

IRI ワイヤレス路面測定技術～ACTUS による路面モニタリング～

中園 康平¹ 原田 秀敏²

¹株式会社ニュージェック 交通・都市部門 道路グループ (大阪) (531-0074 大阪市北区本庄東 1-1-10)

²株式会社ニュージェック 交通・都市部門 道路グループ (九州) (812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-14-1)

日常の道路管理を進める中で、①今後の効率的な舗装繕計画の立案に向け経時的な変状データ・資料収集を定期的に精度よく取得する ②得られた各種情報の記録・図化を自動化・可視化 といった項目が道路管理者からのニーズとして求められるところである。

本稿では、国際標準的な舗装路面性状の評価手法である IRI (International Roughness Index ; 国際ラフネス指数) を普通乗用車へ実装し、今回奈良県内の直轄国道を試験フィールドに走行・データ取得を行うとともに、路面性状モニタリング結果・データ再現性・位置精度向上等の研究結果について考察・報告する。

なお、本技術は近畿地方整備局における現場ニーズと技術シーズとのマッチング取組みにおいて採択 (令和3年1月21日) されたものである。

キーワード：新技術 維持管理 路面性状調査 GPS IRI モニタリング

まえがき

高度成長期の道路構造物が更新時代を迎える中、利用者の維持管理に対する「量」から「質」へのニーズ変化に応えるべく、道路舗装においても路面平坦性モニタリングの高度化・効率化が急務とされる。

加えて、平成28年10月に舗装点検要領¹⁾が制定され、地方自治体を含むすべての道路管理者は定期的な路面点検実施が必須となり、近年の維持管理コスト縮減傾向を踏まえ、簡便かつ効率的な点検技術の需要が高まっている。

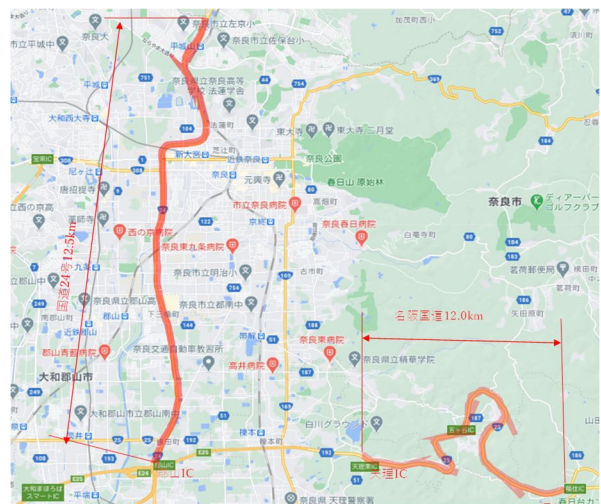
一方、国土交通省では「新技術の発掘」や「企業間連携」を推進し、新技術の開発促進・普及拡大を図ることを目的に、現場ニーズと技術シーズをマッチングさせる取組みを行っている²⁾とされており、上述要旨に示す通り、本技術が採択されたところである。

本技術展開にあたっては、H27年度よりMPM (: Mobile Profilometer) コンソーシアムを中心に実装化に向けた研究を進めており、今回マッチングに伴うフィールド提供を受け、本技術研究の実装化に向けた基礎検討を行ったものである (MPM コンソーシアムメンバー ; 北見工業大学, 東京農業大学, (株) Profit Lab, (株) ニュージェック, (株) コトブキエンジニアリング, iシステムリサーチ (株))。

1. 調査概要

(1) 調査概要・実施箇所位置図

調査実施にあたっては、奈良国道事務所管内の国道24号 (L=12.5km ; 奈良市～大和郡山市) 及び25号名阪国道 (L=12.0km ; 天理IC～福住IC) を対象にフィールド提供を受け、調査計測を行った (図1参照)。



<出典: GoogleMap より引用・加筆>

図1 調査箇所位置図

(2) 主たる着眼点 (ニーズ及びシーズ)

ニーズ : 道路の路面凸凹状況と位置情報の自動記録

1) 路面応急対策等により凸凹箇所が増え、沿道住民

等からの苦情要望が増加しているため、舗装打替え計画の基礎となるデータ・資料収集が必要。

- 例えばスマートフォン等を自動車に置いておくだけで、路面からの振動（衝撃）と位置情報を関連付けて記録・図化し、データ蓄積も自動化できるような新たな技術があれば活用したい。

