

# 視覚と触覚によるボディイメージの補正支援システムの提案

谷 航大<sup>†</sup> 工藤 陸<sup>†</sup> 長谷川 奈津<sup>†</sup> 武藤 剛<sup>†</sup>

文教大学 情報学部 情報システム学科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

脳梗塞などの脳神経系疾患の後遺症によって生じてしまう片側性肢体麻痺は、人間が動作を事前にシミュレートすることのできる心的な働き（ボディイメージ）を変容させてしまうことがあり、運動機能障害の原因になることが指摘されている<sup>[1]</sup>。

これまでわれわれの研究グループでは、このような変容したボディイメージを効率的に補正する手法の構築を目指し、非接触型のハンドトラッキングデバイスから得られる上肢動作を CG により視覚フィードバックすることで、変容したボディイメージの補正を支援する手法を提案してきた<sup>[2]</sup>。

本研究では、より効率的な訓練の実現を目指し、視覚フィードバックだけでなく、新たに触覚フィードバックを併用したボディイメージ補正支援システムを新たに提案する。本稿では、仮想空間上のオブジェクトの運搬する訓練を対象とした提案手法のプロトタイプを紹介するとともに、健常者による、その動作実験の結果を紹介する。

## 2. 装置

### 2.1 提案システム

提案システムの概要（図 1）と、実験を行っている様子（図 2）を示す。提案システムでは、ハンドトラッキングデバイス（Leap Motion Controller, Ultra leap 社製）により、使用者の手の動きをサンプリング周波数 100Hz で計測し、接続された PC（Dell G15 5111, Dell 社製）に送信され、ディスプレイ（EX-LD2702DB-B, I-O DATA 社製）上に表示される仮想空間上の CG として表示される。表示されている仮想空間上の赤色のオブジェクト（図 3, 4）に使用者の CG の指や掌に触れると、空中ハプティクスデバイス（STRATOS Explore, Ultra leap 社製）により、使用者の指に接触感覚を提示することができる。

なお、この空中ハプティクスデバイスには、縦 16 個、横 16 個のトランスデューサーアレイ

（超音波スピーカー、最小焦点サイズ直径 8.6mm, 触感生成範囲：10～70cm）が実装されており、集束超音波を使用して皮膚の表面に感覚を伝えることができる。

提案システムのソフトウェアは、Unity 上で開発を行い、仮想空間上の中央部に置かれたオブジェクトを手でつかみ、目標位置（右奥、左奥、右手前、左手前）に配置するまでの時間を 50Hz のサンプリング精度で計測することができる。

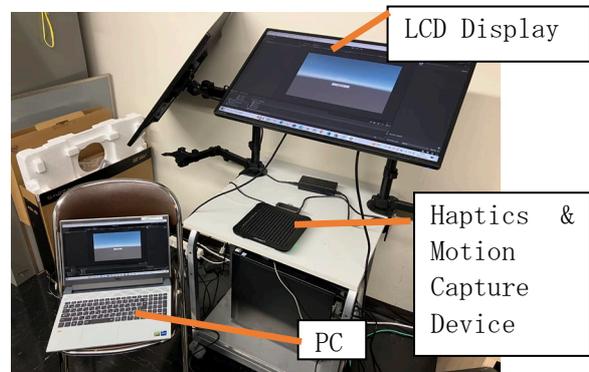


図 1 提案システムの概要



図 2 実験の様子

## 3. 実験手法

参加者（21.86歳±0.83, 右利き）7名を対象に、提案装置の動作確認を目的とした動作実験を行った。全ての参加者は、まず、提案装置の

**A Support System for Body Image by Vision & Haptics:**  
Kodai Tani<sup>†</sup>, Riku Kudo<sup>†</sup>, Natsu Hasegawa<sup>†</sup>, Takeshi Muto<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>: Department of information Systems, Faculty of information and Communications, Bunkyo University.

