

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月13日現在

機関番号：32629

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21510160

研究課題名（和文） 視覚障害歩行者の安全な道路横断に関する総合的研究

研究課題名（英文） A comprehensive research on ensuring safe intersection crossing by visually impaired pedestrians.

研究代表者

大倉 元宏 (OHKURA MOTOHIRO)

成蹊大学・理工学部・教授

研究者番号：30119341

研究成果の概要（和文）：

以下の3つのテーマについて、並行して研究を進めてきた。

テーマ1：視覚障害者用道路横断帯の耐久性向上と補修時期に関する調査研究

テーマ2：環状交差点における道路横断支援に関する研究

テーマ3：二次課題法による心理的ストレスの評価

テーマ1に関しては、愛媛県松山市のある交差点の横断歩道に硬度の異なる3種類のウレタン系樹脂突起を使って道路横断帯を敷設し、摩耗経過を継続測定したところ、軟らかいほど摩耗が少ないことを示唆する結果を得た。また、補修時期の目安を求めため、突起の高さと足裏での検知性の関係を目隠しをした晴眼被験者について調べたところ、高さが2mmになると検知性に低下があることが認められた。

テーマ2に関しては、三鷹駅前のロータリ交差点（環状交差点）における平成22年度のフィールド実験において歩道縁石と横断歩道の方向が直交していないところや歩道上に誘導用ブロックが設置されていない箇所では方向を見失う場合が多々みられたことを受け、改修工事が行われた。すなわち、歩道縁石と横断歩道を直交させ、歩道上には誘導用ブロックが敷設された。前と同様、モデルルートを設定し、5名の晴眼者と10名の視覚障害者の参加を得て、フィールド実験を行ったところ、方向を見失うケースは激減し、改修工事の妥当性が確認された。

テーマ3に関しては、愛媛県のあるリハセンターの協力を得て、臨床試験を行った。道路横断を含むモデルコースを設定し、そのリハセンターに在籍する訓練生を対象に、タッピング（1秒間隔で押しボタンスイッチを押す）を二次課題法として、歩行訓練の進行に伴う二次課題のパフォーマンスの変化を調べたところ、向上がみられた。歩行における心理的ストレスの測定に二次課題法の適用できる可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

The research comprised of three objectives. The first objective was to improve the durability of tactile guidance surfaces of truncated domes and to determine the height at which these surfaces need to be repaired. Three types of tactile guidance surfaces, all made from a polyurethane resin, with different hardness levels were installed on crosswalks in Matsuyama, the capital city of Ehime Prefecture. Longitudinal and repetitive measurements of the dome height suggested that the surfaces were more durable with decreasing hardness. This result was considered to be due to the fact that surfaces with lower hardness levels have higher elasticity, and thus can absorb forces from rolling tires of vehicles more effectively. The limit of detection by foot was 2 mm, suggesting that tactile guidance surfaces should be repaired prior to reaching this height.

The second objective was to improve the accessibility of rotary intersections for

visually impaired pedestrians. The rotary intersection in front of Mitaka station was redesigned due to poor performance results of independent crossing by visually impaired subjects in a previous field experiment. The crosswalk was reconstructed perpendicularly to the curb and new Braille tiles were installed on the sidewalk. A recent field experiment showed that the performance results of independent crossing were significantly improved.

The third objective was to investigate whether the subsidiary task technique can be used to measure the psychological stress of visually impaired pedestrians. On-site testing was performed in-cooperation with a rehabilitation center in Ehime Prefecture. Trainees participating in the orientation and mobility training program were instructed to perform a subsidiary task while crossing a street independently. The subsidiary task involved pushing a hand-held switch every second at regular intervals. The trainees' performance on the subsidiary task while crossing improved as the training program progressed. The results indicated that it was possible to measure the psychological stress of visually impaired pedestrian using the subsidiary task technique.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 21 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
平成 22 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
平成 23 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：経営工学，人間工学

