

第 17 回

列車無線

【 鉄道通信のはじまりと列車無線 】

鉄道における通信は、1872年に新橋～横浜間において初めて鉄道が開業した際に、3本の裸線を用いたモルス電信を使用して閉そく運転を行ったことに始まります。鉄道通信は、列車を安全に運転するための連絡手段として誕生しました。その後、列車の運転だけでなく、鉄道を運行するために必要となる様々な情報の伝達や、旅客サービスを提供するために多くの通信システムが導入され、今日に至っています。電波を使った無線通信システムも、**図1**に示すように多くの種類が使われています。鉄道通信は、まさに鉄道事業を陰で支える神経網といえるでしょう。鉄道における通信システムは、列車の運行に欠かすことのできない情報を伝えるためのものと、お客様へのサービスを提供するためのものと大きく分けられます。本稿で取り上げる列車無線は、列車と地上の間で列車の運行に係る情報を伝えるための通信システムで、列車の安全・安定運行を支える重要な設備です。

【 鉄道における対列車通信への無線利用の歴史 】

鉄道における対列車通信への無線の適用の歴史を**図2**に示します。日本で最初の対列車通信は、1926年から1929年にかけて、東海道本線の大井町～小田原間で誘導無線式による電信・電話の実験でした。ちなみに鉄道業界で初めて無線が使われたのは1915年のことで、下関～釜山間で運行していた連絡船と陸上との間の通信でした。誘導無線式は、**図3**のように線路の沿線に電線（誘導線）を張り、列車上のループアンテナとの間で100kHz～250kHzの周波数を使って通信を行う方式です。電線に電流を流すと、電線の周囲に発生する電磁界によって近くにある別の電線にも電流が誘起される原理を利用しています。誘導無線式による列車無線は1954年に阪神電鉄で実用化され、現在も地下鉄などで利用されています。

