



# サドル型走行デバイスを用いた バーチャルランニングにおける VR 映像の効果

坂口正道<sup>1)</sup>, 田山滉士<sup>2)</sup>

1) 名古屋工業大学 大学院工学研究科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町, [sakaguchi.masamichi@nitech.ac.jp](mailto:sakaguchi.masamichi@nitech.ac.jp))

2) 名古屋工業大学 大学院工学研究科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町, [k.tayama.627@stn.nitech.ac.jp](mailto:k.tayama.627@stn.nitech.ac.jp))

**概要:** 昨今, VR 技術は一般的なものとなりつつあり, 家庭用 VR システムが手ごろなものとなっている。他方で, コロナ禍によって自宅を主とした室内での運動方法について注目が集まっているが, 有酸素運動を目的とした既存の運動機器にはその運動効率や継続性について改善の余地がある。そこで本研究では, VR 技術を組み合わせることによって室内での有酸素運動の効率を高めることを最終的な目標とし, VR 映像を提示することによる運動への影響を調査した。その結果, 適切な VR 映像を用いることで, 使用者の無自覚的な運動量の増加や, 運動意識の向上が得られることを明らかにした。

**キーワード:** バーチャルリアリティ (VR), ランニング, サドル型デバイス, 走行運動

## 1. はじめに

昨今のコロナ禍では, 外出機会の減少から運動不足や心身に悪影響をきたす「健康二次被害の問題」が懸念されている。それを受けて, 室内で行うことができる運動機器の需要が増加している。その一方で, 一般に室内での有酸素運動に使用されるトレッドミルやフィットネスバイクは, その運動効率と運動の継続性という点で改善の余地があると考えられる。そこで筆者らは, VR 映像を用いることによってそれらの課題の解決を目指し, 本研究では VR 映像を室内での有酸素運動と組み合わせることによる影響について調査した。

以下, 2 章では関連研究について述べ, 3 章では今回の研究に用いた走行運動を目的とする自作運動デバイスと VR システムの概要について述べる。4 章で実験方法, 5 章で実験結果について述べ, 6 章で結果に対する考察を行う。7 章では実施した追実験の方法, 結果および考察を述べ, 最後に 8 章で本論文のまとめと今後の展望について述べる。

## 2. 関連研究

本研究では, VR 映像の提示, つまり視覚情報の提示が身体運動に影響を及ぼすことを期待している。Bonnette ら [1] は, ランニング中に音楽を聴くことが運動にどのような影響をもたらすか調査し, 音楽を聴くことによってランニングパフォーマンスが向上することを明らかにした。しかしこの研究では, 運動と疲労感に関する主観評価である自覚的運動強度に対する影響は見られなかった。また

Edworthy ら [2] は, トレッドミルを用いた運動と音楽聴取を組み合わせた際の音楽のテンポと音量の影響について調査し, 音楽のテンポが速いときに心拍数が有意に上昇し, 音量が大きいときにその影響がさらに強化されるということを示した。これらの研究によって, 聴覚に関する情報提示が身体運動に対して影響を及ぼすことが示された。

またリハビリテーションの分野において, 運動時に VR 映像を組みあわせる試みも見られているが, 走行運動に対して VR 映像を組み合わせた例は非常に少ない。その一因として, VR 映像を提示するために用いられる HMD (Head-mounted Display) を装着した状態で, 安全に走行動作を行うことができる運動デバイスが少なかったことが挙げられる。次章では, 独自に開発したデバイスの説明を行う。

## 3. システム概要

### 3.1 サドル型走行デバイス

図 1 に, 本実験で用いたサドル型走行デバイスの概要 (図 1 左) およびデバイスを使用して走行動作を行う様子 (図 1 右) を示す。本デバイスは, デバイス支持フレーム, 自転車用サドル, および上体支持部の 3 つの要素によって構成されている。幅 800 mm, 長さ 1,200 mm, 高さ 1,150 mm で, サドルにはスポーツタイプの自転車用サドルを使用し, 上体支持部は, 一般的なデスクチェアの背もたれを用いた。使用時には, 図 2 に示す低摩擦シートを貼付したサンダルを使用し, サドルの高さはユーザに合わせて調整し, 疑似的な走行動作を可能とした。本デバイスは, 着座状態で使



