

東日本旅客鉄道(株)京葉線の駅中間論理装置

Inter-Station Logic Controller for Keiyo Line of East Japan Railway Company

岡田 徹也 錦 明生

■ OKADA Tetsuya

■ NISHIKI Akio

鉄道における駅中間の信号設備は沿線に分散して設置され、これらをケーブルで接続して制御を行っている。このケーブル本数は膨大であり、施工や試験、管理の煩雑さが課題となっている。

ケーブル本数を削減し、機器及び機能を集約することで信号設備の信頼性、施工性、及び保守性を向上させるため、東日本旅客鉄道(株)は、駅中間信号設備に情報通信技術 (ICT) を活用した駅中間ネットワーク信号制御システムを開発した。東芝は、このシステムの構成要素の一つで、駅中間の信号制御論理を統合的に処理する駅中間論理装置の製作を担当し、その初号機が2013年7月から京葉線 新習志野駅で実運用を開始した。東芝の信号制御システムとしては、初めて首都圏の過密線区に導入されたもので、安全で安定した列車運行に貢献している。

In conventional railway signaling systems, inter-station signaling devices that are distributed along the railway line are connected to control devices through a large number of copper wires. The increasing number of such wires has been making it extremely complicated for railway workers to construct, inspect, and manage these devices.

As a solution to this issue, East Japan Railway Company has been developing a new inter-station network signal control system to enhance workability, maintainability, and reliability by reducing the use of wires and integrating devices and functions by means of information and communication technology (ICT). Toshiba has developed an inter-station logic controller (LC) as a device that conducts integral processing of inter-station signal control logics, and delivered the first inter-station LC to Shin-Narashino Station on the Keiyo Line. Commercial operation of this LC started in July 2013, and it is contributing to the safe and stable operation of overcrowded railway lines in the Tokyo metropolitan area.

1 まえがき

鉄道には、安全で安定な列車運行が求められている。信号設備はこれを遂行するために不可欠なものであるが、近年、信号設備の信頼性、施工性、及び保守性の向上も求められている。

東日本旅客鉄道(株)は、これらの要求に応えるため、信号設備の制御にICTを活用したネットワーク信号制御システムを開発した。ここでは、このシステムの構成要素の一つで、東芝が製作を担当した駅中間論理装置(以下、中間LCと呼ぶ。LC: Logic Controller)の概要と、京葉線 新習志野駅への初号機の導入について述べる。

2 ネットワーク信号制御システムの概要

2.1 背景

従来の信号設備は、信号機、軌道回路、ATS (Automatic Train Stop: 自動列車停止装置) 地上子などが沿線に分散して設置されている。個々の設備はメタルケーブルで接続されており、電気信号のオン/オフによって制御される(図1)。この場合、設備数に応じた膨大な本数のケーブルを布設する必要があり、施工や管理が煩雑になるという課題がある。また、信号設備の改修を行う場合、接続や確認試験に手間が掛かり、

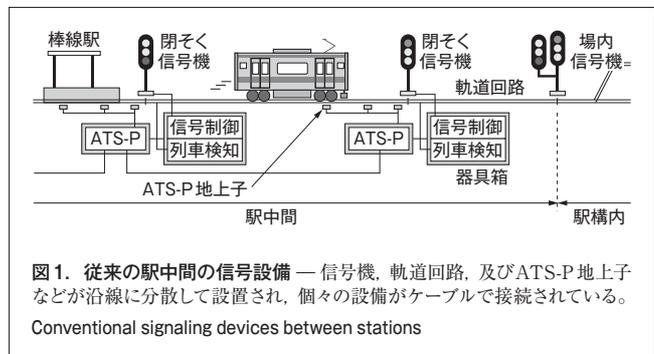


図1. 従来の駅中間の信号設備 — 信号機、軌道回路、及びATS-P地上子などが沿線に分散して設置され、個々の設備がケーブルで接続されている。
Conventional signaling devices between stations

