

視覚障害者向け対話型情報提供システムの開発

松原 広 深澤 紀子 後藤 浩一

(財) 鉄道総合技術研究所

本稿では、視覚障害者向けの新しい情報提供システムについて紹介する。このシステムは専用の杖と携帯端末装置と無線タグの埋め込まれた点字ブロックで構成される。無線タグには位置を示す情報が埋め込まれており、これを杖の先端のアンテナで読み込み、携帯端末装置に伝送することにより、現在の場所を案内する。また、利用者が自分の行きたい場所をマイクから入力すると、携帯端末装置は、最適な経路を計算し誘導案内を行う。システムとのやりとりは全て音声で行われ、利用者個人に対して有用な情報を対話的に提供することができる。都内のターミナル駅で視覚障害者による評価試験を行った。その結果、本システムは、実環境の中でも十分評価できるものであることを確認した。

Development of Interactive Guidance System for Visually Disabled

Hiroshi MATSUBARA Noriko FUKASAWA Koichi GOTO

Railway Technical Research Institute

This paper presents a new interactive guidance system for visually disabled person. The system consists of a cane, a portable information terminal, and radio tag-installed Braille blocks. The tag reader at the tip of the cane reads the location data in the tag and transmits it to the portable information terminal by radio waves. The information terminal generates appropriate guide and navigation messages by utilizing geographical information and personal data of user. The user can interactively acquire the messages by communicating with the system. We carried out a field test to evaluate the system at a station in Tokyo. In this test, a number of visually disabled persons used the system in the actual conditions. The results of the test have shown good availability of the system.

1 はじめに

交通バリアフリー法の成立に代表されるように、近年交通機関に対するバリアフリー化への関心が高まっている。鉄道事業者においても、これらの社会的ニーズに応えるためエスカレータやエレベータの整備など、駅のバリアフリー化に積極的に取り組んでいる。しかし鉄道を利用する上では、このような物理面のバリアフリー化だけではなく、自動券売機などの各種の設備を利用したり、ホームの掲示板などで行き先の確認を行うなどの、情報の取得や活用に対する支援も必要であり、情報面でのバリアフリー化が強く望まれている。本稿では、駅における情報面のバリアフリー化を目指し、鉄道総研で開発を進

めている視覚障害者向け情報提供システムを紹介するとともに、昨年から今年にかけて実施した視覚障害者を被験者とした評価試験の結果を報告する。

2 システムの基本的考え方

鉄道における従来の情報提供は、一般に不特定多数を対象としたものであり、個々の利用者に対する案内は直接駅員にたずねる以外にないといつてよい。つまり利用者は、提供されている様々な情報から自分に必要な情報を選択して、種々の判断を自らが行っている。この作業は普段ほとんど無意識に行われているが、不案内な駅を利用することになったり、情報を誤って理解していたりすると、適切な情報を得