図1：自作したサドル型走行デバイス



図2：靴底に低摩擦シートを貼付したサンダル

用でき安定性が非常に高いため、HMDを装着した状態で安全な使用が可能となっている。

### 3.2 VRシステム

実験時には、HTC社製VIVE HMDを用いてVR映像の提示を行い、踝上に装着した同社製VIVE Trackerを用いて運動時の脚部の動きをトラッキングした。なお、VR環境の構築にはゲーム制作ソフトUnityを用いて行った。これらを用いて、本研究ではサドル型走行デバイス使用者の脚部の動きに合わせてVR空間上を走行することが出来るシステムを製作した。VR環境に関する詳しい説明は次章の実験方法の説明と合わせて行う。

## 4. 実験方法

関連研究で紹介した音楽を用いて運動に影響を与えた事例では、音楽の有無と音楽のテンポという二つの観点において調査した結果、それぞれ有意な効果が得られている。それを踏まえ、実験1ではVR映像の有無に注目して条件を設定し、実験2ではVR映像の速さの違いという点に注目して条件を設定して実験を実施した。

### 4.1 実験1

実験参加者は10名とし、参加者にはサドル型走行デバイス上で8分間の走行運動を行わせた。その際に、電極式心拍数計(Polar, H10)を用いて心拍数のデータを取得した。なお、実験1ではVR映像の有無による影響を調べるために、次に示す映像に関する3条件を用意した。

- ・VR映像提示なし
- ・単純なVR映像提示
- ・複雑なVR映像提示

今回用いた単純な映像と複雑な映像について、図3および図4に、実際に用いた映像の一例を示す。

次に、運動に関する条件として、「VR映像提示なし」の



図3：単純なVR映像



図4：複雑なVR映像

条件では140BPMのメトロノーム音をスピーカーを用いて提示し、走行運動のペースを音に合わせて行うように指示した。そして実験終了時に、Borgスケールを用いた15段階の自覚的運動強度(RPE)の評価を行った。「単純なVR映像提示」および「複雑なVR映像提示」の条件では、運動強度がRPE13となるように参加者の任意のペースで運動を行うよう指示をした。

### 4.2 実験2

実験2では、実験1で用いた「複雑なVR映像」の映像条件の下で、VR映像の速度を変化させた。使用者の脚部の動きから、実際の屋外での走行時とおおよそ同程度でVR空間上を進むように設定した条件を「速度：普通」とし、「普通」と比較して、VR空間を約15%遅く進むように設定した条件を「速度：遅い」、同様に約15%速く進むように設定した条件を「速度：速い」とした映像に関する3条件を用意した。いずれの速度条件においても、実験参加者は自身の脚部の動きによってVR空間上を進む速さを連続的に変更することができる。なお運動に関する条件としては、運動強度がBorgスケールでRPEが13となるように参加者の任意のペースで行うように指示した。

## 5. 実験結果

### 5.1 実験1

実験1では、実験中に取得した心拍数と脚部の移動軌跡、および評価されたRPEの値から、以下の2つの値について結果の提示とその評価を行った。1つ目は「RPEに対する心拍数の値」で、この値は自覚的な疲労度に対してどの程度の負荷が身体にかかっていたかを評価する値となっており、この値が大きいほど効率の良い運動を行うことができたと言える。2つ目は「RPEに対する足の移動量の値」で、この値は自覚的な疲労度に対してどの程度運動を行ったのかを評価する値となっており、この値が大きいほど無自覚的にランニングパフォーマンスを向上させることが

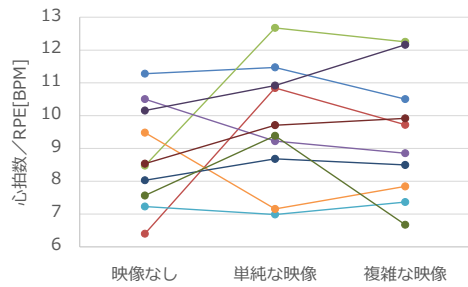


図 5：RPE に対する心拍数の値

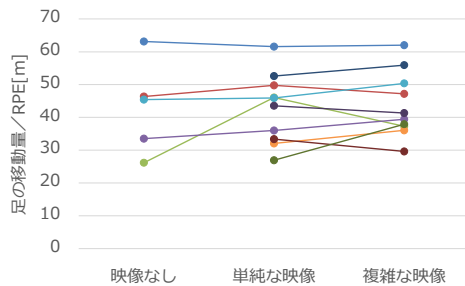


図 6：RPE に対する足の移動量

できたと言える。

前述した2つの値について、得られた結果を図5および図6に示す。これらのグラフは、各実験参加者の映像条件による評価値の変化を表している。なお「映像なし」における脚部の移動情報は参加者の半数である5人分のみとなっている。

