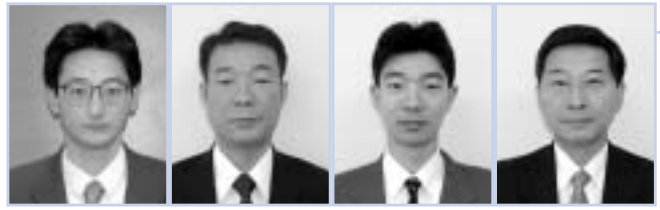


保守係員による 保守用車進路構成 システムの開発



加藤 亘* 佐々木 敦* 川見 豊顕* 田中 豊*

JR東日本では保守作業の安全性向上・手続きの簡素化を目的として、輸送総合システムの列車データとモバイル端末等のITを活用して線路閉鎖工事等の計画から実施までの手続きをシステム化した「線路閉鎖手続き支援システム」を1999年に開発し、現在、長野支社管内の中央東線及び篠ノ井線で使用している。

今回、このシステムに付加する形で保守係員自らが保守用車の進路構成を行なうことができる「保守係員による保守用車進路構成システム」を開発し、篠ノ井線にて現地検証試験を行ない、実用上問題のないことを確認した。また、本システムの信頼性向上方策についても検討し、FTサーバを活用した方策について検証試験を行ない、その有効性を確認した。

なお、このシステムは、今後、篠ノ井線において試使用を行なう予定である。

●キーワード：線路閉鎖作業 保守用車 進路構成 モバイルコンピューティング 信頼性向上

1 はじめに

JR東日本では、1999年に輸送総合システムや運行状況表示装置(TID)等の既存のシステムとモバイル端末、無線パケット通信等のITを組み合わせた「線路閉鎖手続き支援システム」を開発し、線路閉鎖工事等に伴う手続きの煩雑さの解消と安全性の向上を図った。

しかしながら「保守用車の進路構成」に関しては、保守用車進路計画の作成や進路構成時の取扱い等、依然として煩雑な作業が残っており、それに起因するヒューマンエラーによる事故の可能性を完全に払拭するには至っていなかった。

このため、同システムをベースに、「停止信号で防護された一定の区間」(以下「作業時間帯」と呼ぶ)を対象に、保守係員自らがモバイル端末を通じて「保守用車の進路構成」を行なうことができるシステムを開発し、保守用車使用におけるヒューマンエラーの防止・安全性の向上を図った。

着手・終了の承認を行なうとともに、作業計画及びその進捗状況を一目で把握できる「ダイヤ表示装置」、列車運行状況に関するTIDデータ及び線閉作業の着手・終了承認情報を取り扱い、モバイル端末の要求に応じて必要な情報を送信する「TIDサーバ」、現地で保守係員が使用する「モバイル端末」から構成されており、列車ダイヤデータは輸送総合システム、TIDデータはTID装置からそれぞれ取得している。

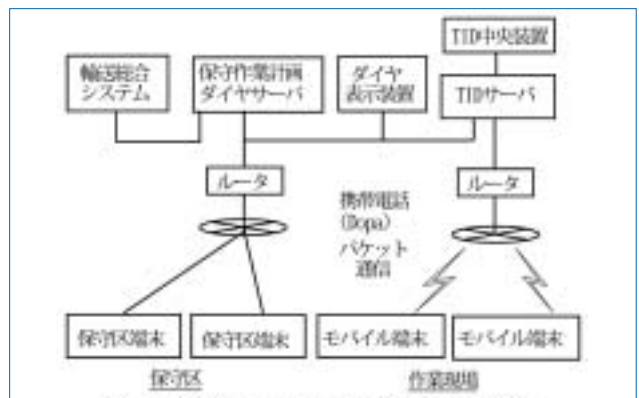


図1：線路閉鎖手続き支援システムの構成

2 線路閉鎖手続き支援システムの概要

最初に、進路構成システムのベースとなる「線路閉鎖手続き支援システム」の概要について述べる。

このシステムは、図1に示すように、作業計画を作成・登録する「保守区端末」、列車ダイヤデータと計画・登録された作業計画を管理する「保守作業計画ダイヤサーバ」、CTC指令員が



図2：線路閉鎖手続き支援システムの流れ

システムによる具体的な手続きの流れは、図2に示すとおりであり、事前に各保守区の端末から作業計画の登録を行ない、作業実施の際には、現地からモバイル端末により列車の運行状況の確認及び線路閉鎖の着手中込・終了報告を行なう。

