

スマートウォッチを用いた 歩行者ナビゲーションシステムの HMI について

鮎谷 知也[†] 間邊 哲也[†]

[†] 埼玉大学 大学院理工学研究科 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: † {tomoya, manabe}@mnb.ees.saitama-u.ac.jp

あらまし 本稿ではモバイル/ウェアラブル/インフラ協調型歩行者ナビゲーションシステムの実現に向けてスマートウォッチにおける HMI(Human - Machine Interface)について、既存研究・情報の整理と実験による HMI の評価を行っている。まずスマートウォッチ利用の有無を含め、既存の歩行者ナビゲーションシステムにおいて使用される案内情報とその提示方法、画面操作によるシステムへの入力について整理を行っている。次にスマートウォッチが持つ他のデバイスにはない特徴から、スマートウォッチの歩行者ナビゲーションシステムにおける役割を明確化し、その役割に応じた HMI を設計するために被験者実験を行っている。被験者実験の結果からスマートウォッチで提示する案内情報とその提示方法を決定している。以上より、スマートウォッチを使用した歩行者ナビゲーションシステムに関する知見を獲得している。

キーワード スマートウォッチ, 歩行者ナビゲーション, HMI

On The HMI of Pedestrian Navigation System Using Smartwatch

Tomoya FUNATANI[†] and Tetsuya MANABE[†]

[†] Saitama University 255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama, 338-8570 Japan

E-mail: † {tomoya, manabe}@mnb.ees.saitama-u.ac.jp

Abstract In this paper, we classify existing research of pedestrian navigation system including smartwatch on HMI (Human-Machine Interface) and evaluate HMI by experiments in order to realize a mobile / wearable / infrastructure collaborative operation based pedestrian navigation system. First, we classify the navigation information and the presentation method used in existing pedestrian navigation systems, including the use of smartwatches, and input to the system by screen operations. Next, we clarify the role of the smartwatch in the pedestrian navigation system considering the characteristic features of the smartwatch, and do a subjective experiments to design an HMI according to the role. From the results of the subjective experiments, the navigation information to be presented on the smart watch and the presentation method are determined. Consequently, the knowledge on pedestrian navigation system using smart watch are obtained.

Keywords Smartwatch, Pedestrian navigation system, HMI

1. まえがき

歩行者を取り巻く環境の変化や IT 技術の発達に伴って歩行者ナビゲーションの需要が増加している。既に様々な歩行者ナビゲーションシステムが存在する中でもモバイル機器を使用したシステム[1]-[3][5], インフラ設置機器を使用したシステム[4] [6]が多く存在する。さらにモバイル, インフラの二者を使用したシステム[7][8]もあり, 二者を協調動作させたシステム[9]も存在する。

さらに近年になりウェアラブル端末が市場に登場し注目を集めている。中でもスマートウォッチの利用者は増加しつつあり, 時計同様身に付けて使用すること, 画面サイズが非常に小さいこと, 一般的にスマートフォンのサブデバイスとして動作することなど従来

のデバイスにはない特徴を有している。スマートウォッチを使用した歩行者ナビゲーションシステム[10]-[12]も提案されており, 他のウェアラブル端末と協調動作させたシステム[14]も存在する。しかし, スマートウォッチはスマートフォンと連携して使用されることが多いにもかかわらず, スマートウォッチを使用した既存の歩行者ナビゲーションシステムの多くがスマートフォンを含むモバイル機器との協調動作を前提とした設計がなされていない。中には Google Maps[14]やマップ(Apple) [15]などはスマートフォンと機能や表示において一部協調動作しているが, スマートウォッチでの HMI はスマートフォンの HMI がベースになっており, 協調動作を前提とした設計とは言えない。歩行者ナビゲーションにおいて HMI によって案内性能が変化する[16]ことから分かる通り, デバ

イスの役割に応じた HMI の設計は歩行者ナビゲーションにおいて重要な要素の一つである。そこで本稿では歩行者ナビゲーションにおけるスマートウォッチが持つ役割を明確化し、その役割に応じた HMI の設計を行う。

2 節でスマートウォッチの有無を含め、既存のナビゲーションシステムにおいて使用される案内情報とその提示方法、画面操作によるシステムへの入力について整理する。3 節でナビゲーションにおけるスマートウォッチの役割を明確化し、その役割に応じた HMI を設計する。4 節で方向転換を伴う交差点における推奨方向の提示方法を決定する。5 節で方向転換を伴う交差点との位置関係に関する情報を決定する。

2. 既存のナビゲーションシステムの整理

2.1. 既存のナビゲーションシステムで使用される情報と提示方法の整理

既存の歩行者ナビゲーションシステムにおいて使用される案内情報とその提示方法を分類した結果を表 1 に示す。案内情報について文献[30]に基づき現在地指向、経路全体指向、最終目的地指向の三種類に分類し、提示方法について文献[31]に基づき視覚、聴覚、触覚に分類した。分類の結果、現在地指向の情報が多く使用されていることがわかる。

