

エクサゲームのための部位に特化した準備運動用エクサゲーム

田中 航生^{1,a)} 真鍋 宏幸^{1,b)}

概要：運動を楽しく行うアプローチの一つとして、エクサゲームがある。疲労や怪我のリスクを低減するためには、適切な準備運動が必要である。しかし、エクサゲームはゲームに早く参加したい気持ちが勝ってしまうため、準備運動を行わないことも多い。エクサゲームの前に準備運動を行わせるには、準備運動を行うことに対するハードルを下げる必要がある。そこで、本研究ではユーザーが選択する特定のエクサゲームに対して、特化した準備運動エクサゲームを行えるシステムを提案する。特化することで必要時間を短縮し、楽しさを増加させることで、準備運動に対するハードルを下げ、エクサゲームの前に準備運動を取り組みやすくすることを目指す。そのためには、ストレッチの質を高めることも重要である。そこで、ユーザにストレッチを行わせる指示手法（テキスト、動画、アバター、フィードバック付きアバターの4種類）を比較するための実験を行った。結果、ユーザにとってストレッチの効果を一番感じたのは動画であり、フィードバックもストレッチの効果に寄与することが分かった。

1. はじめに

身体活動や運動は、即時のおよび長期的な健康効果をもたらす。慢性疾患の発生率の低下、および不安やうつ病の重症度を軽減することがわかっている [1]。運動の継続は健康を維持することにおいて重要であるが、モチベーションの低下や退屈さが原因で運動を断念するケースがある。

運動を楽しく行うアプローチの一つとして、エンターテインメントとフィットネスを融合させたエクサゲーム (Exergame) がある [2]。プレイヤーは身体を動かしながらエクサゲームを楽しむことができるため、運動の代わりとして健康を促進することができる [3]。実際のエクサゲームの代表例として、リングフィット アドベンチャー^{*1}、Beat Saber^{*2}、Dance Dance Revolution^{*3}などがあげられる。リングフィット アドベンチャーは全身の運動ができる一方、Beat Saber や Dance Dance Revolution などの一部のエクサゲームは、プレイヤーが腕や足など特定の部位を主に動かして運動をするため、それらの部位に対する負荷が高まる。このような特性は、長時間のプレイによる筋肉疲労や

怪我のリスク [4] を高める可能性があり、筋肉疲労や怪我のリスクを軽減するには、運動前の適切な準備運動が不可欠である。準備運動は、筋肉を温め、関節の可動域を広げることで、運動中のパフォーマンス向上や怪我の予防に有効であることがわかっており [5]、理想的な準備運動はトレーニングや、のちの運動中に使用される筋肉群を含むべきであると言われている [6]。エクサゲームのように特定の部位に負担が集中する運動では、全身を対象とした準備運動は必ずしも必要ではなく、負担がかかる特定の部位に焦点を当てた準備運動が必要である。しかし、現状ではエクサゲームに適した準備運動は提供されておらず、ユーザが各ゲームに適した準備運動を自ら選択・実施する手間が必要であり煩わしい。さらに、エクサゲームは遊びの要素が強く、ゲームに早く参加したい気持ちが勝ってしまうため、準備運動を行わないことも多い。準備運動を行わないまま、エクサゲームを行うことは望ましくなく、筋肉や関節に負担がかかり、怪我をしてしまう恐れがある。それを防ぐためには、エクサゲームの前に準備運動を行うことに対するハードルを下げる必要がある。

本研究の目的は、ユーザが選択する特定のエクサゲームに対して、特化した準備運動エクサゲームを行えるシステムを提案することである。特化することで必要時間を短縮し、楽しさを増加させることで、準備運動に対するハードルを下げ、エクサゲームの前に準備運動を取り組みやすくすることを目指す。

¹ 芝浦工業大学

^{a)} ma23114@shibaura-it.ac.jp

^{b)} manabehiroyuki@acm.org

^{*1} <https://www.nintendo.com/jp/ring/index.html>

^{*2} <https://beatsaber.com/>

^{*3} <https://p.eagate.573.jp/game/ddr/ddrworld/top/>

2. 関連研究

2.1 VR エクサゲームをプレイ中に発生した怪我の事例

VR エクサゲームをプレイ中に骨折をしたとの症例報告がある [4]。この事例では、31 歳男性が VR ヘッドセットを装着して肩、腕、頭の動きを組み合わせた VR ビデオゲームをプレイ後、下部頸椎の痛みと腫れを訴えた。病院での検査の結果、第 7 頸椎を骨折していた。体を動かすエクサゲームにおいても、怪我をしてしまう可能性があり、エクサゲームの前には準備運動を行うことが必要不可欠である。