施工ミスが列車運行への悪影響の一因となる場合もある。

これらの課題を解決するため、東日本旅客鉄道(株)は、駅中間の信号制御に対し、従来は沿線に設置していた信号機、軌道回路、及びATS-P (ATS with Pattern: 速度照査パターン式ATS) 地上子の各制御装置を機器室に集約したシステムを中央線の東京駅から高尾駅間に導入し、信頼性と安定性の向上を実現した。しかし、現場設備との接続は機器室から引き回したメタルケーブルを用いるため、ケーブル本数が逆に増える結果となり、施工性や保守性の向上には課題が残った⁽¹⁾。

一方、東日本旅客鉄道(株)では、駅構内の信号設備を対象に駅構内ネットワーク信号制御システムを開発した。これは論理処理部と現場の信号設備を光ケーブルで接続し、データ伝

送して制御を行うシステムで、ケーブル本数の大幅な削減や、施工と管理の簡素化を実現した。このシステムは、2007年2月から武蔵野線 市川大野駅で実運用を開始している。

2.2 目的

前節で述べた課題を解決するため、東日本旅客鉄道(株)は、駅構内ネットワーク信号制御システムの技術を駅中間の信号制御に適用した、駅中間ネットワーク信号制御システムを開発した。このシステムの目的は、次のとおりである。

- (1) ケーブル本数の削減による施工性と保守性の改善
膨大な本数のメタルケーブルによる電圧制御を光ケーブルによるデータ伝送に置き換え、施工性と保守性を改善する。
- (2) 機器と機能の集約による信頼性の向上 分散している制御装置や制御論理を1台の処理装置に集約及び統合し、ハードウェア数を削減してシステム全体の信頼性を向上させる。
- (3) 保守性の向上 従来の駅中間の信号設備は故障情報や保全情報が不十分なため、伝送データにこれらの情報を付加し充実させることで保守性を向上させる。

2.3 駅中間ネットワーク信号制御システムの全体構成

システムの全体構成を図2に示す。このシステムを構成する主要要素と機能は次のとおりである。これらのうち、東芝が担当した範囲は(1)及び(2)である。

- (1) 中間LC 信号機、軌道回路、ATS-P地上子、及び諸設備の制御装置と制御論理を一つに集約した装置で、現場設備から得られた情報をもとに、現場設備を制御する。
- (2) 保守端末 中間LCの保守に用いる端末である。
- (3) 小形制御端末(以下、中間FCと呼ぶ。FC:Field Controller) この端末自体は制御論理を持たず、中間LC

からの制御指示に従って現場の信号設備を制御する。また、現場の信号設備の状態を中間LCに送信する。

- (4) 遠隔監視制御系 システムが生成した状態監視に必要な各種警報や、状態情報(ビットデータ)、及びジャーナル(処理に関するログデータ)を蓄積し、担当者の操作によって表示を行う。

