

スマートフォンアプリを用いた路面舗装状態の簡易計測の可能性

都市交通研究室 1432991 小池 拓也
指導教員 佐野 可寸志・西内 裕晶

1. 背景

近年、我が国では、高度経済成長期に建設された道路インフラの老朽化に伴い、メンテナンスが急務となっている。

また、国土交通省道路局の道路現況の推移¹⁾によると我が国の一般道路の実延長と舗装率（簡易舗装を除く）は年々上昇傾向にある。舗装率に至ってはここ40年で約2倍にもなっている。今後も道路実延長、舗装率ともに増加した場合、路面舗装の劣化速度に修繕作業が追い付かなくなることが考えられる。そのため、より安価で簡易的な路面舗装評価方法の確立が必要となる。

道路インフラの老朽化問題への対応力向上を支援するために BumpRecorder 株式会社よりスマートフォンアプリ段差ナビ BumpRecorder（以下、「本アプリ」とする）が開発された。スマホアプリリーフレット BumpRecorder²⁾によると、「本アプリは、アプリをインストールしたスマートフォンを自動車のダッシュボード上などに固定して走行することにより、上下加速度を計測し、変位に変換することで路面舗装状態を把握するものである。」とある。このことから、本アプリを用いることで簡易的に路面舗装状態の把握が可能であり、将来的に自動車に本アプリが標準搭載され、自動的にデータ収集が可能となれば簡易的かつ恒常的な路面舗装の点検の実施が期待される。

2. 目的

本研究では、本アプリを用いて、段差情報を計測し比較することで本アプリの精度を検証する。具体的には表 2-1 に示す各分析対象で計測した段差情報を比較し、本アプリで計測される段差情報の特性を把握するものである。これにより、本アプリから計測される段差情報の精度を検証し、誤差が生じた場合には真値への補正方法を提案する。

表 2-1 分析対象

条件	分析対象	カテゴリ
1	走行速度	走行速度を40,45,50,55km/hの4パターン
2	端末設置箇所	ダッシュボード上の左側, 中央右側の3ヶ所
3	路面状態	路面が乾燥時, 降雨による湿潤時, 積雪時
4	タイヤの種類	ノーマルタイヤとスタッドレスタイヤ
5	車種重量	軽自動車と普通自動車

3. 既存研究との比較

本研究の方針を決める上で参考にした論文は八木の「自動車のばね上観測加速度からの路面縦断プロファイルの推定とその精度検証」³⁾である。八木は、計測した上下加速度を補正を含めて二階積分することで上下変位を算出している。また、路面プロファイルの計測値と比較することで高い相関を得ている。これは、走行速度の違いの精度検証であり、天候等の計測環境における検証はなされていない。実際に路面舗装状態を調査する際、使用する車種や天候等の計測環境は様々である。そのため、本研究では走行速度、端末の設置箇所、路面状態、タイヤの種類、車両重量の5つを分析対象とし、これらが計測値へ与える影響を明らかにする。また、路面舗装状態を把握するには段差の真値が必要なため、計測誤差を真値へ補正する方法を提案する。

4. 計測結果

4. 1 計測区間

本研究では図 4-1 に示す区間で計測した。



図 4-1 計測区間

4. 2 分析対象：走行速度

走行速度による段差計測値への影響の違いを明らかにするために、40, 45, 50, 55km/h で各 3 回ずつ（合計 12 回）計測した。各計測で得られた段差情報を比較した結果を図 4-2 に示す。図 4-2 の近似式より、走行速度が 15km/h 増加すると段差計測値は約 3mm 増加することが分かる。このことから走行速度と段差計測値には比例の関係があることが分かる。よって、走行速度による段差計測値への影響を軽減させるために、段差計測値を段差の真値に補正する必要がある。

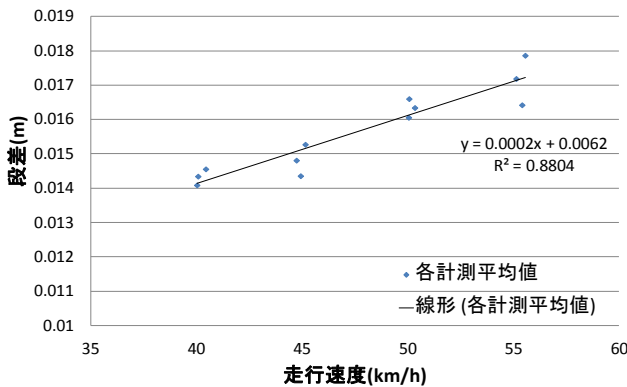


図 4-2 段差情報絶対値と走行速度

4. 3 真値への補正

本研究で提案する補正方法は、特定の段差の計測値より作成した近似式を用いるものである。補正過程を図 4-3 に示す。まず、計測区間の中から 5 つの段差を選定し、各段差の段差計測値からそれぞれ近似式を作成する。図 4-3 のように計算例の計測値をグラフ内にプロットする。次に (1) の矢印に対する (2) の矢印の長さの比率を求める。次に、走行速度 40km/h の (3) の矢印の長さを求め、先ほど求めた比率を掛けることで計算例の値を走行速度 40km/h に置き換える。ここで走行速度 40km/h に置き換える根拠は、走行速度 40km/h の計測値が最も段差の真値を計測できるからである。以上の過程より算出された値を補正值とする。

