

# 安全・安定輸送の向上を目指す車両情報管理装置 TiOS7

TiOS7 Train Information Operating System to Support Safe and Stable Transportation

安本 高典

中島 正貴

■ YASUMOTO Takanori

■ NAKAJIMA Masayoshi

東京地下鉄(株)では、保全作業を行う検車区業務の支援や車両指令と検車区との情報共有を促進する情報システムを導入しているが老朽化しており、2008年の副都心線開業を契機にこのシステムを更新することとなった。

東芝は、従来の情報共有機能に加え、車両の状態把握機能を組み合わせた車両情報管理装置 TiOS7 (Train Information Operating System 2007) を東京地下鉄(株)と共同で開発し、納入した。情報系と監視系のシステムを統合することにより、安全・安定輸送のより向上したシステムを構築できた。

The information system of Tokyo Metro Co., Ltd. has been introduced not only to support inspection work in train depots, but also for the sharing of information between a command center and train depots. To meet the requirements for the opening of the Fukutoshin Line in 2008, it was necessary to update this aging system.

Toshiba and Tokyo Metro Co., Ltd. have newly developed TiOS7 (train information operating system 2007), which combines the functions of both information sharing and real-time observation of train running conditions to support safe and stable transportation.

## 1 まえがき

東京地下鉄(株)は、1996年に、各所に点在していた指令所を統合して総合指令所を開設した。その際、車両の配車業務や故障復旧支援などを行う組織として“車両指令”を新たに設置し、保全作業を行う検車区業務の支援や、車両指令と検車区との情報共有を促進する、情報システムを導入した。

以後、車両指令員及び各路線の検車区員がこのシステムを日常業務の支援に活用してきたが老朽化し、2008年の副都心線開業を契機に更新することとなった。

東芝は、従来の情報共有機能に加え、車両の状態把握機

能を備えた車両情報管理装置 TiOS7を東京地下鉄(株)と共同で開発し、納入した。ここでは、このシステムの概要と特長について述べる。

## 2 TiOS7開発の背景

東京地下鉄(株)の2009年4月現在の営業路線と距離を表1に、路線図を図1に示す。総路線距離は195.1 km、駅数は179駅、車両数は2,665両、輸送人員は2008年度には1日平均636万人で、ほかの鉄道会社の路線と複雑に交差して

表1. 東京地下鉄(株)の営業路線と距離

Outline of Tokyo Metro lines

路線名	区 間	営業距離 (km)
銀座線	浅草～渋谷	14.3
丸ノ内線	池袋～荻窪	24.2
	中野坂上～方南町	3.2
日比谷線	北千住～中目黒	20.3
東西線	中野～西船橋	30.8
千代田線	綾瀬～代々木上原	21.9
	綾瀬～北綾瀬	2.1
有楽町線	和光市～新木場	28.3
半蔵門線	渋谷～押上	16.8
南北線	目黒～赤羽岩淵	21.3
副都心線*	小竹向原～渋谷	11.9

\*副都心線の運行区間は、和光市～渋谷間の20.2 km (和光市～小竹向原間8.3 kmは有楽町線の線路を使用)



図1. 東京地下鉄(株)の路線図 — 東京地下鉄(株)とほかの鉄道会社の路線が複雑に交差している。

Route map of Tokyo Metro

いる。近年、異なる鉄道会社間での相互直通運転が増加しており、利用客の利便性が大きく向上している。しかし、ダイヤ乱れが一度発生すると影響範囲も大きく、その結果、正常な運行を維持することがますます困難になってきている。

このため、安全・安定輸送の更なる向上を目指し、従来の情報共有機能に加え、車両の状態把握機能を組み合わせた、情報系と監視系を統合した新しいシステムの必要性が高まっていた。