表 1 歩行者ナビゲーションに使用される案内情報と提示方法の分類結果

		提示方法							
		視覚	聴覚	触覚	文字	音声	振動		
案内情報	現在地指向	位置	[Dirk Wenig, 2015] [Martin Perebner, 2019] [Google Maps] [Apple Map]	-	-	-	-	-	-
		推奨方向	[Dirk Wenig, 2015] [T. Sabeto, 2010] [Dirk Wenig, 2015] [Montuwty Angélique, 2019] [Dirk Wenig, 2015] [Martin Perebner, 2019] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[David Dobbstein, 2016] [Montuwty Angélique, 2019] [Dirk Wenig, 2015]	
		歩行距離	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	-	
		ランドマーク	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	-	
		通知	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	-	
	経路全体指向	ランドマーク	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	
		歩行距離	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	
		最終目的地指向	[David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015]	
	最終目的地指向	[David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015]		

2.2. スマートウォッチを使用した既存のナビゲーションシステムにおける情報と提示方法の整理

スマートウォッチにおいて使用される案内情報と提示方法を表 2 に示す。分類の結果、スマートウォッチの画面は非常に小さいにもかかわらず、多くの情報が提示されていることがわかる。

表 2 スマートウォッチにおいて使用される案内情報と提示方法

		提示方法						
		視覚	聴覚	触覚	文字	音声	振動	
案内情報	現在地指向	位置	[Dirk Wenig, 2015] [Martin Perebner, 2019] [Google Maps] [Apple Map]	-	-	-	-	-
		推奨方向	[Dirk Wenig, 2015] [T. Sabeto, 2010] [Dirk Wenig, 2015] [Montuwty Angélique, 2019] [Dirk Wenig, 2015] [Martin Perebner, 2019] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[David Dobbstein, 2016] [Montuwty Angélique, 2019] [Dirk Wenig, 2015]
		歩行距離	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	-
		ランドマーク	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	-
		通知	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	-
	経路全体指向	ランドマーク	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]
		歩行距離	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015] [Dirk Wenig, 2015]
		最終目的地指向	[David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015]
	最終目的地指向	[David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015]	-	-	-	-	[David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015]	

また、歩行者ナビゲーションシステムにおけるスマートウォッチでの画面操作によるシステムへの入力の分類を表 3 に示す。表から、スマートウォッチは画面サイズが非常に小さいために操作性が低いにもかかわらず、既存のシステムの多くで画面操作によるシステムへの入力が行われていることがわかる。このように既存のスマートウォッチを使用した既存の歩行者ナビゲーションシステムのまとめから、スマートウォッチの歩行者ナビゲーションにおける役割が明確化されていないことがわかる。さらにその役割に応じた HMI をすることでシステムの性能が向上する可能性がある。そこで以降では、まず初めに歩行者ナビゲーションにおけるスマートウォッチの役割を明確化し、その役割に応じた HMI を設計する。

表 3 歩行者ナビゲーションシステムにおけるスマートウォッチでの画面操作によるシステムへの入力の分類

		目的地の設定	案内情報の取得
		画面の操作	タップ [Apple Map] ロングタップ [Google Maps] [Apple Map] フリック - スワイプ - スクロール [Apple Map] ドラッグ [Google Maps] [Apple Map] ピンチ [Google Maps] [Apple Map]
明記なし		[Montuwty Angélique, 2019] [David Dobbstein, 2016] [Dirk Wenig, 2015] [Martin Perebner, 2019]	[Martin Perebner, 2019]

3. ナビゲーションにおけるスマートウォッチの役割の明確化と HMI の設計

ここではまず案内に使用する情報を決定し、その提示方法を実験によって決定することとした。

3.1. ナビゲーションにおけるスマートウォッチの役割の明確化

まずスマートウォッチが持つ他のデバイスにはない特徴を整理する。スマートウォッチは画面サイズに制限があることから fat-finger の問題[23]により複雑な操作が困難である。スマートウォッチ上のキーボードのボタンサイズが小さいほど入力精度が低下すること

が分かっている[24]。画面サイズは情報提示にも影響する。HMIの設計において利用可能な面積が大きくとれることは長所であるため、画面サイズが小さいことから多くの情報を提示するのに適さないと言える。文献[25]ではグラフの読み取りタスクから、グラフの系列が細い読み取りにかかる時間が増加することを示している。

他にもスマートウォッチは他のデバイスと違って腕時計のように身に付けて使用する。文献[26]ではスマートウォッチが持つ「情報の即時性」がデバイスとしての性能を向上させると述べられている。つまりスマートウォッチには情報取得までの手間が少ないという特徴があると言える。また、身に付けて使用するため通知に気付きやすい[29][22]という特徴もある。

