



## 👉 Mixed-hands 👈

### 👉 Mixed-hands 👈

有隅惟人<sup>1)</sup>、石塚裕之<sup>1)</sup>、大石悠貴<sup>1)</sup>、太田裕紀<sup>1)</sup>、東山輝<sup>1)</sup>

Yuito ARISUMI, Hiroyuki ISHIZUKA, Yuki OISHI, Hiroki Ota and Hikaru HIGASHIYAMA

1) 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 (〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916 番地-5)

**概要**：利き手は非利き手よりも道具操作や労働災害などで怪我を負う可能性が高い。そういった場合に必要となる従来の利き手交換訓練は大きな苦痛が伴い、患者に肉体的・精神的負荷を与える。訓練の負担を軽減する方法として、xR 技術を活用した例が複数存在する。私たちは箸使いの訓練に、ミラーリング・両手協調動作を導入した「両手協調動作による非利き手訓練」という利き手交換訓練システムを提案する。このシステムでは、利き手を動作熟練者、非利き手を動作初心者に見立てて訓練を行うことで効率的な利き手交換を目指す。

**キーワード**：バーチャルリアリティ、協調動作、利き手交換訓練、人工現実感

## 1. はじめに

### 1.1 利き手交換訓練の必要性

自発的によく使う傾向のある左右いずれか一方の手は利き手と呼ばれる。右利きの割合には地域差があり、アメリカでは 70%、イタリアでは 63.6%、日本では 92.8%となっているが、いずれの場合でも右利きが多数派を占める。これは扉の形状や文章を左から右に書く文化、左利きをネガティブに捉える文化など複数の要因に起因している。私達の生活は右手に強く依存している。

その一方で、道具操作や咄嗟の場面で用いることが多いのは利き手であるため、労働災害や転倒事故などで怪我を負う可能性が高いのは利き手である。これに加え、脳梗塞などの病気により、利き手が使用できなくなる場合も考えられる。利き手が使用できなくなることは、身体機能面だけではなく、精神面や心理面を含め、QOL の低下につながる。

この問題の解決方法の一つに箸使いなどの巧緻な動作の訓練を含めた利き手交換訓練が考えられる。巧緻動作訓練は非常に効率的で現実的な練習方法であるが、従来の訓練方法は患者に負担が大きくなり、アドヒアランスの欠如につながる要因となる。そのため、負担が小さい利き手交換訓練を考える必要がある。

### 1.2 関連研究

xR 技術を活用することによって、従来では習得が困難であった技能を短期間で習得可能とする事例が複数存在する。本研究に強く関係するものを挙げる。

Margarida らは、労働災害によって発生する怪我の約 3 割は手に関する怪我であることや手指に関するリハビリ

テーションの重要性を指摘した。また、AR・VR 技術を用いて患者へリアルタイムに結果をフィードバックすることや個別に難易度を設定・調整することが患者のアドヒアランスを高める可能性を示した。[1]

本間は、既往研究からヒトの脳には身体イメージや自己所有感を柔軟に創出する適応力が存在することを指摘した。[2]

西久保らは、非利き手の使用が必要になった場合には箸使いや書字練習などの巧緻動作訓練が現実的かつ有効であるが、その訓練過程には強い身体的・精神的負担が伴うことを指摘している。また、「洗い桶つき取り練習」という単一の動作に関する非利き手訓練が歯磨きという他の動作の向上に繋がることを明らかにした。[3]

川崎らは、けん玉の習熟において、VR 空間内での訓練が有効であることを示した。熟練者の動作を視覚的に提示することや重力変化を用いて難易度を段階的に変化させることによって、ユーザは極めて短時間で複雑な動作を習得可能であることを明らかにした。[4]

萩原らは、2 人の人間が 1 つの VR アバターを共有した際に反応速度や動作のなめらかさが向上することを明らかにした。さらに、2 人の人間が 1 つのロボットアームを操作する事例では、熟練者が効率的に初心者を訓練することが可能であり、1 人の人間では困難なタスクを実行することが可能であることを示した。[5]

