

設備検査のためのマンマシンシステム

土屋 隆司

輸送情報技術研究部
(設備システム 研究室長)

宮下 美貴

同
(同 副主任研究員)

野末 道子

同
(同 主任研究員)



つちや りゅうじ



みやした みき



のずえ みちこ

渡辺 義大

同
(同 研究員)

長坂 整

研究開発推進室
(設計・試作 主査)



わたなべ よしひろ



ながさか せい

はじめに

鉄道沿線にある膨大な設備を的確に保守管理していくため、近年では検測車等による検査の自動化や各種センシング/モニタリングシステムの導入による省力化が行われつつあります。しかし、設備検査を全面的に自動化するのは費用対効果の点で現実的ではありません。また、複雑な線形の構内の保守点検など、自動化が難しく、手作業による検査が不可避な状況も存在します。このように、手作業への依存度の高い保守点検作業を効率化するため、現場での計測や記録をコンピュータで支援することを検討しました。検査員は、汎用の小型情報端末を用いてシステムと随時やりとりをしながら計測・記録作業を進めていきます。なお、開発したシステムは検測車や従来からある自走式の測定車とは異なり、あくまでも手作業の延長上の支援ツールという位置付けのものです。以下では、システムの機能概要および本システムを遊間計測業務に適用した結果について紹介します。

現場における保守点検作業の支援

現在の現場作業では計測・点検と記録が中心であり、点検結果の分析・評価と必要な対策の立案は区所等に戻ってきてから行うのが一般的です。これに対し本研究では、計測作業そのものを各種のセンサ群を用いて自動化する一方、情報端末との対話処理を用いて、データの記録、確認を含む計測に関する付帯作業を支援することを考えました。具体的には、計測結果と過去の計測データとの比較による異常値の検出、安全度の計算による要注意箇所抽出、計測結果の妥当性チェック（計測ミスによって本来あり

得ない値が計測されていないかを確認）等の機能を実現しました（図1）。これらの機能を現場で検査員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ました。

検査員の状況と位置を認識する

操作性の良いシステムを実現するためには、検査員の状況や周辺環境をシステムが把握（センシング）し、その結果に基づく効果的な対話シナリオを提供する必要があります。たとえば、検査員や検査装置の位置、その日の検査スケジュールと検査履歴、過去の検査結果などの情報を把握することによってシステム側では「検査員が次に何をしようとしているのか」「検査員が今求めている情報は何なのか」を推定することができ、効果的な情報提供を実現できると考えられます。

これらの情報の中でも特に重要なのは位置情報です。データの正確な記録や付帯情報の検索（過去の計測データの抽出等）のためには、位置情報に基づいて検査対象の設

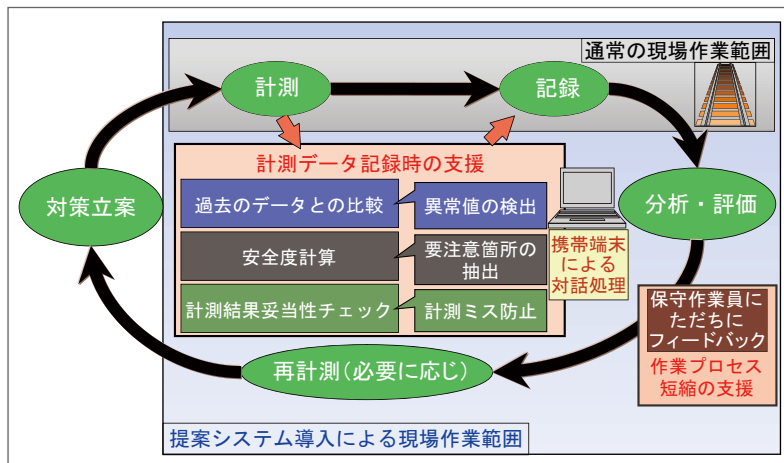


図1 計測データ記録時の支援(イメージ)

