

## 駅構内論理装置の開発



重田 達也\*



丸山 英雄\*



伊藤 大\*



才木 喜徳\*



新堀 洋平\*\*



国藤 隆\*

ネットワーク信号制御システムの開発では、信号設備の制御を電圧制御から光ネットワークを活用した情報制御とすることで、ケーブル削減、施工性向上、試験の簡素化を実現した。一方で、信号設備を制御する論理装置は、連動装置、ATS-Pなど、機能別に存在し複雑なシステム構成となっており、このことが工事設計、施工、保守の煩雑化、稼働率低下の一因となっている。

そこで、信号設備を制御する論理装置を統合し、信号システム全体の信頼性、施工性、改修に対する柔軟性などの向上を図ることを目的として、駅構内論理装置の開発・試作を行った。信号機器室に設置される各論理装置を統合化した装置を開発するとともに、開発システムを既設連動駅に仮設し、制御論理および制御タイミングなど実用化に向けた検証を行った。さらに、実用システムを開発するにあたり、実運用上の課題の明確化と解決手法の検討を行った。

●キーワード：ネットワーク、信頼性、安全性、連動、ATS、構内踏切

### 1. はじめに

近年直通運転の拡大や列車運転本数の増加などの輸送改善へのニーズが高まっている。このような輸送改善のニーズへの対応には信号システムの改良が発生する。また一方で、多くの連動装置が更新時期を迎えており今後数年間で多くの連動装置を取り替えていかなくてはならない。しかしながら、信号システムは高い安全性、信頼性を確保するという観点に主眼を置き設計されているため、施工や改良が行いやすいシステムとはなっていない現状である。

信号工事の施工性向上、すなわち工期短縮と品質向上の両立を目的として、現場信号機器制御の情報化・ネットワーク化によって、システム構造の簡素化、および変更に対す

る柔軟性向上を実現する、新しい信号制御システム（ネットワーク信号制御システム：以下、NW信号）の開発に取り組んできた。NW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を活用した情報制御とすることで、ケーブル削減、施工性向上、試験の簡素化などを実現してきた。

一方、信号設備の制御内容を決定する論理制御装置は、連動装置、ATS-Pなど機能別に存在しており、複雑なシステム構成となっている。このことが、工事設計、施工、保守の煩雑化、稼働率の低下の一因となっている。

そこで、信号システム全体の信頼性、施工性、改修に対する柔軟性などの向上を図るために駅構内の信号システムを構成する論理制御装置を統合して各信号システムの論理制御

表1 信号制御システムの課題と解決方向性

No.	課題	具体的事例	解決の方向性
1	施工量が膨大で、しかも、施工品質の確保が難しい	<ul style="list-style-type: none"> <li>ケーブルの敷設、配線、接続確認の作業量が膨大である</li> <li>作業に大変な手間がかかる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネットワーク信号制御システムにより解決済</li> <li>ネットワーク化によるケーブル敷設・配線作業の大幅削減</li> <li>情報制御方式による接続試験の大幅簡略化</li> </ul>
2	システム全体として信頼性を確保するのが難しい	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大な輸送障害に繋がるシステム障害要因が多く潜在している</li> <li>多種多様な装置間インタフェースへの対応が困難である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>システム構造での対策</li> <li>1組のFSコンピュータへすべての制御機能を統合</li> <li>2重系同時稼働方式の採用</li> <li>インタフェースをEthernet・TCP/IPに統一</li> </ul>
3	設計者の負担や設計の手戻りが増大している	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計内容の是非（意図した処理か否か）を設計者が直感的に判断しにくい</li> <li>連動や踏切などの機能間で、設計や処理が統一されていない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御論理での対策</li> <li>個別機能に点在する同一目的の類似処理（例：列車追跡）を、システム全体で共有可能なよう、統合・共通化</li> <li>データ・定数での対策</li> <li>制御データの形式を正規化し、改修時の影響範囲を機械的なデータの突合せにより解析可能とする</li> </ul>
4	現地で行わなければならない機能試験が多数残存している	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場での事前確認が不可能あるいは困難な試験が存在する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部制約の極小化</li> <li>外部システムの構内LCへの段階的取り込みを可能とし、現地での機能確認試験をさらに軽減</li> </ul>
5	システム保守（特にソフトウェア保守）を行う時間の確保が困難	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地現場での改修や試験に要する十分な時間を確保できない</li> <li>システム改修のためのシステム停止が非常に困難である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>システム継続稼働を前提とした改修方法の実現</li> <li>ソフトウェアを部分的に機能停止・改修を可能とするソフトウェア管理方法</li> <li>ソフトウェア改修の段階で、システムを稼働させつつ、異なるバージョンのソフトウェアの一時的な混在を可能とするオンライン改修機能</li> </ul>
6	システム構築・改修に関わるコストが増大傾向にある	（本課題は、上記1～5の課題に対応することにより解決されていく）	—

