

構内ATS-P用小形制御端末の開発



林 貴文*



才木 喜徳**



伊藤 大***



重田 達也*



国藤 隆*

現在開発を進めている駅構内論理装置（構内LC）は、信号システムにおいて機能別に存在している連動装置、ATS-Pなどの装置を統合し、信号システム全体の信頼性の向上、設計及び現地試験の簡素化、工事費全体のコストダウンを開発コンセプトとしている。

構内LCは従来のATS-P機能を装置の一部として持つため、既存のATS-Pエンコーダに代わる装置として、ATS-P用小形制御端末の開発が新たに必要となる。本稿ではATS-P用小形制御端末の開発状況と、今後実用化に向けての開発方針について述べる。開発したATS-P用FCの基本的な機能については、評価試験により良好な結果を確認した。

●キーワード：ネットワーク信号制御システム、駅構内論理装置、小形制御端末、ATS-P

1. はじめに

ネットワーク信号制御システムは2007年に市川大野駅にて1号機が使用開始となっている。この技術を駅中間の信号機、軌道回路、ATS-Pなどに応用した駅中間ネットワーク信号制御システムは2011年にモニターラン試験を終え、実用化段階に入っている。

現在開発を進めている駅構内論理装置（構内LC）は、信号システムにおいて機能別に存在している連動装置、ATS-Pなどの装置を統合し、信号システム全体の信頼性の向上、設計及び現地試験の簡素化、工事費全体のコストダウンを開発コンセプトとしている。

構内LCは従来のATS-P機能を装置の一部として持つため、既存のATS-Pエンコーダに代わる装置として、ATS-P用小形制御端末の開発が新たに必要となる。

本稿では、ネットワーク信号制御システムにおける構内LCの概要を説明し、その中のATS-P用小形制御端末の開発について述べる。そして、ATS-P用小形制御端末の評価試験の結果、及び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（構内LC）の概要

2.1 開発のコンセプト

構内LCの開発のコンセプトを以下に示す。

(1) シンプルかつ信頼性の高いシステム

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1）。これにより、従来信頼性を確保する上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フェースが削減される。また、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。

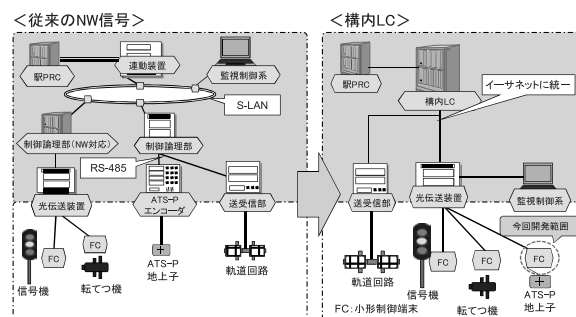


図1 論理制御装置の統合化

(2) 設計の負担軽減

信号制御システムの設計では作成すべき図表類が多く、設計者は図表の詳細な記載方法を熟知していることが求められる。そこで、システムを構築する際の図表類の作成支援、整合性チェック及びバージョン管理などの機能を有し、図表類作成業務の簡素化と品質向上をめざした設計支援ツールを作成する。

(3) 現地機能試験の簡素化

制御論理を1箇所に統合することで、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による設計量の削減、現地試験の工場内試験化による夜間作業回数の削減などにより、トータルシステムでのコストダウンをめざす。

2.2 小形制御端末（FC）について

構内LCと現場設備の間は光ネットワークで接続されている。信号機、転てつ機等の現場設備を制御するためには、構内LCからの制御情報を受け、現場設備に対して電氣的にフェールセーフな制御を行う装置が必要となる。

この装置は小形制御端末（以下、FC）と呼ばれ、信号機用FC、転てつ機用FCなど、設備毎に開発が進められている。3章以降でATS-P用FCの開発について取り上げ、装置構成、機能などの開発状況、及び今後の開発方針について述べる。

2.3 開発スケジュール

構内LCは2007年度より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及び制御論理の検証を実施している。その後、2010年度から実施した調査開発を受けて2011年度より実用化開発に着手している。

実用化開発の中で行われる総合試験の結果を踏まえ、2013年度末に実用化判定を行う予定である。図2に構内LCの開発工程を示す。



図2 構内LCの開発工程

3. ATS-P用小形制御端末(ATS-P用FC)の開発

先行して開発が進んでいる駅中間ネットワーク信号制御システムにおいては、閉そく信号機単位で現場に設置する駅中間小形制御端末（中間FC）の開発が完了している。中間FCは、駅中間論理装置（中間LC）からの制御に従い、閉そく信号機、軌道回路、ATS-Pなどを制御するものである。