これらの特徴を踏まえた歩行者ナビゲーションにおけるスマートウォッチの役割として、「今まさに必要な情報」を直感的にユーザに提示することが考えられる。スマートウォッチが持つ手間の少なさや通知への気付きやすさから、案内情報を現在地付近の情報に限定する。また、画面サイズが小さいため一度に提示する情報を制限する必要がある。ナビゲーションにおいてはターンバイターンという案内方法もあるように、ユーザが今取るべき行動を案内する上で非常に重要であると言える。そのためスマートウォッチにおいて提示すべき案内情報は「今まさに必要な情報」である。そして「今まさに必要な情報」を直感的な提示方法で提示することで歩行者ナビゲーションシステムの性能を向上させることができる。

3.2. HMIの設計

ここまででスマートウォッチで「今まさに必要な情報」を直感的な提示方法で提示することを決定したが、歩行者ナビゲーションにおける「今まさに必要な情報」とは何なのかを明らかにする必要がある。ユーザの行動が変化するのは交差点において方向転換を行う場合が初めに考えられる。ユーザはどこで方向転換を行うかがわかれば今取るべき行動を決定できるため、方向転換を伴う交差点との位置関係が重要な情報であると言える。またその交差点でどの方向に進むべきなのかも重要であると言える。さらに方向転換の前に通知を行うことで情報のとり逃しを抑制できる。以上のことから歩行者ナビゲーションにおける「今まさに必要な情報」として

- 方向転換を伴う交差点との位置関係
- 方向転換を伴う交差点における推奨方向
- 交差点における方向転換の通知

をスマートウォッチから提示することとした。交差点における方向転換の通知は身に付けていることから、振動による通知を使用し、他の二つについては次節以

降で評価実験を行い、適切な提示方法を決定する。

4. 方向転換を伴う交差点における推奨方向に関する評価実験

4.1. 実験概要

本実験は方向転換を伴う交差点における推奨方向の提示方法を決定するために行った。実験は実験室内で、交差点画像をスクリーン上に投影することで屋外での使用を再現した(図1)。被験者は21~28歳の男性20名で、スマートウォッチを日常的に使用している被験者はいなかった。



図1 実験室内での実験の様子

まず道路情報の有無や案内文の有無によって4種類のHMIを設計しそれぞれ矢印のみ、案内文+矢印、経路+矢印、地図+矢印とした(図2)。次に経路選択実験として、交差点画像としてY字路、十字路、多叉路の3種類を用意し、そのいずれかがスクリーン上に表示された状態で、被験者はスマートウォッチに提示された案内情報をもとに経路を選択し、経路選択にかかった時間と正答数を計測した。また、交差点画像と正解の経路がスクリーン上に表示された状態で、ユーザは4種類のスマートウォッチのHMIのうちの2種類のどちらが今取るべき行動がわかりやすいかを解答し、すべての組み合わせを集計し主効果 α を算出した。

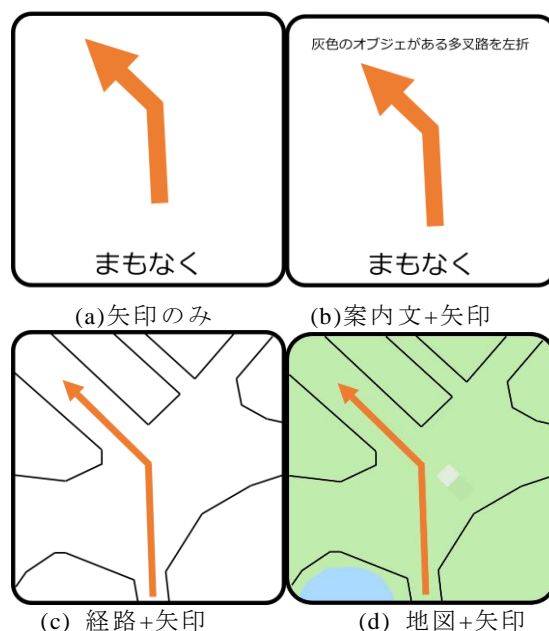


図2 評価に使用したスマートウォッチのHMI

評価指標は交差点における案内性能として経路選択にかかった時間と経路選択正答率を、主観評価として今取るべき行動のわかりやすさに関する一対比較の結果の主効果 α を使用した。

4.2. 案内性能

解答時間に対する累積正答率を HMI ごとにまとめたグラフを図 3 に示す。道路情報を含む経路+矢印、地図+矢印において短い解答時間で高い正答率となった。

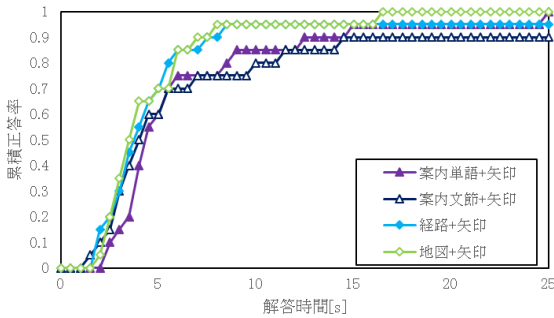


図 3 解答時間に対する累積正答率

一般的に多叉路における経路選択が最も難易度が高いとされるため、多叉路における解答時間に対する累積正答率を HMI ごとにまとめたグラフを以下の図 4 に示す。最も難易度が高いとされる多叉路においても地図+矢印が安定した案内性能を持つことがわかる。さらに実験後に行ったアンケートから地図が苦手であると回答した 8 名の被験者のみの解答時間に対する累積正答率を HMI ごとにまとめたグラフを図 5 に示す。グラフから地図が苦手な人においても地図+矢印が最も短い解答時間で累積正答率が 1 になっていることから、地図が苦手な人に対しても地図+矢印が有効であることがわかる。

