

## ネットワーク信号制御システム 信号機構の開発



服部 鉄範\* 国藤 隆\* 樋浦 昇\*

ネットワーク信号制御システムによって、駅構内の信号ケーブルと配線作業を可能な限り削減するためには、屋外の鉄道沿線に設置される小形制御端末と信号機構との間の配線をなくすことが有効である。その実現にあたっては、小形制御端末を信号機構の内部に実装することが求められるが、従来の信号機構では、構造的、電気的にそのまま実装することは困難な状況であった。本開発では、色灯信号機、中継信号機、入換信号機を対象に機構の全面的な見直しを行い、ネットワーク信号制御システムに対応した実際の鉄道沿線環境に設置可能な信号機構を設計・製作した。現在、常磐線土浦駅構内に小形制御端末を実装した信号機構を仮設し、機能と耐久性の長期試験（モニターラン試験）を行っている。

●キーワード：信号機構、小形制御端末

### 1 はじめに

現在、JR東日本が開発を行っているネットワーク信号制御システムの開発目的は、信号ケーブルと配線作業の量を削減することである。そのためには小形制御端末を信号機構内部に実装し、現地での小形制御端末と信号機構の間の配線作業をなくすことが有効である。また、信号機構内に実装するためには、小形制御端末との電気的な絶縁の確保、振動・電磁ノイズへの対策及び光ケーブルの余長処理スペースの確保などが求められる。

本開発では、駅構内に設置される色灯信号機、入換信号機及び中継信号機について、小形制御端末を実装可能とするよう機構の構造的な新規設計を行った。また、小形制御端末の省電力化、制御回路の標準化を図るため、信号灯をLED化して、機構内電気回路の新規設計を併せて実施した。

### 2 開発方針

信号機構の設計にあたっては、運転士に対して従来通りの視認性を確保することは勿論であるが、小形制御端末を実装した上で、機能と耐久性、更には取り扱い易さを兼ね備えていることが望まれる。この観点から、構造的及び電気的に以下の事柄に留意しつつ、開発を進めた。

(1) 新しい信号機構は、信号電球式ではなく、LED式の信号機に対応することとして標準化を図る。なお、従来のLED式の信号機と比較して、可能な限り省電力化を図る。

- (2) 電磁誘導により、誤点灯しない設計とする。
- (3) 小形制御端末は従来の色灯信号機、入換信号機、中継信号機の空きスペースを十分に考慮して、それぞれ別々に、極力小型化を進めるが、新しい信号機構では、小形制御端末の入るスペースを確保する他に、光ファイバーの余長巻き取りスペースも確保する。
- (4) 巻き取った光ファイバーはメンテナンス性を考慮し、機構内に固定する。
- (5) 工事の際の施工性の確保、また故障に備え、小形制御端末単体の取り付け・交換作業が容易な設計とする。
- (6) 従来の信号機の制御方式からの円滑な切替を考慮した設計とする。
- (7) ネットワーク信号制御システムで採用している各現示毎の独立した単灯制御に対応した電気配線とする。
- (8) 小形制御端末及びLEDユニットに電源を供給する際に、耐雷トランスを機構内に設け、耐ノイズ性を考慮した設計とする。

### 3 信号機構の開発

#### 3.1 構造的、電気的な検討

色灯信号機、中継信号機、入換信号機の3種類の機構を対象として、開発方針を考慮しながら、設計・製作を行った。

##### 3.1.1 色灯信号機

従来の色灯信号機の機構をベースとして、小形制御端末（色灯信号機用）、耐雷トランス、光ファイバーなどが収容できる

構造について検討し、図1～図3に示す信号機構を開発した。



図1 色灯信号機

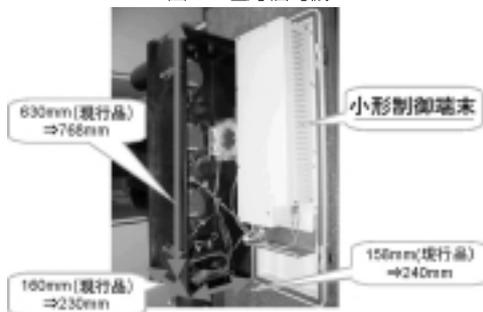


図2 色灯信号機（3現示）への実装状況

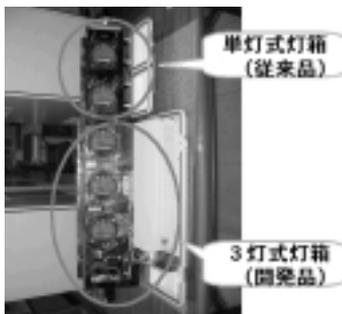


図3 色灯信号機（5現示）

ネットワーク信号用の各種機器は3灯式の灯箱内部に実装することとして構造変更を行い、4現示、5現示用に追加する単灯式の灯箱は、従来品を追加して用いる方式とした。

機構の外形は小形制御端末などを実装する関係で、従来の機構（縦:630mm、奥行:160mm、幅:158mm）に対し、縦:約140mm、奥行:約100mmだけ大きな形状となる。信号機構寸法の変更に伴い、信号機柱への取付金具は強度アップのため、形状を変更している。

