

(74) スマートフォンを用いた舗装路面評価に関する研究

山崎 元也¹・野口 智史²・加藤 人士³・大町 晋一郎⁴

¹正会員 東京農業大学教授 地域環境科学部 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1)
E-mail:m3yamasa@nodai.ac.jp

²非会員 熊谷市役所 建設部維持課 (〒360-8601 埼玉県熊谷市宮町2-47-1)
E-mail:mokkan.psd-by.sai@docomo.ne.jp

³非会員 (株)片平エンジニアリング 道路交通部 (〒112-0002 東京都文京区小石川2-22-2)
E-mail: h-katoh@katahira.co.jp

⁴非会員 (株)片平エンジニアリング 道路交通部 (〒112-0002 東京都文京区小石川2-22-2)
E-mail ohmachi@katahira.co.jp

近年、高度経済成長期に大幅な拡充が図られた社会資本ストックの維持管理コストが問題視されている。中でも、日本の道路総延長1,210,600kmの9割を占める一般道では、かなりの維持管理費用が将来的にかかることが予想される。本研究では、低コストで路面の状態を簡易的に把握することができる計測手法として、スマートフォンのアプリを使用して一般道の加速度データを測定し、それを用いた路面状態把握のための計測手法を確立する。

Key Words : Smart phone, acceleration sensor, estimation of road surface

1. はじめに

(1) 社会資本ストック増加による維持管理の問題

図-1を見ると、日本の社会資本ストックは、1998年の段階で総額603兆円となり、その中で道路の占める割合は32%と高い数値となっている。このように日本の発展と共に急激に増加していった社会資本ストックの維持管理コストが問題となりつつある。

平成24年度での日本の道路総延長は1,210,600kmであり、そのうち約95%は都道府県・市町村道が占め、国管理の国道が約1.8%、都道府県・政令市の管理国道が約2.0%とかなり小さい値となっている。また、交通量の比較では国道の割合が高くなるが、依然として都道府県・市町村道が過半数を超え利用されている。このことから、道路の維持管理はまだ更新を控えている道路が多いことから、都道府県や市町村道での増加が考えられる。

(2) 本研究の目的

道路総延長の9割を占める一般道では、かなりの維持管理費用が将来的にかかることが予想される。さらに、その維持管理手法は低コストであることが要求されるため、非効率的なものとなってしまっている。そのため、

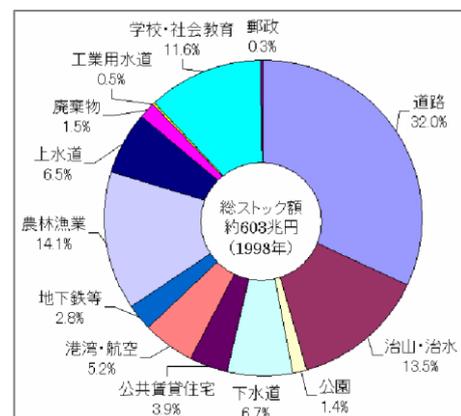
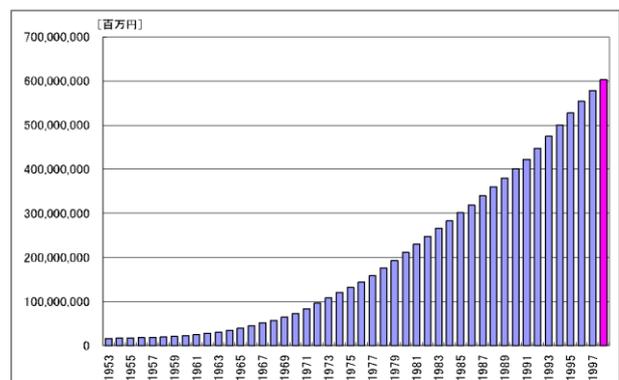


図-1 社会資本ストック総額と割合¹⁾

本研究では低コストで路面の状態を簡易的に把握することができる計測手法として、スマートフォンのアプリを使用して一般道の加速度データを測定し、そのデータを用いた路面状態の把握のための計測手法の確立を目指すものとする。

