

# 北海道新幹線デジタル列車無線システム

平松昭彦\*  
深野歳司\*

Digital Train Radio System for Hokkaido Shinkansen

Akihiko Hiramatsu, Toshiji Fukano

## 要旨

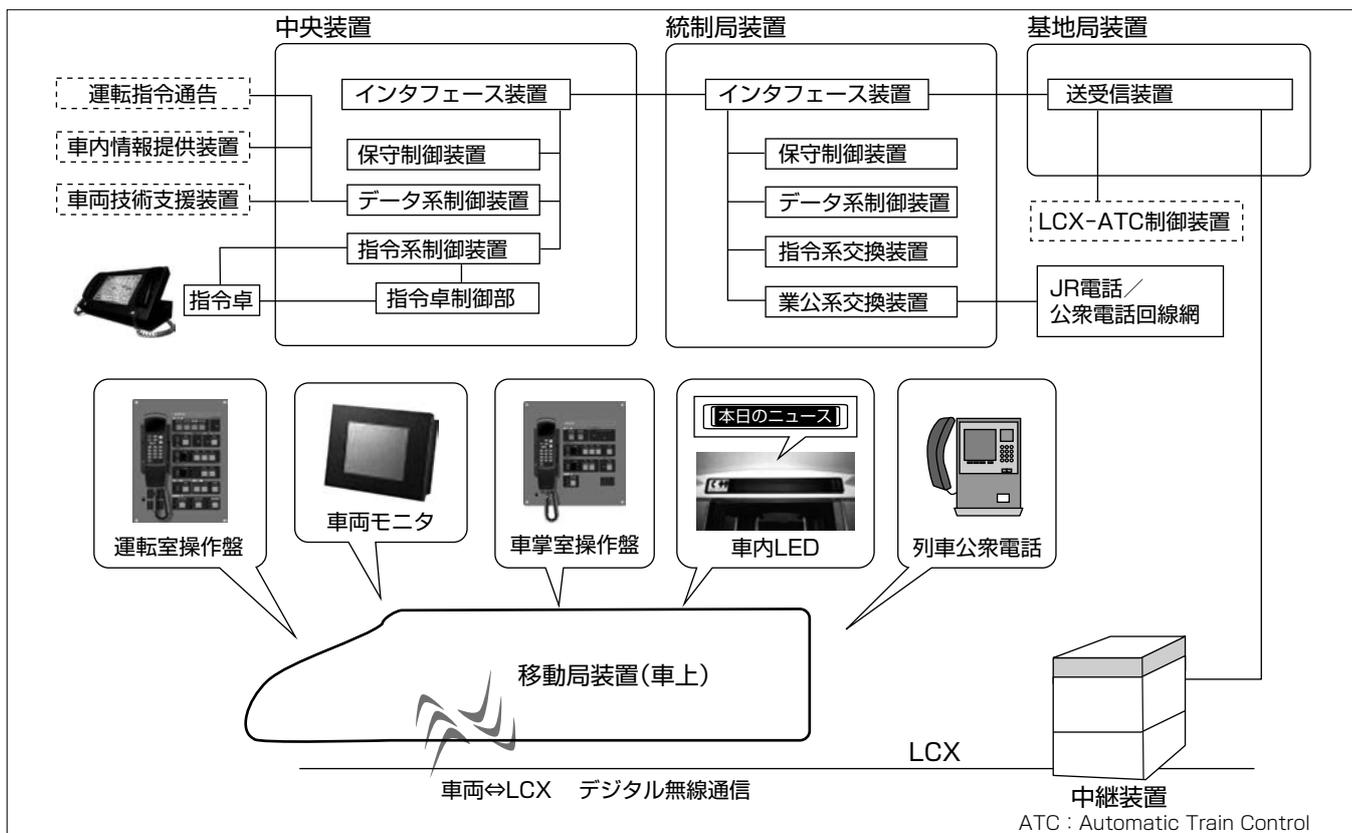
2016年3月に北海道新幹線の新青森～新函館北斗区間が開業した。延伸区間である新青森～新函館北斗区間は北海道旅客鉄道(株)の管轄であり、既存区間である東日本旅客鉄道(株)で管轄する東北新幹線(東京～新青森区間)と北海道新幹線が会社間をまたがり運行される。

