38. 車載型移動体 3 次元計測データを用いた道路維持管理手法の検討について

立命館大学　○　横山　隆明
(株)アスコ　番上　勝久
立命館大学　建山　和由

1．はじめに

効率的で高精度な道路施設の位置把握手法として,三次元レーザスキャナーと GPS 等を搭載した車両の走行による車載型移動体三次元測量技術が注目されている [1)]。この手法は,高精度で高密度のデータを供用中の道路において車両走行の規制などを行わず測量が可能であるなど多くの利点を持つ。三次元レーザスキャナーでは水準測量と同程度の精度で路面の性状から道路周囲の建物などの構造物及び植栽の状況,案内板の設置位置などの情報を得られる事ができるため今後様々な活用がされるものと期待されている。

前報 [2)]では,この三次元レーザスキャナーで得られた路面の三次元測量結果を用いて道路の平坦性を評価するための世界共通指標として導入されつつある国際ラフネス指数（IRI）の算出方法について報告した。レーザによる三次元測量結果は水準測量と同程度の精度を持つため,IRI 算定において規定されているクラス I と同等のレベルとみなすことができ,極めて信頼性が高い IRI 値を簡便で廉価に得ることが可能になる。本報では 10km の区間に渡り取得したレーザによる三次元測量結果を用い算出した IRI 値の妥当性の検証,IRI 値を道路維持管理に利用するために,広く用いられている道路維持管理指標である MCI（Maintenance Control Index）値との比較について報告する。そして IRI 値を利用した新しい道路維持管理手法の提案を行う。

2．三次元計測データからの IRI 値算定結果

実際に路面を走行して取得された三次元計測データからの IRI 値算定を行った。算定に用いたのは阪神高速 7 号線北神戸線の長坂山トンネル付近からから唐櫃トンネル付近までの約 10 キロである。走行速度は 60～80km であった。

図-1 に得られた IRI 値を示す。IRI は合計 3 回走行し得られた測量結果を用い前述した方法を用いて 100m 毎に算出した平均値を用いている。図中に示す IRI 値平均値は 2.8m/km であった。

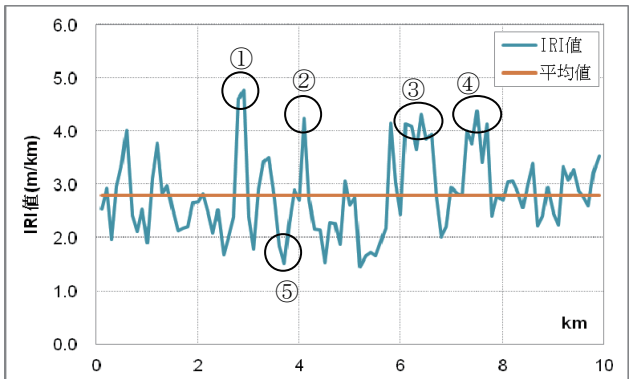

図-1　北神戸線：計測区間における IRI 値

図-1 からは IRI 平均値から大きく離れている箇所がいくつか存在する（図中の①～⑤）。以下レーザ計測と同時に取得した画像からその原因について検討すると以下の点が明らかになった。

①：白線の切削による規則正しい凹み

図 10 の①に相当する箇所は緩やかな下り坂となっており,おそらく速度超過を喚起するための白線が存在していたと思われる跡が多数存在していた。現在はその白線を撤去した跡の影響で 2m 間隔で凹が連続する区間となっていた。この 2m 間隔の凹みが IRI 値に影響していたと考えられる。

②補修箇所が多数存在。

この区間は走行路面上に補修箇所が多数存在していた。このため,路面に凸凹が生じ IRI 値が高めに出たと考えられる。

③ジョイント部が連続する区間

阪神高速 7 号北神戸線は,兵庫県神戸市西区の第二神明道路,伊川谷 JCT から兵庫県西宮市の中国自動車道（西宮山口 JCT）へ至る路線で途中急峻な地形の中をぬうように走る区間が存在する。そのためトンネルや橋梁が連続する区間があり,この区間は橋梁が連続するため橋梁の連続部分が多く存在し IRI 値が高い結果になったと考えられる。図-2 にその状況を示す。

