

デジタル技術を活用した 軌道保守の省力化と安全性向上

軌道技術研究部長
片岡宏夫

講演内容

1. 軌道の検査とデータの一元管理の取り組み
2. 各種検査・モニタリング装置
3. 保守計画策定支援システム
4. 今後の方向性



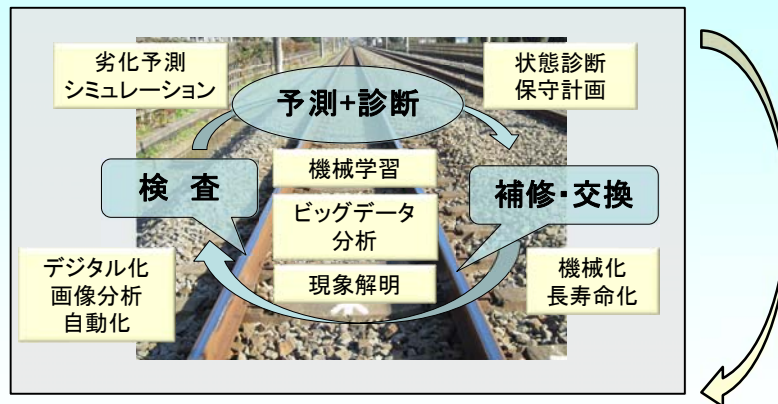
Railway Technical Research Institute

1

2

低コストで持続可能な軌道を目指して

省人化・省力化への対応 ⇒ デジタル技術を用いて実現



安全性の向上 ⇒ 検査の自動化・異常予測手法

1. 軌道の検査とデータの一元管理 の取り組み

3

4

軌道の検査の種類

鉄道構造物等維持管理標準(軌道編)

○線路巡視

○軌道状態管理

軌道変位検査

列車動揺検査

遊間・ロングレール検査

○軌道部材検査

レール、まくらぎ、分岐器、...

5

線路巡視

○列車巡視

○徒歩巡視

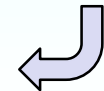
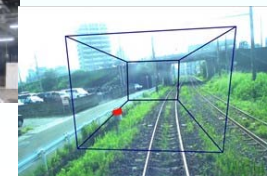
軌道および線路の総合的な保守状態や
線路沿線環境の変化等を総合的に把握
線路および沿線の観察



⇒画像分析の活用が有効

目視の内容を反映させるかがポイント

建築限界に支障しそうな
ものはないか？
線路に異常はないか？



6

軌道状態検査

○軌道変位検査

○列車動揺検査

経時的な検査データ活用が一番進んでいる分野

営業車検測による高頻度検測

保守計画支援も機能が拡張

課題: 低コスト化、地域鉄道の検測

⇒省力化と安全性向上



○ロングレール・遊間検査

課題: 軸力の不確定性

安全度判定への車上データ活用

7

軌道部材検査

○レール: 損傷、摩耗

○まくらぎ: 腐食、割れ

○分岐器: 損傷、摩耗、機能 等

人的労力を要している検査が多い

劣化をみえる化する技術が必要



課題:

劣化の定量化、検査の車上化

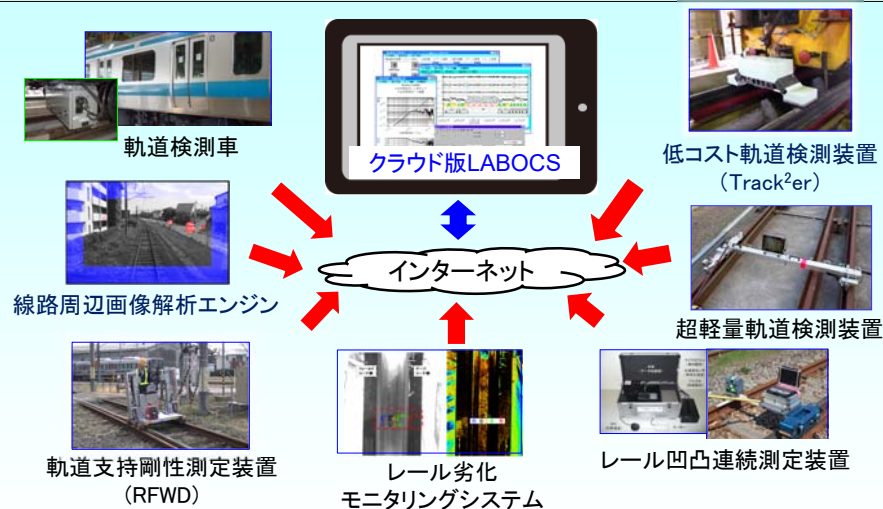
デジタル技術を有効に使えるよう、従来の仕組み(ルール)