2. 実験機材の選定

加速度測定に使用する機材は以下のとおりである。

(1) スマートフォン

機種名：Xperia™ GX SO-04D

加速度センサー

最小遅延時間：10000 μ sec

値の範囲：156.95

消費電力：0.003mA

解像度：20.0m/s²

(2) 自動車

トヨタ：アイシス

3. 本実験

本実験では、プレ実験と同じくスマートフォンを自動車のダッシュボード上に置き、各対象地をそれぞれ3回ずつ計測した。測定環境は道路の混雑状態、信号等により地点ごとの通過時間等はズレがあるものの、走る区間、距離は一定となっている。

それぞれの実験対象地を事前に目視によって路面状態を確認し、その際の路面状態の評価と実験時の計測時間・距離を記す。

- 対象地1.県道1 (状態：普通)

計測時間：約46秒

距離：約590m

- 対象地2.一般道1 (状態：良好)

計測時間：約24秒

距離：約270m

- 対象地3.県道1 (状態：普通)

計測時間：約37秒

距離：約470m

- 対象地4.一般道2 (状態：普通)

計測時間：約37秒

距離：約450m

- 対象地5.一般道3 (状態：不良)

計測時間：約1分50秒

距離：約1000m (実験で使用は前半の500m)

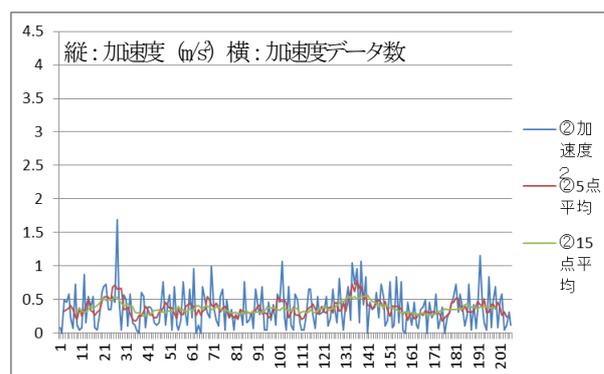


図-2 道路状態：良好 (対象地2 計測2回目)

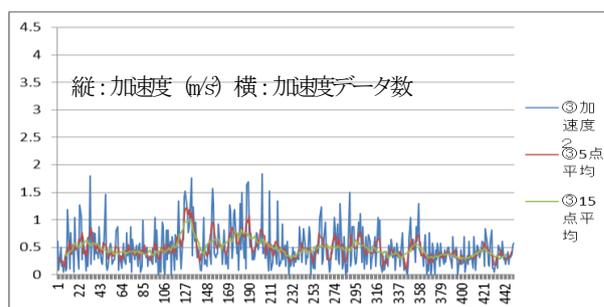


図-3 道路状態：普通 (対象地1 計測3回目)

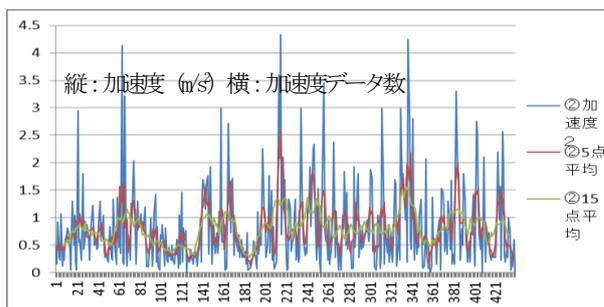


図-4 道路状態：不良 (対象地5 計測2回目)

- 対象地6.国道1 (状態：普通)

計測時間：約4分00秒

距離：約2000m

4. プロトタイプ開発

(1) 道路の状態別加速度分析

加速度を計測した対象地のなかから、目視や実際に乗って感じた不快感などを参考に、道路の状態を良好 (図-2)・普通 (図-3)・不良 (図-4) にわけ、状態ごとの加速度を比較していく。加速度 (青線) で比較すると、良好なものは1m/s²、普通は1.5m/s²、不良は2.0m/s²を超えるものが共に少数であることが特徴だといえる。