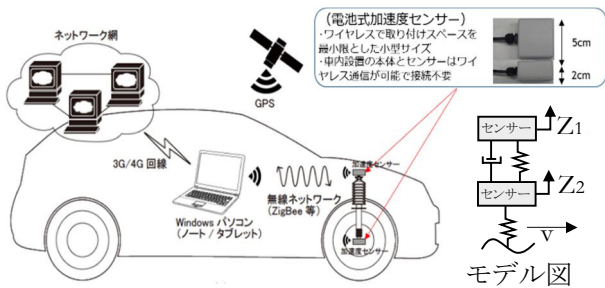
シーズ：ACTUSによる路面モニタリングと自動記録

- 普通乗用車へ簡易に取付が可能で、走行するだけでリアルタイムにIRIの取得・確認が可能。
- 位置情報はGPS及び車速パルス（ジャイロ等）を使用し、トンネル内等GPSが受信できない箇所でも関連付けが可能。加えて、地図上や道路台帳等CAD上にIRIの状態をプロットし結果確認が可能。

(3)ACTUS（アクタス）技術概要

IRI 簡易計測システム「ACTUS: Advanced Compact Telecommunications Unwired-accelerometer System」は、加速度センサー及びGPSにより構成され、汎用車両へ設置可能であるとともに、取得データはワイヤレスで測定車搭載PC・タブレットへ送信が可能である。

本装置は道路維持管理の実情に即した簡易舗装点検に資するとともに、維持管理費低減を見据えた次世代指向の路面平坦性モニタリングシステムとして位置付けている。



$$IRI = \left(\int_0^{L/v} |\dot{z}_1 - \dot{z}_2| dt \right) / L$$

(サスペンションのたわみ累積量を走行距離で除した値)

図 2 ACTUS 構成図

本技術の主な特徴

- 車両のバネ上下に加速度計を設置し、上下加速度データの伝達関数から任意の間隔でIRIを計測
- IoT活用：ワイヤレス加速度計 ⇒ 無線送信 ⇒ データ受信 ⇒ リアルタイム解析
- 路面データとGPSデータを結合し、走行軌跡上の路面凸凹をPCでリアルタイムにモニタリング
- バージョンアップに向けたさらなる取り組み

IRI計測位置のさらなる精度向上のため、高精度で高速計測可能な「GNSS-RTK」を利用することとした。なお、GNSS-RTKには「Sept-SOI」を採用した。その主な特徴と機能を以下に示す。

- 多種のGNSS（GPS 米国、BeiDou 中国、みちびき 日本等）を利用し、高精度な計測が可能。
- 多くの衛星を捉えることで高FIX率を維持するため、ビル近くを通っても正確な計測が可能、道路計測においては車線の違いも明確になる 等

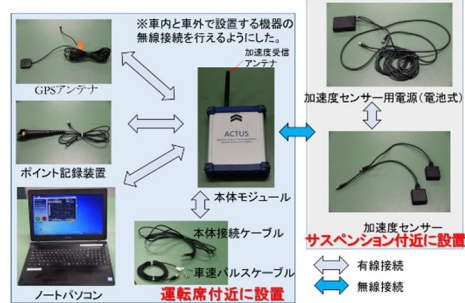


図 3 ACTUS 本体機器概要

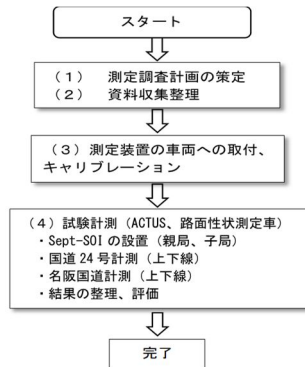


図 4 SeptSOI のイメージ図

2. 現地計測

現地計測実施に際し、従来型との計測データ比較を行うため、現地に路面性状測定車を持ち込み、追走するような形で同時刻帯での計測を実施した。

(1)計測実施フロー



項目	12月	1月	2月
作業計画の策定	■		
測定準備(取付等)	■		
試験走行		■	■
IRI解析・結果評価			■

図 5 現地計測フロー及び工程表

(2)機器取付作業及び現地計測状況

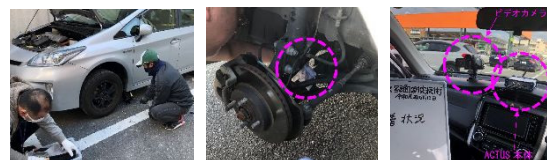


図 6 機器取付状況 (左:ジャッキアップ, 中:加速度計設置, 右:車内機器設置)



