

後藤泰史*
山崎 誠*
玉木 洋*

北陸新幹線列車無線システムのデジタル化

Digital of Train Radio System for Hokuriku Shinkansen

Yasushi Goto, Makoto Yamazaki, Hiroshi Tamaki

要 旨

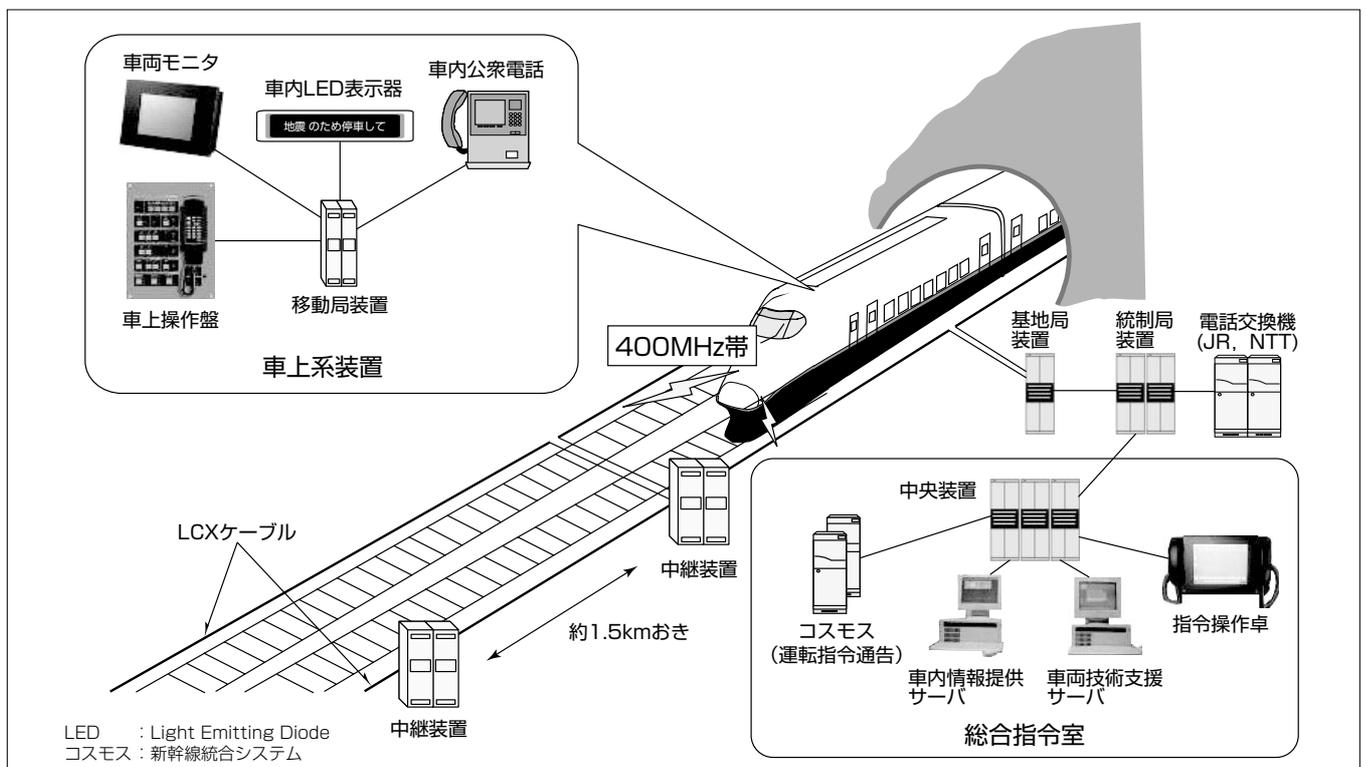
東日本旅客鉄道(株)の新幹線列車無線システムは、2002年11月に東北新幹線及び上越新幹線、2012年10月には北陸新幹線で、アナログ方式から三菱電機の無線通信技術を活用したデジタル方式へ切り換えられ、東北・上越・北陸の全線でのオールデジタル化を完遂した。当社は、列車の安全・安定輸送と旅客サービスの向上に貢献している。

北陸新幹線は、1998年開催の長野オリンピックに向けて1997年に開業した。列車無線システムは、アナログ方式で運用開始から15年間にわたり運用されてきた。デジタル列車無線システムは、地上と列車間の通信をデジタル無線化することで伝送容量を増やし、アナログ方式の課題であった多数の情報を迅速に伝えることが可能となった。

