

音響型 AR ランニング支援システムによる モチベーション向上と身体的影響の検証

桐生 拓海[†] Panote Siriaraya^{††} Mohit Mittal^{†††} 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,

^{†††} {a006431, 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、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。既存のランニング支援システムでは距離、ペース、心拍数、カロリー計算などのアクティビティ管理、ルート推薦やSNSを用いたランニング活動の共有を目的とするランニングシステムは存在するが、実際にランニング自体を楽しくさせ、ランニングの動機付けを行うものは少ない。そこで我々は音声情報により作り出した拡張現実空間内で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構築した。そこで本稿では、提案手法によるモチベーション向上と身体的影響について検証する。

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, ゲーミフィケーション

1. はじめに

近年の健康ブームの後押しもあり、ダイエットや体力維持を目的としたランニングに取り組む人が増加している。2020年の東京オリンピックが決定したこともあり、今後より一層スポーツに対する興味を持つ人が増え、ランニング人口も増加することだろう。国の政策としても厚生労働省とスポーツ庁が「スマート・ライフ・プロジェクト」[1]というプロジェクトを立ち上げ、「健康寿命をのばそう!」をスローガンに、国民全体が人生の最後まで元気に健康で楽しく毎日が送れることを目標とした国民運動を行なっている。しかし、頭では運動が健康や体力向上に良いことが分かっているにもかかわらず、継続してランニングを行うことは容易ではなく、ランニングを支援するシステムを開発することの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できるNike+Running[2]やSTRAVA[3], Zombies, Run![4]といった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2種類の役割があると考えている。一つは日々のワークアウトの管理やルートの推薦、ランニングのプラン作成などのユーザの身体情報の管理を行うもの。もう一つはゲーミフィケーション[5]を用いたものである。ゲーミフィケーションは健康や教育などの様々な分野で貢献しており、[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のランニングのモチベーションを上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を向上に非常に役立つが、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られる。

そこで本研究では音響型ARにより、実際に他のユーザと一緒に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。先行研究で我々は期間1日で音響型ARランニング支援システムを利用した際のシステムが被験者に与える精神的影響や身体的影響の検証を行うことでシステムの有用性を示した[7]。しかし、被験者に対する実験期間が不足と考え、本稿では音響型ARランニング支援システムを被験者に7日間利用してもらい、本システムのモチベーションに与える影響と身体的影響の有用性の確認を行った。

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。

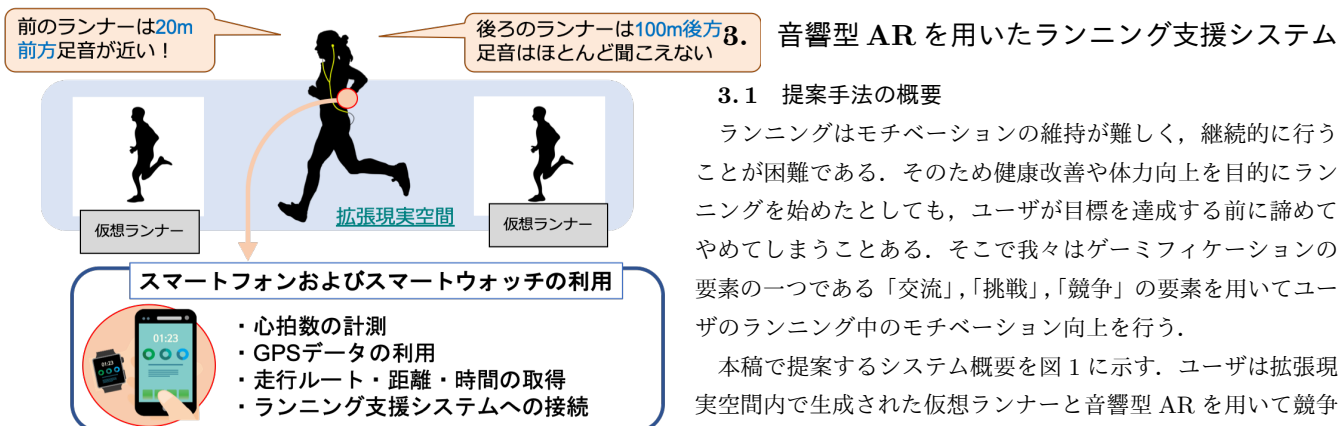


図 1 音響型 AR ランニング支援システムのイメージ図

また、ランニングのためのゲームの要素が強い Zombies,Run! や厚生労働省とスポーツ庁がリリースした FUN+WALK [8] 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推薦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 [9] 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。