次に、計測区間内の 5 つの段差を選定し、段差高を実測調査した。それらの段差の計測値に対して補正をし、実測値と比較した。その結果を表 4-1 に示す。補正前誤差と補正後誤差を比較すると、全ての段差で補正後誤差の方が小さい値を示している。このことから、本研究で提案する補正方法で計測値を実際の段差高に概ね補正することができた。

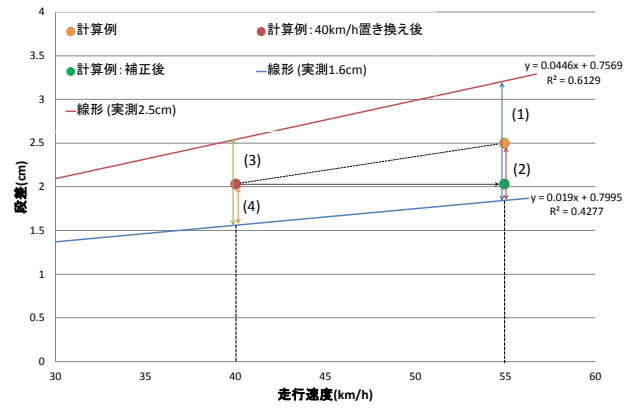


図 4-3 補正過程

表 4-1 補正結果

段差実測値 (cm)	走行速度(km/h)	BumpH計測値(cm)	BumpH補正值(cm)	補正前誤差	補正後誤差
1.4	32.4	1	1.102	0.4	0.298
1.7	41.4	1.8	1.766	0.1	0.066
2	54.936	2.5	2.032	0.5	0.032
2.3	55.836	2.6	2.028	0.3	0.272
4.2	32.4	3.2	3.682	1	0.518

4. 4 分析対象：端末設置位置

端末をダッシュボード上の左側、中央、右側に設置して計測した。その結果を図 4-4 に示す。中央の端末は、段差計測値に影響を与えられ考えられるタイヤから最も離れている。よって、左右のタイヤで感知した段差の影響を常に受けていると考えられる。また、この計測区間では左側に計測開始地点から 400m 付近までマンホールが設置されている。図 4-4 より、計測開始地点から 400m 付近までは左右の段差計測値が異なり、400m 付近以降から段差計測値がほぼ一致していることがわかる。このことから、タイヤ上に端末を設置することでそのタイヤが通過した道路舗装の段差情報を精度よく計測できていることが分かった。

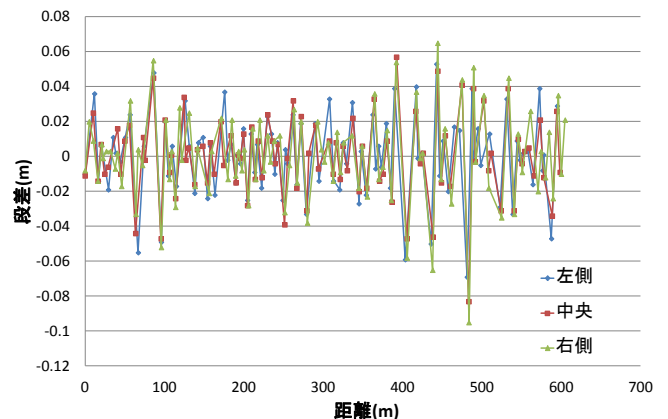


図 4-4 端末設置箇所による比較

4.5 分析対象：路面状態

4.5.1 降雨時の比較

路面状態による段差情報への影響を明らかにするために、まず、乾燥時と降雨時の段差計測値を比較する。計測された段差情報の絶対値を段差情報として比較する。表 4-2 に段差情報の平均値を示す。表 4-2 より、乾燥時と降雨時で段差計測値があまり変わらないことから、降雨時でも精度よく計測可能であると考えられる。

表 4-2 段差情報の平均値

		段差絶対値平均(m)	
		乾燥時	降雨時
計測回数	一回目	0.0172	0.0204
	二回目	0.0172	0.0172
	三回目	0.0184	0.0174
	四回目	0.0164	0.0176
	五回目	0.0179	0.0163

