

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：84506

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760425

研究課題名(和文)音情報と視覚情報を組み合わせたロービジョン者の歩行環境整備に関する研究

研究課題名(英文) Study on improvement of walking environment for low vision pedestrians using sound and visual information

研究代表者

大森 清博 (Omori, Kiyohiro)

兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：90426536

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は音声案内と路面サインを組み合わせることでロービジョン者を適切に誘導できる歩行環境の整備方式構築を目的とする。はじめに、鉄道駅周辺に敷設した路面サインを用いてロービジョン者と晴眼者の誘導効果の差異を検証し、路面サインが可読性について有効であることを確かめた。次に、十字路を模擬したテストコースで音声案内と路面サインを組み合わせたときの誘導効果を検証するため、ロービジョン者により歩行実験を行った結果、路面サインに時計回りに記載した番号を用いて方向提示する音声案内は音源位置による影響が少なく、路面サインの一部を判読して音声案内から進行方向を推定可能であることを確かめた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop an improving method of walking environment for low vision pedestrians using audio guidance and floor graphic signs. First, an experiment was conducted at a railway station in to clarify effectiveness of graphic floor signs and find a gap between low vision participants and normal vision participants. As a result, it is showed that the floor graphic signs are effective at readability for both participants. Next, another experiment was conducted by low vision participants in to investigate effective combinations of audio guidance and floor graphic signs at an experimental environment simulated a cross road. As a result, audio guidance indicating directions of neighborhood facilities using the numbers described clockwise on the graphic floor sign was less affected by the source directions, and the guidance could give a prediction of the direction of the destination to the participants who could read a part of the graphic floor sign.

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：土木計画学・交通工学

キーワード：路面サイン ロービジョン 歩行支援 バリアフリー

1. 研究開始当初の背景

ロービジョンとは、視力や視野に障害があり日常生活に多大な支障を来している状態をさす。日本眼科医会の推計では、良い方の矯正視力が0.1超0.5未満のロービジョン者数は144万9千人、0.1以下の失明者が18万8000人とされている。ロービジョン者は日常生活の様々な場面で不自由を感じているが、屋外歩行は特に困難を感じている場面の一つである。特に、ロービジョン者の多くが昼間は残存視覚を用いて歩行しているが、夜間になると残存視覚を有効に用いる事ができず、同行者を必要とするなど外出方法が変化し、外出頻度も少なくなることが知られている。

一方、誰もが安全で安心して社会参加するために、歩行空間のユニバーサルデザインやバリアフリー法に基づいた道路整備などが進められている。公共交通関係については、国土交通省から「公共交通機関の移動等円滑化整備ガイドライン（旅客施設編、車両等編）」が示されており、その中でサインシステムに関しては情報内容、表現様式、掲出位置の三要素に考慮した整備内容について記載されている。この中で、ロービジョン者に配慮した望ましい整備として、文字の大きさや色の組合せ、可能な限り接近できる位置や視点の高さに配置すること、外光や照明の逆光や光の反射によって見にくくならないように配慮することなどが示されている。しかしながら、吊り下げ型や突き出し型といった設置形式のサインは、遠くから視認できるように一定の高さに設置されるため、ロービジョン者は判読できるほど近づくことができず利用が困難な場合がある。

2. 研究の目的

本研究では、ロービジョン者の歩行支援システムとして路面を利用して視覚的に歩行者に情報を伝える手法に着目する。ロービジョン者は晴眼者に比べて床面や近傍の要素を注視する傾向があり、動線に沿って情報提示することで効果的に誘導することが期待できる。また、既存の視覚障害者向け音響システムの多くは全盲者を対象としており、視覚情報との積極的な連携は取られていない。音声案内と路面サインを組み合わせることで現在位置や進行方向といった情報をロービジョン者に対してより効果的に提示することが可能になる。そこで、本研究では、音声案内と路面サインを積極的に組み合わせたロービジョン者の歩行環境の整備方式の構築を目的とする。そして、歩行環境に応じたスピーカ位置、案内文章、路面サイン位置の望ましい組合せを明らかにすると共に、実験により、望ましい路面サインの文字サイズの検証と、音声案内と路面サインの組合せた歩行支援システムの有効性検証を行う。

3. 研究の方法

(1) 概要

ロービジョン者に配慮した歩行支援や誘導について研究を行っている研究協力者と研究会を開催し意見交換や文献調査等を行い、音声案内と路面サインを組み合わせた歩行支援システムの実験条件の整理した上で、

