

輸送計画作成を支援する

山下 修

輸送情報技術研究部
(運転システム 主任研究員)

福村 直登

同
(同 研究室長)



やました おさむ



ふくむら なおと

計画作成支援システム

計画作成とは、無駄や無理なく効率的に業務を行うために、事前に目標と手順を定めておくことです。例えば、学校では授業の時間割を作ることによって、適切に1年間の学習を進められますし、企業では作業計画、工程計画、勤務計画などによって、効率よく活動を進めています。このように、計画は人間社会において必要不可欠なものです。

計画を作成するときや作成した計画を提示するときは、通常、表や図、グラフを用います。勤務シフト表や工程管理で用いられるガントチャートなどがその例であり、従来は、筆記具を使って紙面上で計画を作成していましたが、高性能のパソコン(PC)と、表計算ソフトに代表される優れたソフトウェアを手軽に利用できるようになったので、今ではPCを使って作成するのが一般的になっています。

しかし、計画を作成する際は、時間的な制約、設備・人的資源の制約など、さまざまな条件を考慮しなければならないため、コンピュータを使っても、ボタンを押したら即座にすべての条件を満たす計画を作り上げるようにすることは、まだ困難です。そのため、計画の内容は担当者が考えて入力し、コンピュータは条件違反のチェックや集計作業、帳票出力のために使用する「マンマシンインタラクティブ(対話型)システム」が広く採用されており、計画作成業務の効率化に貢献しています(図1)。

鉄道の輸送計画

鉄道事業の目的は、線路上に列車を走らせて旅客や貨物を輸送することですが、利用者のニーズに合わせて効率良く、安全に列車を運行するために、さまざまな計画が作成されます。その中でも列車運行に直接関わるものが輸送計画ですが、列車運行には運転士や車掌、駅員など多数の係員が関わるため、とくに綿密な計画が必要となります。

輸送計画は、列車運行計画(いわゆる「列車ダイヤ」)を中心とした、車両運用計画、乗務員運用計画、構内作業計画などのサブ計画群の集合体であり、それらが機能的に組み合



図1 マンマシンインタラクティブシステムの構成

わさることで、「多数の列車を時間通りに運行する」という目的が達成されます。また、列車ダイヤを作るためには駅間の運転時間を決める必要がありますが、そのために作られる運転曲線図も輸送計画に含めることができますでしょう。

輸送計画の作成にも専用の図表が用いられます。例えば、列車ダイヤに対しては列車運行図表(列車ダイヤ図)が、運用計画に対しては運用ダイヤ図や運用順序表が使われます。列車ダイヤ図は、明治5年の日本の鉄道開業時から使われていたとも言われており、鉄道関係者にとっては馴染み深いものです。

さて、鉄道輸送計画の作成に対する対話型システムの研究開発は古くから行われてきましたが、実際に実務に供されるまでには時間を要しました。これは、鉄道輸送計画の作成には、膨大なデータに対する高速処理、担当者がスムーズに作業できる入出力機能、列車ダイヤ図に代表される詳細かつ大判帳票の印刷機能が必要であり、それが実現できるコンピュータ環境が整備されるまでに時間がかかったためです。しかし、現在では、多くの事業者が対話型システムを用いて輸送計画作成業務を行っています。本稿では、鉄道総研が開発に関わった各種輸送計画作成支援システムを紹介します。

運転曲線図作成システム(SPEEDY)

○運転曲線図の概要

列車ダイヤを計画するためには、「列車が各駅間を走行するときの所要時間」が必要となります。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、かつその性能を十分に発揮して走行した場合の駅間走