図-2　③：橋梁ジョイント部の連続

④路面の荒れ

④に相当する区間については路面が荒れている部分が多く,このため IRI 値が高めの値になったと考えられる。

⑤非常に良い路面

この区間は補修箇所,ジョイント,路面の荒れなどがほとんど見当たらず路面の状況が非常に良い。このため IRI 値は 1.5 と良好な値が得られていると考えられる。図-3 にその状況を示す。

図 3　⑤：非常に状況の良い区間

このように路面の状況と照らし合わせてみると IRI 値は路面の状況を反映しており,ほぼ妥当な値が得られていると考えられる。

３．MCI 値と IRI 値の比較

日本の国道における路面性状の維持管理指数として MCI 値(Maintenance Control Index)が広く用いられている。MCI 値は,わだち掘れ量,ひびわれ率,縦断凹凸量 3 つの指標で構成されており,舗装の破損程度を 10 点満点で総合評価した指数である。MCI 値による路面の維持管理は長年の実績も有り非常に有効な調査・評価方法として知られているが,以下のような問題も指摘されている。

1. 舗装道路の損傷に重点を置いた指標で,直接的な乗り心地評価との関連が付けづらい。
2. 補修の必要な箇所が必ずしも調査結果と合致しない。
3. 特にひび割れ調査の結果を整理・解析する手間とコストが多大であるため,調査自体がコスト高になる。

上記のなかでもコストの問題は深刻であり,特に地方自治体においては MCI 調査を実施しているところは非常に少ないのが現状である。その点,IRI による調査は計測車両による路面走行だけで計測が可能で MCI 調査に比べ低コストでの調査・解析が可能であるのは大きな利点として挙げられる。低コストであることは,道路は今後次々と更新時期を迎えると考えられる社会資本の 1 つであり,維持・補修のための予算的優先順位を作成する際の資料として,乗り心地を評価できる IRI 値を利用することができれば,事業の透明性を確保する点からも好ましいと考えられる。

従って,まずは従来の道路維持管理の指標である MCI 値と IRI 値がどの程度の類似性を示すのか検討するため,前述した阪神高速 7 号北神戸線で MCI 調査を行った。図 4 に MCI 値と IRI 値の比較を示す。

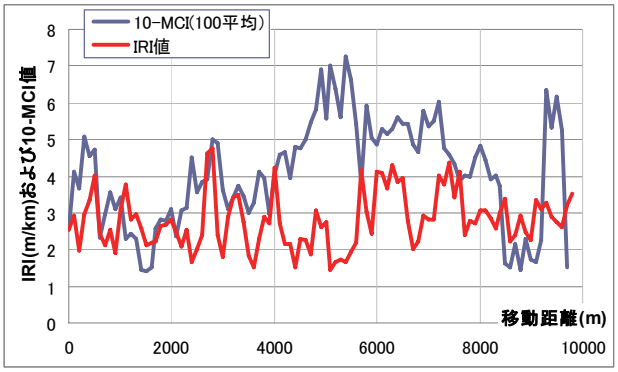

図 4　MCI 値と IRI 値の比較

MCI 値には 4 つの評価式があるが,図-4 で用いたのは MCI①式と言われる以下の式である。

式：$MCI=10-1.48C^{0.3}-0.29D^{0.7}-0.47\sigma^{0.2}$

C：クラック率(%),D：わだち掘れ(cm), σ ：平坦性(mm)

また,減点法である MCI 値との比較を行うために,MCI 値は 10-MCI 値に変換して示し,MCI 値と IRI 値については共に 100m 毎の平均値で比較を行った。図-4 から,IRI 値と MCI 値はそれほど良い一致を示していないことが分かるが,理由としては MCI 値が道路の補修を目的とした指標であるのに対し,IRI 値は乗り心地を数値化するための指標であることが考えられる。図-5 に MCI①式における MCI=3,4,5 時の MCI を構成する各指標との対応図を示す。MCI が 3 より小さい場合には早期の補修が必要であるとされているが図-5 からその主な支配要因はひび割れ率である事がわかる。従って

