

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# パソコンで軌道を管理する

## —LABOCSの開発—

ラボックス (LABOCS) は、JR各社などで軌道管理に欠かせないツールとして用いられています。ラボックスの導入前は、軌道状態の確認は、軌道検測車上で出力されるロール紙を見ながら行われていました。導入後は、パソコンを用いたさまざまな処理が行えるようになり、大幅に省力化されるとともに、精度も向上しました。ここでは、国鉄時代からのラボックスの変遷、特にさまざまな描画機能や地上と車両との位置合わせなど、軌道管理に特化した内容を中心に、これまでの歴史を解説します。



古川 敦  
Atsushi Furukawa  
研究開発推進部  
JR部長  
[専門分野]軌道管理

### はじめに

「軌道管理」とは、主として軌道（線路）の形に関するさまざまな測定、評価を行う分野です。測定は、「ドクターイエロー」や「East-i(イースト・アイ)」などの、軌道検測車と呼ばれる専用の車両で行われます。また近年では営業車両の床下に専用の装置を取り付けて測定する場合があります。

軌道検測車はレールに沿って25cmごとにデータを取得するのが一般的です。例えば東京から大阪までの500kmの区間を25cm間隔で測定・収録すると、データ数200万個という膨大な量となります。軌道管理で用いる形状の最も一般的な測定項目（軌道変位と呼ばれます）には高低(左右レール)、通り(左右レール)、軌間、水準、平面性の7つがありますので、1回の測定で1400万個のデータを取り扱うこととなります。

測定されたデータはさまざまな形で処理されます。一般的には、走行安全性や乗り心地を考慮して定められた各項目の管理値と比較し、これを超えた場合、または近いうちに超えそうな箇所に対して保守を行います。

これらの膨大なデータは、かつては全て車上でロール紙に描画し、一部を除いて手作業で処理されていましたが(図1)、今では「ラボックス」と呼ばれるソフトウェアを用い、パソコン上で処理されるようになりました。ここでは、このラボックスの開発経緯を通じて軌道管理方法の変遷について解説します。

### ラボックスの登場

鉄道では、研究開発の場面だけでなく、設備の保守や指定券の販売などのさまざまな場面で多くのデータを扱っており、早くからコンピューターの活用が進められてきました。旧国鉄の鉄道技術研究所でも各種試験計測データの解析システムの開発が進められ、昭和40年に当時の大型計算機であるBendix社の電子計算機G-20を用いたDRACOシステム(Data Reduction and Acquisition system COupler「データ処理結合システム」の意)として実現しました。これが、鉄道技術研究所最初のコンピューターによるデータ処理システムです。

同じころ、波形データの周波数分析

の世界では、従来の連続関数を前提としたスペクトル解析の理論に対し、デジタルデータの処理を前提とした高速フーリエ変換 (FFT: Fast Fourier Transform) や、これを用いたデジタルフィルターの理論が確立され、コンピュータ上におけるデータ処理技術が大きく発展しました。このような時代背景の中、鉄道技術研究所では大量のデータの効率的な処理のために、当時の吉村彰芳計算センター主任研究者らが昭和50年に「会話型時系列解析システム LABOCS/TSA (LABORatory's Conversational System / Time Series Analysis)」を開発しました。このシステムは、デジタルデータ処理について特別な知識を持たない利用者でも容易にデータ処理が出来るよう、当時では珍しいコンピュータグラフィックディスプレイを用いた会話型データ処理システムであるのが大きな特徴です(図2)。

LABOCS/TSAは、FFTを駆使したスペクトル解析やデジタルフィルター処理、あるいは各種測定データの処理に不可欠なA/D変換、測定値のキャリブレーションなど現在のラボボックスの基本的な機能をほとんど有していました。またLABOCS/ラボボックスという名称もこのとき名付けられました。

## 軌道管理に特化した「マイクロボックス」

一方、昭和55年頃の鉄道技術研究所・軌道研究室では、新たな軌道管理の手法を模索するため、国鉄本社の保線課、あるいは鉄道技術研究所内の情報、数理、制御といった他分野の研究者を集結し、グループ研究「軌道保守管理システム」を進めていました。このグループ研究の成果として、先ほどのLABOCS/TSAを用いて軌道検測

