

山陽・九州新幹線直通車両用列車無線移動局

井澤賢二*
花田 豊*
駒井俊彦*

Mobile Stations Corresponding to Direct Train Radio Systems for Sanyo/Kyushu Shinkansen

Kenji Izawa, Yutaka Hanada, Toshihiko Komai

要 旨

九州新幹線^(注1)は新八代－鹿児島中央間に加え、博多まで延伸工事が完了し、2011年3月12日鹿児島ルートは全線開業した。これを機に山陽新幹線と九州新幹線の直通運転が開始され、専用の直通車両“みずほ”“さくら”が新大阪から鹿児島中央まで運行されている。

新大阪から鹿児島中央は東海道新幹線、山陽新幹線、九州新幹線の各列車無線システムで構築されており、それぞれ異なる方式の列車無線システムで運用されている。

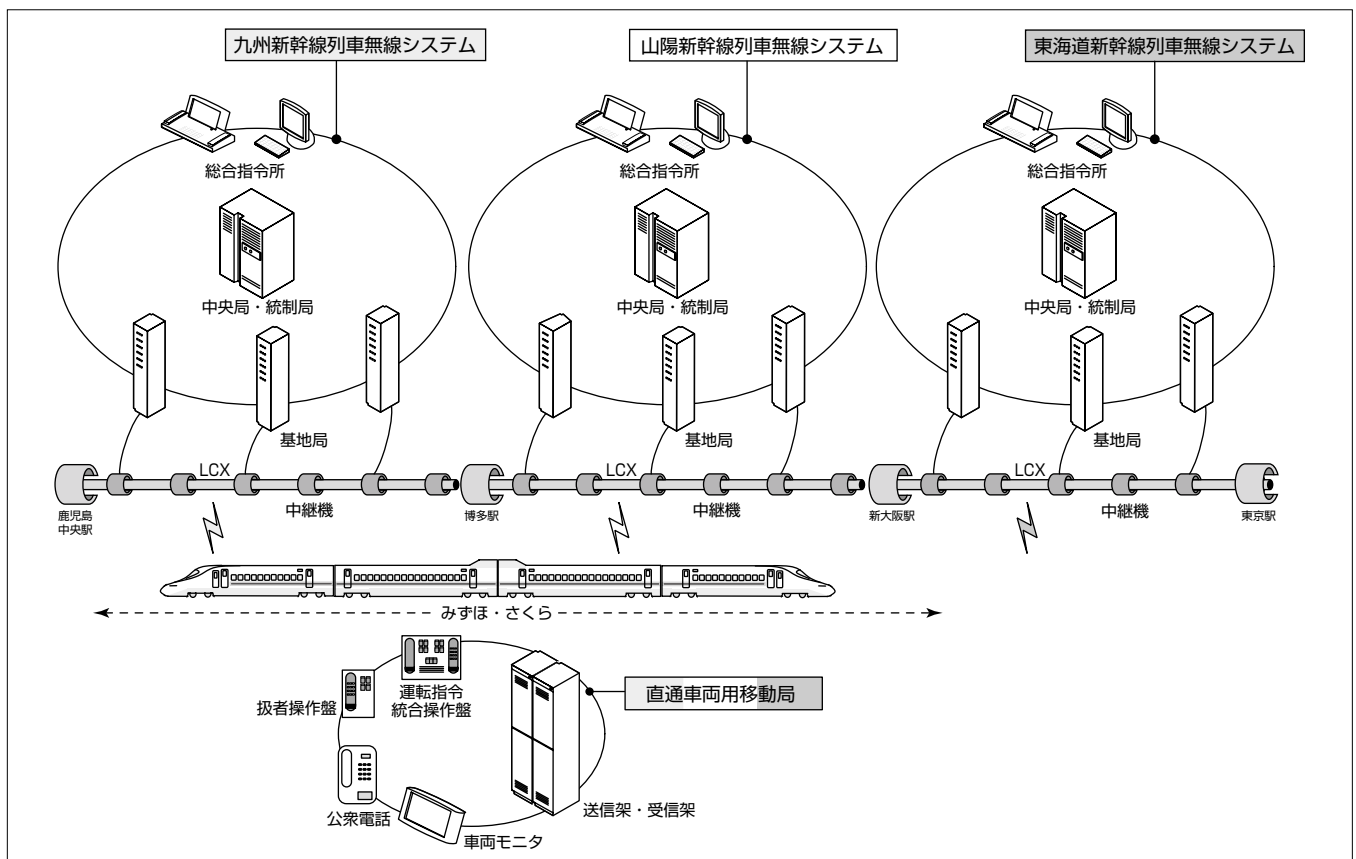
直通車両に搭載される列車無線装置(以下“移動局”)という。は、3種類の列車無線システムに必要な機能を盛り込みながらも、直通運転を行わない従来の山陽新幹線、九州