を1台の装置で実現する駅構内論理装置の開発に取り組んでいる。本稿では駅構内論理装置の開発についてこれまでの開発状況と、今後実用化に向けての開発方針について述べる。

## 2. 駅構内論理装置の開発コンセプト

### 2.1 信号制御システムの課題と解決方向性

現状の信号制御システムが抱えている課題について分析を行い、解決すべき大きな課題を6種取り上げ、これらの課題について具体的な事例と課題解決の方向性を検討した(表1)。

表1の課題No.1についてはNW信号の開発により解決済みであるが、No.2から6については依然、課題として残っている。中でも、No.2については複雑なシステム構成とインターフェースに起因する輸送障害が発生していること、No.3については設計の正当性チェックを人間の注意力に頼ることにより負担・手戻りが増大していることから、特に重大な課題であると考えた。

そこで、「各種論理制御装置の統合化によるトータルシステムとしての信頼性向上」、および「制御論理実現方式の再構成による設計の簡素化」を主たるコンセプトとして定め、駅構内論理装置(以下、構内LC)の開発を行った。

### 2.2 開発スケジュール

構内LCの開発スケジュールを図1に示す。構内LCは2007年度より試作システムの開発に着手し、2008年度～2010年度にモニターラン試験および制御論理の検証を実施した。2010年度より実用化開発としての調査開発(実用化仕様検討)を実施し2011年度より本格的に実用化開発をスタートする予定である。

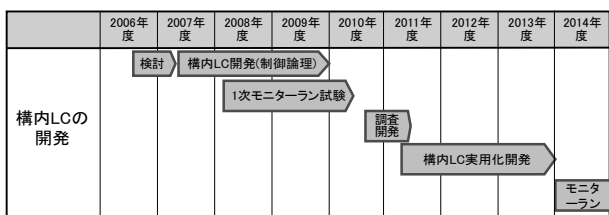


図1 構内LCの開発スケジュール

## 3. 開発の概要

構内LCの開発項目を以下に示す。

### (1) トータルシステムとしての信頼性向上

従来機能別に設けられていた、論理制御装置を1組の高信頼、かつ高性能なハードウェアに統合する(図2)。これにより、従来信頼性を確保するうえでボトルネックとなっていた多くの論理装置群とそれらの装置間インターフェースが削減され

る。また、あわせて多重系装置相互間の構成制御機能が簡素化され、構成制御に関わる不都合を解消することができる。

また、論理制御装置の構成はフェールセーフ構成としたコンピュータの並列2重系構成とすることで、多数決論理による出力照合・構成制御を廃し、稼働率上のボトルネックとなる各系共通部を減らすことで稼働率向上を図っている。

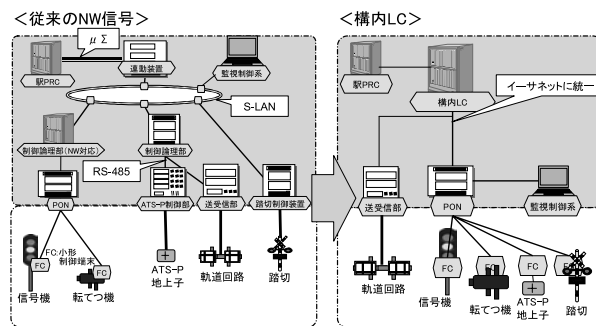


図2 論理制御装置の統合化

### (2) 設計量の軽減

連動、ATS、踏切など、従来別々に構築されていた制御論理を共通の基盤上で再構成し、データ改修、機能改修時の影響範囲の局所化、明確化が可能なソフトウェア構造とする。また、実用化に向けて必要なデータを作成するための設計支援ツールを作成し、制御論理データを一元的に管理し設計にかかる労力の低減を図る。

### (3) 現地機能試験の簡素化

制御論理を1箇所へ統合することで、従来現地で行っていた異なる信号装置間の接続試験などを工場内でツールを用いて行うことで現地試験の簡素化を図る。

### (4) 工事費全体のコストダウン

論理装置の統合や2重系並列構成化によるハードウェア点数の削減、データの一元化とツールによる制御データの作成、現地試験の工場内試験化などにより、トータルシステムでのコストダウンをめざす。

