

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

桐生 拓海[†] Panote Siriaraya^{††} 栗 達^{†††} 河合 由起子^{†††} 中島 伸介^{†††}

[†] 京都産業大学先端情報学研究科 〒 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 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町

^{†††} 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

E-mail: [†] g1986043@cc.kyoto-su.ac.jp, ^{††} spanote@kit.ac.jp,

^{†††} {lida, kawai, nakajima}@cc.kyoto-su.ac.jp,

あらまし 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にランニング人口が増加している．しかしながら，怪我の影響やモチベーションの低下によりランニングを継続して行うことは困難である．そのため，ユーザーにマッチした運動強度とモチベーションを向上させる為の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．現在ある既存のランニング支援システムは距離やペース，心拍数などのワークアウトの管理，そしてルート推薦や SNS を活用したアクティビティの共有を目的としものが一般的である．しかしながら，実際にランニング中の活動自体を楽しくさせたり，ユーザーの運動強度に合わせたペースメイクを行うシステムは少ない．そこで，本研究ではユーザーが音声情報により作り出した仮想現実空間内で VDOT に基づいて生成された仮想ランナーと競争や伴走が可能なランニング支援システムのプロトタイプを生成した．本稿では提案手法によるシステムの有効性について検証する．
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, VDOT

1. はじめに

厚生労働省による健康促進の後押し [1] もあり，健康改善や体力向上を目的にランニングに取り組む人が近年増えてきている．スポーツ庁の調べ [2] では成人全体の週 1 日以上スポーツ実施率が平成 27 年から平成 30 年にかけて 40.4% から 53.6% まで上昇していることから国民の健康意識が高まってきていることが窺える．しかしながら，運動が頭では健康改善や体力向上に良いと分かっているにもかかわらず，継続して行うことは難しい [3]．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+Running [4] や STRAVA [5], Garmin Connect [6] 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ランニングの速度，タイム，心拍，距離などのランニング時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はなく，ゲーミフィケーション [7] を活用した多種多様な機能によりユーザー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貢献している [8]．既存のランニング支援システムでは他のユーザーとの記録の共有やランキングによる競争，ゲーム内によるバッジなどの報酬によってユーザーのランニングのモチベーションを向上させるゲーミフィケーションが一般的である．しかし私たちは既存のランニング支援システムではランニング中に一人で行うこと

も多く，モチベーションを維持することは難しいと考える．

そこで本研究では音響型 AR により，実際に他のランナーとランニングを行っている感覚になる没入型のランニング支援システムの提案を行う．本システムはユーザーの過去のランニング時の GPS 情報から仮想空間内で競争を行う仮想ランナーを生成し，その仮想ランナーの足音や息遣いなどの音声情報を聴きながらランニングを行うことが可能である．我々は先行研究 [9], [10] で開発したプロトタイプを用いてシステムのモチベーションの向上と身体的影響について検証を行い，長期的にシステムを使用した際にモチベーションが減衰してしまう問題点が浮き彫りになった．

そこで本稿では VDOT [11] に基づく仮想ランナーの生成を行うことでユーザーの能力を考慮したペースメーカーとのランニングを可能にし，7 日間被験者に利用してもらうことでランニング時のモチベーション向上や身体的影響の有効性の検証を行った．

以下，2 章では関連研究との比較を述べ，3 章では音響型 AR を用いたランニング支援システムの方式について説明し，4 章では音響型 AR ランニング支援システムの妥当性の検証実験について述べ，最後に 5 章で考察，6 章でまとめと今後の課題を述べる．

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「動機づけ」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+Running 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 [13] といったものも存在する。

NIKE+Running では、消費カロリーや距離、速度、心拍数といった日々のワークアウトを管理や 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おすすめを行な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 [14] 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。

Zombies,Run!では GPS や歩数計を利用して、音声情報として流れてくるゾンビから逃げるランニング支援システムである。ゲーム内では様々なミッションやアイテムがあり、それらをこなしたり、集めることがこのランニングシステムの特徴である。ユーザはゲーム内の臨場感を味わいながら楽しみながらランニングを行えるためモチベーションを上げることが可能である。

