

## 38. 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

立命館大学  
(株)アスコ  
立命館大学

○横山 隆明  
番上 勝久  
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<sup>1)</sup>。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。本論文ではこの測定手法により得られた道路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)の算出を試みた。三次元測量結果は精度の面から見ると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るため、極めて信頼性が高いIRI値を簡便で廉価に得られることが期待される。また本手法の特徴として、1回の走行で路面だけでなく周囲の構造物の三次元情報も同時に計測されるため、それらの三次元位置情報を利用した複合的な調査/補修計画の立案が可能になるという特徴がある。

本論文では、実際の路面において行われた三次元測量結果を元に路面走行位置に相当する計測データを抽出し、抽出されたデータから導いたIRI値の有効性の検討を行った。

### 2. 移動体による空間情報の計測技術

#### 2.1 概要

本技術の計測システムはGPSで車両の位置を0.5s間で算出し、IMUで車両の傾きやスピード、方向を計算して、レーザスキャナデータで三次元の座標を与えるとともに写真による画像データと重ね合わせ現在の状況を把握するものである。使用機材はレーザスキャナ・カメラ・IMUおよびこれらを搭載する車両である、その概要を図-1に、計測状況を図-2に示す。

#### 2.2 計測技術の特徴

一般車両と同様に走行しながら計測を行うことが可能で次のような特徴を備えている<sup>2)</sup>。

- ① 通行止めや規制の必要が無く、また作業員が通路に立ち入る必要が無い。
- ② 車両に機器を搭載し走行するだけで視認範囲の全ての情報が取得できる。

- ③ 一度データ取得を行えば、必要な時に必要な情報を、現地に赴くこと無くコンピュータにより観測したり図化することが容易にできる。
- ④ 計測車両は、計測中も時速60km以上での走行が可能であり、交通の流れに沿って計測を行うことができる。
- ⑤ 航空測量では計測が困難であった道路沿線の標識内容を認識するための地上からの写真も同時に取得できる。
- ⑥ 高密度点群により、任意の箇所での高精度な三次元形状の把握と同時に、前方・広報・速報の写真を短観核にて撮影することにより、点群だけでは把握できない道路表面の状況変化などを認識することができる。
- ⑦ 取得写真は全てGPS/IMUにより高度な幾何情報を持つので、写真計測による精密計測が可能である。
- ⑧ 高レンジ・スキャナ(最大300m)により、道路沿線法面・周辺建物および送電線などの形状を、高密度・高精度三次元点群として取得できるので、これらに対し道路施設同様の計測が可能となる。



図-1 計測システムの概要



図-2 移動体による計測状況

### 2.3 他の計測手法との比較

平面図を作成する測量手法として従来から行われているのは「現地測量」および「航空測量」が一般的である。供用中の高速道路等において、従来手法を用いる場合、前者は現地立ち入りが非常に困難であり、後者においても精度を求めるならば、現地補測が必要となる。また、トンネル部分があると「航空測量」では図面化できない箇所も多い。本システムでは、トンネルを含んだ路線計測においても高精度の計測が可能である。

図-3に計測された三次元点群データを示す。各点群データはX, Y, Z各座標および輝度で構成されている。輝度についてはたとえば路面上の白線等レーザの反射率が高い値となりディスプレイ上で輝度に応じた表示をすることにより判別が可能になる。これらの点群データから路面だけでなく沿線の状況も同時に取得でき、計測後には計画～維持管理まで広範囲に利用が可能になる。計測自体は1回で済むため、これらの作業を複合的に組み合わせる事でコスト削減効果も期待できる。図-4に三次元空間情報の利用のイメージを示す。