### 1. 研究開始当初の背景

3つのテーマについて検討を進めることとした。研究開始当初の背景をテーマごとに分けて述べる。

#### (1) 視覚障害者用道路横断帯の耐久性向上と補修時期に関する調査研究

視覚障害者の道路横断は従前より困難の大きなタスクの一つとして知られており，そのために青信号のタイミングを知らせる音響信号機や横断歩道の位置と横断方向を示す点字ブロック，さらに最近では，横断中の方向維持に役立つ道路横断帯が支援設備として開発され，実用に供されてきた。横断帯は横断歩道中央部に道路全幅に渡って敷設された触覚マーカを指す。申請者はこの横断帯について数年にわたりユーザの視点からの評価を行い，標準的な敷設法の提案をしてきた。その甲斐もあって，2006年12月には国家公安委員会規則にも明記され，全国に広がってきているが，横断歩道内に敷設されるため，車両等の通過に伴う磨耗の低減と補修時期の目安となる高さの見極めが解決すべき課題として残っている。

#### (2) 環状交差点における道路横断支援に関する

### る研究

これまでの申請者の研究では，二つの道路が直行する交差点をモデルにして，道路横断のための支援機器やその利用法を検討してきたが，環状交差点 (roundabout) は取り上げてこなかった。現在，申請者の所属する大学に近い JR 三鷹駅の北口では再開発事業が進められているが，その駅前ロータリ交差点 (環状交差点) になっており，視覚障害者のための経路誘導支援設備の配置が課題となっている。すなわち，ロータリ交差点は交通信号を設置しないことにより，通行車両の円滑な流れを確保できるというメリットがあるが，一般の交差点とは違って車両の流れや横断歩道の配置が特殊なため，視覚障害者からすると横断のタイミングや方向の判断に大きな困難を伴う。

#### (3) 二次課題法による心理的ストレスの評価

さて，いくら支援設備を設置しても，ユーザの心理的ストレスが高ければ単独歩行が敬遠され，期待した効果は上がらない。本研究では時間評価を応用した二次課題法により，単独歩行中の心理的ストレスの評価を試みる。申請者は以前，振動刺激の弁別を二次

課題として心理的ストレスの評価を行った。難易度の相違する2つのテストルートを設定し、単独行動経験の異なる視覚障害者に、歩行をしながら同時に手首に装着した振動子から不規則な時間間隔で与えられる二種類の刺激の弁別を求めた。二次課題の成績はルートの難易度や単独行動経験年数とは明確な関連がみられたが、障害物との接触や短時間方向を見失うといったテンポラリーな事象との細かい関連については、それらの事象と刺激の出現タイミングとの関係で、必ずしも感度のよい測定はできなかった。

近年の高齢者・障害者福祉への関心の高まり、それに呼応する、いわゆる交通バリアフリー法やハートビル法の制定や改正に伴い、国家レベルで視覚障害者の誘導支援技術にかかわるプロジェクト（例えば、国土交通省：自立移動支援プロジェクト；経済産業省：障害者等ITバリアフリー）が立ち上がっているが、どれも大多数の当事者の支持は得られていない。その主たる理由は単独行動時の心理的ストレスへの考慮がなされていないことに尽きると考えられる。

## 2. 研究の目的

### (1) 視覚障害者用道路横断帯の耐久性向上と補修時期に関する調査研究

本研究では磨耗しにくい突起性状を追求するとともに、補修のための高さの目安を求めることを目的とする。

### (2) 環状交差点における道路横断帯に関する研究

本研究では視覚障害当事者や自治体と連携をとり、ロータリ交差点（環状交差点）における適切な誘導支援設備を検討する。

### (3) 二次課題法による心理的ストレスの評価

本研究では、連続的に一定の負荷を与えられる時間評価を二次課題とし、歩行訓練生を対象に、訓練プログラムの進行に伴う余裕能力の変化を測定する。その余裕能力の程度から心理的ストレスの推定を試みる。

## 3. 研究の方法

### (1) 視覚障害者用道路横断帯の耐久性向上と補修時期に関する調査研究

耐久性の高い突起の性状を調べるために、愛媛県松山市のある交差点の横断歩道に硬度の異なる3種類のウレタン系樹脂突起を使って道路横断帯を敷設し、摩耗経過を継続測定した。

補修時期の目安に関しては、18名の視覚障害者が隣接するテーブルを手がかりにして、異なる高さ（1, 2, 3, 4, および5mm）の突起を含む歩行路を2回ずつ歩行し、その検知性を評価した。突起のない平板から歩行を開始して突起を踏み、停止するまでの距離（以下停止距離）を調べた。停止距離は、模型の

