

# 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

山本 徳之<sup>†</sup> 原田 悟<sup>†</sup> 間邊 哲也<sup>†</sup> 長谷川 孝明<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 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: <sup>†</sup> {noriyuki, harada, manabe, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

あらまし 本稿では、モバイル/インフラ協調型歩行者ナビゲーションシステム構築のための知見を得るため、大学構内においてキオスク型端末で提示する案内文とモバイル端末で持ち運ぶ案内文を用いた歩行者ナビゲーション実験を行い、実験結果の解析を行うことで、キオスク型端末で提示する案内文およびモバイル端末で持ち運ぶ案内文の長さの適切な組み合わせを明らかにしている。また、案内文および地図の持ち運びの効果を明らかにするための基礎評価として、キオスク型端末における案内文および地図の適切な提示方法の検証を行っている。その結果、地図および案内文を併用した場合に複雑な経路では案内文の詳細な内容が重要であることを示している。

キーワード 歩行者ナビゲーション, 案内文, 地図, モバイル端末, キオスク型端末, 協調動作

## Effect of Route Guidance Statements and Maps on Mobile/Infrastructure Collaborative Operation Based Pedestrian Navigation

Noriyuki YAMAMOTO<sup>†</sup> Satoru HARADA<sup>†</sup> Tetsuya MANABE<sup>†</sup> and Takaaki HASEGAWA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, 338-8570 Japan

E-mail: <sup>†</sup> {noriyuki, harada, manabe, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

**Abstract** This paper describes the construction of the Mobile/Infrastructure Collaborative Operation based pedestrian navigation Systems. We have carried out experiment that subjects carry route guidance statements by mobile device, that route guidance statements have been displayed on the screen of Kiosk type equipment. The results show suitable combinations of a route guidance statements. Furthermore, we reveal suitable presentation method of route guidance statements and maps on Kiosk type equipment, to verify effects of carrying route guidance statements and maps. The result show that route guidance statements are important in complex routes if route guidance statements and maps are displayed on the screen of Kiosk type equipment.

**Keyword** Pedestrian navigation, Route Guidance Statements, Maps, Mobile Device, Kiosk Type Equipment, Collaborative Operation

### 1. まえがき

近年、様々な歩行者ナビゲーションシステムが研究開発されている。従来の歩行者ナビゲーションシステムは3種類に分類できる。モバイル端末を利用したもの[1-3]と、キオスク型端末を利用したもの[4-7]、モバイル端末とキオスク型端末の両方を利用したもの[8][9]である。モバイル端末とキオスク型端末はそれぞれが対照的な特徴を持つ。モバイル端末は持ち運びが容易であり情報の可搬性が高いが、画面が小さく一度に表示できる情報量が少ない。それに対し、キオスク型端末は持ち運びが不可であり情報の可搬性が低い、画面が大きく一度に表示できる情報量が多い。これらの特徴から、モバイル端末とキオスク型端末はそれぞれ

互いの欠点の補完が可能である。これらの特徴に着目し、文献[10]ではMICO (Mobile/Infrastructure Collaborative Operation) という概念が提唱されている。MICOとはモバイル端末とキオスク型端末の協調動作(相互補完)のことである。MICO指向の歩行者ナビゲーションシステムはモバイル端末とキオスク型端末がそれぞれ単独で道案内が可能であることを前提としており、モバイル端末とキオスク型端末を協調動作させることで、より良いナビゲーション環境の実現が期待できる。

そこで本稿では、MICO指向の歩行者ナビゲーションシステムの構築に必要な知見を獲得する。MICO指向の歩行者ナビゲーションシステムの機能の一つであ

るキオスク型端末で提示した案内情報をモバイル端末で持ち運ぶ機能に着目し、歩行者ナビゲーション実験を行い、案内文を持ち運ぶことによる効果を検証する。また、キオスク型端末における地図および案内文の持ち運び効果の検証のための基礎評価として、キオスク型端末における案内文と地図の提示方法を検証する。

本稿の構成として、2.では歩行者ナビゲーションにおける地図と案内文について述べる。3.では案内文を利用した歩行者ナビゲーション実験とその実験結果について述べる。4.では3.に実験結果について解析を行う。5.では、案内文および地図を利用したキオスク型歩行者ナビゲーション実験について述べる。6.でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 歩行者ナビゲーションにおける地図および案内文