新幹線デジタル列車無線システムは、中央装置、統制局装置、基地局装置、中継装置で構成された地上装置と列車に搭載する移動局装置間で、列車の位置在線管理を行い、音声通話、データ伝送によって地上装置と列車間の通信を行う。

2015年の北陸新幹線開業時に実現した東日本区間と西日本区間の2つのデジタル列車無線システムを相互に接続

した技術を拡張し、更に既設の東日本区間と今回新設した北海道区間のデジタル列車無線システムを接続する構成とし、システム全体の構成規模を“中央装置×3局、統制局装置×9局、基地局装置×74局、中継装置×1,223局”に拡大した。

会社間の中央装置、統制局装置を接続したことによって、お互いのシステム区間を走行又は会社間境界をまたがり走行する列車との指令系通話、業務公衆系通話、また会社間での列車位置情報の共有、サービスデータ伝送を可能としており、会社間をまたがる円滑な運行に貢献し、旅客サービスの向上につながった。



## 新幹線デジタル列車無線システムの構成

新幹線デジタル列車無線システムは沿線に敷設されるLCX(Leaky Coaxial cable: 漏洩(ろうえい)同軸ケーブル)を介して、中央装置、統制局装置、基地局装置、中継装置を始めとする地上装置と移動局装置間の無線伝送を行う。デジタル無線方式によって、高品質な音声回線を提供するとともに、データ回線を活用した運転指令通話ほか、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

新幹線列車無線システムは、2002年のデジタル更新<sup>(1)</sup>以降、東北新幹線では新青森へ延伸、2015年には北陸新幹線で金沢までの延伸を実現<sup>(2)</sup>するため、システム構成を順次拡大してきた。今回、新青森から新函館北斗まで延伸となり、JR東日本とJR西日本にまたがるシステムに、更にJR北海道を加えたシステム構成へ拡大した(表1)。

北陸新幹線でJR東日本とJR西日本が相互乗り入れしていることと同様に、北海道新幹線ではJR東日本とJR北海道が相互乗り入れする。

本稿では2016年3月に開業した北海道新幹線(函館延伸区間)のデジタル列車無線システム(以下“列車無線システム”という。)と会社間接続にかかわる機能仕様の特長について述べる。

2. 列車無線システム構成

2.1 列車無線システム全体構成

列車無線システムは、車両の運転士・車掌と総合指令所の指令員間で情報提供や状況報告の連絡をするために用いられ、中央装置、統制局装置、基地局装置、中継装置がツリー型で構成された地上装置と車両に搭載する移動局装置が、沿線に敷設したLCXを介して無線通信するシステムである。このシステムの装置構成を図1に示す。

北海道新幹線(新青森～新函館北斗間)列車無線システム

表1. 列車無線システムの変遷(デジタル更新以降)

	内容
2002年	東北上越新幹線(東京-盛岡, 東京-新潟)デジタル更新
2002年	東北新幹線(盛岡-八戸)延伸
2010年	東北新幹線(八戸-新青森)延伸
2012年	北陸新幹線(高崎-長野)デジタル更新
2015年	北陸新幹線(長野-金沢)延伸
2016年	北海道新幹線(新青森-新函館北斗)延伸

