

S7-3-5 ネットワーク信号制御システムプロトタイプ端末の試作

鈴木 正男 (東日本旅客鉄道株式会社) ○吉 本 啓 介 (東日本旅客鉄道株式会社)
[電] 加藤 尚志 (同 上) 国 藤 隆 (同 上)
早乙女 弘 (株式会社日立製作所)

The prototype signal controller for the network-based signal control system

Masao Suzuki, Keisuke Yoshimoto, Takashi Kato, Takashi Kunifuji (East Japan Railway Company)
Hiroshi Soutome(Hitachi, Ltd.)

In current signal system, collective installation of signal controllers in a machine room requires a large amount of cables laid from local devices. It also requires much amount of wiring work, testing, and voltage adjustment, etc. Therefore, we have developed the network-based signal control system in which each controller is installed near a signal and linked to the machine room via an optical cable in order to improve wiring work efficiency, shorten the work period, and prevent miswiring.

In this research, as the first step of the development, we have examined the necessary specifications for the small signal controller installed near signals, and devised a prototype that can be accommodated in a cable trough. We have also tested and verified the basic function, safety, reliability, and durability to environment of that prototype.

キーワード：雷サージ対策、発熱対策、ネットワーク伝送技術

Keywords: Measures for lightning surge; Measures for heat generation; Network technology

1. はじめに

大規模駅の電子連動装置新設や線形改良工事において、工事の設計・施工・接続試験等に多くの人手と時間を要している。これは現在の信号設備が連動装置から現場設備までスター状に回線構成されているため、信号ケーブルの布設数量が膨大なことや配線接続数量が非常に多く、機器を制御するまでに確認しなくてはならない箇所が多いために起因している。

そこで、電子連動装置と現場の信号機器を光ケーブル（情報）とメタルケーブル（電源）で接続し、情報データにより機器を制御する「ネットワーク信号制御システム」の開発を行い、信号ケーブルの削減による施工性の向上、工期短縮、配線にまつわる事故防止を図ることとした。

今回、線路周辺への設置を考慮した信号機制御用の小型制御端末の仕様を決め、プロトタイプを試作を行った後、各種試験を行い、現場環境における小型制御端末の実現可能性と一部課題が分かったので報告する。

2. 現行の信号機器制御

現在大多数の信号設備の制御条件は、信号機器室に集約されているため、信号機・転てつ器などの個々の信号機器まではケーブルを介して、スター状に制御条件と電源を供

給している。そのため、連動装置の取替工事や駅構内の線形改良などの工事においてはいくつかの課題が発生する。

- ①各条件に対応した芯線が必要なため、ケーブル数量が膨大になり、設計・施工に時間がかかる。
- ②大量のケーブルルート確保のための施工が必要となる。
- ③各条件毎に芯線が必要なため、ケーブルを分岐する箇所や各機器において、配線作業や対照試験が必要となり、手間がかかるとともに人為的なミスが入り易い。
- ④信号機器室から各現場機器までの距離により、試験時に電圧の調整が必要となる。

このような課題があるため、時代の変化に対応した輸送改善ニーズに応えるための工事に長い年月が必要となっている。

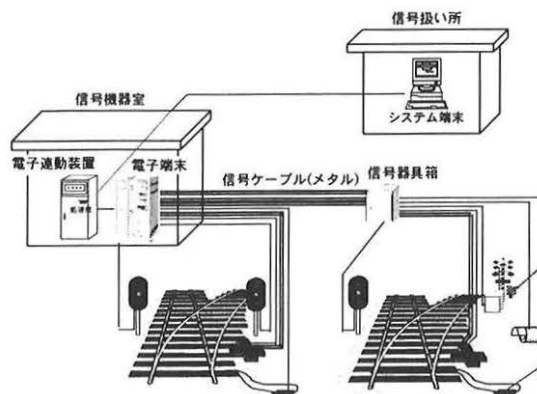


図1 現行の信号機器構成

3. ネットワーク信号制御の概要

3.1 目的

今回のシステムを構築するにあたり、以下の目的のもと開発を行った。

(1) 施工性の向上と工期の短縮

- ① 信号機器室から各信号機器までの制御条件を光ケーブルで伝送することにより、必要な芯線数を大幅に削減する。
- ② 信号機器との接続をコネクタ化することにより配線作業を削減する。
- ③ 現地に設置する小型制御端末をリモート制御可能とすることにより、接続試験を簡素化し、現地試験期間を短縮する。
- ④ 室外機器への電源供給時の電圧降下対策として、信号機器までの電源を220V化する。

