

軌道管理の歩み

古川 敦
軌道技術研究部
(軌道管理 研究室長)

神山 雅子
同
(同 主任研究員)



ふるかわ あつし かみやま まさこ

はじめに

「軌道管理」とは、主として軌道の形に関する様々な測定、評価を行う分野ですが、その範囲はレール表面の細かい凹凸から曲線線形まで、 $10^6\text{m} \sim 10^4\text{m}$ の、10桁の幅があり、また例えば東京から大阪までの500kmの区間を0.25m間隔で収録しただけでも、データ数は2,000,000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、通り左右、軌間、水準、平面性の7つがありますので、1回の測定で一千万個以上のデータを取り扱うことになります。

これらの幅広いかつ膨大なデータは、昔は全て紙に描画し、一部を除いてマニュアルで処理していましたが、今では「ラボックス」と呼ばれるソフトウェアを用い、パソコン上で手軽に扱えるようになりました。

本稿では、これらのデータ処理技術の発展を通じた軌道管理方法の変遷について解説します。

鉄道技術研究所における信号処理の歴史

鉄道では、研究開発の場面だけではなく、保線、車両の様々な現場で多くのデータを扱っています。旧国鉄が開発したコンピュータシステムとしては、昭和35年に登場した、みどりの窓口の指定席予約システムであるマル

ス(Multi Access seat Reservation System)が有名ですが、同じ頃から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)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によるデータ処理システムです。このシステムのハードウェア(計算機本体とは別)の写真を図1に示します。これだけで居室のほぼ半分のスペースを占有していますが、その性能は現在のパソコンとは比ぶべくもありません。

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(Fast Fourier Transform:FFT)や、これを用いたデジタルフィルタの理論が確立され、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。

ラボックスの誕生

このような時代背景の中、旧国鉄の鉄道技術研究所で得られる大量のデータの効率的な処理を目的として、計算機センタ主任研究員の吉村彰芳氏らによって昭和50年に「会

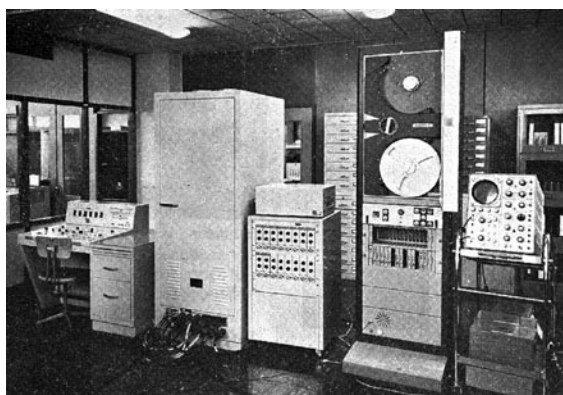


図1 G-20測定データ処理システム



図2 LABOCS/TSAのグラフィックディスプレイ

話型時系列解析システムLABOCS/TSA (LABORatory's Conversational System / Time Series Analysis)」が開発されました。このシステムは、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として開発されたのが大きな特徴です。当時のディスプレイを図2に示します。

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は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付けられました。

軌道管理に特化した「マイクロラボボックス」

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」を始めました。このグループ研究の成果として、P値(軌道変位がある閾値を超過した確率)のように、周波数に関する情報を失った指標が主流であった軌道管理の世界に、初めて信号処理技術が取り入れられました。これとともに、汎用的な時系列データ解析システムであったラボボックスに、軌道に特有な機能が加えられていきました。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、橋梁の架け替えや高架化などによって線路の長さが変化しているためです。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がわからないと不便なので、等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。あわせて、レールや締結装置の種別、あるいは線路の線形など、軌道保守に特有な情報もデータベースとして格納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弦正矢法と呼

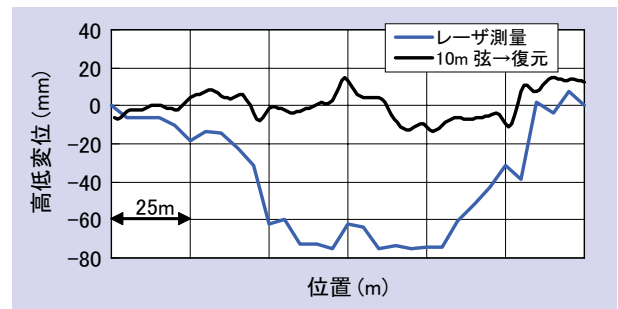


図3 復元波形の計算例

ばれる手法で測定されます。この手法は、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実形状とは異なります。

軌道変位の管理体系は10m弦正矢を前提として構築されているため、通常の業務では実形状を知らなくても特に困りませんが、軌道変位の修正に必要なレール移動量を知りたい場合、あるいは軌道変位による車両の応答をシミュレーションしたい場合などに実形状が必要となってきます。