## 3.1 駅構内論理装置の開発

### 3.1.1 システム構成

構内論理装置の主としてハードウェアおよび制御論理の検証を行うためシステムの1次開発を行なった。システムのNW信号システムの周辺装置を含めた全体構成を図3に示す。本システムは、大きく構内LC論理装置ブロック、構内LC小形制御端末ブロック、統合化監視制御系ブロック、他システムIFブロックの4つのブロックに分けられる(図3)。各ブロック間の接続IF、および各ブロック内の装置間の接続IFはすべてイーサネットIF(IP接続)に統一している。それぞれのブロックは異なるネットワークセグメントを割り当てることにより、ブロッ

ク間で不要なデータが授受されないようコントロールしている。各ブロックの構成を以下に示す。

(1) 構内LC論理装置ブロック

構内論理装置の固定系（並列、2重系）で構成され、駅構内の制御論理を一括して処理する。

(2) 構内LC小形制御端末ブロック

LC-FC間の制御/表示電文、FC-統合化監視系間の監視制御電文を伝送するPONネットワーク、および信号機構内に蔵されLCの制御電文にもとづき現場信号機器の制御を行うFCから構成される。

(3) 統合化監視制御系ブロック

本システム、および今までに開発された構内NW信号、駅中間NW信号の遠隔監視・保守機能を統合した遠隔監視制御システムである。システムなどの動作状態を蓄積する遠隔監視サーバ、システム機器への遠隔保守要求を処理する遠隔制御サーバ、マンマシンIFである遠隔監視制御端末から構成される。

(4) 他システムIFブロック

従来の信号装置へのIFを担当するブロックで駅中間NW信号あるいは隣接構内LCとの軌道回路装置やNW信号でない駅中間信号装置との接続を相手装置に応じてリレーやRS-485あるいはイーサネットで行う。イーサネット以外で接続する装置についてはIFを変換する装置を開発してそれを介して接続を行うことで構内LC本体との入出力はイーサネットに統一する。

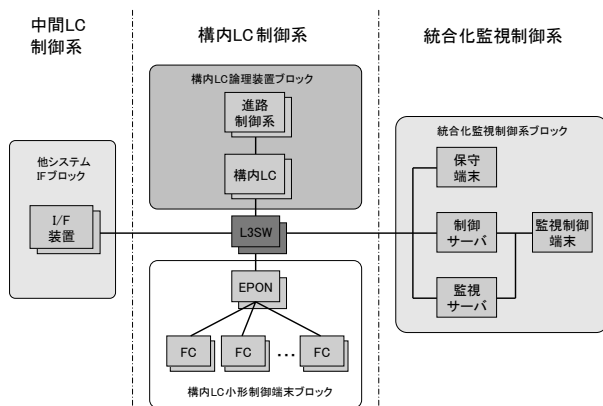


図3 構内LCと周辺装置のシステム構成

3.1.2 制御データベースによるデータの共有化

従来の信号機器では制御に必要な情報を装置間の通信でやり取りしていた。そのため各装置で制御に必要な情報を保持しており、同じデータを複数の論理装置で持っている。

構内LCでは論理装置を1台の装置に集約しているため、各制御論理で、制御に用いる情報を個別に保有することは

非効率的である。そこで、各処理共有の制御データについては、システム内に共通で保持し各処理は共有データの情報を読み書きすることで機能間の制御情報のやり取りを行う構造を採用した。(図4)これにより各機能で重複して同じデータを持つ必要が無くなり、重複処理を排除することが可能となる。また、論理間の情報のやり取りは共有データを介する形で一元化することができるため、従来のシステムのように装置ごとにIF仕様を決め、駅ごとに情報のbit割を決めていく必要がない。

