

音響型 AR を用いたオンラインマラソンシステムの開発

小西 侑樹¹ Felix Dollack²
Panote Siriaraya³ 栗達⁴ 田中 克己⁵
河合 由起子⁶ 中島 伸介⁷

近年、健康改善や体力向上の意識の高まりからランニング人口が増加しているが、ランニングを継続して行うことは容易ではない。そのため、ランニングに対するモチベーションを高めることが可能なランニング支援システムを開発する意義は大きい。そこで、我々は過去に記録した走行データに基づく仮想ランナーを音響型拡張現実空間内に再現し、伴走や競走を可能にするランニング支援システムを開発した。ただし、これまでに開発したシステムでは過去の自分もしくは知人の走行記録との競走のみを実現することや、1 回分の走行記録との競走のみ可能であるという課題があった。そのため、不特定多数のユーザとの競走を可能とし、競走する際の走行距離や回数をユーザが任意に選択できる大規模な競走が可能なシステムの開発が必要であると考えた。本稿では大規模なオンラインでの競走が可能なオンラインマラソンシステムを開発するとともに、複数の仮想ランナーが及ぼす影響の評価や、システムユーザビリティに関する評価実験を実施したので報告する。

1 はじめに

近年、厚生労働省の健康づくりのための身体活動に関するガイドライン [1] 等の健康活動促進に向けた啓発策の後押しもあり、健康改善や体力向上を目的としてランニングに取り組む人が増加傾向にある。スポーツ庁が実施した調査 [2] によると、成人の週 1 回以上のスポーツ実施率は平成 27 年を皮切りに上昇傾向にあり、ランニングに取り組む人口の割合も多い。しかしながら、ランニングに対するモチベーションを維持することは難しく、40~65%ほどの人は運動を開始しても 3~6 ヶ月以内に辞めてしまうと予測されている [3] [4] [5]。そのため、ランニングを楽しくすることによって継続を促し、体力向上を支援するシステムを開発する意義は大きいと考える。

最近ではスマートフォンやスマートウォッチなどを使用したランニング支援アプリとして、Nike Run Club [6] や STRAVA [7] などが、一般に普及している。これらのアプリは、走行距離やペース、心拍数、カロリー計算やランニングのプラン作成などのワークアウト管理が行えるものとなっている。しかし、これらのランニング支援アプリは、ランニング行動そのものを楽しませるアプローチとはなっておらず、ランニングに対するモチベーション向上を寄与するものとはなっていない。

ゲーミフィケーションに基づきランニングに対する動機づけを行う取り組みとしては、Zombies, Run! [8] と呼ばれるアプリがある。ゲーミフィケーションとはゲームメカニクス及び体験デザインを駆使し、人々が自身の目標を達成できるようデジタル技術を利用して動機づけをする手法 [9] であり、マーケティングや教育、医療などのさまざまな分野で応用されている手法である [10]。このランニング支援アプリでは、他のユーザとの記録の共有やゲーム内によるバッジなどの報酬によってユーザのランニングのモチベーションを上げる仕組みを有する。しかし、ランニング行動そのものを楽しませるアプローチではあるものの、他のユーザとの関わりを促進する仕組みが不十分であると考えられる。

そこで我々は音響型拡張現実空間内にて過去に記録した走行データに基づいて作成された仮想ランナーとの伴走を可能にするランニング支援システムを構築した [11] [12] [13]。しかし、これらのシステムは競走が可能な相手が過去の自分自身の記録か知人の走行記録としか競走することができないことや、過去に複数回走行記録を取っていても 1 回分の走行記録のみとの競走しか行うことができず、過去の複数回の記録をまとめたものとの競走が行えないなどの課題があった。

そのため、本研究では開発したシステムの機能をさらに拡張することで、ユーザが競走する際の走行距離や走行回数を選択を自由にでき、過去の自分や知人の記録だけでなく、不特定多数のユーザとの競走が可能な音響型 AR を用いたオンラインマラソンシステムを開発を行った。また開発したシステムを用いて、ユーザビリティ評価及びユーザへの身体的影響についての評価実験を行ったので報告する。

2 関連研究

ランニングは継続して行うことが難しく、モチベーションを維持するための「動機付け」が必要である。なぜなら、ランニングは一般的には辛い、つまらない、苦手といった印象を抱くものだからである。

実際にこのようなランニングの問題点を解決するためのランニング支援システムは数多く存在する。Nike Run Club や STRAVA などのランニング支援アプリケーションが有名である。また、ランニングのためのゲーム的要素が強い Zombies, Run! や厚生労働省とスポーツ庁がリリースした FUN+WALK [14] といったものも存在する。

Nike Run Club では、消費カロリーや距離、速度、心拍数等の日々のワークアウトの管理や facebook を用いた記録のシェアができる。また、各ユーザの運動レベルや目標に応じてトレーニングプランの推薦を行うことが特徴である。しかし、ランニングに