小形制御端末（色灯信号機用）はスペースの関係から信号機の背面蓋（樹脂製）に実装し、耐雷トランスは重量の関係から信号機灯箱底部に実装することとした。小形制御端末交換時は場合によっては蓋ごと交換することも可能な構造となっている。光ファイバーの巻き取りスペースは灯箱の側面内部に設けており、許容曲げ半径は、R40以上の光ファイバーに対応している。

電源については、外線ケーブルよりAC200Vの電圧を機構

内に入力し、機構内の耐雷トランスにて、色灯信号機用LEDユニットの点灯に使用するAC50Vと小形制御端末用電源AC200Vを取り出し、小形制御端末へ供給している。

### 3.1.2 中継信号機

従来の中継信号機の機構をベースとして、小形制御端末、耐雷トランス、光ファイバーなどが収容できる構造について、色灯信号機の場合と同様に検討し、図4～図5に示す信号機構を開発した。

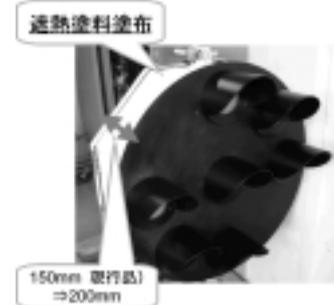


図4 中継信号機

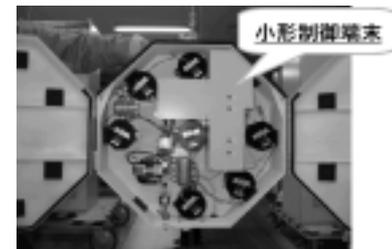


図5 中継信号機への実装状況（背面）

小形制御端末（中継信号機用）は8個のLEDユニット間の空きスペースを活用して、信号機背面からみて右上に実装し、耐雷トランスは左下部に実装する形とした。これにより機構寸法の増大を最小限に抑えており、従来の機構（縦:654mm、奥行:185mm、幅:655mm）と比較して、奥行のみ、約50mm大きな形状に収めている。

信号機柱への取付金具の形状は、強度計算の結果、安全性に問題がなく、蓋の開閉にも支障がなく、ユニット交換時の作業空間も確保できていることから、従来品を採用している。

光ファイバーの巻き取りスペースは灯箱の前面内部に設けており、許容曲げ半径は色灯信号機と同様にR40以上の光ファイバーに対応している。

信号機構の側面及び背面には、真夏の温度上昇対策として白色の遮熱塗料を塗布して内部温度の低減を図っている（詳細は後述）。

電源については、外線ケーブルよりAC200Vの電圧を機構

内に入力し、機構内の耐雷トランスにて、中継信号機・入換信号機共用LEDユニットの点灯に使用するAC30Vと小形制御端末用電源AC200Vを取り出し、小形制御端末に供給する。

### 3.1.3 入換信号機

従来の入換信号機の機構をベースとして、小形制御端末、耐雷トランス、光ファイバーなどが収容できる構造について、他の信号機の場合と同様に検討し、図6～図8に示す信号機機構を開発した。



図6 入換信号機（前面、背面）



図7 入換信号機への実装状況



図8 入換信号機（側面）

入換信号機機構では、LEDユニットと小形制御端末を個別に交換できるように、灯箱の前面側を開閉可能とし、本体を中心に前蓋、後蓋が開閉可能な構造としている。機構内スペースの空き状況を考慮し、小形制御端末（入換信号機用）は信号機背面側に実装し、耐雷トランスは前面の3個のLEDユニットの空きスペースに実装する形とした。

小形制御端末を信号機の背面側に実装するため、LEDユニットの検光窓が塞がるが、別途、検光窓用にLEDを製作し、前面側のLEDユニットと連動して点灯することとした。但し、実用化時には検光窓自体が不用となる可能性がある。

信号機機構の大きさについては、従来の機構（縦：371mm、奥行：150mm、幅：426mm）と比較して、奥行のみ約100mm大きな形状となる。

また信号機柱への取付金具の形状は中継信号機と同様に従来品を利用している。

光ファイバーの巻き取りスペースは灯箱の側面内部に設けており、許容曲げ半径は他の信号機と同様にR40以上の光ファイバーに対応している。

識別標識の制御も入換信号機の小形制御端末で行うため、識別標識用の接続端子も入換信号機機構の内部に設けている。

信号機機構の側面及び背面には中継信号機と同様に、遮熱塗料を塗布して、内部温度の低減を図っている。

電源についても、中継信号機と同様の構成としている。

### 3.2 LEDユニットの検討

LEDユニットについては、信号機機構の寸法を少しでも小さくするため、色灯信号機用と中継・入換信号機共用について、従来品の改良を実施した。その際、可能な限り省電力化を図り、また電磁誘導による誤点灯対策を施した。

