

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04634

研究課題名（和文）ハンドル型電動車椅子の乗り心地に基づく歩道路面の点検および診断システムの開発

研究課題名（英文）A Comprehensive Method of the Inspection and Diagnosis for Walkway Surfaces based on the Ride Quality of Electric Mobility Scooters

研究代表者

富山 和也 (Tomiyama, Kazuya)

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：70589580

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：近年、シニアカーに代表されるハンドル型電動車椅子が、高齢者や障がい者の移動負担を軽減するための歩行補助用具として注目されており、誰もが安心して利用できる歩行空間の形成には、ハンドル型電動車椅子に着目した新たな路面評価手法が必要である。本研究では、歩行空間における利用者動線の面的な広がりを考慮し、歩道においても運用可能な三次元計測システムを構築し、歩道路面における特異な路面状況をウェーブレット変換により合理的に点検する方法を開発した。また、目視や歩行では把握できない路面凹凸について、ハンドル型電動車椅子の振動特性に基づき診断することで、走行時の乗り心地に及ぼす影響を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後の超高齢化社会において、ハンドル型電動車椅子を含むパーソナルモビリティの利用が重要な役割を果たすことが想定される。本研究は、移動形態の多様な歩行空間において、点検および診断を一体化した路面評価の新機軸となるものである。特に、情報通信技術を活用したi-Constructionの推進に伴い三次元計測が普及する昨今、歩道利用者の移動経路を考慮し面的に路面の維持修繕範囲を明確にすることは、高齢者や障がい者を含む誰もが、少ない労力で安心して快適に移動するための社会基盤整備に貢献するものと期待できる。

研究成果の概要（英文）：Electric mobility scooters (EMSs) which are solely battery-operated personal small vehicles are becoming an increasingly common way for a walking aid. To ensure the accessibility of EMS users, pavement surface condition of pedestrian spaces is one of the important factors in terms of the traveling safety and comfort. This study has developed a reasonable inspection method of sidewalk surfaces based on the wavelet theory with developing a three-dimensional measuring system available in sidewalks taking pedestrian flow into consideration. In this study, the influence of pavement roughness on the ride quality of EMS has also been revealed by the diagnosis of surface properties based on the interaction with vehicle vibration characteristics even if it can be visually/sensory unidentified by pedestrians.

研究分野：舗装工学

キーワード：ハンドル型電動車椅子 パーソナルモビリティ 歩行空間 三次元計測 路面凹凸 乗り心地

1. 研究開始当初の背景

近年、シニアカーに代表されるハンドル型電動車椅子が、運転免許不要で移動の速度および距離に優れることから、高齢者や障がい者の歩行補助用具として注目されている¹⁾。また、シニアカーの自動運転技術の検討も進められており²⁾、今後、高齢者・障がい者の交通環境による移動の負担は軽減されていくことが予想される。一方、歩道を含む社会基盤は老朽化が急速に進行しており、ハンドル型電動車椅子との接点である路面凹凸由来の振動乗り心地は低下することが懸念される。しかし、路面の乗り心地評価に関する研究は、車道における乗用車や、路肩部での自転車、歩道での車椅子や歩行者を対象としたものが主である。そのため、誰もが安心して利用できる歩行空間の形成には、歩道に適した路面評価が極めて重要といえる。本研究では、ハンドル型電動車椅子の乗り心地に配慮した路面評価システムの開発を目指ものである。本研究の対象と範囲を図-1に示す。

