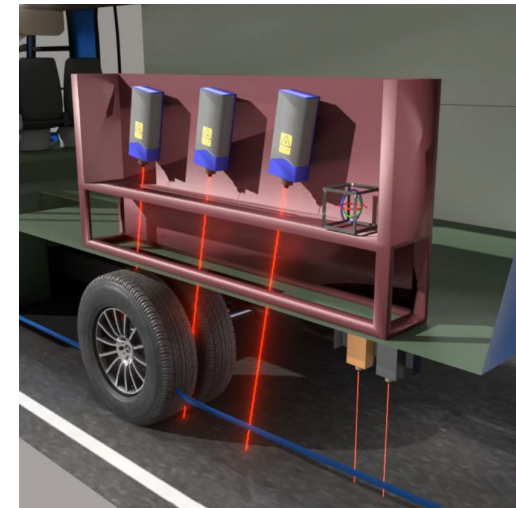
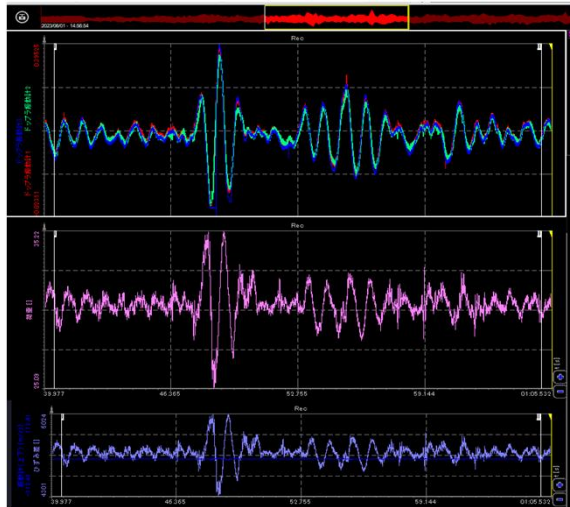


## 移動式たわみ測定装置 (MWD)

～舗装構造の健全性を効率的に把握する非破壊調査技術～



土木研究所道路技術研究グループ(舗装)