### 2.1. モバイル端末利用した歩行者ナビゲーションシステム

モバイル端末のみを利用した歩行者ナビゲーションシステムとして、文献[1]では NAVITIME が提案されている。NAVITIME では、地図上に経路を表示してナビゲーションを行っている。文献[3]では、地図のみではわかりにくい場所として交差点に着目し、モバイル端末の画面上に地図と案内文を提示しているが、案内文は地図の補完として利用されている。

### 2.2. キオスク型端末を利用した歩行者ナビゲーションシステム

キオスク型端末を利用した歩行者ナビゲーションとして、商業施設に設置して店舗までの案内を行うデジタルフロアガイド[4]が開発されている。デジタルフロアガイドには現在地及び目的地を示した地図が提示されている。文献[5]では売り場までの案内を行う WyNIST が提案されている。WyNIST には地図と案内文の両方が提示されているが、案内情報の提示方法についてはほとんど検討されていない。キオスク型歩行者ナビゲーションにおける案内文に関する研究として、文献[6]ではキオスク型端末を利用した歩行者ナビゲーションシステムにおける案内文についての検討が行われており、案内文の自動生成のためのフローチャートの提案および規格化旅行時間や逸脱率、経路複雑度などのデータ解析に必要な用語の定義が行われている。また、文献[7]では地図に着目し、地図のパン・チルト操作についての研究が行われている。しかし、地図と案内文の提示方法による効果の検証はほとんど行われていない。

### 2.3. モバイル端末とキオスク型端末の両方を利用した歩行者ナビゲーション

モバイル端末とキオスク型端末の両方を利用した歩行者ナビゲーションシステムについて、文献[8]ではモバイル端末で受け取る情報を大画面のキオスク型端末で提示する MI WyNE Box が提案されている。文献[9]では、交差点の複雑さを考慮した案内方式が考えられ、モバイル端末とキオスク型端末を同時に利用する案内システムが提案されている。文献[9]のシステムではモバイル端末に地図を保存して持ち運ぶことを想定している。しかし、これらの研究ではモバイル端末とキオスク型端末の協調動作は前提とされておらず、それぞれ単独での案内は想定されていない。

そこで3.および4.で、キオスク型端末で提示した案内文をモバイル端末で持ち運ぶことによる効果の検証を行う。また、キオスク型端末における地図と案内文の提示方法の検証は5.で行う。

## 3. 案内文を利用した歩行者ナビゲーション実験および実験結果

### 3.1. 実験目的

MICO 指向の歩行者ナビゲーションシステムにおいてキオスク型端末で提示された案内文の持ち運びによる効果を明らかにするため、埼玉大学構内において提示された案内文および持ち運ぶ案内文をもとに構内の目的地を探索するナビゲーション実験を行う。

### 3.2. 実験方法

実験環境、実験コース、案内情報、実験手順は文献[6]と同じである。利用する案内情報は、S（16文字以下）、M（17文字以上39文字以下）、L（40文字以上）の三種類である。本実験では出発地点のキオスク型端末で提示する案内文とモバイル端末で持ち運ぶ案内情報を利用する。そのため、図1に示すような出発地で提示する案内情報と持ち運ぶ案内情報を用意する。また、出発地で提示する案内情報の案内文と持ち運ぶ案内情報の案内文の長さの組み合わせを検証するため、出発地で提示する案内文と同じ長さの案内文を持ち運ぶ場合と長い案内文を持ち運ぶ場合、案内文を持ち運ばない場合の組み合わせを用意して実験を行う。実験で使用する案内文の組み合わせを表1に示す。

被験者は、埼玉大学に在籍する大学生および大学院生134名で、本実験ではこれらを2つのグループに分ける。第一のグループは持ち運びなし48名（男性38名、女性10名）であり、第二のグループは85名（男性54名、女性31名）とした。