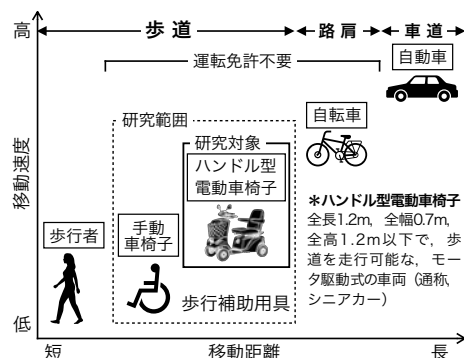


図-1 研究の対象と範囲

2. 研究の目的

これまで、利用者の乗り心地に基づく路面の評価は、車道や歩道にかかわらず、1測線のみの路面凹凸を点検し、国際ラフネス指数（IRI）という指標により診断が行われている。しかし、IRIは、乗用車のサスペンションシステムをモデル化し、80km/hで走行した際の振動特性に基づく指標であり、1測線のみの路面凹凸を評価対象としていることから、IRIを歩道路面へ適用する合理性は低い。そこで、本研究では、IRIでは困難な歩道路面の凹凸とハンドル型電動車椅子の乗り心地との関係をモデル化し、歩道路面の点検および診断を一体化した新たな路面評価システムを開発することを目的とする。具体的には、(a) 歩道路面の凹凸と乗り心地の実態把握、(b) 走行路面を考慮した振動モデルの構築、(c) 振動モデルに基づく乗り心地を考慮した路面評価指標の開発、(d) 歩道路面の点検および診断システムの開発と妥当性検証を行う。本研究課題の達成目標と意義は以下の通りである。

- (1) 点検の高度化：既存の路面点検は、路面上1測線の凹凸のみを対象としたものであった。今日、iConstructionの推進を背景に道路交通環境の三次元計測が普及しており、本研究において、新たに面的な計測に基づく評価手法を提案することは、歩道路面の維持修繕範囲を明確化につながるものである。
- (2) 診断の合理化：これまで歩道路面に適した乗り心地に基づく指標は存在しておらず、乗用車の振動に基づき開発されたIRIが用いられてきた。本研究において、ハンドル型電動車椅子の振動特性を明らかにすることで、合理的な歩道路面の診断が可能となる。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するため、以下の方法で課題に取り組んだ。

(1) 点検の合理化手法

① 路面凹凸の三次元計測

本研究では、面的に路面凹凸の状態を把握するため、既存機器のハンドル型電動車椅子およびTLS（地上型レーザーキャナー）とGNSS（全地球航法衛星システム）を組み合わせた、三次元点群計測システムを構築し検討を行った。図-2に構築した計測システムの外観を示す。本システムは、路面と水平状態で電動車いすにTLSおよびリアルタイムキネマティック方式による高精度GNSS測位用のローバーを搭載し、TLSの機械中心から左右0.25mの位置にGNSS受信アンテナが搭載されている。また、システム全体での寸法は、歩道走行可能なハンドル型電動車椅子の規格に収まっている。



図-2 三次元計測システムの外観

② 路面計測データの三次元解析

点群として三次元計測により得られたデータは、代表的な信号処理手法であるウェーブレット変換により解析を行う。特に本研究では、計算効率に優れた従来の離散ウェーブレット変換

(以下, DWT) のシフト不変とならない問題を近似的に解決した Dual-Tree 複素ウェーブレット変換 (以下, DTCWT) ³⁾ に着目し, 路面三次元点群データに基づく路面点検について検討を行った. DTCWT による信号処理は DWT と同様であるが, ウェーブレット関数およびスケーリング関数について複素数の概念を導入する. 即ち, 式(1)に示す複素ウェーブレット関数 $\psi_c(t)$ および式(2)に示す複素スケーリング関数 $\varphi_c(t)$ を新たに定義する.

$$\psi_c(t) = \psi_r(t) + i\psi_i(t) \quad (1)$$

$$\varphi_c(t) = \varphi_r(t) + i\varphi_i(t) \quad (2)$$

ここで, i は虚数単位であり, $\psi_r(t)$ および $\varphi_r(t)$ は実部偶関数, $\psi_i(t)$ および $\varphi_i(t)$ は虚部奇関数である. なお, DTCWT は, 多次元に拡張した場合, ウェーブレット関数とスケーリング関数の組み合わせにより, $\pm 15^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 75^\circ$ 方向に指向性を持った分解が可能である.

本研究では, 兵庫県明石市の協力を得て, 市内供用中の歩行区間において 図-2 に示すシステムで路面計測を行い, DTCWT による路面点検の検証試験を実施した.

(2) 診断の合理化手法

① ハンドル型電動車椅子走行試験

ハンドル型電動車椅子の走行試験は, 利用者の乗り心地と路面凹凸の関連性を解明するため, 北見工業大学構内道路および表層に土系材料を用いた舗装 (以下, 土系舗装) を有する試験ヤードにおいてを実施した. 評価対象路面は, 歩車道問わず用いられる一般的な密粒度アスファルト混合物を表層に用いた舗装 (以下, 密粒度舗装) およびインターロッキングブロックを表層に用いた舗装 (以下, IL ブロック) とし, 概要を表-1 に示す. 走行試験では, 路面凹凸に起因するハンドル型電動車椅子の振動特性を明らかにするため, 図-2 と同型車両のハンドル部およびばね下, ばね上, 足元付近, 座席下に振動加速度計測装置を取り付けた. なお, 試験時の走行速度は, 2 km/h, 4 km/h, 6 km/h とした.