## 本日のご説明の流れ

○舗装の概要



○移動式たわみ測定装置(MWD)とは？



○MWDの実装が期待される背景



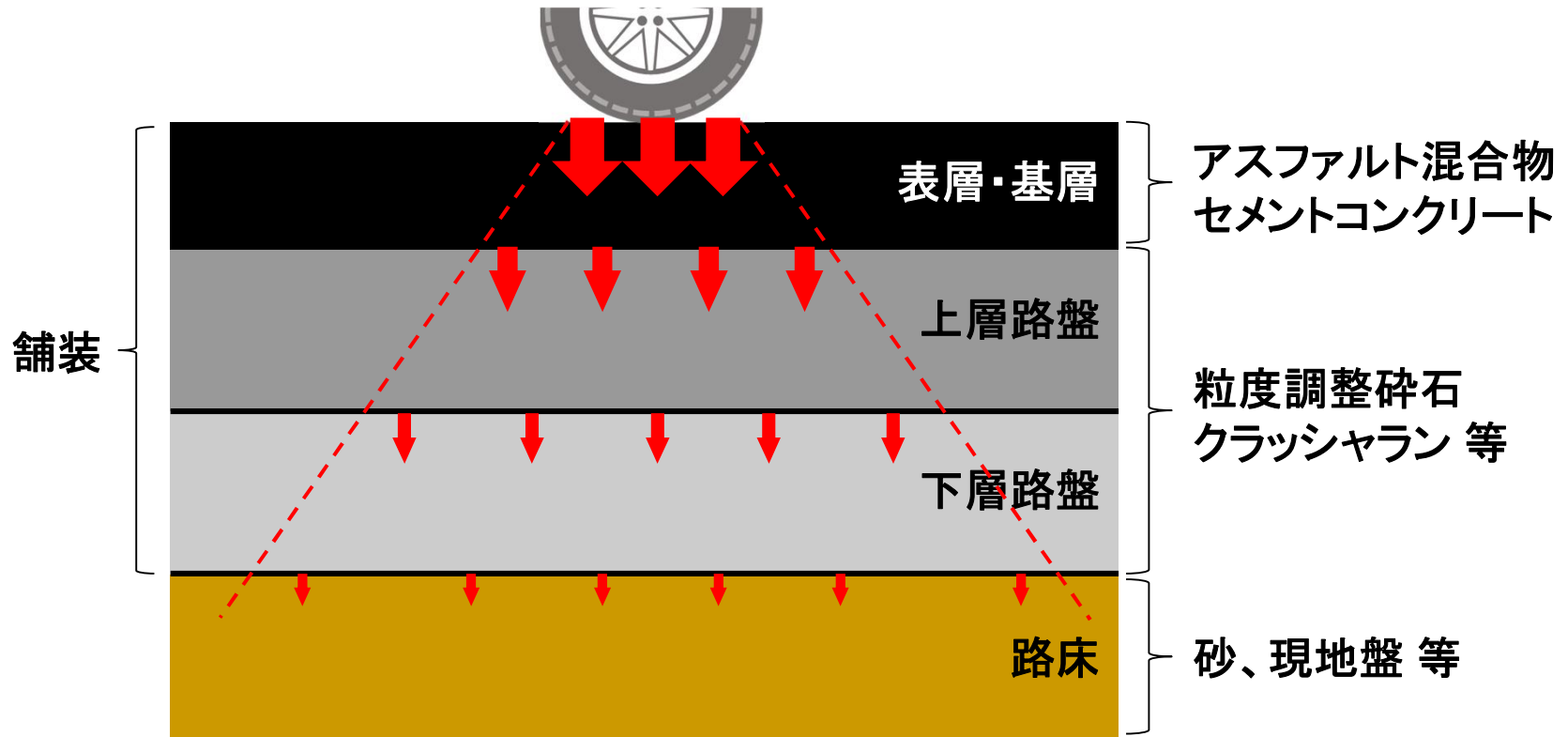
○MWDの測定原理、実道での測定事例



○MWDの現場実装に向けた取り組み



## ○舗装構造



舗装内部に損傷があれば早期に劣化が進行することが懸念  
⇒舗装構造の健全性を効率的に把握する手法が必要

○舗装構造の健全性を把握するためには

開削調査



舗装を掘削して、劣化状況を調査する手法

コア調査



コアを採取して、劣化状況を調査する手法

たわみ量調査



たわみ量を測定して、劣化状態を調査する手法

どの調査も交通規制が必要であるとともに効率的な調査は不可



期待されている調査技術が**移動式たわみ測定装置(MWD)**

# 移動式たわみ測定装置(MWD)とは？

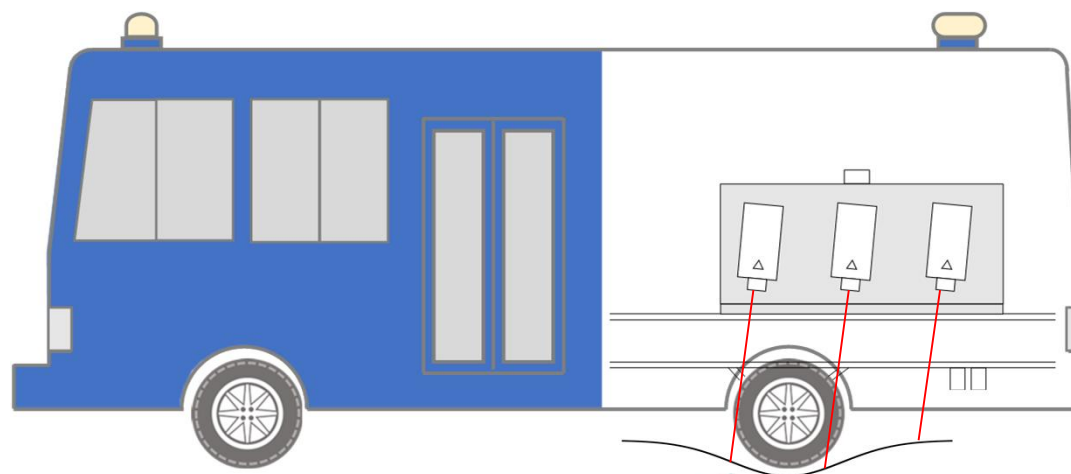
## ○移動式たわみ測定装置

Moving **W**heel **D**eflectometer(**MWD**)

- ・中型車両(8t)に各種測定機器を搭載
- ・自らの輪荷重によって生じる舗装の「たわみ」を走行しながら測定



MWDの外観  
※中型車(8t)を採用

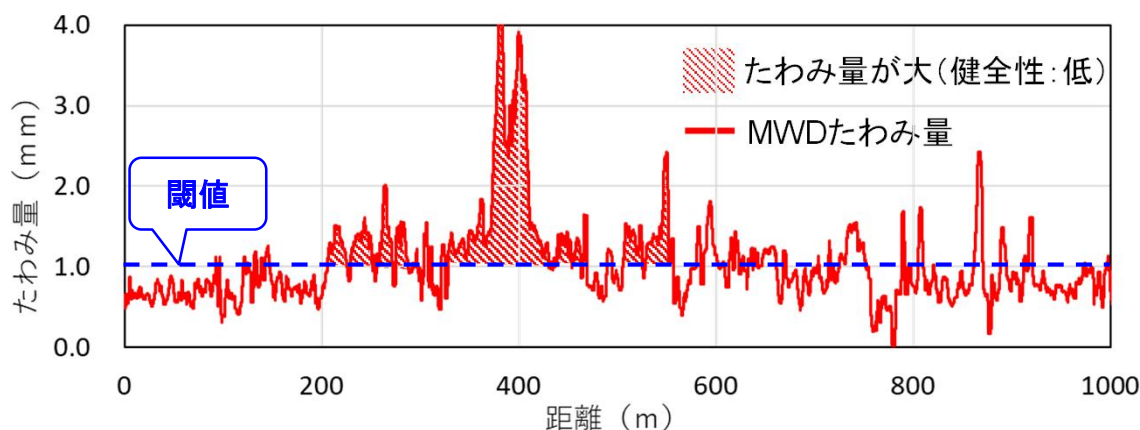


輪荷重で発生する舗装のたわみ量を測定

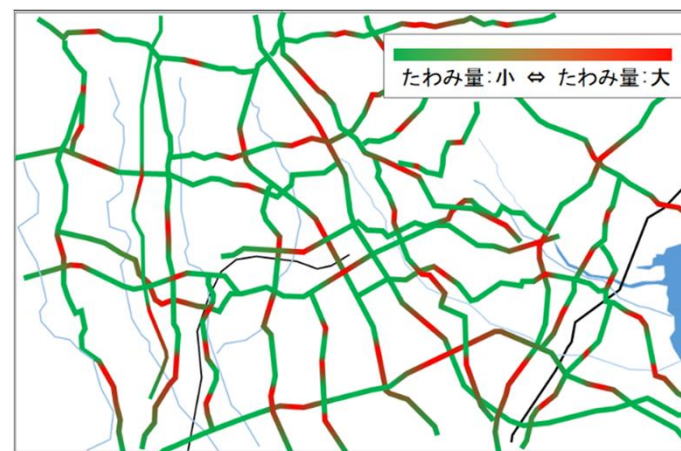
# MWDで何ができる？

- ・測定したたわみ量から舗装構造の健全性が低下している区間を抽出
- ・点ではなく線での測定（連続的な測定）のため、局所的に健全性が低下した区間も抽出
- ・交通規制が不要なく、通常走行での測定が可能
- ・通常走行での測定のため、短時間で多くの道路延長の調査が可能
- ・中型車を採用しているため、我が国のほとんどの道路で適用可能

