

# レール凹凸連続測定装置の制御／データ処理ソフトの開発

鉄道総合技術研究所 正会員 ○田中博文  
鉄道総合技術研究所 正会員 清水 惇

## 1. はじめに

レール凹凸連続測定装置<sup>1)</sup>は、鉄道総研においてレールに発生する波状摩耗の現象解明を主な目的として、レール凹凸を連続的かつ詳細に測定するために、試験的に開発してきたものである。本装置は、基本的には現場での測定データ処理は想定しておらず、軌道保守管理データベースシステム「LABOCS<sup>2)</sup>」による専用の処理プログラムを用いてオフラインでデータ解析を行っていた。しかしながら、装置の使用実績が増えるにしたがって、現場で簡易的に波形を確認したいとの要望が多く得られるようになった。そこで、本研究では、本装置によるレール凹凸の測定結果を現場で簡易的に分析するとともに、測定装置そのものの制御を一括して行えるソフトウェアを開発したので報告する。

## 2. レール凹凸連続測定装置の概要

レール凹凸連続測定装置とは、不等間隔に配置されたレーザー変位センサによって偏心矢を構成し、レール凹凸を連続的に測定するトロリー形式の装置である。図1に、レール凹凸連続測定装置の外観を示す。従来の装置構成ではノートパソコンを搭載していなかったが、今回のソフトウェアの開発に伴い新たに搭載した。



図1 レール凹凸連続測定装置の外観

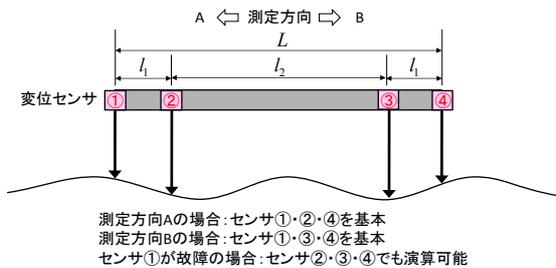


図2 冗長性を持たせた変位センサ配置

図2に、本装置の変位センサ配置を示す。通常、偏心矢を構成するには3つのセンサで良いが、本装置は変位センサをレール長手方向に対称に4台配置している。通常時は測定方向に応じて偏心矢の短弦あるいは長弦が先行するように3つのセンサの出力を用いてレール凹凸を演算しており、残りの1台は使用していない。そのため、4台のうち1台のセンサが故障しても、偏心矢を構成するセンサおよび演算式を変更すれば正常に測定可能な冗長性を有している。

## 3. 開発したソフトウェアの概要および使用例

図3に、開発したソフトウェアの画面を示す。本ソフトウェアは、測定装置制御機能、測定データ処理・表示機能および動作状態確認機能を有している。

### 3.1 測定装置制御機能および動作状態確認機能

測定装置制御機能では、測定前に①線区、②線別、③レール左右、④開始キロ程、⑤装置方向、⑥測定方向の計6項目をプルダウンメニューあるいはキーボードから入力する。その後、「測定開始」、「測定終了」をクリックすることによって測定作業が実施される。なお、測定終了をクリックすると、自動的にデータ処理が実行される。この機能によって、従来の装置で測定の際に行っていたデータレコーダーの直接操作が不要となるとともに、測定データには入力した情報が記録されるため、データシートとの関連付けが容易となった。

また、データレコーダーとノートパソコンとの接続状況、各センサからのデータの入力状況、エンコーダーの出力を用いた累積測定距離および現在の測定速度を表示されるので、測定途中の装置の動作状態を随時確認することが可能となった。

測定データ		測定装置制御部	
鉄道総研	構内試験線	下り	左レール
050M	03/07	14:46:40	クリア
線区	線別	レール左右	開始キロ程
鉄道総研	構内試験線	下り	左レール
050M			
装置方向	測定方向		
A方向	下り	接続	測定開始
			測定終了
			取込み
チャート		波形処理・表示部	
表示キロ程	スケール	表示波長帯域	
050M	~ 350M	0.2mm	50-150mm
		表示	出力
スペクトル		周波数分析部	
算出キロ程	表示	出力	
100M	~ 250M		
状態:	オフライン	動作状態確認部	
距離:	m	■■■■■	
速度:	km/h		

図3 ソフトウェアの画面および機能説明

キーワード：レール凹凸連続測定装置、装置制御ソフト、データ処理・表示ソフト、波形表示、周波数分析、LABOCS  
連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL042-573-7278

### 3. 2 データ処理・表示機能

データ処理・表示機能では、測定されたレール凹凸データの波形処理および周波数分析、加えてそれらの表示および出力が可能である。

図4に、処理されたレール凹凸波形の表示例を示す。本ソフトウェアでは、事前に準備された波長帯域を選択、あるいは任意のバンドパスフィルタを設計可能であるので、発生している波状摩耗の波長に適合したフィルタを用いて、横軸がキロ程のレール凹凸のチャートを表示可能である。図4の例は、波長50~150mmでバンドパスフィルタ処理した結果である。

