

IRI 調査技術を持続可能な道路維持管理システムへの展開

1. はじめに

道路維持管理は昭和 60 年から続く従来法 (MCI ; 舗装維持管理指数⇒PMS ; 舗装維持管理システム) では,社会情勢 (車輦性能・管理機関の財政難) に合わなく更新の時期を迎えている。(特に評価指標 ; MCI の更新)

新しいシステムへの要望は

- (1) 誰にも判り易く (世界標準)・持続可能 (論理的・調査費用が安く・人間の介入が少なく早い) な指標を使って現況評価する道路維持管理システムが理想である。(広く・論理的で未来まで使える。)
- (2) 特に利用者立場に立った指標が好ましい。(評価者は利用者である。)
- (3) 道路全体として評価が可能であること。(道路の 2 大機能と結びつくこと : ①路面性能:滑らず・平坦の連続,②路面を支持する舗装構造の健全度=舗装の寿命)
- (4) 道路の関係する①利用者②管理者③沿道住民の 3 者が合意できる資料ができることが好ましい。

2. 道路に関する 3 者の関係

3 者が注視する事項と場所の関係を下図 (図-1) に示す。

- ① 舗装の路面性能 : 利用者は大事とする。
- ② 舗装の健全度 : 管理者が大事とする。
- ③ 沿道環境 : 沿道住民が大事とする。

③沿道環境 (要請限度 : $65 \text{ dB (a)} <$) : 振動規制法による環境保全

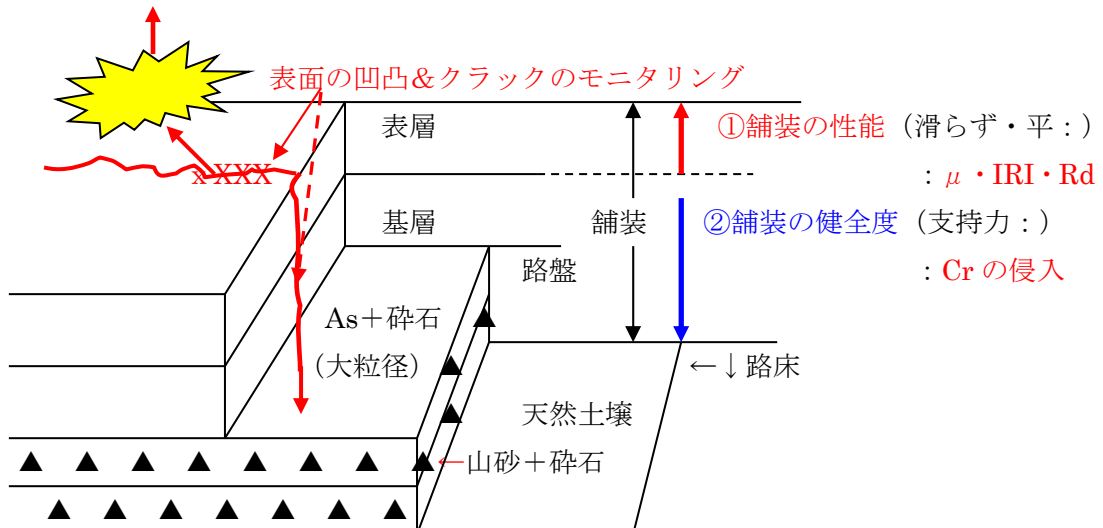


図-1 道路舗装の構造と損傷の項目モデル図

3. 具体的調査方法の検討

日本では新しい調査方法であるが、世界標準である、IRI：国際ラフネス指数は最も相応しい方法と考えられる。

この IRI 調査方法は、1985 年・世界銀行により改良された IRI 調査方法が開示された。改良点は、1920 年ごろから使われてきた実車のサスペンション変位量変化（応答型ラフネスロードメータ）から求められていた IRI を仮想の標準車輛の車輛挙動から求めるバーチャル化した。（QC モデルの応答シミュレーション）

其の方法は

- ① 何らかの方法で現況路面の「縦断プロファイル」を取得する。
- ② 縦断プロファイル上を仮想の標準車輛を仮想走行させて仮想車輛の「上下挙動を求める応答型シミュレーション」。（例えば QC モデル：応答型シミュレーション：フリーソフト）