MCI 値とは乗り心地というユーザ視点とは少し異なる値であると示唆される。

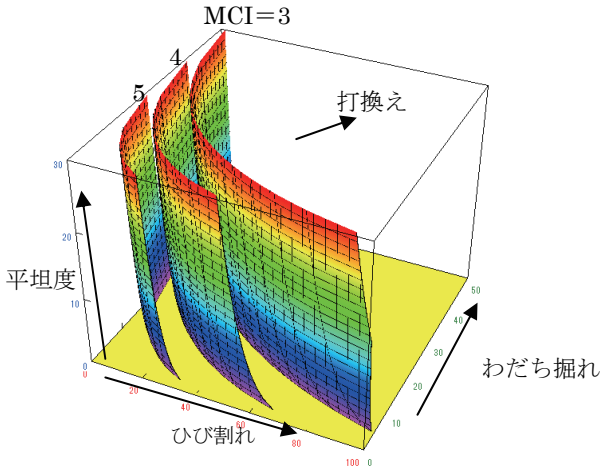

図 5　MCI 値①式と各構成値との関係図

次に,図-6 に MCI 値と IRI 値との相関を示す。

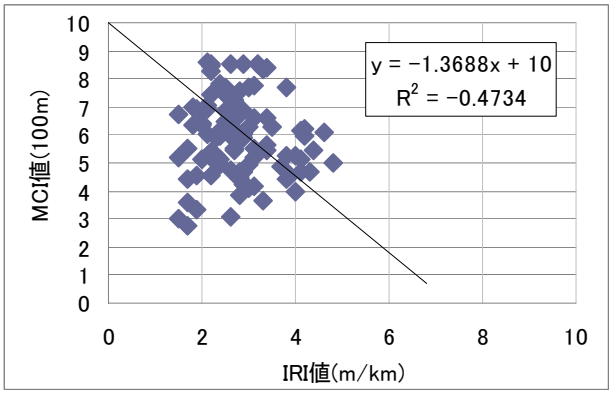

図-6　MCI 値と IRI 値との関係図

図-6 から MCI 値と IRI 値の相関においては決定係数 R2=-0.473（相関係数=0.688）となり両者には中程度の相関を示すのみという結果となった。

図-7 に MCI 値の構成値の一つであるわだち掘れ量と IRI の相関図を示す。図-7 からわだち掘れ量と IRI 値の相関においては決定係数 R2=-0.6958（相関係数=0.834）で両者に高い相関があった。

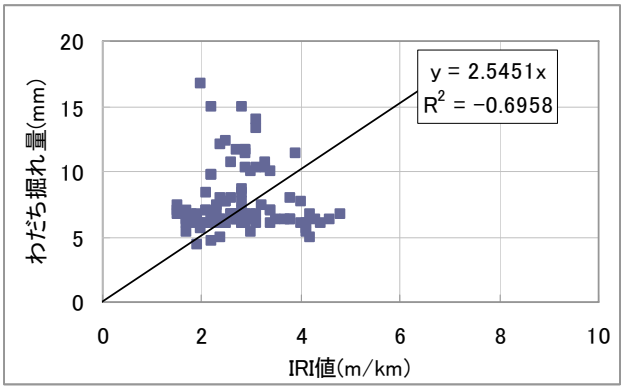

図-7　わだち掘れ量と IRI 値との関係図

以上の結果から MCI 値は主にひび割れ率に大きく影響を受けるため IRI 値は中程度の相関を示すのみだが,IRI とわだち掘れ量の間には高い相関があることが分かった。従ってわだち掘れ量と IRI 値を組み合わせる事で道路維持管理の指標とすることを検討した。

4．IRI 値を利用した道路維持管理指標の検討

今までの検討から IRI 値とわだち掘れ量を組み合わせた道路の維持管理指標について検討した。

まず,レーザによる三次元測量結果からわだち掘れ量の算定を行った。わだち掘れ量は計測を行った路面を幅員方向に各車線幅,進行方向に 1 m の 1 ブロックごとに分け,左右わだち量Ｄ１またはＤ２の内,最大のものをＤmax として検出するプログラムを作成し全区間に渡り自動検出した。

