

路面のIRI（国際ラフネス指数）を測定する 各種測定方法の精度比較

安藤和彦・倉持智明

1. はじめに

現在、道路舗装の損傷等を判断する目安として、現道において平坦性、ひび割れ、わだち掘れの三項目が測定されている。また、これら三項目を用いて路面状態を総合的に評価する指標MCI (Maintenance Control Index) が計算され、三項目及びMCIを含めた四つの評価項目等により、舗装修繕の必要性が判断されている。

これらは、主として舗装路面の構造的劣化を評価するものであるが、1986年に世界銀行より、舗装路面と運転者の乗り心地を関連づけた国際ラフネス指数IRI (International Roughness Index) による評価が提唱され¹⁾、これを契機として、乗り心地による路面評価が国際的に一般化しつつある。

これを背景に我が国では、平成25年2月、国土交通省道路局より総点検実施要領（案）舗装編²⁾（以下点検要領案とする。）が提示され、今後の路面の縦断凹凸評価はIRIを用いることとされた。

IRIは、運転者の乗り心地という官能評価を基に導き出されたものであるが、現在では測定装置を使った測定方法が示され、IRIを測定する簡易型の装置が種々開発されてきた。ただ、これら測定装置で得られた測定値間の相関性や精度などは、十分把握されていない。

本報文では、上記を踏まえ、各種の測定装置により測定されるIRIの精度を比較するための試験を実施したので、その結果について述べる。

2. IRIの概要^{1),3)}

2.1 IRIとは

IRIは路面の凹凸の程度を示すラフネス（乗り心地を評価する指数）の一種であり、路面のプロファイル（車道縦断方向の凹凸波形、一般に車輪通過位置で測定）上を、車両部分をモデル化した

QCモデル（クォーターカーモデル、図-1）を一定の速度（標準速度80km/h（50mph））で

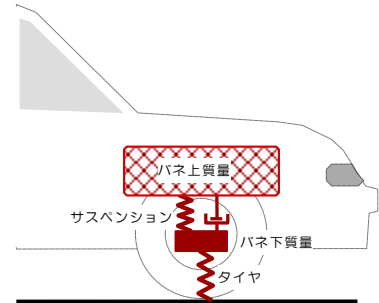


図-1 QC(クォーターカー)モデル⁴⁾

走行させたときに、車両が受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比である³⁾。単位は、m/km、mm/m等で表される。

IRIの利点は、他のラフネスに比べて、測定装置が異なっても、おおよそ共通の値が得られるとされている点、世界共通の指標として各国間での比較に用いることができる点等が挙げられる。

また実際の評価では、上記のような数値計算の一方で、官能評価として運転者が実際に走行した際の体感等で評価する方法も示されており、各国の事情に応じて路面を評価できる工夫がみられる。

2.2 測定クラス

IRIの測定方法は表-1に示すように、測量機器や測定装置を使った高い精度のものから体感評価等まで4クラスに分けられている。

クラス1は、最も高い精度でIRIが得られる方法であり、これは水準測量でプロファイルを正確

表-1 路面の凹凸等の測定方法とIRIの評価方法³⁾

クラス	路面の凹凸等の測定方法	IRIの算出方法
1	水準測量	間隔250mm以下の水準測量で縦断プロファイルを測定し、QCシミュレーションによりIRIを算出する。
2	任意の縦断プロファイル測定装置	任意の縦断プロファイル測定装置で縦断プロファイルを測定し、QCシミュレーションによりIRIを算出する。
3	RTRRMS（応答型道路ラフネス測定システム）	RTRRMS（応答型道路ラフネス測定システム）で任意尺度のラフネス指数を測定し、相関式によりIRIに変換する。
4	パトロールカーに乘車した調査員の体感や目視	パトロールカーに乘車した調査員の体感や目視によりIRIを推測する。

The comparison of the precision of IRI (International Roughness Index) measured by various IRI measurement methods

に記録できることによる。

クラス2は、クラス1に次いで高い精度でIRIが得られる方法であり、移動測定式のプロファイル測定装置（以下プロファイルメータ）を使ってプロファイルを測定し、IRIを計算する方法である。