この改良で払拭された事項

- ① 調査車輛のサスペンション特性が現れる。・・・調査車輛によって違う
- ② サスペンションの経年変化があらわれる。・・・路面の経年変化が追えない。

継続された事項

- ① 現場技術者の経験と良く一致する。
例えば：悪い箇所付けの正答率が高い。

改良されたことで、調査方法としての調査成果物の品質が向上して世界各国で採用した。（日本は、平成 19 年に道路協会から紹介・開示された。（S-032T）

「S-032T」の特長

- ① 取得プロファイルの精度でクラス 1～4 に分類（1：水準測量他：QC・2：機械プロファイラ：QC・3：応答ラフネス（旧）相関・4：目視：相関）
- ② 解析区間（距離）は自由になった。（昔：100m・1.6Km：単位＝m/Km）
IRI 解析に必要な波長を考慮して解析区間を決める必要あり、例えば、3 m プロファイラから求めたプロファイルは不可など。（考慮する波長 1m～22m）
- ③ IRI 算出ソフトは RoadRuf の活用を推奨（開発者：メイ・セイヤー教授／ミシガン大学）

「今後に大きく期待できる技術活用」

- ④ 旧高速道路公団の補修設計に採用「補修基準＝3.5mm/m」
- ⑤ プロファイルは現況 Pf 以外でも計画・設計値等、活用可能「事前机上評価」
- ⑥ IRI は搭乗者と同等以上の力が路面に反力となり、「交通振動の予測」が可能。
- ⑦ IRI とクラック密度の関係から「舗装体のヤング率推定」が可能
- ⑧ 路面の荒れ程度と損傷深さの関係から「工事選択の可能性」あり。

弊社は今後、IRI 調査技術を路面性状調査のみならず、道路調査の基軸調査手法になる可能性に期待して、予測診断技術等の開示・周知普及を推進する。

4. 社会の調査動向

近年、笹子トンネル施設落下事故以来、社会資本の維持管理が注目されている。そうした中、社会資本の「総点検要領」が国から地方自治体に通達があったが、5年に一度以上の点検が義務化された、従来手法に IRI 目視が追加されたが、数値評価に関する手法の紹介はなく、地方自治体任せになっている。

