

乗り心地評価に基づく路面の補修必要度の可視化

Visualization for Maintenance and Rehabilitation Needs of Pavement Surfaces Based on Ride Quality

北見工業大学工学部 ○学生員 藤田 旬 (Shun Fujita)

北見工業大学工学部 正会員 富山和也 (Kazuya Tomiyama)

北見工業大学工学部 正会員 川村 彰 (Akira Kawamura)

1. はじめに

我が国における道路舗装は、積極的な公共投資によって量的整備が充足し、道路整備に対する社会的要求は、道路利用者の快適性や安全性など質的満足度の向上に移行している。これらの社会的状況において、道路と人との接点となる舗装路面の維持管理には、乗り心地や走行時の安心感など、道路利用者の視点を重視した対策が必要である。

我が国の舗装維持管理の取り組みとして、舗装マネジメントシステム¹⁾(以下、「PMS」とする)が効率的で有力なツールとして挙げられている。PMSにおいて、舗装の状態を的確に把握することは、舗装の計画的、効果的な管理を行うために極めて重要である。また、舗装供用性能の一つである路面の平坦性は、舗装構造が有すべき必須の性能指標²⁾であり、道路利用者の乗り心地や走行時の安心感に影響を与える重要な要素である^{3,4)}。

2013年発表の「総点検実施要項(案)【舗装編】」において、平坦性の評価には乗り心地に関連したIRI(International Roughness Index: 国際ラフネス指数)が導入され⁵⁾、目視点検と合わせ車両振動レベルに応じて路面水準を判定する方法が提案されているが、目視や体感では、個人差により評価の定量化が困難である。

本研究では、車両の乗り心地に直結する路面平坦性に着目し、ファジィ理論を用いて車両振動に基づく乗り心地評価の曖昧さを定量化し、利用者意識に基づく路面平坦性評価手法を提案する。合わせて、簡易路面平坦性測定装置であるモバイルプロフィロメータ(MPM: Mobile Profilometer)と、GIS (Geographic Information System)を活用した路面点検手法を提案する。

2. ファジィ理論を用いた道路利用者意識に基づく路面評価手法の提案

2.1 従来の路面評価手法

我が国の舗装供用性能を示す指標としては、AASHO道路試験で定義された舗装のサービス性能指標であるPSI(Present Serviceability Index)や、旧建設省土木研究所が開発した舗装の維持修繕の要否を判断する指標であるMCI(Maintenance Control Index)がある⁶⁾。しかし、これらの評価の管理基準は主としてひび割れ、わだち掘れ、および平坦性から評価したものであり、技術的観点から舗装の維持修繕を判断するものであることから、乗り心地の良し悪しや走行時の安心感に必ずしも結びつかないことが問題として挙げられる。またPSIやMCIは、ひび割れやわだち掘れの寄与率に比べ、車両の乗り心地に

影響する平坦性の寄与率が極めて低い⁶⁾。

以上の背景を踏まえ、本章では、道路利用者の乗り心地や走行時の安心感に直接影響を与える路面平坦性の評価指標であるIRIを用いて、ファジィ理論により車両振動に基づく乗り心地評価の曖昧さを定量化し、道路利用者意識に基づく路面評価手法を説明する。

2.2 ファジィ理論の概要

ある集合Aに対し、個々の要素Xがその集合に属すると思われる度合いを0から1の数値で表したものをメンバーシップ関数(membership function)と呼ぶ。このメンバーシップ関数は、曖昧な量を表現するのに用いられる関数で、次のように定義される⁷⁾。

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

例えばあるわだち掘れ深さに対して、「対策すべき」と判断する場合、20mmでは0.2、100mmなら1というようにその概念にどの程度属しているかを0~1の数値で表す。このように、メンバーシップ関数を用いて表現することで、人間の思考や判断による曖昧さを定量化することが可能になる。

