

令和 7 年 6 月 4 日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2024

課題番号：22K17940

研究課題名（和文）仮想空間における身体所作を利用した身体伸縮錯覚の誘発に関する研究

研究課題名（英文）Inducing Bodily Resizing Illusions Through Embodied Actions in Virtual Reality

研究代表者

石原 由貴（ISHIHARA, Yuki）

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部（社会総合科学域）・講師

研究者番号：40938065

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：「指の伸縮を想起させる行為」と「能動性」を組み合わせた条件下における、指の伸縮錯覚の強度比較を行った。結果、直接指を引っ張る条件が最も強い伸縮錯覚を誘起したが、次いで指を引っ張る仕草をとる「指の伸縮を想起させる行為」及び「能動性」を取り入れた条件における伸縮錯覚が強固であることが示唆された。この成果を元に、ユーザー単独で体験可能な指の伸縮錯覚の体験、及び疼痛の程度を評価するアプリケーションの制作を行った。また指のみではなく全身を対象とする「ストレッチング動作」に着目し、動作により刺激される筋の伸長感と同期する視覚提示を行うことで、より伸長感の感じられる背伸びストレッチング環境を制作した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、単に視覚的に指が伸縮する様子を眺めるよりも、体験者自身が能動的に指を伸ばそうとするジェスチャーを取った場合の方が、効果的に指の伸縮感を得られることが示された。これはセルフケアとしての疼痛リハビリテーションに寄与する他、VR空間内のアバター形状の新しいカスタマイズ手法としての活用も期待できる。また、直接的に身体イメージを変調させる手ではなく、もう一方の手による能動的動作が、錯覚強度に影響を及ぼすことを確認できたことは、認知科学的観点からも意義深い研究である。また全身のストレッチング動作による錯覚手法の開発は、腰痛等のより広い疼痛部位へと適用できるシステムにつながることを期待される。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the intensity of finger resizing illusions under various conditions that incorporated gestures evocative of finger stretching and action-based intentionality. The results demonstrated that the condition involving the direct pulling of one's own finger elicited the strongest illusion. Although the illusion induced by the gesture combined with intentional movement was somewhat weaker, it remained substantially stronger than those observed in the other conditions. Based on these findings, we developed an application that allows users to experience the finger resizing illusion independently and to assess their perceived pain levels.

Furthermore, extending the focus from individual fingers to the entire body, we constructed a stretching environment that enhances the sensation of bodily elongation by synchronizing visual feedback with the muscle extension associated with users' stretching movements.

研究分野：ヒューマンインターフェース

キーワード：身体イメージ 身体所有感 VR 行為主体感 錯覚

### 1. 研究開始当初の背景

手・膝等の伸縮錯覚によって慢性疼痛が軽減されることが先行研究により示唆されている。この伸縮錯覚は身体部位が伸び縮みする視覚刺激と共に、その部位を押す/引っ張る圧覚刺激を同時に付与することで、強固な疼痛抑制効果を誘起する。しかしこの手法では圧を加えるための補助者が必要となることから、自宅で簡易に実施することは困難であった。

### 2. 研究の目的

簡易で強固な伸縮錯覚を誘起するためには、市販の VR ヘッドセットのみで取得可能な圧覚に代わる刺激提示が必要である。そこで本研究では、身体部位の“伸縮を想起させる行為”を用いた伸縮錯覚の誘起要因について同定し、簡易な VR 環境下における伸縮錯覚の効果的な誘起手法を構築することを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では大きく下記の3フェーズに分けて研究を遂行する。

**フェーズ1：身体部位の伸縮錯覚の誘起要因を同定するための被験者実験**

「身体部位の“伸縮を想起させる行為”を用いた伸縮錯覚の誘起要因の同定」に向けた被験者実験を実施する。簡易な VR 環境下における錯覚の誘起を観察するため、体験者自身の身体動作（ハンドトラッキング）を用いた“伸縮を想起させる行為”のパターンを複数作成し、効果的に伸縮錯覚を誘起できる条件を調査する。