論理装置の統合と共有データの採用により機能間で共有しているデータを一意的に見ることが可能となり、どの論理処理から同一の情報を同じ方法で得ることが可能となる。

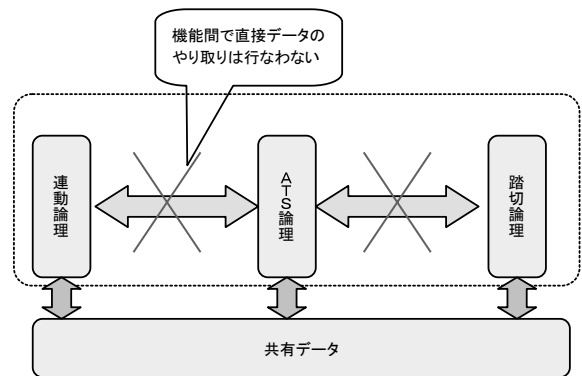


図4 共有データを用いたデータ構造

3.1.3 システムの信頼性

従来のNW信号と構内LCの信頼性ブロック図を図5に示す。従来のNW信号は、既存の電子連動装置（301型）を用いて、できるだけ新規開発を少なくしたため、直列システムの構成となっている。それに対して、構内LCは、装置を統合して機器室論理部（FCP）とその上位の連動論理部（FX）の処理を構内LCによって行う構成としている。構内LCでは、301型電子連動装置+ネットワーク信号制御システムに対して、故障率を約5分の1に低下することができることがわかった。これは、信号情報制御ネットワーク（S-LAN）と現場機器制御論理部（ACP）がなくなったことにより、部品点数が削減された効果である。

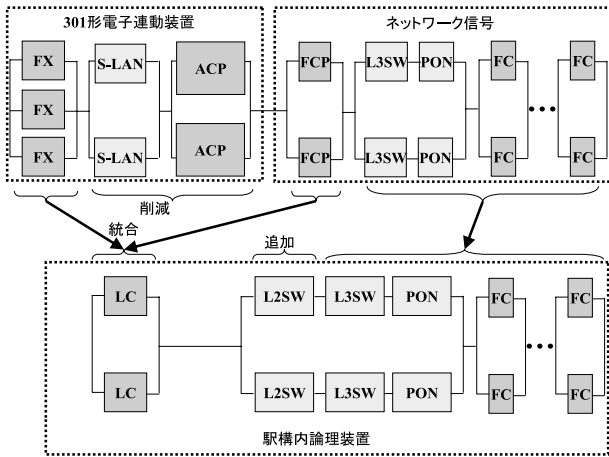


図5 信頼性ブロック図

## 4. 駅構内論理装置の試作・評価

3章で開発した駅構内論理装置について試作および評価を行った。信頼性、モニターランおよびシミュレーターを用いて行った制御論理についての評価を述べる。

### 4.1 モニターランによる制御論理の検証

既存の連動装置と試作した構内LCの制御出力およびタイミングを比較することで、今回開発した制御論理の妥当性を検証するためのモニターラン試験を行うこととした。

#### 4.1.1 モニターラン試験による検証方法

篠ノ井線南松本駅、および東北本線岩沼駅においてモニターラン試験を実施した。モニターラン試験の制御比較対象設備を表2に示す。

構内LCで進路設定・信号制御を行うためには、継電連動装置の進路設定条件、列車在線情報を構内LC側へ伝達する必要がある。また、継電連動装置と構内LCの制御タイミングを比較するためには、継電連動側の信号機、踏切、ATSなどの制御結果を取得する必要がある。今回のモニターラン試験では、これらの条件をリレー接点（接点に余裕のない箇所は電流センサ）により取得している。

表2 モニターラン試験の制御比較対象設備

モニターラン対象設備		南松本	岩沼
進路・てこ	場内・出発信号機	16 進路	20 進路
	入換標識	76 進路	119 進路
	照査てこ	4 進路	なし
ATS-S 地上子		22 個	27 個
踏切警報進路	下り・上り	10 進路	10 進路
	入換	なし	12 進路

モニターラン試験による検証は、構内LCで開発した制御論理による結果と継電連動装置の制御結果をそれぞれ比較装置に取り込み、制御出力が変化した時刻を比較することで実現している（図6、図7）。

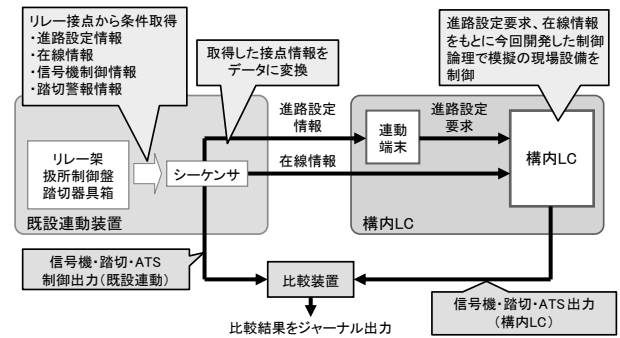
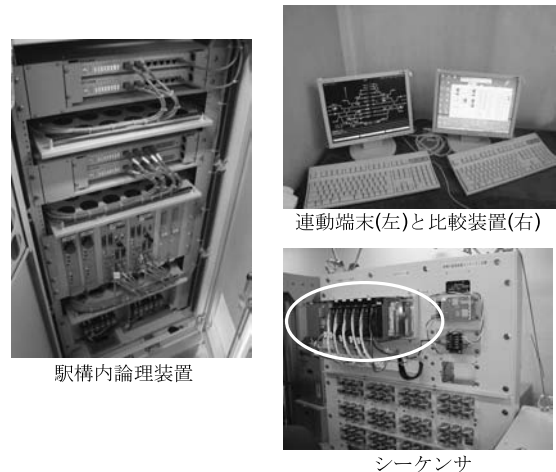