表-1 走行試験路面の概要

密粒度舗装 A	密粒度舗装 B	IL ブロック A	IL ブロック B	IL ブロック C	IL ブロック D	土系舗装
						
一般的な密粒度舗装	一般的な密粒度舗装 (測線上にマンホールを含む)	異なる種類のブロックで構成される供用年数が長い舗装	供用年数長い IL ブロック舗装	供用年数短い IL ブロック舗装	供用年数は短い IL ブロック舗装が凍上による損傷を受けた IL ブロック舗装	表層に土系材料を用いた供用年数の短い舗装

② ハンドル型電動車椅子の振動特性把握と乗り心地評価

ハンドル型電動車椅子の振動特性は, 路面凹凸を入力データとし振動加速度を出力データとすることで, 制御理論に従い入出力間の関係を周波数解析により同定することで把握する. また, 乗り心地は, ハンドル型電動車椅子利用者が体感する振動レベルに着目し, ISO2631-1⁴⁾ に規定される全身振動評価方法に従い, 路面由来の振動に対する快適性を対象に評価を行った.

4. 研究成果

本研究では, 4 カ年計画でハンドル型電動車椅子の乗り心地を考慮した歩道路面の点検および診断システムの開発に取り組んだ. 以下に得られた成果を示す.

(1) DTCWT を用いた三次元データ解析に基づく路面点検の高度化

① 三次元計測の概要

路面点検に関する検証試験は, 兵庫県明石市において修繕対象となっている歩道を対象に実施した. 試験の様子を図-3 に示す. 計測で得られる三次元点群データの一例として, マンホールと視覚障害者誘導ブロックを含む路面の状況を 図-4 に示す. 図中, 点群の欠損がみられるのは, 交通規制用に設置した三角コーンのデータを除外したためである. ここで得られるデータは, GNSS の測位情報から算出された緯度, 経度, 標高と, 色空間に関する RGB の情報をもつ点の集合である.