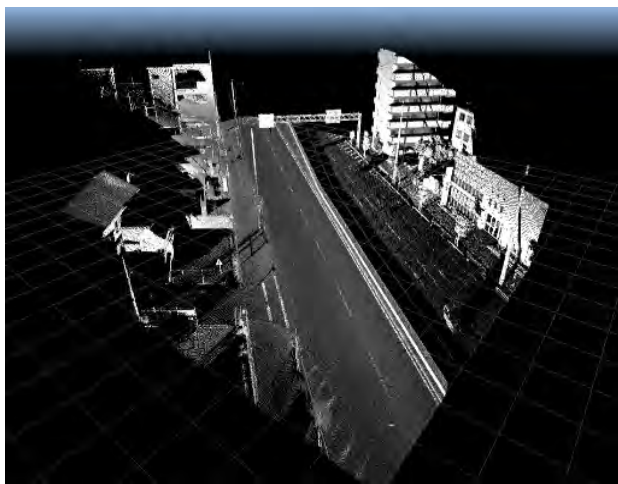


図-3 計測された三次元点群データ

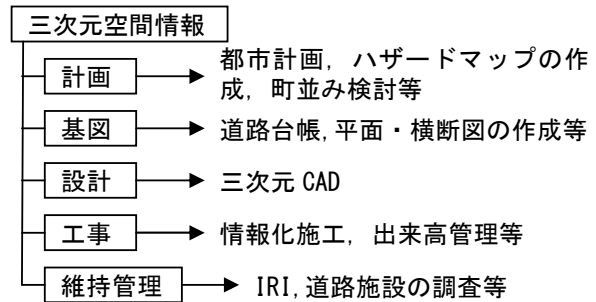


図-4 三次元空間情報の活用

### 2.4 計測精度の検証

三次元計測に先立ち本計測システムの精度の検証を行った。検証方法は一般の路面を使用し、50mを10mピッチに分け本システムで路面を3次元計測し、得られた値を実測値と比較した。実測値と計測値の照合は白線に反射テープを貼り付けることで輝度の変化により点群から容易に照合点を抽出できるようにして行った。照合ポイントは50m区間に計14ポイント設けた(図-5)。

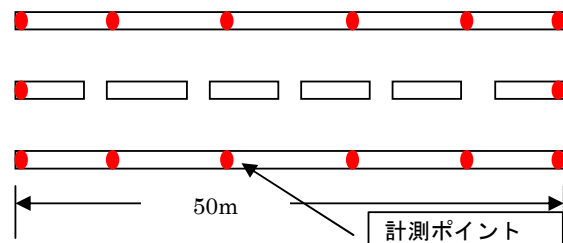


図-5 精度検証のための計測ポイントの設置

検証の結果、実測値との差は鉛直方向に対して3mm以内に収まることが確認された。

### 2.5 IRI値の算出

IRI(International Roughness Index)は図-6に示すような車両の仮想振動モデルを想定した指数である。このモデルがあるプロファイルを持つ路面を走行したときの上下動の積算値を走行距離で除することによって求められる。

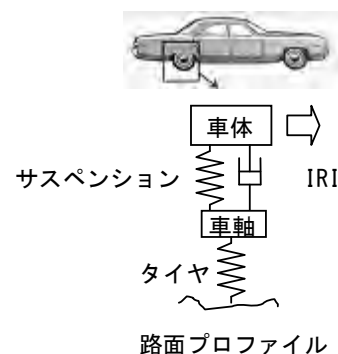


図-6 クォーターカーモデル

このため、従来の路面の平坦性を表す指数より

ドライバーの乗り心地に近似の指数でユーザー視点であり、測定が簡単で、経年変化が把握しやすく、橋梁接手、マンホールなども含めた乗り心地の評価が可能であるなどの利点を持つ。

IRI 値算定においてはその算出方法の違いによって表-1 に示すようなクラス分けが示されているが、移動体三次元測量による計測精度としては表-1 に示すクラス 1 に相当する。

表-1 IRI の算出法によるクラス分け

クラス	算出方法
1	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(レスポンス型ラフネス測定システム)でラフネス指数を測定し、創刊式により IRI に変換する
4	パトロールカーに乗車した調査員の体感や目視により IRI を推測する

