

## 歩行空間における下腿部表面筋電図を用いた路面評価

北見工業大学大学院	学生会員	○佐々木 賢一郎
北見工業大学工学部	正会員	富山 和也
大林道路株式会社	正会員	森石 一志
大林道路株式会社	正会員	山口 雄希
北見工業大学大学院	学生会員	幸谷 宥毅
北見工業大学大学院	学生会員	西海 隼人

## 1. はじめに

急速に高齢化が進むわが国では、誰もが安心して社会参加するため、安全かつ快適な移動を可能とする歩行空間の整備が重要になっている。しかし、障害者らの移動等の円滑化の促進に関する法律（バリアフリー法）<sup>1)</sup>に基づく移動等円滑化基準のために必要な道路の構造に関する基準を定める省令<sup>2)</sup>では、歩道等の路面管理に資する具体的な指標がなく、歩行空間における合理的な路面管理手法が必要といえる。また、既往研究<sup>3)</sup>では、人からみた路面の評価について主にアンケート調査をもとに行われているが、結果は個人の主観によるものであり、定量化の困難さが課題となっている。一方で鬼塚ら<sup>4)</sup>は、歩行者の筋活動と路面の物理性状の関係性から、下腿の筋活動は路面の硬さおよび滑り抵抗係数と相関することを明らかにしている。本研究では、表面筋電図を用いた歩行者の筋活動と路面の硬さおよび滑り抵抗係数に加え、新たに動的摩擦係数および粗さの物理性状との関係に着目した客観的な路面評価手法について検討を行った。

## 2. 表面筋電図の計測

本研究では、人からみた路面の評価を客観的に行うため、筋電センサを歩行中の主働筋である腓腹筋内側頭（以下、Gmh）および前脛骨筋（以下、Ta）に取り付け、歩行した際の表面筋電位を計測した。また、歩行中の挙動を測定するため、つま先に振動加速度センサを取り付け、歩行周期を計測した。ここで、歩行時において、Gmhは後方にしっかり蹴りだす運動に関連し、Taは着床時につまづきの予

防につながる脚部を大きく前方に出す運動と関連することが知られているため<sup>5)</sup>、Gmhを歩きやすさの指標とし、Taをつまづきやすさの指標とした。

## 3. 試験ヤード

図-1に試験の対象とした路面の外観を示す。舗装種別は図-1(a)が表層に密粒度アスファルト混合物を用いた舗装（以下、密粒度舗装）、図-1(b)が密粒度舗装に溝を切った舗装（以下、溝切舗装）、図-1(c)が表層にポーラスアスファルト混合物を用いた舗装（以下、ポーラス舗装）、図-1(d)がポーラス舗装の表面を特殊加工した舗装（以下、研磨舗装）、図-1(e)がポーラス舗装の空隙に保水性セメントミルクを充填させた舗装（以下、保水性舗装）、図-1(f)が近赤外線を高反射する遮熱材を混入して樹脂を被覆した舗装（以下、遮熱性舗装）である。

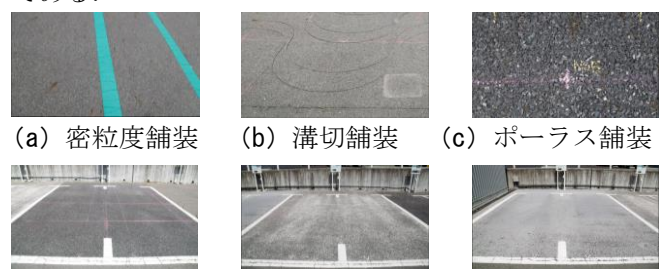


図-1 対象とした舗装路面の外観

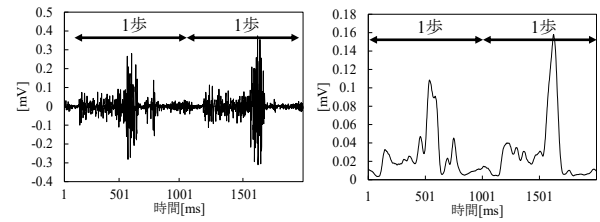
## 4. 路面の物理性状試験

路面の物理性状値として、ゴルフボール、スチールボール（以下、GB・SB）により硬さを、C.S.R試験機（以下、C.S.R）と英国式ポータブル・スキッド・レジスタンス・テスト（以下、BPN）およびASM825により静止摩擦係数を、回転式滑り抵抗測

キーワード 表面筋電図, GB・SB, C.S.R, BPN, ASM825, DFテスト, CTメータ

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165 北見工業大学 工学部 社会環境系 TEL 0157-26-9496

定器（以下、DF テスタ）により動的摩擦係数を、回転式きめ深さ測定装置（以下、CT メータ）より路面の粗さの目安となるきめ深さを計測した。なお、路面の物理性状試験は、公益財団法人日本道路協会「舗装調査・試験法便覧」および JIS A 1454, ASTM Standard に基づいて行った。



