

ネットワーク信号制御 システムの土浦駅 モニターラン試験



福田 和人* 平野 善之* 佐々木 雄一** 樋浦 昇*

ネットワーク信号制御システムは、従来の膨大な量の信号ケーブルの接続作業を削減し、かつデジタル情報伝送により信号機器を制御する新しい信号制御システムである。そのモニターラン試験として、常磐線土浦駅において、実際の信号機器制御情報を利用して、鉄道沿線環境に設置した試験用信号機等の試験装置を稼働させている。本試験では、長期間にわたり制御性能、伝送性能、耐環境性能を確認する他、施工性や保守性も確認することで、ネットワーク信号制御システムの保安制御装置としての実用性を確認する。今後、さらに試験を進めその結果を反映させることで、ネットワーク信号制御システムの実用化を目指す。

●キーワード：ネットワーク信号制御システム、モニターラン試験、制御性能、光伝送性能、耐環境性能、施工性・保守性確認

1 はじめに

JR東日本では、インターネットプロトコルによる伝送を利用した信号制御システムである「ネットワーク信号制御システム」を開発している¹⁾。本システムは、現在、常磐線土浦駅にてモニターラン試験を行なっている。本試験では、実際の土浦駅の信号制御条件を利用して、試験用の信号機器を制御している。

ネットワーク信号制御システムは、システム全体を制御する機器室論理部（FCP）と、現場の信号機器を制御する小形制御端末から構成される。FCPは信号機器室に設置されるが、小形制御端末はフィールドに設置され厳しい環境条件下で使用される。さらに、これらの間の情報伝送として、メタルケーブルによる電気信号ではなく、光ケーブルによる光伝送を利用する。

本モニターラン試験の目的は、これらの電子機器を実際の鉄道沿線環境下で稼働させ、信号制御装置としての実用性を確認することである。あわせて、光ケーブル等の施工に関する確認、保守作業用のマンマシンインタフェースに関する取り扱いの確認を行なう。特にネットワーク信号制御システムで用いられる光伝送では、屋外環境での接続作業が必要になること、PON（Passive Optical Network）を利用した小形制御端末への配線を行なうこと等により、光伝送に関する施工性の確認も重要な項目となっている。

本モニターラン試験は、2005年4月に開始し、約2年間実施する予定である。

2 モニターラン試験装置の構成

2.1 全体構成

本モニターラン試験装置の全体構成図を図1に示す。本システムは、主に土浦駅の水戸方構内に構成されており、FCP、専用エリアの試験用設備（色灯信号機、中継信号機、入換信号機、電気転つ機他）、本線上の試験用設備（色灯信号機、入換信号機、ATS-S地上子）、信号器具箱および光ケーブル接続箱等により構成される。

各装置は光ケーブルと電源ケーブルにより接続され、制御情報及び表示情報は、光伝送を利用したインターネットプロトコルにより伝送される。光ネットワークの構成は、PONを利用したツリー構造となっている。また、信号機器としては、各機構内に専

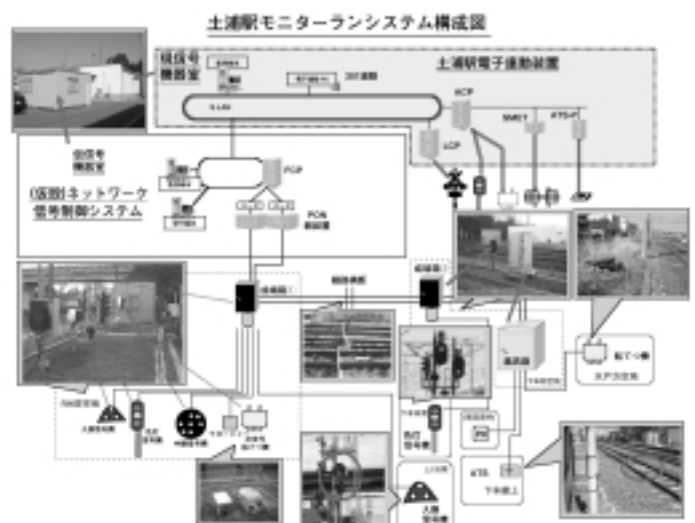


図1 土浦駅におけるネットワーク信号制御システムモニターラン試験の全体構成

用の小形制御端末を持つもの(色灯信号機、中継信号機、入換信号機)と、汎用タイプの小形制御端末から直流24V電圧、交流100V電圧等を通して間接的に制御されるもの(ATSS地上子、出発反応標識等)、および専用の小形制御端末により制御される電気転てつ機がある。

