

陣取りゲーム要素を導入した 歩行データ収集システムの検証

令和5年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

古田 瑛啓

概要

我々の生活空間内には車椅子利用者やベビーカー利用者といった移動弱者の円滑な行動を妨げる階段や段差などのバリアが点在している。移動弱者は移動中のバリアへの遭遇を防ぐため、移動計画を立てることが多い。移動計画を立てるためにはバリアの位置や種類などのバリア情報が必要であり、バリア情報を把握する手段として、バリアフリーマップが存在する。バリアフリーマップを作成するためにはバリア情報を収集する必要がある。バリア情報を収集する手法として、健常歩行者が歩行することで計測される歩行データを収集してバリアを検出する手法がある。しかし、歩行データを収集する作業にはユーザにとってメリットが少なく、ユーザのモチベーションを誘発・維持することが難しい。それゆえ、この手法は歩行データが収集されにくく、収集される歩行データの量が少ないという問題がある。そこで、歩行データを収集する作業に対するモチベーションを誘発・維持させるため、ゲーミフィケーションを利用した歩行データ収集システムを提案してきた。提案システムは現実世界をフィールドに見立てた位置情報連動型陣取りゲームである。先行研究では提案したシステムがユーザのモチベーションを向上させたことを実証したが、その検証は歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持することの検証が不十分であった。具体的には、定量的なデータを用いた比較を行っていない、実験参加者を意図的に1か所に集めて30分間という時間を決めて行っているなどである。本稿では、提案システムを用いて8人の実験参加者に対して2週間の実験を行い、提案システムが歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションの誘発に一定の効果があったことを確認した。本稿の貢献は、提案システムが歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションの誘発・維持に関する検証を定量的なデータを用いて比較検討し、より日常に近いケースで調査したことである。

目次

第1章	序論	1
1.1	研究の背景	2
1.2	研究の目的	3
1.3	本論文の構成	3
第2章	関連研究	4
2.1	バリア情報収集に関する研究事例	5
2.1.1	人間がバリアを判断する研究事例	5
2.1.2	センサデータからバリアを判断する研究事例	6
2.2	ゲーミフィケーションに関する研究事例	7
第3章	研究課題	11
3.1	問題の定義	12
3.2	研究課題の設定	13
第4章	バリア情報収集システム BScanner	14
4.1	BScanner システム	15
4.2	walker システムの説明	18
4.3	Gaming walker システムの説明	19
第5章	評価実験	22
5.1	実験の目的	23
5.2	実験の概要	23
5.3	実験の手順	24
5.4	実験の結果	25
5.4.1	客観指標	25
5.4.2	主観指標	27
5.5	考察	31
5.5.1	客観指標の考察	31
5.5.2	主観指標の考察	31
第6章	結論	33

謝辭	35
参考文献	37
付録	41
研究業績	46

目次

4.1	BScanner コンセプトのイメージ	16
4.2	4つの機能の画面	17
4.3	サーバ側のイメージ	18
4.4	Walker の画面	19
4.5	Gaming walker の画面	20
4.6	フィールドのイメージ	21
5.1	歩行データの投稿数 (件, N=8)	25
5.2	歩行データ計測時間 (秒, N=8)	26
5.3	歩行距離 (m, N=8)	26
5.4	Q1: バリアフリーに興味を持った (1: 全くそう思わない~7: 強くそう思う, N=8)	28
5.5	Q2: 歩行データを収集することは楽しかった (1: 全くそう思わない~7: 強くそう思う, N=8)	28
5.6	Q3: 歩行データを収集し続けたいと思った (1: 全くそう思わない~7: 強くそう思う, N=8)	29
5.7	Q4: 実験中に普段いかないところを歩いた (1: 全くそう思わない~7: 強くそう思う, N=8)	29
5.8	Q5: 歩行データを収集するために外出した (1: 全くそう思わない~7: 強くそう思う, N=8)	30
5.9	Q6: 歩行データ収集を今後も行いたい (1: 全くそう思わない~7: 強くそう思う, N=8)	30
A.1	付録 BScanner ユーザ登録画面	42
A.2	付録 BScanner ホーム画面	43
A.3	付録 BScanner 位置情報許可画面	44
A.4	付録 Gaming walker チーム選択画面	45

表 目 次

4.1	評価項目	18
5.1	評価項目	23
5.2	アンケート	24
5.3	歩行データ投稿数の合計と平均 (件,N=8)	26
5.4	歩行データ計測時間の合計と平均 (秒,N=8)	27
5.5	歩行距離の合計と平均 (m,N=8)	27
5.6	各質問で5以上と回答した割合 (% ,N=8)	27

第1章 序論

1.1 研究の背景

我々の生活空間内には車椅子利用者やベビーカー利用者といった移動弱者の円滑な行動を妨げる階段や坂などのバリアが多数点在している。移動弱者は移動をする前に移動計画を立てることで、バリアに遭遇することを防いでいる。移動計画を立てる際にはバリアの位置や種類といったバリア情報が必要であり、バリア情報を把握する手段としてバリアフリーマップが存在する。移動弱者がより円滑な行動をするためには、バリアフリーマップを充実させ、広範囲をカバーすることが挙げられる。そのためにバリア情報をより多く、広範囲で収集することがバリアフリーマップを作成する上で非常に重要である。

バリア情報を収集する事例は多数存在する [1][2][3][4]。既存事例ではバリアフリーに関心のある一般人・バリアフリーの専門家が中心となってバリア情報を収集している。バリアフリーに関心のある一般人は少数であるため、結果として集まるバリア情報が少なくなる。バリアフリーの専門家は一般人に比べて知識があり、収集するバリア情報の精度が保証されているが人件費や現地に赴く必要があるなどのコストが高い。そのため、より広範囲のバリア情報を収集することが困難である。これらの問題により、移動弱者が既存のバリアフリーマップで移動計画を立てた際、地図に表示されていないバリアに遭遇し、立ち往生してしまう恐れがある。

先行研究でバリア情報を低コストで収集するシステムとして、多様なユーザに対応したバリア情報収集システム、BScanner を提案してきた [5]。BScanner はユーザを、バリア情報を収集する作業に対するモチベーションとユーザの可処分時間の2つの観点で分類し、それぞれのユーザのタイプに対応したバリア情報収集機能を提供する。それぞれのユーザに対応した機能を提供することで、より多くのユーザにバリア情報を収集してもらうことを目的としている。このシステムの機能の一部にゲーミフィケーションを利用した歩行データ収集機能がある [6]。この機能はバリアフリーに関心のあるユーザが少なく、バリア情報を収集するユーザにメリットがないため、バリア情報を収集するモチベーションが低いという問題を解決する手段として考案された。この機能は可処分時間が少なく、バリアフリーに関心がない人でもゲームを楽しみながらバリア情報を収集することをコンセプトにしている。ユーザはこの機能を使って歩行することで歩行時の3軸加速度・角速度(以降歩行データ)を収集し、それを Deep Learning で解析してバリアを検出することができる。この機能は現実世界をフィールドとした、位置情報連動型陣取りゲームである。ユーザが歩行データを収集し、それをサーバ側へアップロードすることでユーザは自分が歩行した位置に対応した陣地を獲得することが可能である。先行研究では、この機能を提案し、ユーザのモチベーションにどのような影響を与えたか検証している。その検証の結果、提案した機能を使うことで歩行データを収集するユーザのモチベーションが向上した。

1.2 研究の目的

先行研究では、歩行データを収集するユーザのモチベーションの影響について検証している。しかし、その検証ではユーザのモチベーションについて十分検証することができていない。具体的には、投稿される歩行データ数・歩行距離といった定量的なデータによる比較検討がされていない、実験参加者を意図的に1か所に集めて検証していることの2つである。そこで、本稿ではBScannerのシステムを用いて歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持できるかを定量的な指標を交えて検証することを目的とする。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。

2章では、バリア情報を収集する手法に関する研究事例について述べる。

3章では、本論文における問題の定義と研究課題について述べる。

4章では、本研究で使用するBScannerの仕様に関する実装について述べる。

5章では、本研究で行った実証実験の目的や条件、手順について述べ、実験結果から得られた知見について述べる。

最後に6章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 関連研究

本章では位置情報をゲーム要素とする歩行データ収集システムに関する研究事例について述べる。2.1節ではバリア情報収集に関する研究事例について、2.2節ではゲーミフィケーションに関する研究事例について述べる。これらは、いずれもゲーミフィケーションに関する研究とバリア情報を収集するという点で本研究と関係している。

2.1 バリア情報収集に関する研究事例

屋内外のバリア情報を収集する研究事例は多数存在する。これらはバリアを人間が判断するアプローチと、システムがセンサデータに基づいてバリアを自動検知するアプローチの2種類に大別できる。2.1.1項では人間が手動でバリアを検知する研究事例について、2.1.2項ではシステムがセンサデータに基づいてバリアを検知する研究事例について述べる。

2.1.1 人間がバリアを判断する研究事例

事例 [2] は国土交通省が主導しているバリア情報収集の取り組みである。この取組は歩行空間ネットワークデータと施設データの整備内容とデータ構造について定義している。歩行空間ネットワークデータは、段差や幅員などの歩行経路上のバリアフリーに関する情報を付与したリンク及びリンクの結節点であるノードで構成されている。これらのデータを活用することで、歩行者向けのバリアフリーを考慮した経路探索を行うことが可能になる。施設データは公共施設の位置情報とバリアフリー情報を含む。これらを活用することで、屋内でもバリアフリー情報を把握することが可能になる。

Miuraらは移動弱者の移動を妨げるバリアに関する情報をインターネットに自由に投稿できるシステムを提案している [7]。このシステムは目が見えない人・電動車椅子利用者・健常者といった様々な属性の研究者が集まって議論をし、必要な機能を決定している。このシステムは特定の人のみではなく、多くの人がバリア情報を登録することが可能である。加えて、その登録されていく情報を蓄積し、体系化することでよりバリア情報を共有しやすくしている。

山本らはバリア情報収集において、ユーザ間のバリア情報についての知識格差の問題を解決することを試みている [8][9]。バリア情報を収集しているユーザはバリアについて一定レベルの知識を保有しているため、収集したバリア情報の精度が一定のレベルで担保されている。一方で、バリア情報を収集していないユーザの多くはバリアについて知識が乏しい。この2者間で必要な経路に対して収集したバリア情報の精度に違いが生じているという問題を指摘している。そこで、バリア情報やバリアフリーについての専門的な知識を持たないユーザでも一定の品質を保ったバリア情報を収集することができる Wheelmap[10] を提案している。このシステムは車椅子利用者向けのバリア情報をユーザがインターネットに投稿することができるサービスである。さらに、車椅子で目的地に行くことができるのかを確かめることも可能である。

WheelLog![1]は車椅子利用者を支援するための、ジオタグ付きのアクセシビリティ情報をアップロードすることができるサービスである。このシステムは単にアクセシビリティ情報を共有するだけでなく、車椅子利用者が実際に走行したルートや利用した場所などの体験に基づいた情報に視点を向けている。

Odaらは車椅子利用者がより快適な移動をしやすい都市や地域空間の開発や分析の発展を試みている[11]。この研究はWheelLog!で作成したバリアフリーマップを用いて、駅での乗り換えにおける車椅子のアクセス性について評価モデルを用いて分析を行っている。この評価モデルでは、一般道線の負荷率・車椅子利用者の負荷率・一般道線への車椅子利用者の同行率を比較する。この実験で、駅での乗り換えの際の車椅子利用者の走行負荷が高い傾向にあることを明らかにしている。実験の結果からエレベータの設置・乗り換えまでのバリアをなくすことが必要だと述べている。

Goncalvesらは障害者のためのアクセシビリティ情報の理解と認識について言及している[12]。バリア収集サービスであるWheelmap[10]やWheelLog![1]を評価し、視覚的及び位置的な手がかりが障害やアクセシビリティの問題に関する参加者の態度や意識に影響を与えること検証している。検証の結果、バリア情報の精度の面では人間が判断する方法が良いと明らかにしている。

