

2017 年度 卒 業 論 文

複合現実による  
疑似的なトレーナーを用いた運動支援に関する研究

指導教員：渡辺 大地 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス プロジェクト

学籍番号 M0114173

小山 竜之介

2018 年 3 月

2017年度 卒業論文概要

論文題目

複合現実による  
疑似的なトレーナーを用いた運動支援に関する研究

メディア学部  
学籍番号：M0114173

氏  
名

小山 竜之介

指導  
教員

渡辺 大地 准教授

キーワード

複合現実、Hololens、運動支援、アプリケーション、モチベーション、ウォーキング

スポーツ庁や厚生労働省の調査では、運動習慣の低下や運動不足と感じている人の増加が問題になっている。その理由として、「面倒くさいから」「運動・スポーツが嫌いだから」というモチベーションに関する要因が大きいとわかっている。モチベーションの向上には、「内的要因」「環境的要因」「認識的要因」が重要になる。それらを解決する手段として、運動を支援するスマートフォンアプリケーションや、フィットネスを題材にしたゲームがある。これらは、画面上に運動と連動したキャラクターや演出を表示することで、運動のサポートやモチベーションの向上を図っている。しかし、これらのコンテンツでは、モチベーションの向上においての要因が欠けているたり、不十分な点がある。特に環境的要因である他者や指導者と運動することで得られる運動のサポートやモチベーションの向上の効果を得ることは難しい。また、運動支援に仮想現実を用いて、固定された画面ではできない没入感を感じさせることで、運動のサポートやモチベーションの向上を図っている研究もある。しかし適用できる運動が少ないことが問題になっている。本研究では複合現実を用いて疑似的なトレーナーを表示することで、運動のサポートやモチベーションの向上を図る手法を提案するとともに、仮想現実にはできない運動を実装し、運動の幅を広げること目的として、アプリケーションを開発した。表示には Microsoft の HoloLens を使用した。運動には仮想現実ではできないウォーキングを選択し、なにもつけない状態のもの、HoloLens を着用し、簡易的な運動量とルート表示をするもの、HoloLens を着用し、疑似的なトレーナーによる先導を表示するもので比較実験を行った。実験の結果、疑似的なトレーナーが運動のサポートやモチベーションの向上に効果があることがわかった。しかし、通常の運動と比べると装置自体が運動の妨げになってしまったり、シンプルなテキストやルート表示に比べると達成感が損なわれてしまったりしていることがわかった。

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	論文構成	7
第2章	アプリケーションの実装	8
2.1	支援する運動	8
2.2	実装する機能	8
2.3	使用するハードウェア	9
2.4	使用するソフトウェア	10
2.5	実装の方法	10
2.5.1	適切な移動速度	11
2.5.2	経路の計測	11
2.5.3	経路に沿った適切な歩行速度での移動	12
2.5.4	文字による表示方法	13
第3章	アプリケーションの評価	15
3.1	評価方法	15
3.1.1	Aパターン	16
3.1.2	Bパターン	16
3.1.3	Cパターン	17
3.2	評価項目	18
3.3	実験結果と考察	18
3.3.1	被験者データリスト	18
3.3.2	普段運動しているほうですか？	20
3.3.3	運動不足を感じますか？	20
3.3.4	スピードを維持しやすかったですか？	20

3.3.5	移動した距離がわかりやすかったですか？ . . . . .	21
3.3.6	進む道がわかりやすかったですか？ . . . . .	22
3.3.7	また運動したいと思いましたか？ . . . . .	23
3.3.8	Hololens が邪魔だと思いましたか？ . . . . .	24
3.3.9	感想 (自由記述) . . . . .	25
3.4	評価のまとめ . . . . .	27
第 4 章	おわりに . . . . .	28
4.1	まとめ . . . . .	28
4.2	展望 . . . . .	28
	謝辞 . . . . .	30
	参考文献 . . . . .	31

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究背景

近年, 運動不足を感じている人や運動習慣が低い人の増加が問題になっている. スポーツ庁の調査 [1] の, 「運動不足を感じるか」では「大いに感じる」「ある程度感じる」を合計した割合が 77% となり, 多くの人が運動不足を自覚している. 図 1.1 はそのデータの抜粋である.

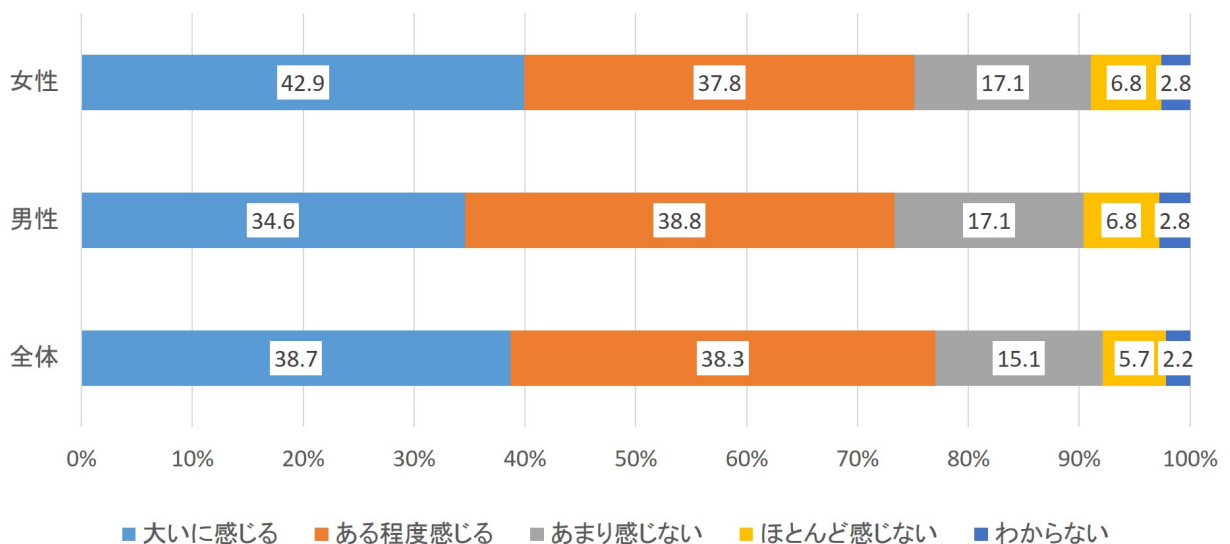


図 1.1 スポーツの実施状況等に関する世論調査 (平成 28 年 11 月調査) の運動不足を感じるか

実際に運動やスポーツ実施率の低下が進み、厚生労働省は生活習慣病対策として「健康づくりのための身体活動基準2013」「健康づくりのための身体活動指針（アクティブガイド）」[2]を策定し、運動を呼び掛けている。平成28年「国民健康・栄養調査」での結果[3]の図1.2が示す通り、運動習慣のある者の割合の年次推移では、運動習慣のある者（1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続している者）の割合が、男性35.1%、女性27.1%で、女性に関しては減少傾向にある。同じく平成28年「国民健康・栄養調査」の運動習慣を年齢階級別に見ると、30代が最も低く（男性18.4%、女性9.8%）、若い世代の運動習慣がある人の割合が少ないことがわかる。図1.3に運動習慣のある者の割合を示す。

