

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 11 月 30 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03020

研究課題名（和文）国産スギ材の音響特性を利用したバリアフリー歩道の開発

研究課題名（英文）A Development of Wooden Barrier-Free Walkways Utilizing Acoustic Characteristics of Domestic Cedar Wood

研究代表者

樋口 明彦（Higuchi, Akihiko）

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：30315105

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、歩道に木材を用いることで、白杖による打音の違いにより視覚障がい者を安全な歩行空間へ誘導する木製バリアフリー歩道の開発を目的とする。本研究は、100名の視覚障がい者を対象に、木材とアスファルトの舗装材の白杖の打音の違いを屋内での官能評価実験により検証し、さらに42名の視覚障がい者を対象とした試験歩道を用いた屋外での実証実験を行った。この結果、木製舗装は車道への飛び出し防止機能や障害物等により誘導用ブロックから外れてしまった場合にアスファルト歩道よりも早く、わかりやすく誘導用ブロックへ復帰させるバッファとして機能を持つことが明らかになり、木製バリアフリー歩道の実現可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、屋外歩行空間のバリアフリー環境改善のため、白杖による打音の違いで視覚障がい者を誘導する木製バリアフリー歩道の開発を試みた。視覚障がい者を対象とした屋外での実証実験を行い、木製バリアフリー歩道に車道への飛び出し防止や障害物等により誘導用ブロックから外れてしまった場合にアスファルト歩道よりも早く誘導用ブロックへ復帰させるバッファとしての機能を持つことを明らかにし、木製バリアフリー歩道の有効性を示した。また、歩道舗装への木材の導入による車いす利用者や高齢者等の他の利用者に対しても歩きやすい歩行環境の創出や環境や景観への向上についても可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop a wooden barrier-free footpath that guides visually impaired people to a safe walking space by using a wood pavement for the sidewalk and the difference in tapping sound of blind cane on the sidewalk and roadway pavement. In this study, the sensory evaluation test conducted and verified the difference between the sound of wooden and asphalt pavement by blind cane for 100 visually impaired people. Moreover, it was an outdoor test using a test path for 42 visually impaired people. We conducted an experiment and revealed that it functions as a buffer that returns to the guiding block earlier than the asphalt sidewalk when it gets out of the guiding block due to the wooden barrier-free sidewalk preventing jumping out to the roadway and obstacles etc.

研究分野：景観デザイン

キーワード：バリアフリー 木材 視覚障がい者 白杖 打音 サイン 国産スギ

1. 研究開始当初の背景

本研究は、屋外歩行空間のバリアフリー環境改善のため、木材の白杖による打撃音に着目し、左右の面で異なる舗装材料を用い、白杖による打撃音の違いで全盲者・弱視者といった視覚障がい者を誘導する木製バリアフリー歩道の開発を試みる。

我が国では1960年代に誘導用ブロックが用いられて以来、多種多様な誘導用ブロックが製品化されてきた。2001年にはJIS規格化され標準化が図られた。しかし、誘導用ブロックは表面の突起が車いす利用者や足の悪い高齢者にとってバリアとなることが指摘されている^{※1}。また、誘導用ブロックの種類や敷設方法のばらつきによる識別困難な状況や経年劣化等により誘導用ブロックの機能を発揮できていないという課題もある。

こうした中、小林らは誘導用ブロックを用いた線による誘導ではなく、感触の異なる床仕上げ材により視覚障がい者を誘導する可能性に着目し、屋内空間において床仕上げ材の弾性や摩擦による差を足裏感覚や白杖感覚で認識させることで誘導可能であることを示している^{※2}。また、申請者らが2005年から参画してきた異なる2種類の舗装材を用いた視覚障がい者の誘導方法についての研究においても、白杖の打音による視覚障がい者の誘導の可能性が確認されている。本研究は、これらを屋外の歩道空間に拡張し、舗装材料の音響特性の違いに着目した木製バリアフリー歩道の開発を目指している。また、本研究のもう一つの特徴として、バリアフリーの視点から国産木材利用の可能性にアプローチする点にあるといえる。