一方、CTC指令員はダイヤ表示装置で作業の着手・終了承認を行なうとともに、作業の進捗状況を的確に把握することができるものである。

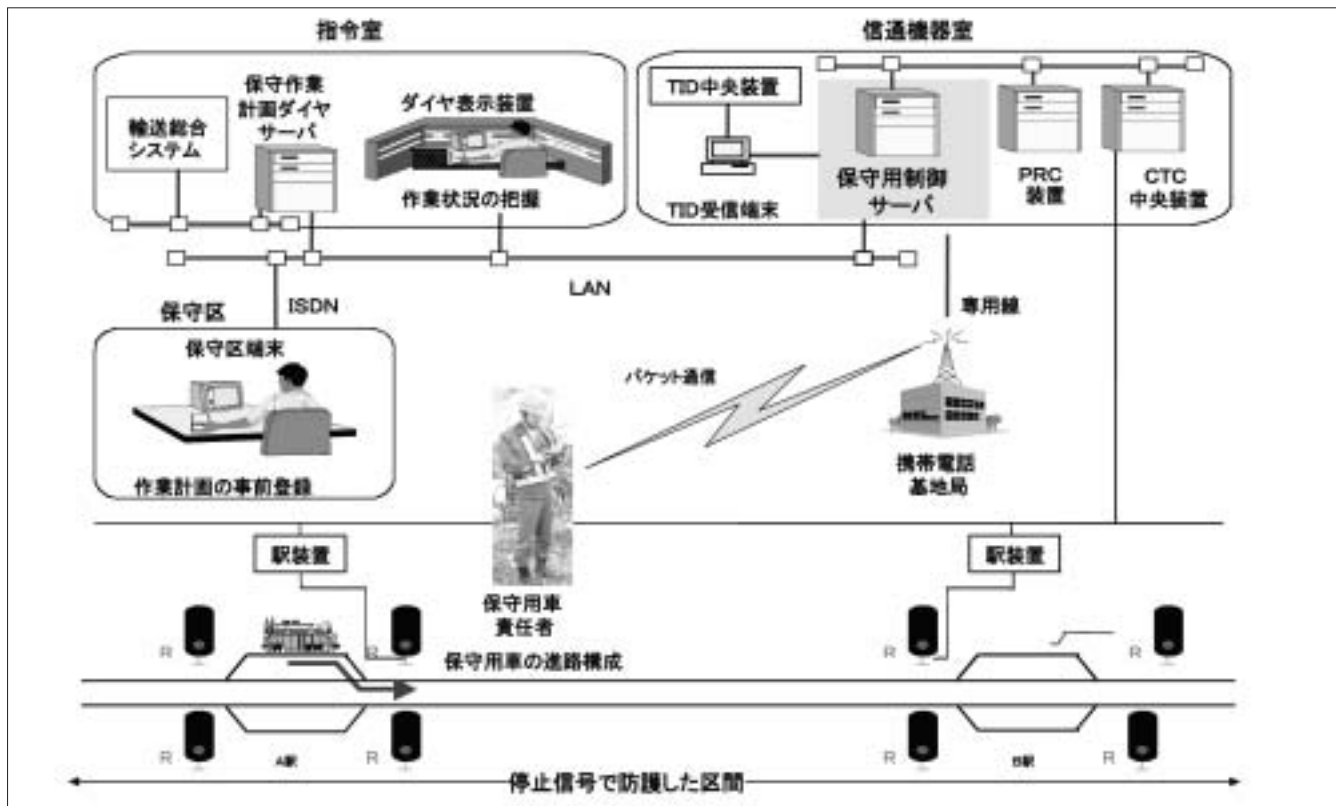


図3：保守係員による保守用車進路構成システムの構成

3 保守係員による保守用車進路構成システム

次に、今回開発した「保守係員による保守用車進路構成システム」の概要について述べる。

このシステムは、保守用車の進路構成における保守係員とCTC指令員との連絡・打ち合わせ時のヒューマンエラーを払拭するため、保守係員がCTC指令員を介することなく進路を構成できるものである。

本システムの構成は、前述の「線路閉鎖手続き支援システム」に、今回新たに開発した「保守用制御サーバ」を付加することにより、既設のCTC中央装置を介して保守用車の進路構成を可能にするものである。

「線路閉鎖手続き支援システム」が文字通り「手続きの支援」を目的としていたのに対し、本システムでは「停止信号で防護された一定の区間」を対象に、CTC装置の機能を活用して保守用車の進路制御を行なうことを目的としている。