⇒管理路線全体を網羅する調査（ネットワークレベルの調査）に最適



健全性低下区間の抽出例



ネットワークレベルの調査イメージ

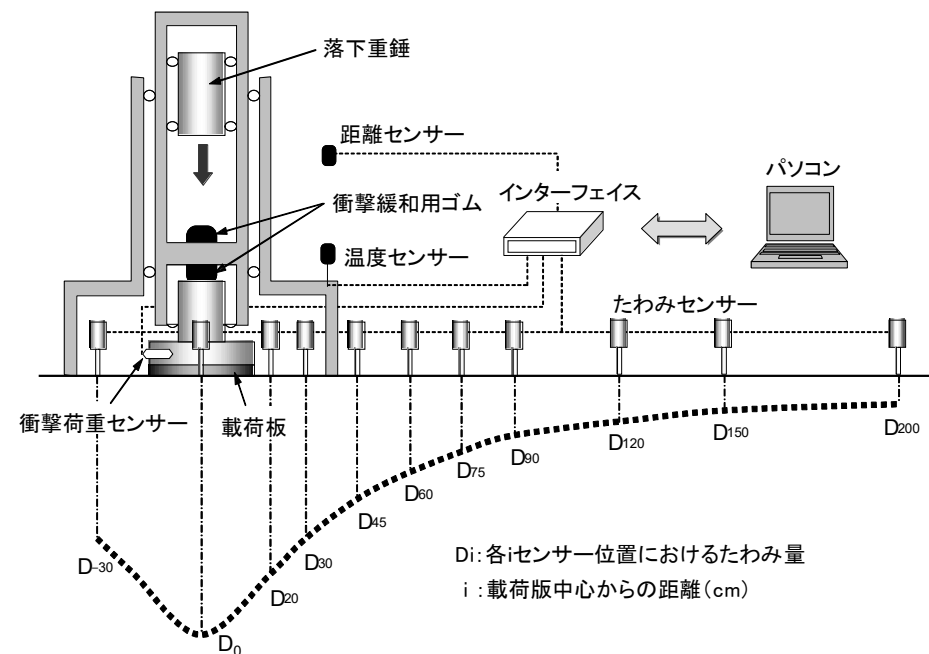
# たわみ量測定可能な他技術(FWD)



## ○重錘落下式たわみ測定装置

### Falling Weight Deflectometer (FWD)

- ・重錘が路面に落下する際に生じる舗装のたわみ量を測定
- ・測定で得られたたわみ形状から、舗装内部の損傷度合いを推定可能
- ・舗装の破損原因調査や修繕工法の選定等で一般的に活用

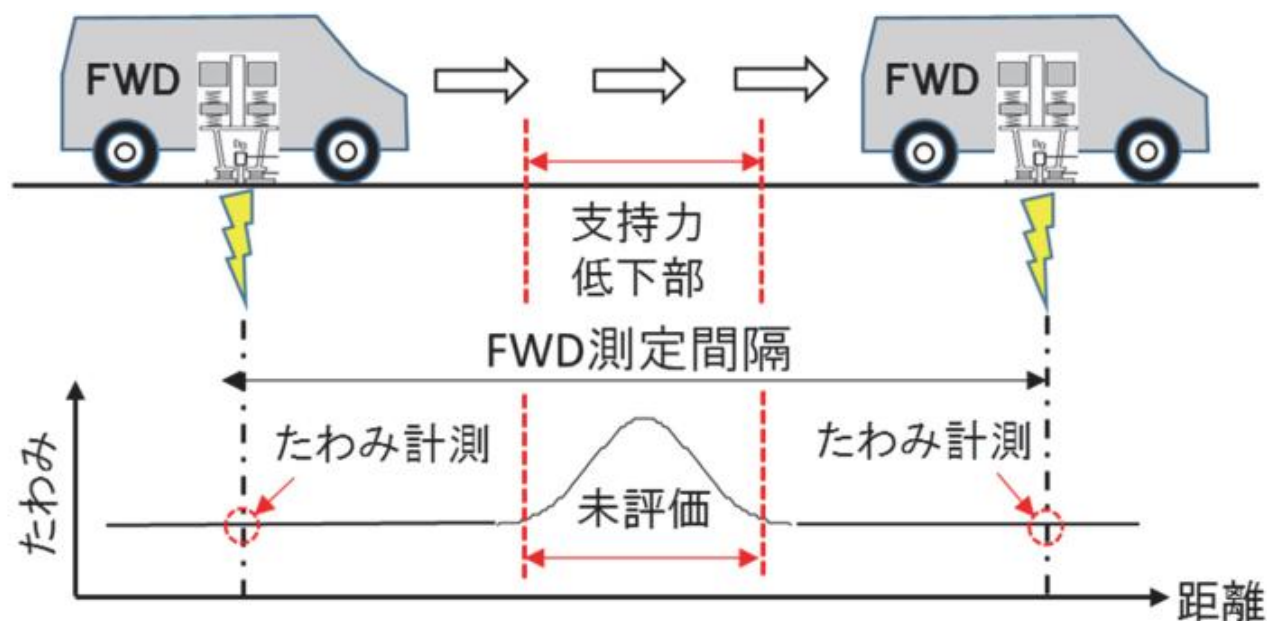


## たわみ量測定可能な他技術(FWD)

ただし、

- ・ 停車して測定する必要があるため交通規制が必須
- ・ 点での測定であり、測定点間の情報が得られない
- ・ 1点あたりの測定に2分程度必要であり時間と費用が必要