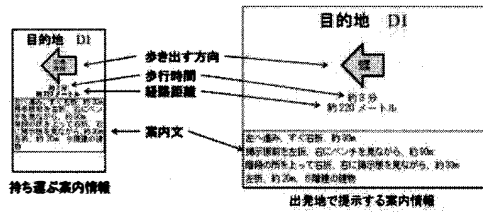


図1 実験に使用する案内情報  
表1 案内文の組み合わせ

出発地で提示する案内文	持ち運ぶ案内文	案内文の組み合わせ
S	S	SwithS
M	M	MwithM
L	L	LwithL
S	L	SwithL
M	L	MwithL
S	-	S
M	-	M
L	-	L

### 3.3. 種々の定義

文献[6]では、規格化旅行時間、逸脱率および逸脱が定義されている。規格化旅行時間とは出発地から目的地までの経路を知っている場合に要する時間と知らない場合に要する時間の比であり、規格化旅行時間を用いることで被験者が移動に要した時間を同様に扱うことができる。逸脱とは、案内経路に含まれないノード（ネットワーク上の分岐点）に一回以上到達することであり、逸脱率は全試行回数における逸脱の割合である。

読み取り時間は、出発地で提示された案内文を被験者が読み取るために要する時間である。出発地で提示された案内文を読み始めた時刻と読み終えて出発を開始する時刻の差から算出する。

### 3.4. 実験結果

#### 3.4.1. 目的地到達率

図2に案内文ごとの目的地到達率を示す。図2より、規格化旅行時間4以上の十分な時間において、SおよびSwithSの到達率は0.8であるが、他の案内文の組み合わせでは0.9以上と高い到達率になっていることがわかる。これは、Sは目的地までの十分な情報が含まれていないため、Sを持ち運んだとしても最終的に到達できないと考えられる。また、男女間の差に関しては、LwithLにおいて男性よりも女性の方が最終的な目的地到達率が低く、 $p < 0.05$ で有意差が見られた。

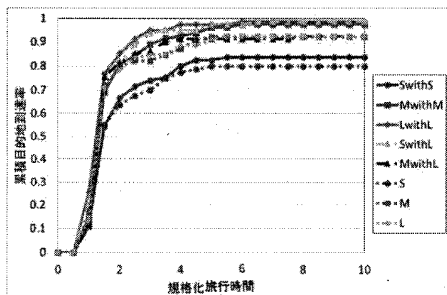


図2 目的地到達率

#### 3.4.2. 逸脱率

図3に案内文の組み合わせごとの逸脱率を示す。図3より、SおよびMの案内文を持ち運んだ場合の逸脱率には大きな変化が見られないが、Lの案内文を持ち運ぶ場合に逸脱率が大きく減少していることがわかる。また、男女別の逸脱率では、男性よりも女性の方が、逸脱率が大きかった。特にMwithLにおいて逸脱率の間に $p < 0.05$ で有意差が見られた。

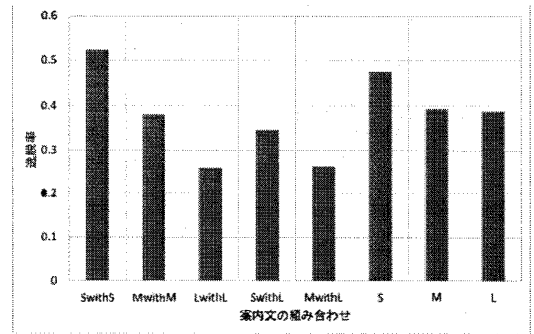


図3 逸脱率

#### 3.4.3. 読み取り時間

図4に案内文ごとの読み取り時間を示す。図4より、案内文を持ち運ばない場合と比較して案内文を持ち運ぶ場合の読み取り時間が減少していることがわかる。特に、案内文を持ち運ばない場合の最も読み取り時間が短かったSよりも、案内文を持ち運ぶ場合に最も読み取り時間が長かったLの方が読み取り時間が短という結果が得られている。したがって、案内文を持ち運びにより案内文の読み取りにおける記憶に関する負担が軽減できていると考えられる。また、男女別の読み取り時間については、ほとんど差が見られなかった。

