

クラウド型輸送計画作成システム

Cloud-Based Transportation Planning System

鈴木 辰徳

久保 英樹

■SUZUKI Tatsunori

■KUBO Hideki

東芝は鉄道の輸送計画作成業務を支援するため、ダイヤ作成や、車両運用作成、構内作業計画作成、乗務員運用作成などのシステムを納入してきた。これらのシステムは、鉄道事業者の運行形態の違いにより様々な要件やニーズを反映させる必要があるため、それぞれのシステムで特有機能の開発部分が標準化部分に比べて大きくなる傾向にある。

今回、より汎用性の高い輸送計画システムの開発を目的とし、これまでに蓄積したノウハウを活用して各計画システムのパッケージ化を図った。プラットフォームにクラウドシステム環境を採用することで、初期導入コストの低減を実現し、システム投資が難しいユーザーであっても特有機能に適用可能なマンマシンインタフェースを強化し、標準化した機能を利用して業務を効率化できるクラウド型輸送計画システムを開発した。

Toshiba has been engaged in the development of a variety of railway transportation planning systems, including a train timetable planning system, a trainset utilization planning system, a depot service scheduling system, and a train crew utilization planning system. To meet customers' requirements for each type of service operation, there is a tendency to spend a larger portion of costs on the development of customized specifications than on standard specifications.

To rectify this situation, we have prepared packaged modules for each planning system based on the experience and know-how that we have obtained from past development results, and developed a cloud-based transportation planning system that offers enhanced versatility by utilizing a cloud system as the platform. This system makes it possible to provide customers with low-initial-cost and highly efficient service operations by reducing the initial hardware costs and using standardized function modules.

1 まえがき

輸送計画は、輸送需要に基づいた基本ダイヤや、車両の運用計画、編成の割当て及び検査計画、乗務員の運用計画など、各計画の総称である。各計画は日々の運行のもっとも基本的な計画となるため、この作成業務は事業者にとって欠かせない位置づけにある。

現在、輸送計画の作成業務はシステム化が進んでおり、業務の効率化が図られている一方で、熟練者が手作業で計画作業を行っているケースもある。ダイヤ改正のように、頻度の低い変更であれば、修正量が多くても計画的に作業を行うことができるが、事業者間で相互乗入れや乗換接続を行っている場合、協議を行いながら各々の計画調整を行う必要がある。この際には、限られた時間の中で相手の計画に合わせた変更・修正業務を各々で遂行する必要がある。また、線路が分断されるような自然災害が生じた際には、輸送計画を立て直す必要が生じる。鉄道の持つ社会への影響の大きさから緊急度が高いことと、計画の修正量が多いことを考慮すると、ユーザーへの負担は非常に大きなものとなる。

東芝は、大きな設備投資を伴わずに輸送計画の作成業務を効率化するシステムの提供を目指し、各計画機能をパッケージ化するとともに、クラウドシステム環境に実装するサービス提

