

平成 21 年 6 月 25 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760367
 研究課題名（和文） 歩行支援システムの開発を考慮した視覚障害者の視覚特性および歩行特性に関する研究
 研究課題名（英文） Study on the vision and mobility performance of the visually impaired in consideration of development of the guidance system
 研究代表者
 柳原 崇男
 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 10435901

研究成果の概要：

これまで、視覚障害者のためのシステム開発等において、厳密に評価者となる視覚障害者をスクリーニングしている例はほとんどなく、協力が得られる視覚障害者に意見聴取や評価実験に参加してもらっているというのが現状である。

そこで本研究は、視覚障害者用歩行支援システムの開発時あるいは評価等において、被験者となる視覚障害者のスクリーニング方法、評価等に参加協力が得られた視覚障害者の特性を把握する方法を開発することを目的とし、11項目の質問により、視覚障害者の歩行特性を調査できることを明らかにした。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
19年度	1,800,000	0	1,800,000
20年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	330,000	3,230,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、交通工学・国土計画

キーワード：交通計画、視覚障害者、歩行支援システム

科学研究費補助金研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

視覚障害者のモビリティを向上させるために、視覚障害者誘導ブロック、誘導チャイム、音響信号機、触地図案内板、音声案内板などが設置されてきた。また、近年の技術進展に伴い、歩行者 ITS などの IT 技術やエレクトロニクスの技術を用いた歩行支援・誘導システムの開発が進められている。

しかし、それらの支援・誘導システムの利便性を享受している人は極めて少ないと言われている。その要因として徳田¹⁾は「援助システムの開発と実施はほとんどのケースにおいて、視覚障害者のニーズをもとにして進められているとされている。しかしながら、視覚障害者の歩行能力、生活スタイル、援助ニーズなどはきわめて多様である。実際、ニーズ調査の対象となった視覚障害者の移動頻度、歩行形態、移動に対するモチベーションなどを詳細に吟味してシステム開発に反映させているケースはあまり多くなく、調査結果を「一般的な視覚障害者のニーズ」として捉えてしまう誤りがしばしば生じてしまっている。」と述べている。つまり、視覚障害者用移動支援システムを有効的に機能させるためには、これらシステムの有効性の評価システムを確立させることが重要である。しかし、その評価方法を確立するためには評価主体を明確にする必要がある。徳田が述べるように、視覚障害者は同じ全盲、弱視あるいは障害等級であっても、視覚障害特性としては大きく異なるなど非常に多様であるため、「誰がどのような評価をしたのか」という「誰が」の部分の評価主体が不明瞭になりがちである。そこで、評価者のスクリーニングが非常に重要となる。

これまで、視覚障害者のためのシステム開発等において、厳密に評価者となる視覚障害者をスクリーニングしている例はほとんどなく、協力が得られる視覚障害者に意見聴取や評価実験に参加してもらっているというのが現状である。その中で、視覚障害者用誘導ブロックの色の標準化等において、被験者となる視覚障害者の心理学的特性計測や医学的特性検査が実施され²⁾、被験者のスクリーニングが実施されるようになったが、まだまだその方法が確立されているとは言えない。海外では、特にロービジョン者研究において、代表的な視機能を検査した上で視機能と歩行パフォーマンスなどの関係を調べる研究が実施されるなど、医学的検査を実施し、視覚障害者の特性を把握している例はたくさんある。ここでは、コントラスト感度と視野が重要な要素であると言われており、被験者のスクリーニングにおいて、非常に重要な知見を示している。

2. 研究の目的

本研究は、視覚障害者用歩行支援システムの開発時あるいは評価等において、被験者となる視覚障害者のスクリーニング方法、評価等に参加協力が得られた視覚障害者の特性を把握する方法を開発することが目的である。

歩行支援整備の研究・開発は参加する視覚障害者の歩行と多様な特性を考慮し進める必要があるが、ロービジョン者にとって視覚機能の医学的計測は非常に負担であり、研究・開発の場に対応しているものではない。さらに、歩行特性を簡易的に把握する方法も確立されておらず、参加者の特性を的確に把握することが難しいため、計画の実施が有効かつ効率的に行われているとは言えない。

そこで本研究では、ロービジョン者の歩行特性と感覚要素との関係を明らかにすると共に、歩行能力を簡易的に把握する方法を考察する。これらにより歩行環境整備の計画に用いる指針を明確にし、計画実施の有効化・効率化を図ることを目的としている。