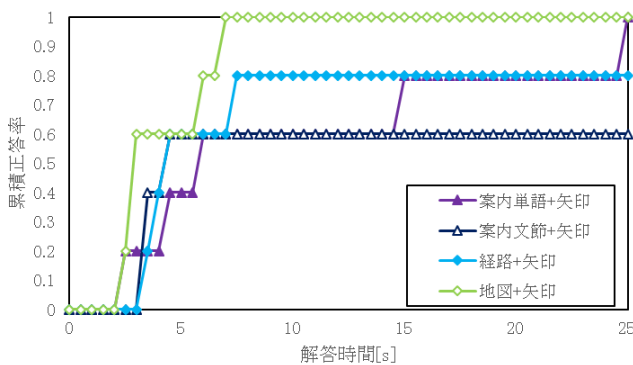


図 4 多叉路における解答時間に対する累積正答率

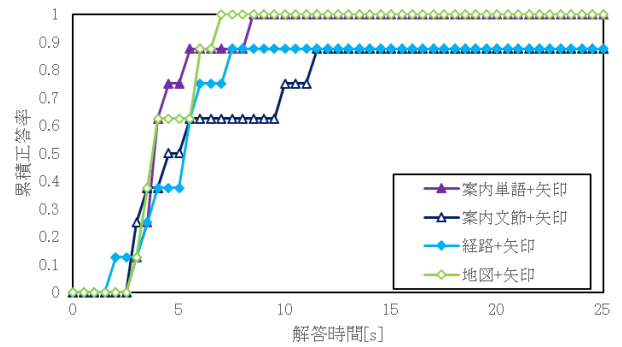


図 5 地図が苦手な被験者における解答時間に対する累積正答率

4.3. 主観評価

今取るべき行動のわかりやすさに関して 4 つの HMI のすべての組み合わせで一対比較を行った集計結果から主効果 α を算出し一次元直線状にプロットしたものを以下の図 6 に示す。グラフから HMI の違いから主効果 α に違いがあることがわかる。そして t 検定の結果、案内文+矢印と地図+矢印の間にのみ統計的な有意差が存在した($\alpha < 0.01$)。これは文字よりも地図が直感的で現実世界との対応付けが容易であるからだと考えられる。



図 6 今取るべき行動わかりやすさに関する一対比較結果

4.4. 提示方法の決定

交差点における案内性能は地図+矢印が最も高く、主観評価は道路情報を含む HMI(地図+矢印、経路+矢印の二つ)において高い評価を得た。よってスマートウォッチでの方向転換を伴う交差点における推奨方向を付加情報として交差点部分を拡大した地図上に矢印で提示することとした。

5. 方向転換を伴う交差点との位置関係に関する評価実験

5.1. 実験概要

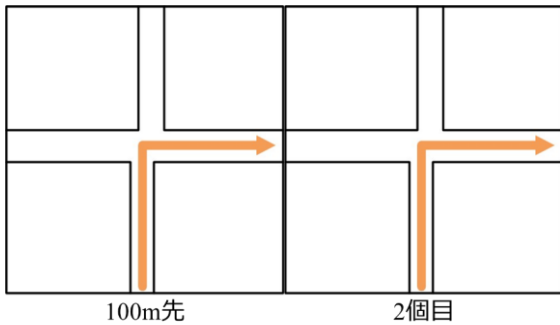
本実験は方向転換を伴う交差点との位置関係の情報を決定するために行った。実験は屋外と実験室内の 2 か所で行った。被験者は 20~25 歳の男女 18 名(男性 14 名、女性 4 名)であり、スマートウォッチを日常的に使用している被験者はいなかった。

はじめに方向転換を伴う交差点との位置関係の従来の表現であるメートル表記と、新しく作成した交差点の個数表記で HMI を設計した。(図 7)方向転換を伴う交差点における推奨方向は前節の結果から交差点部分を拡大した地図上に矢印で提示した。

