

中長距離走時にランナーに発生する方向を考慮した 舗装評価に関する実験的研究

中央大学大学院	学生員	○藤田 紗月
中央大学	フェロー会員	姫野 賢治
株式会社奥村組	正会員	前川 亮太
世紀東急工業株式会社	正会員	増山 幸衛
日本道路株式会社	正会員	遠藤 桂

1. はじめに

広く親しまれているスポーツの1つとしてランニングが挙げられるが、それらは一般にアスファルト舗装上で実施されており、佐伯¹によるアンケート調査から競技レベルの高いアスリートは舗装の違いを認識していることが判明した。しかしながら道路舗装の設計及び管理は専ら車両を対象に実施されており、人が車道を走行することは想定されていないため、人間にとって安全でかつ快適に走行できる舗装が求められている。

本研究では人体への影響を考慮した評価指標を構築することでアスリートの感じている舗装の違いを工学的に表現し、人間にとって安全でかつ快適に走行できる舗装を提案することを最終的な目的とする。

既往の研究では走行時の足と舗装の間に発生する力に着目した。力を計測する指標として足圧分布、加速度が挙げられたが、サンプリング間隔の細かさにより着地時のピークを1歩毎に得ることが可能であることから加速度を扱うこととした。しかしながら、2軸の加速度計を用いて計測したデータ量は非常に膨大であるため、鉛直1方向に対し分析を行っていたが、ばらつきが大きく有意な差が得られないことが課題とされていた。

以上より、本研究では分析のアルゴリズムを構築することで2方向の加速度による舗装評価を試みた。なお、足と舗装への影響を示すため、地面に対し鉛直な成分で評価するべく、着地時の角度を用いてベクトルの補正を行った。

2. 衝撃加速度試験

加速度計を両くるぶしに装着し、対象舗装上の反復走行試験を行った。加速度計の計測する水平方向の加速度をx方向、鉛直方向の加速度をz方向とし、計測した加速度はベクトルとして合成することで合成加速度 a を算出する。さらに、1秒間に240枚撮影するスマートフォン内蔵の動画撮影機能を用い、走行時の足首の挙動を撮影した。その画像から静止画を出力し、図-1のように画像解析を行い、その結果から得た補正角度 θ を用いて地面に対し鉛直な加速度を求める。(以下、有効加速度とする。)

1) 試験環境

試験は天候：快晴(平均気温 28℃)、路面状態：良好(平均路面温度 37℃)、計測場所：図-2に示す現場環境下にて実施した。なお、走行コース全40mのうち前後10mは加速、減速の影響を受けると予想されるため、等速走行となるであろう中央20mを評価区間とした。走行速度：被験者のペース(平均4m/s程度)で、対象舗装は、既往の研究におけるアンケート調査より、ランナーが走りやすいと感じる舗装はアスファルト舗装であり、その理由は路面の硬さに関する意見が多かったことからポラスアスファルト舗装(図2,a)および弾力性遮熱舗装(図2,b)とした。弾力性遮熱舗装とは車道用の排水性に加え、路面温度低減効果、ランナーの脚への負担軽減を目的とした開発中の舗装である。透水量、すべり摩擦、路面テクスチャはポラス舗装と同等の値を示し、GB試験では1割ほど低い衝撃吸収性を示した。

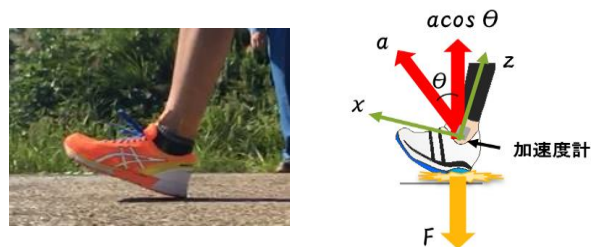


図-1 動画撮影により得られる静止画像と分析方法

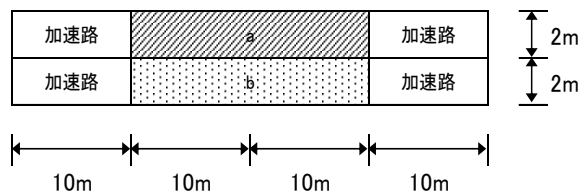


図-2 試験環境

キーワード：マラソン、加速度、舗装評価

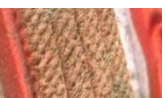
連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