図-8 に模式図を示す。

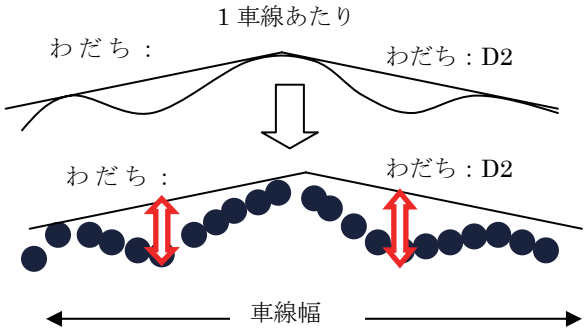

図-8　わだち掘れ量の算出

そして全車線に渡って算定したわだち掘れ量を 10,20,30,40,50mm 未満の 5 段階に分類し,IRI 値も同じように IRI 値 2 未満から 8 以上までの 5 段階に分け図 10 に示すマトリックス上に示し,路面全体を A：望ましい管理基準内に維持されている路面,B：修繕が必要な路面,C：早急な修繕が必要な路面,の 3 段階で評価することとした。以上の方法を実際に三次元測量した路面に適用しその合理性について検討を行った。

IRI ＼ わだち掘れ量	10mm 未満	20m 未満	30mm 未満	40mm 未満	40mm 以上
2未満	A	A	A	B	C
2以上 4未満	A	A	B	B	C
4以上 6未満	A	A	B	B	C
6以上 8未満	A	B	B	B	C
8以上	B	B	C	C	C

図 9　IRI 値とわだち掘れ量を用いた道路維持管理指標

検討を行ったのは，三重県四日市の子酉八王子線、県道 6 号線の大井の川町交差点から県道 8 号線八王子町交差点までの約 6km である。計測沿線東側には工業地帯があり国道 1 号線,国道 23 号線

と交差し大型輸送車両などの交通量が多いが,逆に西側は住宅地域となっており交通量はそれほど多くない。以下に代表的な 3 地点について IRI 値とわだち掘れ量による道路管理指標の適用性の検討を行う。

①国道 23 号線交差点付近（図-10）：

この部分は主要国道である国道 23 号線と交差している地域で大型トラックなどの輸送車両の通行も多い地域である。地点Ⅰ部分は国道のわだち掘れの影響が強く主に IRI 値によって B 評価となっている。地点Ⅱ部分については国道への停車線付近であり STOP&GO によるわだち掘れの影響が大きく A 評価の部分が多い。地点Ⅲについては路面にジョイントが多く IRI 値の値が良くない事が影響し B 評価部分が多い結果となっている。

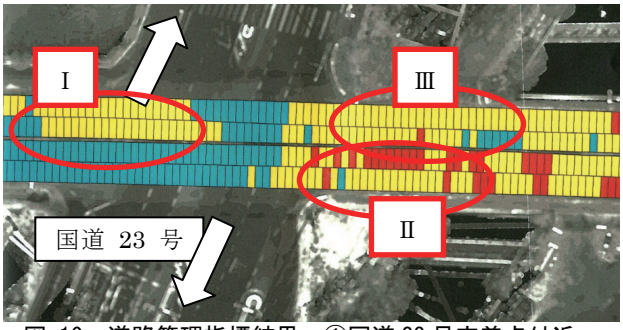

図-10　道路管理指標結果：①国道 23 号交差点付近

②国道 1 号線交差点付近（図-11）：

この部分も①と同じように主要国道であり交通量の多い地点である。地点Ⅰの交差点内は同じように国道 1 号線のわだちによって IRI 値の評価が悪い部分が点在している。地点Ⅱは①と同じように国道に面する停車線付近であるため STOP&GO によるわだち掘れが発生している。この部分は IRI 値はそれほど悪くないがわだち掘れの影響の方が顕著に表れている。