図6 モニターラン試験の概念



駅構内論理装置

シーケンサ

図7 モニターランシステムの構成機器

#### 4.1.2 モニターラン試験の評価

モニターラン試験は2008年6月より継続して実施している。試験開始当初は不具合などの発生もあったが、対策後は構内LCの制御論理に起因する新たな不具合は発生しなかった。モニターラン試験の評価期間については、連動・ATS制御・踏切制御機能を導入後とし、南松本では2009年6月27日から2009年9月9日まで、岩沼では2009年12月4日から2010年1月31日までとした。この期間における設備の総変化数と不一致発生回数を表3に示す。

表3 不一致事象の発生状況

	南松本		岩沼	
	総変化数	不一致件数	総変化数	不一致件数
連動機能	139,476	647	61,452	3,679
ATS 制御機能	128,728	29,836	98,877	6,883
踏切制御機能	13,616	28	25,372	15

表4 不一致事象の評価

制御機能	事象内容	評価
連動機能	①動作タイミングのずれ（模擬設備（転てつ機）の動作タイミングが異なり不一致発生）	既設条件の取込、継電連動との仕様の相違(*)に起因する不一致であり、構内LCの機能仕様には問題ない。
	②シーケンサの制限（シーケンサの取込タイミング遅れによる不一致）	
	③継電連動との仕様の相違（進路鎖錠解錠タイミングの相違による不一致）	
ATS制御機能	①仕様の不一致（構内LCでは、ロング地上子までの経路が開通していなければ無条件に警報解除する仕様）	ロング地上子制御の仕様相違、入換標識のATS制御対象有無による不一致であり、構内LCの機能仕様には問題ない。
	②条件表の不一致（構内LCのATS-S制御表には入換標識の指定をしており、入換標識の開通によっても警報解除され不一致となった）	
踏切制御機能	①継電との動作上の違いによる制御不一致（上り通過進路における警報終止条件の相違）	継電連動との仕様の相違(*)に起因する不一致であり、構内LCの機能仕様には問題ない。

(\*) 構内LCの機能仕様は汎用電子連動を基本としている。継電連動と汎用電子連動の仕様の相違は既知であり、構内LCの機能仕様として問題ないと判断した。

不一致事象については発生原因を調査し、構内LCの機能仕様見直しの必要性について検討し評価を行った。不一致事象の内容と評価を表4に示す。

今回発生した不一致に関して、構内LCの機能仕様の見直しを必要とする事象は発生しておらず、継電連動との仕様の相違についても、構内LCの動きとして妥当であると考えられる。

#### 4.2 シミュレーションによる制御論理の検証

モニターランによる評価検証では、南松本駅と岩沼駅に存在しない運用については、妥当性が十分に検証されており、さらに過去の汎用電子連動装置導入の際には、開発当初に想定しなかった運用などに対応させるため機能改修を行った事例もある。そこで、構内LCをさまざまな駅へ展開したときの課題の有無を、テストケースにより検証した。

##### 4.2.1 制御論理検証の進め方

構内LCの制御論理検証の流れは以下のとおりである。最初に検証の対象となるテストケースの抽出を行い、これをもとに机上検証を行い、実用化に向けた制御論理の課題の有無の判断を行う。列車走行や時素などの動的検証を行わないと判断できないケースについては、横須賀線逗子駅と東北本線小金井駅をモデル駅として、実機シミュレーターを使用した工場内システムで検証を行った。

#### 4.2.2 テストケースの抽出

##### (1) 連動機能

連動図表の記載方を基にして、鎖錠欄、信号制御欄、進路区分鎖錠欄などの記載についてテストケースを抽出し、今回の構内LCの機能仕様で対応可能か検証を行った。そのほか、過去に汎用電子連動を導入するにあたり、開発当初の機能仕様では対応できず、機能改修を行った事例についても検証を行った。