### 3 主な保全業務の概要と問題点

ここでは、検車区で日常行われている代表的な保全業務とその問題点について述べる。

- (1) 検査・清掃計画 鉄道事業法は、車両に対する検査項目や周期など定期メンテナンスの要件を義務付けている。また、検車区構内（以下、車両基地と呼ぶ）では、日常的に清掃を実施して車両を清潔に保つ。(2)と併せてこうした検査・清掃の計画を立てる。
- (2) 車両運用計画 列車ダイヤに従って使用する車両を過不足なく割り当てる計画である。ラッシュの時間帯には保有車両のほぼ全数が営業線を走行するため、事前に綿密な計画を立て、月運用表と呼ばれる計画書を作る。通常、(1)と併せて翌月分の計画を立てる。具体的には、検査や清掃などの各種保全業務の予定を満たしつつ、その条件の下で運行割当てを行う作業となる。制約条件を守りながらほとんど全数の編成を割り当てるため、頻繁に作業工程をさかのぼって、検査日を再設定したり作業員を確保するなどの調整が必要となる。これらの総合的な前提条件を判断しながら手作業で行うため、熟練者でも10日間程度を必要とする作業であった。
- (3) 入換計画 車両基地は、構内の線路（番線）の配線形状が複雑で、かつ面積が広い。このような車両基地の中で、限られた空き番線を用いながら必要な番線に車両を移動させるといった複数車両の入換進路と時間を日々計画する。
- (4) 出入庫計画 車両基地と営業線を出入りする車両の順序や時間を日々計画する。
- (5) 在線監視 ダイヤ乱れが発生した場合など、めまぐるしく状況が変わるなかでの走行車両をリアルタイムで追跡監視する。また、数時間後の走行経路を予測する。
- (6) 車両運用計画変更 ダイヤが乱れたときにだけ必要な業務である。(5)によって走行車両の位置を把握したうえで、翌朝の出庫を確実にこなせるよう、(1)を順守しつつ計画を変更する。車両のスケジュール修正のために膨大な作業が発生するうえに、終車後の2～3時間で翌日以降の当初計画を変更しなければならない場合もあり、経験を要する極めて負担のかかる業務である。

従来これらの多くは手作業で行われ、システムによる支援が必要であった。

## 4 TiOS7の概要と機能

3章で述べた保全業務を支援し、安全・安定輸送の更なる向上を図るため、新しい車両情報管理装置 TiOS7を開発した。

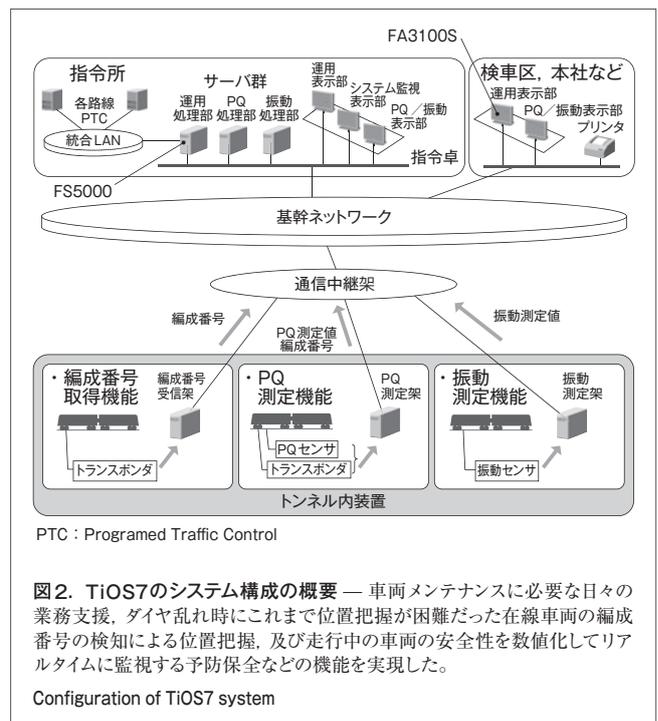
### 4.1 システムの概要

システムのサーバには実装密度を向上させるため当社の省スペースモデルFS5000を18台、クライアントには当社の産業用コンピュータFA3100Sを76台使用した。それらを冗長化したサブネットワーク群に配置し、これを路線ごとの基幹ネットワークへ接続してシステムを構成した。