¹ 学生会員 京都産業大学大学院 先端情報学研究科

i2386067@cc.kyoto-su.ac.jp

² 非会員 京都産業大学 情報理工学部

felix@cc.kyoto-su.ac.jp

³ 正会員 京都工芸繊維大学 情報工学・人間科学系

spanote@kit.ac.jp

⁴ 非会員 福岡大学 工学部

lida@fukuoka-u.ac.jp

⁵ 正会員 関西学院大学 社会情報学研究センター

tanaka_7339@yahoo.co.jp

⁶ 正会員 京都産業大学 情報理工学部

kawai@cc.kyoto-su.ac.jp

⁷ 正会員 京都産業大学 情報理工学部

nakajima@cc.kyoto-su.ac.jp

対して高い意識を持っているユーザには日々の身体管理や記録の管理が行いやすいが、ランニングに対して苦手意識が強く、健康を主な目的としたユーザにとっては動機付けを行うには難しい。

STRAVA はアスリート向けのランニングに限らず、サイクリングや他の様々なスポーツのアクティビティを記録、分析を行う。このアプリケーションの特徴は全ユーザが走ったランニングコースを記録し、ユーザに対してルートの推薦を行ってくれることである。また、走ったルートの写真や記録を他のユーザとシェアでき、ユーザのモチベーションを高めることができるが、アスリート向けの要素が多く、健康を主な目的としたユーザにはモチベーション維持が難しい。

Fitbit [15] では歩数、距離、心拍数などの様々なデータを管理でき、「アドベンチャー」と呼ばれるゲーミフィケーションを用いた機能がある。この機能では、歩数目標を達成することによって世界の様々なランドマークやトレイルの景色を画像として見ることができる。また、ユーザ間で歩いた歩数を競い合うことでモチベーションを上げる。

FUN+WALK では歩数計を利用し、ユーザの歩数に応じてアプリケーション内のキャラクターが変身したり、実際に様々な店舗で使用できる割引クーポンが手に入る。このアプリケーションはユーザの収集欲を利用したゲーミフィケーションの一つである。

また近年では GPS アプリを使用したマラソンの大会などが開催されることが多くなっている。多くの大会で使用されているアプリとしては TATTA [16] が有名である。TATTA は国内最大のランニングポータルサイト RUNNET と連携している唯一の GPS ランニングアプリであり、開催されている多くの GPS マラソンイベントに参加ができ、自身で計測した記録の管理ができることが特徴である。しかし、このような GPS マラソンに参加して記録を行う際は一人で計測することが多く、モチベーション維持が難しい。

また、近年 VR 技術を使用した運動支援に関する研究も行われている。Soumya C. Barathi [17] らは VR ヘッドセットを活用した自転車でのゴーストとの競走を行うことで、VR 運動ゲームによるパフォーマンスの向上と内発的モチベーションへの有効性の検証を行った。その結果インタラクティブ・フィードフォワード法 [18] でのユーザのパフォーマンスとモチベーションの向上を示した。また、自己競走とのゴーストの競走下においてもパフォーマンスの向上及びモチベーションの向上を確認している。坂口ら [19] は、VR 映像を提示することによる運動への影響を調査を行った。その結果 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示している。Blanchfield [20] らは擬似競技を用いて、セルフトークが持久力パフォーマンスに及ぼす影響を調査した。その結果、疲労を感じた時にセルフトークを行うことで自身とモチベーションを維持し、運動パフォーマンスの向上につながることを示している。

以上の通り、これまでの VR 技術を使用した運動支援に関する研究では VR 映像や音楽・効果音を用いたものが主であった。そこで本研究では、ランニングの擬似競技において、足音やナビゲーションなどの音響的な手がかりを使用することによるユーザのモチベーション及びパフォーマンスの向上を補助するようなシ

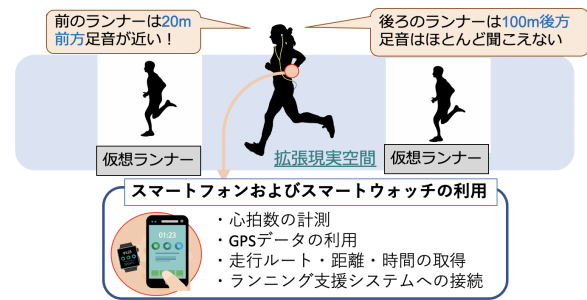


図 1: 音響型 AR を用いた競走のイメージ図

ステムの開発を目指している。

3 音響型 AR を用いたオンラインマラソンシステム

本章では、開発した音響型 AR を活用したオンラインマラソンシステムについて説明する。この章で述べる音響型 AR とは、足音や呼吸などの音声を HRTF アルゴリズム [21] を利用した 3D 立体音響により再現することであり、臨場感や没入感のある競走を実現している。

作成したシステム概要を図 1 に示す。ユーザは拡張現実空間内で生成された仮想ランナーと音響型 AR を用いて競走や伴走が可能である。仮想ランナーとは過去に計測を行った自身の記録や他のユーザの記録などの GPS 等の情報を基に作成された擬似的な競走相手のことを指す。

3.1 システムの各機能

GPS の活用

GPS は、ユーザのランニング時の速度と距離を算出するために用いる。本研究では「FUJITSU arrows M4 Android smartphone」の GPS 機能を使用し、GPS を取得する時間の間隔は 1 秒で行う。

距離の算出

GPS で取得した各緯度経度の座標の距離は Haversine 式を用いることで算出する。また、ランニングで行なったスタートからゴールまでの距離はそれらの総和とし、各座標同士の座標の算出方法は、以下の (1) の通りである。 r は地球の半径 (6371 キロメートル) を表し、 l_1 と lo_1 は GPS の取得した場所 n の緯度と経度を表し、 l_2 と lo_2 は GPS の取得した場所 $n+1$ の緯度と経度を表している。

$$d = 2r \sqrt{\sin^2\left(\frac{l_2 - l_1}{2}\right) + \cos(l_1) \cos(l_2) \sin^2\left(\frac{lo_2 - lo_1}{2}\right)} \quad (1)$$

