

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11890

研究課題名（和文）センサーデータと深層学習を活用した車いす観光のための最適経路導出

研究課題名（英文）Optimum route derivation for the wheelchair sightseeing utilizing sensor data and deep learning

研究代表者

大橋 智志（Ohashi, Satoshi）

長岡技術科学大学・工学研究科・准教授

研究者番号：40509923

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、初めにアスファルトとインターロッキングブロック舗装を車いすが走行した際に生じる振動データを収集・解析し、双方が判別可能なことを明らかにした。次にフラット路面走行時における搭乗者の筋電図を解析し、自走時の筋負荷の基準を算出した。最後に小樽市内観光経路2.4kmにて実証実験を実施した。RTK測位ではみちびき対応GPSよりも約1.4倍の精度向上を確認し、歩車道境界ブロック侵入時の振動特性は2倍となった。振動データの解析結果では、観光名所となる小樽運河沿いの石畳、市街地のアスファルト、インターロッキングブロック舗装においてパワースペクトルパターンから路面判別が可能なことを結論づけた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、超高齢化社会を見据えたICT活用による支援技術、高齢者や障がい者を含めたすべての旅行者が「旅の喜び」を実感できるような社会を築くことを目指す日本の観光ビジョンにも合致し、有益な効果をもたらすものである。国内におけるユニバーサルデザインを考慮したインフラ整備が必要な一方で、観光地では歴史的建造物や景観地区保全のため、改修や再整備を進められない部分もある。本研究の実証実験では、車いす観光のための基礎データ収集とその評価より、高齢者、障がい者を含めた新たな旅行需要の創出、我が国の地方観光産業においても波及効果が非常に大きい先進的かつ独創的な取り組みといえる。

研究成果の概要（英文）：In this study, three experiments were conducted. First, vibration data generated when a wheelchair running on asphalt and interlocking block pavement were collected and analyzed, and it was found that both were discriminable. Next, we analyzed the electromyograms of the passenger's muscles while running on a flat surface, and calculated the criteria for muscle load during self-propulsion. Finally, we conducted a demonstration experiment along a 2.4 km sightseeing route in Otaru City. The Real-time kinematic positioning (RTK) results showed that the accuracy was about 1.4 times higher than that of the Global navigation satellite system (GNSS) with the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). Vibration characteristics were twice as large as when the vehicle encroached on the boundary block between the pedestrian and vehicle paths. Vibration data of cobblestones, asphalt, and interlocking blocks along the Otaru Canal allowed us to identify the road surface.

研究分野：福祉工学・スポーツ工学

キーワード：車いす バリアフリー 舗装路面 振動特性 位置情報 最適経路 身体的負荷 筋電図

1. 研究開始当初の背景

平成 29 年 5 月に観光庁から発表された「観光ビジョン実現プログラム 2017」では、2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会開催時までには訪日外国人旅行者数 4,000 万人、訪日外国人旅行消費額 8 兆円、地方部での外国人延べ宿泊者数 7,000 万人を目標として、公的施設やインフラの公開・開放、宿泊産業における情報通信技術 (Information and Communication Technology(以降、ICT と略す)) の活用や宿泊施設連携と生産性向上支援策を含めた多くの取り組みが示された。また、平成 27 年 2 月に策定された「東京 2020 大会開催基本計画」では、パラリンピック大会の成功が極めて重要な要素であると位置付けられている。そのため、大会後の超高齢化社会を見据えた競技施設・公共施設・公共交通等のバリアフリー化が必須となり、日本政府は世界に先駆けたユニバーサルデザイン先進都市の実現として ICT を活用した情報提供の普及を推進している。研究開始当初は、訪日外国人旅行者数の急増と平成 28 年 4 月から施行された障害者差別解消法を背景に、車いす等の移動支援機器を利用した国内観光地への来訪も今まで以上に増加することが予想され、高齢者、障がい者等の歩行困難な人々に対する移動支援サービスの検討・整備も急務となることが予想された。地方に目を向けると、自治体や観光協会等の Web サイトに掲載されているバリアフリーマップの多くは「車いすトイレの設置場所」、「車いす館内通行可能場所」、「身障者駐車場」などの施設設備の位置情報を地図上に掲載しているものであり、車いす利用者が出発地点から目的地まで向かう際、もっとも身体的な負担が少ない観光経路(疲れにくい経路)が掲載されることはなく、現地に到着してからはじめて気づく問題も数多くある。この問題を解決するサービスを実現するためには、車いすによる自走が可能または不可能か、走行可能な経路、歩車道境界の段差や勾配、歩道の舗装状況といった数多くの情報が必要となる。これらのデータを収集するには、測定の実施や人海戦術を中心とした手作業の計測が必要となるが、人件費、整備費用が高コスト化すること、データの収集・更新に時間と労力がかかるといった課題を抱えている。そのため、センサによる自動計測技術を導入することは、データ収集の課題解決にもつながり、具体的な支援情報の提供が可能となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、観光地を訪れる車いす利用者が安全かつ安心して観光できるための情報収集とその分析、観光地のバリアフリー整備の支援技術を確立することである。本研究では、その前段階となる 3 つの課題に取り組む。

