

設備保守効率化のための対話型データ計測・記録システム

輸送情報技術研究部 設備システム

副主任研究員 宮下 美貴

1. はじめに

多くの設備保守検査では、検査結果を一旦野帳等に記録し、検査終了後に事務所で保守管理システム等に検査データを登録する。このデータをシステムの機能を用いて分析・評価し、必要に応じ保守計画を策定する。検測車や大がかりな自動計測装置等の導入による作業効率化も進められてはいるものの、複雑な線形を持つ構内等の保守検査では手動計測に頼る場面も多い。本研究では手動計測への依存度の高い保守検査作業の効率化のために、計測手法の現状を調査するとともに、要求される機能を検討した。

保線検査を対象に、現場作業への立ち合いおよび作業者に対する聞き取り調査を行ない、大型の検測機器による測定・検査と手動計測の相違に基づいた、データ計測・記録システムに対する要望をまとめた。システムのハードウェアに関しては、高い作業能率および可搬性に加え、作業者の身体的負担の軽減が最重要事項であることを確認した。また、作業の上で必要な情報や現場での判断を支援する情報をその場で表示する仕組みの実現等、対話型ソフトウェアによる作業支援の必要性が高いことも合わせて確認した。

そこで、本研究では、計測結果を見てその場で臨機応変な対応ができる等、手動計測の柔軟性を維持しつつ、自動計測により作業負担を軽減・効率化を図ることができる設備保守検査向けの対話型データ計測・記録システムの実現をめざすことにした。これにより、計測データの妥当性確認、過去の実績データとの比較や安全度判定等を計測現場で行う機能等が実現され、要注意箇所再調査や対策案の策定が迅速に行えるようになるものと期待される。

2. 現場における保守検査支援の考え方

これまでの現場での検査作業では計測と記録が中心であり、計測結果の分析・評価は区所等に帰ってきて行うのが一般的であった。本研究では、①計測結果の妥当性チェックによる計測・記録ミスの防止、②過去の計測データとの比較による異常値の検出、③安全度計算による要注意箇所の抽出、の3機能をデータ計測・記録システムの要求仕様としてとらえ、これらの機能を保守担当者との対話処理を用いて実現することとした(図1)。また、この計測支援の仕組みを、現場で保守担当者に提供することにより、保守作業プロセス全体の効率化をめざした。

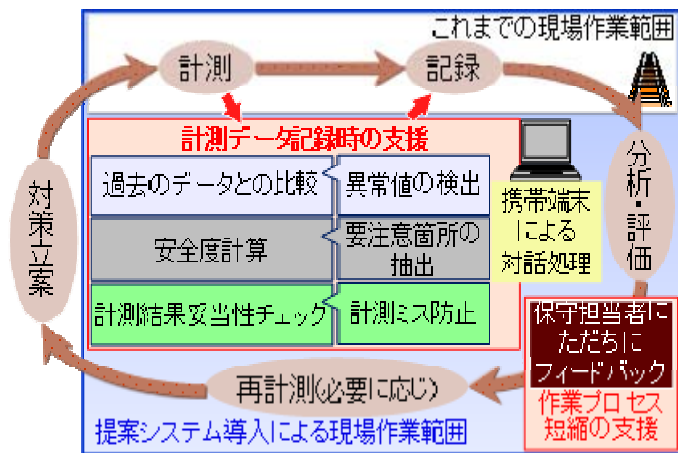


図 1 対話処理によるデータ記録時の支援

3. 遊間測定を対象としたプロトタイプシステムの開発

上記の作業支援を実現するためのケーススタディとして、保線検査の1つである遊間計測を対象にプロトタイプシステムを構築した。

3.1 測定用台車とセンサ

開発した遊間計測用プロトタイプシステムは4種類のセンサを搭載し(表1)、センシング結果を携帯端末にて取得し、保守担当者に対して有用な情報を提示する機能を有する(図2)。遊間量の測定原理を図3に示す。また、小型かつ軽量で、ひとりでも持ち運ぶことが可能であり、レール上でもスムーズに移動することができる(表2)。本測定用台車は、従来使われている大型の自動計測装置に比べて手軽に利用できることから、駅構内等、手動で遊間計測が行なわれている箇所での計測作業の負荷を大幅に軽減できる。

表1 測定項目とセンサの種類

測定項目	センサ
遊間量	レーザ変位計
レール温度	放射温度センサ
レーザ変位計とレールの相対位置	光学式近接センサ
走行距離	ロータリエンコーダ

表2 遊間測定台車の諸元

項目	仕様
外形寸法(縦×横×高さ)(mm)	834×1370×740
総重量(kg)	約11.7
車輪径(mm)	84
対応軌間(mm)	1067(1062~1082)
軸間距離(mm)	500
電源	鉛蓄電池(24V, 2.0Ah)
連続使用可能時間	3.5時間(14℃環境下)