を変えていくことも必要

⇒安全性の確保が前提

8

デジタル技術を活用した軌道メンテナンス

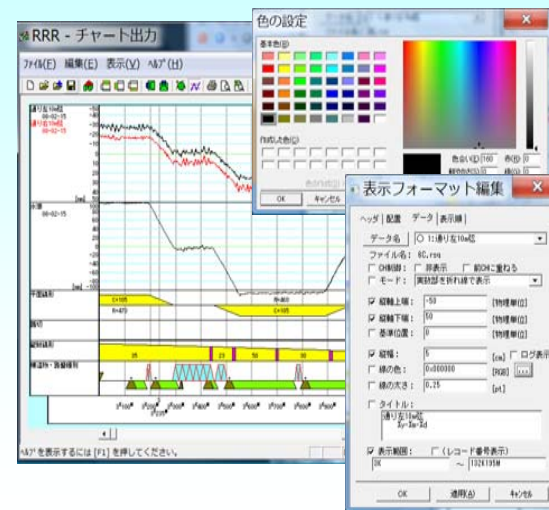


- ▶ データを統合し有機的に分析することにより業務の効率化を目指す
- ▶ クラウド版LABOCSをプラットフォームとしてデータを一元化

9

軌道保守管理データベースシステム (LABOCS)

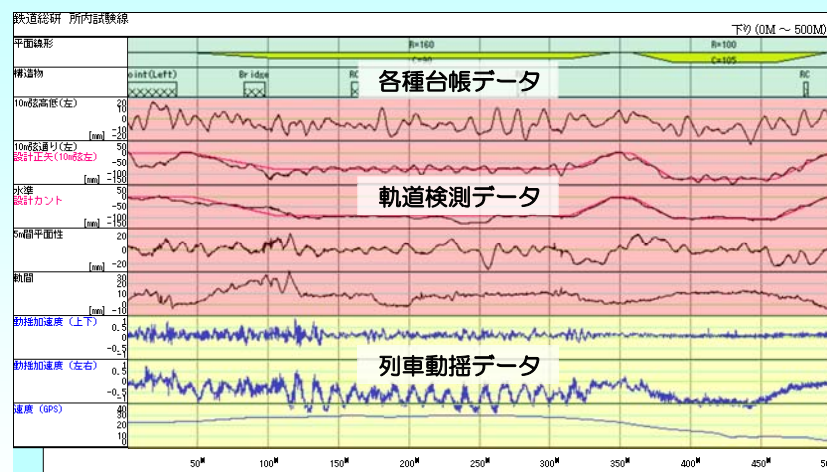
軌道変位や車両動揺などの測定データの管理・分析ソフトウェア



- ・位置合わせ
重キロ・断キロ補正
軌道変位⇔動揺
- ・基本演算
各種フィルタ処理
周波数解析
区間統計量算出
- ・復元波形の算出
- ・乗り心地レベルの算出
- ・チャート表示・印刷
軌道変位/動揺
軌道環境データ

10

軌道変位と列車動揺の分析



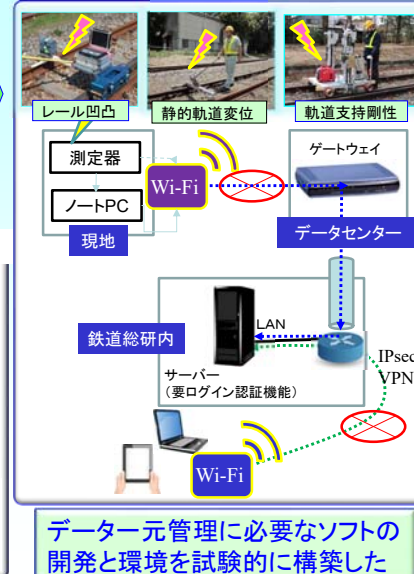
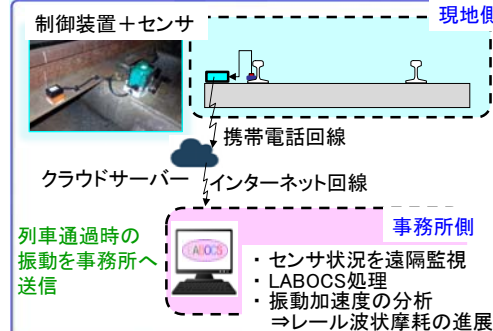
- ▶ 軌道変位(距離軸データ)と列車動揺(時間軸データ)を同時に描画
- ▶ 台帳情報を同時に描画可能

