

歩行移動時の運動量を増加させる AR ステップ誘導システムの検討

島谷 優佑¹ 井上 亮文²

概要: 歩行時のフットワークには、前方移動の際に左右の足を交互に踏み出す通常のステップ以外にも、側方移動の際に体の前で左右の足を前後に交差させるクロスステップや、交差させないサイドステップなど様々な種類が存在する。それらの一部は通常の歩行動作よりも運動量を増加させることが知られている。我々が提案するシステムでは、AR グラスを装着したユーザが歩行動作をする際に、足で踏むと視聴覚エフェクトが発生するアクションタイルを床面に重畳表示する。システムはこのアクションタイルの踏みつけに対してゲーミフィケーションの要素を導入する。まず、左右の足とアクションタイルとの接触有無やそのタイミングに応じてスコアを算出し、その度合いに応じて視聴覚エフェクトを切り替える。これに加えて、一定時間または一定の歩数を歩いた後に、踏みつけスコアの累計を達成度として表示する。前者の機能により、ユーザが移動時に自然と運動量の大きいステップを実践するよう促す。後者の機能により、ユーザの運動継続意欲の向上を図る。本稿では HoloLens2 を用いた最初のプロトタイプについて述べる。

1. はじめに

個人が生き生きと過ごしていくために、健康寿命の延伸とそれによる健康長寿社会の実現が求められている [1]。持続可能でよりよい世界を目指す国際目標 SDGs においても、その目標 3-4 において、「感染症以外の病気で人々が速く命を失う割合を 3 分の 1 減らす」ための予防や治療を勧めている [2]。これらを実現することができれば、医療及び介護費用の抑制や社会保障の持続可能性も高まる。

日本の健康をめぐる状況に注目すると、食事・運動・喫煙などの習慣がその発症や進行に関与する生活習慣関連疾病（生活習慣病）が死因の 6 割を占めている。同時に、現代社会のさまざまなストレスから心の病にかかる人も増え続けている。心身の健康を保つためには、食事や睡眠だけでなく、適度な運動が必要である。1 日の歩行時間や歩数が増えれば循環器病や生活習慣病による死亡者数が減少することが報告されている [3]。このような背景から、我が国では 1980 年代から運動習慣の普及に重点を置いたさまざまな政策が施行されてきた。

健康のために関心があることとして運動やスポーツを挙げる人は多いが、実際に行動に移し、それを継続できる人は少ない。調査によれば、1 回 30 分以上の運動を週 2 日以

上実施し、それを 1 年以上継続している人は全体で 3 割程度となっている [4]。運動が継続しない理由の 1 つは、そのための時間的な余裕がないことである。実際、30～50 代の継続率が全体に比べて低くなっていることからそれが明らかである。もう 1 つの理由は運動の単調さや負荷の強さに起因する厭倦である。

著者らは、「健康を目的とした運動」が時間的制約や意欲継続にそぐわないことに着目した。本研究では、健康のための運動ではなく、通勤・通学などの日常生活において必然的に発生する行動の運動負荷を高めるアプローチを採用する。中でも屋内外問わずに行われる歩行移動時のフットワークに着目し、ユーザが自然と大きいステップを実践するように促すと共に、運動継続意欲が向上する工夫を導入する。この目的を達成するために、歩行移動時の運動量を増加させる AR ステップ誘導システムを提案する。

本システムでは、ユーザは AR グラスを装着した状態で歩行移動を行う。その際、システムは床上に左右の足の接地を促すアクションタイルを重畳表示する。ユーザがシステムの指示する足でアクションタイルを踏みながら歩くことで、自然と運動量の大きい歩行動作を誘発することができる。加えて、ユーザが適切な足及びタイミングでアクションタイルを踏むと、視聴覚エフェクトが発生し、ユーザの気分を高揚させる。システムは足とアクションタイルとの接触有無やそのタイミングに応じてスコアを算出するゲーミフィケーションの要素も提供する。本システムは健