2.2 信号機器室内設備

本モニターラン試験は、土浦駅の電子連動装置から実際に土浦駅信号装置を制御している制御条件を、電子連動用LANから分岐し、ネットワーク信号制御に用いている。なお、この制御条件は、電子連動装置からネットワーク信号制御装置へ一方向に流れるものであり、ネットワーク信号制御のモニターランシステムが既存の電子連動装置へ影響を及ぼすことはない。

FCPは、モニターラン試験のために設置した仮信号機器室に設備されている。この仮信号機器室は現在の信号機器室に隣接しており、現信号機器室から分岐した信号条件は、光ケーブルを通して仮信号機器室に伝送されている。

仮信号機器室の中の様子を図2に示す。ネットワーク機器室論理部(FCP)、光伝送装置(PON)、各種監視装置が設置されている。



図2 仮信号機器室の中の様子

2.3 専用エリアの試験用信号機器等

信号機器室に隣接して、ネットワーク信号制御システム用信号機器を設置するエリアを設定した(図3)。本エリア内には、色灯信号機(4現示)、入換信号機(識別標識付き)、中継信号機、電気転てつ機(次世代型)を設置している。さらに別のエリアに、電気転てつ機(NS形)を設置している。これらのエリアは列車運行に支障しない空きスペースであるため、列車間合いに制限されることなく小形制御端末本体や信号機構本体の動作確認、試験や必要に応じて調査、改修を実施することができ

る。さらに信号機器以外にも、光ケーブル分岐用の接続箱(光成端箱)や電源用の器具箱を設置している。



図3 専用エリアにおける試験用信号機器の試験

2.4 本線上の試験用信号機器

信号機器の現場検証の場所として、専用エリアとは別に、本線上に試験用信号機器を設置した。これは、試験用の信号機器の環境条件(列車による振動や、現地温度、電磁ノイズなど)が実際の環境と同じになることを意図している。



図4 下り本線出発信号機柱に設置した試験用色灯信号機



図5 上り入換信号機柱に設置した試験用入換信号機

色灯信号機として、下り本線出発信号機と同一の信号機柱に試験用信号機(3現示)を設置した(図4)。同様に、入換信号機として、上り入換信号機とほぼ同一箇所に設置した(図5)。また、試験用ATS-S形地上子を下り本線上に設置している。

3 モニターラン試験の内容および結果

3.1 システム稼働の試験(制御性能)

仮信号機器室内に設置した試験装置について、ソフトウェア・ハードウェアの稼働状況および制御情報・表示情報の確認試験を行なっている。ここでは、ネットワーク信号制御システム用の制御装置の中央装置-小形制御端末の動作確認、電子連動装置が行なう実際の信号機器制御との同時性の確認を行なっている(表1)。

現在のところ、大きな不具合は発生していないが、今後、長期にわたる試験においてどのような事象が発生するかを監視していく。

表1 制御性能の評価基準

評価項目	評価対象	評価基準
現用設備との制御一致	モニターラン期間中に発生した全ての制御	一致すること
現用設備との制御タイミングずれ		400ms以内(設計上の最大値)

3.2 光伝送部の試験(伝送性能)

本ネットワーク信号制御システムでは、情報伝送は光回線を利用したインターネットプロトコルに基づいている。1対1の専用回線を利用していた従来の電圧有無による情報伝送とは違い、パケット伝送を利用しているため、パケットの到着遅れや順序逆転が発生する可能性がある。本システムではアプリケーションソフトでこれらの対策はなされているが、それ以外にも列車通過時に発生する振動や電磁ノイズが、光伝送に影響することも想定される。そこで、表2のような評価を行ない、信号制御条件の伝送に問題の無いことを確認している。

現在まで、光伝送障害となるような不具合は発生していないが、引き続き本モニターラン試験の中で、伝送品質の確認を行なっていく。

表2 伝送性能の評価基準

評価項目	評価対象	評価基準
伝送周期	FCP及び全端末の全通信について評価	200ms ± 50ms
順序逆転		10 ⁻⁹ 1/h 以下
伝送異常		10 ⁻⁹ 1/h 以下

3.3 設置環境に関する試験(耐環境性能)

電子機器を線路近傍、特に信号機器の内部に設置することから、設計・製作時より雷サージや振動、高温等の各種の対

策の検討を行なってきた。本モニターラン試験では、実際の鉄道沿線下でこれらのデータの測定を行い、これらの対策の有効性を評価し、必要に応じて対策を強化する。

評価対象としては、温度、振動、電磁界ノイズとした。

3.3.1 温度特性

ネットワーク信号制御用の信号機構は、内部に小形制御端末という発熱体を持つため、従来の信号機構よりも内部温度が上昇すると想定される。外気温による温度上昇の対策として、遮熱塗料を利用しているが、機構内部は、夏季の晴天時にかなり高温になると予想される。そこで本モニターランでは、本線上の試験用信号機および専用エリアの信号機の内部に無線式の温度センサ(T&D TR52)を設置して、10分ごとの温度データの蓄積を行なっている。

