

路面プロファイルの測定精度に関する一考察

—第2回 PIARC 国際共通試験データを用いて—

北見工業大学○学生員 伊藤 富雄

北見工業大学 正会員 川村 彰

北見工業大学 学生員 上田 恒三

1. はじめに

路面の平坦性は重要な路面特性の一つであり、「路面と車の相互作用問題」は、車両の走行安全性、燃費、タイヤの摩耗といったオペレーティング費用、乗員の乗り心地といった快適性、さらには、騒音、振動、大気汚染など沿道住民の住環境といった環境問題にも影響を与えていると考えられている。モータリゼーションの進展により道路利用者の舗装に対するニーズの質的価値観への変化とその高度化、環境問題への対応などにより、これらの諸問題に対し最適な対処を行う舗装のマネジメント計画を構築する必要がある。

路面の平坦性評価方法は、多岐にわたり、路面のプロファイルの直接測定によるもの、路面の凹凸により生じる装置のレスポンス測定によるもの、パネラーの主観評価によるものなどがあり路面の縦横断方向の平坦性を測定する装置と手法は各国様々である。

本研究の主たる目的は、第2回 PIARC 路面性状国際共通試験の指針に基づき、各高速測定装置から測定された路面プロファイルデータをもとに、各高速測定装置の特性、及び精度について解析をおこなう。

2. PIARC 国際共通試験

下記に PIARC 国際共通試験の目的とその試験方法、測定装置、及び解析方法について述べる。

2.1 目的

上記で述べた現状において PIARC 主催による縦横断プロファイル測定方法と報告手続きに関する国際試験が企画され北アメリカ、ヨーロッパ、環太平洋地域の3地域で実施された。PIARC (Permanent International Association of Road Congress) は、通称 The World Road Association (世界道路協会) とも呼ばれ、1908年にパリで開催された第1回国際道路協議が契機となり、1909年に設立された道路工学、道路政策、道路維持管理等を扱う世界最古の国際組織である。

平成10年7月6日から17日までの12日間にかけて札幌周辺の国道、道道、高速道路15路線において第2回 PIARC 路面性状国際共通試験が実施された。このような国際的道路試験は我が国で初めての試みであり、国際的見地から路面評価の在り方を考える上で、我が国の道路整備、維持管理に重要な意味を与えるものと期待されている。

路面の縦横断方向の平坦性を測定する装置は、一般にプロフィロメータと称され、我が国では低速測定装置(3mプロフィロメータなど)と高速測定装置(レーザ波を用いた非接触型プロフィロメータなど)の2に大別されるが、各国ではそれ以上に多種多様である。今回の試験の主たる目的は、各国で開発された各種測定装置・手法により測定された平坦性測定結果を比較するための「手段」を提供することであり、新たに各国に共通の測定指標や評価方法を開発することよりも、従来の測定・評価方法から得られた様々な平坦性に関する情報を「相互に関連させる」ことに主眼点が置かれている。また、各測定地域では、測定箇所を利用して路面の平坦性に関する地域独自の調査・研究計画を実施することになっている。

Study on the Accuracy of Road Profiling

—By use of the data of The PIARC Second International Experiment—

By Tomio Ito, Akira Kawamura, Kouzou Ueda

2.2 試験方法

下記に第2回 PIARC 国際共同試験の測定区間、測定装置、測定データの解析手法について述べる。

2.2.1 測定区間

測定装置の輸送費と労力を最小限にし、多くの測定装置に参加の機会を与えるために、測定は上記で述べた3地域が予定されており、その3地域における測定結果の比較のための試験指針として、各地域に共通する試験条件を下記のようにした。

- ・縦横断方向の平坦性の程度に応じて、測定区間を30箇所設定する。その内の10区間は予備である。
- ・各区間延長は1000mとし、実際の測定は区間の中央500m区間で実施する。
- ・選定された各区間は平坦性において均一であることを条件とするが、いくつかの区間では洗濯板状、段差、わだち掘れなどの各種破損箇所のほか直線部、曲線部、登坂部をいくつか含む。
- ・コンクリート舗装、ポーラスアスファルト舗装を幾つか含む。

これらを踏まえ、北海道の道路における以上の条件を満足する道路区間として、最終的に表-1の区間が選出された。

表-1 測定区間

国道 (12 箇所)		道道 (1 箇所)		高速道路 (2 箇所)	
36号	1 箇所	上厚真-苫小牧線	1 箇所	道央自動車道 (恵庭IC-北広島IC)	2 箇所
234号	4 箇所				
275号	1 箇所				
276号	1 箇所				
337号	2 箇所				
451号	1 箇所				
自専道(未供用) (深川-留萌間)	2 箇所				