屋外環境においては歩行実験と交差点付近におけ

る今取るべき行動のわかりやすさの比較実験を行った。歩行実験では、被験者が出発地からスマートウォッチに提示される案内情報をもとに経路を歩行した際に目的地に到達するまでにかかった時間と経路選択誤り回数を計測した。また画面を確認した回数と時間を測定した。その後被験者は歩行後にメンタルワークロード測定のためのアンケートに回答した。交差点付近における今取るべき行動のわかりやすさの比較実験では、交差点から 10m、60m の地点に立ち 2 種類のスマートウォッチの HMI から読み取れる今取るべき行動のわかりやすさを 5 段階のリッカート尺度を用いて比較をした。

実験室内では経路選択実験と今取るべき行動のわかりやすさの比較実験を行った。経路選択実験では、交差点画像がスクリーン上に表示された状態で、被験者がスマートウォッチに提示される案内情報をもとに経路を選択した際のタスク 1 回あたりの解答完了時間と経路選択誤り回数を計測した。今取るべき行動のわかりやすさの比較実験では交差点画像と正解の経路がスクリーン上に表示された状態で、スマートウォッチの 2 種類の HMI のわかりやすさを 5 段階のリッカート尺度を用いて比較をした。



(a)メートル表記 (b)交差点の個数表記

図 7 評価に使用したスマートウォッチの HMI

評価指標は交差点での案内性能として交差点 1 個あたりの平均解答時間と平均経路選択誤り率を、経路全体の案内性能として規格化旅行時間に対する累積目的地到達率を、安全性としてタスク 1 回あたりの平均画面確認回数とタスク 1 回あたりの平均画面確認時間を、主観評価として NASA-TLX[27] のそれぞれのスコアと AWWL スコア[28]と今取るべき行動のわかりやすさの比較結果を使用した。

5.2. 案内性能

屋外環境における方向転換 1 回あたりの平均経路選択誤り率を以下の図 8 に示す。グラフから交差点の個数表記にすることで経路選択誤り率が約 62.5% 減少していることがわかる。

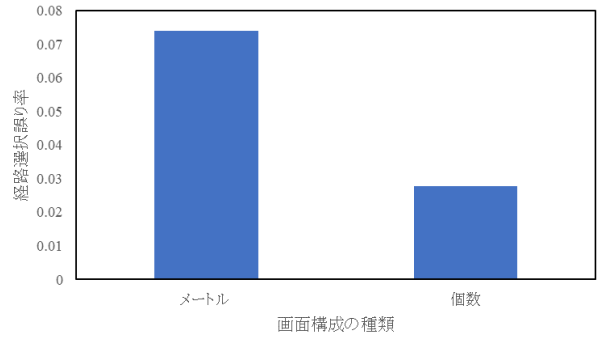


図 8 屋外環境における方向転換 1 回あたりの平均経路選択誤り率

屋外環境における規格化旅行時間に対する累積目的地到達を以下の図 9 に示す。交差点の個数表記ではグラフの立ち上がりはがやく、より短い旅行時間で累積目的地到達率が 1 になっていることがわかる。

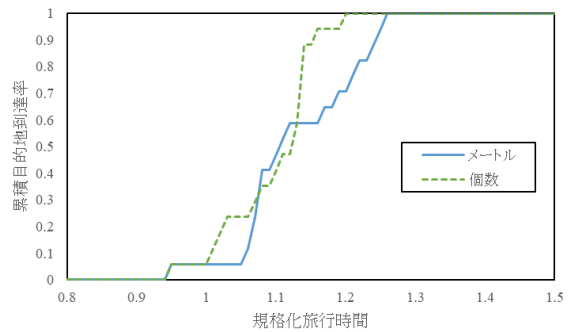


図 9 屋外環境における規格化旅行時間に対する累積目的地到達率

実験室内における規格化旅行における交差点 1 個あたりの平均経路誤り率と平均解答時間を以下の表 4 に示す。グラフから交差点の個数表記にしても平均経路選択誤り率と平均解答時間は変化しないことがわかる。表 4 実験室内における交差点 1 個当たりの平均経路誤り率と平均解答時間

	メートル	個数
平均経路選択誤り率[%]	3.1	2.6
平均解答時間[s]	5.7	4.9

5.3. 安全性

屋外環境におけるタスク 1 回あたりの平均画面確認回数を以下の図 10 に示す。グラフから個数表記にしても画面確認回数は変化しないことがわかる。t 検定の結果は統計的有意差なしであった ($\alpha = 0.1$)。また、画面確認時間についても同様の結果であった。

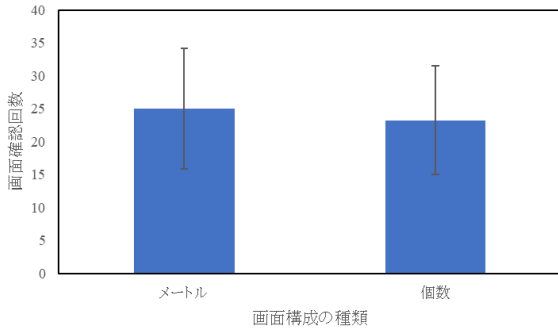


図 10 タスク 1 回あたりの平均画面確認回数

5.4. 主観評価

屋外環境における NASA-TLX スコアを以下の図 11 に示す。グラフから顕著な違いはなく、t 検定の結果それぞれのスコアと合計スコアともに統計的有意差なしであった ($\alpha = 0.1$)。また、実験室内においても同様の結果であった。

