

駅中間ネットワーク 信号制御システムの開発



三浦 忠雄*

駅中間の信号設備にネットワーク信号制御システムを導入する「駅中間ネットワーク信号制御システム」は、信号ケーブルの削減、駅中間の信号設備の集中化・高機能化、施工コストの削減を目的として開発を進めている。駅中間の信号設備をネットワーク化し信号制御論理を統合化することにより、信号設備の稼働率・信頼性の向上、複数機能の連携の強化、遠隔監視制御機能の強化を図る。ここではその開発概要と現在、常磐快速線北小金駅付近で実施しているモニターラン試験について紹介する。

●キーワード：ネットワーク信号制御システム、駅中間論理装置、駅中間小形制御端末、モニターラン試験

1. はじめに

駅中間には閉そく信号機、軌道回路、ATSP、ATSSなどの信号設備が点在している。これらの信号設備は、それぞれの機能ごとに設備が分かれており、主にリレーにより論理を構築して、条件の受け渡しを行っている。現在の一般的な駅中間信号設備を図1に示す。

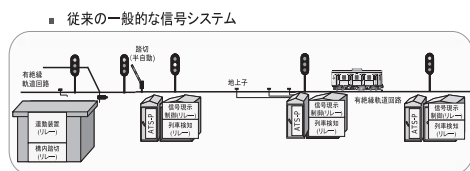


図1 現在の駅中間信号設備

そのため、現在の駅中間信号設備には以下のような課題がある。

- ・1重系設備（装置故障時のバックアップがない）
- ・複雑なリレー結線論理・膨大な配線作業
- ・保全・故障情報が不十分
- ・機能間連携が弱い

中央線基本構造改良^{*1}では、従来の現場設備を機器室内に集中し、ケーブルにより信号設備を制御することで上記の課題の解決を図った。しかし、論理部分は集中したものの、膨大な量のケーブルを布設し、管理しなければならないという問題が生じた。そこで、駅中間ネットワーク信号制御システムでは、ケーブル・配線作業の削減、駅中間設備の高機能化を目的として開発を進めている。

2. 開発スケジュール

本システムの開発スケジュールを図2に示す。

2005年度初から仕様検討を開始し、2006年8月から常磐快速線北小金駅付近において開発品のモニターラン試験を行い、現在も継続中である。今後は、実用化に向けて安定輸送の確保、保守性・施工性の向上を図ることを目的とした改良開発を進めていく。

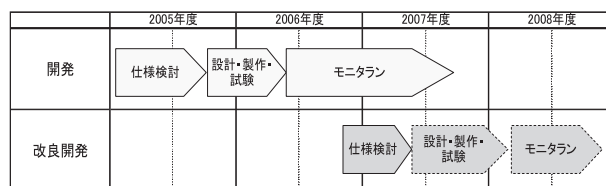


図2 開発スケジュール

3. 駅中間ネットワーク信号制御システムの概要

駅中間ネットワーク信号制御システムのシステム構成を図3に示す。駅中間ネットワーク信号制御システムは主に駅中間論理装置（以下、中間LC：Logical Controller）、駅中間小形制御端末（以下、中間FC：Field Controller）、光ネットワーク及び遠隔監視制御システムにより構成されている。各装置間を光ネットワークで接続することにより、信号機器室と現場装置間に膨大な量のケーブルを布設せずにシステムを構成することが可能となる。また、光ネットワークを含めて2重系で構成しており、中央線基本構造改良に比べ、信頼性の向上を目指している。

