

信号通信分野の最近の研究開発

信号通信技術研究部

部長 渡辺 郁夫

1. はじめに

信号通信技術は、安全で、かつ魅力的な鉄道を構築していくうえで重要な技術分野である。鉄道総研では、新しい列車制御システムの開発や構成法の研究開発、個々の信号機器の改良・問題解決のための研究開発、画像処理の鉄道への応用などに関する研究開発、移動体通信、通信ネットワークなどの通信技術の鉄道への適用研究、安全性評価やEMC評価などの評価技術の研究などを実施している(図1)。このような信号通信の技術分野における最近の研究開発の取り組みについて紹介する。

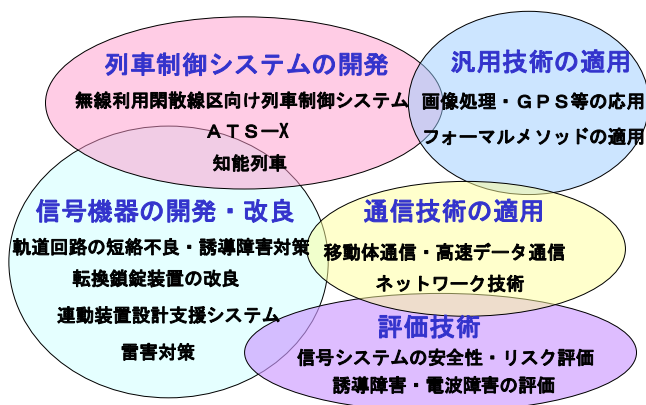


図1 信号通信分野の研究開発

2. 列車制御システムの開発

2.1 ATS-Xの開発⁽¹⁾

現行のATS-Sとの互換性を確保し、車上速度機能照査を持つATS-Xを開発した。ATS-Sと互換性があるため、必要線区(箇所)・必要車両からの段階的な取替工事の実施が可能である。分岐器、曲線などの線路条件に応じた速度制限区間に対するパターンは、車上データベースに基づき、発生させるため、曲線毎に地上子を設置することなく、地上装置の省略が可能となる。鉄道事業者において実用化の準備を進めている。

2.2 知能列車による安全性向上

先進的なITを駆使し列車を智能化することで、列車運行のさらなる安全性向上を実現できる可能性がある。そこで、「車両が持つ、あるいは外部に設置した各種センサ等の情報により危険状態を車両自体で検知し、事故を回避するために最適な状態を確保するように制御する」知能列車の検討を進めている。

検知対象とする異常状態は、踏切を含む線路内への障害物の進入や人の立ち入り、強風、車両の車軸軸受の劣化などである。線路内の障害物検知については、踏切や駅ホーム下などの要注意箇所は地上から監視し、見通しのきく駅中間は車上から直接監視する。カメラとレーダを組み合わせることで、検知精度の向上を目指す。強風については、車両に搭載したドップラーライダーにより数百m前方の時々刻々と変化する風速を列車自体で観測し、強風時には徐行運転や抑止の判断を行うという野心的な課題を設定し、その実現に向けて取り組んでいる。車軸軸受に関しては、加速度センサを軸箱に内蔵し、故障時の特徴周波数から軸受の焼付きの前兆を事前に検出する手法を開発する。

異常を検知した後の減速制御も重要な課題である。そのために列車の運転状況によりどのような減速度でブレーキ制御するのが最適か整理し、運転状況に応じた最適減速度制御手法の確立を目指す。踏切警報に関してはできるだけ一定の警報時間になるように列車の速度も制御する。

このような知能列車を実現するための基盤となる列車の位置・速度検知や、異常を検知した各種センサからのタイムリーな情報伝達、線路の曲線等の地理情報データベースの構築・管理などの技術も重要である。位置・速度検知に関しては、地上に新たな設備を設置することなく高精度な列車位置・速度を検出するため、既設の速度発電機に絶対位置検出のためのGPSと車輪の滑走空転の影響を受けない慣性センサを組み合わせる方式を基本とし、絶対速度検出については、同一台車の各軸箱で計測した加速度波形の相関をとる方式を検討している(図2)。