新幹線用の移動局と同等のスペースに機器を納める必要があった。

そこで、3種類の異なる列車無線システムの無線方式に対応したソフトウェア無線部を導入するとともに、アナログ処理部をデジタル化することによって、回路規模の大幅縮小を行い実現した。

また、直通車両は3種類の異なる列車無線システムに対応し、通話を継続しながらシステム境界をハンドオーバーできる必要があり、ソフトウェア無線部の無線方式切替えによってシームレスなハンドオーバーを実現した。

(注1) 新幹線は、東海旅客鉄道株、東日本旅客鉄道株、西日本旅客鉄道株の登録商標である。



新幹線列車無線システム

新幹線列車無線システムは、中央局、統制局、基地局、中継機の地上設備と各列車に搭載された移動局によって構成され、基地局と移動局間の伝送は線路沿いに張られたLCX(漏洩(ろうえい)同軸ケーブル)を介した無線通信で行われる。東海道新幹線、山陽新幹線、九州新幹線の列車無線システムは無線方式・制御方法が異なるため、直通車両用移動局は在線する地上設備の方式にしたがって新幹線業務及びサービスに必要な音声、データの通信を行う。

*コミュニケーション・ネットワーク製作所

1. ま え が き

2011年3月12日に、九州新幹線博多－新八代間が開通し、九州新幹線(鹿児島ルート)が全線開業した。これを機に山陽新幹線と九州新幹線の直通運転が開始され、専用の直通車両“みずほ”“さくら”が新大阪から鹿児島中央まで運行されている。直通車両には、この区間を走行する際に必要な東海道新幹線、山陽新幹線、九州新幹線の列車無線システムに対応した移動局が搭載されている。

本稿では新幹線列車無線システムと、山陽・九州新幹線直通車両用の移動局を導入した技術について述べる。

2. 新幹線列車無線システム

新幹線列車無線システムは、中央局、統制局、基地局、中継機から構成される地上設備と、列車に搭載された移動局によって構成される。

2.1 移 動 局

移動局は、図1のように4つのアンテナを搭載し、線路沿いに張られたLCX(漏洩同軸ケーブル)を介して地上設備と無線通信を行い、新幹線運行业務及びサービスに必要な音声、データの通信を行う。

2.2 システム境界

新幹線列車無線システムは、開業及び設備更新時に最新の技術を導入し、高品質な音声通信と大容量かつ高速なデータ通信を実現することで列車の安全運行とサービスの向上を図っている。開業及び設備更新時期の異なる東海道新幹線、山陽新幹線、九州新幹線は図2のように異なる新幹線列車無線システムによって構成されている。

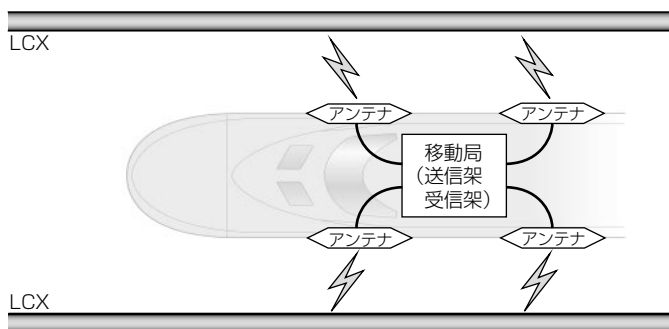


図1. 移動局の概念図

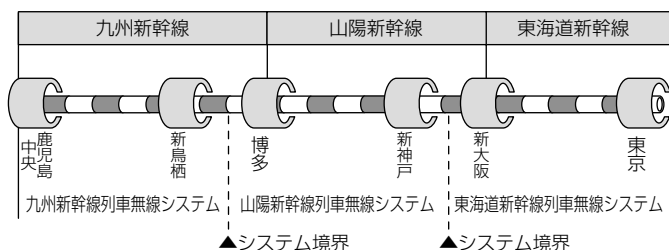


図2. システム境界図

東海道新幹線と山陽新幹線のシステム境界は新大阪と新神戸の駅間にあるため、新大阪から鹿児島中央間を運行する山陽・九州新幹線直通車両は、3種類の新幹線列車無線システムに対応し、通話を継続しながらシステム境界をハンドオーバーできる移動局が必要である。