3. ドライビングシミュレータを用いたIRIによる体感乗り心地評価

既存研究では、ドライビングシミュレータを用いて、IRIと乗り心地および走行時の安心感の関係を、人間の主観評価に基づき検証している⁴⁾。

検証結果をまとめると以下のようになる。

- (1) IRI=2mm/m (新設舗装)
被験者の約7割以上が、走行速度に関係なく、乗り心地評価は「良い」または「普通」と感じている。
- (2) IRI=3~4mm/m (新設~古い舗装)
乗り心地評価にバラつきが見られるものの、被験者の約4割が「普通」または「悪い」と感じている。特に、走行速度が80km/hの時では、被験者全体の約5割以上の人が、乗り心地が「悪い」と感じている。
- (3) IRI=5~6mm/m (古い舗装)
被験者の約7割が、走行速度に関係なく、乗り心地評価は「悪い」と感じている。特に、走行速度が60km/h以上になると、被験者の約8割以上の人が、乗り心地が「悪い」と感じている。

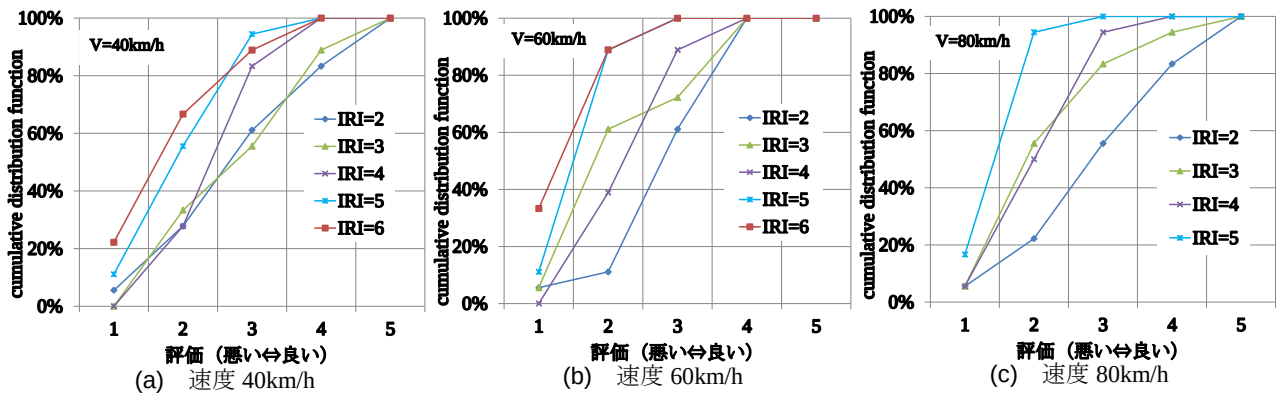


図-1 IRIによる速度別に走行した乗り心地評価結果

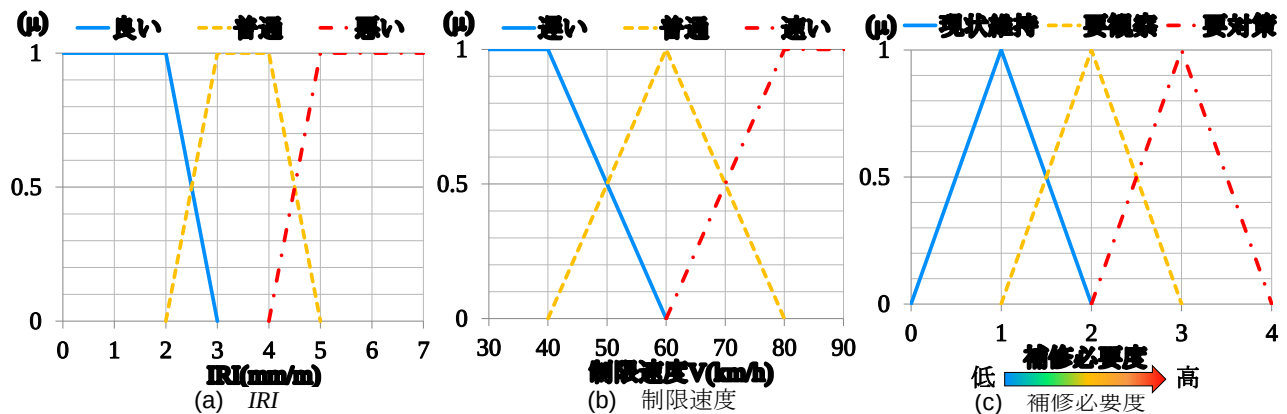


図-2 IRI、制限速度および補修必要度のメンバーシップ関数

このことから IRI が高く、また、走行速度が増加するに伴い、乗り心地評価は低下する傾向があることがわかった。図-1 に、IRI による乗り心地評価を用いた累積分布関数による分析結果を示す。

4. 乗り心地評価についてのメンバーシップ関数の作成

本研究では、ドライビングシミュレータを用いて検証した、乗り心地評価結果を用い、ファジィ理論に基づき、IRI と制限速度のそれぞれのメンバーシップ関数を算出した。また、IRI と制限速度の関係から得られる値を補修必要度と仮定し、1 から 3 の数値で表した。図-2 に、IRI、制限速度および補修必要度のメンバーシップ関数を示す。