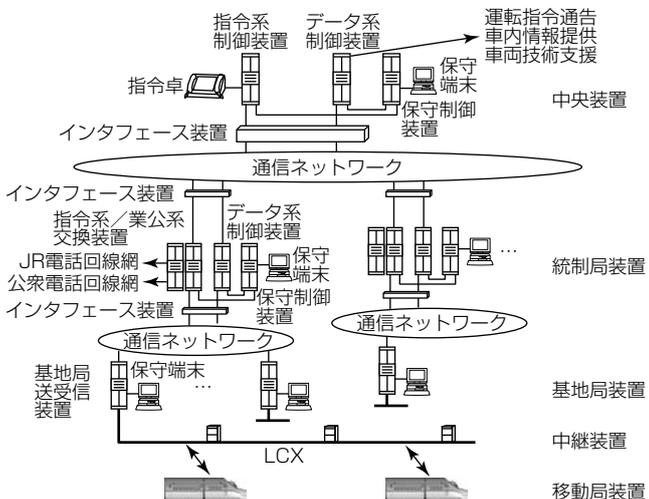


図1. 列車無線システムの装置構成

では、JR東日本区間の既設列車無線システムと中央装置・統制局装置など地上装置を新設したJR北海道区間の列車無線システムを相互に接続しており、システム全体はJR西日本区間を併せて3つの列車無線システムで構成されている。システムの全体構成を図2に示す。

2.2 JR北海道列車無線システムでの新設内容

列車無線システムの仕様を表2に示す。JR北海道列車無線システムでの新設内容は、次のとおりである。

- (1) 中央装置、統制局装置を札幌総合指令所内に構築
- (2) 新中小国U基地局から新函館基地局までの7基地局を札幌統制局装置に収容
- (3) 7基地局の配下に137中継装置(130中継架, 7終端架)を構築
- (4) 札幌総合指令所に構築したシステムの方式は既存の東北上越新幹線列車無線システムの方式に準拠

2.3 JR東日本列車無線システムでの変更箇所

JR北海道列車無線システムの新設追加に伴い、JR東日

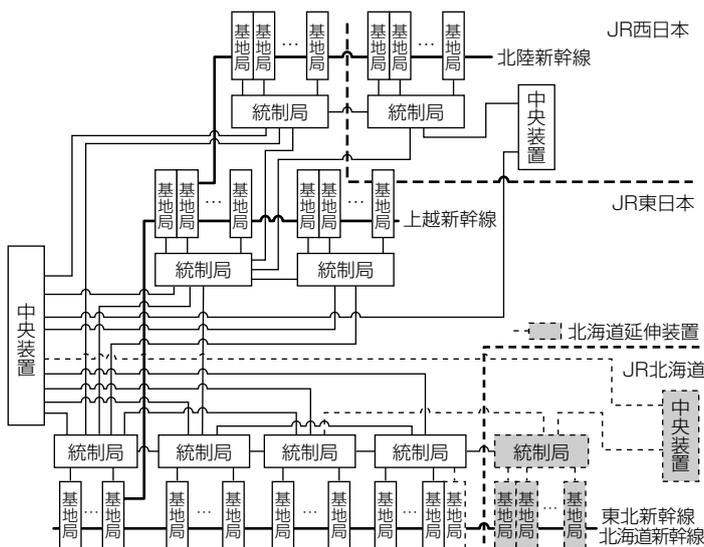


図2. システムの全体構成

表2. 列車無線システムの仕様

項目	仕様	
無線方式	LCX方式	
アクセス方式	基地局送信 時分割多重方式	
	移動局送信 時分割多重アクセス方式 (TDM-TDMA)	
無線方式	変調方式	
	基地局送信 $\pi/4$ シフトQPSK 移動局送信 $\pi/4$ シフトQPSK	
周波数	基地局送信 400MHz帯 2波	
	移動局送信 400MHz帯 2波	
送信出力	基地局送信 2W	
	移動局送信 4W	
回線品質	サービスエリア 全線の99.99%以上の区間で使用	
ビット誤り率	$1 \times 10^{-4}$ 以下	
回線性能	音声	伝送方式 音声符号化方式(符号化方式 RL-CELP, 伝送速度 5.6kbps)
	データ	伝送速度 高速データ回線 64kbps 低速データ回線 9.6kbps