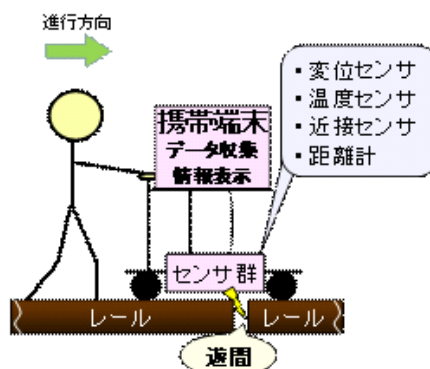


図2 ハードウェア構成の概要

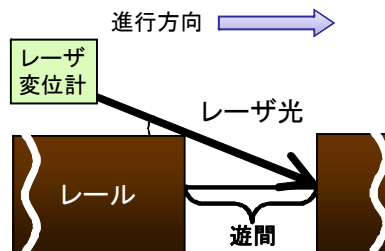


図3 遊間測定の原理

3.2 データ計測・記録支援機能

2章で述べた3つの要求仕様を、対話処理を用いたデータ計測・記録支援機能として実現した。以下に概要を示す。

(1) 計測結果の妥当性チェック機能

本来の検査目的である計測対象に加え、当該線区上の位置情報(キロ程)や計測環境のセンシングデータを一元的に管理することにより、計測が正しく行なわれているかどうかを常にチェックする。計測が正しく行なわれていない場合には、携帯端末上に警告メッセージを表示する。

(2) 過去の計測データとの比較機能

現場において、計測結果と過去の実績データとの比較・携帯端末上への表示をタイムリーに行う。

(3) 安全度計算機能

現場において、計測データに基づく安全度判定式による評価結果を携帯端末上に表示する。データ計測・記録時に、図4に示す対話処理を実現するために、①適切な情報表示タイミング、

②適切な情報量、③システムの動作状態の分かり易さ、④作業を阻害しない画面確認、の4点を考慮した画面構成(図5)と対話機能(図6)を実現した。

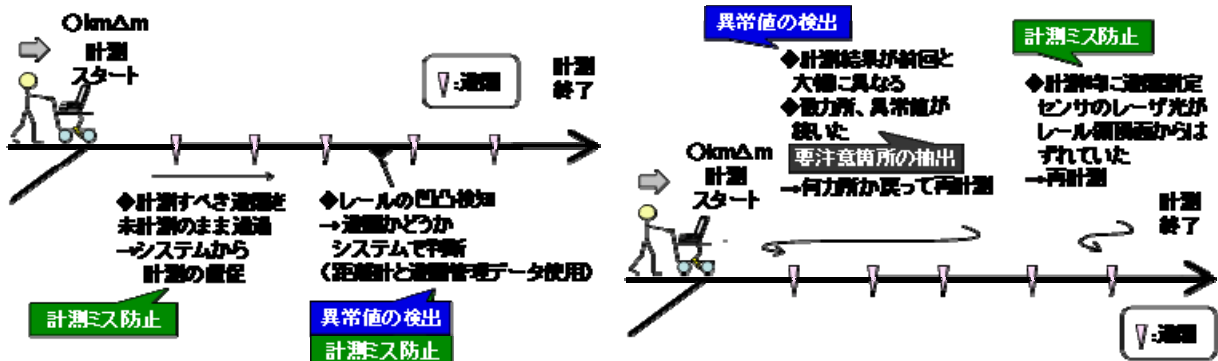


図4 計測時に想定される対話処理

キロ程	遊間量 (mm)	レール温度 (°C)	安全度	前回比較 (mm)
000km396	6	16		+6.0
000km384	7	14		+5.0
000km359	0	15	C	+0.0
000km334	0			-0.0
000km309	0			-0.0

直前の測定済みの遊間による安全度の算出

センサ位置	過去のデータ	今回のデータ				
	年月	遊間量	温度	時刻	遊間量	温度
●	2009-02	0	10			
	2009-02	1	11			
	2009-02	10	13			