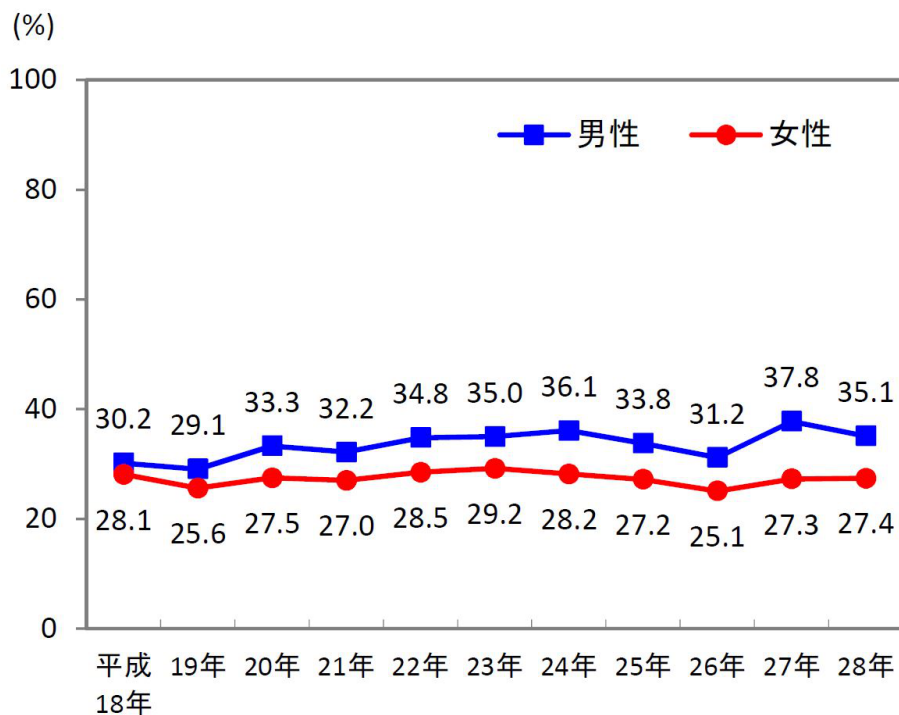


図 1.2 運動習慣のある者の割合の年次推移（20歳以上）（平成18～28年）

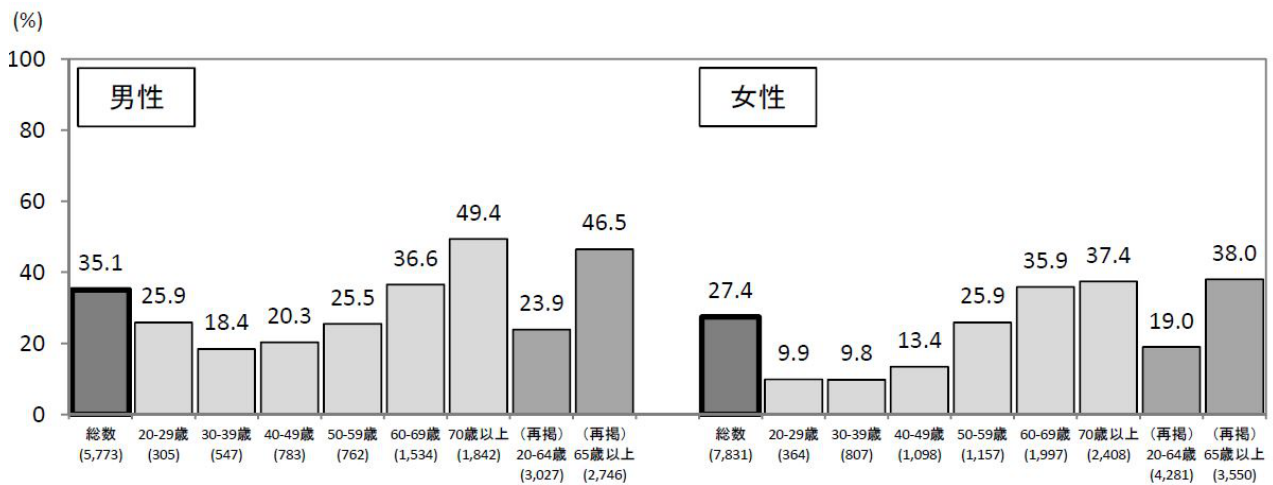


図 1.3 運動習慣のある者の割合（20 歳以上、性・年齢階級別、全国補正值）

笹川スポーツ財団による「スポーツライフに関する調査」[4]の「実施した運動・スポーツ」では、ウォーキングが 38.7%、体操が 15%、トレーニングが 14% と個人でできる手軽なものが多い。特に一位のウォーキングは二位と比較すると倍以上の値になっている。図 1.4 はそのデータの抜粋である。しかしウォーキングについても、笹川スポーツ財団による「スポーツライフに関する調査」の、「成人の散歩・ウォーキングの実施状況」では、2018 年では 60～70 歳代以上が 55.6%、40～50 歳代が 41.6%、20～30 歳代が 34.6% と、20～30 歳代の若い世代の実施率が低いことがわかる。図 1.5 はそのデータの抜粋である。

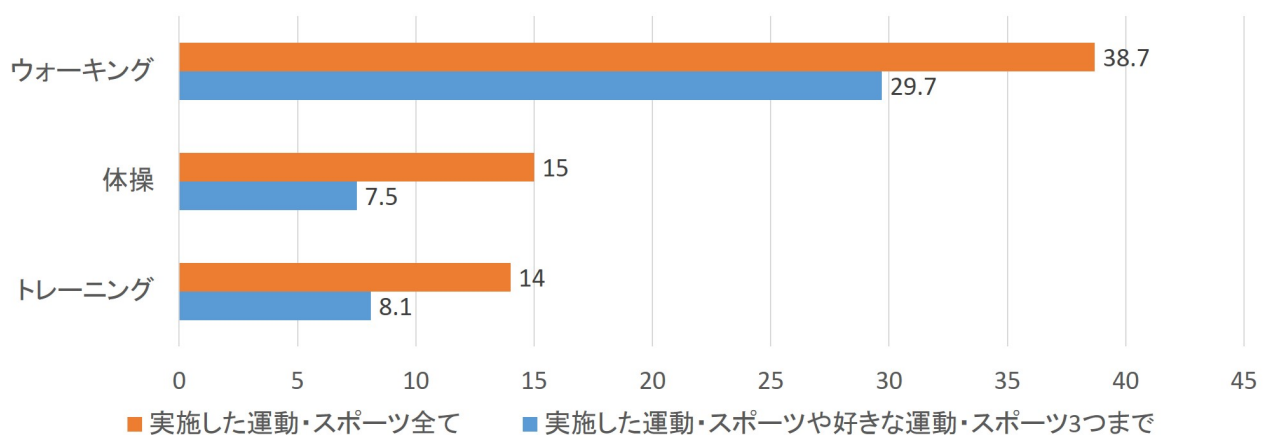
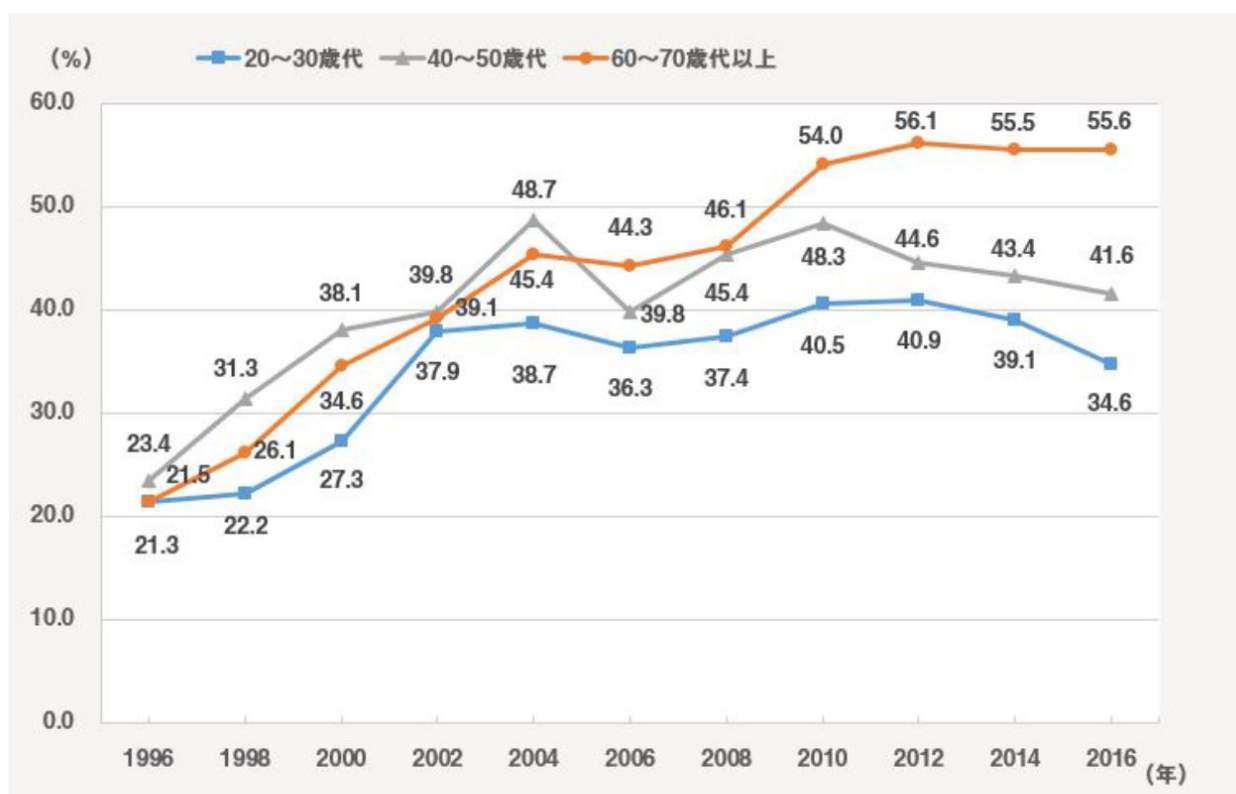


