

## 1. はじめに

アメリカの国際会議ワークショップで見た各種の路面測定機が目的指向に作られていることに非常な感動を覚え帰国後、猿真似を始めたが日本においては好まれなかった。

当時（昭和 60 年ごろ）は路面性状自動測定装置の開発に没頭した時期で路面調査は細かいほど良いとされたオーバースペックの時代であった。

しかし、平成 13 年に国土交通省令 103 号「車道及び側帯の舗装の構造の基準に関する省令」の施行は幸運を齎した。道路の作り方が今までの「仕様規定」→「性能規定」に変わった。

その性能指標を下記に示す。

- ① 舗装の疲労輪数・・・舗装の疲労強度を軸荷重の載荷数で規定
- ② 舗装の塑性変形輪数・・・わだち掘れ量が 1 mm に達するまでの載荷回数を規定
- ③ 平坦性（平たん性）・・・舗装面の平坦度（3 m プロフィールメータ法：<2.4 mm）  
（ $\sigma$  3 m）（ $\sigma$  3 m は日本独自，世界の大半は国際ラフネス指数（I R I））
- ④ 透浸水・・・・・・・・排水舗装の排水量の規定

以上の「必須項目」に経年補充されているが、しかし基本は上記である。

この③測定で小型の平坦性測定機の需要がでた。（呼称：凸凹ウォーク/柵サンウェイ）

更に平成 19 年度に（社）日本道路協会の舗装の調査・試験便覧に世界の大半が採用する手法の「国際ラフネス指数（I R I）/S032T」が測り方として紹介された。

この用途向に小型のプロファイラ測定機（呼称：凸凹君）を開発した後、高速測定用（凸凹君ランナー）に改良を行なったが、高速での測定精度の低下が起き相応しくなく、高速測定専用の（呼称：I R I プロファイラ/サーフテクノ・ラボ）開発（0～80 Km/h）建設後の「供用時の平坦性モニタリング=維持活動」の必要性を考えた。

### （1）社会的使命？

小さな政府・大きな地方を目指す地方分権改革は、着実に進んでいる、そうした中身近な社会資本である道路の維持管理が地方自治体への委譲・移管が検討され推進している。

先ず国→都道府県が行なわれており、指定外国道が対象になった、また県道路公社の有料道路償還に伴い県道になる。

ここらの国道・主要地方道は、以前から管理が行なわれているからして、維持管理手法は決まっているが、しかし一般県道や広域農道および市町村道路においては、管理手法が決まっていない地方自治体も多いと聞く。

更には、財政難の地方自治体は多く、「廉価でリーズナブルな方法論」が好まれる潜在的需要はおおきい。

## 2. 道路舗装の維持管理手法の変貌

### (1) 社会的背景

平成 16 年頃から各地において従来の舗装維持管理指標 (MCI) に不都合が生じ見直が各機関で行なわれ始めた。主な問題・課題は：

- ① 調査費用が高い。
- ② 解析に時間がかかる。(結果の年度内活用が難しい)
- ③ 間引きによるサンプリング法では調査結果と現場状況に違いが見られる。
- ④ 道路利用者が理解できない管理指標といわれている。

### (2) 技術的背景

今までの管理指標は学術的根拠が薄いことから(独)土木研究所を中心に平成 17 年度から平成 22 年頃まで研究され、途中成果が開示され始め、下記の方向が示されている。

- ① MCI (総合指標) は、分割して個別に活用し、他に IRI 等を追加する。
- ② 道路利用者立場からの指標を大事とする。(道路利用者が分かりやすい指標)
- ③ トータルコストが安い活用を行なう。

活用は各自治体が自由に決めることが出来る。

これらの研究成果を下記に紹介する。

\* 1 舗装の管理目標設定手法 / (独) 土木研究所 : ↓

<http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/pdf/report-seika/2009-25.pdf>

\* 2 道路資産管理の手引き / (社) 日本道路協会 : ↓

<http://www.road.or.jp/technique/pdf/080925.pdf>

### (3) 補修工法の改善

補修工事では予防保全工事なる「クラックシーリング工法」と「切削工法」が追加され、「クラックからの浸水による破壊加速」と歩道側に出来る「危険物表面突起の削除」で舗装の最終段階の「延命を図る」目的で時代に相応しい 2 工法が採用され、基準に管理指標の「クラック率」・「わだち掘れ量」が使われている。

- ① シーリング工法 : クラック率 : 30% <
- ② 切削工法 : わだち量 : 30mm <
- ③ 切削・オーバーレイ工法 : クラック : 40% <, わだち : 40% <
- ④ 平坦性 ( $\sigma$  3m) ・ IRI (国際ラフネス指数) は、個別の活用になる。

