

山陽・九州新幹線の相互直通運転を実現する 新幹線運行管理システム

Shinkansen Traffic Management System to Achieve Mutual Direct Operation of Sanyo Shinkansen and Kyushu Shinkansen

原田 宗幸 Harada Muneyuki
森 英明 Mori Hideaki
遅野井 英樹 Osonoi Hideki
大平 崇博 Ohira Takahiro
小池 孝則 Koike Takanori
岩間 直彦 Iwama Naohiko

九州新幹線指令システム「シリウス（SIRIUS）」は、九州新幹線の運行管理・車両管理などを行うシステムである。このシステムは2004年3月の九州新幹線鹿児島ルートの部分開業（新八代駅―鹿児島中央駅間）に合わせて導入され、2011年3月の同ルートの全線開業（博多駅―鹿児島中央駅間）に伴い、2010年11月にシステムを更新した。

このシステムでは、山陽・九州新幹線の相互直通運転に対応し、東海道・山陽新幹線運行管理システム「コムトラック（COMTRAC）」とのシステム間接続を実現した。また、システムの中核となる自動進路制御装置には、OSレベルで四重系CPUの同期制御を行う新型フォールトトレラントモデル「CF-1000/FT」を導入し、新幹線システムに求められる高信頼性を確保している。

1. はじめに

九州新幹線鹿児島ルートは、2011年3月の全線開業により、博多駅―鹿児島中央駅間での運行を開始し、山陽新幹線と博多駅で接続された。一部列車は山陽・九州新幹線として相互直通運転を実施し、博多駅での乗り換えを省くなど、顧客サービスの向上を図っている。

相互直通運転を円滑に運用するためには、各列車の運行状況を山陽新幹線および九州新幹線の両指令所で同時に把握し、体系的な管理を行うことが求められる（図1参照）。そこで、東海道・山陽新幹線の運行管理システムである「コムトラック（COMTRAC：Computer Aided Traffic Control System）」と、九州新幹線の運行管理システムである「シリウス（SIRIUS：Super Intelligent Resource and Innovated Utility for Shinkansen Management）」をシステム間接続し、必要な情報をリアルタイムに共有することで、指令所間での一体的な運用を可能とした。具体的には、列車のダイヤ情報、運行状況や運転予測の情報、列車の走行実績などを共有することとした。

また、九州新幹線は、九州地方における鉄道の動脈として重要度の高い路線であり、システムの信頼性・可用性も高い水準が要求される。システムを構成する各装置には、信頼性の高いサーバおよびクライアントを導入しており、特に運行管理システムにおいては、進路制御を行うPRC（Programmed Route Control：自動進路制御装置）に新型フォールトトレラントモデル「CF-1000/FT」を導入した。

新型モデル「CF-1000/FT」は4台のブレードサーバで構成される四重化CPU（Central Processing Unit）と、多数決論理を行うVoter（多数決処理）部から構成される。またOS（Operating System）レベルでの同期制御を特徴とし、ハードウェアに依存しないフォールトトレラントモデルを実現した。

ここでは、新幹線運行管理システムのシステム間接続による相互直通運転への対応と、高信頼性を確保するフォールトトレラントモデルの導入について述べる。



図1 九州新幹線の指令室

列車運行を管理する指令室では、指令卓上に手動制御や運転整理の操作を行う各種ユーザーインタフェースを配置している。また、全列車の在線位置や設備状態が一目で分かるように、大型表示盤を設置することで視認性の向上を図っている。

2. システム概要

九州新幹線指令システム「シリウス」は、2004年の九州新幹線鹿児島ルートの部分開業時に導入された。システムは以下の四つの系統から構成され、この考え方は今回更新した全線開業システムにも踏襲されている。