図 1.4 笹川スポーツ財団による「スポーツライフに関する調査」の「実施した運動・スポーツ」



笹川スポーツ財団「スポーツライフに関する調査報告書」(1996～2016)より作成

図 1.5 年 1 回以上の「散歩・ウォーキング」実施率の推移 (1996～2016 年) : 年代別

また、笹川スポーツ財団による「スポーツライフに関する調査」の「運動をしなかった理由」では、2位の「面倒くさいから」と5位の「運動・スポーツが嫌いだから」を足すと、38.2%と1位である「仕事や家事が忙しいから」の32.8%を超え、運動をするためのモチベーションが運動をする上での壁になっていることがわかる。表 1.1 はそのデータの抜粋である。

表 1.1 笹川スポーツ財団による「スポーツライフに関する調査」の「運動をしなかった理由」

n=18844	全体	男性	女性
仕事や家事が忙しいから	32.8%	31.5%	34.2%
面倒くさいから	24.0%	20.0%	28.0%
年を取ったから	15.9%	16.7%	15.2%
お金に余裕がないから	14.2%	12.2%	16.2%
運動・スポーツが嫌いだから	10.0%	5.9%	14.1%



成人が主体的に運動習慣の継続を可能とする要因を検討することを目的とした石野ら [5] の研究では、月 1 回の運動支援プログラムを 12 か月間提供し、結果では運動継続の要因として、3 つの要因が示された。第 1 は目標を持ち、自らのモチベーションに関する内的要因である。第 2 は運動できる場や指導者などのサポートが得られるという環境的要因である。第 3 は目に見える運動の成果があるという認識的要因である。加えて運動習慣を継続するための啓発活動の必要性が示唆されている。

これらの運動不足の原因である、モチベーションや運動のハードルを解決する事例として、スマートフォンアプリケーションの「ねんしょう！」 [6] がある。このアプリケーションは、運動の回数によりストーリーが進み、キャラクターとのコミュニケーションやボイスを報酬として、運動のモチベーション向上を図っている。これにより内的要因や認識的要因を含んでいるが、スマートフォンの画面の小ささやセンサーの少なさにより指導の幅が狭く、環境的要因が小さい。任天堂から発売されている「Wii Fit U」 [7] では、専用のバランス Wii ボードやフィットメーターという装置を用いて運動量を測定し、トレーナーを表示することで運動を支援している。また、音声によるアドバイスや励まし、ゲームを用いた運動などプレイヤーを飽きさせない工夫もされている。

運動支援を目的とした研究として、河本ら [8] の視覚と筋へのフィードバックを用いた手法や、益子ら [9] の心拍数制御を用いたゲームの手法がある。運動の中でも、ウォーキング・ジョギング・ランニングを対象とした研究があり、運動のテンポと音楽のテンポを関連付けて運動支援する研究 [10][11] や、屋内外でのポジショニングシステム [12]、他者を仮想的に表示することで、競争や協走を感じさせる装置や Web システムによる支援が提案されている [13][14][15]。しかしこれらの研究は、装置の複雑さや使いにくさに問題がある。また、運動支援の研究として仮想現実 (Virtual Reality:以下 VR) を活用したものがあり、吉井ら [16] の運動療法に向けた VR スノーボードシステムや、箕輪ら [17] のダイエットを促進する VR アプリケーションがある。蓑輪らは、スマホやテレビではできない「臨場感・没入感」を、VR を用いることで表現することで、モチベーションを向

上させることに成功している。しかし VR を用いた手法では、PC に接続し、視界を完全に遮るヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display:以下 HMD) を使用しているため、自由に動き回ることができず、適用できる運動が限定的という問題があった。図 1.6 は VR 内で腹筋をサポートするキャラクターのイメージである。



図 1.6 蓑輪ら、「ダイエットを促進する VR アプリケーションに関する研究

世論調査や箕輪らの研究より、運動不足であるという自覚はあるものの、運動が始められない、継続できないという問題が判明している。その原因は、面倒くさい・好きではないなどのやる気やモチベーションの不足が1つの要因だと、世論調査や蓑輪らの研究で述べられている。また、石井らの研究により、「内的要因」「環境的要因」「認識的要因」が運動継続において重要であることが判明している。

本研究では、運動支援のアプローチとして、VR 空間ではなく、現実空間に CG を表示する複合現実感 (Mixed Reality:以下 MR) を用いて、疑似的なトレーナー (以下疑似トレーナー) を表示する。それにより、箕輪らの研究のような VR による制限を解決すると共に、モチベーションの向上などの内的要因や、運動自体のサポート (ウォーキングなら正しいフォームやペースメーカーの役割をすること、体操なら動きの指導など) などの、指導者と運動することで得られる環境的要因を、個人で行うときに再現する手法を提案する。そしてそれらを検証するためのアプリケーションを開発

し, 実験により通常の運動との違いを調査・検証した. その結果, 疑似的なトレーナーが運動のサポートやモチベーションの向上に効果があることを明らかにしつつ, 支援する運動の種類を増やすことに成功した.

## 1.2 論文構成

本論文は全4章で構成する. 第2章では開発するアプリケーションの概要や使用機器, 内部処理について述べ, 第3章では検証実験と結果, 考察について述べる. そして第4章にてまとめを述べる.

## 第 2 章

# アプリケーションの実装

ここでは支援する運動と、開発するアプリケーションに実装する機能について述べる。

### 2.1 支援する運動

本研究で扱う運動は、指導者がいることにより、個人で行うよりも効果的な運動である。ウォーキングは進路を先導することによる適切な速度の維持や正しいフォームの指導など、指導者がいることで個人で行うよりも効果的な運動である。また 1 章での調査より、個人で行われた運動の中でも特に実施率が高く、実施しやすい運動と言える。さらに、箕輪らの研究の問題であった動きの大きい運動に当てはまるため、本研究はウォーキングについて支援する。

### 2.2 実装する機能

内的要因であるモチベーションの向上に関しては、1 章のスマートフォンアプリケーションや VR での事例のように、疑似トレーナーと運動しているように感じさせることで実現を図る。環境的要因である運動のサポートに関しては、疑似トレーナーによる進路先導を行う事で速度維持のサポートを図る。2 つの要因を実現する為に、疑似トレーナーがある速度で移動し、その速度で歩行

するアニメーションを作成する。

疑似トレーナーが先導する進路は、事前にアプリケーションの利用者が任意に経路を移動し、その位置情報の記録を行うことで実現した。疑似トレーナーの効果を検証する為に、利用者の現在の歩行速度や記録済みの経路を表示する機能を実装した。

また、本手法を検証するにあたって、予めウォーキングの経路を設定しておくための経路記録の機能と、疑似トレーナーの効果を検証するために、被験者の速度や経路を表示する文字による表示方法も開発し、比較した。

## 2.3 使用するハードウェア

ウォーキングは現実世界の地形を動き回るため、アプリケーションの提示方法として机などに置かれたディスプレイや、視界を完全に遮る HMD は適さない。そのため、本手法は Microsoft の Hololens[18] を使用する。Hololens は Windows10 を内蔵しているため、ケーブルなどを必要としない。そして、シースルーディスプレイを用いて、現実世界と重ねるようにしてグラフィックを表示できる。これにより、視界を遮ることなく疑似トレーナーを表示することができる。以下の図 2.1 は Hololens の外観である。



図 2.1 Microsoft の Hololens

## 2.4 使用するソフトウェア

本手法は Unity Technologies Japan の Unity[19] を使用する。Hololens では,UWP (Universal Windows Platform)[20] アプリケーションが動作する。Unity は,UWP アプリケーションの開発に対応しており,Hololens 用のツールキットとドキュメントも充実している。疑似トレーナーの見た目は,Unity との相性と,豊富なモーションが配布されていることから,Unity-Chan(©Unity Technologies Japan/UCL)[21] を使用する。以下の図 2.2 は Unity 内でのキャラクターである。



図 2.2 unity-chan

## 2.5 実装の方法

2.5.1 項～2.5.3 項では疑似トレーナーを適切な速度で進路を先導させるための方法について述べる。2.5.4 項では疑似トレーナーを用いない文字による表示方法について述べる。