備を特定することが不可欠だからです。位置情報としては基点からのキロ程を用いますが、これと当日の検査履歴とを照合すれば、仮に検査員が本来検査すべき設備を見逃して先に進んでしまったような場合でも警告を発することができます。また、何らかの理由で、一旦後戻りをして検査済みの設備を再検査するような場面でも煩雑な端末操作をすることなく的確なデータの登録・更新が可能となります。

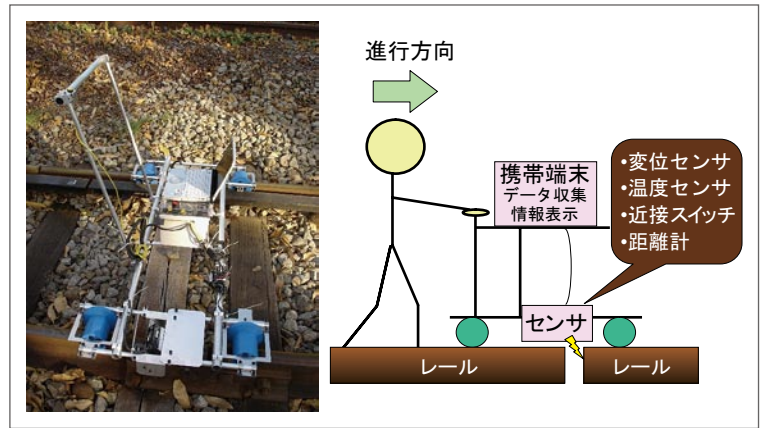


図2 遊間計測用ハードウェア

遊間検査用プロトタイプシステム

これまでに述べたコンセプトに基づくデータ計測・記録支援システムのプロトタイプを、遊間検査を対象に開発しました。遊間は、レールの温度伸縮を吸収するためにレール継ぎ目部に設定する間隙のことです。設定遊間が適正値より小さいと、レール温度上昇時にレール張出しの原因となります。一方、遊間が適正値より大きいと、車両通過時の衝撃力の増大、継ぎ目落ちやレール損傷の原因となります。遊間管理は軌道の安定性、安全性を確保する上で最も重要な保守作業のひとつです。連続的に遊間計測が可能な自動遊間測定車がすでに商用化されていますが、主に本線上の遊間が対象となっています。複雑な線形の構内の保守点検などは、大型の測定装置の適用が難しく、現在でも手作業の方が効率的な場面も多くあります。また、機動性、柔軟性（計測結果を見てその場で臨機応変な対応ができる等）の観点から手作業による検査が好まれることもあります。しかし、手作業による計測は、テーパゲージなどを用いて計測される形態が主流であり、現場での記録やシステムへの入力の手間がかかること、検査員の身体的負担が大きいことなどが課題となっています。開発した遊間測定支援システムではこれらの課題の解決をめざしました。

表1 遊間測定台車諸元

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)
前後輪軸間距離 (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)

表2 測定項目とセンサの種類

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

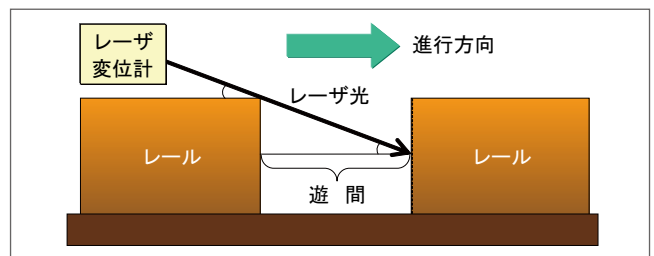


図3 遊間測定イメージ

遊間測定用台車とセンサ

遊間計測用ハードウェアは各種センサを組み込み、センシング結果を携帯端末で取得します(図2)。装置は小型かつ軽量であり(表1)、検査員がひとりでも容易に持ち運ぶことができます。このため、レール上あるいはレール間の移動もスムーズに行うことができるなど、従来から使われている大型の自動測定装置に比べ機動性が大幅に向上しています。

