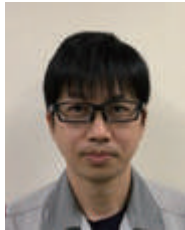


鉄道信号制御設備更新への取り組み

Initiatives to Renew Railway Signaling and Control Equipment



齊藤 達也
Tatsuya Saito
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ2部



左脇 達也
Tatsuya Sawaki
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ2部



小山 徹
Toru Oyama
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ2部



白井 啓太
Keita Shirai
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ2部



甲斐 徳一
Tokuichi Kai
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ2部



井田 純一
Junichi Ida
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ2部



甲斐 昌之
Masayuki Kai
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ2部



大石 和也
Kazuyuki Oishi
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ2部

多くの製鉄所の製鉄－製鋼間の工程間輸送には鉄道が利用されており、それは輸送対象（溶鉄）の特殊性に適合する特別に重要な設備である。日本製鉄株式会社殿九州製鉄所（大分地区）の鉄道信号制御設備更新において、①汎用機によるシステム更新での安価化、②DXによる将来の最適化・自動化におけるプラットフォームの構築、を目的に全面的な既設解析とソフト自製、更新に必要な提案を行い、周到な準備と確実な工事の実施により垂直立上げを達成した。本稿ではその取り組みについて報告する。

Railroads are used for inter-process transportation between pig iron making and steelmaking in many steel mills, which is a facility of special importance, adapted to the particularities of the object (hot metal). In the renewal of railroad signal control equipment at Kyushu Works in the Oita district of Nippon Steel Corporation, we conducted a comprehensive analysis of the existing equipment, developed the software, and made the necessary proposals for the renewal with the objectives of (1) reducing cost by renewing the system using general-purpose equipment and (2) establishing a platform for future optimization and automation using DX. We achieved vertical start-up through careful preparation and reliable implementation of the work. This paper reports on our efforts.

1. はじめに

日本製鉄株式会社九州製鉄所（大分地区）の鉄道信号制御設備は、DL機関車・混鉄車（溶銑を輸送する特殊専用車）の在車管理、DL機関車の進路設定、転轍機、踏切、信号機の制御など、鉄道運行管理の全てを行っており、製銑・製鋼工程間溶銑輸送における最重要設備である。上記設備の制御は鉄道設備専門メーカーが鉄道専用装置（連動装置）を利用して50年前に導入したものであり、補修部品枯渇の観点からも早急な更新が必要であった。

車運行管理システム（PTC）の内の一つである連動装置は、従来は安全性・トラブルリスク・（装置に対する）規格等で専門メーカーの寡占状態であり一般には対応困難な分野であった。そのため今回は

- (1) 汎用機によるシステム更新での安価化
 - (2) DXによる将来の最適化・自動化におけるプラットフォームの構築
- を目的に、ソフト自製を進めながら更新とすることとした。

2. 鉄道信号制御設備更新計画概要

▶2.1 既設「鉄道信号制御設備」と「運行管理」の特徴

(1) 鉄道信号制御設備について

本設備の大きな特徴として、連動装置による転轍機の自動切換え制御機能の実現がある。これによりDL機関車側から行先（着点番号）を入力することでルートが順次確保され、目的地までDL機関車が停止することなく進むことができる。その制御方式として（図1）DL機関車から送信される着点番号を受信すると前方1閉塞区間（同一方向の信号機間）の進路のみが開通

し、DL機関車とその閉塞区間内に侵入した時、次の閉塞区間の進路を開くという様に、逐次1閉鎖区間ずつ進路を開通させ、関係する信号機、転轍機を自動的に切替えて着点まで進む方式を採用している。これにより、複数のDL機関車が同一閉塞区間に入らず、安全性を確保しつつ運行が可能となる。