速度の算出

本システムでの仮想ランナーとユーザの速度の算出は異なる方法を用いている。ユーザの競走時の速度は仮想ランナーと競走を行うため、リアルタイムで算出する必要がある。そのためランニング時に取得した側近同士の緯度経度 (p_k, p_{k-1}) の差分の距離 d_k を元に速度を算出する。それに対して仮想ランナーの速度は過去にランニングを行った際の距離とかかった時間から算出した平均速度を用いる。

心拍数の計測

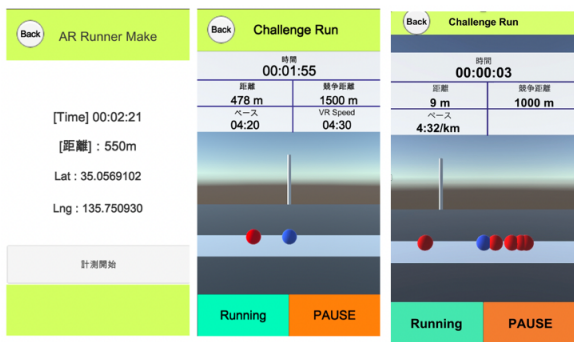


図 2: 走行モードの各インターフェース：計測モード (左) 競走モード「SINGLE」(中央) 競走モード「MULTI」(右)

心拍数の計測をすることで、システムを使用した際にユーザーに対して身体的負荷をどの程度与えるのか検証を行う。本研究の評価実験では Garmin ForeAthlete 235J を用いて心拍数を計測する。

3.2 システムが提供する走行モード

仮想ランナーとの競走が可能な本システムでは、ユーザーの走行データを取得する計測モード、仮想ランナーとの競走が可能な競走モードを提供する。なお、競走モードには、1人の仮想ランナーと競走可能な「SINGLE」および複数人の仮想ランナーと競走可能な「MULTI」の2種類がある。開発したシステムの各インターフェースを図2に示す。

計測モード

本システムでは過去の自分の記録から作成した仮想ランナーと競走を行うため、事前に走行データを作成する必要がある。そのため、計測モードにてユーザーのランニング時に取得したGPSの記録を行う。ユーザーがランニングを開始する時には、「計測開始」ボタンを押すことにより計測が開始される。また、ランニングを終了する際には「計測終了」ボタンを押すことにより計測を終了する。

競走モード

競走モードでは仮想ランナーと競走を開始する前にユーザーはランニングを行う「距離」を選択する。距離の選択はユーザーの任意で距離を入力することで自由に距離の選択が可能である。ユーザーが仮想ランナーと競走を開始する場合、「Start Run」ボタンを押すと3秒のカウントの後、ランニングが開始される。競走が開始されると図2のように「Running」と表示が変化する。また、ユーザーが競走中に危険を伴う場合を考慮し、「PAUSE」ボタンを押すことでランニングを一時停止することができる。再度途中から競走を行う際はもう一度「PAUSE」ボタンを押すことで再開できる。ユーザーは仮想ランナーが選択した距離を走行し終えたと勝ち負けを判定する音声流れ、競走が終了する。

3.3 多人数の競走が可能なオンラインマラソンシステム

本研究では、ユーザーが競走する際の競走距離や走行回数の選択を自由にでき、不特定多数のユーザーとの競走を可能とする音響型ARを活用したオンラインマラソンシステムを開発した。オンラインマラソンとはスマートフォンやスマートウォッチを活用することによって遠隔地から参加を可能にしたマラソンのことであ

り、主催者が定めた期限内に走った累計距離で完走を目指す形式が特徴である。

オンラインマラソンシステムのインターフェースを図3に示す。機能としては3.2節で述べた事前に記録した仮想ランナーとの競走が可能なフリーランモードとサーバに保存されている他ユーザーの走行データを取得して作成した仮想ランナーとの競走が可能なオンラインマラソンモードの二種類がある(3a)。本節ではオンラインマラソンモードの機能について紹介する。オンラインマラソンモードで走行を行う際は、マラソン選択画面で参加するマラソンの種類を選択する(3b)。選択可能なマラソンについては以下の通りである。

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. 3km マラソン | 6. 30km マラソン |
| 2. 5km マラソン | 7. フルマラソン |
| 3. 10km マラソン | 8. 50km マラソン |
| 4. 20km マラソン | 9. ウルトラマラソン |
| 5. ハーフマラソン | |

マラソン選択画面の中央にある「仮想ランナーはグループ内で探す」のチェックを入れると、同じマラソンに参加している且つ設定画面(3c)にて作成、参加したグループに所属しているユーザー間でのみの競走が可能となる。マラソンの種類を選択した後、ユーザーはランニングを行う距離を選択する(3d)。距離の選択は100m刻みでの自由な選択が可能である。その後、走行画面(3e)にて「Start Run」ボタンを押すと3秒のカウントの後、ランニングが開始される。