今、地方自治体では、財政難が有ることもあり、思うように展開されていないと思われる。

そこで、研究機関の動向を調べた、その一例を下記に紹介する。補助かあああ暗線道路では、2ステップに分けた計画で、「Step-1 に IRI」が活用されている。

出典：北海道工業大学 亀山修一教授
岐阜舗装マネジメント研究会第3回研究会講演資料

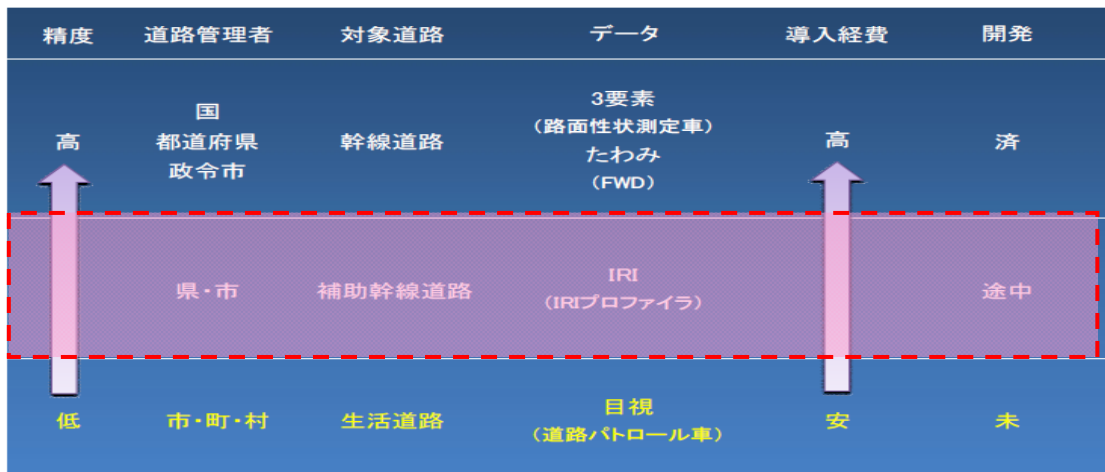


図1 舗装マネジメントの階層

Step-①
IRI 調査
による悪い箇所付け

Step-②
FWD 調査による
補修工法

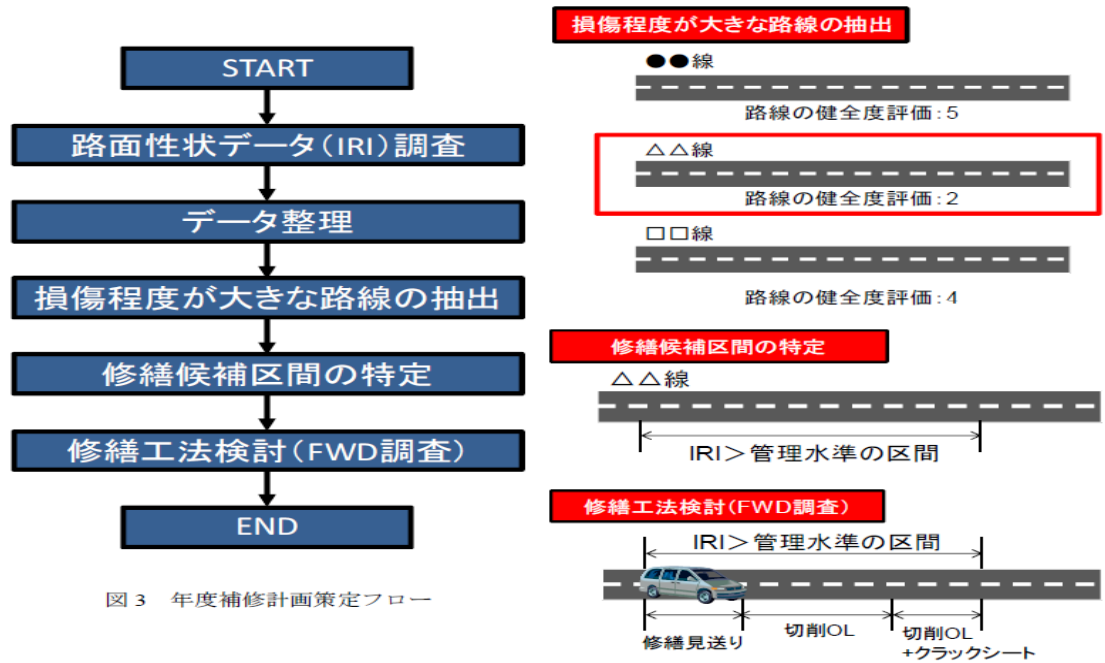


図3 年度補修計画策定フロー

Step-1 : NET では悪い路線, プロジェクトレベルでは「悪い箇所付け」に活用。
 Step-2 : 悪いと箇所付けされた場所の「舗装構造健全度に FWD」を活用している。
 悪い箇所付けに「IRI 調査は相応しい手法」と理解できる。

5. 弊社 IRI 調査・活用の具体的概念 (データの応用活用の流れ)

(ア) 縦断プロファイルの取得 : (逐次 2 角法 : 特許第 3329796 号 : 特許権者 ; 佐藤壽芳先生, (株)サンウェイ)

縦断プロファイルの
推定復元

(道路路面の評価方法 : P-4691325 号)

(特許権者 : 福原敏彦, 亀山修一先生)

(1) IRI 調査

(① 舗装の機能・性能の評価)

