

愛知工業大学教育・研究特別助成
AIT Special Grant for Education and Research
令和 5 年度実績報告書

| | |
|-------|-----------------------------------|
| 種 目 | 大型研究：a 分野横断研究 研究期間：1 年間 |
| 課 題 名 | サイバー空間とフィジカル空間における動作獲得の違いと運動効果の検討 |
| 研究代表者 | 今井智子 |
| 研究分担者 | 功刀 峻 松河 剛司 小栗 真弥 |
| 助 成 額 | 2,000,000 円 (1 年総額) |

費目別決算

(単位：円)

| 区 分 | 合 計 | 設備備品費 | 消耗品費 | 旅 費 | その他 |
|------|-----------|-----------|---------|-----|---------|
| 経費内訳 | 2,000,000 | 1,201,585 | 598,815 | 0 | 199,600 |

専門分野：スポーツ医学・情報

キーワード：サイバー空間・フィジカル空間・

1. 研究開始当初の背景

急速に進む情報化社会の中でサイバー空間の社会実装が加速している。Virtual Reality (VR) は仮想空間の中で身体の制限、性差・年齢・体格による差異等、様々な社会の障壁を越えることができるツールとして日常生活に浸透すると予想される。また、VR の持つバリアフリーの環境はスポーツにおいても有用であり、体育授業の新たな教材としても期待される。

一方、フィジカル空間（現実世界）とサイバー空間（仮想空間）におけるスポーツ動作獲得の差異や運動効果の違い等、各空間の特性や差異は明らかではない。そこで本研究は、フィジカル空間とサイバー空間における運動トレーニングの動作獲得の違い及び運動効果を検討した。

2. 研究の目的

本研究の目的を達成するため「研究課題 1-1 サイバー空間における卓球技能の習熟がフィジカル空間における卓球技能の習熟に繋がるか」および「研究課題 1-2 慣性式センサー（mocopi）を用いたスポーツ動作の推定」の二つを設定した。これらの研究課題を明らか

にすることでサイバー空間とフィジカル空間の特性を明らかにする一助とする。

3. 研究の方法**①対象者**

対象者は本学の学生から参加希望者を募り 13 名が研究に参加した。研究を遂行するにあたり愛知工業大学倫理委員会承認のもと実施した。

スポーツ種目は卓球とし、フィジカル空間またはサイバー空間どちらかを選択しトレーニングを実施した。尚、空間の選択は VR 酔いを鑑み対象者が決定し、フィジカル空間は 6 名、サイバー空間は 7 名が選択した。

トレーニングを実施する前に対象者の身体特性（身長・体重）、体力テストの測定を実施した。体力測定は文部科学省新体力テストの方法に基づき、握力・上体起こし、長座体前屈、反復横跳び、垂直跳び、反応時間の測定を実施した。

②技能テスト

対象者の個々の卓球技能を事前に評価するため、テスト課題 8 つと 1 対 1 で行うラリーの回数を測定した。

尚、テスト課題は自動送球（卓球マシン）を使用し、球種は各課題で変化させ（上回転・下回転等）返球することができた回数を評価した。返球数は1課題中10回とし、同じ課題を3回繰り返した（図1）。評価は3回目の値を採用し8課題分のデータをトレーニング前後で比較した。また、ラリーのテスト課題は5回実施し、連続回数を記録した。評価は5回目の回数を採用した。尚、技能テストは全てフィジカル空間で実施した。



図1. 技能テストの様子

③その他の測定

各空間のトレーニングは約2ヶ月の内8回行った。トレーニング期間中にmocopiを装着させ、各空間で測定を実施した。ワイアレス心電計は同日に両空間各一名ずつ装着し、一定時間連続で心拍数の測定を行った。

さらに、フィジカル空間上での卓球の軌道を検討するためGoProを使用し、フィジカル空間上での球の軌道を撮影した。

尚、両空間ともに指導法による上達の影響を省くため技能指導及びトレーニング内容の指示は行わなかった。

トレーニング後はpost測定としてフィジカル空間で事前に行ったテスト（pre測定）と同じ技能テストを行った。体力テストは反応テストのみ実施した

4. 主要な設備備品

- ・VR機器（Meta Quest2）6台
- ・VR操作用
スマートフォン（中古品）10台
ポケットWifi 2台
- ・GoPro（中古品）5台
- ・心電計（mybeat）2個