図-4 では, DTCWT の指向性を活かしつつ, 従来の縦横断測線に沿った評価との整合を図るため, 事前処理として計測範囲が数学座標軸に直交するよう点群を回転



図-3 三次元計測の実施状況

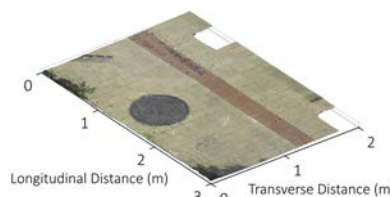


図-4 三次元点群データの一例

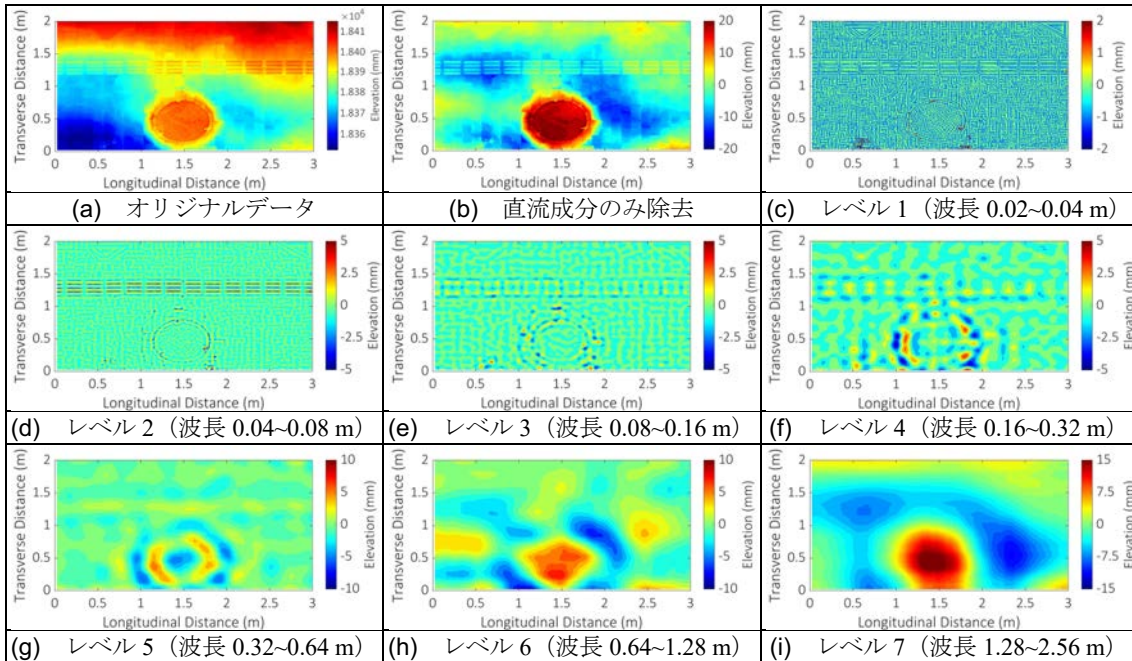


図-5 路上構造物を含む路面のDTCWTによる多重解像度解析結果

させている。また、TLSにより得られる点群は、一般に器械点からの距離に応じて密度が異なるため、所要のサンプリング間隔でグリッドボックスを作成し、ボックス内での平均化処理によりリサンプリングを行った。なお、本研究におけるサンプリング間隔は、予備的に行ったハンドル型電動椅子の走行試験結果⁵⁾をもとに、路面特性におけるメガテクスチャ以上の波長⁶⁾を考慮できるように0.01 mとした。

歩行空間では、利用者の動線が面的な広がりをもつことから、従来の線的な計測手法では路面に局在する損傷の検出が困難であり、三次元計測に基づく面的な路面管理の有効性ならびに必要性は高いものといえる。

② DTCWTによる三次元路面評価

DTCWTは、計測データをローパス近似成分とハイパス詳細成分へオクターブバンドで分割し、さらに、近似成分に対して解像度を1/2に下げつつ同様の処理を繰り返すことで、多重解像度解析による波長と位置情報の同時識別が可能である。しかし、図-4に示す色付き点群データでは、路面の状態が確認できるものの、高さに関する情報が把握しにくい。そこで、本研究データ、点群データのコンター図により可視化することで検討を行った。

図-4に示す点群データの全方向成分に対する多重解像度解析結果を図-5に示す。図-5(a)に示すオリジナルデータより、対象区間には道路構造設計上の横断勾配が設けられているため、スケールの小さな視覚障害者誘導ブロックについては、一部存在が不明瞭となっている。また、図-5(b)に示すように直流成分を除いた場合には、各構造物の存在は確認できるものの、路面全体の不陸により詳細な状態の把握が困難である。ここで、図-5(c)-(i)に示すDTCWTによる多重解像度解析結果をみると、各路上構造物およびそれらの境界周辺の状態は、分解レベル1~4に集中していることがわかる。一方、マンホール部の高さを含めた路面全体の不陸は、分解レベル5~7で確認することができる。

DTCWTによる多重解像度解析結果に基づき、路上構造物およびそれら周辺の変状成分である分解レベル1~4と、路面全体の不陸を示す分解レベル5~7の成分について、それぞれ合成し再構成した結果を図-6に示す。図-6(a)より、当該箇所では、視覚障害者誘導ブロックに損傷や歪みはないが、マンホール周辺部では舗装材に変状が生じていることが明らかである。また、図-6(b)からは、対象範囲全体に生じている路面の

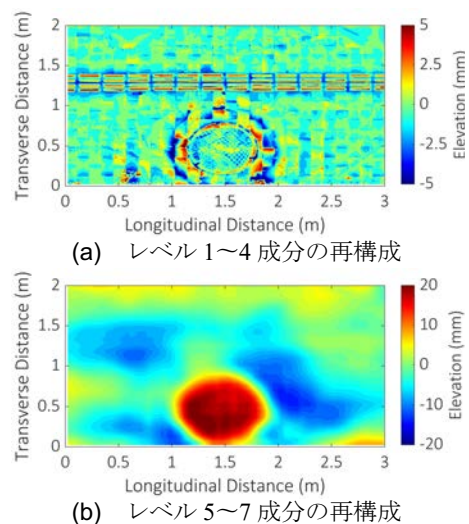


図-6 DTCWTによる路上構造物に関連した成分の再構成結果



図-7 現場におけるマンホールの状況

不陸を確認することができる。図-7は現場写真であるが、図より、ブロック1つ1つが変状しており、図-6(a)で得られた結果を裏付けるものとなっている。このように、対象となる分解レベルの成分のみを合成することで、路上構造物とその境界および周辺に生じている変状の状態と範囲を明確に把握することや、意図的に設置された構造物を除いた路面変状の可視化が可能であり、路面点検の高度化につながる結果を得た。