(1) 計画系

列車運用、車両運用、乗務員運用といった新幹線を運用するための基本ダイヤ、臨時列車などの変更ダイヤを作成する。

(2) 実施系

計画系で作成した基本ダイヤ、変更ダイヤに、編成の割り当て計画を加えた実施ダイヤを作成するとともに、日々の列車走行実績、車両運用実績を管理する。また、運転状況に合わせて変更されたダイヤを関係箇所へ伝達し、ダイヤに基づいた列車の自動制御を行う（図2参照）。

(3) 作業系

新幹線の走行や沿線設備で使用する電力を制御する。また、日々の保守作業や車両検査の実施計画を作成し管理する。

(4) 監視系

雨量、風速、地震、レール温度といった沿線の防災情報を関係箇所へ提供する。また、走行中車両の位置情報・状

態情報を監視する。

今回実現したシステム間の相互接続は、主に実施系におけるものである。実施系は情報管理システム、運行管理システム、列車無線システムから構成され、コムトラックとの各種情報のデータ送受信は、情報管理システムと運行管理システムが行う。

また、コムトラックとの情報送受信は、コムトラック情報通信サーバを介して行う。コムトラック情報通信サーバは、運転系・待機系から成る二重化構成であり、送受信機能の信頼性を確保している。

3. システム間接続によるデータの連携

実施系においてシリウスとコムトラック間で連携する情報は、情報管理システムが管理する実施ダイヤや実績ダイヤなどの暦日単位の情報と、運行管理システムが管理する運転状況・運転予測などのリアルタイムに変化する情報に大別される。