##### (2) 踏切制御機能

踏切制御図表の記載方を基にして、警報条件、終止条件などの記載について考えられるテストケースを抽出し、検証を行った。そのほか、過去の踏切無しや断事故事例、踏切無しや断対策、代用でこ取扱、追跡異常時の踏切制御について構内電子踏切との比較検証を行った。

##### (3) ATS制御機能

ATS-S、ATS-P装置について、これまでに301形電子連動装置を導入した全駅のATS-S制御表、ATS-P制御表の記載からテストケースを抽出した。ATS-Pについては、過去に設計ミスなどにより輸送障害を発生させた事例についても検証を行った。

##### (4) 諸設備制御機能

他駅制御点、自動放送、列車接近掲示器、後部開通表示灯、TC型列車接近警報装置を対象とし、ATSと同様、301形電子連動装置を導入した駅の諸設備制御表からテストケースを抽出し、検証を行った。

#### 4.2.3 シミュレーション検証結果と評価

検証の結果として、構内LCの制御方式に起因する課題が数件抽出されたが、何れも対策の目途がたっており、構内LCの制御論理については、現在の仕様で実用システムを開発することに問題はないと考える。

#### 4.3 コストの評価

構内LCのハード費用について、30進路の駅を例として303形電子連動と比較する。303形電子連動はFxr、FCP、ACPといった複数のFSコンピュータで構成されているが、構内LCではこれらを一組のFSコンピュータに統合したことから、連動装置本体のコストダウンを図ることが可能となる。さらには、ATS-P機能を統合したことにより、機器室内に設置する機器全体のコストで約1割のコスト削減となる。ただし、施工を含めた工事費は、支障移転の有無や夜間作業間合といった外的要因に左右されるため、具体的な箇所別の評価が必要となる。

## 5. 実用化に向けての課題と解決策

試作した構内論理装置の制御論理について、従来システムと動作比較の結果、概ね同じ動作することが確認された。また、稼働率の向上、コストダウンについても一定の効果が見込めることから駅構内論理装置の実用化に向けた開発に着手することとし、実運用の際に想定される課題とその解決方法について検討を行った。ここでは、その検討内容を紹介する。

### 5.1 機能ごとの処理分割とデータ構造

構内論理装置では連動機能、ATS機能、踏切制御機能、諸設備制御機能を一つの論理装置に統合している。一つの装置に機能を統合するための論理については、これまでに述べたように、モニターラン・実用化検証により基本的に問題は無いことを確認した。また、装置統合によりハードウェア点数の削減による信頼性の向上やコストダウンが図れることを確認した。

しかし一方で、一つの装置に複数の論理機能を統合したことにより、保守を行う際や不具合が発生した際の影響範囲が大きくなっていくことが想定された。特に、連動装置が停止してしまうと、線路閉鎖などの保守作業の設定に支障が生じるため、他の保守作業が出来ない。従来より連動装置の改修と他の保守作業との競合の調整に苦慮している状況であり、連動機能が停止することを極力防止する必要がある。

そこで、ソフトウェア構造の見直しと、現地ソフトウェア改修機能の見直しを検討した。

#### 5.1.1 改修・不具合時の影響範囲

保安装置のソフトウェアは安全性を最重要視する観点からあらかじめ決められた処理順序で動作するように作成されており、一つの論理装置上で動作するプログラムはすべて一つにまとめたシングルスレッドを基本としている。試作した構内論理装置のソフトはシングルスレッドで作成しており、連動、ATS、踏切、諸設備の各機能およびこれらの機能の制御データが一つのプログラムとして構成されている。

しかし、構内論理装置のソフトウェアがシングルスレッドで構成されていると以下のような不都合が生じると考えられる。

##### (1) ソフト改修時の影響範囲の拡大

ソフトが一つで構成されているため、部分的な改修であっても全体を再構築しなくてはならない。また、全体を再構築することに伴い確認試験範囲が拡大する。

##### (2) 各機能の不具合が他の機能に波及する可能性の増大

シングルスレッドで構成した場合、各機能の独立性が無い

ため、他機能のデータを自由に読み書きすることができる。そのため、ソフトウェアに不具合が生じた場合に、他機能のデータや、場合によってはプログラムそのものを破壊してしまうことがソフトウェア構造上有り得る。

##### (3) 軽微な改修作業時の影響範囲の拡大

例えばATS-Pの電文を変更するような場合、従来システムであれば当該のATS-Pエンコーダーを停止し電文ROMを交換すればよいため影響範囲は限定されるが、構内論理装置の場合は装置全体の停止となりかねない。