供型ソフトウェア (SaaS : Software as a Service) として輸送計画システムを開発した。ここでは、その構成や機能について述べる。

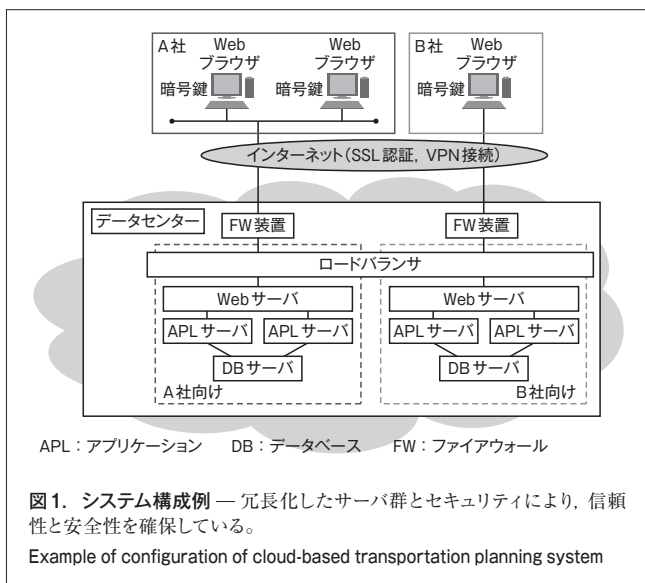
2 システム構成と特長

基本的な構成は、データセンターに各サーバを設置し、インターネットを通じて各ユーザーにサービスを提供する方式である。ユーザーごとにサーバを物理的に分けることも可能であり、それぞれを冗長化しサーバの一つが処理中にダウンしても、他のサーバにセッションを引き継ぐことで継続してサービスを提供できる。

また、セキュリティの基本方針として、ファイアウォール、SSL (Secure Socket Layer) 認証、VPN (Virtual Private Network) 認証に加え、このシステムにアクセスするための暗号鍵によりデータの安全性を確保する。

システムの構成例を図1に示す。クラウド構成を採用することで得られる主なメリットとしては、以下の点が挙げられる。

- (1) ハードウェア費用の削減 業務アプリケーションを稼働させるサーバ類は全て当社が管理と保守を行うため、初期導入費用、資産管理費用、及びメンテナンス費用を削減できる。



- (2) ソフトウェア費用の削減 機能のアップデート及びOS (オペレーティングシステム) のサポート終了に伴う移行作業は当社が行うため、ソフトウェア費用は導入時のデータ入力及び設定の費用と、月々のサービス利用料だけとなる。
- (3) 事業継続性の向上 インターネット環境さえあれば端末の種別を問わずに利用できるため、使用中の端末が故障や破損をした場合でも業務を継続できる。

3 開発における技術的な要点

輸送計画システムをクラウド化するにあたり、単純にWeb環境に移し替えるのではなく、各計画業務におけるユーザーの作業方法を踏まえ、操作をより直感的かつ実用的にした。そのための技術的要点を以下に述べる。

- (1) マンマシンインタフェース 輸送計画システムは、列車スジを作成して描画し、運用計画を作成するなど、従来は手作業で行っていた業務がシステム化されたものであるため、マンマシンインタフェースが中心となる。

ダイヤ作成を例にとると、熟練者がダイヤ図の作成や修正を行う際には、ダイヤ全体のバランスをとりながら手引きできるようなマンマシンインタフェースにした。

ユーザーが使用する端末は、Webシステム上に描画されたオブジェクトに対してドラッグアンドドロップ操作を可能にした。クラウドシステムという新しいプラットフォームを採用した場合、演算処理をサーバに依存できるため描画処理に特化したハードウェア構成を取ることができ、この点を利用し、ハードウェアリソースを十分に利用した自由度の高いマンマシンインタフェースを実装した。これをシステム全体に適用することにより、画面全体を見渡ししながら、カーソルを定規や鉛筆、指先に見たてた直

感的な操作を実現した。

- (2) データベース データの一元管理だけでなく、データマイグレーションに対しても汎用性を持たせられるようにした。システムのデータベースは、扱われるデータがユーザーによって様々なフォーマットであることを考慮し、一般的な表計算ソフトウェアとのコピーアンドペーストを相互に実現している。これにより、フォーマットに依存しないデータ入出力を可能にした。

また、一般的な表形式を取らないデータであっても、システム本体に改修を加えることなく単純なデータ変換ツールでデータベースへ反映できるようにした。

- (3) 地図アプリケーション上へのオブジェクト描画 Google Maps™^(注1)を利用した位置情報を扱うシステムを実装した。単に地図情報を利用するのではなく、移動体のトラッキング情報や、当社が独自に提供する地図情報をWeb上のレイヤに重ね合わせる技術を使用し、多層にマッシュアップ(重ね合わせ)表示することで、汎用的な地理情報をもとに監視を行うスタイルを確立した。