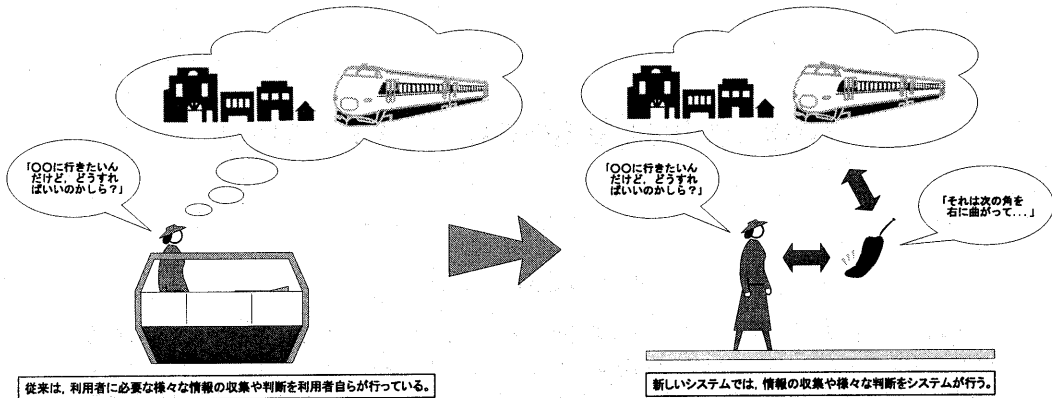


図 1: 新しい情報提供システムのイメージ

ることや、何をすべきなのかを判断することが困難になることがある。特に事故等で列車の運行に乱れがあった場合などでは、従来の方法では、個々の利用者に対して情報提供が十分にできず、混乱をよぶ場合もある。高齢者や障害者などに対する配慮もあまりなされていない。

一方、運賃や路線などに関する情報は、インターネットやパソコンの普及により大量に得られるようになった。しかし情報の活用を利用者に任せている現状では、これらの大量の情報から有用な情報を選択して役立つことは容易ではない。情報面でのバリアフリー化を目指すには、これらの問題を解決し、誰もが便利で快適に鉄道を利用できる環境を構築していく必要がある。

ここで利用者が鉄道を利用する際に必要になる情報を以下にまとめる。

- (1) 地理的情報：駅全体のイメージと現在地や目的地の関係や絶対的な自分自身の位置、および方向に関する駅構内/構外の地理的な情報。
- (2) 移動に関する情報：列車が到着するホームの案内や乗り換えなどの構内の移動に関する情報。
- (3) 路線や列車の種別に関する情報：目的の駅までの運賃や所要時間、列車種別など、路線や列車を選択する上で必要な情報。
- (4) 列車運行などの動的情報：列車の運行に関するもので、番線案内や運行案内などの刻々と変わる動的情報。

これらの情報をいつでも、どこでも、わかりやすく提供できるシステムが望まれる。すなわち図 1 に示すように、上記に示した鉄道の利用に関する情報

を常に把握して、利用者からたずねられたときに必要な情報を必要なだけ提供できるシステムが理想的である。

3 視覚障害者向け情報提供システム

3.1 システムの構成

前章で述べた基本的な考え方を元に、駅で最も不便を感じていると思われる視覚障害者向けの情報提供システムについて検討した。視覚障害者は視覚による情報を入手するのが困難であることから、以下の課題について解決する必要がある。

- (1) 利用者のいる場所を正確に同定し、精度の高い案内および誘導案内ができること。
- (2) 視覚的な情報を利用することができないので、音声を使った情報伝達ができること。
- (3) 方向を失うことが比較的多いので、誤った移動に対して適切に修正できるような動的な案内ができること。

我々は、これらの問題を解決できる情報提供システムを試作した(図2)。システムは、図3に示すように、利用者が携帯する杖と携帯端末装置、および駅の通路などに敷設する点字ブロックから構成される。点字ブロックには無線タグ(メモリと通信機能を持った小型の電子部品)が埋め込まれており、このデータを杖の先端に内蔵されているアンテナで読み込み、無線で携帯端末装置に伝送する。このデータを元に携帯端末装置は内部の地図データを参照しながら、利用者へ現在の位置を音声で案内する。また利用者が行きたい場所をマイクから声で入力すると、目的地までの

