

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 関 清隆

1. はじめに

信号通信技術は、安全でかつ利便性の高い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、個々の信号機器の開発や課題の解決のための改良、新しい通信技術の鉄道分野への適用を目指した研究開発、画像処理など汎用技術の鉄道分野への適用を図る研究開発、評価技術の研究などを軸として研究開発を実施している(図1)。最近は特に、シミュレーションによる現象の解明、評価などができる環境の構築に力を入れている。ここでは、最近の研究開発の取り組み事例を紹介する。



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 拠点無線式列車制御システム

閑散線区で使用されている電子閉そくは、国鉄末期の導入から20年以上が経過し、設備の老朽化や一部装置の交換部品の入手が困難な状況にある。そこで、電子閉そくに置換え可能なシステムとして拠点無線式制御システム(図2)と呼ぶシステムを開発した。

このシステムは、中央装置、駅制御装置、駅無線機などの地上システムと、車載器、無線アンテナなどの車上システムから構成される。地上システムでは、軌道回路、信号機、閉そく回線などの既存設備を活用することで、システムの置換えを容易にしている。また、地上一車上間の無線通信には、免許が不要な

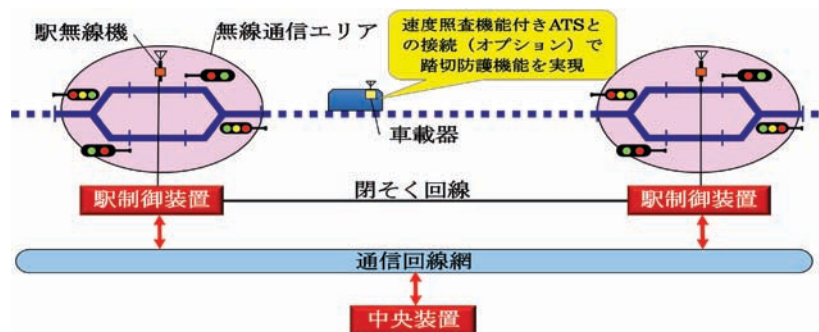


図2 拠点無線式列車制御システム

2.4GHz帯の汎用無線技術を使用している。機能面については、電子閉そくではあらかじめ固定的に設定されていた車載器運用情報を、中央装置で列車が始発駅を出発する都度、ソフト的に設定・管理する方式を開発し、乗務員による出発進路要求の省略、出発進路の早期構成・早発の防止などを実現し、運用上の効率向上を可能とした。

さらに、車載器を速度照査機能を持つATSと接続し、踏切に沿線制御装置と無線機を設置する

ことで、万一踏切での警報制御が行われていない場合には踏切手前に列車を停止させる踏切防護機能を実現できる。これらの機能について、現地試験により正常に動作することを確認した。

本システムは、基本的な閉そく制御に加えて、連続的な速度制御機能を付加できる発展性も持っており、閑散線区の効率化に寄与するものと考えている。

2. 2 知能列車による安全性・信頼性向上

センシング技術、通信技術等を活用して列車に情報を集約することで、列車運行のさらなる安全性・信頼性向上を実現できる可能性がある。鉄道総研では、「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（図 3）。

具体的に検討を進めている異常状態は、線路内の障害物検知、台車の健全性監視などである。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監視する。台車の健全性監視については、センサ、電源、判断処理部等を内蔵し自律的に動作するユニットを台車に搭載し、近距離無線通信により車体に伝送を行う。

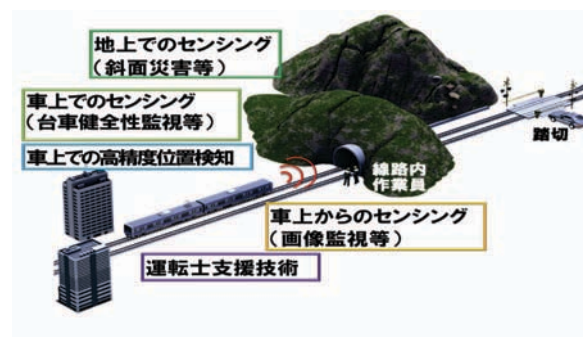


図 3 知能列車のイメージ

知能列車を実現するための基盤となる技術として、地上に新たな設備を設置することなく高精度な位置・速度検出を行う手法の実現にも取り組んでいる。既設の速度発電機、車輪の滑走空転の影響を受けない慣性センサ、GPS、ミリ波などを適切に組み合わせた複合型の位置速度検出装置の開発を進めている。