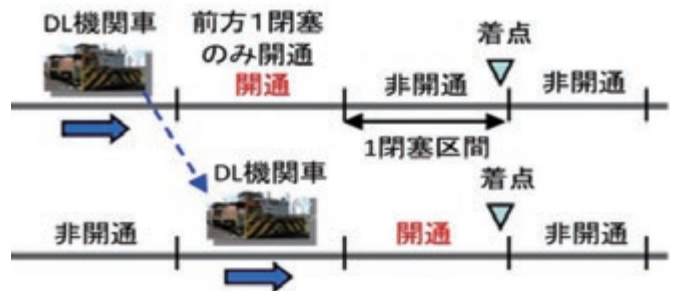


図1: 既設制御方式 概要

DL機関車の位置情報はループ回路（誘導無線）を通じて、また混鉄車含め車両の情報は軌道回路を通じて、信号所の運行監視盤に表示される（図2）。これにより信号所オペレータはDL機関車、混鉄車の位置を連続的に把握できる。（但し各車両の個体識別はできない。）

(2) 運行管理について

DL機関車・混鉄車の配車は信号所オペレータが車両の稼働状態、製銑／製鋼の各種工場オペレータからの操業情報を総合的に確認／判断しながら実施している。配車情報は手製の管理板をカメラで撮影したものを高炉・製鋼へ配信し情報共有を行っており、配車記録については信号所オペレータが別途報告書を作成し管理していた。