(2) ハンドル型電動自転車乗心地に着目した路面診断

① 路面凹凸に起因する振動特性

振動特性は、ハンドル型電動自転車椅子をシステムと考え、路面凹凸を入力とし得られた振動加速度を出力とすることで、周波数応答関数を用い評価を行った。図-8にハンドル型電動自転車椅子の周波数応答関数を示す。図より、電動車いす走行時の乗心地に関連する振動周波数として3Hzが卓越する結果となった。当該周波数は、走行速度2~6 km/hの場合、路面特性分類⁹⁾におけるメガテクスチャ相当波長の0.05~0.5 mに対応する。以上より、ハンドル型電動自転車椅子の振動乗心地を考慮すると、路面波長0.2~0.5 mに着目した評価が必要といえる。

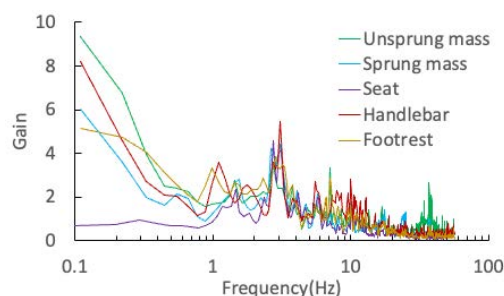


図-8 ハンドル型電動自転車椅子の周波数応答

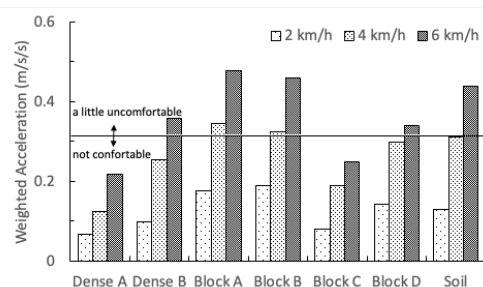


図-9 振動乗心地評価結果

② 振動乗心地に基づく路面評価

ISO2631-1では、得られた振動加速度に対し周波数重み付けをすることで、人の快適性や健康被害に対する影響を評価する方法が示されている。本研究では、走行試験で得られた上下振動加速度を対象に、ISO2631-1に示される快適性基準をもとに乗心地の評価を行った。図-9に周波数重み付けされた加速度値とISO2631-1に基づく乗心地評価結果を示す。

図-9における密粒度舗装で得られた結果から、速度が上昇するにつれて路上構造物の影響が大きくなることが確認できる。また、ILブロックでは、目地間隔の違いや損傷具合によって快適性が大きく異なる結果となった。また、土系舗装は、粗い路面テクスチャを有することから、振動加速度の増加につながったものといえる。なお、いずれの舗装においても、目視や歩行では路面ごとの快適性に差が出る状況を確認できなかった。一方、走行試験結果からは“a little uncomfortable”となる結果が得られ、路面凹凸の定量的評価の重要性が示された。本研究ではハンドル型電動自転車椅子を対象に検討を行ったが、今後、歩行空間での移動形態は多様化していくものと考えられ、本成果は各移動手段の特性に合わせた路面評価の一助になるものと考えられる。

<謝辞>

本研究を実施するにあたり、大林道路株式会社ならびに兵庫県明石市役所関係各位、また、幸谷有毅君はじめ北見工業大学交通工学研究室メンバーの多大なる協力を得た。ここに厚く御礼申し上げます。