## 2. システム構成

### 2.1 両手協調動作による非利き手訓練システムの開発

前章で述べた既往研究から、利き手交換動作を訓練することは重要であり、一つでも非利き手動作を習熟すれ

ば複数の非利き手動作について効果が波及するといえる。また、巧緻動作の訓練にAR・VR技術を活用することでその習得を効率的にする効果があるといえる。さらに、熟練者と初心者の動作を合成して初心者に提示することが、効率をさらに高めることに繋がるといえる。そこで、提案システムでは、ユーザの利き手を熟練者の動作、左手を初心者の動作に見立てる。ユーザは両手に箸コントローラ、頭部にHMDを装着してバーチャル空間内でイライラ棒の体験を行う。バーチャル空間上に表示される左手と箸の動きは以下の3通りである。

1. 右手で操作し、バーチャル空間内では、ミラーリングされた右手を表示する
2. 左手で手の位置座標を、右手で箸の開閉、手の角度は両手の姿勢合成
3. 左手のみで操作を行う

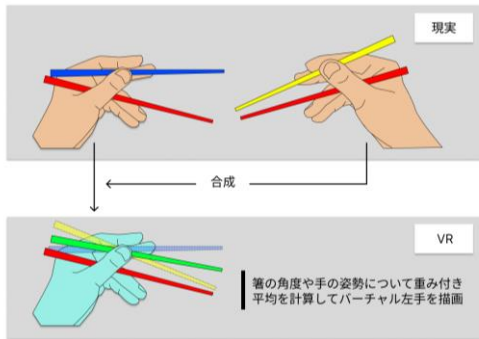


図1 協調操作のイメージ図

1では、頭部位置を中心とした右手の姿勢をミラーリングし、バーチャル左手を表示する。このとき位置座標は左手の座標を用いる。この操作モードにより、ユーザに非利き手の箸使いが利き手と同等に熟達した状態をユーザに体感させる。次に2では、位置座標は左手を用い、箸の開閉角度と手の角度は両手の姿勢を合成する。腕全体の動きと比較して、指先の動きは複雑である。特に左手で箸を使う場合、これを補助する必要がある。この操作モードでは、箸の開閉操作を利き手で補助することで負担を軽減する。最後に3では、1、2による訓練後の効果を検証するため、左手のみの操作を行う。

2.2 提案システムの概要

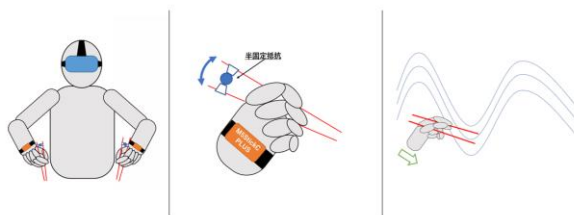


図2 提案システムの概要図

提案するシステムは、2つの要素で構成される。1つ目の要素は、箸型コントローラ(箸コン)である。箸コンは実

際の箸と同様に箸の開閉動作を行うことが可能であり、非利き手でも操作することを考慮し、しつけ箸のように指先に固定されるようになっている。次に、2つ目の要素は Quest2 である。ユーザはバーチャル空間上で箸を用いて、イライラ棒のようなゲームに取り組む。ゲーム内には、普段の箸使いで必要となる開閉動作やつまみ動作を活用した多様なステージを作成しており、ユーザは自身に応じた難易度を選択する。

2.3 システム構成

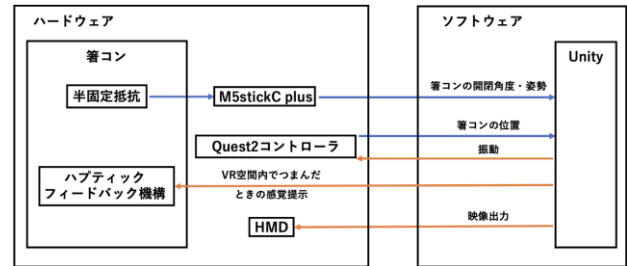


図3 本システムの構成図

本システムのシステム構成図を図3に示す。箸コンの位置・姿勢は手首部に固定された Quest 2 のコントローラと手の甲部に固定された M5StickC 内蔵の IMU センサにより取得する。