(2) 現場機器の信頼性の向上

ネットワーク伝送路の多重化、小型制御端末の二重系化により、稼働率の向上を図る。

(3) 保全性の実現

信号機器の状態を小型制御端末で取得し、リアルタイムでの監視を可能とする。また、故障予知により予防保全を推進することにより稼働率向上を図る。

3.2 システム構成

ネットワーク信号制御システムは、駅構内の信号機、転てつ器、表示器、標識類をネットワーク経由で制御するものである。図2にシステム構成例を示す。進路制御系・連動系といった電子連動装置は既存のものを用い、制御架を論理部（機器室論理部）とI/O部（小型制御端末）に分離し

た。機器室論理部以下のネットワークとしては、各種方式を検討したが、ループ上に構成しイーサネット方式でネットワークを構成することとした。

機器室論理部は、301形電子連動装置の一部として室内のLANを介して接続される。小型制御端末は現場機器内または近傍に設置する構成とした。また、端末からの保守情報を管理する保守端末をイーサネット上から分岐し設けた。

また、機器室論理部及び小型制御端末は二重系構成とし、信頼性の向上に努めた。

4. 小型制御端末の試作

小型制御端末は、演算処理を実行するCPUや通信処理を行う“論理部分”と、信号機器を直接駆動制御する“I/O部分”からなる。制御対象によりI/O部分が異なるが、今回は負荷対象を5現示の色灯信号機とし、電球・LEDどちらのタイプも制御可能な小型制御端末を試作した。

4.1 小型制御端末の仕様

信号機器を制御する小型制御端末は、各信号機器近傍のトラフ内へ設置することを想定した。線路沿線の過酷な環境での動作となるため、表1に示す使用環境条件の下での安定動作を要求仕様とした。以降、端末仕様について報告する。