## 2.5.1 適切な移動速度

適切な歩行速度の算出には、Mets(Metabolic equivalents)[22] を利用する。Mets は厚生労働省の運動プログラムで、運動強度を安静時を「1Mets」として、運動がその何倍にあたるかを表す単位である。以下の表 2.1 はその一部抜粋である。

表 2.1 『身体活動のメッツ (MET s) 表』 国立健康・栄養研究所

Mets	活動
2	歩行:家の中
3.5	散歩
4	階段を上る(ゆっくり)
5.3	野原や丘の斜面をふつうのペースでハイキングする、または歩く
6.5	競歩

Mets を利用して消費カロリーを計算するには「健康づくりのための運動指針 2006」[23] より、簡易換算式 (2.1) を利用する。

$$\text{エネルギー消費量 (kcal)} = 1.05 \times \text{エクササイズ (Mets} \times \text{時)} \times \text{体重 (kg)} \quad (2.1)$$

毎日の健康・ダイエットのための運動は 1 日 4～5 メッツが最適とされている。ウォーキングで 5 メッツ相当する速度は、時速約 6km である。よって、本手法では時速 6km を適切な歩行速度と設定した。

## 2.5.2 経路の計測

疑似トレーナーが移動する経路を設定するための、経路の計測機能を実装した。HoloLens は、アプリケーションを起動したときに、現実空間の HoloLens の位置を原点座標とした静止座標系を生成し、その座標をもとに HoloLens の位置を取得できる [24]。これを利用して、一定サイクルで座標と計測開始からの経過時間を配列として保存する。今回は 1 分間ウォーキングすることを想定し、記録サイクルは 1 秒とした。記録開始の時間 **A** から次の記録サイクル時間 **B** までの移動の記録

を図にしたものが図 2.3 である。

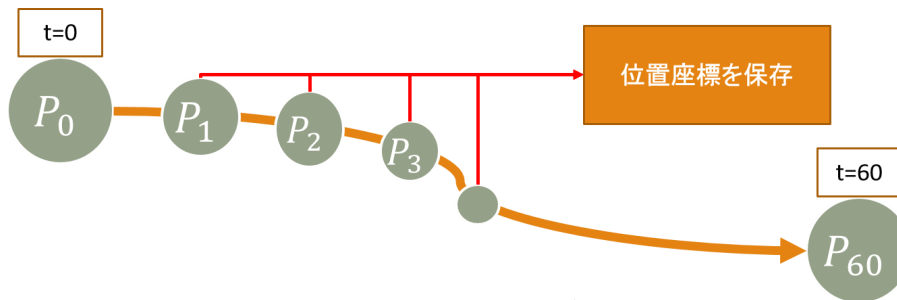


図 2.3 移動の記録

### 2.5.3 経路に沿った適切な歩行速度での移動

計測した経路に沿った疑似トレーナーの移動について説明する。計測データ配列の 1 番目を座標  $\mathbf{P}_1$ , 2 番目を  $\mathbf{P}_2$ , … 61 番目を  $\mathbf{P}_{61}$  とする。ある任意の地点を  $\mathbf{P}_n$ , 連続した次の地点を  $\mathbf{P}_{n+1}$  とし、疑似トレーナーは 2 点間を適正速度である時速 6km で移動する。その際、時速 6km を秒速 1.67m とし、疑似トレーナーが  $\mathbf{P}_n$  から  $\mathbf{P}_{n+1}$  までに要する時間  $t_n$  を以下の式 (2.2) で求める。

$$t_n = \frac{|\mathbf{P}_{n+1} - \mathbf{P}_n|}{1.67} \quad (2.2)$$

この式 (2.2) を概念図にしたものが図 2.4 である。

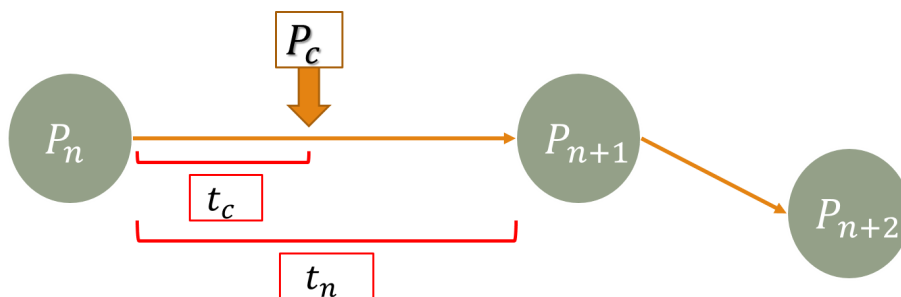


図 2.4 座標更新と移動

疑似トレーナーの位置  $\mathbf{P}_c$  を求めることで、移動を実現する。疑似トレーナーが  $\mathbf{P}_n$  を通過して



からの経過時間を  $t_c$  とすると, 以下の式 2.3 で疑似トレーナーの位置  $\mathbf{P}_c$  が定義される.

$$\mathbf{P}_c = \left(1 - \frac{t_c}{t_n}\right) \mathbf{P}_n + \frac{t_c}{t_n} \mathbf{P}_{n+1} \quad (2.3)$$

#### 2.5.4 文字による表示方法

文字による表示方法では, 以下の要素を表示する.

- 計測者の速度と, その速度が適正かどうか
- 計測者の移動距離
- 記録開始からの経過時間
- 経路を表す線

距離については, Hololens の位置をアプリケーションの描画更新タイミング (以下フレーム) ごと  
に取得し, その移動距離を加算して表示する. 速度については, フレームごとの位置と, フレーム  
間の経過時間をもとに速度を求め, 適切な速度である時速 6km の前後時速 1km を誤差とし, 時  
速 5km 以下で遅い, 時速 7km 以上で速いと表示した. 速度と距離の表示位置は, 計測者の前方  
に, Hololens のディスプレイの範囲内で収まるように配置した. 経路を表す線は, 予め計測した  
データの位置座標を時間順に結び描画した. 経路を表す線の表示位置は, 地面に合わせて配置する  
と下を向いて歩かなければならなくなるので, Hololens の 1m 下に配置した. 図 2.5 は実際に表示  
した様子である.

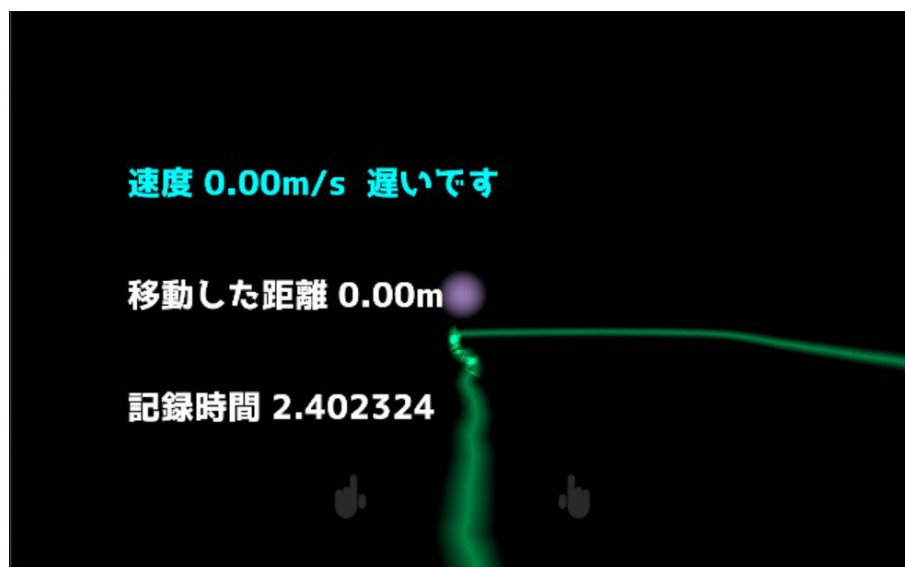


図 2.5 文字による表示方法

## 第 3 章

# アプリケーションの評価

ここでは制作したアプリケーションの評価を行う。

### 3.1 評価方法

実験では, 以下の 3 パターンで被験者にウォーキングをしてもらい,3 パターン全てを行った後アンケートを記入してもらう。ウォーキングは, 指定した経路を 1 分間歩行するものとした。

- A:なにもつけない (Hololens なし + 擬似トレーナーなし)
- B:文字による表示方法 (Hololens あり + 擬似トレーナーなし)
- C:擬似トレーナー表示 (Hololens あり + 擬似トレーナーあり)

A と B のパターンで HoloLens の比較をし,B と C のパターンで擬似トレーナーの比較をする。また, 学習効果を考慮して,ABC の実験順序は 3 つの並べ替えの 6 パターンを可能な限り均等に行う。