サーバとの連携

提案手法であるオンラインマラソンモードでは走行を行うごとにサーバに走行データが保存される。サーバが保管する情報は、個人ID、マラソンID、グループID、緯度・経度及び算出した走行距離、走行時間である。ユーザーが仮想ランナーとの競走を行う際は、サーバに記録された他ユーザーの走行データから推薦を行う。

仮想ランナーの推薦方式

仮想ランナーは同じマラソンに参加している他のユーザーの中から記録タイムと総走行距離をもとに算出したラップタイムの近い上位5名を推薦する(図4)。また、マラソンという長距離の競走では仮想ランナーと距離が離れすぎて足音や息遣いの音声が聞こえずに競走感を失ってしまう恐れがあるため、100mごとにその時点でのラップタイムに近い5名へと更新を行う。

4 複数仮想ランナーが及ぼすモチベーションおよび身体的影響に関する評価実験

提案システムを使用して対戦する仮想ランナーの人数を従来の一人のみでなく複数人にした場合にユーザーのモチベーションにどのような影響が出るかを検証する評価実験を行った。本実験では競走する仮想ランナーの人数が一人の条件のグループと複数人のグループの二つに分けた。なお、今回複数人の仮想ランナーの人数は5名とした。各グループの条件を以下に示す。

- (1) 一人の仮想ランナーとの競走 (SINGLE)



図 3: 開発したオンラインマラソンシステムのインタフェース

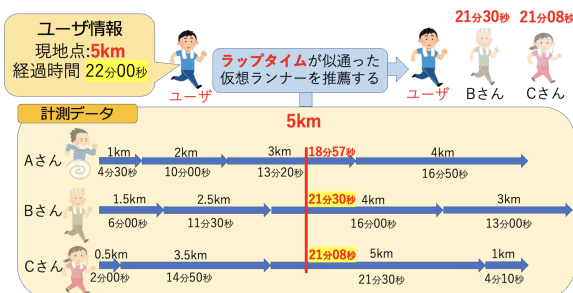


図 4: 仮想ランナーの推薦方式

(2) 複数人の仮想ランナーとの競走 (MULTI)

実験期間は各条件 7 日間であり, SINGLE は実験初日に仮想ランナーの作成を行った. 被験者は本学に所属する大学生である 20 代の男性 4 名の被験者に対して実験を行った.

4.1 実験手順

評価実験の手順を示す. 被験者には「事前評価セッション」, 「ランニングセッション」, 「事後評価セッション」の 3 つのセッションに分けて 7 日間実験を実施した. 事前評価セッションでは被験者は 1000m のランニングを実施, 要した時間と心拍数の計測を行った. 同時に SINGLE の条件の被験者は音響型 AR ランニング支援システムの計測モードを利用して仮想ランナーの作成を行った. 次に条件別のランニングセッションでは, 被験者は指定された条件の下 7 日間ランニングを行う. 被験者にはランニング後に実施した日時と天気の入力を行ってもらった. 事後評価セッションでは事前評価セッションと同様の 1000m のランニングを実施し, ゲーム経験を計測するためのアンケート Game Experience Questionnaire (Game GEQ) [22] とユーザビリティの側面とユーザエクスペリエンスの側面の両方を測定可能な評価指標である User Experience Questionnaire (UEQ) [23] を実施した.

4.2 評価方法

本実験ではシステムのユーザビリティ及びランニングに対するモチベーション, 身体的影響を調べるために以下のアンケート及びデータの収集を行う.

- Game Experience Questionnaire (GEQ)
- User Experience Questionnaire (UEQ)
- 初日及び最終日の心拍数及び速度の計測

Game Experience Questionnaire (GEQ)

ランニングに対するモチベーションの評価はゲームの経験を評価する GEQ アンケートを実施する. GEQ アンケートとは IJsselsteijn が開発したゲームプレイ後のユーザー体験を測定するアンケートである. 7 つの「Competence (有能感)」, 「Sensory and Imaginative Immersion (感覚的没入感)」, 「Flow (没頭)」, 「Tension (緊張感)」, 「Challenge (挑戦感)」, 「Negative affect (ネガティブ感情)」, 「Positive affect (ポジティブ感情)」などのゲーム経験に対応するアンケート項目を 5 段階のリッカート尺度を用いて評価する.

User Experience Questionnaire (UEQ)

システムのユーザビリティに関する評価は UEQ アンケートを実施する. UEQ は Laugwitz によって制作されたユーザビリティの側面 (効率, 目立ちやすさ, 信頼性) とユーザエクスペリエンス (独創性, 刺激) の両方を測定可能な評価指標である. 日本語を含む 30 以上の言語で使用ができ, 「楽しい-楽しくない」, 「わかりやすい-わかりにくい」等の計 26 の項目のそれぞれに 1 から 7 のリッカート尺度を用いて評価を行う.

心拍数及び速度の計測

Garmin ForeAthlete 235J を用いて取得する. 事前評価セッション実施時と事後評価セッション実施時の心拍数差及び速度差を求め, 2 つの条件を比較することで身体的影響を調べる.