表1 LEDユニットの省電力化

ユニット種別	消費電流の比較
色灯信号機用	従来：580mA 今回：150mA
中継・入換信号機共用	従来：210mA 今回：160mA

### 3.3 現用設備からの切替方式

現用設備からの制御とネットワーク信号制御システムとの切替は、LEDユニットに既設連動装置用の入力端子と小形制御端末用の入力端子を設けることにより、切替時に信号機機構内でのケーブル差し替え作業が不用な方式としている。

### 3.4 耐雷トランス

信号機機構内に設置する耐雷トランスについては、事前に多雷地区での性能検証と工場内試験を十分に実施し、鉄道沿線に適した雷害対策を施した方式を採用していく。

## 4 性能試験

### 4.1 信号機機構の耐環境性能

従来、信号機機構は鉄道沿線の過酷な環境下に置かれることから、事前に厳しい性能試験を実施している。本開発では、

特に電子機器である小形制御端末が機構内に実装されることから、信号機構単体での耐環境性能を満たす他に、小形制御端末の耐環境性能も満たすことが要求される。色灯信号機の場合の、機構として満たすべき性能について表2に示す。主に日本工業規格JISに基づく試験項目となっている。中継信号機、入換信号機についても同様の項目について、それぞれ基準を定めている。今回の開発では、まず信号機構単体で、耐環境性能が満たされているかどうかの試験を行った。確認方法としては、主にLEDの現示の状態が正常であることを以って可否を判定した。

表2 色灯信号機の耐環境性能

項目	性能
絶縁抵抗	JIS E 3021のR10を満足すること。
絶縁耐電圧	JIS E 3021のV1500を満足すること。
見通し距離	昼夜間ともLEDユニットの中心線上600m離れた位置より明瞭に確認できること。
拡散角度	中心線上より各5度以上
耐振動特性	JIS E 3014の2種を満足すること。
耐衝撃性	JIS E 3015の3種を満足すること。
防水特性	JIS E 3017の散水試験のR2を満足すること。
温度特性	JIS E 3019, 3020
灯色	JIS E 3303の色度図の範囲(緑,黄,赤)を満足すること。

一例として、振動試験の概要について示す。今回の開発では、機構の形状や重量が変更になるため、耐振動特性は重要な確認項目と言える。試験は上記JIS E 3014の2種に基づき表3、表4に示す試験条件を設定して専用の試験サイトにて実

表3 共振試験

振動数範囲	10 ~ 500Hz
加速度複振幅	9.81m/s <sup>2</sup> {1G}
振動数1往復の時間	16分

表4 振動耐久試験

振動数範囲	共振振動数及び40Hz
加速度複振幅	13.7 m/s <sup>2</sup> {1.4G}
加速度複振幅及び加振時間	①共振点がない場合 40Hzで150分 ②共振点がある場合 共振振動数で38分及び40Hzで110分



図9 振動試験 (中継信号機と試験治具)

証試験を行い、異常の無いことを確認した。試験の様子を図9に示す。

信号機構単体での試験の後、小形制御端末を実装した場合の環境特性に関し、別に定める電磁ノイズや雷サージに関する試験を実施し、何れも良好な結果を得ている。

#### 4.2 中継、入換信号機の温度対策について

今回開発した中継信号機及び入換信号機の側面及び背面には温度上昇対策として、遮熱塗料を塗布している。2004年8月に従来品の色灯信号機、中継信号機、入換信号機の内部温度(空气中)を測定した結果、図10に示すように、特に全面が金属製の中継信号機と入換信号機で、機構の内部温度が、最も高い場合で60℃程度まで上昇した。一方、裏蓋が樹脂製の色灯信号機では、最高でも50℃程度であった。

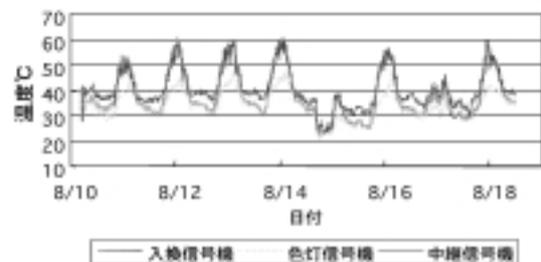


図10 信号機構の内部温度

今回採用している遮熱塗料(白色)は約10℃程度の温度低減効果が見込めることが確認されている。そこで電子機器である小形制御端末を実装する中継信号機及び入換信号機には遮熱塗料を塗布して、内部温度の低減を図った。また遮熱塗料を塗布したときの小形制御端末の使用温度条件の上限を55℃に設定することとした。

## 5 おわりに

本稿ではネットワーク信号制御システムにおける信号機構の開発概要について示した。現在、常磐線土浦駅において、機能と耐久性の長期試験(モニターラン)を行っているが、今後はその結果を反映させて、更に信号機構としての性能の向上を図っていく予定である。

#### 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.48, No.5 pp.30839-30842 (2005)