

# 振動を用いた歩行者ナビゲーションの提案

山本篤史<sup>†</sup> 屋代 智之<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 千葉工業大学

あらまし：近年，歩行者ナビゲーションシステムの発展により，携帯端末上で現在地や目的地の特定，経路の探索や誘導，周辺情報の提供等が行えるようになり，以前より利便性は向上している．しかし，利用者の自由度や安全性に対していくつか問題がある．その一つに利用者は曲がるポイントを考えたり，記憶するために，携帯端末に視線を奪われてしまうことが挙げられる．また，曲がるポイントを忘れてしまうと，目的地にたどり着くことができなくなってしまう．これらの問題は視覚に依存しているから引き起こされると考えられる．さらに，大半のナビゲーション情報というのは単純な進行方向の指示のみであり，利用者が何度も確認するほどのものではない．そこで，携帯端末側から適切なタイミングで最小限のナビゲーション情報を利用者に伝える [1] ことにより，利用者の負担を軽減する手法を提案する．本研究では振動を用いてナビゲーション情報を伝達し，その有用性を検証した．

## Proposal of Pedestrian Navigation System using Vibration

Atsushi Yamamoto<sup>†</sup>, Tomoyuki Yashiro<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Chiba Institute of Technology

Abstract : Pedestrian navigation system's development improves utility and convenience of mobile terminals. For instance, specifying present location, searching destination, route guidance, and providing information about surrounding areas are popular applications of mobile terminals. However, there are some problems of user's activities and safety. As one of those, a user has to give care to the mobile terminal due to confirm route, think about next corner to turn, and so on. If a user misunderstands the corner to turn, the user may lose one's way. This problem is caused because most of the navigation system is depending on visual information providing. Furthermore, almost of navigation information should be not often confirmed by user, because it should be indicate only a simple direction. So we propose a new pedestrians navigation system which provide minimum route guidance information at suitable timing to reduce users navigation load. In this paper, we analyze usability of the navigation system which uses vibration to inform.

## 1 はじめに

近年，携帯電話や PDA などの携帯端末の普及や高性能化，GPS の精度の向上 [2]，ナビゲーションソフトの性能の向上 [3] により，携帯端末で利用者の位置情報の検出や目的地，経路探索や誘導，周辺情報の提供 [4] など様々なことが行えるようになり，歩行者ナビゲ-

ーションの発展に繋がった．これらは，紙面上の地図と比べて負担なく利用者を誘導し，様々な情報を提供してくれるため，利便性は格段に向上しているといえる．しかし，従来の歩行者ナビゲーションシステムは，利用者が携帯端末の画面を見ることにより情報を確認する Pull 型の情報伝達である．そのため，利用者は自ら画面を見て確認，理解，記憶して行動しなければならない．この一面だけを考えると紙面上の地図の単なる

高性能版であると考えられる。このように視覚のみで情報を伝えているため、以下のような問題点が生じる。

- 確認に関する問題

現在の歩行者ナビゲーションシステムにおいて、利用者は歩行している道が本当に正しいのか不安になってしまうため、歩行中に何度も携帯端末の情報を確認してしまう。確認する際、利用者は端末の画面を意識するあまり、その間周囲の状況に対しての意識が低下してしまい安全性の低下に繋がる。

- 理解に関する問題

利用者がナビゲーション情報を理解するとき、携帯端末の画面から曲がるポイントや経路、目印などを読み取る。しかし、利用者は間違っ理解してしまうことが多々あり、正しく目的地まで到達することができなくなってしまう。

- 記憶に関する問題

利用者は理解した曲がるポイント、経路、目印などのナビゲーション情報を記憶して歩行する。しかし、それらを見逃したり、忘れてしまうため、何度も携帯端末の地図データを確認してしまう。