4 システム機能と特長

このシステムは、各輸送計画作成機能をパッケージングした輸送計画システム TrueLine™と、実際に運用される列車追跡を行うGIS(地理情報システム) 運行監視システム TransportMeister™の二つのシステムで構成される。共通のデータベースを参照することでシームレスな連携が可能である。また、作業時の利便性を考慮し、各機能の画面操作履歴は常時サーバ側に保存しており、操作を元に戻したりやり直したりでき、更に突然の回線断や不意のWebブラウザ終了時でも編集内容は失われないため、作業継続が可能である。

4.1 輸送計画システム TrueLine™

運転曲線の作成からダイヤ作成、車両運用作成、乗務員と編成の割当て作成、構内作業計画作成といった基本機能が実装されている。必要な機能をピックアップして提供することも可能である。各基本機能とその特長を以下に述べる。

4.1.1 運転曲線作成サービス 運転曲線と時間曲線に加え、エネルギー使用量も同時に計算し、画面上に表示可能である(図2)。運転曲線の変更に応じてエネルギー使用量を再計算するため、区間ごとのエネルギー使用状況を確認しながら運転曲線を作成できる。また算出された基準運転時分は、基本ダイヤ作成サービスで利用できるようにした。

4.1.2 基本ダイヤ作成サービス マウス操作による手引き感覚での列車スジ作成だけでなく、列車に対し任意の停

(注1), (注2) Google Maps, Google Earthは、米国Google Inc.の米国及びその他の国における商標又は登録商標。

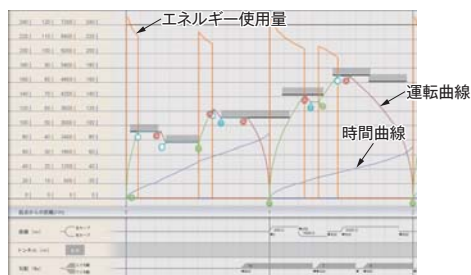


図2. 運転曲線サービスの画面例 — エネルギー使用状況を確認しながら運転曲線を作成できる。

Example of performance curve function display

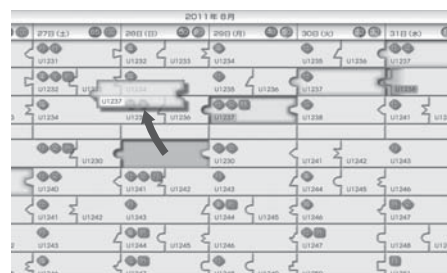


図4. 運用割当て作成サービスの画面例 — パズルのピースに見たてて運用割当て計画を作成できる。

Example of trainset rostering function display

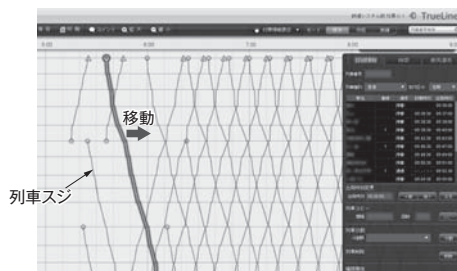


図3. 基本ダイヤ作成サービスの描画例 — 自由度の高い操作で、かつ複数のユーザーが共同でダイヤを作成できる。

Example of timetable function display



図5. 構内作業計画作成サービスの画面例 (路線図形式) — 構内作業計画をシミュレーションした結果を見ることができる。

Example of depot service scheduling function display (track chart)

車駅以降の列車スジを平行移動させて停車時分を調整するといった自由度の高い操作が可能である (図3)。

一般的なダイヤ作成システムはダイヤ施策と線区を1対1で作成するが、欧州に見られるような、路線が分岐し一つの目的地に対する経路が複数ある網の目ダイヤや、インフラ所有者と運行事業者を分離する上下分離方式もある。これらにも対応させるために、一つの施策上で複数線区にまたがるダイヤの作成を可能にして、同一画面上で車両運用を作成できるようにした。また、列車スジごとに編集権限を付与して、同一施策に対して複数のユーザー又は会社で同時にアクセスできるようにし、ダイヤ作成作業を共同で行えるようにした。