TDM-TDMA : Time Division Multiplexing-Time Division Multiple Access  
 QPSK : Quadrature Phase Shift Keying  
 RL-CELP : Rail System-Code Excited Linear Prediction

表3. 列車無線システムの機能

項目	機能	
音声系	運転指令電話	輸送指令と運転士間の指令電話機能
	旅客指令電話	旅客指令と車掌の指令電話機能
	業務公衆電話	列車乗務員(運転士、車掌等)と現業区とのJR電話機能 列車公衆電話機能
	車掌一斉情報	旅客指令から車掌への一斉連絡機能(指令→車掌のみ)
	運転一斉情報	輸送指令から運転士への一斉連絡機能 (指令→運転士のみ)
データ系	運転指令通告	輸送指令から乗務員への指令情報、運転情報を、車上のモニタ装置にデータ伝送する機能
	運転制御	無線代用保安システム(LCX-ATC)用のデータ伝送機能
	車内情報提供	旅客指令から列車内の乗客へ列車遅れ情報、在来線乗り継ぎ情報等を、車内LEDにデータ伝送する機能
	通信機器監視	列車無線車上装置の障害及び動作状況を指令に伝達する機能
	車両技術支援	車両モニタで監視している列車運転状態、車両機器状態等を輸送指令等にデータ伝送する機能

本列車無線システムでの変更箇所は次のとおりである。

- (1) 札幌中央装置向けの回線を中央装置に追加し、JR北海道列車無線システム中央装置と接続
- (2) 札幌統制局装置向けの回線を盛岡統制局、仙台統制局に追加し、JR北海道列車無線システム統制局装置と接続
- (3) 新青森D基地局を追加(新青森基地局を新青森U基地局と新青森D基地局に分離・延伸)
- (4) 中央装置と統制局装置に北海道延伸区間の7基地局情報を追加

### 3. サービス概要

函館延伸区間で、新青森駅～新函館北斗駅間を走行する列車と札幌総合指令所間で通話及びデータの送受を行い、列車運行にかかわる業務手段として使用する。

また、列車公衆電話及び車内情報設備は列車無線システムを介して通信事業者等と接続し、旅客サービスの提供も併せて行う。JR北海道の列車無線設備とJR東日本の列車無線設備とは会社間境界で切り分けを行うが、運用上必要な回線については相互に接続を行い、通話継続と追跡を行う。

新幹線列車無線システムの機能は、大きく音声系とデータ系に分けることができる。音声系では、運転士、車掌と地上間の音声通話になっており、車上と地上間の相互の連絡を行う。データ系では、列車無線はデータ伝送を行う伝送路として位置付けられており、ほかの機器と接続し、様々なアプリケーションシステムを提供する仕組みとなっている。表3に列車無線システムの機能を示す。