このため、次の3つの機能を実現することにより、安全性を確保することとした。

- 進路計画入力時及び進路構成時におけるヒューマンエラー防止機能
- 作業区間への列車の進入防止機能
- 保守係員自らが保守用車の進路を構成する機能

4 安全性を確保する機能

前述した安全性を確保する3つの機能の概要は、次のとおりである。

(1) 進路計画入力時及び進路構成時におけるヒューマンエラー防止機能

保守用車使用時の一番の課題は、進路計画時のミス、作業実施時の進路構成ミス及び進路確認ミス等、進路に関わるヒ

ューマンエラーの防止である。

このため、本システムでは、進路計画入力時の誤入力というヒューマンエラーの防止に対しては、図4に示すように、保守区端末に停車場構内配線図を表示し、画面上でビジュアルに進路計画を入力することができるようにした。

また、進路を発点・着点選択方式で入力できるようにすると共に、システムによる保守用車進路の一筆書きチェックを行なうこととした。

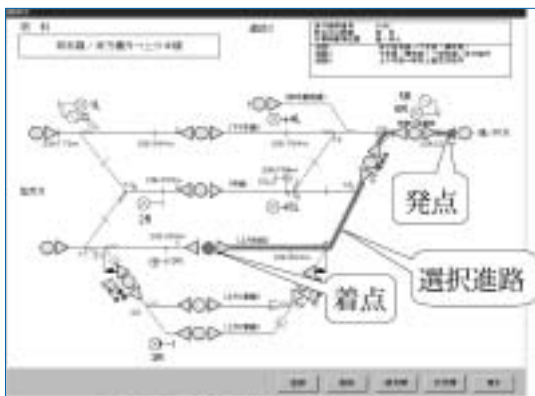


図4：保守区端末の計画入力画面

一方、進路構成時のヒューマンエラーの防止に対しては、図5に示すように、現地で係員が用いるモバイル端末上に停車場構内配線図を表示し、その画面上で進路要求を行なうこととした。

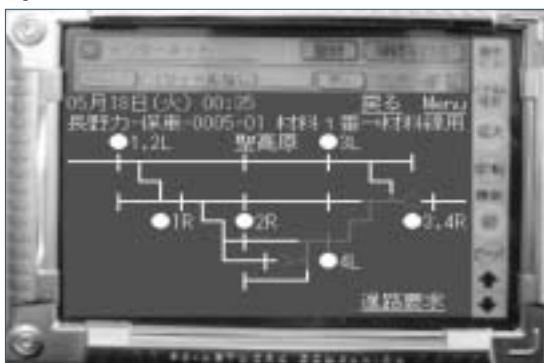


図5：モバイル端末の進路要求画面

更に、計画進路をその順番どおりに構成できるアルゴリズムを組み込むことにより、計画外の進路を要求しようとした場合には、進路要求画面を表示しないようにすることで、進路構成時のヒューマンエラーを確実に防止できるよう配慮した。

(2) 作業区間への列車の進入防止機能

本システムは、現地からの進路要求に対し、保守用制御サーバを介して既設のCTC中央装置から進路構成を行なうものであるが、そのためには「停止信号で防護された区間」をシス

テムからの制御の対象とし、列車の進入を確実に防止することが前提となる。

具体的には、図6に示すように、CTC指令員が「線閉てこ」を扱い、一定区間を停止信号により防護するが、システムで「作業時間帯」に関する「線閉てこ」等の状態(定位・反位等)をチェックし、取扱いミスが発生した場合には指令員に報知することとしている。

また、作業時間帯設定後にCTC指令員が誤って「線閉てこ」の復位扱いを行なっても、それが無効になるように、保守用制御サーバで排他制御を確保することにより、作業区間への列車の進入防止を図っている。



図6：作業区間への列車の進入防止方法

(3) 保守係員自らが保守用車の進路を構成する機能

現行の手続きでは、係員からの電話による進路構成要求に対し、指令員が応答して進路を構成するという仕組みとしているが、この方法では、連絡ミスや進路の取り間違いに気づかずに「構成完了」を通告するという可能性を払拭し切れない。

本システムでは、図7に示すように、保守係員自らが指令員を介することなく、「事前に入力及びチェック済みの進路計画をモバイル端末から実行する」という仕組みとしており、ヒューマンエ