2.3 無 線 方 式

東海道新幹線、山陽新幹線、九州新幹線の列車無線システムにおける無線方式の概要を表1に示す。変調方式は東海道新幹線と九州新幹線の列車無線システムは音声、データともにデジタル位相変調方式を、山陽新幹線列車無線システムは、音声はアナログ位相変調方式、データはGMSK(Gaussian filtered Minimum Shift Keying)方式を採用している。無線フレームフォーマット、音声符号化は各々独自方式によって実現している。直通車両用の移動局はすべての無線方式に対応している。

2.4 サービス機能

東海道新幹線、山陽新幹線、九州新幹線の列車無線システムで、直通車両用の移動局が提供する音声とデータのサービスを表2に示す。直通車両用の移動局は各システムのサービスに対応している。

3. 移動局の構成

山陽・九州新幹線直通車両用の移動局の構成を図3に示す。送信架は、音声端末、PHS(Personal Handyphone System)交換機、ラジオ再放送装置を接続する音声端末インタフェース部と送信部(ソフトウェア無線部)を実装して

表1. 無線方式

	九州新幹線 列車無線システム	山陽新幹線 列車無線システム	東海道新幹線 列車無線システム
無線周波数帯	400MHz帯		
伝播(でんぱ)方式	LCX方式		
変調方式	デジタル位相 変調方式	音声：アナログ位相変調方式 データ：GMSK方式	デジタル位相 変調方式
無線フレーム フォーマット	九州独自方式	山陽独自方式	東海道独自方式
音声符号化	九州独自方式	なし	東海道独自方式

表2. 移動局が提供するサービス

	九州新幹線 列車無線システム	山陽新幹線 列車無線システム	東海道新幹線 列車無線システム
音 声	運転指令電話	○	○
	旅客指令電話	○	○
	業務電話	○	○
	公衆電話	○	○
	車掌一斉放送	○	○
	ラジオ再放送	○	○
デ ー タ	文字ニュース	○	○
	車両モニタ	○	○
	列車無線モニタ	○	○
	運行状況指令伝達	○	○

○：機能あり

いる。受信架は、受信部(ソフトウェア無線部)、多重部・コーデック部及び全体の信号処理を行う処理部(アナログ処理部含む)を実装している。多重部・コーデック部は、送信架の送信部と音声端末インタフェース部と接続し、信号の多重化とコーデック処理をする。

4. 移動局に導入した技術

この移動局は、車両内の移動局設置スペースに制限があるため、ソフトウェア無線部(送信部、受信部)を導入し無線部実装数を削減するとともに、アナログ処理部の小型化を行っている。また、システム境界を走行するため、シームレスな方式切替え(ハンドオーバー)を実現している。

4.1 ソフトウェア無線部

4.1.1 導入

この移動局は、東海道新幹線、山陽新幹線、九州新幹線の各列車無線システムに必要な機能を盛り込みながらも、従来の移動局と同等のスペースに納まるようにするために、実装する無線部数を削減する必要があった。そこで、設定の変更によって3種類の無線方式が動作可能なソフトウェア無線部を導入した。

4.1.2 概念

ソフトウェア無線部は共通のハードウェアを用い、ソフトウェアの切替えによって、複数の無線方式に対応できる無線部である。図4にその概念図を示す。直通車両用の移動局のソフトウェア無線部は送信部と受信部が、それぞれ1種類のハードウェアで東海道デジタル方式、山陽アナログ方式、九州デジタル方式の3種類の無線方式に対応することができる。

4.1.3 構成

従来の無線部(受信部)とソフトウェア無線部(受信部)の構成例を図5に示す。従来の無線部(受信部)は、RF (Radio Frequency)回路、混合器、IF (Intermediate Frequency)回路、BB (Baseband)回路、検波器等で構成されているが、機能が固定されたハードウェアで構成されていたので1種類の受信方式にしか対応できなかったが、近年DSP(Digital Signal Processor)などの演算素子の高性能化によってソフトウェア無線部を実現することが可能となった。ソフトウェア無線部(受信部)は、RF回路、混合器、A/D (Analog to Digital)変換部、信号処理部、伝送制御部で構成