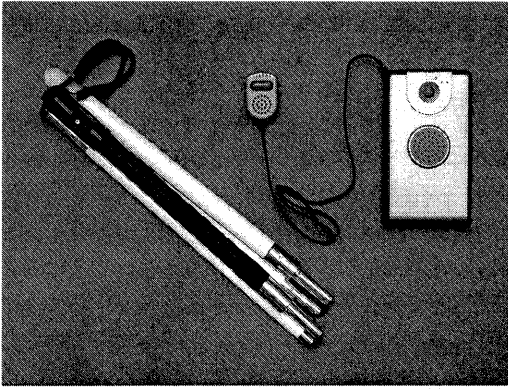


図 2: 視覚障害者向け情報提供システムの外観

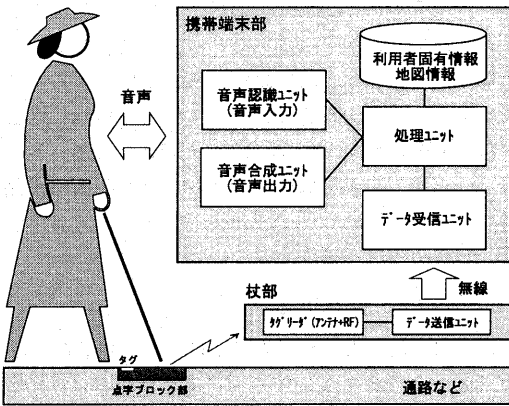


図 3: システムの構成

最適な経路を求めて誘導案内する。

(1) 携帯端末装置

携帯端末装置は図 4 に示すように、本体ユニットと襟元ユニットから構成される。本体ユニットはポ

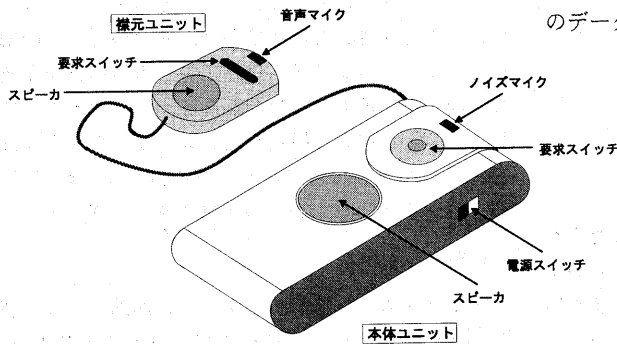


図 4: 携帯端末装置の構成

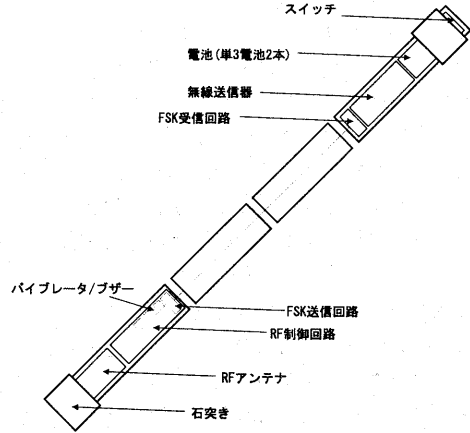


図 5: 杖の構成

ケットなどに入れ、襟元ユニットは襟元にクリップで取り付けて使用することを想定している。このように装置を身につけることにより、利用者の手をふさがらない。本体ユニットには、CPU、電池、メイン基板などが内蔵されており、襟元ユニットにはマイク、スピーカ、要求スイッチなどがある。本体ユニットのマイクは、駅の騒音をキャンセルし、音声認識の性能を向上させるためのものである。利用者が携帯する機器という意味では、小型・軽量化および省電力化が必須であり、ポケットサイズのシステムを目指して開発した。重量は約 240g、大きさは 145×80×20mm である。電源は単三電池 2 本で連続約 3~4 時間の連続使用が可能である。

(2) 杖

杖の構成を図 5 に示す。杖は杖先端の RF アンテナで点字ブロックの無線タグのデータを読み込み、そのデータを無線送信器を使って携帯端末装置にデータを送信する機能を持つ。また危険な場所を示す無線タグを検知すると、杖内部のパイプレータが振動し、杖単体で利用者に注意を促すことができる。重さは約 300g、長さは約 105cm で折り畳み可能である。電源として単三電池を 2 本使用しており、電池の種類にもよるが連続で 4 時間以上稼働できる。折り畳み型にするために杖先端部分にある RF 制御回路とグリップ部分にある無線送信器とは FSK 変調を施した通信を行っている。

