

列車・信号制御とその鉄道システムにおける役割

長岡技術科学大学 大学院技術経営研究科 システム安全系 教授
東日本旅客鉄道株式会社 JR東日本研究開発センター 技術アドバイザー

平尾 裕司

ヨーロッパ共通の列車制御システムであるERTMS/ETCS (European Railway Traffic and Management System / European Train Control System) レベル2がスイスで本格的に導入された後、イタリア、スペイン、オランダなどの高速線への適用が広がっている。また、中国においては、今年6月に北京・上海間でERTMS/ETCSレベル2と同等のシステム機能、構成からなるCTCSレベル3によって300km/h以上での営業運転が開始された。このように順調に展開されているように見えるERTMS/ETCSであるが、当初の開発目標からみれば課題も残されているとともに、今後の列車・信号制御システムのあるべき姿を考えるうえで示唆に富んでいる。

ERTMS/ETCSは、ヨーロッパにおいて国ごとに異なる列車制御システムを統一して国境でのスムーズな列車運行、すなわちインタオペラビリティを実現するために1990年代の始めにUICで開発が開始されたシステムである。段階的な導入を容易にするために、アプリケーションレベル1~3を用意し、段階的に上位に移行できるよう考慮してある。レベル1は、ATSの機能を実現するもので、ユーロバリスといわれるトランスポンダ地上子と車上装置によってATSに相当する機能を実現する。レベル2は、携帯電話無線に鉄道専用周波数を割り当てたGSM-R無線によって車内信号方式の列車制御システムを実現する。両者とも、列車の検知のために軌道回路を使用する。レベル3は、レベル2の機能を軌道回路を用いずに実現するものであるが、主要幹線を対象としたシステム開発はまだ行われておらず、地方交通線を対象としたシステムがスウェーデンで今年の夏から使用開始される予定である。

このようなERTMS/ETCSについて、特に、より高度な制御機能を有するレベル2のシステムについては、各国によって導入の必要性や考慮しなければならない条件が異なる。2006年にレベル2を導入したスイスでは、その導入理由が明確であった。Bahn2000と呼ばれるスイス国内の拠点駅の列車接続ダイヤ改良のために、一部線区を高速新線として所要時間を短縮するとともに、主要拠点駅での各方面からの列車を特定の時刻に一斉に到着、発車させて接続をとる必要があった。既設の列車制御システムでは対応ができないため、高速化と時隔短縮が可能な自国内での新たな列車制御システムが不可欠であったことと、さらにヨーロッパ内でのインタオペラビリティも可能であるということがERTMS/ETCSを積極的に導入した理由である。また、イタリアのき電は直流3,000V方式であり、他国からの乗入れや車両性能の向上には交流き電への変更が必要とされた。列車制御システムの観点からは、直流き電から交流き電に変更するには、列車速度情報を伝送する既存の軌道回路、列車制御方式についても更新す



Profile

略歴

- 博士(工学) 東京大学
- 1953年 北海道出身
- 1973年 函館工業高等専門学校 電気工学科卒業
- 1973年 日本国有鉄道入社
- 1998年 財団法人鉄道総合技術研究所 列車制御研究室長
- 2003年 同 信号通信技術研究部長
- 2007年4月 長岡技術科学大学 大学院技術経営研究科 システム安全系 教授
- 2007年6月 東日本旅客鉄道株式会社
JR東日本研究開発センター 技術アドバイザー

る必要があった。そのため、他国より早い段階でERTMS/ETCSレベル2が導入されている。

これに対し、ドイツやフランスにおいては、ERTMS/ETCSの導入について必ずしも積極的ではない。両国とも、300km/h以上の列車運転が可能な自国で開発したLZB、TVM430を有しており、これらの設備寿命もまだあることから、これらシステムを廃止してERTMS/ETCSを積極的に導入しなければならない必要性は乏しい。Bahn2000実現のためにいち早くERTMS/ETCSを導入したスイスにおいても、既存の列車制御システムからの移行のためにインタフェースモジュールを車上に搭載するとともに、全ての車両のERTMS/ETCSへの移行対応が終了するには10年以上を要する。なお、スイスでは、主要幹線以外の線区におけるERTMS/ETCS導入の低コスト化を目的として、分岐に関係する箇所だけに速度照査パターンの発生を限定するなど、レベル1の機能の拡張が行われている。