4. 駅中間ネットワーク信号制御システムの機能

駅中間ネットワーク信号制御システムを構成する設備とシステムの稼働率について説明する。

*1中央線の設備高信頼度化、輸送影響の最小化を目的に、信号設備の改良を行ったプロジェクト

* JR東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター

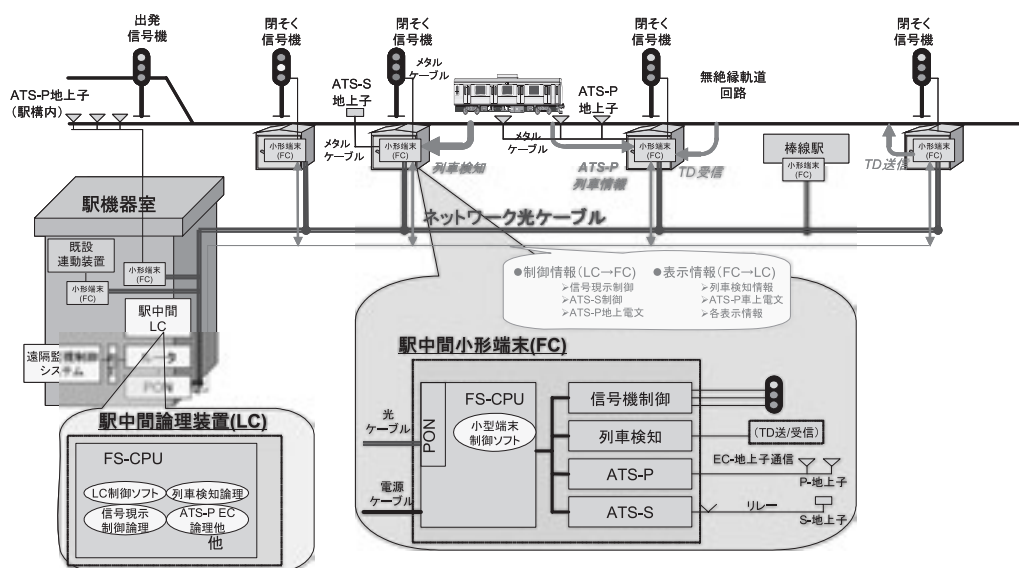


図3 駅中間ネットワーク信号制御システム構成

4.1 中間LC

中間LCは、駅中間の信号機器の制御論理を集約した装置であり、駅信号機器室に設置する。中間FCや連動装置から得た情報により論理処理を行い、光ネットワークを介して中間FCを制御する。中間LCの主な機能は、軌道回路の動作・落下、前方信号機の現示内容及びATS-Pからの現示アップ情報などから、閉そく信号機、中継信号機、進路予告機の現示やATS-Pの電文情報を決定することである。フェールセーフな処理装置を使用した2重系の制御装置により構成され、稼働率の向上を図っている。

4.2 中間FC

中間FCは、中間LCより光ネットワークを介して伝送された制御情報を電気信号に変換し、信号機、軌道回路、ATSP、ATSSを制御する装置であり、閉そく信号機ごとに設置する。中間FCを収容した器具箱を図4に、FCブロック（2重系構成の中間FCの片系単位のブロック）を図5に示す。軌道回路の検知情報などは電気信号から光信号に変換し、中間LCに表示情報として伝送する。駅構内ネットワーク信号制御システムでは、信号装置それぞれにFCが設置されているが、駅中間ネットワーク信号制御システムでは、閉そく信号機ごとの設備をひとまとめでして信号設備を制御している。