端から停止した前足のつま先までの距離とした。

### (2) 環状交差点における道路横断帯に関する研究

21～34歳までの目隠しをした晴眼者5名（初心者群）と、29～65歳までの視覚障害者10名（未熟練群3名、熟練群7名）の合計15名の参加を得て、改修工事の終了した三鷹駅北口のロータリにおける中心島の西側に全長78.5メートルのルートにおいて歩行実験を行った。このルートには2つの横断歩道が含まれ、改修工事によって、歩道上には連続して点字ブロックが敷設された。また、斜めに設置されていた横断歩道が縁石と直交するように直され、さらに道路横断帯が設備された。

### (3) 二次課題法による心理的ストレスの評価

実験参加者はE福祉センターに入所して、6ヵ月の生活訓練プログラム（歩行訓練を含む）を受けている者3名（S1, S2, S3）と同プログラムを修了した者1名（S4）であった。歩行ルートは福祉センター近くの視覚障害者誘導用ブロックが整備されている歩道で、3つの曲がり角を含み、全長は140mであった。途中、幅員5mの車道が1ヵ所直角に交差していた。

二次課題は歩行中に手に保持した押しボタンを1秒に1回タッピングすることであった。この課題の評価指標はタッピング時間間隔の変動量とした。これは隣り合うタッピング間隔の差の絶対値である。実験は訓練プログラムが開始されてから、約3, 5および6ヵ月経過後の3回行われた。実験参加者には各回において歩行コースの往復を求めた。

## 4. 研究成果

### (1) 視覚障害者用道路横断帯の耐久性向上と補修時期に関する調査研究

硬度の異なる3種類の突起（硬、中、軟と記す）により構成される道路横断帯について、施工後2年の間に計7回の摩耗経過の測定を実施した。施工2年後の通行車両の多い箇所の平均摩耗量と標準偏差をみると、硬、中、軟、それぞれ $1.65 \pm 0.31\text{mm}$ 、 $1.43 \pm 0.22\text{mm}$ 、 $1.12 \pm 0.35\text{mm}$ であった。統計分析によると、軟と中および軟と硬の間に有意な差が認められ、軟らかいほど摩耗が少ない結果となった。

補修時期の目安に関する実験の結果を図1に示す。図1は突起高ごとに、横軸の距離までに停止できた試行の累積割合を示したものである。各突起高条件における試行回数は36であった。高さ3mm以上の突起では100cmまでにほぼ100%の試行が停止できているが、1, 2mmではそれらに比べて停止の割合が低く、検知の困難さがみられる。さらに、225cmを歩行しても突起があることがわからず、

停止できなかった試行が、高さ 1, 2 mmにおいて、それぞれ 36 試行中 9 試行 (25.0%), 1 試行 (2.8%) あった。高さが 2mm になると検知性に低下があることが認められた。

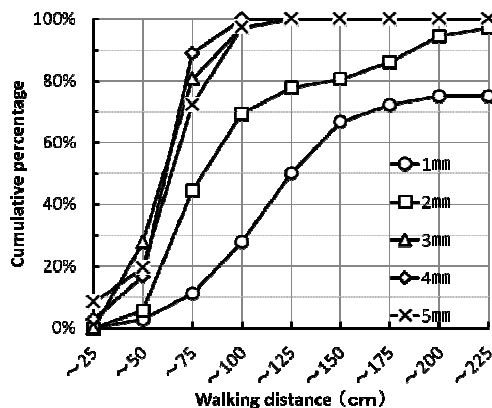


図1 各突起高における累積停止割合

### (2) 環状交差点における道路横断支援に関する研究

図2に、改修工事の前後における実験参加者の歩行軌跡を示した。破線が初心者群、点線が未熟練群、実線が熟練群の軌跡である。まず全グループの B3⇒B4 の歩行軌跡において、改修前では車道部にはみ出しバスバース（バス利用者の乗降のためにバスが停車するスペース）へ向かっていた歩行が、改修後には見られなくなった。点字ブロックを新たに設置した B2-B3, B4-B5 区間においては、改修前の試行では軌跡にばらつきが大きかったが、改修後では点字ブロックを利用することで安定した。