- ・ロービジョン者と晴眼者に対する路面サインの効果検証
- ・音声案内と路面サインを組み合わせたロービジョン者の誘導効果検証

の2種類の実験を実施する。前者では、鉄道駅周辺に路面サインを設置して路面サインの効果、およびロービジョン者と晴眼者との差異を明らかにする。次に、後者では、実験室内で音声案内と路面サインを組み合わせたときのロービジョン者に対する誘導効果を明らかにする。

(2) ロービジョン者と晴眼者に対する路面サインの効果検証

①路面サイン

本実験では鉄道駅周辺における歩行者の誘導を対象として、改札口から動線に沿って一定間隔でサインを路面に設置し、階段やエレベータ、バス停、タクシー乗り場などの位置と距離を、文字、ピクトグラム、およびサイン形状で示す。路面サインは、1辺120cmの正方形の「分岐サイン」と、60cm×120cmの長方形の「誘導サイン」の2種類で構成される。本実験で使用する路面サインを図1に示す。



図1 路面サイン

分岐サインは交差点付近に設置し、近隣施設の方向を提示する。正方形の頂点を進行方向に向けて配置し、交差点の形状を“T”または“十”といった線の組合せで中心部に示している。配色については、交通安全管理者と協議し、明るい黄色を用いている。

一方、誘導サインは経路上に一定間隔で配置し、その進行方向にある施設名とそこまでの距離を示す。サイン1枚あたりの情報量を抑えるため、片方向のみの情報を記載する。配色についてはオレンジを用いている。また、オレンジの部分が五角形になるようにピクトグラムや矢印を配置し、遠方から見たときに塗り分けによって進行方向を示すようにしている。

②実験コース

路面サインを設置した鉄道駅は1日あたりの平均乗車人員が1.4万人程度の橋上駅である。改札口からバス乗り場までの誘導を想定

し、駅自由通路部分と駅周辺に路面サインを設置した。本実験を実施した駅南側の設置場所（分岐サイン4枚、誘導サイン12枚）を図2に示す。経路上の既設誘導設備として吊り下げ型サインが4カ所にあり、視覚障害者用誘導ブロックも設置されている。

実験コースは改札口前をスタート地点として駅南東にあるコミュニティバス（CB）乗り場をゴール地点とする約100mの区間である。スタートからゴールまでの最適な経路は図2中の(1)→(2)→(3)→(4)→(5)→(6)であるが、それ以外に南口東側南方面階段、南口西側階段、南口エレベータの経路がある。

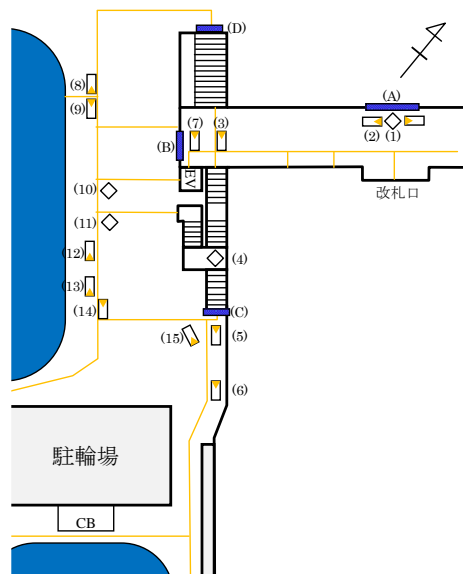


図2 路面サイン実験コース

③被験者

被験者は、当該駅を利用したことの無いロービジョン者5名、非高齢晴眼者9名（平均年齢25.9歳）、および高齢晴眼者10名（平均年齢68.5歳）である。特に晴眼者については、下方を見ながら歩く高齢者に対しても路面サインが有効であろうとの仮説に基づき実験を行うこととする。

非高齢晴眼者および高齢晴眼者については視線計測装置（ナック社製EMR-9）を用いて歩行中に注視した対象物を計測する。一方、ロービジョン者については疾患の種類や程度によって視線を検出できない場合があるため、視線計測装置を使用しない。

④実験手順

実験は1名ずつ実施する。最初に実験前の説明を行い、次に歩行実験を1回行い、最後に路面サインに対する聞き取り調査を行う。このとき、路面サインが設置されていることについて説明しない。さらに、非高齢晴眼者および高齢晴眼者に対してCB乗り場の場所について説明しない。一方、ロービジョン者については既設吊り下げ型サインの文字が読めずに道に迷う可能性があるため、「CB乗り場が南口側にあり、地上階へ降りて東へ進んだ所にある」旨を歩行前に口頭で伝える。

