

認知課題と運動課題による 認知症予防のためのVRシステム構築

阿部 幹久^{1,a)} 井村 誠孝^{1,b)}

概要: 認知症予防法の1つとして、認知課題と運動課題の両方を同時に行うことで、脳と体の機能を向上させるコグニサイズという手法がある。本研究では、認知症予防におけるコグニサイズに着目し、VR(Virtual Reality)を用いユーザに合わせた強度で認知症を予防するシステムを構築する。HMD(Head Mounted Display)と慣性式モーションキャプチャを使用することでユーザの位置姿勢を取得し、取得した位置姿勢から運動強度と認知強度を定量的に評価することで、体験強度の調整を実現する。

1. はじめに

我が国における重大な問題の1つとして超高齢社会がある。超高齢社会の進展に伴う課題として認知症患者の増加が挙げられる。認知症は、健常者や軽度認知障害者の段階で予防することが重要である。予防法の1つとして、認知課題と運動課題の両方を同時に行うことで、脳と体の機能を向上させるコグニサイズという手法がある。コグニサイズとは、運動と認知課題を組み合わせた、認知予防を目的とする取り組みのことである[1]。認知課題を運動課題に取り入れた介入では遂行機能に対して改善効果が見られたことが報告されている[2]。従来研究では高次脳機能障害に対して治療介入した研究[3]が行われている。しかし、運動強度や認知強度の定量評価、ユーザに合わせた強度の調整はなされていない。VR(Virtual Reality)を用いることによってユーザの行動がセンシング可能となり、強度の定量化や強度の調整が可能となる。本研究では、認知症予防におけるコグニサイズに着目し、VRを用いた認知症を予防するシステムを構築する。

2. 提案手法

2.1 概要

本研究では、コグニサイズをユーザに合わせた強度で体験できるシステムを、VRを用いて構築する。本システムは、安全性の面から座位で対象物を拾う動作を行う。ユーザはHMDと慣性式モーションキャプチャを装着し、ゴミに代表される複数属性がある対象物を、HMD付属のコン

トローラを用いて拾い、指定のカゴに分別する動作を行う。本システムでは、運動・認知負荷を調整するため、VR空間上での対象物の生成速度や生成場所、生成物の種類、分別方法をパラメータとして設定する。分別の認知負荷を高めるために、ストループ効果を利用する。ストループ効果とは、文字と色という2つの属性が競合しているような刺激を提示したときに、その応答が2つの属性が競合しない刺激に比べて遅延するという現象である。パラメータを調整することで、認知すべき空間、対象物の数を制御でき、身体・認知負荷の調整が可能となる。パラメータの設定に関しては、HMD・付属のコントローラと慣性式モーションキャプチャから得られた位置姿勢を利用し、強度の定量化を行い、決定する。

2.2 運動負荷

コグニサイズでは全身を使った運動が推奨されているため、上半身と下半身運動の計測が必要となる。上半身の運動は、HMDと付属のコントローラの位置姿勢を使用することによって計測可能である。一方、下半身の運動に関しては、HMDだけでは計測できないため、慣性式モーションキャプチャを使用し計測する。

2.3 認知負荷

本システムでは、認知課題としてストループ効果を利用した分別課題を与える。ユーザはVR空間内において、対象物を適切に分類する認知処理を行う必要がある。また、認知課題に対しての正誤だけではなく、ユーザの迷いを位置姿勢を用いて分析し、認知負荷の評価を行う。

¹ 関西学院大学

^{a)} fyc62661@kwansei.ac.jp

^{b)} m.imura@kwansei.ac.jp



図 1 装着した様子

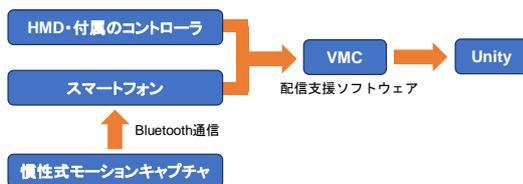


図 2 システムの概要図

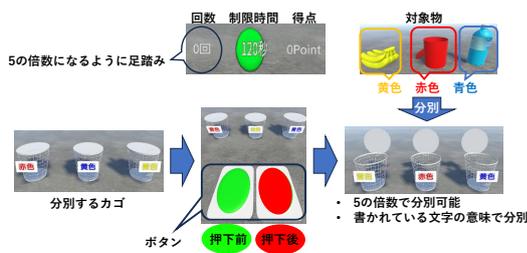


図 3 コンテンツ内容

3. 実装システム

3.1 実装内容

2節で提案したコグニサイズのためのアプリケーションを実装した。機器として、HMD(Meta Quest2, Meta)とHMD 付属のコントローラ、慣性式モーションキャプチャ (Mocopi, Sony) を使用した。デバイスを装着した様子を図 1 に示す。HMD および付属のコントローラと慣性式モーションキャプチャにより得られる位置姿勢を統合するためのソフトウェアとしてバーチャルモーションキャプチャ (VMC) を使用し、開発環境として VR 空間を構築するためにゲームエンジン Unity を用いた。システム全体の概要を図 2 に示す。慣性式モーションキャプチャを使用しているため、アバターの初期位置からの誤差が時間とともに大きくなるドリフトが見られたが、初期位置を定点とし、フレームごとに位置姿勢を補正することでドリフトの影響を抑制した。