本システムで測定する項目と使用しているセンサを表2に示します。

遊間測定は、レーザ変位計をレールの真上からレール方向斜め下方に照射するように台車上に配置し、対象物までの距離を測定することにより行います(図3)。しかし、変位計の発するレーザ光がレール頭頂面もしくは遊間のレール断面を照射していないと正しく計測できません。そこで変位計が計測可能な位置にあるかどうかを別のセンサ(光学式近接スイッチ)を用いて確認する方式を取りました。台車の左右位置の微妙なずれによってレーザ変位計による測定ができない場合は警告を発して検査員に台車の位置調整を促します。これによって変位計とレールの位置関

係を拘束するような機構的な対策は不要となり、単純かつ軽量の構造とすることができました。また、ロータリエンコーダ（回転方向の変位量を計測するセンサ）により基点からの走行距離を計測することにより現在位置（キロ程）の算出および計測対象となる遊間の識別を行うことができます。

データ計測・記録支援機能

使い勝手の観点からは、システムの動作状態や計測エラー等をシステム利用者（検査員）が常時認識できること

が重要です。しかし、そのために画面上に表示される情報量が過多になったり、複雑な操作を要求されたりしてはかえって使い勝手が悪くなってしまいます。また、軌道上を自分で機器を動かしながら移動するシステムであることから、足元の障害物や周辺環境への注意力を阻害しないものにする必要もあります。これらの点を踏まえて画面構成と対話機能を設計しました。システムの画面構成を図4に示します。レーザ変位計の左右位置に応じて「位置良好（測定可能）」の場合は緑色、「位置警告（ぎりぎり測定可能）」の場合は黄色、そして「測定不可能」の場合は赤色の円を用いて、その時点での測定条件をリアルタイムで示しています（図4の①）。仮に「センサ位置」表示が赤のまま測定を行った場合には、データ登録の際に、データが無効である旨のメッセージを表示し、再計測を促します。また過去の計測データを表示したり（図4の②）、あらかじめ決められた安全度計算式により安全度を判定したりといったことも可能です。

このシステムではロータリエンコーダによる位置情報と、システムがあらかじめ保持している各遊間の位置情報とを照合することにより、センサが遊間以外の凹凸を遊間と誤認識することを回避できます。また、遊間が0mmもしくは微小のため、センサ単体では遊間以外の凹凸と区別でき