(2) 5点平均・15点平均による分析

平均線はある地点とその前後の加速度の平均を算出したものであるため、オリジナルの加速度よりも路面の傾向をより正確に知ることができる。また、瞬間的な加速度が分かりにくくなるものの、強い加速度が長期的に観測される場所を特定することができるメリットがある。そのため、平均化強度を強弱に分け、5点平均、15点平均についての分析を進めていく。また、分析は前述のオリジナルの加速度と同じような形で行う。

a) 5点平均線

図-5を見ると、平均化したことで最大値が減少したが、良好は0.6m/s²、普通は0.8m/s²を超えるものが少数であり、不良は1.0m/s²を超えるものが多数であることがわかる。

・最大加速度

良好 最大加速度：0.79m/s²

普通 最大加速度：1.22m/s²

不良 最大加速度：2.56m/s²

b) 15点平均線

図-6を見ると、5点平均よりもより強く平均化されているため、地点ごとの安定・不安定がより顕著に見られるようになっている。傾向としては、良好は0.5m/s²、普通は0.7m/s²を超えるものが少数であり、不良は1.0m/s²を超えるものが多数であるということがわかる。

・最大加速度

良好 最大加速度：0.57m/s²

普通 最大加速度：1.00m/s²

不良 最大加速度：1.57m/s²

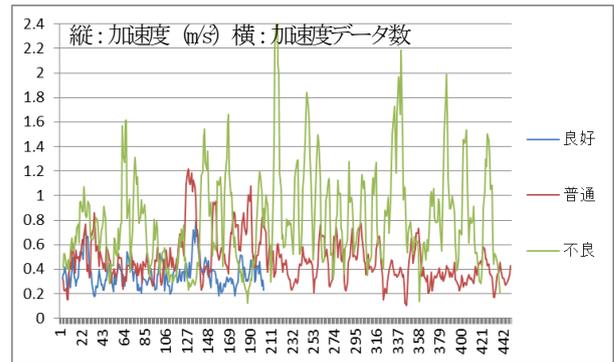


図-5 5点平均

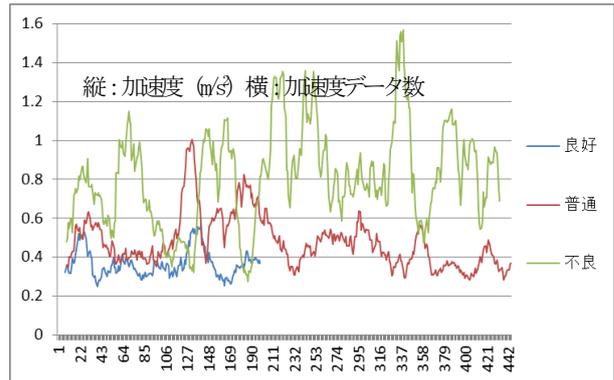


図-6 15点平均

表-1 基準値表

表-2 超過割合調査

	少数超過	多数超過
良好	1m	
普通	1.5m	
不良	2m	

5点	少数超過	多数超過
良好	0.6m	
普通	0.8m	
不良		1.0m

15点	少数超過	多数超過
良好	0.5m	
普通	0.7m	
不良		1.0m

5. 評価基準数値

データ分析でそれぞれの基準をグラフを見て推測した。それを参考により具体的に考察していく。まず、表-1をもとに、その加速度を超過したデータの割合をまとめていく。

表-2の超過割合を見ると、少数超過は概ね5%前後となり、多数超過は20%を超える程度という結果になった。よって、今後もこの数値を指標として用いていくものとする。次は3個の状態に良好の指標を用いた際の変化について考察する。

表-3は良好な道路の指標を普通・不良の状態の道路に適用し、その超過割合をまとめたものである。この結果を見ると、良好は基準となるため5%前後の値で安定している。普通はオリジナルの加速度では9%と安定した値となっているが、5点平均、15点平均になるにつれて超過割合が大きく増えており、不良についても同じ傾向が見られることがわかる。

