

音響型 AR ランニング支援システムのライバル推薦における 複数仮想ランナーの影響に関する検証

小西 侑樹[†] 有澤 隆生[†] Panote Siriaraya^{††} 栗 達[†] 河合由起子[†]

中島 伸介[†]

[†] 京都産業大学 情報理工学部 〒603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山

^{††} 京都工芸繊維大学 情報工学・人間科学系 〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町

E-mail: [†]{g1953535,g1853059,lida,kawai,nakajima}@cc.kyoto-su.ac.jp, ^{††}spanote@kit.ac.jp

あらまし 近年、健康改善や体力向上を目的としたランニング人口が増加しているが、ランニングを継続することは容易では無い。そのため、ランニング支援システムを開発する意義は大きいと考えている。我々は先行研究において、音響型拡張現実空間にて自身のランニング記録に基づく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。ただし、より臨場感を持ってランニングを行うためには、良きライバルとなる他のユーザの記録による仮想ランナーとの競争が可能なシステムの開発が重要であると考えた。本研究では、ライバルランナーの推薦を行うランニング支援システムの前段階として対戦仮想ランナーが複数人である場合にユーザのモチベーションにどのような影響を与えるか検証を行った。

キーワード ランニング支援システム、仮想ランナー、音響型 AR、GPS

1. はじめに

近年の健康ブームの後押しもあり、健康改善や体力向上を目的としたランニング人口が増加している。令和元年にスポーツ庁が実施した「スポーツの実施状況等に関する世論調査」[1]ではランニングを取り組む人口の割合が多く、現在は運動・スポーツをしていないが、今後行いたい運動・スポーツの上位にも入っている。しかしながら、ランニングに対するモチベーションの維持は難しく、継続して行うことは困難である。そこでランニングを楽しくかつ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 Nike Run Club [2] や STRAVA [3], Zombies, Run! [4] などのランニング支援システムが一般的に普及している。これらのランニング支援システムには距離、ペース、心拍数、カロリー計算などのワークアウト管理が行えるものが一般的である。また、近年のランニング支援システムはワークアウト管理だけでなく、ゲーミフィケーション [5] を活用した多種多様な機能によりユーザのランニングに対する動機付けを行うものも増加している。ゲーミフィケーションとはゲームに用いられている構造を他の分野で応用する手法のことであり、マーケティングや教育、医療などの様々な分野で応用する手法のことであり [6], ランニング支援システム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あげるものが一般的である。しかし、これらの既存のランニング支援システムはユーザのモチベーションの向上に非常に役に立つが、ランニングを行う際一人でランニングを行う場合が多く、ランニングのモチベーションの維持は難し

いため、既存のランニング支援システムでは不十分であると考ええる。

そこで、我々は先行研究 [7] [8] において、音響型拡張現実空間にて自身のランニング記録に基づく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。ただし、より臨場感を持ってランニングを行うためには、良きライバルとなる他のユーザの記録に基づく仮想ランナーとの競争が可能なシステムの開発が重要であると考えた。本研究では、より臨場感を持った音響型 AR ランニング支援システムを実現するため、対戦仮想ランナーの人数が複数人である場合にユーザのモチベーションにどのような影響を与えるか検証を行った。

2. 関連研究

ランニングで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 [9] 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、心拍数と言った日々のワークアウトの管理や facebook を通じて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、ランニングに対して高い意識を持っているユーザには日々の身

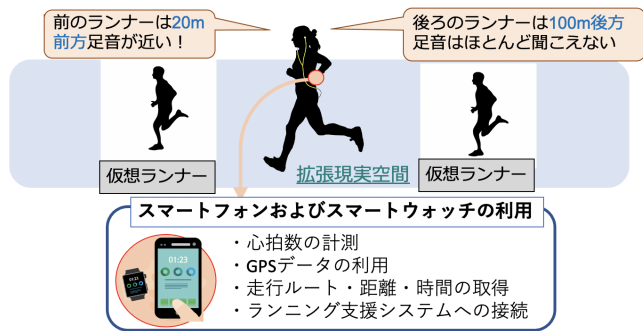


図 1 音響型 AR ランニング支援システムのイメージ図

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い健康を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前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、健康を目的としたユーザにはモチベーション維持が難しい。

Fitbit [10] 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 では歩数形を利用し、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。