11

各種検査装置・システムのIoT対応版の開発

- ・検査、測定データのクラウドサーバーへの伝送や管理のためのネットワーク環境構築
- ・検査装置のIoT対応化
→伝送プログラム(モジュール)を開発

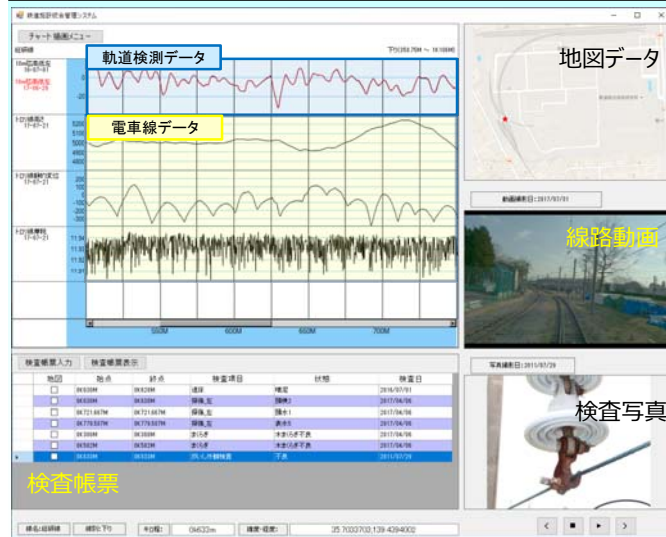
- ・地上型IoT測定装置の開発
→レール振動モニタリング装置



データ一元管理に必要なソフトの開発と環境を試験的に構築した

12

LABOCSをベースにした設備情報の一元管理システム



- 軌道変位データと各種検査データを同時描画
- 木まくらぎ不良画像の読み込み
- 画像の緯度経度情報 → キロ程へ自動変換
- 検査箇所の俯瞰的な確認・分析が可能
- 軌道検測データと電車線検査データの同時描画
- がいに検査画像の読み込み
- キロ程を手入力 → 緯度経度へ変換
- 軌道と電力の検査データ一元表示が可能

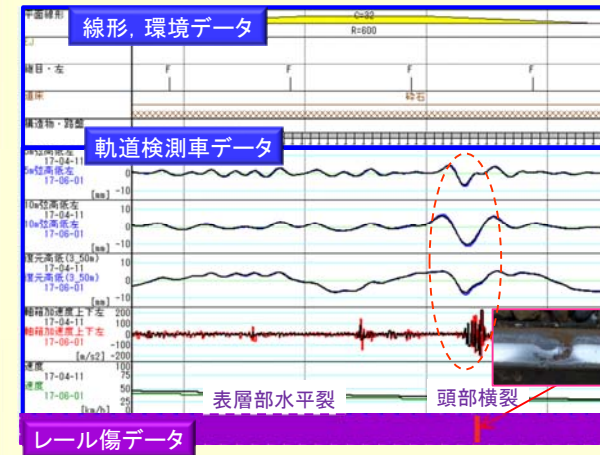
複数分野データの一元管理を実現

13

一元管理システムによる軌道管理の効率化

軌道検測データとレール探傷車データの一元化による工種選択の効率化例

軌道検測データ+レール探傷車データ



レール削正計画

疲労層除去を目的に
通トン基準で計画

軸箱加加速度大⇒凹凸
除去効果も期待

従来チャートで可能

レール探傷車データ追加

頭部横裂、水平裂の群発

削正効果を期待できない
(他箇所削正が効率的)

レール交換箇所に選定

輪重変動抑制による高低
変位進み低減にも効果

5m弦高低下⇒道床劣化?