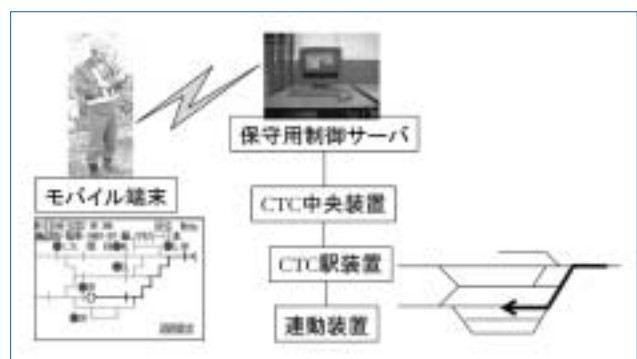


図7：保守係員自らによる保守用車の進路構成機能

ラーの発生を防いでいる。

モバイル端末から進路を要求すると、要求情報が保守用制御サーバ、CTC中央装置、CTC駅装置、連動装置の順に伝送され、進路が構成される仕組みとなっている。

5 各機能の役割

本システムは、図3に示すように、保守作業計画ダイヤサーバ、ダイヤ表示装置、保守区端末、TID受信端末、モバイル端末及び保守用制御サーバから構成され、各装置はLAN及び64k bps ISDN回線によりネットワーク接続されている。

また、保守用制御サーバからモバイル端末への情報伝送にはパケット通信による携帯電話回線を使用し、インターネットで広く用いられているHTMLで作成されたWebページを送信し、モバイル端末のブラウザ機能で表示する方式を採用している。

各装置の主な機能は、次のとおりである。

なお、線路閉鎖手続き支援システムの機能については、参考文献¹⁾で述べているので、本文では主に進路構成システムの機能について述べる。

5.1 保守作業計画ダイヤサーバ

輸送総合システムが持つ列車ダイヤデータを受信し、要求に応じて保守区端末へダイヤデータを供給する。

また、保守区端末で入力された保守作業計画及び作業時間帯計画を一括管理する。

5.2 保守区端末

列車ダイヤデータを保守作業計画ダイヤサーバから受信し、画面にダイヤを表示する。係員はこのダイヤ画面上で作業計画を作成・登録する。

また、保守用車の進路計画は、構内配線図を表示した画面上で作成する。

なお、施設指令の保守区端末では、作業時間帯計画を作成する機能も有している。

また、作業実施の2日前には、輸送総合システムの確定列車ダイヤデータにより、登録された保守作業の実施の是非について最終チェックを行なう。

5.3 ダイヤ表示装置

指令室に設置し、保守作業の実施状態を表示する。

「作業時間帯」適用の際には、CTC指令員はCTC制御卓上で作業時間帯区内の全ての「線閉てこ」を扱い、ダイヤ表示装置で作業時間帯の設定(終了時は解除)を行なう。

5.4 保守用制御サーバ

保守作業計画ダイヤサーバから送られた作業計画データとモバイル端末から送信された各種要求を元に、作業時間帯設定時等の「線閉てこ」等のチェック及びCTC指令員の誤操作防止のための「線閉てこ」ロック制御を行なう。

また、CTC中央装置への保守用車進路の構成要求等を行ない、その承認情報をHTMLファイルの形でモバイル端末に送信する。

5.5 モバイル端末

モバイル端末のブラウザ機能により、現地から運行状況及び作業時間帯の設定状況の確認、保守作業の着手・終了及び保守用車進路構成等の要求情報を保守用制御サーバに送信し、サーバから返信された運行状況、作業時間帯の設定状況、着手・終了承認及び保守用車進路の構成承認等の情報を画面に表示する。

6 各機能の概要

6.1 計画入力のビジュアル化とチェック機能

6.1.1 保守区端末での作業計画入力

作業計画作成時は、図8に示すように、保守区端末画面上に作業予定日の計画ダイヤ及び作業時間帯計画がビジュアル

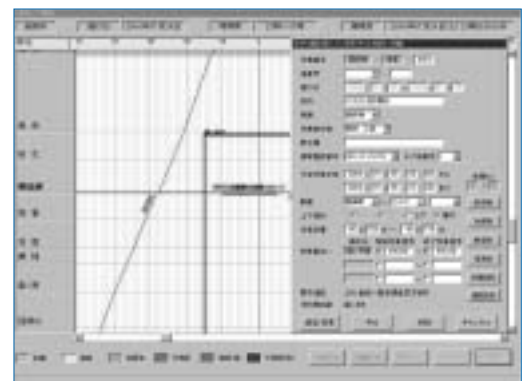


図8：保守区端末

ル表示され、入力者が任意の間合をマウスで選択し作業計画の必要事項を入力すると、作業計画が自動的に作成される。

計画登録の際にシステム上で作業の競合がチェックされ、競合作業がある場合には確認のメッセージが表示される。競合作業の内容は同じ画面上で確認することができ、責任者間で作業内容の調整を行なった上で登録することになる。