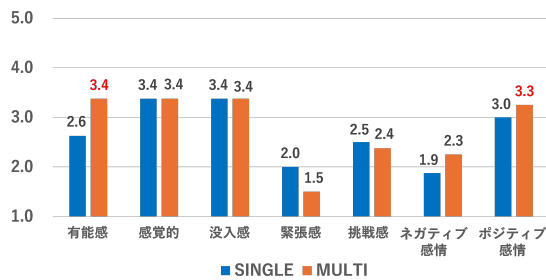


図 5: GEQ の結果

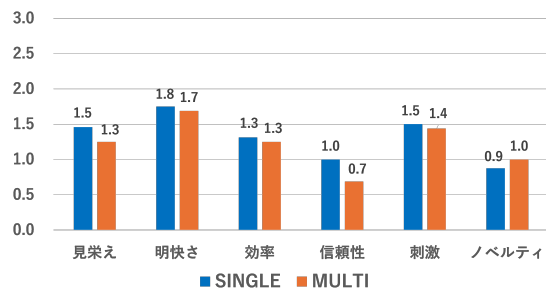


図 6: UEQ の結果

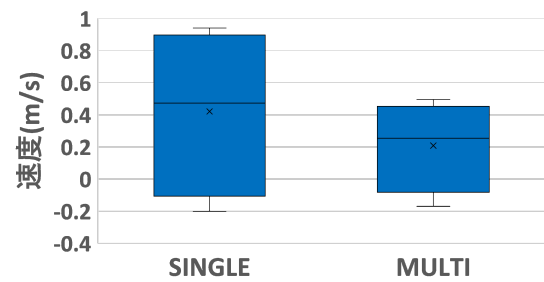


図 7: 速度差の事前事後評価の結果

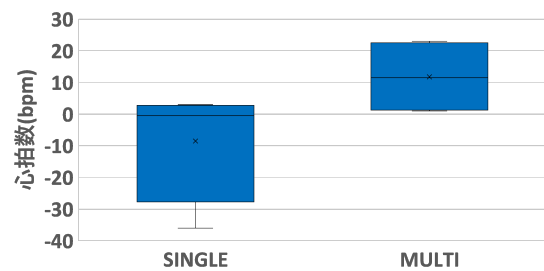


図 8: 平均心拍数差の事前事後評価の結果

4.3 実験結果

GEQ の結果

GEQ における SINGLE と MULTI の各コンポーネントの平均値を図 5 に示す。「Competence(優越感)」は MULTI が 0.75 高く、「Positive affect(ポジティブな影響)」においても MULTI が 0.25 高くなり、SINGLE と比較して良い結果となった。「Sensory and Imaginative Immersion(感覚的没入)」「Flow(没頭)」では SINGLE と MULTI 共に同じ結果となった。また、他のコンポーネントの結果においては SINGLE の方が高い結果となった。各コンポーネントは正規分布を示していなかったため、Mann-Whitney tests を行ったが、いずれも有意差は見られなかった。

UEQ の結果

UEQ における SINGLE と MULTI の各コンポーネントの評価値を図 6 に示す。「ノベルティ」に関して MULTI が 0.125 高くなり、SINGLE と比較して良い結果となった。また、他のコンポーネントの結果においては SINGLE の方が高い結果となった。各コンポーネントは正規分布を示していなかったため、Mann-Whitney tests を行ったが、いずれも有意差は見られなかった。

心拍数及び速度の事前事後評価の結果

図 7 に事前評価セッションと事後評価セッションで実施した 1000m のランニングの速度差を示す。SINGLE の速度の事前事後評価の差の平均は 0.41、標準偏差は 0.46 となり、MULTI の速度の事前事後評価の平均は 0.21、標準偏差は 0.24 となった。MULTI よりも SINGLE での走行の方が速度の向上が見られたが、有意な差は見られなかった。事前評価セッションと事後評価セッションの平均心拍数の差を図 8 に示す。SINGLE の心拍数の事前事後評価の差の平均は -8.5、標準偏差は 16.03 となり、MULTI の心拍数の事前事後評価の平均は 11.5、標準偏差は 10.28 となった。心

拍数においては、SINGLE よりも MULTI の方が向上が見られたが、有意な差は見られなかった。

4.4 考察

モチベーション向上

モチベーションに対して、MULTI では SINGLE よりもランニングに対する楽しさを示す「優越感」を高め、「ポジティブな影響」が高まるという可能性を示すことができた。この結果から、対戦する仮想ランナーの人数が一人よりも人数が多いことでモチベーションの向上に繋がる可能性があると考えられる。しかしながら、「感覚的没入感」や「挑戦感」等の他の項目に対しては有効性を示すことができなかった。この原因については、今回の MULTI システムではユーザ自身が走行中に自分が何番目に走っているかが分かりにくかったことが競走の緊張感等に影響を与えていたと考えられる。

身体的影響

ランニングの速度について、いずれの条件も速度の向上は見られたが、MULTI よりも SINGLE の走行の方が速度の向上が見られた。この原因については、今回の評価実験の被験者が少ないことから、SINGLE の条件下にてある 1 名の被験者の記録が大きく伸びたことが影響を与えたのではないかと考えている。また、ランニング中の心拍数については SINGLE よりも MULTI の方が心拍数の向上が見られた。このことから、対戦する仮想ランナーの人数が増えることで身体への負荷が高まる可能性があると考えられる。

システムのユーザビリティ

UEQ の結果より、「ノベルティ」の項目にて従来の SINGLE よりも MULTI の方がスコアが高い結果を得た。このことから、従来の 1 対 1 で行うランニングよりも対戦する仮想ランナーの人数

が増えることでシステムとしての新規性があると考えられる。また、「見栄え」や「明快さ」等の項目にて SINGLE よりも MULTI の方が低いことから、システムのユーザインタフェースには改良の余地があると考えられる。