携帯電話のように空間に電波を飛ばして通信を行う無線システム（空間波方式と呼びます）は、1950年代の初めころから実験が行われ、1950年代の半ばにはヤードや

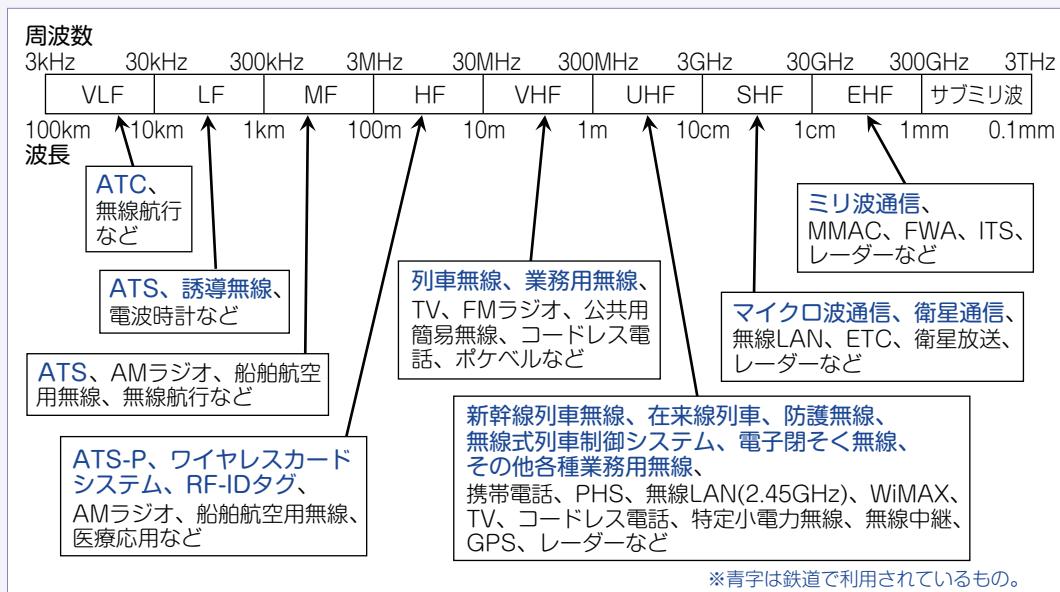


図1 無線の周波数と主な用途

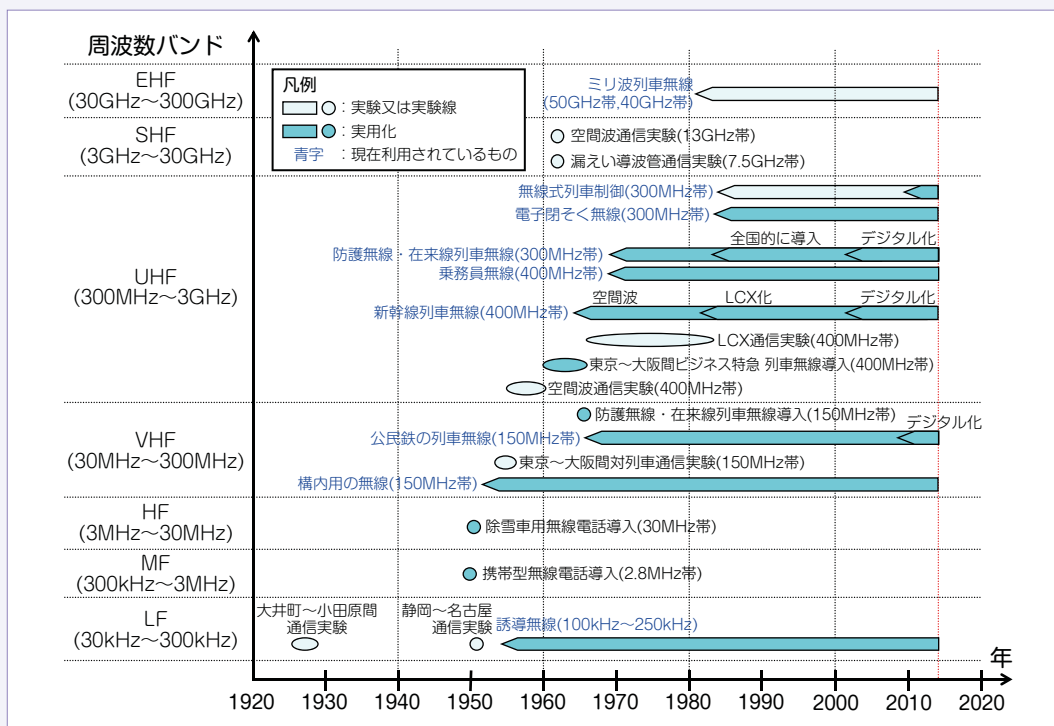


図2 鉄道における移動体通信への無線利用の歴史

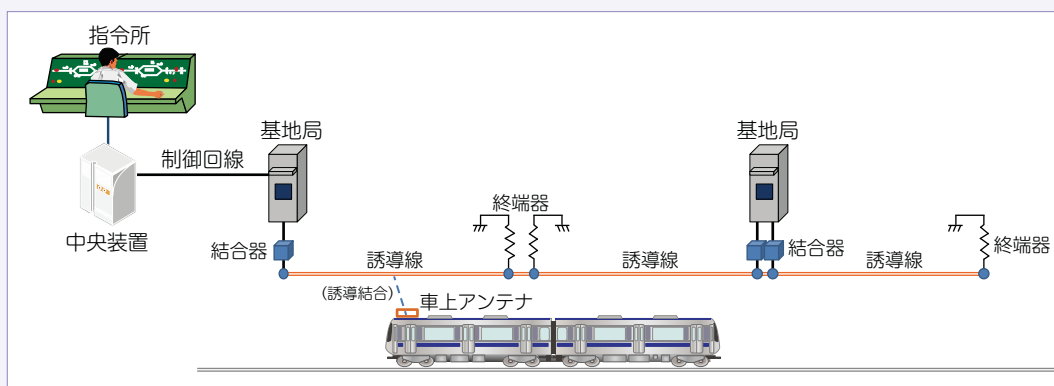


図3 誘導無線システム

車両基地などの構内で無線電話が実用化されました。本線を走行する列車との無線通信が実用化されたのは1960年代に入ってからのことです。1960年に当時の国鉄が東京～大阪間のビジネス特急に導入した列車無線システムは、400MHz帯の電波を利用したFM変調方式の無線でした。この列車無線システムは、業務用の通話回線のほかに公衆電話も利用でき、単一のチャンネルで複数の列車との通話を実現するための仕組みや、高速で走行する列車を追跡して回線をつなぐ方式など、後の新幹線列車無線システムの礎となった画期的なシステムでした。1962年に発生した三河島事故の教訓を基に、1966年から防護無線が導入され始め、1986年には全国の在来線にも列車無線が整備されました。1964年には、東海道新幹線の開業時に、高速走行する列車と高品質の通話を可能とする列車無線システムが空間波方式によって整備されました。現在も利用

されている対列車通信システムの多くが1960年～1970年に開発・導入されたものです。公民鉄で150MHz帯の列車無線が導入され始めたのもこの頃でした。特に1960年代の後半は、トランジスタ化により小型化・高信頼化が図られ、またUHF帯(300MHz～3GHz)の利用が可能となった時期でした。まさに当時の最先端の技術が採用されたのですが、開発から実用化まで10年近く、あるいはそれ以上かかっており、走行列車と地上との間で確実に通信をするために入念な実験や検証が行われたことがわかります(実はこの信頼性の課題は今でも変わりません)。1980年代からは、通話のためだけでなく、無線で制御を行うシステムの開発、導入が始まり、2011年には世界で初めて無線伝送だけで列車を制御するシステムが日本で実用化されました。また、EHF帯(30GHz～300GHz:ミリ波帯とも呼ばれる)を対列車通信に適用するための研究開発が始