歩行者ナビゲーションにおいて、利用者に提供される情報には経路誘導、注意喚起、周辺情報などがある。この中でも主軸となるのは経路誘導である。経路誘導に利用されるナビゲーション情報とは本来、単純で利用頻度は非常に低い情報である。そのため、歩行者が頻繁に確認する必要はないと考えられ、必要なときにだけ情報を提供してくれる Push 型のシステムが望ましいと思われる。また、近年、Drivers' Distraction が問題視されている [5]。これは運転手が運転中に、音声などにより頭で考えてしまうことが事故の原因となってしまう問題である。同様の事が歩行者にもいえると考えられる。これを我々は Pedestrians' Distraction と定義した。この問題により、歩行者に対してナビゲーション中に余計な情報を与えてしまうと、交通事故に巻き込まれる原因となってしまうと考えられる。このことから、直感的に知覚でき、あまり考えることがない情報を利用者に提供することが望ましいといえる。これらの条件を満たすことができ、歩行者の安全面に悪影響を与えない、振動を用いて情報を提供する歩行者ナビゲーションシステムを提案する。

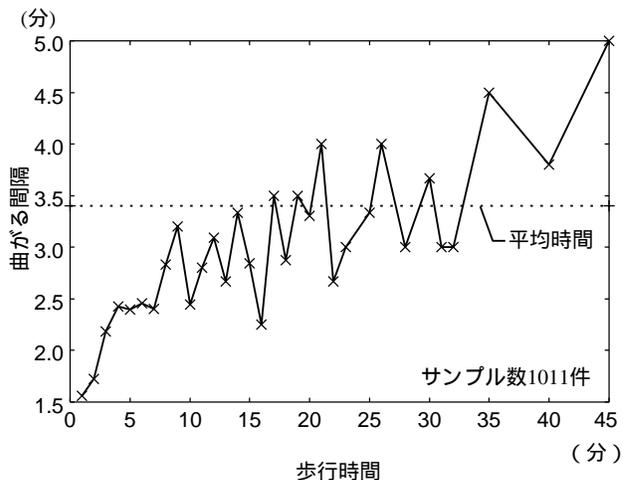


図 1: 曲がった平均回数

## 2 背景

### 2.1 ナビゲーション情報

利用者に最低限必要なナビゲーション情報とは、どの分岐点をどちらに進むかを示した情報であり、直進、右左折の 2 択、3 択程度で表現できてしまうケースが大多数を占めている。また、インターネット上の交通アクセス情報より、現在地から目的地までの時間あたりの曲がった回数の統計を取った結果、距離によりばらつきはあるものの、平均 3.5 分に 1 回程度しか曲がっていない事が分かった (図 1)。これらのことから、利用者に最低限必要なナビゲーション情報とは、非常に単純で利用する頻度が低いと考えられる。

このような情報であれば、従来のように利用者が何度も正しい経路を歩行しているか携帯端末を見て確かめるよりも、必要なときにのみ端末側から直接誘導情報を送る Push 型のナビゲーションシステムの方が効率的だと考えられる。

### 2.2 Pedestrians' Distraction

歩行者が歩行中に様々なことで気を散らしてしまうことがあり、この結果として交通事故などに遭遇してしまう可能性がある。我々はこの問題を Pedestrians' Distraction と定義する。これと類似した言葉に Drivers' Distraction がある。これは運転中に様々な情報が運転者に提供されることにより、運転から気が逸れてしまい、交通事故を引き起こしてしまう問題である。例えばドライバーがハンドルから手を離さず、路上から視線

を逸らさなかったとしても、カーナビや携帯電話などの音声によって、運転から注意が逸れてしまったり、頭の中で考え事をしてしまうことにより、交通事故に繋がってしまうことである。運転者だけでなく歩行者にも同様なことがいえる。これが Pedestrians' Distraction である。Pedestrians' Distraction を考慮せずに歩行者に過剰な情報提供や、直感で理解できない情報を提供することは注意散漫の原因となり、安全性の低下に繋がってしまう。

このことから、歩行者ナビゲーションにおいて、利用者が理解するのに戸惑ってしまったり、頭の中で考えてしまう情報は提供すべきでない。だが、利用者に提供する全ての情報を直感的に理解できる情報にすることもできない。そのため、歩行者ナビゲーションで提供する様々な情報の内、最も重要となるナビゲーション情報を別の手法で提供し、地図や周辺情報などの情報は利用者が視覚により任意で確認するシステムが望ましいと考えられる。