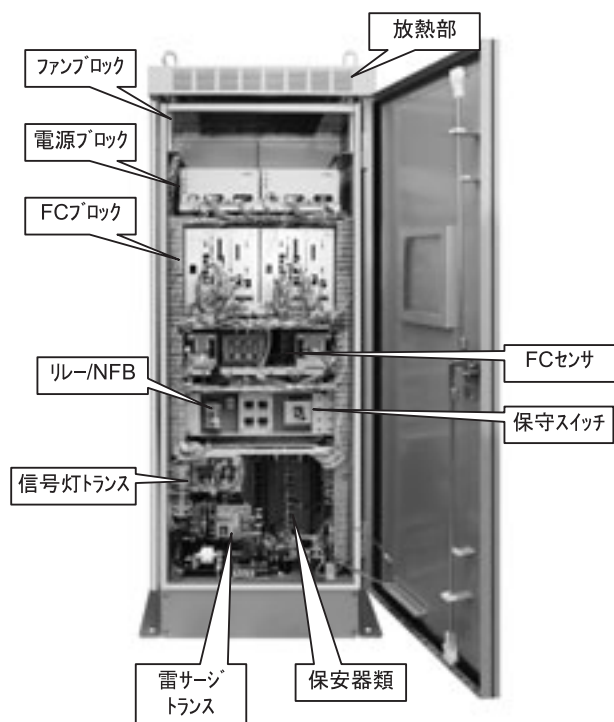


図4 中間FCを収容した器具箱（試作品）

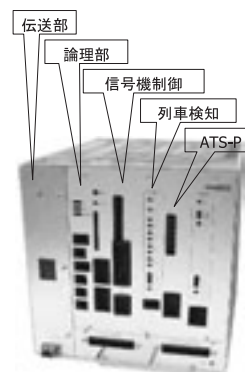


図5 FCブロック

また、中間LCと同様に2重系により構成して稼働率の向上を図っている。

中間FC周辺の接続イメージを図6に示す。中間FCからコネクタ接続で各信号装置に接続される。なお、本システムにおける列車検知には閉そく境界を絶縁物で区切らない無絶縁軌道回路を採用しており、その送信ユニット、受信ユニットもFCブロック内に収容されている。

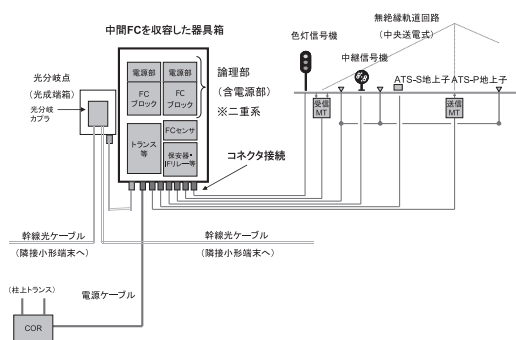


図6 中間FCの接続イメージ

中間FCのタイプとしては、駅中間の閉そく内の信号設備を制御するタイプその他、連動装置の条件の入力と従来形のATS-Pとのインターフェースを持つタイプや、棒線駅の諸設備（列車接近の関係、閉そく反応灯、回路遮断器等）を制御するタイプがある。

4.3 光ネットワーク

各装置間は光ケーブルで接続し、ケーブルの削減を図っている。中間LCと中間FC間の情報伝送方式はFTTH（Fiber To The Home）で採用されている汎用技術であるPON（Passive Optical Network）方式を採用している。PONは時分割多重方式（一本の伝送路を伝送時間によって分割して、複数の情報伝送を行う方式）により芯線の削減ができることや、光ケーブルをカプラにより無電源で複数分岐できることなどから、信号制御システムのネットワーク構築に適している。機器室にPONの親局を設置し（図7）、現場のFC器具箱にPONの子局を収容して機器室と中間FCの情報伝送を行う。



図7 ネットワーク機器架

4.4 遠隔監視制御システム

遠隔監視制御システムは、機器室と同等の詳細な監視情報を指令、技術センター、メンテナンスセンターなどから遠隔で取得できるとともに、指令から障害復旧のための装置リセット操作をできるようにしている。

遠隔監視制御システムは、中間LCごとに統合された遠

隔監視サーバ（図8）と遠隔制御サーバ及び遠隔監視制御端末（図9）から構成される。遠隔制御サーバは、中間LCと中間FCのリセット等の遠隔制御機能を1台に集約している。また、遠隔監視サーバは各制御装置、ネットワークの監視機能と動作履歴蓄積機能を1台に集約している。



図8 遠隔監視サーバ



図9 遠隔監視制御端末（左）と遠隔制御サーバ（右）

遠隔監視制御端末は遠隔監視サーバ、遠隔制御サーバと接続して各装置の遠隔制御、各装置からの各種警報・状態監視情報の表示、動作履歴の取得を行うことができる。システムの稼働状態をリアルタイムに表示するシステム状態表示画面を図10に示す。