歩行実験中は、被験者が駅員や他の歩行者に行き先を尋ねることを禁止する。また、歩

行中に最適な経路から外れたり道に迷ったりした場合でも実験を中止せず、ゴール地点に到着するまで継続することとする。

ロービジョン者については、聞き取りにより経路上の路面サインを発見できたかどうかを確認する。一方、各晴眼者については視線計測結果から、0.1秒以上注視したサインを発見したものとみなす。

(3) 音声案内と路面サインを組み合わせたロービジョン者の誘導効果検証

①音声案内

本実験では、十字路のいずれか一方のみから音声案内を鳴動することを想定する。音声案内は、路面サインの存在を伝える内容（サイン案内）と近隣施設の名称および方向情報（施設案内）を組み合わせる。施設案内の方向情報は、路面サイン上でスピーカに正対する方向を基準として時計回りに1から4の番号を割り振り、路面誘導サインに同じ番号を記載する方式（番号方式）と、十字路を時計の文字盤に例えて鳴動するスピーカ方向を0時、右方向を3時、後ろ方向を6時、左方向を9時として説明するクロックポジション方式（CP方式）の2種類を用いる。音声ファイルは以下のとおりである。

- ・サイン案内のみ：「スピーカ正面十字路路面サインあり。（無音1秒）」をリピート再生。再生時間3.9秒。
- ・番号方式：「スピーカ正面十字路路面サインあり。（無音0.5秒）1番〇〇、2番〇〇、3番〇〇、4番〇〇。（無音1秒）」をリピート再生。平均再生時間9.2秒。
- ・CP方式：「スピーカ正面十字路路面サインあり。（無音0.5秒）0時〇〇、3時〇〇、6時〇〇、9時〇〇。（無音1秒）」をリピート再生。平均再生時間9.4秒。

なお、本実験では常に同じ地点に路面サインを設置するため、進行方向に関する情報付加についてのみ検討する。

②路面サイン

本実験では、1辺90cmの分岐サインを用いる（図3）。近隣施設は時計回りに「改札、北口、バス、南口」の4種類とし、音声案内と鳴動するスピーカによって

- ・①改札、②北口、③バス、④南口、
- ・①バス、②南口、③改札、④北口、
- ・0改札、3北口、6バス、9南口、
- ・0バス、3南口、6改札、9北口、

の4種類を用いる。



図3 分岐サイン

③実験コース

照度調整可能で、かつ壁面に吸音パネルを張った実験室内に実験コースを設置する。コース床面にはアスファルトを模擬した黒いゴムシートを敷設し、スタートから7m直進した地点を十字路中心として分岐サインを設置する。ただし、実験は直進もしくは左折のみを想定している。十字路中心から2m進んだ地点をゴールとする。実験コースの水平面照度は、分岐サインと音声案内を積極的に組み合わせる場面を想定して20lx（夜間歩行者交通量の多い商業地域の道路に望ましい照度）とする。実験コースを図4に示す。

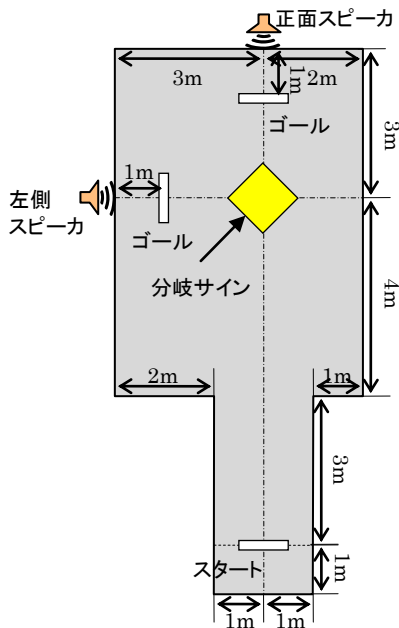


図4 実験コース

スピーカーは、十字路を直進した地点（正面）と左折した地点（左側）の2箇所に、コース外周位置に設置高さ2m、分岐サイン中央の床面に向けて設置した。使用スピーカーは富士通テン(株)TD508MK3である。

④被験者

被験者はロービジョン者15名（男性4名、女性11名、平均年齢57.0歳）、視覚障害の等級は1級3名、2級9名、4級2名、6級1名である。実験コースが十字路を模擬していること、スタート地点から直進した交差点部に分岐サインがあること、および音声による案内があることについて事前に説明する。ただし、音声案内と分岐サインによる歩行誘導が直感的に理解できるものであるかについて検証するため、これらの具体的な内容、およびスピーカーが2箇所に設置されていることについては説明しない。