3. 研究の方法

視覚障害者の特性を把握する方法を開発するため、ロービジョン者の感覚機能と歩行特性の関連性および外出時の行動特性を把握する事を目的として以下の3つの調査を行った。

調査 ロービジョン者の最たる特徴である視覚機能と過去に経験した歩行時の問題について質問紙を用いて調査し、視覚要素と歩行の関連性を明らかにする。

調査 視覚、聴覚、触覚、空間認知能力と歩行時の問題等について質問紙を用いて調査し、感覚要素と歩行の関連性を明らかにする。

調査 ロービジョン者を対象に模擬コースの歩行実験と段差視認実験を行い、「歩行時間」などを計測し、感覚機能等との分析から歩行能力の推定方法について考察する。

4. 研究成果

(1) 視覚要素と歩行の関連性

調査概要

調査 の概要を表1および表2に示す。晴眼者にはロービジョン者特有の項目を除いた質問紙で調査を実施した。

表1 調査 実施項目

	項目
個人属性	性別、年齢、就労状況、原因疾患、等級、読み書きに用いる補助具
視覚機能	視力、視野、順応、色の見え方、症状、グレア、天候の影響
歩行特性	歩行訓練の有無、白杖使用、単独歩行外出頻度、外出目的、外出時間帯、歩行時の手がかり、発見しにくい障害物の高さ
歩行時の問題	階段段差、歩道の段差、歩道上の障害物、排水溝、交差点、他者交通との接触、路面状況、空間状況、夜間歩行

表2 調査 実施概要

	ロービジョン者	晴眼者
調査時期	平成18年10月22日～平成19年2月21日	平成18年10月24日～12月6日
調査方法	ヒアリング調査	直接配布・回収
	メールで送信・返信	
回収数	103部	79部
平均年齢	52.7歳±13.7	48.2歳±17.3
性別	男性52名 女性49名 無回答2名	男性41名 女性38名
身体障害者手帳等級	1級25.2% 2級52.4% 3級7.8% 4級2.9% 5級2.9% 6級1.0% なし7.8%	—
原因疾患 (複数疾患患者16名)	網膜色素変性症52.5% 白内障 13.9% 緑内障 8.2% 黄斑部変性症 5.7% 網膜剥離 4.1% 視神経萎縮 3.3% その他 12.3%	—

調査結果

ロービジョン者の単独歩行が可能な状況を昼夜に分けて調査した。「初めての道でも一人で外出できる」が昼間で56.4%あるのに対し、夜間で24.8%に減少する結果となった(図1)。また、白杖の使用形態も昼夜に分けて調査したところ、「常に使用する」が昼間で53.7%であったのが夜間で68.4%と増加しており、夜間に使用度の高い形態に移行する結果となった。この事より、ロービジョン者の夜間における歩行の困難性が明らかとなった。

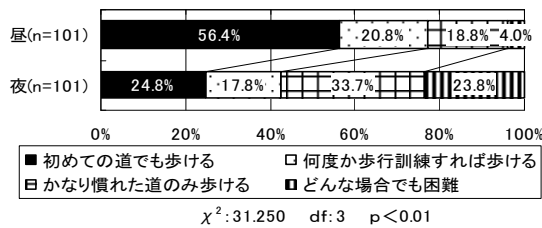


図1 単独歩行の可否

「上り階段でつまづき転倒」や「歩道の障害物と接触」といった歩行時における問題の経験頻度を「ない」から「よくある」までの4段階で調査した。「駅のホームから転落」を除く11項目は昼夜に分けて計23項目実施した。同様の項目を晴眼者にも実施し²検定を行った(表3)。

表3 歩行時の問題の²検定結果

項目	昼	夜
① 上り階段でつまづき転倒	*	**
② 横断歩道の段差でつまづき転倒	**	**
③ 下り階段から転落	**	**
④ 歩道の障害物と接触	**	**
⑤ 排水溝に転落	**	**
⑥ 人や自転車と接触	**	**
⑦ 駐輪車両と接触	**	**
⑧ 車道に転落	**	**
⑨ 交差点で車道に出て待つ	—	*
⑩ 信号交差点で車道に出て待つ	—	**
⑪ 車やバイクと接触	+	—
⑫ 駅のホームから転落	—	*