2.2 エクサゲームによる準備運動の支援

運動前の準備運動の手順をエクサゲームによって支援する試みはすでに行われている。Frederik らは、アスリートが行う準備運動手順をエクサゲームとして提供し、適切な動作を促す仕組みを提案している [7]。この研究では、エクサゲームを用いて準備運動を行う場合と、ビデオインストラクターを見ながら準備運動を行う場合の比較を行っている。エクサゲーム条件の参加者は可動域や心拍数の指標において同等かそれ以上の効果を示しており、身体活動への没入感や楽しさが増加したことも確認されている。このような先行研究は存在するものの、既存研究では主にスポーツ向けの準備運動手順が対象であり、特定のエクサゲームの動作特性や負荷部位に特化した準備運動を提示する手法は検討されていない。

2.3 準備運動におけるストレッチ

動的ストレッチは、筋肉の損傷を軽減し、関節の可動域を広げるために有効であることがわかっている [8]。準備運動における動的ストレッチと静的ストレッチを比較した研究が存在する [9]。この研究では、アスリートではない人を、静的ストレッチを行うグループと動的ストレッチを行うグループに分け、持久力、敏捷性、筋力、柔軟性、およびバランスのパフォーマンスを測定した。その結果、動的ストレッチは、活動前に取り入れることですべての測定項目の改善に有意であった一方、静的ストレッチは敏捷性およびバランスに対してネガティブな影響を与えたことが示されている。

3. 提案手法

本研究では、ユーザが特定のエクサゲームを行う前に、そのエクサゲームに特化した準備運動を、エクサゲームとして行えるシステムを提案する。準備運動に対するハードルを下げるために、準備運動に要する時間を短縮することと、楽しく準備運動が行えることを目指す。より具体的には、負担がかかる部位に集中して準備運動を行わせる上で、効果的に準備運動を行うことで、ストレッチの回数を減ら

し、短い時間で準備運動を完了させる。さらに、準備運動をエクサゲームに組み込むことで、ゲーム体験の一部として楽しく準備運動を行わせればよい。提案システムを利用する場合、ユーザはまず次に行うエクサゲームを選択する。システムはそのエクサゲームに特化したストレッチを指示し、ユーザはそれに従ってストレッチを行う。ユーザの動きと指示されたストレッチとの一致度を計算し、それをスコアとして表示する。一致度を用いることで、ユーザは常に指示された動き通りに従わなければスコアが下がってしまうので、1 回のストレッチに対して、真剣に取り組むようになる。提案システムでは、動的ストレッチのみを行う準備運動を提供する。例えば、ボクシングをベースとしたエクサゲームをユーザが行う際は、腕や手などの上半身に負担が集中するため、上半身の動的ストレッチを取り入れたエクサゲームの提案を行う。エクサゲームの準備運動をエクサゲームで行うことで、義務感や退屈感のある準備運動を楽しみながら行うことが可能となる。

4. 実装

本研究では、Unity とモーションキャプチャソフトウェアである Mocap for All を使用した。複数のカメラから取得した映像データを Mocap for All でリアルタイムに解析し、取得したモーションデータを Unity エンジン内で処理する。スコアリングを実装するには、ストレッチの正解データが必要となるため、事前に実験者の動きを元にモーションキャプチャソフトウェアから正解データを作成した。ユーザと正解データの部位の角度を比較し、その角度の累積誤差を元にスコアを計算する。その際、重要な部位に対して、スコアの重みづけを変えている。例えば、左足を回すというストレッチで、重要となるのは左足の股関節である。左側の腰と左膝の角度の累積誤差を 1 倍、右膝と右足を 0.5 倍とするように、重要な部位に合わせてスコアリングの重みづけを行うことで、重点を置いた評価が可能となる。各角度の誤差を累積することで、複数の部位での誤差の積み重ねを評価でき、動作全体を総合的に評価できる。累積誤差が指定した値以下であれば 100 点、指定された値以上であれば 0 点とし、誤差がその間であれば、関数で補間しスコアを決めた。また、1 回分のストレッチが終わるたびに予想されるスコアを表示するようにすることで常にユーザにスコアがフィードバックされる。

5. 実験

ストレッチを行う回数を減らすことができれば、時間をより短縮することができる。そのためには、1 回あたりのストレッチの質を高めることが重要である。そこで、ユーザにストレッチを行わせる指示手法を比較するための実験を行った。本実験では、テキスト、動画、アバター、フィードバック付きアバターの 4 種類のストレッチガイド手法の