デジタル方式に切り換えることで、データ通信の更なる利用や音声通信の機能向上によって、情報伝達における様々な課題を解決した。音声通信では、チャンネル数の増強によって指令員から乗務員への放送通知(一斉情報機能)

が可能となり、指令員の負荷軽減につながった。また、緊急時にチャンネルの用途を業務電話専用に切り換える方式を採用することで、アナログ方式にない新たなサービスの提供を可能とした。データ通信では、パケット通信対応のシステムの構築と安定した無線回線品質の確保によって、列車運行や車内サービスの向上につながる車内情報提供システム及び車両技術支援システムを充実させ、無線による列車制御も可能とした。

北陸新幹線を走行する車両は、高崎を通過するたびにアナログ方式とデジタル方式の切り換えを実施していたが、すべてデジタル運用になったことで、切り換えが不要となり音声通信やデータ通信がスムーズに行え、特に大容量のデータ伝送が実現できたことで、車両の運行情報や乗客への配信情報量を増やすことができ、より安全な運行と品質の高い乗客サービスを可能とした。



北陸新幹線デジタル列車無線システム

2012年に更新された北陸新幹線列車無線システムは、アナログ方式で運用されていた400MHz帯のLCX (Leaky Coaxial Cable) 方式を継承し、地上設備は東京にある中央装置と長野にある統制局装置及び高崎・長野間の基地局装置・中継装置で構成され、移動局装置を搭載した列車とはLCXを介してデジタル無線伝送が行われる。最新のデジタル無線技術によって、高品質な音声回線を提供するとともに、高速データ回線を活用してあらゆるデータ伝送を行い、安全安定輸送に貢献し、旅客サービスの向上を担っている。

1. ま え が き

高速走行する列車と地上間の無線通信には、安全・安心に対する厳しい要求に対応するため、高品質、高安定性、高速伝送等が求められる。当社は、国内すべての新幹線にデジタル方式の列車無線システムを納入し、多くの技術やノウハウを蓄積してきた。

東北・上越新幹線に関しては、2002年に北陸新幹線(高崎駅～長野駅間)を除き、アナログ方式からデジタル方式に切り換えた。さらに、2012年に北陸新幹線をアナログ方式からデジタル方式に切り換えた⁽¹⁾。これによって東北・上越・北陸新幹線のオールデジタル化が完成した。今回、北陸新幹線をデジタル化することによって、高崎駅～長野駅間についても高品質、高安定性、高速伝送等を実現できるシステムを構築することができた。

本稿では2012年10月にデジタル切り換えを実施した北陸新幹線の列車無線システムの概要と特徴について述べる。

2. システムの概要

北陸新幹線(高崎駅～長野駅間)をデジタル化するために新たに長野駅にデジタル統制局装置を設置し、その配下の基地局装置、中継装置もデジタル対応の装置にリプレースした。システム構成と変更した内容について述べる。

2.1 システム構成

新幹線列車無線システムは、中央装置、統制局装置、基地局装置、中継装置、LCX、及び移動局装置で構成している(表1)。

新幹線列車無線システムは、ツリー型構成となっている。中央装置に統制局装置を接続し、統制局装置の配下に基地局装置、基地局装置の配下に中継装置を接続しシステムを構成している。

表1. 各装置の機能

装置名	機能
中央装置	①指令電話、運転指令通告等、中央装置～移動局装置間の音声回線及びデータ回線の追跡制御 ②指令卓など総合指令所内の機器との接続
統制局装置	①指令電話、運転指令通告等中央装置、移動局装置間の音声及びデータ回線の追跡制御 ②業務公衆電話など、統制局装置～移動局装置間の音声回線及びデータ回線の追跡制御 ③JR電話及びNTT電話交換機との接続
基地局装置	①電波の送受信 ②無線信号と有線信号間の変換
中継装置	①LCX内の電波伝送損失を補償するための電波の直接増幅
LCX	①基地局装置送信電波の伝播(でんぱ)及び放射(ふくしゃ) ②移動局装置送信電波の受信及び伝播 ③中継装置電源の伝送
移動局装置	①指令電話、運転指令通告等、中央装置～移動局装置間の音声回線及びデータ回線の追跡制御 ②業務公衆電話など、統制局装置～移動局装置間の音声回線及びデータ回線の制御 ③操作盤など車上機器との接続

今回、長野～高崎間のデジタル化に伴い、中央装置及び既設統制局装置のソフトウェアを変更し、長野統制局装置及び安中榛名駅～長野駅間の基地局装置を新たに設置した(図1)。システム切り換え日に、中央装置、統制局装置、基地局装置、中継装置を終電から始発までの間に、列車運行に影響を与えることなくアナログからデジタルへの切り換えを行った。