2.1.2 センサデータからバリアを判断する研究事例

Jakobらは公共の道路の状態を監視する社会基盤の構築を行っている[13]。専用のモバイルセンサを搭載した自動車を用いて加速度データを計測し、その計測したデータから窪みや道路の異常といった、道路状態を検知するアルゴリズムを提案している。Jakobらは提案したシステムを用いて、道路の異常状態を検知する分類器の精度を検証する実験と必要な修繕箇所がある道路の割合を検証する実験を行っている。実験の結果、前者の実験では検出器の精度は98.8%、後者の実験では自動車が走行した道路のうち90%が修繕が必要な道路状態であることを明らかにしている。これによって、提案したシステムが公共の道路を管理するシステムとして一定の効果があることを示している。

Prashanthらも都市の道路や交通環境を監視する社会基盤の構築を行っている[14]。この研究ではスマートフォンをセンシング機器として利用し、GPS・加速度計・マイクで計測したデータから、道路状況・交通状況などをモニタリングするシステムを提案している。スマートフォンを計測器として利用することで、交通監視装置などが普及していない発展途上国や新興国などでも計測をすることが可能であると述べている。Prashanthらは実際にインドのバンガロールで提案したシステムを用いて交通量の把握や道路の状態を検出する評価実験を行っている。評価実験の結果、提案システムが交通状況・道路状況の監視に有効であることを明らかにしている。

石田らは車椅子利用者が移動する時に負担になる路面の凹凸の把握を試みている[15]。道路の横断・勾配・段差などは車椅子利用者にとっては大きな障害となる。歩道の小さな凹凸でさえも、車椅子で移動することになると負荷が大きい。そこで、石田らは車椅子走行測定器と横断プロファイルを利用して車椅子利用者の歩行負荷に基き、路面の凹凸を評

価をするシステムを提案している。このシステムを用いて被験者に車椅子を走行させ、その走行時の負担などを評価する実験を行っている。評価実験の結果、歩道の凹凸の評価と車椅子利用者の走行時の負担との間に相関があることを明らかにしている。

Parkka らは歩行時のセンサデータからバリア検出を試みている [3]。Parkka らはユーザの足首に取り付けたセンサで加速度データを計測し、特徴量を分析する決定木を構築してユーザの歩行・走行状態を推定するシステムを提案している。提案システムで構築される決定木に用いられるパラメータは各ユーザの直前のデータに基づいて個々で更新されるため、ユーザそれぞれの推定結果が得られ、より高い推定精度を得られることを明らかにしている。

Kurauchi らは様々な移動形態からバリアを検出することを試みている [4]。Kurauchi らは車椅子やベビーカーが円滑な行動を行うには障害物の種類や位置などを計測する必要があるが、車椅子利用者やベビーカー利用者で検出するには移動量や行動範囲が限定的である上、小さな障害物は健常者に気づかれにくいという問題を指摘している。そこで、徒歩・車椅子・手押し車・スーツケース・ベビーカー・自転車の6種類の移動手段のセンサデータを用いて、バリアを収集するシステムを提案している。さらに、各移動手段に対応したバリア検出モデルを選択する問題やデータ収集コスト問題を解決するため、収集したデータから移動手段を検出し、そこから各種移動手段に対応したバリア検出モデルを使用する方法をとっている。提案システムを用いて路面のバリア検出の評価実験を行った結果、6種類の移動手段でのバリア検出精度は徒歩を除き、80%以上・6種類の移動手段を検出する精度は91.5%と、バリアの検出に有効であることを明らかにしている。

2.2 ゲーミフィケーションに関する研究事例

ゲーミフィケーションとは、ゲームデザインやゲーム法則をゲーム以外のものに適用することである [16][17][18][19]。ゲーミフィケーションを物事に導入することでユーザにとって単調な作業のモチベーションの維持・向上が期待できる。

市村らは歯並びや虫歯のなりやすさに大きな影響を及ぼす子供の歯磨きの負担を減らす試みを行っている [20]。市村らは歯磨きにゲーミフィケーションを導入することで、ゲーム感覚で歯磨きをすることができるシステムを提案している。提案したシステムは磁石を装着した歯ブラシとスマートフォンに搭載されている地磁気センサを用いており、スマートフォンを目の前に固定した状態で歯磨きをすることで歯ブラシの動きを検出し、磨いた箇所近辺の歯が綺麗になっていく様子を表示するゲーミフィケーション機能が搭載されている。この歯ブラシの動きを解析する部分には機械学習を利用し、歯ブラシによって磨かれた部分の推定を行っている。このシステムを使い、子供が歯磨きを楽しみながら行っているかを評価する実験を行っている。評価実験の結果、子供が歯磨きを楽しみながら行っていることを明らかにしている。

市村らは家事にゲーミフィケーションを適応して楽しませることを試みている [21]。市村らは掃除が面倒だと思うユーザやモチベーションが上がらないユーザに向けて、加速度センサを取り付けた掃除機が取得したデータをスコア化し、SNS にスコアを投稿する機

能をもつシステムを提案している。提案システムを用いてユーザのモチベーションを評価する実験を行った結果、提案システムが掃除に対するモチベーションを向上させていることを明らかにしている。また、SNSに掃除を行ったことによるスコアを投稿しても、掃除に対するモチベーションに変化が見られなかったことも明らかにしている。

長谷川らはスマホ依存を抑制することを試みている [22]。長谷川らはスマホ利用者が常時スマートフォンを確認していないと不安になってしまい、それによって日常生活に悪影響を及ぼしてしまふと指摘している。そこで、スマートフォンの画面ロックアプリにゲーミフィケーションを適用し、ユーザが画面をロックしている時間を可視化することでスマートフォンを触る時間を減らすシステムを提案している。提案システムにはアプリ内課金システムが備わっており、どうしてもロックを解除したい場合はお金を払うといった機能も備わっている。提案システムを用いてゲーミフィケーション要素・課金機能をそれぞれ評価する実験を行っている。評価実験の結果、ゲーミフィケーション要素の評価では画面をロックした合計時間と合計回数を可視化する機能を持つシステムによって画面をロックする時間に有意差が見られたことを明らかにしている。課金機能の評価では、利用者の8割が課金機能が必要であると回答している。

高橋らは高齢者の社会的孤立を防止する取り組みを行っている [23]。高橋らは高齢者の単身世帯や夫婦世帯は増加し、世帯構造の変化や地域社会のネットワーク希薄化によって高齢者が社会的に孤立化する可能性を指摘している。そこで、街歩きアプリケーションに外出をする際に収集するスタンプラリー機能にランキング機能・ゲーム内のコンテンツとしてバッジを収集する機能・ポイントがつく機能などのゲーミフィケーション要素を取り入れたシステムを提案をしている。提案システムを用いて高齢者を対象とした街のウォーキングイベントで実験を行った結果、提案システムが高齢者同士の社会的なネットワークの構築に貢献しているということを明らかにしている。またゲーミフィケーションの部分においても、参加者がランキングを上げることやバッジを収集することに関して積極的であることも明らかにしている。

Wittらはアイデア共有をする際にゲーミフィケーションを取り入れることで発揮される効果について言及している [24]。オンラインのアイデアコンペティションにおいて、より創造性を高め、優れたアイデアを出すためにゲーミフィケーションを取り入れた。ゲーミフィケーションを取り入れたアイデアコンペティションでは、ユーザのアイデアの投稿数、コメント数、アイデアの評価などからポイントを付け、それらによって順位付けを行うという提案をしている。Wittらはこのようなコンペティションを行い、アンケートによる評価実験を行った結果、順位の増減によって参加者のモチベーションが向上したということを示している。

AhnらはWeb上の画像検索の発展を試みている [25]。Ahnらは画像を検索する時、現状の検索システムでは検索における画像の分類が不十分であると指摘している。そこで、画像のラベル付けにゲーミフィケーションを取り入れることで画像の分類をさらに正確にするシステムを提案している。この提案システムは無作為に選ばれた2人1組がプレイヤーとなり、無作為に抽出された画像を2人のプレイヤーに見せ、お互いにコミュニケーションを取ることなく2人が画像から連想するキーワードを入力してポイントを稼ぐシス

テムである。このシステムでは、2人のプレイヤーが入力したキーワードが一致することでスコアを伸ばすことができる。Ahnらは、提案システムを用いてラベル付けを行うときのラベルの正確性を評価する実験を行っている。評価実験の結果、提案システムで画像につけられたラベルが正確であることを明らかにしている。

Brunoらは画像収集におけるユーザの負担の軽減することを試みている[26]。Brunoらはスマートフォンが普及したことによって画像を収集することが比較的容易になったが、未だユーザにとって負担は軽くはなく、画像につけられるアノテーションの精度が悪いことを指摘している。そこでBrunoらは、街中の風景や建物を撮影して投稿することで、ゲーム内コンテンツを獲得できるシステムを提案している。このシステムでは、獲得したゲーム内コンテンツをユーザ同士で交換したり、コンテンツを用いて対戦をすることができる。提案システムと既存の画像収集システムを用いて画像の収集枚数を比較する評価実験を行ったところ、提案システムが1日あたりに集められる画像の枚数が既存システムの20倍と、提案システムに適用したゲーミフィケーションシステムが画像収集に有効であることを明らかにしている。

Menkensらは[27]は車椅子利用者が移動する際に閲覧するアクセシビリティ情報を収集する作業を促進させることを試みている。世界にある大都市は基本的には健常歩行者に合わせて設計されており、階段やエレベータ、段差などが車椅子利用者の円滑に行動を妨げている場合が多い。そこで、車椅子利用者のためのアクセシビリティ情報収集機能にユーザへ報酬機能やランキング機能を導入したシステムを提案している。このシステムはモバイルアプリとして開発され、あらゆるユーザが手軽に使用できるような設計がなされている。Facebookと連携し、システムを用いてアクセシビリティ収集に貢献した度合いによってランキングを表示する。また、アクセシビリティ情報収集機能に加えて、車椅子利用者のためのナビゲーションシステムの組み込まれている。ナビゲーションには地図のOSSであるOpenStreetMapを使用しており、収集されたアクセシビリティ情報を地図上に表示することで車椅子利用者はいつでも移動上の障害を確認することが可能である。これらの機能は実験を行い、その結果から導き出している。実験は車椅子利用者とは非車椅子利用者の両方を集めて行い、それぞれが何を求めているのかを調査している。

Prandiらは都市のアクセシビリティ収集をより促進させることを試みている[28]。世の中には経路検索システムやルート提案システムが多く存在するが、そのシステムには移動上の障害となる情報が考慮されていない。都市には移動弱者にとって障害となりうるアクセシビリティが点在している。アクセシビリティ情報を把握することで、移動弱者が円滑な移動をすることができるきっかけとなる。しかし、アクセシビリティ情報を収集する活動に参加するユーザが少ないという問題がある。そこで、ユーザがアクセシビリティ情報を積極的に収集する方法として、ユーザがゾンビから生き残りながらアクセシビリティを収集するGeo-Zombieを提案している。このシステムはプレイヤーを襲うゾンビから逃げ、ときにはゾンビを撃退しながらアクセシビリティ情報を収集する。このGeo-Zombie以外にも、位置情報に連動したパズルのピースを集めながら、アクセシビリティ情報を収集するHINT!を提案している。これら2つのゲームと通常のアクセシビリティ情報収集システムを使った比較実験を行っている。実験の結果、ユーザは通常のアクセシビリティ情報

収集システムよりも2つのゲームのほうがよりアクセシビリティ情報を積極的に収集することを明らかにしている。

村山らはバリア情報を収集するモチベーションを誘発・維持させることを試みている[29]。村山らは車椅子利用者を始めとする移動弱者が移動計画を立てる時に使用するバリアフリーマップを作成する際に、バリア画像を撮影するメリットが一般ユーザには無く、モチベーションにつながらないと指摘している。そこで、モチベーションを維持・向上のため、バリアを撮影してアップロードすることでゲーム内のコンテンツであるモンスターを獲得できるシステムを提案している。村山らは提案システムを用いてモチベーションの誘発・維持ができているかを評価する実験を行った結果、提案システムがバリア画像を撮影するモチベーションの維持・向上に有効であることを明らかにしている。