## 2.3 ナビゲーション情報を提供するのに適した感覚

人間が外界からの情報を認識できる感覚は五感だけである。五感とは視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚の五つで構成されており、従来の歩行者ナビゲーションはこの中の視覚に依存している。視覚は人間の得る五感からの情報の内のおよそ 80% 以上を占めているため、利用者が視覚からナビゲーション情報の提供を受けながら歩行することは自由度の低下に繋がると考えられる [6]。そこで、視覚以外の聴覚、味覚、嗅覚、触覚の何れかを利用することでナビゲーション情報を利用者に伝達することになる。以下、どの感覚が適しているかを考察する。

- 聴覚

人間にとって視覚に次いで多くの情報を取り込むことができる感覚である。そのため、情報を大量に伝えることには優れているが、日常生活で頻繁に利用する音声が悪断されてしまうと利用者にとって不便である。また、2.2 章で述べた Pedestrians' Distraction の原因となることも考えられる [7]。

- 味覚、嗅覚

味覚や嗅覚で感じ取る味やにおいによって誘導情報を受け取るのは難しい。また、健康状態やそのときの状況など様々な事象により知覚の仕方が変

化するため、ナビゲーション情報を伝えることは無理である。

- 触覚

触覚は多くの情報を伝えることには適していない。しかし、ON-OFF のような少ない情報であれば伝えることができ、情報の有無であれば直感的に判断できる。

2.1 章で述べた通り、最低限必要なナビゲーション情報は非常に少なく、大半の経路では右折、左折、直進の 3bit 程度で補うことができ、かつ頻度はあまり高くない。そこで、本提案では最も適していると考えられる触覚を利用する。触覚といっても様々な種類があり、その中で歩行の妨げにならず、安全であると考えられる振動を利用してナビゲーション情報を利用者に伝達する。

## 3 振動を用いた歩行者ナビゲーションの提案

### 3.1 従来方式と提案方式の概要

図 2 に従来方式と提案方式の概要を示す。

従来方式は携帯端末の画面から地図などの情報を利用者自身が読み取り、情報は全て視覚で知覚している。提案方式では振動を利用してナビゲーション情報を提供し、地図情報や周辺案内などの、ナビゲーション情報以外の様々な情報は利用者が任意で視覚により確認する。

提案方式では、利用者の両腕に振動を伝えるインターフェイスとして腕時計型の振動装置を装着する。この振動装置が被験者に与える振動は ON-OFF だけである。左右の振動装置が ON-OFF で振動するため、最大 4 値の情報を表現することができる。端末内で経路情報と位置情報から利用者に伝えるナビゲーション情報を割り出し、伝達したい情報がある場合には振動装置に通信を行う。それにより、各々の振動装置が振動する。ここでの通信には現状では Bluetooth などの短距離無線通信の利用を想定している。利用者はこの振動からナビゲーション情報を理解して目的地まで歩行する。

### 3.2 振動装置の動作説明

振動装置によって利用者を与える情報を以下に示す。

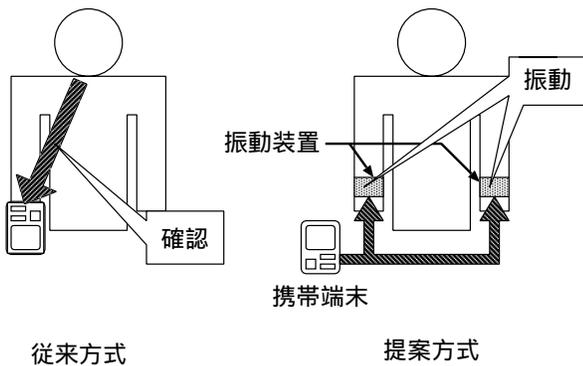


図 2: 従来方式と提案方式の概要

- 右左折をするとき  
曲がる直前に曲がる方向の腕に装着された振動装置が振動する。
- 複雑な経路や経路から外れたとき  
両方の腕に装着された振動装置が同時に振動し、利用者に携帯端末を見るよう促す。携帯端末側は複雑な経路ルートガイダンスを表示したり、経路探索を再度行って誘導する。
- 直進の場合や上記以外の場合  
振動しない。