(a) 標準のアバター



(b) フィードバックのついたアバター
図 1: 実験における 2 種類のアバター

比較を行う。

- **テキスト**：画面に表示されたテキストを見ながら、ユーザは指示通りにストレッチを行う。
- **動画**：実験者がストレッチを行っている様子を動画として画面に表示し、その動きをユーザが見ながらストレッチを行う。
- **アバター**（図 1a）：画面に表示されたアバターの動きを見ながら、ユーザがそのアバターの動きを見ながらストレッチを行う。
- **フィードバック付きアバター**（図 1b）：ユーザの動きがアバターの動きと異なる場合、異なる部位に赤いフィードバックが表示される。赤いフィードバックは、ユーザとアバターの部位を比較し、一定の閾値以上の角度差になったときに表示される仕組みである。

実験には、20 代の男性 6 名が参加し、被験者は 4 つの実施条件をランダムな順番で行った。また、各条件において、腕、体、足のストレッチをそれぞれ 5 回繰り返し行い、提案手法によるスコア計算を行った。実験後、参加者はエクサゲームに関連する質問や 4 つの指示方法についてアンケートに回答した。

6. 実験結果

6.1 エクサゲームのスコアの結果

4 手法のスコアは図 2 のようになった。4 つの手法の比較の中で、高い点数であったのは動画、もしくはフィードバック付きのアバターであった。僅差ではあるが、動画を用いたほうが点数はやや高くなった。一番低い点数になったのはテキスト条件であった。

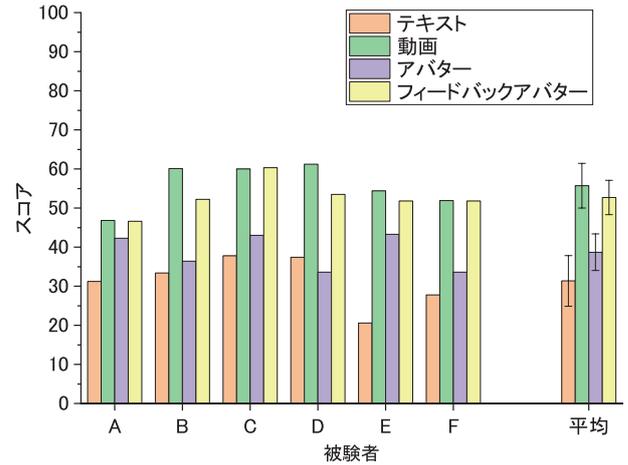


図 2: 4 手法のスコア結果

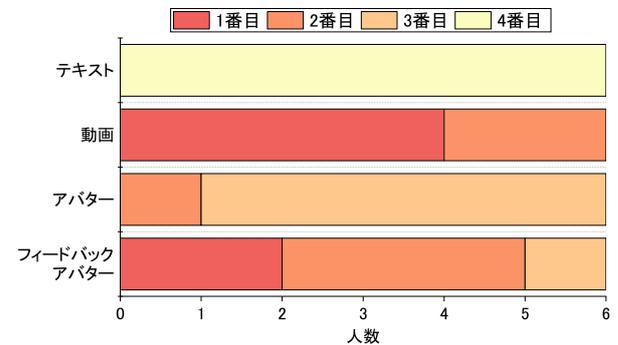


図 3: ストレッチの効果を感じた順位

6.2 アンケートの結果

6.2.1 エクサゲーム前の準備運動について

被験者に「あなたがもしエクサゲームをするとしたら、エクサゲームをする前に準備運動をおこなうと思いますか?」という質問をしたところ、被験者全員が思わないと回答した。思わないという回答をした理由として、以下のような意見があった。

- めんどくさいから (2 人)
- エクサゲームで怪我をすると思っていない
- そこまできつい運動をエクサゲームですると思っていない

被験者は、エクサゲームの前に準備運動を行わない理由として、めんどうであることと、怪我をするとは思っていないことが分かった。

6.2.2 4 手法についてのアンケート結果

「4 つの手法の中で、ストレッチの効果を感じられたものを順位付けをしてください」という質問をしたところ、被験者のアンケート結果を平均して評価が高い順に、動画、フィードバック付きアバター、アバター、テキストという順番になった (図 3)。そのような順位付けをした理由として、以下のような回答があった。

- 動画は人の動きを真似するのでどこを伸ばしているか読み取ることができた。アバターは人間と違い、動き

が制限されてるように見えて、十分に伸ばせなかった。フィードバック付きアバターは動きを修正しようとするため、自分の動きを制限しているように感じた。テキストは読むのに集中して全く動けなかった。