### 3.1.1 A パターン

被験者は、口頭でのルートと時間の説明を受け、ウォーキングを行う。その時の説明は、「1 分間で、あの柱まで行って,U ターンして、この道に戻ってきてください」というものである。

### 3.1.2 B パターン

被験者は、2 章で述べた文字による表示方法を用いて、移動経路上に描画された線と、テキストによる移動距離や現在の速度が適切な速度かの表示を見ながらウォーキングを行う。その際に、事前に表示についての説明を行った。以下の図 3.1 はその実装結果である。左下の緑色の円と棒は被験者の初期位置で、右下のウィンドウには被験者の視界が映っている。実際に装着した視界が図 3.2 である。実験時には被験者識別用の ID が一番上に表示した。

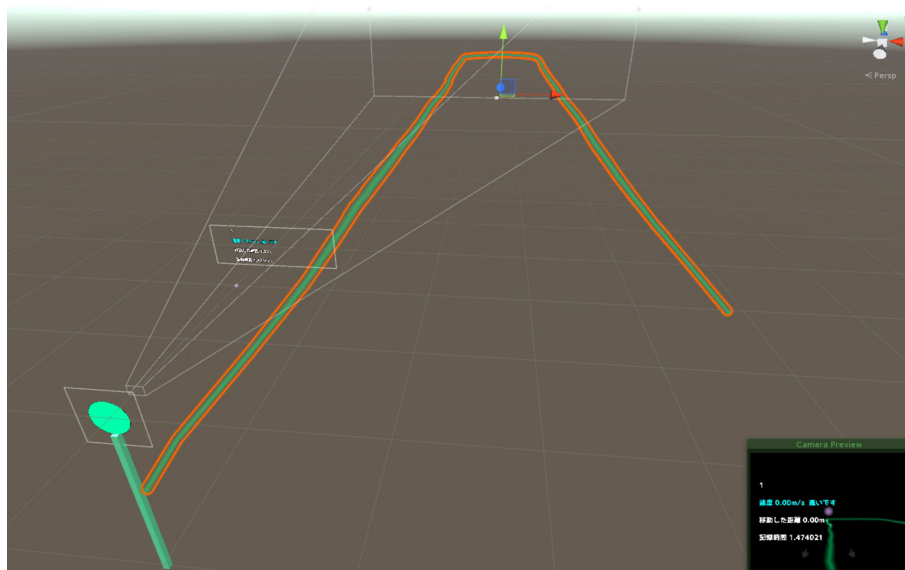


図 3.1 Unity 内での B パターンの実装画面

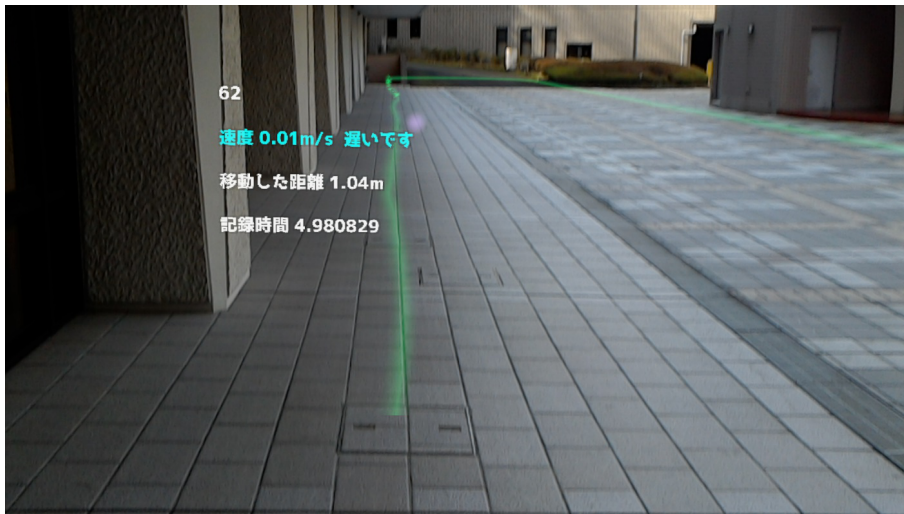


図 3.2 B パターンの被験者の視界

### 3.1.3 C パターン

被験者は、2章で述べた、適切な速度で移動経路を先行する疑似トレーナーに合わせてウォーキングを行う。その際に、事前に表示についての説明を行った。以下の図 3.3 はその実装結果である。左下の緑色の円と棒は被験者の初期位置で、右下のウィンドウには被験者の視界が映っている。実際に装着した視界が図 3.4 である。

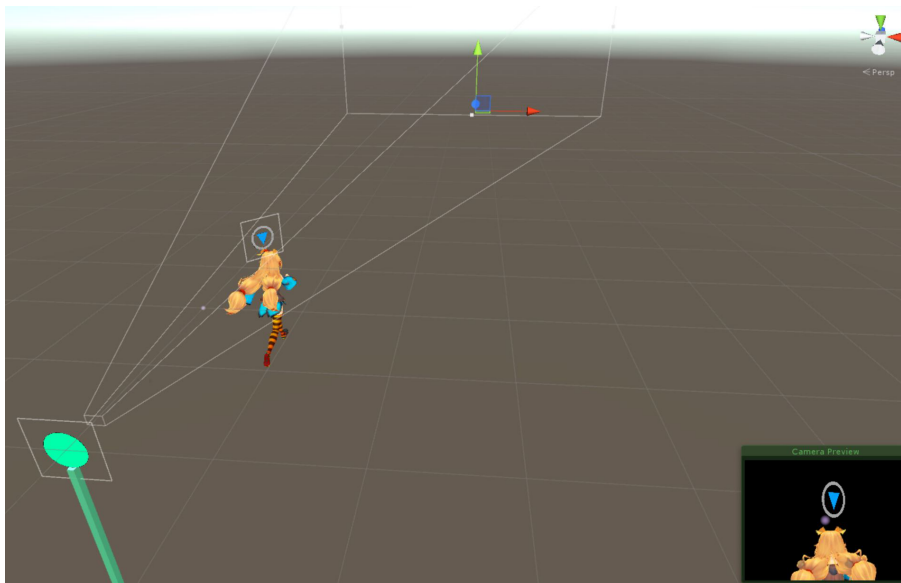


図 3.3 Unity 内での C パターンの実装画面



図 3.4 C パターンの被験者の視界

## 3.2 評価項目

アンケートでは、まず基本的な体格差についての項目と、その人が運動不足と感じているかについての項目を用意する。次に各パターンについての、運動サポートができているか、またモチベーション向上になっているかの項目を用意する。最後に Hololens について、装置が運動の妨げになっていないかの項目を用意する。

## 3.3 実験結果と考察

実験結果と、各項目における考察を示す。

### 3.3.1 被験者データリスト

被験者は 30 人で、それぞれの性別や身長体重などの基本的なデータを取得した。表 3.1 に被験者 30 人の実権順序パターンと体格データを示す。

表 3.1 被験者のデータリスト

ID	パターン	性別	身長 (cm)	体重 (kg)
1	ABC	女性	162	49
2	ABC	女性	164	55
3	ABC	男性	165	98
4	ABC	女性	164	47.9
5	ABC	男性	178	70
6	ACB	男性	159	50
7	ACB	男性	175	95
8	ACB	男性	168	50
9	ACB	男性	168	50
10	ACB	男性	165	56
11	BAC	男性	170	68
12	BAC	男性	168	53
13	BAC	男性	178	68
14	BAC	男性	178	60
15	BAC	男性	180	70
16	BCA	女性	158	63
17	BCA	男性	173	67
18	BCA	男性	168	49
19	BCA	男性	172	67
20	BCA	男性	177	74
21	CAB	男性	178	63
22	CAB	男性	168	70
23	CAB	男性	174	72
24	CAB	男性	161	55
25	CAB	男性	166	80
26	CBA	男性	181	55
27	CBA	男性	173	65
28	CBA	男性	172	80
29	CBA	男性	165	51
30	CBA	男性	168	77

### 3.3.2 普段運動しているほうですか？

本研究は運動習慣の低い人を対象にしている。よって被験者の運動習慣の意識を調査した。表 3.2 にその結果を示す。結果では、「ややしていないほう」「していない」を足すと 9 割を超え、運動習慣が低いと思っている人が多いことが明らかになり、本研究の対象と一致した。

表 3.2 普段運動しているほうですか？

しているほう	ややしているほう	ややしていないほう	していない
1	1	13	15

### 3.3.3 運動不足を感じますか？

本研究は運動不足を感じている人を対象にしている。よって被験者の運動不足への意識を調査した。表 3.3 にその結果を示す。結果では、「感じる」「やや感じる」を合わせると 9 割を超え、運動不足を感じている人が多いことが明らかになり、本研究の対象と一致した。