**フェーズ2：カスタマイズ機能を備えた伸縮錯覚体験アプリケーションの制作**

フェーズ1で明らかとなった要件を元に、VR プラットフォーム上で配布可能な伸縮錯覚体験アプリケーションを制作する。この際、体験者の身体認知特性に応じてプロパティをカスタマイズできる機能を作成する（アバタの形状、対象部位、伸び率等）。フェーズ3の配布に向け、「伸縮錯覚の効果的な誘起」が可能であるか、カスタマイズできる機能が適切であるか被験者実験にて評価を行う。

**フェーズ3：利用データの取得・同傾向の身体認知特性を持つ体験者毎のクラスタ分析**

フェーズ2にて制作したアプリケーションに、伸縮錯覚の強度計測及び疼痛を持つユーザーを対象にした疼痛軽減効果に関するアンケート・利用データの送信機能を追加した上で、VR プラットフォームを通じた一般配布を行う。これにより得られた結果を元に、どのような刺激提示が効果的であるのか、同傾向の身体認知特性を持った体験者毎に分析を行い、明らかにする。

### 4. 研究成果

身体部位の伸縮錯覚の誘起要因を同定するため、「指の伸縮を想起させる行為」と「能動性」の組み合わせを変化させた5条件を用いて、従来条件（強固な指の伸縮錯覚を得られることが分かっている、視覚-触覚刺激同期型の補助者が直接指を引っ張る条件）と指の伸縮錯覚の強度比較を行った（図2）。結果として、直接指を引っ張る条件が最も強い伸縮錯覚を誘起したが、次いで指を引っ張る仕草をとる「指の伸縮を想起させる行為」及び「能動性」を取り入れた条件における伸縮錯覚が強固であることが示唆された。これは単に視覚的に指が伸縮する様子を眺めるよりも、体験者自身が能動的に指を伸ばそうとするジェスチャーを取った場合の方が、効果的に指の伸縮感を得られることを示すものである[1,2]。

被験者実験の成果を元に、カスタマイズ機能を備えた伸縮錯覚体験アプリケーションの制作を行った（図3）。本制作物は前年度まで制作・検証を行った「指の伸縮を想起させる行為」による入力等を通じ、ユーザーが自在に指の伸縮を体験し、体験前後で疼痛の程度を評価するシステムとなっている[3]。また、患者が考える痛みの原因に応じ、痛みを軽減するために提示する身体の伸縮の動作も個人間で異なる可能性が高いため、ア