### 3.3 提案方式の利点

従来方式と比較した提案方式の利点を確認、理解、記憶に分けて以下に記述する。

- 携帯端末の確認  
2.1章で記述した通り、ナビゲーション情報とは次にどこでどの方向に曲がるか分かれば良いものであり、その利用頻度は非常に低い。しかし、従来方式では利用者は歩行している道が正しいのか不安になってしまい、頻繁に携帯端末の画面を確認してしまう。提案方式は利用者に端末から情報が直接振動として送られてくるため、確認に伴った動作が必要なくなり、情報は必要に応じて利用者に与えられる。このため、端末を確認する回数も端末を手を持っている時間も減少する。また、誘導中の大半の時間は正しい経路を歩行しているため、両方の振動装置が振動していない時間が最も長い。この間、利用者に対して何も情報は送られず、ナビゲーション情報を意識せずに歩行することができる。

- ナビゲーション情報の理解  
片方の振動装置が振動した場合はその方向に曲がる。両方が振動したときは端末を確認する。振動していないときは歩行している経路が正しいことが分かる。このように利用者を与えるナビゲーション情報は非常に簡単であり、利用者にとって理解しやすい。また、曲がる方向を指示する場合は曲がる直前にその方向の振動装置が振動するが、音声と違いどちらに曲がるかを混同せず、直感的にその情報が理解できる。
- ナビゲーション情報の記憶  
従来のナビゲーションでは利用者は曲がるポイントや経路、目印などを記憶して歩行していた。それらの情報の確認は、利用者が任意で行っていたため、大量の情報を記憶してしまったり、当分利用しない情報を記憶してしまうことがあった。その結果、情報を忘れてしまうことや、記憶が曖昧になってしまうことがある。提案方式は Push 型の情報伝達であり、右左折の情報は利用する直前に感知するため、情報を忘れたり、曖昧になってしまう恐れはなくなる。

## 4 実験

従来方式と提案方式を比較するために実験を行った。実験は、比較対象として従来方式 (2 パターン) と提案方式について行った。以後本論文では従来方式において、経路誘導を行わなかったものを従来方式 1、経路誘導を行ったものを従来方式 2 とする。

### 4.1 実験ルート

実験を行ったルートの地図を図 3 に示す。従来方式 2 及び提案方式で利用した誘導経路は図中の黒線の部分である。実験は千葉県習志野市津田沼駅付近で行った。初期位置から目的地までの誘導経路の道のりはおよそ 600m あり、右折数は 1 回、左折数は 3 回であった。

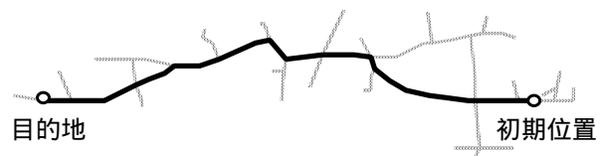


図 3: 実験ルート

## 4.2 使用機器

実験で使用した主な機器の詳細は以下の通りである。

- PDA  
CASIO 社製 CASSIOPEIA E-2000[8]
- GPS  
I-O DATA 社製 CFGPS[9]
- ナビゲーションソフト  
株式会社アルプス社製 モバイルアトラス for WindowsCE[10]  
株式会社ゼンリンデータコム社製 zm@p on net for PDA[11]

## 4.3 従来方式のナビゲーション実験

被験者を一名用意し、頭部に視線を撮影するためのカメラを取り付け、初期位置から目的地まで PDA からの視覚的な情報のみを利用して移動した。実験に用いた PDA にはあらかじめ GPS が搭載されており、ナビゲーションソフトがインストールされている。評価は実験中に撮影された映像により行った。従来方式 1, 2 の実験では被験者に与える情報は、以下のように異なる。