※1 例えば、小宮：点字ブロックの有用性と問題点-視覚障がい者と車椅子使用者の立場から、障害理解研究 5、pp.37-42、2002。

※2 小林ほか：視覚障がい者誘導用ブロックが晴眼者の歩行に与える影響に関する研究、日本機械学会論文集 C 編、69 巻 681 号、pp.86-92、2009

2. 研究の目的

本研究では、視覚障がい者が白杖を用いた際の打音を用いた歩行方法について、材料特性による音の性状（定量的評価）および各人が捉える音のイメージ（官能評価）の両面から検証を行う。さらに試験舗装を用い視覚障がい者に対する歩行試験を行い、国産スギ材を用いた木製バリアフリー歩道の視覚障がい者に対する誘導性能を明らかにすることを目的とする。

視覚障がい者は歩行時、白杖を地面に滑らせたり（スライドテクニック）、白杖で叩いたりした（タッチテクニック）際の感触や音により周辺の状況を把握している。このため、最近では多くの視覚障がい者が、先端（石突）に球状のチップが取り付けられた白杖を用いている。ところがこれまで、こうした視覚障がい者の歩き方や白杖の使い方を考慮した屋外バリアフリー歩道に関する研究は建設分野においてはほぼ見受けられない。本研究は、こうした視覚障がい者の実情を踏まえ、新たなバリアフリー歩道の可能性を示すものである。

3. 研究の方法

(1) 研究の進め方

本研究は、国産スギのウッドデッキ舗装材を用いた木製バリアフリー歩道の視覚障がい者に対する誘導性能について、以下の5段階を経て検証した。

- ① 基礎的な材料試験により国産スギ材及びアスファルト、インターロッキング等の汎用舗装材の音響特性を比較し、分析した。さらに音響特性をもとに3タイプの木製舗装の構造を作成し、官能評価試験を実施して最もアスファルトやコンクリートなどの既存の車道舗装材と音の違う構造を検証。
- ② 視覚障がい者に対し、屋外での歩行状況、歩行訓練方法等について聞き取り調査、分析することで視覚障がい者の歩行時の音の認識方法、利用方法を整理、分析した。
- ③ 上記の分析をもとに準備した国産スギのウッドデッキ材と汎用舗装材の簡易的な試験舗装パネルを用い、視覚障がい者の方に対して官能試験を実施し、白杖による打音、歩行音により舗装材料の違いを認知できるか検証した。
- ④ ③の試験結果をもとに施工性等の実用を考慮したバリアフリー歩道の構造を検討。
- ⑤ ④の検討をもとに実物モデルの試験舗装を作成し、視覚障がい者の方に対し歩行試験を実施し、国産スギ材を用いた木製バリアフリー歩道の視覚障がい者誘導機能を検証した。

(2) 試験舗装を用いた木製バリアフリー歩道の実証実験

ここでは、主に④及び⑤の試験舗装を用いた実証実験について示す。

当初の研究計画では、誘導用ブロックを用いずに視覚障がい者を誘導できるか検証する想定であった。しかし、先行研究の整理、前節の②視覚障がい者の方へのヒアリング調査、③室内での官能評価試験の結果から構造を検討した結果、誘導用ブロックの持つ方向指示機能の代替方法についてはさらなる検証が必要であること、本研究の目的が木製バリアフリー歩道の実用性の検証であることから道路構造令及び道路の移動円滑化整備ガイドラインに基づいて誘導用ブロックのある歩道構造を採用した。

そのため、本実験では木製バリアフリー歩道の実歩道への適用を検討するため、①誘導用ブロックが見つからない場合に車道への飛び出しを防止し安全な歩行動線（誘導用ブロック）へ誘導できるか、②歩行者の歩きやすさや歩行の安心感の2つの観点から検証することとした。