3. 信号機器の課題解決

信号機器を対象として、固有現象の解明や課題を解決する新しい手法・装置の開発を進めているが、ここでは転換鎖錠装置の設計を支援する機械性能解析モデルを紹介する。

転換鎖錠装置が分岐器のトングレール等を転換させるためには、分岐器側の負荷（転換負荷）に対して、電気転てつ機的能力（転換力）が適正な大きさであることが必要である。しかし現状では、転換負荷を知るには実設備の試作による測定が必要であり、転換鎖錠装置や分岐器の設計時の課題となっている。

そこで、実試験によらず転換負荷を推定するための、転換鎖錠装置および分岐器トングレールの機械性能解析モデルを開発した（図 4）。また、新幹

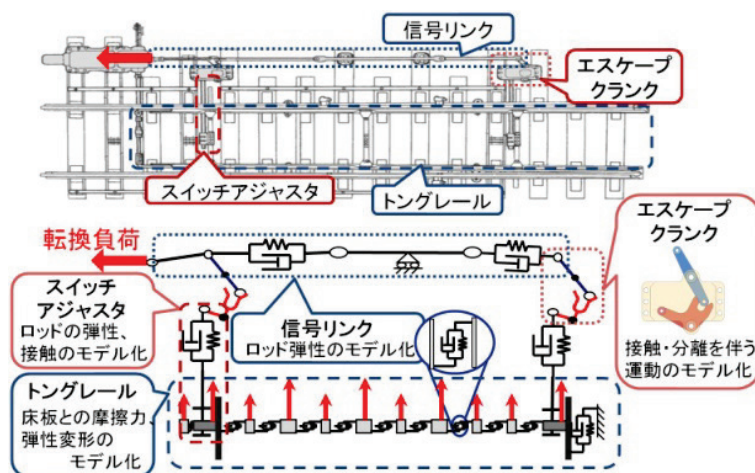


図 4 転換鎖錠装置の機械性能解析モデル

線用転換鎖錠装置の転換負荷の解析モデルを用いたシミュレーション結果と実測データと比較し、平均転換負荷や転換動作開始点を十分な精度で推定できることを確認した。ここで提案するモデ

ルは、新幹線用分岐器を対象として開発したが、新幹線と同じ構成の在来線用普通分岐器にも対応可能である。本モデルの活用により、設計段階から転換負荷を推定できるため、試作試験回数削減が可能になるなど、開発の効率化につなげることができる。

4. 通信技術の適用

新しい通信方式の鉄道への適用可否・伝送品質の推定等を行える環境の構築を中心に研究開発を進めているが、ここではメタルケーブルを用いた高速データ伝送回線の構築を支援する手法を紹介する。

鉄道では伝送装置を多段に接続して長距離の伝送回線を構成する必要があり、導入前の伝送品質（S/N、遅延）や他回線への影響の確認試験等に時間とコストがかかっている。そこで、伝送装置を多段に接続した場合の伝送品質を予測し、導入可否を評価する手法を提案し、この手法による導入評価を行うための支援ツールを開発した（図 5）。本ツールは、ケーブルの距離や特性、同一ケーブル内の回線収容状況、伝送装置の方式などを入力することにより、導入しようとする回線の伝送品質（S/N、伝送遅延）、他回線への影響（漏話雑音など）を計算し、導入の可否を予測できる。また、ケーブルに障害（絶縁不良、不平衡）が発生した場合を考慮した予測も可能としている。

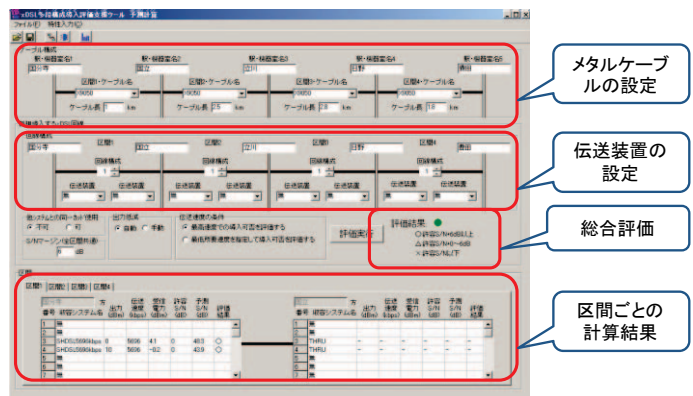


図 5 高速データ伝送回線構築支援手法

本ツールを用いることにより、様々な条件での検討を行うことができるようになり、導入検討作業を効率的に進めることができる。また、現地試験に要する時間・費用の削減や、試験時にケーブル内の他回線に与えるリスクの低減も可能である。