¹ 東京工科大学大学院
Tokyo University of Technology Graduate School

² 東京工科大学
Tokyo University of Technology

康のための運動ではなく、日常生活における歩行動作の負荷を高め、かつ、その継続を支援する。

2. 関連研究

本章では、運動量増加に関する研究を示し、本研究の位置づけを明らかにする。

2.1 運動力学による運動量増加

伊東らは歩行移動時の方向転換動作について支持側下肢に必要な機能について調査を行った [5]。方向転換動作は、側方移動の際に体の前で左右の足を前後に交差させるクロスステップと、交差させないサイドステップの大きく二つに分けられる、これら二種類の方向転換動作に直進を加えた三つのパターンを比較した結果、クロスステップでは大殿筋と大腿筋膜張筋の筋活動が、サイドステップでは大殿筋上部線維の筋活動が、それぞれ直進よりも高まっていることが確認された。この結果から、歩行時に直進だけではなくクロスステップやサイドステップを取り入れることで運動量を増加させられることが示唆される。

2.2 システムによる運動量増加支援

鈴木らはゲーミフィケーションを取り入れることで、日常の中で少しずつ運動量を増やすシステムの開発を行った [6]。このシステムのユーザは BLE ビーコンを扱うスマートフォンアプリを持って目的地に向かって歩く。その際、本来の移動経路から外れた場所にチェックポイントを設置する。チェックポイントの近くを通ると、ユーザのスマートフォンアプリに BLE ビーコンを通してポイントが付与される。ユーザはこのポイントに応じて景品を獲得できる。ユーザにはポイントを獲得したいという意欲が生まれ、そのために遠回りになる経路を選択することが増える。実験の結果、システムがユーザの歩行継続と運動量増加に効果があることを報告している。

諸戸らは階段利用時間に応じた報酬を 拡張現実 (以降、AR) として提示することで楽しくするシステムの開発を行った [7]。本システムのユーザはカメラ付きの頭部装着型ディスプレイ (以降、HMD) を身につけて階段を上る。システムはユーザが階段を上っている時間を計測し、その合計に応じた報酬画像を HMD 越しに拡張現実オブジェクトとして提示する。実験の結果、報酬画像による視覚的な楽しさを体験したいという欲求が生じ、階段の利用意欲が向上したと報告している。

2.3 ゲーミフィケーションを用いた研究

吉野らは AR を用いて省エネルギー化を促すシステムを提案した [8]。このシステムは電源プラグの差し込み口を AR マーカーとして用いる。ユーザが電源プラグを抜くと、差し込み口の近くに表示される AR キャラクターが成長し、その外見が徐々に変化していく。ユーザはキャラクターの成長した姿を見たいという欲求にかられ、電源プラグを抜く習慣が身に付くことが期待される。実験の結果、多くのユーザがシステムの利用を継続したことが報告されている。

小笠原らは床面の映像とインタラクションする歩行リハビリ支援システムを開発した [9]。このシステムはプロジェクターを用いて床面に映像を投影し、ユーザがその上を歩行する。システムはユーザの足の接地位置を二次元測域センサーで取得し、その付近の映像をインタラクティブに変化させる。システムでは、ユーザの歩行意欲を促す例として落ち葉と雪面の映像を、ユーザに特定の歩行動作を促す例として特定の模様を踏みながら (避けながら) 歩くゲームを例示している。

小笠原らは床面の映像とインタラクションする歩行リハビリ支援システムを開発した [9]。このシステムはプロジェクターを用いて床面に映像を投影し、ユーザがその上を歩行する。システムはユーザの足の接地位置を二次元測域センサーで取得し、その付近の映像をインタラクティブに変化させる。システムでは、ユーザの歩行意欲を促す例として落ち葉と雪面の映像を、ユーザに特定の歩行動作を促す例として特定の模様を踏みながら (避けながら) 歩くゲームを例示している。

2.4 本稿の位置付け

これまでの運動量増加システムは 2.2 節の研究のように運動時間を長くすることで運動量を増やしていた。しかし、1 章で述べたように、運動をやめてしまう主な原因の 1 つは運動時間がないことである。本研究では、時間の延長ではなく、運動そのものの負荷を高めることを目指す。