別台帳管理のデータを一元化することで保守工種選択が効率化

2. 各種検査・モニタリング装置

線路巡視の
自動化

線路周辺画像解析エンジン

ステレオカメラ設置状況



- 任意の範囲に対し物体検出が可能
- 前回画像と今回画像の変化箇所を差分として抽出
- 列車巡視支援システムに活用

画像解析技術

自己位置推定

多視点三次元計測

差分検知

走行経路推定



建築限界内の物体検出

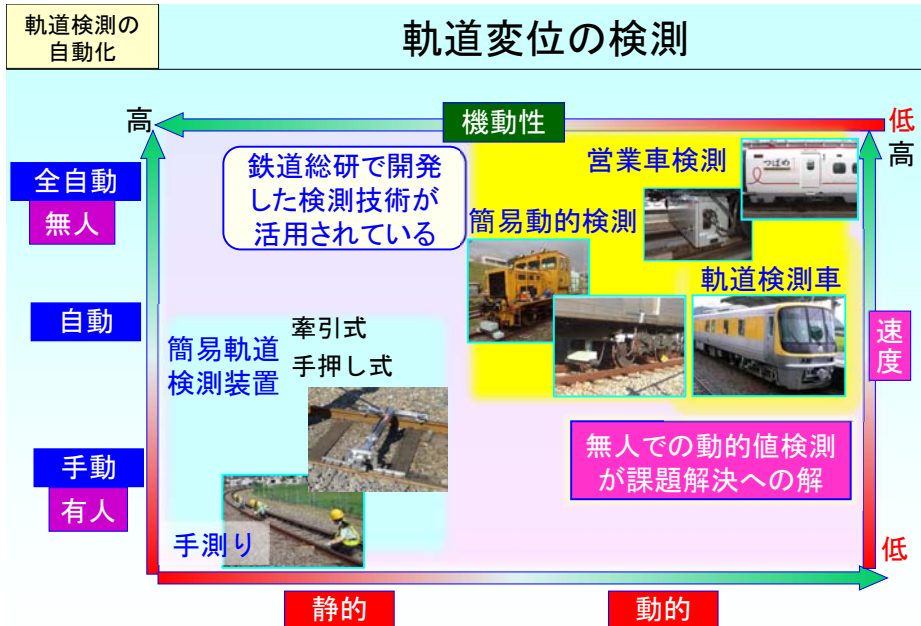


変化箇所抽出



15

16



17



18



19

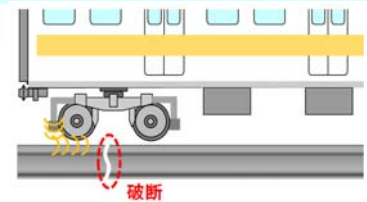


20

軌道回路に代わる車上式レール破断検知システム

- 非接触の超音波センサーによりレール破断を検知
- 30km/h以下の速度域において検知性能を確認

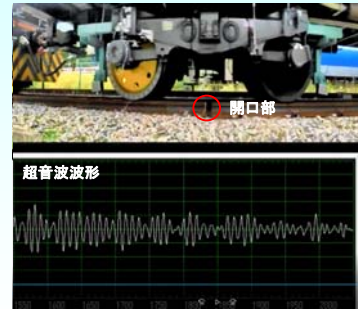
レール破断検知システムのイメージ



試験車両への搭載状況



開口部走行時(30km/h)

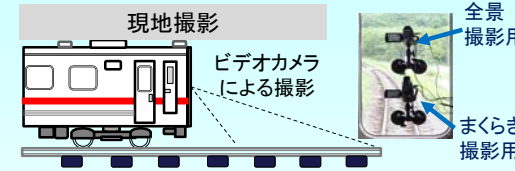


中速度域の試験を実施中、今後横裂検知への拡張も予定

21

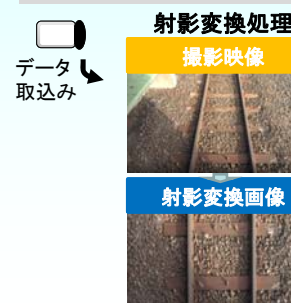
ディープラーニングを用いた木まくらぎの劣化度判定システム

本システムの構成



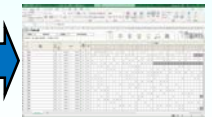
- 市販のビデオカメラで列車前頭から撮影する画像を使用、低コストなシステムを実現
- ディープラーニングで、木まくらぎの劣化状態を自動判定
- 画像から走行距離を算出して、まくらぎの1本管理に利用可能