本稿で記述するATS-P用FCは、駅中間ネットワーク信号制御システムの技術の一部ベースとしながら、構内LC用に新たに開発したものである。ATS-P用FCの開発は、2008年度にソフトウェア主体の試作、試験において良好な結果を得ている。今回、上位装置である構内LCの開発が進み、ATS-P用FCの導入条件、コスト目標、施工方法等が深度化されたことから、更なる小形化、適用範囲拡大、コストダウンを目的として実用化開発を行った。

3.1 システム構成

図3にATS-P用FCが使用されるシステム全体構成を示す。構内LC及び通信経路であるL2SW、L3SW、光伝送装置は2重系の構成となっている。ATS-P用FCについても2重系の構成となっており、論理部1系、論理部2系、IO部1系、IO部2系を持つ。

論理部は、光伝送装置とのインターフェースを持つ伝送系と、フェールセーフCPUの論理系を持った論理ユニットから構成され、ATS-P用FCのソフトウェアで実現する機能の全てを担う。IO部は、論理部からの制御を受け、ATS-P地上子との通信を行う。論理部とIO部は、図3に示す通りに櫛がけの接続をしており、それぞれの論理部は、IO部1系及びIO部2系の両方と通信が可能である。

現場設備のATS-P地上子は基本として既設のものをを用いるため完全な2重系には対応していない。そのためATS-P地上子は、1系/2系の一方から制御されることとなる。ATS-P用FCは、1系/2系のどちらかが、出力系/非出力系となりATS-P地上子への制御を行う。

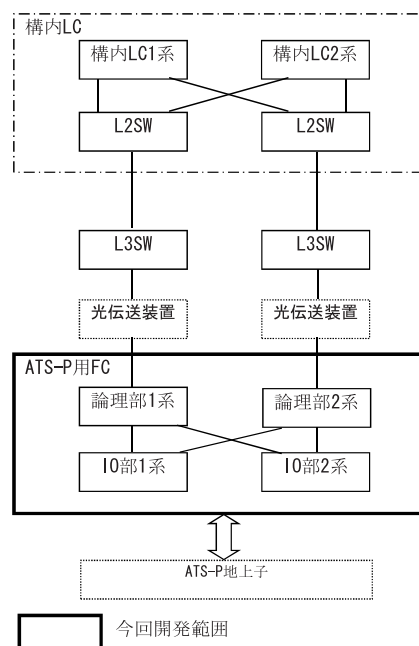


図3 ATS-P用FCのシステム全体構成

3.2 ブロック構成

図4に開発したATS-P用FCのブロック構成を示す。論理部は論理ユニット1系、論理ユニット2系で構成される。IO部は最大で4組のATS-Pユニットを実装することができる。図4はATS-Pユニットを最大4組として構成した例である。ATS-Pユニット1組とは、ATS-Pユニット1系、Trユニット（トランスユニット）、ATS-Pユニット2系の3ユニットをまとめた組を指す。

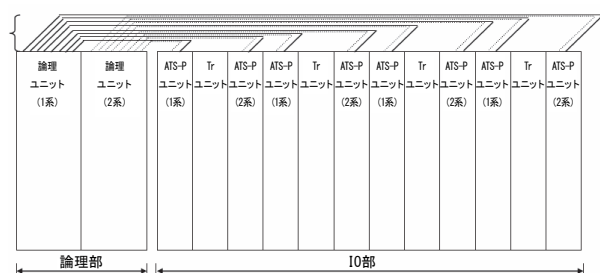


図4 ATS-P用FCのブロック構成

図5にATS-P用FCのブロック外形を、図6に器具箱に収納した実装図を示す。ATS-P用FCは機器室（屋内）及び、器具箱（屋外）のどちらにも設置することができる性能を持っている。導入する駅の規模や線形などに応じて、設置箇所を選ぶことができる。