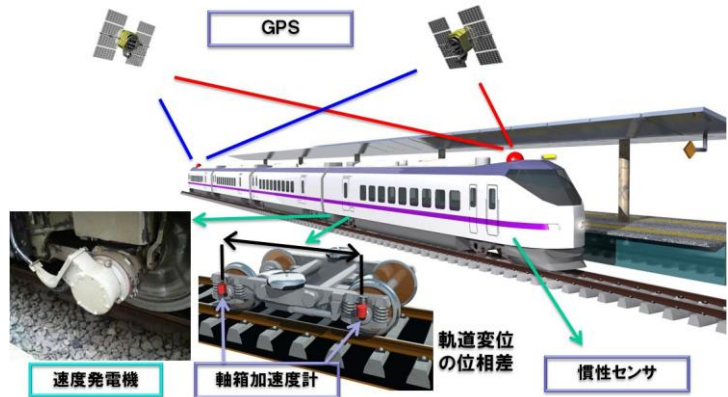


図2 知能列車の位置・速度検知

3. 信号機器の開発改良のための研究開発

3.1 軌道回路の耐ノイズ性向上

車両が発生するノイズで軌道回路が誤動作を起こさないために、新型車両の開発時には、妨害許容値を超える電流が車両から発生しないことを確認している。しかし、妨害許容値が小さい軌道回路があることと軌道回路種別が多いことが車両開発における障害の1つとなる場合がある。そこで、デジタルATCなどで実績があるMSK変調方式を用いて、妨害耐量が大きく、ほとんどの中間軌道回路の置き換えに対応できる新しい中間軌道回路を開発した。帰線電流の影響を避けるため、周波数は83Hz, 135Hz, 165Hzを使用し、1A以上の妨害耐量を実現する。現地試験により、所定の性能が得られることなどを確認し、実用化のための検討を鉄道事業者と進めている。

3.2 転換鎖錠装置の転換特性の解析モデル⁽²⁾⁽³⁾

転換鎖錠装置の開発・改良の効率化や、転換動作の様々な現象を解明するために、転換鎖錠装置の転換特性を推定する手法の開発に取り組んでいる。これまでエスケープクランクの形状の違いによる転換負荷力への影響推定のための力学モデルを提案し、モデルを用いたシミュレーション

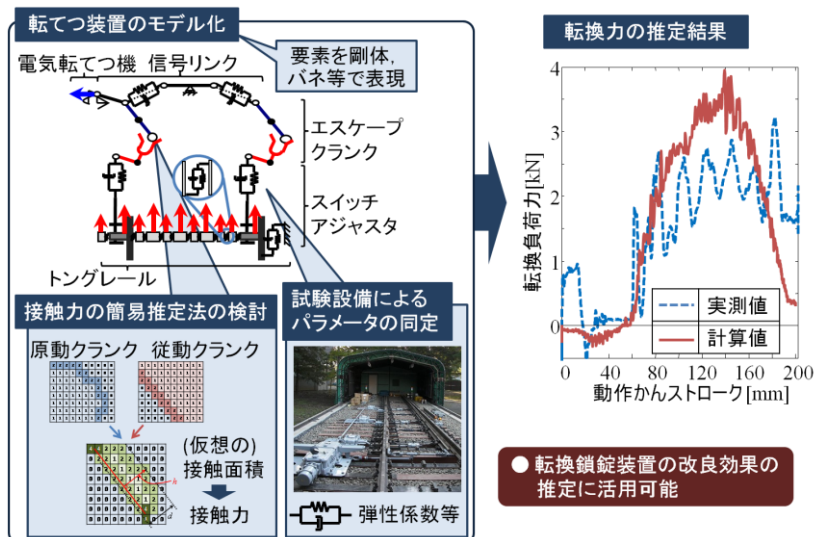


図3 転換鎖錠装置の転換動作のモデル化

と実測の比較をするなどシミュレーション精度の向上に取り組んできた。現在は分岐器および分岐器床板とトンダレールの摩擦の影響を推定するため、マルチボディダイナミクスを適用した分岐器トンダレール及び転換鎖錠装置の運動モデルを提案し、シミュレーション精度の向上のための研究を実施している（図3）。