3. 音響型 AR を用いたランニング支援システム

3.1 概要

先行研究にて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方 AR を用いて競争や伴走が可能である。仮想ランナーとは過去の自分の記録、ライバルとなるユーザの記録、リアルタイムで繋がっているユーザ等の GPS 等の情報を基に作成された拡張現実空間内でランニングを行う相手を指す。

3.2 提案システムの概要

3.2.1 GPS

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 の取得する時間の感覚は 1 秒で行う。

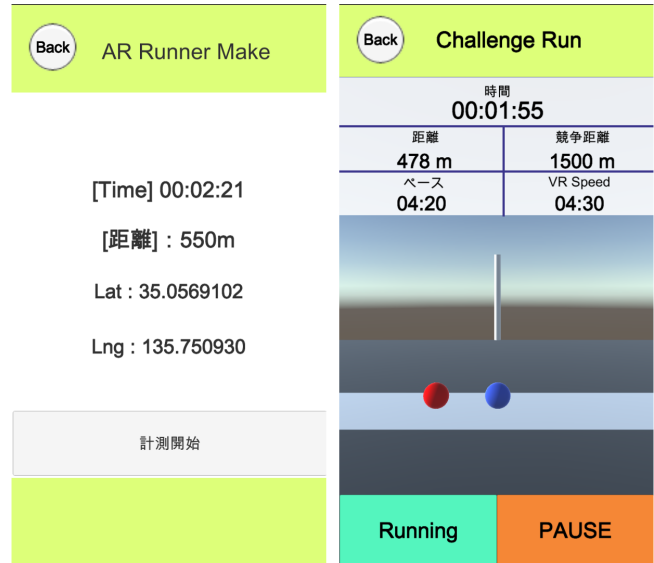


図 2 音響型 AR ランニング支援システムのメイン画面：仮想ランナー作成のための計測モード（左）仮想ランナーとのチャレンジモード（右）

3.2.2 距離

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 l_{01} は GPS の取得した場所 n の緯度と経度を表し、 l_2 と l_{02} は GPS の取得した場所 $n+1$ の緯度と経度を表しを表している。

$$d = 2r \sqrt{\sin\left(\frac{l_2 - l_1}{2}\right)^2 + \cos(l_1)\cos(l_2)\sin\left(\frac{l_{02} - l_{01}}{2}\right)^2} \quad (1)$$

3.2.3 速度

ランニング支援システムでは仮想ランナーとユーザの速度の算出方法は異なる。ユーザの競争時の速度は仮想ランナーと競争を行うため、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。

3.2.4 心拍数

心拍数を取得することで、音響型 AR ランニング支援システムが身体的負荷をどの程度与えるのか検証するために行う。今回の検証では Garmin ForeAthlete 235J を用いて心拍数を取得した。

3.3 プロトタイプ

開発したシステムのプロトタイプを図 2 に示す。主な機能として、ユーザが競争を行う仮想ランナーを作成するための測定モードとユーザが作成された仮想ランナーとランニングを行うための競争モードがある。

3.3.1 測定モード

測定モードではユーザのランニング時に取得した GPS の記

録を行う。ユーザ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。

3.3.2 競走モード

競走モードでは計測モードで記録した GPS を元に作成した仮想ランナーと音響型 AR を使用して競走を行う。青い球がユーザ、赤い球が仮想ランナーである。ユーザは仮想ランナーの存在を足音や呼吸の音、現状の勝ち負けや進行状況を伝達するナビゲータの音声を装着したイヤホンを通して知ることが可能である。足音や呼吸の音は HRTF アルゴリズム [11] を利用した 3D 立体音響により、臨場感や没入感のある競走を作り出している。

競走モードで仮想ランナーと競争を開始する前にユーザ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 秒間のカウントが始まり、そ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。ユーザまたは仮想ランナーが選択した距離を走り終わると勝ち負けを判定する音声が流れ、競争が終了する。

4. ライバル推薦手法の提案

4.1 概要

本研究ではより臨場感を持ったランニングを行うため、他のユーザの記録に基づく仮想ランナーとの競争が可能なランニング支援システムを提案する。ランニングは健康促進や体力向上に効果があると言われているが、楽しくないなどの負の感情がモチベーションを低下させ、継続を困難にさせる。つまり、ユーザにとって効果的であり、精神的にも楽しみながらランニングに取り組める工夫は重要である。そこで我々は、過去の先行研究で行った自身の記録に基づいた仮想ランナーとの競争に加え、ユーザの目的に合わせたライバルや仲間を推薦し競争や伴走を行うことで、ユーザにとってより臨場感のあるランニング支援システムを目指す。