デジタル化にあたり、中継装置(図2)はアナログ方式運用中に機器を更新するため、アナログ方式とデジタル方式の両方に対応する必要があった。主な特徴を述べる。

- (1) アナログ基地局とデジタル基地局の両監視方式に自動対応する遠隔監視制御機能を搭載
- (2) 多段中継増幅によるデジタル無線信号の歪(ひず)み劣化を抑えるため、歪み補償増幅機を搭載
- (3) 列車無線の高度化に対応できるように中継装置内部に将来拡張用スペースを確保
- (4) 電源はLCXに交流電源を重畳して給電し、約3kmご

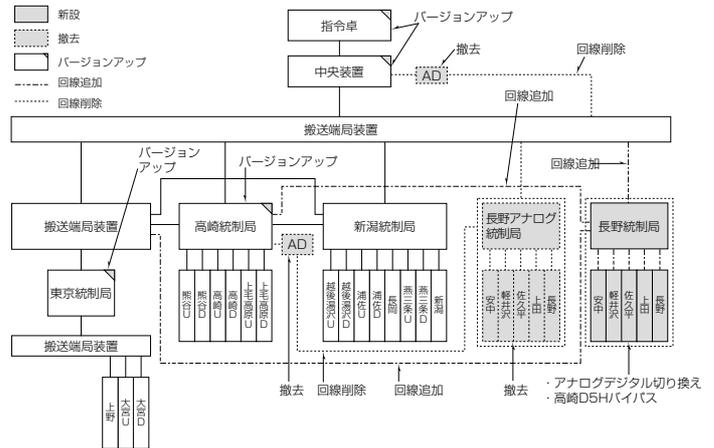


図1. システム構成(変更点記載)

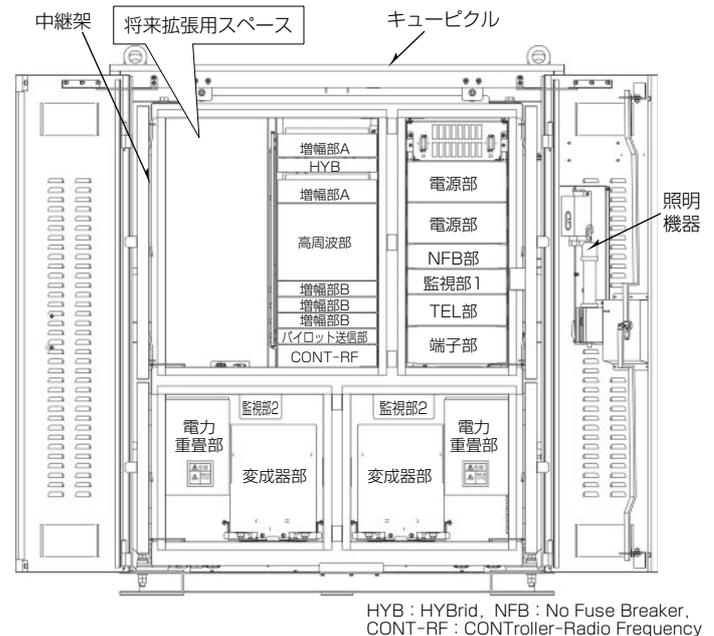


図2. 中継装置の実装図

HYB: HYBrid, NFB: No Fuse Breaker, CONT-RF: CONTroller-Radio Frequency

とに変成器を設け、電圧降下補正と雷害などの異常電圧の影響伝播を抑えるための絶縁を行うとともに、風速計などの沿線情報監視装置用に電源供給する機能を新設

2.2 無線仕様

このシステムの無線区間通信には、時分割多重アクセス方式(TDM-TDMA)を採用し、400MHz帯のアナログ方式と同一帯域で送受信各2波を使用した伝送速度384kbpsと307.2kbpsの無線回線を構成している。表2に、無線仕様を示す。

2.3 チャネル数

このシステムの機能は、音声系とデータ系に分類できる。音声系では、高効率音声符号化技術(RL-CELP)を導入し、音声1チャンネルあたりの帯域を圧縮することで、従来のアナログ方式よりチャンネル数を増強した。データ系では、チャンネル数を増強するとともに、伝送速度の高速化を図った。