(3) 点字ブロック

点字ブロックは屋外で主に使用されるコンクリート製のいわゆる点字ブロックと、屋内で主に使用されるシート状の点字シートがある。コンクリート製の点字ブロックは、プラスチックでモジュール化されたタグを点字ブロックの下に敷設することで、本システムで使用する点字ブロックが実現できる。シート状の点字ブロックは、外観上は単なる市販の点字シートであるが、図6に示すように、点字シートの凸部に無電源の無線タグを埋め込んでおり、点字シートとゴムシートの間には簡単なコイルを取り付けている。コンクリート製の点字ブロックもシート状の点字ブロックも、杖先端からの検知距離は約20cmで、通信領域は点字ブロックの大きさを一回り広げた程度のエリアがある。このため必ずしも点字ブロックの上に杖の先端がかざされる必要はなく、点字ブロックの端を杖で沿いながら歩く人にも対応ができる。無線タグは無電源であり、物理的なメンテナンスは不要で、通路に埋めたままでも利用できる。なお無線タグは、他の材料の点字ブロックにも組み込むことが可能である。

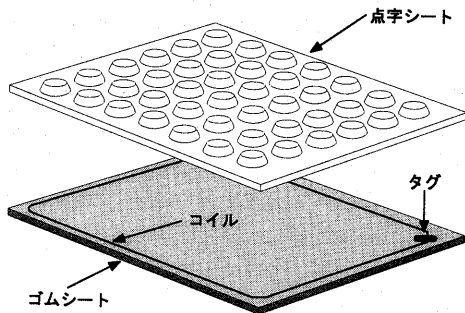


図6: 点字ブロック部の構成

3.2 システムの機能

本システムは、より高度な案内を実現するために以下の機能を実現している。

(1) 案内レベルの設定

利用者のメンタルマップの有無や、歩行に対する習熟度、さらには好みなどによって、比較的详细な案内を望む利用者と、簡便な案内を好む利用者がいる。そのため本システムでは、詳細度の異なる二つの案内レベルを実現している。利用者は状況や好みに応じて選択することができる。

(2) 個人情報に応じた案内

本システムは利用者個人の特性に応じた誘導案内が可能である。例えば、性別を女性として登録することで、女性用トイレに暗黙的に誘導する。また肢体不自由レベルを設定することで、できるだけ階段を使わずにエスカレータやエレベータを利用した経路を誘導する。さらに指定席情報などを記憶していくことにより、指定の電車に乗り込み、さらに指定席まで誘導案内することが可能になる。

(3) 動的ナビゲーション

利用者がシステムからの誘導に沿って移動している場合には問題はないが、利用者の勘違いやメンタルマップを持っているなどの理由により、システムからの誘導に沿って移動しない場合が発生する。この場合、当初探索した経路から外れて歩行することになるが、システムでは経路から外れて歩行したときに、代替ルートがある場合は、その新たなルートに基づいた案内を動的に行う。代替ルートがない場合は、「戻って〇メートル先を右に曲がって...」といった、ルートの修正案内を行う。

(4) 目的地名の複数指定

同じ目的地でも、利用者ごとに異なった名前では呼んでいる場合がある。例えば、ある利用者は「3番線ホーム」と呼んでも、ある利用者は「中央線上りホーム」として認識しており、この場合、どちらも正しい。仮に一つの目的地に対して、一つの名前しか与えない方式では、利用者はその目的地の名前を正確に覚えなければならないという問題が発生する。また入力時には複数の呼び名を許しても、案内する目的地名を一つに固定してしまうと、例えば「中央線上りホーム」と指定したにもかかわらず、「3番線ホーム」と言い換えてしまい、自分の指定した場所が正しく認識されたかどうかかわからないという問題が発生する。本システムは利用者との親和性を考慮し、同じ目的地でも複数の名前でも指定できるようにしており、利用者が指定した名前を使って誘導案内を行う。ただし利用者が違和感を持たない範囲で、わかりやすさのための表現の修正を行っている。

(5) 動的情報提供

本システムに、運転システムとの連携やマップ情報の更新のための通信機能を持たせることにより、列車運行情報などとリンクした案内や動的な誘導案内を行うことができる。このイメージを図7に示す。