本研究で実現を目指すランニング支援システムの概要図を図 3 に示す。提案手法では、まず複数人のランナーの記録タイムや GPS 等の情報をサーバに保管する。そして、ユーザの目的に合わせてサーバに記録されている情報を参照し、ライバルの推薦を行う。

4.2 サーバとの連携

複数のランナーの記録情報をランニング支援システムからサーバに送信する。サーバが保管する情報としては、GPS、記録タイム、タイムスタンプ、ユーザ ID、勾配等の地形データ等とする。ユーザが仮想ランナーとの競争を行う際は、ランニング支援システムから入力された条件を基に、サーバに記録された

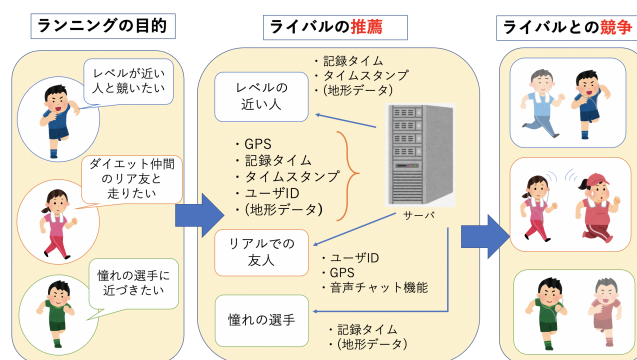


図 3 提案システム概要図

データから、ユーザの能力や地形情報等にマッチした仮想ランナーの推薦を行う。

4.3 ユーザ目的に合わせたライバル推薦方式

サーバに保存された情報に基づいた、ユーザのランニング目的に合わせたライバル推薦方式について説明する。例えば、レベルの近い人と競争がしたい場合は、サーバに保存されている記録タイム、タイムスタンプ、地形データを参照し、ユーザの記録タイムに合ったライバルの推薦を行う。また、ダイエット仲間である現実世界での友人と共に走りたい場合は、音声チャット機能などを用いて、友人とのリアルタイムでの伴走を行う。上記のようにユーザそれぞれの目的にあったライバルや仲間の推薦を行う。

4.4 複数の仮想ランナーに対する特性生成

本システムではユーザにより没入感を与えるため、ランナーごとに異なる特徴を持つ複数の仮想ランナーを用意する。具体的には砂利道の上であったり、アスファルトの道上の音であったりと、仮想ランナーごとに異なる足音を発生させる。さらに、走行する路面状態以外にも仮想ランナーそれぞれが歩幅も異なるようにピッチの異なる足音を用いて、仮想ランナーの違いを表現する。

5. 複数人仮想ランナーの実験

本稿では、目指す提案システムの前段階として、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ため、予備実験を行った。

本実験では、先行研究にて作成した対戦する仮想ランナーの人数が一人のシステムを使用するグループと今回作成した対戦する仮想ランナーの人数が複数人のシステムを使用するグループに分けた。今回、複数人の仮想ランナーの人数は五人とした。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対戦 (SINGLE)
- (2) 複数人の仮想ランナーとの対戦 (MULTI)

実験期間は 7 日間あり、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。

5.1 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」、

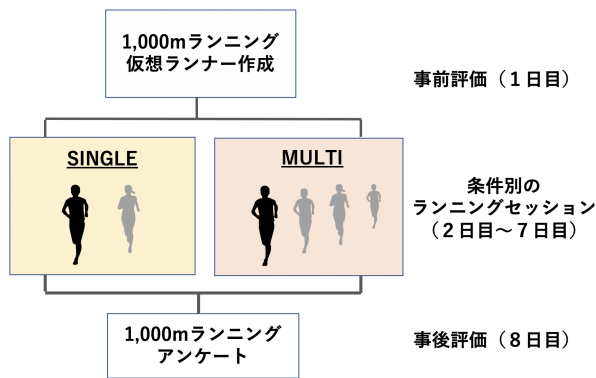


図4 実験手順

「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) [12] 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) [13] を実施した。