- 従来方式 1 の実験  
ナビゲーションソフトとしてモバイルアトラス for WindowsCE を利用して実験を行った。PDA から被験者に与えられる情報は地図情報と現在地の表示である。経路誘導の機能がないため、初期位置から目的地までの間、被験者が自ら経路を選択して移動した。
- 従来方式 2 の実験  
ナビゲーションソフトとして zm@p on net for PDA を利用して実験を行った。PDA から被験者に与えられる情報は地図情報と現在地の表示に加えて経路探索や、右左折する直前に表示される曲がる方向のルートガイダンスである。

## 4.4 提案方式のナビゲーション実験

図 4 に提案方式の実験概要を示す。被験者と誘導者を各一名用意し、被験者の頭部に視線を撮影するためのカメラを取り付けた。今回の実験には振動装置の代用品として携帯電話のバイブレーション機能を利用した。被験者は左右のポケットに携帯電話をバイブレーション

の状態に入れる。誘導者はあらかじめ誘導ルートを把握しており、提案方式のナビゲーション情報と照らし合わせて、適当なタイミングで被験者の携帯電話に電話を掛ける。被験者は携帯電話の振動からナビゲーション情報を理解して、目的地まで歩行した。両方の振動装置が振動した場合には PDA を確認するが、PDA には従来方式と同様に GPS が搭載されており、ナビゲーションソフトがインストールされている。本実験についても、実験後に被験者に取りつけたカメラの映像により評価を行った。

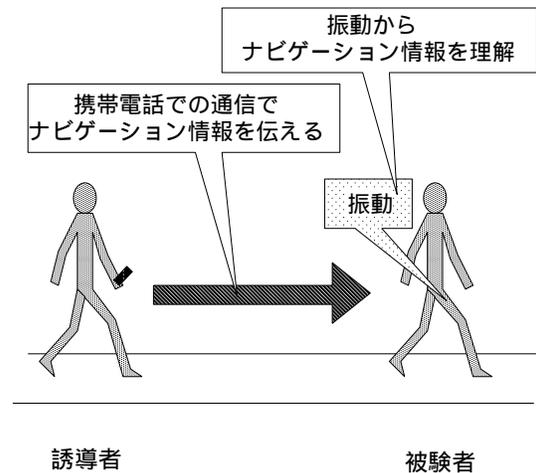


図 4: 提案方式の実験

## 5 結果

従来方式 1, 従来方式 2, 提案方式において実験中の出来事や被験者の視線を撮影した映像から、PDA を見ていた確率や経路を間違えた回数を割り出し、比較を行った。

### 5.1 PDA を見ていた確率

従来方式 1, 2 と提案方式の実験中における PDA を見ていた時間確率の比較を表 1 に示す。被験者数は従来方式 1 では 4 人、従来方式 2 では 4 人、提案方式では 3 人である。実験中に PDA を見ていた確率は従来方式 1 では 25.16%、従来方式 2 では 21.88%、提案方式では 6.36% となった。

誘導機能のない従来方式 1 と誘導機能のある従来方式 2 を比較すると、自ら経路や曲がるポイントを考慮する必要がなくなったため、従来方式 1 に比べて従来

表 1: PDA を見ていた時間確率

	確率	被験者数
従来方式 1	25.16%	4 人
従来方式 2	21.88%	4 人
提案方式	6.36%	3 人

方式 2 の PDA を見ていた確率は 13%削減された。また、視覚的な誘導を行った従来方式 2 に比べ提案方式は PDA を見ていた確率は 70%削減された。これは、従来方式 2 は視覚でナビゲーション情報を知覚し、提案方式では大半のナビゲーション情報を触覚で知覚する事と、Pull 型の従来方式 2 と Push 型の提案方式の差が現れたものである。

実験時の携帯端末の確認の仕方を比較すると、従来方式は出発後から携帯端末を頻繁に見続け、終盤まで来ると以後通過する経路や曲がるポイントを把握してしまう。そのため、携帯端末を確認する時間は歩行時間に比べて減少する傾向が見られた。提案方式では終始携帯端末を見る回数は非常に少ないが、一回あたりに見ている時間は従来方式より比較的長い傾向にあった。これは、提案方式ではナビゲーション時にほとんど地図を見ていないため、地図情報を記憶しておらず、はじめから地図を読まなければならないからである。