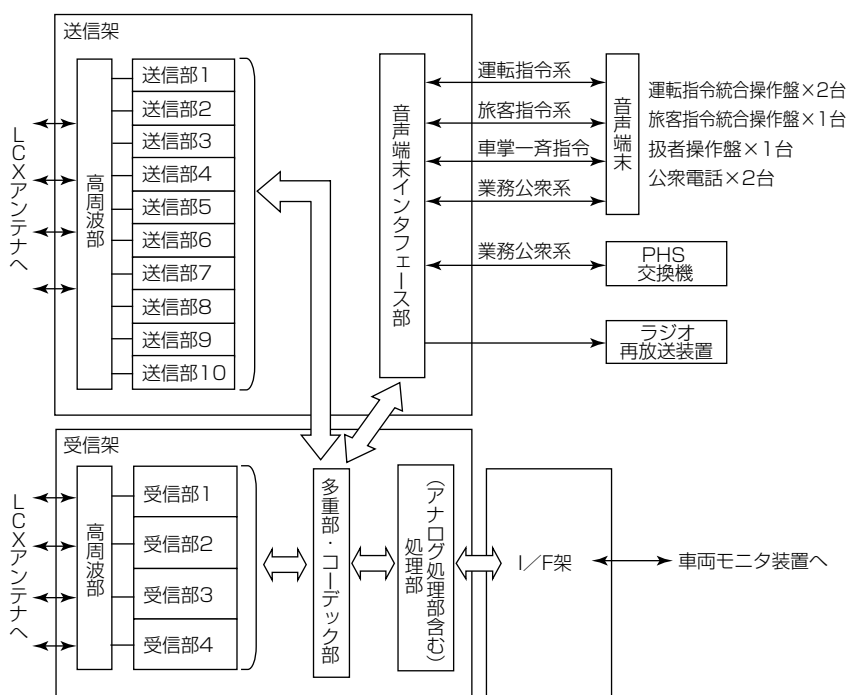


図3. 移動局の構成

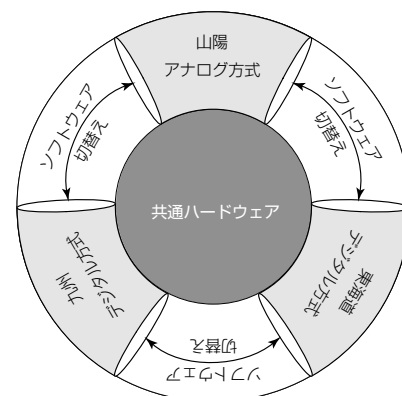
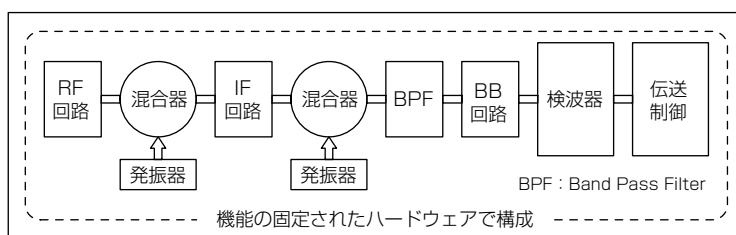
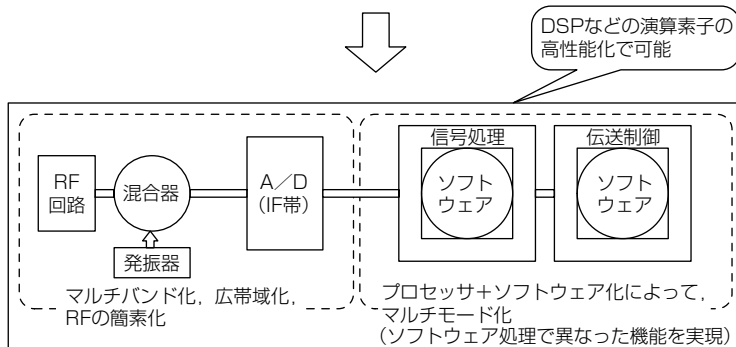


図4. ソフトウェア無線部の概念図



(a) 従来の無線部(受信部)の構成例



(b) ソフトウェア無線部(受信部)の構成例

図5. ソフトウェア無線部(受信部)の構成例

表 3. 無線部実装数

(a) 各方式の従来の無線部の必要無線部数(冗長系含む)		
	送信部	受信部
九州デジタル方式	4 台	2 台
山陽アナログ方式	10台	4 台
東海道デジタル方式	6 台	3 台
単純合計	20台	9 台