5.2 評価方法

5.2.1 モチベーション

ランニングに対するモチベーションの評価は表1のゲームの経験を評価する GEQ を被験者に対して実施し評価を行った。それぞれ各項目ごとに1「全くそう思わない」、2「少し思う」、3「そう思う」、4「とても思う」、5「非常に思う」の5段階のリッカート尺度を用いて評価する。また、表1の GEQ ではこれらの14個要素を用いて、アンケート項目に対応する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)」などのゲーム経験を評価する。コンポーネントは対応するアンケート項目の平均を用いて算出を行った。また、ランニングセッションではシステムありとシステム無しのランニングを行った回数や時間、距離を Garmin から取得している。これらの評価項目から音響型 AR ランニング支援システムがランニングのモチベーションに与える影響を調べる。

5.2.2 身体的影響

事前評価セッションと事後評価セッションから被験者のランニングの速度や平均心拍数を取得し、システムありとシステム無しを比較することで身体的影響を調べる。

5.2.3 システムのユーザビリティ

システムのユーザビリティに関する評価は UEQ アンケートを被験者に実施し評価を行った。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。「楽しいー楽しくない」、「わかりやすいーわかりにくい」等の計26の項目があり、それぞれ各項目ごとに1から7のリッカート尺度を用いて評価をする。

5.3 実験結果

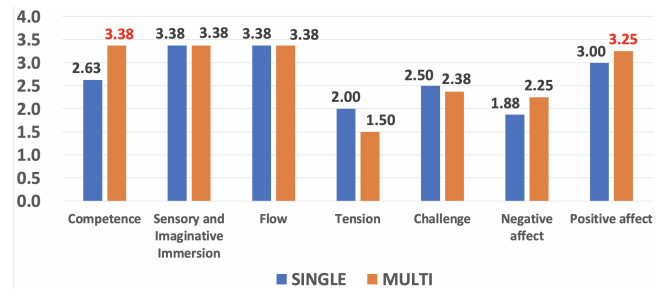


図5 GEQの実験結果

5.3.1 モチベーション

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。

5.3.2 身体的影響

図6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結果を図7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。

5.3.3 システムのユーザビリティ

UEQ における SINGLE と MULTI の各コンポーネントの評価値を図8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、

表 1 Game Experience Questionnaire (GEQ)

NO.	項目	コンポーネント
1	達成感があった	Competence (優越感)
2	アプリを使いこなせた	
3	ランニングに興味を持った	
4	印象的だった	Sensory and Imaginative Immersion (感覚的没入)
5	全てを忘れるぐらい没頭した	
6	夢中になった	Flow (没頭)
7	不満を感じた	Tension (緊張感)
8	イライラした	
9	挑戦しがいがあった	Challenge (挑戦感)
10	使うのに努力が必要だった	
11	退屈を感じた	Negative affect (ネガティブな影響)
12	面倒を感じた	
13	幸せを感じた	Positive affect (ポジティブな影響)
14	良かった	

