

## ネットワーク信号制御システムの開発概要

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 課長（制御設備）  
（現 東北工事事務所 次長）

樋浦 昇



鉄道の信号装置は、これまで電子化などを進めてきましたが、信号機器を直接制御する装置は従来のままであり、信号機器室から各信号機器へ敷設した信号ケーブルを介した電圧制御となっています。そして、このことが、工事施工時のミスに起因した輸送障害が発生する一因となっています。一方、首都圏の信号装置は、設備強化などを進めた結果、故障件数は減少しましたが、復旧に時間を要するケースが多いのも事実です。そこで、信号システムが抱えている課題を抜本的に解決することをめざした信号革新プロジェクトの一環として、ネットワーク信号制御システムを4つのステップに分けて段階的に開発することにしました。本稿では、その開発概要を紹介します。

### 1. 開発の背景

鉄道の信号装置は、電気・電子技術、ネットワーク技術の進展に伴い、電子化、システム化を進めてきました。

例えば、列車輸送管理装置においては、従来の列車集中制御装置（CTC）に代わり、在来線では東京圏輸送管理システム（ATOS）を、新幹線では新幹線総合システム（COSMOS）を開発し導入してきました。

列車進路制御装置においては、従来の継電器（リレー）による継電連動装置に代わり、マイクロコンピュータを駆使した電子連動装置を開発し導入してきました。

列車間隔制御装置においては、従来の自動列車停止装置（ATS）、自動列車制御装置（ATC）に代わり、デジタル情報伝送によるATS-P、D-ATCを開発し導入してきました。

一方、信号機や転てつ機などの信号機器を直接制御する信号制御装置は、従来のままであり、信号機器室から各信号機器へ敷設した信号ケーブル（メタル）を介した電圧制御となっています。このため、設備の老朽化に伴い連動装置などの取替工事を行う場合は、

- ・膨大な量の信号ケーブルを新たに敷設
- ・その数倍にあたるケーブル芯線と信号機器との配線
- ・正しく配線されていることを確認する接続試験

などを長期間にわたって実施しなければならないのが実状です。

そして、このことが、工事施工時のミスに起因した輸送障害が発生する一因となっています。実際、2003年9月の中央線三鷹～立川間連続立体交差化工事において、配線作業のミスなどにより長時間にわたり列車を止め、お客様に多大なるご迷惑をおかけしてしまいました。

一方、首都圏の信号機や転てつ機などの信号装置については、

- ・転てつ機のマグネットクラッチ化、レールとの直結装置の設置
- ・軌道回路の送着導線の強化、絶縁油を用いないオイルレスインピーダンスボンダ化

などの設備強化や汎用電子連動装置の導入などを進めた結果、故障件数は対策前に比べて着実に減少しています。

しかし、転てつ機は故障件数が大きく減少しましたが、軌道回路や連動装置は依然として故障が多く、復旧に時間を要するケースが多いのも事実です。また、ケーブルや電源装置関係の故障は、発生頻度は少ないものの、一旦発生すると故障箇所の特定に時間がかかるケースが多く、輸送影響が大きくなってしまいます。

信号革新プロジェクトとして、上記の対策を具体的に検討した結果、ネットワーク信号制御システム（以下、

ネットワーク信号)の開発を推進することになりました。

さらに、信号トラブルによる輸送影響を極小化するため、駅中間信号設備(信号機、軌道回路、ATS装置)を集中制御化することにしました。

ネットワーク信号は、最新の光ネットワーク技術を活用し、駅構内の信号機や転つ機などの信号機器と信号機器室を光ケーブルで接続し、デジタル情報伝送により信号機器を制御するものです。

これにより、従来に比べてケーブル敷設、配線作業、接続試験などの削減が可能となり、信号工事の施工ミスに起因する輸送障害が減少するものと考えています。図1にネットワーク信号のイメージを示します。