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。

3. 音響型 AR を用いたランニング支援システム

3.1 提案手法の概要

本稿で提案するシステム概要を図 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 を用いて競争や伴走が可能である。仮想ランナーとは過去の自身やの記録、ライバルとなるようなユーザの記録、リアルタイムで繋がっているユーザ等の GPS 等の情報を元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。本実験では被験者が行った過去のランニングの GPS を元に被験者の VDOT を算出し、被験者の能力に応じた仮想ランナーの作成を行った。ユーザは仮

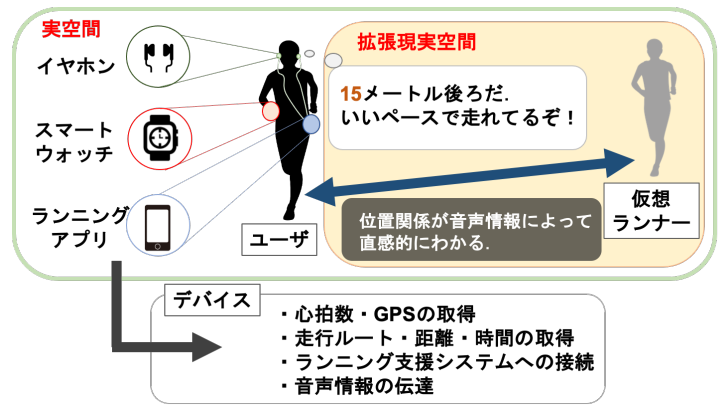


図 1 音響型 AR ランニング支援システムのイメージ図

想ランナーの足音や息遣い、ナビゲーターの音声から仮想ランナーとの相対的な位置関係を知ることが可能である。

3.2 取得する情報及び取得方法

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。本実験では「FUJITSU arrows M4 Android smart phone」の GPS 機能を使用し、GPS の取得する時間の間隔は 1 秒で行う。

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 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。

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

3.2.3 速度

本稿で提案する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 VDOT

本稿で提案するランニング支援システムでは仮想ランナーを VDOT に基づいて作成を行う。VDOT とは Jack Daniels らがランニング時の最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$)、最大下強度の速度におけるランニングの経済性、レースで走り続けられる距離別の $\% \dot{V}O_{2max}$ 等の変数を利用して算出したランナーの能力のものさしであり、レース時のタイムにより算出が可能である。VDOT は多くの市民ランナーからトップアスリートに至る様々なランナーがトレーニングを行う際の指標として用いられている。今回行った評価実験では被験者には初日に 1500m のランニ

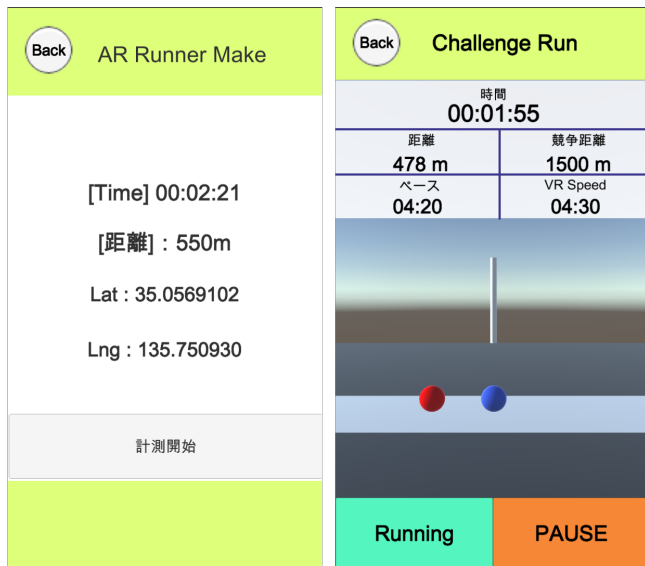


図2 音響型 AR ランニング支援システムのメイン画面：仮想ランナー作成のための計測モード（左）仮想ランナーとのチャレンジモード（右）

ングを行ってもらい、そのタイムから VDOT の算出を行った。

3.2.5 E ペース, M ペース, T ペース

仮想ランナーを作成するペース設定だが、本稿では VDOT から算出可能なトレーニングの強度別の3種類の E (Easy) ペース, M (Marathon) ペース, T (Threshold) ペースを採用して被験者にそれぞれ取り組んでもらった。各設定ペースのを以下に示す。