(a)小型制御端末は、稼働率向上のため二重系構成とし、片系運転でも負荷の制御が可能なこと。

(b)入力電圧は220Vとし、内部で端末用電源(100V)と負荷用電源(AC30/60V)に分配する。

(c)電源入力部及び信号機出力ラインには、耐雷対策として

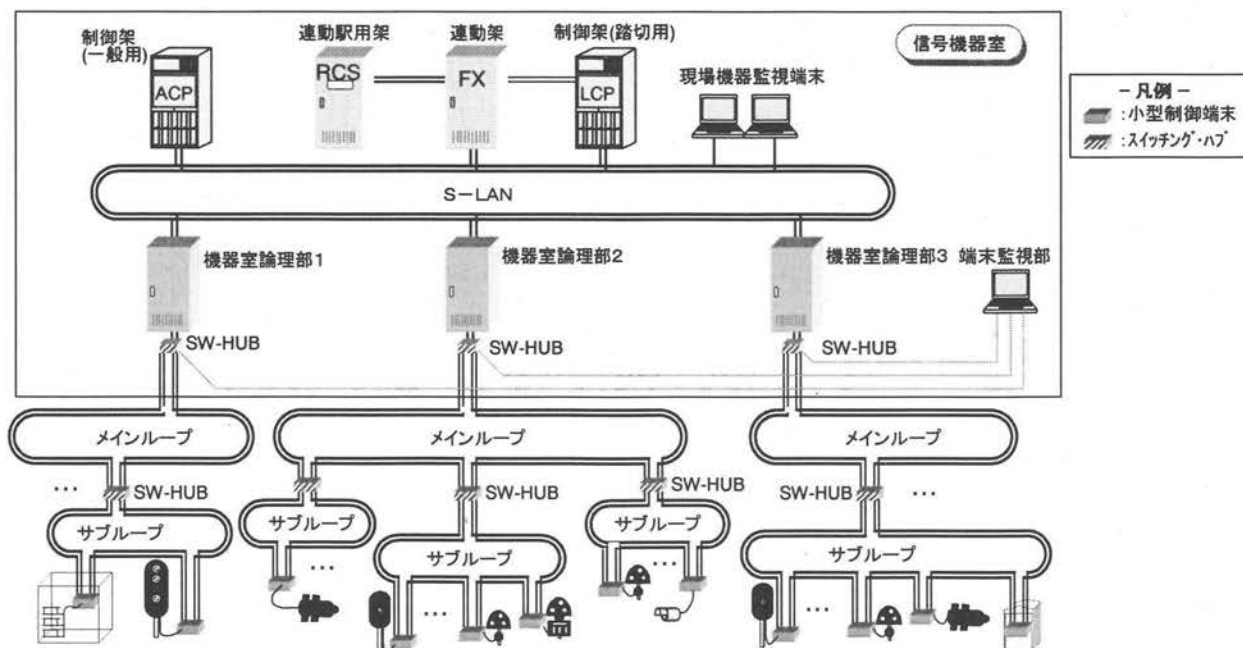


図2 ネットワーク信号制御システムのシステム構成例

保安器を挿入した。

(d)端末論理部との通信ラインは光ケーブルを用い、汎用性のあるイーサネット(100Mbps)とした。

(e)内部発熱を抑えるため、CPUの動作周波数を16MHzに抑えた。

表1 信号機制御端末の使用環境条件

No	項目	条件
1	使用周囲温度	-20~+60℃
2	使用周囲湿度	95%以下 ただし結露しないこと
3	耐振動特性	JIS E3014 2種による 1G 以下
4	耐衝撃性	JIS E3015 3種による 50G 6±3ms
5	防水特性	JIS E3017 D による
6	絶縁耐電圧	JIS E3021 1500 による AC1500V 1 分間
7	雷サージ耐電圧	電源線…30kV(1.2/50 μs) 信号線…20kV(1.2/50 μs)

4.2 試作した信号機制御端末

要求仕様に基づき試作した信号機制御端末を写真1に示す。

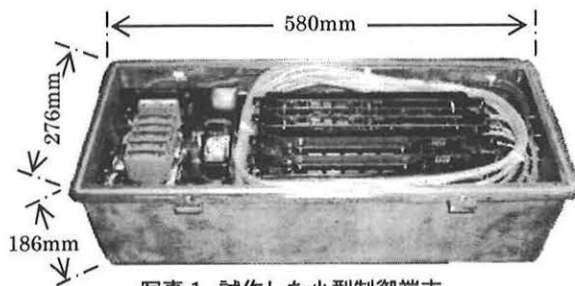


写真1 試作した小型制御端末

5. 信号機制御端末の試験と試験結果

試作した小型制御端末を、線路近傍の過酷な環境に設置し、安定稼働確認のために行った試験項目を表2に示す。また、試験結果についても述べる。

表2 信号機制御端末の環境試験項目

No	大分類	中分類	No	小分類	備考欄
1	基本機能試験	構造検査	1	外観構造	
2			2	質量測定	23.3kg
3		基本動作試験	1	信号灯のIO制御試験	
4	安全性試験	素子故障検査	1	素子のオープン又はショート故障	
5			1	電源ノイズ試験	
6	信頼性試験	耐ノイズ試験	2	誘導ノイズ試験	
7			3	静電ノイズ試験	
8			4	飛来ノイズ試験	
9			5	電磁弁ノイズ	
10			6	インパルスノイズ試験	
11	耐環境試験	温度試験	1	温度上昇試験	
12			2	コールドスタート試験	
13			3	低温試験	
14			4	高温試験	
15			5	温度サイクル試験	
16		湿度・防水試験	1	湿度環境(防水)試験	
17			1	絶縁試験	
18		電源機能	2	電源投入遮断	
19			3	消費電流測定	
20			4	AC入力電圧変動試験	
21	振動・衝撃		1	振動試験	
22			2	衝撃試験	