⇒ ネットワークレベルでの調査での活用は現実的ではない



# 海外の移動式たわみ測定装置



- ・各国で様々なタイプの移動式たわみ測定装置が開発
  - ・けん引式の大型車等を採用した車両
- ⇒我が国の道路において適用できる路線が限定



RWD<sup>1)</sup>(Rolling Wheel Deflectometer, 米国)



TSD<sup>2)</sup>(Traffic Speed Deflectometer, デンマーク)

1) Mostafa E., Ahmed M., Kevin G. Zhongjie Z. and Said I. : Evaluation of Continuous Deflection Testing Using the Rolling Wheel Deflectometer in Louisiana, Journal of Transportation Engineering, ASCE, pp.414-422, 2012.

2)<https://greenwood.dk/road/tsd/>

## 舗装点検要領(H28)

舗装点検要領

平成28年10月  
国土交通省 道路局

### 舗装点検要領のポイント

- 道路特性に応じた点検の実施  
⇒全道路(舗装)一律でなく、道路特性に応じた点検
- 舗装構造に着目した点検の実施**  
⇒舗装路面だけでなく路盤以下の舗装構造にも着目した点検
- 点検・診断・措置・記録を規定  
⇒点検→診断→措置→記録のメンテナンスサイクルの構築

## ○点検結果を用いた診断

- ・診断区分Ⅰ～Ⅲの判定
- ・さらに診断区分Ⅲは、Ⅲ-1とⅢ-2に区別

直轄国道の管理基準

区分	ひび割れ率	わだち掘れ量	IRI
Ⅰ	20%未満 程度	20mm未満 程度	3mm/m未満 程度
Ⅱ	20%以上 程度	20mm以上 程度	3mm/m以上 程度
Ⅲ	40%以上 程度	40mm以上 程度	8mm以上 程度

区分		状態
Ⅰ	健全	損傷レベル小：管理基準に照らし、劣化の程度が小さく、舗装表面が健全な状態である。
Ⅱ	表層機能保持段階	損傷レベル中：管理基準に照らし、劣化の程度が中程度である。
Ⅲ	修繕段階	損傷レベル大：管理基準に照らし、それを超過している又は早期の超過が予見される状態
	(Ⅲ-1：表層等修繕)	表層の供用年数が使用目標年数を超える場合（路盤以下の層が健全であると想定される場合）
	(Ⅲ-2：路盤打換等)	表層の供用年数が使用目標年数未満である場合（路盤以下の層が損傷していると想定される場合）

- ・Ⅲ-1は路盤以下の層が健全であると想定される状態
- ・Ⅲ-2は路盤以下の層が損傷していると想定される状態

Ⅲ	修繕段階	損傷レベル大：管理基準に照らし、それを超過している又は早期の超過が予見される状態
	(Ⅲ-1：表層等修繕)	表層の供用年数が <u>使用目標年数</u> を超える場合（路盤以下の層が健全であると想定される場合）
	(Ⅲ-2：路盤打換等)	表層の供用年数が <u>使用目標年数</u> 未満である場合（路盤以下の層が損傷していると想定される場合）

#### ※使用目標年数

「早期の劣化区間の把握及び適切な措置の実施による同区間の排除や、使用目標年数を意識した管理の実施により、全体を長寿命化に誘導することを目的として設定するもの」

⇒管内の修繕実績の平均等から設定している場合が多い

- ・使用目標年数により診断判定
- ・舗装構造の健全性を直接調査して、診断判定している訳ではない
- ・本来、舗装構造の健全性を直接調査して、診断判定するのが理想



ネットワークレベルでの舗装構造の健全性を調査可能な  
MWDの実装が期待

## 第9回道路技術懇談会


第9回道路技術懇談会（令和5年5月30日）にて、xRoadを活用した次世代舗装マネジメントについて国土交通省の方針を公表

第9回道路技術懇談会資料から抜粋 資料3

**xROADを活用した  
次世代の舗装マネジメント**

---

国土交通省 道路局 国道・技術課  
道路メンテナンス企画室

 国土交通省  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

### ※道路技術懇談会

「道路分野における新技術の活用及び技術開発の促進、並びにそれらに資するデジタル化等の基盤整備に係る検討にあたって助言を行う。」

## 今後、AI・ICT等を活用した効率的な点検へ

第9回道路技術懇談会資料から抜粋

- 現在、舗装点検の多くは目視で行われているが、今後はAI・ICTを活用した機器により行う方向へ転換。
- 令和4年度に、ひび割れ率、わだち掘れ量、IRIを計測する機器の性能評価を行い、コストを含めカタログ化して公表。
- 令和5年度より、国の舗装点検では、カタログの中で一定水準以上の技術を使用することを原則化。  
※点検データは、「見える化アプリ」へ容易に取り込めるように設定する予定
- 今後も定期的に機器の性能評価を行い、良いものは国が率先して使用していくことで、民間の技術開発を促していく。
- また、路盤が傷んでいるかどうかの判定については、本来、FWD調査を実施すべきだが、同調査は交通規制等を伴うため、現実的な方法として、これまで使用目標年数による「みなし判定」を主たる方法としてきたところ。
- しかしながら、「みなし判定」には誤差もあることから、今後、走行しながら調査が可能な機器（移動式たわみ測定装置（MWD））を開発していく予定。