2.2.2 測定装置

北海道での試験に参加した装置は、低速測定装置7台、高速測定装置8台であり、そのうち海外からの参加(アメリカ合衆国、チェコ)は4台あった。国内から参加した高速測定装置は、縦断プロファイル測定に関してはレーザ変位計を車両に搭載して、通常の車両走行速度で測定する方式が主流となっている。国内から参加した高速測定装置のリストを以下の表-2に示す。

表-2 測定装置

装置(会社)	測定法		測定時間帯	測定幅 (m)	測定速度 (km/h)
	縦断	横断			
路面キャッチャーRCX	交点変位法	光切断法	夜間	4.0	100以下
ロードマン	三点逐次法	光切断法	夜間	4.5	100以下
ベープメータ	三点逐次法	光切断法	夜間	5.3	100以下
ロードレオン	三点逐次法	光切断法	夜間	5.0	100以下
TEV-1	レーザーセンサ +ジャイロ	レーザーセンサ	日中、夜間	2.0	100以下
ロードビジョン	レーザーセンサ +ジャイロ	レーザーセンサ	日中、夜間	3.8	100以下
東亜道路工業	レーザーセンサ +ジャイロ	レーザーセンサ	日中、夜間	3.7	80以下

2.3 解析方法

真のプロファイル (True Profile) と各高速測定装置における Bias Error⁽⁷⁾、RMS⁽⁷⁾ (Root Mean Square) Error、Standard Error⁽⁷⁾を求め、各測定装置の精度を解析する。また、各高速測定装置における路面プロファイルの IRI (国際ラフネス指数) から Repeatability⁽⁴⁾ (反復性)、Reproducibility⁽⁴⁾ (再現性)、Portability⁽⁴⁾ (移殖性) における各高速測定装置の精度とその特性を解析する。

2.3.1 真のプロファイル (True Profile)

真のプロファイル (以下、True Profile) とは、Dipstick、Rolling Dipstick、水準測量の3種類の測定装置のプロファイルデータから求めたものであり、実路面プロファイルを概念的に作り出したものである。

2.3.2 IRI (International Roughness Index)^{(2), (3)}

IRI とは、国際ラフネス指数 (以下、IRI) のことで、平坦性指数を関連づけ、統一の見地から路面のラフネスを把握するための指数として、1982年にブラジルで実施された国際ラフネス測定の結果をもとに、1986年に世界銀行によって提案された。路面のラフネスは、舗装のパフォーマンスや車両走行費用に大きく影響

を与えるため、これまで様々な測定装置が開発されてきたが、IRI はレスポンスタイプのラフネス測定装置との相関性に配慮している。

3. 測定精度の解析

測定装置の誤差を表す Bias Error、RMS Error、Standard Error と、プロフィロメータの精度を表す Repeatability (反復性)、Reproducibility (再現性)、Portability (移殖性) についてその解析の一例を示す。

3.1 測定精度

測定装置の誤差を表す Bias Error、RMS Error、Standard Error と、プロフィロメータの精度を表す Repeatability (反復性)、Reproducibility (再現性)、Portability (移殖性) について下記に示す。また、以下の説明で言う truth (真値) とは True Profile のことである。

3.1.1 Bias Error⁽⁷⁾

$$\text{Bias Error} = E[\text{measure} - \text{truth}]$$

Bias は上記で表され、measure (測定値) から truth (真値) を除した値の平均値を表す。

3.1.2 RMS (Root Mean Square) Error⁽⁷⁾ (以下、RMS Error)

$$\text{RMS Error} = \{E[(\text{measure} - \text{truth})^2]\}^{1/2}$$

RMS Error は上記で表され、measure (測定値) から truth (真値) を除した値の根二乗平均値であり、正負で表される Bias と違い正の値で表される。

3.1.3 Standard Error⁽⁷⁾

$$\text{Standard Error} = \{E[(\text{measure} - \text{truth} - \text{Bias})^2]\}^{1/2}$$

Standard Error は上記で表され、measure (測定値) から truth (真値) と Bias を除した値の根二乗平均値である。

3.1.4 Repeatability⁽⁴⁾ (反復性)

同様の測定装置によって同様の測定値を示す性能のことで、同一条件下、同一の測定装置で複数回測定するときの信頼性を示すものである。

3.1.5 Reproducibility⁽⁴⁾ (再現性)

基本設計が同じで、異なる測定装置で繰り返し測定した時の性能のことで、本研究では、True Profile と測定装置の IRI における精度を示すグラフの一例を取り上げた。

3.1.6 Portability⁽⁴⁾ (移殖性)

異なる設計の測定装置による測定値が同様となる性能のことで、共通の比較可能なプロファイルによって異なる測定装置の特性を見出し、それぞれの測定装置間を相互に関連させることができるものです。Portability の基準となるのが True Profile であり、True Profile とは平坦性指標を算定することに適当なプロファイルと言う概念にあります。