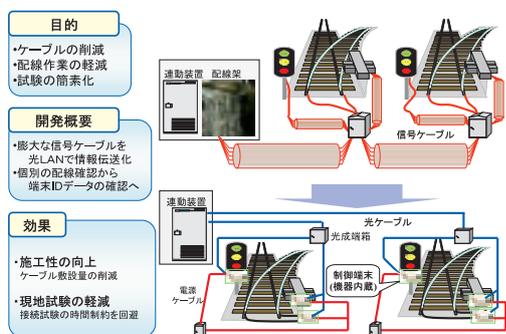


図1 ネットワーク信号制御システムのイメージ

## 2. 開発のステップ

ネットワーク信号は、2004年度から実用化に向けた開発を開始しましたが、早期に実用化を図るため、4つのステップに分けて段階的に開発を進めることにしました。図2に開発ステップ、図3に開発スケジュールを示します。

次に、各ステップでの目的を以下に示します。

### STEP1：駅構内ネットワーク信号

- ・光ネットワーク化によるケーブル削減、施工性向上
- ・デジタル情報伝送による配線作業の軽減
- ・工場内の事前試験による現地試験の軽減

### STEP2：駅中間ネットワーク信号

- ・光ネットワーク化によるケーブル削減、施工性向上
- ・駅中間信号機器の集中制御による信頼性向上
- ・信号機器故障時の早期復旧

### STEP3：駅構内論理装置

- ・装置数削減による信頼性向上
- ・信号機の新設、撤去などに伴う連動改修の容易化
- ・設計業務の軽減

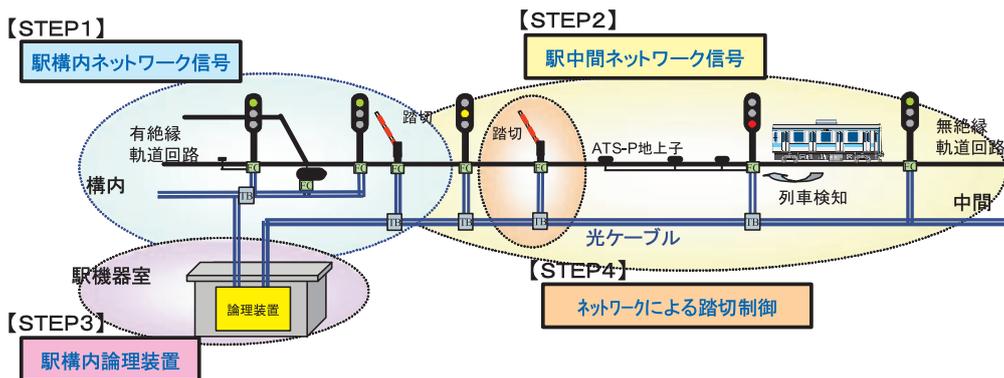


図2 ネットワーク信号の開発ステップ

	2004年度	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度以降
駅構内ネットワーク信号	開発・モニターラン試験					
		1号駅工事	検証		2号駅以降の導入	
駅中間ネットワーク信号		開発・モニターラン試験		改良開発		導入
駅構内論理装置		検討		開発・モニターラン試験		導入
ネットワークによる踏切制御			検討		開発・モニターラン試験	

図3 ネットワーク信号の開発スケジュール

STEP4：ネットワークによる踏切制御

- ・光ネットワーク化によるケーブル削減、施工性向上
- ・踏切の定時間制御、保守用車の短絡走行への対応
- ・高機能化（列車抑止などの異常時運転への対応）

3. 開発の概要

3.1 駅構内ネットワーク信号

3.1.1 概要

駅構内ネットワーク信号は、信号機器室内の信号制御装置と駅構内にある信号機器間で、デジタル化した制御情報、表示情報を光ネットワークにより授受するものです。図4にシステム構成を示します。

信号機器室には、機器室論理部（FCP:Field object Controlled Processor）を設置します。FCPは、連動装置からの制御情報と関連する信号機器の表示情報をもとに、信号機器の制御情報を作成します。

その後、各信号機器に対する制御情報をデジタル化して各信号機器に伝送します。信号機器に内蔵された小形制御端末では、受信したデジタル制御情報と信号機器別の制御方法を定義した定数に従って、信号機を点灯するなどの電気的な制御を実行します。