車輛が上下運動する時に

- 1 : 搭乗者は「乗り心地 : IRI」を感じ
- 2 : 路面には反力として車重以上の力が伝わり振動源になる。と考えた。

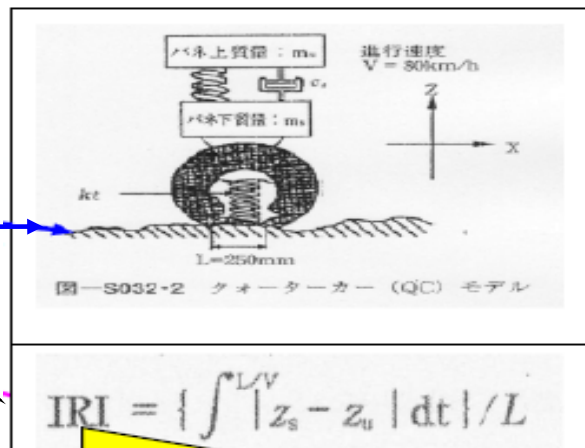


図-2 QC シミュレーションによる IRI 算出

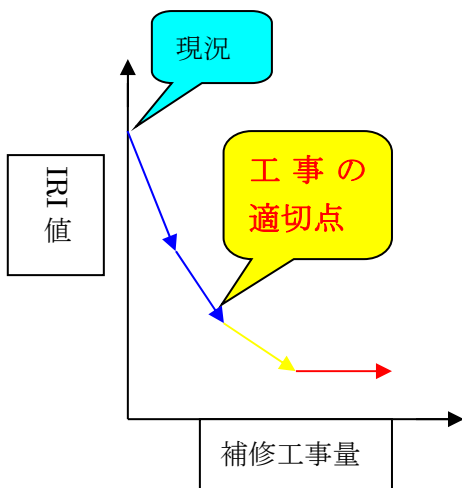


図-3¹費用対効果曲線

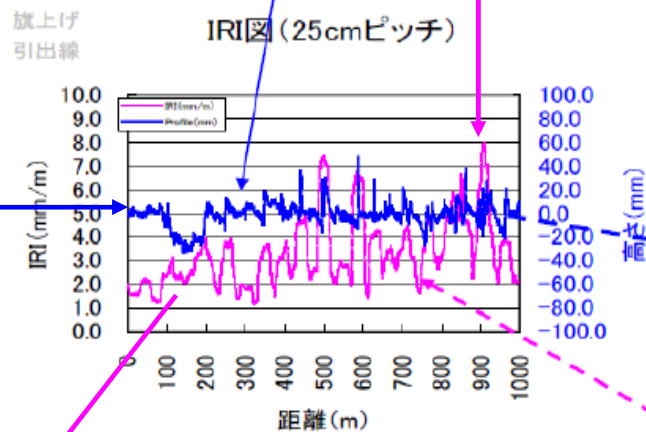


図-3 縦断プロファイルと IRI 値

算出 IRI

② 適切な補修量の決定手法：
(費用対効果曲線)

工事量を増やしても IRI がよくなる点がなく最適と判断する。

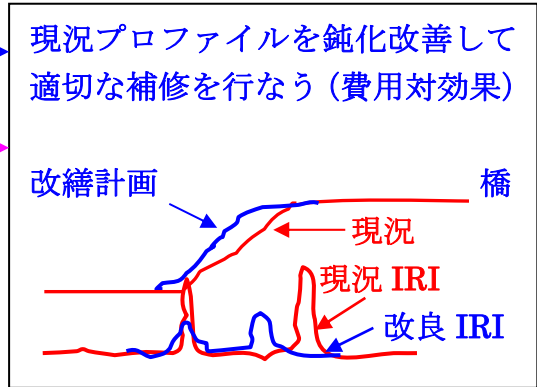


図-3² 補修改善の概念図

(2) 振動予測

(③沿道環境) (振動規正法)

要請限度：65db<

実測値と高い相関係数。

(k = 0.95)

平均ベース振動

振動予測

Pf ; 衝撃振動

『段差による振動』

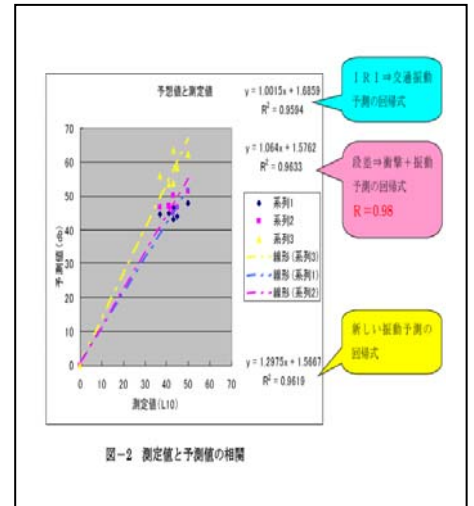


図-3³ 実測値と予測値の相関

(3) 舗装の健全度予測

① : (ヤング率の推定)