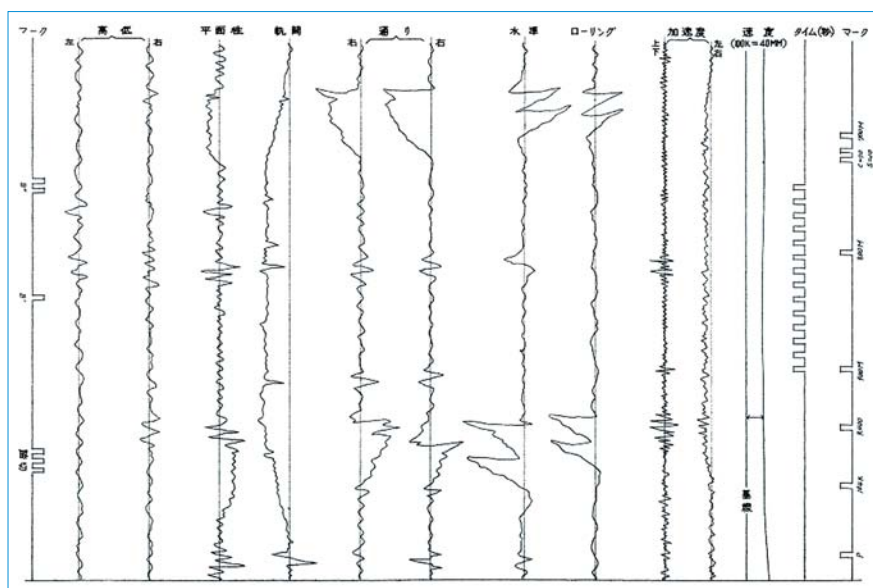


図1 軌道検測データ (マヤチャート(☞参照))<sup>1)</sup>

データをさまざまに加工した、高品質な軌道管理手法が提案されました。これにより、P値(軌道変位があるしきい値を超過した確率)のように、周波数の情報を持たない指標が主流であった軌道管理の世界に、FFTによる周波数解析が初めて取り入れられました。合わせて、汎用的な時系列データ解析システムであったLABOCS/TSAに、軌道保守に特有な機能が加えられました。具体的には以下のようなものです。

### ①キロ程とデータ番号の地点照合

一般的なデジタル信号処理では、一つ一つのデータは等間隔(等距離または等時間)にサンプリングされているという大前提があります。軌道管理に利用する場合もこれは同じですが、サンプリング間隔×データ数が、キロポストで示される路線のキロ程と一致し

ないという問題があります。これは建設からの長い年月の間に、橋りょうの架け替えや高架化などによって線路の長さが増えているためです。軌道管理のデータ処理では、どのデータがどの地点のものであるのかわからないと不便なので、等距離間隔サンプリングされた軌道検測データのデータ番号とキロ程を対照する手法が開発されました。合わせて、レールや締結装置の種類別、あるいは線路の線形など、軌道に特有な情報もキロ程に基づいてデータベース化できるようにしました。

### ②軌道変位の復元・弦長変換

軌道変位のうち、高低・通り変位は10m弦正矢法(☞参照)と呼ばれる手法で測定されます。この手法では、軌道変位の周波数ごとの測定倍率が1倍ではなく、得られる波形は軌道変位の

#### ☞ マヤチャート

図1に示す軌道検測データは、一般に「マヤチャート」と呼ばれています。これは、軌道検測車がマヤ34形という客車であったことに由来します。マヤチャートは車内でロール紙に描画され、保線支区単位で切り離されて担当者が持ち帰り、業務に活用していました。

現在では電車や気動車の検測車が主流となり、マヤ34は2両しか残っていませんが、パソコンで管理される軌道検測データは、今でも「マヤチャート」と呼ばれることが多いです。

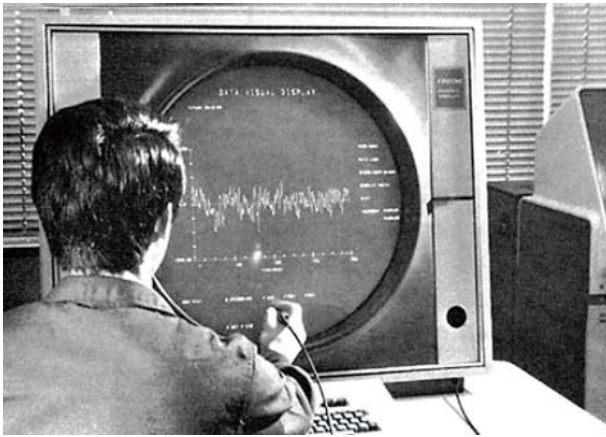


図2 LABOCS/TSAのグラフィックディスプレイ<sup>2)</sup>

実形状とは異なります。

これに対し、10m弦正矢から軌道変位の実形状の近似波形を求めるためのデジタルフィルターの設計法が開発され、ラボックスに実装されました。これにより得られる波形を「復元(原)波形」、これを算出するためのデジタルフィルターを「復元フィルター」と呼んでいます。