5 提案システムのユーザビリティ及び提示される仮想ランナーの適切な人数に関する評価実験

4 章で述べた評価実験の結果より、複数人での競走においてユーザのランニングに対する優越感が高まりポジティブな影響があることが確認でき、身体的影響では複数人で行う方が運動負荷が高まることが確認できた。しかし、複数人の仮想ランナーにおいて最適な人数が何人なのかについては明確にはしていなかった。そのため、機能拡張したオンラインマラソンシステムを使用する際に提示される仮想ランナーの適切な人数に関する調査及びシステムのユーザビリティの評価、ユーザへの身体的影響及び心理的影響についての評価を目的とした評価実験を行った。

4 章で述べた評価実験で行なった複数人の仮想ランナーの条件である 5 人との競走の他に、対戦中に出現する仮想ランナーが 4 人の場合、3 人の場合の条件との比較実験を本学に所属する大学生 8 名を対象に実施した。

- (1) 走行中に出現する仮想ランナー 5 人での走行 (5 人)
- (2) 走行中に出現する仮想ランナー 4 人での走行 (4 人)
- (3) 走行中に出現する仮想ランナー 3 人での走行 (3 人)

5.1 実験手順

実験実施期間は 3 週間で行い、各条件とも 1 日目に設定された人数の仮想ランナーとの 200m での競走を実施、2~6 日目に最低 100m での競走を実施、7 日目に 200m での競走を実施した。毎回の走行後には実施した日時と天気、走行距離、心拍数のアンケートを回答してもらい、7 日目にはそれに加えて GEQ アンケート、UEQ アンケート、ユーザビリティの数値的な評価が可能である System Usability Scale(SUS) [24] を実施した

5.2 評価方法

本実験ではシステムのユーザビリティ及びランニングに対するモチベーション、身体的影響を調べるために以下のアンケート及びデータの収集を行う。

- Game Experience Questionnaire (GEQ)
- User Experience Questionnaire (UEQ)
- System Usability Scale (SUS)
- 初日及び最終日の心拍数及び速度の計測
- 位置関係に関する理解度アンケート

System Usability Scale (SUS)

システムのユーザビリティに関する評価として UEQ とは別に SUS アンケートを実施する。SUS は John Brooke が開発したシステムのユーザビリティの数値的な評価が可能な評価尺度である。100 点を基準とした最終スコアとなり、平均点の 68 点より低いか高いかによって評価を行う。本実験では独自に日本語訳したものをういて評価を行った。

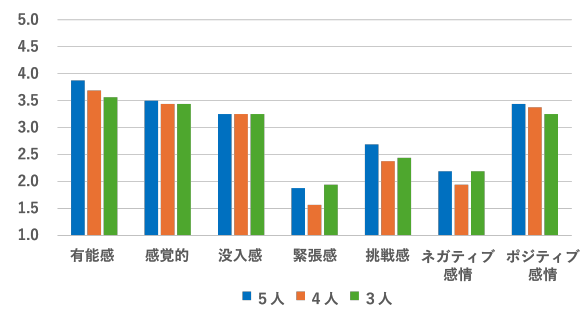


図 9: GEQ の結果

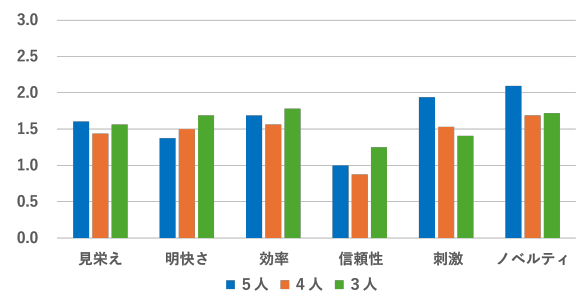


図 10: UEQ の結果

位置関係に関する理解度アンケート

本実験では仮想ランナーの位置を足音や息遣いの音声を聞きながら競走を行う。走行中に認識しやすい仮想ランナーの人数を把握するために「競走中に仮想ランナーは認識しやすかったか」と「100m ごとの仮想ランナー更新時の演出は認識しやすかったか」の独自に作成した 2 つのアンケートを 1 から 5 のリッカート尺度を用いて評価を行った。また、その他システムに関する感想を自由記述で記入してもらった。

5.3 実験結果

GEQ の結果

GEQ における各条件 (5 人, 4 人, 3 人) の各コンポーネントの平均値を図 9 に示す。全体的に大きな差は生じなかったが、5 人の条件が「緊張感」と「ネガティブ感情」と「没入感」以外の項目で評価が高い結果となった。「緊張感」と「ネガティブ感情」に関しては中間条件である 4 人が最も低い値となり、「没入感」に関しては全条件で同じ結果となった。また、緊張感の項目においてはどの条件においても低い結果となった。

UEQ の結果

UEQ における各条件 (5 人, 4 人, 3 人) の各コンポーネントの評価値を図 10 に示す。人数が少ない条件になるにつれて「明快さ」が増加し、逆に「刺激」に関しては人数が多い条件になるにつれて増加していた。他の項目については中間条件である 4 人が最も低い値となった。「ノベルティ」に関しては 5 人の条件が高い結果となった。