図 7 現地計測状況 (左: ACTUS 設置車両, 右: 路面性状測定車)

3. 計測データ取得・整理

(1) 計測データについて

計測データは下記の通り。

- ①位置情報（座標：緯度・経度） ②累積距離
- ③車両走行速度 ④上下加速度データ（計測ピッチ）
- ⑤IRI データ（10m or 100m ピッチ）

結果表示は専用ソフトウェアにて地図上(地理院地図)にプロットし、路面凸凹情報を可視化する。IRIの算出は伝達関数法を用いた手法とし、今回のデータ整理に際し、マップ上のプロットはIRI/10mにて、過年度との比較においては、通常の維持管理で使用されるIRI/100mにて行った。

IRIと路面性状のおおよその目安については図8の通りとなっており、先述の舗装点検要領における健全度判定基準を表1に合わせて付記する。

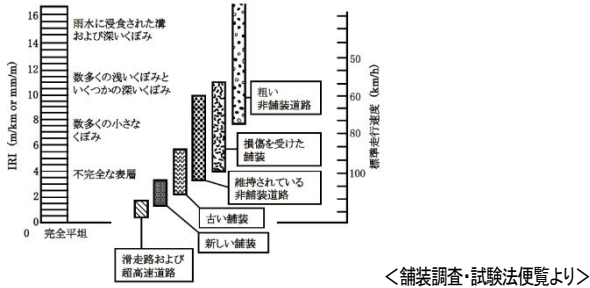


図8 IRIと路面損傷の関係

表1 IRIと舗装健全度の関係

区分	ひび割れ率	わだち掘れ量	IRI
I 健全	20%未満程度	20mm 未満程度	3mm/m 未満程度
II 表層機能保持段階	20%以上程度	20mm 以上程度	3mm/m 以上程度
III 修繕段階	40%以上程度	40mm 以上程度	8mm/m 以上程度

<舗装点検要領:H28.10;国土交通省より>

(2) 計測区間のゾーニング

今回計測区間では、交通量、沿道・地形条件等によってデータ特性が異なるため、表2の通り区間分類を行った。

表2 計測区間の分類(上:24号、下:25号名阪国道)

区間	特徴
① 都市近郊区間 35.5~37.4kp 1.9km	・交通量は中程度 ・比較的、走行性の良い区間
② 市街地区間 37.4~42.0kp 4.6km	・平面交差点で渋滞区間含む ・大型車交通量最大 ・立体交差含む
③ 都市近郊区間 42.0~45.5kp 3.5km	・大型商業施設付近で渋滞区間あり ・交通量が多い
④ 地方部区間 45.5~47.6kp 2.1km	・郡山IC付近で渋滞発生 ・交通量は中程度

区間	特徴
① 福住IC~五ヶ谷IC 83.4~89.4kp 6.0km	線形が悪く、縦断勾配が急な区間
② 五ヶ谷IC~天理東IC 89.4~93.3kp 3.9km	線形が悪く、縦断勾配が急な区間
③ 天理東IC~天理IC 93.3~94.7kp 1.4km	線形が良い区間

(3) 計測時の走行速度

国道24号では、当日の渋滞状況や天候等により異なるが、平均計測速度は40km/h程度、自専道となる名阪国道では、60km/h程度を保持した平均速度を目指した。

4. 計測結果

(1) 路面性状測定車との比較

各区間の測定結果を取りまとめたものを下表に示す。

表3 区間別測定値一覧(上段:24号、下段:25号)