地上処理



ディープラーニングを用いた 木まくらぎの劣化度判定

判定結果を システムに出カ



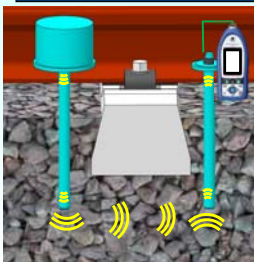
22

透過音によるバラスト劣化状態評価

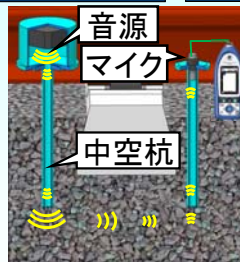
- バラストが破碎・細粒化するほど透過音レベルが低下する特性を用いて劣化状態を判定
- バラストの劣化程度を細粒分含有率により評価
- 営業線、室内試験により、バラスト状態との相関性を確認

バラスト劣化状態の測定方法

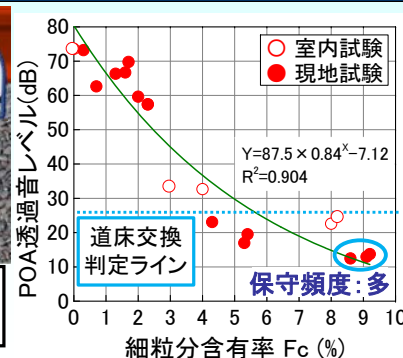
細粒分含有率と透過音レベルの関係



健全バラスト
入射音 ≒ 透過音



劣化バラスト
入射音 > 透過音

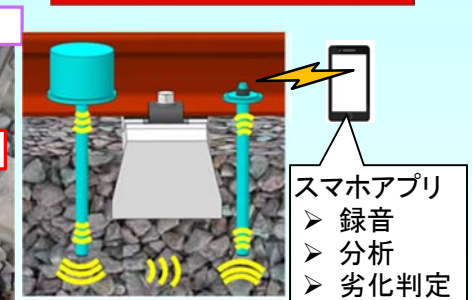


23

透過音によるバラスト劣化状態評価

透過音法の現地測定状況

透過音法の実用機

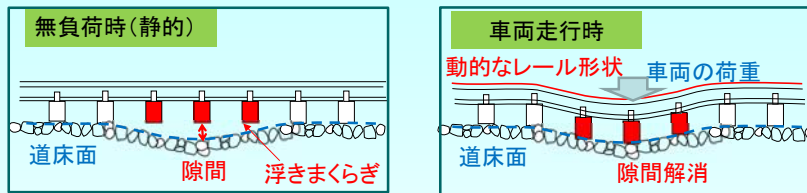


- 現地試験により透過音法の精度の向上を図り、道床交換の検査・判定マニュアルを作成して実用展開する。
- バラスト劣化予測手法の開発によりLCCを考慮したバラスト管理を実現

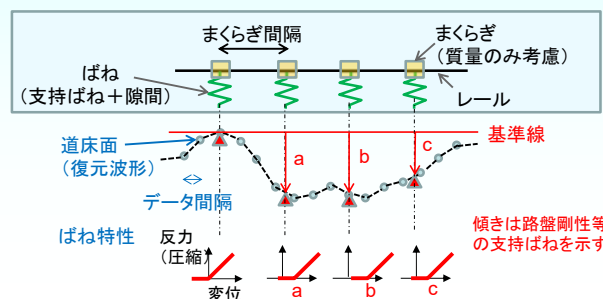
24

浮きまくらぎの検知手法

➤ 軌道状態の悪化をもたらす浮きまくらぎを定量化する手法を開発

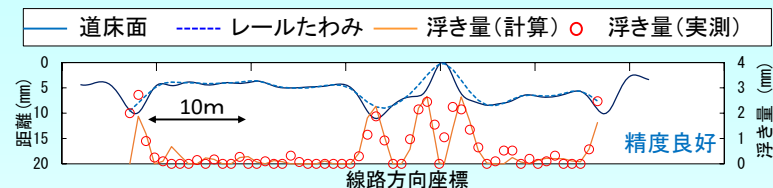


車両走行時のレール形状と道床面形状は一致 数値計算で浮きまくらぎを検出
道床面形状は車両走行時と無負荷時ではほぼ一定

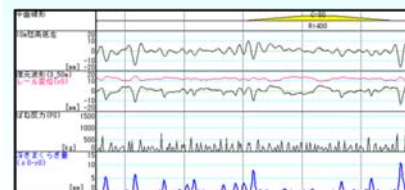


25

浮きまくらぎの検知手法

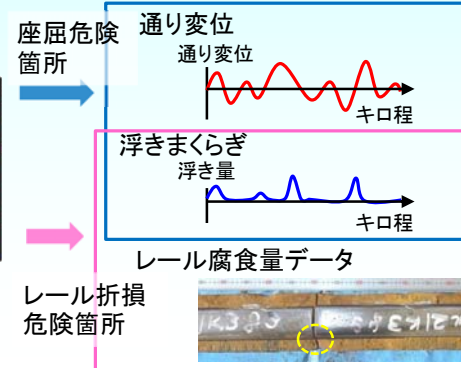


LABOCSに実装
(浮きまくらぎ検知機能搭載)