得られた実験結果について「映像なし」とその他2つの条件間で従属t検定を行ったが、いずれも有意差は見られなかった。

## 5.2 実験2

実験2では、VR空間内を進む速度を変化させたことによる運動への影響を調べるために、各条件における「脚部移動量の合計値」、「合計歩数」、および「平均歩幅」の3つの値を用いた。それぞれの値を条件毎にまとめたグラフを図7、図8、および図9に示す。

全ての値について条件「普通」とその他2つの条件間とで従属t検定を行ったが、いずれも有意差は見られなかった。

## 6. 考察

### 6.1 実験1について

本実験では、検定の結果映像の有無による運動への影響について差が見られなかった。したがって、VR映像を提示することによる運動への効果的な影響は得られないということが示唆されたが、一方で、今回の実験環境について、実験参加者からの意見から、いくつか問題点があったことが明らかとなった。まず、今回用いた「複雑なVR映像」が全体的にやや暗い景色の森の中を走行するもだったため、映像を提示されたことによるポジティブな印象を受けづらかった。また、複雑なVR映像では走行コースに高低差やいくつかのカーブが存在しており、それが一部の参

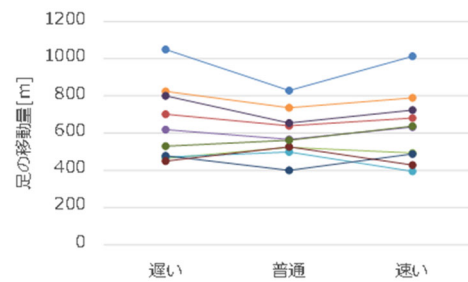


図 7：脚部移動量の合計値

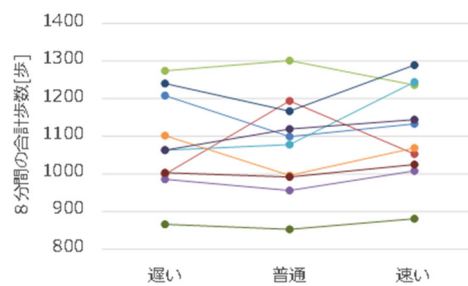


図 8：歩数の合計値

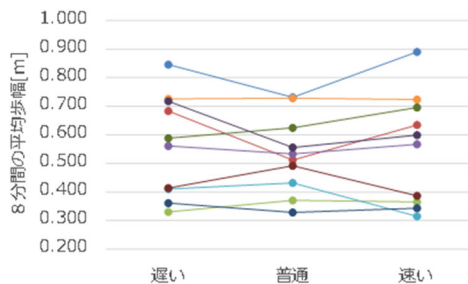


図 9：歩幅の平均値

加者にとってVR酔いの誘起へとつながってしまった。そして最後に、RPEの評価方法として用いたBorgスケールが運動に対する強度評価としては評価段階が少なく（実際には13より小さい値、17より大きな値を選択したものはなかった）、評価値に差が出にくかった。

### 6.2 実験2について

実験結果より、VR映像の速度を変更させたことによる歩数・歩幅への影響は見られなかった。これは先行研究で示した音楽提示を行った例と比べて、本研究におけるVR提示では目標となる走行速度やテンポを提示するようなものでないため、走行動作に影響を与えることが難しかったのではないかと考えられる。

## 7. 追実験

前章で述べた実験1および実験2の結果から実験環境・条件の修正を行い、VR映像の効果をより明確にするための追実験を行った。なお、追実験はVR映像の有無のみ注目して実施した。

### 7.1 実験方法

実験参加者は10名、実験タスクは「VR空間上で2000mを走行すること」とし、走行時間および運動ペースに関する指示や制限は設けなかった。映像に関する条件は「VR映



図 10：改良した VR 空間上の走行コース

像なし」と、図 10 に示すように改良した明るい街並みの「VR 映像あり」の 2 条件で行った。なお VR 空間上を進む速さは、前述した「普通」条件と等しくなっている。実験参加者は、各条件で 2 回ずつの計 4 回走行を実施し、走行後には Borg スケールを改良した修正 Borg スケールを用いて RPE の評価を行った。