表 3.3 運動不足を感じますか？

感じる	やや感じる	やや感じない	感じない
15	13	1	1

今回の被験者の大部分は本研究の対象に当てはまることがわかる。また、表 3.2 の「しているほう」「ややしているほう」もしくは表 3.3 の「やや感じない」「感じない」と答えたものを除外した。除外人数は 3 人で、今後は 27 人での集計結果である。

### 3.3.4 スピードを維持しやすかったですか？

この項目では、運動をサポートすることの一つである「適切なスピードの維持」について調査した。その結果を図 3.5 に示す。



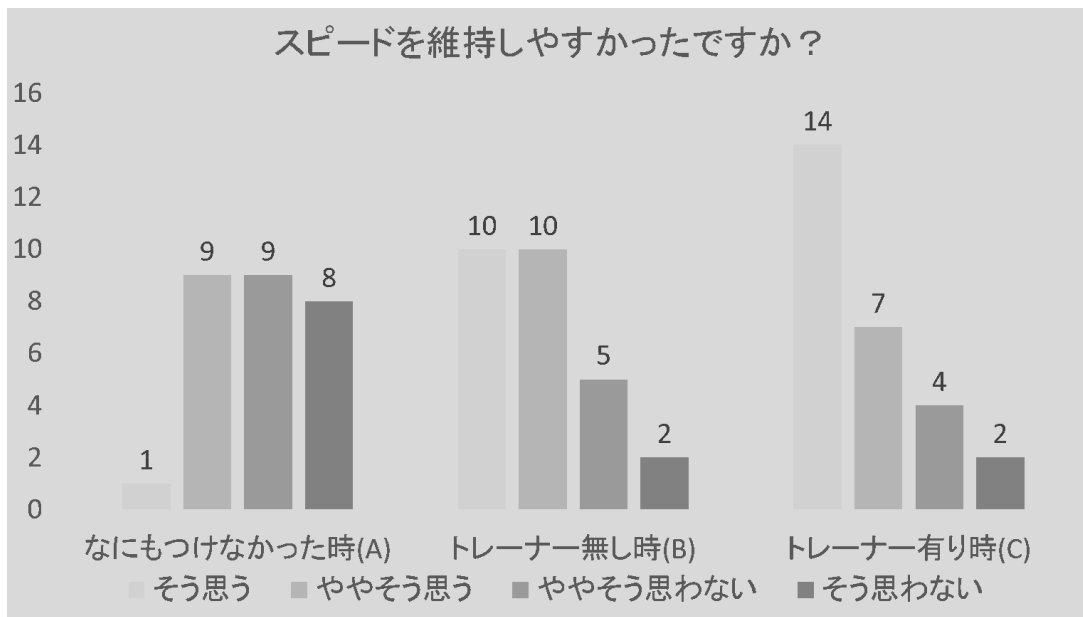


図 3.5 スピードを維持しやすかったですか？

A パターンでは、当然だが指標となるものがないのでわかりにくいが多い。維持しやすいということはないが、距離が短かったため維持しにくいということでもないという意見があった。B パターンでは、シンプルな表示だが、約 73% の人が維持しやすいと答えた。C パターンでは、疑似トレーナーに合わせてついていくだけで良いというわかりやすさから、約 80% の人が維持しやすいと答えた。

適切なスピードの維持では、B パターンは文字による表示に絞ったが、テキストで現在の速度とその速度が適切かが表示されることで、明確に現在の状態が分かり、C パターンとの大きな差は出なかったと分析できた。

### 3.3.5 移動した距離がわかりやすかったですか？

この項目では、モチベーションの向上をする要素の一つである「距離による達成感」について調査した。その結果を図 3.6 に示す。

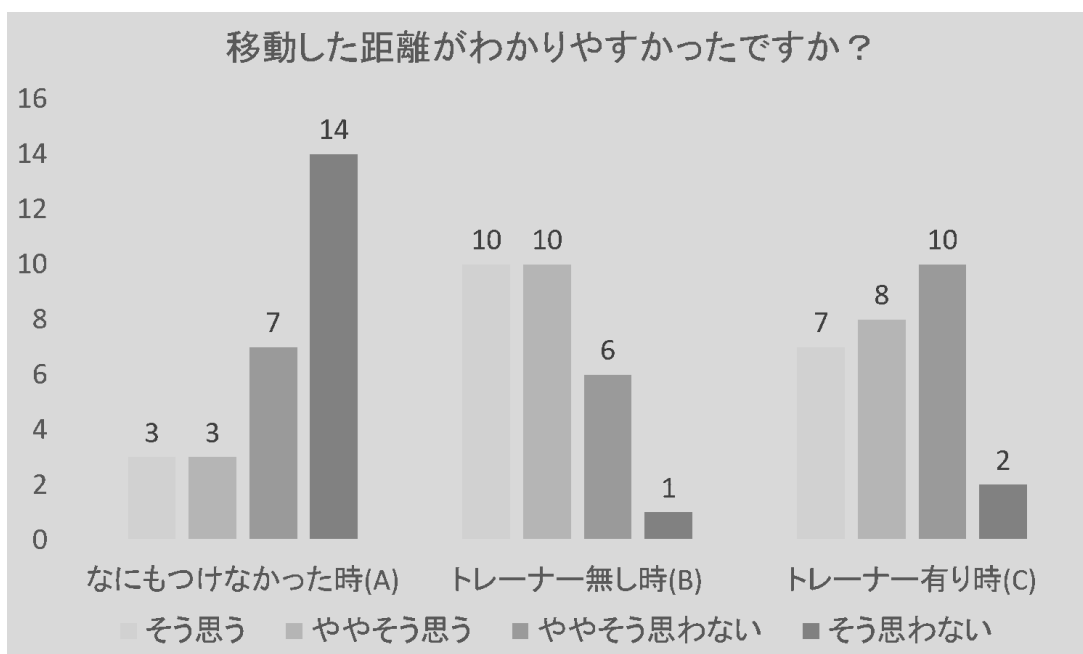


図 3.6 移動した距離がわかりやすかったですか？

A パターンでは、口頭での説明のみのためそう思わないという意見がほとんどだった。そう思うと答えた人は、実施した時間の短さからわかりやすいという意見があった。B パターンの場合は、シンプルな表示だが、約 77% の人がわかりやすいと答えた。C パターンは、半数がわかりやすいと答えたものの、疑似トレーナーしか表示されていないため、距離について実感できる人は約 53% と少なかった。

距離による達成感では、B パターンは、C パターンよりもわかりやすいと答えた人が多かった。それはテキストで移動距離が表示と、ルートが視覚的に表示されていることにより、C パターンより情報量が増えたためだと分析できた。

### 3.3.6 進む道がわかりやすかったですか？

この項目では、運動をサポートすることの一つである「進む道のわかりやすさ」について調査した。その結果を図 3.7 に示す。

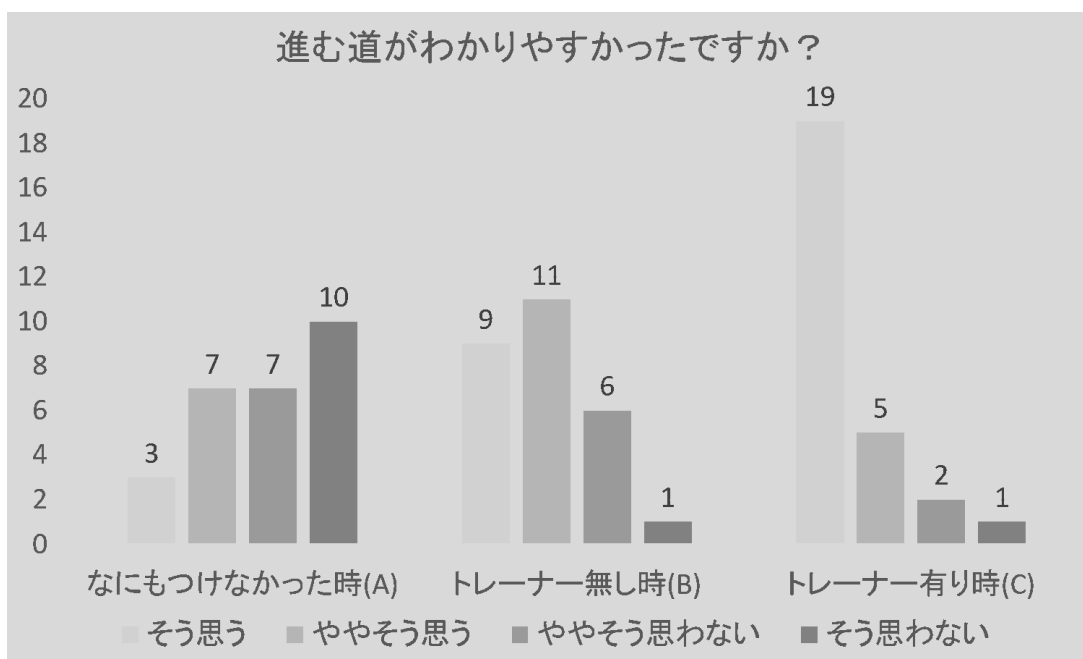


図 3.7 進む道がわかりやすかったですか？

A パターンでは、実施したウォーキングの短さからはっきりと別れる結果にはならなかったが、それでも分かりにくいという意見が多かった。B パターンの場合は、進む道が視覚的に示されているので約 73% の人が分かりやすいと答えた。C パターンは、疑似トレーナーについていっただけのため、約 90% の人が分かりやすいと答えた。