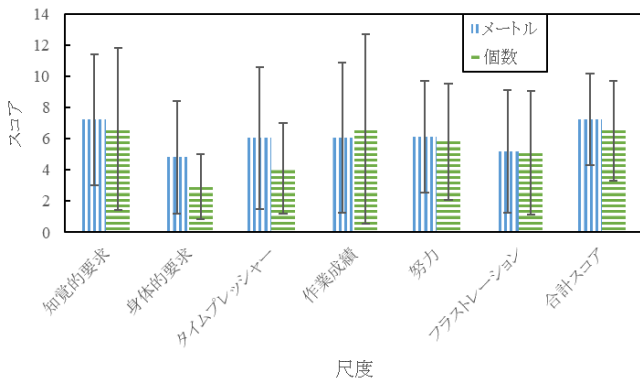


図 11 屋外環境における HMI ごとのメンタルワークロードスコア

次に、交差点から 60m の地点での今取るべき行動のわかりやすさに関する実験室内での比較結果を以下の図 12 に示す。グラフから交差点の種類にかかわらず約 60% の被験者が交差点の個数表記のほうがわかりやすいと回答していることがわかる。また屋外環境においても同様の傾向であった。次に屋外環境における交差点から 60m の地点での今取るべき行動のわかりやすさに関する比較結果を以下の図 13 に示す。グラフから交差点までの距離が近いと交差点の種類にかかわらず有意な差がないことがわかる。実験室内においても同様の傾向を示した。

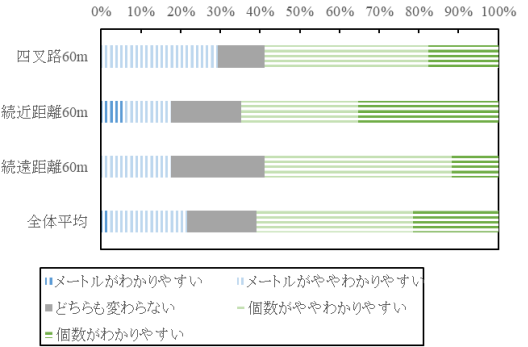


図 12 実験室内における交差点から 60m 地点でのわかりやすさに関する回答

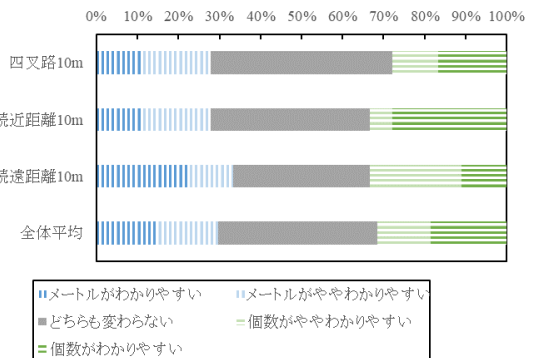


図 13 屋外環境における交差点から 10m 地点でのわかりやすさに関する回答

5.5. 目測での距離測定結果

交差点付近における今取るべき行動のわかりやすさの比較によって交差点からの距離が長い(60m)場合に従来のメートル表記よりも粗い精度の個数表記がわかりやすいと答える被験者が多いことがわかった。これは対象物からの距離が遠ざかるほど、目測で測れる距離の精度が低下するためと考え、追加実験を行った。そこで追加の実験を同じ被験者で実施した。被験者はいくつかの地点である目印までの距離を目測で測定した。

はじめに測定点までの距離と測定値と真値の誤差の平均値と標準偏差の関係を以下の図 14 に示す。真値との誤差の平均値に関して傾向が読み取れないものの、真値との誤差の標準偏差については、測定点までの距離が伸びるほど標準偏差が増加する傾向にある。

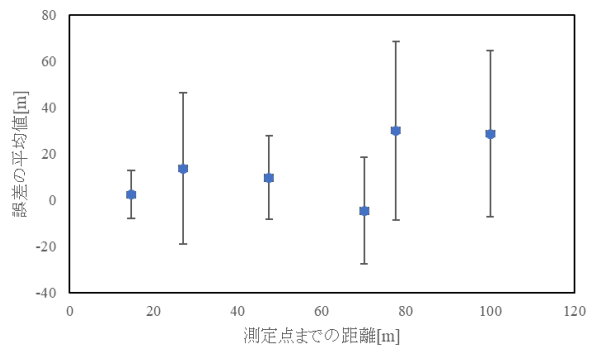


図 14 目測で測った距離と真値との誤差の平均値

また測定点までの距離と測定点と真値の誤差の絶対平均値の関係を以下の図 15 に示す。グラフから測定点までの距離が伸びるほど真値との絶対平均値が増加していることがわかる。