まったのも1980年代でした。次の節では、鉄道を代表する無線通信システムである新幹線列車無線システムの概要と歴史を紹介します。

新幹線列車無線

新幹線の列車無線システムの最も大きな特徴は、高速で移動する列車を追跡しながら確実に接続し、地上との間に高品質の伝送回線を構成している点です。東海道新幹線開業当時(1964年)の新幹線列車無線システムは、空間波方式のアナログ無線でしたが、全線の99.9%で通話可能で、全線の90%以上の区間で通話S/Nが35dB以上、走行中の列車と地上相互間で交互に呼び出したときの接続率が99.9%以上、という非常に高い性能が実現されていました。なお、S/Nは信号と雑音の強さの比を表す値で、S/N = 40dBは信号の電圧が雑音の電圧の100倍あることを示します。1982年に開業した東北・上越新幹線では、周波数の有効利用とトンネル対策、データ通信の導入に対応するため、全線にLCX方式が採用されました(図4)。LCXは1967年頃に開発された同軸ケーブルの一種で、電波を少しずつ漏らすためのスロットと呼ばれる穴が開けられています。このスロットと列車のスカート部に取り付けられたアンテナとの間で、400MHz帯の電波を送受して情報を伝送します。LCX方式では、地上のLCXケーブルと列車のアンテナが常時近接しているため干渉や雑音の影響を受けにくく、明かり区間・トンネル区間を問わず安定した通信品質を保つことができます。なおこの方式は、山陽新幹線のトンネル区間で既に採用されていました。LCX方式の導入により、250km/h以上の高速で走行していても、全線の99.99%以上で通話でき、S/Nも全線の99%で40dB以上というさら

に高品質の伝送が実現できました。東海道新幹線は1984年～1990年にLCX方式に更新されました。山陽新幹線では開業当初はトンネル区間だけでしたが、現在は全線LCX化されています。また、北陸・九州の両新幹線は上越新幹線と同様に最初から全線LCX方式で建設されています。

なお、東海道新幹線の一部の列車内において提供されているインターネット接続サービスでは、地上～列車間の伝送路として、列車無線用のLCXが利用されています(列車内は無線LAN)。指令通話用とは独立した周波数チャンネルを使用しており、伝送速度は2Mbpsですが、ほぼ全線で安定した接続が確保できるという特徴があります。

これからの列車無線

近年の情報通信技術の発展は目覚ましく、より高度な無線を利用したシステムを構築できるようになっています。実際に、無線による列車制御や、お客様へのブロードバンド通信サービスの提供などが実現されてきています。今後も、さらに安全・安定した輸送の実現、業務の効率化、またお客様への情報サービスの拡充をめざして、最新の情報通信技術(ICT)を活用した新しいシステムやサービスが登場してくるでしょう。

列車無線では、近年、在来線・新幹線ともデジタル化が進められています。東海道、東北、上越、北陸、九州の各新幹線とJRの一部の在来線では既に完全デジタル化されており、公民鉄でもデジタル化が始まっています。列車無線がデジタル化されることにより、音声の他にも様々なデータを伝送できますので、アナログ方式では実現できなかった新しい運転保安システムの実現が可能となります。

また、現在はUHF帯が最も多く使われていますが、

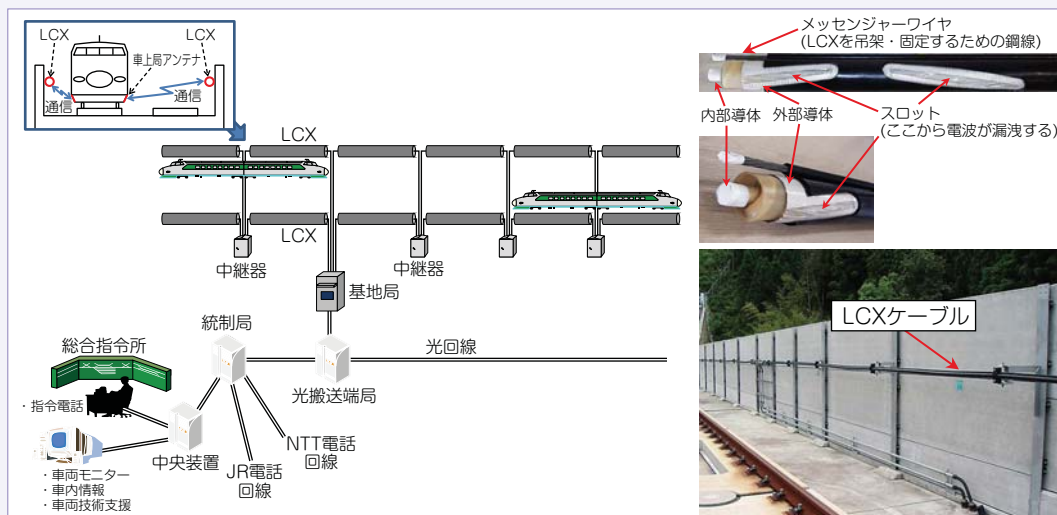


図4 新幹線列車無線システム(LCX方式)