実証実験で用いた試験舗装は、前節の①舗装材の音響特性を確認する材料試験、②日常的に白杖を使用する全盲者及び弱視の方を対象とした日常の歩行等に関するヒアリング調査、③室内での官能評価試験の結果に基づき検討し、作成した。九州大学伊都キャンパス内に設置した試験舗装を写真-1、試験舗装の構造図を図-1及び図-2に示す。

試験舗装は先に述べたように道路構造令及び道路の移動円滑化整備ガイドラインを基に、実際の道路構造に沿って設計し、幅員4m、延長約9mのアスファルトと木製舗装をそれぞれ敷設し、中心にJIS規格品の誘導用ブロックを設置した。幅員については、歩道の幅が広いほど誘導用ブロックから逸脱した際に復帰することが困難であると考え、ガイドラインに示される最大幅員において試験を行うことで、これより幅の狭い歩道においても有効性を確保することが出来ると考え4mを採用した。歩車道境界には縁石、側溝を設け、歩道側の段差をガイドラインで最も低い20mmとした(図-2)。また、視覚障がい者の中には側溝のふたを叩いて音を聞くことでまっすぐ歩く人や歩車道境界を確認する人が存在するため、試験歩道には実歩道を想定し、側溝を設けるものとした。



写真-1 試験歩道の実装状況 (九州大学伊都キャンパス構内)

