

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（基礎教育センター総合教育教室）

〔共同研究者〕 松河剛司（情報科学部情報科学科）

小栗真弥（情報科学部情報科学科）

功刀 峻（基礎教育センター総合教育教室）

研究成果の概要

急速に進む情報化社会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。しかしながら、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になっていない。

本研究では、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するため、「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」及び「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、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。

「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」では、①対象者の身体特性および体力測定結果、②トレーニング実施回数及び時間、③トレーニング成果を比較検討した。「慣性式センサー（mocopi）を用いたスポーツ動作の推定」では、各空間の対象者に慣性式センサー（mocopi）を装着して卓球動作を記録、運動強度の比較を行った。その結果、サイバー空間の運動強度は30%HRmaxが最大である一方、フィジカル空間では50%HRmaxまで達した。

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。

研究分野：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(卓球マシーン)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. 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 各空間の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鉦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。

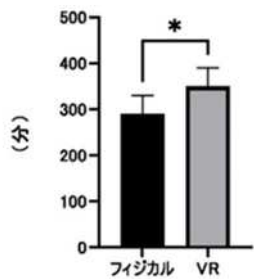


図 4 サイバー空間とフィジカル空間の総練習時間

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。

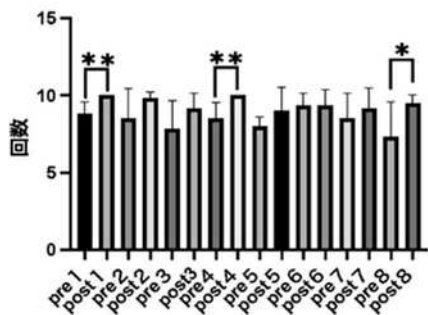


図 5-1 フィジカル空間のトレーニング前 (pre) とトレーニング後 (post) の各課題の回数

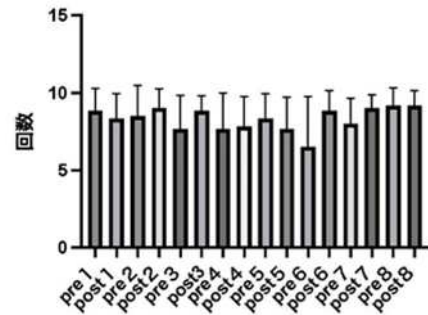


図 5-2 サイバー空間のトレーニング前 (pre) とトレーニング後 (post) の各課題の回数

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、数値は課題ナンバーを示す (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)。

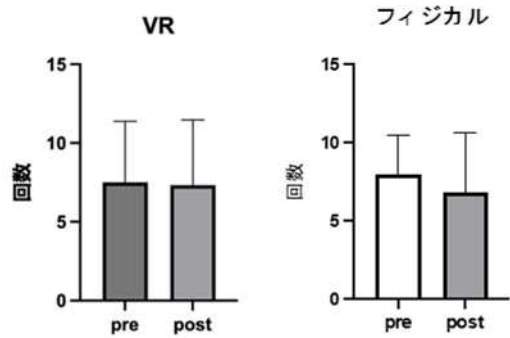


図 5-3 サイバー空間 (VR) とフィジカル空間におけるトレーニング前 (Pre) とトレーニング後 (post) のラリー回数の変化

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。

④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

(2) 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

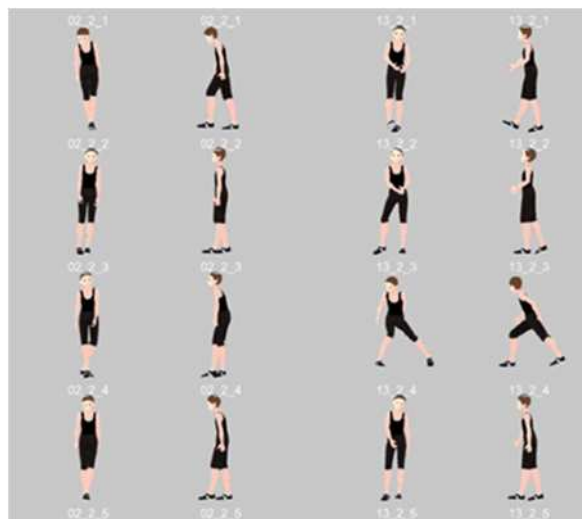


図 9 複数の対象者の特徴的な動き

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。運動強度はカルボー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)。

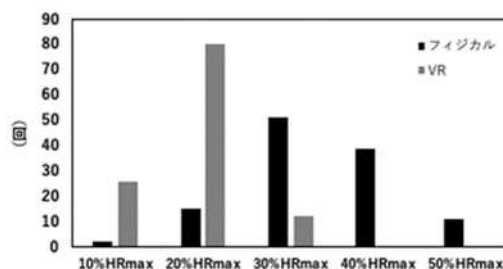


図 10 フィジカル空間とサイバー空間の運動強度

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。