### ■カタログ掲載技術の例

【技術ごとに、検出可能項目、機器タイプ、実働試験結果、経済性（コスト）、測定条件、実績等を掲載】

#### AI・ICTを活用した舗装点検技術の例

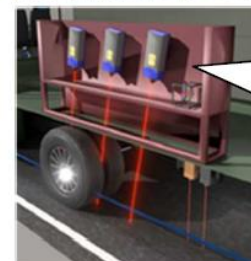


●測定イメージ



### ■MWD(移動式たわみ測定装置)

【土木研究所所有】



ドップラ振動計により、左後輪の輪荷重で発生する「たわみ速度」を測定

## 【参考】舗装マネジメント等に関する従来と今後の主な違い

第9回道路技術懇談会  
資料から抜粋

	従来	今後
点検・診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 表層の状態は目視で点検。</li> <li>● 表層がⅢ判定のものについて、使用目標年数に比して表層が早期劣化する箇所は路盤・路床が悪いとみなしてⅢ-2判定とする簡易な方法を採用。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 表層の状態について、AI・ICTを活用した点検技術を使用して効率化。</li> <li>● 地中の路盤・路床の状態を、路面から簡易に調査できる移動式たわみ測定装置（MWD）を開発し、正確性を高める。</li> </ul>
マネジメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ⅲ判定をターゲットにして修繕を行ってきたが、予防保全段階には至っていない。</li> <li>● データに基づく、劣化要因等の分析が必ずしも十分ではなかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● xROADデータの見える化アプリを開発し、まずは直轄において、修繕が必要な箇所に絞って対策が行われていることのチェックや修繕の年次計画を立てて実施。これにより早期の予防保全段階への移行を目指す。</li> <li>● また、xROADのデータ分析を通じて、舗装の劣化要因等の分析を進め、適宜、マネジメントに反映していくサイクルを構築。</li> </ul>
修繕設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 十分な検討と設計が行われていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 修繕設計段階での検討を充実させるため、まずは直轄から、段階的にコンサルへ発注を増やしていく。（コンサルの育成）</li> <li>● 調査や設計は、「アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧」等に沿って実施。</li> <li>● なお、定期点検でⅢ判定とされた箇所について、当面、直轄においては、土地の成り立ちが軟弱地盤等であり、かつ過去の修繕間隔が短い（使用目標年数の半分以下で繰り返し修繕）箇所についても、路床の状態を確認し、路床改良などそれに応じた措置を講ずる。</li> <li>● このほか、新技術・新材料の採用、Co舗装・As舗装の選択などの検討を行い、ライフサイクルコストを最小化するような舗装設計を実施。</li> </ul>

# MWDの主な搭載機器



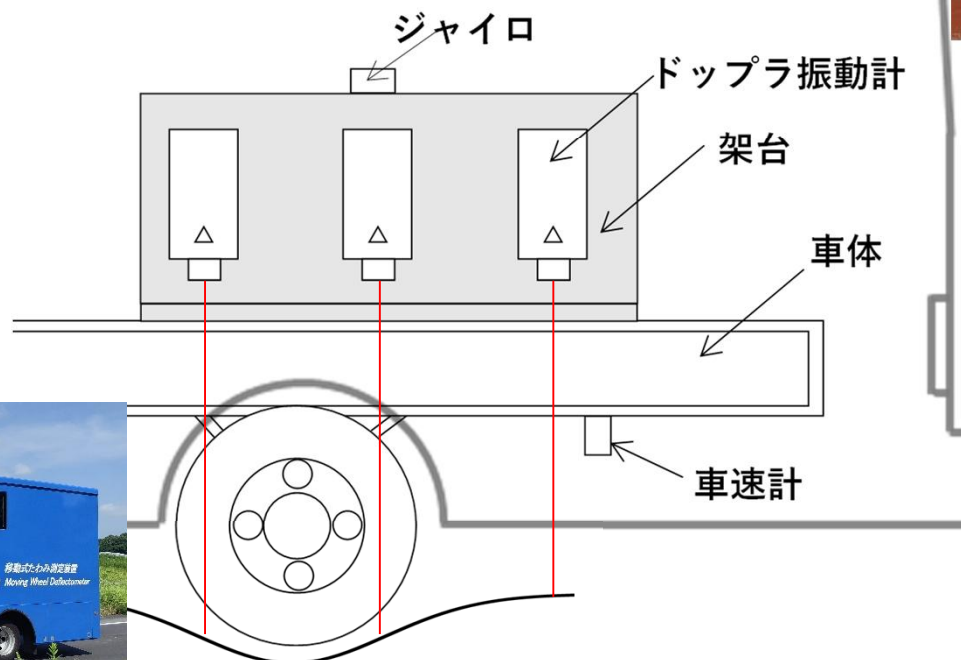
ドップラ振動計



ドップラ振動計による照射状況



ジャイロ



載荷装置 中型車両(輪荷重約2.5t)