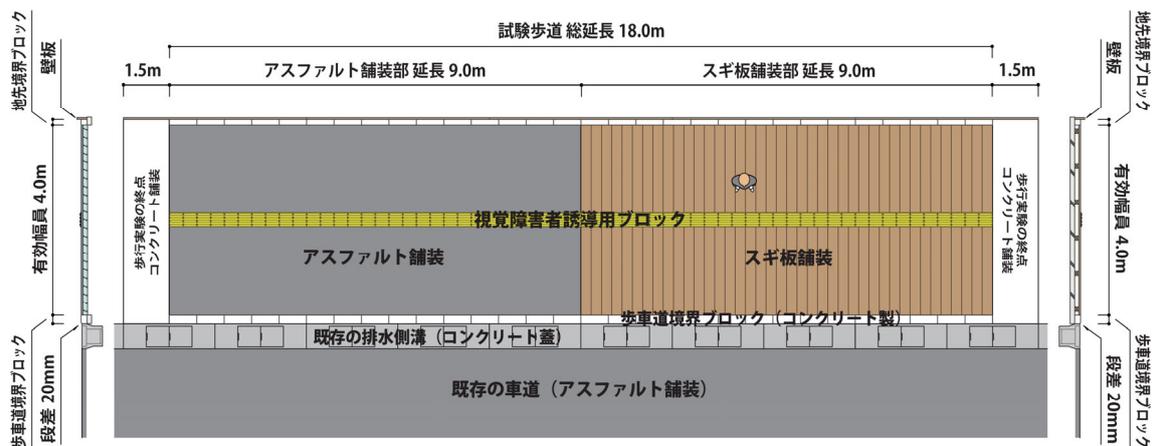


図-1 試験歩道の平面構成

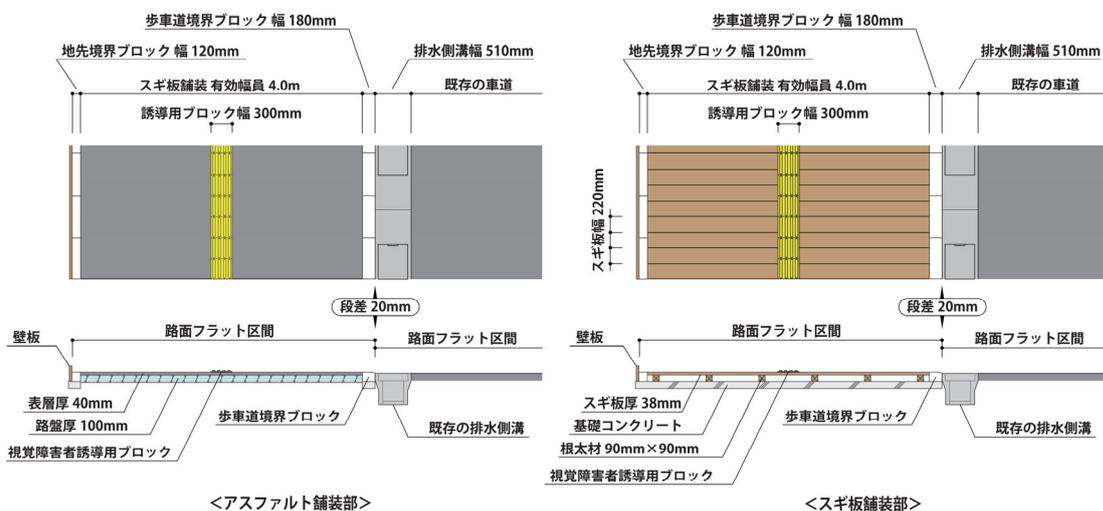


図-2 試験歩道の断面構成

木製舗装の構造は、前節①及び③の室内での官能評価試験の結果や水はけ、施工性、維持管理性を考慮し、90mmの根太を取り付けた構造とした。本実験では車両の乗り入れを考慮しない条件で根太間隔750mmの構造を採用した。本研究では、材料試験及び室内実験の結果、根太を取り付けることで残響時間が伸び、音の違いを判別しやすくなることを明らかにした。ただし、車両の乗り入れを考えると本実験で採用した根太間隔は強度や維持管理の面で更なる検証の必要がある。アスファルト舗装は福岡市の土木構造物標準図集を参考に構造を決定した。

(3) 歩行試験の進め方

歩行試験は本実験の目的である①障害物等により誘導用ブロックから逸脱した際の復帰しやすさ、②誘導用ブロックが見つからない場合の車道への飛び出しを防止し安全な歩行動線（誘導用ブロック）へ誘導できるか、の2点を検証するため、以下の手順で行った。

- ① 基本的事項についての聞き取り調査
- ② 試験者が被験者を介助して試験歩道を歩きながら試験歩道の構造の説明
- ③ 被験者単独で試験歩道を歩行、歩道構造の習熟（被験者が構造を確認する十分な時間、歩行練習をしてもらう）
- ④ 被験者を介助しながら試験歩道横の車道を歩き、被験者の位置感覚を無くす
- ⑤ 被験者を誘導用ブロックと歩車道境界の間のスタート地点（図-3のA及びB地点）に誘導し、さらにその場で被験者に回転してもらい方向感覚を無くした状態とする
- ⑥ スタート地点である歩道上に立っていることとゴールの場所のみを説明して、ゴールまで単独歩行してもらう
- ⑦ ④～⑥の手順でアスファルト側、木製舗装側からそれぞれ1回ずつ、計2回の歩行試験を行う
- ⑧ 表面を水で濡らし自由に歩いてもらう（滑りやすさの確認）
- ⑨ 試験終了後のヒアリング

歩行中の様子はそれぞれビデオで撮影し、試験者が平面図にルートを描き記録した。さらに、試験者が記録したルート図をもとに試験終了後のヒアリングを行った。

4. 研究成果

(1) 木製バリアフリー歩道の有効性の検証

本研究は、屋外に試験実装した木製舗装歩道およびアスファルト舗装歩道をフィールドに、視覚障がい者の白杖を使用した単独歩行による歩行試験を実施し、木製舗装歩道における視覚障がい者の車道飛び出し防止機能を検証した。検証は歩行行動の分析（客観評価）と被験者へのヒアリング（主観評価）の面から実施した。

本研究の成果として、木製バリアフリー歩道は舗装材料の音響特性の違いを用いて、車道への飛び出し防止や障害物等により誘導用ブロックから外れてしまった場合に速やかに誘導用ブロックへ復帰させるバッファとして機能し、視覚障がい者を安全な歩行空間へ誘導する機能があることが確認できた。