次節では、目的地到達率、規格化旅行時間、逸脱率に関して解析を行い、詳細な検討を行う。

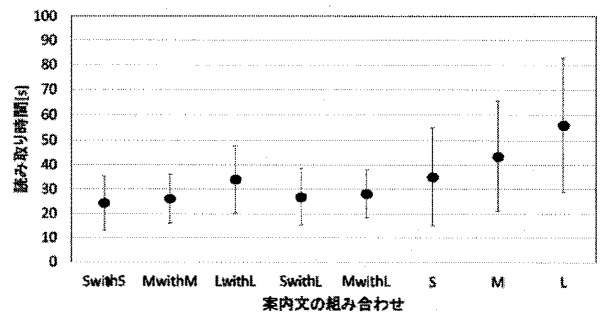


図4 読み取り時間

### 4. 種々のデータ解析

#### 4.1. 経路複雑度

解析を行う前に、文献[6]で定義されている経路複雑度についての検討を行う。3.において性別によりナビゲーションの効果に差が表れていたことから、性別によって経路複雑度に違いが表れることが予想できる。

そのため、性別を考慮した新たな経路複雑度を定義する。文献[6]では直線距離、経路距離、曲がる回数、ノード数、ランドマーク数の5つを説明変数に設定し、規格化旅行時間または逸脱率を目的変数として重回帰分析を行っている。本稿では新たに性別（男性を1，女性を0とする）を説明変数として加え、重回帰分析を行う。性別を考慮した経路複雑度をそれぞれ第I種経路複雑度に対して第I種(S)経路複雑度，第II種経路複雑度に対して第II種(S)経路複雑度と呼ぶこととする。重回帰分析を行った結果をそれぞれ式(1)，(2)に示す。

$$\text{第I種(S)経路複雑度} = 0.004 \times \text{直線距離} + 0.291 \times \text{曲がる回数} - 0.151 \times \text{性別} + 0.329 \quad (1)$$

$$\text{第II種(S)経路複雑度} = 0.001 \times \text{直線距離} + 0.110 \times \text{曲がる回数} - 0.009 \times \text{性別} + 0.219 \quad (2)$$

#### 4.2. 規格化旅行時間

図5に第I種(S)経路複雑度に対する規格化旅行時間2および4以下の目的地到達率を示す。図6より、規格化旅行時間2以下の短い時間内では、複雑な経路においてMwithM，LwithL，SwithL，MwithLの到達率が0.7以上と高くなっており，SwithS，S，Mの到達率は0.6以下と低い。規格化旅行時間4以下の十分な時間では，MwithM，LwithL,SwithL,MwithLは到達率が0.9以上になっており，ほとんどの被験者が到達できていたことがわかる。それに対してSwithS，S，M，Lは0.8以下になっており，長時間かけても到達できない人が多いことがわかる。

図6に第I種(S)経路複雑度に対する規格化旅行時間を示す。第I種(S)経路複雑度に対する規格化旅行時間より，SwithS，SおよびMは経路が複雑なほど規格化旅行時間が大きくなっているのに対し，MwithM，LwithL,SwithL，MwithLは第I種(S)経路複雑度によらず規格化旅行時間にほとんど変化がないことがわかる。また，文献[6]では簡単な経路ではMを提示するのが有利であり，複雑な経路ではLを提示するのが有利であると述べられている。図6においても，案内文を持ち運ばない場合は第I種(S)経路複雑度2.4を境に2.4以下ではMが，2.4以上ではLが有利であるとわかる。これを考慮すると，2.4以下ではM，2.4以上ではLを提示し，第I種(S)経路複雑度に関わらずLを持ち運ぶと有利である。