### 4. 会社間接続にかかわる機能仕様

#### 4.1 指令系通話

各社指令では会社境界を越えて他社区間に在線する列車との通話接続、また列車が通話中に会社境界を通過する場合でも通話を切断することなく継続することが求められる。

会社間をまたがる接続機能は、北陸新幹線金沢延伸時に

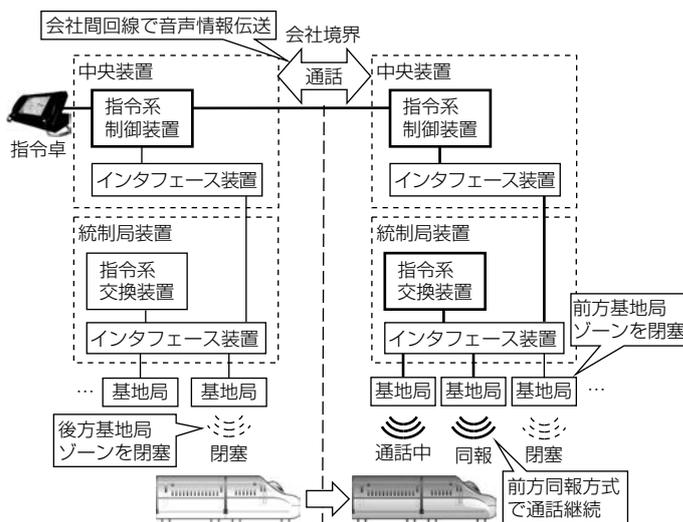


図3. 他社区間への通話継続後の指令系通話

JR西日本区間の列車無線システムとの接続で実現している。今回は他社区間の列車無線システムとの接続可能数を増加させることで、JR西日本区間の列車無線システムとの接続に加え、JR東日本区間とJR北海道区間の列車無線システムとの接続を可能とした。

会社境界での通話継続方式は、既存区間と同様に前方同報方式である。前方同報方式では同じ通話チャネルを使用する他の列車からの妨害を受けず、かつ、通話継続を保証するために、通話中ゾーンを基準に前方基地局への音声の同報、及び前方基地局ゾーンと後方基地局ゾーンの閉塞を行う。中央装置間で前方同報に必要な情報を通信することで実現しており、この方式によって、列車が高速移動しながら会社境界を通過しても、音声途切れることなく通話継続できるハンドオーバーを可能としている(図3)。

また、次の機能によって、JR東日本とJR北海道との指令間で円滑な運用を可能としている。

- (1) 指令卓種類に応じて発着信できる範囲を基地局ゾーン単位で設定
- (2) 会社間境界ゾーンに在線する列車から着信があった場合にJR東日本及びJR北海道の両指令を呼出し
- (3) 他社指令への割り込み操作による、JR東日本指令、JR北海道指令、列車乗務員との3者通話機能
- (4) 指令卓で自社指令及び他社指令による列車通話状態表示

#### 4.2 業務公衆系通話

指令系通話と同様に、業務通話を行う列車乗務員、公衆電話を使用する乗客が会社境界を意識することなく通話サービスを継続して使用できるよう、会社境界を越えて他社区間に在線する列車との通話接続、また列車が通話中に会社境界を通過した場合でも通話の継続が必要である。JR東日本とJR北海道の統制局装置間を接続し、業務公衆系の音声情報を伝送することで、会社間の相互接続、及び通話継続を実現した。