**p<0.01 *p<0.05 +p<0.1 —有意なし

ロービジョン者の視覚機能(「視力」「視野」,「コントラスト感度」「色覚」と歩行特性との関連性を明らかにするために共分散構造分析を行った。視力は左右のうち良い方の視力を、視野は欠損の有無を採用したが、欠損部

分は異なるが回答者の96%が視野に欠損があった。色の見え方の不便における回答を「コントラストがないと分からない」をコントラスト感度、「特定の色の判断が困難」を色覚異常として採用した。歩行特性は因子分析を基に「接触」「はみ出し」「段差」「階段」「側方へ転落」の潜在変数をモデルに組み込んだ。側方への転落は因子分析の第4因子までに含まれていない項目を合わせており、これは項目の内容から側方への転落としている。

分析の結果より、各視覚機能と歩行特性との関連が明らかとなった(図2)。視野はすべての歩行特性に関連しており、最も歩行に影響する視覚機能である事が明らかとなった。視野が欠損する事によって取得する情報が減少し状況の把握が困難となると考えられる。次いでコントラスト感度、視力が歩行に影響している。視野から得た情報を正確に認識する事が困難となり、歩行に問題が生じると考えられる。これら2つは段差に対して負の相関を示している。しかし、視覚機能が低下すると歩行の問題が減少する事は考えにくく、機能が低下する事で他の感覚(聴覚・触覚等)を用いて段差を検出していると考えられる。

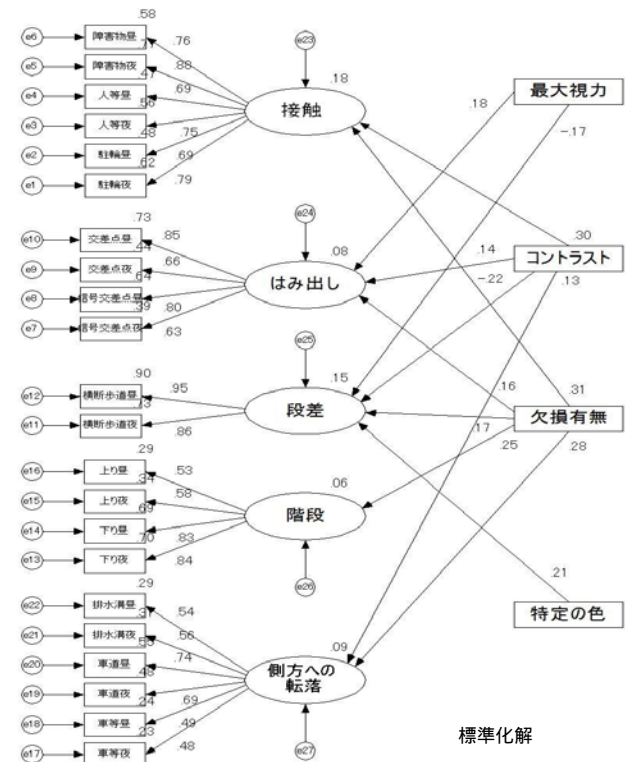


図2 視覚機能と歩行特性のモデル図

まとめ

調査より以下の点が明らかとなった。

1. 夜間において歩行が困難となる
2. 歩行時に多くの問題を経験しており、その形態が多様である
3. 歩行に強く影響する視覚機能は「視野(主

に周辺欠損),「コントラスト感度」である

4. 接触などの状況ごとで影響する視覚機能とその影響の程度が異なる

(2) 感覚要素と外出の関連性
調査概要

調査の概要を表4および表7に示す.全盲者には視覚に関する項目を,晴眼者には視覚障害者特有の項目を除いて実施した.調査に用いた質問紙には既存の質問紙 VFQ 25(視覚からの QOL),方向感覚質問紙簡易版:SDQ-S(空間認知能力),Weinstein Scale(騒音感受性)が含まれている.