なお、メンバーシップ関数の算出には、IRI の評価値を「良い、普通、悪い」、制限速度の評価値を「遅い、普通、速い」、補修必要度の評価値を「現状維持、経過観察、要補修」とし、ファジィ理論における言語変数とした。図-2 のメンバーシップ関数を用い、IRI および道路規格を入力データとすることで、路面の補修必要度について、道路利用者の乗り心地および安心感に基づく定量的な評価が可能となる。

本手法では、ドライビングシミュレータの体感乗り心地評価結果を基に、計算処理の簡略化を図るために、各メンバーシップをそれぞれ 3 段階設定した。本手法を用いることで、汎用の表計算ソフトを用いての演算が可能となるため、財政的に小規模な地方自治体において、経

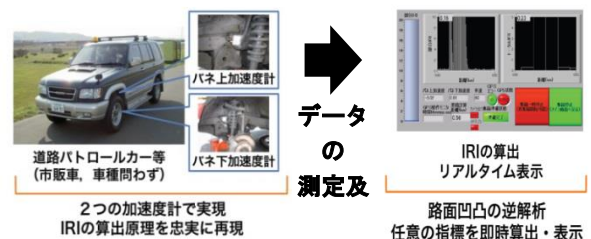


図-3 モバイルプロフィロメータ (MPM) の概要

済的かつ効率的な利用が期待できる。

5. GIS および MPM を用いたファジィ理論に基づく路面の補修必要度の可視化

MPM とは、測定車両における任意の一輪のバネ下およびバネ上に加速度計を設置し、走行時にそれら 2 つの加速度計から得られる上下加速度から IRI などの平坦性指標をリアルタイムに算出する装置である⁸⁾。図-3 に、MPM の概要を示す。また、筆者らは、既存研究⁹⁾において、市街地の路面状況をネットワークレベルでモニタリングするため、高精度なマップデータを持つ日本デジタル道路地図協会のデジタル道路地図と、世界的に利用されている GIS である ArcGIS を活用することで、MPM を用いて収集した IRI による路面平坦性情報を基に、道路管理者別および用途地域別の平坦性状況をデジタル地図上にプロットし、視覚的に把握可能であることを明らかにしている。