また、現在一般的に使用されているアスファルト、コンクリート、インターロッキングブロック等の舗装材の組み合わせにおいて

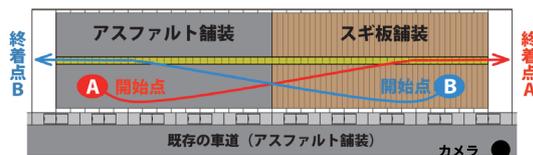


図-3 歩行試験の開始点と終着点

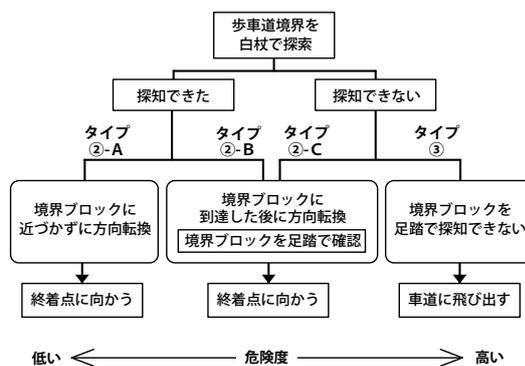


図-4 歩車道境界確認の流れ
(行動タイプ②・行動タイプ③)

表-1 歩車道境界確認行動の割合（行動タイプ②）

	アスファルト舗装部		スギ板舗装部	
タイプ②-A	7名	35%	19名	73%
タイプ②-B	11名	55%	6名	23%
タイプ②-C	2名	10%	1名	4%
計	(20名)	(100%)	(26名)	(100%)

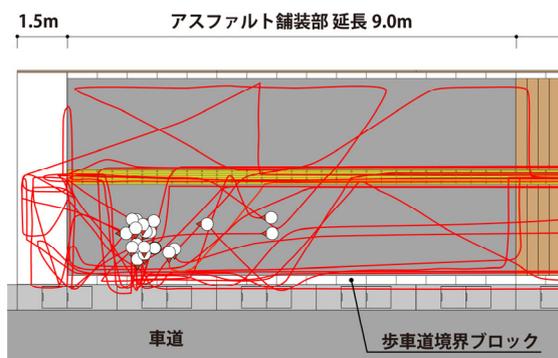


図-5 行動タイプ②の歩行動線
(アスファルト舗装部 20名)

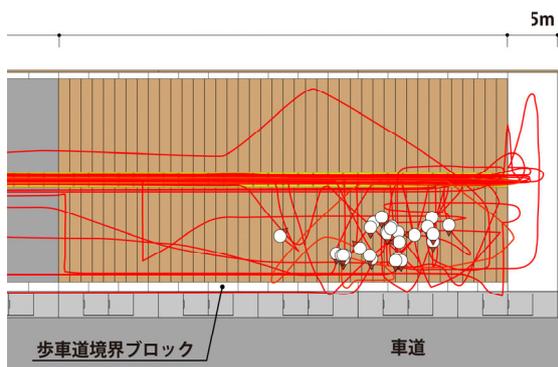


図-6 行動タイプ②の歩行動線
(スギ板舗装部 26名)

は、白杖で叩いた時や歩いた時の音の違いで歩車道の区別ができないこと、木製舗装では音の違いで歩車道境界の識別できる可能性が高いことも示された。以下に実験結果の詳細を示す。

① 車道への飛び出し防止

アスファルト舗装部を開始点とした歩行実験において、27名の被験者が歩車道境界に近づき、うち26%となる7名の被験者が車道に飛び出したが、一方、スギ板舗装部を開始点とした歩行実験においては、26名が歩車道境界に近づき、車道に飛び出した被験者は0名であったことから、スギ板舗装がアスファルト舗装と比較して視覚障害者の車道飛び出し防止に有効であることが分かった。

図-4に示すように、歩車道境界における被験者の行動を確認すると、歩車道境界を白杖で探索後、探知できた場合に、その時点で方向転換する行動と、そのまま歩車道境界に近づき境界ブロックの段差を足で踏んで方向転換する2パターンの行動が確認できた。図-5及び図-6に示す行動タイプ②の被験者の歩行動線をみると、スギ板舗装部においては前者が多く確認され、対してアスファルト舗装部においては後者が多く確認されたことから、スギ板舗装はアスファルト舗装と比較して視覚障害者が歩車道境界ブロックに近づく行動を低減でき、より安全な位置で方向転換できることが分かった。