図10 遠隔監視制御端末画面（システム状態表示）

また、各現場装置の出力電流など定常状態監視に使用しているデータの最大値、最小値、平均値を一日ごとに取得してグラフ形式で表示することができる。

4.5 稼働率

本システムでは、電子機器である中間FCを鉄道沿線環境下に設置するため、稼働率が低下しないように伝送経路も含めて完全な二重系システムで構成している。また、従来複数の機器で実施していた様々な論理を1つの機器に

集約していること等により、本システムの故障率は $10^{-6}/h$ （約100年に1回）程度であると想定している。これは、個別の信号設備を機器室に集約して、メタルケーブルで一重系の制御を行う、既存の中央線基本構造改良方式のシステムよりも低い数値であり、本システムは、従来のシステムより高い稼働率となることが期待できる。

5. モニターラン試験

試作した駅中間ネットワーク信号制御システムを常磐快速線北小金駅付近の駅中間（馬橋～北柏間）に設置し、モニターラン試験を実施している。モニターラン試験では、システムの制御性能、伝送性能の評価、現場環境における長期間稼働による信頼性、耐環境性能の評価を行った。モニターラン試験は段階的に行い、2006年8月より中間FC単体での耐環境試験、2006年11月より中間LC、中間FC、遠隔監視制御システム全てを接続して、フル構成での機能確認試験を実施している。

5.1 モニターラン試験構成

モニターラン試験の構成を図11に示す。中間LCは今回2つのメーカーで開発を行っており、それぞれを北小金旧機器室に設置した（図12）。中間FCは馬橋～北小金間の下2・下1、および北小金～北柏間の上1・上2・上3の計5箇所の閉そく信号機脇に設置した（図13）。また、現用の連動装置から場内信号機の現示情報を入力するために、北小金機器室に連動インターフェース用の中間FCを設置した。遠隔監視制御システムは、北小金旧機器室に設置した。光ケーブルによりネットワークを構成し、中間信号設備（閉そく信号機、中継信号機、軌道回路、ATS-P、ATS-S、進路予告器）

を中間FCから制御し、モニターラン試験を実施している。



図12 中間LC（機器室）



図13 中間FC（下り1閉そく信号機脇）

5.2 モニターラン試験における比較検証

駅中間ネットワーク信号制御システムの妥当性を検証するために、制御タイミング・制御論理について現用装置との比較試験を実施した。現用信号機器からの動作情報（リレー接点）と駅中間ネットワーク信号制御機器からの制御・表示情報をモニターラン試験用比較装置に取り込んで検証した。