近接センサによる遊間量測定センサのセンシングエラー検知

過去の計測データによる傾向把握

図5 システムの画面例

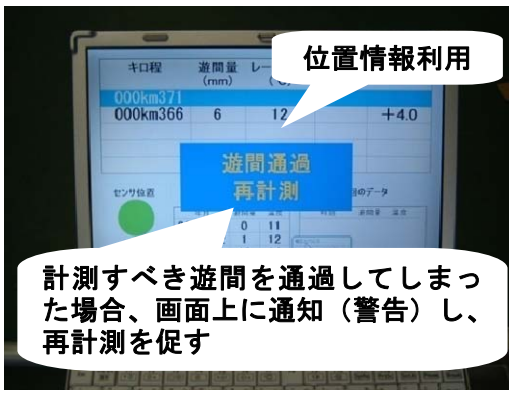


図6 対話処理の例

3.3 プロトタイプシステム評価試験

3.3.1 試験内容

保線関係業務に従事する担当者に、以下のパターンに関して評価をしてもらった(図7)。今回の対象箇所は駅構内である。

①通常作業パターン

測定エラーもなくスムーズに計測が行われる場合。

②測定不良パターン

遊間測定用の変位センサのレーザー光が、レール頭頂面からはずれのまま、測定および測定結果の登録をしようとする場合。

③測定漏れパターン

測定すべき遊間を通過してしまう場合。

④測定結果自動登録パターン

測定後、データ登録をせずに進んだ場合。

これらのパターンについて目視と併用することを想定した評価をしてもらった。

3.3.2 評価結果

評価試験の結果は以下のようなだった。

(1) 基本機能・性能

- ① 遊間測定結果については概ね正確であり実用レベルに達している。



図7 現地試験の状況

- ② 遊間測定システム自体のレール上での動かしやすさは良好である。静止時安定性、走行時安定性、分岐器等の障害物通過性能についても満足いくものである。
- ③ 非常に軽量かつ小型な装置であり、持ち運びも負担なく行える。

(2) 操作性、計測支援機能

- ① ソフトウェアは全般的に使いやすい。
- ② パソコン画面上の情報量は、表示領域も含め適切である。
- ③ キロ程情報をベースにした各種支援機能（遊間前後での様々な警告・通知機能等）は有用である。ただし、人によっては過剰な支援（情報提供）は煩雑と感じるかもしれないのでユーザに応じたカスタマイズ機能等があると好ましい。
- ④ 直射日光等の下では、パソコンの画面がよく見えない。そのため近接センサの位置の情報が赤、緑、黄で示されていても区別が困難である。
- ⑤ 画面位置が低く、のぞき込む必要がある点は改善の余地がある。

(3) その他

- ① 急曲線区間箇所でも、センサ位置を調整して遊間の一番狭いところを測れるとよい。
- ② 現行システムではレーザ光がレール頭頂面を捉えていることを近接センサにより確認しているが、レールに密着する機能があるとより好ましい。
- ③ 作業効率を考えると両側同時計測は必須と考えられる。

4. 汎用計測・記録システムへの拡張

本研究では、センサ、データベース、システム使用者とのやり取りを記述・実装するためのミドルウェアを開発した（図8）。この仕組みにより各種採用センサの変更、組み合わせの変更等に対し、用途に合わせてソフトウェア部品を組み替えることで対応可能である。従って、遊間計測以外の用途への展開を容易に実現することができる。

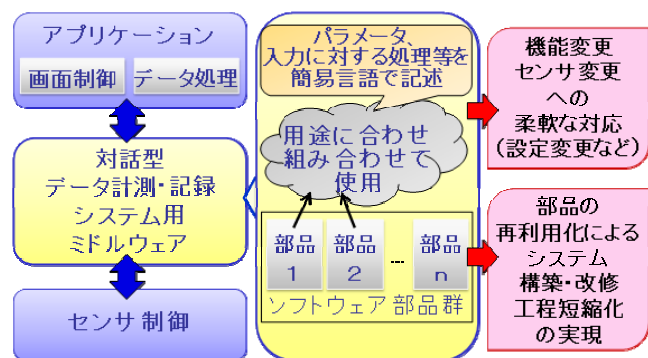


図 8 汎用システムへの拡張イメージ

5. おわりに

本研究では、手動計測の柔軟性を維持しつつ、自動計測により作業負担を軽減できる設備保守検査向けの対話型データ計測・記録システムを開発した。これにより、計測データの妥当性確認（測定ミスの検出・警告）、過去の実績データとの比較や安全度判定等を計測現場で行う機能等が実現され、詳細調査（要注意箇所の再調査等）や対策案の策定（調整工事の計画、規模の見積り等）が迅速に行えるようになるものと期待される。ケーススタディとして試作したレール遊間計測システムについて、現地試験により、ソフトウェア、ハードウェアの両面から総合的に評価した。現場の保守担当者の評価はおおむね良好であったが、同時に、システム導入のための条件、課題等についても明確化することができた。