各システムでコムトラックと連携する情報の概要について、以下に述べる。

3.1 情報管理システムが管理する情報

九州新幹線区間を走行する列車は、自社の車両だけでは

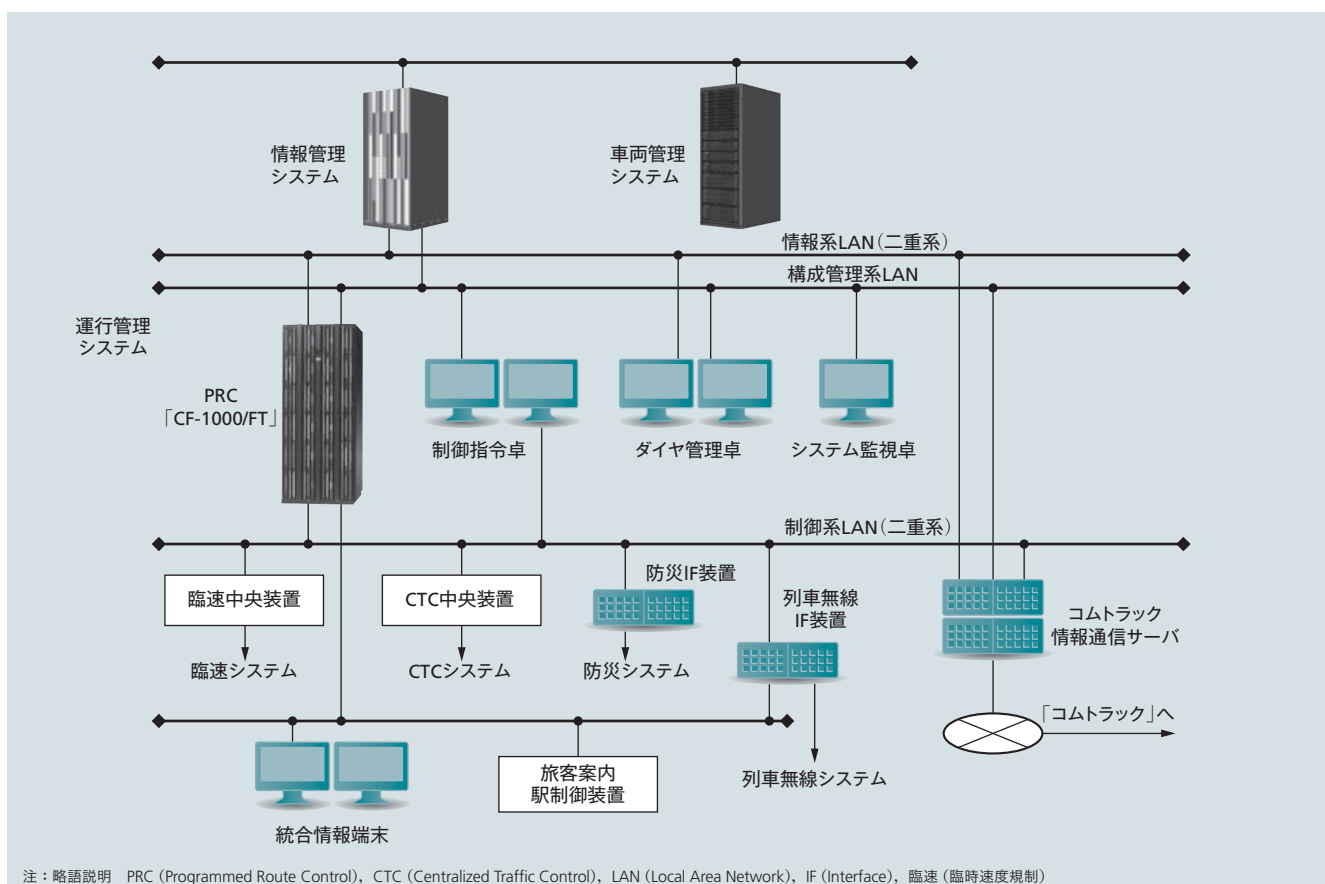


図2 九州新幹線指令システム「シリウス」のシステム構成（実施系）

情報管理システム、運行管理システムを中心としたシステム構成を示す。

なく、他社の車両も含まれる。そのため、情報管理システムでは相互直通運転によって九州新幹線を走行することが可能である車両すべてを対象に、車両運用情報を保有する。シリウスでは、九州新幹線が走行する博多駅―鹿児島中央駅間に加え、大阪第一車両所―博多駅間の列車ダイヤおよび車両運用ダイヤを保有する。

両システムのデータを一致させ、データの信頼性を確保するため、コムトラックで保有する九州新幹線の列車ダイヤ情報、車両運用情報をコムトラックから受信し、シリウスで保有する列車ダイヤ情報、車両運用情報と照合する。

また、日々の車両運用実績について、シリウスで保有する実績情報と、コムトラックで保有する実績情報を互いに送受信し、両システムで同じ実績データを保有する。

3.2 運行管理システムが管理する情報

運行管理システムにおいても、大阪第一車両所―鹿児島中央駅までのダイヤを保有するが、列車の制御対象範囲は新鳥栖駅―鹿児島中央駅間に限られる。運行管理システムでは制御対象範囲外の区間を含めて、相互直通列車の運行状況と運転予測の把握を行うため、以下の四つの情報をシステム相互間でリアルタイムに送受信する。

- (1) 列車の出発／到着実績の情報
- (2) 列車の出発順序の情報
- (3) 列車の在線状況／遅延状況の情報
- (4) 当日の運転予測の情報

列車の出発／到着実績の情報については、コムトラックから受信したデータを、シリウスのダイヤ情報に格納し、指令室に設置されたダイヤ管理卓に表示する。

列車の出発順序の情報については、コムトラックから受信した博多駅および博多総合車両所の出発順序を、シリウスのダイヤ上の出発順序と合わせて、指令室の制御指令卓に表示する。また、自動進路制御の際に双方の出発順序を照合する。

列車の在線状況／遅延状況の情報については、大阪第一

車両所―博多総合車両所間をコムトラックから受信する。

最後に、当日の運転予測の情報については、山陽新幹線区間の運転状況を考慮した運転予測を行う必要があることから、コムトラックから予測ダイヤ情報を受信し、その情報に基づいて九州新幹線区間の予測を実施する。また、シリウスで予測した結果をコムトラックに送信することで、システム間での予測情報の連携を可能とした(図3参照)。