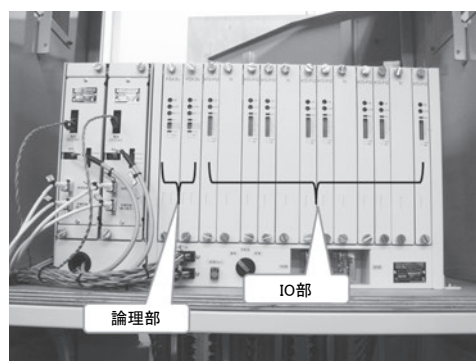


図5 ATS-P用FCのブロック外形

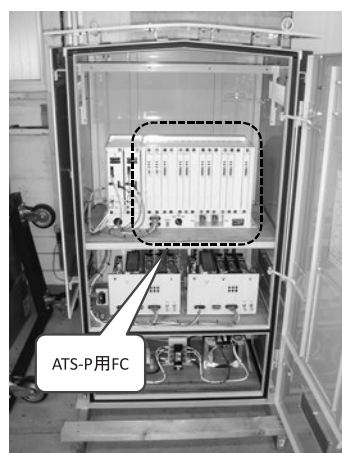


図6 ATS-P用FC器具箱実装図

3.3 設置環境条件

表1に設置環境条件を示す。使用周囲温度、湿度はネットワーク信号制御システムで定めている標準的な数値とした。入力電源の範囲をAC90V～AC242Vとすることで機器室設置、器具箱設置のどちらにも対応できるようにした。瞬停対策は20msとし、それ以上の条件が必要な場合は電源部に外部バッテリーを接続して対応する構成とした。

表1 設置環境条件

項番	項目	条件
1	設置場所	屋外または機器室
2	使用周囲温度	-10℃～+60℃
3	使用周囲湿度	90%以下 但し、結露なきこと
4	電源電圧	AC90V～AC242V（器具箱設置時）/ AC90～AC110V（機器室設置時）
5	瞬停	20ms以下

3.4 機能

ATS-P用FCの基本的な機能について以下に示す。

(1) 電文送受信

構内LCより受信した制御電文に従って、ATS-P地上子を制御する。また、ATS-P用FCは自身が制御する設備の状態を表示電文として構内LCに送信する。

(2) 制御可能な最大地上子数

1組のATS-Pユニットで12地上子までの制御が可能である。ATS-P用FCは1ブロックあたり4組のATS-Pユニットを実装できるため、12地上子×4組＝最大48地上子の制御が可能である。

(3) 制御電文の合理性チェック

構内LCより受信した制御電文に対して合理性チェックを行う。CRCチェック、通番チェックなどを行い異常時にはデータを破棄してジャーナルを出力する。

(4) 遠隔監視サーバとのインターフェース

ネットワーク信号制御システムの監視装置である遠隔監視サーバと接続するインターフェースを持つ。これによりATS-P用FCは故障情報、状態情報を遠隔監視サーバに送信する。

(5) 遠隔制御サーバとのインターフェース

遠隔操作により装置リセットや系切替等を行う遠隔制御サーバとのインターフェースを持つ。

(6) 保守機能

ATS-P用FCの保守（FCの取り付け、取り外し、接続試験）を行う保守端末とのインターフェースを持つ。ATS-P用FCは、「常用モード」、「端末保守モード」、「停止モード」の3種類の動作モードを持ち、保守端末より必要に応じたモード変更を行うことができる。「端末保守モード」においては、接続試験やプログラムのダウンロードを行うことができる。

(7) 地上子送信停止機能

ATS-P用FCのブロックに、「地上子送信停止」のハードSWを設け、このSWを扱うことにより、ATS-P地上子に送信停止電文を送信する。使用開始前（工事の施工期間、モニタラン試験等）において、ATS-P地上子に電文を送信する必要が無い場合に使用する。

3.5 故障発生時の構成制御

故障発生時には、正常状態を維持するための構成制御、及び、出力系/非出力系の切替が行われる。また、一過性と想定される故障が発生した場合は、自動リセットが行われる。これらの機能により高い稼働率を実現している。

3.6 コストダウン・小形化

ATS-P用FCは上位装置である構内LCに合わせて、2重系の構成を基本としており、このことがコストアップの1つの要因となっている。そこで、部分的に1重系の構成を採用し、コストダウンを行う方法を検討している。

(1) Trユニットの共通化

信頼度計算を十分にを行い故障率が低いことを確認した部品を共通化することができれば、コストダウン及び小形化に繋がる。本開発ではATS-Pユニットの構成において、故障率の低い重畳Trに着目して共通化を検討した。

図7に重畳Trが2重系の構成を、図8に共通化した構成を示す。共通化した構成においては、重畳TrはATS-Pユニットから切り離し、1つのTrユニットとして構成した。両者を比較し、故障率の検討を行った結果、図8に示したTrユニットを共通化した構成においても、十分な信頼性が示せたため、図8の構成とし、重畳Trを共通化してコストダウンと小形化を実現した。

