

情報と制御を融合した 鉄道輸送サービスシステム像

Railway Transportation Service Systems Converging Information Technology and Control Systems

小川 徹也

Ogawa Tetsuya

伊藤 雅一

Ito Masakazu

大隅 英貴

Osumi Hideki

加藤 博光

Kato Hiromitsu

長井 聡

Nagai Satoru

伏木 匠

Fushiki Takumi

わが国では大都市部、都市間ともに鉄道輸送が発達し、鉄道の担う役割が重要となっている。通勤、通学の足として発展してきたこともあり、朝夕のラッシュ時間帯の高密度ダイヤにおいても定時性に優れた運行を実現するため、鉄道輸送を支える基幹システムが整備されてきた。今後も、さらなる鉄道輸送サービスの発展のため、基幹システム間の連携が求められている。

われわれは、情報系と制御系で長年培ってきた技術を融合し、サービス基盤として強化することにより、システム間、鉄道事業者間、社会基盤となる他のコミュニティとの連携サービスに対応し、鉄道システムを通じて社会インフラの発展に貢献していく。

1. はじめに

社会の成長とともに人々の「移動」が活発化し、大量にかつ高速に「移動」を行うことができる鉄道の需要が増え続けている。日本の年間輸送人員は約222億4,300万人（2006年）と他の国を大きく引き離して世界一であり、世界有数の鉄道国となっている¹⁾。

日本の鉄道システムの大きな特長は、都市圏において複数の鉄道事業者が参入し、相互乗り入れやさまざまな運賃体系などを持つ複雑な鉄道ネットワークを形成し、それらを高密度で運行している点である。都市間移動においても、高速鉄道では世界に類を見ない高密度で新幹線が運行している。こうした日本の鉄道システムにおいて、鉄道事業者は高い定時性の確保、鉄道利用者の利便性の向上を実現してきた。その結果、日本の鉄道システムは、鉄道利用者に対して「移動」に対する大きな安心感を与え、日本の経済発展に大きく寄与してきたと言える。

近年、鉄道事業者は、交通輸送手段の提供だけでなく、全国に張り巡らされた輸送網と駅・生活拠点を結ぶ動線上に快適な生活空間を構築し、人々の日常生活を支える生活パートナーへと変貌(ぼう)を遂げている。日立グループは、

鉄道事業者を支えるトータルソリューションパートナーとして、送電設備、車両、信号、座席予約、運行管理などの鉄道向けの基幹システムだけでなく、流通システムや金融システムなど生活サービス事業に至る幅広い分野を網羅し、「情報」と「制御」を融合した鉄道トータルソリューションの提供を進めている。

ここでは、鉄道基幹システムの概要と、鉄道システムでの「情報」と「制御」の融合サービス像、およびそれを支える技術について述べる。

2. 鉄道を支える情報制御システム

鉄道輸送を支える基幹システムは、情報系のシステムと、制御系システムとに大きく分けられる（図1参照）。以下では、これまでわれわれが携わってきた情報系、制御系システムと、その技術的特長を述べる。

2.1 情報系の基幹システム

(1) 座席予約システム

鉄道情報システム株式会社が開発・運営する「MARS (Multi Access Reservation System)」は、「みどりの窓口」の端末や大手旅行会社、航空会社、JR各社の旅行業システム、インターネットと接続し、指定券をはじめとする乗車券、定期券、イベント券、宿泊券、団体旅行など、鉄道利用者のニーズに合わせた多岐にわたるサービスや商品を提供している。

MARSは、1960年代に座席予約システムとして誕生して以来、常に時代の最先端の情報・通信技術を投入し、オンラインシステムの代名詞として世界をリードしてきた。日本国有鉄道の分割民営化後には、JR各社の販売施策が多様化し、個別に進んでいることから、JR各社の要望への迅速・柔軟な対応と、拡張性・保守性の向上を目的とし