3 中間LCの機能と特長

3.1 ハードウェア

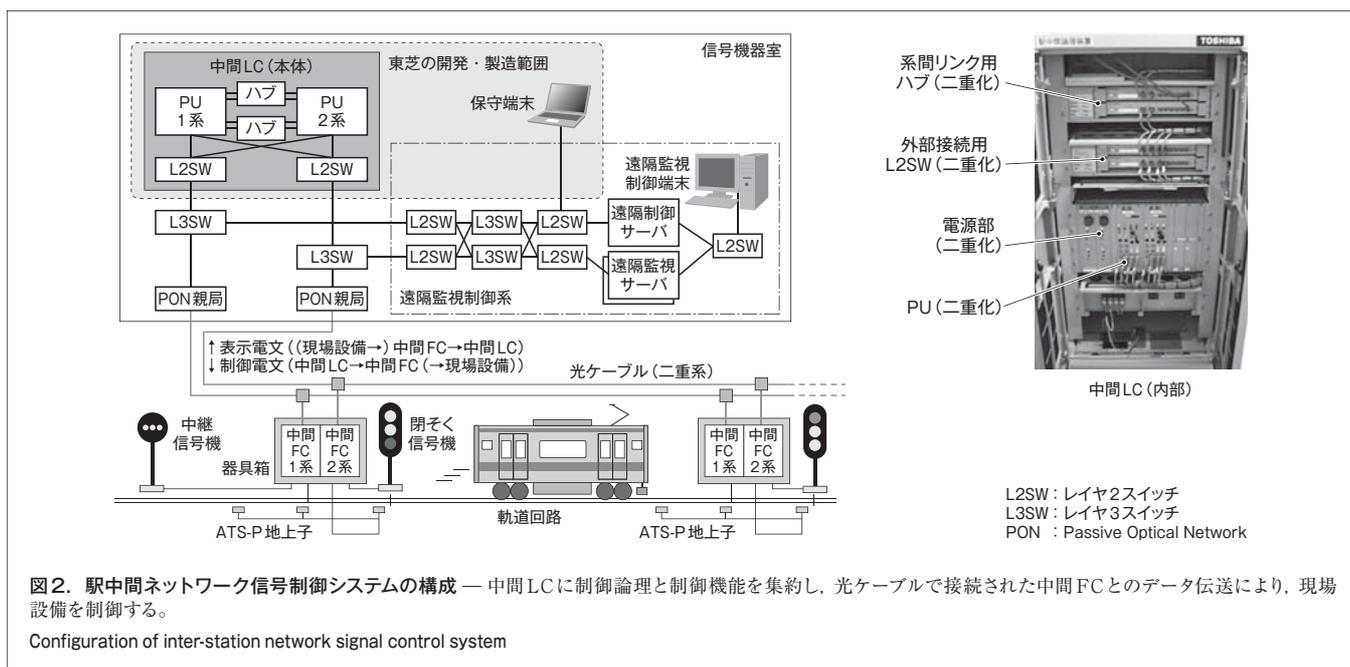
中間LC本体は、600(幅)×475(奥行き)×1,310(高さ)mmのコンパクトなきょう体に収められており、設置スペースを削減した。また、JIS C 0920(日本工業規格C 0920)が規定する防じん・防滴保護等級のIP(International Protection)41レベルを実現した。

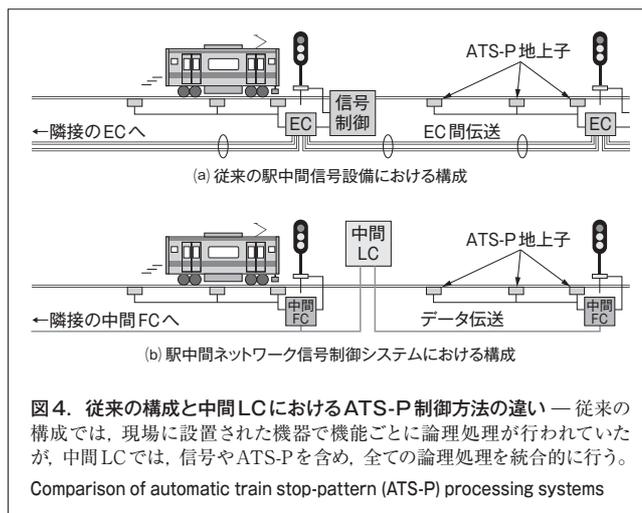
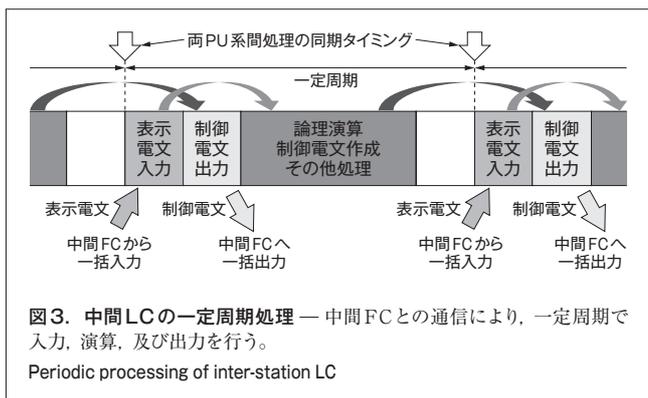
全ての論理処理は論理処理部(Processing Unit:PU)で行う。このPUは、単体でフェールセーフ機能を備えており、処理の異常が発生した場合には、自動的に安全側に制御する(3.2節(3)項を参照)。このPUを二重化した冗長構成にすることで、稼働率を向上させた。

このほか、PUに電気を供給するための電源部、PU系間リンク用ハブ、及び中間FCとの間の伝送経路を冗長化するためのレイヤ2スイッチ(L2SW)を、きょう体に収めている。