4. 画像処理の鉄道への応用⁽⁴⁾

画像処理技術を鉄道の安全監視や信号認識などの分野で利用することで、鉄道の安全性の更なる向上を図る取り組みをしている。運転士が普段実施している安全監視を支援するシステムとして、列車の運転台のカメラ画像から臨時信号機や特殊信号発光機などを自動的に検知・認識する手法を検討している。臨時信号機については、徐行予告標識のエッジに着目したパターンマッチング手法により、速度表示板と併せて車上から実時間で認識する画像処理アルゴリズムを開発し、見えの大きさの変化や建植ずれ、天候の変化による背景の変化にも、安定した認識性能が得られることを検証試験で確認している。特殊信号発光機については、特定パターンで点滅する波長850nmの近赤外線LEDを組み込み、カメラと携帯型PCにより、800m先から確認する装置のプロトタイプ機を製作し、現地検証試験で検知率、周辺ノイズに対する耐性、処理時間について良好な性能を確認している。また、車上から連続的に確認するシステムについても基礎検討を実施している。

5. 通信技術⁽⁵⁾

無線を用いた列車制御システムに適用する通信ネットワークのデータ伝送に関する信頼性や品質を評価し、ネットワーク設計や構築の検討を支援することが可能なシミュレーションツールの開発を進めている（図4、図5）。無線データ伝送回線シミュレータと無線式列車制御システムのネットワークシミュレータとの連携による、現実に近いネットワークシミュレーションが可能となる。無線伝送品質に関しては無線データ伝送回線シミュレータにより、鉄道沿線における電波伝搬環境や列車から発生するノイズ環境を考慮した無線伝送品質を計算する。地上の拠点装置と車上制御装置間のデータ伝送をシミュレーションし、データ損失

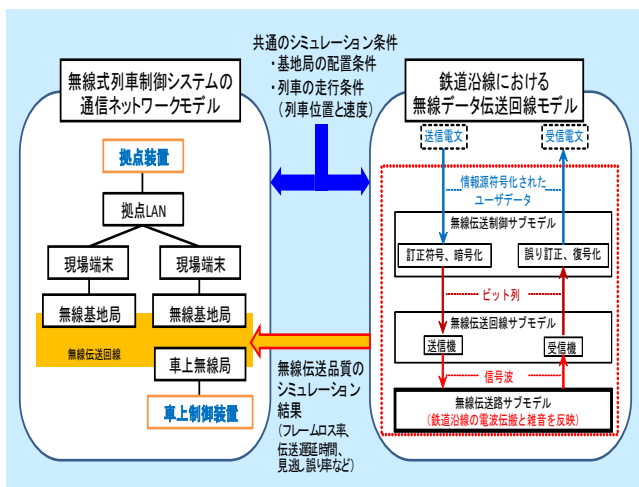


図4 無線式列車制御の通信ネットワークシミュレーションモデル

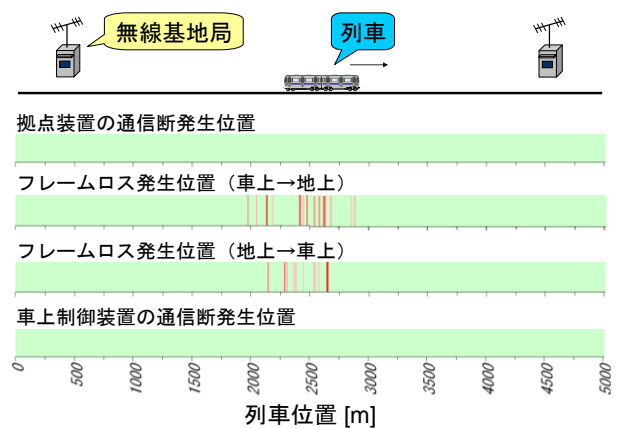


図5 無線式列車制御の通信ネットワークシミュレーション実施結果例

率やラウンドトリップタイムなど，通信ネットワークの安定性・信頼性の評価に役立てていきたいと考える。

6. 評価技術

6.1 信号システムの安全性要件の体系化

高機能・複雑化する信号システムの安全性確保のため，信号システムの安全性技術管理データベースの構築に取り組んでいる。電子連動装置等に適用されている各種安全性技術を概念設計段階・詳細設計段階に分類し，ブロック図ならびにFTA（Fault Tree Analysis）と関連づけて体系化することにより，安全性技術の再利用がより容易に実現できる環境の整備を進めている（図6）。