表-2 に IRI 値によるラフネス尺度を示す。IRI を用いることで、全く維持管理がされていない未舗装路までの縦断方向のラフネスを同一尺度で表現することが可能になる。

表-2 IRI 値によるラフネス尺度

IRI 値	路面の状況
0~2	滑走路および高速道路
0.8~3.5	新しい舗装
2.0~6.0	古い舗装
3.5~10.0	維持された非舗装道路
4.0~11.0	損傷を受けた舗装道路
8.0~	荒い非舗装道路

### 3. 三次元計測データからの IRI 値算出方法

IRI 値を算定するためには、計測の結果得られる三次元点群データから IRI 算定に必要な路面のプロファイルの作成を行う必要がある。そのためには座標データである三次元点群データを走行距離をパラメータとして持つ路面のプロファイルデータに変換する必要がある。

路面のプロファイルの作成手法を図-7 に示す。

図-8 に三次元データから抽出した路面の座標データから走行軌跡およびタイヤ位置を設定している様子を示す。設定が終了したら設定されたタイヤ位置に相当する点群データの抽出を行う。図-3 に示したように点群データはタイヤ位置のみだけでなく広範囲のデータが含まれているので、一度の走行だけでたとえば複数車線のデータを抽出することが可能になり大幅なコストダウンが可能に

なる。タイヤ位置に関しては、今回は左タイヤに相当する点群を抽出した。

次に抽出されたタイヤ位置の点群データを設定区間で分割する。区間長は IRI 値に指定されている最大のサンプリング区間 0.25m<sup>3</sup>とした。そして各区間の中心点を導き、その中心からある範囲に位置する点群データを抽出する。今回は半径 0.1m の円を描き、その円の中に存在する点群を抽出することとした。抽出した点群を平均しその区間の路面の高さとし区間数に応じた距離をパラメータとして持つ路面のプロファイルデータを作成した。

図-9 にタイヤ軌跡の点群データから各区間の路面高さの抽出状況を示す。図-7 ではタイヤ軌跡の点群は赤で、区間毎に抽出した範囲を青い円で示している。抽出する座標の数は、計測時の速度によって点群データの密度が異なるため変化する。

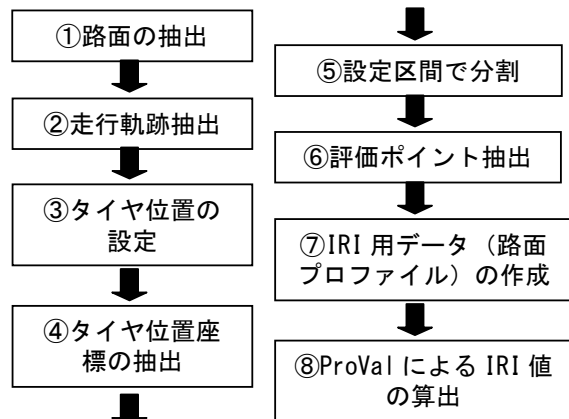


図-7 IRI の算出方法

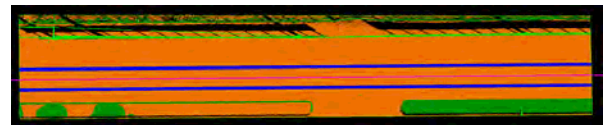


図-8 タイヤ位置の抽出 (赤線: 走行軌跡, 青線: タイヤ位置)