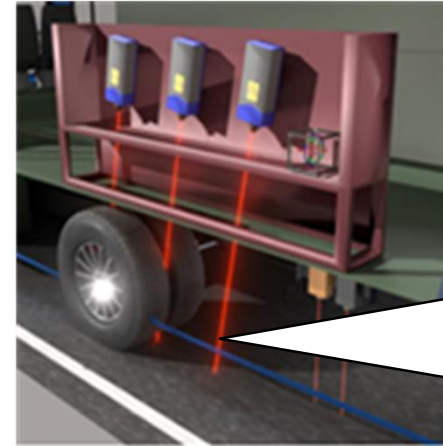


車速計

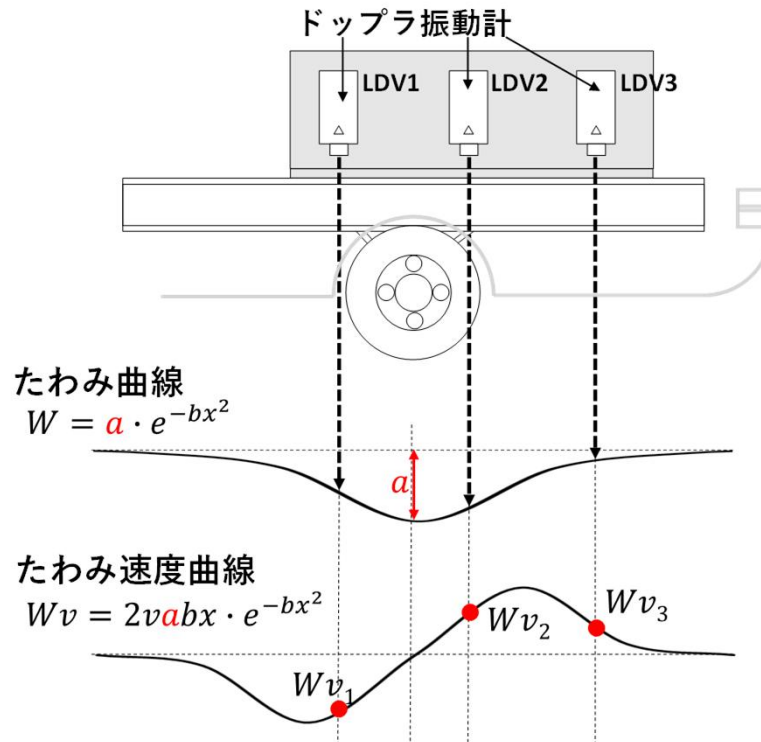
# たわみ量測定原理



「たわみ速度」を測定するドップラ振動計を搭載(3台)



ドップラ振動計にて、左後輪の輪荷重で発生する「たわみ速度」を測定

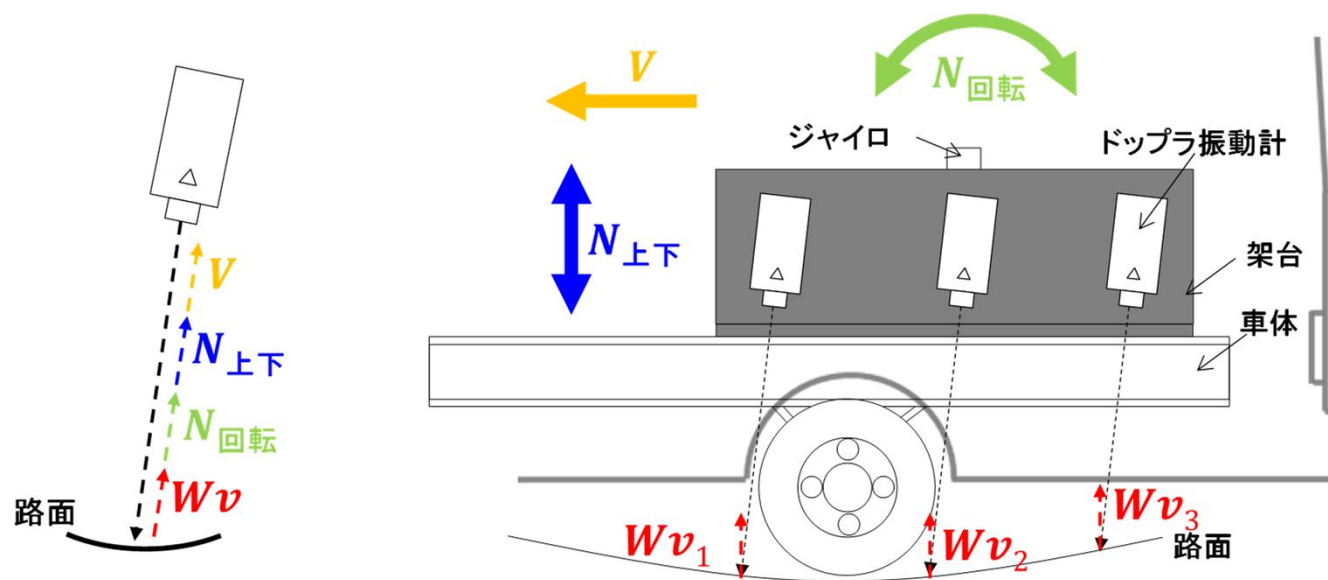


## 【たわみ量算出の手順】

- ①ドップラ振動計にて路面がたわむ時に発生するたわみ速度を測定(後輪付近3箇所)
- ②路面のたわみ曲線をガウス関数であると仮定
- ③たわみ曲線(ガウス関数)からたわみ速度曲線を算出
- ④ドップラ振動計で得られた路面のたわみ速度とたわみ速度曲線から最大たわみ量 $a$ を算出