<引用文献>

- 1) 吉田長裕：欧米における中速・低出力パーソナルモビリティ施策の動向，交通工学，Vol. 50, No.2, pp.28-31, 2015.
- 2) 岩田秀樹，松實良祐，林隆三，小竹元基：シニアカーの自動運転に向けた歩行者空間内における運動計画，日本機械学会 第26回交通・物流部門大会，2017.
- 3) Selesnick, I.W., Baraniuk, R.G., and Kingsbury, N.C.: The dual-tree complex wavelet transform, *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.22, Issue: 6, pp. 123-151, 2005.
- 4) International Organization for Standardization: *Mechanical Vibration and Shock Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration. Part 1: General requirements*, ISO2631-1, 1997.
- 5) Tomiyama, K. and Moriishi, K.: Pavement Surface Evaluation Interacting Vibration Characteristics of an Electric Mobility Scooter, *Lecture Notes in Civil Engineering*, Vol.76, pp. 893-900, 2020.
- 6) PIARC: Optimization of surface characteristics, *Technical committee report on surface characteristics*, pp.13-19, PIARC Xviii World Road Congress, 1987.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 KOTANI Yuki, TOMIYAMA Kazuya, SASAKI Kenichiro, NISHIGAI Hayato, YAMAGUCHI Yuki, MORIISHI Kazushi	4. 巻 78
2. 論文標題 VERIFICATION OF ROAD SURFACE EVALUATION ACCURACY BY 3D POINT CLOUD EQUIPMENT CONSIDERING VIBRATION RESPONSE OF PERSONAL MOBILITIES	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1 (Pavement Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_164 ~ I_170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpe.78.2_I_164	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 NISHIGAI Hayato, TOMIYAMA Kazuya, KOTANI Yuki, SASAKI Kenichiro, YAMAGUCHI Yuki, MORIISHI Kazushi	4. 巻 78
2. 論文標題 ROAD SURFACE EVALUATION BASED ON VIBRATION RESPONSE OF ELECTRIC STANDING SCOOTERS	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1 (Pavement Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_127 ~ I_134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpe.78.2_I_127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 TOMIYAMA Kazuya, KOTANI Yuki, SUZUKI Keisuke, YAMAGUCHI Yuki, MORIISHI Kazushi	4. 巻 78
2. 論文標題 EVALUATION OF ROAD SURFACE PROPERTIES ON PEDESTRIAN ZONES BASED ON THREE-DIMENSIONAL POINT CLOUDS APPLIED WITH DUAL-TREE COMPLEX WAVELET	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1 (Pavement Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_152 ~ I_163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpe.78.2_I_152	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tomiyama Kazuya, Yamaguchi Yuki, Moriishi Kazushi, Kotani Yuki	4. 巻 2
2. 論文標題 Development of a validation technique for road surface profile applicable to point cloud data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Road Engineering	6. 最初と最後の頁 114 ~ 123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jreng.2022.05.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yuki KOTANI, Kazuya TOMIYAMA, Hayato NISHIGAI, Kenichiro SASAKI, Yuki YAMAGUCHI, Kazushi MORIISHI	4. 巻 9
2. 論文標題 Characterization of Surface Roughness on the basis of Vibration Response Corresponding to the Ride Quality of Micromobilities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of SURF2022	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 TOMIYAMA Kazuya, YAMAGUCHI Yuki, MORIISHI Kazushi, KOTANI Yuki	4. 巻 77
2. 論文標題 IMPROVEMENT IN ANALYSIS EFFICIENCY AND RATIONALITY OF THREE DIMENSIONAL ROAD SURFACE POINT CLOUDS WITH DUAL-TREE COMPLEX WAVELET TRANSFORM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1 (Pavement Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_119~I_127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpe.77.2_I_119	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 YAMAGUCHI Yuki, MORIISHI Kazushi, TOMIYAMA Kazuya, KOTANI Yuki	4. 巻 77
2. 論文標題 EFFICIENCY IMPROVEMENT OF PAVEMENT CONSTRUCTION QUALITY CONTROL WITH TERRESTRIAL LASER SCANNER CONSIDERING DENSITY OF MEASURED POINT CLOUDS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1 (Pavement Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_129~I_136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpe.77.2_I_129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 富山和也, 山口雄希, 森石一志, 幸谷宥毅	4. 巻 34