4.1.3 運用割当て作成サービス 基本ダイヤ作成サービスで作成した車両運用を参照し、各運用をパズルのピースに見たてて割当て計画を作成する方式とした (図4)。各ピースの両端は駅ごとに異なるシェイプで形成され、運用の接続整合を取りながら、割当て作業を直感的に行うことができるように工夫した。各編成に対し、各種検査清掃の周期をあらかじめ登録しておくことで、走行キロや走行日数により回帰する期限を考慮しながら作業できる。

4.1.4 構内作業計画作成サービス 基本ダイヤ作成サービスで作成した車両運用に対応した出入庫時の構内作業を、路線図形式 (図5) と従来のダイヤ図形式 (図6) の2種類

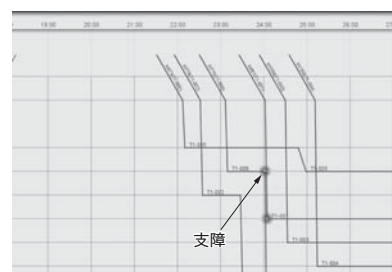


図6. 構内作業計画作成サービスの画面例 (ダイヤ形式) — 従来からある形式で、路線図形式と切り替えながら構内作業計画を作成できる。

Example of depot service scheduling function display (timetable chart)

で表示する。路線図形式は、画面上部には時間軸を設け、再生や早送り、巻戻しボタンを実装した。構内作業計画の時間遷移をシミュレーションした結果を視覚的に把握できる。それぞれの形式で行った編集内容を相互に反映しており、確認内容に応じて形式を切り替えながら作業可能である。

4.2 GIS運行監視システム TransportMeister™

従来の列車位置表示を行うシステムでは、地理情報を路線図という抽象化された形式で表しているが、路線ごとに形状が異なるため標準化が困難であった。また、運用監視は、軌道回路などの地上設備を基本に行っているが、この地上設備

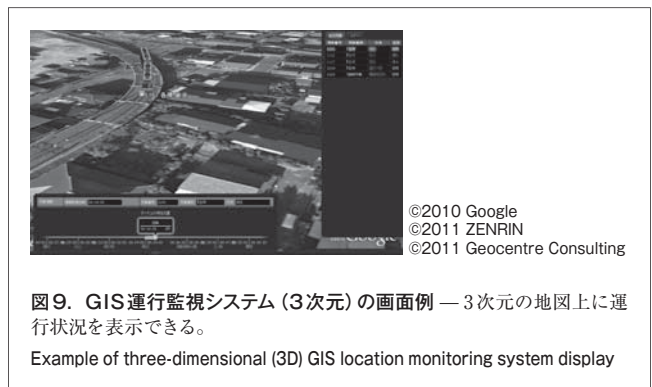
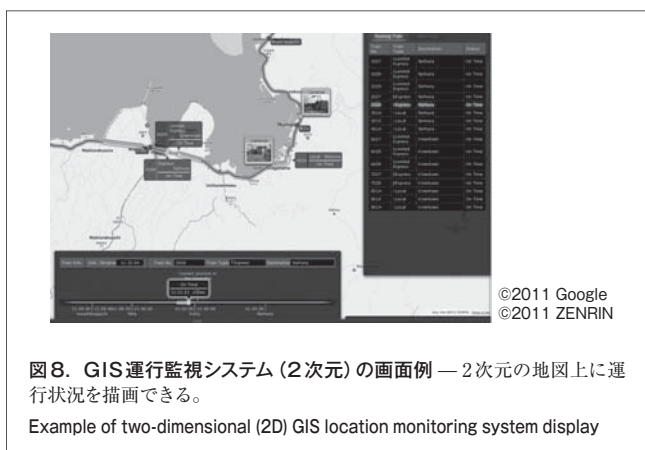
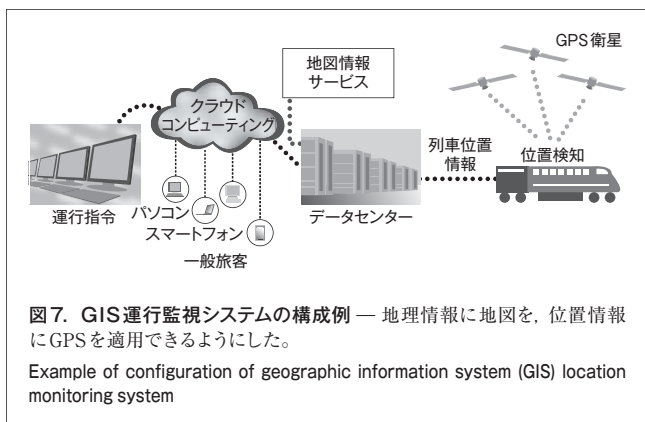
は短いところで百メートル程度、長いところでは数キロに及ぶこともあり、各列車に対する精度の高い位置情報を得ることが困難であった。より細かく位置情報を取得するには地上設備を充実させれば可能であるが、敷設する際の投資が大きく実現が難しい。更に、災害などによって線路が分断されるような緊急時には、位置情報が取得できないこともありうる。