表-1に示すように、歩車道境界に近づき、車道に飛び出さずに方向転換した被験者は、アスファルト舗装部では20名全員が歩車道境界ブロックの段差により境界を識別し、路面の音の違いにより境界を識別した被験者は0名であったが、スギ板舗装部では26名のうち17名が歩車道境界ブロックの段差で境界を識別し、35%となる9名の被験者が路面の音の違いにより境界を識別したことから、スギ板舗装はアスファルト舗装と比較して、視覚障害者が路面の音の違いで歩車道境界を識別できる可能性が高いことが分かった。

② 誘導用ブロックを見失った際の復帰しやすさ

歩行試験中の被験者の動きを撮影したビデオをもとに誘導用ブロックを認知するまでの時間を計測した結果、図-7に示すように、弱視者、全盲者ともにアスファルト舗装部を開始点とした場合に誘導用ブロックを認知するまでの時間に比べて、木製舗装部を開始点とした場合の誘導用ブロックを認知するまでの時間が短くなることがわかった。風の向きや太陽の方向から自分の立っている位置を確認した被験者7名を除くと、13名中10名の被験者が、木製舗装の方が誘導用ブロックまでの位置に到達するまでの時間が早くなっている。これは、自分の立っている位置や方向のわかりやすさにつながっていると考えられる。ヒアリングでも反響音を利用した位置確認という回答が得られている。このことから木製バリアフリー歩道は誘導用ブロックへの復帰を支援する機能を有すると考えられる。

③ 歩きやすさ及び歩行の安心感の向上

図-8に示すように、歩行試験終了後のヒアリングの結果、弱視、全盲の被験者ともにアスファルト舗装と比べて木製舗装の方が歩きやすさや安心感があると回答した人が多かった。3.③で実施した屋内実験では被験者から木製舗装の滑りやすさの懸念が示されていたが、屋外での実証実験において歩行試験後に路面の濡れた状態を作り、介助者とともに歩いてもらったところ、木製舗装材に表面加工をしていない状態であったが、路面が濡れた状態であっても23名中15名（19名は未試験）が滑らないと回答した。このように、木製バリアフリー歩道が一般的なアスファルト舗装の歩道に比べて歩きやすさや歩行の安心感の向上に寄与すると考えられる。

(2) 今後の展望

本研究の結果から、木材は屋外歩行空間における視覚障がい者のバリアフリーの改善に有効であることが確認できた。本実験の試験舗装では、低分子フェノール樹脂処理を施した防腐処理木材を使用した。所定の防腐機能を発揮した場合、耐用年数は約20～25年であり、一般的なアスファルトやコンクリート舗装と比べても実用可能な状況にある。初期コストについては石張舗装と同程度であり、景観対策等で用いられる質の高い歩道舗装として実装可能なコストである。また、木製舗装は部分補修が可能な構造であり、一斉交換の必要がなく維持管理コス

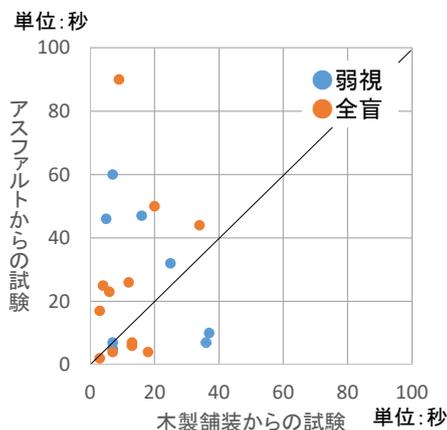


図-7 誘導用ブロックに到達するまでの時間比較 (被験者20名)

