの例



(a) 従来手法での補正結果：ズレやアーチファクトが発生 (b) 提案手法による補正結果

図 9：揺れるカーテンにおける動的輝度補正の例



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 吉村 一真, 橋本 直己	4. 巻 75-5
2. 論文標題 連続的に変化する投影面における実時間光学的補正	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 674 ~ 681
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/itej.75.674	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 宮崎 大希, 橋本 直己	4. 巻 74-1
2. 論文標題 動的Projection Mappingのための非剛体形状推定に基づく マーカ検出	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 208 ~ 214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/itej.74.208	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Kazuma Yoshimura, Naoki Hashimoto
2. 発表標題 Adaptive Radiometric Compensation on Deforming Surfaces
3. 学会等名 SIGGRAPH2021 Posters (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉村一真, 橋本直己
2. 発表標題 深層学習による動き予測を用いた動く剛体に対する光学的補正の検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会冬期大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村石匠汰, 佐藤美恵, 橋本直己
2. 発表標題 腕への視覚的エフェクト表示による重さ錯覚に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会MVE研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村岡丈一郎, 大久保袖希, 佐藤美恵, 橋本直己
2. 発表標題 身体的印象変化による重さ錯覚に関する筋電位を用いた検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会 メディア工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大久保袖希, 村岡丈一郎, 佐藤美恵, 橋本直己
2. 発表標題 自己認知の変化が重さ知覚に与える影響に関する定量的検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会HI研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuzuki Okubo, Naoki Hashimoto, Mie Sato
2. 発表標題 An Examination of Influence on Weight Perception by Visual Change of the Own Arm
3. 学会等名 VRST'20 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuta Halvorson, Naoki Hasimoto
2. 発表標題 Object Tracking for Tangible Projection Mapping by using Multiple Contours
3. 学会等名 IWAIT2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinichi Okuda, Naoki Hasimoto
2. 発表標題 Projection Mapping Using a Rotating Volumetric 3D Display
3. 学会等名 IWAIT2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大久保袖希, 橋本直己, 佐藤美恵
2. 発表標題 身体の視覚的变化による重さ知覚への影響に関する検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会 創立70周年記念大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村石匠汰, 大久保袖希, 橋本直己, 金成慧, 佐藤美恵
2. 発表標題 強さの印象が異なる仮想腕を用いた重さ錯覚に関する検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会 メディア工学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片桐佑一, 橋本直己
2. 発表標題 身体を中心とした視覚的エフェクトを用いた知覚変化に関する検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉本圭, 橋本直己
2. 発表標題 プロジェクタの劣化を考慮した応答関数を用いた輝度補正
3. 学会等名 映像情報メディア学会技 メディア工学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大久保袖希, 片桐佑一, 橋本直己, 佐藤美恵, 橋本直己
2. 発表標題 HMDを用いた腕の視覚的变化による身体能力への影響に関する検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会
4. 発表年 2020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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------