クラス3は、走行式測定装置を使って車両の応答を含むプロファイルを測定し、あらかじめ得られている相関式から、IRIを求める方法である。

クラス4は運転者による体感評価やIRIと関連付けられた写真との比較による目視評価等を行うものであり、概略のIRIを求める方法である。

2.3 IRIによる路面の評価

IRIによる路面の評価としては、図-2が示されている。

図では、IRIと舗装面の状態、標準的な走行速度との関係が示されており、舗装では4m/km程度が損傷有無を判断する目安になっているようである。ちなみに4m/kmでは、速度80~100km/hで快適に走行できるとされている。また現在の高速道路でのIRIの管理基準は3.5m/km⁵⁾となっており、これは新しい舗装の性能としての下限（最大値）を想定しているものと考えられる。

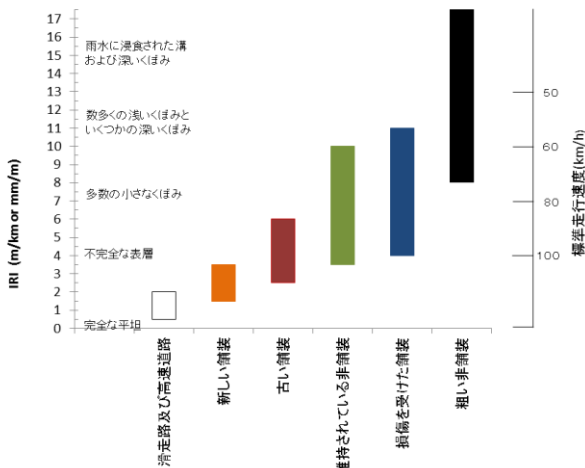


図-2 路面性状とIRIとの関係^{1),3)}

2.4 我が国の状況

現在、我が国で実施されているIRIによる縦断凹凸の評価状況を表-2に示す。

クラス1やクラス2の小型プロファイル装置による測定は、測定精度は高いものの延長の長い道路に適用するには不利である。そのため点検要領案では、道路管理者が評価する簡便な方法であるクラス4での評価が提示されており、また

表-2 IRIによる縦断凹凸評価状況

対象道路	縦断凹凸の評価	要領
主として幹線道路	体感・目視によるIRIの評価	総点検実施要領（案） 【舗装編】：国土交通省道路局、平成25年2月
直轄道路	平坦性σから変換したIRIで評価	舗装の調査要領(案)： 国土交通省 国道・防災課、平成25年2月
NEXCO管理道路	原則として「路面性状測定車による路面のIRI測定方法」により測定した縦断凹凸からIRIを算出して評価	NEXCO設計要領 第一集 舗装編：NEXCO東日本、中日本、西日本、H25年7月

NEXCO管理道路では、高速走行で測定でき作業効率のよい装置（クラス2またはクラス3）の採用が図られている。

3. 精度比較試験

測定精度の高いクラス1、2について、測定装置が異なる場合のIRI値を比較するため、比較試験を以下の内容で実施した。

3.1 試験場所および試験区間の設定

試験場所は、茨城県内の国道で、交通量1万台/日程度、大型車混入率10%程度（H22センサー）の片側2車線の道路（密粒アスファルト舗装）である。

試験区間は、試験場所の第1車線で路面状態が同程度となっている230m長の区間を選定した。プロファイルの測定線は、車線の中心線から1.0m路肩側の位置とした。なお、測定は230m区間に100m区間の測定区間を4区間（図-3 ①~④区間）設け（重複有り）測定を行った。

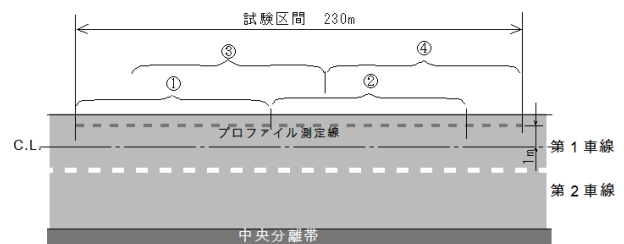


図-3 測定位置の設定状況

3.2 測定手法・装置

測定は、水準測量（クラス1）、小型プロファイルメータの代表的2機種（クラス2）、路面性状自動測定装置1台（以下路面性状装置）（クラス2）を用いた。以下では、小型プロファイルメータの2機種をA、Bタイプとして区分する。測定回数は各1回である。