M5StickC は箸コンに接続された可変抵抗器を介して、箸コンの開閉角度を取得し、内蔵された IMU センサから手の姿勢を取得する。これらのデータは OSC 通信により、Quest 2 にデータを送信する。また、UI 操作時やバーチャル空間内で箸がコースに接触した場合、Quest 2 コントローラを介した振動により、ハプティックフィードバックを行う。

2.4 ソフトウェア

本システムでは、上述した箸使いの訓練をゲーム形式で実施する。具体的には、イライラ棒ゲームを題材とする。以下にイライラ棒ゲームの画面遷移図を示す。

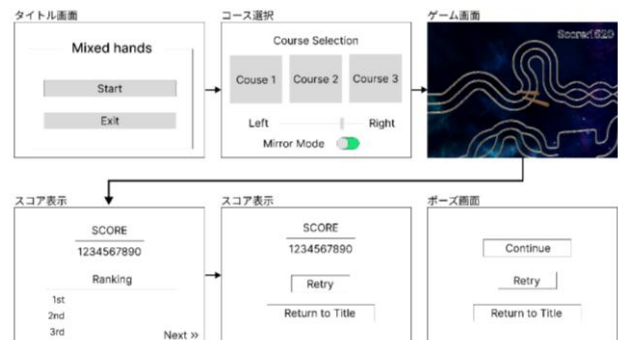


図4 画面遷移図

ステージ選択画面では、(提案システム)に示した 3 通りの操作方法から選択する。図 5 のステージは様々なステージの一例である。ユーザは、様々なギミックを通して、基本的な箸使いを訓練する。

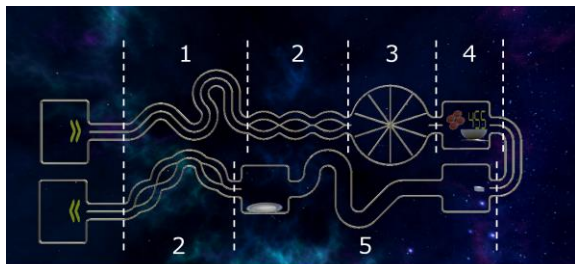


図 5 コース設計案

ステージギミックには次のものを考案・実装済みである。

1. カーブギミック
2. 開閉ギミック
3. 風車ギミック
4. パクパクギミック
5. お豆腐ギミック

1のカーブギミックは、箸を適切な感覚に開いたままカーブを通過するギミックである。2の開閉ギミックは箸を開閉することにより、通過することができるギミックである。これにより、つまむ動作の反復練習を行うことができる。3の風車ギミックは、細かな位置を慎重に移動することができるようにする経験を積むギミックとなっている。4のパクパクギミックは計量器にお肉を追加していくギミックである。計量器の値が目標に近い程高得点を得ることができる。また、ユーザはお肉を口元に近づける動作をすることで食材を小さくし、重量の調整ができる。5のお豆腐ギミックは、豆腐をつかんだ状態で目的の場所まで移動させていく。豆腐は強く握ると壊れてしまうため慎重に運ぶ必要がある。

2.5 ハードウェア

箸コンは開閉角度検知機構、IMU(M5StickC PLUS), Quest 2 コントローラーにより構成されている。箸コンの完成イメージ図と試作した開閉角度検知機構の写真を以下に示す。

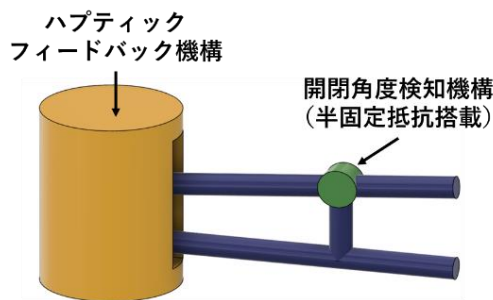


図 6 箸コンの完成イメージ図



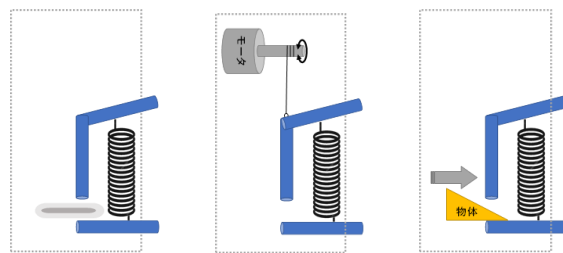
図 7 試作した開閉角度検知機構のパーツ

また、箸コンに必要なハードウェアの要求は以下の通りである。

- ・箸コンの開閉を十分に行える。
- ・箸の開閉角度を検知し、VR 空間内の箸の角度を決定することができる。
- ・非利き手においても容易に使用できるデザインである。