5. 評価技術

5.1 列車制御システムの設計仕様書の安全性確認手法

新たに列車制御システムを開発する際に行う、設計仕様書の作成およびその安全性確認作業を効率的に実施するための安全要件のフォーマットを提案した（図 6）。

フォーマットの特徴は、システムに要求される安全要件を、システムに内在する危険要因を根本的に排除するための制御論理やハードウェア構成などの本質的な安全対策と、この排除が困難な場合に適用する故障診断や異常検知後の制御方法などの追加の安全対策に分類して、体系的に記載するように構成した点である。システムの設計者は、このフォーマットに従って、システ

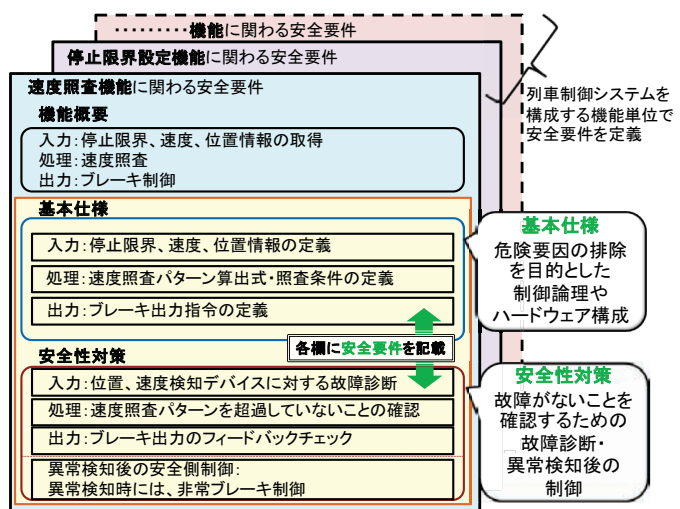


図 6 安全要件のフォーマット

ムを構成する機能ごとに設計仕様書から安全要件を抽出するとともに、設計仕様書の安全対策に漏れがないことを確認する。また、システムの安全性を確認する立場からは、作成された安全要件をもとに、設計仕様書における安全要件に関する仕様の記載の有無や、関連する他の設計仕様書との整合性確認を行うことで、トータルシステムとしての安全性確認を行う。

5. 2 地上デジタル放送受信品質予測・評価プログラム

列車通過による地上デジタルテレビ放送の受信品質への影響を予測することも可能な、受信品質評価システムを開発した。

単純化したモデルによって、列車の有無によるC(受信レベル)およびN(電波雑音強度)の相対的变化を予測し、この予測値と無列車時のC/Nの値から列車通過時のC/Nを計算し、列車通過による影響発生の可能性を判断する。無列車時のC/Nについては、数値地図データを活用し、伝搬途中にある地形を考慮して計算を行っている。列車通過時のC/Nの変化の予測値と実測値との誤差はおおむね6dB以内に収まっており、実用可能な精度が得られていた。本システムにより、実測調査箇所数の軽減が可能となる。

5. 3 信号設備の雷リスク評価

雷の大きさや落雷位置までの距離に対する信号設備の雷害発生確率を評価できるようにするため、信号設備が雷害に至る落雷条件(雷電流と落雷距離との比)を求めるための推定式を算出した。たとえば、架空敷設の電源線と接続される電源部の耐過電圧が30kVの信号設備では、落雷条件(I/r)が200kA/km以上の時、雷害が発生する可能性があるとして推定される。これは、平均的な雷電流値である31kAの雷が半径155mの範囲内に落ちた場合に相当する。この落雷条件の発生確率を考慮することにより、信号設備の雷リスク評価を可能とした。たとえば、半径10kmの範囲内への落雷数が1,000回/年の多雷地域にある耐過電圧30kVの信号設備では、0.65回/年・設備の雷害発生確率と推定できる。

本評価手法により、鉄道事業者で目標とする雷リスク低減に必要な信号設備の耐雷性能を明確にすることができる。

6. 汎用技術の適用

画像処理技術の適用の取り組み例として、徐行信号機の500m程度手前に設置される徐行予告信号機を認識する画像処理手法を紹介する。徐行信号機などの臨時に設置される信号機は、運転士の目視確認に依存しているため、見落としが懸念される。本手法では、徐行予告信号機の輪郭データに基づくパターンマッチング手法により、リアルタイムで徐行予告信号機を認識することができる。本手法は、対象の大きさや傾きなどの変化や日射光の影響を比較的受けにくいのが特長で、昼・夜間及び晴・雨天の現車試験により90%程度の認識率で検知できることを確認した。

7. おわりに

鉄道総研の信号通信技術分野では、新しいシステムの開発から現象解明のような基礎的な課題まで、幅広く研究開発に取り組んでいる。また、研究手法として、実験だけではなくシミュレーション技術の高度化にも力を注いでいる。今後は、最新の情報処理技術なども積極的に取り入れ、より高度なシステムの実現を目指したい。関係各位のご支援・ご協力をお願いしたい。