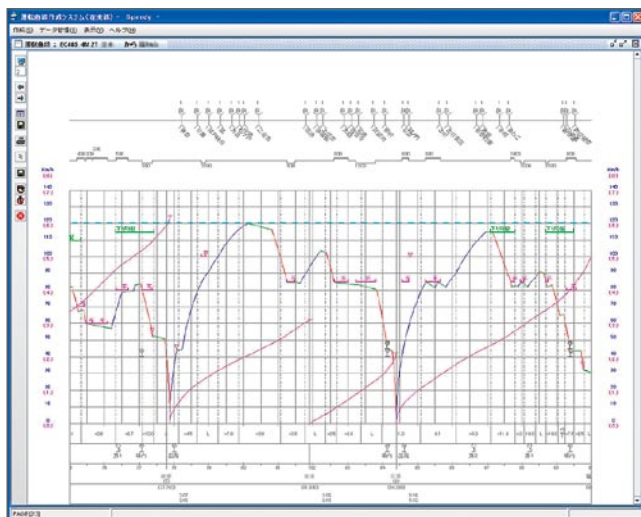


図2 SPEEDYの画面例

行時間をもとにして決められます。

駅間走行時間を求めるには、担当者が車両性能、線路構造（駅の位置、こう配、曲線）や設備（信号機）、各種の速度制限などさまざまな条件を考慮した上で、列車位置と運転操縦方法（力行、惰行、ブレーキ）を決め、それに従った列車の走行状態（速度や時間の変化）を計算し、その結果を図上にプロットするという、運転シミュレーションによって算出する方法が一般的に用いられています。この走行状態をプロットした結果を運転曲線図といいます。

従来、運転曲線図の作成作業は、熟練した担当者が手作業で行っていましたが、作成に時間を要する、経験や習熟度による個人差が避けられない等の問題点があるため、運転曲線図の自動作成に関する研究を進め、運転曲線図作成システムSPEEDY（スピーディ：System for train PErformance Evaluation, Drawing and anaLYsis）を開発しました（図2）。

○研究開発の経緯

運転曲線図の自動作成に関する研究は、既に1960年代に着手されています。その結果、1970年にはラインプリンタ、1973年には静電プロッタにより運転曲線図を印刷できるようになり、1975年にATCにより制御される新幹線用システムも開発しました。さらに、1992年にはワークステーション（EWS）版を、2000年にはPC版を開発し¹⁾、現在も継続して機能の追加・拡張を行っています。

○特徴

運転曲線を作成する上で必要となる、多くの機能を実装しています。以下にその例を示します。

- 駅間最高速度の指定
- 駅での通過/停車および使用番線の指定
- 曲線ごとの速度制限指定
- 場内信号機の現示系統指定 など

○導入効果と使用状況

運転曲線図を手作業で作成する場合、熟練者であって

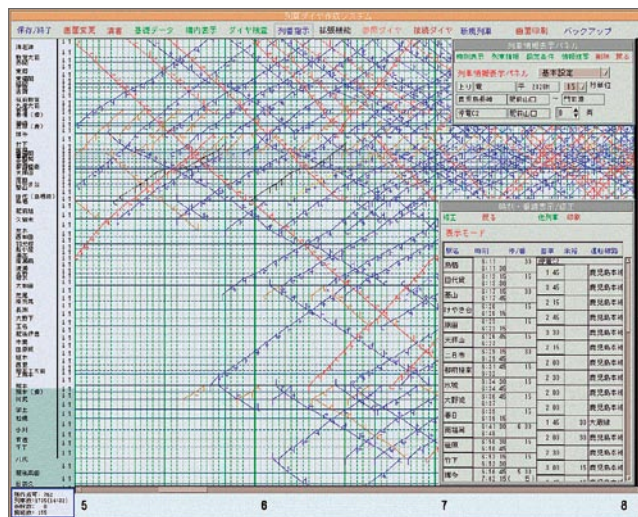


図3 列車ダイヤ作成システムの画面例（提供 JR九州）

も1日あたり100km程度が限界といわれていましたが、SPEEDYでは瞬時に作成できるため、作業効率が飛躍的に向上しました。そのため、輸送計画業務だけでなく、条件が多岐にわたることから従来は困難であった、費用対効果を考慮した設備改良の検討業務など、幅広く活用されています。