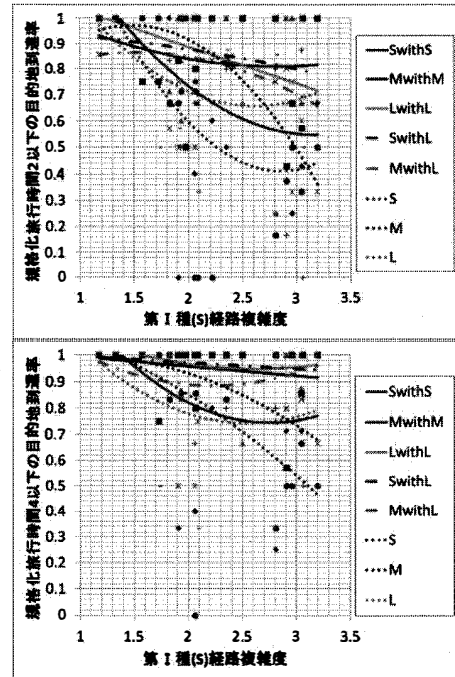


図5 第I種(S)経路複雑度に対する規格化旅行時間N以下の目的地到達率（上：2以下 下：4以下）

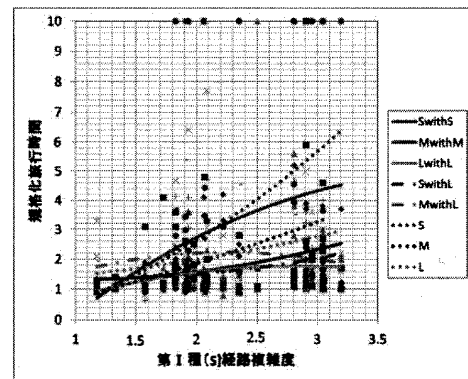


図6 第I種(S)経路複雑度に対する規格化旅行時間

#### 4.3. 逸脱率

図7に第II種(S)経路複雑度に対する逸脱率を示す。図7より，第II種(S)経路複雑度が小さい経路ではほとんど逸脱率に差は見られないが，経路複雑度が大きくなるほど逸脱率が大きくなっていることがわかる。第II種(S)経路複雑度が大きい複雑な経路では，案内文Lを持ち運んだ場合の逸脱が少ない。また，文献[6]でも述べられているように，案内文を持ち運ばない場合は簡単な経路では出発地でMを提示した場合が有利であり，複雑な経路ではLを提示した場合が有利である。これらを考慮すると，簡単な経路ではMを提示して複雑な経路ではLを提示し，経路の複雑さに関わらず案内文はLを持ち運ぶ場合が有利である。

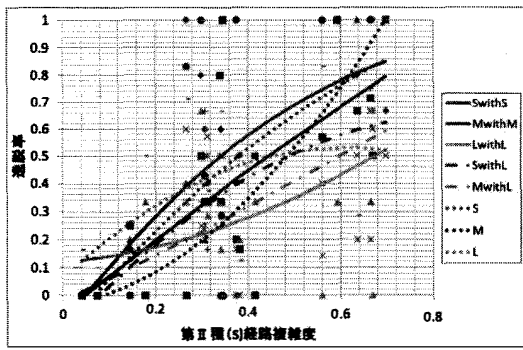


図 7 第Ⅱ種(S)経路複雑度に対する逸脱率

## 5. 地図および案内文を利用したキオスク型歩行者ナビゲーション実験

### 5.1. 実験の位置づけと実験目的

4.では、モバイル端末で持ち運ぶ案内情報として案内文に着目しているが、案内文のみではなく地図もナビゲーションにおいて重要であり、地図の持ち運びについても検証する必要がある。しかし、地図の持ち運び効果の検証の基礎評価であるキオスク型端末における地図と案内文の適切な提示方法については検討が不十分である。

そのため、キオスク型端末で提示した案内文および地図の持ち運びによる効果の検証を行うために、キオスク型端末における地図および案内文の提示方法が歩行者ナビゲーションの性能に与える効果について歩行者ナビゲーション実験を行い検証する。

### 5.2. 実験方法

実験場所は埼玉大学構内の工学部の敷地であり、実験コースは出発地 1 箇所、目的地 16 箇所の複雑さの異なる 16 コースを設定する。工学部の敷地の屋外のみでは複雑さの異なる 16 コースの設定が難しいため、本実験の実験コースは屋内も含んだ経路とする。被験者は工学部の敷地に不慣れた埼玉大学に在籍する大学生 29 名（男性 19 名、女性 10 名）である。実験手順は文献[6]と同じである。

実験には案内文および地図の表示が可能な歩行者ナビゲーションシステムを構築して用いる。図 8 に構築したシステムの案内情報表示画面を示す。案内文と地図の効果を明らかにするため、提示方法は案内文のみ、地図のみ、地図・案内文併用（表示領域の拡大機能あり）、地図・案内文併用（表示領域の拡大機能なし）の 4 種類を用意する。構築したシステムは 11.6 型ワイドのタッチパネル PC に実装して実験を行う。