8. 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

ランニングはモチベーションの維持が難しく、継続的に行うことが困難である。そのため健康改善や体力向上を目的にランニングを始めたとしても、ユーザが目標を達成する前に諦めてやめてしまうことある。そこで我々はゲーミフィケーションの要素の一つである「交流」、「挑戦」、「競争」の要素を用いてユーザのランニング中のモチベーション向上を行う。

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。本実験ではユーザの過去のランニングの GPS を元に仮想ランナーの作成を行った。ユーザは仮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 Havesine 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がランニングする際の速度の算出が必要になり、各速度の算出方法は異なる。まず、ユーザの競争時の速度は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 5 つの区間の移動平均を用いて算出を行う。仮想ランナーの算出方法を以下の式 (2) の通りである。

$$\text{仮想ランナーの速度} = \frac{d_{k-2} + d_{k-1} + d_k + d_{k+1} + d_{k+2}}{\text{時間}} \quad (2)$$

5 つの区間の移動平均を用いることにより GPS での精度の誤差を小さくしている。

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 Apple Watch Series1 を用いて心拍数を取得した。

3.2.5 自覚的運動強度（RPE）

表 1 は運動時の自覚的な運動強度を表したものである。ランニング時の運動負荷を心拍数のみだけでなくユーザからの感じ方も評価するために用いる。

表 1 自覚的運動強度（RPE）

標示	自覚度	強度%	心拍数（拍/分）
20	もうだめだ	100	200
19	非常にきつい	92.9	
18		85.8	180
17	かなりきつい	78.6	
16		71.5	160
15	きつい	64.3	
14		57.2	140
13	ややきつい	50	
12		42.9	
11	楽に感じる	35.7	
10		28.6	100
9	かなり楽に感じる	21.4	
8		14.3	80
7	非常に楽に感じる	7.1	
6	（安静）	0	60

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。

3.3.2 競争モード

競争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 を使用して競争を行う。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 [10] 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。

競技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」とランニング時の「天気」を選択する。距離の選択は「500m」、「1000m」、「2000m」から選択が可能である。また、天気の種類では「晴れ」と「曇り」の 2 種類の項目を用意した。これは、システムを開発している段階で曇り

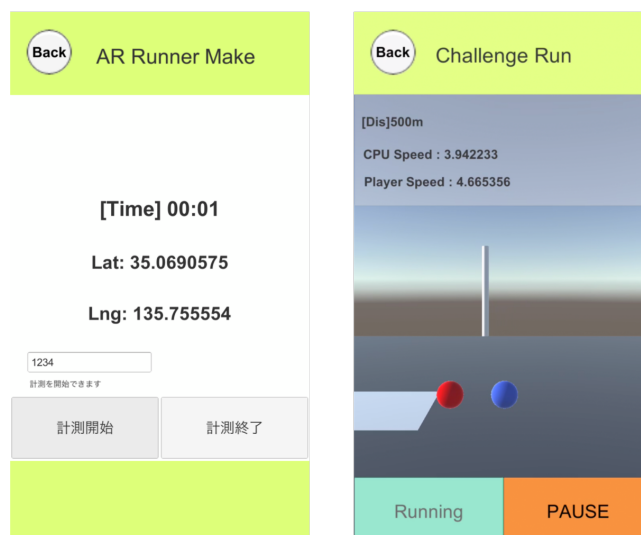


図 2 音響型 AR ランニング支援システムのメイン画面：仮想ランナー作成のための計測モード（左）仮想ランナーとの競争モード（右）

や雨天の場合に取得する GPS に誤差が生じ、ユーザの速度が速くなる傾向が見られたため、ユーザが曇りを選択した場合はユーザの競争時の速度を 10%遅くしている。

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、ユーザが競争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。再度途中から競争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えると勝ち負けを判定する音声の流れ、競争が終了する。