列車ダイヤ作成支援システム（DIAPS）

○列車ダイヤ作成支援システムとは

列車ダイヤの作成においては、お客様のニーズに合わせて特急や各駅停車など多種多様な列車を提供しつつ、効率良く線路設備を使う計画とすることが不可欠であり、スジ屋と呼ばれる列車計画の専門家によって作成され、作業に際しては、縦軸を距離（駅）、横軸は時刻とした列車ダイヤ図という図表を用います。個々の列車の運行計画はダイヤ図では斜線（スジ）で表現され、担当者は基準運転時分表を見ながら、各列車の運転時刻を一駅ずつ検討することで、列車ダイヤを作成していきます。

しかし、良い列車ダイヤとするためには、時間帯別の輸送力や乗り継ぎのし易さ、前後の列車との間隔や待避駅の指定、他の線区の列車との接続などを充分に考慮しなければならず、専門家であっても大変な労力と時間を要します。この作業を支援するために開発したシステムがDIAPS（ダイアプス：train DIAGram Planning System）です。

○研究開発の経緯

ダイヤ作成支援システムの研究も1960年代に着手し、1981年には汎用コンピュータの端末を国鉄本社に設置して、試使用されました。その後、ミニコンへの置き換えも行いましたが、1990年代になってグラフィックスによる操作環境（GUI：Graphical User Interface）を実現した、安価なEWSが登場したため、それまでの研究成果を取り入れたEWS版のプロトタイプシステムを新たに開発し²⁾、それを発展させた実用化版システムが実務で使われています（図3）。

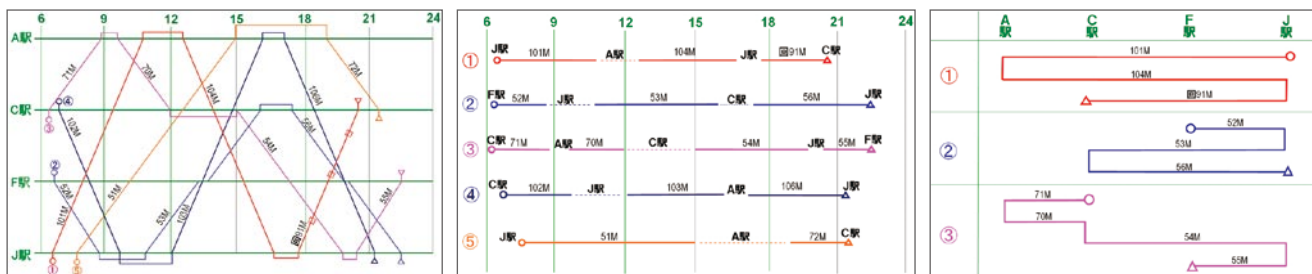


図4 運用ダイヤ図(左), 横棒(中), 箱ダイヤ(右)

○特徴

列車ダイヤ作成の基本は、「スジ」の設定と修正です。DIAPSでは、画面表示されているダイヤ図上で駅と時刻を指定することで、簡単にスジの設定と修正ができます。また時刻表を表示させて修正することもでき、その結果は直ちに画面上のスジに反映されます。さらに、「たてる」(余裕時間を削る)・「ねかす」(余裕時間を加える)・「ふる」(運転時刻をずらす)・「ゆする」(運転時刻を前後にずらす)といったスジ編集の基本機能、パターン列車設定・時刻ずらし・待避駅指定・逆引き機能・優先列車設定などダイヤ作成時に用いられるさまざまな技法と、番線競合などのチェック機能をDIAPSは実装しています。そのため、ダイヤ作成担当者は面倒な時刻計算の手間を省くことができ、待避駅の判断、接続列車の判断など、利用者の利便性を高めるための検討作業に専念することが可能となりました。