運動をやめてしまうもう 1 つの原因は、運動そのものへの飽きや疲れからくる厭倦である。本研究では、健康のための運動ではなく、通勤や通学などで必然的に発生する歩行の負荷を高めることを目指す。その具体的な手段として、2.3 節のアプローチを参考に AR とゲーミフィケーションを組み合わせ、2.1 節で述べた負荷の高いステップを誘発させる。

3. ステップ誘導システム

本研究では足で踏むと視聴覚エフェクトが発生するアクションタイルを床面に重畳表示するシステムを提案する。

3.1 システム概要

図 1 に本システムの概要図を示す。本システムでは被験者に AR グラスを装着してもらう。これにより、足で踏むと視聴覚エフェクトが発生し、運動量の大きいステップに誘導する現実に存在しないアクションタイルをユーザの視界に表示する。タイルの配置例として図 2a にクロスステップに誘導するタイルの配置、図 2b にはサイドステップに誘導するタイルの配置を示す。

3.2 アクションタイル

以下にアクションタイルの機能要件を提示する。

- アクションタイルの配置
- アクションタイルの生成位置
- 踏まれた判定

本システムはユーザに運動量の大きいステップを踏ませ

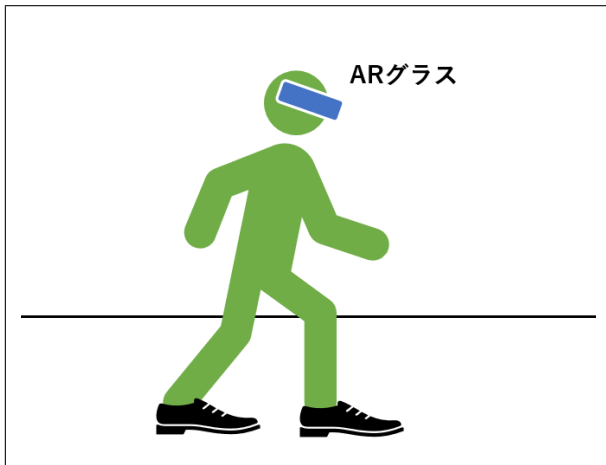


図 1: システム概要図

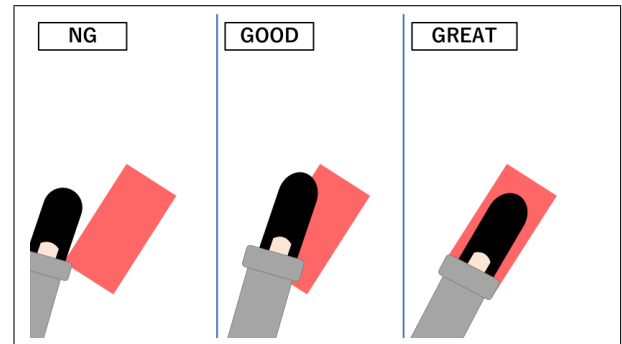


図 3: スコア評価方法



(a) クロスステップに誘導するアクションタイルの配置



(b) サイドステップに誘導するアクションタイルの配置

図 2: アクションタイルの配置

ることを目的としているため、通常の歩行移動よりも運動量の大きいクロスステップやサイドステップに誘導したい。そのため、タイルの配置は、自然と大きいステップを踏ませられるような配置を考慮する必要がある。

アクションタイルの生成位置について、壁の中や、タンクなどの障害物と被った場所にアクションタイルが生成されてしまうことは避けたい。なので、障害物を認識した際、それらを避け、ユーザが歩けるルートにタイルを配置するように考慮する必要がある。また、配置するタイルの角度を設定しておくことで足の置き方をより正確に誘導する。ユーザがタイルを一枚踏んだ際タイルをもう一枚、ユーザが歩くルート上に追加する。そうすることでシステムを使用し続けることが可能であると考え。