E-mail : fujita@civil.chuo-u.ac.jp

2) 対象とする靴

メーカーが使用者に応じて靴の形状、性能を変化させていることから本研究では代表として以下の 3 種類の靴を使用した。靴の違いは重さ、靴底の形状、すべりに対する抵抗性など、走り心地に影響を及ぼす要因の一つと考えられるため、その違いを物理的に表現することが求められる。3 種の靴の仕様を表-1 に示す。ここで、すべり試験値とは路面温度 44℃におけるポーラスアスファルト舗装にて実施したすべり抵抗試験の試験値である。この値は 1 に近いほどすべりに対する抵抗性が高いことを表しており、同条件下における革靴の試験結果は 0.217 であった。

表-1 使用する靴とその物理量

	初心者用	中級者用	上級者用
種類			
靴底			
質量	302g	246g	156g
底厚	4.0cm	3.2cm	1.9cm
すべり試験値	0.248	0.265	0.433

3. 試験結果

衝撃加速度試験の結果、得られた合成加速度のグラフの一例を図-3に示す。図-3より、ピークは一定間隔で発生していることがわかった。そこで任意で分割幅を設定し、その区間内におけるピーク値を出力するプログラムを作成した。さらに、ピーク時の鉛直、水平加速度および静止画像をもとに画像解析を行い、有効加速度を算出した。解析にはAuto CADの寸法記入機能を用いた。それをもとに平均した有効加速度を図-4に示す。

図-4より、ポーラス舗装上で発生する加速度を弾力性遮熱舗装上で発生する加速度が上回り、GB試験と逆の結果が得られた。つまり、ポーラス舗装は発生する加速度が小さく、足への負担が少ないことからジョギングコースに適しており、弾力性遮熱舗装は加速度が得やすいことから早く走ることが求められる競技用コースに適しているといえる。また、靴ごとに試験結果を比較すると、いずれも初心者用、中級者用、上級者用の順に加速度が大きくなる。つまり、早く走ることが目的の場合は上級者用の靴が、ゆっくりと走ることが目的の場合は足への負担軽減の為にクッション性の高い初心者用の靴が適しているといえる。

以上より、ジョギングを楽しむことを目的とする場合は、足への負担を軽くするためポーラス舗装上を初心者用の靴で走行し、走行タイムの向上を目的とする場合は加速度が大きく、推進力が得られやすいことから弾力性遮熱舗装上を上級者用の靴で走行することが望ましいことがわかった。

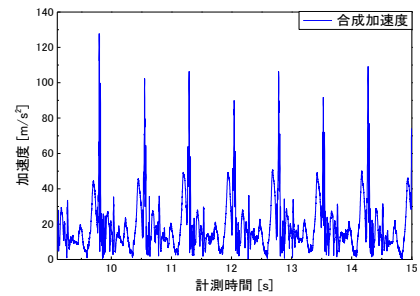


図-3 計測時間と合成加速度の関係

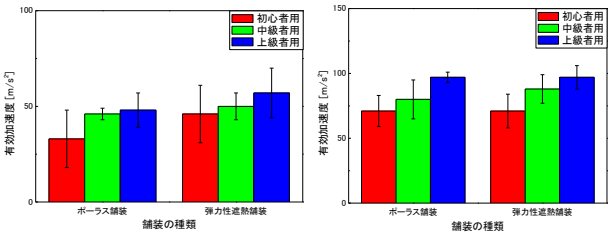


図-4 有効加速度の比較

4. おわりに

本研究ではアスリートが感じている舗装の違いを工学的に証明するため、走行時に発生する加速度に着目し鉛直方向と水平方向の2軸を用いた評価を試みた。その結果、舗装、靴の違いを示し、目的別に舗装を評価することができた。衝撃加速度試験の分析結果が、GB試験と相反する結果となった点については、今後の開発の課題とする。また、分析アルゴリズムの構築により従来の目視による出力に比べて、分析にかかる時間の短縮および出力精度が向上した。

しかしながら、本研究の試験対象とした舗装は、一般的に社会に普及しているポーラスアスファルト舗装と弾力性に特化した弾力性遮熱舗装であった為、有意な差を検出することができたが、今後は社会に普及している舗装(密粒度舗装、ブロック舗装等)を加えて評価していく必要がある。また、研究の再現性を検討するため、被験者を増やして評価を行うことが求められる。

参考文献

- 1) 佐伯佳純：中長距離走に適した舗装に関する研究，修士論文，2011
- 2) 土木学会研究討論会：ランナーのための道路舗装，2009
- 3) 土木学会：舗装工学ライブラリー10 路面テクスチャとすべり，p.47，2013
- 4) 土木学会：舗装工学ライブラリー11 歩行者系舗装入門，pp.27-102，2013
- 5) Daniel E. Lieberman：Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners，2010