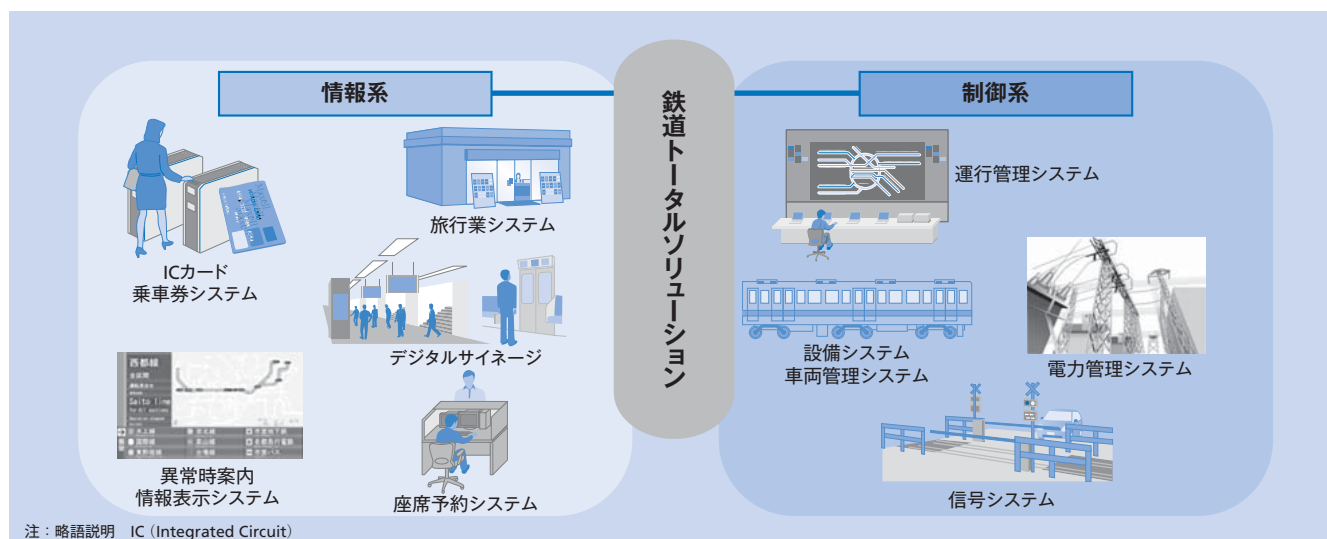


図1 | 鉄道を支える情報制御システム
現状の鉄道システムは、情報系、制御系それぞれの基幹システムが支えている。

て2004年に「MARS501」へと発展を遂げた²⁾。

(2) ICカード乗車券システム

日本国内の鉄道向けのICカード乗車券システムは、2001年の東日本旅客鉄道株式会社のSuica^{※)}に始まり、全国の主要都市で運用されている。2010年3月には北海道から九州までがネットワークでつながり、ICカード乗車券の「相互利用」が可能になっている。

ICカード乗車券は、媒体自体の非接触という利便性やセキュリティ性とともに、センターシステムでのデータチェックを行うことによって、決済処理の信頼性を支えている。不正利用防止は、ICカードを管理するセンターシステムによって実現されている。改札機や券売機などの駅務機器でICカード乗車券を処理するたびに発生するデータを、駅ごとに設置した駅サーバに集約し、さらに各駅からのデータをセンターシステムに集約してカードごとの残高管理、利用履歴の管理を行っている。また、紛失時の再発行や履歴の印刷などのサービスも行っている。

2.2 制御系の基幹システム

東日本旅客鉄道株式会社に導入されている鉄道輸送を支える制御系基幹システムの代表例としては、新幹線総合システム「COSMOS (Computerized Safety Maintenance and Operation Systems of Shinkansen)」³⁾、東京圏輸送管理システム「ATOS (Autonomous Decentralized Transport Operation Control System)」⁴⁾が挙げられる。

COSMOSは業務運営の抜本的な改革、省力化の推進、高速化や輸送計画の多様化への対応、鉄道利用者への情報サービスの充実を基本コンセプトに掲げ、1995年11月に

使用開始した。COSMOSは、列車ダイヤなどの計画作成、列車の運行、設備の監視制御・保守などの新幹線における輸送管理業務全般を一貫して管理する、七つのサブシステムを統合する大規模広域分散型システムとなっている^{3),4)}。

ATOSは東京圏の超高密度な列車運行に対して、安全で安定した列車運行管理と鉄道利用者へのサービス向上を目的として、1996年に中央線で使用開始した。ATOSは、列車の運行管理だけでなく、旅客案内の自動化、保守作業管理システムによる保守作業の管理も行う大規模分散型列車輸送管理システムとなっている^{5),6)}。

