

Title	地図上の目的地選択を支援するルートの視覚化
Author(s)	大内, 宏之
Citation	
Issue Date	2008-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/4264
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

地図上の目的地選択を支援するルートの視覚化

指導教官 國藤 進 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識社会システム学専攻

650009 大内 宏之

審査委員： 國藤 進 教授（主査）
西本 一志 教授
藤波 努 准教授
由井蘭 隆也 准教授

2008 年 2 月

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究の背景	1
1.2	論文の構成	4
第2章	関連研究	5
2.1	関連研究	5
2.1.1	矢印	5
2.1.2	CityLights	6
2.1.3	Halo	7
2.2	既存手法のまとめ	8
2.3	既存手法が役に立たない場合.....	9
第3章	研究目的	10
3.1	研究の位置づけ及び目的	10
第4章	提案手法	11
4.1	AwarePath	11
4.2	想定事例	12
4.1.1	最短ルート距離の候補地を選択する場合	12
4.1.2	ルート形状から候補地を選択する場合	13
第5章	評価実験	14
5.1	評価実験の目的	14
5.2	有用性のパラメータ	14
5.3	実験環境	15

5.4 被験者	17
5.5 実験方法	18
5.5.1 候補地位置予測タスク	19
5.5.2 候補地順位選択タスク	22
5.5.3 現在地候補地間パス予測タスク	26
5.6 仮説	29
第6章 結果と考察	20
6.1 候補地位置予測タスク	30
6.2 候補地順位選択タスク	32
6.2.1 直線距離	32
6.2.2 ルート距離	33
6.3 現在地候補地間パス予測タスク	34
6.4 総括	35
第6章 おわりに	36
7.1 まとめ	36
7.2 これからの展望	36
謝辞	38
参考文献	39
発表論文	41

目 次

1.1 Overview&Detail の表示例	2
2.2 FishEyeView(Focus&Context)の表示例	3
2.1 矢印手法の表示例	5
2.2 CityLights	6
2.3 地図上での CityLights の表示例	6
2.4 Halo	7
2.5 地図上での Halo の表示例.....	7
2.6 既存手法が十分に対応できない事例.....	9
3.1 本研究の位置付け.....	10
4.1 提案手法 AwarePath の概要.....	11
4.2 最短ルート距離の候補地を選択する場合.....	12
4.3 ルート形状から候補地を選択する場合.....	13
5.1 評価実験実行システムおよび仮想デバイス画面.....	15
5.2 道（パス）と候補地の設定.....	15
5.3 表示物の表示.....	16
5.4 評価実験実行システム.....	16
5.5 評価実験風景.....	18
5.6 タスクのスタート.....	19
5.7 表示物からの推測.....	20
5.8 カーソルの位置を予測位置に合わせる.....	20
5.9 候補地位置と予測位置との距離を測る.....	21
5.10 タスクのスタート.....	22
5.11 5つの表示物から順位を推測.....	23

5.12 近い順に○をクリックする	23
5.13 タスクの終了.....	24
5.14 タスクのスタート.....	26
5.15 表示物からルートを予測.....	27
5.16 予測するパスを描く	27
5.17 タスクの終了.....	28

表 目 次

2.2 既存手法から得られる情報.....	8
5.1 被験者のグループ分け.....	17
5.2 アンケートにおける 5 段階の程度.....	18
6.1 候補地位置予測タスクの結果.....	31
6.2 直線距離条件での順序相関の結果.....	32
6.3 直線距離条件での順序相関の結果.....	33
6.4 現在地候補地間パス予測タスクの結果.....	34

第 1 章 はじめに

1.1 研究の背景

人類は古来より地理に関する情報を知るために地図を活用している。現代において地図は、馴染みの薄いレストランやコンビニなどの位置や、道などを知りたい場合に多いに役立っている。地図を閲覧して位置や経路など地図情報を知ることができれば、より近いレストランを選択したい時などに、代替となるレストラン同士を見比べることができ、選択を容易にすることができる [Baudisch, Rosenholtz03].

近年、携帯電話や PDA などモバイルデバイスの発展普及により、モバイルデバイスを用いて地図を閲覧することが多くなった。モバイルデバイスは場所を選ばず地図機能を活用できる。例えば、旅行時に中華まんが食べたくなりコンビニを探す場合に、地図を閲覧することにより、一番近くて行きやすいコンビニを選択することができる。このように、モバイルデバイスにより場所を選ばず目的地探しや周辺情報の収集などが行えるようになった。

しかし、モバイルデバイスには、モバイル性に優れている反面、据え付けのデスクトップコンピュータに比べ HCI (Human-Computer-Interaction) の面で多くの問題がある [Dunlop, Brewster02]. 問題の一つとして、モバイルデバイスは、モバイル性を考慮し小型化された設計のため、物理的に表示領域が狭いことが挙げられる [Chittaro06]. そのため、モバイルデバイスでは、地図情報が表示しきれないことが多い。したがって、利用者は、モバイルデバイスから十分な地図情報を閲覧することができない。

モバイルデバイスの表示領域に必要な地図情報が表示しきれない場合に、地図の表示範囲を工夫する方法がある。表示範囲を工夫する方法は、地図を縮小や拡大をすることでの大きさの調節を行う方法や上下左右にスクロールし表示範囲を移動させる方法がある。しかし、この表示方法にも問題がある。地図の縮小を行うと、広域の地図情報を知ることにはできるが、現在地や目的地等の詳細情報が小さすぎるため読み取りにくくなる。逆に、地図の拡大を行うと詳細情報はわかるが、地図の表示領域が狭

くなるため広域の地図情報を知ることができない。また、上下左右のスクロールについては操作により表示領域を移動させることで移動先の地図情報を知ることができるが、表示領域が移動するだけで範囲は変わらないので全体を同時に見ることができない。以上のように、地図の拡大・縮小や表示領域の移動などの表示範囲を工夫する方法は、地図を部分的に閲覧するのであればよい。しかし、現在地と目的地が遠い場合や、候補となる目的地（候補地）が複数あり点在している場合、地図を部分的に閲覧するのではなく、全体を一覧性の高い状態で閲覧したい。

地図を全体の一覧性の高い状態で閲覧できる提示方法として、空間の配置を工夫した提示手法がある。提示手法として、Overview&Detail 手法という手法があり、図 1.1 のように、詳細地図(Detail)と広域地図(Overview)を同時に表示する手法である。詳細地図と広域地図を同時に閲覧できるため、広域・詳細の地図情報を同時に知ることができるという利点がある。しかし、詳細図と広域図は、それぞれが一枚の地図として自己完結する地図なので地図同士に連続性がない。したがって、詳細図と全体図の地図の対応している地点を考える必要があり、直観的に認識しにくいという欠点がある。



図 1.1: Overview&Detail の表示例¹

¹ GoogleMap[<http://maps.google.co.jp/maps>]を元に作成



図 1.2: FishEyeView (Focus&Context) の表示例²

連続性を保持したままの地図を閲覧できる手法として Focus&Context がある。この手法は、焦点を当てる部分 (Focus) と全体の構造 (Context) を空間的に組み合わせて表示する手法である。Focus&Context の手法として FishEyeView [Sarkar, Brown92] がある。FishEyeView 手法は、図 1.2 のように、焦点を当てる部分を空間的に引き延ばしズームすることで、全体の構造を保ったまま詳細の部分に焦点を当てる手法である。地図全体の構造を保ったまま焦点を当てる部分を埋め込む手法なので、地図の連続性を保持したまま閲覧できる。しかし、焦点を当てる部分を空間的に引き延ばすため地図に歪みが生じる。そのため、歪みにより、地図の距離がわかりづらいなど、地図情報の直感的な認識のしにくさがある。

以上のように、Overview&Detail や Focus&Context といった空間配置を工夫した手法には連続性や空間の歪み等の理由により地図情報が直観的にわからないという欠

² GoogleMap [<http://maps.google.co.jp/maps>] を元に作成

点がある。

直感的にわかるように，空間的に距離感などを保ったまま，表示領域外のオブジェクトの情報を明示的に視覚化する手法がある．よくビデオゲームやバーチャル空間で見られる手法で，対象が見えなかったら，その対象に向け「矢印」を表示することで，対象を知らせる手法である [Burigat, Chittaro, Gabrielli06]．

表示領域外の一部の情報を視覚化する表示物は，コンパクトな形で情報を表現できる．そのため，多くの表示画面に用いられており，地図上にも用いられ，利用者の選択や判断の助けとなっている [Baudisch, Rosenholtz03]．

表示物は地図情報をコンパクトな形で視覚化できる．そのため，モバイルデバイスのような表示領域に限りがある場合にも役立つ．表示物は「矢印」だけでなく，「Halo」や「CityLights」などの手法が提案されている．そこで，本論文では，地図を閲覧するためにモバイルデバイスを用いる時に有効手段として地図情報を含んだ表示物に注目し研究を行った．

1.2 論文の構成

本論文の構成は以下の通りである．

第2章では，一部の地図情報を表示物として可視化する手法についての関連研究(既存手法)の説明に加え，既存手法の有す問題点について述べる．第3章では，既存手法の問題点を踏まえ，本研究の目的および位置づけについて述べる．第4章では，本研究で提案する手法「AwarePath」の説明を行う．第5章では，表示物のルート情報の有無による推測判断の正確さや速さといった影響を測るために行った評価実験の説明を行う．第6章では，本研究で行われた評価実験の結果と考察をする．第7章では，本研究のまとめと今後の課題を述べる．

第 2 章 関連研究

2.1 関連研究

一部の地図情報をコンパクトな表示物として視覚化し表現する手法が提案されている。この手法を用いることにより、利用者は目的地を選択する時に表示物から推測し、判断するために役立つ。本章では、既存手法として「矢印」、「CityLights」、「Halo」を挙げる。以下の項目で、それぞれの手法の説明を行う。

2.1.1 矢印

「矢印」手法は、目的地までの「方向」を、「矢印」の表示物で表現する手法である。目的地（候補地）までの「方向」を矢印が表現することで視覚化する。通常、「矢印」は「方向」の情報を示すために使われているが、「矢印」をベースとして「サイズ」や「色」を変化させることで、「距離」などを視覚化し表現することで機能を拡張ができる。