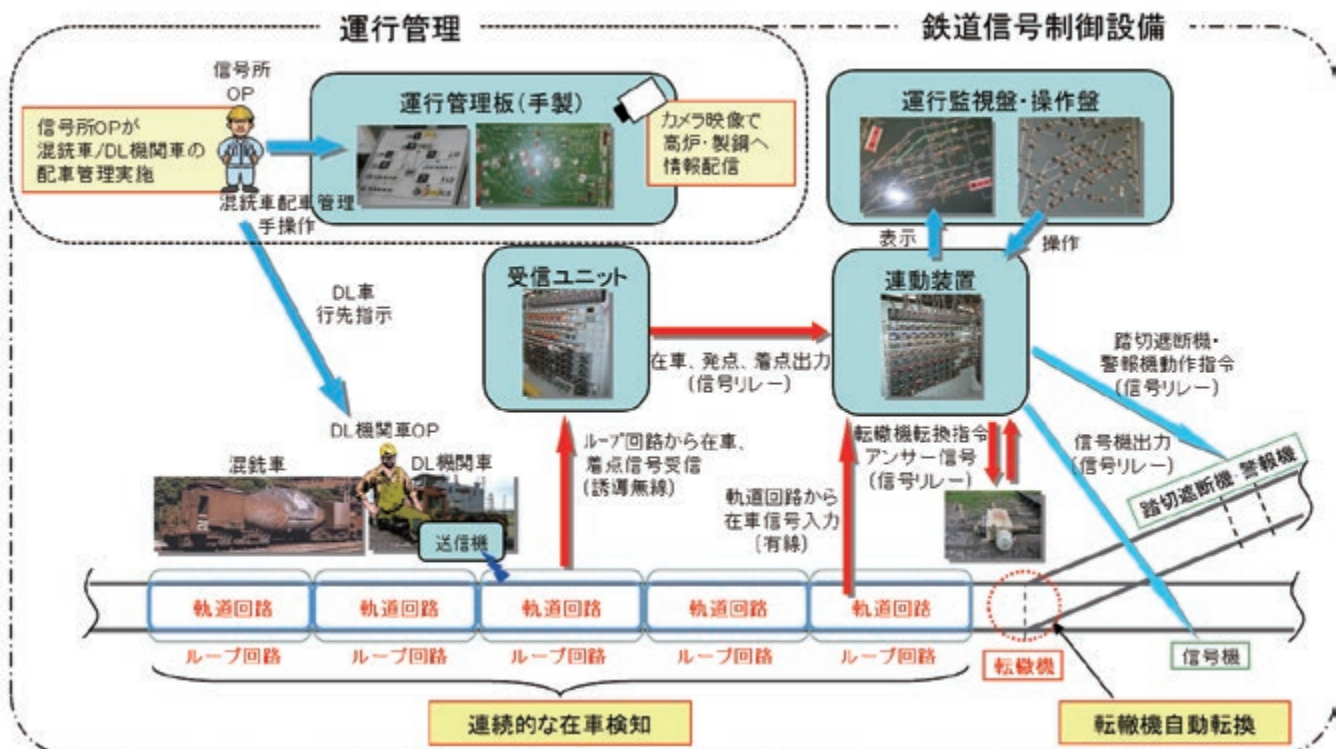


図2: 既設設備概略図

2.2 設備更新計画

設備更新にあたっては、汎用機を活用したシステム構成により更新コストを抑えつつ、運行管理板を統合し将来的な最適化・自動化を見据えたシステム構成になるように計画した(図3)。

(1) 連動装置のPLC(ソフト)化

既設は鉄道メーカー専用の継電連動装置(ハードリレー)を汎用PLCにて更新することとした。PLC化することで安価化するだけでなく、ソフト化により拡張性の向上、現場鉄道信号設備の動作状態をデータ収集システム(日鉄テックスエンジニアリング製:エレコダ)に保存することで、各設備の動作状態の見える化を行った。

(2) 運行管理システムへの表示機能集約

制御装置としての列車位置表示盤、設備操作盤、及び信号所オペレータが手動管理していた運行管理板も併せて運行管理システムに集約を行った。また、システム化に伴い以下の機能を増強した。

- ・DL機関車・混鉄車の個別情報の識別/表示
- ・運行履歴の蓄積
- ・高炉・製鋼など遠隔地への運行表示

特に「個別情報の識別」と「運行履歴の蓄積」は現状のオペレータの操作性向上だけではなく、将来的なDX活用に向けた基礎データ蓄積としての役割もある。

(3) 位置検知・伝送方式の変更

これまでDL機関車の現在位置発信及び受信ユニットとの伝送機能を担っていたループ回路については、位置検知はICタグ(RFID)、無線LAN(メッシュ機能付)を採用した。汎用化することで、将来的なDL機関車の現在位置の詳細把握化や、無線エリア増設を容易とした。