- 動画が一番わかりやすかった。また、アバター単体だと多少違和感があったが、フィードバックによってわかりやすくなったのでフィードバック付きの方が良かった。
- 動画が一番他のことに気を取られなかった。フィードバックがあるとそれに気を取られてしまう。テキストは読むことに意識が向いてストレッチを気にしてる余裕がなかった。
- 動画はそのままの人の動きを真似すればよかったのでイメージしやすかったから1番だった。

また、アバターに付与したフィードバックについて、「フィードバック付きのアバターは自分の体の動きを修正するのに役立ちましたか?」という質問をしたところ、とてもそう思うが1人、ややそう思うが4人、どちらでもないが1人だった。フィードバックは多くの被験者にとって、自分の体の動きを修正するのに役立つという結果になった。

7. 議論

アンケートの結果から、被験者の中でエクサゲームの前に準備運動をする人はいなかった。準備運動を行わない理由からわかるように、エクサゲームの前に準備運動を浸透させるには、準備運動のハードルを下げる必要がある。

スコアとアンケートの結果より、ユーザにとって動画条件が最も効果的であり、その次にフィードバック付きアバターが有効であることがわかった。アバタは動きが制限されているように感じる一方、動画では実際の人間の動きを見ることができ、伸ばす部位をよく読み取れるため、スコアやアンケートにおいても、評価が高くなったと考えられる。また、フィードバック付きアバターとフィードバックなしアバターを比べると、フィードバックはストレッチの効果向上に寄与していることがわかる。テキストを用いた手法は、ほかの手法と比べて情報量が欠けているため、スコアとアンケートによる評価は低くなった。被験者はテキストを読むことに意識が向いてしまい、運動に集中できなかったため、正確なストレッチが難しかったと考えられる。以上により、ストレッチをガイドする手法において、視覚から得られる情報がわかりやすく理解しやすいこと、人間のように自然な動作を促せる手法がよいことが分かった。今回の結果を踏まえた場合、さらに効果的な指示方法として、動画にフィードバックを付与することが考えられる。今後、ユーザの選択したエクサゲームに対して、実際にストレッチを行えるシステムを実装するとともに、フィードバック付き動画の効果についても明らかにしていく。

8. 結論

本研究では、ユーザが特定のエクサゲームを行う前に、そのエクサゲームに最適化された準備運動をエクサゲームとして行えるシステムを提案した。提案するシステムの実現に当たり、ユーザにストレッチを行わせる適切な指示手法を選択するために実験を行った。実験の結果、スコアおよびアンケートによる評価において、動画条件が最も高い評価を示し、続いてフィードバック付きアバター、アバター、テキストの順になった。

参考文献

- [1] Warburton, D. E., Nicol, C. W. and Bredin, S. S.: Health benefits of physical activity: the evidence, *Cmaj*, Vol. 174, No. 6, pp. 801–809 (2006).
- [2] Lee, S., Kim, W., Park, T. and Peng, W.: The psychological effects of playing exergames: A systematic review, *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Vol. 20, No. 9, pp. 513–532 (2017).
- [3] Street, T. D., Lacey, S. J. and Langdon, R. R.: Gaming Your Way to Health: A Systematic Review of Exergaming Programs to Increase Health and Exercise Behaviors in Adults., *Games for health journal*, Vol. 6 3, pp. 136–146 (online), DOI: 10.1089/g4h.2016.0102 (2017).
- [4] Baur, D. A., Pfeifle, C. and Heyde, C.-E.: Cervical spine injury after virtual reality gaming: a case report, *Journal of Medical Case Reports*, Vol. 15 (online), available from (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:235249857>) (2021).
- [5] Shellock, F. G. and Prentice, W. E.: Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries, *Sports medicine*, Vol. 2, pp. 267–278 (1985).
- [6] McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G. and Rattray, B.: Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications, *Sports medicine*, Vol. 45, pp. 1523–1546 (2015).
- [7] Wiehr, F., Vujic, M., Krüger, A. and Daiber, F.: The jungle warm-up run: augmenting athletes with coach-guided dynamic game elements, *Proceedings of the Augmented Humans International Conference*, pp. 1–12 (2020).
- [8] Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D. and McHugh, M.: Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review, *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, Vol. 41, No. 1, pp. 1–11 (2016).
- [9] Khan, S. H., Ilyas, M. B., Ali, J., Mehmood, Z., Kanwal, R., Sajjad, A., Khushnood, K. and Lijuan, A.: Static versus dynamic stretching; short term effects on physical performance in non-athletes-a randomized clinical trial, *The Rehabilitation Journal*, Vol. 7, No. 03, pp. 03–11 (2023).