「矢印」手法の使用例として、図 2.3 のように、3つの候補地があり、その中から距離で一番近い候補地を選択したいシーンを想定する。「矢印」のサイズの大小が直線距離の長短に対応している。一番近い候補地を選択するためには、G1～G3の中から、一番サイズが小さい「矢印」を推測し選択すればよい。G1の「矢印」が一番小さいと判断することで、距離が一番近い候補地はG1であると推測判断できる。

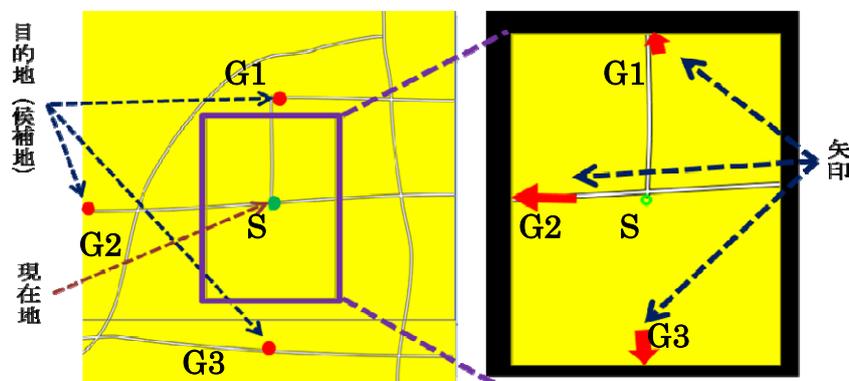


図 2.1: 矢印手法の表示例

2.1.2 CityLights

「CityLights」手法は、図 2.2 のように、表示領域外のオブジェクトを、町から見える光のような現在地候補地間の距離に対応した水平バーを表示する手法である。表示物からオブジェクトの「awareness」, 「identification」, 「navigation」, 「interaction」がわかる[Zellweger, Mackinlay, Stefik, Baudisch03].

「CityLighs」手法を地図に適用すると図 2.4 のようになる。水平バーを表示することにより、バーの位置とサイズが候補地までの「方向」に、「距離」に対応しており、バーから目的地までの「方向」, 「距離」が推測できる。

図 2.4 のように、3つの候補地があり、その中から距離で一番近い候補地を選択したいシーンを想定する。一番近い候補地を選択するには、G1~G3の中からバーのサイズが一番大きい「CityLights」を選択すればよい。G1 がもっともバーのサイズが大きいので、G1 が距離で一番近い候補地であると推測判断できる。

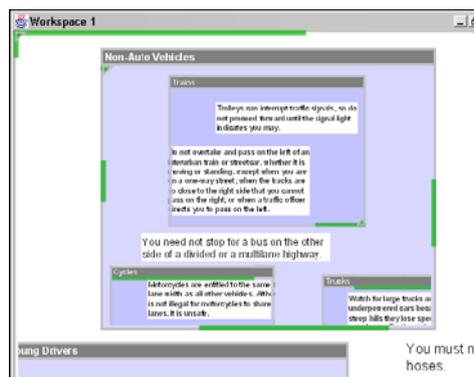


図 2.2:CityLights³

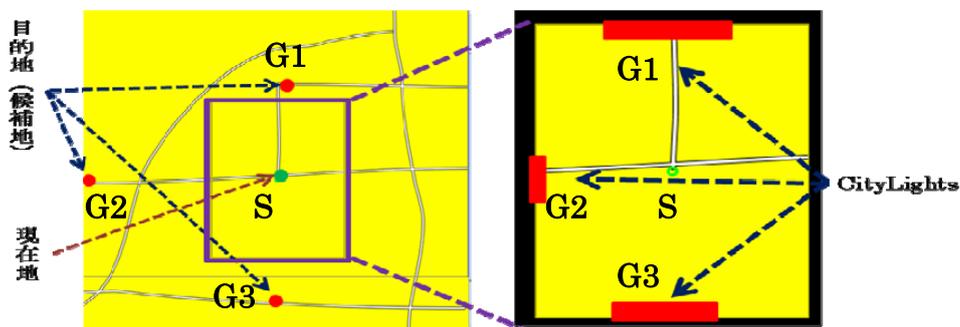


図 2.3:地図上での CityLights の表示例

³ P.T.Zellweger,J.k D.Mackinlay,L.Good,M.Stefik,P.Baudisch, City Lights:Contextual Views in Minimal Space,p838

2.1.3 Halo

「Halo」手法は、図 2.4 のように、表示領域外にあるオブジェクトを表すために、候補地から表示領域内までを半径とした円弧を表示する手法である。「距離」のアノテーションを付加することにより、利用者に対しオブジェクトの「方向」だけでなく、「位置」を提供する「Baudisch,Rosenholtz03」。つまり、「Halo」手法を用いることで円弧の表示位置から候補地の「方向」、円弧の大きさから「距離」が推測できる。

「Halo」手法を活用するシーンとして、図 2.5 のように、3つの候補地があり、その中から距離で一番近い候補地を選択するシーンを想定する。一番近い候補地を選択するため、G1~G3 の中から現在地と枠までの距離を踏まえたうえで、「Halo」の円弧から距離を推測し、選択すればよい。枠の距離と円弧の大きさから G1 が距離で一番近い候補地であると推測判断できる。



図 2.4:Halo⁴

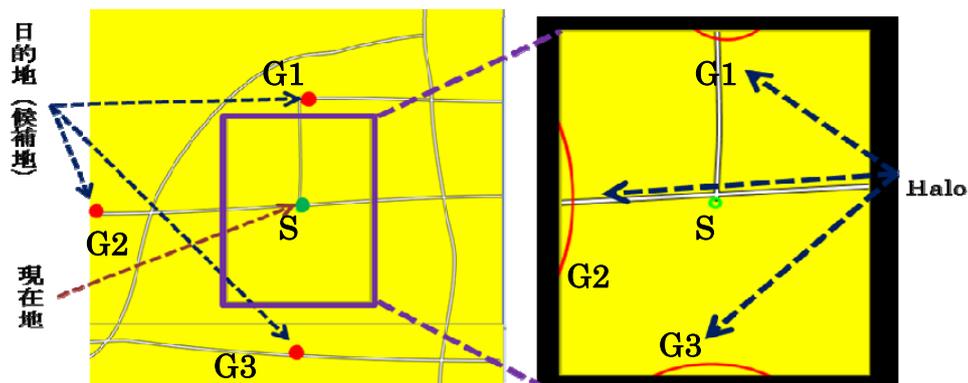


図 2.5:地図上での Halo の表示例

⁴ P.Baudisch,R.Rosenholtz,Halo:a Technique for Visualizing Off-Screen Locations,p481

2.2 既存手法のまとめ

前項では，一部の地図情報を表示物の形で視覚化する既存手法として「矢印」，「CityLights」，「Halo」を説明した．既存手法は，表示物があることで候補地「存在」と，候補地がある「方向」を示している．また，「距離」を可視化するため，サイズを変えることが多い．表 2.1 は既存手法の各手法の「方向」と「距離」の表現方法についてまとめた表である．

表示物から「方向」や「距離」などの一部の地図情報を推測できることにより，候補地を選択するシーンにおける判断の材料にできる．例えば，旅行中に観光地へ向かう途中でコンビニに行きたくなった場合，「方向」と「距離」が推測できれば，観光地方面にある比較的距離が近いコンビニを選択することができる．

表 2.1:既存手法から得られる情報

表示物	方向	距離
矢印	矢印の位置	矢印のサイズや色
CityLights	バーの位置	バーのサイズや色
Halo	円の表示位置	円のサイズや色

2.3 既存手法が役に立たない場合

「矢印」や「Halo」等の既存手法は、表示領域外にある候補地の「位置」や「距離」を直感的にわかるため、地図から候補地を選択するシーンに、推測により「位置」や「距離」がわかるので候補地選択を容易にする。しかし、候補地までの道のり（ルート）を十分に推測できるとは言い難い。

図 2.5 のように現在地から目的地まで迂回ルートを通る必要がある場合である。図の実線のように現在地から目的地までのルートが直線であればよいが、ルートが点線のように迂回する場合には、「矢印」や「Halo」などの既存の手法は直線的な関係で計算され表示されるため、表示物から、ルートが迂回しているとは推測できない。

移動距離が短い事を望む歩行者が近くのコンビニを選択した場合、表示される表示物はルートを推測できないため、利用者にルートを間違った選択をさせてしまう。

つまり、既存手法は、ルートも考慮する必要のあることが多い場面には十分に対応できないと考えられる。地図上での候補地選択の際には、ルートが必要になることが多い。そこで、本研究ではルート距離やルート形状に注目する。

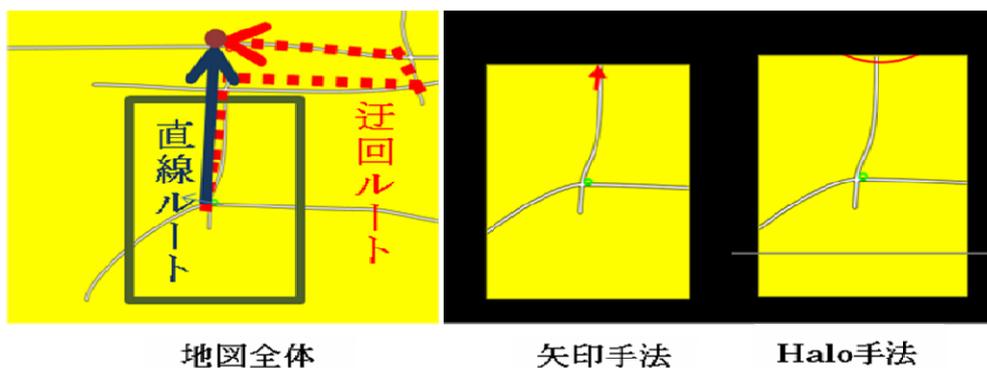


図 2.6: 既存手法が十分に対応できない事例

第 3 章 研究目的

3.1 研究の位置付け及び目的

モバイルデバイスのように表示領域が限られる場合、「矢印」や「Halo」といった表示物で一部の情報を表現する手法は有効であるが、これら既存手法の距離は直線的な関係で計算されているため、ルートも考慮することがある実場面には十分に対応できないことが多い。そこで、本研究では、ルート形状やルート距離などルート情報に注目し、ルート形状やルート距離といったルート情報を可視化した表示物を表示すれば問題の解決が図れるのではないのかという仮説を立てた。仮説を確かめるため、用いる手法として「AwarePath」提案する。「AwarePath」手法を用いた効果を図り、仮説を確かめることを目的とする。