## 2. Surftechno. JP の I R I に関する研究開発の成果

### (1) IRI プロファイラ (原器) の測定機としての検証 (研究会への参加)

(研究会 ← (財) 土木研究センター ← (独) 土木研究所/基礎道路 G)

「目的」:

本調査は、現況道路で 3 m プロフィールメータ、水準測量及び路面性状測定車を用いて国際ラフネス指数 (以下 I R I という)、縦断プロファイル及び平坦性 ( $\sigma$  3 m) を測定し、各項目との相関関係を解析するもの。

「結果」:

上記コンテストに参加して下記のように、I R I 測定装置は水準測量から求めた I R I と同等の性能および従来平坦性指標  $\sigma$  3 m と非常に高い相関を得た。

\* I R I 測定装置 (原器) の性能を水準測量と比較検証を行なった。

#### ① 水準測量 (標準: クラス 1) と凸凹君ランナー (クラス 2) の相関 (添付-1)

回帰式 = 凸凹君ランナー:  $Y = 1.0001X + 8E-05$

寄与決定係数:  $R^2 = 0.9847$

\*  $\sigma$  3 m (従来指標) と I R I (今の新しい指標) の関係を調べた。(添付-2)

#### ② $\sigma$ 3 m と I R I の相関

回帰式 = I R I:  $Y = 1.2028X + 0.1706$

寄与決定係数:  $R^2 = 0.9175$

### (2) 日本道路会議にて口頭発表論文および特許取得

#### ① 福原敏彦, 山内康嗣: I R I による縦断線形評価と線形最適化の研究: 第 26 回日本道路会議, 11015

#### ② 福原敏彦, 亀山修一, 佐藤壽芳: I R I を用いた廉価な道路維持管理手法の為の測定機開発, 第 27 回日本道路会議, 20068

#### ③ 道路路面の評価方法: 特許第 4691325 号 取得

[詳細](#) 

(平坦度による「補修箇所付け」と「補修程度の最適化」)

(特長: 調査が廉価で早い, 補修計画・工事見積もり展開可能)

#### ④ 道路の横断路面構造: 特許第 4658561 号取得

[詳細](#)

「自動操舵を可能にする道路構造・・・」

#### 4. IRI 調査の一般的な特長

アメリカにおいて1950年代から使われていた実際の車輛サスペンションの上下動量を計測して路面のラフネスとしたことが初めとされている歴史ある路面の平坦性評価法であり、1980年代にそれまでの問題点や課題を世界銀行の基で改善され、世界の大半の国が新しくなった「国際ラフネス指数 (IRI)」を活用している。

主な改善点は下記の2点であり普遍なものになった。

- ① 車輛の各緒元の違いの影響を除くために、実車から仮想車輛 (1/4 の車輪数の車輛) の「サスペンション応答」をシミュレーションで解き上下挙動総和量/評価距離で求める方式にした。
- ② 実際の道路路面の「縦断形状」を何らかの方法で取得して、PC 内に仮想路面を作り其の仮想路面上を仮想車輛 (QC:クウォータカー) を時速 80Km/h で仮想走行させる。

また、

日本独自の従来平坦性 ( $\sigma$  3 m) との違いは、 $\sigma$  3 m方式が実路面の「縦断形状の幾何数」を統計学的に表す手法に対して、IRI は其の路面を走行したときの「乗り心地」シミュレーションで求めている為、道路利用者が体得している「体感乗り心地」と良い相関が認められ理解されやすく、**道路利用者立場の舗装管理指標で優位。**

##### (1) 一般的特徴

- ① 調査が「早く・安い」  
(早い: : 外車輪の走行軌跡上の「縦断プロファイル」データで容量が激減)  
(安い: : 調査機器が安い, 昼・小雨調査可能, パソコンによる自動処理)
- ② 現場技術者の判断と良く合う。  
(1950年代の「応答型ラフネス調査機」の整合の良さを継承している)
- .....以下は Surftechno.jp のみが可能.....
- ③ 調査データが補修工事の事前評価に活用でき詳細再調査不要で廉価  
(現況縦断形状データの活用し, 修繕のための部分線形設計を行なう)  
(工事の適正規模は「IRI の減少効果」と「修正量」から最適化を図る)
- ④ 解析が早く, 補修の年度内展開が可能  
(工事量の推計が出来ており, 予算調整が早い)