これにより、現場でのケーブルと信号機器との配線作業、配線作業のチェックを目的とした接続試験が大幅に削減され、施工性が大きく向上します。

3.1.2 開発状況

2004年度から信号機、転てつ機、ATSなどを制御対象とした駅構内ネットワーク信号の開発に着手し、2005年4月から常磐線土浦駅でモニターラン試験を実施しました。具体的には、既設電子連動装置の制御情報を活用してネットワーク信号制御システムを稼動させ、制御性能、伝送性能、耐環境性能などを長期間にわたって検証しました。この結果、所要の性能を満足していることを確認しました。図5にモニターランシステムの構成を示します。

また、2004年度末から、駅構内ネットワーク信号の導入拡大をめざし、線路表示式入換標識（線表）、多進路表示機などを制御可能な小形制御端末の開発に着手しました。そして、2005年4月からは、常磐線土浦駅でモニターラン試験を実施し、所要の性能を満足していることを確認しました。

さらに、現在、駅構内無絶縁軌道回路とそれを制御可能な小形制御端末、転てつ機に内蔵可能な小形制御端末についても開発を進めているところです。

3.1.3 開発成果の実用化

駅構内ネットワーク信号の開発成果をもとに、2007年2月、継電連動装置取替工事に併せて武蔵野線市川大野駅にて駅構内ネットワーク信号を実用化しました。現在、順調に稼動しています。

3.1.4 今後の進め方

今後、市川大野駅での稼動状況を踏まえ、2008年度以

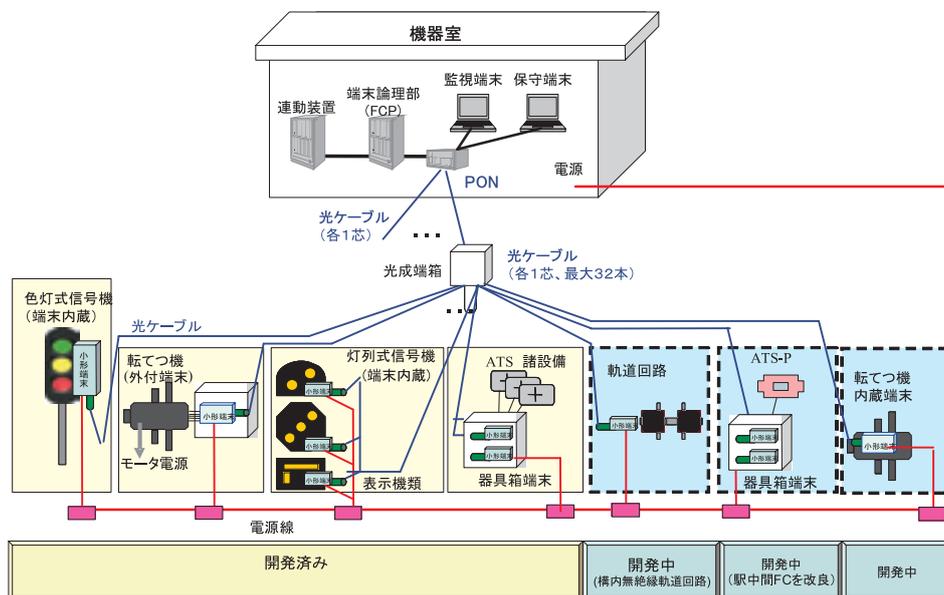


図4 駅構内ネットワーク信号のシステム構成

降、他の駅にも駅構内ネットワーク信号を導入していく予定です。

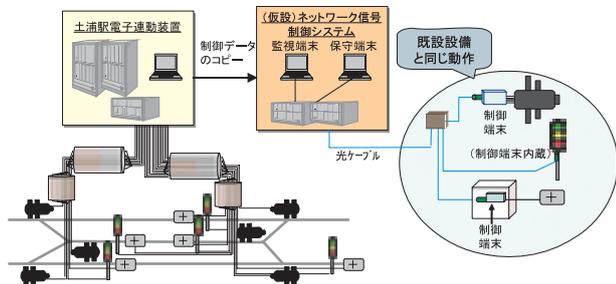


図5 モニターランシステムの構成 (駅構内)