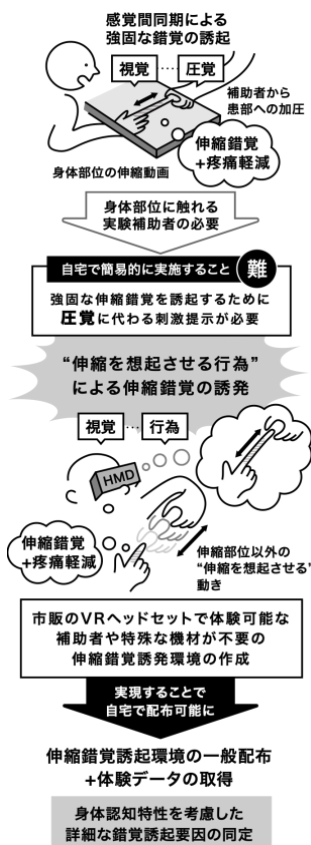


図1 本研究の概要

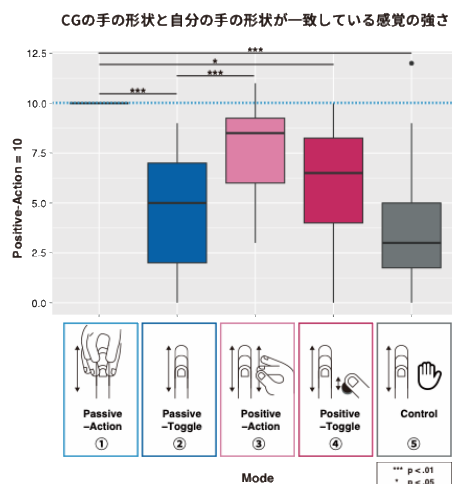


図2 錯覚強度の比較

バターのハンドのサイズ・見た目・伸縮スピード等を調整できるような機能を付加した。また手の痛みが強く、ジェスチャーによる指の伸縮を実施できない場合に備え、ボタンによる自動伸縮モード等も付与した。今後は手・指の疼痛を持つユーザーに対するヒアリングを行い、ユーザー単独で本システムがスムーズに体験可能となっているかを評価した上で、リリースを行いたい。