表4 調査 実施概要

	ロービジョン者	全盲者	晴眼者
調査時期	平成20年11月10日 ~12月25日		平成20年11月13日 ~12月19日
調査方法	ヒアリング調査 及び 電話調査 メールでの送返信 及び 郵送配布・回収		直接配布 直接回収
回収数	101部	28部	73部
平均年齢	45.5±14.3	50.2±13.6	49.7±17.5
性別	男 58.4% 女 41.6%	男 67.9% 女 32.1%	男 65.8% 女 34.2%
身体障害者手帳等級	1級30.3% 2級58.6% 3級3.0% 4級3.0% 5級3.0% なし2.0%	1級100.0%	—
原因疾患	網膜色素変性症 45.2% 白内障 6.7% 緑内障 5.8% 網膜剥離 5.8% 未熟児網膜症 4.8% 黄斑変性症 1.9% その他 24.0% 複数疾患患者8名	網膜色素変性症 20.0% 未熟児網膜症 13.3% 緑内障 10.0% 網膜剥離 10.0% その他 43.3% 複数疾患患者3名	—

表5 調査 実施項目

		質問項目
個人属性		年齢, 性別, 原因疾患, 等級
感覚特性	視覚	視力, 視野, コントラスト, 色覚, 歩行時の手がかり, 重要度
	聴覚	音源定位, エコー定位, 音に対する慣れ 歩行時の手がかりとその目的, 重要度
	触覚	白杖・足裏の検知能力, 触覚に対する慣れ 歩行時の手がかりとその目的, 重要度
	総合	歩行時の感覚の利用割合
歩行特性		外出頻度, 白杖使用, 歩行訓練の有無, 単独歩行, 歩行時の問題
既存アンケート		VFQ-25 SDQ-S WS-Q

調査結果

ロービジョン者に聴覚や触覚を用いる手がかりである「音響信号」や「段差」等の利用を調査し,利用する者に対してその目的を「位置確認」、「方向確認」、「危険回避」で調査した(図3).

聴覚を用いる対象物は「危険回避」に用いる群と「位置確認」に用いる群に分かれる結果となった.しかし,それぞれの群に既存の歩行支援整備である「音響信号」や「誘導鈴」が入っているが,その群を代表する目的での利用割合は支援整備でないものに比べ低い.また全項目において「方向確認」に用いられる割合は高くない.この事より聴覚を用いた既存の歩行支援整備のみでは十分に情報を得る事が難しい事が明らかとなった.

触覚を用いる対象物の「段差」、「床面の違

い」は「方向確認」に用いられる割合が低いが,支援整備である「視覚障害者誘導用ブロック」でその利用割合は高い.しかし,その他の目的では支援整備でないものより低く中程度の利用割合である.これらより誘導ブロックは総合的に利用されているが「位置確認」、「危険回避」については十分な情報を得る事が難しい事が明らかとなった.

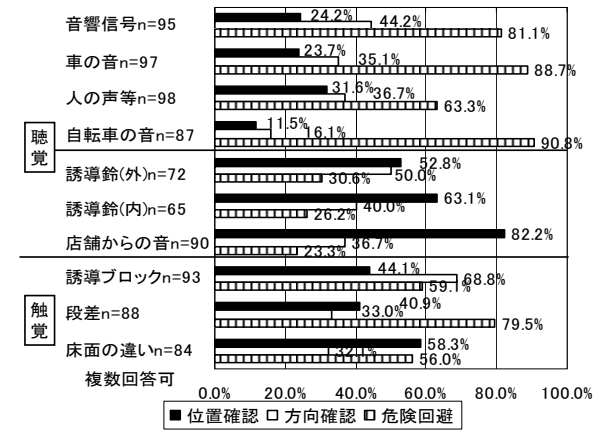


図3 感覚から得る情報の目的

調査を基に再度歩行時における問題の経験頻度を4段階で調査した.調査では昼夜に分けず実施した10項目の歩行時の問題を視覚(視力,視野,色覚異常,コントラスト感度),聴覚(音源定位,エコー定位),触覚(各路面の検知),空間認知能力(道に迷う)で²検定を行った.視力は左右のうち良い方の視力,視野は欠損の有無と部分,色覚異常はその有無,コントラスト感度は「物の判断にコントラストが必要」に対して「必要」、「状況により必要」、「必要なし」の3段階,音源定位およびエコー定位は「音の出ている方向が分かる」、「音により空間の広さが分かる」をそれぞれ「分からない」、「あまり分からない」、「ある程度分かる」、「分かる」の4段階,各路面の検知は「誘導ブロック」、「凸凹の路面」、「滑らかな路面」のそれぞれを「認識できない」、「気付かない時がある」、「時間はかかるが認識できる」、「認識できる」の4段階,道に迷うは経験の頻度を「ない」から「よくある」の4段階で調査した.