5.1 基本機能試験

信号機制御端末単体について、実施した試験項目と結果を表3に示す。

表3 基本機能試験項目と結果

No	試験項目	判定
1	サイズ・重量など基本的構造試験	良
2	信号機の点灯制御試験	良
3	制御、表示、保全情報の作成・確認	良
4	端末の故障診断試験	良
5	信号灯の断芯、断線検知試験	良
6	信号灯の電流測定	良
7	構成制御の確認試験	良
8	自動復旧の確認試験	良

5.2 安全性試験

出力回路の構成部品が何らかの故障となった場合、装置として危険側誤出力を出ることがないかの確認をした。IOボードの1点分の出力回路構成について、各構成部品が表4に示すように断線(オープン故障)又は短絡(ショート故障)した場合について、回路内32箇所について確認を行った。

結果としては、IOのハードウェア構成部品の単一故障で危険側誤出力することが無く、フェールセーフになっていることを確認した。

表4 構成部品の想定故障モード

No	部品	故障モード
1	IC	出力端子において"1"または"0"固定故障
2	トランジスタ	出力端子において断線(オープン)または短絡(ショート)
3	コンデンサ	断線(オープン)または短絡(ショート)
4	抵抗	断線(オープン)
5	リレー	接点接触不良(オープン)または溶着(ショート)

5.3 信頼性試験

試作した小型制御端末を稼働させた状態で、各種ノイズ発生器によりノイズを印加し、小型制御端末からの入出力動作が正常に継続することを確認した。

一例として、インパルスノイズ試験(電源線に30kV(1.2 μs/50 μs)印加)の構成例を図3に、試験結果を図4に示す。

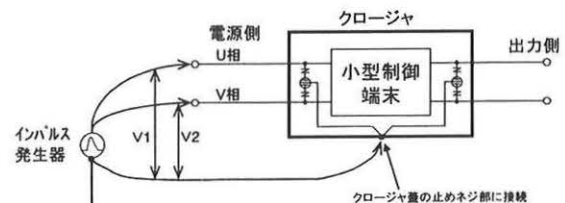


図3 電源側インパルスノイズ試験構成

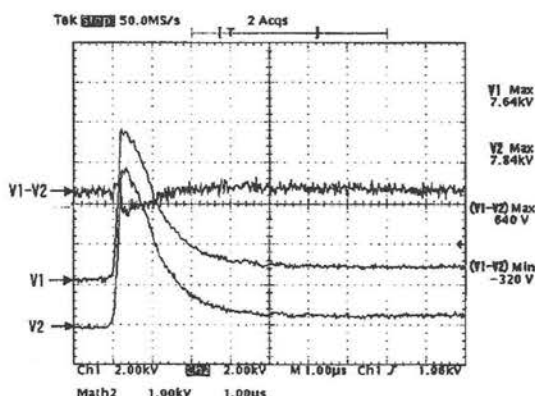


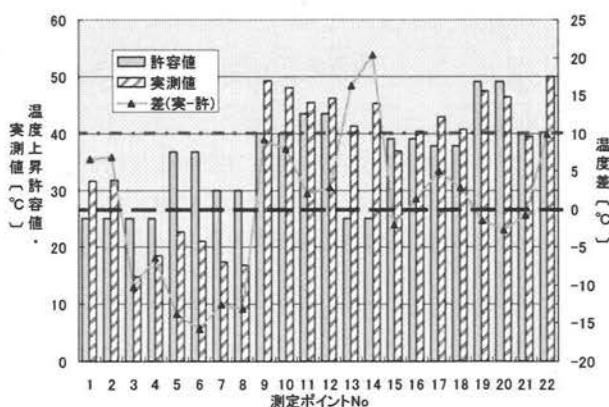
図4 電源側にインパルスノイズを印加した時の波形

(V1-V2)Max で示される線間電圧は保安器により640Vに抑制され、ノイズ印加前後における入出力についても継続的な正常動作が確認できた。

5.4 耐環境性試験

耐環境試験については、概ね目標数値内の性能を得ることが出来た。しかし、当初より懸念された構成部品の温度上昇試験において、一部想定温度を超える箇所が見られたので報告する。