4. 情報制御プラットフォーム フォールトトレラントモデル「CF-1000/FT」

日立グループの制御システム向けリアルタイムサーバは、30年以上にわたり、高信頼かつリアルタイム制御が要求されるシステムにおいて数多くの採用実績がある。中でも、より高いデータ信頼性や連続性が要求されるシステムには、データの整合性およびシステムの可用性を重視したフォールトトレラントモデルの製品をリリースしている。

「CF-1000/FT」では、これまで培ってきた技術によって新開発した疎結合四重化方式のアーキテクチャを採用し、高可用性や高いデータの信頼性を実現している。このアーキテクチャは、4台のブレードサーバで構成される四重化したCPU部と多数決処理を行う四重化したVoter部から成り、これらをネットワークで接続する構成となっている(図4参照)。

アプリケーションプログラムは、四重化したCPU部で並列処理され、おのこの処理結果はVoter部へ送信される。Voter部ではその受信データを多数決処理し、外部ネットワークへ出力することにより、高信頼なデータ処理を実現している。

並列処理を行うCPU部は、四重化構成とすることで、仮に一つのCPUで障害が発生しても多数決処理が可能であり、データの信頼性を確保したまま、並列処理動作を継続し高可用性を実現している。また、アプリケーションプログラムを並列的に同期して処理させる方式は、OSレベルでの同期制御方式とすることで、同期処理におけるハードウェア依存をなくし、プロセッサ更新によって継続的な性能向上を可能とした。また、この同期制御方式は、OSレベルでプロセスの実行順序や入力を一致化させ、CPU間の処理のばらつきを吸収する方式であり、アプリケーション内で明示的な同期をとることなく、並列処理を実現している。

並列処理後のデータを多数決処理するVoter部は、日立独自の高信頼リアルタイムOSを搭載し、ハードウェアとしては、メモリおよび内部バスのECC(Error Checking and Correction)チェックなど豊富な障害検出機能を搭載し、高い信頼性を実現している。Voterは2台を1セットとした構成とし、多数決処理結果をセット内で相互チェック

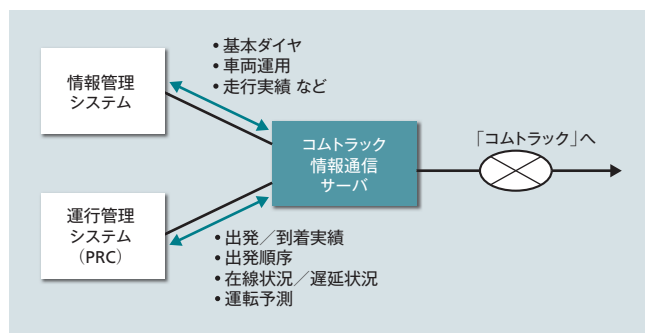
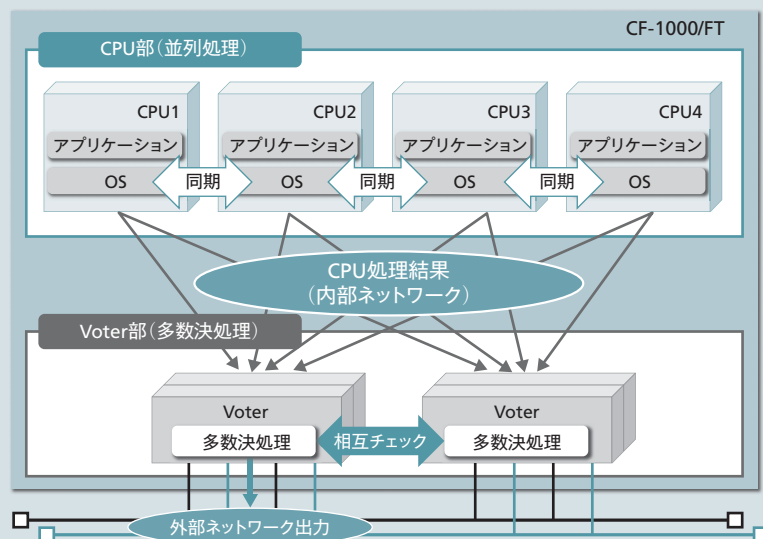
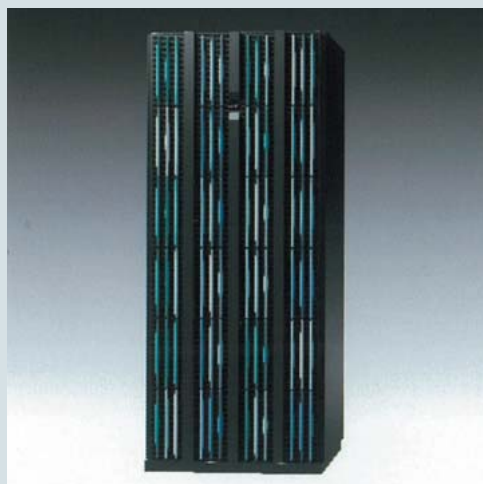