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 3 種類の使用するグループに分けた。各グループの条件を以下に示す。

- (1) AR ランニングシステムを使用しない (CON)
- (2) 自身の記録を元に仮想ランナーを作成 (AUG)
- (3) 自身の記録を強化し仮想ランナーを作成 (CHA-AUG)
- (4) 他の被験者の記録を元に仮想ランナーを作成 (OTH-AUG)

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 1,100 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。AUG はランニングを行った際の被験者自身の記録を元に仮想ランナーの作成を行った。CHA-AUG は被験者自身の記録を元を使用するが、10%速度を強化することで、挑戦的な仮想ランナーの作成を行った。OTH-AUG は他の被験者の記録を元に仮想ランナーの作成を行った。全ての被験者には競争する仮想ランナーの条件を知らせている。



図3 ランニングルート

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 59 人 (70%), 女性 25 人 (30%) の計 84 人の被験者に対して実験を行った。また、被験者の各年代は 10 代が 23 人 (27.4%), 20 代が 56 人 (66.7%), 40 代が 3 人 (3.5%), 50 代が 2 人 (2.4%) であった。

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」、「条件別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 1,100m 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。ランニング後は自覚的運動強度に関するアンケートの記入を行ってもらった。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 1,100m のランニングを実施した。また、条件別のランニングセッションではゲーム経験を測定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。

4.3 評価方法

本実験は表2のゲームの経験を評価する GEQ [11] という指標を用いたアンケートと表3のシステムに対するアンケートを被験者に対して実施した。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2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。各アンケート項目に対応しているコンポーネントはそれぞれの平均を用いて算

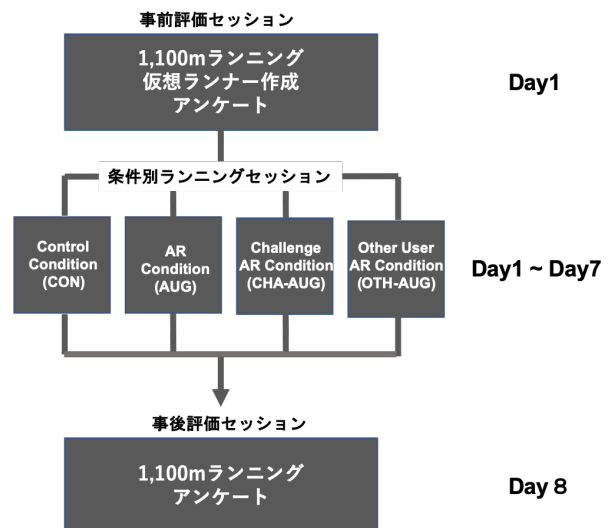


図4 実験手順

出を行った。また、条件別ランニングセッションでは各条件毎のランニングを行った回数、時間をアンケートから取得している。これらのアンケートから音響型 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やシステムの有効性を調べる。

事前評価セッションと事後評価セッションからは被験者のランニングの速度や平均心拍数を測定することで被験者の身体的負荷やシステムの有効性を調べる。

表2 Game Experience Questionnaire (GEQ)

NO.	項目	コンポーネント
1	達成感があった	Competence
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
4	印象的だった	
5	全てを忘れるぐらい没頭した	Flow
6	夢中になった	
7	不満を感じた	Tension
8	イライラした	
9	挑戦しがいがあった	Challenge
10	使うのに努力が必要だった	
11	退屈を感じた	Negative affect
12	面倒を感じた	
13	幸せを感じた	Positive affect
14	良かった	