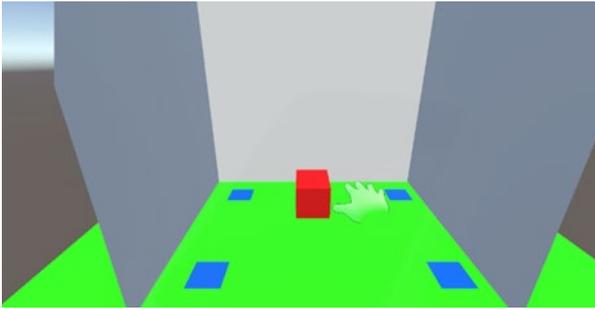


図3 実験装置の画面（実験開始前）

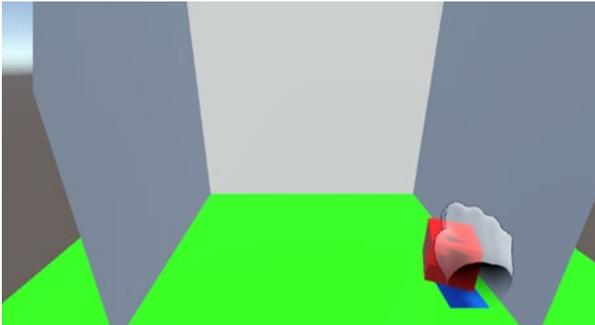


図4 実験装置の画面（実験中）

操作方法を確認する目的で、3回の試行を行った。その後、仮想空間上の中央部に置かれたオブジェクトを目標位置（右奥、左奥、右手前、左手前）に配置する4種類の実験課題に関し、視覚と触覚の二つの感覚によるフィードバックを利用した条件（Hapticsあり条件）と、視覚のみのフィードバックを利用した条件（Hapticsなし条件）の2条件をそれぞれ順不同で実施し、その課題の達成時間に関する比較を行った。

#### 4. 結果

4種類の実験課題と2つの実験条件に関し、全ての実験参加者の課題達成時間を図5に示す。その実験結果に関し、2要因の分散分析を行った。その結果、実験課題と実験条件の間に交互作用はなかった（Two-way repeated ANOVA,  $F(3, 48) = 2.80, p = 0.920$ ）。また、実験条件間に関しては、有意差は無かった（Two-way repeated ANOVA,  $F(1, 48) = 4.04, p = 0.729$ ）が、実験課題間に有意差があった（Two-way repeated ANOVA,  $F(3, 48) = 2.80, p = 0.023$ ）。また、実験課題に関して多重比較を行った結果、目標位置が右手前の場合と右奥の場合の間に有意差があった（Tukey test,  $p = 0.023$ ）。

#### 5. 考察

実験結果から、オブジェクトを右奥に置く場合のほうが、右手前に置く場合よりも早く課題を達成できていたことが分かった。その原因と

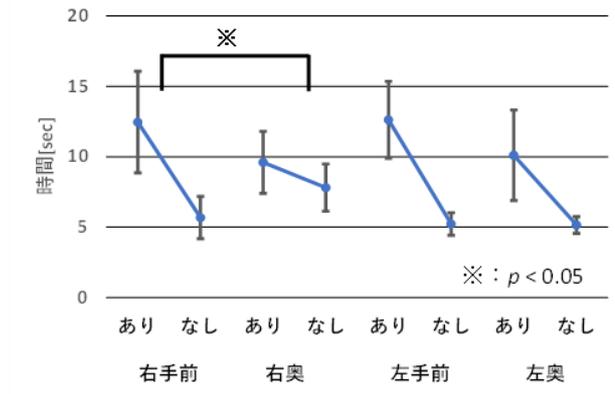


図5 課題達成時間の比較

して、実験参加者は全て右利きであったため、オブジェクトを右側に置く方が手の移動距離が少なく、視覚情報と手の動きの体勢感覚との間のずれの影響が少なかったことが考えられる。

また、実験条件間に有意差は無かったことから、Hapticsの有無による課題の達成時間に差は無かったといえる。このことから、今回の装置では触覚情報の提示が課題の遂行時間に影響を与えられなかったと考えられる。したがって、今回の結果は、提案手法におけるボディイメージ補正支援システム支援が、視覚のみの場合と同等の有効性であったことを示唆している。

#### 6. おわりに

本研究では、脳梗塞などの脳神経系疾患の後遺症によって生じてしまうボディイメージの変容を、従来の視覚情報に加え触覚情報も加えた、双方のフィードバックを用い、仮想空間上のオブジェクトを運搬する課題を用いて、健常者を対象とした検証実験の結果を紹介した。その結果、今回の装置では視覚のみの場合と同等の有効性があったことが明らかとなった。一般に、視覚と触覚の双方を用いることで、より正確にボディイメージを捉えやすくなるのが想定できるが、今回の結果から、そのような効果は確認することはできなかった。

今後は、課題の修正を含めたシステムの改善を進めることを予定している。具体的には、運搬するオブジェクトの形やサイズを変更し、課題の難易度と触覚の有無の関係を調査することを考えている。

#### 参考文献

- [1] 木野田典保：脳卒中片麻痺例にみられるボディイメージに関する質的研究，理学療法科学，Vol.23, No.1, pp.97-104 (2008).
- [2] 村田真矢，吉元颯，武藤剛：仮想身体への介入によるボディイメージの補正訓練手法の提案，第80回全国大会講演論文集，pp.255-256 (2018).