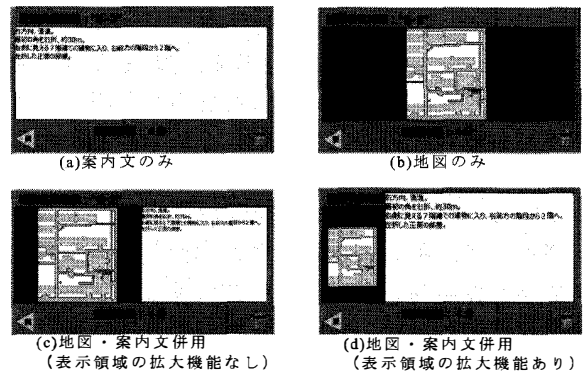


図 8 システムで提示する案内画面

## 5.3. 定義

システムを利用して目的地を探索する時間、案内情報を確認する時間を含めた時間として、システム操作時間を定義する。システム操作時間は、システムの利用を開始した時刻とシステムの利用を終えて出発する直前の時刻の差から算出する。

本実験では経路に屋内が含まれるため、屋内を考慮した経路複雑度を定義する。説明変数に新たに屋内かどうか、階段の有無の 2 つの変数を加え、経路複雑度を導出する。導出した経路複雑度は第Ⅰ種経路複雑度に対して第Ⅰ種(I)経路複雑度と呼ぶこととする。実験結果を用いて導出した第Ⅰ種(I)経路複雑度の算出式を式(3)に示す。式(3)を用いて規格化旅行時間およびシステム操作時間の解析を行う。

$$\text{第Ⅰ種(I)経路複雑度} = -0.002 \times \text{直線距離} - 0.031 \times \text{ランドマーク数} + 0.290 \times \text{階段の有無} + 1.765 \quad (3)$$

## 5.4. 実験結果

### 5.4.1. 規格化旅行時間

図 9 に第Ⅰ種(I)経路複雑度に対する規格化旅行時間を示す。図 9 より、第Ⅰ種(I)経路複雑度が低い簡単な経路では案内文のみの場合に規格化旅行時間が長いに対し、第Ⅰ種(I)経路複雑度が高い複雑な経路では地図の場合の規格化旅行時間が長い傾向がある。これは、簡単な経路では地図を見ることで経路を把握し易いが、複雑な経路では案内文の詳細な情報が必要になるためだと考えられる。特に本実験では経路に屋内も含まれるため、案内文の重要性が高いと考えられる。

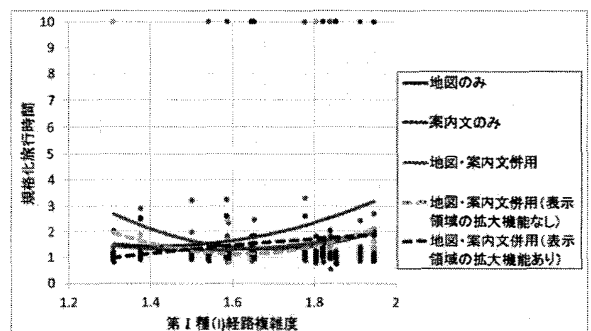


図 9 第Ⅰ種(I)経路複雑度に対する規格化旅行時間

### 5.4.2. システム操作時間

図 10 にシステム操作時間を示す。図 10 より、案内文のみの場合と、地図と案内文を併用した場合には大きな差が見られなかったのに対し、地図のみを利用した場合は他の提示方法よりもシステム操作時間が短くなっている。第 I 種(I)経路複雑度の低い経路では、地図と案内文を併用した場合は案内文のみの場合よりもシステム操作時間が短い。これは、地図を利用して経路全体の把握を行い、目的地付近のような詳細な情報が必要な箇所を案内文で補完している可能性がある。また、地図と案内文を併用した場合の地図の拡大操作ありと拡大操作なしを比較すると、システム操作時間にほとんど差が表れなかった。実験中にほとんどの被験者が拡大操作を利用していなかったことから、本実験で提示した地図の範囲では拡大機能がなくても十分に地図が見やすかったことが原因として考えられる。5.5.では、キオスク型端末に提示する地図の拡大機能について評価を行う。