## 3.2 駅中間ネットワーク信号

### 3.2.1 概要

駅中間ネットワーク信号は、駅構内ネットワーク信号の技術を活用し、駅中間信号設備の集中制御化を図るものです。

現在、駅中間信号設備は、信号機、軌道回路、ATS装置などが分散配置されているうえ、主にリレーにより論理を構築しています。このため、以下の課題があります。

- ・設備が一重系のため信頼性が低い
- ・リレー結線論理が複雑
- ・保全、故障情報が不十分

これらの課題を解決するため、中央線東京～高尾間で実施した中央線基本構造改良工事では、駅中間信号設備の制御論理を駅構内の信号機器室に集約し、信号機器室

からケーブルにより信号設備を制御することで課題の解決を図りました。しかし、今まで以上に膨大な量のケーブルを敷設することになりました。

- そこで、駅中間ネットワーク信号では、
- ・光ネットワーク化によるケーブル削減
  - ・信号機器故障時の早期復旧
- などを図ることにしました。

図6に駅中間ネットワーク信号のシステム構成を示します。駅中間ネットワーク信号は、駅中間論理装置 (LC : Logical Controller) で、駅中間小形制御端末 (FC : Field Controller) からの表示情報や連動装置からの情報をもとに、閉そく信号機、ATSの制御情報を作成し、光ネットワークとFCを介して閉そく信号機、ATSを制御します。

また、現状の駅中間信号設備は、閉そく単位に信号制御装置が集中しているので、駅中間ネットワーク信号でも、FCひとつで閉そく単位に信号機、ATS、軌道回路をまとめて制御するようになりました。

### 3.2.2 開発状況

2005年度から閉そく信号機、ATSなどを制御対象とした駅中間ネットワーク信号の開発に着手し、2006年8月から常磐快速線北小金駅付近でモニターラン試験を実施しました。

この結果、制御性能、伝送性能、耐環境性能などが所要の性能を満足していることを確認しました。図7にモニターランシステムの構成を示します。

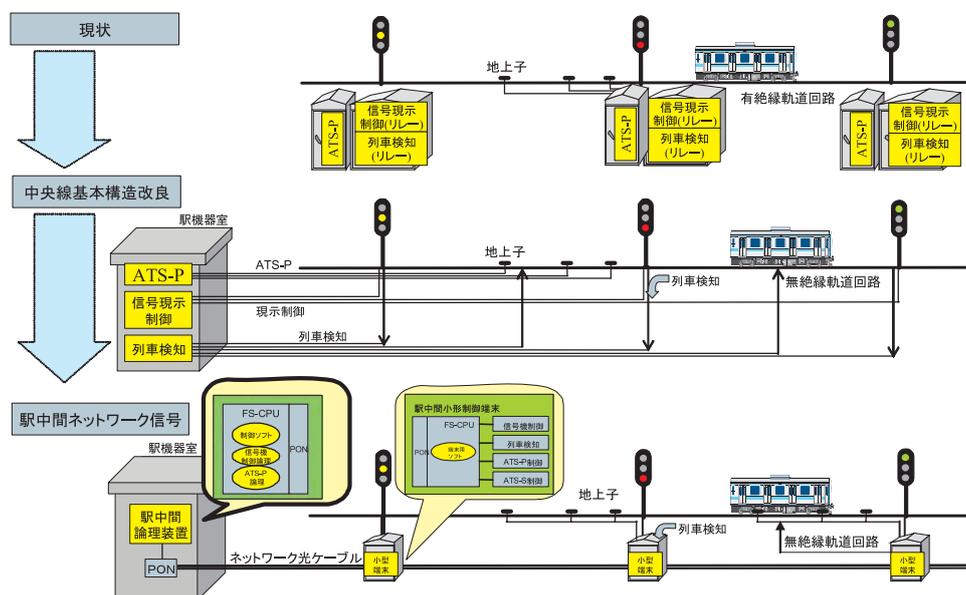


図6 駅中間ネットワーク信号のシステム構成

また、現在、駅中間ネットワーク信号の実用化に向け、さらなる安定輸送の確保、保守性・施工性の向上を図るため、以下の改良開発を実施しています。

- ・監視情報の詳細化
- ・現地での監視情報取得
- ・信号装置故障時の保安度向上
- ・小形制御端末のユニット化
- ・軌道回路故障時の閉そく区間拡大機能
- ・LCが稼働状態のままATS-P電文を変更可能とする機能 など