(1) E ペース... 話しながら走れるペース。怪我に対する耐性や心筋の強化、血液の酸素運搬能の改善などが目的である。

(2) M ペース... マラソンのペース。E ペースより少し速いペースで長い距離を走るための自身をつけるために行う。

(3) T ペース... 息が苦しく、体がキツくなるペース。血中の乳酸を除去し十分処理できる濃度に抑えるために行う。つまりは持久力の向上が目的である。

被験者に対しては E ペースを遅いペース、M ペースを普通のペース、T ペースを速いペースと説明を行い、ランニングを行う距離に対する制約を設けずランニングを実施してもらった。

3.2.6 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 Apple Watch Series1 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計測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チャレンジモードがある。

3.3.1 計測モード

計測モードでは仮想ランナーの作成を行うための GPS の測定を行う。ユーザ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 1500m ランニングを行った段階で自動的に



図3 ランニングルート

計測が終了する。

3.3.2 チャレンジモード

チャレンジ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 を使用しランニングを行う。青い玉がユーザ、赤い玉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 [15] を利用した 3D 立体音響により、臨場感や没入感のある競争を作り出している。

チャレンジ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」と仮想ランナーの「ペース」を選択する。距離の選択は「1500m」と「2000m」から「10000m」までの 1000m 刻みで選択が可能である。

ユーザが仮想ランナーと競争を開始する場合、「Start Run」ボタンを押すと3秒間のカウントが始まり、その後「Running start」のナビゲータの音声と同時にランニングが開始される。競争が開始されると図2のように「Running」と表示が変化する。また、ユーザがランニング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可能である。再度途中からランニングを行う際はもう一度「PAUSE」ボタンを押すことで再開できる。ユーザはランニングの最中仮想ランナーの足音や息遣い、現状の勝ち負けやユーザと仮想ランナーの相対的な距離を伝えるのナビゲータの音声によって臨場感のあるランニングが行える。

4. 実験方法

本稿では提案手法に基づき、音響型 AR ランニング支援システムのランニングのモチベーションに対する影響と身体的影響の検証、そして UI についての評価を行った。本実験では音響型 AR ランニングシステムを使用しないグループと使用する2つのグループに分けて比較実験を行った。

実験期間は8日間あり、実験初日に被験者は図3に示す往復 1,500 m の川沿いをランニングすることで、仮想ランナーの作成を行った。距離の設定を 1,500m にした理由は陸上競技に存在する種目ごとの距離でしか VDOT の算出を行えない上、ラ



図 4 実験手順

ランニング初心者にとって過負荷にならず以降の実験に影響が出ない距離だと考えたからである。

4.1 実験参加者

被験者は本学に所属する大学生または教職員である男性 17 人、女性 4 人の計 21 人の被験者に対して実験を行った。システムありのグループの性別と年代の割合は、システムありが男性が 9 人 (81.8%)、女性が 2 人 (18.2%)、10 代が 2 人 (9.1%)、20 代が 8 人 (81.8%)、30 代が 1 人 (9.1%) となった。システム無しのグループの性別と年代の割合は、システムありが男性 9 人 (80.0%)、女性 2 人 (20.0%)、10 代 (40.0%)、20 代 (40%) となった。

4.2 実験手順

評価実験の手順を図 4 に示す。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 8 日間実験を実施した。事前評価セッションでは被験者は川沿い 1,500m のランニングを実施し、要した時間と心拍数の計測を行った。同時に被験者は音響型 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。次にランニングセッションでは、被験者は指定された設定ペースの下 7 日間ランニングを行ってもらった。この時被験者に対しては設定ペースをペースメーカーとしてランニングを実施するよう説明を行い、ランニングの行う距離は自由に行ってもらった。また、被験者には設定ペースの持つ意味は伝えずに「遅いペース」、「普通のペース」、「速いペース」の 3 つに取り組みただけ説明を行い各設定ペースに取り組んでもらった。そして毎回のランニング終了後には実施した日時と天気を記入を行ってもらった。事後評価セッションでは事前評価セッションと同様の 1,500m 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) とシステムに対するアンケートを実施した。また、システムありのグループにはシステムの仮想ランナーとの競争感に関する UI のアンケートを行った。