3.2 ソフトウェア

- (1) 通信機能 中間FCとの通信により、以下の処理を一定周期で行う(図3)。
 - (a) 表示電文入力 現場設備(軌道回路、ATS地上子)の状態情報である表示電文を入力する。





(b) 制御電文出力 現場設備（信号機，ATS地上子，諸設備）への制御情報である制御電文を出力する。

中間FCや伝送路の障害などが原因で、あらかじめ定められた時間内に表示電文を受信できなかった場合、中間LCはその中間FC配下の設備を安全側に制御する。

(2) 駅中間制御論理の処理機能 表示電文をもとに論理演算と制御電文の作成を一定周期で統合的に行う(図3)。

(a) 軌道回路状態判定 表示電文から軌道回路の落下状態(列車が在線している状態，オン状態)，扛上(こうじょう)状態(列車が在線していない状態，オフ状態)を入力し，列車の在線有無を判定する。

(b) 軌道回路追跡 軌道回路状態判定から，その軌道回路及び隣接する前後の軌道回路状態も取り込み，正常な列車の走行による落下状態又は扛上状態の変化であるかを判定し，列車の在線位置や不正な状態変化を検知する。

(c) 信号機制御(閉そく信号機及び中継信号機) 閉そく信号機は閉そく区間の始端に設置され，その区間への進入可否を示す。中継信号機は，閉そく信号機の見通しの悪い箇所に設置され，閉そく信号機の現示^(注1)を中継する。

信号機制御は，軌道回路追跡で得られた閉そく区間の列車在線有無と，ATS-P制御で得られた現示アップ情報(3.2節(2)-(d)項を参照)に応じて，対応する閉そく信号機と中継信号機の現示制御を行う。

(d) ATS-P制御(地上電文出力及び車上電文入力)

ATS-Pは，万が一，運転取扱い誤りが発生しても列車が停止現示の信号機までに停止できるように，停止現示の信号機までの距離情報を地上電文として地上子から列車に送信し，列車側で自動的にブレーキを制御する装置である。また，列車情報を車上電文として列車側から地上子に送信する。

ATS-P制御機能は，信号機制御の処理結果をもとに地上電文を生成する。また，車上電文をもとに，信号

(注1) 信号の指示内容を表すこと。

機制御機能に列車選別情報(高減速・中減速・低減速列車)を現示アップ情報として提供する。

従来のATS-P制御では，沿線に設置された個々のEC(エンコーダ)内の論理処理と，EC相互間の情報伝送が必要であったが，論理処理を中間LCに集約し統合して設備の簡素化を図り，保守性を向上させた(図4)。

(e) 諸設備制御 諸設備としては，列車接近警報システム，列車接近揭示器，及び接近表示灯などがある。諸設備制御では，指定された制御条件に応じて警報や，点灯，減灯などの制御を行う。

(3) フェールセーフ機能 信号設備は，たとえ異常が発生しても，列車運行の安全性を確保する必要がある。中間LCにおけるフェールセーフ機能は，なんらかの異常を検出した場合，列車が安全に停止できるように，出力を安全側に固定したり処理を停止したりして，危険側出力が行われないようにする。

この機能を実現するための主なチェック項目には次のようなものがある。

- (a) 冗長符号による電文やメモリの整合性チェック
- (b) 入力情報や内部情報などの系間照合
- (c) 処理実行時間の監視
- (d) 系間同期の監視

(4) 保守支援機能 保守端末からの操作により，改修時のソフトウェアの入替えやデータの入替えなどを行う。

また，中間LCには，プログラムとデータのそれぞれについてインストールする面が二つ(現行面及び改正面)あり，動作面を切り換えて処理することができるが，その動作面切り換え処理も，保守端末からの操作によって行う。

(5) 故障情報や保全情報の生成・伝送機能 中間LC内で発生するイベントに応じて故障情報やジャーナルを生成し，システムの保守性を向上する。

これらの情報は，中間LCから遠隔監視制御系に一定

周期で伝送され、そこで蓄積と表示が行われる。

- (6) 活線挿抜・後参入への対応機能 一般的には、冗長系システムの処理装置を交換する場合、片系だけの交換であっても、いったんシステムを全停止させ、電源を切ってから処理装置を交換し、交換後にシステムを再起動させることが多い。しかしながら、信号システムは列車の運行中に停止させるわけにはいかないので、交換作業は深夜の間合い時間に行わざるをえないという制約が生じる。