### 3.2.3 今後の進め方

2008年度以降、駅中間信号設備を集中制御化し信号トラブルによる輸送影響の極小化を図るため、首都圏を中心に駅中間ネットワーク信号を導入していく予定です。

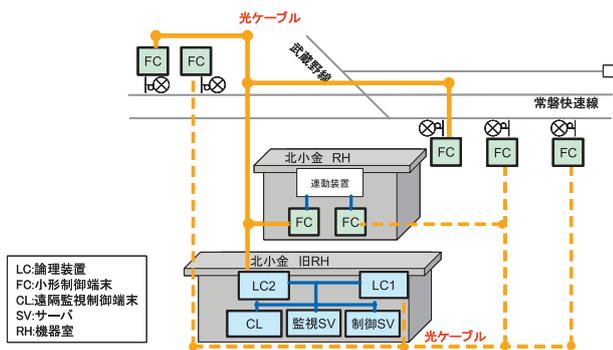


図7 モニターランシステムの構成 (駅中間)

## 3.3 駅構内論理装置

### 3.3.1 概要

ネットワーク信号の開発では、信号設備の制御を電圧制御から光ネットワーク技術を活用したデジタル情報制御とすることで、ケーブル削減、配線作業の軽減、施工性向上、現地試験の軽減などを実現してきました。

一方、駅構内信号設備を制御する論理装置は、連動装置、構内踏切装置、ATS-P装置など機能別の複数設備から構成されており、複雑なシステム構成となっています。そして、このことが、工事設計、論理装置製作・工事施工、保守における煩雑化、稼働率低下の一因となっています。

そこで、駅構内論理装置では、工事設計、論理装置製作・工事施工、保守の各段階における課題を抽出し、それを解決するため以下の開発に取り組むことにしました。なお、図8に開発概要を、図9に駅構内論理装置の統合イメージをそれぞれ示します。

#### ○設計支援ツールの開発 (工事設計段階)

設計業務を軽減するため、各論理装置向けの多種多様な制御表の作成を簡素化するツールを開発します。

#### ○駅構内論理装置の開発 (論理装置製作・工事施工段階)

装置数削減による信頼性向上、連動改修の容易化などを図るため、各論理装置を統合した装置 (制御論理は再構築)、既設信号装置を活用するためのアダプタなどを開発します。