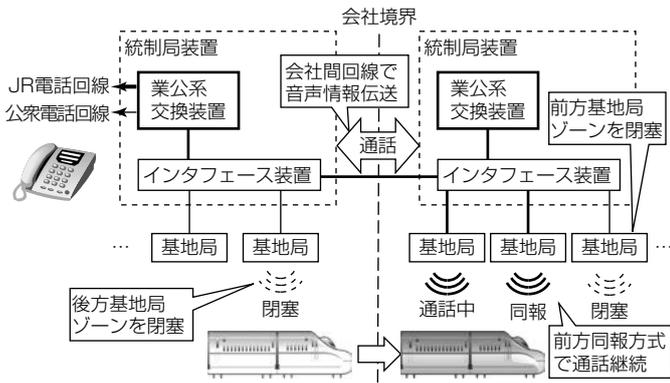


図4. 他社区間へ通話継続後の業務通話

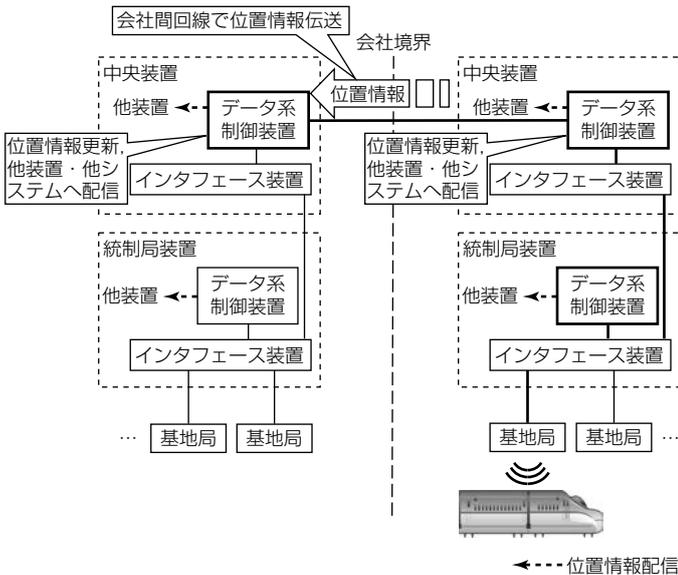


図5. 位置情報の流れ

会社境界での通話継続方式は指令系と同じく前方同報方式で、業務公衆系通話でも音声途切れることなく通話継続できるハンドオーバーを可能としている(図4)。

4.3 位置情報管理

他社区間に在線する列車との通話接続、データ伝送を可能とするためには、他社区間での列車の位置情報が必要である。北陸新幹線金沢延伸時に追加したJR東日本とJR西日本の列車無線システム間における位置情報の共有機能を拡張し、JR東日本とJR北海道の列車無線システム間でも位置情報の共有を可能とした。

各社システムの中央装置は自社区間に在線する列車の位置情報を相互に通知し、自社区間だけでなく他社区間に在線する列車の位置情報を管理する。位置情報の流れを図5に示す。列車走行によって在線基地局が変化する都度、在線基地局情報と列車状態情報を更新し、位置情報は運行

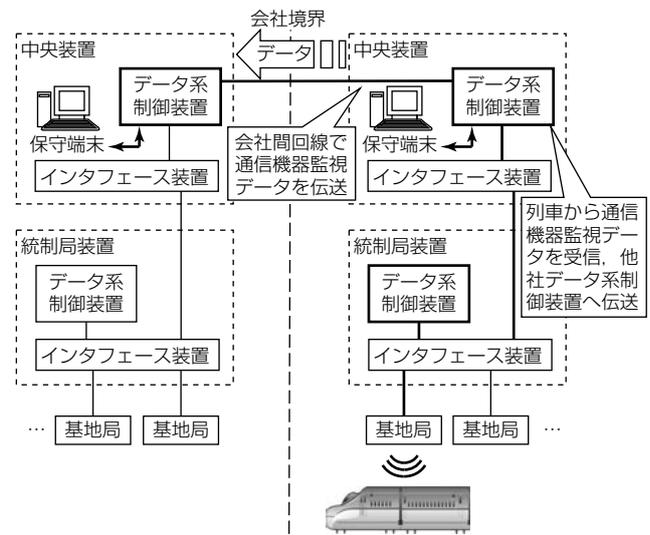


図6. 他社区間に在線する列車とのデータ伝送

管理システムほか列車無線装置に接続する周辺装置へ配信する。自社区間だけでなく他社区間の在線情報をリアルタイムに指令員へ提供している。

4.4 データ系通信

列車運行の安全性を確保するため、車両の異常が発生した場合に、各社の指令員がその車両の状態を正しく把握し、乗務員に対する迅速かつ適切な指令を行うことが必要である。

データ系サービスで、車両に関する情報を伝送する通信機器監視と車両技術支援については、自社区間だけでなく会社境界を越える他社区間に在線する列車に対しても伝送可能とした。他社区間に在線する列車とのデータ伝送を図6に示す。会社間で通信機器監視、及び車両技術支援データを伝送する回線は、位置情報を共有するために接続した中央装置間の回線と共用とし、回線を効率的に使用している。

5. むすび

北海道新幹線函館延伸における列車無線システムと会社間接続に関する機能仕様の特長について述べた。三菱電機では、列車無線を通じて安心・安全・快適な社会の実現に貢献していく。

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)
- (2) 千田晴康: 北陸新幹線デジタル列車無線システム, 三菱電機技報, 89, No. 6, 333~337 (2015)