種別	機器	単位	区間①	区間②	区間③	区間④	全体
			34.9~37.3KP	37.4~41.9KP	42.0~45.4KP	45.5~47.6KP	34.9~47.6KP
上り	ACTUS	mm/m	1.29	2.23	1.94	3.59	2.13
	路面車	mm/m	1.47	2.22	2.14	3.11	2.15
	比較	AC/路面	0.88	1.01	0.91	1.15	0.99
	平均速度	km/h	50.5	35.7	37.0	36.1	39.6
下り	ACTUS	mm/m	1.60	2.36	2.13	2.77	2.17
	路面車	mm/m	1.73	2.27	2.31	3.22	2.27
	比較	AC/路面	0.92	1.04	0.92	0.86	0.96
	平均速度	km/h	50.3	43.9	40.5	37.3	37.3

種別	機器	単位	区間①	区間②	区間③	全体
			福住~五ヶ谷	五ヶ谷~天理東	天理東~天理	福住~天理
上り	ACTUS	mm/m	2.43	2.53	1.40	2.39
	路面車	mm/m	2.39	2.27	1.41	2.23
	比較	AC/路面	1.02	1.11	1.00	1.07
	平均速度	km/h	55.1	46.9	57.3	52.4
下り	ACTUS	mm/m	1.87	1.91	1.66	1.86
	路面車	mm/m	1.99	2.12	1.89	2.03
	比較	AC/路面	0.94	0.90	0.88	0.92
	平均速度	km/h	61.4	65.6	60.0	62.9

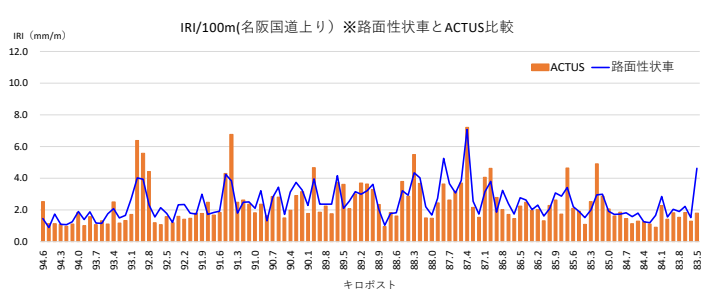
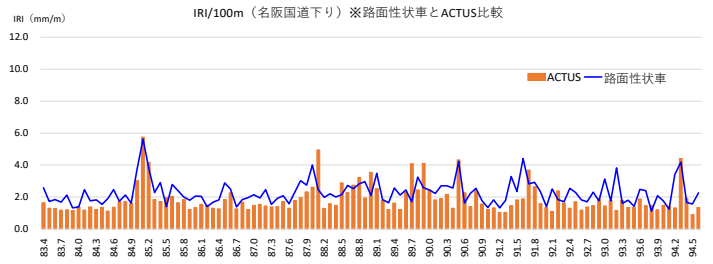
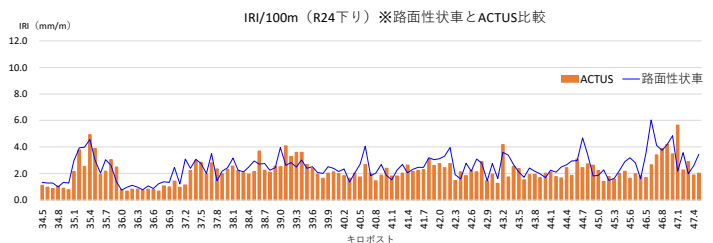
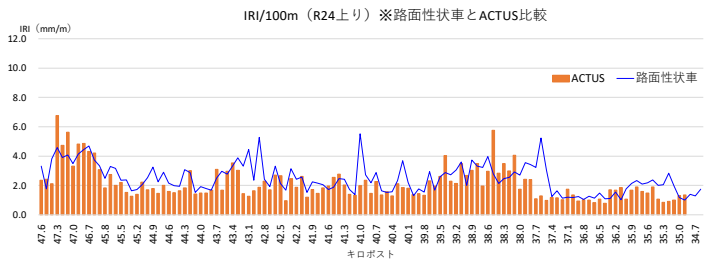


図9 国道24号・25号 IRI/100m 計測結果比較

主な傾向として、

- IRI 波形データは、路面性状測定車との相関も比較的高く、IRI も落ち着いている（平均 IRI=2~3 であり、概ね同等である）。
- 局所的に ACTUS のほうが大きな IRI 値を検出しているところがある。
- IRI が 6mm/m 以上となる箇所は局所的に発生しているが、場所によって大きく異なる。