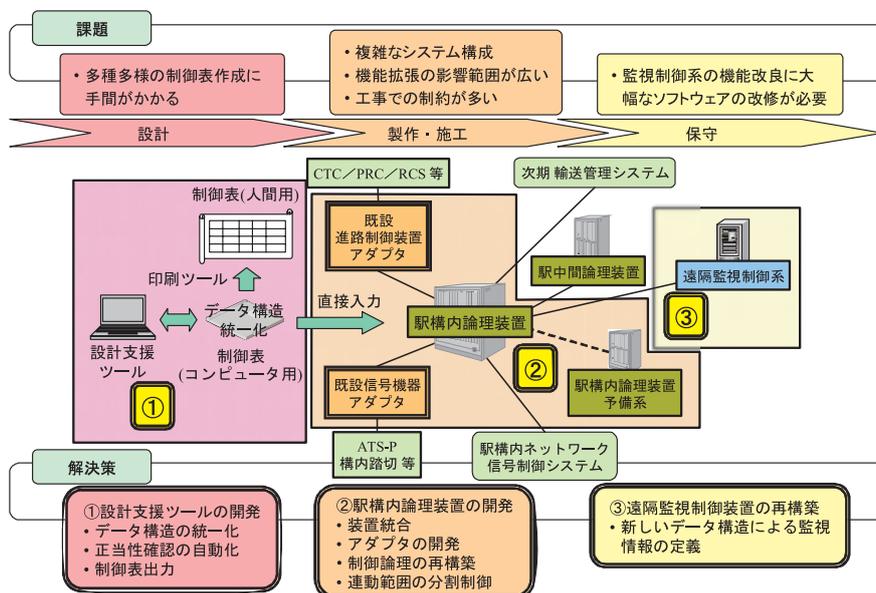


図8 駅構内論理装置の開発概要

## ○遠隔監視制御装置の再構築（保守段階）

機能改良の容易化を図るため、新しいデータ構造による監視装置を開発します。

### 3.3.2 開発状況

2006年度から駅構内論理装置の開発に着手しています。現在、駅構内論理装置、遠隔監視制御装置（再構築）の開発に向け、要求仕様書をもとに機能仕様書をまとめているところです。

### 3.3.3 今後の進め方

今後、機能仕様書により各装置を試作し、2008年度からは、モニターラン試験で制御性能、伝送性能などを確認していく予定です。

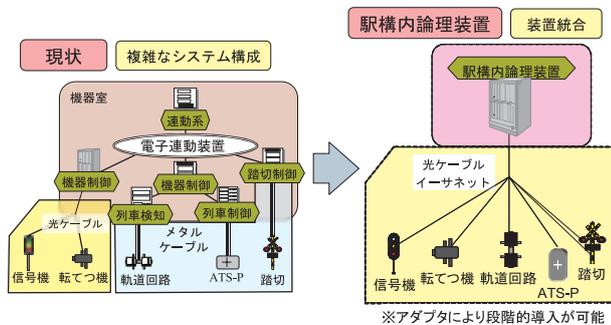


図9 駅構内論理装置の統合イメージ

## 3.4 ネットワークによる踏切制御

### 3.4.1 概要

駅中間踏切設備は、これまで、

- ・保安度向上を目的とした電子踏切制御装置・踏切バックアップ装置（踏切制御子などの列車検知装置が故障した場合、その代替となる装置でATS装置を活用）
  - ・警報時間の適正化（短縮化）を目的とした踏切定時間制御装置（ATSP情報を活用）
  - ・保守作業時間の拡大を目的とした逆線運転支援システム（複線区間で単線運転に対応した踏切制御システム。これにより、営業時間帯であっても、例えば、上線で営業運転をしながら下線での保守作業が可能）
- など、目的に応じた装置・システムを段階的に付加してきました。

しかし、各装置に必要な情報を取得するためには、新たなケーブルの敷設やリレー結線の変更が必要になる場合が多く、コストや安全性の観点からみると課題が多いのが実態です。

ネットワークによる踏切制御は、従来の制御方式によ

らず、駅中間ネットワーク信号のインフラを活用し、駅中間踏切制御の高機能化などを図ることをめざすものです。開発は、以下のとおり、2つのステップに分けて進める予定です。

### STEP1：基本機能の開発

駅中間ネットワーク信号から駅中間踏切を制御するために必要な機能、踏切制御装置の遠隔監視・リセット機能を開発します。

### STEP2：応用機能の開発

踏切定時間制御、保守用車の短絡走行などの保守作業対応、列車抑止などの異常時運転対応などを実現するために必要な機能を開発します。

### 3.4.2 開発状況

現在、駅中間踏切に関するお客様や保守部門のニーズ、ネットワークによる踏切制御で実現可能な機能とその定量的な効果を整理・検討しているところです。

### (3) 今後の進め方

2007年度下期から開発に着手し2008年度末からモニターラン試験を実施していく予定です。

## 4. おわりに

本稿では、開発期間が2004～2009年度までの約6年間となるネットワーク信号の開発概要を、4つのステップに分けて述べました。このうち、駅構内ネットワーク信号については、関係者の絶大なるご協力により、2007年2月に武蔵野線市川大野駅で実用化することができました。

今後も、工事設計、工事施工、保守の各部門のご意見を十分反映させながら開発を実施し、順次、ネットワーク信号を実用化していきたいと考えています。

### 参考文献

- 1) 樋浦昇：ネットワーク信号制御システムの開発、サイバネティクス、VOL.11、No.2、2006