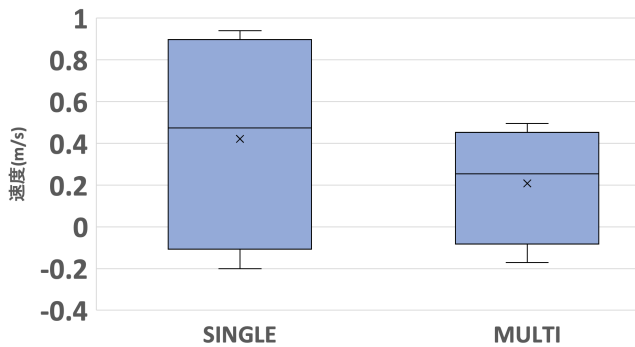


図 6 速度の事前事後評価の結果

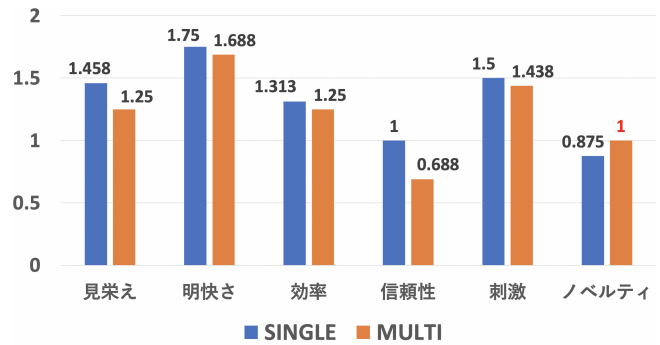


図 8 UEQ の実験結果

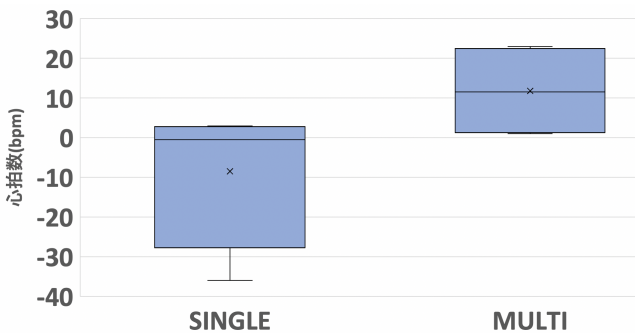


図 7 平均心拍数の事前事後評価の結果

Mann-Whitney tests を行ったが、いずれも有意差は見られなかった。

5.4 考察

5.4.1 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る。

5.4.2 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、今回の予備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。

5.4.3 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。

5.4.4 今後の課題

今回行った予備実験では、対戦する仮想ランナーの人数を増やすことでランニングが楽しく感じる達成感が上がったことや、

運動負荷が高まったことが確認できた。しかし、走行中の音声アナウンスが不足しており、ユーザが走行中に自身が何番目に走っているのかわかりにくかったり、システムの UI 等の改善点も見つかった。今後は「現在順位は 2 位です」、「前方 50m にランナーがいます」等の走行中の音声情報の追加、被験者を増やした本実験の実施、ユーザが直感的に操作可能な UI の改善を行っていく。

6. ま と め

本稿では、音響型 AR ランニング支援のためのユーザ走力を考慮したライバル推薦手法の提案と提案手法の前段階として対戦する仮想ランナーが複数人になった場合の予備実験を行った。予備実験の結果として、対戦する仮想ランナーの人数を増やすことで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。

今後は、推薦手法をもとにシステムの構築や UI の改善、評価実験にて提案手法の妥当性の検証を行い、より臨場感のあるランニング支援を目指す。

また、推薦システムの構築や検証を行った後、サーバを用いてランナーの走行データをデータベース化し、近年開催されることが増えているオンラインマラソンへ応用することも検討している。

謝 辞

本研究の一部は、科研費基盤研究 (B)(課題番号: 19H04118, 20H04293) 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 (M2001) の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] 令和元年度「スポーツの実施状況に関する世論調査」, https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/houdou/jsa_00030.html
- [2] 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/ja-jp/c/nike-plus/running-app-gps>
- [3] 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>
- [4] Witkowski E. Running From Zombies, Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment, 2013
- [5] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, Lennart Nacke: “From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification””, MindTrek ’11, September 28-30, 2011.
- [6] Hamari, J., Koivisto, J., and Sarsa, H. Does gamification work? a literature review of empirical studies on gamification. In 47th Hawaii International Conference in System Sciences (HICSS), IEEE. 2014
- [7] 桐生 拓海, Mohit Mittal, Panote Siriaraya, 河合 由起子, 中島 伸介: “音響型 AR ランニング支援システムによるモチベーションの向上と身体的影響の検証”, DEIM Forum 2020 I2-1, 2020.
- [8] 桐生 拓海, Mohit Mittal, Panote Siriaraya, 栗 達, 河合 由起子, 中島 伸介: “VDOT に基づく仮想ランナーを用いた音響型 AR ランニング支援システムの有効性の検証”, DEIM Forum 2021 C21-2, 2021.
- [9] FUN+WALK アプリ | SPECIAL — FUN + WALK PROJECT ポータル <https://funpluswalk.jp/special/app/>
- [10] Fitbit アドベンチャー <https://www.fitbit.com/jp/challenges/adventures>
- [11] Cheng, C. I., & Wakefield, G. H. (1999, September). Introduction to head-related transfer functions (HRTFs): Representations of HRTFs in time, frequency, and space. In Audio Engineering Society Convention 107. Audio Engineering Society.
- [12] IJsselsteijn, W. A., De Kort, Y. A. W., & Poels, K. , “The game experience questionnaire.”, 2013
- [13] Laugwitz, B., Schrepp, M. & Held, T. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In: Holzinger, A. (Ed.): USAB 2008, LNCS 5298, pp. 63-76.