また、折返し駅での車両運用状況、駅番線の使用状況も表示可能であり、現在では、効率的な列車ダイヤの検討、作成に欠かせないツールとして大いに活用されています。

車両・乗務員運用計画作成支援システム

○車両・乗務員運用計画

列車ダイヤが固まってくると、引き続き車両の使用順序、乗務員(運転士・車掌)の乗務順序を決めますが、これを車両運用計画、乗務員運用計画といいます。運用計画では、すべての列車に車両と担当乗務員が充当されるよう、終着駅に着いた車両と乗務員を次に割り当てる列車(折返し)を決めていきます。このとき、列車への充当状況を見て折返し列車を決める作業では、ダイヤ図形式の図表(運用ダイヤ図)を用います。また、個々の車両の使用計画や乗務員の乗務計画(仕業)の概況を把握し、仕業間の偏りを調整する作業では運用順序表(「横棒」と呼びます)を用います。そのため手作業では、まず運用ダイヤ図上で車両・乗務員の折返し案を決め、その結果を横棒に書き直して、仕業間の調整作業を行っています。さらに、各仕業の詳細な

内容を示すために、「箱ダイヤ」という表記形式も用いられます(図4)。

○車両・乗務員運用計画作成支援システム

運用計画の作成では、ダイヤ図、横棒、箱ダイヤという3つの表記形式を使い分けながら作業を進めるため、システム化に際してはGUIが重視されます。そのため、操作性に優れたGUIを備えたEWSの登場を待って、運用計画作成支援システムの開発を本格化させました。その結果、1990年代中盤にEWS版のプロトタイプシステムを完成させましたが³⁾、その後、PCの性能が向上したことから、EWS版をもとにしてPC版システムを開発し、実用に供しています。

このシステムでは、作成中の運用計画をダイヤ図、横棒、箱ダイヤの各形式で同時に画面表示することができ、折返し列車の変更など、仕業の内容を変えたときは、即座にその変更が表示に反映されるため、ケアレスミスの防止に役立っています。また、乗務員運用は乗務員の勤務そのものであるため、詳細なルールに従って労働時間を計算し、就業規則等に反していないかチェックする必要がありますが、これはコンピュータが最も得意とする作業であり、即座に計算とチェックが行えます。その結果、計画担当者は単純作業から解放されて、計画内容の検討という重要な作業により多くの時間を割くことが可能となり、計画作成業務のみならず、運用計画そのものの効率化にも貢献しています。

駅構内作業計画作成支援システム

○駅構内作業計画と支援システムの開発

多くの列車が始終着となるターミナル駅では、列車運行に付随して、引上線を使った入換えや編成の分割・併合作業、列車留置などの作業が発生します。ダイヤ通りに列車を運行するためには、駅構内の番線の使用スケジュール、各種作業の実施スケジュール、および各作業を担当する駅員の勤務スケジュールを定める必要があり、この計画を「駅構内作業計画」と呼びます。大規模駅では番線の数が多く、また関係する人々も多いので、間違いがない構内作業計

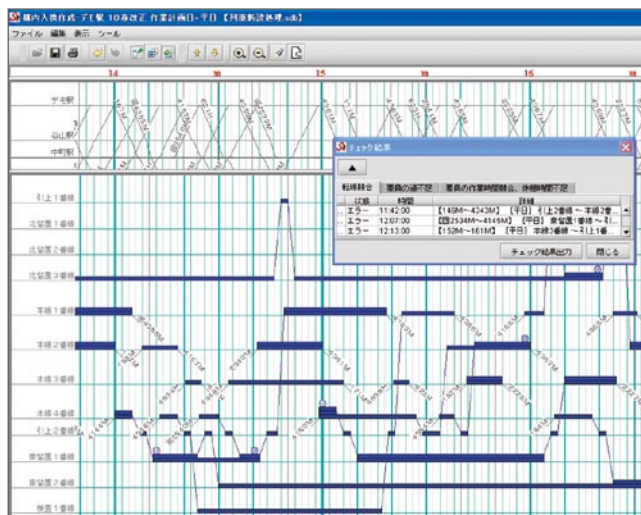


図5 Suparc画面例

画を作成するために、各駅で多くの労力を費やしています。

この業務を効率化するために、PC上で構内作業計画を作成するシステムSuparc（スパーク）を開発しました⁴⁾。このシステムには以下の機能を備えています。

- 列車ダイヤデータと車両運用データから当該駅を着発する列車の自動抽出
- 列車着発番線、入換えで使用する引上線、留置線の指定
- 入換え時刻の指定、各種作業時間の指定
- 作業担当者の指定、駅要員の作業ダイヤの作成
- 構内作業ダイヤ図の印刷