表3 システムに対するアンケート

No.	項目	
1	このアプリを使って楽しかった	enjoyment
2	今後もこのアプリを使いたい	
3	ランニングを今後も続けたい	

4.4 音響型 AR ランニング支援システムの有効性の検証

4.4.1 実験結果

各実験条件でのグループの人数はそれぞれ CON が 21 人, AUG が 24 人, CHA-AUG が 21 人, OTH-AUG が 18 人となり、カイニ乗検定において各条件間の性別 ($p=0.132$) と年齢 ($p=0.60$) に有意差はないことが確認された。また、事前評価

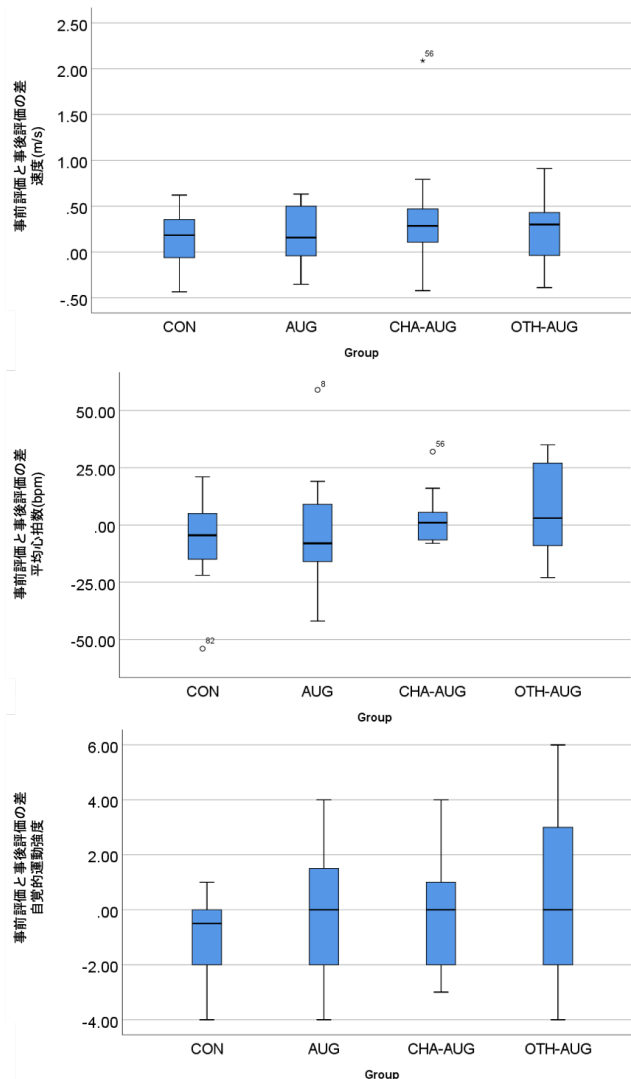


図 5 事前評価と事後評価でのランニングパフォーマンスの差：速度（上），平均心拍数（中），自覚的運動強度（下）

セッションでの 4 つの条件の被験者の速度 ($p=0.832$)，平均心拍数 ($p=0.439$)，自覚的運動強度 ($p=0.169$) において有意差が無いことが示された。

事前評価セッションと事後評価セッションの速度，平均心拍数，自覚的運動強度の差を図 5 に示す。ランニングパフォーマンスの改善における各条件毎の効果を調査するために速度，平均心拍数，自覚的運動強度の事前評価と事後評価の差を 2x2 Mixed ANOVAs を用いて評価した。その結果，平均心拍数と自覚的運動強度には有意差は見られなかった。また，7 日間のランニングによる全体的な身体能力の向上は見られたが，音響型 AR ランニング支援システムを利用した 3 つの条件と CON との間に有意な差は見られなかった。

また，事後評価時の各条件毎のランニングパフォーマンスについての比較も行なった。図 6 は事後評価セッション時にユーザがランニングを実施した際のランニングパフォーマンスである。CON とそれぞれの音響型 AR ランニング支援システムを使用した 3 つの条件に対する比較を Dunnett's tests を用いて速度，平均心拍数，自覚的運動強度の 3 つの項目に対して行っ