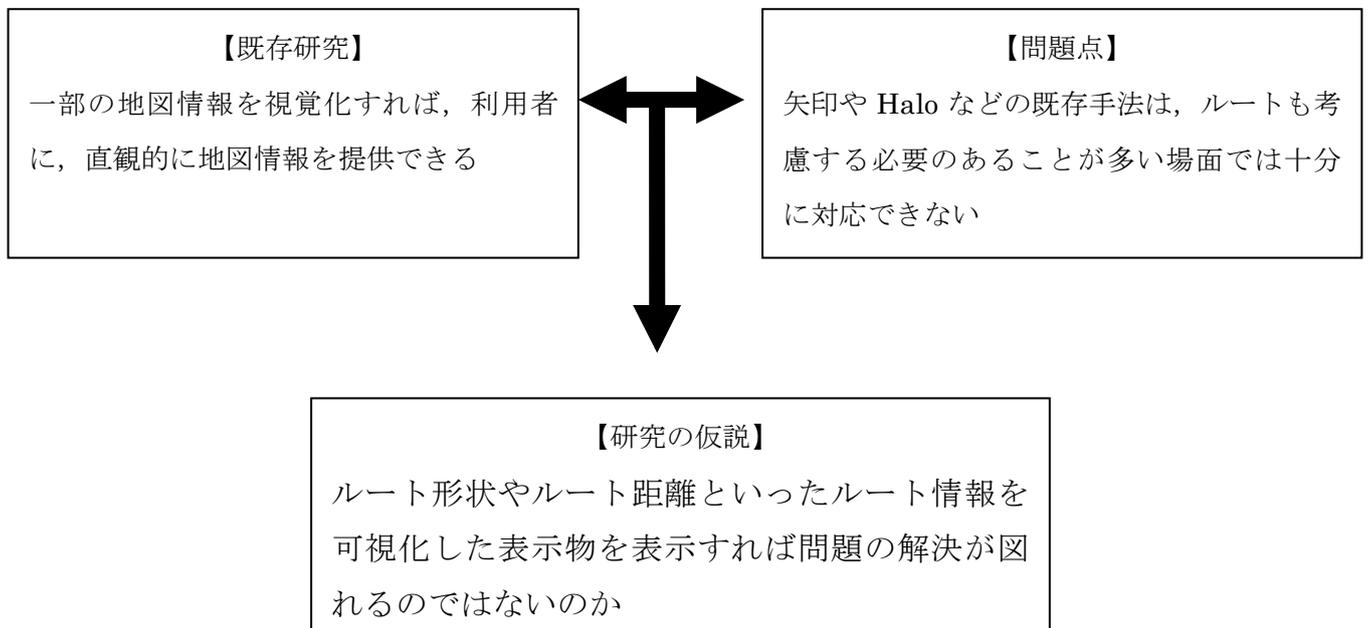


図 3.1:本研究の位置付け

第 4 章 提案手法

4.1 AwarePath

本章では、ルート形状やルート距離といったルート情報を可視化した表示物を表示すれば問題の解決が図れるのではないという仮説を実現する手法「AwarePath」の説明を行う。

以下の図 4.1 は、提案手法する「AwarePath」の概要である。「AwarePath」手法は、現在地から候補地までの最短ルートを導き出し、それを縮小し、矢印型の表示物として表示する手法である。表示位置は、表示画面内の現在地から候補地までの直線上に表示する。

利用者が「AwarePath」から得ることができる地図情報として以下の情報が挙げられる。

- ①「AwarePath」の長さから候補地までのルートに沿った距離
- ②現在地から見た候補地の方向
- ③現在地から候補地までの大まかなルート形状
- ④「AwarePath」の始点と終点から候補地までの直線距離

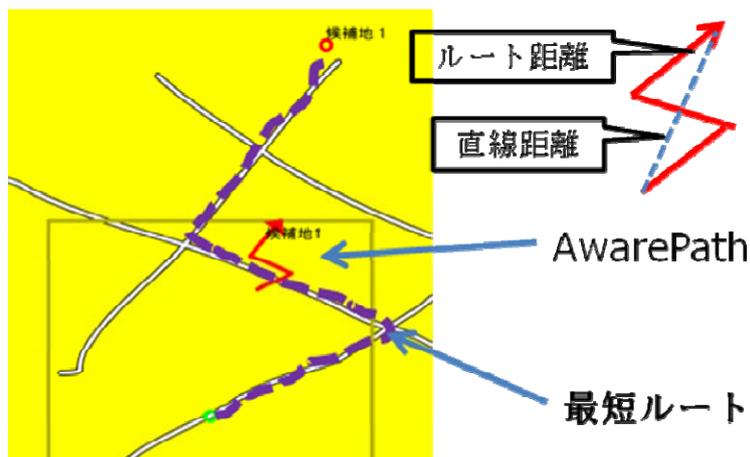


図 4.1:提案手法 AwrePath の概要

4.2 想定事例

本項では、提案手法 AwarePath を用いることで便利になると想定できる事例を挙げる。事例は、「最短ルート距離の候補地を選択する場合」と「ルート形状から候補地を選択する場合」の2つを紹介する。

4.2.1 最短ルート距離の候補地を選択する場合

移動手段が歩行なので、できるだけ歩行距離が短い候補地を選びたい時など、最短のルート距離になる候補地を選択したいと考える場面は多い。そのような場合、AwarePath は便利である。図 4.2 のように、利用者は、地点 S におり、候補地が G1、G2 に位置しているとする。地点 S から候補地 G1、G2 の最短ルートが計算されることで、表示領域に、G1、G2 に対応した2つの AwarePath が表示される。利用者は、G1、G2 の AwarePath の長さを見ることで、候補地までのルート距離が直感的にわかる。そして、G1 と G2 を見比べ、G2 の方がルート距離で短いことが推測できる。したがって、ルート距離が短い方の G2 候補地を選択すればよい。

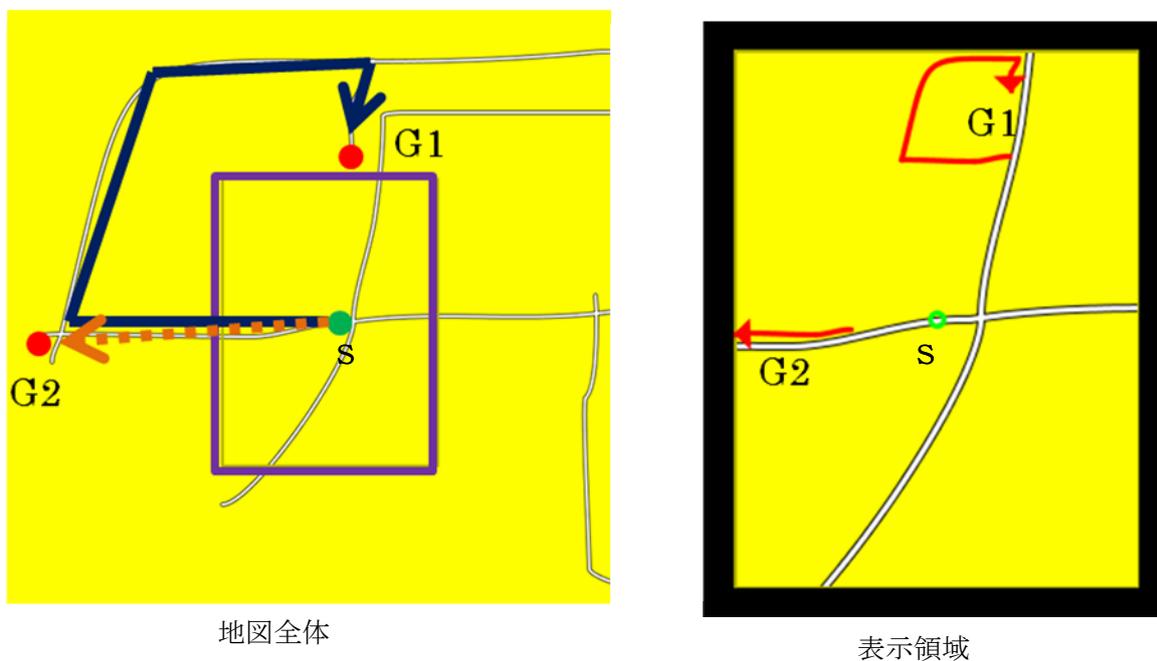


図 4.2:最短ルート距離の候補地を選択する場合

4.2.2 ルート形状から候補地を選択する場合

目的地まで道を曲がらないでまっすぐ行きたい場合は多い。そのような場合、AwarePath は便利である。図 4.3 のように、利用者は、地点 S において、候補地が G 1、G 2 に位置しているとする。地点 S から候補地 G1,G2 までのルートが計算され表示領域に縮小した G1,G2 に対応した 2 つの AwarePath が表示される。利用者は、G1,G2 の AwarePath の形状を見ることで、候補地までのルートの形状を直感的に推測することができる。したがって、AwarePath が曲がりらない G2 を選択すればよい。