(4) 測定結果の図化検証について

今回のニーズが、路面からの振動（衝撃）と位置情報を関連付けて記録・図化が可能となり、データの蓄積も自動化できるような新技術に向けた展開を目指すべく、ここでは各区間での特徴的な箇所を抽出し、所定の地図上に IRI がプロットできているかについて検証を行った。

1) 国道 24 号 (41.0KP~42.5KP)

- 10m ごとの IRI は地図上にプロットされている
- 値の識別表示も適切である
- 高架区間のジョイント部が再現されている
- 管理上は問題ないが、車線位置をずれる箇所が見受けられる

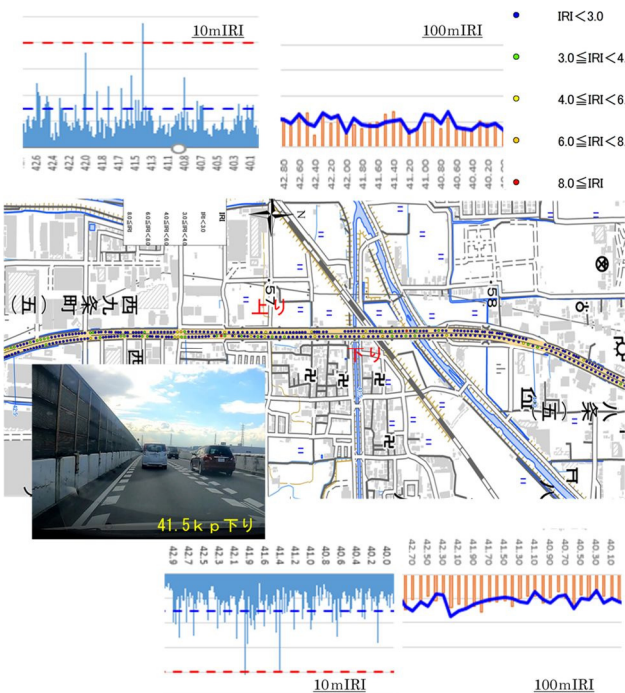


図 10 国道 24 号記録・図化表示の一例

1) 国道 25 号 (87.0KP~89.5KP)

- 10m ごとの IRI は地図上にプロットされている
- 値の識別表示も適切である
- 橋梁区間のジョイント部および速度抑制標示が再現されている

- 管理上は問題ないが、車線位置をずれる箇所が見受けられる

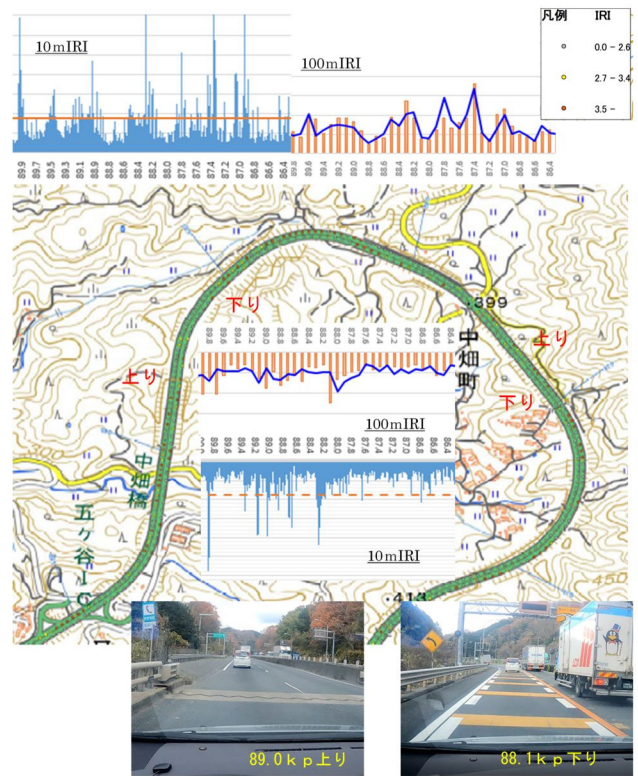


図 11 国道 25 号記録・図化表示の一例

(5) 測定結果のまとめ

測定結果をまとめると、国道 24 号では、

- 1) 全体的には 3.0mm/m 未満となっており、損傷度としては小以下（I 健全）。
- 2) 区間別には、一部 3.0mm/m 以上となるため、中程度（II 表層機能保持段階）となる。
- 3) IRI/10m では④地方部、③市街地部、②都市近郊部で局所的に 8.0mm/m を超える値が確認され、局所的な維持修繕が必要。