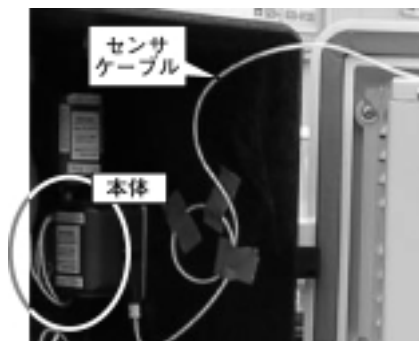


図6 信号機内に設置した無線式温度センサ

3.3.2 振動特性

振動については、製作時の耐振動試験として、JIS規格(JIS E3014 2種)による試験を実施している。しかし、実際に設置される線路近傍での振動は、明確な測定データが無いのが実情である。そこで、本モニターラン試験では、振動センサを用いて実際の列車通過時の振動データの測定を予定している。

3.3.3 電磁界ノイズ

電磁界ノイズについては、表3に示す通り、鉄道環境ではさまざまなものが想定される。本モニターラン試験では、鉄道総研のコンサルティングにより、150Hz~1GHzまでのノイズ測定を仮信号機器室や専用エリアにおいて実施した(図7)。その結果、ネットワークシステムに影響を及ぼすような大きなノイズは観測されていないが、今後、より条件が厳しいパンタグラフ昇降による電磁界ノイズについて、測定を実施する予定である。

表3 電磁ノイズに対するイミュニティ基準の一例

環境現象	試験仕様	単位	試験方法
無線周波電磁界	80-1000	MHz	JIS C 61000-4-3
	10	V/m	
	80	%AM(1kHz)	
デジタル無線 電話からの 無線周波電磁界	800-960	MHz	JIS C 61000-4-3
	1400-2000	MHz	
	20	V/m	
	80	%AM(1kHz)	
電源周波数磁界	50/60	Hz	JIS C 61000-4-8
	16.7	Hz	
	0	Hz(DC)	
	100	A/m	
静電気放電	±6	kV(接触放電)	JIS C 61000-4-8
	±6	kV(気中放電)	
パルス磁界	300	A/m	IEC 61000-4-9



図7 電磁界ノイズ測定の様子

3.3.4 土浦駅以外での環境試験

設置環境試験については、土浦駅での試験以外に次のような試験を実施または計画している。

- 両毛線川崎新道踏切近辺(耐雷性能試験)
- 直流・交流区間の境界駅(電磁界ノイズ測定)
- 高架区間(振動測定)

これらの試験や測定を実施することにより、鉄道沿線環境データの信頼性を高め、ネットワーク信号制御システムの実用化に反映させて行く予定である。

3.4 施工性、保守性の確認試験

3.4.1 施工性の確認

本システムの情報伝送路は、従来のようなメタルケーブルではなく光ケーブルが中心となる。鉄道信号通信設備に光伝送を用いることは、従来から行なわれていることであるが、今回は、最大1対32分岐を行なうPON方式を採用したため、多数の光ファイバ芯線接続作業及び光成端箱が必要となる。また、現場の信号機器の近傍で分岐させることを想定しているため、接続作業は基本的に現地・屋外での作業となる。このため、光ケー

ブルの取り扱いや接続は、ネットワーク信号制御システムの重要な項目となる。そこで、屋外環境での光ケーブルおよび光成端箱の施工性確認を行なった。その際、5種類の光ケーブル、3種類の光成端箱について施工を行ない、比較検討を行なった。また、光ファイバ芯線接続工法についても3種類(融着接続、メカニカルスプライシング接続、コネクタ直接接続)の施工を行なった。これらの作業の様子を図8に示す。



図8 光ケーブルに関する施工性確認の様子

3.4.2 保守性の確認

本ネットワーク信号制御システムは、従来の鉄道信号機器とは違い、小形制御端末の設置や交換の際に、IPアドレスの設定やMACアドレスの確認といった作業が必要となる。特に光伝送部の設定や交換については、汎用ルータに関する知識が必要となる。これらのことを考慮し、本モニターランのシステムを用いて、機器の設置や取替え作業の確認を行なった。

それらの結果を受け、保守に関するマンマシンインタフェースの改良を行なう予定である。

4 おわりに

ネットワーク信号制御システムのモニターラン試験について紹介した。モニターラン試験を開始して3箇月経過した現在のところ、大きな不具合は発生しておらず、ネットワーク信号制御装置の保安制御装置としての実用性を確認している。今後、さらに試験を進め、その結果を反映させることで、ネットワーク信号制御装置の実用化を目指していく。

参考文献

- 1) 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, pp30839-30842 (2005)