SUS の結果

SUS における被験者ごとの各条件の評価値を図 11 に示す。ユー

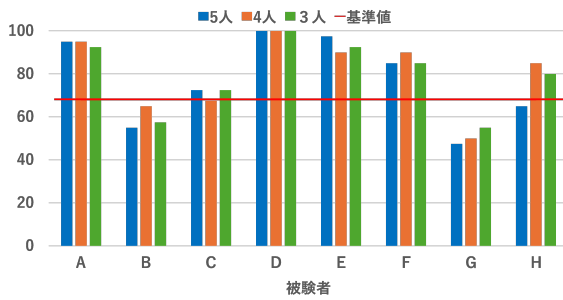


図 11: SUS の結果

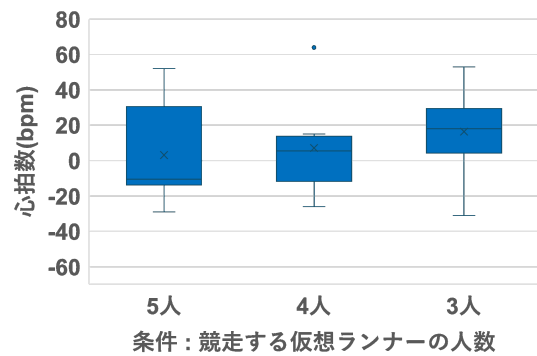


図 13: 初日及び最終日の心拍数差の結果

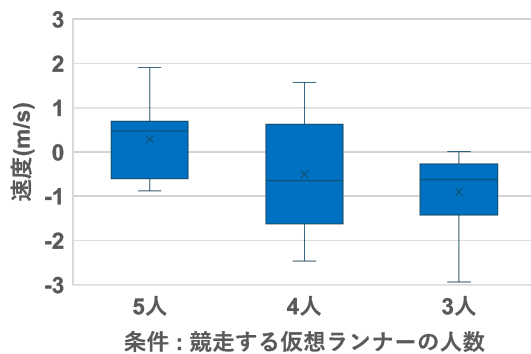


図 12: 初日及び最終日の速度差の結果

ザビリティを数値的に測る SUS アンケートでは 3 つの条件での平均値は仮想ランナーの人数が 5 人の条件で 77.2, 4 人の条件で 80.3, 3 人の条件で 79.4 となり, いずれの条件も基準値である 68 点を上回った結果となった。

初日及び最終日の心拍数差及び速度差の結果

図 12 に初日と最終日に実施した 200m ランニングでの速度差を示す。仮想ランナーの人数が 5 人の条件での速度差の平均は 0.29, 標準偏差は 0.85 となり, 4 人の条件での速度差の平均は -0.51, 標準偏差は 1.24 となり, 3 人の条件での速度差の平均は -0.91, 標準偏差は 0.89 となった。

図 13 に初日と最終日に実施した 200m ランニングでの心拍数差を示す。仮想ランナーの人数が 5 人の条件での心拍数差の平均は 3.13, 標準偏差は 26.34 となり, 4 人の条件での心拍数差の平均は 7.13, 標準偏差は 24.95 となり, 3 人の条件での心拍数差の平均は 16.38, 標準偏差は 22.79 となった。

位置関係に関する理解度アンケートの結果

独自に用意した仮想ランナーとの位置関係に関する理解度への評価アンケートについて, 「競走中に仮想ランナーは認識しやすかったか」の質問に対しては仮想ランナーの人数が 5 人の条件で 2.75, 4 人の条件で 2.75, 3 人の条件で 2.88 となった。「100m ほどの仮想ランナー更新時の演出は認識しやすかったか」の質問に対しては 5 人の条件で 2.75, 4 人の条件で 2.88, 3 人の条件で 3.25 となった。また自由記述では人数の違いに関わらずわかりにくいや足音以外の音声してほしいなどが挙げられた。

5.4 考察

GEQ アンケートの結果より, 概ね 5 人の時の結果が良いと言えるが, 緊張感の項目において 3 つの条件 (5 人, 4 人, 3 人) のどの条件においても低い値となった。また, 没入感に関しては全ての条件にて同じ値となった。このことより, 没入感に影響する要因は人数の違いではないことや緊張感を持った競走を行うためには人数の違いのみでなく, 他の仮想ランナーの認識に影響する要因である音声の種類や演出面についても考慮する必要があると考えられる。

UEQ アンケートの結果と SUS アンケートの結果からどの条件でも高い値が多く見られたため, ユーザビリティの高いシステムができたと考えられる。独自で行った位置関係に関する理解度アンケートの結果より人数が減るごとに認識のしやすさとわかりやすさが向上していることが確認できる。これは UEQ の結果にも現れており, 人数が少なくなるにつれて把握しなければならない足音の数が影響し, 「明快さ」が増加, 「刺激」や「ノベルティ」が低下しているのだと考えられる。

初日と最終日の速度差と心拍数差については人数が減るにつれて速度差が上昇, 心拍数が低下していることが確認できた。この結果については 4 人での条件で行った週と 3 人での条件で行った週の温度がかなり低下したことが影響してしまったのではないかと考えられる。