従来方式での実験中の歩き方は、大まかに別けて 2 種類に分類できた。ゆっくり歩行しながら頻繁に携帯端末を確認する人と、一度に携帯端末の情報を記憶して通常時と変わらない速度で歩行する人である。提案方式では比較的通常時の歩行と変わらない速度で歩く傾向が見られた。これは、必要な情報は直接利用者に伝わり、確認作業がなくなったため、歩行に専念できるようになったからであると思われる。

## 5.2 経路を間違えた回数

従来方式 1, 2 と提案方式の実験中に経路を間違えた回数の比較を表 2 に示す。ただし、従来方式 1 に関しては、明らかに目的地にたどり着かない経路を選択した場合に経路を間違えたかと判断した。被験者数、経路を間違えた人数、経路を間違えた回数は従来方式 1 が 7 人中 4 人で合計 5 回、従来方式 2 が 4 人中 1 人で合計 1 回、提案方式は 5 人の中で間違えた被験者はいなかった。

実験中、ナビゲーション機能のない従来方式 1 とナビゲーション機能のある従来方式 2 及び提案方式の間

表 2: 経路を間違えた回数

	間違えた回数/人数	被験者数
従来方式 1	5/4 人	7 人
従来方式 2	1/1 人	4 人
提案方式	0/0 人	5 人

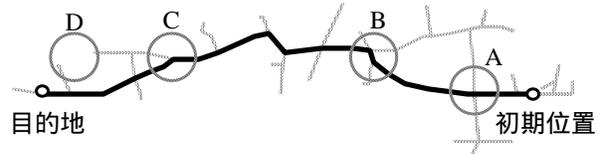


図 5: 経路を間違えたポイント

で大きく差が開いた。

経路を間違えたポイントは図 5 の A ~ D のポイントである。その原因となった事象を以下に示す。

### 従来方式 1 の実験

- A 地点  
十字路において実際の方角と地図上の方向を混同してしまい、被験者は左折してしまった(該当者 2 名)。
- B 地点  
B 地点には比較的近くに左折の曲がり角が連続していた。そのため被験者は PDA 上の現在地を間違えてしまい、手前の誤った道を左折してしまった(該当者 1 名)。
- C 地点  
B 地点付近で一度に大量に地図情報を記憶し、その後 PDA を見ていなかったため、左折しなければならない場所を直進してしまった(該当者 1 名)。
- D 地点  
実験に利用したナビゲーションソフトでは、D 地点には道が表示されていた。しかし、実際は地図データと違い行き止まりとなっていたため、引き返すこととなってしまった。しかし、全ての実験において同様の事が起こる可能性があると考えられる(該当者 1 名)。

### 従来方式 2 の実験

- C 地点  
GPS による位置取得が遅れてしまったため、現在地の表示も遅れてしまい左折のポイントがさらに先にあると勘違いしてしまった。しかし、全ての実験において同様の事が起こる可能性があると考えられる (該当者 1 名)。

## 6 まとめ

本研究では簡単なナビゲーション情報は振動を利用した伝達を行い、ナビゲーション以外の地図情報、周辺情報などは従来通り視覚により確認させることで情報を提供する手法を提案した。従来のナビゲーションと提案したナビゲーションを比較したところ、利用者の PDA を見ている時間は減少し、利用者が誘導経路から外れることも少なくなった。これより、自由度や安全性の向上に繋がったと考えられる。