(b) 直通車両用の移動局の実装無線部数(冗長系含む)		
	送信部	受信部
3 方式対応	10台	4 台

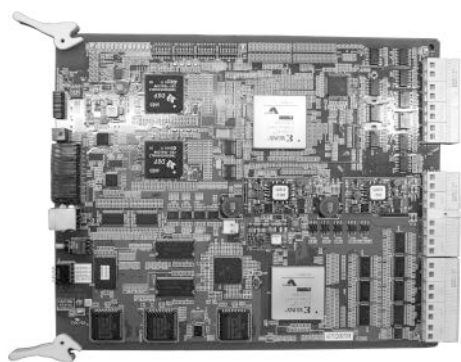


図 6. アナログ処理部

される。ソフトウェア無線部の信号処理部、伝送処理部はソフトウェアで異なった機能を実現している。このため、異なった複数のシステムの受信対応が同じ受信部で可能である。

4.1.4 無線部実装数の削減

移動局を従来の無線部(送信部、受信部)で構成した場合と、ソフトウェア無線部(送信部、受信部)で構成した場合の比較を表 3 に示す。今回ソフトウェア無線部を導入することによって、従来の無線部で構成した場合と比較して、必要な無線部実装数を半減させた。

4.2 アナログ処理部の小型化

山陽区間のアナログ方式は多重チャネルを同時監視する必要がある。従来はアナログ回路で実現していたが、ソフトウェア無線部のプラットフォームを流用して、DSP及びFPGA(Field Programmable Gate Array)で処理することでアナログ処理部を従来の当社製移動局で使用していた処理部と比べ、約 5 分の 1 の大きさに小型化を図ることができた。図 6 に今回受信架に実装しているアナログ処理部の外観を示す。

4.3 シームレスなハンドオーバーの実現

直通車両用の移動局は、異なるシステムの区間を走行する一方、運転保安設備として利用される音声サービスはすべてのシステムで共通に使用され、システム境界をハンドオーバーする際にも通話継続が必要である。

直通車両用の移動局は東海道区間及び九州区間ではデジ

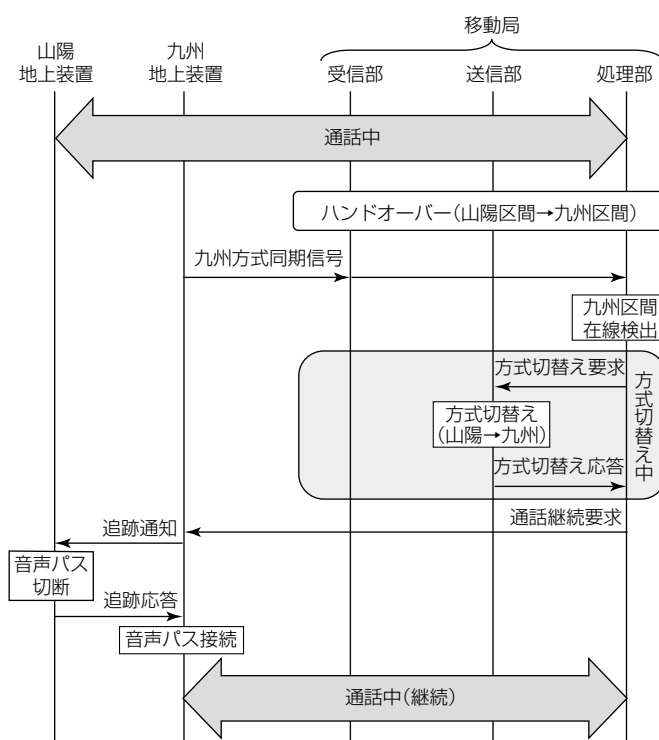


図 7. 山陽区間から九州区間へのハンドオーバーシーケンス

タル方式波に含まれる同期信号を検出し、山陽区間ではアナログ方式波に含まれるパイロット信号を検出することによって、システム境界のハンドオーバーを検出する。この際、ソフトウェア無線部の無線方式を高速で切り替えることによって、異なるシステム間の通話を継続させたまま、シームレスなハンドオーバーを実現している。山陽区間から九州区間へのハンドオーバー時のシーケンス図を、例として図 7 に示す。

5. む す び

新幹線列車無線システムと、山陽・九州新幹線直通車両用の移動局に導入した技術について述べた。ソフトウェア無線部の導入、アナログ処理部の小型化によって、従来と同じ設置スペースで直通車両用の移動局を実現でき、また異なるシステムの区間走行に対応することで、山陽・九州新幹線の直通車両の完成、運行に貢献することができた。今後も列車の安全運行とサービス向上を図るため開発を行っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 岩永伸理, ほか: 東海道新幹線デジタル列車無線システム, 三菱電機技報, **83**, No.6, 367~370 (2009)
- (2) 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)