⑤実験手順

最初に音声案内無しでの歩行を2試行実施し、その後、サイン案内のみ、番号方式、CP方式をそれぞれ4試行ずつ実施する。音声案内の提示順はランダム（ただし同じ案内方式を4試行続けて実施）とする。音声案内は歩行開始後に正面もしくは左側のスピーカーのいずれか一方のみを鳴動させ、路面サインは

音声案内と対応づけて種類と向きを毎回置き換えることとする。

各試行の開始前に「正面にある路面サインを見つけ、〇〇の方向へ進んで下さい」と教示し、正しいゴールに到着する、誤ったゴールに到着する、または、行き先が分からずリタイアするまでを1試行とする。このとき、進行方向は直進または左折のいずれかである。1試行終了ごとに交差点部で進行方向をどのように判断したのかについて聞き取りを行うとともに、全試行終了後に音声案内全判に対する聞き取りを行う。

4. 研究成果

(1) ロービジョン者と晴眼者に対する路面サインの効果検証の成果

①ロービジョン者の歩行特性

路面サインごとの発見率を表1に示す。通過した全路面サインの平均発見率は37%（通過者数30、発見者数11）で最適な経路に沿って発見率の増減は見られなかった。

路面サインの見落としについては、・視野が狭いため近くに路面サインを見落とし、・階段を降りるときに手すり（触覚情報）に注力したため見落とし、逆光で見にくいときがある、といった視覚障害に由来する要因であった。歩行実験後に自分にとっての路面サインの効果について尋ねた結果、5名全員から自分にとって役立つという回答が得られた。

表1 ロービジョン者の路面サイン発見率

	(1)	(2)	(3)	(4)
通過者数	5	5	4	5
発見者数	2	2	2	2
発見率	40%	40%	50%	40%
	(5)	(6)	(11)	(14)
通過者数	4	5	1	1
発見者数	1	2	0	0
発見率	25%	40%	0%	0%

②非高齢晴眼者の歩行特性

通過した路面サイン平均発見率は40%（通過者数63、発見者数25）、一方、吊り下げ型サインの発見率は76.9%（通過者数26、発見者数20）であり、 χ^2 検定により比較した結果、 $p<0.01$ で吊り下げ型サインの発見率が高かった。特に9名中2名は路面サインを全て見落とし、吊り下げ型サインのみを注視しながら最適な経路を移動した。この要因として、第1に、吊り下げ型サインは被験者に認知されており、頭上に設置されていて遠方から視野に入りやすいため、路面サインに比べて誘目性が高かったと考えられる。第2に、吊り下げ型サインを発見すればその指示に従って歩けばよいので、他のサインを探す必要がなかったと考えられる。

一方、最適な経路において、経路に沿って発見率が増加する傾向が見られた（表2）。これは、歩行中に路面サインに気づいた被験者が、それ以降路面に注意しながら歩行したた

表2 非高齢晴眼者の路面サイン発見率

	(1)	(2)	(3)
通過者数	9	9	9
発見者数	1	3	4
発見率	11%	33%	44%
	(4)	(5)	(6)
通過者数	7	8	9
発見者数	4	4	6
発見率	57%	50%	67%

めと考えられる。

歩行実験後に路面サインの有効性について尋ねた結果、見つけやすさについては、路面サインの方が見つけやすかったと回答したのが1名、どちらとも言えないと回答したのが3名、吊り下げ型サインの方が見つけやすかったと回答したのが5名となった。次に、読みやすさについては、9名全員が路面サインの方が読みやすかったと回答した。これは、吊り下げ型サインに比べて1枚あたりの情報量を抑えて文字サイズを大きくしているためと考えられる。次に、自分にとっての効果については、自分にとって役立つと回答したのが8名、自分にとって役立つと回答したのが1名となり、非高齢晴眼者にとって読みやすさの点で有効であることが分かった。

③ 高齢晴眼者の歩行特性

通過した路面サインの発見率は22.3%（通過者数94、発見者数21）、一方、吊り下げ型サインの発見率は78.6%（通過者数28、発見者数22）であり、 χ^2 検定により比較した結果、 $p<0.01$ で吊り下げ型サインの発見率が高かった。この傾向は非高齢晴眼者と同じ傾向であった。また、10名中7名が歩行の最初もしくは途中で路面サインに気づいて、その後路面に注意しながらゴール地点まで到達する様子が観察された。