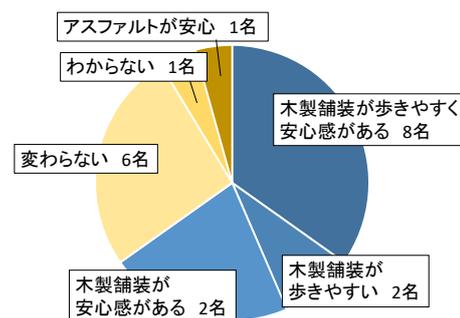


図-8 歩きやすさ及び歩行の安心感に関するヒアリング結果の比較 (被験者15名)

トの低減も期待できる。木製バリアフリー歩道の実装に向けては、自治体等での普及を考えると、歩道のバリアフリー機能の改善だけでなく、環境負荷低減等の多様な価値についての既構造との比較や実装例を増やしていくことが必要である。耐久性に関しては水が溜まりやすい根太部は入念な防腐対策が必要であるが、本研究成果をもとに腐食に強いプラスチック等を用いた複合構造を検討し、公園園路等で実装した。今後は自治体等への研究成果の普及や実装した木製歩道における多様な利用者による歩行実験等を通して、歩行性や耐久性、維持管理性等の検証を実施したいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- (1) Midori Enomoto, Akihiko Higuchi, Taishi Harada, and Keiko Nagamura: A Development of Wooden Barrier-Free Walkways to Distinguish the Differences in Sound Generated by Tapping a Blind Cane on the Pavement, International Conference of Asian-Pacific Planning Societies 2018, 2018.8 (査読有)
- (2) Midori Enomoto, Akihiko Higuchi, Yuta Sasaki, Taishi Harada, Keiko Nagamura, and Satoshi Hano: Feasibility Study on Wooden Barrier-Free Sidewalk for Blind People -Evaluation of Acoustic Contrast between Wood and Asphalt Pavement on the Test Path-, International Conference of Asian-Pacific Planning Societies 2019, 2019.8, (査読有)
- (3) 羽野 暁, 樋口明彦, 榎本碧, 原田大史, 佐々木裕大, 木製バリアフリー歩道における視覚障害者の歩行支援機能の検証-屋外試験歩道の2つの舗装における歩行行動の比較から-, 都市計画学会論文集, Vol. 54 No. 1, 2021.4 (査読有) (発行予定)

〔学会発表〕(計4件)

- (1) Midori Enomoto, Akihiko Higuchi, Taishi Harada, and Keiko Nagamura: A Development of Wooden Barrier-Free Walkways to Distinguish the Differences in Sound Generated by Tapping a Blind Cane on the Pavement, International Conference of Asian-Pacific Planning Societies 2018, 2018.8, ベトナム
- (2) 榎本碧, 樋口明彦, 原田大史, 永村景子, 荒巻祥大, 羽野暁: 木製バリアフリー歩道の開発に向けた白杖の打音に着目した舗装材の官能評価, 第14回景観・デザイン研究発表会, 2018.12, CD-R (査読無)
- (3) 樋口明彦, 佐々木裕大, 榎本碧, 原田大史, 荒巻祥大, 永村景子, 羽野暁: 白杖の打音を利用した木製バリアフリー歩道の視覚障害者に対する有効性の検証, 第59回土木計画学研究発表会, 2019.6, CD-R (査読無)
- (4) Midori Enomoto, Akihiko Higuchi, Yuta Sasaki, Taishi Harada, Keiko Nagamura, and Satoshi Hano: Feasibility Study on Wooden Barrier-Free Sidewalk for Blind People -Evaluation of Acoustic Contrast between Wood and Asphalt Pavement on the Test Path-, International Conference of Asian-Pacific Planning Societies 2019, 2019.8, 韓国

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等 (<http://kyudai-keikan.net/>)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 永村景子

ローマ字氏名: KEIKO NAGAMURA

所属研究機関名: 日本大学

部局名: 生産工学部

職名: 講師

研究者番号 (8桁): 50713260

(2) 研究分担者氏名: 榎本碧

ローマ字氏名: MIDORI ENOMOTO

所属研究機関名: 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所

部局名: 地域景観チーム

職名: 研究員

研究者番号 (8桁): 40713277