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	Sensory and Imaginative Immersion (感覚的没入)
4	印象的だった	
5	全てを忘れるぐらい没頭した	Flow (没頭)
6	夢中になった	
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	退屈に感じた	Negative affect (ネガティブな影響)
12	面倒に感じた	
13	幸せを感じた	Positive affect (ポジティブな影響)
14	良かった	

表 2 仮想ランナーとの競争感に関する UI のアンケート

No.	項目
1	仮想ランナーとの差の伝達は役に立った
2	仮想ランナーとの差を感じることができた
3	仮想ランナーと競争している感覚があった
4	ランニング中の勝ち負けの音声伝達は役に立った
5	ランニング中流れる音声は聞き取りやすかった

4.3 評価方法

4.3.1 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 [16] 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「少しそう思う」、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。

4.3.2 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。

4.3.3 仮想ランナーとの競争感に関する UI

我々はランニング中に仮想ランナーとの競争感を強く感じるほど音響型 AR ランニング支援システムに対する没入感が高まると考える。そこで仮想ランナーとの競争感に関する UI について表 2 の 5 つの項目に対してアンケートを行った。システムありの被験者はそれぞれの項目に対して 5 段階のリッカート尺度を用いて評価を行う。

4.4 音響型 AR ランニング支援システムの有効性の検証

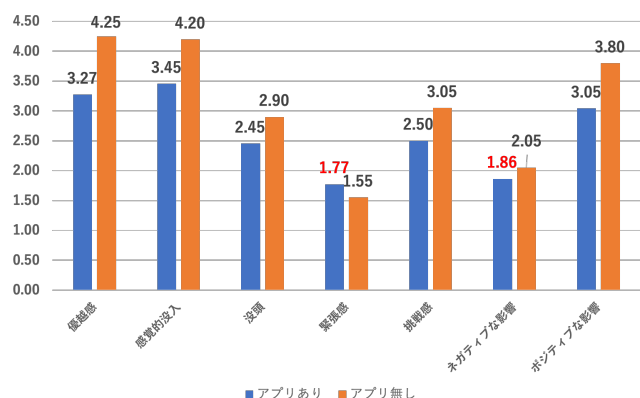


図5 GEQの実験結果

4.4.1 モチベーション

GEQにおけるシステムありとシステム無しの各コンポーネントの平均値を図5に示す。「緊張感」はシステムありが0.22高く、「ネガティブな影響」はシステムありが0.19低くなり、システム無し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システム無しの方が高い結果となった。

また、ランニングセッションでそれぞれ7日間ランニングを実施し、システムありとシステム無しの被験者が7日間ランニング実施した走った距離と時間の平均値の比較を行った。各グループの被験者が行った距離はシステムありの平均が7.45km、標準偏差が3.79、システム無しの平均が10.28km、標準偏差が2.72であった。時間はシステムありの平均が45分、標準偏差が19、システム無しの平均が59分、標準偏差が16となり、システム無しの方がランニングを実施していた。

4.4.2 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1,500mのランニングの速度を示す。システムありの事前評価セッションの平均は3.35、標準偏差が0.75、事後評価セッションの平均が3.60、標準偏差は0.80であり、0.23 sec/m向上した。また、システム無しの事前評価セッションの平均は3.69、標準偏差が0.44、事後評価セッションの平均は3.88、標準偏差が0.53であり0.19sec/m速度が向上した。いずれのグループも速度の向上は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。システムありの事前評価セッションの平均が164.91bpm、標準偏差が14.58、事後評価セッションの平均が160.bpm、標準偏差が13.14であり、4.10 bpm心拍数が減少した。また、システム無しの事前評価セッションの平均は164.78bpm、標準偏差が15.31、事後評価セッションの平均が156.11、標準偏差が15.32であり8.38bpm減少したことからシステム無しがシステムありよりも心拍数の大きく減少した。

4.4.3 仮想ランナーとの競争感に関するUI

表3に仮想ランナーとの競争感に関するUIの結果を示す。「ランニング中の勝ち負けの音声伝達は役に立った」と「ランニング中流れる音声は聞き取りやすかった」の2項目は点数が