	超過数	総データ数	超過割合
良好>=1	6	206	2.91
普通>=1.5	10	451	2.22
不良>=2	28	440	6.36

5点	超過数	総データ数	超過割合
良好>=0.6	11	202	5.45
普通>=0.8	27	447	6.04
不良>=1	111	436	25.46

15点	超過数	総データ数	超過割合
良好>=0.5	16	192	8.33
普通>=0.7	31	437	7.09
不良>=1	86	426	20.19

表-3 良好基準超過割合調査

	超過数	総データ数	超過割合
良好>=1	6	206	2.91
普通>=1	41	451	9.09
不良>=1	126	440	28.64

5点	超過数	総データ数	超過割合
良好>=0.6	11	202	5.45
普通>=0.6	84	447	18.79
不良>=0.6	281	436	64.45

15点	超過数	総データ数	超過割合
良好>=0.5	16	192	8.33
普通>=0.5	159	437	36.38
不良>=0.5	376	426	88.26

6. 評計測箇所のデータ分析

前項では良好・普通・不良のデータをそれぞれの基準となる数値で傾向を求めた。そのため、本項ではその基準を用いて各計測場所のデータを分析していく。

分析の際に道路状態を決定していくために、良好・普通・不良の3種の基準値と、その数値の超過割合を参考に作製したフローチャートを使用して分析を進めていく。

表-4が道路状態を判別し、状態ごとに分ける際に使用するフローチャートである。そして、これら対象地の評価をまとめたものが表-5となる。

5点平均・15点平均は状態が悪くなるにつれて値が大きくなり、評価順に並んでいることがわかる。オリジナルデータの同評価の1と6では順通りになっていない。その原因は、5点・15点平均がオリジナルのデータを平均化するため、ごく短時間の揺れが数値に大きく影響しにくいという特徴があることから、対象地1は6と比較して短時間の揺れが多く存在するが、長期的に見ると安定しているためであると思われる。

7. おわりに

この研究の主題はスマートフォンという安価で普及した機器を用いて、路面の状態調査を一般の人々にも協力を仰ぎ、低コストで大量のデータを集めることにある。

計測の低コスト化については、スマートフォンのアプリ開発が容易であることや、クラウドサービスの利用普及といった利点から、本実験のデータ転送やデータ分析の一部手動による操作はすべて自動化することが可能であるため、問題はないと思われる。

上記のことから、本実験ではGPS精度の確認、また、加速度データの取り出しから分析する手法の確立及び5点平均線と15点平均線を使った路面状態判別のための基準値の確立といった、自動化するために必要な手法の確立を中心に進めていった。その結果、スマートフォンによる路面状態の把握を行うことができるだけの分析手法を確立することができた。

表-4 道路基準フローチャート

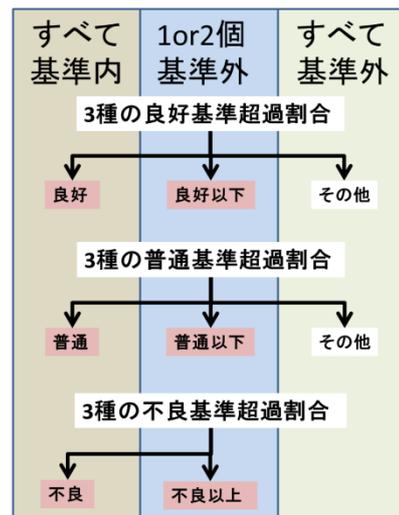


表-5 対象地評価並び順

対象地	良好	超過割合	5点	15点
2	良好	2.9	5.42	8.29
4	良好以下普通	8.18	16.24	35.53
1	良好以下普通	9.07	18.75	36.3
6	良好以下普通	8.44	20.63	38.66
3	不良以上普通以下	15.72	31.53	53.62
5	不良	28.64	64.45	88.26
	不良			

参考文献

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：住宅・社会資本の管理運営技術の開発，国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告，No.4，pp.3，2006.
- 2) 国土交通省：国道（国管理）の維持管理に関する検討会とりまとめ資料，2012.
- 3) 坂上弘至，川島正人，大廣智則：路面非接触型簡易IRI測定機を用いた路面管理に関する研究，土木学会第65回年次学術講演会，CD-ROM，V-053，pp.105-106，2010.
- 4) 小林 翼，町田信夫：自動車の走行運動と乗り心地—過渡的振動による振動感覚特性について—，平成21年度日本大学理工学部学術講演会予稿集，E-13，pp.396-397，2009.