今後は、VR 空間内で物体をつまんだときに感覚を提示するハプティックフィードバック機構を製作していく。製作案は以下の通りである。

- 案①(図 a) : 箸の間に挟んだ風船等を空気で膨らませる。
- 案②(図 b) : 箸に取り付けたワイヤーのリーチを変え、箸をそれ以上握れなくする。
- 案③(図 c) : ラック・ピニオンを用いて箸の間に物体をかませる。



(a) 案①の機構案 (b) 案②の機構案 (c) 案③の機構案  
図 8 ハプティックフィードバック機構案

3. 体験の流れと評価方法

3.1 体験の流れ

- STEP1 現実の箸を左手で体験する。
- STEP2 左手のみを使用してイライラ棒を取り組む。
- STEP3 ミラーリングした右手をバーチャル左手としてイライラ棒に取り組む。
- STEP4 左手のみを使用して本システムを体験する。
- STEP5 協調動作による体験をする。このときの協調割合はリニアに変更する。
- STEP6 左手のみを使用して本システムを体験する。
- STEP7 アンケートに回答する。

3.2 評価方法

実験により得られたアンケート結果を用いて、本システムの有効性を検証する。アンケート調査の評価指標には7段階リッカー尺度を用いる。

また、本システムのゲーム要素により得られたタスク

スコアについても評価を行う。結果はミラーリングの有無、3段階の協調割合、非利き手のみで場合分けして、有意差を検討する。

#### 4. まとめ

本企画では、「両手協調動作による非利き手訓練」を提案した。両手協調動作とミラーリングを組み合わせたシステムを用いて、VR空間上で箸使い上達を目的としたイライラ棒をプレイする。これにより、非利き手の箸使い上達を効率良く目指し、訓練途中での挫折や苦痛の軽減が期待できる。

また、本システムを応用することで、文字を書く練習など日常生活に必要な動作訓練の習得、脳のトレーニング、スポーツに取り組むプレイヤーが両利きを目指す場合の補助に使用できると考える。

今後の展望としては、外国人に注目した場合に、箸を用いたゲーム要素は利き手で使用する頻度も少ないと考えられることから有効ではないと考えられる。そのため、世界共通となる非利き手上達の見込みがあるゲーム要素を考える必要がある。

#### 参考文献

- [1] Margarida F. Pereira, Cosima Prahm, Jonas Kolbenschlag, Eva Oliveira, Nuno F. Rodrigues : Application of AR and VR in hand rehabilitation, A systematic review, Journal of Biomedical Informatics, Vol. 111, 2020.
- [2] 本間 元康 : ラバーハンドイリュージョン : その現象と広がり, 認知科学, Vol. 17, No.4, pp. 761-770, 2010
- [3] 西久保 真弓, 福田 潤 : 新しい利き手交換リハビリ法による巧緻性向上について, 心身健康科学, Vol.5, No.1, pp. 35-42, 2009.
- [4] 川崎 仁史, 脇坂 崇平, 笠原 俊一, 齊藤 寛人, 原口 純也, 登嶋 健太, 稲見 昌彦 : けん玉できた! VR : 5分間程度の VR トレーニングによってけん玉の技の習得を支援するシステム, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2020 論文集, No. 2020, pp. 26-32, 2020.
- [5] Takayoshi Hagiwara, Gowrishankar Ganesh, Maki Sugimoto, Masahiko Inami, Michiteru Kitazaki : Individuals Prioritize the Reach Straightness and Hand Jerk of a Shared Avatar over Their Own, iScience, Vol. 23, Issue 12, 2020.