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の設計法が開発され、ラボ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を「復元フィルタ」と呼んでいます。復元波形とレーザー測量した実波形の比較を図3に示します。復元波形には、実形状の大たわみは含まれないものの、波長数十メートル単位の凹凸が再現されているのがわかります。

復元フィルタを設計する手法は、マルタイや2台車検測車の偏心矢と10m弦正矢との相互変換にも適用でき、マルタイの制御データの作成や2台車検測車による偏心矢データの加工に応用されています。

③軌道検測データと車上測定データの対比

通常の軌道管理では、主として軌道変位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。このためには、車上で測定された輪重・横圧や加速度等を軌道変位と同等に取り扱う必要があります。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る加速度や輪重・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。最近ではGPSの情報を用いてキロ程を付与することもできます。これによって、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できるようになり、特に速度向上試験などで活用されています。最近では車輪1回転あたり600パルスの短い距離間隔でパルス波が発生できるので、軸箱加速度のような高周波の信号もキロ程を用いた管理が可能と

なっています。

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。これに対しラボックスでは、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、各地点における曲線線形、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として保有しています。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、それ自身は表形式のデータベースですが、時系列データと並列してディスプレイに表示し、また印刷が可能となっています（図4）。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、橋梁区間で、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がビジュアル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、現在でも軌道管理に不可欠なツールとして利用されています。

現在のラボックス

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20年が経過し、当時から多大なるシェアを有している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Windows 7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初代のものと同じで、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、プリンタの性能向上に伴って充実し、線の色、太さや配置等が任意に設定できるようになっています（図4）。

これまで述べたように、元々のLABOCS/TSAは鉄道技術研究所における各種測定データ処理のために開発され

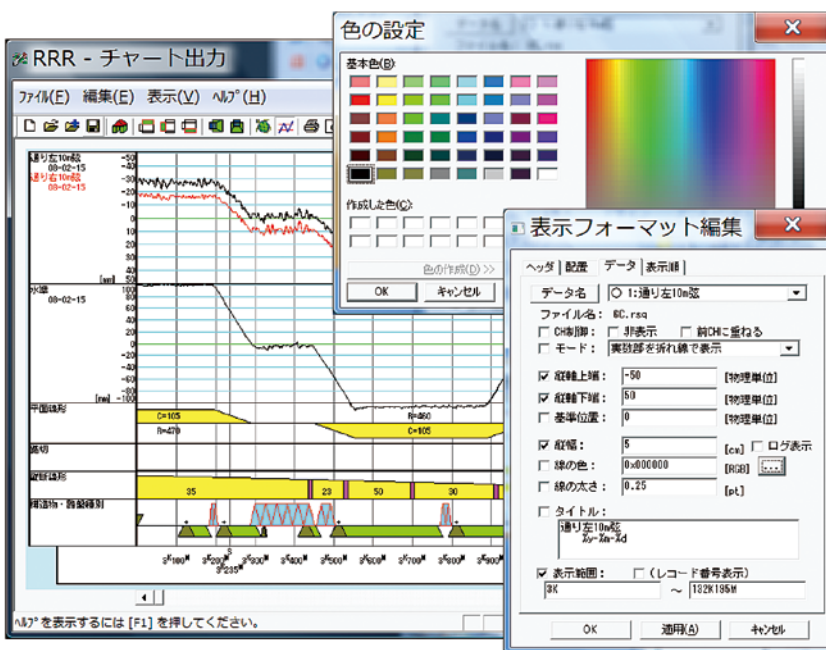


図4 チャート描画機能KCD

たものであり、ユーザーが任意の処理を容易に行えるよう、初期の頃からインターフェイス機能が充実していたのが大きな特徴でした。しかし軌道管理に特化されるようになってからは、チャートの描画・印刷、10m弦正矢から20m弦正矢への変換、P値・標準偏差などの統計処理といった、検測ごとの定型処理が多くなりました。これに伴ってラボックスの使われ方も、ユーザーが任意の処理を行うというものから、JR各社の保線管理システムの一部として、誰でもが定型処理を簡単に行えるようになってきています。

ラボックスの将来

ここまではラボックスの変遷を見てきました。では、ラボックスはこれからどうなっていくのでしょうか。そのためには、まずコンピュータそのものがこれからどうなっていくのかを考える必要があります。

筆者の一人が学生の頃は、パソコンのワープロソフトで作成した文書ファイルは、容量640KBのフロッピーディスクに保存していました。現在では、1TBのハードディスクが珍しくありません。容量はなんと150万倍です。すごい世の中になったものです。ただ、容量がいくら大きくなって、ファイルをパソコンの本体あるいは付属するディスクに保存するという意味で変化はありません。しかし、将来はワープロソフトやデータファイルがパソコンから消えてしまうかもしれません。このような、ソフトウェアやデータが、端末のPCではなくネットワークの中にあ

表1 企業内におけるコンピュータシステムの変遷(上から登場順)