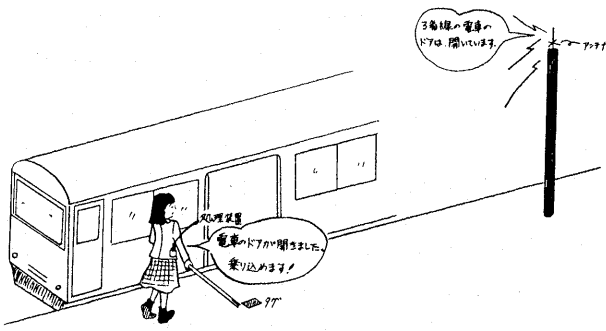


図 7: 動的な情報提供のイメージ

実際に鉄道のような動的な情報を入手しながら利用するようなシステムの場合は、このような機能が必要があり、今後これらの機能をサポートする予定である。

また、地図データは図 8 に示すように、XML (eXtensible Markup Language) を用いて作成し、拡張

```
<?xml version="1.0" encoding="shift_jis" ?>
<!DOCTYPE stationsection SYSTEM "station.dtd">
<stationsection version="2.0">
  <name>Kunitachi</name>
  :
  <itemlist>
    <item>
      <id>ItemTicketMachine</id>
      <name>Automatic ticket machine</name>
      <position>
        <e unit="m">-17</e>
        <n unit="m">-6</n>
      </position>
      :
    </item>
  </itemlist>
  <nodelist>
    <floor>
      <name>Concourse of southern entrance</name>
      <node>
        <id>1002</id>
        <name>Ticket gate of southern entrance</name>
        <position>
          <e unit="m">-4</e>
          <n unit="m">-76</n>
        </position>
        <guideitem>
          <item>ItemTicketMachine</item>
          <direction>S</direction>
        </guideitem>
      </node>
    </floor>
  </nodelist>
  <branchlist>
    <branch>
      <id>1000</id>
      <attribute>passage</attribute>
      <noderow>
        <node>1002</node>
        <direction>E</direction>
        <distance unit="m">4</distance>
        <node>1003</node>
      </noderow>
    </branch>
  </branchlist>
</stationsection>
```

図 8: XML による駅データの記述例

性/柔軟性を持たせたものとした。現在、誘導案内システムと無線タグのデータ書込機との二つのアプリケーションに同一の駅データを使用しており、新たな機能やアプリケーションがこの駅データをベースに必要となった場合は、記述を拡張することなく対応できる。この地図データは、今のところ自宅の電話回線を利用して、センターシステムからダウンロードできるようにになっている。

3.3 使用方法

ユーザが利用できる機能を表 1 に示す。これらの機能はすべて音声によるやりとりで行われ、利用者が必要な時いつでも問い合わせや設定などの操作ができる。これらの機能は以下のように利用する。

- (1) 通常このシステムを利用している時は、単に現在の場所の案内を行う。
- (2) 自分の行きたい場所まで誘導案内して貰いたいときは、襟元ユニットの要求ボタンを押して目

表 1: 利用者から見たシステムの主な機能

モード	機能	記事
案内モード	単純案内	単に現在の場所の案内を行う。
	誘導案内	利用者が音声により目的地を入力すると、そこまでの最適な経路を計算しながら誘導案内を行う。
	現在地案内	問い合わせにより、利用者のいる現在地を案内する。
	場所案内	ある場所の問い合わせをする。
	乗換案内	現在の駅から目的の駅までの運賃、乗換駅、所要時間を案内する。
	追加説明	券売機の使い方など追加的な説明を行う。
	日付 / 時刻参照	今日の日付 / 現在の時刻を参照する。
設定モード	電池残量参照	携帯端末および杖の電池の残量を問い合わせる。
	案内レベル設定	文が短く簡単な案内をする簡易案内、および詳細な案内をする詳細案内のいずれかの設定を行う。
	個人情報設定	障害度などの個人情報の設定を行う。
案内モード	話者適応	音声認識の確度を上げるために話者の癖を登録する。
	駅データダウンロード	利用する駅の地図データをダウンロードする。