三段論法による演繹推計 (*3-1 と *3-2 を活用)

舗装の推定 E (MP a) = -242.51 x + 55832

(但し x = I R I)

★ 高い相関係数である。

★ k = 0.62

★ FWD (D0) に替われる。

(IRI 値)

(プロファイル)

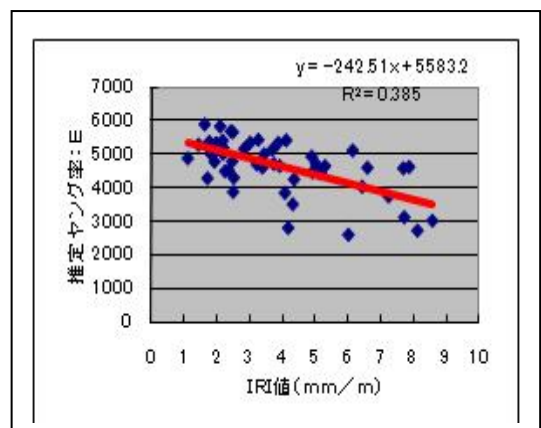
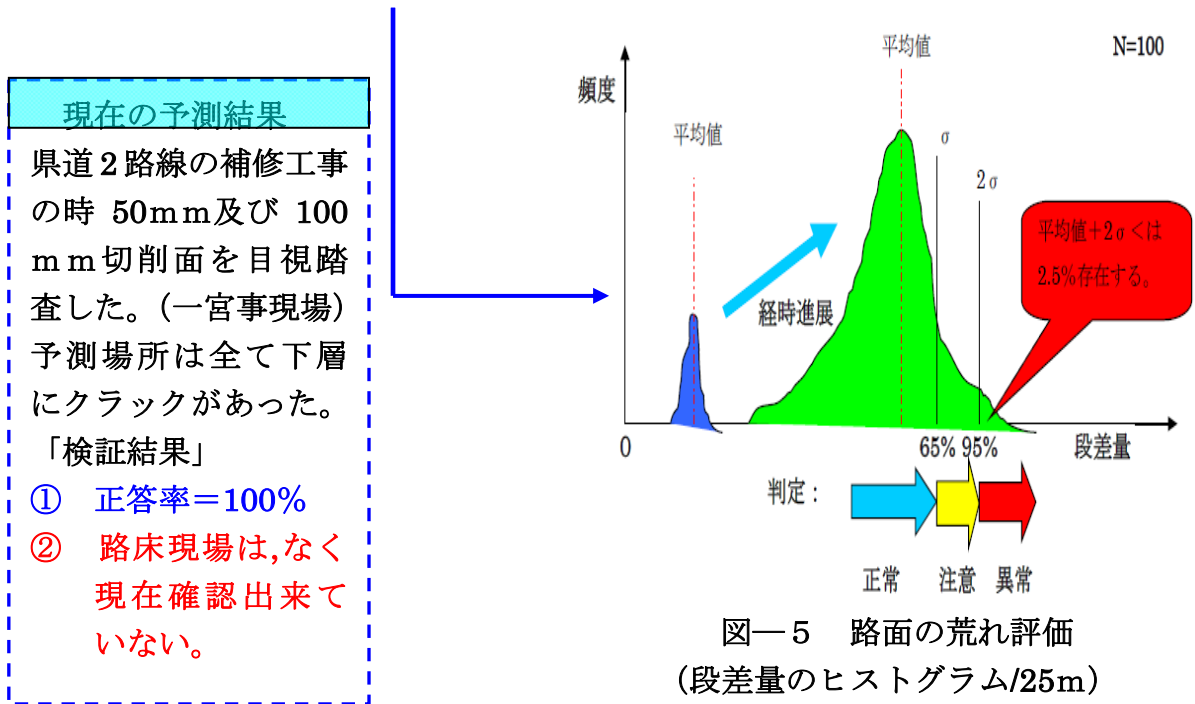