今回、軌道回路など沿線設備の敷設に比べ、汎用的で導入の容易な運行監視の実現を目指し、路線図に代わる地理情報には地図を、地上設備に代わる位置情報にはGPS（全地球測位システム）などを適用できるようにした。GPSによる位置情報を前提としたシステム構成例を図7に示す。

4.2.1 2次元運行監視サービス Google Maps™上に、レイヤ重ね合わせ技術を適用し、このシステム独自のオブジェクトを用いた運行状況を描画する（図8）。実際の列車長で軌道の曲線に沿って表示される列車オブジェクトと列車の運行情報を表示するオブジェクトを地図上に表示する。

また、踏切などに設置された監視カメラや気象情報（雨量、風速、河川水位など）から得た情報を表示することも可能にした。

4.2.2 3次元運行監視サービス Google Earth™^(注2)を利用することで、運行状況の3次元重ね合わせ表示を実現している（図9）。Google Earth™上で列車を3次元モデリン



グし、トラッキング情報に合わせて表示する。

4.2.3 実績ダイヤの表示機能 通常、実績ダイヤの情報は他システムが保持していることが多く、輸送計画システムにフィードバックするにはシステム間のインタフェースを構築する必要がある。このシステムには、追跡した結果を実績としてデータベースに保存する機能があるため、実績ダイヤを基本ダイヤ画面上にそのまま呼び出して表示し、検証することが可能である。

5 あとがき

輸送計画作成システムの位置づけは既に確立されたものであるが、データ体系と操作性を見直し、更に普遍的な地理情報を採用した監視システムを包含してWeb上に実装したことで、より汎用性の高いシステムにできた。

今後の展望として、実際に鉄道事業者へ導入して、実運用に沿った機能的要件や種々の要望に応じていくことで、より充実したソリューションを提供する基盤を確立していく。更に、省エネを考慮した運転曲線の作成から省エネダイヤへの展開など、エネルギーに関する視点での機能拡張を図っていく。



鈴木 辰徳 SUZUKI Tatsunori

社会インフラシステム社 鉄道・自動車システム事業部 交通システム推進部。鉄道の輸送計画作成システムの開発に従事。Railway & Automotive Systems Div.



久保 英樹 KUBO Hideki

東芝ソリューション(株) 製造・産業・社会インフラソリューション事業部 交通ソリューション部主幹。鉄道情報システムのソフトウェア設計に従事。技術士(情報工学部門)。Toshiba Solutions Corp.