的地を入力すると、「右に曲がって3m進んでください」などという案内があり、その指示に従って歩くと目的地まで誘導される。

- (3) 進む道順を誤っても、「ルートが違います。反転してください」といった案内がされる。
- (4) 使い方がわからない場合は「ヘルプ」と入力すると、現在使えるコマンドなどを案内する。
- (5) 周りの雑音などで聞き逃してしまった場合は「もう一度」と入力することにより、直前の案内文を繰り返す。また音量設定、音声のピッチを周りの雑音の状況や自分の好みで変更できる。
- (6) 電池の残量が少なくなった場合は、利用者から問い合わせがなくても携帯端末側から案内する。

4 フィールド試験

4.1 インフラの検討

駅構内の動線に関する調査を行って、最も試験に適した都内のターミナル駅を選択し、無線タグの設置工事を行った。無線タグの設置は図9に示すように、既設の点字ブロックを一旦撤去し、ブロック下のモルタルに埋め込む工法を採った。この工法の利点は、従来のブロック設置の工法と同じであるために施工の信頼性が確保できる点にある。ただし、営業時間が長い駅の場合、敷設のための作業時間がわずかとなり、その時間内でブロックの撤去と埋め込みをする必要があるため、効率的な作業が難しいという課題がある。点字ブロックを新規に敷設する場合は、点字ブロックの敷設の際一緒にタグを埋め込むだけなので、タグを埋め込むための新たな工事は不要である。無線タグは点字ブロックの下に埋め

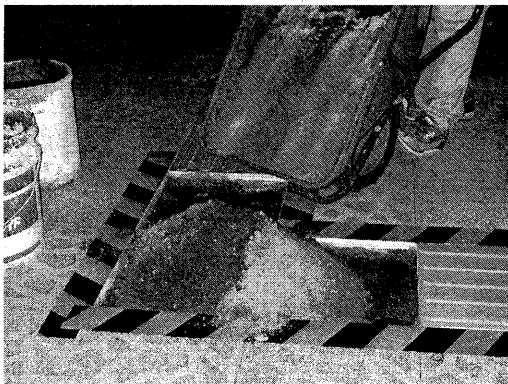


図9: 無線タグの設置

込んだが、実用上問題のない通信能力があることが確認できた。

4.2 試験結果

フィールド試験を行う前に、鉄道総研内に模擬的な駅舎を制作し、10名の視覚障害者によるシステムの評価試験を行った。このうち5名が全盲で、4名が光覚弁(光が感じられる程度の視力)、1名が指数弁(指が数えられる程度の視力)である。この試験では、視覚障害者がこのシステムを利用すれば、初めての場所であっても目的地まで移動できることが確認できた。また試験後のヒアリングでは、実際の鉄道で本システムが利用できるなら、①慣れていない駅でも一人で移動できる、②慣れていない駅でも、方向を失念したときや確認したいときなどに、目的地を入力すると案内してくれるのでストレス軽減に役立つ、③ホーム縁端や階段手前は基本的に怖い場所なので、そのような地点の案内だけでも利用価値がある、などの理由から、全員から「ぜひ利用したい」との回答を得ている。これらの結果から、様々な改良点をピックアップし、実際のフィールド試験に向けて準備を行った。

フィールド試験の様子を図10に示す。被験者は、模擬駅での試験に参加した10名である。試験中、運行ダイヤ、構内アナウンス、ならびに一般旅客と被験者の干渉などについては、実際の鉄道利用環境での評価が必要であるという観点から、特に統制は行わなかった。ただし被験者のホームからの転落には



図10: フィールド試験の様子

細心の注意を払い、また列車到着時などの旅客の流動により、被験者が進行できなかつたり、あるいは安全確保が困難であると判断したときは、声をかけ一時停止させた。試験を開始する前に、模擬駅の試験で使ったシステムからの改良点などを被験者に説明し、駅のコンコースにおいて練習を行った。その後、①駅のコンコースのある地点からホーム上の特定の乗車口までの移動、②案内の詳細さの程度が異なる2種類の案内レベルを利用したコンコースの移動、③現在位置を知らせる機能を利用しながらの移動、の3種類の課題を与えた。この間、2台のビデオカメラで撮影を行い、同時に目視による観察の筆記記録も行った。