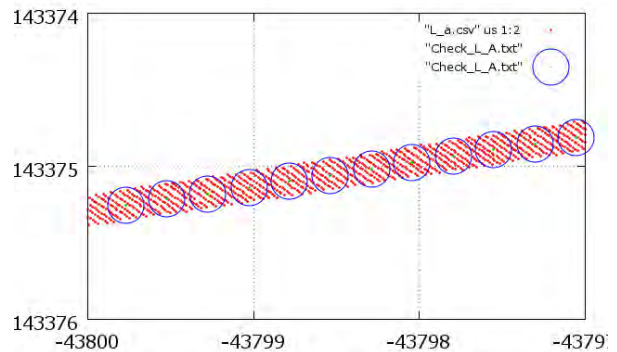


図-9 タイヤ軌跡からの路面プロファイルの抽出

今回のデータでは 1 区画毎に 15~40 個程度の座標を抽出し区間の路面高さを算出している。

このようにして作成した路面のプロファイルデータを ProVal 3.1<sup>4)</sup>を用いて IRI 値を算出した。

#### 4. 三次元計測データからの IRI 値算定

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。算定に用いたのは以下の3路線である。

路面 A: 郊外の工業地帯に位置する路面。路面の状況を図-8 に示す。図-10 に示すように路面に多くのひび割れが生じており、荒れた路面に属すると思われる。計測距離は 66m である。計測時の速度は 30~40km であった。



図-10 路面 A

路面 B: 古い街道筋の生活道路である。図-11 に路面の状況を示す。車線は狭いが路面は維持管理が行き届いており路面状況は良好だと思われる。生活道路のため、排水施設関連のマンホール等が散在している。計測距離は 50m である。計測時の速度は 10~20km であった。



図-11 路面 B

路面 C: 郊外の高速道路。高速道路のため路面の状況は路面 A, B に比べると良好であると思われる。図-12 に路面の状況を示す。計測距離は 112m である。計測時の速度は 60~70km であった。

表-2 に各路線の IRI 値を示す。IRI 値については各路面の全長における値を示している。

表-2 を見ると路面にひび割れが多く高めの IRI 値が予想された路面 A において 4.3 という最も高い IRI 値が計測され、最も路面状態が良いと思わ

れる路面 C では 2.66 という低い IRI 値が計測されていることがわかり、概ね路面状況を的確に捉えているものと考えられる。またそれぞれの IRI 値としても概ね妥当な値が得られていると考えている。

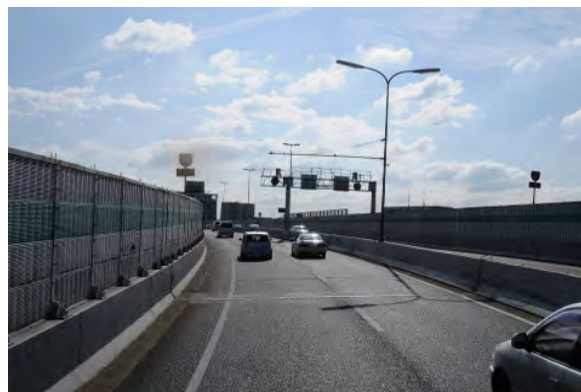


図-12 路面 C

表-2 各路線の IRI 値

路面	距離	IRI 値 (m/km)
路面 A	66m	4.3
路面 B	50m	3.3
路面 C	61m	2.66

#### 5. まとめと今後の課題

移動体による三次元計測データからタイヤ走行部分に相当する座標のデータの抽出を行い、路面のプロファイルを作成し ProVal を用いて IRI 値を算定した。その結果、概ね路面の性状にきいた妥当な値を得ることが示された。

今後は、MCI 等の既存の路面性状を表す指標との相関や、レスポンス型路面プロファイラーなどの既存の IRI 値算定システムで得られた値との比較検討を行い、三次元計測データからの IRI 値算定についての妥当性の検討を行う予定である。また三次元空間情報と組み合わせた IRI の活用法についても検討を行う予定である。

#### 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) 下田順也・岩槻晃右：道路施設の位置情報把握における空間情報計測技術の試験適用，阪神高速道路第42回技術研究発表会論文集
- 3) 路面のプロファイリング入門(舗装工学ライブラリー)，PP.16~17
- 4) <http://www.roadprofile.com/>