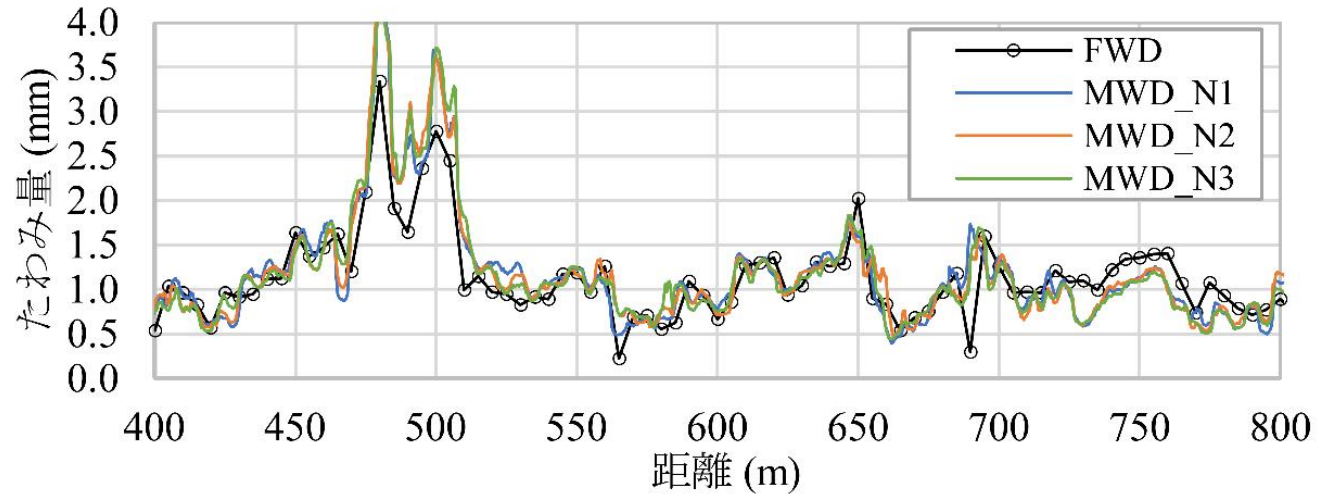
# ドップラ振動計に含まれるノイズについて

$$\text{LDV測定値} = \text{たわみ速度}(Wv) + \text{上下ノイズ}(N_{\text{上下}}) \\ + \text{回転ノイズ}(N_{\text{回転}}) + \text{車速ノイズ}(V)$$

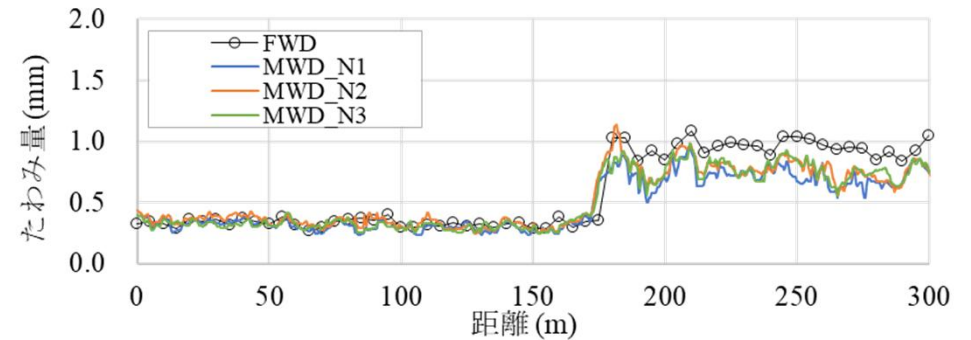
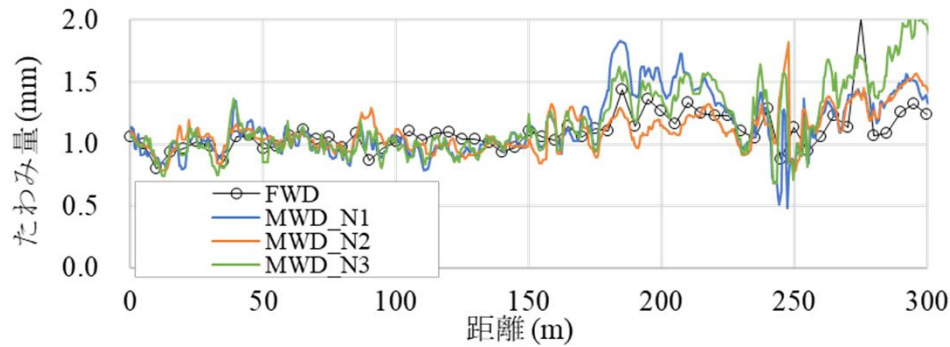


- ・ $N_{\text{上下}}$ の除去: ドップラ振動計の測定値の差をとることで除去
- ・ $N_{\text{回転}}$ の除去: 搭載したジャイロの測定値(角速度)を用いて除去
- ・ $V$ の除去: 搭載した車速計の測定値を用いて除去