5. 研究成果

（1）研究課題1-1 サイバー空間での卓球技能の習熟がフィジカル空間における卓球技能の習熟に繋がるか

① トレーニング開始前

対象者の身体特性及び体力測定結果

フィジカル空間及びサイバー空間の参加者の年齢・身長・体重に有意な差は認められな

かった。また、体力測定（上体起こし、長座体前屈、反復横跳び、反応時間）の結果に差はみられなかった。また、トレーニング開始前の技能テストはフィジカル空間・サイバー空間の対象者間で明らかな差は認められなかった。また、両空間でラリー回数に差は認められなかった。

以上から、トレーニング開始前、身体学的特徴・卓球技能のレベルにおいてフィジカル空間とサイバー空間の対象者間に違いはなかった。

尚、トレーニング後の測定はフィジカル空間6名、サイバー空間6名、計12名で行った。

②各空間におけるトレーニング実施回数及びトレーニング時間

卓球のトレーニングは鉾徳館西トレーニングルームで実施した（図2・図3）。



図2. サイバー空間のトレーニングの様子
VRはコントローラーにMeta Quest 専用の卓球グリップを装着した。



図3 フィジカル空間のトレーニングの様子

各空間におけるトレーニング時間を図4に示す。

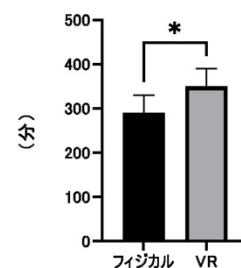


図4. サイバー空間 (VR) とフィジカル空間 (フィジカル) の総練習時間

トレーニング時間はフィジカル空間に比べサイバー空間 (VR) で有意に高い値を示した。フィジカル空間は運動準備として卓球台の出し入れ等があり、総練習時間が短くなったと考えられる。限られた時間を有効利用する上ではサイバー空間は有益な可能性がある。

③ 両空間におけるトレーニングの成果

トレーニング開始前と同じ技能テストをフィジカル空間で実施し、サイバー空間のトレーニング成果がフィジカル空間に反映されるか検討した。

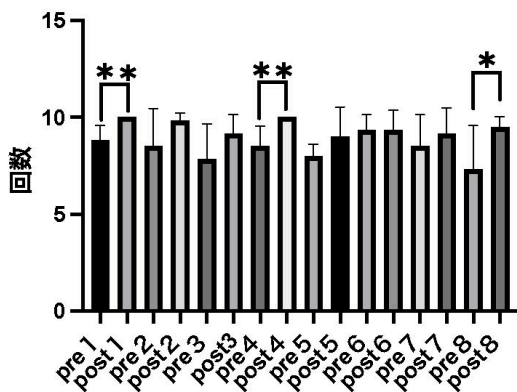


図5-1. フィジカル空間のトレーニング前 (pre) とトレーニング後 (post) の各課題の回数

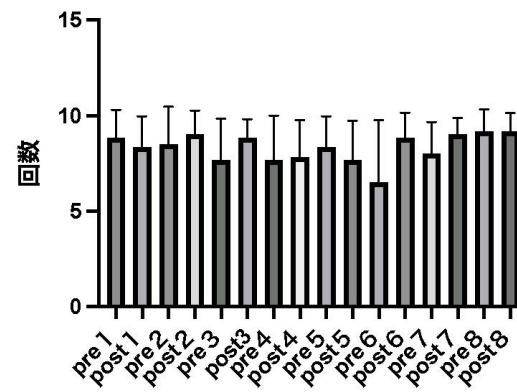


図5-2. サイバー空間のトレーニング前 (pre) とトレーニング後 (post) の各課題の回数

図5-1 にフィジカル空間でトレーニングを行った対象者の技能テストの結果を示す。尚図内の pre はトレーニング前、post はトレーニング後の測定、数値は課題ナンバを示す (例 pre1: トレーニング前・課題1)。課題1から8まで実施した結果、フィジカル空間

では課題1と4 (** $p < 0.01$) 課題8 (* $p < 0.01$) においてトレーニング前よりも後で総回数の増加がみられた。一方、サイバー空間ではトレーニング前後では明らかな差は認められなかった (図5-2)。

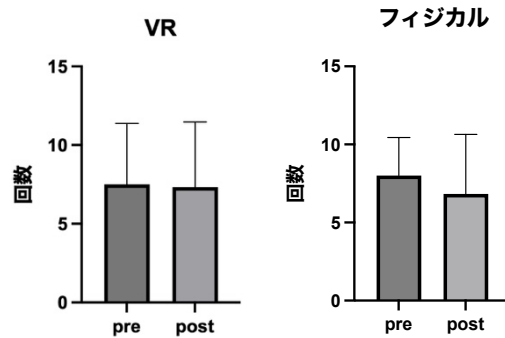


図5-3. サイバー空間 (VR) とフィジカル空間におけるトレーニング前 (Pre) とトレーニング後 (post) のラリー回数の変化

トレーニング前後のラリーの回数を検討したところ、両空間ともにトレーニング前後で明らかな差は認められなかった (図5-3)。また、フィジカル空間とサイバー空間との差は認められなかった。