駅構内の列車の移動に際しては、交差する進路を使用するときは、先行列車が通過した後、一定時間空けないと次の列車を動かせないという制約条件を満たしている必要がありますが、大規模駅では進路構成も複雑であるため、このチェックに多大な労力を要しています。しかし、Suparcにより、随時、正確なチェックができるので、ミスがない、効率的な作業計画の作成が可能となります（図5）。

また、列車ダイヤ作成システム、車両運用計画作成システムからデータが取り込めるため、転記作業が不要となるとともに、運転時刻変更などの情報の抽出漏れ防止にも役立っています。

○文字・図形表記位置の自動修正機能

コンピュータプログラムによって図表を作成する場合、図表内の記号や文字は一定のルールに従って表記位置を決めますが、表記する記号類が多いと相互の表記位置が重なってしまうため、見やすい図表とするために表記位置を手作業で修正しています。それに対して鉄道総研では、図表内の記号類の重なりを排除する手法を開発し⁵⁾、Suparcのダイヤ図出力で使用しています（図6）。これにより、手作業による修正量を大幅に減らすことができました。

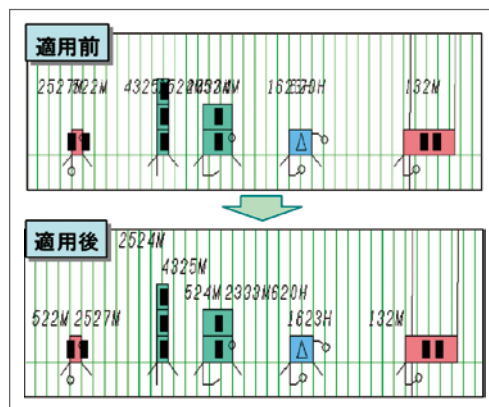


図6 表記位置の自動修正機能

今後の発展と課題

以上、ご紹介したとおり、鉄道輸送計画作成を支援する対話型システムはすでに多くに事業者に使われており、業務上なくてはならないツールとなっています。しかし、コンピュータ関連技術の進歩は著しいため、定期的なシステム更新を求められますが、最新の環境に合わせてプログラムを作り直すのも大変な作業です。その対応として、現在、汎用の製図用ソフトウェア（CAD）をベースとしたシステム開発を試行しています。CADには画面制御や帳票印刷機能が豊富に備わっているため、その分の開発費用が抑えられますし、ハードウェアやOSの変更もCAD側で対応するので、プログラムの修正量も減らすことができます。

さらに、運用計画や構内計画に対しては、計画内容そのものをコンピュータが提案する機能の研究開発も行っています。これが実現すると、人の仕事は計画作成に対する条件指定と計画案の内容評価、コンピュータの仕事は計画案の作成に役割分担が変化するものと思われます。今後も、輸送計画作成業務の効率化を目指して研究開発を進めていきます。[RRR]

文 献

- 1) 山下修：運転曲線図と運転曲線作成システムSPEEDY，日本鉄道運輸協会誌，Vol.48，No.3，2006
- 2) 山下修，他：列車ダイヤ計画支援システム（DIAPS），第32回鉄道サイバネシンポジウム論文集，1995
- 3) 中村成美：運用統合作成システム（TRSTER）の開発，第32回鉄道サイバネシンポジウム論文集，1995
- 4) 平早水智之，他：駅・車両基地構内作業計画作成支援システム-Suparc-，第43回鉄道サイバネシンポジウム論文集，2006
- 5) 山下修，他：確率的局所探索を用いた視認性の高いダイヤ図描画方式，鉄道総研報告，Vol.20，No.2，2006