一方、高齢晴眼者と非高齢晴眼者の歩行特性を比較した結果、路面サインの平均発見距離、平均注視回数、および平均注視時間の全てにおいて、有意差が認められた（表3）。この結果より、高齢晴眼者は非高齢晴眼者に比べて路面サインを発見するのに近づく必要があるが、短い注視時間でも誘導効果があったと考えられる。

表3 路面サイン注視に関する比較

	高齢 晴眼者	非高齢 晴眼者	ウェルチ t検定
平均発見距離	4.01m	8.81m	$p<0.01$
平均注視回数	1.28	2.80	$p<0.01$
平均注視時間	1.25sec	4.00sec	$p<0.01$

さらに、注視点の停留点回数分析を用いて高齢晴眼者と非高齢晴眼者の視野の使い方を比較した結果、両者とも視野領域の中心付近に集中して停留点が分布しているが、高齢晴眼者は非高齢晴眼者に比べて上側に偏って下側を注視していなかった（図5）。このことから、路面サインが遠距離にある場合、高齢者は気づきにくく、近づいて注視する場合、

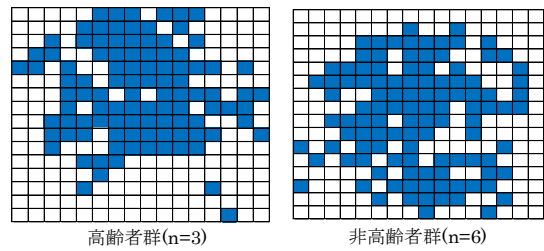


図5 停留点分布の比較

アゴを引いて路面サインを視野領域の中心に捉えて注視していることが示された。

歩行実験後に路面サインの有効性について尋ねた結果、見つけやすさについては、路面サインの方が見つけやすかったと回答したのが1名、吊り下げ型サインの方が見つけやすかったと回答したのが8名となった。次に、読みやすさについては、路面サインの方が読みやすかったと回答したのが9名、吊り下げ型サインの方が読みやすかったと回答したのが1名だった。次に、自分にとっての効果については、自分にとって役立つと回答したのが8名、自分にとって役立つと回答したのが2名となり、非高齢晴眼者と同様、読みやすさの点で有効であることが分かった。

④ 三者の差異と路面サインの効果

いずれの被験者でも路面サインが読みやすさの点で有効であることが分かった。一方、見つけやすさについては課題があり、その要因がそれぞれ異なっていることが分かった。非高齢晴眼者、高齢晴眼者については一度路面サインを発見するとそれ以降路面に注意しながら歩く傾向があるので、歩行経路の最初に路面サインの誘目性を高めることで経路全体の発見率の向上が期待される。一方、ロービジョン者については、視覚障害に由来する発見しづらさがあるため、経路上の各地点で環境に応じて音声案内や手すりへの情報付加といった他の感覚への情報提供についても検討することが望まれる。

(2) 音声案内と路面サインを組み合わせたロービジョン者の誘導効果検証の成果

① 被験者の行動分析

試行中に撮影したビデオ動画から歩行時間、停止時間、ゴール時間、および停止回数を分析した結果を表4に示す。なお、立ち止まる、しゃがみ込んで至近距離で路面誘導サインの文字を読み取る、中腰の状態では文字を読みながら路面誘導サイン上を移動する、といった歩行以外の行動を「停止」と分類し、歩行時間と停止時間の和をゴール時間としている。

表4 歩行中の被験者の行動

案内方式	歩行 時間	停止 時間	ゴール 時間	停止 回数
サイン案内のみ	13.7sec	18.0sec	31.6sec	1.1
番号方式	13.9sec	21.1sec	35.0sec	1.2
CP方式	13.6sec	12.4sec	26.1sec	0.9

番号方式と CP 方式の歩行時間と停止時間について、それぞれ t 検定を用いて検定した結果、歩行時間については有意差無し、停止時間については $P < 0.05$ で有意差ありとなった。番号方式は路面誘導サインに記された番号と対応付けられているので進行方向の確認に時間が掛かるが、CP 方式の場合、音声案内のみで進行方向を確認できるために停止時間が短くなったと考えられる。