視覚要素に関しては調査の結果と同様に「視野」、「コントラスト感度」が歩行に強く影響する結果となった.聴覚要素は音源定位・エコー定位共に歩行に影響している.周囲の対象物との位置関係の把握が困難となる事や周辺の空間構成を認知する事が困難となる事で歩行時に問題が生じると考えられる.触覚要素はアスファルトなどの凸凹した路面の検知のみで有意が見られる.アスファルトの検知が困難となる事で歩車境界を把握することが難しくなり問題が生じると考えられる.空間認知は道に迷った経験が多いほど歩行時の問題も多く,既存の知見と同様にオリエンテーションとモビリティの関

連性が示された。

まとめ

調査 より以下の点が明らかとなった。

1. 既存の支援整備以外からも聴覚・触覚を用いて歩行の手がかりを得ている
2. 視覚要素のみならず、聴覚要素である「音源定位」・「エコー定位」、触覚要素である「路面の検知」が歩行に影響している

(3) 感覚要素からの歩行能力の推定

調査概要

調査 の概要を表6および表7に示す。実験は、歩行コースに段差を設けることで転倒の危険があると考え、歩行実験と段差視認実験の2種類に分けて行った。歩行実験で使用したコースの概略図を図4に示す。

歩行実験はコース上に6種類の障害物(5cm～目線以上身長未満)を2種類の輝度(1.0・2.0)に分けそれぞれ3個、計36個配置した。照度は明所762lxと暗所68lxで実施した。計測は「明所、障害物無し」、「明所、障害物有り」×2回、暗所も同様に行い計6回実施し各指標を計測した。障害物配置は計測ごとで変更した。

被験者には事前に眼科にて視力および視野の損失率を測定している。また、調査の質問紙も実施した。質問紙内のVFQ-25は得点が高いほどQOLが高い事を、SDQ-Sは得点が高いほど方向感覚が優れている事を示す。

表6 調査 実施概要

調査期間	平成20年11月20日～12月16日
被験者数	ロービジョン者25名 (内6名が医学的視覚機能計測なし)
平均年齢	49.9±12.4
性別	男 48% 女 52%
手帳	1級 20% 2級 80%
原因疾患	網膜色素変性症 68% 緑内障 8% その他 24%

表7 計測指標および計測方法

計測指標	計測方法
歩行時間	始点から終点までの歩行時間を計測
接触回数	コースに配置した障害物との接触回数
方位認知	歩行終了時に終点から始点の方向を指し示す
逸脱回数	歩行コースから逸脱した回数
探索行動	経路および障害物の位置を探索した回数
段差視認距離	直線コース上の段差部が視認可能な距離 最小および最大を計測し平均化

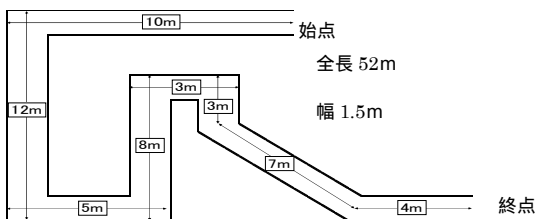


図4 歩行実験コース概略図

調査結果

計測した指標(歩行時間、段差視認距離等)をそれぞれ平均化し、医学的に計測した視覚機能、既存質問紙および感覚機能を調査した質

問紙でそれぞれ分析した。歩行時間は障害物との接触や探索行動などの影響を受ける総合的な指標と考え、歩行実験に含まれていない段差に関する指標である段差視認距離を合わせた2つをロービジョン者の歩行能力を示す指標として分析している。医学的視覚機能および既存質問紙については重回帰分析を行い、感覚機能質問紙は被験者全員が視野に欠損があるため視野については欠損部分のみを用いて数量化 類で分析を行った(表8)。

医学的に計測した視力・視野と質問紙を用いて調査した視力・視野で重相関係数は歩行時間で0.395と0.399となり同程度の相関を示した。この事よりロービジョン者にとって負担となる医学的な計測をせずとも質問紙を用いる事で視覚機能から歩行能力の把握が可能と考えられる。また、段差視認距離では0.105と0.501となり、質問紙を用いた視力・視野の方が高い。質問紙では欠損部分を調査している事から下部にある段差検出の可否には欠損部分が重要であると考えられる。

VFQ-25とSDQ-Sで分析した結果、歩行時間および段差視認距離で0.441と0.587となり中程度の相関を示した。視覚および空間認知能力に関する既存の質問紙を用いて歩行能力の推定が可能であると考えられる。