また、ERTMS/ETCSが現在抱えている主な技術的課題として、ソフトウェアバージョンの確定とGSM-R無線の更新がある。各国にある既存システムから新システムへの移行を考慮しなければならないため、ERTMS/ETCSのソフトウェアではこれら多くの条件を取込むことが必要とされている。また、異なるメーカーのサブシステム間での結合が実際には機能しない場合もあるなど、これらについてもソフトウェアバージョンの確定に影響を与えている。ソフトウェアのバージョンによっては、異なるバージョンの区間へ列車の乗入れが不可となる場合もある。GSM-R技術については、すでに旧世代のものとなり、次世代のLTEへ移行の検討も進められている。GSM-Rの更新には、移行方法を含め、列車制御の視点から新無線システムの開発が必要とされる。

このようなERTMS/ETCSについて、列車・信号制御システムのあり方として何がいえるであろうか。

ERTMS/ETCSでは、インタオペラビリティの確保を第1の目的とし、既存システムとのインタフェースを含めサブシステムの処理内容についてかなり詳しく定めている。各国の既存の列車制御システムの寿命は汎用機器に比較してかなり長く、ERTMS/ETCSの導入、移行には長い時間を要するとともに、関係国の線区にERTMS/ETCSが設備されてはじめてインタオペラビリティが可能になる。すなわち、長期間にわたりERTMS/ETCSを設備することになり、GSM-Rのように旧技術となって部分的更新が必要となるとともに、新たな機能を列車制御システムに付加することがむずかしくなる。列車・信号制御システムは、本来、鉄道経営ビジョンを実現するためのものであり、そのためには適当なシステム規模と寿命時間があるだろう。ERTMS/ETCSの動きは、ヨーロッパ域外からみれば、インタオペラビリティに重点を置くあまり融通性が小さく、新たな機能で魅力ある鉄道を実現するシステムにはなっていない。条件によって最適となるシステムは異なるはずであり、各条件に対して

どのような構成のシステムがよいのか体系的に求めることが大切であろう。

列車・信号制御システムに対する鉄道事業者からの視点は、今後、より重要になると考えられる。ヨーロッパでは、EUの鉄道政策として上下分離方式の鉄道運営が進められている。列車制御システムは、車上側だけで成り立つのではなく、地上側のシステムと一体で構築される。日本では、経営ビジョンに基づいてどのような新たな機能を列車・信号制御システムに付加すべきか検討できる環境にあり、この課題に対しより積極的に取り組んでいくことが重要と考える。また、鉄道システムとして、列車・信号制御システムと密接に関係する運行管理システム、設備保守管理システムなど多くのシステムが存在する。これらシステムはこれまでそれぞれ独立に開発され発展してきたが、鉄道システムとしての総合的見地から最適構成の検討も重要である。学術的には、大規模、複雑システムにおける目的実現のための条件、設計・評価法を扱うsystem of systemsと呼ばれるアプローチが新たな学問分野になっている。鉄道は大規模、複雑システムであり、利用者も考慮した経営ビジョンを有する鉄道事業者からの視点によるsystem of systemsの取組みが有益と考える。

さらに、列車・信号制御システムの開発、運用、保守における指標を意味し、それらを実現するための必要要件を規定する国際規格になっているRAMSに対しても、鉄道事業者からの視点は重要である。RAMS国際規格におけるライフサイクルのうち、システムの開発に関するものはメーカーが主要な役割を負うが、システムの運用、保守に関するライフサイクルフェーズにおいては、鉄道事業者が重要な役割を負うはずである。システムの性能目標を設定するも稼働実績データを有するも鉄道事業者であり、これらデータを活用することにより列車・信号制御システムのあり方について戦略的な取組みも可能となろう。上下分離の形態ではこのようなことはむずかしい。

3月11日に発生した東日本大震災から学ぶべきことも多い。RAMSについては、これまで設備故障に対する運転遅れを対象としていたのに対し、新たな視点として、利用者の協力と役割を含め、大規模な異常に対する適応力、回復力(resilience)も必要とされる。このような検討は、インフラストラクチャと各種システムを有し、列車運行を行う鉄道事業者であるからこそ可能であるといえる。また、列車・信号制御では、過度に定量的安全評価を行うのではなくフェールセーフ技術をベースとしてシステムを構築してきた。高い安全性が求められる列車・信号制御においては、可能性がある故障に対する安全技術の充実など今後も慎重に取り組むべきと考える。

新興国も加わり、厳しさが増しつつある鉄道の世界戦略のなかで、日本の鉄道システムが持続発展していくためには、鉄道事業者および利用者からの視点で列車・信号制御に取組んでいくことが重要である。