第3章 研究課題

本章では、本研究における問題の定義と研究課題について述べる。

3.1 問題の定義

日常生活において、生活空間内を観察すると道路・通路には移動弱者にとって移動しにくい場所が多い。例を挙げると、歩道と車道の境目にある段差・移動弱者にとって上るまたは下るのが困難なほどの急勾配の道・階段といったバリアが街中に点在している。移動弱者はこのようなバリアの存在を把握し、事前に移動するルートを決定している。移動弱者が移動計画を立てる際、バリア情報を把握する手段としてバリアフリーマップが存在する。バリアフリーマップに表示させるバリア情報をより充実させることは移動弱者が移動計画を建てることに貢献するだけでなく、バリアフリーマップを拡充させることにつながる。

バリア情報を収集する取り組みは多数行われている。バリア情報を収集するアプローチとして、2.1節で述べたバリアを人間が判断するアプローチと2.2節で述べたセンサデータからシステムがバリアを検出するアプローチが存在する。しかし、これらの事例にはそれぞれ問題が存在する。

バリアを人間が判断する事例では、実際に人を使ってバリアを検出することが必要である。例えば、研究事例 [7], [8], [9], [11], [12] は行政スタッフ・車椅子利用者・バリアに関心のある一般ユーザが現地に赴いてバリア情報を収集するものである。しかし、バリアを収集するためにバリアのある場所へその都度向かい、バリアであるかどうかを判断する必要があるため、その行為に必要な人的コストが高く、広範囲のバリア情報を収集するためにさらにコストが高くなってしまいう事が考えられる。

センサデータからシステムがバリアを判断して収集する事例ではシステムがバリアを判断するため、バリアを収集する際にその場所を通るだけでバリア情報を収集することができる。よって、人間がバリアを判断して収集する手法よりはコストが低い。研究事例 [13], [14] では自動車に取り付けたセンサから収集したデータを分析することでバリア情報を収集している。しかし、自動車では歩道のバリアを検出することは難しく、バリア情報を網羅的に収集することは困難である。研究事例 [15] では車椅子に取り付けたセンサから収集したデータを分析することでバリア情報を収集しているが、車椅子利用者は人口の比率の観点で見ると相対的に少ないため、広範囲のバリアを収集することは難しい。

研究事例 [4] では歩行者が歩くことによって収集できるセンサデータからバリア情報を取得・分類する方法である。この方法は健常者が人口比率において多数を占めるため、現状では広範囲のバリアを収集するのに有効な手段である。

先行研究で、高精度に屋内外のバリア情報を収集する手法を提案してきた [30], [31], [32], [5]。これらの先行研究は、歩行時に収集される3軸の加速度データと角速度データ（以降、歩行データ）を Deep Learning で分析し、位置情報と紐付けることで各地点に存在する急勾配の坂、階段、段差を検出する手法である。しかし、この先行研究の手法と研究事例 [3], [33], [4] では歩行データを継続的に収集することが難しいという問題がある。この手法では歩行データを収集するには健常者が屋内外を歩くことが必要であるが、その

歩行データ計測作業には健常者に直接的なメリットが存在しない。それゆえ健常者が歩行データ収集作業を積極的に行うモチベーションを誘発・維持することが困難である。

そこで、ゲーミフィケーションを利用した歩行データ収集システムを提案してきた [6]。提案システムはゲーミフィケーションを歩行データ収集に適用し、モチベーションが低いユーザにも歩行データ収集を促すことを目的としている。しかし、提案システムで歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持に関する検証が不十分であった。この実験では下記のような条件で検証している。

- (1) 大学キャンパス内に実験参加者を集めて 30 分間という制限時間内で検証している。
- (2) 歩行データ投稿数・歩行距離といった定量的なデータで比較検討していない。

(1) に関しては参加者を意図的に 1 つの場所に集めている。さらに、実験者側から時間やタスクを指定している。これによって、ユーザが自分のモチベーションの有無とは関係なく、機械的にタスクを行うため、モチベーションの比較にノイズが発生してしまう可能性がある。(2) に関してはアンケートの回答のみで比較している。モチベーションに差が生まれた場合、それが定量的な数値に表れていることが考えられる。よって、定量的な数値による比較検討は必要である。以上のことから、本研究における問題はゲーミフィケーションを利用した歩行データ収集システムが歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持に関する検証が十分ではないことである。

3.2 研究課題の設定

3.1 節で述べたように、歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持できるかの検証が十分ではない。上記を踏まえ、本研究では提案システムを用いて歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持に関する検証を客観的な指標を用いて、より想定シーンに近い環境で行うことを研究課題とする。

第4章 バリア情報収集システム BScanner

本章では、本稿で取り扱うバリア情報収集システム、BScanner[5]について述べる。

4.1 BScanner システム

BScanner はクラウドソーシング型バリアフリーマップ構築プラットフォームである。バリア情報収集システム、BScanner の基本的な設計はユーザを可処分時間とバリアフリーに対するモチベーションの2つの観点で分割し、それぞれのユーザに対応した4つのバリア情報収集機能を提供するものである。図 4.1 は BScanner コンセプトのイメージである。提供されるバリア情報収集機能は、Walker・Reporter・Gaming walker・Gaming reporter の4つである。図 4.2 は4つの機能の画面である。Walker と Gaming walker はスマートフォンを持って歩くことで3軸加速度・3軸角速度データ（以降歩行データ）を収集することでバリア情報を収集する。Reporter と Gaming Reporter はバリア画像を撮影して投稿することでバリア情報を収集する。Walker はモチベーションが高く、可処分時間が少ないユーザを対象とする機能である。Gaming walker はモチベーションが低く、可処分時間が少ないユーザを対象とする機能である。Reporter はモチベーションが高く、可処分時間が長いユーザを対象とする機能である。Gaming reporter はモチベーションが低く、可処分時間が少ないユーザを対象とする機能である。このように、ユーザそれぞれのモチベーションの高さや可処分時間に対応した機能を提供することで、より多くのバリア情報を収集できるように設計されている。実装にはクライアント・サーバ型を採用した。クライアントとサーバの環境・アプリケーションを表 4.1 に示す。クライアント側では、ユーザの作製・ログイン、歩行データの計測・アップロードおよびバリア画像の撮影・アップロード機能を提供している。

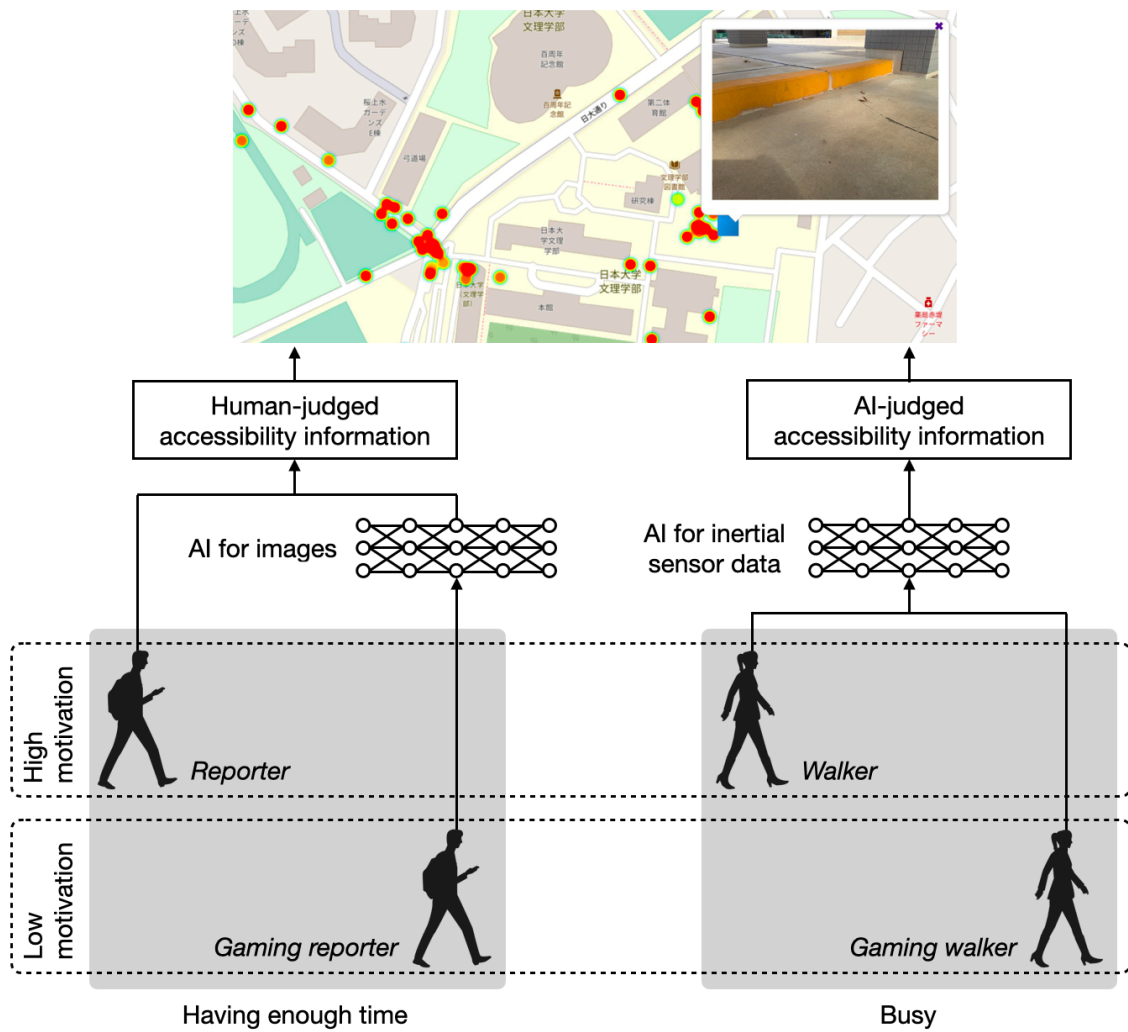
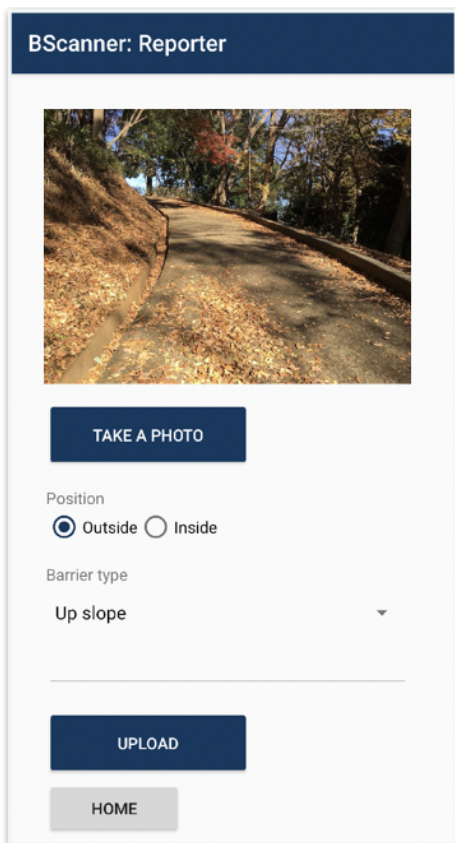
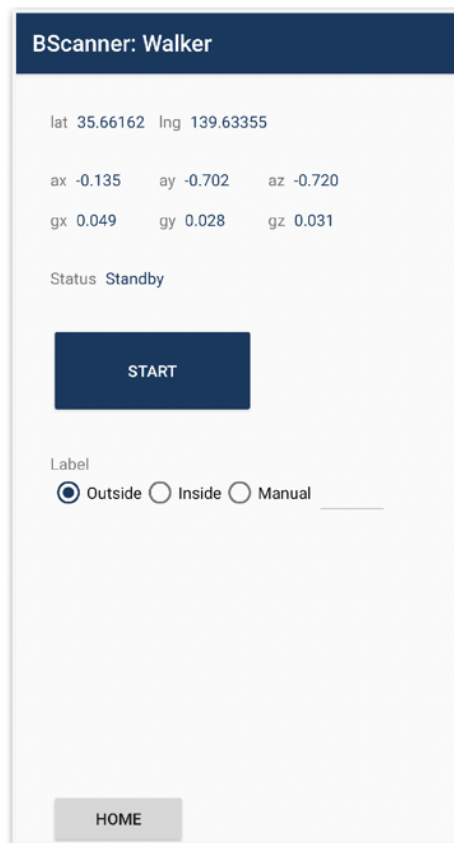