これらの試験により、実際のフィールドにおいても本システムが有効に機能することが確認された。以下に、項目別に述べる。

(1) 音声を使った誘導案内による移動について

課題①は、切符売り場前から、改札、降り階段を経由して、特定ホーム上のある乗車口までの約105mの移動である。その結果、被験者は本システムの指示に従うことにより目的地に到達できることが確認できた。平均所要時間は3分58秒であった。また、コンコースにおける10名の平均移動速度は0.57m/秒であった。ちなみに試験場所内の一部分についてメンタルマップを保有している者4名に対しては、本システムを用いずに移動してもらったところ、平均移動速度は0.60m/秒であった。試験後のヒアリングでは、目的地まで容易に移動できるか否かという観点からは「満足できる」との回答が得られた。

(2) タグの敷設方法について

建物のつなぎ目であるエキスパンションジョイントと平行して誘導ブロックが敷設されている場所で、誘導ブロックと誤認する事例が数例見られた。また、トイレ入口付近等、通路が狭く複雑な点字ブロックの配置のある箇所では、移動に時間を要する例があった。本システムを効果的に利用するためには、最適な点字ブロックの敷設方法についても検討を行うことが必要である。

(3) タグの配置方法について

タグの配置については、直線部分については概ね5m未満の間隔となるように配置し、分岐点については早めのタイミングでの案内を実現するために、分岐点の隣のブロックにタグを埋め込んだ。その結果

分岐点で立ち止まってしまった時に、その中心部を探ろうとして検知しにくい場面が見られた。試験開始当初、分岐中心点へのタグの敷設は不要と考えていたが、このような事例から必要であることが確認できた。

(4) 携帯端末装置および杖の重さについて

携帯端末装置に関しては、模擬駅舎での実験時と同様、被験者9名から、「より小型化、軽量化をして欲しい。」との要望が示された。また杖部についても、5名の被験者から「重い」との意見があった。本システムは試作品ということもあり、大きさや重さには余裕を持った設計になっている。予想してはいたが、不満に思う被験者が多かった。

(5) 案内レベルの評価について

本システムは、詳細案内と簡易案内の二つの案内レベルを実装している。詳細案内は、ある通過地点で、目的地までの距離を利用者に提示し、右左折地点までの距離も案内するものである。また簡易案内は、詳細案内のうち距離の提示などが省略された案内を行う。コンコースにおいて、この2種類の案内レベルによって移動してもらい、両者の使い勝手を比較してもらった。その結果、どちらの案内レベルが利用し易かったかは、被験者によって意見が分かれたが、「その駅に慣れているか、慣れていないかで使い分けたい。」など、両者の案内モードは各々有効であるとの意見がほとんどであった。また被験者全員から、「本システムのように各利用者が案内レベルを、自由に使い分けられる点は非常に良い。」という評価があった。

(6) ヒューマンインターフェイスについて

本システムのヒューマンインターフェイスを評価するために、被験者自身に、本システムの操作してもらった。その結果、中高齢の視覚障害者が利用する場合であっても、特に習熟を必要としないことが確認された。後のヒアリングでは、襟元ユニットのスイッチ操作などに関しては全員が問題ないとの回答であった。音声入力による対話の困難さに関しては、8名が容易であると答えたが、2名の被験者からはシステムの音声認識力が低いという意見があった。また一部の被験者からは、携帯端末部に取りつけた小さめの音声調節つまみについて、動かしていることがもう少し感覚的にわかりやすい方が良いとの意見があった。