COSMOS、ATOSとも、自律分散アーキテクチャを採用することで、高密度線区における信号機・転轍(てつ)機の自動制御を実現している。また、従来型の運行管理システムの範囲にとどまらず、列車の未来の走行位置を予測する機能や、列車の乗務員へのダイヤ変更情報の配信、さらには風雨などの規制情報の配信など、高密度線区を支える指令業務の改善・効率向上も実現する、世界でも類を見ないシステムとなっている。

3. 情報・制御融合サービスのコンセプト

情報・制御系基幹システムの進展は、鉄道事業者の業務効率向上、鉄道利用者へのサービス向上に貢献してきた。今後の鉄道事業のさらなる発展に向けては、より鉄道利用者の立場での安全・快適・便利な輸送サービスの提供、快適な生活空間の構築が必要と考えられる。われわれは、情報系・制御系の基幹システム間の融合により、従来の基幹システムの枠を超えた新たな鉄道利用者向けサービスが実現可能であると考えている(図2参照)。

例えば、鉄道システムを人の移動手段として抽象化すれば、システム内には大容量の「移動」、「行動」のデータが

※) Suicaは、東日本旅客鉄道株式会社の登録商標である。

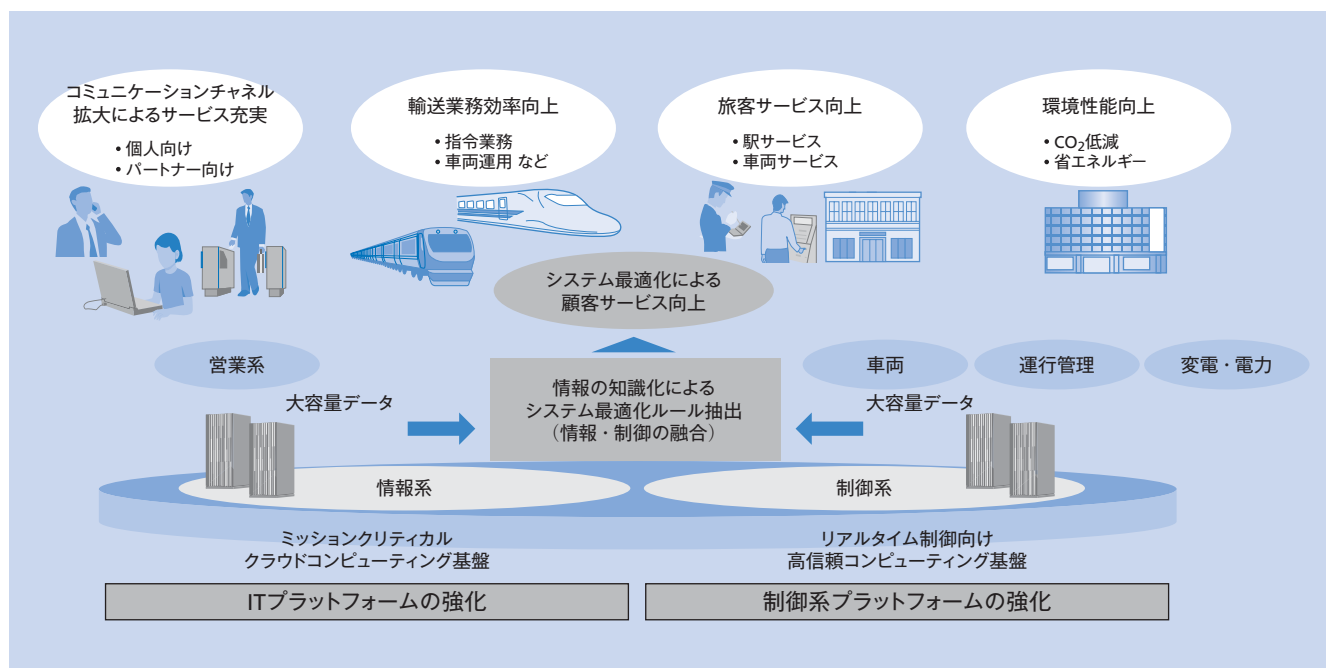


図2 | 情報と制御の融合が実現するサービス全体像

情報系システムと制御系システムの融合・知識化によって、より鉄道システムの利用者視点に立った顧客サービスが実現可能となる。

含まれると考えることができる。この大容量データを知識化して「移動」,「行動」を「見える化」することにより、個人向けサービスの充実、輸送業務効率向上、旅客サービス向上につなげることが可能となる。