➤ 弱点箇所を容易に抽出可能

危険箇所の抽出への活用



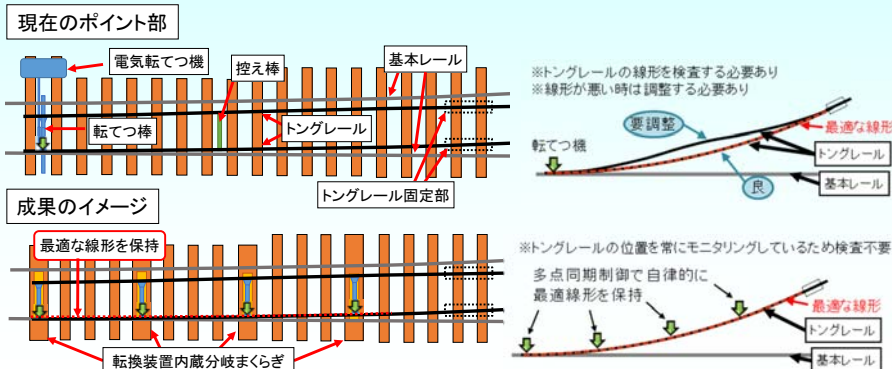
26

転換装置内蔵まくらぎを用いた分岐器の開発

課題

- ・ポイント部の検査・調整に多大な労力が必要
- ・ポイント部内に突き固め不能箇所が存在

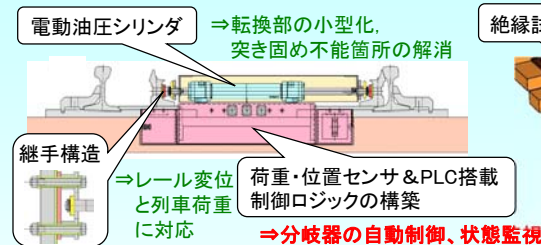
➡ トングレールの制御とモニタリングを両立するとともに
まくらぎに内蔵可能な転換装置を開発