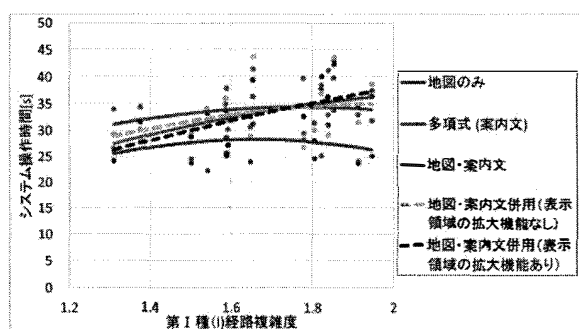


図 10 システム操作時間

### 5.5. 地図の拡大縮小機能の評価

キオスク型端末に提示する地図の拡大縮小機能について評価を行う。200m 四方（実験範囲）の地図に加え、1km 四方、3km 四方、5km 四方の 3 つ範囲の地図を新たに用意し、ユーザがどの範囲から拡大操作を利用するかを調査を行う。その結果を表 2 に示す。表 2 より、拡大操作の利用率は地図の範囲が 1km 四方以上で 100%になった。したがって、本実験の実験環境では拡大操作なしでも十分に地図が見やすかったことが、拡大機能のありとなしの間のシステム操作時間に差が表れなかったことの原因であると考えられる。

表 2 拡大操作の利用率

地図の範囲	0.2km 四方	1km 四方	3km 四方	5km 四方
拡大操作の利用率	36%	100%	100%	100%

## 6. むすび

本稿では、MICO 指向の歩行者ナビゲーションシステム構築のための知見を得るため、出発地で提示した案内文の持ち運びによる効果を明らかにした。また、案内文および地図の持ち運びの効果を検証するため、

キオスク型端末で提示する地図および案内文の最適な提示方法の検証を行った。案内文の持ち運びについては、簡単な経路では出発地で M、持ち運びに L が有利であり、複雑な経路では出発地は M、持ち運びは L が有利であることを示した。キオスク型端末における提示方法では、簡単な経路では地図が有利であり、複雑な経路では案内文が重要なことを示した。

今後の課題として、キオスク型端末で提示した地図および案内文をモバイル端末で持ち運ぶことによる効果の検証が挙げられる。

### 謝辞

本研究の一部は、科研費（23500111）の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] M.Arikawa, S.Konomi, and K.Ohnishi, "NAVITIME: Supporting Pedestrian Navigation in the Real World," IEEE Pervasive Comput., pp.21-29, July 2007.
- [2] 山下清司, 長谷川孝明, "視覚障害者誘導用ブロックを用いた M-CubITS 歩行者ナビゲーションシステムについて," 信学論 (A), vol.J88-A, no.2, pp.269-276, Feb.2005.
- [3] 長谷川保, 松田三恵子, 久保田浩明, "歩行者向け対話型道案内サービスのための案内テキスト生成," 信学技報, HIP2001-13, pp.43-48, July 2001.
- [4] (株) インターズ, "デジタルフロアガイド," [http://www.inters.cc/html/item\\_d\\_signage/02\\_floorguid.htm](http://www.inters.cc/html/item_d_signage/02_floorguid.htm).
- [5] 芹澤崇, 足洗裕太, 平田恭崇, 長谷川孝明, 駒崎裕介, "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," 信学技報, ITS2013-42, pp.245-250, Feb. 2013.
- [7] 藤田和之, 高嶋和毅, 築谷喬之, 朝日元生, 伊藤雄一, 北村喜文, 岸野文郎, "地図ナビゲーションにおけるパン操作とズーム/チルド連動を用いたビューポート制御法の提案," 信学論, Vol.J93-D, No.11, pp.2454-2465, Nov. 2010.
- [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 Environment," Proceeding of the 17th ITS World Congress Busan 2010, Busan, Korea, Oct. 2010.
- [9] 高梨郁子, 神田準史郎, 藤本仁志, 田中聡, "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," 信学技報, ITS2008-90, pp.41-46, March 2009.
- [10] 長谷川孝明, "システム創成と空間的心地よさの質について～IT による QoSC の向上とモビリティ～," 信学技報, ITS2010-67, pp.287-292, March 2011.