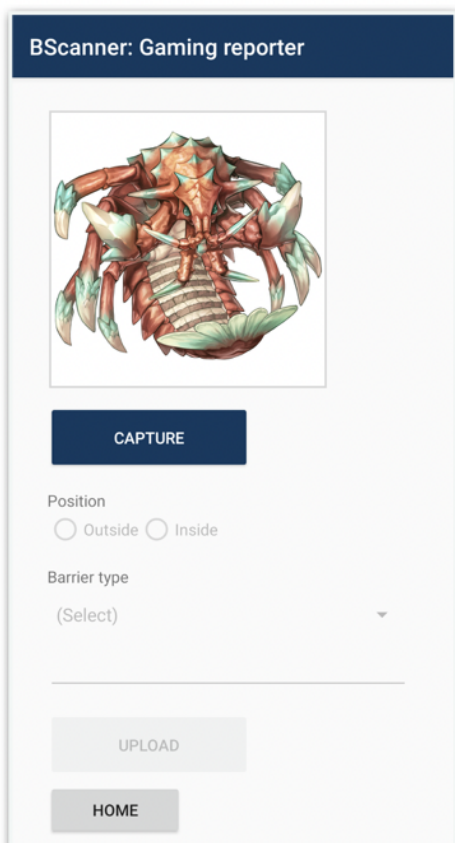
図 4.1: BScanner コンセプトのイメージ



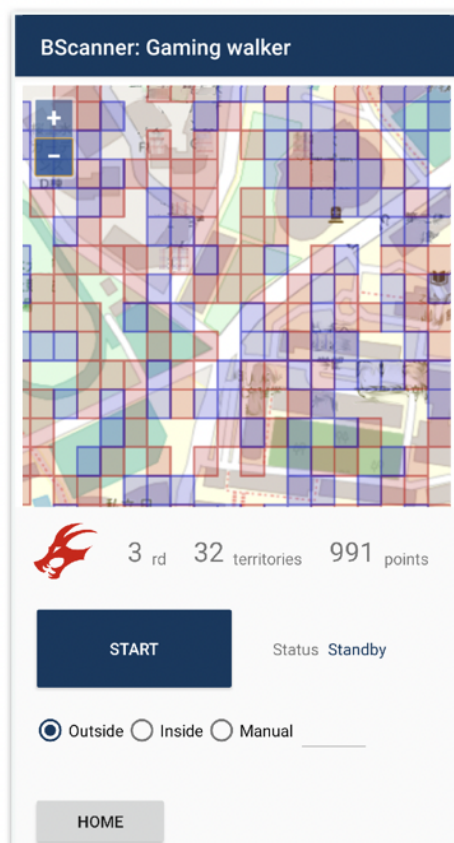
Reporter



Walker



Gaming reporter



Gaming walker

図 4.2: 4つの機能の画面

表 4.1: 評価項目

項目	クライアント	サーバ
OS	AndroidOS(version 9.0 以上)	CentOS 8
使用言語	Java	Python3
DB	-	SQLite

サーバ側に送信された歩行データ・バリア画像はサーバで処理する。図 4.3 はサーバ側の処理のイメージ図である。サーバへ送信された歩行データは Deep Learning で坂・階段・段差の 3 つを分類する。分類したバリア情報を位置情報に基づいて、地図にプロットする。地図はオープンソースである Open Street Map を使用する。このようにして収集した歩行データ・バリア画像は地図上に可視化され、アクセシビリティ情報としてバリアフリーマップを作成する。

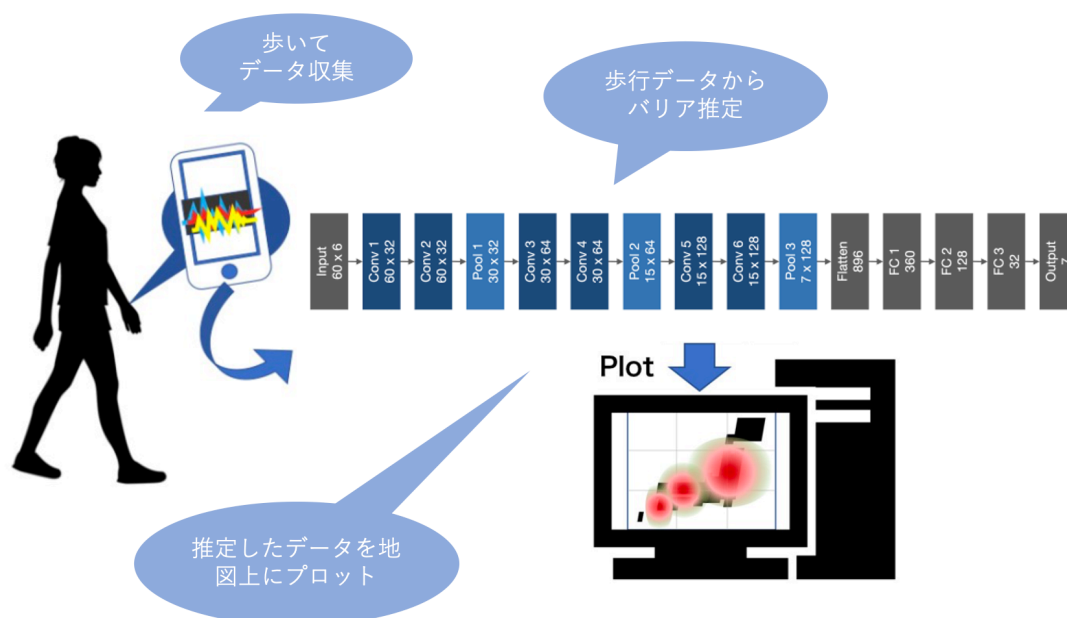


図 4.3: サーバ側のイメージ

4.2 walker システムの説明

Walker は歩行データを計測して投稿することで、歩行した場所のバリア情報を収集することができる。図 4.4 は Walker の画面である。この画面では、位置情報である緯度・経度とセンサデータである 3 軸加速度・3 軸角速度が表示される。歩行データの計測に必要な加速度・角速度は Android が提供する API を用いて取得する。ユーザは計測ボタンを押し、スマートフォンをポケットに入れて歩行することで歩行データを記録する。同ボタンを再度押すことで、計測した歩行データをサーバ側へ送信する。



図 4.4: Walker の画面

4.3 Gaming walker システムの説明

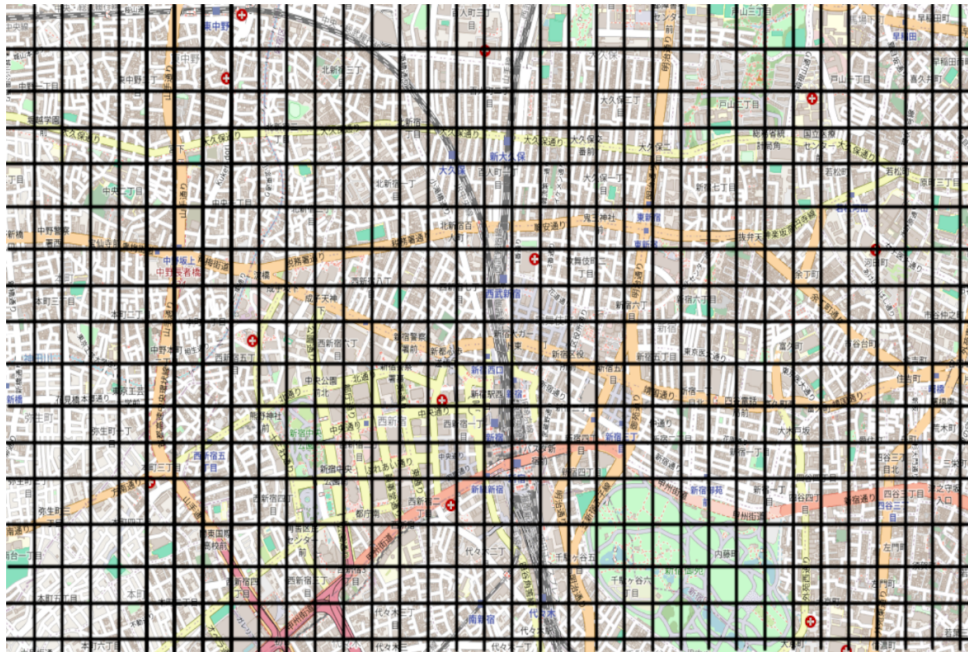
Gaming walker は walker の機能に加えてゲーミフィケーションを導入している。位置情報に連動しており、歩行した位置に対応した陣地を獲得できる位置情報連動陣取りゲームを提供している。図 4.5 は Gaming walker の画面である。この陣取りゲームはチーム戦となっている。初回にゲームを起動したとき、ユーザは赤・青のいずれかのチームを選択する。ユーザはチーム選択をすると図 4.5 の画面に遷移する。ユーザは walker 同様に、計測ボタンを 1 回押すことでデータ計測モードに移行し、ユーザは歩行することで歩行データを計測できる。そして同ボタンを再度押すことで歩行データをサーバ側に送信する。この時、歩行した距離とその位置情報によって歩行した部分に色が塗られる。塗られる色は、初回起動時に選択したチームの色で塗られる。この一連の流れを踏むことで、ユーザが歩行した位置に対応した陣地を獲得することができる。獲得した陣地に応じて、スコアが加算される。スコアの計算方式は獲得した陣地数 × 10 点で、スコアに応じてランキングが決められる。ランキングはユーザが陣地を獲得したときとユーザが Gaming walker にログインしたときの 2 回更新される。



図 4.5: Gaming walker の画面

Gaming walker は実世界をフィールドに見立てた陣取りゲームである。当システムはフィールドを緯度・経度 2.0×10^{-4} 度ずつ格子状に分割した区画を1つのエリア*(図 4.6)と定義する。実世界のフィールドでは、1つのエリアの大きさは東西 22m, 南北 18mである。ユーザはこの1つのエリア内を 5m 以上歩行することで陣地を獲得できる。ユーザが歩行した距離はユーザがアップロードした歩行データから、位置情報を抽出し、その位置情報から Vincenty 法 [34] を用いて算出した。

*OpenStreetMap. 入手先 <https://www.openstreetmap.org>



© OpenStreetMap Contributors

図 4.6: フィールドのイメージ

第5章 評価実験

本章では、歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションの誘発・維持に関する評価実験・考察について述べる。5.1節は実験の目的、5.2節は実験の概要、5.3節は実験手順、5.4節は実験結果5.5節は結果の考察についてそれぞれ述べる。

5.1 実験の目的

Gaming walker は歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持することを目的としている。ユーザが歩行データを収集することに積極的である場合、ユーザが投稿した歩行データから歩行距離やデータ計測時間、歩行データの投稿数を比較することで、歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを計測できると考える。また、収集される歩行データが増加する、歩行距離が増加するなどの変化が表れた場合、システムへのユーザの印象が変化していることも考えられる。上記から検証する評価項目として下記を測定する。

表 5.1: 評価項目

指標の種類	指標
客観指標	歩行データの投稿数 (件) 歩行距離 (m) 歩行データ計測時間 (秒)
主観指標	歩行データを収集する作業に対するモチベーションの度合い

歩行データの投稿数はサーバに格納されたデータ数から算出する。歩行距離はサーバに格納されたデータのログファイルから位置情報を取得し、Vincenty法を用いて算出する。歩行データ計測時間はサーバに格納されたデータのログファイルからタイムスタンプを取得し、計算する。実験参加者が回答するアンケート項目を表5.2に示す。アンケート項目のQ1～Q6はすべて7段階のリッカート尺度(1:全くそう思わない～7:強くそう思う)形式で回答する。Q1・Q2・Q4・Q5はモチベーションの誘発、Q3・Q6はモチベーションの維持についての質問である。さらにQ2～Q6にはそれぞれ回答した理由を自由記述方式で回答してもらった。

5.2 実験の概要

本実験では、ゲーミフィケーション要素が歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションに与える影響について検証する、使用するシステムは下記の2つである。