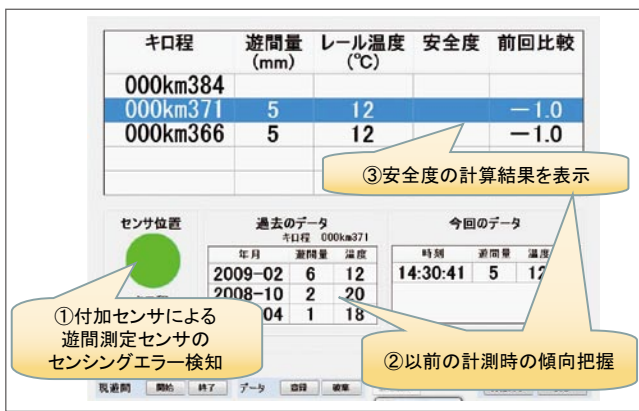


図4 システムの画面構成

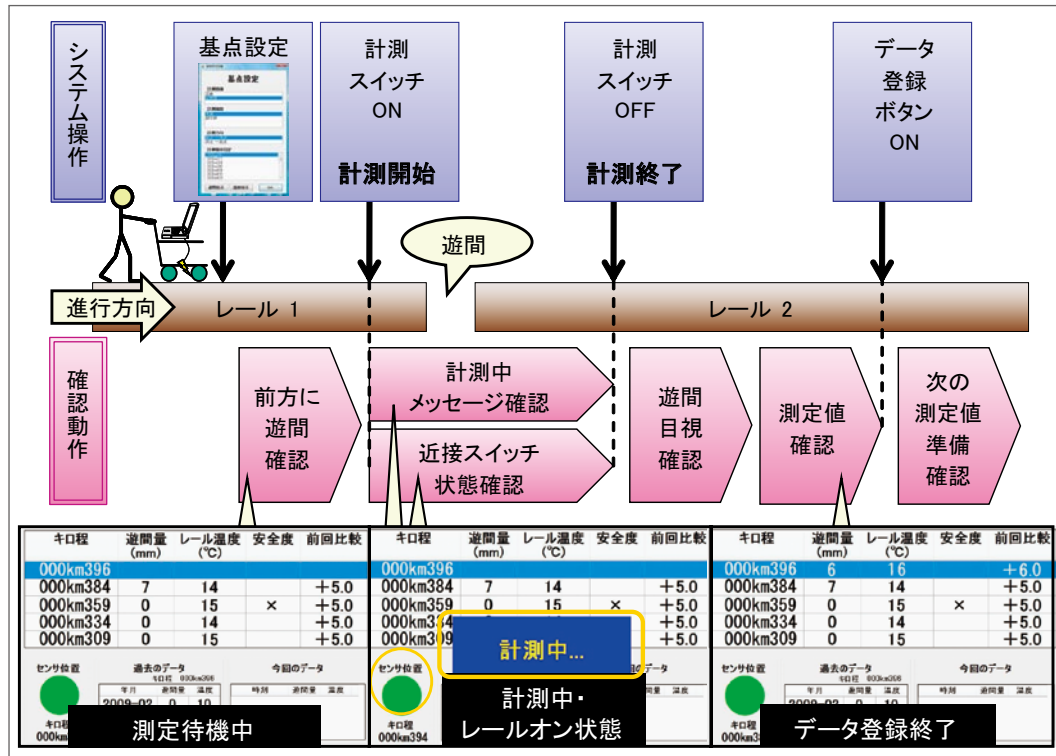


図5 通常作業パターンにおける対話確認動作とシステム画面

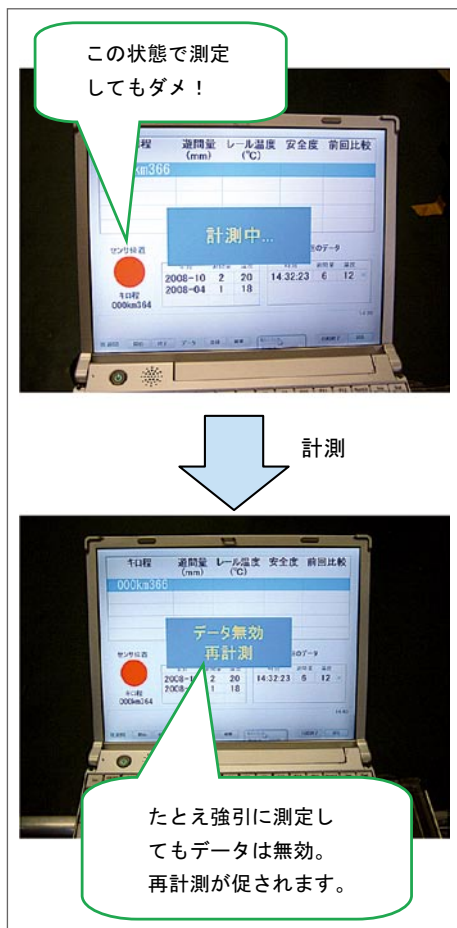


図6 計測ミスの検知と警告

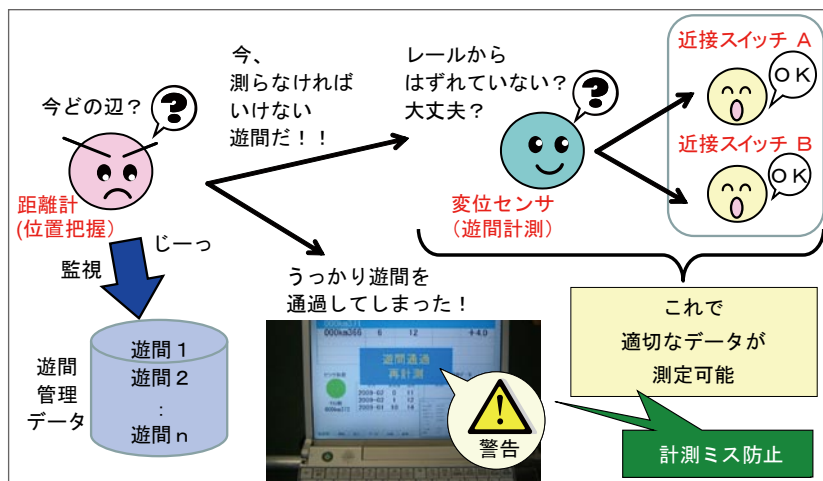


図7 各センサ部品の相互連携イメージ

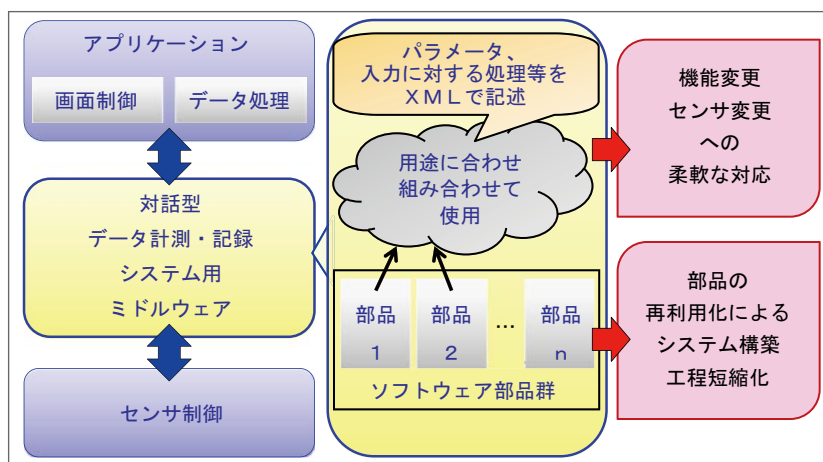


図8 各センサ部品を用途に合わせて組み合わせる

ないようなケースにおいても、近傍に遊間が存在する可能性を検査員に示唆することが可能となっています。なお、ロータリエンコーダの位置情報の誤差を、変位センサの測定データと遊間位置情報に基づいて補正する機能も合わせて実装しました。

通常作業パターンでのシステムの動作と対話の流れを図5に示します。また、計測ミス時の動作例として、レーザ変位計のレーザ光がレール上に乗っていない(正しい左右位置にない)にもかかわらず、そのまま測定してしまった場合の画面例を図6に示します。

システムの評価試験

開発したシステムを現地試験により評価したところ、台車の重量、大きさ、静止時安定性、走行安定性、分岐器等通過性能、可搬性などハードウェア面について実用に耐えるものとの評価を得ました。遊間の測定誤差はほぼ1mm以下で、既存の測定装置と同程度の精度でした。また、シ

ステムの対話機能についても全般的に「使いやすい」との評価を得ましたが、太陽光下での表示色の選定やエラーの出力タイミング等に改善の余地があることを確認しました。

おわりに

保守点検における計測作業そのものを各種のセンサを用いて自動化する一方、情報端末との対話処理を用いて、データの記録・確認等の作業を支援するシステムを開発し、遊間計測に適用しました。すでに導入済みの検測車や自走式の大型計測装置とは異なり、手作業の機動性、柔軟性を維持しつつ、作業の効率化を図るという点を特徴としています。これは、センサ部品を相互連携させることにより実現しています(図7)。採用するセンサ部品や組み合わせの変更は容易にできるソフトウェア構成(図8)としているため、今回対象とした遊間計測以外の用途への展開も比較的容易です。引き続き、システムの実用に向けた改良を重ねていきたいと思ひます。[RRR]