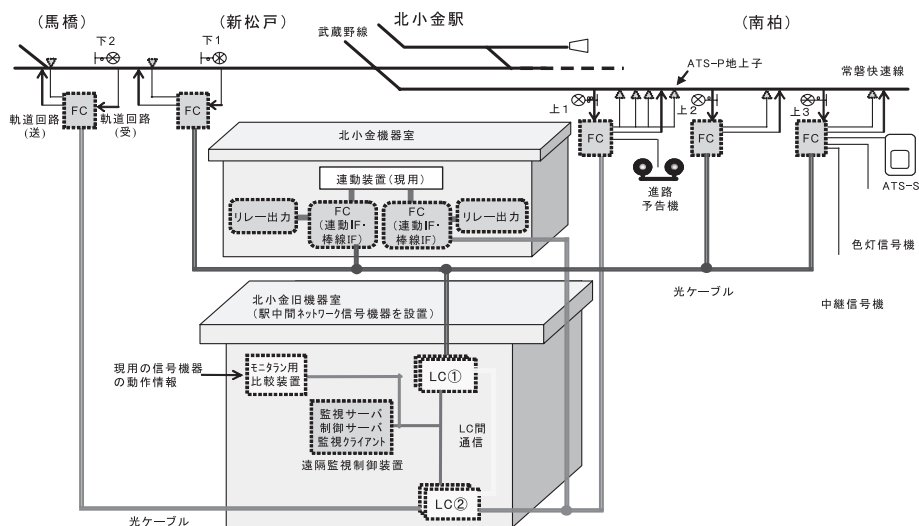


図11 駅中間ネットワーク信号制御システムモニターラン試験構成

5.3 環境試験

電子機器を線路近傍に設置することから、当初より機器の動作環境試験を重要課題と位置づけ、対策を検討してきた。基本的な考え方は、最低限クリアすべき環境条件として、従来の信号機器に適用されているJIS規格を準用した値を定め、それに基づき中間FCを設計している(表1)。環境試験は工場内や試験サイトを利用した機能確認試験のほかに、モニターラン試験で各種環境データを測定した。電磁環境適合(EMC)試験の一部で、中間FCに電磁ノイズを放射している状況を図14に示す。

表1 中間FCの主な環境条件

使用周囲温度	-10~+60℃
インパルス耐電圧	電源線 AC30kV (1.2/50 μ s, 10/200 μ s, 10/1000 μ s)
	信号線 AC20kV (1.2/50 μ s, 10/200 μ s, 10/1000 μ s)
振動特性	10~500Hz (1G以上) JIS E3014 2種による
防水特性	JIS E3017 R2による
電磁環境適合性(EMC)	IEC62236-1, 4による



図14 EMC試験(電磁ノイズ放射)

FC器具箱内温度は、ファン稼動という条件下で、要求仕様の60℃をクリアすることが確認できた。その他、鉄道沿線環境下で中間FCが正常に動作することが確認できた。温度対策については、さらに放熱構造を含めFC器具箱の構造改良を行う。

5.4 検証結果

モニターラン試験における評価項目は、信頼性評価と機能評価で行いました。なお、モニターラン試験区間の列車本数は、上下線それぞれ1日あたり約200本である。

5.4.1 信頼性評価

装置故障発生の有無(故障が発生した場合は、原因及び対策が明確になっていること)について、検証した。各装置で発生した故障については、原因を明確化した上で対策を実施し、その後順調に稼動している。また、現

地において温度・ノイズ等の外部環境要因による不具合が発生していないか検証した。夏季の高温、電磁ノイズ等外部的な要因による中間FCの機器停止などの不具合は発生していない。

5.4.2 機能評価

無絶縁軌道回路については、性能(軌道回路制御長、短絡感度、列車検知など)の確認を行い、所望の列車検知性能を満足することを確認した。

ATS-Pについては、地上電文生成及び車上電文受信、現示アップ機能などについて現行ATS-Pと合致していることを確認した。

信号現示制御、汎用出力等については、現行の制御と一致することが確認できた。軌道回路の動作・落下のタイミングなど一部差異事象が確認されたが、これは軌道回路において現用設備が有絶縁であるのに対して、本システムでは無絶縁で構成するために列車検知に差異が発生したことなどが原因であった。いずれも原因が判明し中間LCの論理処理には問題がないことが確認できた。

伝送系については、ネットワーク機器のエラーが発生しないことが確認できた。現在もネットワーク機器は安定して稼動している。

遠隔監視サーバ及び遠隔監視制御端末については、装置故障を検知し、警報出力が行われることが確認できた。

6. まとめ

駅中間ネットワーク信号制御システムの開発について、その概要と現在実施中のモニターラン試験について述べた。現在、実用化に向けて安定輸送の確保、保守性・施工性の向上を図ることを目的とした改良開発を実施している。

本開発ではシステムの拡張性・柔軟性の確保や耐環境性などの要望も多いが、実用化へ向けて限られた工程の中で、信号システムの将来像の実現を目指して努力していきたいと考えている。

参考文献

- 1) Y.Hirano, et al, "Development of Railway Signaling System based on Network Technology", Proc. of IEEE SMC, Oct. 2005.
- 2) 国藤隆, 樋浦昇; ネットワーク信号制御システムの開発について, JREA, Vol. 5, pp.30839~30842, 2005
- 3) 西山淳, 国藤隆; ネットワーク信号制御システムーシステム概要とモニターラン試験についてー, 鉄道と電気技術, Vol.17, No.4, pp.28~31, 2006