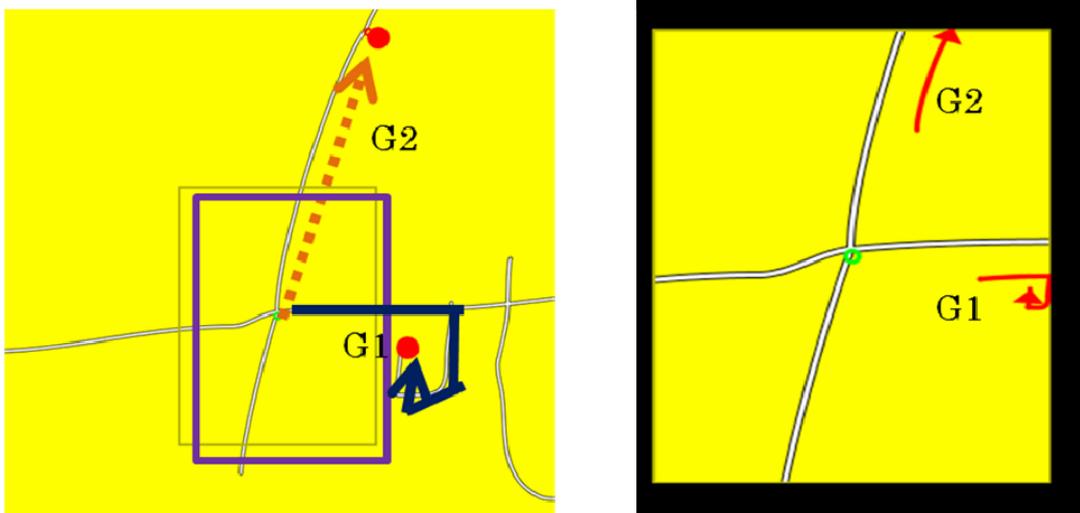


図 4.3:ルート形状から候補地を選択する場合

第 5 章 評価実験

前章では、地図上での候補地を選択（推測判断）する場合、ルート形状やルート距離といったルート情報を可視化した表示物を表示すれば役に立つのではないかと考え、仮説を実現するための「AwarePath」手法を説明した。本章では、有効性を確かめるため行う本評価実験の目的、有用性のパラメータ、評価実験の環境やタスクの説明および仮説について説明する。

5.1 評価実験の目的

本評価実験は、ルート形状やルート距離といったルート情報を可視化した表示物を表示すれば問題の解決が図れるのではないのかという仮説を確かめる。したがって、評価実験により、ルートを視覚化する提案表示物「AwarePath」手法と既存手法「Halo」が被験者へ与える有用性を測ることを目的とする。

5.2 有用性のパラメータ

本評価実験で有用性を確かめるため、個別に有用性のパラメータを設定し評価実験を行い測った。定量的なパラメータとして、被験者が地図上の表示物から推測判断するまでの一連のプロセスの「結果の正確さ」と、プロセスの「所要時間」を想定する。また、定性的なパラメータは、アンケートによる「役立ち感」である。

有用性のパラメータの測り方として、評価実験実行システムを用いて、地図から候補地を推測判断するシーンを想定したタスクを行った。

提案手法「AwarePath」の有用性を確かめるため、既存手法の「Halo」と得られた有用性のパラメータ同士を比較する。

5.3 実験環境

本評価実験では、デスクトップ上に、評価実験が実行できるように仮想的なモバイルデバイスを想定した図 5.1 のような評価実験実行システムを構築した。

評価実験実行システムのサイズは、720×900 である。加えて、評価実験システム上に 240×300 のモバイルデバイス画面枠線を設け、枠の内側を仮想的なモバイルデバイスの画面とした。

本評価実験で用いる地図として、仮想的に評価実験実行システムに、図 5.2 のように道（パス）の描画を行い、候補地を設定したものを仮想的な地図として作成した。

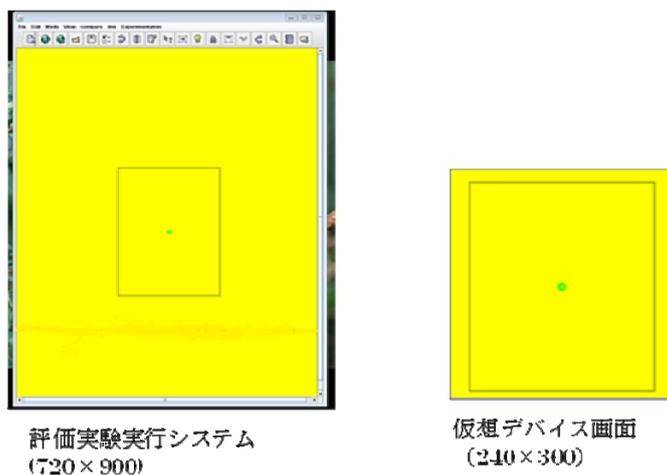


図 5.1: 評価実験実行システムおよび仮想デバイス画面

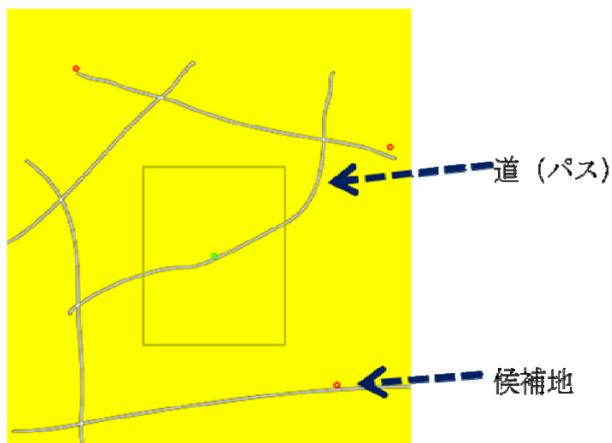


図 5.2: 道（パス）と候補地の設定

本評価実験では表示物を使いルート情報の影響を測る。そのために図 5.3 のように評価実験実行システムに、ルート情報が含まれない「Halo」手法とルート情報が含まれる「AwarePath」手法を表示できるようにした。

評価実験実行システムは、評価実験実行時に図 5.4 のように、被験者が行うタスク内容ごとにマウスアクションを切り替えることで複数のタスク内容を実行できる。そのタスク内容ごとのタスク実行時に仮想地図に、仮想モバイルデバイス画面を構築するためモバイルデバイス画面の枠外を隠すため黒のブラインドを被せる。その上に、表示物の手法に条件ごと切り替え表示を行うことができる。

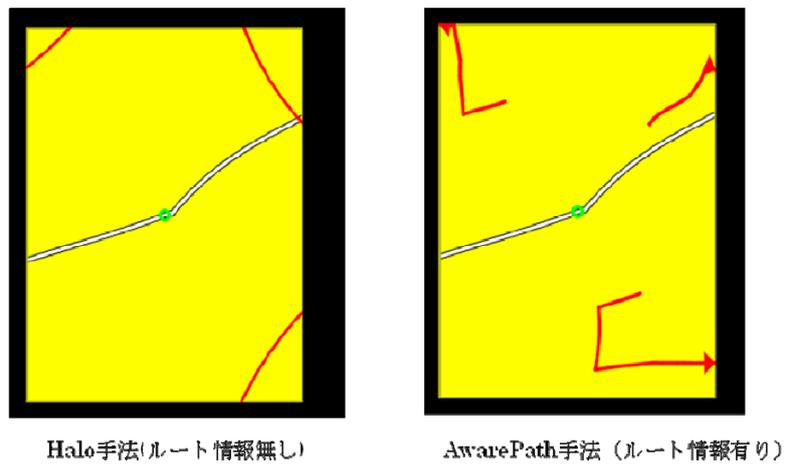


図 5.3 :表示物の表示

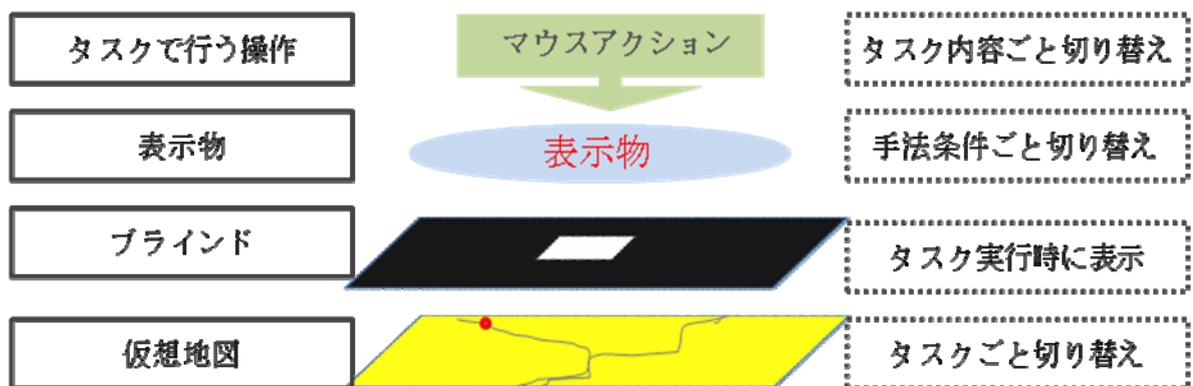


図 5.4:評価実験実行システム

5.4 被験者

評価実験を行うために、9名の大学院学生を被験者とした。被験者の内、モバイルデバイスの地図機能を使ったことがある被験者は5名で、「よく使う」、「時々使う」、「1~2回使ったことがある」という程度の質問に対し、3名は「時々使う」と答え、残りの2名は「1~2使ったことがある」と答えた。

被験者のタスクを行うことでの慣れの効果を防ぐために、9名の被験者を表5.1のように分け実験を行った。A~Dの数値の並びはタスクを行う順番である。また、枠内の数字は被験者番号である。また、「Halo→AwarePath」は、各タスクを「Halo」手法を行った後で「AwarePath」手法で行うことを示している。

表 5.1:被験者のグループ分け

	Halo→AwarePath	AwarePath→Halo
ABCD	1,9	2
BCDA	3	4
CDAB	5	6
DABC	7	8

*A:候補地位置予測, B:候補地順位選択 (直線) ,

C:候補地順位選択 (ルート) , D: 現在地候補地間パス予測

5.5 実験方法

本実験では、表示物に含む情報としてルート情報の有無が利用者に与える影響を確かめるための評価タスクとして、1 候補地位置予測タスク、2 候補地順位選択タスク、3 現在地候補地間パス予測タスクの3つのタスクを用意した。3つのタスクごとルート情報が含まれていない手法「Halo」とルート情報が含まれる手法「AwarePath」を比較し、影響を測った。また、各タスク終了後に2つの表示物手法の「役立ち感」を測るため被験者に対し、各表示物の使用後アンケートを実施した。アンケートの内容は、「Halo」と「AwarePath」がタスクに対し役に立ったか質問するアンケートであり、答えとして以下の表5.2の程度で答える形式である。有用性を測る項目と設けた。「値」の項目は、有用性を測るための得点であり値が低いほど有用であるとする。加えて、被験者が評価実験を行う中で気付いた点を記述する項目を設けた。