一方、国道 25 号では、

- 4) 全体的には 3.5mm/m 未満となっており平坦性の基準値以下。
- 5) 局所的に見た場合には基準値を大幅に上回る箇所が多数見られた
⇒橋梁のジョイントや速度抑制路面表示などが影響しており、これらの区間を除いたところで局所的な維持修繕が必要となる。

5. コスト評価（今回試験計測の実績；税抜）

- 概略費用（調査費、機器装置使用量）：1,685,700 円
- 調査距離 100km を想定（今回の調査距離約 50km より算定）

調査費用：1,453,700 円

◇現地調査 3 日：289,200 円（事前調査・試験走行 2.0 日、本調査 1.0 日）

⇒一日あたり内訳：技師 B1 名、技術員 2 名

◇机上作業 17 日：1,164,500 円（計画立案 2 日、データ処理・分析 8 日、マッピング表示 4 日、報告書 3 日）

⇒一日あたり内訳：技師 B1 名、技術員 1 名

機械経費：232,000 円（レンタカー、ACTUS・GNSS 受信機損料、機器取付費）

6. 工程評価（今回試験計測の実績に基づく）

現地調査 3 日

（事前調査・試験走行：2 日、本調査：1 日）

机上作業 17 日

（計画立案：2 日、データ処理・分析：8 日、マッピング表示：4 日、報告書：3 日） 計：20 日

7. 成果及び考察

前述した今回のニーズに対し、提供したシーズとなる ACTUS 試験走行を実施した成果及び課題を以下に示す。

【主な成果】

- (1) 普通乗用車に ACTUS を用いることで路面の IRI を検出し、記録・図化・データ蓄積が可能となった。
- (2) 機器取付は 1 時間弱で完了、スマートフォンほど簡易ではないが、一般車両での簡易計測が可能。
- (3) 計測時の路面状況をアクションカメラにより自動保存することができる。
- (4) 舗装打ち替え計画の参考となるデータ・資料収集にあたり、高精度な路面凹凸データおよび位置情報データの蓄積が可能となり、台帳等へのプロットも円滑に行いつつ、舗装点検要領に沿った評価が可能

【今後の課題等】

- ①業務としての実績づくり
- ②機器装着のより一層の効率化(スマートフォンのアプリ機能との同期化 等)
- ③データロガー等活用によるパソコン操作の省略化検討
- ④今後データ蓄積の自動化にあたり、インターネットのクラウドサーバー活用により、さらなるデータ連携の円滑化が可能
- ⑤高性能 GNSS と ACTUS の一体化検討(さらなる精度向上に向けた取組)

8. 今後に向けた展開

今回の試験走行を踏まえ、今回得られた要注意箇所に着目し、今後定期的に計測を重ね、経時変化（進行性）

を把握していくことが重要と言える。

ACTUS 活用に向けた今後の展開を以下に示す。

【中期的目標】

- 1) 指定路線以外の路線でも継続して計測を実施する。
- 2) 維持パト車等に取り付け、日々計測を可能とする。

【最終目標】

- 1) 車内で PC 操作等せずにデータロガーにてデータ収集自動化を可能にする。
- 2) 長期的なモニタリングの実施により、管内のデータの蓄積を行い、ビッグデータの取扱いも見据え舗装の長寿命化計画への寄与を目指す。

あ と が き

本研究実施に際し、フィールド提供頂いた奈良国道事務所様、本局施工企画課様、(一社)先端建設技術センター様、指導頂いた北見工業大川村教授、東京農業大山崎教授に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 舗装点検要領：国土交通省道路局；H28.10.
- 2) 近畿地方整備局「現場ニーズと技術シーズのマッチング」技術の現場試行結果について（IRI ワイヤレス路面測定技術）：
<https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/i-construction/matching.html>