2. 論文標題 三次元点群データのDual-tree複素数ウェーブレット変換による変状の指向性を考慮した路面解析について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本道路会議論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山口雄希, 富山和也, 森石一志, 幸谷宥毅	4. 巻 34
2. 論文標題 舗装路面計測を対象とした地上型レーザースキャナーの効率的な運用について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本道路会議論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 幸谷宥毅, 富山和也, 山口雄希, 森石一志	4. 巻 34
2. 論文標題 三次元計測機器を活用した路面プロファイル計測について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本道路会議論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 富山和也, 佐々木賢一郎, 幸谷宥毅, 山口雄希, 森石一志, 西海隼人	4. 巻 57
2. 論文標題 路面プロファイルを対象とした三次元計測機器の計測特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 舗装	6. 最初と最後の頁 27-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuya Tomiyama, Yuki Yamaguchi, Kazushi Moriishi, Yuki Kotani, Tomoya Itagagi	4. 巻 12
2. 論文標題 Wavelet Coherence-based Validation of Point Cloud Data for Pavement Profile Analysis Application	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 12th International Committee on Pavement Technology (ICPT2021)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toniyaama Kazuya、Moriishi Kazushi	4. 巻 76
2. 論文標題 Pavement Surface Evaluation Interacting Vibration Characteristics of an Electric Mobility Scooter	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Civil Engineering	6. 最初と最後の頁 893 ~ 900
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-48679-2_83	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 MORIISHI Kazushi、TOMIYAMA Kazuya、NISHIKAWA Keiichi、YAMAGUCHI Yuki	4. 巻 76
2. 論文標題 IMPROVEMENT OF OPERATIONAL EFFICIENCY ON ROAD SURFACE CONTROL USING 3-D MEASUREMENT DEVICES	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E1 (Pavement Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_169 ~ I_177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpe.76.2_I_169	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森石 一志、富山 和也、西川 啓一、山口 雄希	4. 巻 Vol.55, No.10
2. 論文標題 ICT舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 舗装	6. 最初と最後の頁 22 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 富山 和也	4. 巻 Vol.56, No.3
2. 論文標題 舗装考 生理心理と路面評	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 舗装	6. 最初と最後の頁 1 ~ 2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 幸谷 宥毅, 富山 和也, 山口 雄希, 森石 一志, 板垣 智哉	4. 巻 77
2. 論文標題 パーソナルモビリティを活用した三次元点群計測の効率化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森石一志, 富山 和也	4. 巻 75
2. 論文標題 ICT 舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集E1 (舗装工学)	6. 最初と最後の頁 pp. I_77~I_85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejpe.75.2_1_77	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Kazuya Tomiyama, Yuki Yamaguchi, Kazushi Moriishi, and Yuki Kotani
2. 発表標題 Application of Wavelet Transform to Three-dimensional Pavement Surface Analysis
3. 学会等名 PDRG Meeting JRPUG2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenichiro SASAKI, Yuki KOTANI, Kazuya TOMIYAMA, Yuki YAMAGUCHI, and Kazushi MORIISHI
2. 発表標題 Measurement Characteristics of Road Surface Profiles Based on Point Clouds Acquired with ICT Devices
3. 学会等名 PDRG Meeting JRPUG2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西海 隼人, 富山 和也, 幸谷 宥毅, 佐々木 賢一郎, 森石 一志, 山口 雄希
2. 発表標題 電動キックボードの振動応答に基づく移動性評価の検討
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木 賢一郎, 富山 和也, 森石 一志, 山口 雄希, 幸谷 宥毅, 西海 隼人
2. 発表標題 歩行空間における下腿部表面筋電図を用いた路面評価
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki KOTANI1, Kazuya TOMIYAMA, Hayato NISHIGAI, Kenichiro SASAKI, Yuki YAMAGUCHI, and Kazushi MORIISHI
2. 発表標題 Characterization of Surface Roughness on the basis of Vibration Response Corresponding to the Ride Quality of Micromobilities
3. 学会等名 PIARC (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 幸谷 宥毅, 富山 和也, 森石 一志, 山口 雄希, 佐々木 賢一郎, 西海 隼人
2. 発表標題 電動車いすの乗り心地に関連した振動特性の検証
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富山 和也, 森石 一志, 山口 雄希, 幸谷 宥毅
2. 発表標題 ウェブレット変換による 歩行空間路面の三次元点群データ解析
3. 学会等名 土木学会舗装工学委員会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西海 隼人, 富山 和也, 幸谷 宥毅, 佐々木 賢一郎, 山口 雄希, 森石 一志
2. 発表標題 電動キックボードの振動応答に基づく路面評価に関する検討