図5に、任意の帯域のバンドパスフィルタの設計画面および設計結果を示す。デジタルフィルタ処理の専門的な知識を有さなくとも、抽出したい波長帯域(λ2およびλ3)を入力すれば、自動で遷移帯域の両端(λ1およびλ4)および次数が設定され、最適なフィルタが設計される。これらの機能によって、現地において波状摩耗の発生状況を確認することが可能となった。また、任意のキロ程を指定、あるいはレール凹凸のスケールを調整し、容易に表示を変更可能である。

図6に、レール凹凸の周波数分析結果の一例を示す。本ソフトウェアでは、任意の区間のキロ程を指定し、パワースペクトルを算出できる。パワースペクトルの横軸は空間周波数であり、ピークが認められる空間周波数の逆数が波状摩耗の波長に相当する。図6の場合、空間周波数10[1/m]にピークが見られることから、波長0.10mの波状摩耗が発生していることがわかる。この機能によって、指定した区間内に発生している波状摩耗の波長を確認することが可能となった。

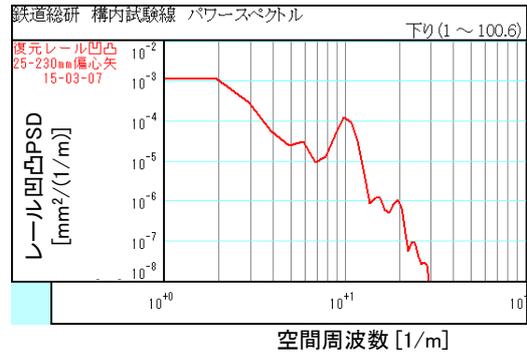


図6 周波数分析結果の一例

なお、図4および図6は、LABOCS ベースのチャートおよびスペクトルであるが、csv形式でのファイル出力機能を有しており、任意の表計算ソフトでのデータ編集も可能となっている。

### 3. 3 ソフトウェアの活用例

本ソフトウェアにより、現場でレール波状摩耗の発生状況を把握可能となった。これによって、例えば、レール削正の施工前および施工途中のレール凹凸の推移を測定することによって、効率的なレール削正作業の計画および施工が可能になると考えられる。また、レール削正の施工前後で測定することによって、仕上がり確認作業にも活用が期待される。

また、オフラインでのデータ処理にも対応しており、定期的に測定されたデータについての分析等にも活用可能である。

### 4. まとめ

本研究では、鉄道総研で開発しているレール凹凸連続測定装置のための装置制御およびデータ処理・表示ソフトウェアの開発を行った。

本装置で測定されたレール凹凸のデータは、従来はLABOCSのデータ処理技能を持った技術者のみがデータ分析可能であった。これに対し、本ソフトウェアの開発により、LABOCSのデータ処理技能を有さない一般のユーザーでもレール凹凸データの分析を可能とした。また、本装置はレール波状摩耗の調査分析用として開発を行ってきたが、現地で波形を確認することが可能となったことから、レール削正時の施工管理にも活用することが可能となった。

### 参考文献

- 1) 田中博文, 清水惇: 効率的な波状摩耗管理のための可搬型レール凹凸連続測定装置の開発と活用法, 鉄道工学シンポジウム論文集, 第17巻, pp.19-26, 2013.
- 2) 吉村彰芳, 吉田康夫, 細川岳洋, 菊池勝浩: 軌道保守管理データベースシステム: マイクロLABOCS-II+の開発, 鉄道総研報告, Vol.6, No.11, pp.69-78, 1992.

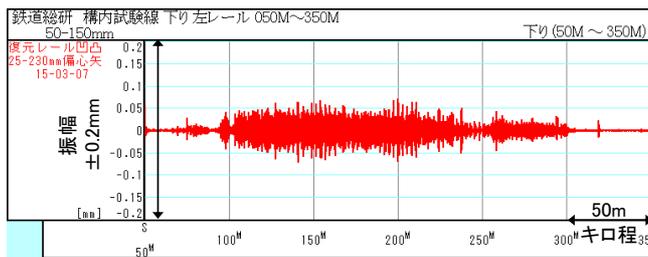
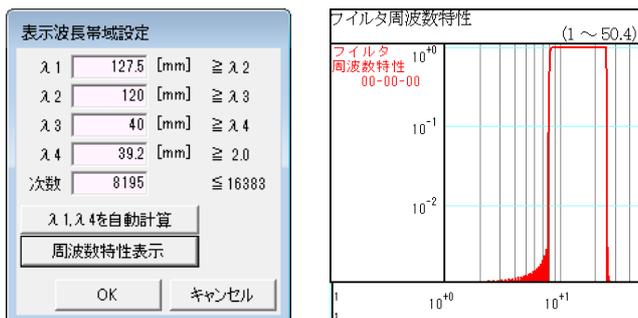


図4 波形表示の一例 (50~150mmでBPF処理)



(a) 設計画面 (b) 設計結果の一例

図5 任意の帯域のバンドパスフィルタの設計機能