(4) システムの冗長化

長期間の24時間連続稼働に耐えるシステムとする為に、主要機器は冗長構成とし機器故障によるシステム停止を避ける構成とした。

- ・主幹PLC:二重化PLC
- ・運行管理:FTサーバ
- ・幹線ネットワーク:ループ化

(5) 将来構想

運行管理システムは拡張容易な構成としており、将来的には最適化機能付加することで信号所及びDL機関車オペレータへの強力な支援(代替)の実現を目指す。

＝将来構想(案)＝

- ・最適なDL/混鉄車配車計画の提示
- ・DL機関車OP(オペレーター)への行先・作業の提示

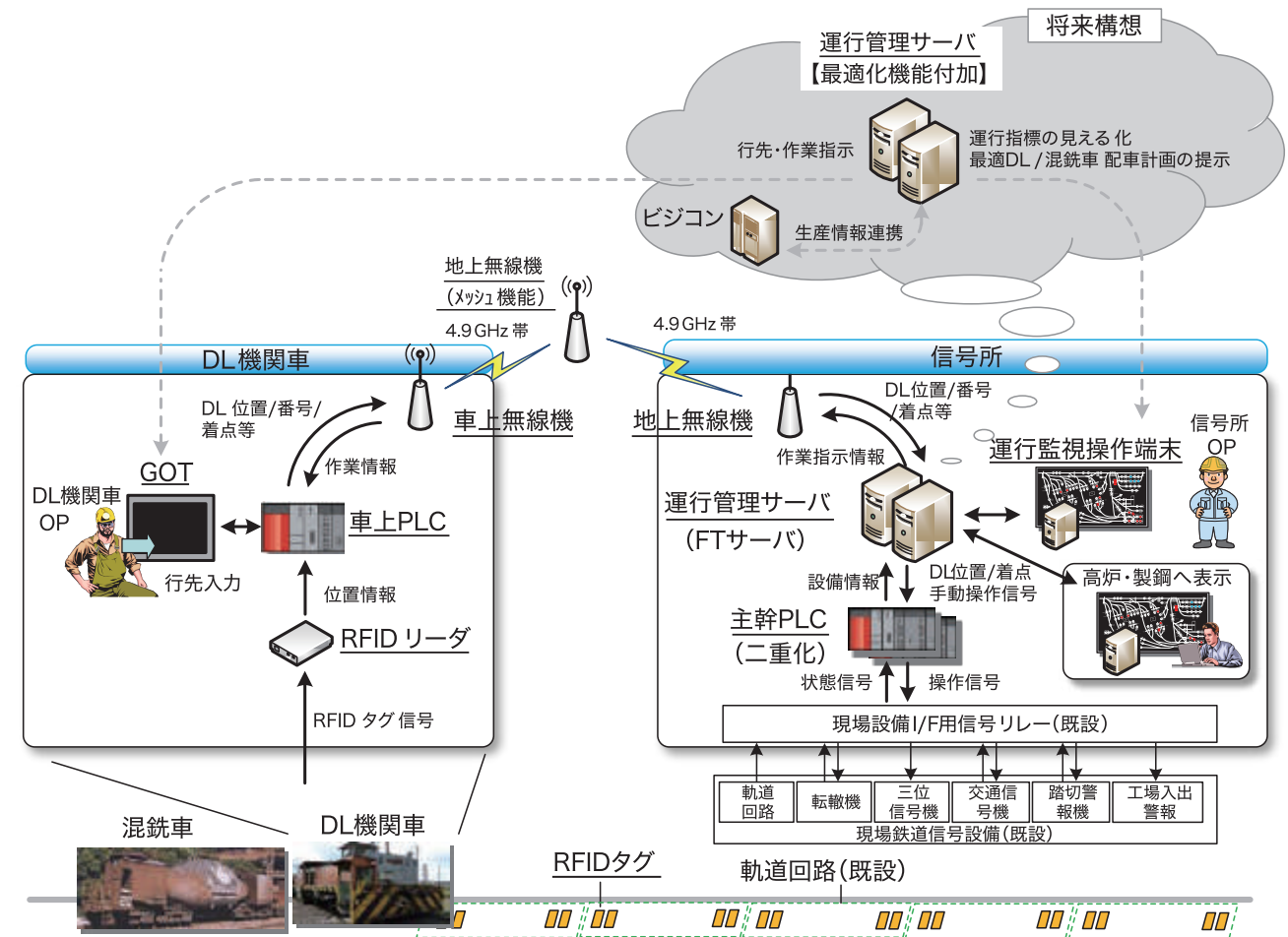


図3: 更新設備システム構成

3. 更新実現での課題と具体的取組み

本プロジェクト推進にあたり技術要素が多岐に渡ることもあり、電計事業本部内でエンジニアリング部門、システム部門、工事部門及び既設を保守メンテナンスしている整備部門からメンバを招集し電計各部門の連携体制にて実行した。推進にあたっては、鉄道専用の制御回路を解析し安全性を確保すること、工事安全のための設備停止タイミングの無い中で作業影響ミニマムでの更新を実現すること、新システムにおける24時間連続稼働の信頼性を実現すること、を主要課題とし各種取組みを行った。

▶3.1 鉄道専用回路（連動装置）の解析及びソフト化

(1) 鉄道既設回路図を元に運転方案作成、PLC ソフト化

これまでの本設備の維持／管理はハードリレー回路から都度制御条件を読み解くことで行ってきたが、本更新にあたり今後の運用／維持管理面を考慮して、既設回路図の全解析及び現場動作のチェックをした上で運転方案の作成を行った。またソフトウェアに関しても既設から資産流用できるものは存在しない為、ゼロベースからのソフト製作実施とした（図4）。