3. 学会等名 土木学会舗装工学委員会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 幸谷 宥毅, 富山 和也, 森石 一志, 山口 雄希
2. 発表標題 三次元点群データとパーソナルモビリティの振動応答を組み合わせた路面評価手法の検討
3. 学会等名 土木学会舗装工学委員会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森石 一志, 山口 雄希, 富山 和也
2. 発表標題 三次元計測に基づく歩道の維持管理を対象とした段差および勾配の評価方法
3. 学会等名 土木学会舗装工学委員会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 幸谷宥毅, 富山和也, 山口雄希, 森石一志
2. 発表標題 ハンドル型電動車いすを用いた三次元路面計測手法の開発
3. 学会等名 土木学会建設マネジメント委員会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenichiro Sasaki, Yuki Kotani, Kazuya Tomiyama, Yuki Yamaguchi, and Kazushi Moriishi
2. 発表標題 Measurement Characteristics of Road Surface Profiles Based on Point Clouds Acquired with ICT Devices
3. 学会等名 PDRG Meeting JRPUG2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuya Tomiyama, Yuki Yamaguchi, Kazushi Moriishi, and Yuki Kotani
2. 発表標題 Application of Wavelet Transform to Three-dimensional Pavement Surface Analysis
3. 学会等名 PDRG Meeting JRPUG2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木賢一郎, 板垣智哉, 幸谷宥毅, 富山和也, 山口 雄希, 森石一志
2. 発表標題 三次元計測機器で得られた点群データに基づく路面プロファイルの計測特性について
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口雄希, 富山和也, 森石一志, 幸谷宥毅
2. 発表標題 高精度GNSS測位データを使用した地上型レーザースキャナーによる取得データの検証
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口雄希, 富山和也, 幸谷宥毅, 森石一志
2. 発表標題 高精度GNSSを用いた地上型レーザースキャナーによる計測の効率化と路面評価
3. 学会等名 土木学会 i-Construction の推進に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 幸谷宥毅, 富山和也, 山口雄希, 森石一志, 板垣智哉
2. 発表標題 歩行空間で運用可能なパーソナルモビリティを活用した三次元点群計測システムの開発
3. 学会等名 土木学会関西支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森石一志, 板垣智哉, 富山和也, 幸谷宥毅, 山口雄希
2. 発表標題 効率化した三次元計測装置による路面プロファイルの計測特性評価
3. 学会等名 土木学会関西支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富山和也, 山口雄希, 森石一志, 幸谷宥毅, 板垣智哉
2. 発表標題 ウェーブレット一致度による位置情報を考慮した路面プロファイル計測精度の検証方法
3. 学会等名 土木学会関西支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuya Tomiyama, Yuki Yamaguchi, Kazushi Moriishi, Yuki Kotani, Tomoya Itagagi
2. 発表標題 Wavelet Coherence-based Validation of Point Cloud Data for Pavement Profile Analysis Application
3. 学会等名 The International Committee on Pavement Technology (ICPT) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuya Tomiyama, Kazushi Moriishi
2. 発表標題 Pavement Surface Evaluation Interacting Vibration Characteristics of an Electric Mobility Scooter
3. 学会等名 9th International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements (Mairepav9) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 正憲, 山口 雄希, 森石 一志, 富山 和也, 西川 啓一
2. 発表標題 高性能GNSSを活用したTLS計測の効率化
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋優太, 富山和也
2. 発表標題 局部変状を考慮した国際ラフネス指数による路面評価
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森石 一志, 富山 和也
2. 発表標題 高精度位置情報を付与した三次元データによる舗 装管理の高度化
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富山 和也, 森石 一志, 山口 雄希, 西川 啓一
2. 発表標題 ウェーブレットコヒーレンスによる三次元計測で 得られるプロファイルデータ解析
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuya Tomiyama and Kazushi Moriishi
2. 発表標題 Evaluation of Surface Characteristics on Sidewalk Pavements for Ride Quality of an Electric Mobility Scooter
3. 学会等名 Transportation Research Board (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuya Tomiyama and Kazushi Moriishi
2. 発表標題 Evaluation of Pavement Surface Texture based on the Vibration Response of Electric Mobility Scooter
3. 学会等名 First iSMART International Symposium on Pavement Service Functional Design and Management (PFDM) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富山和也, 森石一志
2. 発表標題 ハンドル型電動車いすの振動応答に基づく路面評価手法の検討
3. 学会等名 土木学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuya Tomiyama and Kazushi Moriishi
2. 発表標題 Pavement Surface Evaluation Interacting Vibration Characteristics of an Electric Mobility Scooter
3. 学会等名 9th International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements (MAIREPAV9) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 三次元計測システム	発明者 森石一志, 山口雄 希, 西川啓一, 富山 和也	権利者 大林道路, iシス テムリサーチ, 北 海道国立大学機
産業財産権の種類、番号 特許、7219201	取得年 2023年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

北見工業大学 交通工学研究室 (富山研究室)
<https://sites.google.com/site/kittomiyama/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------