Walker ユーザが歩行すると歩行データを収集することができるシステム

表 5.2: アンケート

ラベル	質問内容
Q1	バリアフリーに興味を持った
Q2	歩行データを収集することは楽しかった
Q3	歩行データを収集し続けたいと思った
Q4	実験中に普段いかないところを歩いた
Q5	歩行データを収集するために外出した
Q6	歩行データ収集を今後も行いたい

Gaming walker ユーザが歩行すると歩行データを収集することができ、歩いた距離に応じて現実世界をフィールドに見立てた陣地を獲得することができるシステム。陣地の獲得状況によって、スコアが加算され、ランクが表示される。

上記2つのシステムを使用し、通常の歩行データ収集システムとゲーミフィケーションを導入した歩行データ収集システムを比較する。実験には健常歩行者で20代の学生8名が参加した。実験期間は1手法につき7日間、計14日間とした。実験中の安全面を考慮し、1日の実験時間を6:00-19:00の間とした。本実験は歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションの誘発・維持ができるか検証することが目的である。実験参加者に対して、実験主催者側から歩行データの収集量や収集する頻度などを決めてしまうと、ユーザのモチベーションに影響を及ぼしてしまうことが考えられる。よって本実験では実験参加者には一定の作業量のノルマを課さず、実験可能時間の範囲内で各々の任意のタイミングで歩行データを収集してもらうようにした。実験参加者には各手法終了毎にアンケートに回答してもらった。

5.3 実験の手順

本実験は Walker と Gaming walker の2手法で計14日間を下記の手順で行う。

- step1 実験参加者は実験開始日までに実験の手順や注意点などが記載された実験説明書を読み、アプリケーションのインストールを行う。
- step2 実験参加者は事前アンケートへの回答を行う。
- step3 実験参加者は実験者に指定された手法を7日間利用して歩行データの計測を行う。
- step4 実験参加者は7日目に利用した手法に関する事後アンケートに回答する。
- step5 もう一方の手法で Step3～Step4 を繰り返す。順序効果を相殺するため、step3で指定される手法の順序はランダムとしている。

5.4 実験の結果

5.4.1 で客観指標に関する結果, 5.4.2 で主観指標に関する結果を述べる.

5.4.1 客観指標

各手法における, 歩行データの投稿数・歩行データ計測時間・歩行距離の結果を図 5.1～5.3, 合計と平均値を表 5.3～5.5 に示す. 表 5.3～5.5 を見ると, Walker より Gaming walker のほうがそれぞれ大きい値になった. 歩行データの投稿数・歩行データ計測時間・歩行距離の各手法に対して対応ある t 検定を行ったところ, いずれの値も有意差は確認されなかった.

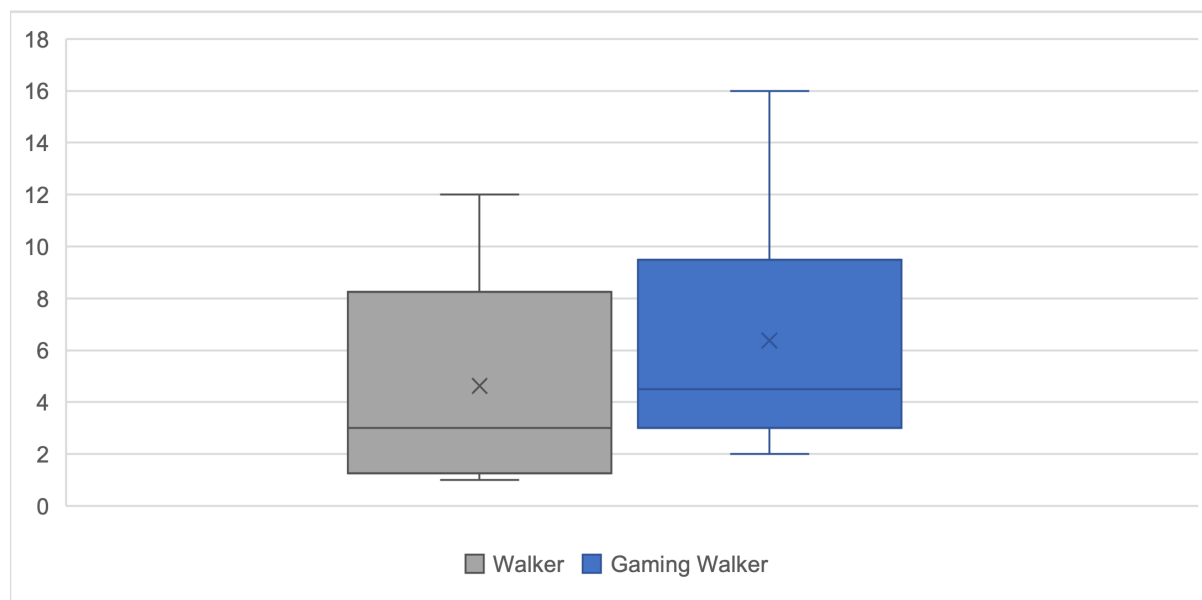


図 5.1: 歩行データの投稿数 (件, N=8)

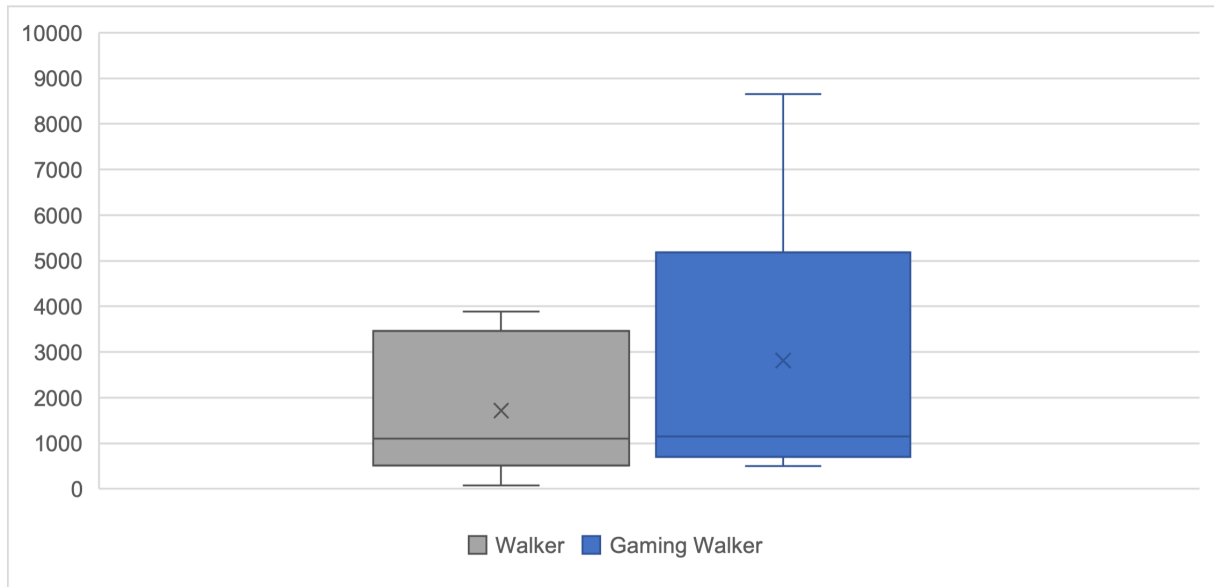


図 5.2: 歩行データ計測時間 (秒, N=8)

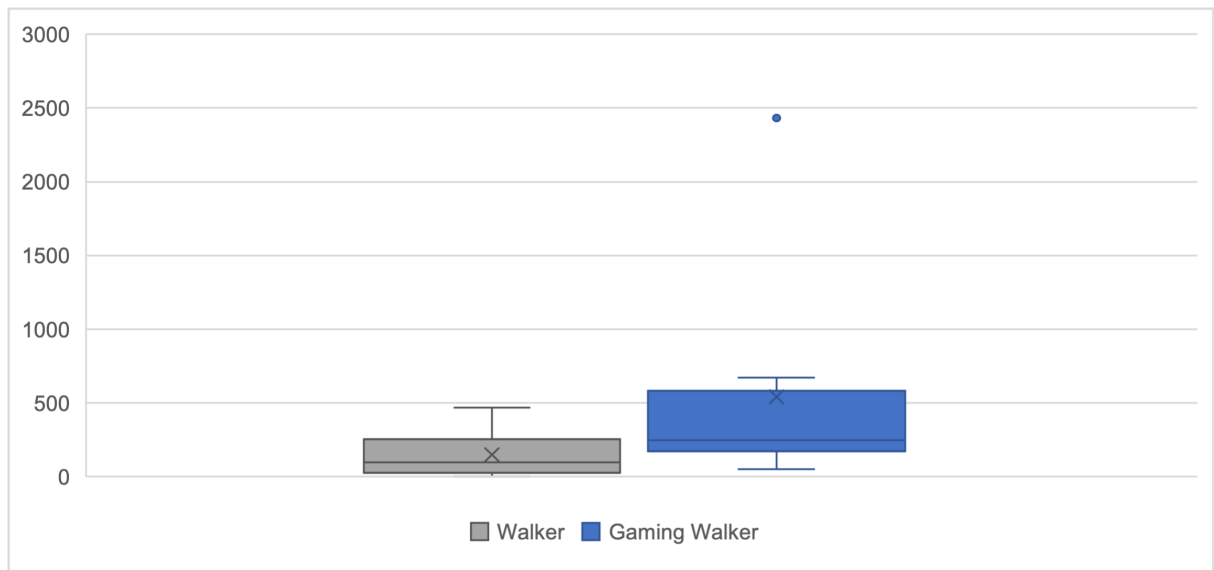


図 5.3: 歩行距離 (m, N=8)

表 5.3: 歩行データ投稿数の合計と平均 (件, N=8)

	合計	平均
Walker	37	4.6
Gaming walker	51	6.3

表 5.4: 歩行データ計測時間の合計と平均 (秒,N=8)

	合計	平均
Walker	13749.7	1718.7
Gaming walker	22519.7	2814.9

表 5.5: 歩行距離の合計と平均 (m,N=8)

	合計	平均
Walker	1189.0	148.6
Gaming walker	4331.4	541.4

5.4.2 主観指標

Q1～Q6 の回答結果を 5.2～5.7, Q1～Q6 の各質問に 5 以上と回答した割合を図 5.6 に示す. 各質問の回答結果に対して, Wilcoxon の符号順位検定を行った. Q1・Q3・Q5 では 5%水準の有意差が, Q2・Q6 では 1%水準の有意差が確認された. しかし, Q4 では有意差が確認されなかった.