3.2 解析例

下記に高速測定装置の Reproducibility と Bias、RMS、Standard Error についての解析例を示す。

3.2.1 Reproducibility (再現性) における解析

右図より、IRI の値は Device D が True Profile に最も近く、散らばりも少ないことから精度が優れていることがわかる。一方 Device C は True Profile との値と離れていることから精度が良くないが、IRI 値の散らばりは少なく反復性は優れている。

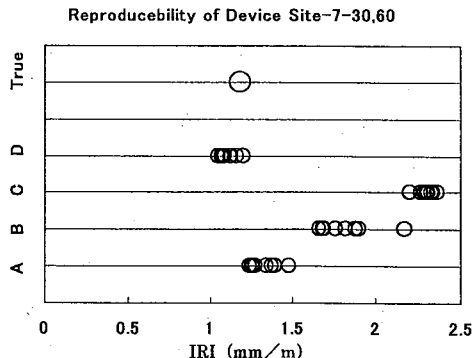


図-1 Reproducibility of Device

3. 2. 2 Bias Error、RMS Error、Standard Error における解析

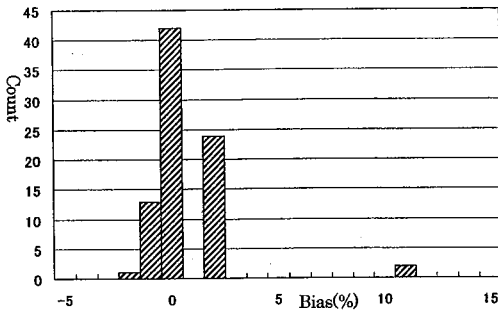


図-2 Bias Error of Device E

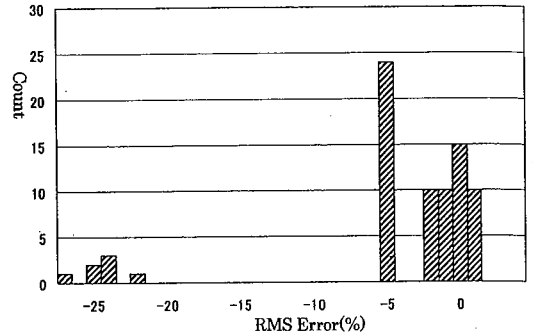


図-3 RMS Error of Device E

Device E の Bias Error は 50%以上が 1%未満であり真値との誤差が非常に少ないことがわかる。また RMS、Standard Error 値も 90%以上が 5%以内にあり、この測定装置の精度が高いことを示していることがわかる。

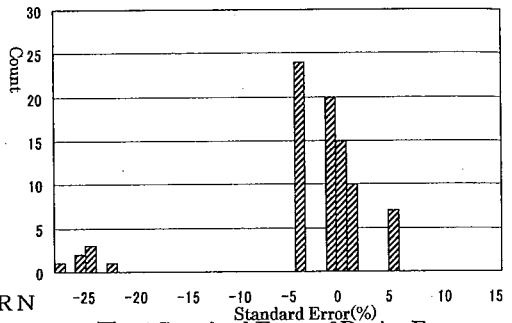


図-4 Standard Error of Device E

4. おわりに

今回の発表では Repeatability (反復性) と Portability (移殖性) については解析を記載していないが、それらも含め解析を行う必要がある。また、平坦性指標として RN (ライドナンバ) など、その他の指標を用いた解析などがある。

本研究において今後期待されることは、より高い精度のプロファイルデータを得ることにより、舗装マネジメントや舗装設計への利用、測定データの異機種間での互換性の検討、各測定装置の測定精度、測定結果の再評価への利用、測定結果の統計的処理方法の検討などがある。

本研究に際し、データの提供にご協力いただいたニチレキ、東亜道路、日本舗道、朋栄、パスコ、国際航業、東エン、PIARC 関係者の方々に紙面を借りて感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 川村 彰 : PIARC TC1 の国際共通試験について (舗装研究会例会参考資料)
- 2) Syers, M., Gillespie, and Queiroz, C.: International experiment to establish correlations and standard calibration methods for road roughness measurements, World Bank Technical Paper No.45, The World Bank, Washington D.C., 1986
- 3) Syers, M., Gillespie, and Paterson, W.D.O.: Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements, Technical Paper No.45, The World Bank, Washington D.C., Jan. 1986.
- 4) Prasue, Czech republic : Roadxuf'98 FIRST CZECH SYMPOSIUM ON ROAD AND AIRFIELD SURFACE, 1998
- 5) S.M.Karamihas, T.D.Gillespie : GUIDELINES FOR LONGITUDINAL PAVEMENT PROFILE MEASUREMENT
- 6) Michael W, Sayers Steren M, Karamihas : The Little Book of Profiling, 1997
- 7) B.Schmidt, J.Wambold, A.Kawamura, G.Descornet : International Experiment to Harmonize Longitudinal Transverse Profile Measurement and Reporting Procedures Draft Report