アクションタイルは踏まれた際に、スコアの付与、視聴覚エフェクトを発生させるなどのゲーミフィケーションをシステムに付与している。それによりユーザに楽しさを

与えることで継続意欲の向上を狙う。そのため、アクションタイルをユーザが踏んだという判定を考慮する必要がある。

3.3 ゲーミフィケーション

アクションタイルにはゲーミフィケーションを付与する。アクションタイルをユーザが踏んだ際、正しい足で踏めた場合と正しくない足で踏んだ場合で視聴覚エフェクトを異なるものにする。自然とどちらの足でどのタイルを踏めば良いかを判断させる。正しい足でタイルを踏む際も、踏むまでの時間、足の接地位置、足の角度により図 3 のように NG, GOOD, GREAT の三段階に分け、スコアに差をつける。また、タイルを踏める制限時間を設ける。今回は x 秒を制限時間としタイルは x 秒後に消えてしまうものとする。タイルが消えてしまったらそのステップのスコアは NG となる。次のタイルを踏むまでに、「余計なステップを踏まずに踏むことが出来たか」の判定も行い余計なステップを踏んでしまった場合はスコアを減点する。最後に、一定時間または一定の歩数を歩いた後に、踏みつけスコアの累計を達成度として表示する。これらの機能でユーザの運動継続意欲の向上を図る。

4. プロトタイプ

4.1 実装したプロトタイプ

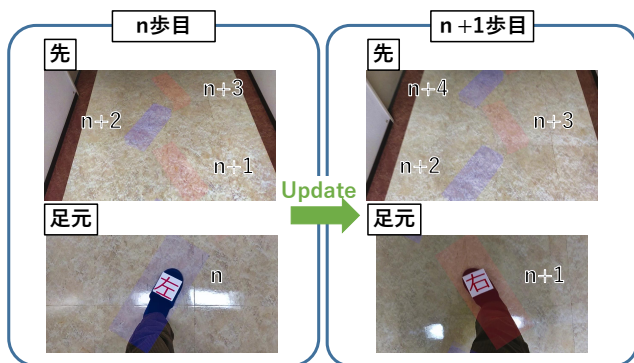
図 4 にプロト版の全体図を示す。今回システムのプロトタイプを実装する際、AR グラスにはマイクロソフト社の HoloLens2 を利用した。プロトタイプでは、足に AR マーカーを用いることで足の判定を行った。AR マーカーを用いたため、足の判定を行うためには図 5 のように足につけた AR マーカーを視界に入れながら歩く必要がある。アクションタイルは踏まれた判定をされると消え、ユーザが歩くルートの続きに新しいタイルが一枚生成される。アクションタイルは運動量の大きいステップに誘導する配置として、クロスステップとサイドステップに誘導する配置を実装した。図 6a と図 6b に今回実装したユーザの視界を示す。



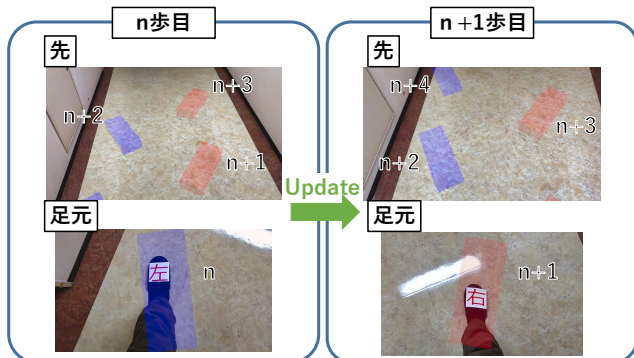
図 4: プロトタイプ概要



図 5: プロトタイプの視点



(a) クロスステップに誘導するアクションタイル



(b) サイドステップに誘導するタイルの配置

図 6: アクションタイルの配置

4.2 今後の実装

今回作成したプロトタイプでは足の判定を AR マーカー

を用いて行っている。今後は、カメラによる画像処理や別のセンサーを用いて行う。また、アクションタイルについて、今回の実装ではゲーミフィケーションの付与を行っていない。必要な実装として視聴覚エフェクトや適切な制限時間の選定、踏まれた際の細かな判定の実装。タイルの配置位置に関しては、壁やタンスなどの障害物の認識を行い障害物を避けてアクションタイルの配置を行うような実装が必要になると考えられる。