図4：既設解析とソフト化設計&製作

(2) シミュレータによる徹底した動作試験

実際の列車運行に沿ったシミュレータ環境を構築し、整理した運転方案を元にソフトの動作試験を徹底して実施した。この際に、上記「運転方案作成」と「ソフト製作」は別の担当者が行い、動作試験を一緒に実施することで、相互のダブルチェックが出来る体制とし安全性を確立させた。

(3) パラランでの新旧動作確認

設備切り替え前に図5のようなパララン構成を構築し、3ヶ月間新旧設備の動作比較を実施し、運転方案及びソフトの動作確認を着実に進めた。

▶3.2 作業影響ミニマムでの更新

本設備はまとまった運転休止時間の確保が不可能で、

- ・設備停止可能時間は高炉製鋼一貫定修内の30分以内
- ・新システム切り替え後も不測の事態を考慮し直ぐに切り戻し可能な事

という厳しい制約条件下での切り替え計画を進めた。

(1) 新旧設備切り替え構成

切り替え構成としては主幹PLCのソフト入替でパラランから新システム切り替えまで一貫して実行できる構成とした。

信号の処置としては以下のようにした。

- ・入力信号（図5黄線）：既設IFリレーからパラ取り
- ・出力信号（図5青線）：既設出力をパラランPLC→主幹PLC経由に変更

この構成により、実質数分での新旧システム切り替えが可能となり、且つパララン及びパララン時の出力信号比較も行えるようにした。

(2) 出力信号切り替え

本番構成への移行には作業中に作業をすることになるが、出力信号切り替え時には当然対象設備が使用できない。その為、作業状態の合間を見ながら、1ヶ所ずつ切り替えを進め、2ヶ月間の長期期間をかけた。

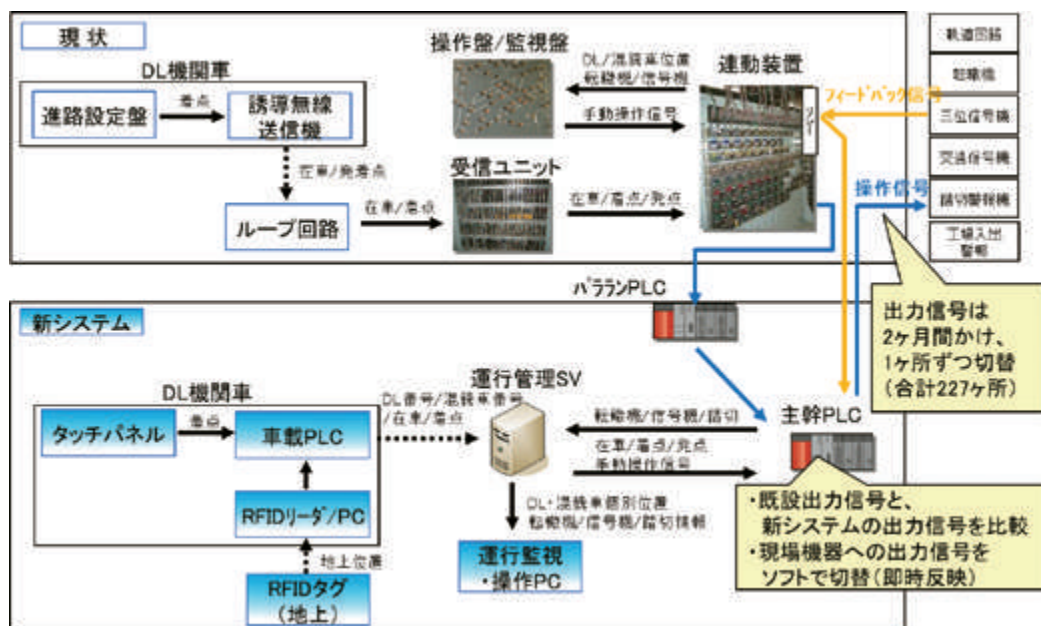


図5：パララン及び新旧切り替えシステム構成