表 5.2: アンケートにおける5段階の程度

値	程度の表現	説明
1	非常に役に立った	これは使えると思った。
2	役立った	どちらかというと役に立った。
3	あってもなくても一緒	あってもなくても一緒
4	役に立たなかった	どちらかというと役に立たなかった。
5	邪魔だ	表示されると邪魔で不快だ。

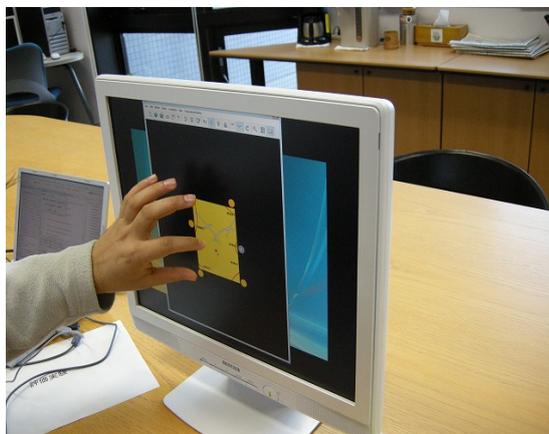


図 5.5: 評価実験風景

5.5.1 候補地位置予測タスク

[内容]

候補地の位置を推測判断するため被験者が、表示領域内に表示されている表示物から候補地の位置を推測し、候補地が存在すると予測する位置を判断(マウスをクリック)するタスクである。

[目的]

両社が地図を用いるシーンとして、候補地の位置を知りたいシーンがある。本タスクは、候補地の位置を知りたいシーンを想定し、仮想モバイルデバイス画面外にある候補地の位置を表示物からの推測で早く正確に行えるのかを測る。ルート情報が含まれない手法「Halo」とルート情報が含まれる手法「AwarePath」の比較を行う。

[有効性のパラメータ]

- ・ 結果の正確さ：予測位置する位置と候補地位置の距離
- ・ 所要時間：タスクを終えるまでの所要時間
- ・ 役立ち感：タスクを行うための表示物を使い実感した役立ち感

[方法]

1. ダイアログボックスの了解ボタンを押すとタスクがスタートする (図 5.6).

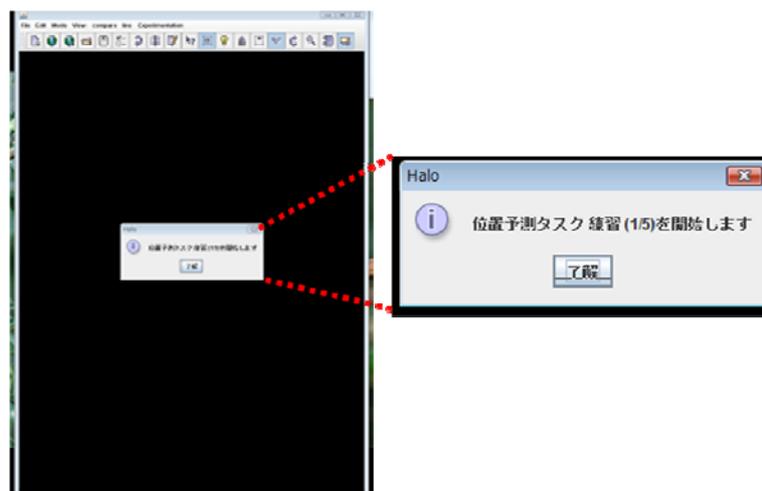


図 5.6:タスクのスタート

2. 表示物から候補地の位置を推測 (図 5.7).

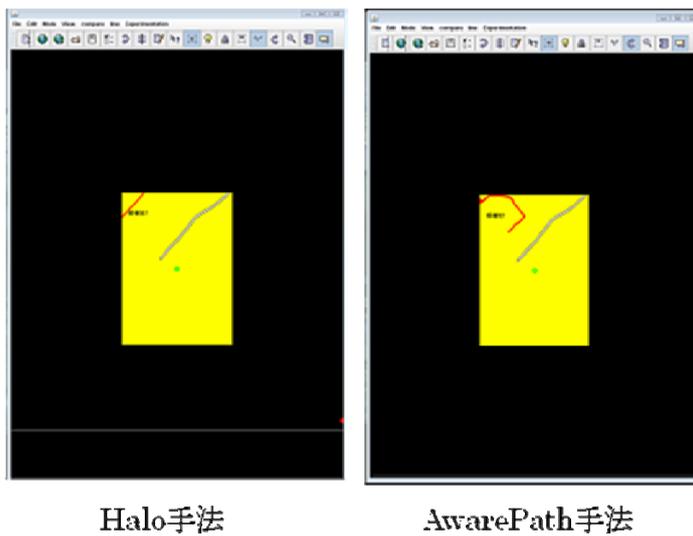


図 5.7: 表示物からの推測

3. 赤い点で示されたカーソル位置を予測位置に合わせる (図 5.8).

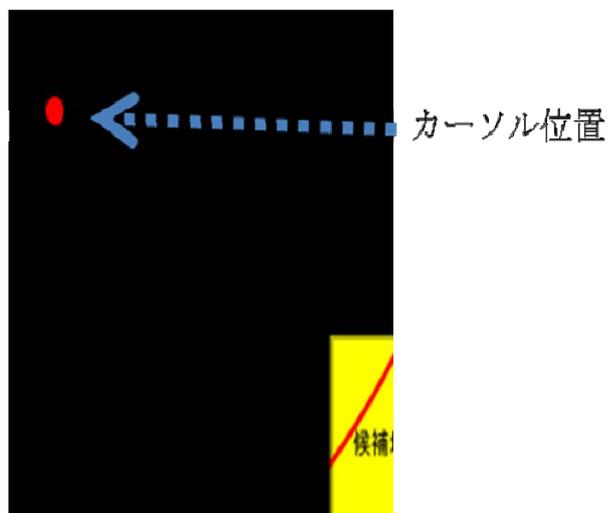


図 5.8: カーソルの位置を予想位置に合わせる

4. 予測位置をクリックすると候補地位置との距離の差が記録される(図 5.9).

*所要時間は1～4のプロセスの所要時間

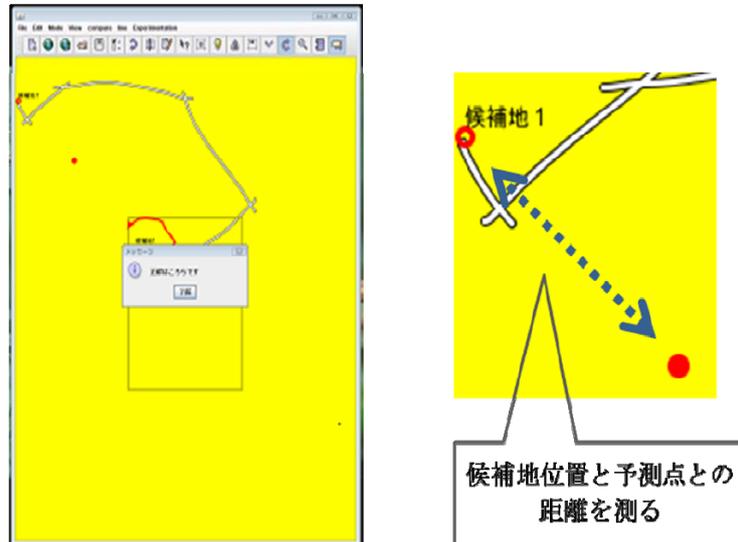


図 5.9: 候補地位置と予測位置との距離を測る

[タスクの回数]

タスクの回数として被験者1人あたり、「Halo」手法、「AwarePath」手法の二つの手法、それぞれ練習5回、本番7回行った。用いた地図は、タスクごとに異なる地図を用意した。

[アンケートでの質問]

- ・ Halo(ルート情報なし)は役立ちましたか
- ・ AwarePath(ルート情報あり)は役立ちましたか
- ・ 位置決定タスクを行った時気づいた点がありましたら記述してください。

[評価]

「被験者が予測する位置と候補地位置の距離」を結果との正確性とした。また、タスクが始まり終わるまでの時間を「所要時間」とした。この二種類のデータを各被験者に対し「Halo」手法と「AwarePath」手法、それぞれの本番7回分のデータを記録した。本番7回の内、「被験者が予測する位置と候補地位置の距離」の値が小さい順に5回分のデータを評価の対象として抽出し統計処理を行った。

5.5.2 候補地順位選択タスク

[内容]

候補地が5つあり，対応する表示物から距離を推測し，その候補地の中から近い順に選択するタスクである．近さとして「直線距離」と「ルート距離」の2種類の条件を行う．

[目的]

利用者が地図を用いる場面として，複数の候補地を見比べて近い候補地を選択する場面がある．本タスクでは，地図上で複数の候補地を見比べるシーンを想定し，複数表示されている表示物から候補地を距離が近い順に順位を早く正確に推測できるのかを測る．距離の条件として「直線距離」，「ルート距離」として，それぞれの条件をルート情報が含まれない手法「Halo」とルート情報が含まれる手法「AwarePath」を用い比較する．

[有効性のパラメータ]

- ・結果の正確さ：正解順位と被験者が選択した順位との順位相関（本評価実験では，Spearman の順位相関係数を用いた）
- ・所要時間：タスクを終えるまでの所要時間
- ・役立ち感：タスクを行うための表示物を使い実感した役立ち感

[方法]

1. ダイアログボックスの了解ボタンを押すとタスクがスタートする（図 5.10）．

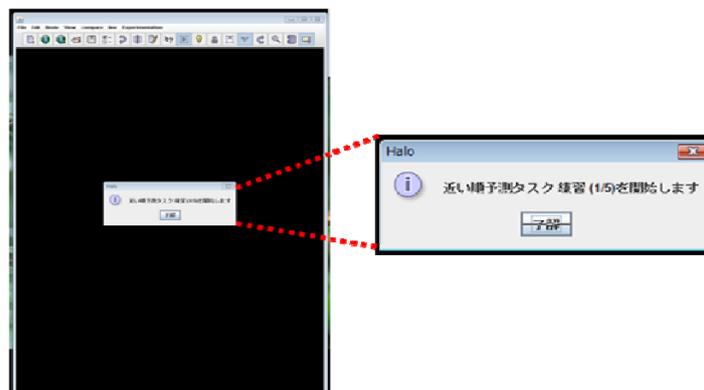
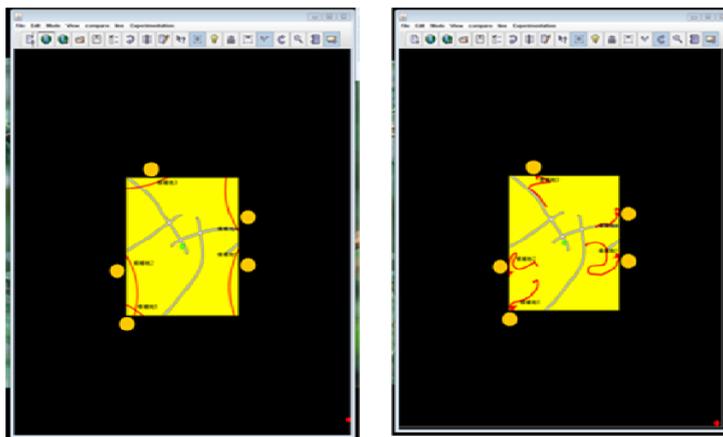


図 5.10: タスクのスタート

2. 5つある表示物から対応した候補地の位置を推測 (図 5. 11).