27

転換装置内蔵まくらぎを用いた分岐器の開発

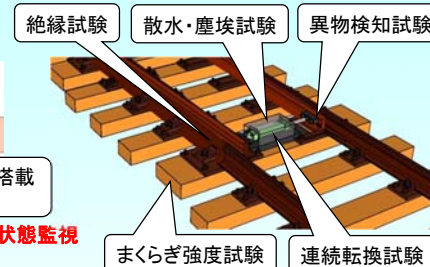
【転換装置の製作】



プロトタイプの数設状況と転換試験



【性能評価試験】



28

3. 保守計画策定支援システム

29

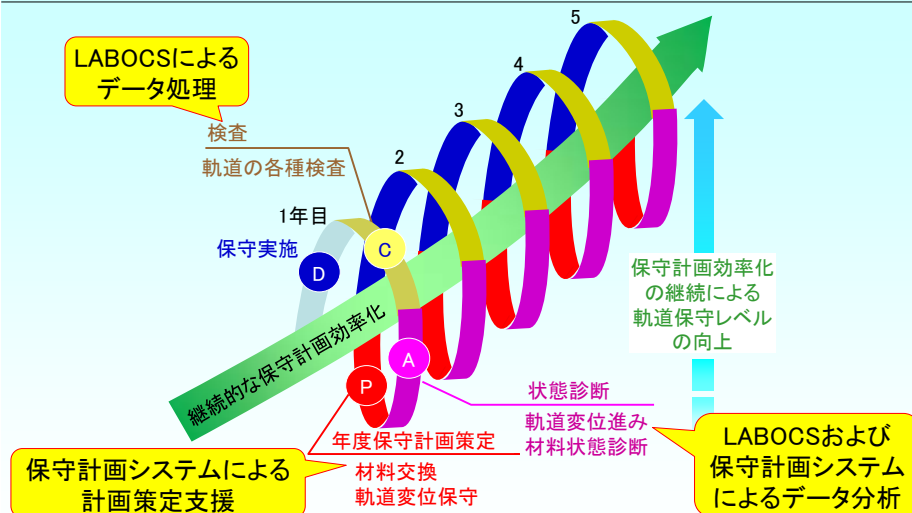
軌道保守計画策定支援システム



- 限られた軌道保守費や保守用車を有効に活用し、良好な軌道状態を維持する計画策定を支援

30

システムを活用した軌道保守レベルの向上



- 各種システムの連携により、維持管理サイクルの効率化を支援
- 材料保守時期や年度計画の効率化を継続し保守レベルを向上

31

軌道変位保守計画システム

年間保守延長制約下で最良の軌道状態を維持する年度計画を出力

目標 最小化 年度平均軌道状態（軌道変位標準偏差等）

制約条件 基地別保守エリア，回送範囲
各期の保守可能日数→保守量
MTT配備時期／配備禁止時期
軌道変位上限値

他



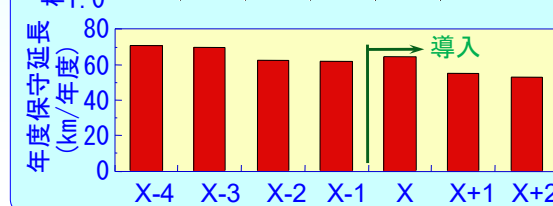
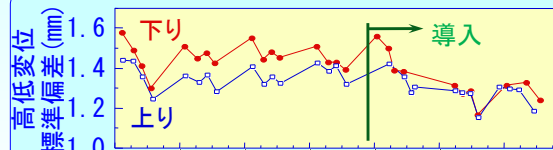
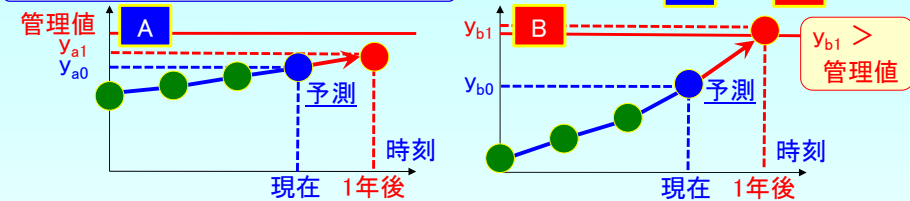
MTT計画 基地，保守区間，時期を出力 **TT計画** 保守区間，期限を出力

4月			5月		
期	基地	区間	期	基地	区間
1	A	1 2	1		
2	C	15 16	2	B	3 4
3			3	D	29 30

区間	介在設備	管理値到達期	近接MTT区間
6	踏切	2013.4下	
14		2013.9上	●
25		2013.7中	
31		2014.2上	●

軌道変位保守計画システム

予測値の積極的な活用 → 随修の低減 「直近値の大きな A より B を優先」



保守量は減少したが状態は良化
上下線間の格差解消
計画作成の手間も減少

鉄道事業者
支社、保線区で保守対象
箇所を選定や保守計画の
策定に活用中

道床交換用保守用車運用計画支援システムの改良と実用化

道床交換に用いられる保守用車の一体的な運用計画を自動作成



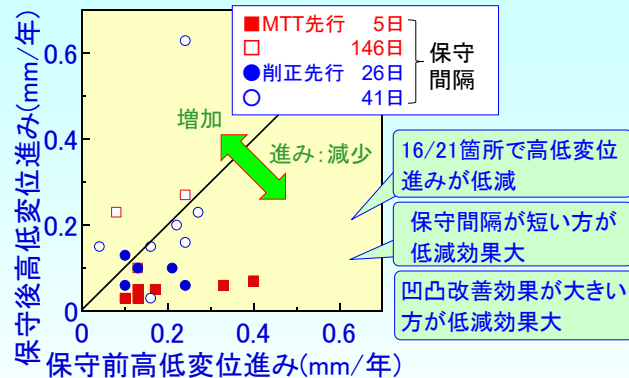
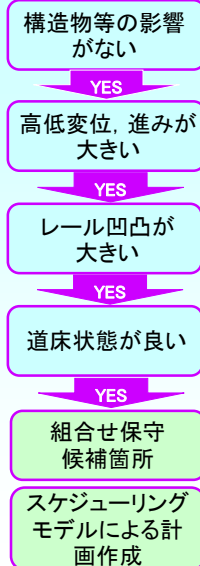
道床交換箇所 道床交換機(NBS) 道床安定作業車(DGS) ダントロ