進む道のわかりやすさでは、B パターンと C パターンで約 17% の差がつき、文字による表示より疑似トレーナーの方が運動をサポートできた結果だと分析できた。

### 3.3.7 また運動したいと思いましたが？

この項目では、各パターンによる継続のモチベーションについて調査した。その結果を図 3.8 に示す。

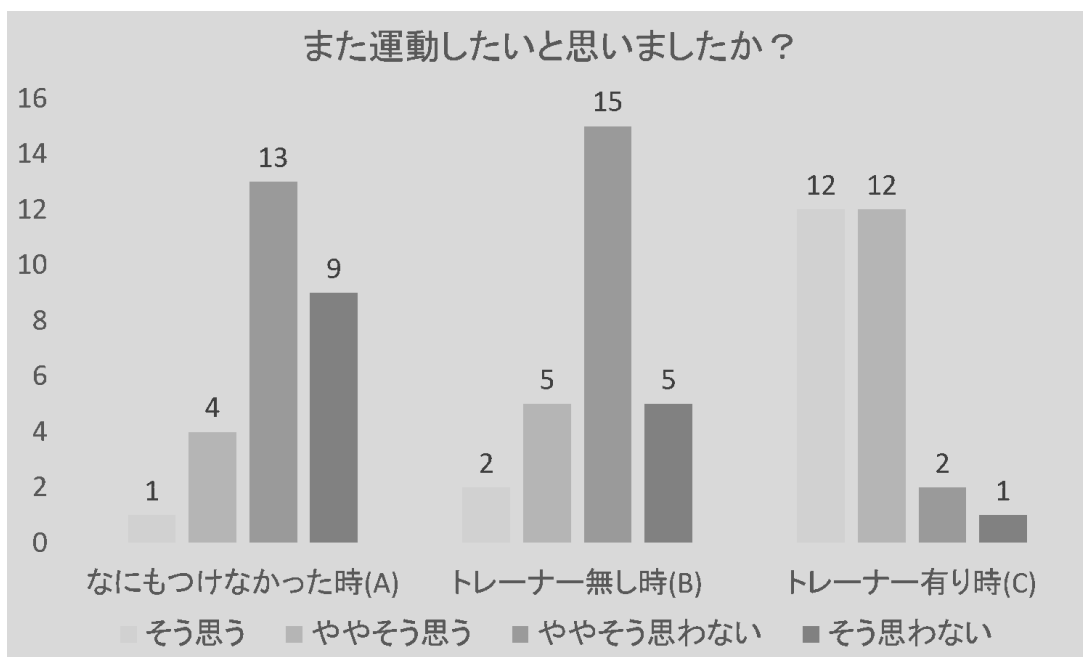


図 3.8 また運動したいと思いましたか？

A パターンでは、被験者の運動習慣が低いこともあり、またしたいという意見は少なかった。B パターンの場合は、「ややそう思わない」という意見が突出し、思わないという意見が 66% となった。C パターンは、またしたいという意見が約 90% で、疑似トレーナーがモチベーションの向上に繋がったことがわかる。

また運動したいと思ったかでは、B パターンのシンプルな表示より C パターンの方がモチベーションの向上に繋がったことは明らかである。

### 3.3.8 Hololens が邪魔だと思いましたか？

この項目では、箕輪らの研究で問題となった、HMD 等の装置が運動を阻害する可能性について検証した。その結果を図 3.9 に示す。

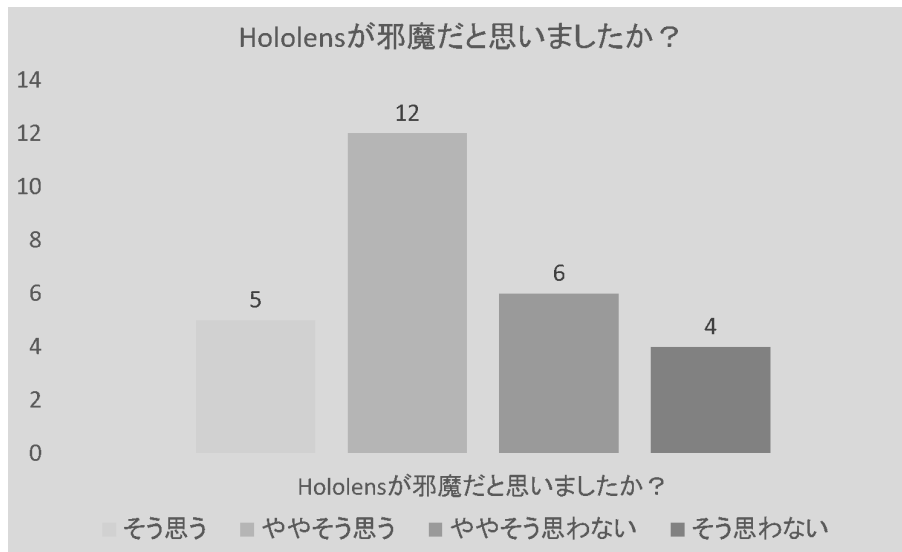


図 3.9 Hololens が邪魔だと思いましたか？

邪魔という意見に偏る結果になった。実験中では、装着が甘く、ウォーキングの途中でずり落ちてしまうという意見があった。また、Hololens は装着に慣れが必要で、初めての時には時間がかかる被験者が多かった。Hololens の装着時の慣れはともかく、装着中のずり落ちは運動を阻害してしまっているのが明らかになった。邪魔だと思わなかった人の中では、装着感より面白さが勝ち、気にならなかったという意見もあった。

### 3.3.9 感想 (自由記述)

感想の一部を抜粋する。まずモチベーションに関する感想を掲載する。

- キャラクターを追いかけるのが面白いなと思いました。
- キャラクターがいると運動したい（ついていきたい）という気分になる。
- キャラが案内してくれるので付いて行くのは歩く上で苦になりにくかった。
- ホロレンズを被ると、キャラについていくと言う楽しさと速度を一定にする指標が視覚的にわかるペースメーカー的役割もあって、良かったと思う。

疑似トレーナーによる面白さや楽しさが、モチベーションの向上に繋がったとわかる。

次に問題を指摘したものを掲載する。

- あとをつけて下さいの時はどこまでの距離感を取ればいいのかわかりにくかった。
- ホロレンズの本体が重く、常に手で押さえていないと画面が見えない問題点がある。
- ホロレンズ本体の視認性がよく、もう少し軽かったらと感じました。
- キャラや線がレンズの範囲内しか見えないので、首だけで俯きながら歩くため、運動していると感じない。
- 日向になるとキャラ及び線が消えて進む道が分からなくなる。

Hololens の表示系が問題となっている。日向と日陰の境界になると表示が見にくくなり、疑似トレーナーな表示が見にくくなることがあった。これにより疑似トレーナーとの距離感がわからないという問題もあった。さらに視野角の狭さから、ルート表示の線を凝視してしまい、結果的に歩きにくくなるという問題もあった。装着面では、初めてで慣れていないことに加え、頭部の形状に個人差があることで、見にくさや歩いた時の装置のブレがあった。

最後に要望を上げたものを掲載する。

- 音声があるとより距離などを忘れて歩けそう。
- 女の子が振り向いてくれたりするといい

箕輪らの研究で行われた「ペップトーク」のような音声や、歩く以外のモーションを追加することでさらなるモチベーションの向上が期待できる。また、実験後に運動習慣のある被験者から口頭で得られた意見として、トレーナーが邪魔に感じ、わかりやすいが、単純な指標としての文字表示だけでも良い、というものがあつた。

### 3.4 評価のまとめ

運動サポートについては,Cパターンだけでなく,Bパターンとでも効果があったといえる. Bパターンでは,比較のためにできるだけシンプルにした結果,単純な表示だけでも運動支援に効果があることがわかった.これは成果が表示されたことによる認識的要因が満たされたからだと分析できる. Cパターンでは,Bパターンとの比較により,疑似トレーナーのモチベーションの向上効果や運動支援効果を実証した.

