

# 運転曲線図作成システム開発小史

山下 修 (輸送情報技術研究所 運転システム 主任研究員)

## はじめに

効率よくかつ安定した鉄道輸送を提供するためには列車ダイヤに対する十分な検討が必要ですが、列車ダイヤを作成するためには、「列車が駅間を走行するための所要時間」を知ることが不可欠です。これを「基準運転時分」と呼びます。基準運転時分は列車が制限速度を守りつつ、その性能を充分発揮して走行した場合の駅間走行時間をもとにして決められます。この駅間走行時間を求めるために作成されるのが、「運転曲線図」(図1)です。横軸は距離、縦軸は時間と速度を表し、ここに線路上を走行する列車の速度変化を表す速度曲線と時間変化を表す時間曲線が描かれます。これら曲線を総称して運転曲線と呼びます。従来、運転曲線図は、熟練した担当者が手作業で作成していましたが、これには100kmの路線を作成するのに8時間を費やしていたという報告があります。これは1kmあたり約5分を要していた計算になります。また経験や習熟度による個人差が避けられないなどの問題点もあり、運転曲線図の自動作成は早くから望まれ、研究されてきました。その結果、現在では運転曲線図作成にコンピュータを使用することは一般的になっています。例えば、鉄道総合技術研究所(以下、鉄道総研)で開発した”Speedy”もその一つで、現在JRを始めとする多くの鉄道事業者に導入されています。

図1はこのSpeedyによって計算された画面出力結果です。本稿では、鉄道総研における運転曲線図作成に関する研究開発の歴史をたどってみたいと思います。

## アナログコンピュータによる開発

鉄道総研の前身である国鉄の鉄道技術研究所における運転曲線システムの開発の歴史は古く、すでに1953年の報告書には「運転曲線計算器(第一報)」と題して基本的な原理と構造が紹介されています。1957年にはアナログコンピュータ<sup>1)</sup>を使って運転性能曲線(加速力曲線、こう配別速度距離曲線など)や運転曲線の作成を行っています。運転性能曲線は初期条件を与えることで自動計算するものでしたが、運転曲線については線路上の速度制限を考慮しつつ、担当者が運転方法を指定しながら運転曲線図を作成するという仕様でした。言い替えば、電車運転シミュレーションゲームソフトを実行し、そのときの列車の動きを反映して運転曲線図を得るものといえます。この方法では実行中に担当者による判断および運転操作を伴うことから、計算速度の向上には自ずと限界がありました。計算時間は、運転時間の1/3程度であったといわれています。図2は実用化された運転曲線計算機です。