これらの融合サービスを実現するには、(1) 情報系・制御系といった異種のシステムを柔軟に結合するための手段、および、(2) 大容量データの知識化を行い、全体を最適制御するための手段が必要となる。次に融合サービスのコンセプトを具現化するための技術基盤について述べる。

4. 融合サービスを支える技術基盤

4.1 融合サービスを実現するためのシステム要件

情報・制御融合サービスを実現するためには、情報系・制御系の中の個別システム内で管理してきたデータ間の関係を紐(ひも)づけて、従来の枠を超えて相互に利用可能とする必要がある。このときすべての個別システムのデータを集中型データベースで統合管理する手法もあるが、この場合には個別システム内で部分的にデータ項目を拡張するだけであっても、その影響が他のシステム全体に及んでしまう点が課題となる。そのため、情報系・制御系の個別システムの独立性を維持したままデータ連携を可能とする必要がある。

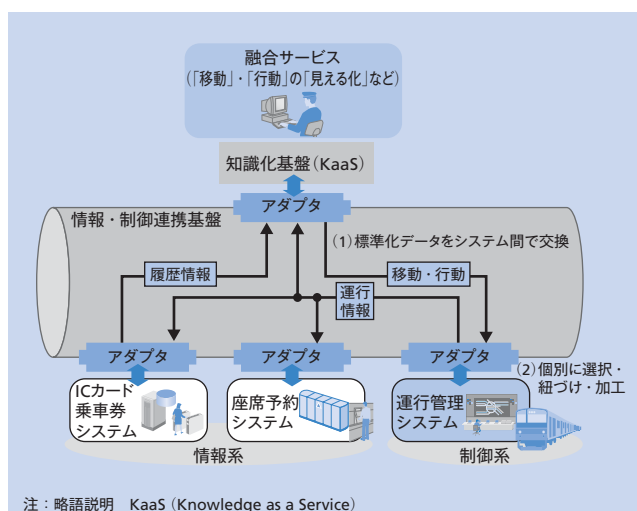
また、個別システムの独立性を維持したままシステムをまたがったデータの相互利用性が高まると、鉄道システム全体で大容量データを共有することになる。それら大容量データから顧客サービス向上に役立つ知識を抽出する場合には、時々刻々と拡大するデータ量の増加に対応可能なス

ケーラビリティが、システムには必要とされる。また、「移動」,「行動」を「見える化」した結果を業務に反映するにはリアルタイムな知識化処理も必要とされる。

そこで、これらの要件を満足させる技術として、日立グループは「情報・制御連携基盤」と「知識化基盤」を提案している(図3参照)。

4.2 情報・制御連携基盤

情報・制御連携基盤はバス型アーキテクチャによって独立したシステム間を接続し、個々のシステム内で発生したデータを標準化データに変換して相互に交換する仕組みを提供する。これにより、既存の個別システムの枠を超えた



注：略語説明 KaaS (Knowledge as a Service)

図3 | 情報と制御の融合サービスを実現するシステムアーキテクチャ
情報系と制御系の個別システム間を「情報・制御連携基盤」によって疎結合に連携させ、「知識化基盤」により、大量データからの知識化処理を実現する。

データの相互利用を実現できる。運行管理システムなどの個別システムは、おのおののアダプタで必要なデータを選択・紐づけ・加工することによって、他のシステムに影響を与えずにみずからのシステム内で利用可能な形でデータを変換し、疎結合なデータ連携を実現することができる。制御系システムとのインタフェースとなるアダプタでは特に、情報系からのアクセス要求時においても制御系内の周期的な処理を優先させる機構を持たせる。これにより、重要度の高い制御系を保護しつつ、情報系・制御系間の連携が可能である。