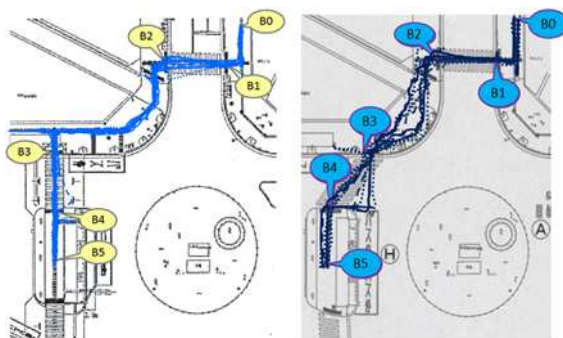


図2 改修工事の前（左図）と後（右図）における歩行軌跡

### (3) 二次課題法による心理的ストレスの評価

タッピングの成績から余裕能力を推定する。タッピングの成績として、次の3つの指標を取り上げた。

- ・平均変動量：歩行中のタッピング間隔の変動量の合計をタッピングの回数で除した値。
- ・変動倍率：上述の平均変動量から立位でのタッピング間隔の平均値（立位時変動量）を引き、それを立位時変動量で除した値。歩行

による変動量が立位時の何倍に当たるかを示す値。平均変動量と立位時変動量が等しければ、変動倍率は零となる。

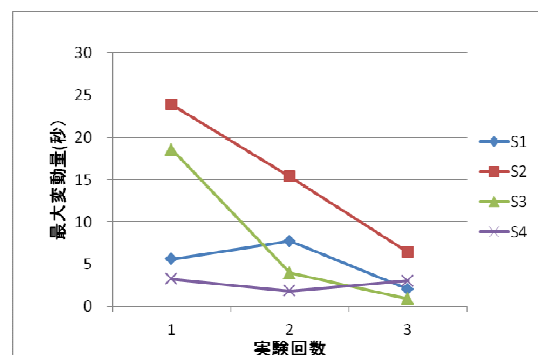
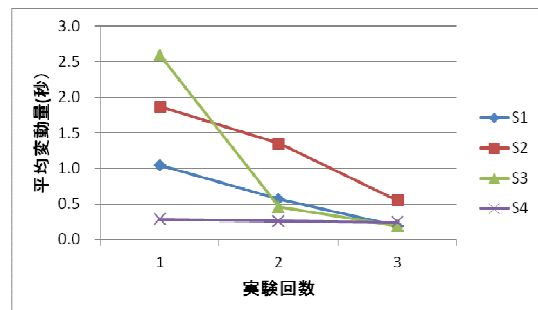
- ・最大変動量：歩行中のタッピング間隔の変動量のなかで最も大きな値。

これに加えて、単独歩行の評価指標として、所要時間率と不安感を取り上げた。所要時間率とは人間の標準的歩行速度（時速4kmとする）でコースを歩いた際の所要時間を100として実際の所要時間を換算した値である。

それぞれの実験参加者において各回の往路と復路の結果に大きな差はみられなかったため、図3には往路と復路の平均値で各指標の結果を示した。

歩行訓練の進行に伴うタッピングの評価指標の変化をみたところ、訓練生に低減傾向がみられた。特に、視覚の利用できない S2 と S3 に顕著であった。視覚の利用が可能な S1 にも若干の低減傾向がみられた。一方、訓練修了者 S4 には変化はほとんどみられなかった。所要時間率には訓練の進行に伴う低減はそれほどみられないが、不安感については訓練生において低減がみられた。一方、訓練修了者の不安感 は1回目から他の参加者より低く、変化なく推移した。

タッピングの成績から、訓練生において、歩行訓練の進行に伴い、余裕能力の増大が伺われ、心理的ストレスの評価への応用が示唆された。



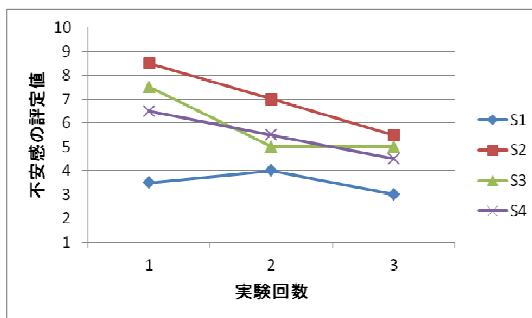
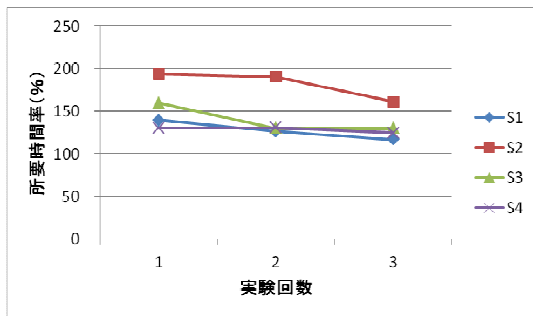
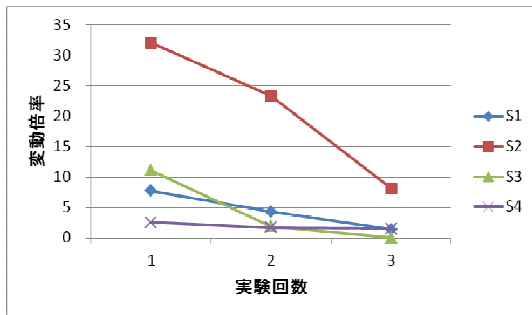