Halo手法

AwarePath手法

図 5. 11: 5 つの表示物から順位を推測

3. 表示物の近くにある○枠を近いと推測する順にクリックする (図 5. 12).

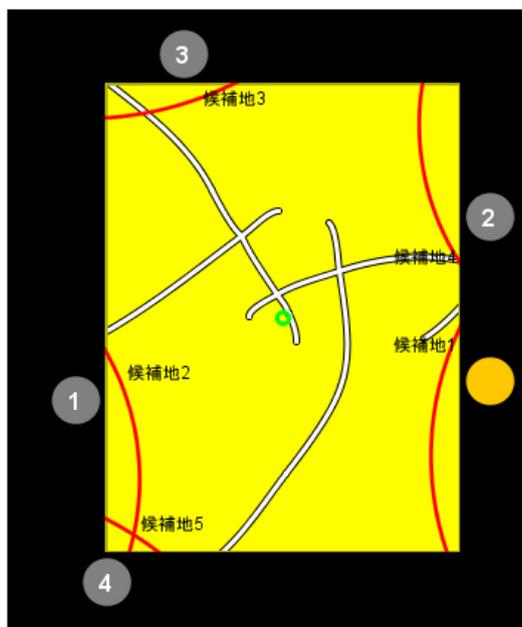


図 5. 12: 近い順に○をクリックする

4. 全ての○枠が定まった場合、実際の順位と被験者が予想した順位のデータが計算され記録される(図 5.13).

*所要時間は1~4のプロセスの所要時間

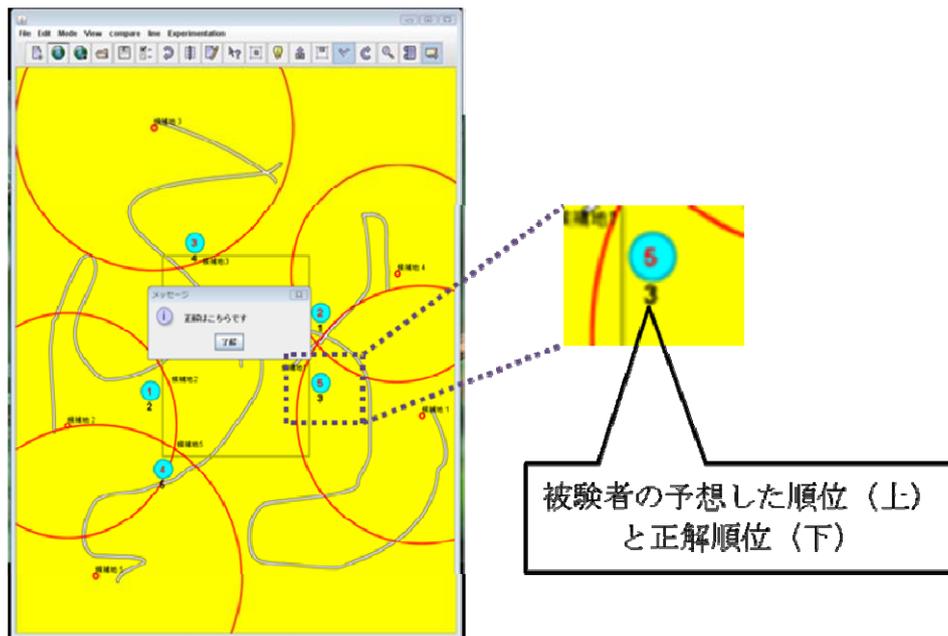


図 5.13: タスク終了

[タスクの回数]

タスクの回数として被験者1人あたり、距離条件「直線距離」、「ルート距離」の二つの条件を、それぞれ「Halo」手法、「AwarePath」手法の二つの手法を練習5回、本番7回行った。用いた地図は、タスクごとに異なる地図を用意した。

[アンケートでの質問]

- ・条件が「直線距離」の場合、Halo(ルート情報なし)は役立ちましたか
- ・条件が「直線距離」の場合、AwarePath(ルート情報あり)は役立ちましたか
- ・条件が「ルート距離」の場合、Halo(ルート情報なし)は役立ちましたか
- ・条件が「ルート距離」の場合、AwarePath(ルート情報あり)は役立ちましたか
- ・位置決定タスクを行った時気づいた点がありましたら記述してください

[評価]

距離の近さとして「直線距離」と「ルート距離」の2条件があるが、評価は、それぞれ別項目として扱う。

結果の正確性を正解順位と被験者選択した順位の「順序相関」とした。また、タスクが始まり終わるまでの時間を「タスクの所要時間」とした。これら、2つのデータを、それぞれ「Halo」手法と「AwarePath」手法、本番7回分のデータを記録した。本番7回の内、「正解順位」と「被験者選択した順位」の順位相関関数が正の完全相関に近い順に5回分のデータを評価の対象として抽出し統計処理を行った。

5.5.3 現在地候補地間パス予測タスク

[内容]

表示物から地図上の現在地と候補地までの最短ルートのパスの推測を行い，そのパスに沿って現在地から候補地までの予想パスを描くタスクである。

[目的]

利用者が地図を用いるシーンとして現在地候補地間のルートから候補地を選択するシーンがある。本タスクでは，現在地候補地間のルートから候補地を選択するシーンを想定し，表示物から現在地候補地までの最短ルートのパスを早く正確に推測できるのかを測る。それぞれの条件をルート情報が含まれない手法「Halo」とルート情報が含まれる手法「AwarePath」を用い測り比較する。

[有効性のパラメータ]

- ・結果の正確さ：地図上の現在地と候補地までの最短ルートのパスと被験者が予想し描いたパスを11等分し，番号順にそれぞれ対応する地点の距離差の平均。
- ・所要時間：タスクを終えるまでの所要時間
- ・役立ち感：タスクを行うための表示物を使い実感した役立ち感

[方法]

1. ダイアログボックスの了解ボタンを押すとタスクがスタートする（図 5.14）。

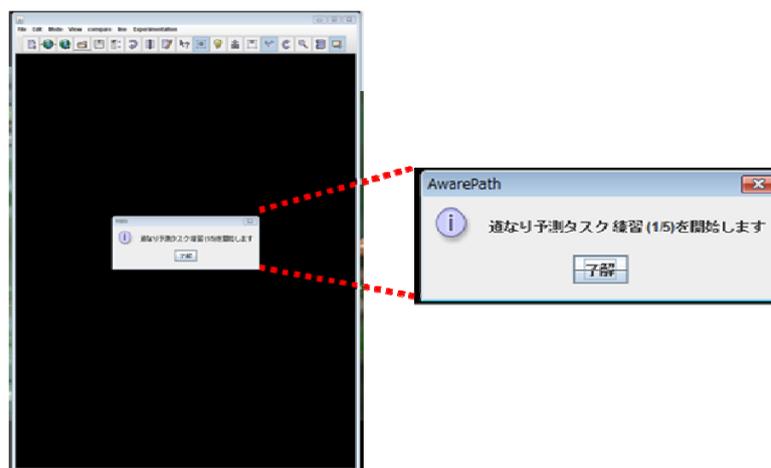
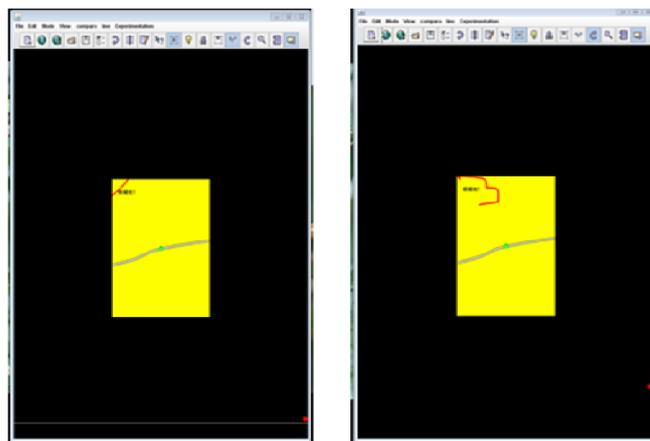


図 5.14: タスクのスタート

2. 表示物より現在地から候補地までの最短ルートのパスを推測する (図 5.15).



Halo手法

AwarePath手法

図 5.15: 表示物からルートを予測

3. 推測する現在地候補地間のルートのパスを現在地からドラックし描く (図 5.16).

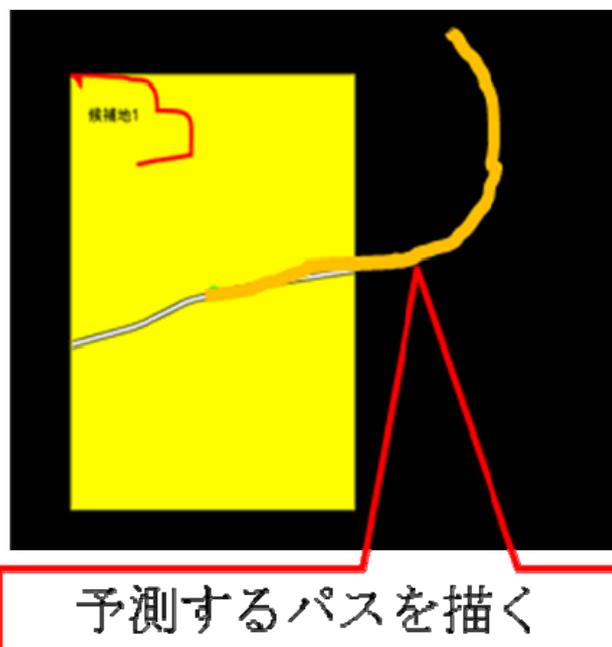


図 5.16: 予測するパスを描く

4. マウスのボタンを離すと，地図の現在地から候補地までのパスと被験者が描いたパスとの距離の差が計算され記録される（図 5. 17）.