### ③軌道検測データと車上測定データの対比

一般的な軌道管理では、軌道検測車で取得されたデータを用いて軌道状態を評価します。しかし、軌道管理本来の目的は車両の走行安全や良好な乗り心地の実現です。そのためには、車上で測定された振動加速度や輪重・横圧を軌道変位と同様、等距離間隔のデータとして併記し、両者の関係を把握しやすくできると好都合です。

これに対し、車輪の回転に伴って等距離間隔で発生するパルス波を用いて、等時間サンプリングされた加速度や輪重・横圧を等距離サンプリングに変換

し、キロ程を付与する手法が開発されました。これによって、軌道変位と車上測定データの併記が可能となり、著大な加速度や脱線係数の原因となる軌道側の要因が特定が容易となって、軌道状態

の品質向上に寄与しています。

### ④時系列データと軌道環境データの図式表示機能

軌道検測データは、それ単独では無機質な波形であり、ここから情報を読み取るのは、熟練した技術者でないと困難です。一方ラボックスには、軌道検測データのような時系列(空間系列)データとともに、各地点の曲線線形、勾配、構造物の種類、レールや締結装置などの種類をデータベース化する機能があります。これらのデータは、「軌道環境データ」と呼ばれています。

軌道環境データは時系列データと並列してディスプレイに表示し、また印刷が可能です(図3)。この機能により、例えば構造物の境界で軌道変位が大きいことや、橋りょう区間で、桁のスパンと同じ波長で車両に上下動が発生していることなどを視覚的に把握できるようになりました。

このようにして、保線に特化した機能を有し、かつ昭和50年代後半から急速に発展したパソコン用にシステム

を再構成した、軌道保守管理データベースシステム「マイクロラボックス」が誕生し、平成2年にJR西日本に導入されました。その後順次JR旅客会社や一部の民鉄事業者に広まり、現在では軌道管理に不可欠なツールとして利用していただいています。

### マイクロラボックスの変遷

初代のマイクロラボックスは、当時のPC98シリーズのパソコン向けに開発されました。その後25年が経過し、マイクロソフト社のオペレーションシステム(OS)も、MS-DOSからWindows10になりました。一方、ラボックスの側もOSの変化に合わせてバージョンアップを繰り返しましたが、基本的な処理機能はMS-DOSのものを踏襲しており、現在でもラボックスコマンドを実行するとDOSプロンプト(いわゆるDOS窓)が立ち上がります。一方、チャートの描画・印刷機能は近年のパソコン、プリンターの性能向上に伴って充実し、線の色、太さや配置などが任意に設定できるようになっています(図3)。

このように、ラボックスが軌道管理に特化されるようになってからは、検測毎の定型処理をスムーズに実行する、というように使われ方が主流となりました。現在のラボックスは、各社の大きな保線管理システムの一部として、マウス一つで所定の操作ができるようカスタマイズされています。

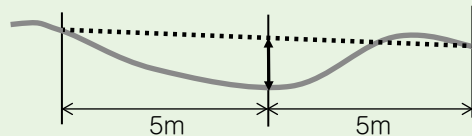
### 最新のラボックス

ラボックスの最近の話題として、昨年、約15年ぶりに既存のラボックス(Ver.3.0)を改修した、新バージョンのラボックス(Ver.4.0)の開発があります<sup>3)</sup>。

主な改良点としては、Windows7以降の64bitOSへの対応、および鉄道総

#### 10m 弦正矢法

軌道の長手方向の形状を測定する方法。レール(下図の太線)に長さ10mの弦(点線)を当てて、中点でのレールと弦との離れを測定します。前述のマヤ車では10m弦正矢法を機械的に実現するため、一般の車両と異なり変位計を組み込んだ台車を3台備えています。近年の軌道検測車は、2台の台車で同等の機能を発揮するよう設計されています。



研での研究用に開発したコマンドのいくつかを一般ユーザー向けにリリースしたことです。

### ①64bitOSへの対応

今回のバージョンアップに伴う最大の変更点は、64bitOS上での動作対応です。Ver.3は32bitOS上での動作を保証してきました。近年ではパソコンの機能向上が進み、64bitOSが主流となってきたため、今回、これに対応しました。