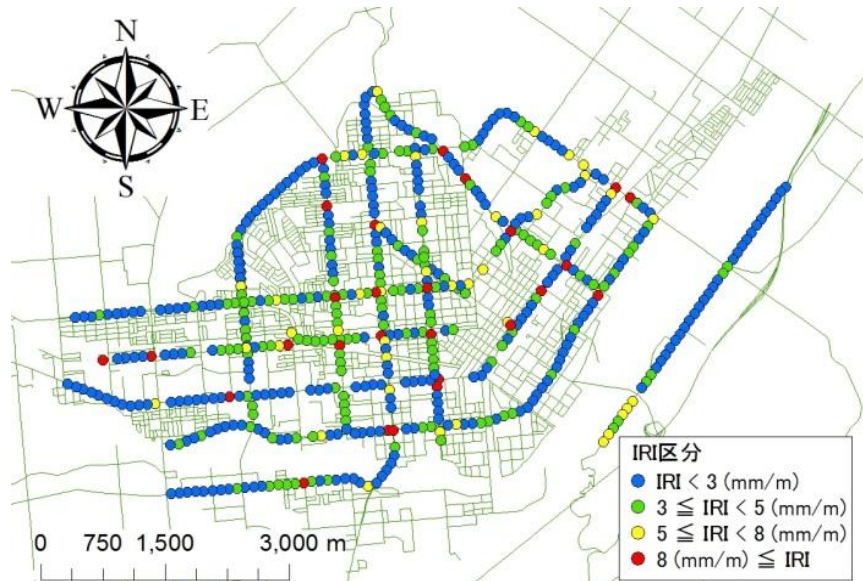


図-4 「総点検実施要領(案)【舗装編】」を参考にした IRI による路面モニタリング



図-5 ファジィ理論を用いた補修必要度による路面モニタリング

本章では、ファジィ理論に基づく、新たな路面平坦性評価手法の有効性について検証するため、加速度計を用いた簡易路面平坦性測定装置であるMPMを用いて、市街地道路のIRI（を収集し、ファジィ理論に基づいた路面の補修必要度モニタリングについて検討する。

6. 路面の補修必要度の可視化

図-4 は、2013 年 11 月に得られた 100m 区間ごとの IRI を、総点検実施要領(案)【舗装編】を参考にして、区分毎に色分けし、デジタル地図上に表示したものである。また、得られた IRI を基に、前章で述べたファジィ理論に基づき路面の補修必要度を算出し、同様にデジタル地図上に表示した(図-5)。

図-4 より、一部路線、特に交差点付近において IRI が 8mm/m 以上なる箇所が局在し、路面平坦性の低下が確

認できる。それに対し、図-7 では、主要道路を除いて、市街地の中心部、特に交差点付近では、補修必要度のレベルが高く表示されていることがわかる。このことから、道路利用者の乗り心地や走行時の安心感に影響を及ぼす箇所は、特に交差点付近に集中しているものと考えられる。

次に、市町村道の一部路線(路線 A とする)着目して、IRI と補修必要度の路面モニタリングの比較を行った。図-6 に、路線 A における IRI と補修必要度による路面モニタリング結果を示す。図-6(b)において、補修必要度のレベルが、北東から南西に向かって徐々に高くなっていることが確認できた。また、交差点付近では、局所的に補修必要度のレベルが高く表示されていることが確認できた。このことから路線 A について、車両が北東から南西に向かって走行すると、道路利用者の乗り

心地や走行時の安心感が徐々に低下する恐れがあるといえる。このような、GIS を用いた補修必要度による路面モニタリングでは、従来の IRI による評価では確認できなかった、道路利用者の乗り心地の漸次的低下または局所的低下の可視化が期待できる。以上のように、ファジィ理論を用いて道路利用者の主観評価に基づいた乗り心地および安心感を定量化することで、IRI による平坦性評価に加え、道路利用者の乗り心地および安心感評価を取り入れた、路面の客観的かつ効率的なモニタリングと可視化が可能となる。

7. まとめ

本研究では、ファジィ理論を用いて車両振動に基づく乗り心地評価の曖昧さを定量化し、道路利用者に即した路面平坦性評価手法を提案した。また、簡易路面平坦性測定装置である MPM と GIS を導入して、ファジィ理論に基づく路面平坦性評価手法の有効性について検討したものである。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) ドライビングシミュレータから得られた、IRI と乗り心地および走行時の安心感の評価結果を用いて、ファジィ理論を適用することで、車両振動に基づく乗り心地評価の曖昧さを定量化することが可能である。また、路面の補修必要度について、IRI および道路規格を入力データとすることで、道路利用者の乗り心地および安心感に基づく定量的な評価が可能となる。
- (2) 補修必要度の路面モニタリングにおいて、MPM 測定から得られた IRI 測定結果を基に、提案したファジィ理論に基づく路面評価手法を用いて、路面の補修必要度を算出し、GIS と組み合わせることで、従来の IRI による平坦性評価だけでなく、道路利用者の乗り心地および安心感評価を取り入れた、路面の客観的かつ効率的なモニタリングと可視化が可能となる。