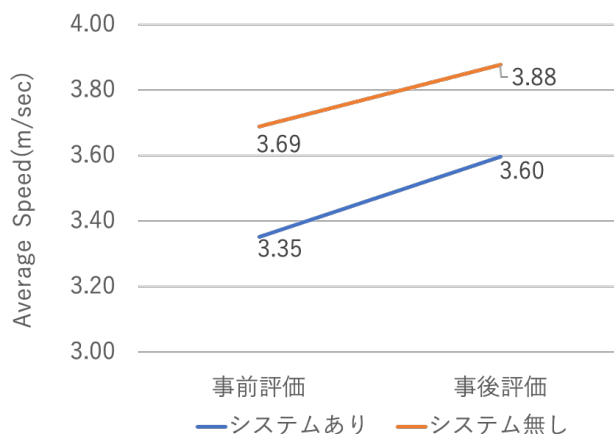


図6 速度の事前事後評価の結果

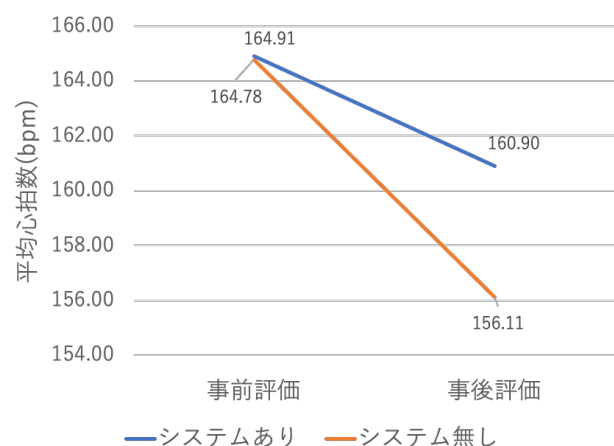


図7 平均心拍数の事前事後評価の結果

高い結果となった。しかしながら、「仮想ランナーとの差の伝達は役に立った」「仮想ランナーとの差を感じる事ができた」「仮想ランナーと競争している感覚があった」の3項目はどの項目も点数が3.0前後であり被験者はあまり競争感を感じていなかったという結果になった。

図8はユーザが事前評価セッションでランニングを行った際にVDOTに基づいて算出した設定ペースと実際にランニングを行っていたペースの差を示したものである。システムありとシステム無しを比較するとシステム無しの方が設定ペースを守ってランニングを行っていることがわかる。また、システムありとシステムなしの条件に限らず、設定ペースが遅いほどそれよりも速く走ってしまう傾向がみられた。

4.5 考察

モチベーションに対しては仮想ランナーとランニングを行うことで「緊張感」を高め「ネガティブな影響」を下げるという可能性を示すことができた。しかしながら、ランニングに対する楽しさや継続性を向上させるための「優越感」や「感覚的没入」、「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。また、システムのUIのアンケート結果からは仮想ランナーとの競争感があまり被験者が感じていないことが結果から分かった。加えて各被験者に行ったシステムに対する自

表 3 仮想ランナーとの競争感に関する UI のアンケートの結果

No.	項目	平均 (標準偏差)
1	仮想ランナーとの差の伝達は役に立った	3.00 (1.10)
2	仮想ランナーとの差を感じることができた	3.36 (1.12)
3	仮想ランナーと競争している感覚があった	3.18 (1.17)
4	ランニング中の勝ち負けの音声伝達は役に立った	3.73 (1.35)
5	ランニング中流れる音声は聞き取りやすかった	4.27 (0.90)

由記述のアンケートの中では仮想ランナーと競争する際に GPS が十分に取得できておらず、実際のランニングの速度とアプリ内の速度に乖離を感じたなどの意見があった。このことから、仮想ランナーとの競争感が下がってしまいランニングに対するモチベーションを減衰させているのではないかと我々は考える。

次に身体的影響について述べる、7日間ランニングを実施したことでシステムありとシステム無しの条件に限らず速度や心拍数が改善することが確認できたが有意な差ではなかった。実験に参加した被験者がランニングに対して初心者であったことから事後評価セッションで被験者の能力が向上した事は当然のことだと推測できる。また、今回の結果を受けて身体的影響の有効性を評価するためにはより長い期間で評価を行う必要があると考える。