土研センター

IRIの算出プログラムは、現在代表的に用いられている2種類の解析プログラム（RoadRuf；ミシガン大学製作およびProVAL；Transtec Group社製作）を用いた。なお、両プログラムの計算結果を比較すると、最も差がある場合でも少数点以下二桁目の差であり、ほぼ同じ出力結果となった。

① 水準測量（クラス1）

標尺とレベルを用いて、測定間隔250mmで、測定点における基準からの相対高さを0.5mmの精度で測定した。なお、標尺が舗装路面に接する部分は突起部を設け、標尺下面の設置面積を少なくするように工夫した。

② 小型プロフィールメータAタイプ（クラス2）

調査区間の10m手前より測定を開始し、調査開始地点から調査終了地点までは安定した一定速度を保つように測定し、調査終了地点を通過後徐々に減速し停止した。プロファイルの測定間隔は10mmである。

③ 小型プロフィールメータBタイプ（クラス2）

Aタイプと同様に、調査区間の10m手前より測定を開始し、調査開始地点から調査終了地点までは安定した一定速度を保つように測定し、調査終了地点を通過後徐々に減速し停止した。プロファイルの測定間隔は250mmである。

④ 路面性状装置（クラス2）

調査区間の80m手前より走行を開始し、調査開始地点では安定した速度になるようにした。調査区間内は一定速度（速度30km/h）で測定した。プロファイルの測定間隔は50mmである。

測定状況を写真-1～3に示す。

3.3 測定結果

3.3.1 測定されたプロファイル

最も高い精度で測定される水準測量と、小型プロフィールメータの波形を比較した結果を図-4に示す。なお、高い移動速度で測定される路面性状装置の波形は、水準測量のものと出力波形が異なる



写真-1 水準測量（クラス1）



写真-2 小型プロフィールメータ（クラス2）



写真-3 路面性状装置（イメージ写真、クラス2）

ため除いた。

図によれば、全体として近似した波形が測定されていることがわかる。ただし局部的には、多少の差が生じている部分、三つの方法ともほとんど同じ波形となっている部分などがみられる。

3.3.2 測定方法によるIRI値の比較

次に、測定されたプロファイルにより算出されたIRI値を表-3に示す。なお測定間隔は全て250mmに統一して比較した。

図-2のIRI評価値と対比すると、試験区間はかなり平坦性のよい舗装状態であることがわかる。

評価値は、図-2からみて整数単位での評価であれば、いずれの方法も同程度の評価になると判断できる。さらに高い精度として、NEXCO管理道路のように0.5m/km単位まで要求される場合を考え0.5±0.2m/km程度の精度を想定すると、小型プロ

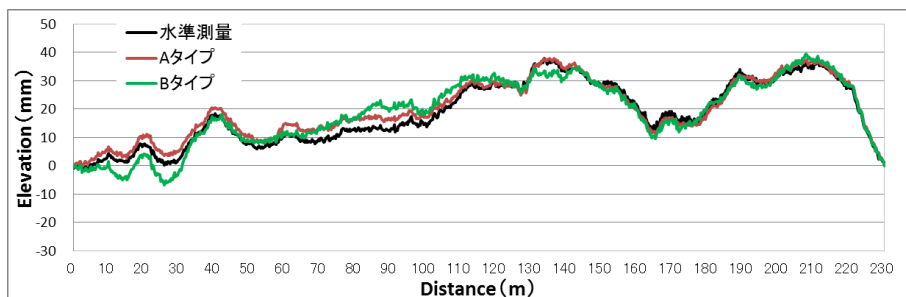


図-4 水準測量、小型プロフィールメータのプロファイル比較

表-3 各測定方法・装置によるIRI比較

クラス	測定方法・測定機	測定間隔 (m)	IRI (m/km)			
			①区間	②区間	③区間	④区間
1	水準測量	0.25	1.3	1.4	1.3	1.3
2	小型プロファイルメータ Aタイプ		1.5	1.6	1.5	1.6
	小型プロファイルメータ Bタイプ		1.2	1.3	1.2	1.3
	路面性状自動測定装置		1.6	1.7	1.8	1.6