2.4 機能

このシステムは、次の主要機能を備えている。

2.4.1 音声通話・放送機能

(1) 運転指令電話

指令員が指定した列車の運転士を呼び出すことによって、又は運転士から指令員を呼び出すことによって、個別通話を行う機能

(2) 旅客指令電話

指令員が指定した列車の車掌を呼び出すことによって、又は車掌から指令員を呼び出すことによって、個別通話を行う機能

(3) 業務公衆系電話

運転士や車掌がJR電話網の加入者と、又は乗客が車内の公衆電話機から公衆網の加入者と、個別通話を行う機能。また、緊急時にチャンネルの用途を業務電話専用に切り換える方式を採用することで、アナログ方式にない新たなサービスの提供が可能

(4) 運転/旅客一斉電話

指令員が無線ゾーンを指定して発呼し、そのゾーンに在線する複数の列車の運転士/車掌に対して運転/旅客指令電話による通話を行う機能。指令員からの送話は放送形式で行うが、運転士/車掌からの送話は、1列車ごとのプレストーク方式で行う。また、運転士/車掌からの応答機能があり、ボタン操作で指令員への受信確認通知が可能

(5) 運転/車掌一斉情報

指令員から放送形式で指定した無線ゾーンの運転士/車掌に対して放送形式で一斉連絡を行う機能

(6) ハンドオーバ

通話中又は呼び出し中の列車がゾーンを移動しても、切断することなく同じ状態を維持する機能

(7) 強制切断

複数の呼が同一無線ゾーンの同一チャンネルを使用しないように、同一チャンネルを使用する列車が他の列車の隣接無線ゾーンに移動した場合、又は前方の基地局装置が障害のため通話の継続が不可能な場合に、進入側の列車の呼を強制的に切断する機能

(8) 割り込み機能

指令員が運転士又は車掌と個別通話中に、他の指令員が通話に参加し、3者以上で同時通話を行う機能

(9) 転送

割り込み通話中から、元の指令員が切断することによって、割り込みを行った指令員と運転士又は車掌との通話に移行する機能

2.4.2 データ伝送機能

文字ニュース、PRメッセージなどの車内情報提供システム、車両技術支援システムなどの通信機能。

2.4.3 遠隔監視制御機能

保守端末から遠隔で各機器の装置状態及び回線状態を監視・制御する機能。

表2. 無線仕様

	デジタル方式	アナログ方式
伝播方式	LCX方式	
アクセス方式	[基地局装置送信] 時分割多重方式 [移動局送信] 時分割多重アクセス方式	[基地局装置送信] 周波数多重方式 [移動局装置送信] 単一方式
変調方式	[基地局装置送信] $\pi/4$ シフトQPSK [移動局装置送信] $\pi/4$ シフトQPSK	[基地局装置送信] 位相変調 [移動局装置送信] 周波数変調
周波数	[基地局装置送信] 400MHz帯 2波 [移動局装置送信] 400MHz帯 2波	[基地局装置送信] 400MHz帯 1波 [移動局装置送信] 400MHz帯 24波
送信出力	基地局装置送信 2W 移動局装置送信 4W	

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

3. 安全・安心、快適・利便性の向上

3.1 指令通話機能の充実による安全性の向上

デジタル化によってチャンネルを増強した。その結果、表3に示すサービスが対応可能となった。

一例として、運転一斉情報を追加したことで、同時に指令

表3. 主要音声通信サービス一覧

サービス名称	デジタル方式		アナログ方式	
	可否	チャンネル数	可否	チャンネル数
運転指令電話	○	4	○	4
旅客指令電話	○	2	○	2
業務公衆系電話	○	12	○	6
運転一斉電話	○	1	×	—
旅客一斉電話	○	1	×	—
運転一斉情報	○	1	×	—
車掌一斉情報	○	1	○	1

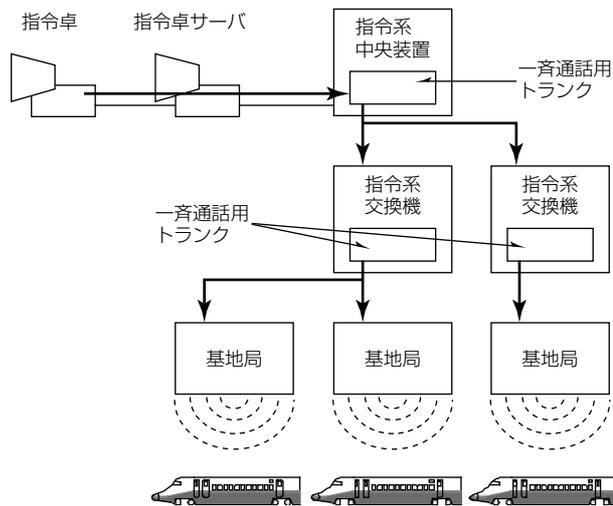


図3. 運転一斉情報サービス

員から運転士へ放送形式での情報伝達が可能となった(図3)。

3.2 保守端末によるサービス向上

デジタル化によって、保守端末による折り返し試験での回線の健全性確認、定常監視による送信出力の低下、出力電圧の低下をグラフ化することで予知保全を行えるようになった。