4.3 実験の手順

被験者には第三章で提案システムの導入された AR グラスとスマートウォッチを装着してもらう。実験の手順を以下に示す。

- (1) 通常時の心拍数を計測する
- (2) 提案システムを利用しない状態で歩行移動を一定距離行う
- (3) 心拍数を計測する
- (4) 通常時の心拍数に戻るまで休憩
- (5) 提案システムを利用して、手順 2 と同じ距離移動してもらう
- (6) 心拍数を計測する
- (7) システムの楽しさについてのアンケートに答えてもらう

手順 1 から手順 3、手順 5 から手順 6 について、運動量が増加したかで提案システムの有効性を確認するために運動前後の心拍数を測る。心拍数は運動を行う本人がどの程度の疲労度、「きつさ」を感じているかを測定する指標を求めるのに用いられている [10]。定量評価として本実験ではシステムを使用していない時の運動前後の心拍数を比べた値とシステムを使用した際の運動前後の心拍数を比べた値を比べ、システムに有効性があったか確認する。

手順 4 について、提案システムを使用した時と使用していない時で心拍数を計測し、比較する。その際、心拍数を通常時の心拍数まで差がなければ正確な判断ができない。なので通常時の心拍数に戻るまで休憩するフェーズを挟む必要があると考える。

手順 7 について、本システムではゲーミフィケーションを用いてユーザーに楽しさを与えることで継続意欲を向上させることも目的としているため、楽しさを覚えたかなどのアンケートをとる予定である。

5. おわりに

本稿では、日常の歩行移動に着目し、歩行移動の運動量増加を支援する AR システムの提案とプロトタイプについて議論した。今後の課題として、アクションタイルの要求条件を満たした実装とその実験を行う。また、実験の結果から修正点を発見し、運動量増加と運動継続意欲の向上を的確に行えるシステムを開発する。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 20K12128 の助成を受けた
ものです。

参考文献

- [1] 平成 26 年版厚生労働白書 健康長寿社会の実現に向けて～健康・予防元年～, <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/14/dl/1-00.pdf> (参照 2022-10-26)
- [2] unicef 公益財団法人 日本ユニセフ協会, <https://www.unicef.or.jp/kodomo/sdgs/17goals/3-health> (参照 2022-10-25).
- [3] 厚生労働省健康局 健康課 現在の健康づくりの取組と今後の施策について, <https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/000765913.pdf> (参照 2022-10-26).
- [4] データカタログサイト 運動習慣の状況, https://www.data.go.jp/data/dataset/mhlw_20210301_0018/resource/2d458a75-f99a-4fee-8faa-949aae5d45df?inner_span=True (参照 2022-10-26)
- [5] 伊藤正憲, 高橋優基, 嘉所直樹: 歩行時の方向転換動作, 関西理学療法, 15 巻, pp.23-27 (2015 年).
- [6] 鈴木真生, 若尾あすか, 江指未紗, 西原美夏, 松村耕平, 野間春夫: ぐるペコ: 生活の中でさりげなく運動量を増加させるシステム, 情報処理学会 インタラクシオン 2015 シンポジウム論文集, pp.498-499 (2015).
- [7] 諸戸貴志, 濱川礼: AR による階段利用意欲向上支援システムの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2016) シンポジウム論文集, Vol.2016, pp.322-327 (2016).
- [8] 吉野孝, 森田沙奈: AR を用いたコンセントプラグを抜く習慣付け支援システム「ぶらとん」の開発と評価, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集, Vol.2013, pp.632-640 (2013).
- [9] 小笠原千紘, 松岡基揮, 水野慎士: インタラクシオン技術を用いた歩行リハビリ支援システムの提案と基礎技術の開発, 情報処理学会研究報告, Vol.2020-DCC-24, No.25 (2020).
- [10] 公益財団法人長寿化学振興財団 健康長寿ネット, <https://www.tyojyu.or.jp/net/kenkou-tyoju/undou-kiso/shinpaku.html> (参照 2022-10-26)