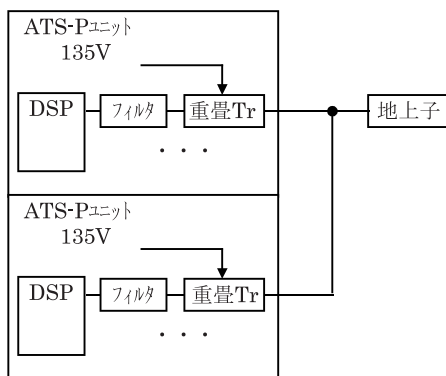


図7 ATS-Pユニット（重畳Tr：2重系）

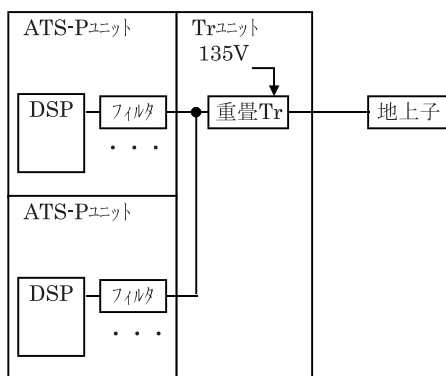


図8 ATS-Pユニット（重畳Tr：1重系）

(2) IO部の共通化

ATS-P用FCの構成のうち、IO部に着目して検討を行った。IO部を通常の2重系から1重系とすれば、稼働率は減るが、コストダウンに繋がる。今後、導入する箇所については、線区の列車本数や駅の規模などを総合的に考慮した場合、コストダウンのメリットを重視するケースが想定される。

ATS-P用FCは、論理部、IO部で櫛がけの構成となっているため、論理部は2重系としたまま、IO部のみを1重系とした構成が可能である。稼働率を重視する場合は、IO部2重系を選択し、コストダウンを重視する場合は、IO部1重系を選択するなど、状況に応じた構成を採用することができる。

4. ATS-P 用 FC の評価試験

3章で開発したATS-P用FCについて、評価試験を行なった。評価試験を行うにあたり、上位装置である構内LC、遠隔監視サーバ、遠隔制御サーバは模擬装置を使用した。ATS-P地上子は48地上子分の模擬装置を用いて、最大制御数の地上子を接続して試験を行った。

評価試験としては、機能試験、安全性試験、性能評価試験、環境試験を行い、結果は良好であった。以下に、各種試験の詳細を示す。

4.1 機能試験

ATS-P用FCの機能仕様を満たしていることを確認することを目的として機能試験を行った。

試験項目に対しては、模擬装置のジャーナル及びユニットのLED表示等により確認を行った。表2に試験の主な項目及び結果を示す。

表2 機能試験

No.	試験項目	概要	結果
1	現場機器制御機能	ATS-P制御、IO部制御機能の確認	良
2	保守機能	保守端末機能、取替えスイッチ扱い、IO部故障クリアスイッチ扱い等の確認	良
3	系間通信	通信タイミング、無通信監視と合理性チェック等の確認	良
4	システム管理	WDT監視、系切替回路情報入力、構成制御、自動リセット機能等の確認	良
5	上位装置インタフェース	構内LC、保守端末、遠隔制御サーバ、遠隔監視サーバ間インタフェースの確認	良

4.2 安全性試験

ATS-P用FCの装置故障が危険側の制御に繋がらないことを確認することを目的として安全性試験を行った。

論理ユニット、ATS-Pユニットに試験用の回路を接続することで、部分的な装置故障を発生させて試験を行った。表3に試験の項目及び結果を示す。

表3 安全性試験

No.	試験項目	概要	結果
1	(論理ユニット) リセット、システムスタンバイ、クロック故障	リセット、システムスタンバイ、クロック信号が故障した場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良
2	(論理ユニット) 比較回路故障	比較回路の信号が故障した場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良
3	(論理ユニット) 系切替部故障	系切替のリクエスト信号が故障した場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良
4	(論理ユニット) 通信I/F部故障	系間伝送、論理部・IO部間通信の信号が故障した場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良
5	(論理ユニット) システム入出力部故障	システム入出力の信号が故障した場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良
6	(論理ユニット) 論理部・伝送部ローカルバス故障	論理部及び伝送部のローカルバスが故障した場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良
7	(論理ユニット) 伝送部メモリ故障	伝送部の各メモリが故障した場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良
8	(ATSPユニット) 地上子電源回路及びリレー故障	地上子の電源制御回路及びリレーにショート・オープン故障を発生させた場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良
9	(ATSPユニット) 地上子IF制御回路故障	地上子IF回路が固定故障した場合、異常を検出し安全側に制御することを確認	良