図 3 二次課題（タッピング）および一次課題（単独歩行）の評価指標

#### 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 1 件）

- ① 大倉元宏，天野博透，林 齊，中川幸士，田内雅規，視覚障害者用道路横断帯を構成する点状突起の高さと足による検知性，日本交通科学協議会誌，査読有，10 巻 1 号，2010（発行 2011 年 3 月）pp. 11-16.

〔学会発表〕（計 11 件）

- ① 大倉元宏，岡村友裕，箭田裕子，横断歩道の配置と視覚障害歩行者の方向定位，第 37 回感覚代行シンポジウム論文集，2011，pp. 73-75.
- ② 大倉元宏，中川幸士：歩行訓練に伴う余裕能力の変化，第 20 回視覚障害リハビリテーション研究発表大会抄録集，2011，p. 52.
- ③ 大倉元宏，岩崎弘明，西沢雄介，視覚遮

断歩行の繰り返しと二次課題法による余裕能力の測定，交通科学研究資料（第 47 回日本交通科学協議会総会・学術講演会），第 52 集，2011，pp. 73-75.

- ④ 田仲慶次郎，大倉元宏，池上敦子，点図ディスプレイに提示する文字の数と触認識，平成 23 年度日本経営工学会春季大会予稿集，2011，pp. 232-233.
- ⑤ 大倉元宏，天野陽介，小林裕介，村上琢磨，清水美知子，箭田裕子，交通信号のない横断歩道における視覚障害者の横断可否の判断，第 36 回感覚代行シンポジウム論文集，2010，pp. 71-74.
- ⑥ 清水美知子，村上琢磨，大倉元宏，ワークショップ，誰にでもあるオリエンテーションとモビリティ，第 11 回日本ロービジョン学会抄録集，2010，pp. 71-72.
- ⑦ 大倉元宏，天野陽介，小林裕介，村上琢磨，清水美知子，箭田裕子，横断場所の交通環境と視覚障害者による横断可否の判断，第 19 回視覚障害リハビリテーション研究発表大会抄録集，2010，p52.
- ⑧ 大倉元宏，天野博透，鄭艶，鈴木慶祐，井上崇也，栗原貴文，林齊，中川幸士，視覚障害者用道路横断帯の突起の高さと足裏による検知性，交通科学研究資料，第 51 集（第 46 回日本交通科学協議会総会・学術講演会），2010，pp. 91-93.
- ⑨ 天野博透，井上崇也，栗原貴文，大倉元宏，林 齊，中川幸士，視覚障害者用道路横断帯を構成する突起の高さと足裏での検知性，第 35 回感覚代行シンポジウム論文集，2009，pp. 59-62.
- ⑩ 天野博透，井上崇也，栗原貴文，大倉元宏，林齊，視覚障害者用道路横断帯を構成する突起の磨耗と足裏での検知性 — 視覚障害者を対象とした実験的検討 —，第 18 回視覚障害リハビリテーション研究発表大会抄録集，2009，p. 40.
- ⑪ 天野博透，井上崇也，栗原貴文，大倉元宏，林齊，視覚障害者用道路横断帯を構成する突起高と足裏での検知性 — アイマスクを装着した晴眼者による予備的検討 —，交通科学研究資料，第 50 集（第 45 回日本交通科学協議会総会・学術講演会），2009，pp. 119-122.

〔その他〕

ホームページ等

<http://cleo.ci.seikei.ac.jp>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

大倉 元宏 (OHKURA MOTOHIRO)

成蹊大学・理工学部・教授

研究者番号：30119341