### 5.1.2 機能単位の処理分割と独立性の確保

改修や不具合の影響範囲を当該機能に限定するためには、機能ごとの独立性を高めることが必要であるため、構内論理装置の実用化開発においては、機能ごとに論理処理をサブシステムとして分割したソフトウェア構造を採用することを検討する。(図8)

サブシステム間の独立性を確保するため各サブシステムをタスクとして生成し、サブシステム同士が直接互いにアクセスできないようにする。

そのように保護しておくことで、万一ソフトウェアにバグがあった場合やその他の不具合があつて論理処理が不正動作した場合でも、他の論理処理のプログラムやデータを改変することは出来ないため、他の機能に不具合が波及することを防止できる。

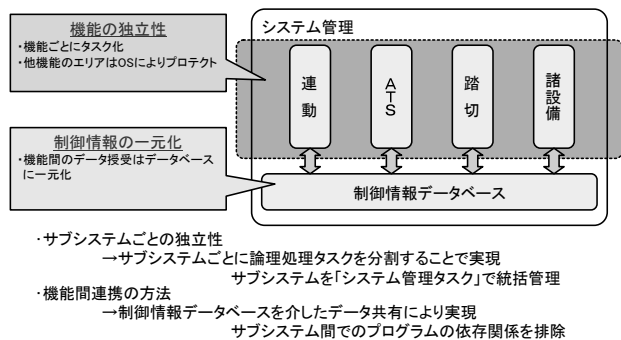


図8 処理分割したソフトウェア構造

また、試作システムで採用した共有データを進化させた制御情報データベース（DB）を設け、サブシステム間のすべてのデータのやり取りは制御情報DBを介して行う構造を考案した。制御情報DBには各論理サブシステム間で共有するデータのほか、各サブシステムの動作状態を記録する。このような構造とすることで、各論理サブシステムの独立性が高まり依存関係が排除されるため、改修を行う際に、改修内容に応じてソフトウェア再構築や試験の範囲を限定することが可能である。

通常マルチタスク構成とした場合、CPUの利用効率を向上させるため、実行中のサブシステムが一時的に待ち状態に入ると次の優先順位のサブシステムに処理が移る。しかしながら、保安ソフトウェアにおいては、安全性の確保の観点から各処理があらかじめ定義された順序で動作することが求められる。そこで、構内LCにおいては各論理処理サブシステムの管理はシステム管理サブシステムが一元的に行うこととして、あらかじめ規定された順序で各サブシステムを起動するとともに、処理が待ちに入った場合でも別のタスクに制御が移行しないよう監視を行う。

## 5.2 システムの保守性向上

論理処理を機能ごとにサブシステムに分割して、タスクとして構成することで、システムの保守性を向上させるためにサブシステム単位に処理を停止（切離し）することが可能となる。メンテナンスの際や異常時にシステム管理を介してサブシステム単位で処理を切離すことができる。この際、システム管理は各サブシステムの動作状態を制御情報DBに記録する。動作中のサブシステムは制御情報DBを参照することで、サブシステムの停止を検知することができる。（図9）

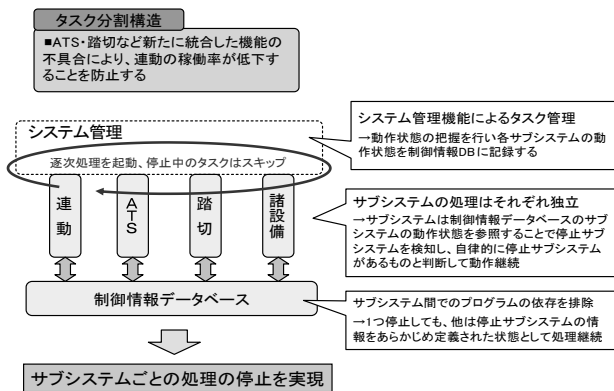


図9 システムの保守性向上

## 5.3 ソフトウェアの無停止改修の実現

信号保安装置においては、安全性確保の観点から、多重系で構成された系間で制御情報や、ソフトのバージョン情報の交換を行っており、これが違うと判断した場合制御を停止するようになっている。このためソフトの改修を行う際は、動作を継続したまま改修を行おうとすると不一致を検知してしまうため、一旦システム停止して改修を行っている。しかし、連動装置が停止すると先に述べたように影響が非常に大きいため、システム停止を伴わない改修について検討を行った。