図-4 IRI と舗装体のヤング率の相関

②下層の損傷予測 (持論：開発中；県一宮建設事務所の現場にて確認)
舗装構造の下層が壊れると支持力が低下して舗装表面に凹凸が現れる。

その凹凸から下層の破損を予測する手法。



弊社の今後の予定：

損傷深さの予測の検討

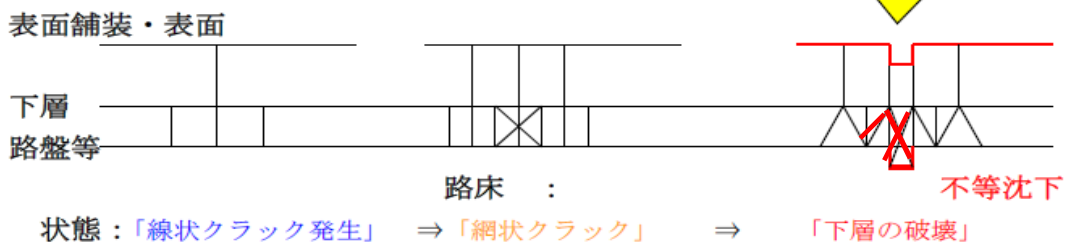
まずは、路床が痛んでいるか？の判定技術

下記に破損の模試図を示す。下層の路盤ではせん断面が現れ上からの負荷で「クサビ効果」で支持する。この時に表面沈下量＝クサビの沈下量は、路盤クラックの横方向の隙間に比例する。この隙間は、表面のクラック幅と同等と想定すると1～2mmになる。