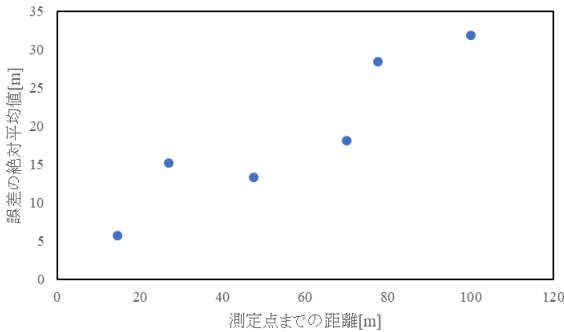


図 15 目測で測った距離と真値との誤差の絶対平均値

これらの結果から、対象物からの距離が遠ざかるほど目測で測る距離の精度が低下することがわかった。そしてそれが影響し、交差点からの距離が長い場合に交差点の個数表記がわかりやすいと答える被験者が多くなったのではないかと考えられる。

5.6. 情報の決定

方向転換を伴う交差点との位置関係を従来のメートル表記ではなく交差点の個数表記にすることで性能は低下せず、一部で向上した。

以上のことからスマートウォッチにおいて現在地付近における方向転換を伴う交差点までの位置関係を交差点の個数で表記することとした。

6. むすび

本稿では、スマートウォッチにおける歩行者ナビゲーションシステムの HMI をナビゲーションにおける役割に応じて設計するために既存研究の分類を行い、被験者実験を行った。まず既存の歩行者ナビゲーションシステムにおいて使用される案内情報とその提示方法の整理を行った。さらにスマートウォッチを用いた既存の歩行者ナビゲーションシステムで使用される案内情報とその提示方法の整理を行った。また既存の歩行者ナビゲーションシステムにおける画面の操作によるシステムへの入力の整理を行った。さらにスマートウォッチが持つ他のデバイスにはない特徴から、スマートウォッチの歩行者ナビゲーションシステムにおける役割を明確化した。次にその役割に応じた HMI の設計のために被験者実験を行い、スマートウォッチで提示する案内情報とその提示方法を決定した。以上より、スマートウォッチを使用した歩行者ナビゲーションシステムに関する知見を獲得した。

今後の課題として、モバイル/ウェアラブル/インフラ協調型歩行者ナビゲーションシステムの設計、構築、評価が挙げられる。また被験者層の拡大として年齢層の変更やスマートウォッチを日常的に使用しているユ

ーザを対象とした評価が考えられる。

文 献

- [1] 和田崇雅, 高取祐介, 八嶋弘幸, “2次元コードと携帯端末を用いた屋内歩行者ナビゲーションシステムの提案,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2008-6, pp.33-37, May 2008.
- [2] 山下清司, 長谷川孝明, “カメラ付き携帯電話による M-CubITS 歩行者ナビゲーションについて,” 信学技報, ITS2003-113, pp.21-26, Mar. 2004.
- [3] 長健太, “スマートフォンによる高齢者向けナビゲーション情報提示方式の提案と評価,” 信学論 D, vol.J96-D, no.10, pp.2603-2611, Oct. 2013.
- [4] (株) インターズ, “デジタルフロアガイド,” <http://www.inters.cc/floorguide/floorguide.html> (2020/01/30)
- [5] 芹澤崇, 足洗裕太, 平田恭崇, 長谷川孝明, 駒崎裕之, “購買環境を高度化する WyNIST の提案,” 信学技報, ITS2009-30, pp.73-78, Dec. 2009.
- [6] 劉暢, 長谷川孝明, 間邊哲也, 山本徳之, “キオスク型歩行者ナビゲーションシステムが提供する案内文について,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-42, pp.245-250, Feb. 2013.
- [7] 高梨郁子, 神田準史郎, 藤本仁志, 田中敦, “交差点の複雑さを考慮した経路案内タイミングに関する研究,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2008-90, pp.41-46, Mar.2009.
- [8] T. Manabe, T. Hasegawa, K. Arao, K. Okuno, H. Ito, Y. Ando, H. Higashida, and T. Takeyama, “Proposal of MI WyNE Box for M-CubITS Pedestrian WYSIWYAS Navigation Environments,” Proceedings of the 17th ITS World Congress Busan 2010, Busan, Korea, Oct. 2010.
- [9] 山本徳之, 原田悟, 間邊哲也, 長谷川孝明, “モバイル/インフラ協調型歩行者ナビゲーションにおける案内文および地図の効果について,” 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-79, pp.91-96, Mar. 2014.
- [10] Dirk Wenig, Johannes Schöning, and Brent Hecht, “StripeMaps: Improving Map-based Pedestrian Navigation for Smartwatches,” Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, pp.52-62, Aug. 2015.
- [11] David Dobbstein, Philipp Henzler, and Enrico Rukzio, “Unconstrained Pedestrian Navigation based on Vibro-tactile Feedback around the Wristband of a Smartwatch,” Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.2439-2445, May 2016.
- [12] Martin Perebner, Haosheng Huang, and Georg Gartner, “Applying user-centred design for smartwatch-based pedestrian navigation system,” Journal of Location Based Services, vol.13.3, pp.1-25, May 2019.
- [13] Montuwuy Angélique, Béatrice Cahour, and Aurélie Dommès, “Using Sensory Wearable Devices to Navigate the City: Effectiveness and User Experience in Older Pedestrians,” Multimodal Technologies and Interaction, vol.3.1, 17, 2019.
- [14] Google Inc., “Google マップ,” [https://support.google.com/wearos/answer/6056852?hl=ja\(2020/01/30\)](https://support.google.com/wearos/answer/6056852?hl=ja(2020/01/30))
- [15] Apple Inc., “マップ,” <https://support.apple.com/ja-jp/guide/watch/apdea74>