(a) 筋電波形 (b) 平滑化後の筋電波形

図-2 試験で得られた筋電波形の一例 (Ta)

## 5. 解析方法

図-2 に試験で得られた筋電波形の一例 (Ta) を示す。図-2 (a) に示されるように、筋電波形は負の値を含んでいるため、波形の絶対値をとることでより整流化を行い、図-2 (b) に示されるように、時間窓を 0.03 秒で積分（移動平均処理）し、平滑化を行った。また、歩行の開始時から終了時までの筋電波形を積分し筋活動量とした。さらに、振動加速度センサから歩行周期を特定し、各試験で認められた合計歩数で筋活動量を除し、1 歩行周期での筋活動量を算出した。その上で、密粒度舗装で歩行した際の筋活動量で正規化し、その他の舗装で歩行した際の筋活動量を相対値化した。

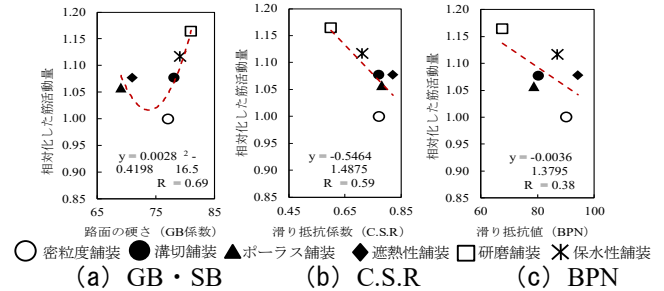


図-3 物理性状値と Gmh の筋活動量の関係

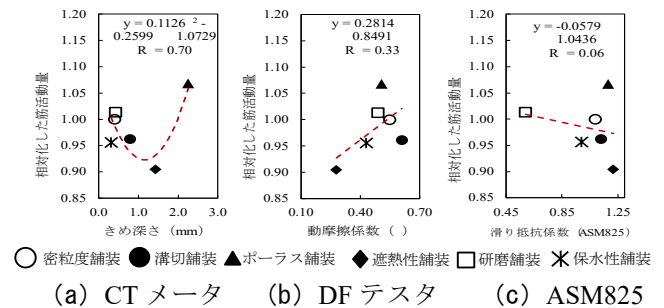


図-4 物理性状値と Ta の筋活動量の関係

## 6. 試験結果

図-3 に路面の物理性状値と Gmh の筋活動量の関係を示す。Gmh の筋活動量は、図-3 (a) より、硬さによって下に凸の二次曲線で近似でき、図-3 (b), (c) より、静止摩擦係数によって右肩下がり直線で近似できる。そのため、路面の硬さには歩き心地の良い範囲が存在し、また、路面の静止摩擦係数が大きくなるにつれ Gmh の筋活動量が小さくなることから、既往研究<sup>9)</sup>と整合する結果が得られた。

図-4 に路面の物理性状値と Ta の筋活動量の関係を示す。Ta の筋活動量は、図-4 (a) より、きめ深さによって下に凸の二次曲線で近似でき、きめが深すぎる場合ではつまずきやすさを感じることを示唆された。また、図-4 (b) より、動的摩擦係数によって、右肩上がりの直線で近似でき、動的摩擦係数が大きくなるにつれ歩行中につまずきやすさと感じることが示唆された。一方、図-4 (c) より、滑り抵抗係数による関係は、決定係数が低く相関は見られなかった。以上により、文献<sup>4)</sup>で示されている結果

に加え、新たにきめ深さと動的摩擦係数を導入したことで、Ta の筋活動量により歩きやすさかつつまずきやすさを把握できることがわかった。

## 7. おわりに

本研究では、路面の物理性状を Gmh と Ta の筋活動量に基づき合理的に評価できることが示唆された。本研究成果は、利用者の躓きによる転倒での怪我防止や歩き易さの向上につながる舗装材料の選定など、誰もが安心して利用できる歩行空間の整備に寄与するものと期待できる。

## 参考文献

- 1) 高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律：  
[https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=418AC0000000091\\_20210401\\_502AC0000000028](https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=418AC0000000091_20210401_502AC0000000028)
- 2) 移動等円滑化基準のために必要な道路の構造に関する基準を定める省令：  
<https://www.mlit.go.jp/barrierfree/transport-bf/shinpou/dourokijyun.pdf>
- 3) 鍋島益弘, 山田優: 高齢者のための歩道舗装における適正な硬さ範囲, 土木学会論文集, No.788/V-67, pp.117-126, 土木学会, 2005
- 4) 鬼塚信弘, 他: 歩行者系舗装の物理性状と筋活動の定量的評価に関する研究, 土木学会論文集 E1, Vol.72, No.3, 2016
- 5) 坂本理徳, 他: 高齢者の歩行動態を表す特徴量の抽出とそれに影響を及ぼす要因, 繊維製品消費科学, 58 巻 1 号 p.55-63, 2017