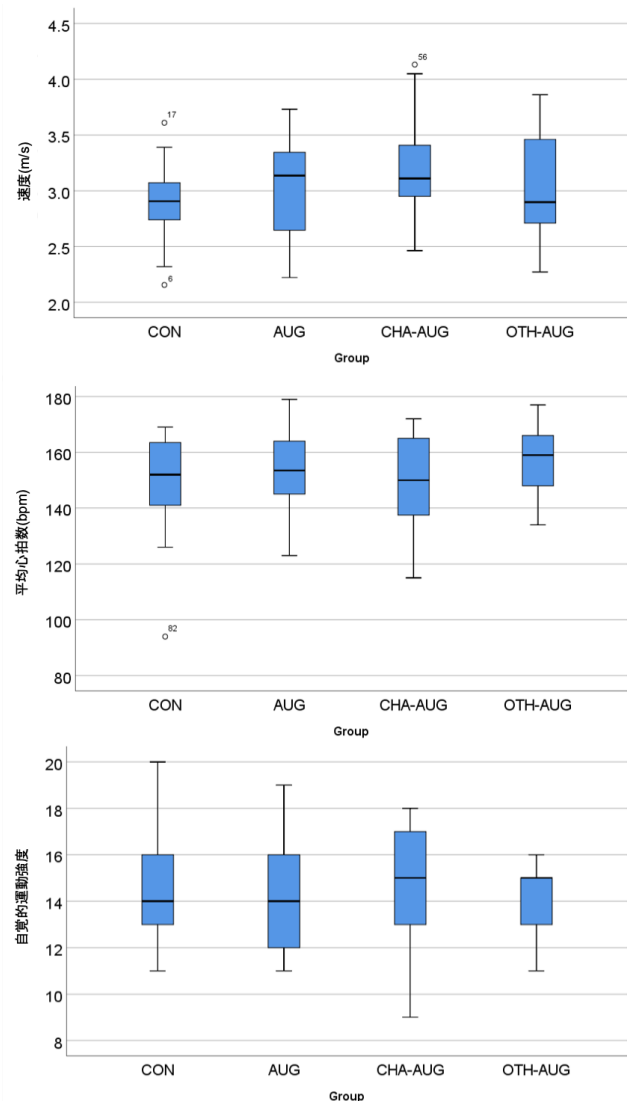


図 6 事後評価時のランニングにおける速度（上），平均心拍数（中），自覚的運動強度（下）

た。その結果，平均心拍数と自覚的運動強度は有意差は見られなかったが，CHA-AUG (mean=3.16, SD =0.99) の被験者は CON(mean=2.91, SD = 0.785) ($p<0.05$) の被験者よりも大幅に速度が速いことが確認された。

図 7 は GEQ における各条件のゲーム経験の平均値を示す。各コンポーネントは Tension を除き正規分布を示していたため，多重比較手順である Dunnett's tests を行い，CON と音響型 AR ランニング支援システムを使用した 3 つの条件に対して調査を行い有意差がないことを示した。また，Tension に対しては Mann-Whitney tests を行った。その結果，AUG (Mean=1.81,SD= 1.03) と CON (Mean=1.21, SD=0.33) ($p<0.05$)，CHA-AUG (Mean=1.98, SD=1.09) と CON ($p<0.01$) で有意差が見られた。

また，各条件別ランニングセッションで被験者には 7 日間ランニングを行ってもらい，条件毎のランニング総時間とランニングした総回数についても調査したが有意差は見られなかった。