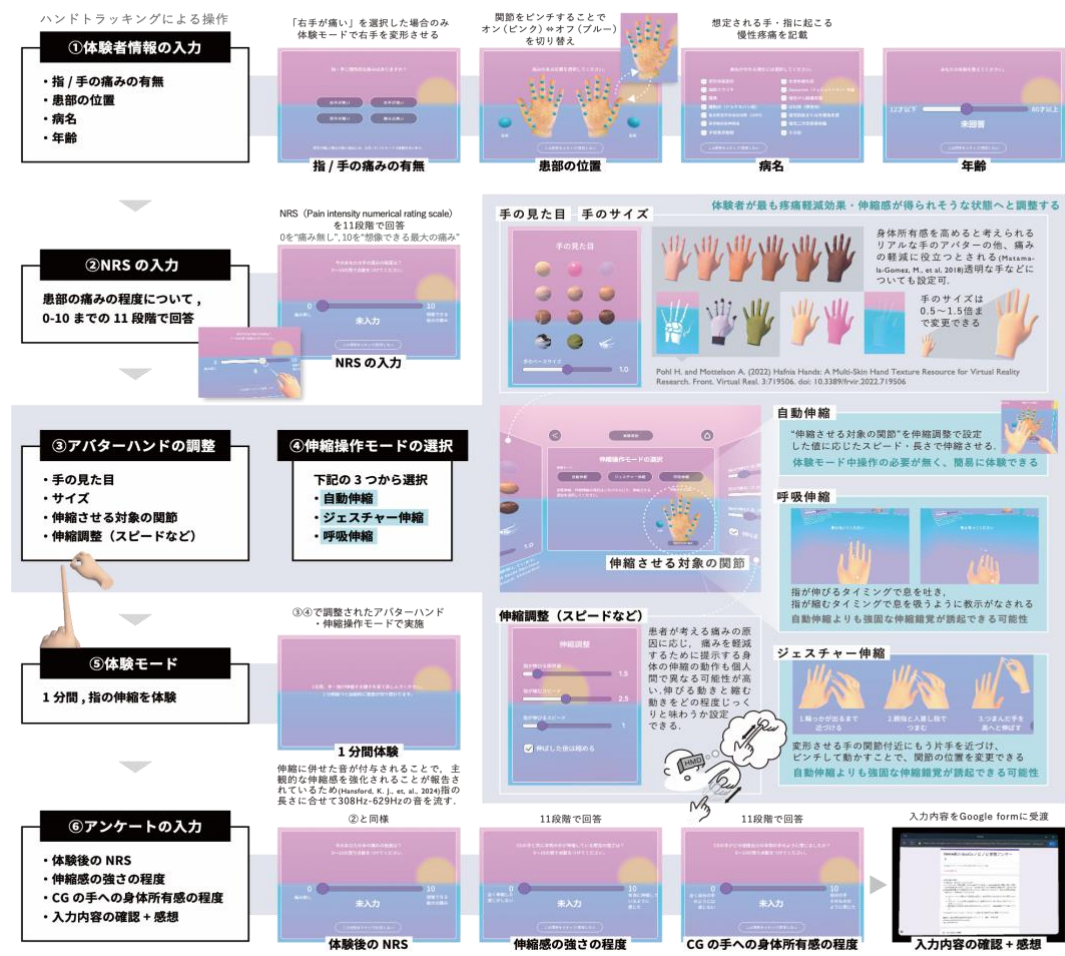


図3 アプリケーションの設計

また前年度までの実験にて、視覚刺激と同時に触覚刺激を与えることで、大きな錯覚感を誘起可能であることが改めて示されたことから、ユーザー単独で実施が可能かつ触覚刺激を取り入れる手法についても検討を行った。そこで補助者が与える触覚刺激と同じく、固有感覚への刺激を体験者自身によって与えることが可能な“ストレッチング動作”に着目し、動作により刺激される筋の伸長感と同期する視覚フィードバックの提示を行うことで、体験者単独で実施可能かつ、より伸長感の感じられる背伸びストレッチ環境を提案・制作した。具体的には、体験者自身が腕を上方へと引き上げる“背伸び”動作時に、VR空間上で視覚的に上半身を伸長させたアバターを提示するVR環境を制作した。この環境下にて、背伸び動作に合わせて通常サイズのアバター提示と背面部が伸長したアバターを提示する比較実験を行ったところ、背面部の筋の伸長感がより誘起されることが示された[4] (図4)。

その他ユーザー単独で触覚刺激を与える手法として、レーザー加工機を用いたオープンソースで配布可能な伸縮感を強化するための触覚刺激を付与する補助具制作、ユーザー自身が指を引っ張った場合と従来手法の錯覚強度の比較についても検討中である。

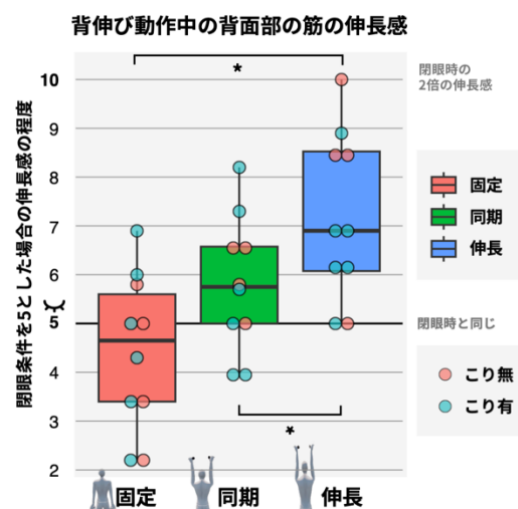


図4 背面の伸長感の比較

- [1]石原由貴 (2023) 仮想空間における所作を利用した身体伸縮錯覚の誘発; 日本認知科学会発表論文集, 40, pp.138-141
- [2]石原由貴, 遠藤孝則 (2024) 仮想空間における“つまみ動作”を用いた能動的関節位置移動による指の伸縮錯覚の誘発;  
インタラクション 2024, pp.820-824 (プレミアム採択)
- [3]石原由貴 (2024) VR 環境における身体伸縮提示による疼痛軽減評価のためのアプリケーション; ヒューマンインター  
フェースシンポジウム 2024
- [4]石原由貴 (2024) 背伸び動作時の視覚フィードバック提示が伸長感に及ぼす影響; 日本イメージ心理学会第 25 回大  
会

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石原由貴
2. 発表標題 仮想空間における所作を利用した身体伸縮錯覚の誘発
3. 学会等名 日本認知科学会第40回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石原 由貴, 遠藤 孝則
2. 発表標題 仮想空間における“つまみ動作”を用いた能動的関節位置移動による指の伸縮錯覚の誘発
3. 学会等名 第28回 一般社団法人情報処理学会シンポジウム INTERACTION 2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石原由貴
2. 発表標題 VR環境における身体伸縮提示による疼痛軽減評価のためのアプリケーション
3. 学会等名 ヒューマンインターフェースシンポジウム2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石原由貴
2. 発表標題 背伸び動作時の視覚フィードバック提示が伸長感に及ぼす影響
3. 学会等名 日本イメージ心理学会第 25 回大会
4. 発表年 2024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
---------	---------