4.3 性能評価試験

ATSP用FCの処理性能を確認することを目的として性能評価試験を行った。模擬装置、ロジックアナライザ、LANアナライザ、メモリハイコーダ等により確認を行った。表4に試験の項目及び結果を示す。

表4 性能評価試験

No.	試験項目	概要	結果
1	制御電文受信、表示電文送信応答時間測定	構内LCからの制御電文を受信してから表示電文を送信するまでの時間が仕様通りであることを確認	良
2	制御電文の周期乱れ時の受信処理	構内LCからの制御電文受信周期が150ms～250ms間で乱れたときに制御電文を正常に受信できることを確認する	良
3	大量パケットの受信	L3SWに蓄積された制御電文が一度に大量に送信されたときに正常に動作することを確認	良
4	処理時間測定	各タスクの処理時間が設計範囲になることを確認	良

4.4 環境試験

ATSP用FCの環境性能を確認することを目的として環境試験を行った。表5に試験の項目及び結果を示す。

表5 環境試験

No.	試験項目	概要	結果
1	電源投入	仕様電圧範囲内で電源を投入した際に装置が確実に立ち上がることを確認	良
2	消費電流測定	仕様電圧範囲内での装置の消費電流を測定	良
3	突入電流測定	電源投入時の突入電流を測定	良
4	過電圧入力試験	装置電源に過電圧を入力しても異常の無いことを確認	良
5	電源電圧変動試験	電源電圧が変動した時、装置が正常に動作を継続することを確認	良
6	交流電圧ディップ・瞬停試験	電源電圧のディップ、瞬停に対して装置の動作に異常が無いことを確認	良
7	絶縁抵抗測定・耐電圧試験	装置および部品の絶縁抵抗測定を行い異常が無いことを確認	良
8	耐電圧試験	装置の耐電圧を確認	良
9	サージノイズ試験	サージノイズの侵入により装置が誤動作しないことを確認	良
10	静電気ノイズ試験	装置が静電気ノイズによって誤動作しないことを確認	良
11	高速バーストノイズ試験	装置に高速バーストノイズが侵入しても正常に動作することを確認	良※1
12	電磁妨害エミッション試験	装置からの不要輻射ノイズレベルを測定	良※2
13	無線周波数放射ノイズ試験	規定された電界強度の放射電磁界内において装置が正常に動作することを確認	良※1
14	無線周波数磁界によって誘導された伝導妨害イミュニティ試験	150kHzから80MHzまでの意図された無線信号機から放射される電磁妨害に対し装置が正常に動作することを確認	良※1
15	電力周波数磁界イミュニティ試験	電力周波数による磁気妨害がある環境において装置が正常に動作することを確認	良
16	パルス磁界ノイズ試験	装置がパルス磁界内で正常に動作することを確認	良
17	温度変動試験	装置および部品が規定された温度範囲内で正常に動作することを確認	良
18	温度サイクル試験	急激な温度変化の繰り返し状態においても、装置及び部品に異常が発生しないことを確認	良
19	湿気試験	仕様に規定する湿度の元で、装置に異常が無いことを確認	良
20	振動耐久試験	振動によって装置に異常が生じないことを確認	良※3
21	衝撃耐久試験	衝撃によって装置に異常が生じないことを確認	良
22	ルーズコンタクト試験	軽い衝撃によって電氣的な接続部分や取り付けに異常をきたさないこと、動作状態に異常が生じないことを確認	良

※1背面パネルのコネクタ付近にクランプコアを取り付ける条件下で試験結果が良

※2筐体の側面パネルと背面パネルの隙間を塞いで導通を取った条件下で試験結果が良

※3通信関連の異常ジャーナルが単発で数回発生したが、振動耐久試験後の装置は正常に動作したため試験結果は良とした

5. 実用化に向けての開発方針

ATS-P用FCについて、実用化に向けての開発方針を以下に示す。

5.1 エンコーダ通信用ユニットの開発

ATS-P装置は隣接するエンコーダ (EC) との伝送により列車情報を取得し、踏切の警報時間の適正化や、列車性能に合わせた現示アップを行っている。

本稿で開発したATS-P用FCと既設ATS-Pエンコーダとの接続について、既存のインタフェース装置であるATS-P伝送装置を利用する計画であったが、既存の装置を介さず直接接続する技術的用途がたつたことから、通信ハードウェアを新規に開発し、導入コストの低減を図ることとした。