また、保守用車の進路計画を入力する場合には、計画進路誤入力等のヒューマンエラーを防止するため、保守区端末画面上に停車場構内配線図(図4)を表示し、その図上で進路の発点・着点を選択することでビジュアルな計画入力を可能としている。

さらに、進路計画を順次入力していく中で、進路の不連続等の誤りを防止するため、システムによる進路の一筆書きチェックを行なう機能を持たせている。

6.1.2 確定ダイヤによる最終チェック・承認

従来、CTC指令員の読合せによっていた列車ダイヤと作業計画及び作業時間帯計画の競合チェックは、施行2日前のダイヤ確定の時点で、輸送総合システムの確定ダイヤと、登録された計画を重ね合せ、システム上でチェックされる。

計画登録以後に、それと競合する臨時列車が設定された場合は、その計画が自動的に抽出され、計画は不承認となる。

6.1.3 作業計画帳票の出力

保守区端末から入力された作業計画や、承認された作業計画等の一覧表の出力を可能とし、現地及び指令が作業計画の把握・管理を容易に行なえるよう配慮した。

6.2 モバイル端末の機能

現地の保守係員は、携帯電話回線を通じて、持参したモバイル端末から、列車運行状況の把握・作業の着手申込・終了報告・保守用車の進路構成をすることができる。

※運行状況把握機能、線路閉鎖手続き支援システムで扱っている、指令扱いによる線路閉鎖・軌道短絡器使用による線路閉鎖の場合の作業着手・終了報告機能の詳細は、参考文献1を参照

6.2.1 作業着手申込・終了報告

保守用車進路構成システムの場合、図9に示すように、CTC指令員は作業時間帯開始列車の通過を確認し、作業時間帯の該当区間内全ての「線閉てこ」を反位に扱い、ダイヤ表示装

置から作業時間帯の開始を設定する。

保守用車の現地係員は、モバイル端末から列車の運行状況と作業時間帯の設定完了を確認し、着手中込と進路要求を行なう。

6.2.2 進路構成機能

実際の進路構成の手順は、図10に示すように、モバイル端末から「進路要求」→「進路構成完了」応答表示→保守用車責任者が開通確認して移動→モバイル端末から「前進路解除要求」、といったように、いわゆる「尺取虫」方式で進み、現行の保守用車使用と同様な流れとなる。

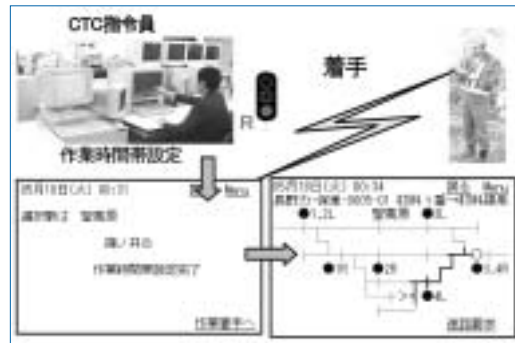


図9：作業区間の防護と着手申込の手順

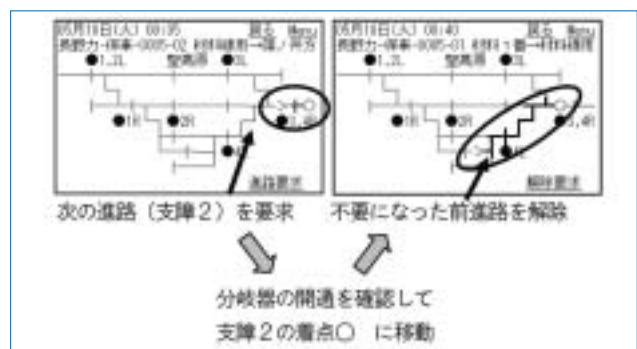


図10：尺取虫方式による保守用車進路構成

一方、モバイル端末から作業着手・終了報告がなされると、ダイヤ表示装置の画面上では図11に示すように、作業の着手前・作業中・終了後といった状態に応じて、当該作業の作業計画シンボルが「黄色」→「赤色」→「緑色」と変化する。

作業時間帯の中の全ての作業が終了すると、その作業時間帯を解除できるようになる。CTC指令員は作業時間帯を解除した後、反位に扱っていた当該区間内全ての「線閉てこ」を定位に戻し、列車運行が可能な状態とする。万が一「線閉てこ」の戻し忘れがあった場合には、システムがチェックし警告を表示する。