- (1) 異なる舗装路面を走行した際に車いすが受ける振動からの舗装路面判別
- (2) 車いす自走時における搭乗者への筋負荷の基準値算出
- (3) 小樽市内観光経路における実証実験から、RTK-GNSS 高精度測位の評価および観光経路路面の判別と最適経路導出

3. 研究の方法

(1) 異なる舗装路面を走行した際に車いすが受ける振動からの舗装路面判別

舗装路面の判別は、車いす下部のフレーム中央に加速度センサを搭載した試作マイコンボードを取り付けてデータ収集を行う。なお、実験では Fig.1 に示す 5 種類の舗装路面 10 m を毎秒 1 m の速度で走行した際の振動データを各 10 回分記録する。収集した振動データは周波数解析し、各路面のスペクトルパターンを評価することにより路面状況の違いを判別する。



Fig.1 5 種類の舗装路面

(2) 車いす自走時における搭乗者への筋負荷の基準値算出

車いすを自走する際、路面状況の違いによってハンドリムを操作するための駆動筋への負荷も変化する。実験では、駆動筋への負荷が小さい木製フロアの平坦路において、両腕駆動時を基準値とする筋電図データを収集する。測定した筋電図データに対して積分筋電図を算出し、駆

動筋の筋活動量の変化を駆動回数の推移から明らかにする。測定箇所は、ハンドリム操作における代表的な駆動筋である大胸筋、三角筋、上腕三頭筋、広背筋、深指屈筋とし (Fig.2(a)), 被験者は健康成人男性 7 名とした。測定方法は、停止状態から毎秒 1 駆動で直進走行し、計 8 駆動分繰り返す。測定システムの構成は Fig.2(b) に示す。

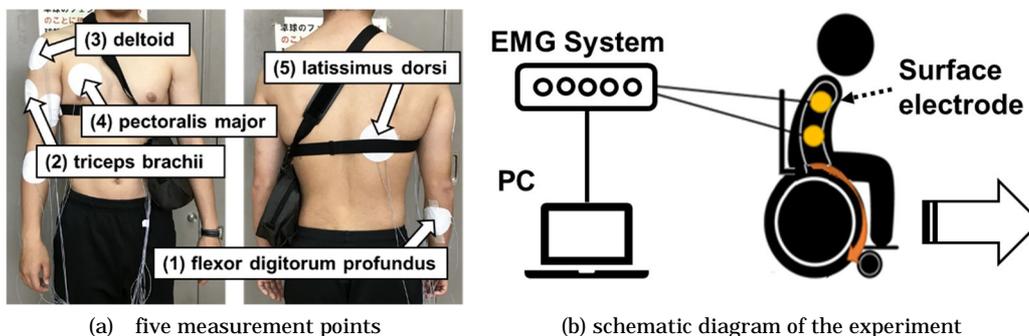


Fig.2 測定箇所と測定システム

(3) 小樽市内観光経路における実証実験から、RTK-GNSS 高精度測位の評価および観光経路路面の判別と最適経路導出

小樽市内観光経路における実証実験での位置情報計測では、Panasonic 株式会社より法人向けに販売されている 1 周波 RTK-GNSS (Real Time Kinematic-Global Positioning System) を有する高精度測位システムを使用する。車いす利用者による北海道小樽市での観光を想定した。その経路は小樽市の公式ウェブサイトを示された観光経路 2.4km (Fig.3) とし、市街地での位置情報の計測と誤差を評価する。また、観光経路走行時の振動データ収集では、毎秒 1m の速度で経路を 3 回周回する。振動データの解析では、歩車道境界ブロック侵入時の振動特性を評価し、観光名所となる小樽運河沿いの石畳、小樽市街地のアスファルト舗装およびインターロッキングブロック舗装の振動データを周波数解析したパワースペクトルパターンから路面判別が可能かを評価する。



Fig.3 実証実験の走行経路 (小樽市公式ウェブサイトより)