図9にATS-P用FCにおけるエンコーダ通信用ユニットの開発概要を示す。ATS-P用FCと既設ATS-Pエンコーダとが直接通信可能な通信ハードウェアを開発することで、中継する伝送装置を不要とする。既設ATS-P伝送装置が不要となることで、設備点数の削減による保守性の向上、及びコストダウンが実現できる。

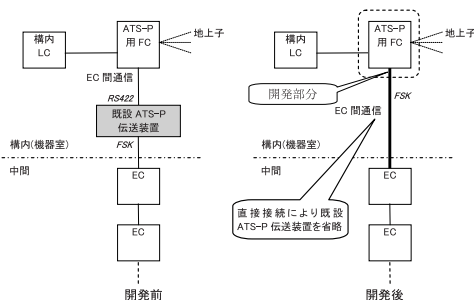


図9 エンコーダ通信用ユニットの開発

図10にATS-P用FCにエンコーダ通信用のユニット (ECIFユニット) を実装した場合のブロック図を示す。ECIFユニットは2重系の構成であり、IO部に実装される。IO部は最大で4組実装可能であるため、1ブロックあたり最大で4組のECIFユニットを実装できる。なお、1ブロックのなかには、ATS-PユニットとECIFユニットを混在することができる。図10の例は、ATS-Pユニット3組、ECIFユニット1組の構成例である。この場合、ATS-P地上子は3組×12=最大36地上子制御、ECIFユニット1組で4chの通信が可能である。

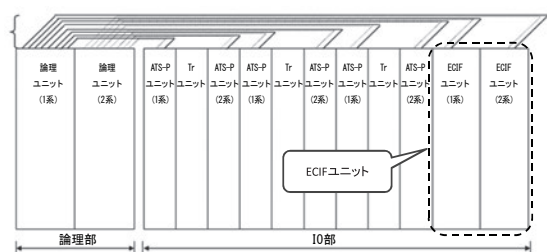


図10 ATS-P用FCのブロック構成 (ECIFユニット実装時)

図11にECIFユニットの開発工程を示す。2013年6月より試験を行い、本稿で開発したATS-P用FCとの接続試験、及び構内LCと組み合わせた総合試験を行い、評価を行う予定である。

開発項目	2012年度						2013年度											
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
ECIFユニットの開発	▽設計																	
			▽製作															
							▽試験											
															▽評価			

図11 ECIFユニットの開発工程

5.2 機器室設置用の筐体設計

本稿で開発したATS-P用FCは、1ブロック (48地上子制御) の単位であるが、駅の規模によっては48地上子を超える制御が必要となる。そのため、複数ブロックの収容が可能な筐体の設計を行っている。

筐体は、通信装置であるL2SWを含む場合の2ブロック収容型と、L2SWを含まない3ブロック収容型の2種類を検討している。今後は、機器の発熱量を考慮し、最適な実装方法、サイズを決定し、設計を進めていく。

6. まとめ

本稿では、構内LCシステムにおいて導入されるATS-P用FCの開発状況を述べた。開発したATS-P用FCの基本的な機能について、評価試験により良好な結果を確認した。

実用化に向けては、エンコーダ通信用ユニットの開発、複数ブロックが収容可能な筐体の設計など、今回示した方針に従い開発を進め、2013年度下期に予定されている構内LCとの総合試験において最終的な機能を確認していく。

参考文献

- 1) 重田、丸山、伊藤、才木、新堀、国藤：駅構内論理装置の開発，JR EAST Technical Review, No.36, pp.19-26 (2011)
- 2) 石間、早川：駅中間ネットワーク信号制御システムの開発，JR EAST Technical Review, No.36, pp.27-32 (2011)
- 3) 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)
- 4) 遠藤、国藤：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.20, pp.25-29 (2007)
- 5) 西山、岡田：駅構内論理装置の開発，JR EAST Technical Review, No.20, pp.35-37 (2007)
- 6) 国藤、加藤、服部、平野、樋浦：ネットワーク信号制御システム小形制御端末の開発，JR EAST Technical Review, No.12, pp.26-31 (2005)