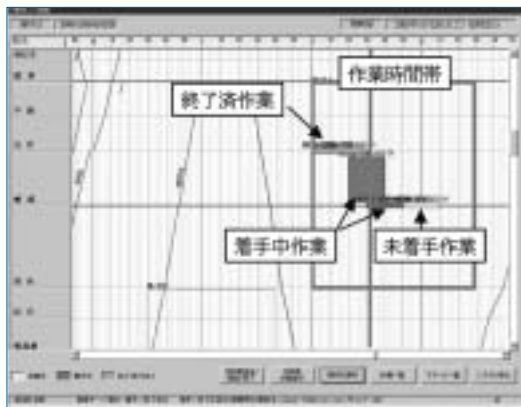


図11：ダイヤ表示装置

7 現地検証試験

7.1 試験の概要

2002年度に実施した工場内試験の結果を踏まえて、2003年秋より長野支社信通機器室に本システムを図12のように仮設の上、現地のCTC装置に接続し、保守用車の進路計画の作成、作業時間帯の設定等の機能確認試験を行なった。

試験項目は、CTC中央装置との通信・制御、モバイル端末からの進路構成機能等、多岐にわたり、システムとして必要な各種機能の確認試験を行なった。

その結果、各機能を充足しているとともに、操作性、安全性の面からも問題のないことが確認できた。



図12：現地検証試験仮設機器

7.2 システムの信頼性向上方策の検討

保守用制御サーバは、線区の保守作業を一手に担うものであり、本システムの信頼性は、保守用制御サーバの信頼性に依存していると言っても過言ではない。

このため、システムの信頼性向上を図り、ダウンタイムの短縮方策についての検討を行ない、2004年4月より、本システムの要

である保守用制御サーバをFTサーバ化^{※1}し、その検証試験を行なった。

FTサーバの内部は、図13に示すように、CPUモジュール1基とPCIモジュール1基で構成される系を2系保有した2重系の処理機構となっている。運転中の系が故障しても、自動的に故障部分を切離し、瞬時に待機中の系に切り替えて運転を継続することができる。

試験では、CTC装置やモバイル端末等との通信・制御といったサーバとしての基本的な機能を確認した後、コネクタやケーブルを取り外すことでモジュール単位に仮設故障を発生させ、系の切替、サーバとしての運転が継続されること等を確認し、FTサーバが本システムの信頼性向上に有効であることを確認した。

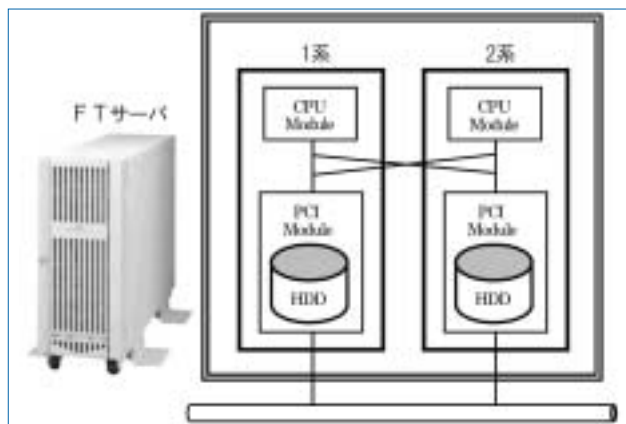


図13：FTサーバとその内部構成

8 おわりに

2002年から2003年の2年間にわたり、保守用車使用に関わるヒューマンエラーの防止を目的として、「保守係員による保守用車進路構成システム」の開発に取り組んできた。

これまでに、工場内試験・現地検証試験を実施し、実用上問題のないことを確認した。今後は、長野支社管内の篠ノ井線において早期に試使用を行ない、実用化することにより、保守作業の安全性向上に貢献したい。

参考文献

- 1) 川見 豊顕, 佐々木 敦, 田中 豊; 線路閉鎖手続き支援システムの開発, Technical Review, No.3, pp.67-72, 2003, Spring
- 2) 川見 豊顕; 保守係員による保守用車進路構成システムの開発, JR EAST R&D REPORT, No.22, pp.5-8, 2003, October

※1 Fault Tolerant サーバ：ハードウェアを多重化し、一部に障害が発生してもその部分を切り離し、健全な系に切り替えて稼働を継続できる機能を有しているサーバをいう。