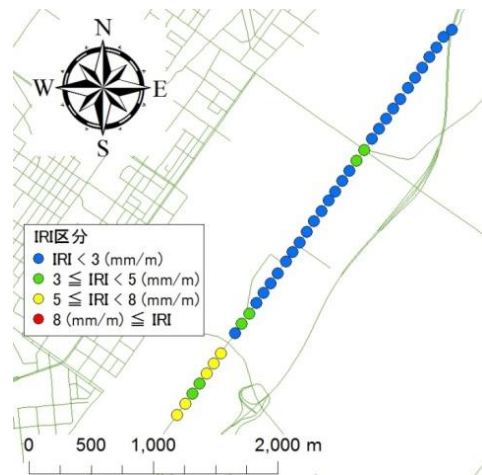
本研究の成果を用いることで、従来の IRI による平坦性評価に、道路利用者の乗り心地および安心感評価を付加した、路面の客観的かつ効率的なモニタリングと可視化が可能になるとともに、道路利用者の乗り心地および安心感に対応した舗装の管理目標値策定や、人的および財政的に小規模な地方自治体において、経済的かつ効率的な舗装維持管理の実施に貢献するものと期待できる。

謝辞

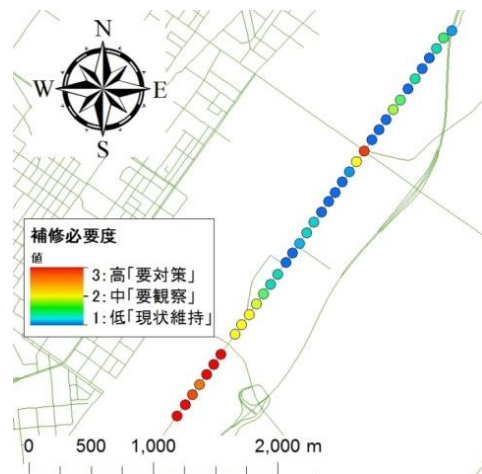
本研究は、平成25年度一般財団法人 日本デジタル道路地図協会の研究助成を受けて実施したものである。また、本研究による路面モニタリングは、北見市都市建設部の協力を得て実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 舗装工学委員会 舗装教育小委員会：“舗装工学ライブラリー7” 舗装工学の基礎、丸善、2013。
- 2) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用、丸善、2004。



(a) IRI による路面モニタリング



(b) 補修必要度による路面モニタリング

図-6 路線 A における IRI と補修必要度による路面モニタリング

- 3) 日本道路協会：道路資産管理の手引，<http://www.road.or.jp/technique/pdf/080925.pdf>，（参照 2013.09.20）
- 4) 石田樹，岳本秀人，川村彰，白川龍生：ドライビングシミュレータによる舗装路面の乗り心地と走行安心感の評価，舗装工学論文集，第 9 巻，pp.49-56，2004。
- 5) 国土交通省：総点検実施要領（案），<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/roadstock06/>，（参照 2013.06.03）
- 6) 土木学会土構造物および基礎委員会「舗装工学」編集委員会：舗装工学，丸善，1995。
- 7) 山下元，瀧澤武信：ファジィ理論 基礎と応用，共立出版，2010。
- 8) 中島繁則，川村彰，坂田光児，山崎元也，谷岡和範：高速道路の維持管理に向けた新小型 IRI 測定システムの開発，交通工学，Vol.44，No.2，2009。
- 9) 藤田旬，富山和也，Nueraihemaitijang ABLIZ，川村彰：簡易平坦性測定および GIS に基づく市街地道路の路面モニタリング，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol. 69，No. 2，pp.90-97，2013。