### 5.3.1 LC メンテナンスモード

従来よりフェールセーフシステムに採用されている3重系の2 out of 3構成の場合、複数系の出力の一致を監視することによりフェールセーフ性の担保を行っているため、各系のバージョンの不一致は許されない。一方、構内LCで採用しているフェールセーフ構成のコンピューターによる2重系構成の場合、フェールセーフの担保は片方の系のみで行えるため、一時的にバージョンの不一致を許容する「LCメンテナンスモード」を設け、これによる無瞬断でソフト改修を行う機能の実現を検討した。

LCメンテナンスモードの定義は以下のとおりである。

- (1) 主系と従系のプログラムバージョン不一致を許容
- (2) 従系の上位装置・下位装置への制御出力を停止
- (3) 主系・従系の入替えを無瞬断で実行
- (4) 対系への制御を行わない
- (5) 自動系切替を禁止
- (6) 設定された保守作業は引継ぐ
- (7) LCメンテナンスモードの解除は、主系と従系のプログラムバージョンの一致、もしくは主系以外の系が存在しないことが条件

### 5.3.2 LC メンテナンスモードによる無停止改修

LCメンテナンスモードを用いたソフトウェア改修のフローを図10に示す。



図10 ソフトウェア改修フロー

まず①でLCメンテナンスモードを設定することで、主系のみの制御出力となる。②で従系のソフト改修を行った後に③で系切換を行うことで、旧従系からの制御出力となり、この時点で新ソフトからの出力となる。系切換は無瞬断で行われるため、ソフトウェアの切換を無瞬断で行うことが可能となる。但し設備データの割付が変更となる線形変更を伴う改修の際は、データの引継ぎが出来ないため、従前どおりシステム停止によって改修を行うこととなる。

## 5.4 設計支援ツールによる設計業務の軽減

構内LCでは改修に対する柔軟性の向上を目指しているが、現状の信号制御システムでは、改修時の影響範囲の特定がしづらいため、改修工事で設計者が作成する各種制御表作成には相応の労力を要する。さらに、これらの制御表間の記載内容の整合性チェックも人間の注意力に頼っているため、設計の負担が増大している。

そこで、構内LCでは制御表に記載された項目間の関連を機械的に抽出できるよう、設計支援ツールを作成し、これにより関連するデータの自動抽出を行うことで設計業務の軽減を図る。

これまでに帳票類の一元管理を可能とする設計支援ツールの開発を行ったが、実際の設計者の業務の支援につながるユーザーIFなどの開発は今後の課題である。

## 6. まとめ

信号システム全体の信頼性、施工性、改修に対する柔軟性などの向上を図ることを目的として、駅構内論理装置の試作機の開発を行った。開発した機能について、制御論理の検証として南松本駅と岩沼駅で継電連動との制御結果を比較対照するモニターラン試験、およびシミュレーターを用いた検証試験、コストの検討を行い良好な結果が得られたため実用化開発に着手した。

実用化にあたって保守性の向上など運用面の課題の明確化を行い、実用機開発に向けその解決策の検討を行った。今後は今回策定した方針に従い実際に実用機の開発に取り組んでいく。

### 参考文献

- 1) 国藤, 西山, 遠藤, 才木, 福井; 駅構内ネットワーク信号制御システムの開発, JR EAST Technical Review, No.28, pp.19-26 (2009)
- 2) 伊藤, 国藤, 岡田, 橋本; 改良工事に柔軟な信号システムの開発, 第47回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 609 (2010)
- 3) Kunifuji, Saiki, Masutani and Matsumoto; "Reliability of the IP Network-based Signal Control System and the Integrated Logical Controller," FORMS/FORMAT 2010, Part 2, pp.117-124, (2010)
- 4) 西山, 岡田; 駅構内論理装置の開発, JR EAST Technical Review, No.20, pp.35-37, 2007
- 5) 北原文夫, 宮崎孝俊, 渡辺敬一郎; 東京圏輸送管理システムにおける新電子連動装置, 鉄道と電気技術, Vol.5, No1, pp.25-30 (1994)
- 6) IEC62280-1 RAILWAY APPLICATIONS -COMMUNICATION, SIGNALING AND PROCESSING SYSTEMS.2002, IEC
- 7) 国藤, 平野, 菅原, 渡部, 江田; 「IPネットワークを基盤とした保安制御システムの安全性・信頼性設計」, 信頼性学会秋季シンポジウム, 2005-10
- 8) 国藤, 平野, 西山, 松本; 「汎用IPネットワークを活用した信号制御システムの安全性について」, 電子情報通信学会, 安全性研究会, 2007-10