図3 | コムトラック情報通信サーバによる情報送受信の概要

コムトラック情報通信サーバは情報管理システム、運行管理システムとネットワークを介して接続し、コムトラックと情報送受信の中継を行う。



注：略語説明 CPU (Central Processing Unit), OS (Operating System)

図4 | フォールトトレラントモデル「CF-1000/FT」のアーキテクチャ

「CF-1000/FT」製品外観を左に、並列処理および多数決処理の動作方式を右に示す。

することでデータの信頼性をより確かなものとしている。さらに、Voterセットを冗長構成とし、障害発生時にも瞬時に切り替えを実施することで、データの連続性を確保したまま動作継続を可能としている。

このように、「CF-1000/FT」は、疎結合四重化方式およびOSレベルでの同期制御方式を採用したアーキテクチャにより、高い耐故障性と進展著しいハードウェアに柔軟に追従する拡張性を実現し、情報制御システムのニーズであるデータ信頼性や連続性に対応している。

5. おわりに

ここでは、新幹線運行管理システムのシステム間接続による相互直通運転への対応と、高信頼性を確保するフォールトトレラントモデルの導入について述べた。

九州新幹線鹿児島ルート の全線開業から1年が経過し、シリウスは現在も順調に稼働中である。今回開発したシステム間接続による相互連携機能や、フォールトトレラントモデルの技術を生かしたシステム開発を、今後も続けていく所存である。

参考文献

- 1) 原田，外：九州新幹線全線開業に向けた九州新幹線指令システム（シリウス）の改修，鉄道と電気技術，Vol.22，No.8，28～32，社団法人日本鉄道電気技術協会（2011.8）
- 2) 山崎，外：高信頼技術の確立と在来線との連携を図った新幹線輸送管理システム —九州新幹線指令システム“SIRIUS”の事例—，日立評論，87，9，723～726（2005.9）

執筆者紹介



原田 宗幸

2004年九州旅客鉄道株式会社入社，鉄道事業本部 企画部 所属
鉄道事業本部 電気部システム課にてSIRIUSの開発に従事，2012年より現職



森 英明

1981年日立製作所入社，インフラシステム社 情報制御システム事業部 交通システム設計部 所属
現在，鉄道の運行管理システムの開発に従事



遅野井 英樹

1996年日立製作所入社，インフラシステム社 情報制御システム事業部 プラットフォーム開発部 所属
現在，情報制御システムのハードウェア開発に従事



大平 崇博

1998年日立製作所入社，インフラシステム社 情報制御システム事業部 プラットフォーム開発部 所属
現在，情報制御システムのミドルウェア開発に従事



小池 孝則

2000年日立製作所入社，インフラシステム社 情報制御システム事業部 交通システム設計部 所属
現在，鉄道の運行管理システムの開発に従事



岩間 直彦

1989年日立製作所入社，交通システム社 輸送システム本部 関西システム部 所属
現在，鉄道の運行管理システムの開発に従事