# 実道での測定事例(土研構内道路、市道)

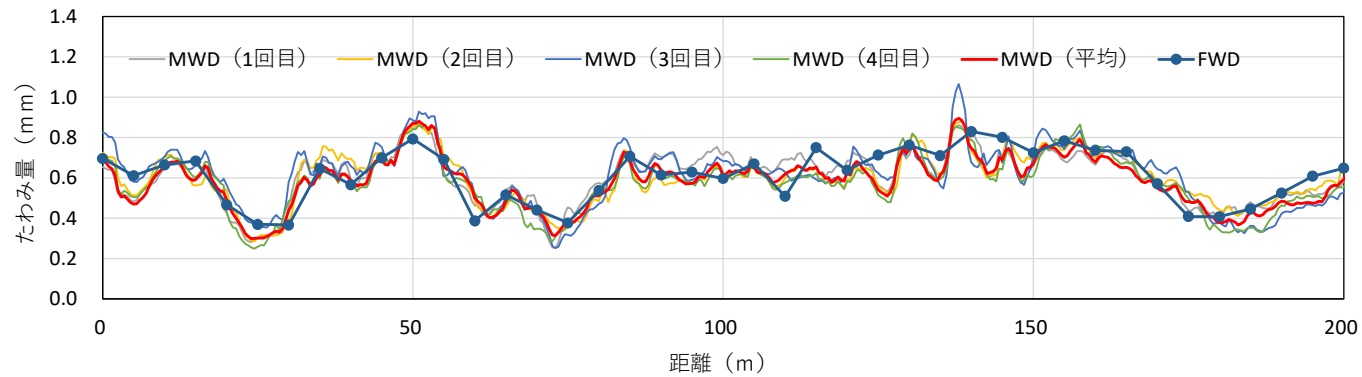


土木研究所構内道路

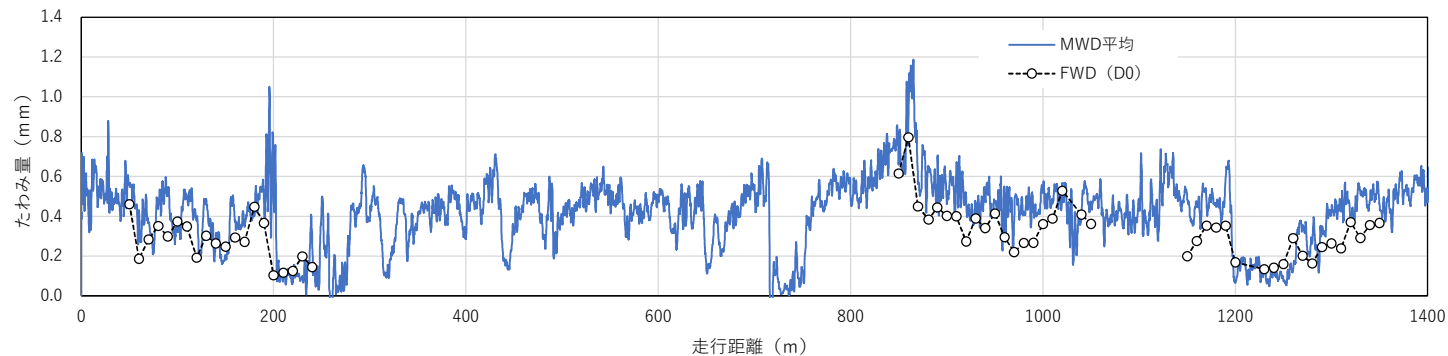
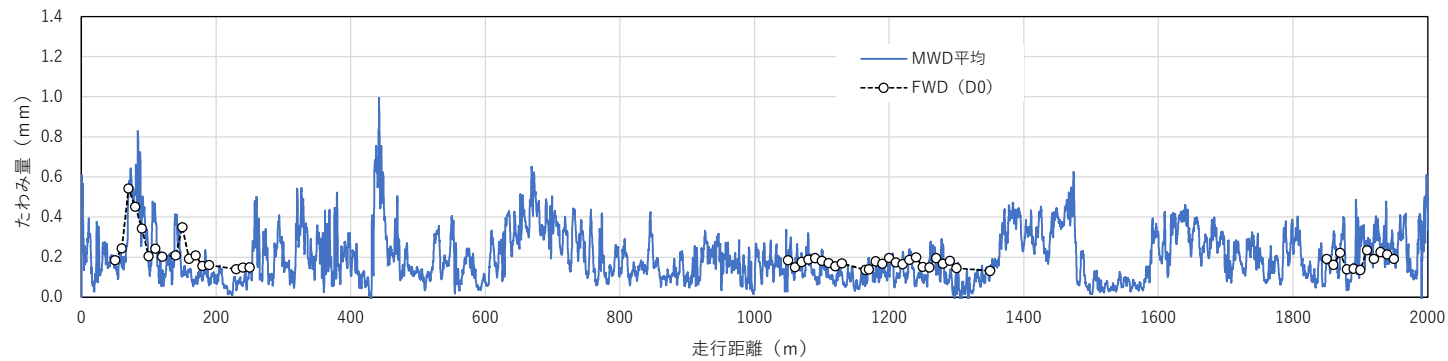


茨城県内市道

# 測定事例(直轄国道、高速自動車国道)



直轄国道



高速自動車国道

## ○MWDの試験法整備

- ・どの車両でも同じ条件で測定できるように試験法の整備が必要  
⇒土木研究所の研究課題で検討中(R6~R8)

## ○MWDの精度向上とMWDを用いた舗装マネジメント手法の提案

- ・MWDのさらなる精度向上が必要
- ・MWDを用いた適切な舗装マネジメント手法の確立が必要  
⇒戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)にて検討中(R5~R9)

SIP: <https://www.pwri.go.jp/jpn/research/sip/index.html>

【スマートインフラマネジメントシステムの構築 サブ課題B B-2】

「移動式たわみ測定装置(MWD)を用いた舗装内部の健全度評価技術の開発」

研究代表者: 東京農業大学 竹内 康 教授

連携者: 土木研究所舗装チーム、道路会社、材料メーカ

## 【MWDに関する問い合わせ先】

土木研究所道路技術研究グループ(舗装)

TEL 029-879-6789