システムは、鉄道事業者の業務支援を目的とした“運用系システム”及び、走行時の安全性を補完する“PQ（P：輪重、Q：横圧）系システム”、安全性と乗りごこち改善のための“振動系システム”、各サブシステムの稼働状況を統合管理する“監視系システム”の4系統のサブシステムから構成される。

これら各サブシステムの融合により、車両メンテナンスに必要な日々の業務支援、これまで困難であったダイヤ乱れ時における編成番号（車体の固体識別番号）単位の在線検知による位置把握、及び走行中の車両の安全性を数値化してリアルタイムに監視する予防保全などの機能を実現した。更に、運用系システムでは、車両運用計画を自動化して提案する自動提案機能も開発して搭載した（4.3.1項参照）。

またトンネル内には、走行時の編成番号を読み取る装置を



全路線で合計57架設置した。それぞれの装置は編成番号受信架17台とPQ測定架40台から成る。PQ測定架は脱線係数を監視することを目的とした測定機能を持っている。更に、車輪踏面の摩耗を検出するための振動測定架も9台設置した。これらの測定架は、前述のPQ系システム及び振動系システムと組み合わされて走行中の車両状態の監視に用いられる(4.3.2項参照)。

システム構成の概要を図2に示す。

## 4.2 保全業務支援機能

前述した保全業務を支援するため、TiOS7には、以下に述べる各種の機能を搭載した。

- (1) 検査・清掃計画 該当する編成に対し、時間、場所(検車区)、検査や清掃の内容をクライアント画面上で割り当てながら計画することで、1日の作業スケジュールを編成ごとにデータベースに登録できるようにした。これらの計画を、あたかもスケジュール帳のように画面に表示し、ミスなどを視覚的に確認できるように見やすさにも配慮した。
- (2) 車両運用計画 車両の運用計画をシステムに入力すると、車両基地で実施する検査や清掃の計画に支障がないか、当夜の入庫と翌朝の出庫の場所が異なっていないかなど、その計画に不整合が生じていないかをチェックする機能を備えている。入力画面の一例を図3に示す。
- (3) 入換計画及び出入庫計画 入換計画では、複雑で組合せが膨大な数に及ぶ入換ルートを発着点の入力だけで候補表示を行うほか、出入庫計画でも同様に選択式などの操作により作業者の負担を軽減した。
- (4) 在線表示 全路線を対象に、路線単位的全車両の走行位置をクライアントの画面上に表示する機能である。ダイヤを基とする“運行番号”と車両固体識別のための“編成番号”を併せて表示する。運行番号は該当する車両の行き先や到着又は出発の時間を定め、その後の列車

の動きを予測できる。一方、編成番号は該当する車両の特定のために必要な情報である。当日や翌日の法定検査を漏れなく実施するため、車両の固体識別は極めて重要な情報である。

- (5) 車両運用計画変更 電話やファクシミリによって複雑な確認や調整を行っていた作業を、このシステムのデータベースで一元管理することで、各所に分散する関連部門との円滑な情報の共有を可能にした。

## 4.3 TiOS7の新機能

### 4.3.1 コンピュータによる提案支援

4.1節で述べたとおり、作業者の労務時間と精神的な負担を軽減するために、このシステムでは、コンピュータによって車両運用計画を提案する機能の開発を試みた。

これは、3章の(2)で述べたように、従来は熟練者でも10日間程度必要だった月運用表の作成をコンピュータで自動的に提案し、作成業務を支援する機能である。路線ごとかつ検車区ごとに異なる事情に対し、固有の条件をシステムに初期設定できるようにして、多種多様なニーズに柔軟に対応できる。また、当社で開発した検査、清掃、及び運行充当の各エンジンを活用して、検査だけの計画を立てることや、既に予定されている検査や清掃の計画を守りつつ運行を充当することも可能にした。その組合せのパターン数は膨大になるため、人間系で解を求める時間とは比較にならないほどの効率化を可能にした。更に、月運用表のよしあし、つまり運用のしやすさは人が判断するものであることから、作業者の満足度向上のために異なるパターンの提案を行うこともできる。