表 5.6: 各質問で 5 以上と回答した割合 (% ,N=8)

	Walker	Gaming walker
Q1	37.5	75.0
Q2	0.0	87.5
Q3	12.5	75.0
Q4	37.5	50.0
Q5	12.5	37.5
Q6	12.5	75.0

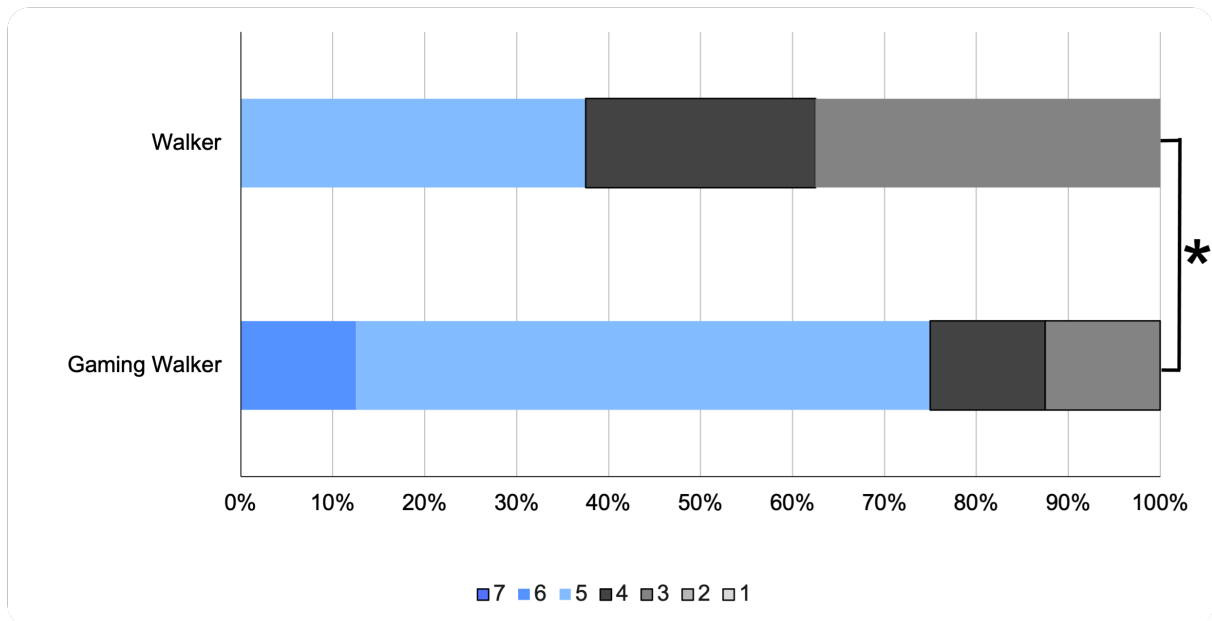


図 5.4: Q1: バリアフリーに興味を持った (1: 全くそう思わない~7: 強くそう思う, N=8)

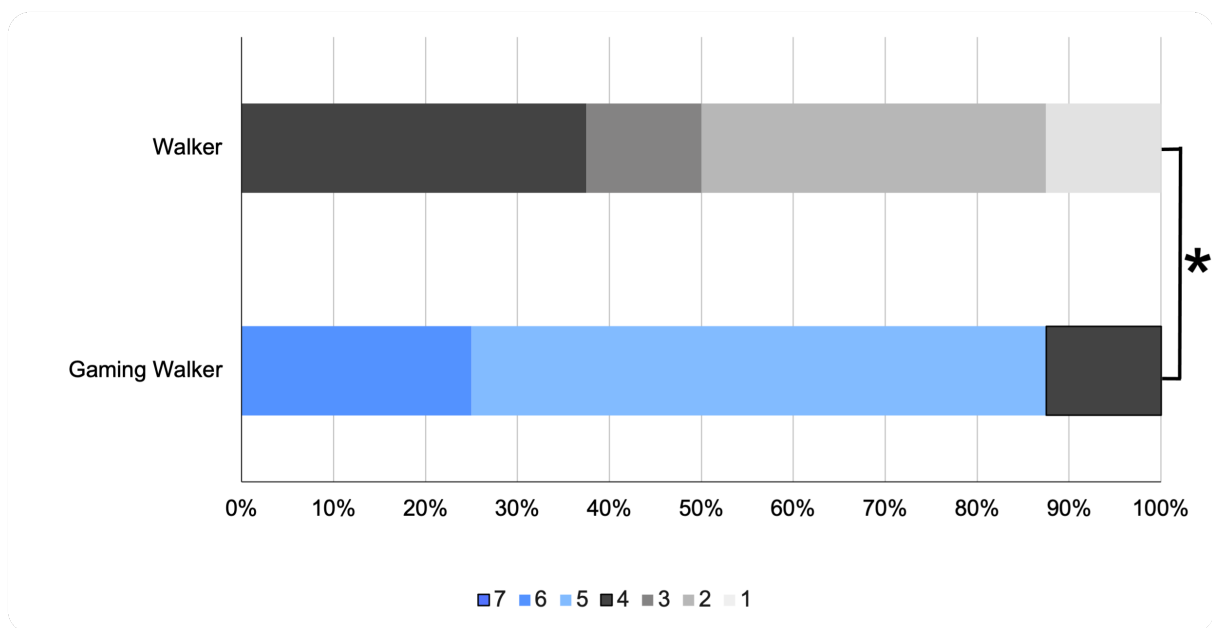


図 5.5: Q2: 歩行データを収集することは楽しかった (1: 全くそう思わない~7: 強くそう思う, N=8)

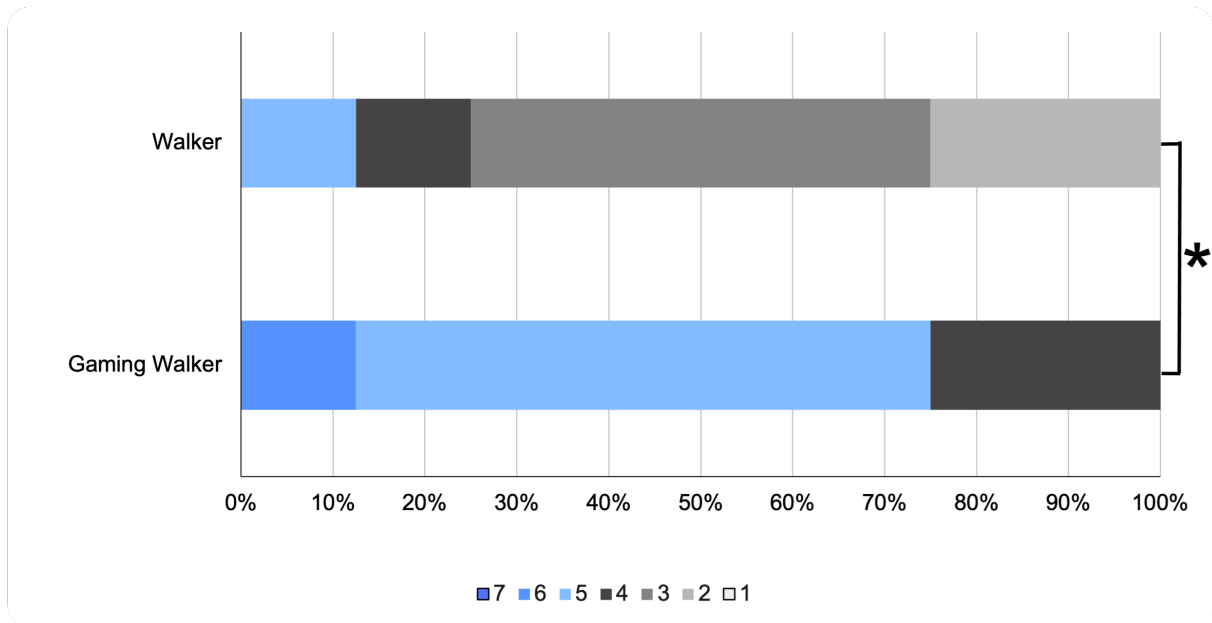


図 5.6: Q3: 歩行データを収集し続けたいと思った (1: 全くそう思わない~7: 強く思う, N=8)

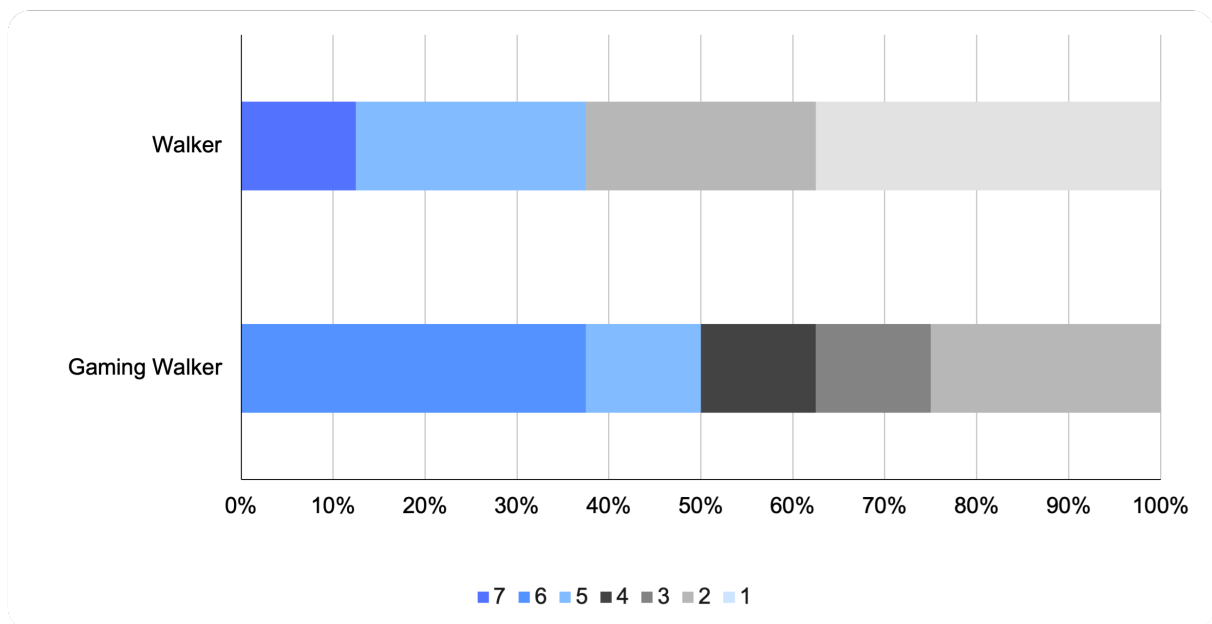


図 5.7: Q4: 実験中に普段いかないところを歩いた (1: 全くそう思わない~7: 強く思う, N=8)

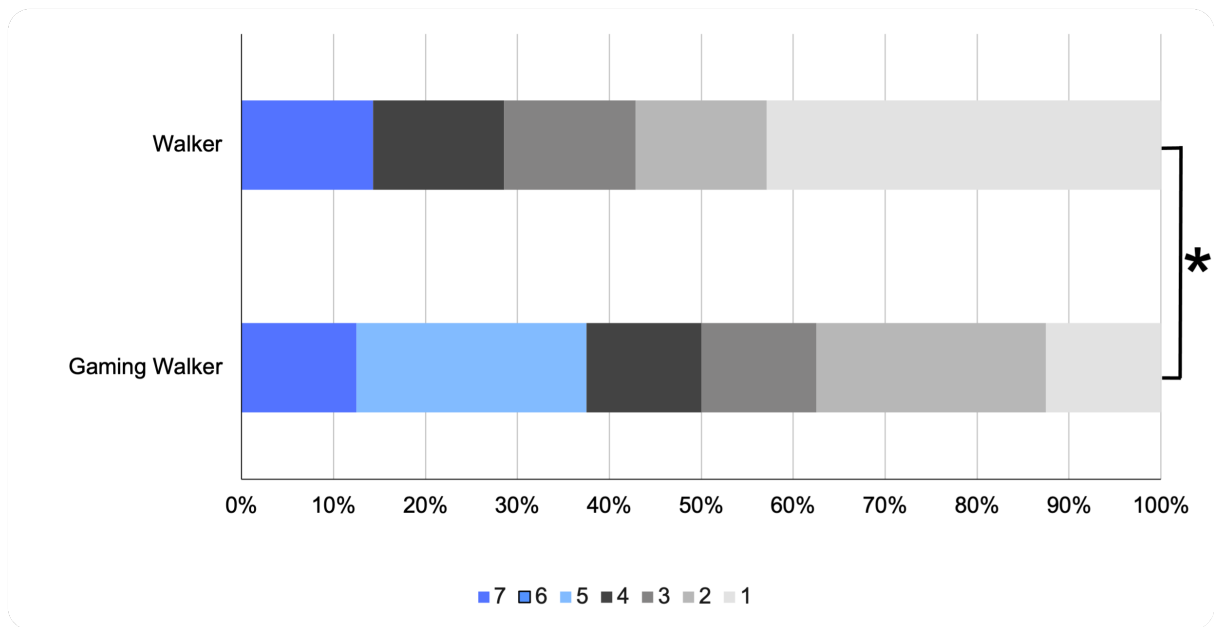


図 5.8: Q5: 歩行データを収集するために外出した (1: 全くそう思わない~7: 強く思う, N=8)