4.3 知識化基盤

情報・制御連携基盤上で流通する大容量データに含まれる知識を抽出して活用することにより、付加価値の高い融合サービスを提供することができる。日立グループは、社会インフラ分野で発生する大容量データから有益な知識を抽出する技術として知識化基盤KaaS (Knowledge as a Service) を提案している⁷⁾。KaaSによって大容量データに含まれる膨大な情報の中から必要な情報をリアルタイムで抽出することにより、個々人の「移動」、「行動」に応じたサービスの提供が可能となる。

KaaSでは並列分散処理方式を採用することによって、将来のデータ量増加に対してもプログラムを改変せずに、計算リソースの追加だけで対応できるスケーラビリティの高いシステム構成とすることができる。

5. おわりに

ここでは、鉄道基幹システムの概要と、鉄道システムでの「情報」と「制御」の融合サービス像、およびそれを支える技術について述べた。

今後は、いっそうの鉄道利用者サービス向上に向けた事業創出と、それを実現するための技術開発に取り組んでいく。

さらに、ここで述べた融合サービスのコンセプトを複数の鉄道事業者間に適用することにより、鉄道網全体で見た最適な輸送サービスの提供、システム共用化によるシステム開発・運用コストの低減が見込まれる。また近年、地球温暖化を抑制しながら持続可能な生活環境を作り出すための社会インフラが整備された、いわゆるスマートシティの取り組みが進んでおり、鉄道システムは環境負荷の少ない移動手段として期待されている。スマートシティに対しても融合サービスのコンセプトを適用することにより、社会インフラ全体での移動の最適化、省エネルギー化に貢献できると考える。

鉄道事業者間の連携、スマートシティの実現に向けて、

われわれは、鉄道システムで取り組む情報・制御融合技術、知識化技術をパッケージ化して、事業パートナーのニーズに合わせて必要な技術・システムを提供し、鉄道システムを通じた社会インフラの発展に貢献していく。

参考文献など

- 1) 国土交通省：各国の鉄道旅客輸送量の推移、交通関連統計資料集、<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/koutsukanren/koutsukanren.html>
- 2) 林、外：EP8000による旅客総合販売システム構築事例：鉄道情報システム株式会社「JRマルス」、日立評論、85、5、377～380 (2003.5)
- 3) 田辺：新幹線運行管理システムの進展と今後、コンサルタンツ北海道、No.110、p.68～76 (2006.10)
- 4) 東日本旅客鉄道株式会社：JR東日本2009会社要覧、http://www.jreast.co.jp/youran/pdf/jre_youran_all.pdf (2009)
- 5) 北原、外：超高密度線区向け輸送管理システムの段階的構築、日立評論、81、3、237～240 (1999.3)
- 6) 岡田、外：横須賀・総武快速線ATOS区間延伸開発、第46回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集、No.409 (2009.11)
- 7) 植田、外：社会インフラの革新に貢献する知識化サービス基盤KaaS、日立評論、92、5、362～365 (2010.5)

執筆者紹介



小川 徹也
1996年東日本旅客鉄道株式会社入社、鉄道事業本部 電気ネットワーク部 ATOSプロジェクト 所属
現在、ATOSの開発に従事



大隅 英貴
1996年日立製作所入社、情報制御システム社 交通システム本部 交通システム設計部 ATOSセンタ 所属
現在、鉄道輸送管理システムの開発に従事
電気学会会員



長井 聡
1997年日立製作所入社、社会・産業インフラシステム社 交通システム事業部 輸送システム本部 輸送システム部 所属
現在、鉄道輸送管理システムの開発に従事



伊藤 雅一
1979年日立製作所入社、情報制御システム社 経営企画室 交通システム本部 事業戦略部 所属
現在、鉄道事業関連の新事業企画開発に従事
情報処理学会会員



加藤 博光
1995年日立製作所入社、システム開発研究所 情報サービス研究センタ 第一部 所属
現在、情報制御システム基盤の研究開発に従事
博士(工学)
IEEE会員、計測自動制御学会、情報処理学会会員



伏木 匠
1998年日立製作所入社、日立研究所 情報制御研究センタ グリーンモビリティ研究部 所属
現在、鉄道輸送管理システムの研究開発に従事
博士(工学)
情報処理学会会員