従来方式では多少 GPS の位置精度が低かったり、一定時間位置情報が更新されなくてもあまり影響はなかった。なぜなら、利用者は周囲の状況と地図データを把握しながら歩行しているため、利用者自身が歩いている経路が正しくないのか、位置情報が正しくないのか予測することができたからである。しかし、提案方式では視覚による情報のように頭を使う情報を減少させることを目的としている。そのため、利用者は周辺の状況を一切知らずに誘導されていることも考えられ、位置情報は非常に重要となる。同様に GPS だけではなくナビゲーションソフトや携帯端末の性能も提案型の信頼性に多大な影響を与える。現在の GPS 精度は 10m 程度、DGPS では 5m 程度と提案方式にとって、やや大きな値であるが [12]、今後日本では準天頂衛星 [13]、EU では GALILEO [14] などの衛星の打ち上げが検討されており、位置捕捉の誤差は減少すると思われる。また、ナビゲーションソフトや携帯端末に関しても今後さらなる性能の向上が予想され、それに伴って提案方式の信頼性も向上すると考えられる。

本提案方式における課題として以下のような事が挙げられる。

- 本研究での実験は携帯電話を代用品として利用したが、人間が指示を出しているのと機械が全て指示を出すのでは、ナビゲーション情報に対しての被験者の信頼度は異なると思われる。そのため、実際に振動装置を作成して実験を行ってみる必要がある。

- 右左折時の振動を与えるタイミングの検討  
本提案方式では曲がる直前に利用者に振動によりナビゲーション情報を与えて誘導するが、早く与えすぎても、その情報について考えてしまったり、記憶しながら歩行しなければならない。また、遅く与えすぎても、利用者を混乱させてしまう恐れがある。そのため利用者に最も歩行に悪影響を与えない振動を与えるタイミングを考慮する必要がある。また、このタイミングは周辺の道路状況や、利用者の状態によっても異なるため、これらを含めて検討する。

- 様々な状況の人に対するの適応  
本提案方式において、想定しているのは健常者に対するのナビゲーションである。今後様々な状態の人間に対して有効なナビゲーションシステムの検討が必要となる。例えば、自転車のように移動速度が早く、走行中に視覚により一切の情報を与えることができないケースや、視覚障害者のように移動速度が遅く、白杖などを持ち、外界からの視覚的情報を取り込めない方なども対象にしていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 山本篤史，屋代智之。「振動を用いた歩行者ナビゲーションの提案」情報処理学会第 65 回全国大会 Vol.3，pp.311-312
- [2] GPS の現状と展望。  
<http://www.ieice.org/jpn/book/kaishikiji/19912/19991201.html>
- [3] 高木勉，木村典夫，三浦孝広。「GIS データマイニング入門」。  
東洋経済新報社，pp.10-17，58-67，2001 年 5 月。
- [4] NTTdocomo i エリア。  
[http://www.nttdocomo.co.jp/p\\_s/imode/iarea/](http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/imode/iarea/)
- [5] 自動車走行電子技術協会  
ITS アメリカからの報告。木村芳彦。  
<http://www.jsk.or.jp/kaihou24/kimura.pdf>
- [6] 村田昭光。「人間工学 上」。日本出版サービス，1988 年，pp.149-151

- [7] 佐藤方彦, 勝浦哲夫. 「環境人間工学」. 朝倉書店, pp.54-62, 1995年
  
- [8] Casio CASSIOPEIA E-2000  
<http://www.casio.co.jp/pocketpc/>
  
- [9] I-O DATA CFGPS  
<http://www.iodata.co.jp/products/peripheral/2001/cfgps.htm>
  
- [10] アルプス社 Mobile Atlas MX  
<http://www.alpsmap.co.jp/consumer/pcsw/mobile/>
  
- [11] 株式会社ゼンリンデータコム zm@p on net  
<http://www.zmap.net/service/pda.jsp>
  
- [12] 天野真家. 「様々な次世代 GPS 測位方式」. 情報処理学会誌, pp.827-835, 2002年8月号.
  
- [13] 鹿島宇宙通信事業センター 準天頂衛星.  
<http://www2.crl.go.jp/ka/control/efsat/index-j.html>
  
- [14] 国土交通省 欧州の GALILEO 計画.  
[http://www.mlit.go.jp/singikai/koutusin/ko-ku/hoan/2/images/sankou2\\_4.pdf](http://www.mlit.go.jp/singikai/koutusin/ko-ku/hoan/2/images/sankou2_4.pdf)