*所要時間は 1～4 のプロセスの所要時間

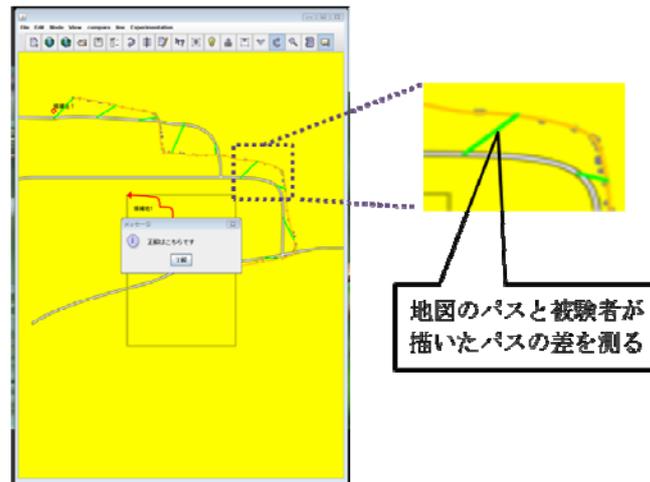


図 5. 17:タスクの終了

[タスクの回数]

タスクの回数は，被験者 1 人あたり，「Halo」手法，「AwarePath」手法の二つの手法を，それぞれ練習 5 回，本番 7 回行った．用いた地図は，タスクごと異なる地図を用意した．

[アンケートでの質問]

- ・ Halo(ルート情報なし)は役立ちましたか
- ・ AwarePath(ルート情報あり)は役立ちましたか
- ・ パス予測タスクを行った時気づいた点がありましたら記述してください

[評価]

結果の正確性は，地図上の現在地と候補地までの最短ルートのパスと，被験者が予測したパス，それぞれの距離を 11 分割し地点を定め，順番ごとの差の「平均距離」とした．タスクが始まり終わるまでの時間を「所要時間」とした．それぞれを「Halo」手法と「AwarePath」手法，本番 7 回分のデータを記録した．本番 7 回の内，「平均距離」の値が小さい順に 5 回分の評価の対象として抽出し統計処理を行い評価した．

5.6 仮説

仮説 1：候補地位置予測タスクや近さ条件が「直線距離」の候補地順位選択タスクと
いった直線関係で判断できるタスクの場合、「AwarePath」と「Halo」は同程度の「結
果の正確さ」となる候補地まで直線関係の場合、タスク時において「直線距離」と「方
向」の情報が必要となる。Halo は表示位置や円弧の大きさから推測ができる。一方の
「AwarePath」は表示位置と「AwarePath」の始点と終点の距離から直線距離の推測が
できる。したがって、両手法とも必要な情報を得ることができる。

仮説 2：近さ条件が「ルート距離」の候補地順位選択タスクや現在地候補地間パス予
測タスクの場合、「AwarePath」の方が「Halo」よりも「結果の正確さ」で優れた結果
となる。なぜなら、「Halo」には、「ルート距離」の情報が含まれていない。したがっ
て、「ルート距離」が推測できないので役に立たない。対して、「AwarePath」には「ル
ート距離」の情報が含まれており、順位を推測できる。

第 6 章 結果と考察

本章では、評価実験で行った 3 つのタスクの結果を示すとともに、得られたデータの分析結果から考察を行いタスクごとに評価結果と考察を記述する。本章の項目は、「候補地位置予測タスク」、候補地順位選択タスクの近さとして「直線距離」と「ルート距離」、「現在地候補地間パス予測タスク」の 4 項目と、全タスクの総括の 1 項目で構成する。

6.1 候補地位置予測タスク

本項では、候補地位置を早く正確に推測できるかを測ることが目的とした候補地位置予測タスクの結果を示すとともに考察を行う。

候補地位置予測タスクにより得られた結果は、以下表 6.1 の通りである。Halo 手法と「AwarePath」手法を比較し、どちらが適しているのかということを確認するため被験者平均を t 検定により有意確率を求めた。

表 6.1 の「距離」項目は、被験者が予測した候補地の地点と地図上の候補地との距離である。「Halo」手法を用いた場合と「AwarePath」手法を用いた場合との比較するため検定したところ「Halo」の方が若干数値は低かったが統計的に有意差がみられなかった($t(8)=-1.13, n. s.$)。したがって、「Halo」手法と「AwarePath」手法は同程度「予測地点と候補地の距離」を正確に推測できることがわかった。

項目「所要時間」はタスクを行うのにかかった所要時間の平均である。若干「AwarePath」の方が早かったが、統計的に「Halo」手法と AwarePath 手法との有意差はみられなかった($t(8)=-0.31, n. s.$)。

項目「役立ち感」はタスク後に行ったアンケートにおける結果であり、被験者がタスクを行うにより実感した「Halo」と「AwarePath」の有用性を示している。量手法の結果を比較した所、統計的に 10%水準の若干の有意差が確認できた($t(8)=-2, p<0.10$)。したがって、候補地位置を推測する場合、「Halo」の方が若干有用な手法だという結果となった。

以上のタスクの結果から得られたことは、候補地の位置を推測する場合、「Halo」手法と「AwarePath」手法はお互いに同程度正確に候補地の位置を推測でき、また、生ずる所要時間も変わらないが、被験者は「Halo」の方を若干有用性であると感じたということがわかった。

被験者が「Halo」の方が若干有用だと感じた理由は、距離感のつかみ易さが関係していると思われる。タスク後のアンケートにおいて、被験者から「AwarePath」に対し「距離がつかみにくい」、「AwarePathの表示物のスケールがわかりにくかった」等の「AwarePath」は距離感の分かり難さからくるつかみ難さを指摘された。そして「AwarePathをもう少し練習して縮尺が頭に入れば良い予測ができそう」という「AwarePath」には慣れが必要という指摘も受けた。

つまり、被験者が、「Halo」の方が有用性を理由として候補地を直感的に認識しやすいということが考えられる。「Halo」は、表示領域まで円を伸ばすため距離が遠くなれば円が大きくなるだけである。つまり、不変的に円の中心に候補地がある。したがって、円のサイズが変化しても中心を推測できればよい。対して「AwarePath」は、候補地の位置を知るには縮尺率の認識が必要になることが考えられる。それ故、円の中心に不変的にある「Halo」と違い、「AwarePath」は縮小率ごとに候補地位置が違う。したがって、頭の中で、縮小率と距離の対応付けを行わなければならず、アンケートで指摘されたように慣れが必要だった。

そこで、「AwarePath」の縮小率と距離の対応付けを容易にするために、縮尺の目盛を表示するなどの工夫が必要だとわかった。

表 6.1: 候補地位置予測タスクの結果

手法	距離 (標準偏差)	所要時間 (標準偏差)	役立ち感 (標準偏差) #
Halo	40.68 (32.22)	5.16 (4.28)	1.77 (0.96)
AwarePath	60.39 (30.37)	4.73 (3.02)	2.11 (0.92)

※ **:p<0.01, *:p<0.05, #:p<0.10 無印:n. s.

6.2 候補地順位選択タスク

評価実験では候補地順位選択タスクを、近さの条件として「直線距離」での順位と「ルート距離」という2つの条件下で行った。本項では、それら2つの条件下での得られた評価結果の考察をそれぞれ個別に行う。

本タスクで得られた「順序相関」は、「正解順位」と「利用者が答えた順位との順位相関」である。「所要時間」は、タスクを行うのに要した所要時間である。「実感有用性」は、タスク終了後のアンケートにより、被験者に答えて頂いた「Halo」と「AwarePath」の実際に用いてタスクを行い実感した有用性である。タスクを行った時の「Halo」手法と「AwarePath」手法をどちらが適しているのかということと比較分析し確かめるため、被験者平均をt検定で有意確率を求めた。

6.2.1 直線距離

候補地順位選択タスクを「直線距離」で近い順に行ったところ表6.2のような結果が得られた。

表6.2の「順位相関」の項目に関しては、「Halo」と「AwarePath」の両手法とも統計的な有意差はみられず($t(8)=-1.64, n. s.$)、同程度の正確さで順位を推測できた。

「所要時間」の項目が10%水準の有意傾向であり($t(8)=-2.19, p<0.10$)、「Halo」手法の方が、やや推測判断までの所要時間が短かった。

「役立ち感」の項目は、5%水準で有意であり($t(8)=2.87, p<0.05$)の本タスク後条件直線距離での、被験者の有用性の実感として、「AwarePath」を用い推測判断した方が高いという傾向が得られた。

以上のことから、直線距離で近い候補地を選択する場合、やや所要時間は「Halo」の方が速かったが順位予測の正確さについては両手法とも同程度だった。

表 6.2: 直線距離条件での順序相関の結果

手法	順序相関 (標準偏差)	所要時間 (標準偏差) #	役立ち感 (標準偏差) *
Halo	0.77 (0.17)	13.06 (4.56)	2.55 (1.23)
AwarePath	0.83 (0.17)	15.0 (5.46)	1.66 (0.50)

※ **: $p<0.01$, *: $p<0.05$, #: $p<0.10$ 無印: n. s.