80950/watchos(2020/01/30)

- [16] 間邊哲也, 長谷川孝明, “歩行者ナビゲーションコンセプトトリファレンスモデルに基づく M-CubITS 歩行者 WYSIWYAS ナビゲーションシステムの三者比較,” 電子情報通信学会論文誌 A, vol.J96-A, no.9, pp.661-675, Sept. 2013.
- [17] 飯田啓量, 櫻田健, 廣井慧, 河口信夫, “音声ナビゲーションにおけるユーザ属性を考慮したランドマーク提示手法の提案,” マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, pp.782-788, July 2016.
- [18] 福井良太郎, 白川洋, 歌川由香, 重野寛, 岡田謙一, 松下温, “携帯電話における歩行者ナビゲーション情報の表示方法に関する提案と評価,” 情処学論, vol.44, no.12, pp.2968-2978, Dec. 2003
- [19] 白川洋, 歌川由香, 福井良太郎, 重野寛, 岡田謙一, 松下温, “無線情報端末を利用した歩行者ナビゲーションシステムの提案,” 情処学研報, GN, 2002-GN-046, pp.71-76, Jan. 2003.
- [20] 宮前雅一, 岸野泰恵, 寺田努, 塚本昌彦, 平岡圭介, 福田登仁, 西尾章治郎, “ウェアラブルコンピュータを用いた万博記念公園ナビゲーションシステムの設計と実装について,” 情処学研報, MBL, 2004-MBL-030, pp.1-8, Sept. 2004.
- [21] 矢野椋也, 新田知之, 石川和明, 柳澤政生, 戸川望, “眼鏡型ウェアラブル端末を用いたランドマーク確認に基づく屋外歩行者ナビゲーション,” マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, pp.419-427, July 2016.
- [22] Jaemin Chun, Anind Dey, Kyungtaek Lee, and SeungJun Kim, “A qualitative study of smartwatch usage and its usability,” Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries, vol.28-4, pp.186-199, Feb. 2018.
- [23] Katie A. Siek, Yvonne Rogers, and Kay H. Connelly, “Fat Finger Worries: How Older and Younger Users Physically Interact with PDAs,” IFIP Conference on Human-Computer Interaction, vol.3585, pp.267-280, 2005.
- [24] Joggi Hong, Seongkook Heo, Poika Isokoski, and Geehyuk Lee, “Comparison of Three QWERTY Keyboards for a Smartwatch,” Interacting with Computers, vol.28-6, pp.811-825, Nov. 2016.
- [25] Tanja Blascheck, Lonni Besançon, Anastasia Bezerianos, Bongshin Lee, and Petra Isenberg, “Glanceable Visualization : Studies of Data Comparison Performance on Smartwatches,” IEEE transactions on visualization and computer graphics, vol.25.1, pp.630-640, Jan. 2019.
- [26] Obi Ogbanufe, and Natalie Gerhart, “Watch It! Factors Driving Continued Feature Use of the Smartwatch,” International Journal of Human-Computer Interaction, vol.34-11, pp.999-1014, Nov.2017.
- [27] Sandra G.Hart, Lowell E.Staveland, “Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research,” Advances in Psychology, vol.52, pp.139-183, 1988.
- [28] 三宅晋司, 神代雅晴, “メンタルワークロードの主観的評価法`NASA-TLX と SWAT の紹介および簡便法の提案`,” 人間工学, vol.29-6, pp.399-408, Dec. 1993.
- [29] Thomas Boillat, Johan N. Siebert, Nadim Alduaij, and Frederic Ehrler, “GOFlow: Smartwatch app to deliver laboratory results in emergency departments - A feasibility study,” International Journal of Medical Informatics, vol.134, Feb. 2020.
- [30] 間邊哲也, 長谷川孝明, “歩行者ナビゲーションシステムコンセプトトリファレンスモデルの提案,” 信学論, vol.J95-A, no.3, pp.283-302, Mar. 2012.
- [31] 長谷川孝明, “HMI の方法論的一検討~人間機械間通信のアプローチ~, ” 信学技報, ITS2000-21, pp.37-42, 2000.