しかしそれぞれのパターンにも問題があり,Bパターンでは明確な数字が表示され分かりやすいが,シンプルな分モチベーションの向上には繋がらなかった.Cパターンでは,ついていくだけというわかりやすさの分,明確な数値と比べ達成感が損なわれてしまう結果となった.また,運動不足でない人にもモチベーションの向上効果があったが,運動になれている分装置は邪魔だと感じる人がいた.

HoloLensによる装置自体の問題では,装着時のずり落ちと視野角の狭さが運動の妨げになってしまう結果となった.装着時の慣れの問題は,BパターンとCパターンを連続で行った被験者では,2回目の装着は1回目よりスムーズになっていることが確認できたため,繰り返すことで軽減できると分析する.

## 第 4 章

# おわりに

この章では本研究全体のまとめと展望を述べる。

### 4.1 まとめ

本研究は、運動習慣の低下と運動不足の問題を解決するために、運動支援の手法を提案・実装することを目的とした。その手法とは、運動支援のアプローチとして MR を用いて疑似トレーナーを表示することで、モチベーションの向上と運動のサポートをすることである。今回の実験の比較結果より、本手法が運動のサポートとモチベーションの向上に効果があることを実証した。また、箕輪らが問題としていた適用できる運動の種類少なさも解決した。しかし、通常の運動と比べると装置自体が運動の妨げになってしまったり、シンプルなテキストやルート表示に比べると達成感が損なわれてしまったりしていることがわかった。

### 4.2 展望

C パターンに不足している要素である明確な数値の表示とそれに伴う達成感を、B パターンの方法で補うことで、よりよいアプリケーションになると考える。その際はお互いに競合しないよう



に, 表示方法に注意する必要がある. HoloLens 自体の問題に関しては,HoloLens 以外にも MR 装置は研究開発されており,Pixie Dust Technologies が広視野角の透過型 HMD を実現する映像投影技術である Air Mounted Eyepiece[25] を発表していたり,Magic Leap が開発中の Magic Leap One[26] は,HoloLens より小型かつ視野角も広い設計になっていたりする. これらの技術が実現し発達することで, 装置自体の問題は解決されると考える. また, 本手法ならば疑似トレーナーの容姿は自由に変更できるため, 好みによって変更することで, より良いモチベーションの向上効果が見込める.

なお本研究は, 芸術科学会 NICOGRAPH 2017 における “擬似的なトレーナーを用いた運動支援に関する研究” [27] として発表した内容を含む.

# 謝辞

本研究を形にできたのは, 渡辺大地准教授と阿部雅樹実験助手のご指導と, 三上浩司教授からの助言を頂けたからだと思っています. 心から感謝いたします.

また, 実験に協力いただいた方々や, 共に学んだ渡辺研究室の皆様にも心から感謝いたします。

## 参考文献

- [1] JapanSportsAgency. スポーツの実施状況等に関する世論調査（平成 28 年 11 月調査）.  
[http://www.mext.go.jp/sports/b\\_menu/toukei/chousa04/sports/1381922.htm](http://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/sports/1381922.htm). 参  
照: 2017.8.2.
- [2] 厚生労働省. 「健康づくりのための身体活動基準 2013」及び「健康づくりのための  
身体活動指針（アクティブガイド）」について. [http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/  
2r9852000002xple.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html). 参照: 2017.8.2.
- [3] 厚生労働省. 平成 28 年「国民健康・栄養調査」の結果. [http://www.mhlw.go.jp/stf/  
houdou/0000177189.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000177189.html). 参照: 2017.8.2.
- [4] 笹川スポーツ財団. スポーツライフに関する調査. [https://www.ssf.or.jp/research/  
sldata/tabid/1404/Default.aspx](https://www.ssf.or.jp/research/sldata/tabid/1404/Default.aspx). 参照: 2017.8.2.
- [5] 石野レイ子, 兒嶋章仁, 吉田宗平, 相澤慎太, 五十嵐純, 伊井みず穂, 岩井恵子. 成人の運動習  
慣を継続するための支援に関する実証的研究 ―運動習慣の継続要因の検討―. 関西医療大  
学紀要, Vol. 10, pp. 16–25, 2016.
- [6] Creative Freaks. ねんしょう！ <http://nensho.net/nensho/index.html>. 参照:  
2017.12.19.

- [7] 任天堂. Wii fit u. <https://www.nintendo.co.jp/wiiu/astj/>. 参照: 2017.12.19.
- [8] 拓郎河村, 巧山田, 大藤原, 裕行神原, 康晴小池. 視覚と筋へのフィードバック情報を用いた運動支援技術に関する研究. 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティックス, Vol. 109, No. 460, pp. 1–6, mar 2010.
- [9] 益子宗, 星野准一. 心拍数制御を用いた運動支援ゲーム. 芸術科学会論文誌, Vol. 6, No. 3, pp. 136–144, 2007.
- [10] 中村裕登. ジョギングにおける音楽テンポの自動同期に関する研究. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト, 2016.
- [11] 幸祐足立, 義雄仲谷. 運動テンポの変化をリズムで支援するシステムの提案. 全国大会講演論文集, Vol. 72, pp. 227–228, mar 2010.
- [12] 正克興柁, 隆史大隈, 武志蔵田. 歩行者ナビのための屋内外パーソナルポジショニングシステム. 情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM) , Vol. 2008, No. 3, pp. 351–352, jan 2008.
- [13] 中後藤田, 健二松浦, 真二大塚, 豊晶鍋島, 計英金西, 米雄矢野. 仮想的に訓練集団を構成することによるジョギング支援サイト. 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム = The IEICE transactions on information and systems (Japanese edition), Vol. 93, No. 7, pp. 1144–1153, jul 2010.
- [14] 中後藤田, 健二松浦, 俊夫田中. 動きに基づき仮想の協走者を提供するウェアラブルシステム. 教育システム情報学会誌, Vol. 31, No. 1, pp. 28–37, 2014.
- [15] 卓次平野, 中後藤田, 健二松浦, 真二大塚, 俊夫田中, 米雄矢野. ランナーのフォームに基づく仮想競争デバイスの開発. 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol. 110, No. 453, pp. 311–316, feb 2011.
- [16] 吉井暢彦, 和田隆広, 塚本一義, 田中聡. 運動療法に向けた vr スノーボードシステムの開発.

日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 9, No. 4, pp. 397–404, 2004.

- [17] 蓑輪小百合. ダイエットを促進する VR アプリケーションに関する研究. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部コンテンツプロデュースング, 2015.
- [18] Microsoft. Hologens. <https://www.microsoft.com/ja-jp/hologens>. 参照: 2017.8.4.
- [19] UnityTechnologiesJapan. Unity. <http://japan.unity3d.com/>. 参照: 2017.8.4.
- [20] Microsoft. ユニバーサル windows プラットフォーム. <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows/uwp/get-started/whats-a-uwp>. 参照: 2017.8.4.
- [21] UnityTechnologiesJapan. uniry-chan. <http://unity-chan.com/>. 参照: 2017.8.4.
- [22] 国立健康・栄養研究所. 改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』. <http://www.nibiohn.go.jp/files/2011mets.pdf>. 参照: 2017.12.19.
- [23] 国立健康・栄養研究所. 健康づくりのための運動指針 2006. <http://www.nibiohn.go.jp/eiken/programs/pdf/guidelines2006.pdf>. 参照: 2017.12.19.
- [24] Microsoft. Hologens coordinate systems. [https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/coordinate\\_systems](https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/coordinate_systems). 参照: 2018.1.11.
- [25] Pixie Dust Technologies. Air mounted eyepiece. <http://pixiedusttech.com/air-mounted-eyepiece/>. 参照: 2017.12.19.
- [26] Magic Leap. Magic leap one. <https://www.magicleap.com/>. 参照: 2017.12.19.
- [27] Ryunosuke Koyama, Masaki Abe, Taichi Watanabe, and Koji Mikami. 擬似的なトレーナーを用いた運動支援に関する研究. *NICOGRAPH*, 2017.