交換の箇所や時期、保守用車運用上の制約下で最短移動距離の年度計画を出力

34

軌道変位保守、レール削正の同時期施工(組み合わせ保守)計画システム



構築した選択モデルの妥当性を確認⇒システム化

- ・軌道状態評価システムへの候補箇所選定・出力機能追加
- ・MTT計画、削正計画システムへの組み合わせ保守計画作成機能追加

35

中期軌道保守計画システムの開発

5年程度を想定した軌道変位保守と道床交換の計画システム

道床不良箇所→軌道変位進み大&MTT保守効果小→多頻度軌道変位保守

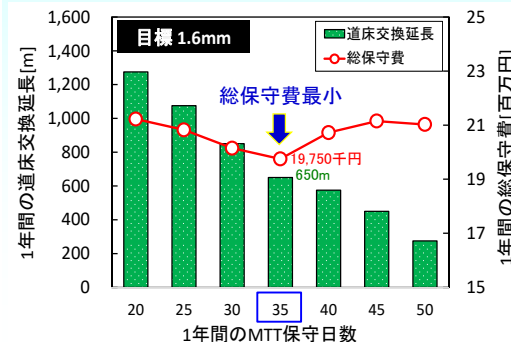
道床状態診断

- 軌道変位進み 大
- MTT保守効果 小
- 5m弦高低変位 大

道床交換優先度算定

- 道床交換しない場合のMTT保守費
- 道床交換費+MTT保守費

⇒ (1)>(2)までの期間→優先度



MTTの保守日数に応じた道床交換延長、保守費の試算が可能

- ・保守日数・延長
⇒MTT保守35日/年、道床交換650m/年が適正
- ・総保守
⇒19,750千円/5年が適正

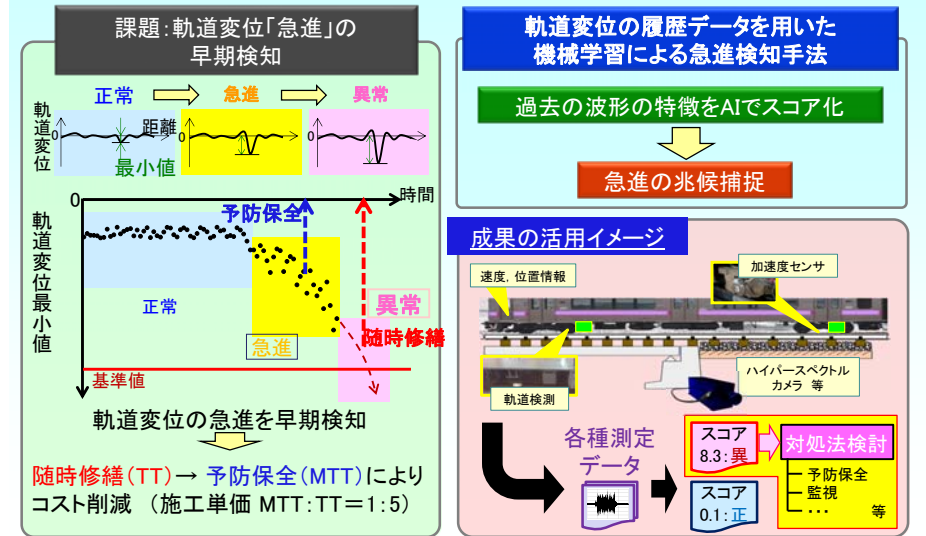
36

4. 今後の方向性

37

デジタルメンテナンスによる省力化

目標 車上計測データによる軌道・構造物の早期異常検知



38

低コストで持続可能な軌道の実現に向けて

- ①メンテナンスを持続するための「省力化・省人化」
- ②社会が安心して鉄道を利用するための「安全性の向上」

デジタル技術の活用によるメンテナンスの高度化が必要

装置化による検査の定量化・自動化

メンテナンスを構成する各データの一元化

シミュレーション・人工知能等を活用した予測・診断の高度化

数理統計学に基づく保守計画策定

メンテナンス情報を融合して新たな価値を創出

39

軌道メンテナンスの将来像