### 7.2 実験結果

ここではタスクの達成にかかった時間と、各条件で評価された RPE の値について得られた結果を述べる。

まずタスク達成に要した時間について、「VR 映像あり」条件を「VR 映像なし」条件と比較した結果のグラフを図 11 に示す。図 11 における実験参加者 F, I, J の 3 名に関しては映像の有無によるタイム差がほとんどなかったことを示している。その一方で 10 名のうち 6 名は、映像なしの時に比べて映像がある場合にタスクの達成に要した時間が短くなった。タスク達成に要した時間に関する全体の平均値は、映像なしの条件では 401 秒、映像がある条件では 374 秒であった。この結果について t 検定による有意差が認められた。

次に、図 12 に、実験で得られた RPE の値について、時間と同様に各条件における平均値に関する比較を行った結果を示した。図 12 において、実験参加者 B, D, G の 3 名に関しては、映像の有無による差がなかったことを示している。その一方で、10 名のうち 5 名は、映像なしの時に比べて映像がある場合に RPE の値が減少、つまり自覚的な疲労感が減少していた。ただし、t 検定を行った結果有意差は見られなかった。

### 7.3 考察

まず、タスク達成に要した時間が VR 映像を提示した場合で有意に減少したことから、VR 映像の提示によって使用者の無自覚的な運動量の向上あるいは運動意識の向上を引き起こすことが出来たとと言える。

次に RPE に関しては参加者のうち半数が減少し、2 名のみが上昇という結果であったものの、有意差は得られなかった。これは前述したように Borg スケールの評価値の分解能が大きいことと参加者及び試行数が少なかった影響が考えられる。

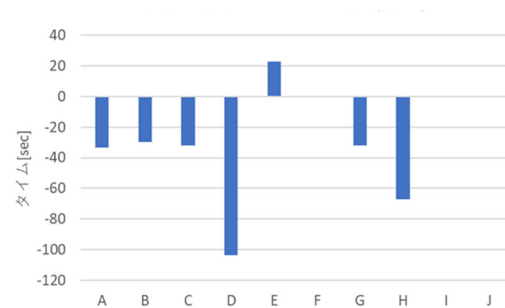


図 11：VR 映像の有無における時間の比較

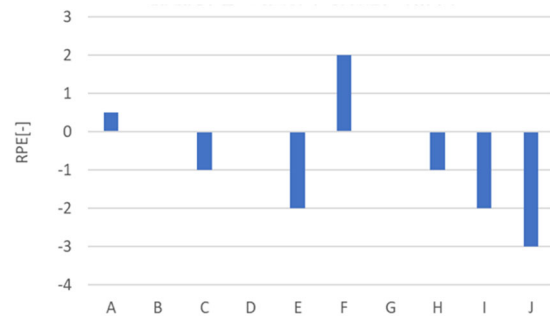


図 12：VR 映像の有無における RPE の比較

## 8. まとめと今後の展望

本研究では、室内で自作のデバイスを用いた走行動作を行う際に、VR 映像を提示することによって、運動にどのような影響が現れるかという点について実験的に調査した。その結果、用いる VR 映像の内容を適切に設定することで、使用者の運動量を無自覚的に向上させることが明らかとなったほか、自覚的な運動強度を低下することが出来る可能性が示唆された。一方で、今回の実験では VR 映像の速度を変化させることによる身体運動への影響は見られなかった。

今後は使用者の運動に対してポジティブな影響を与える VR コンテンツの必要条件を明らかとするほか、VR 空間上での他者とのバーチャルランニングが身体運動や RPE に対してどのような影響をもたらすのかという点について調査していく。

### 謝辞

本研究は、名古屋工業大学倫理委員会の承認(承認番号 2020-024)を受けて実施した。本研究の一部は、ミズノ株式会社との共同で実施した。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- [1] Randy Bonnette, et al.: The Effect of Music Listening on Running Performance and Rating of Perceived Exertion of College Students, *The Sports Journal*, **21**, 2012.
- [2] Judy Edworthy, Hannah Waring : The Effects of Music Tempo and Loudness Level on Treadmill Exercise, *Ergonomics*, **49**(15), 1597-1610, 2006.