### ②速度データを用いたキロ程付与機能

前述のように、これまでのラボボックスでは、振動加速度などの車上測定データにキロ程を付与するには、同時に測定された等距離パルス信号が必要でした。これに対し今回の改良では、車上測定データと同時に測定された速度データ(GPS信号など)によってキロ程を付与できるようにしました。等距離パルス波は速度計から分岐して取得する必要があるため、万が一配線のミスなどがあると走行安全上重大な問題となりましたが、GPS信号は速度計と独立に収録できるため、このような問題が生じません。なお、トンネルなどでGPS信号を受信できない区間では、マーカーで100mポスト情報を入力し、データを補完できるようにしています。

### ③軌道環境データからの設計線形作成機能

軌道環境データを作成する機能は従来からありましたが、今回、曲線線形、縦断線形の軌道環境データから、軌道の設計線形の等距離サンプリングデータを作成するコマンドを追加しました。これにより、正向量を含んだ軌道変位データ(実測値)と軌道の設計形状の正矢データ(設計正矢)を同時に描画し、その差を波形から確認したり、実際に両者の差分を求めたりできるようになりました。

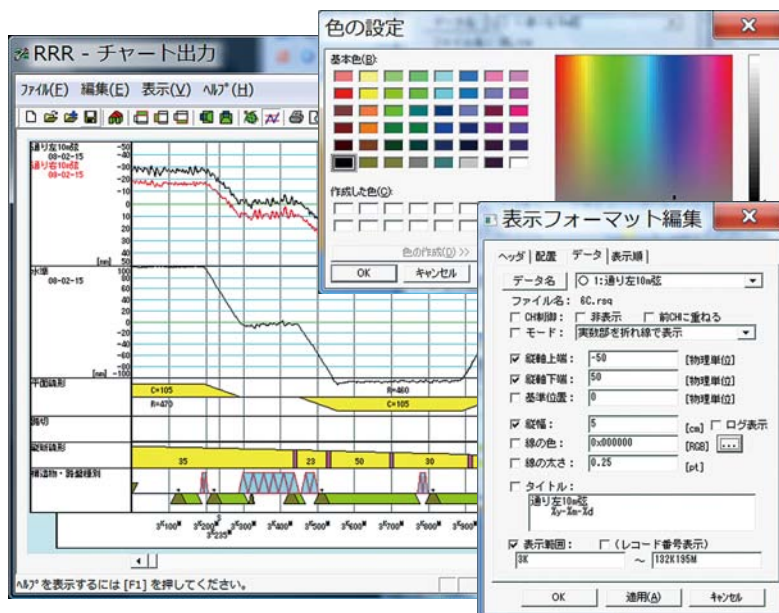


図3 ラボボックスの描画機能

### ④乗り心地レベル算出機能

以前から、ラボボックスを用いて列車動揺データから、乗り心地レベルを算出することは可能でしたが、高度なラボボックスの取扱知識が必要でした。これに対し、乗り心地フィルターと等価なデジタルフィルターを設計するコマンドや、乗り心地レベル算出コマンドを新たに追加しました。これらのコマンドを活用すれば、乗り心地レベルが大きい区間を優先して保守投入するといった、より高度な乗り心地管理が可能となります。

この他にも、64bit化によってデジタルフィルターの最大次数が大きくなったなどの機能向上があります。

### おわりに

最近では、ICTの発展にともなってビックデータの活用が言われるようになり、さまざまな分野で多くの成果があがっています。軌道の分野では、営業車に検測装置を取り付け、1日数回の軌道検測が行われるようになりました。これにより得られる膨大なデータから保守に有用な情報を取り出すのは、まさにビックデータの活用であり、鉄道総研でも関連する研究開発を進めて

います。

また、鉄道の業務においてもモバイル端末が普及しつつあります。ここでは図1から図3まで、軌道保守に用いられるチャートの変遷を追いましたが、軌道検測データをタブレット端末で確認しながら現場の軌道を確認する時代もそう遠くはありません。

このようなICT環境の変化に対応し、ラボボックスも日々変化し続ける必要があります。今後とも、関係の皆様のご指導、ご鞭撻をお願いいたします。

お断り

本文中における、各社のシステム、ソフトウェアなどの名称は、それぞれの社の登録商標です。RRR

### 文献

- 1) 土木機械研究室：新高速軌道試験車(マヤ34 1)、鉄道技術研究所速報、No.59-300、1959.11
- 2) 吉村彰芳、森忠夫、吉田康夫：会話形時系列解析システム「LABOCS/TSA」の開発、鉄道技術研究資料、Vol.33、No.4、1976
- 3) 田中博文：軌道保守管理データベースシステムLABOCS(ラボボックス)の機能紹介と新バージョンのリリース、新線路、Vol.69、No.7、pp.24-26、2015