形態		解説
メインフレーム	概要	データとソフトウェアが大型計算機(メインフレーム)の中にある、コンピュータが高価で大型であった頃の形態
	利点	システムの管理が楽
	欠点	メインフレームが備えている機能が、利用者の最大公約数的になり、個々の利用者には使いにくいものになる。メインフレームの計算速度、端末とのネットワークの通信速度が遅いと使いづらい。
ファットクライアント	概要	データとソフトウェアはクライアント(端末)とサーバに分散。パソコンの性能が向上し、かつソフトウェアのパッケージ製品が普及した頃の形態。
	利点	メインフレームの順番待ちが無い。利用者が自分の使い方に合わせてコンピュータをカスタマイズできる。
	欠点	管理者がクライアント端末で動作しているソフトウェアを把握できない。情報流出の危険性が高い。
シンクライアント	概要	データがサーバの中、ソフトウェアはクライアントまたはサーバの中にある。ファットクライアントにおける、セキュリティ問題に対応した形態。
	利点	システム管理者がデータを集中管理できるので、ファットクライアントに比べてセキュリティが高い。
	欠点	サーバにつながないとクライアント機が使えない。ネットワークの通信速度や信頼性、あるいはサーバの性能が低いと使いづらい。
リッチクライアント	概要	データがサーバの中、ソフトウェアはクライアントまたはサーバの中。ネットワークの速度・信頼性の向上や、Ajaxなどの動的なソフトウェア作成技術を背景に、便利になったシンクライアント。
	利点	ファットクライアントほどではないが、ネットワークの速度が速ければストレスなく利用でき、かつセキュリティが高い。
	欠点	サーバにつながないとクライアント機が使えない。ネットワークの通信速度や信頼性、あるいはサーバの性能が低いと使いづらい。

る利用形態は「クラウドコンピューティング」と呼ばれています。

クラウドコンピューティングの代表的な例は地図ソフトで、従来はCD-ROMから個々のパソコンにインストールして用いていましたが、最近ではYahoo地図やGoogle Mapsに代表される、ウェブ上のサービスを利用する人がほとんどです。最近では、ワープロソフトや表計算ソフトにも、ウェブ上で動作するものが登場しています。

これらの機能を用いるにはパソコンにブラウザ(閲覧ソフト)があれば良く、他のソフトウェアをインストールする必要がありません。また、ブラウザが動作すれば、パソコンのOSはWindows、Mac-OS、Linuxなどを問いません。最近では、ネットワーク利用を主な用途にした小型のパソコンが販売され、価格の安さも相まって人気が出ています。

これを各種軌道検測データ類の取り扱いにあてはめた場合、データがサーバ上にあり、各種処理もすべてサーバ内で行えるのであれば、パソコン側にはブラウザだけがあれば軌道検測データの処理や描画、印刷が可能となります。最近では高性能の携帯端末が販売されていますから、徒歩巡視時に現場で軌道検測データの確認も可能となることでしょう。またシステム管理者としても、データ流出などのおそれが無くなり、セキュリティが向上します。ある意味、大型計算機時代への先祖返りともいえますが、当時と異なるのはネットワークの通信速度が大幅に向上したことです。

このように、ソフトウェアやデータファイルが、大型計算機(メインフレーム)から個人のパソコン(クライアント)を経てサーバへと移管されていく過程は表1の4段階で表されます。現在各社で利用されているラボックスの形態は、ファットクライアントとシンクライアントの中間にあります。上記のようなIT業界全体の流れからすると、定型処理が中心のユーザーに対しては、ラボックスをリッチクライアント化して提供していきたいと考えています。一方で、研究開発のためのツールとしてのラボックスの機能も捨てがたく、定型処理以外の解析のために、個人の端末上で実行するというファットクライアントも無くさないようにしたいと思います。

おわりに

ラボックスに限らず、コンピュータ上で動作する各種システムは、マルスのように完全に独立したシステムを除けば、マイクロソフトやグーグルなど大手IT企業の動向を無視して開発を進めることはできません。一方で、本文で述べたキロ程とデータ番号との対照や10m弦正矢による検測データの復元など、軌道保守に特有で、鉄道業界以外のIT企業によるサービスが期待できない分野もあります。ラボックスは、両者の合間を埋めるツールとして、今後もさらなる性能向上を目指して行く所存です。RRR

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。

文献

- 1) 電子計算センタ：ライブラリ・サブルーチン集No.3、鉄道技術研究所速報、No.66-83、1966
- 2) 吉村彰芳、森忠夫、吉田康夫：会話型時系列解析システム「LABOCS/TSA」の開発、鉄道技術研究報告、電気編No.178、1975
- 3) 岡島 裕史：ウチのシステムはなぜ使えない、光文社、2008
- 4) 西田宗千佳：クラウドコンピューティング、朝日新聞出版、2009