次に、鳴動するスピーカが正面のときと左側のときのゴール到達率を図 6 に示す。正面スピーカが鳴動する場合、CP 方式が番号方式に比べてゴール到着率が高いが、左側スピーカが鳴動する場合、誤ったゴールに到達する率が高くなる傾向が見られた。CP 方式で左側スピーカ鳴動時に誤ったゴールに向かった 9 試行の被験者の歩行方向を個別に分析した結果、全ての試行において正しい方向に対して右方向に 90° ずれて歩行しており、左側スピーカ鳴動時も自分の歩いてきた方向の正面を 0 時として判断して進行方向を選択していた。これは方向情報の規則を被験者に予め教示しなかったことが原因であるが、路面誘導サインに記された施設名およびクロック番号 (0,3,6,9) より音声案内を優先していたと考えられる。

一方、番号方式では路面誘導サインを確認する必要があるが、一部の被験者では、書かれた文字の一部しか読めない (画数が少ない北口は読める、など) 場合に音声案内と組み合わせて近隣施設の並びおよび進行方向を推定する様子が見られた。

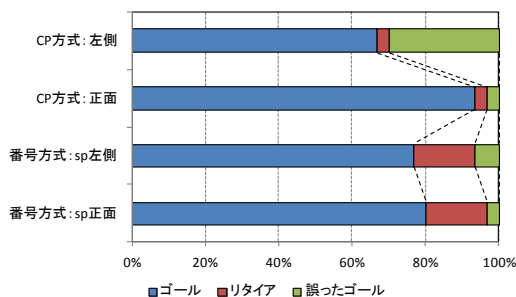


図 6 鳴動スピーカ別のゴール到達率

② ヒアリング結果

1 試行終了ごとに、進行方向をどのように判断したかについて尋ねた結果、番号方式では音声案内を使わず路面誘導サインのみで判断した試行が 50% と最も多く、音声案内による方向提示は補助的な役割だったと言える。一方、CP 方式では両方で判断した試行が 43% と最も多かったが、音声案内のみが 32% となった。

全試行終了後に、音声案内と進行方向の対応関係について、番号方式が路面サインの番号と対応付けられていること、CP 方式がスピーカに正対したときの歩行者の向きを基準の 0 時としていることに気づいたかについて尋ねた結果を図 7 に示す。CP 方式は番号方式に比べて対応関係に気づきにくいことが示された。

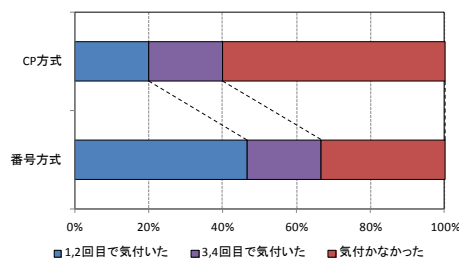


図 7 音声案内と進行方向の対応の気づき

以上の結果より、CP 方式は基準となる 0 時方向の情報を伝えるように案内文を改善すると共に、動線方向が限定される場所や、複数の場所にスピーカを設置して歩行者の侵入方向に応じて案内を変更可能なシステムと組み合わせることが望ましい。一方、番号方式はスピーカ位置による影響が少なく、路面サインの一部を判読できれば音声案内から並びを推定可能な点で有効と言える。案内文を改善して路面サインとの対応関係を気付かせることと、分かりやすい番号付けの規則を用いることで、進行方向の分かりやすさが向上すると考えられる。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 4 件)

- ① 大森 清博、柳原 崇男、北川 博巳、池田 典弘、路面誘導サインと音声案内を組み合わせたロービジョン者の歩行誘導に関する研究、日本福祉のまちづくり学会第 17 回全国大会、2014.8.23-24 (発表確定)、近畿大学工学部広島キャンパス (東広島市)
- ② 大森 清博、柳原 崇男、北川 博巳、池田 典弘、高齢者に対する路面誘導サインの有効性に関する研究、第 49 回土木計画学研究発表会、2014.6.7-8、東北工業大学 (仙台市)
- ③ 大森 清博、北川 博巳、柳原 崇男、路面誘導サインを利用するロービジョン者と晴眼者の歩行特性の検証、第 48 回土木計画学研究発表会、2013.11.2-4、大阪市立大学 (大阪市)
- ④ Kiyohiro OMORI, Takao YANAGIHARA, Hiroshi KITAGAWA, Validation of Mobility of Pedestrians with Low Vision and Normal Vision Using Graphic Floor Signs in Railway Station, 12th European AAATE Conference, 2013.9.19-22, (Vilamoura, Portugal)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大森 清博 (OMORI, Kiyohiro)

兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所・研究員

研究者番号： 9 0 4 2 6 5 3 6