6 まとめと今後の展望

本稿ではユーザが競走する際の走行距離や走行回数を選択を自由にでき, 過去の自分や知人の記録だけでなく, 不特定多数のユーザとの競走が可能な音響型 AR を用いたオンラインマラソンシステムの開発を行った。さらに開発したシステムのユーザビリティ評価及びユーザへの身体的影響に関する評価実験を行った。評価実験の結果として, 開発したオンラインマラソンシステムは, 概ねユーザビリティの高いシステムといえ, ゲーム体験に関しては仮想ランナーの人数が 5 人の条件が評価が高くなったことが確認できた。一方より緊張感を持った競走を実現するためには出現する仮想ランナーの人数の違いのみでなく, 音声や演出などの認識率に影響する要因についても考慮する必要があると考えられた。

今後は、仮想ランナーの認識率向上に向けた検討及びシステムの改良と、より大規模な実証実験を実施する予定である。

謝辞

本研究の一部は、科研費(課題番号: 20H04293, 22K19837, 23K24955) および京都産業大学先端科学技術研究所(ヒューマン・マシン・データ共生科学研究センター)共同研究プロジェクト(M2301)の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準. <https://www.mhlw.go.jp/content/000306883.pdf>.
- [2] 令和3年度「スポーツの実施状況に関する世論調査」について. https://www.mext.go.jp/sports/content/20220310-spt_kensport01-000020487_1.pdf.
- [3] James Annesi. Effects of a cognitive behavioral treatment package on exercise attendance and drop out in fitness centers. *European Journal of Sport Science*, Vol. 3, No. 2, pp. 1–16, 2003.
- [4] James J Annesi. Effects of computer feedback on adherence to exercise. *Perceptual and motor skills*, Vol. 87, No. 2, pp. 723–730, 1998.
- [5] Rod K Dishman. Exercise adherence: Its impact on public health. (*No Title*), 1988.
- [6] 最高のランニングパートナー, NIKE+RUN CLUB アプリ, Nike.com(JP). <https://www.nike.com/jp/nrc-app>.
- [7] Strava の機能 | GPS による追跡, 地図, 分析, チャレンジ, 友達, トップランニングやライドの検索. <https://www.strava.com/features>.
- [8] Emma Witkowski. Running from zombies. In *Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Matters of Life and Death*, pp. 1–8, 2013.
- [9] ブライアン・パーク. GAMIFY ゲームファイブエンゲージメントを高めるゲーミフィケーションの新しい未来. 東洋経済新報社, 2016.
- [10] Juho Hamari, Jonna Koivisto, and Harri Sarsa. Does gamification work?—a literature review of empirical studies on gamification. In *2014 47th Hawaii international conference on system sciences*, pp. 3025–3034. Ieee, 2014.
- [11] Ryusei Arisawa, Panote Siriaraya, Da Li, Kazutoshi Sumiya, Yukiko Kawai, and Shinsuke Nakajima. A rival recommendation approach for acoustic ar running support system considering the athletic ability of users. In *2021 IEEE international conference on big data (big data)*, pp. 3500–3502. IEEE, 2021.
- [12] Yuki Konishi, Felix Dollack, Siriaraya Panote, Da Li, Katsumi Tanaka, Yukiko Kawai, and Shinsuke Nakajima. Verification of the influence of multiple virtual runners on rival recommendation for acoustic ar running assistance system. In *2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pp. 01–06. IEEE, 2023.
- [13] Yuki Konishi, Panote Siriaraya, Da Li, Katsumi Tanaka, Yukiko Kawai, and Shinsuke Nakajima. Development of an online marathon system using acoustic ar. In *Proceedings of the 31st ACM International Conference on Multimedia*, pp. 9388–9389, 2023.
- [14] FUN+WALK アプリ | SPECIAL | FUN + WALK PROJECT ポータル. <https://funpluswalk.jp/special/app/>.
- [15] Fitbit アドベンチャー. <https://www.fitbit.com/jp/challenges/adventures>.
- [16] TATTA. <https://tatta.runnet.jp/about/>.
- [17] Soumya C Barathi, Daniel J Finnegan, Matthew Farrow, Alexander Whaley, Pippa Heath, Jude Buckley, Peter W Dowrick, Burkhard C Wuensche, James LJ Bilzon, Eamonn O’Neill, et al. Interactive feed-forward for improving performance and maintaining intrinsic motivation in vr exergaming. In *Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–14, 2018.
- [18] P. W. Dowrick. A review of self modeling and related interventions. *Applied and Preventive Psychology*, Vol. 8, No. 1, pp. 23–39, 1999.
- [19] 坂口正道, 田山渥士. 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. 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 9 月 2021.
- [20] Anthony W Blanchfield, James Hardy, Helma M De Morree, Walter Staiano, and Samuele M Marcora. Talking yourself out of exhaustion: the effects of self-talk on endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 46, No. 5, pp. 998–1007, 2014.
- [21] Corey I Cheng and Gregory H Wakefield. Introduction to head-related transfer functions (hrtfs): Representations of hrtfs in time, frequency, and space. In *Audio Engineering Society Convention 107*. Audio Engineering Society, 1999.
- [22] Wijnand A IJsselstein, Yvonne AW De Kort, and Karolien Poels. The game experience questionnaire. 2013.
- [23] Bettina Laugwitz, Theo Held, and Martin Schrepp. Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In *HCI and Usability for Education and Work: 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society, USAB 2008, Graz, Austria, November 20-21, 2008. Proceedings 4*, pp. 63–76. Springer, 2008.
- [24] J. Brooke. SUS—a quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, Vol. 189, pp. 4–7, 1996.