中間LCでは、PUの片系の交換が必要となった場合、もう一方の系で処理を継続したまま活線状態で交換が可能で、その後自動的に後参入を行い、元の冗長構成に復帰する機能を備えている。このノンストップ保守により、稼働率の向上を実現した。

4 京葉線 新習志野駅への導入⁽²⁾

東日本旅客鉄道(株)は、信号設備の老朽化による取替へと将来的な輸送改善を目的とした、信号設備簡素・統合化プロジェクトを立ち上げた。その中で、京葉線の全区間(東京駅から蘇我駅間の約43 km)に駅中間ネットワーク信号制御システムを導入することになり、初号機の設置が新習志野駅に決定するとともに、当社製の中間LCが採用されることになった(図5)。首都圏の過密線区に当社の信号システムが導入され

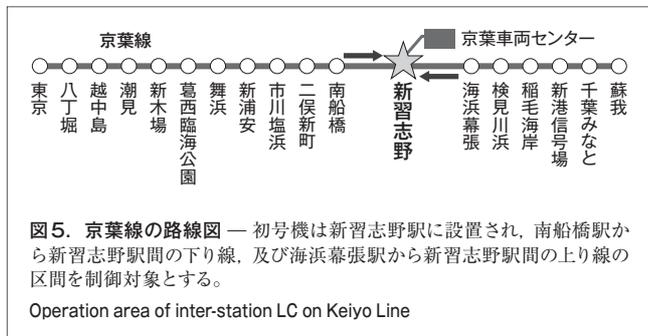


表1. 新習志野駅の中間LCの仕様

Specifications of inter-station LC for Shin-Narashino Station

項目	仕様	
中間LC設置箇所	京葉車両センター MSH	
制御対象区間	南船橋駅→新習志野駅間 下り線	
	海浜幕張駅→新習志野駅間 上り線	
中間FC台数	11台	
制御対象設備	閉そく信号機	下り線2基、上り線3基
	中継信号機	下り線1基
	進路予告機	下り線1基
	軌道回路	下り線3個、上り線4個
	ATS-P地上子	下り線6個、上り線11個
その他入出力	入力17点、出力21点	

MSH: Main Signalling House



図6. 現地に据え付けられた中間LC — 信号機器室内に据え付けられる省スペースなきょう体で、Ethernetケーブルで外部と接続される。
Inter-station LC installed at signal center of Shin-Narashino Station

るのは、今回が初めてである。

中間LCは、2012年10月に現地に据え付けられ、各種試験を経て、2013年7月6日の終電後に既存信号設備から駅中間ネットワーク信号制御システムへの切換え工事が行われ、翌日の7月7日の初電から実運用が開始された。

新習志野駅の中間LCの諸元を表1に示す。また、現地に据え付けられた中間LCの外観を図6に示す。

5 あとがき

京葉線 新習志野駅に設置された、駅中間ネットワーク信号制御システムにおける駅中間論理装置の初号機の実運用が開始された。東芝が製作したこの装置は、データ伝送の概念を取り入れた次世代の信号制御システムを構成する重要なコンポーネントである。

今後、第2号機以降の導入も順次予定されている。東芝は引き続き、より安全で安定した列車運行の実現と、信号システムの革新に貢献していく。

文 献

- (1) 石間礼次 他. 駅中間ネットワーク信号制御システムの開発. JR EAST Technical Review. 36, Summer, 2011, p.27-32.
- (2) 平野善之 他. 京葉線へのネットワーク信号の導入. 日本鉄道技術協会誌. 54, 8, 2011, p.36149-36152.



岡田 徹也 OKADA Tetsuya

社会インフラシステム社 鉄道システム統括部 交通ソリューション&システム技術部主務。駅中間ネットワーク信号制御システムの開発と実運用化に従事。
Railway & Automotive Systems Div.



錦 明生 NISHIKI Akio

東日本旅客鉄道(株) 東京電気システム開発工事事務所 ネットワーク信号担当課長。ネットワーク信号制御システムの実用化に従事。電子情報通信学会会員。
East Japan Railway Co.