## 5. Surftechno.jp の IRI プロファイラの特長

今まで IRI は痛んだ道路路面の平坦性を調査する目的で作られ使われているが、しかし

- ① 「乗り心地」指標とした舗装維持管理がある、またシミュレーション技術として
- ② 「補修時の部分的線形設計の事前評価」に活用可能な有用な手法になりうる。

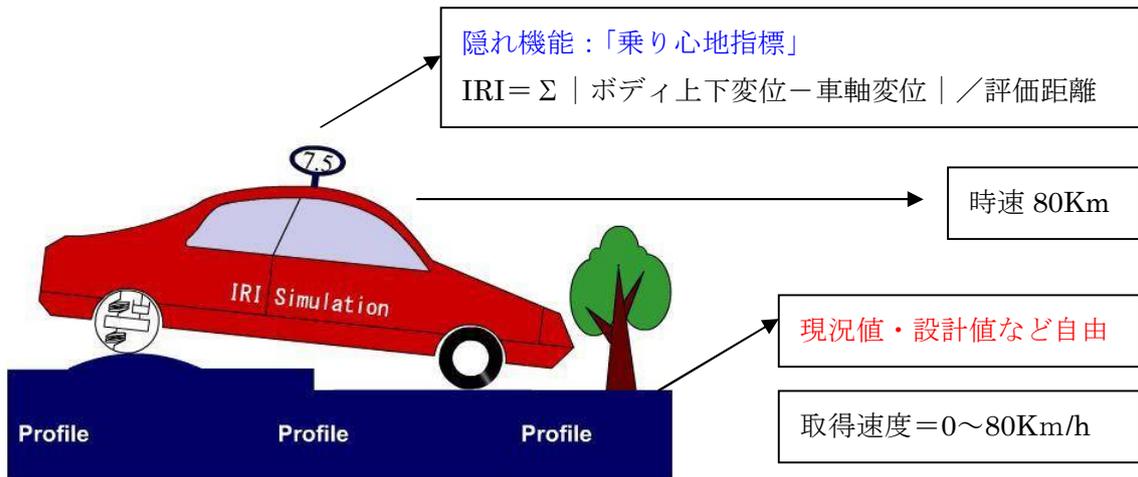


図-1 クォーターのモデル図

### (1) IRI プロファイラの活用の特殊な特長

- ① ロファイラを車輻に取り付け「縦断プロファイルを取得」(0~80Km/h)
- ② 取得プロファイルを基に「IRI を算出」
- ③ 管理基準値より「悪い箇所の抽出」

↑従来の調査はここまで

.....

↓IRI プロファイラでは「補修計画策定」が可能？

- ④ 悪い箇所の線形を「N次曲線で見直し」、管理基準値になるまで「繰り返し設計」
- ⑤ 繰り返し設計量から「工事規模・見積もりを作る」

このように、補修箇所の「選定」および「補修の最適化」を論理的に行なう方法論は過去には、存在していない。

これらを可能にしたのは、IRI 技術の活用であり、今後の地方分権時代に相応しい方法論と言える。

## (2) 補修工事規模の最適化

東日本大震災の被災現場で目にしたものは、大きな段差発生部で応急復旧では不十分な状態であることが分かっている。下記に其のビデオを添付する。

### ①バスの屋根が見えるほどの縦断勾配の被災・・・・・・・・ビデオ(4.61MB)

震災は例外としても、補修の程度が適切でないことは一目瞭然で本格的補修が必要不可欠であるが、その「補修程度」と「その効果」を今までに推計・予測した例は皆無と思われ、まさに経験工学の世界である。

道路の大半は「舗装」・「橋」・「トンネル」等の構造物のつながりで出来ている、この中で一番弱い構造物が破損することは摂理である。

道路利用者本位の良し悪しは、道路の「種類種別：(高速・国道・県道・・・・)」・「構造別：舗装・橋・トンネル」は無意識に「乗り心地」・「走りやすさ」・「景観」・等で決めていると思われ、況して「クラック率」・「わだち掘れ」で判断はしていない。

これらを鑑みると、「縦断形状を計り」・「乗り心地」で評価をすれば、ユーザー・サービスの指標として相応しいと思われる。

この「乗り心地」に視線を置いた手法を下記に紹介する。

### ③ 補修工事規模の最適化を可能にする手法を下記に紹介

#### ②費用対効果が最適な部分線形設計アイデア・・・・・・・・詳細



#### ③第26回 日本道路会議論文・・・・・・・・詳細

(IRIによる縦断線形評価と線形最適化の研究)