4.5.2 積雪時の比較

これまで計測を行ってきた区間には消雪パイプが設置されている為、降雪時でも積雪しない。そこで積雪時の段差計測を行う区間を図 4-5 に示すように選定した。

積雪時の計測値と乾燥時の計測値の比較を図 4-6 に示す。計測開始地点から 400m 付近にある大きな段差は積雪時でも計測できているが、他の範囲では積雪時は全く異なる計測値を示している。これは圧雪によって、雪の段差があるため、本来の舗装状態を正確に把握することができないのだと考えられる。このことから、積雪時では目立つ段差以外は計測することができないと考えられる。



図 4-5 積雪時計測区間

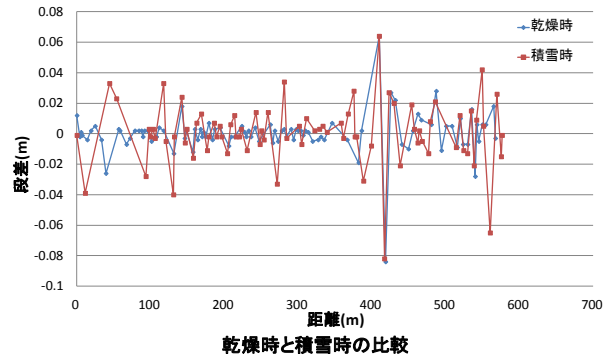


図 4-6 乾燥時と積雪時の比較

4.6 分析対象：タイヤの種類

ノーマルタイヤとスタッドレスタイヤでは、使われているゴム素材が異なる。スタッドレスタイヤはノーマルタイヤと比べて柔らかい素材を用いている。そこで、表 4-3 に両タイヤで計測した段差計測値のデータ数を示す。表 4-3 より、スタッドレスタイヤの 3cm 未満の段差のデータ数がノーマルタイヤと比べて少ないことが分かる。この原因として考えられるのが、先ほど述べたゴム素材の違いである。スタッドレスタイヤは柔らかいゴム素材を用いており、段差の振動を吸収するため、3cm 未満の小さい段差は計測しづらいと考えられる。

表 4-3 両タイヤのデータ数

		データ数(個)	
		ノーマルタイヤ	スタッドレスタイヤ
上下動範囲 (cm)	0以上1未満	55	35
	1以上2未満	31	23
	2以上3未満	16	13
	3以上4未満	8	7
	4以上5未満	4	3
	5以上	1	1
合計		114	83

4.7 分析対象：車両重量

異なる自動車を用いて、車両重量の違いが段差計測値にどのような影響を与えるのか明らかにする。本研究で用いた自動車は以下の 2 台である。

- ・普通自動車：スイフト(1000kg)
- ・軽自動車：ムーヴ(830kg)

各自動車で 3 回ずつ計測した。各計測値の絶対値の平均と、スイフトの計測値に車両重量の比を掛けることで車両重量を同様にした値を表 4-4 に示す。表 4-4 より、車両重量を掛ける前の計測値を比べると、車両重量の大きいスイフトの方が大きい値を取った。しかし、車両重量の比を掛けるこ

とで両自動車の計測値の差が小さくなった。このことから、車両重量が異なると段差計測値にも影響が出ることが分かった。

表 4-4 車両重量による比較

		段差絶対値平均(cm)		
		スイフト	スイフト(補正後)	ムーヴ
計測回数	一回目	0.016	0.013	0.014
	二回目	0.017	0.014	0.015
	三回目	0.018	0.015	0.015

5. 総括

走行速度と段差計測値には比例の関係があることが分かった。走行速度による影響に対して補正をした結果、全ての段差の計測値を段差の真値に近づけることができた。また、端末設置箇所は中央だと正確に計測できない。しかし、タイヤ上であれば精度良く計測できるため、端末はタイヤ上に設置するべきであることが分かった。また、スタッドレスタイヤは柔らかいゴム素材を用いているため、段差の振動を吸収して正確に計測できない。よって、段差計測時にはノーマルタイヤで走行するべきであることが分かった。

参考文献

- 1) 国土交通省, 道路局, 道路統計年報: 道路現況の推移
[http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/2015/pdf/d_genkyou01.pdf], 2016.2
- 2) BumpRecorder 株式会社: スマホアプリリーフレット
BumpRecorder
[http://www.bumprecorder.com/wp-content/uploads/2015/06/150607_Leaflet_jpn.pdf], 2016.2
- 3) 八木浩一: 自動車のばね上観測加速度からの路面縦断プロファイルの推定とその精度検証, 土木学会・舗装工学講演会, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol.69, No.3 (舗装工学論文集 第18巻), I_1-I_7, 2013