各部品の温度規格は、表面温度で規定しているものと、半導体接合部温度で規定しているものがある。今回部品の表面温度の測定となるため、周囲温度60℃とした場合の表面温度の上昇許容値(℃)を机上で求め、周囲温度に対する実測の温度上昇値と比較を行った。温度測定箇所及び温度上昇許容値と温度上昇実測値を図5に示す。



No.	測定部品(箇所)	No.	測定部品(箇所)
1	1系CPUボード 上部	12	2系論理ボード Ethernet SW表面
2	2系CPUボード 上部	13	1系論理ボード Ethernet コントローラ表面
3	1系AVR 上部	14	2系論理ボード Ethernet コントローラ表面
4	2系AVR 上部	15	1系論理ボード(通信) SH-4表面
5	1系IOボード(SSR-D001)表面	16	2系論理ボード(通信) SH-4表面
6	2系IOボード(SSR-D001)表面	17	1系論理ボード(論理) SH-2表面
7	1系IOボード(コンカトリ)表面	18	2系論理ボード(論理) SH-2表面
8	2系IOボード(コンカトリ)表面	19	1系論理ボード EPLD表面
9	1系論理ボード トランシーバ表面	20	2系論理ボード EPLD表面
10	2系論理ボード トランシーバ表面	21	1系論理ボード FBC表面
11	1系論理ボード Ethernet SW表面	22	2系論理ボード FBC表面

図5 各部品温度上昇許容値と実測値

22箇所測定を行った結果、12箇所温度上昇許容値を上回る温度上昇が見られた。また、2箇所は許容値を10℃以上上回る結果となった。これらは、短期間に行われる「高温試験」、「温度サイクル試験」においては正常な動作を確保することができたものの、長期間の使用においては部品故障率などの信頼性や部品寿命に対して、著しく悪い影響を与えるものと考えられる。

温度上昇は、クロージャ内部の消費電力に比例しており、これを下げることが必要である。そのため、論理基板の一層の集約化と低電圧化を図ることが重要である。具体的には論理基板を構成するCPUマイコン及びメモリ・周辺回路をワンチップ化し、内部コア電圧を低電圧化して低消費電力化することにより約4割程度の消費電力低減が可能と考えられる。

しかし、実測値が許容値を10℃以上オーバーしているイーサネットコントローラに関しては、上記対策では不十分であり、選定部品の見直しや効率の良い放熱フィンの取付が必要である。これらの点は構造設計が必要であり、製品化設計時の反映及び確認事項となる。

6. 結論

大規模駅の施工性向上・工期短縮などを目的として、情報を伝送する光ネットワークと電源ケーブルに接続した小型制御端末により信号機器を直接制御する「ネットワーク信号制御システム」の開発を行った。本研究では、5現示の信号機を制御する小型制御端末の試作を行い、各種試験を実施した。

- (1)基本機能試験・安全性試験により、信号機の制御を確実にフェールセーフに実行できることが確認できた。
- (2)信頼性試験により、各ノイズの影響を受けることなく正常動作を継続できることが確認できた。
- (3)耐環境試験により、想定される線路近傍の環境においても、素子の温度上昇以外においては正常動作を継続できることが確認できた。
- (4)小型制御端末論理基板において各部品の規定値を上回る温度上昇がみられたため、CPUマイコンやメモリ等のワンチップ化による更なる省力化と放熱フィン取付など構造的な熱対策が必要である。

上記対策を実施することにより、信号機以外の信号機器においても、論理部は共通に利用できるため、I/O部の変更により小型制御端末での制御が可能と考えられる。

7. あとがき

本研究に引き続き、一部仕様を変更し製品化を目指した小型制御端末を製作し、昨年度より線路近傍での試験を行っている。試験は順調に進んでおり、今後一号機導入に向けた工事を行ってきたい。