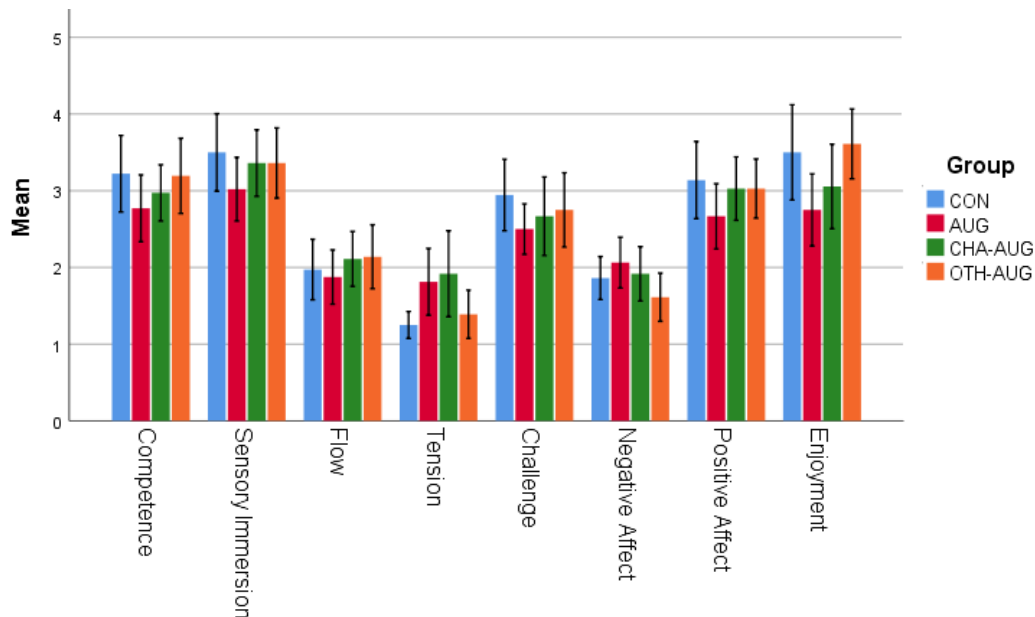


図 7 GEQ の実験結果

4.5 考 察

4.5.1 モチベーション向上とシステムの有効性

アンケート結果より、Tension において AUG と CHA-AUG が CON に対して有意差が見られた。この結果から、自分自身の過去の記録を用いた仮想ランナーとの競争において、緊張感を持ったランニングを行えたと考える。また、ランニングを行った回数や総時間において全ての条件において差が見られなかった。また、システムに対する感想としてシステムの UI や使用方法が難しかったという意見があった。このことから被験者は GEQ の Tension 以外の項目において他の項目が低くなってしまったと考える。

4.5.2 身体的負荷とシステムの有効性

本実験で行った全ての各条件において事前評価セッションよりも事後評価セッションでの被験者のランニングのスピードが上がった。また、平均心拍数においても変化があまり見られなかったことから被験者全体の身体的能力は向上したと考えられる。また、その中でも CHA-AUG の条件で行っていた被験者は、他のグループと比べ大幅にランニングの速度が速かったという結果が得られた。このことから、自身の記録を強化した仮想ランナーと競争により高い負荷でランニングに取り組むことができたと考える。

4.5.3 今後の課題

本稿では音響型 AR ランニング支援システムによってユーザーのランニングの緊張感を上げることができたことが確認できた。しかし、実験段階で GPS の精度の問題や音響型 AR の改善点も数多く見つかった。今後は GPS による精度の誤差をどのように小さくするための検討、改善とユーザーがより他者とランニングを行っている感覚になるような音響型 AR ランニング支援システムの改善、ユーザーが直感的に操作可能な UI の改善を行っていく。

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 つの条件に対する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、ユーザーのランニングに対する緊張感が高まったことが確認でき、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) および Society 5.0 実現化研究拠点支援事業による。ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] スポーツを通じた健康増進のための厚生労働省とスポーツ庁の連携会議 (第 1 回) http://www.mext.go.jp/sports/b.menu/sports/mcatetop05/list/detail/_icsFiles/afildfile/2018/06/28/1406050_1.pdf
- [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 Gameful-

ness: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, Panote Siriaraya, 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.
- [8] FUN+WALK アプリ | SPECIAL — FUN + WALK PROJECT ポータル <https://funpluswalk.jp/special/app/>
- [9] Fitbit アドベンチャー
<https://www.fitbit.com/jp/challenges/adventures>
- [10] 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.
- [11] IJsselsteijn, W. A., De Kort, Y. A. W., & Poels, K. , “The game experience questionnaire.””,2013