フィルムメータBタイプのIRIは水準測量と同程度の精度になっているが、小型プロファイルメータAタイプと路面性状装置のIRIは、水準測量と若干差が見られる。

次に、水準測量と各測定方法のIRIの差をみると図-5のとおりである。ここで差δは以下により求めた。

$$\delta = (X_2 - X_1) / X_1 \times 100 \quad (\%)$$

ここで、 X_2 : 各測定方法でのIRI (m/km)

X_1 : 水準測量でのIRI (m/km)

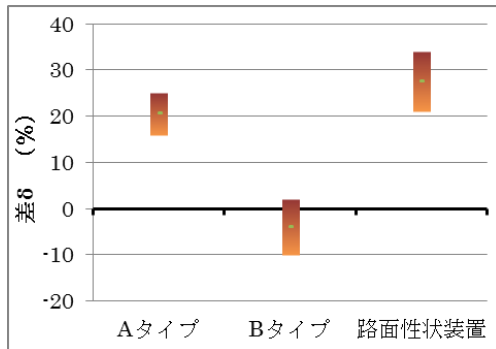


図-5 各測定装置と水準測量との差(IRI)(N=4)

図によれば、今回の比較試験では、水準測量と差が大きな装置は、いずれも水準測量よりIRI値が大きくなる傾向が見られる。

3.3.3 測定間隔による変化 (Aタイプ)

小型プロファイルメータAタイプは、測定間隔10mmで計測され、水準測量(250mm)と比べてかなり密なデータ収集が行われている。そこで、

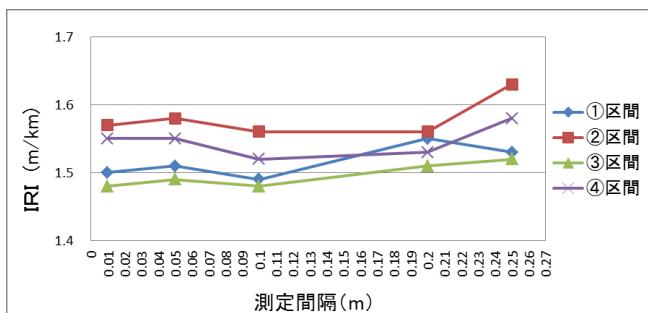


図-6 測定間隔によるIRIの変化(Aタイプ)

データの測定間隔を変えてそれぞれIRI値を算出した(図-6)。なお、データは各測定間隔で移動平均して求めた。

図によると、IRIの変化傾向は各区間によって多少異なっているが、①区間を除く三つの区間で250mmの測定間隔が最も大きくなっている。ただし、各区間の測定間隔による差は0.1m/km程度以内であり、測定間隔の違いによる差は少ない。

4. おわりに

今後IRIを路面評価方法として展開していくためには、4段階のクラスに分かれているIRIの測定方法について、クラス間や各種測定方法間の関係を十分把握し、統一的、系統的に用いられるよう整備していく必要があるものと考えられる。

本試験は、この一助となる資料を得るために実施したものであり、クラス2の装置の実用性がある程度確認できた。ただし現段階ではデータ数が限られ、乗り心地の悪い路面などを含めさらに多くのデータを収集していく必要がある。特に路面性状装置は、現在舗装の路面評価に活用されており、IRIの計測にも活用が期待されるので、路面性状装置を使ったIRI測定値の妥当性についてさらに検討していくことが望まれる。

参考文献

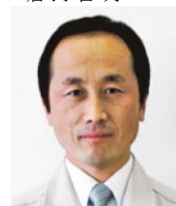
- 1) Sayers et al. : Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, World Bank Technical Paper Number 46, 1986
- 2) 国土交通省道路局 : 総点検実施要領 (案)【舗装編】、平成25年2月
- 3) (社)日本道路協会 : 舗装調査・試験法便覧、〔第1分冊〕、平成19年6月
- 4) Gillespie : Everything You Always Wanted to Know about the IRI, But Were Afraid to Ask!, Road Profile Users Group Meeting, 1992.9
- 5) 東・中・西日本高速道路株式会社 : 設計要領第一集舗装編、平成25年7月

安藤和彦



(一財)土木研究センター
道路研究部長
Kazuhiko ANDO

倉持智明



(一財)土木研究センター
道路研究部 主幹研究員
Tomoaki KURMOCHI