### 4.3.2 走行中の車両状態の監視

安全・安定輸送の更なる向上のために、走行中の車両の状態を監視するなどして、予防保全も重視した開発を行った。この技術の確立によって、保全業務の予測や危険度合いの事前把握を可能にした。4.1章で述べたPQ系システムと振動系システムがこれに相当する。

PQ系システムの主な機能は脱線係数の監視である。トンネル内に設置したPQ測定架の近傍のレール面にセンサをはり付け、走行中の列車のP値とQ値の測定を可能にした。更に、測定された実測値に対し、現場環境に合わせた種々の補正演算を行う。これで、異なる環境下でも論理上、定量的に脱線係数を判定できる。これら一連の処理に加え、走行中のすべての車両を対象に、ほぼリアルタイムの逐次演算を実現した。これは、従来の測定概念にはなかった画期的な監視システムである。また、演算結果をクライアント画面に数値化して表示し、安全の度合いをグラフ上のプロットなどにより視覚的に表示して作業員へ通知することも可能にした。

また、振動系システムでは、レール振動の測定で車輪踏面の損傷を検出し、乗りごこちや設備負担に影響を及ぼす要因の早期発見を可能にした。

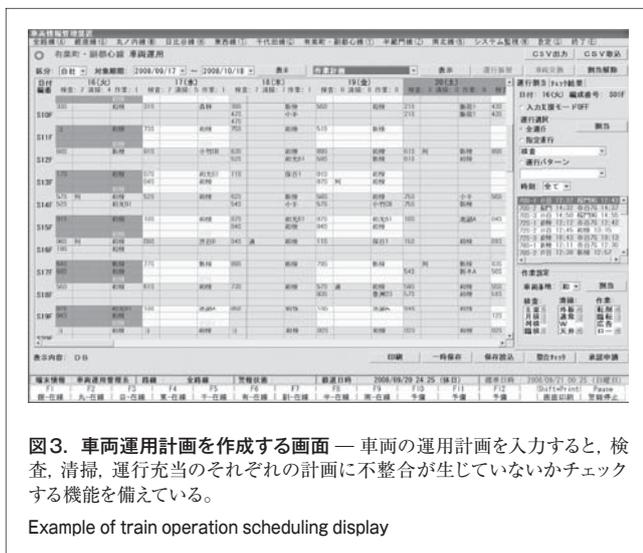


図3. 車両運用計画を作成する画面 — 車両の運用計画を入力すると、検査、清掃、運行充当のそれぞれの計画に不整合が生じていないかチェックする機能を備えている。

Example of train operation scheduling display

これら車両状態の監視系システムの代表的な画面を以下に示す。

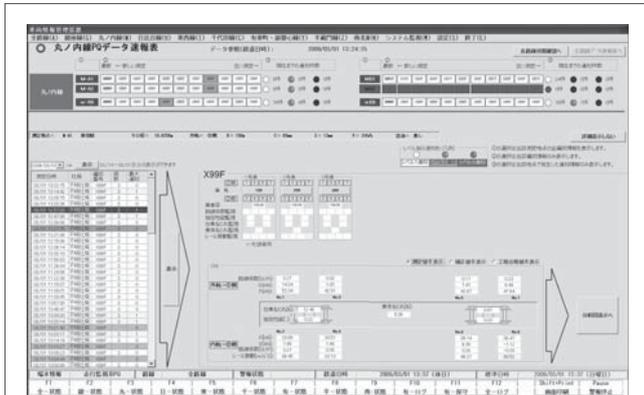


図4. PQデータ速報表の画面例 — 測定地点から得られたPQデータを、検車区員にわかりやすいように可視化している。  
Example of quick report display of wheel-rail contact forces (PQ) data