体力測定は反応時間のみ測定を実施したが、両空間共に pre・post で明らかな変化は認められなかった。

② 球の軌道・球種の変化の記録・分析手法の検討

技能評価を発展させるためには卓球台上に球が落ちるまでの軌道及び球種の評価を行う必要がある。そこで GoPro を使用し、その可能性を確認した。

一方、球種を確認するためにはハイスピードカメラ等の機材が必要であり、今回は実施することはできなかった。

分析等に要する手法等に関しては今後の課題とする。

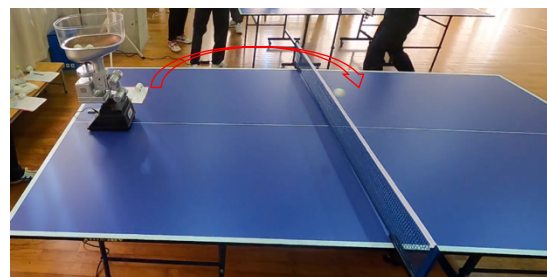


図6. 球種の変化と軌道の検討

研究課題：1-2：慣性式センサー（mocopi）を用いたスポーツ動作の推定

（1）慣性式センサーによる記録
8回のトレーニング期間中にフィジカル空間及びサイバー空間の各対象者に慣性式センサー（mocopi）を装着し、卓球動作を記録した。記録した内容の一部を以下に示す。



図7. 対象者 A 卓球動作



図8 対象者 B 卓球動作



図9. 複数の対象者の特徴的な動き

mocopi は両手首・両足首・腰・頭部にセンサーを装着し、動作を記録するため、各関節の詳細な動きを記録することはできなかった。また、動作開始前にキャリブレーションをする必要があり、連続したデータを撮り続ける上では課題が残った。また、各対象者のおおまかな特徴を捉えることはできるが、VR上では個々の体型が反映されないため、個人の特徴を捉えにくい（図9）。個々の動作を判別する

ためには関節角度の評価や筋の動きを捉える必要がある。

（2）サイバー空間とフィジカル空間の運動強度の比較

各空間の運動強度の違いを検討するため、動作中の心拍数（HR）を記録した。尚、解析は装着5分後から開始し、約19分間のHRを10秒ごとに抽出した。運動強度はカルボネン法を用いて算出し、10～50%HRmaxの該当回数をまとめた（図10）

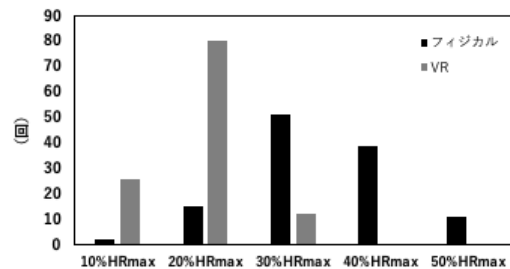


図10 フィジカル空間とサイバー空間（VR）の運動強度

サイバー空間の運動強度は30%HRmaxが最大だった。一方、フィジカル空間では50%HRmaxまで達した。

VRはヘッドセットと上肢の動きを伝えるコントローラーの動きが主であり、下肢の動きは想定されていない。一方、フィジカル空間では、技能の上達に伴い下肢の動きも大きくなる。また、卓球のボールを打つだけでなく、台から外れたボールを拾う動作もあるため一定の運動強度を得られると考えられる。

サイバー空間上でも十分な運動効果を得るためには、現状のゲームでは不十分な可能性があり、下肢の動きを取り入れたVRのゲーム開発が必要である。尚、本検討では測定数・時間が短いため引き続き詳細な分析・検討が必要である。

まとめ

研究課題1・2の検討により以下のことが確認できた。

- ・サイバー空間上の卓球はフィジカル空間上に比べて下肢の動きが少なく、運動量・運動強度を十分に確保することができない。

- ・今回使用したVRゲームでは卓球の技能をフィジカル空間に反映できなかった。トレーニング時間や頻度も影響した可能性はあるが、ラケットの角度・腕の振り方がフィジカル空間とサイバー空間では異なる可能性がある。本検討では筋電図を使用できなかったため、詳細を検討することができなかったが、サイバー空間でのトレーニングをフィジカル空間で応用するためには、感覚・フォームの違い等も含めて評価し、両空間の違いを明らかにする必要がある。