3.2 具体的なコンテンツ

本システムの条件を満たす具体的なコンテンツとして、

ゴミの分別課題を実装した (図 3)。コンテンツの内容は、足元に置かれているボタンを足踏みの動作で踏み、カゴの蓋を開け、対象物を分別するというものである。一度、対象物を分別すると蓋が閉じるので、再度足踏みを行い、蓋を開ける動作を行う。ボタンが踏めているかどうかの視覚的なフィードバックとして、踏めていたら赤色、踏めていない場合は緑色にボタンの色を変更する。カゴの開閉に関しては、足踏みの回数が5回で開き、それ以外の時は蓋は閉じた状態である。生成される対象物は黄色、赤色、青色で構成されている。分別方法に関しては、ストループ効果を利用する。具体的には、カゴに対象物を構成している色で文字が書かれており、対象物の色とカゴに書かれている文字の意味が合うように分別する。強度の調整方法は、対象物の生成速度、生成場所、対象物の種類、分別方法をパラメータとして変更する。

4. 体験強度の定量化

本システムでは、HMD および付属のコントローラと慣性式モーションキャプチャから得られた値から運動強度の定量化を行う。本体験は座位での運動になるため、両腕と両膝から運動強度を定量化する。運動強度を元に体験中の身体活動量を算出する。

4.1 運動する物体のエネルギー

まず身体の各部位の位置情報を計測し、運動エネルギーを算出する。運動している各部位を添字 i で区別し、各部位の質量を m_i 、速度を v_i とすると、各部位の運動エネルギー $K_i = m_i v_i^2 / 2$ である。運動強度の推定にあたっては、運動エネルギーの変化量の絶対値が、筋肉により消費されたエネルギーであると仮定する [4]。時刻 t から $t + \Delta t$ の間に部位 i が消費したエネルギー $W_i(t)$ は、

$$W_i(t) = \frac{1}{2} m_i |v_i^2(t + \Delta t) - v_i^2(t)| \quad (1)$$

である。全部位、全時刻におけるエネルギー消費を合算すると、運動時間中の総消費エネルギー W は、

$$W = \sum_{\text{全時刻}} \sum_{\text{部位 } i} W_i(t) \quad (2)$$

である。

4.2 身体活動に相当するエネルギー消費量

次に、運動エネルギー消費を、身体活動量である。エクササイズ (EX) に変換する。エクササイズとは、厚生労働省が策定している運動指針 [5] において使用されている単位であり、身体活動の強度 (METs) に身体活動の実施時間を乗じたものである。

運動中に摂取される酸素量は、活動筋でのエネルギー消費を反映している。ヒトの身体において、1.0 L の酸素消

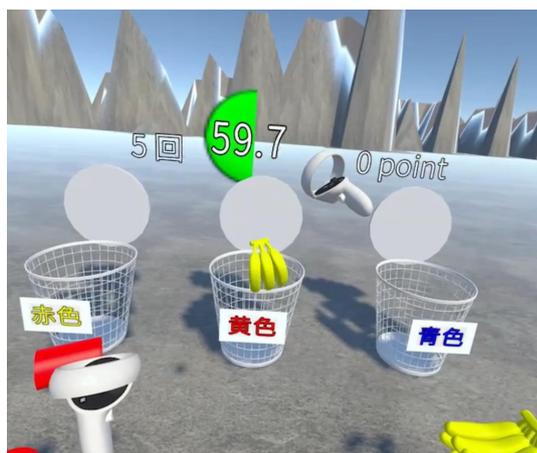


図 4 プレイしている様子

費は $5.0 \text{ kcal} = 20.95 \text{ kJ}$ のエネルギー消費に対応している。また、1 METs で 1 分間の運動は、運動している人の体重 1 kg あたり 3.5 mL の酸素を消費する。以上より、体重 (質量) $M[\text{kg}]$ の人の身体活動量 $e[\text{EX}]$ は、

$$e = \frac{1}{4400} \sum_{\text{全時刻}} \sum_{\text{部位 } i} \frac{1}{2} \frac{m_i}{M} |v_i^2(t + \Delta t) - v_i^2(t)| \quad (3)$$

と表される。

5. プレイしている様子

実際のゲームプレイ時の様子を図 4 に示す。ユーザは Meta Quest2 のコントローラを 1 つまたは 2 つ使用してゲームをプレイする。ゲームが始まると、制限時間、足踏みの回数、得点が UI として表示され、時間経過と共に、対象物が生成される。コントローラのグリップボタンを押下すると、レーザポインタが照射され、レーザポインタを対象物に照射すると、対象物を掴むことができる。対象物を掴んだまま、コントローラを前後左右に動かすと、対応して対象物も動き、カゴに分別することができる。ユーザに応じたフィードバック要素として得点項目を設けることにより、ユーザに反復的なトレーニングやゲームプレイを促すことを意図している。

6. おわりに

本稿では、認知症予防を目的として、VR 空間上で運動課題と認知課題を組み合わせたコグニサイズを、ユーザに合わせた強度で実施できるシステムを提案した。今後は、実空間での動きと VR 空間での動きの差を少なくし、違和感を覚えない視覚提示を目指す。また、若年者や高齢者に対して、評価実験を行う。

参考文献

- [1] 島田裕之：3STEP で認知症予防コグニサイズ指導マニュアル，医歯薬出版 (2020)。
- [2] Nishiguchi, S. et al.: A 12-week physical and cognitive exercise program can improve cognitive function and

- neural efficiency in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial, *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol. 63, No. 7, pp. 1355–1363 (2015).
- [3] 橋本晋吾ほか：MixedReality を用いた高次脳機能障害の評価と治療介入，第 64 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集，pp. 1030–1033 (2020)。
- [4] 栗原陽介ほか：加速度センサを用いた歩行・ランニング時における METs 値推定，*電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌)*，Vol. 129, No. 8, pp. 1562–1568 (2009)。
- [5] 厚生労働省：健康づくりのための運動指針 2006—生活習慣病予防のために，エクササイズガイド (2006)。