#### ④IRIが連続静止画Systemとコラボレーションしました。詳細(993KB)

## (3) まとめ

「どんな破壊」であれ「路面に痕跡」は残る、当初に「平ら」につくった「路面」は「平ら→凹凸」が出来て荒れてゆく。

∴ 路面の平坦性性能指標「IRI」で舗装の維持管理が可能であるといえる。

文責 福原敏彦

## 6. 添付資料

### (1) IRI プロファイラが水準測量と同等性能である検証

(独) 土木研究所の要請・協力で平成 16 年に行なった比較実験の結果です。

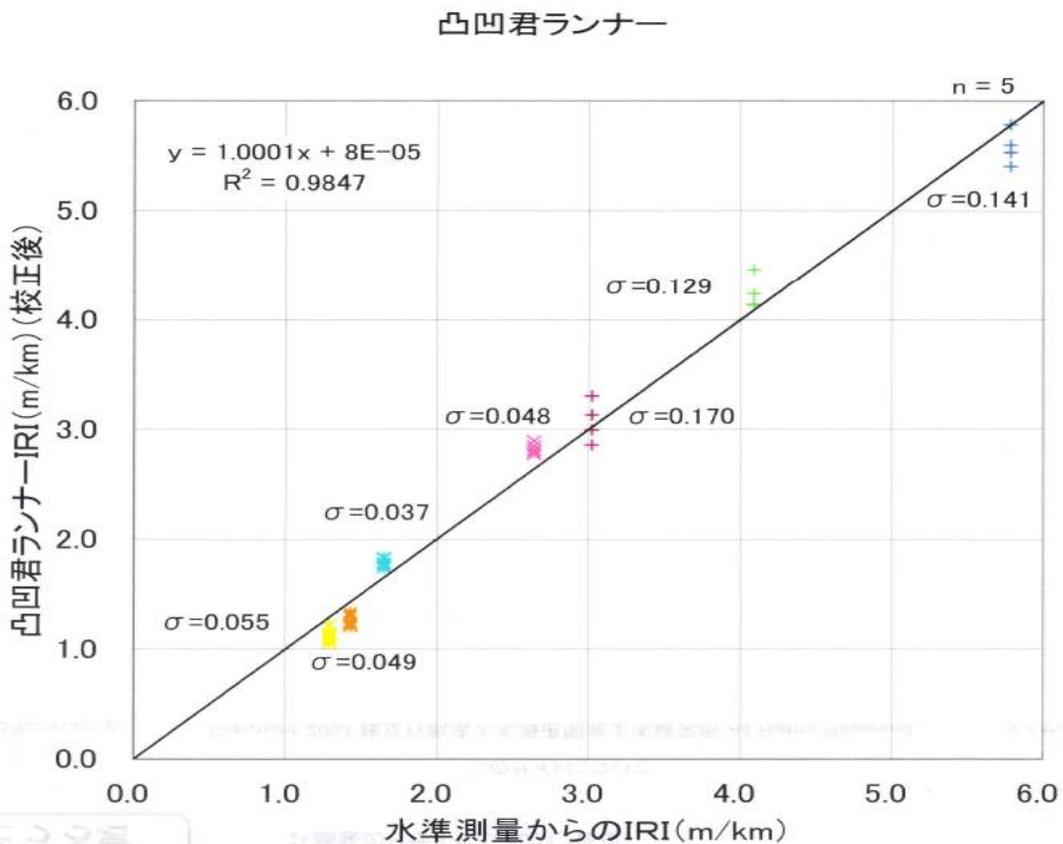
平成 19 年に「S032T : IRI の計り方」が便覧に紹介されたので、その「クラス分け」に準拠し見直すと「クラス 1 : 水準測量」と「クラス 2 : 機械計測機」の相関を診たことになる。

水準測量による「縦断プロファイル」の取得は S032T の標準と考えられる。

下記に IRI プロファイラの原器となる「凸凹君ランナーの測定結果」と「水準測量から求めた IRI の算出結果」の相関解析結果を示す。

「解析結果」

- ① 回帰式 : 凸凹君ランナー =  $Y = 1.0001x + 8E-05$
- ② 寄与率決定数 :  $R^2 = 0.9847$  (非常に高い相関がある)
- ③ IRI > 3 のデータはバラツキ  $\sigma$  が大きい。(計測サイトの問題?)
- ④



水準測量と凸凹君ランナーの相関

(2) 従来の平坦性指標 ( $\sigma 3m$ ) と IRI プロファイラの相関

日本独自の方法である「 $\sigma 3m$ 」は、縦断形状の標準的平面からのズレ量の標準偏差で表される。IRI は其の縦断形状上を仮想車輻を仮想走行させて時の車輻挙動 (サスペンション応答) から求められるもので、比較検証は学術的には無意味であるが、実用上は従来方との比較と言う意味で有用である。また、解析距離の影響をも診た。

「解析結果」

- ① 回帰式 :  $IRI = Y = 1.2028x + 0.1706$
- ② 寄与率決定数 :  $R^2 = 0.9175$  (非常に高い相関がある)
- ③ 解析距離が短いほどバラツキが大きくなる。(路面の波長感度特性の違い反映)
- ④
- ⑤