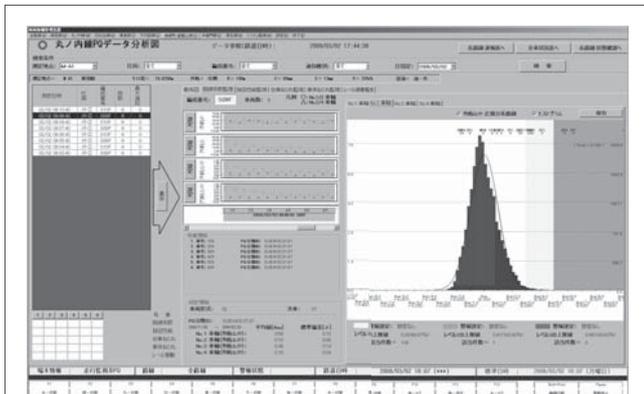


図5. PQデータ分析図の画面例 — 過去のデータの統計結果を基に、その正規分布と測定地点から得られたデータを比較して、リアルタイムでアラーム通知を行う。  
Example of PQ data analysis display

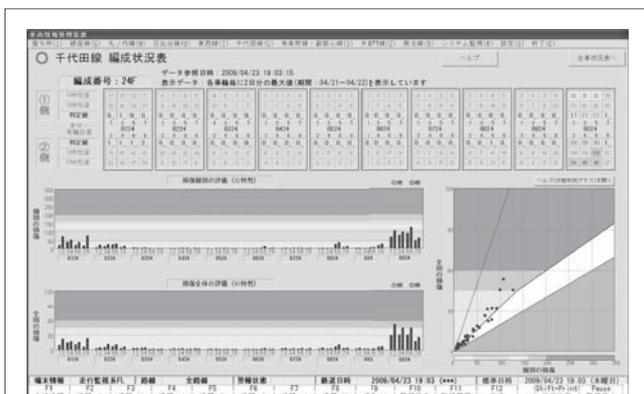


図6. 振動系システムの監視画面例 — 振動測定地点から得られたデータをクライアント画面上に表示している。  
Example of vibration monitoring system display

図4は丸ノ内線におけるPQデータ速報表の画面例である。測定地点から得られたPQデータを、検車区員にわかりやすいように画面上に可視化している。

図5は丸ノ内線におけるPQデータ分析図の画面例である。過去のデータを統計的に分析して得られる正規分布曲線と測定地点から得られたデータの分布を比較して、リアルタイムでアラーム通知を行う。

図6は千代田線における振動系システムの監視画面例である。振動測定地点から得られたデータをクライアント画面上に表示している。

## 5 あとがき

当社は東京地下鉄(株)と共同で、従来の情報共有機能に加え、車両の状態把握機能を組み合わせた車両情報管理装置TiOS7を開発した。

情報系と監視系のシステムを統合し、また、列車の走行状態をリアルタイムで監視するサブシステムを導入し、従来と比較して更に安全・安定輸送を向上させた。

今回、TiOS7を新規構築するにあたり、多方面の技術分野のエキスパートを集結し、サーバの信頼性向上を目的とした独自のプラットフォーム開発、高信頼性にこだわったネットワーク設計、線路近傍のトンネル内に設置する半屋外仕様の各種測定架の設計など、このシステムを構築するのに必要な幅広い総合的な技術力を注ぎ込んだ。

今後も、地下鉄での安全・安定輸送を更に向上させるために、技術開発を進めていく。

## 謝辞

このシステム開発を進めるにあたりご協力いただいた、住友金属テクノロジー(株)の関係各位に深く感謝の意を表します。



安本 高典 YASUMOTO Takanori

電力流通・産業システム社 交通システム事業部 交通制御システム技術部主務。鉄道車両の制御系システムのエンジニアリング業務に従事。  
Transportation Systems Div.



中島 正貴 NAKAJIMA Masayoshi

東京地下鉄(株) 鉄道本部 車両部設計課副主任。鉄道車両に関する研究・開発に従事。  
Tokyo Metro Co., Ltd.