6.2 EMC，誘導障害⁽⁶⁾

鉄道沿線の電磁環境の把握とEMC（電磁両立性）も重要な課題である。走行列車を電波雑音の発生源，車体・架線・レール・変電所をアンテナとして捉え，鉄道から発生する電波雑音の計算モデルを考案した。今後，モデルをさらに深度化してシミュレーション精度の向上を図り，種々の放射防止対策効果やEMC規格への適合性などの事前確認に適用できるツールへと発展させたいと考える。

7. おわりに

信号通信の技術分野における最近の主な研究開発の取り組みについて紹介した。今後も安全で信頼でき，便利で魅力的な鉄道を実現するために必要な研究開発を確実に実施していきたいと考える。今後も関係各位のご支援，ご協力をお願いする。

参考文献

- (1) 藤田，新井ほか：車上データベースを用いたATS-D_xの開発，鉄道総研報告，Vol.24，No.3，pp.5-10，2010
- (2) 潮見，五十嵐：転換鎖錠装置動作時の転てつ用品における負荷伝達のモデル化，鉄道総研報告，Vol.24，No.3，pp.17-22，2010
- (3) 潮見，五十嵐：マルチボディダイナミクスを用いた新幹線用転換鎖錠装置の転換負荷力解析，第19回交通・物流部門大会（TRANSLOG2010）
- (4) 長峯，鶴飼：列車前方映像を用いた徐行予告信号機の認識手法，鉄道総研報告，Vol.23，No.1，pp.33-38，2009
- (5) 川崎，菅原ほか：無線式列車制御用通信ネットワークの評価手法，第47回サイバネティクスシンポジウム，2010
- (6) 川崎：電気鉄道による電波雑音強度変動の推定手法の基礎検討，鉄道総研報告，Vol.23，No.1，pp.45-50，2009

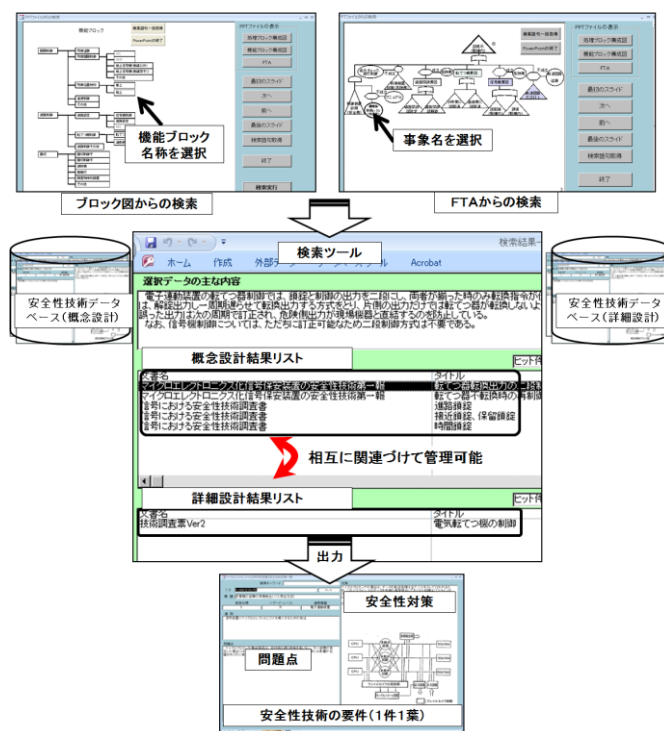


図6 安全性技術管理データベース