4. 研究成果

(1) 異なる舗装路面を走行した際に車いすが受ける振動からの舗装路面判別

5 種類の舗装路面を車いすで走行した振動計測実験より、加速度センサの測定データに対する周波数解析の結果の一例を Fig.4 に示す。(a) のアスファルト舗装では、15~35 [Hz] の帯域でスペクトルの変化量が小さい結果であったが、(b) のインターロッキングブロック舗装では、15~45 [Hz] でスペクトルの変化量が大きい結果となった。また、インターロッキングブロックのサイズと配置パターンの違いにより、周波数解析による振動特性に差が生じていたことから、舗装路面の違いを判別する指標となることを示唆する結果となった。以上より、アスファルト舗装とインターロッキングブロック舗装を車いすが走行した際に生じる振動データを収集・解析し、双方が判別可能なことを明らかにした。

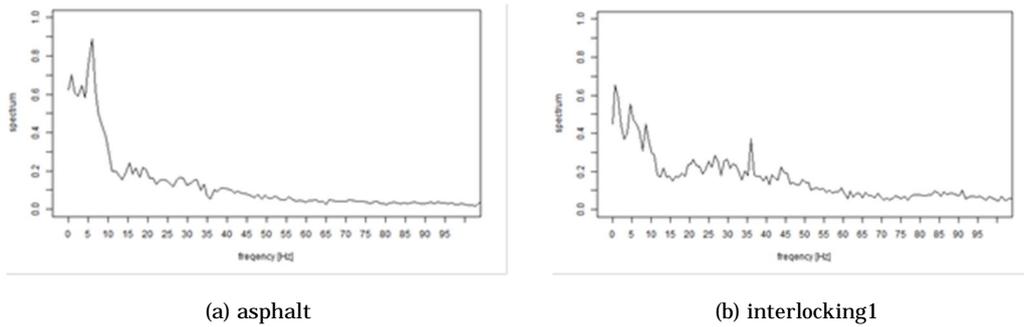


Fig.4 周波数解析によるパワースペクトルパターン（一例）

(2) 車いす自走時における搭乗者への筋負荷の基準値算出

ハンドリム操作における代表的な駆動筋である大胸筋，三角筋，上腕三頭筋，広背筋，深指屈筋に対し，木製フロアの平坦路走行時における筋電位図を測定した．測定で得られた筋電図データについては，各筋について積分筋電図を算出し，筋負荷の基準値を算出した．Fig.5 に示すグラフは，ハンドリム操作時の積分筋電図による筋活動量の変化を 8 駆動分まとめたものである．凡例に示す FDP は深指屈筋，TB は上腕三頭筋，D は三角筋，PM は大胸筋，LD は広背筋の積分筋電図を駆動毎に示した結果である．これらの筋肉は，車いすの推進に重要な役割を果たす主動筋となる．停止状態からの初期駆動では，深指屈筋，大胸筋が顕著な活動を示し，駆動回数が増加するにつれてゆるやかに減少する傾向となった．三角筋は 2 回目の駆動から高い筋活動を維持した．最も推進力（プッシュ動作）に必要となる上腕三頭筋は常に高い筋活動となるが，広背筋は低調な結果となった．以上より，屋外の観光経路を自走する場合，この基準値以上の負荷がかかることを示唆する結果となった．