今回の予測の182号線（下り・上り）で補修工事現場で確認検証を行なった。

2.破損メカニズム図（模示図）

路盤は、表層よりEが小さいから小さなブロック化する。



6. 考察：

現在、表面の荒れ程度からクラックの下層への進展深さを予測することを目的に進めている。

基層や路盤に損傷が出来ると「面の荒れ程度」は下図のように表せる。（青破線で表記）

しかし、路床まで破損が進むと路床の体力が極めて低いから「加速される」と想定している。（赤破線が示す。）（仮説）

このような変化が顕れれば路床の損傷が始まったとの理解は正しい。

「(段差の平均値 > 2 mm = 標準偏差 > 2 = 平均 * σ > 4)」

∴ 「表面損傷 < 1 ~ 2 mm = 路盤損傷 < 2 mm < 路床損傷」

今後、路床の損傷が認められる場所で確認検証を行う。

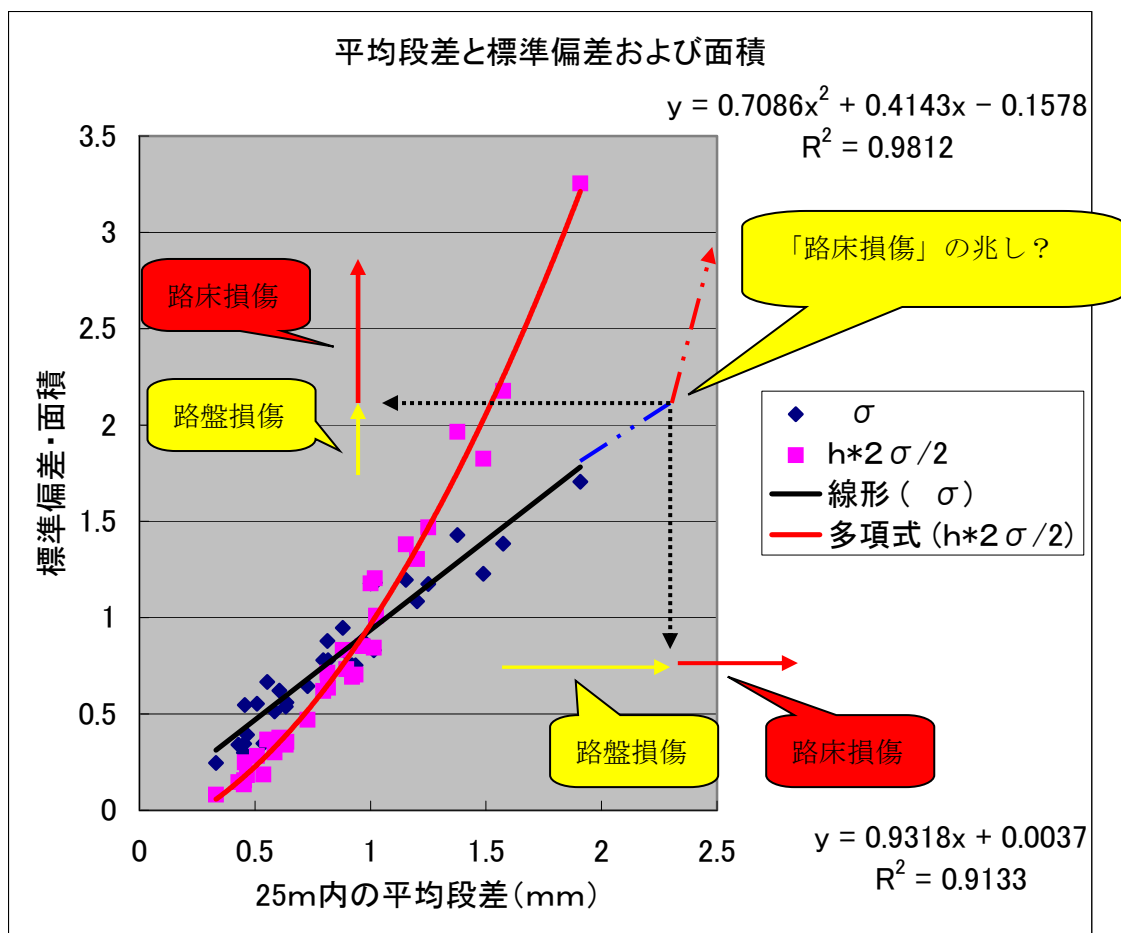


図-3 県道 182 号線（下り）の路面荒れ

「現場検証結果」：

182 号線は路床の破損は、起きていない推定・・・路床の損傷は確認できなかった。

(1) 段差量に及ぼすピッチの適正化検討

路面表面の荒れを最も適切に表現するために、データのピッチとの関連を調べた下記に示す。

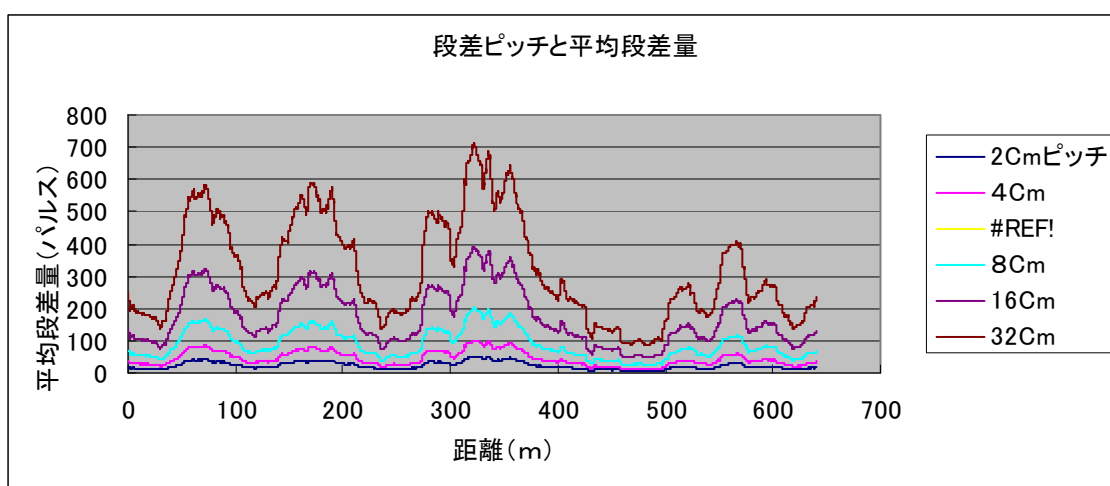
IRI プロファイラは 20mmピッチにプロファイルを測定している。

「縦軸＝生パルス：1パルス＝0.25 ミリラジアン⇔0.125mm変化を検出可能」

測定子の小径タイヤの路面との接触面積から考えると 2・4cmは適切ではない。

また、IRI 解析では接触長を 250mmとしている、各グラフの傾向は略同じと見えるので、「8～32Cm」が適切ピッチ範囲である。

今回の予測は 250mmで行ったが、適切ピッチの範囲内にあるので問題ない。



.....
(路盤損傷予測場所)

図一4 182号線下りの段差検出ピッチ