(7) メンタルストレス、注意リソースの確保について

実際の駅での試験では、模擬駅舎でのそれと比較して、放送のアナウンス、他人の話し声、列車の走行音などの音の環境が大きく異なる。さらに、他の旅客との干渉や、ホームからの転落の危険性などに対するストレス感も増大する。このような状況下において、視覚障害者は晴眼者のように視覚からの情報に頼ることができないので、聴覚からの情報取得や、杖や足裏でのブロックや段差、障害物などの検知のために注意を向ける必要がある。この注意リソースの確保について、試験後に聞き取りを行ったところ、「周囲の気配や危険箇所を気に配る余裕もあり、さらに列車が進入してきた場合でも本システムからの情報を受け入れることは容易に可能であった。」との共通した意見が得られた。

(8) その他

被験者の評価が共通して高かったのは、①ブロック上という制約条件下だが、自分が望んだ時に現在位置を知ることができること、②ホーム上においても乗車口や階段への誘導・案内が確実になされ、ルートを間違えても修正してくれること、③駅設備が非常に多いターミナル駅でも、各設備を有効活用できる可能性があること、などであった。視覚障害者が鉄道を介助者なしで利用する際の困難なタスクを調べた過去の調査⁵⁾では、「乗車券の購入」、「ホームへの移動」、「ホーム上での移動」が困難であると述べている。移動するという行為には、オリエンテーション(Orientation)、つまり自分自身と周りの事物との相対的位置関係を知ることが不可欠である。「移動」に関するタスクが困難であるとされるのは、視覚からの情報がないとオリエンテーションに関する情報を取得することが非常に難しいことがその一因であろう。本システムを使用することにより、このオリエンテーションに関する情報が与えられ、移動がかなり容易になり、①や②の評価につながったものと思われる。そして「自分が慣れていない大規模ターミナル駅においても、本システムを携帯して、単独で行動したい。」との共通意見が得られている。

5 おわりに

視覚障害者向けに開発した対話的な情報提供システムと、その評価試験について報告した。フィールド試験においては、特に行動観察や被験者からのヒアリングにより、利点やさらに改良すべき問題点の

把握を行った。今後は、本システムの有効性に対する客観的な評価を行うために、移動に関する効率性の向上や心理的ストレスの軽減、安全性の向上に関する試験を行うことが望ましいと考える。また視覚障害者をモニターとして日常的に利用してもらうなどして、異なった観点からの評価を行い、さらに改良を進める必要があると思われる。技術的な問題はかなり解決してきているが、いっそうの改良を重ねながら、実用化に向けた課題を解決していく必要があると考えている。またこのような新しい情報提供方法は、視覚障害者だけでなく、他の障害者や健常者などにも新しい利用環境を提供できると思われる。それらも含めてさらに検討を進めていく予定である。なお本システムの開発は、国土交通省からの国庫補助を受け進めてきたものである。最後に、お忙しい中、評価試験に快くご協力していただいた被験者の皆様に深く感謝する。

参考文献

- 1) 松原広, 後藤浩一, 深澤紀子: 駅利用者のための対話的情報提供システム, 鉄道総研報告, Vol.14, No.7, 2000
- 2) 松原広, 後藤浩一, 明星秀一: 視覚障害者向け誘導案内システムの開発, 鉄道総研報告, Vol.13, No.1, 1999
- 3) Goto, K., Matsubara, H., Myojo, S.: "A New Passenger Guide System for Visually Disabled Persons," Quarterly Report of RTRI, Vol. 39, No. 4, pp. 182-185, 1988
- 4) 松原広, 後藤浩一, 明星秀一, 田中幹夫, 安部由布子: 交通弱者向け誘導案内システムの基本構想, 鉄道総研報告, Vol.11, No.8, 1997
- 5) 田内雅規, 村上琢磨, 大倉元宏, 清水学: 視覚障害者による鉄道単独利用の困難な実態, リハビリテーション研究, No.70, pp33-37, 1992
- 6) 水上直樹, 福嶋直樹: 視覚障害者の交通行動追跡調査その1, 日本人間工学会第29回 関東支部大会講演集, pp88-89, 1999
- 7) 福嶋直樹, 水上直樹: 視覚障害者の交通行動追跡調査その2, 日本人間工学会第29回 関東支部大会講演集, pp90-91, 1999