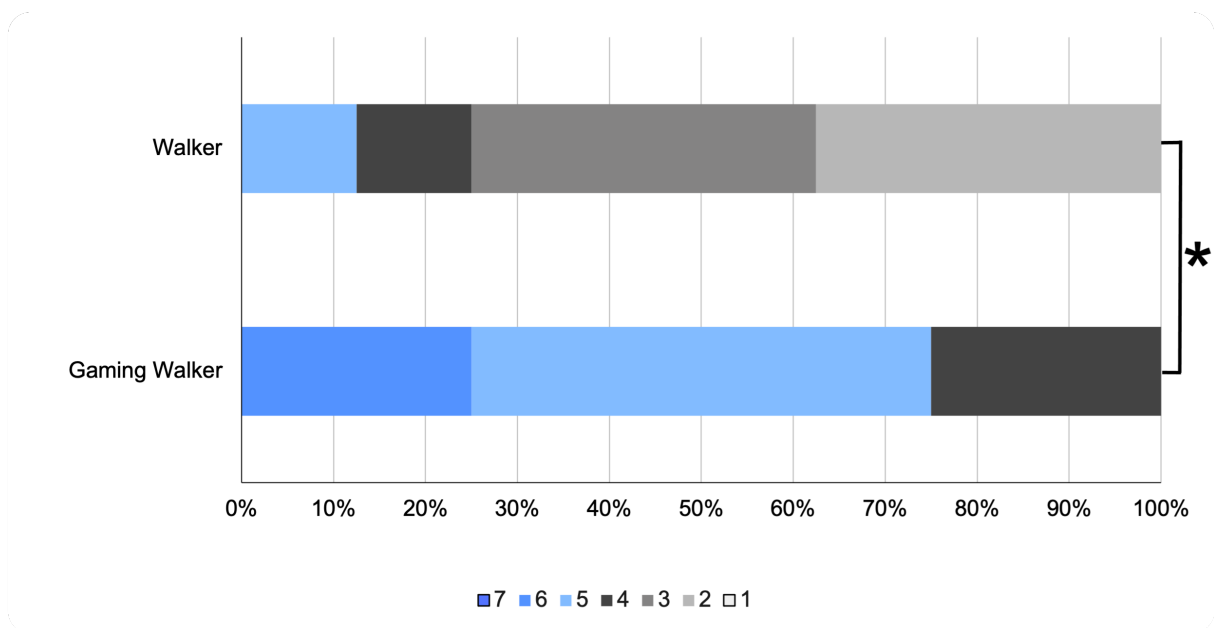


図 5.9: Q6: 歩行データ収集を今後も行いたい (1: 全くそう思わない~7: 強く思う, N=8)

5.5 考察

5.5.1 節は客観指標についての考察，5.5.2 節は主観指標についての考察を述べる。

5.5.1 客観指標の考察

客観指標である歩行データの投稿数・歩行データ計測時間・歩行距離の3つとも，有意差は確認できなかった。よって，Gaming walker による歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持する効果は見られなかった。

5.5.2 主観指標の考察

5.4.2 節で述べた結果から，Gaming walker による歩行データを収集する作業へのモチベーションを誘発することへの一定の効果があることが示唆された。

Q2の回答理由には「自分のチームの陣地が広がることに楽しさを感じた」，「歩行データを収集することで，ポイントを獲得することができ，順位が何位か表示されるから」，「陣地を取ることでスコアが増えていくので，ただ歩くよりも楽しく感じた」などの回答が得られた。このことから，陣地をとる行為や陣地をとる行為によって得られるポイントの獲得や順位の表示，陣地の表示といったフィードバックにはユーザを楽しませる要素として一定の効果があることが示唆される。

Q3の回答理由には「陣地を増やすことが楽しい」，「歩行データの収集過程が視覚的に確認でき，モチベーションになる」などの回答が得られた。このことから，陣地を獲得することによって得られる視覚的なフィードバックはユーザのモチベーションを誘発させる要素になることが確認された。しかし，一方で「陣地を取るだけでは，飽きが来てしまう」，「ゲームをプレイし始めたときは楽しかったが，ある程度やると面白さを感じなくなった」などの回答も得られた。この回答が得られたことにより，今後はよりユーザのモチベーションを誘発・維持するためによりユーザを楽しませ，かつ飽きさせないような要素を追加する必要があると考えられる。

Q4の回答理由には「少しだけ寄り道はしたが，大きく道を変えることはしなかった」，「使い慣れている道のほうが歩きやすい」などの回答が得られた。このことから，現状のシステムにはユーザに寄り道や大幅にルートを変えさせるような効果はないことが確認された。

Q5の回答理由には「陣地をとることがモチベーションになった」，「どのようなゲーム体験なのか試したくなった」などの回答が得られた。この結果からゲームがトリガーとなって歩行データを収集するモチベーションになっていることが散見された。

Q6の回答理由には「どこまでスコアを伸ばせるかやってみたい」，「外出中に遊ぶにはちょうどいい」などの回答が得られた。しかし，一方で「もっと陣取りゲームとしての競争性やほかのゲーム要素が欲しい」，「これをずっと続けるには飽きがきて難しい」などの回答も得られた。この結果から，ゲームとして一定の需要はあるものの，人によっては飽

きてしまい、続けてプレイするモチベーションがないということが確認された。今後はそのような飽きが来るのが早いユーザを取り込めるよう、ゲーム要素を追加する必要があると考える。

本実験では、7日間各手法を利用してもらい、モチベーションを誘発・維持することへの効果が少なくとも7日間の間では確認された。しかし、これを1か月間・半年間、またはそれ以上の期間利用し続けてもらうことに関しては未検証であり、期間を長くした場合にモチベーションを維持できなければ、当初の目的であるモチベーションの維持を達成したとは言えない。今後はユーザがよりモチベーションを維持しやすいよう、陣地に付加価値をつける・相手陣地を攻略するといったよりやりこみ要素のある機能を追加する必要があると考える。

第6章 結論

先行研究では、歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持する方法としてゲーミフィケーションを利用した歩行データ収集システムを提案してきた。この手法を比較検証した結果、通常の歩行データ収集システムに比べて歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発する効果が見られた。しかし、この検証は3日間という短期間でのユーザのモチベーションを調査したのみであり、投稿される歩行データの数・歩行距離といった定量的なデータを用いた比較がされていない。先行研究では歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持できているかを十分に検証できているとは言えない。本稿では、定量的なデータを含め、歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションの誘発・維持ができるか検証を行った。アンケートの回答結果から、ユーザのモチベーションを誘発する一定の効果があることが示唆された。しかし、定量的なデータである歩行データの投稿数・歩行データ計測時間・歩行距離ではいずれも手法間に有意差は確認されなかった。アンケートの結果からはユーザのモチベーションを誘発することに効果がある結果となったが、それが定量的なデータに表れていない。この結果から、現状のシステムではユーザにとって歩行データを収集するモチベーションになるには弱いということが確認された。また、これを1か月・半年間、およびそれ以上の期間の長期間にわたってシステムを利用したときのモチベーションを誘発・維持できるかは未検証である。今後は、長期間歩行データを収集する作業に対するユーザのモチベーションを誘発・維持することを目標としていく。そのためにはまず、1か月・半年間及びそれ以上の期間といった長期間の実験を設け、ユーザのモチベーションを誘発・維持できるか検証する。また、現状のシステムに加えて、ユーザが長期間プレイしたいと思えるよう、ユーザに飽きを感じさせないシステムを構築する必要がある。その際、実際にシステムを利用してもらい、ユーザのモチベーションの誘発・維持に改善がみられるか検証する予定である。

謝辭

本研究と論文の作成にあたり、ご指導を頂いた卒業論文指導教員の宮田章裕教授に感謝いたします。本研究を行うに当たって研究内容の取り組みにご協力いただいた、日本大学の前田真志さん、村山優作さん、奥川和希さん、呉健朗さん、情報経営イノベーション専門職大学の落合慶広准教授、及び津田塾大学特任研究員の村山優子先生に感謝申し上げます。そして、卒業論文の発表を合同で聴講していただいた大澤正彦助教・谷聖一教授に感謝申し上げます。

本研究は JSPS 科研費 JP19H04160 の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] Wheelog!. <https://wheelog.com/hp/>.
- [2] 国土交通省：歩行空間ネットワークデータ整備仕様案. <https://www.mlit.go.jp/common/001244374.pdf> (accessed 2021-11-15).
- [3] Juha Parkka, Luc Cluitmans, and Miikka Ermes. Personalization algorithm for real-time activity recognition using pda, wireless motion bands, and binary decision tree. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 14, No. 5, pp. 1211–1215, 2010.
- [4] Yuki Kurauchi, Naoto Abe, Hiroshi Konishi, and Hitoshi Seshimo. Barrier detection using sensor data from multiple modes of transportation with data augmentation. *In Proceedings of 2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference*, pp. 667–675, 2019.
- [5] Akihiro Miyata, Kazuki Okugawa, Yuki Yamato, Tadashi Maeda, Yusaku Murayama, Megumi Aibara, Masakazu Furuichi, and Yuko Murayama. A crowdsourcing platform for constructing accessibility maps supporting multiple participation modes. *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2021.
- [6] 大和佑輝, 奥川和希, 呉健朗, 粟飯原萌, 古市昌一, 宮田章裕. ゲーミフィケーションを用いたバリア検出のための歩行データ収集システム. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 25, No. 1, pp. 12–20, 2020.
- [7] Takahiro Miura, Ken ichiro Yabu, Sakutaro Ikematsu, Asuka Kano, Mari Ueda, Junya Suzuki, Masatsugu Sakajiri, and Tohru Ifukube. Barrier-free walk: A social sharing platform of barrier-free information for sensory/physically-impaired and aged people. *2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 2927–2932, 2012.
- [8] 山本千尋, 船越要, 小長井俊介, 小西宏志, 川野辺彰久. 歩行者移動支援のためのバリアフリー関連情報収集手法の提案. *信学技報*, Vol. 116, No. 23 LOIS2016-8, pp. 39–44, 2016.

-
- [9] 山本千尋, 船越要, 小西宏志, 落合慶広, 川野辺彰久. バリアフリーマップをソーシャルにつくる技術の開発. NTT 技術ジャーナル 2016 年 5 月号, pp. 21–24, 2016.
- [10] Sozialhelden e.v. 2010 wheelmap <https://wheelmap.org>.
- [11] Yukiko Oda, Yoichi Oda, Setsuko Kanai, Kosuke Sato, Zong Shichun, and Hiroto Ohuchi. Design methods of urban and regional space utilizing wheelchair probe information. *International Journal of Advances in Computer Science Its Applications* 8, No. 2, pp. 53–58, 2018.
- [12] Jorge Goncalves, Vassilis Kostakos, Simo Johannes Hosio, Evangelos Karapanos, and Olga Lyra. Includcity: Using contextual cues to raise awareness on environmental accessibility. . In *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, No. 17, pp. 1–8, 2013.
- [13] Jakob Eriksson, Lewis Girod, Bret Hull, Ryan Newton, Samuel Madden, and Hari Balakrishnan. The pothole patrol: Using a mobile sensor network for road surface monitoring. *Proceedings of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services*, pp. 29–39, 2008.
- [14] Prashanth Mohan, Venkata N. Padmanabhan, and Ramachandran Ramjee. Nericell: Rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones. *SenSys '08: Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems*, pp. 323–336, 2008.
- [15] 石田眞二, 亀山修一, 岳本秀人, 姫野賢治, 鹿島茂. 車椅子の走行負荷に基づいた歩道の路面凹凸評価方法. 土木学会論文集, Vol. 62, No. 2, pp. 295–305, 2006.
- [16] Kai Huotari and Juho Hamari. Defining gamification: a service marketing perspective. *Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference*, pp. 17–22, 2012.
- [17] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart Nacke. From game design elements to gamefulness: defining gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, pp. 9–15, 2011.
- [18] Juho Hamari and Vili Lehdonvirta. Game design as marketing: How game mechanics create demand for virtual goods. In *International journal of business science and applied management*, pp. 14–29, 2010.
- [19] Juho Hamari, Jonna Koivisto, and Harri Sarsa. Does gamification work? - a literature review of empirical studies on gamification. In *Proceedings of the 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 3025–3034, 2014.