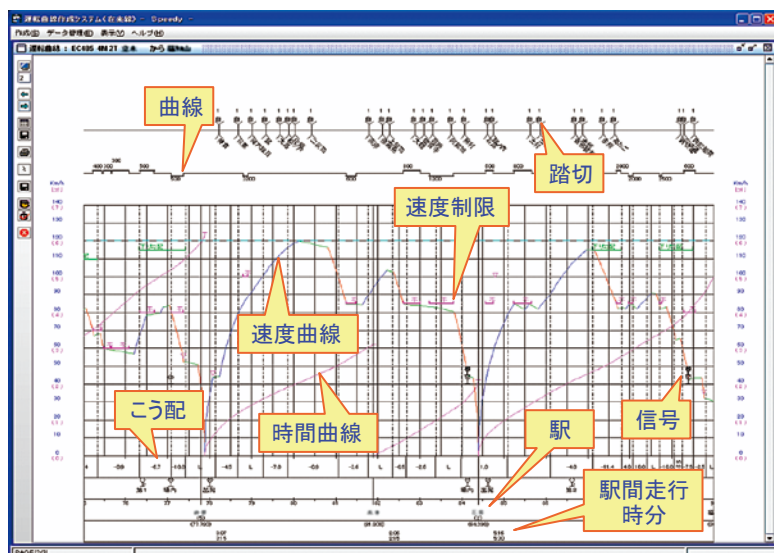


図1 Speedyの出力による運転曲線図

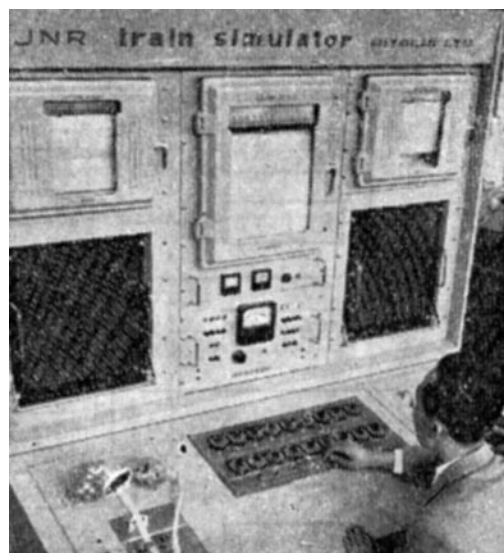


図2 運転曲線計算機

電気学会：電気鉄道(改訂版)、昭和47年5月、24版

### デジタルコンピュータによる開発

1957年、日本に最初に輸入されたデジタルコンピュータ<sup>2)</sup>であるbendix社のG15型計算機の導入に伴い、運転曲線作成の自動化および計算速度・精度の向上を目的に、アナログコンピュータでの研究と並行する形でデジタルコンピュータによる研究に着手しています。G15型計算機は、記憶容量が小さく複雑なロジックを組み込むことが難しいという制約もありましたが、1kmあたり約12秒で運転曲線計算処理を実行しました。1962年には高速大容量のG20型に更新されることで、計算時間は1kmあたり1.2秒まで短縮されました。また当時は、デジタルコンピュータの計算結果を直線や曲線を使った図として表示することが容易でなく、もっぱら数値で表現していましたが、1970年時点ではラインプリンタを使って運転曲線図を出力する試みがされています(図3: 通常運転曲線図と異なり、縦方向に距離、横方向は速度を表しています)。1971年には汎用大型コンピュータであるFACOM230(図4)が導入され、処

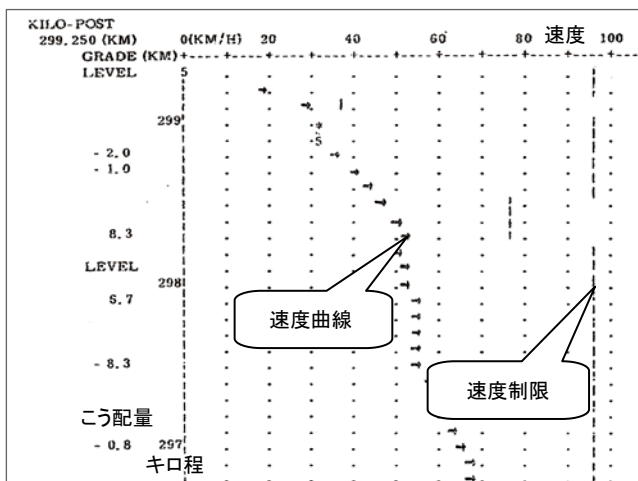


図3 ラインプリンタに出力した運転曲線図

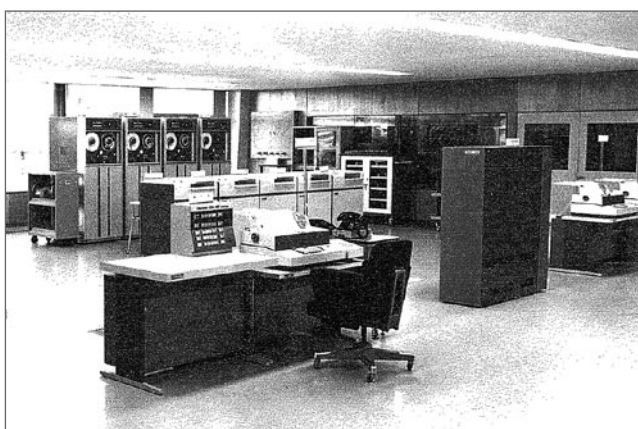


図4 FACOM230(当時の計算センター内)

理速度もそれまでの4倍(1kmあたり0.3秒)となりました。この段階で人手を介さない運転曲線図の作成が実現しました。さらに1973年の静電プロッタ導入により、実用的な運転曲線図が出力されるようになりました。これらの条件が揃ったことで毎年10万km以上の距離の運転曲線図が作成されるなど、当時大変利用されました。また、それまでのコンピュータでは計算機に依存したアセンブラという言葉を用いていたため、コンピュータを更新するごとにプログラムの変更を余儀なくされていましたが、FACOM230の導入を機にフォートラン言語への書き換えを行うことで、以降の計算機の更新にも対応できるようになりました。

1975年には、それまでの在来線の運転曲線に加え、列車制御方式としてATCを使用した新幹線版を開発しています。また1992年には、高解像度のディスプレイを備え、科学技術計算に適したワークステーション向けに、マルチウィンドウとマウスなどを利用し、操作性を向上したシステムを開発しました。さらに、2000年には性能が飛躍的に向上したパソコン向けとしてWindowsNT上で動作するPC版を開発しました(現在ではVistaまで対応)。以降、今日まで機能の追加・拡張を継続して行っています。なお、現在の処理速度は100kmの区間であっても瞬時(1秒以内)に計算できます。

### おわりに

かつて国内に数台のみであったコンピュータも今ではだれもが机上で操作できる時代になりました。パソコン上で運転曲線図が瞬時かつ容易に得られることにより、基本的な運転時間計算に加えて、乗車率に応じたきめ細かい運転時分の計算や時分短縮に効果のある線路設備改良の検討など、さまざまな検討を行うことが可能となりました。また、運転曲線図により列車走行時の運転方法を知ることができることから、ハイブリッド車両や気動車における燃料消費量や排ガスを計算するためのシミュレータとしての利用も進めています。

- 1) アナログコンピュータ：物理現象などを抵抗やコンデンサーなどを用いた回路に置き換え、電流や電圧を加えることによって問題を解く。またその答えも同様に電圧や電流の変化として読み取る。これをペンレコーダと接続することで直接かつ容易に計算結果を図として得ることができる。
- 2) デジタルコンピュータ：数値をデジタルデータに変換し計算を実行する。現在、一般的に目にするコンピュータはデジタルコンピュータ。