本実験では被験者に E ペース、M ペース、T ペースの 3 種類の設定ペースでランニングを行ってもらった。また、今回ランナーの身体能力にあった設定ペースを用いることで、走る距離にどの程度影響を与えるのか確認を行った。我々の予想では速度が遅い E ペースほど長い距離、速い T ペースほど短い距離を走ると予測し、それぞれのペース設定に適したアスリートが取り組むようなトレーニングに被験者を自然に促すことができると考えていた。しかしながら、システムありとシステム無しのどちらの条件においてもペースにより実施するランニングの距離が変わることがなかった。また、速度についても遅いペースだと速く走ってしまうことから、自身の行うトレーニングの意味を理解して初めて設定ペースでのランニングが行えるのだと知見を得ることができた。

4.5.1 今後の課題

今回行った評価実験では主にシステムの競争感に関わる UI の設計に問題があり、被験者のランニングに対するモチベーションを減衰させてしまった。今後は仮想ランナーを競争する上で、使用する端末の GPS が十分に取得できていることを確認した上で競争を行える UI に改善し、ランニングに対する競争感を高めることで再度モチベーション向上や身体的に有効なシステムを目指していく。

5. ま と め

本稿では、ゲーミフィケーションに基づく音響型 AR を用いたランニング支援システムの提案を行うと共に、音響型 AR ランニングシステムを利用した時と使用した 3 つの条件に対してのモチベーションに対する影響や身体的影響、システムの有効性について調査を行なった。結果としてシステムを利用した際に、ユーザのランニングに対する緊張感が高まったことが確認

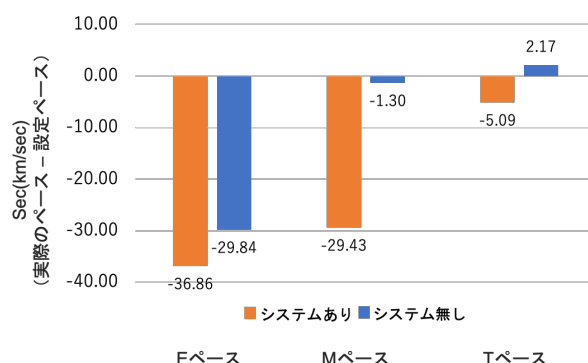


図 8 設定ペースと実際のペースの誤差

でき、身体的影響では自身の記録を強化した仮想ランナーが最も被験者の身体的負荷が大きく、速度が早くなったことが確認できた。

今後は GPS による生まれる誤差の精度向上と、音響型 AR や UI の改善を行い、より他者の存在を感じながらランニングを行えるシステムの構築を目指す。

謝 辞

本研究の一部は、科研費基盤研究 (B) (課題番号: 17H01822, 19H04118, 20H04293) および Society 5.0 実現化研究拠点支援事業、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) の研究活動による。ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] 健康づくりのための身体活動基準 2013 (概要), <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xppb.pdf>
- [2] 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
- [3] Annesi, James. "Effects of a cognitive behavioral treatment package on exercise attendance and drop out in fitness centers." *European Journal of Sport Science* 3.2 (2003): 1-16.
- [4] 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>
- [5] 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>
- [6] Garmin Connect — 無料のオンラインフィットネスコミュニティ <https://connect.garmin.com>
- [7] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, Lennart Nacke: "From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification"", *MindTrek '11*, September 28-30, 2011.
- [8] 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
- [9] 桐生 拓海, Panote Siriraya, 河合 由起子, 中島 伸介: "ランニング意識向上のためのゲーミフィケーションに基づく音響型 AR ランニング支援システムの検討", *DEIM Forum 2019 H6-5*, 2019.
- [10] 桐生 拓海, Mohit Mittal, Panote Siriraya, 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

シヨンの向上と身体的影響の検証”, DEIM Forum 2020 I2-1, 2020.

- [11] Jack Daniels, Jimmy Gilbert: “Oxygen Power. Performance Tables for Distance Runners”,1979
- [12] Witkowski E. Running From Zombies, Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment , 2013.
- [13] FUN+WALK アプリ | SPECIAL — FUN + WALK PROJECT ポータル <https://funpluswalk.jp/special/app/>
- [14] Fitbit アドベンチャー
<https://www.fitbit.com/jp/challenges/adventures>
- [15] 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.
- [16] IJsselsteijn, W. A., De Kort, Y. A. W., & Poels, K. , “The game experience questionnaire.”,2013