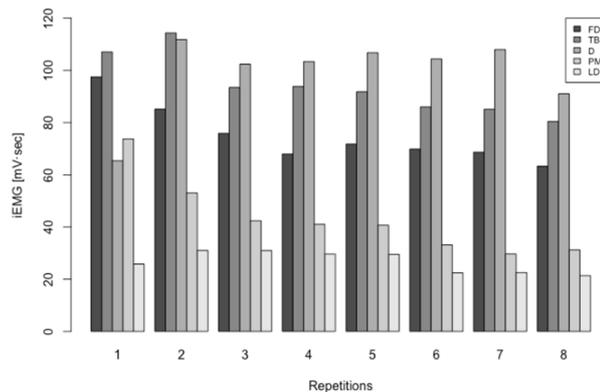


Fig.5 ハンドリム操作時の積分筋電図による筋活動量の変化

(3) 小樽市内観光経路における実証実験から，RTK-GNSS 高精度測位の評価および観光経路路面の判別と最適経路導出

Fig.3 に示す小樽市内観光経路 2.4km にて実証実験を実施した RTK 測位では平均誤差が 3.55m となり，みちびき対応 GPS よりも約 1.4 倍の精度向上を確認した．なお，障害物や遮蔽物による影響によって測位可能な衛星数が低下することから，走行経路の位置によって誤差が大きくなるケースも確認できた．建物沿いの歩道では，上記の影響によって誤差が 5-15m の範囲で大きくなる場合も確認したが，小樽運河沿いでは遮蔽物等もないひらけた経路のため，その誤差は 0-3m に低下したことから，RTK 測位の有効性を明らかにする結果であった．また，歩道を走行する際には，必ず車道への一時的な侵入が生じ，歩車道境界ブロックを通過することになる．その時の振動は全ての結果で 2 倍以上となった．これは車いすのキャストが受ける振動が影響していることを示唆している．観光経路走行中の振動データの解析結果では，Fig.6 に示した観光名所となる小樽運河沿いの石畳，市街地のアスファルト，インターロッキングブロック舗装において，そのパワースペクトルパターンから路面判別が可能なることを結論づけた．

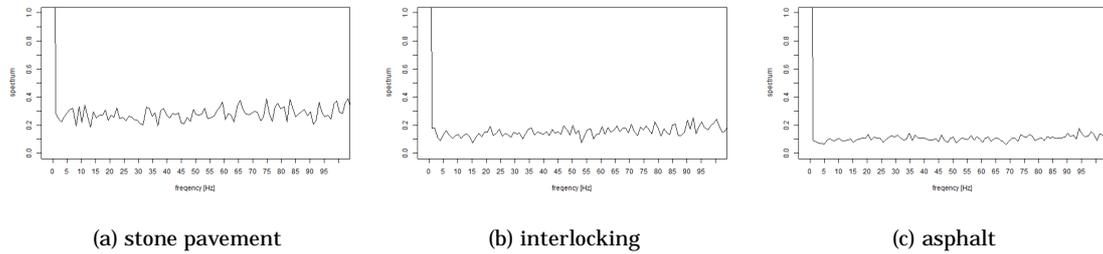


Fig.6 振動データのパワースペクトル

(4) まとめ

本研究成果は、超高齢化社会を見据えた ICT 活用による支援技術、高齢者や障がい者を含めたすべての旅行者が「旅の喜び」を実感できるような社会を築くことを目指す日本の観光ビジョンにも合致し、有益な効果をもたらすものである。国内におけるユニバーサルデザインを考慮したインフラ整備が必要な一方で、観光地では歴史的建造物や景観地区保全のため、改修や再整備を進められない部分もある。そこで我々は、観光地の経路とその路面状況に着目し、車いす観光を安心・安全に楽しめるようセンサ技術とそのデータ分析から解決へ導く方法について議論できる成果を得られたと考える。

研究期間では、2020 年 3 月以降から再度、実証実験を追加実施したデータ収集を行う予定であったが、現在も続く新型コロナウイルス感染拡大の影響により中止せざるを得ない状況であったため、研究計画の変更を余儀なくされた。しかしながら、本研究の実証実験では、車いす観光のための基礎データ収集とその評価より、高齢者、障がい者を含めた新たな旅行需要の創出、我が国の地方観光産業においても波及効果が大きい先進的かつ独創的な取り組みといえる。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Satoshi Ohashi, Mio Aochi, Akira Shionoya	4. 巻 22
2. 論文標題 Distinguishing Road Surface Conditions for Wheelchair Users	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACIT 2019: Proceedings of the 7th ACIS International Conference on Applied Computing and Information Technology	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3325291.3325377	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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 越田凌平, 大橋智志
2. 発表標題 車いすを対象とした屋外走行における高精度位置情報の計測
3. 学会等名 JapanATフォーラム2020 in Kumamoto
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masayuki Kumagai, Satoshi Ohashi, Akira Shionoya
2. 発表標題 Evaluation of muscle potential in upper limb muscles during wheelchair driving by one hand drive
3. 学会等名 4rd STI-Gigaku 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 熊谷真行, 大橋智志, 塩野谷明
2. 発表標題 片手駆動車いす走行時における体幹筋を中心とした筋電位評価
3. 学会等名 JapanATフォーラム2019 in 富山
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Ohash, Mio Aochi, Akira Shionoya
2. 発表標題 Distinguishing Road Surface Conditions for Wheelchair Users
3. 学会等名 7th ACIS International Conference on Applied Computing & Information Technology (ACIT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 大橋智志	4. 発行年 2020年
2. 出版社 北隆館	5. 総ページ数 103
3. 書名 地域ケアリング 2020 Vol.22 No.2	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	塩野谷 明 (Shionoya Akira) (50187332)	長岡技術科学大学・工学研究科・教授 (13102)	
研究分担者	原田 恵雨 (Harada Keiu) (70634905)	苫小牧工業高等専門学校・創造工学科・助教 (50102)	

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
---------	---------