表8 歩行能力と各調査での分析結果

医学視機能 (重回帰分析)	標準偏回帰係数		重相関 係数
	最大視力	視野損失率	
歩行時間	-0.121	0.382	0.395
段差視認距離	-0.100	-0.027	0.105
感覚機能Q (数値化I類)	偏相関		重相関 係数
	最大視力	欠損部分	
歩行時間	0.369	0.154	0.399
段差視認距離	0.480	0.261	0.501
既存Q (重回帰分析)	標準偏回帰係数		重相関 係数
	VFQ-25	SDQ-S	
歩行時間	-0.275	-0.266	0.441
段差視認距離	0.479	0.218	0.587

総合的な指標である歩行時間を調査 より明らかとなった歩行に影響する感覚機能を含む個人能力を用いて分析した。分析に使用した項目は視力、視野の欠損部分、色覚異常、コントラスト感度、音源定位、エコー定位、路面の検知(3種類の平均)、道に迷った経験に加えて、歩行時の視覚、聴覚、触覚の重要度と白杖使用の有無、歩行訓練の有無の13項目である。

全組み合わせで分析を行った結果、道に迷った経験、聴覚の重要度を除く11項目で重相関係数が0.998、AICが31.519となり、最も歩行能力の推定に用いるのに良い組み合わせとなった。白杖使用の有無や歩行訓練の有無といった能力向上に関する要因も歩行能力の推定に重要である事が示された。また、視覚・触覚の重要度も含まれており、感覚機能に加え、そこから得られる情報をどの程度頼りとしているかも歩行能力の推定に重要で

ある 2つの既存質問紙は合わせて 45 項目あるため、ロービジョン者に対して個人能力に関する 11 項目(13 問)の調査を行う事で歩行能力の簡易的な推定が可能であると考えられる。

まとめ

調査 より以下の点が明らかとなった。

1. 視力および視野の損失率のみでは歩行能力を把握する事が困難であり、視野の欠損部分を調査する必要がある
2. 視覚・聴覚・触覚・感覚の重要度・白杖使用・歩行訓練を質問紙で調査する事で簡易的に歩行能力推定が可能である

(4) 結語

本研究で明らかとなった事を以下に示す。

1. ロービジョン者の歩行には夜間や交差点部など様々な状況において接触や転倒など多様な問題が生じている
2. 「視野欠損」や「コントラスト感度」が歩行に強く影響していると共に、聴覚や触覚・空間認知能力も歩行と関連性がある
3. 歩行時に頼りとする情報が視覚から聴覚・触覚へと移行する要因は視覚から得る情報の処理能力の低下が原因である
4. 視覚要素のみならず聴覚要素・触覚要素・白杖使用、歩行訓練および感覚の重要度について質問紙を用いて調査することで簡易的にロービジョン者の歩行能力の推定が可能である

【参考文献】

- 1) 徳田克己：視覚障害者のための移動援助システム 国際交通安全学会誌 Vol.23,NO1 PP.44-51 1998
- 2) 藤澤正一郎,その他 7名: 視覚障害者による徳島における評価システムの構築, 第 6 回システムインテグレーション部門学術講演会, 167-168 頁, 2005 年 12 月.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

柳原崇男、三星昭宏、方向感覚質問紙簡易版 (SDQ-S) を用いた視覚障害者の歩行能力測定と歩行支援素システムへ応用に関する研究 全盲者・重度弱視者を対象として - 土木学会論文集 D、Vol.64, No2, p. 285 - 298, 2008 査読有り

柳原崇男、北川博巳、齋藤圭亮、三星昭宏 ロービジョン者の視覚機能と外出時の歩行問題の関係に関する研究、土木計画学研究・論文集、Vol.25, p.525 - 533, 2008、査読有り

〔学会発表〕(計 2 件)

柳原崇男、北川博巳、三星昭宏、齋藤圭亮、視覚特性から見たロービジョン者の屋外歩行に関する研究、第 36 回土木計画学研究発表会、CD-ROM、2007

Takao Yanagihara, Hiroshi Kitagawa, Kiyohiro Omori, Ichiro Kitayama, Kumiko Taniuchi, Development of Guidance System Using LED Marks for Low Vision at Night、International Conference on Aging, Disability Independence (ICADI)、CO-ROM 2008

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳原 崇男 (Yanagihara Takao)
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 10435901

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者