また、基地局装置の無線機性能測定機能を利用し、無線機の送信出力、送信周波数、占有帯域幅のリモート測定を行うことによって、正常性の確認が遠隔で可能となった。

さらに、障害ログの充実によって、装置故障時に早期の原因究明が図れるようになった。

3.3 車内情報提供システム

車内情報提供システムは、①新聞社からの文字ニュース、②列車遅延情報などの運行メッセージ、③企業のPRメッセージを電光掲示板に表示するシステムであり、アナログ方式では、③企業のPRメッセージが表示できなかったが、デジタル化によってすべてのメッセージへの対応を可能とし、乗客への情報提供を充実化できた(図4)。

3.4 車両技術支援システム

車両技術支援システムは、運転室の車両モニタ画面情報を指令室及び車両基地の端末によって運転室と同じ画面を監視することができる(図5)。

デジタル化によって情報伝達速度を大幅に改善したことで、不具合などが発生した車両の状態をモニタ画面に即座に表示できるようになった。その結果、指令員は瞬時に車両状態を把握して乗務員へ適切な指示が出せるようになり、輸送障害を最小限に抑えられることで、より安全かつ正常な運行が可能となった。

3.5 運転制御システム

運転制御システムは、速度超過や出発信号を正しく表示させるなど新幹線の安全運行を支えるシステムであり、ATC(Automatic Train Control)が用いられている。従来のATCでは、地上装置からレールを経由して送信される

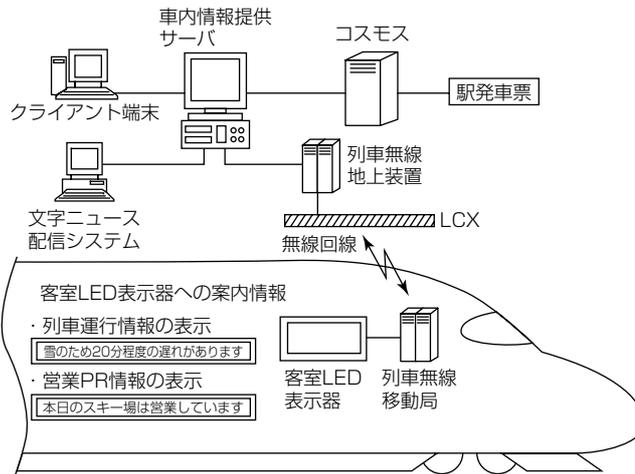


図4. 車内情報提供システムの構成

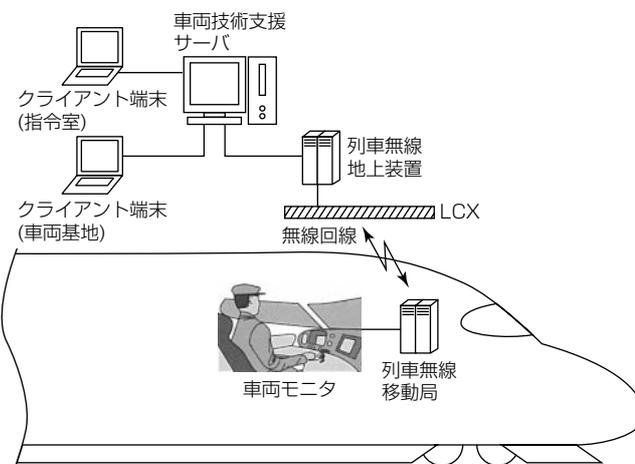


図5. 車両技術支援システムの構成

信号を車上装置で受信し、列車速度制御や追突防止制御を行っている。今回のデジタル化では、地上装置と車上装置がLCXを利用した無線データ通信を行うことによって運転制御を可能とする無線ATCを新たに導入し、従来のATCの補助的役割のシステムを構築した。

4. むすび

北陸新幹線の列車無線システムのデジタル化について述べた。今回の高崎駅～長野駅のデジタル化によって向上した“安全・安心、快適・利便性”を、今後の延伸時にも活用してもらえるよう提案を行う。

今後とも当社は列車無線のデジタル化によって新たなニーズに対応したネットワークを構築し、列車無線システムの新しいサービスを提供していく。

参考文献

- (1) 藤岡 滋, ほか: 東北・上越新幹線デジタル列車無線システム, 三菱電機技報, 78, No. 2, 148~151 (2004)