- [20] 市村哲. migaco : 子供が楽しく歯みがきが行えるようにするための歯ブラシ動作計測機能付きアプリケーション. 情報処理学会論文誌, Vol. 61, No. 1, pp. 95–102, 2020.
- [21] 市村哲, 矢澤崇史, 戸丸慎也, 渡邊宏優. 家事をゲーミフィケーション化する試み～掃除への適用～. マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム (2014), pp. 1285–1290, 2014.
- [22] 長谷川達人, 葭田護. ゲーミフィケーションを用いたスマホ依存抑制のための画面ロックアプリケーション. 研究報告コンピュータと教育 (CE) , Vol. 2017-CE-139, No. 10, pp. 1–10, 2017.
- [23] 高橋公海, 川崎仁史, 前田篤彦, 中村元紀. 街歩きによる高齢者の社会的孤立の防止～ソーシャルマッチングとゲーミフィケーションを用いたアプローチの検証～. 研究報告高齢社会デザイン, Vol. 2016-ASD-4, No. 6, pp. 1–8, 2016.
- [24] Maximilian Witt, Christian Scheiner, and Susanne Robra-Bissantz. Gamification of online idea competitions: Insights from an explorative case. Proc. INFORMATIK '11- Informatik schafft Communities 41. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, pp. 392–392, 2011.
- [25] Luis Von Ahn and Laura Dabbish. Labeling images with a computer game. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 319–326, 2004.
- [26] Bruno Simoes and Raffaele D Amicis. Gamification as a key enabling technology for image sensing and content tagging. *Intelligent interactive multimedia systems and services of the series smartinnovation, systems and technologies*, Vol. 55, pp. 503–513, 2016.
- [27] Christian Menkens, Julian Sussmann, Miriam Al-Ali, Emanuel Breitsameter, Jelena Frtunik, Tobias Nendel, and Tobias Schneiderbauer. Easy-wheel - a mobile social navigation and support system for wheelchair users. *2011 Eighth International Conference on Information Technology*, pp. 859–866, 2011.
- [28] Catia Prandi, Marco Roccetti, Paola Salomoni, Valentina Nisi, and Nuno J Nunes. Fighting exclusion: A multimedia mobile app with zombies and maps as a medium for civic engagement and design. *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 76, pp. 4951–4979, 2017.
- [29] 村山優作, 奥川和希, 前田真志, 古田瑛啓, 呉健朗, 宮田章裕. ゲーミフィケーションを利用したバリア画像収集システムの実装. 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア、分散、協調とモバイル (2021), pp. 404–411, 2021.

-
- [30] 宮田章裕, 王統順, 荒木伊織, 篠崎涼太. 健常歩行者センサデータからのバリア検出のための屋内外別機械学習方式. 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 9, pp. 1774–1782, 2018.
- [31] Akihiro Miyata, Iori Araki, and Tongshun Wang. Barrier detection using sensor data from unimpaired pedestrians. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Virtual, Augmented, and Intelligent Environments*, 2018.
- [32] 宮田章裕, 荒木伊織, 王統順, 鈴木天詩. 健常歩行者センサデータを用いたバリア検出の基礎検討. 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 1, pp. 22–32, 2018.
- [33] Jennifer R Kwapisz, Gary M Weiss, and Samuel A Moore. Activity recognition using cell phone accelerometers. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, Vol. 12, No. 2, pp. 74–82, 2010.
- [34] Vincenty Thaddeus. Geodetic inverse solution between antipodal points. 1975.

付録

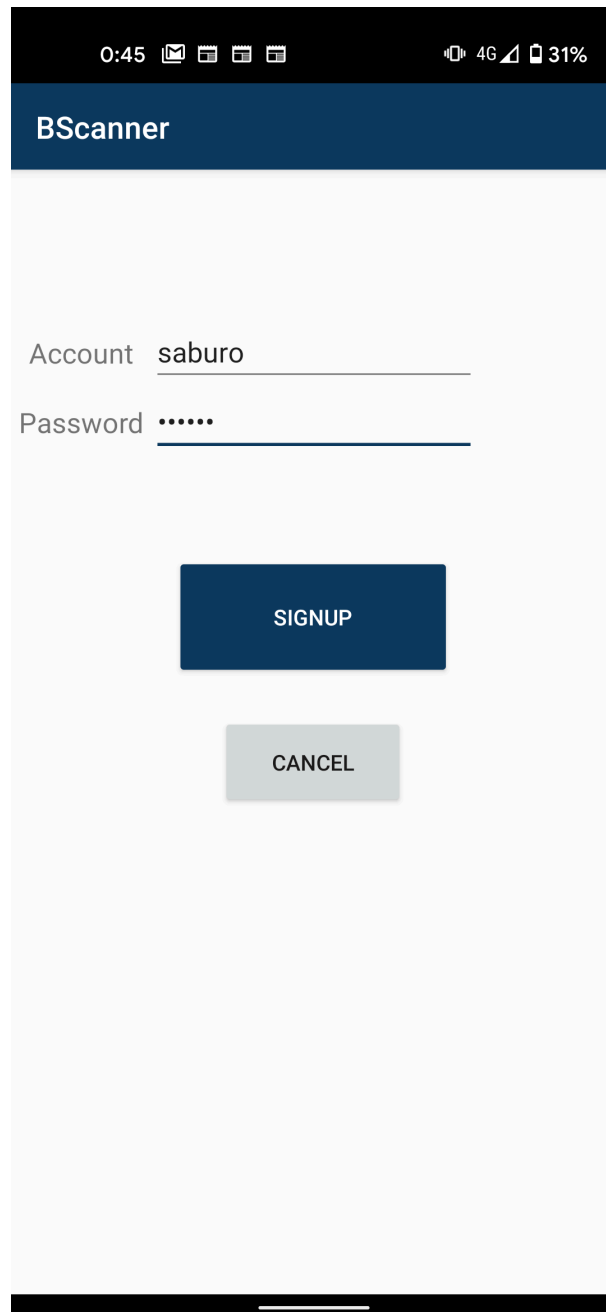


図 A.1: 付録 BScanner ユーザ登録画面

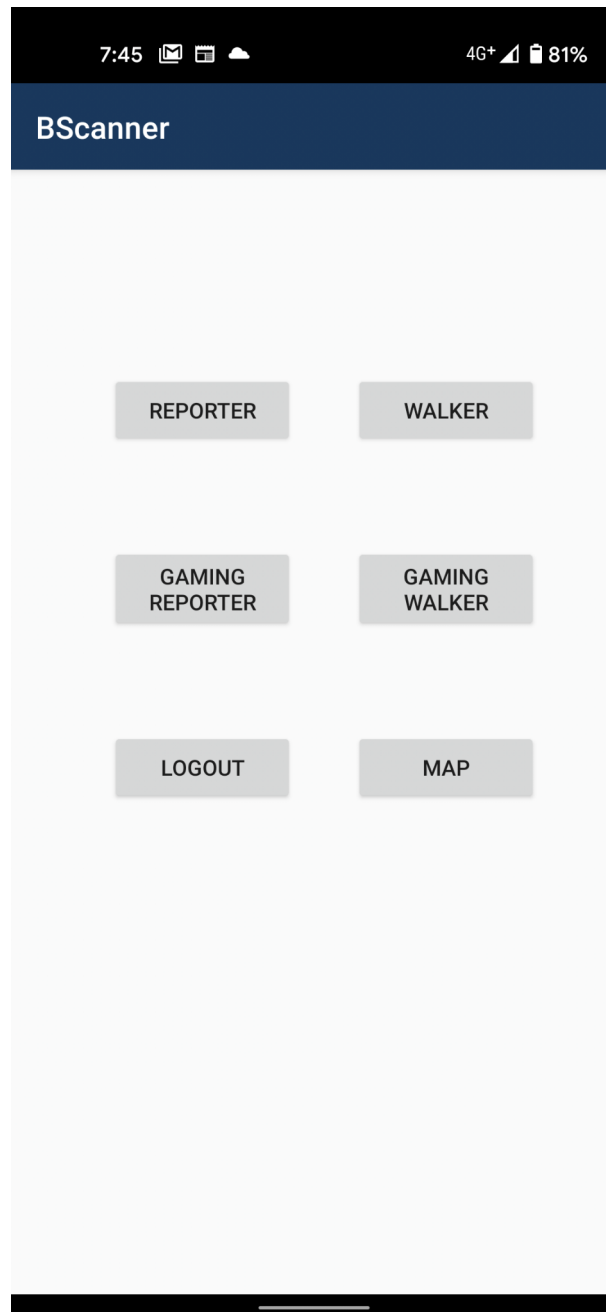


図 A.2: 付録 BScanner ホーム画面



図 A.3: 付録 BScanner 位置情報許可画面

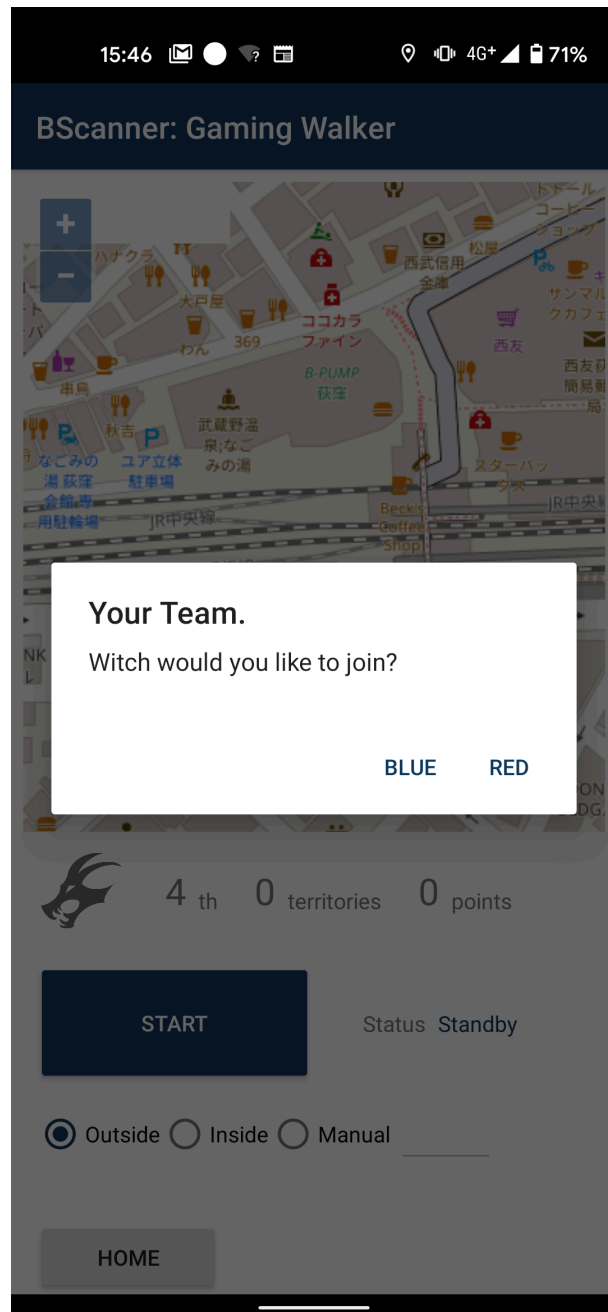


図 A.4: 付録 Gaming walker チーム選択画面

研究業績

研究会・シンポジウム

- (1) 古田瑛啓, 奥川和希, 呉健朗, 宮田章裕: 陣取りゲーム要素を導入した歩行データ収集システムの検証, 情報処理学会古田瑛啓インタラクション 2022 論文集 (2022 年)
- (2) 古田瑛啓, 大河原巧, 村山優作, 呉健朗, 宮田章裕: 実世界オブジェクトを用いた生活空間内における事故予測支援システムの実装, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2021), Vol.2021, pp.716–721 (2021 年 7 月).
- (3) 村山優作, 奥川和希, 前田真志, 古田瑛啓, 呉健朗, 宮田章裕: ゲーミフィケーションを利用したバリア画像収集システムの実装, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2021), Vol.2021, pp.404–411 (2021 年 6 月).
- (4) 村山優作, 大和佑輝, 奥川和希, 前田真志, 古田瑛啓, 宮田章裕: ゲーミフィケーションを適用したバリア画像収集方式のコンセプトの提案, 情報処理学会インタラクション 2021 論文集, pp.767–770 (2021 年 3 月).
- (5) 古田瑛啓, 大河原巧, 村山優作, 富永詩音, 呉健朗, 宮田章裕: 実世界オブジェクトを用いた生活空間内における事故予測支援システムの試作, 情報処理学会インタラクション 2021 論文集, pp.621–623 (2021 年 3 月).