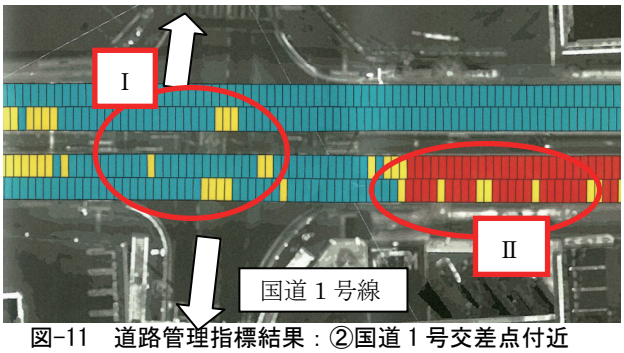

図-11　道路管理指標結果：②国道 1 号交差点付近

③笹川小学校付近（図-12）

この部分は①②と異なり計測地域の西部に広がる住宅地域に面した部分であり大型輸送車両等の走行は少なくなっている地域である。また最近補修された部分も多く路面状況は良好である。そのため IRI,わだち掘れ量共に良い値を示し,多くの区間で A 評価という結果となった。

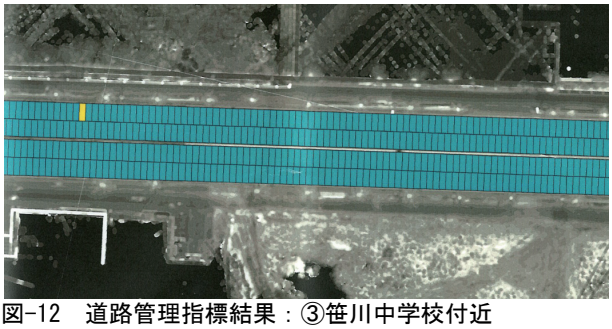
図-12　道路管理指標結果：③笹川中学校付近

また,これらデータを用いることで補修修繕の計画立案が可能になる。図-13 に①国道 23 号線付近交差点での IRI およびわだち掘れによる道路管理指標を用いた路面修繕案を示す。

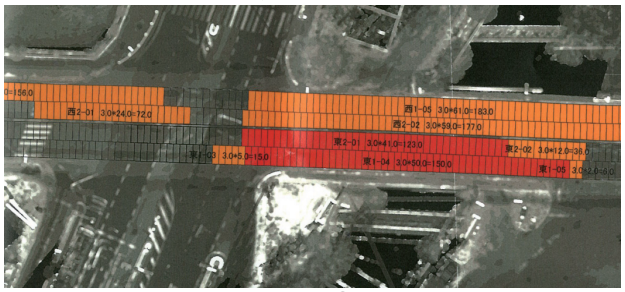
図-13　道路管理指標結果：②国道 1 号交差点付近
（赤：早急な修繕, オレンジ：早めの修繕）

図-13 に示すように ABC の 3 段階に分類した道路管理指標を元に優先順位を付けて路面修繕計画を立てることができ,また面積も容易に算出できるため予算規模も同時に示すことが可能となる。

5．まとめ

実際の路面を走行し IRI 値を測定した。同時に取得した画像の検証から, IRI 値は路面の性状をよく表していると考えられた。同路面の MCI 値と比較すると中程度の相関を示すのみであったが, MCI の構成要素のであるわだち掘れ量とは高い相関を示すことが分かった。そこで IRI 値とわだち掘れ量を用いた新しい道路管理指標提案し路面の評価を行った結果, 乗り心地と路面補修の両面から妥当な値を得ることが可能になった。この新しい道路管理指標を用いれば, 優先順位を付けた道路管理計画を容易に策定することが可能である。

参考文献

1) 番上勝久・西野克明：道路施設の位置情報把握における車載型移動体3次元計測技術の適用,日本写真測量学会学術講演発表講演集,巻2010,pp.29～32, 2010年10月
2) 横山隆明・番上勝久・建山和由：道車載型移動体3次元計測データを用いたIRI値の算定について,平成２４年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集