6.2.2 ルート距離

候補地順位選択タスクを近さ条件「ルート距離」で行ったところ表 6.3 のような結果が得られた。

表 6.3 の「順序相関」の項目が 1%水準で有意であった ($t(8)=-6.69, p<0.01$)。したがって、「Halo」手法より「AwarePath」手法を用いた方が正確に近い順序を推測することができた。

「所要時間」の項目については、統計的な有意差はなく ($t(8)=1.01, n. s.$)、「Halo」と「AwarePath」の両手法、推測判断するのに同程度の所要時間を要した。

「役立ち感」の項目が 1%水準で有意であり ($t(8)=10.09, p<0.01$)、被験者は「Halo」より「AwarePath」の方が実際タスクで使用し上での実感として有用性が高いと感じた。

以上のことから、複数の候補地から、ルート距離で近い順に当てる場合、正確さや使いやすさの面で既存手法の「Halo」よりも「AwarePath」の方が、有用性が高いという結果となった。

「AwarePath」が有用だと示した理由として、ルート距離がつかみやすいということが考えられる。なぜなら、「AwarePath」で候補地のルート距離を推測するには「AwarePath」の長さを見て短い順に選択するだけでわかるからである。事実、アンケートにおいても「Haloはあっても意味不明」という「Halo」からはルート距離がわからないという不評の意見に対し、「AwarePath」は、「ルート距離の場合は AwarePathの方がよかった」と好評であった。

表 6.3: 直線距離条件での順序相関の結果

手法	順序相関 (標準偏差) **	所要時間 (標準偏差)	役立ち感 (標準偏差) **
Halo	0.54(0.18)	11.49(3.94)	3.88(1.05)
AwarePath	0.96(0.06)	10.50(3.61)	1.44(0.51)

※ **: $p<0.01$, *: $p<0.05$, #: $p<0.10$ 無印: $n. s.$

6.3 現在地候補地間パス予測タスク

本項では、表示物から地図上の現在地と候補地までの最短ルートのパスを早く正確に推測できるのかを調べることを目的として「Halo」手法と「AwarePath」手法を用いて行なった現在地候補地間パス予測タスクの結果を示すと共に考察を行う。

「Halo」手法と「AwarePath」手法をどちらが適しているのかということを確認するため、被験者平均を t 検定により有意確率を求めた。現在地候補地間パス予測タスクにより得られた結果は以下表 6.4 の通りである。

表 6.4 の「距離項目」は、「地図の現在地から候補地までの最短パス」と「被験者が予測したパス」、お互いの距離を 11 等分し、等分された始点を地点とし、両パスの地点を順序ごと対応した地点の距離の差の平均を計算した距離である。1%水準で有意であり($t(8)=4.59, p<0.01$)、「Halo」手法より「AwarePath」の方が正確に現在地候補地間ルートを予測できた。

「所要時間」は、タスクを行うのに要した所要時間であり、「Halo」と「AwarePath」、両手法とも有意差は見られなかった($t(8)=-1.61, n.s.$)。

「役立ち感」は、タスク終了後のアンケートにより、被験者に答えて頂いた「Halo」と「AwarePath」の実際に用いてタスクを行い実感した有用性である。1%水準で有意であり($t(8)=7.07, p<0.01$)、被験者は「AwarePath」の方が実際使った感じとして有用性が高いことを表している。

以上のことから正確さや使いやすさでは「AwarePath」の方が有用であるとわかる。アンケートにおいても「ルート情報があった場合はなんとなくそのあたりだと分かる」のように現在地候補地間のルートを推測するには、ルートの情報が必要だと確認できた。

表 6.4: 現在地候補地間パス予測タスクの結果

手法	距離 (標準偏差) **	所要時間 (標準偏差)	役立ち感 (標準偏差) **
Halo	108.78 (22.38)	9.169 (2.03)	3.44 (1.23)
AwarePath	66.94 (11.21)	13.03 (8.16)	1.77 (1.10)

※ **: $p<0.01$, *: $p<0.05$, #: $p<0.10$ 無印: n. s.

しかし、アンケートにおいて、「AwarePath」に対し、「パスを書く際、距離間がわかりづらい。特に似た型の交差点がある場合」や「AwarePathは違う道に誘い込まれおおきくはずれることがあった」、「予測線と表示物の長さの比率によって正確な計算をするのは難しい」、「縮尺を頭の中で考えるのはめんどくさい」という「AwarePath」の距離感のつかみ難さに対する意見が多かった。対策として、候補地位置予測タスクの考察でも述べたように、「AwarePath」の縮小率が容易にわかるように、縮尺の目盛を表示するなどの工夫をする必要がある。

6.4 総括

本項では、候補地位置予測タスク、候補地順位選択タスク、現在地候補地間パス予測タスクの結果の総括を行う。

3つのタスクの結果は、本評価実験で掲げた仮説1と仮説2でほぼ想定したようになった。

仮説1では、地図上から選択判断の時に、直線的な関係で判断できる場合、「Halo」と「AwarePath」は同程度の「結果の正確性」となるとした。実験を行ったところ仮説1で想定したように直線的な関係で判断できるタスクの場合は両手法とも同程度の正確性をそなえていることがわかった。

仮説2では、地図上から選択判断の時に、直線的な関係で判断できる場合、「AwarePath」の方が、「Halo」よりも優れた「結果の正確性」になるとした。実験を行ったところ、「AwarePath」の方が正確性の面で優れている事がわかった。以上のことから地図上での推測判断時に直線的な関係だけでなくルートも考慮する必要がある場合、「AwarePath」の方が適した手法であることが確認できた。

以上のことから地図上での直線的な関係での推測判断であれば、既存手法の「Halo」でも対応できるが、ルートも考慮する場合、「Halo」では、正確な推測判断ができない。対して、「AwarePath」は、直線的な関係では「Halo」と同程度の正確な推測判断が行えた。また、ルートも考慮する場合でも正確な推測判断を行うことができた。

したがって、地図上からの推測判断を行う場合、「AwarePath」の方が優れていることがわかった。

第 7 章 おわりに

7.1 まとめ

本論文では、モバイルデバイスの画面で地図情報を観覧する場合の不便さ挙げ、解消案として一部の地図情報を可視化する表示物を使う手法について述べた。しかし、「矢印」、「CityLights」、「Halo」といった既存手法は、ルートに関する情報を推測できない。そのため、ルートを考慮する必要があることが多い実場合では、Halo や矢印等の既存手法では役立たないと考えられる。そこで、本論文では、ルート形状やルート距離といったルート情報を可視化した表示物を表示すれば問題の解決が図れるのではないのかという仮説を立てた。そして、実行手法として「AwarePath」という手法を提案した。「AwarePath」を使うことでの有用性の効果を確認するため、地図上での候補地の選択判断を想定するタスクを、「Halo」と「AwarePath」を用いて比較した。評価実験の結果から、既存手法 Halo は、ルートを考慮する場合では、正確な推測判断を行うことができなかったが、AwarePath では正確な推測判断を行うことができた。したがって、ルートも考慮することが多い実場面では、筆者が提案する「AwarePath」が有効な表示物手法であることが確認できた。

7.2 これからの展望

本論では、評価実験を行い「AwarePath」を既存手法「Halo」の比較することにより、候補地の選択判断時の正確さと速さを測り有効性を確かめる所までを行った。しかし、ルートの形状を前もって推測できる「AwarePath」の利点を測る所はまだ行っていない。

評価実験後、被験者に対して行ったアンケートで「ルートの形（例えば、曲がらないで済むルートを探す場合など）を考慮した場合 AwarePath は役立ちますか」というルートの形状が役に立つのかという趣旨の質問をした所、全員が役立つと思うと答えた。「AwarePath」のルート形状を推測できる利点について調査することに意義を感じた。

じた。したがって、これからの展望として、ルート形状を推測することによる効果を確かめる評価実験を行いたいと考えている。

謝辞

本研究を行うにあたり、多くの方々のご指導および支援をいただきました。最後に、この場を借りて、お世話になった皆様に感謝の気持ちを記します。

指導教官である國藤進教授には、研究に関して様々のご指導、ご鞭撻を賜りました。また、研究生活全般に関しても、様々のご支援をいただきました。深く感謝いたします。

副テーマ指導教官である金井秀明准教授には、副テーマにおいて研究の助言をしていただきました。深く感謝いたします。

審査員の西本一志教授、藤波努准教授、由井菌隆也准教授には、研究に関する有益な助言をしていただきました。深く感謝いたします。

三浦元喜助教には、プロポーザルの段階から研究に関する数多くの助言をしていただきました。心より感謝いたします。

羽山徹彩助教には、研究に関する種々の助言をしていただきました。深く感謝いたします。

創造性開発システム論講座のみなさまには、常日頃から研究に対する助言をいただきました。研究以外の面に関しても大変お世話になりました。感謝いたします。お忙しい中、被験者になってくださった皆様にも、心よりお礼を申し上げます。ありがとうございました。

最後に私事で恐縮ですが、学生生活を金銭的、精神的に支えてくれた両親に感謝の意を表させていただきます。

参 考 文 献

[1]P. Baudisch and R. Rosenholtz, Halo:A Technique for Visualizing Off-Screen Objects, Proceedings of the SIGCHI Conf. Human Factors in Computing Systems, ACM Press, pp231-234, 2003

[2]S. Burigat, L. Chittaro, S. Gabrielli, Visualizing locations of off-screen objects on mobile devices:a comparative evaluation of three approaches, Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services MobileHCI 06, ACM Press, pp. 239-246, 2006

[3]L. Chittaro, Visualizing Information on Mobile Devices, IEEE Computer Society, pp. 40-45, 2006

[4]Mark Dunlop , Stephen Brewster, The Challenge of Mobile Devices for Human Computer Interaction, Personal and Ubiquitous Computing, v. 6 n. 4, p. 235-236, September 2002

[5]花井裕子, 遠藤裕貴, 郷健太郎, 電子地図での画面外オブジェクトの距離と方向の視覚化, 情報処理学会 68 回全国大会, pp. 4-123-124, 2007

[6]M. Sarkar, Marc H, Brown. Graphical fisheye views of graphs, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, p. 83-91, May 03-07, 1992

[7]Michael Rohs , Georg Essl, Which one is better?: information navigation techniques for spatially aware handheld displays, Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces, November 02-04, 2006

[6]P. T. Zellweger, J. D. Mackinlay, L. Good, M. Stefik, P. Baudisch, City Lights:contextual views in minimal space, CHI' 03 extended abstracts on Human

factors in computing systems, April 05-10, 2003

発表論文

[1]大内宏之, 三浦元喜, 國藤進, モバイルデバイスにおける目的地候補からの選択を容易にするインタフェースの提案, FIT2007, 2007

[2]大内宏之, 三浦元喜, 國藤進, 地図上での目的地選択を支援するルートの視覚化手法, 情報処理学会全国大会, 2008