

2.3 セキュリティ確保の方式案

伝送のセキュリティについては汎用無線の利用はデメリットとなるため、暗号化処理を組み込む場合のシステム構成について検討した(図4)。ノンフェールセーフ部とフェールセーフ部でそれぞれ暗号化処理を担い、ノンフェールセーフ部では、無線LANに関する認証機能の規格に準拠した、現時点であればRADIUSサーバ²⁾などの最新の技術を適用し、フェールセーフ部では、新たに規格として定められたAES(Advanced Encryption Standard)³⁾等による暗号化を行う。このような構成により、技術の陳腐化に対して、無線方式の更新時にノンフェールセーフ部での暗号方式を最新の方式に変更することができ、セキュリティ対策の強化とともに保守性についても確保できる。

3. 地点検知機能の検討

3.1 適用方法の検討

国内で使用できる無線ICタグの周波数帯は4つあるが、使用環境と法規制への適合性から13.56MHz帯のタグを選定した。これを鉄道環境下で使用できるように、ガラスエポキシ樹脂製の無線ICタグケースとアンテナカバーを試作した。静的な前後方向応動距離は50cm程度であり、ATS-S形と同等の離隔(20cm前後)において最も特性が良い。タグを封入したタグ地上子はATS地上子と同じようにマクラギに取り付け、アンテナをカバーで保護したタグ車上子もATS車上子と同じように車両床下に取り付けて用いることができる。

3.2 特性評価

塩沢雪害防止実験所において、降雨・降雪下の影響を全く受けないことを確認した。また、所内試験線において、車体やレール、マクラギ、バラストなどの影響を受けず所定の送受信性能が得られることを確認した。但し、ISO規格に準拠しない高速伝送対応品は列車速度160km/hまで対応できるが、長期の供給が期待できるISO規格準拠品では列車速度100km/hが限界であった(図5)。従って、駅中間などの高速走行区間での地点検知は困難であり、利用方法を限定する必要がある。

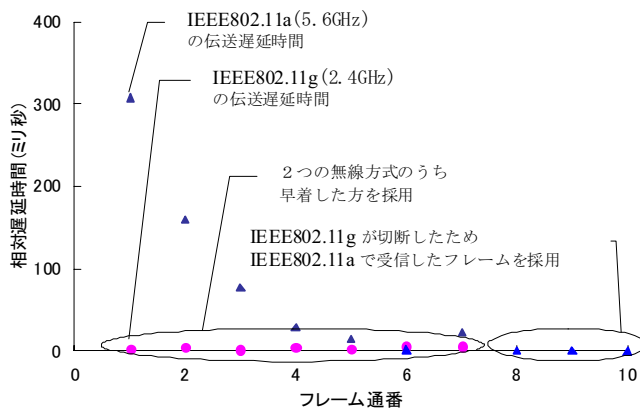
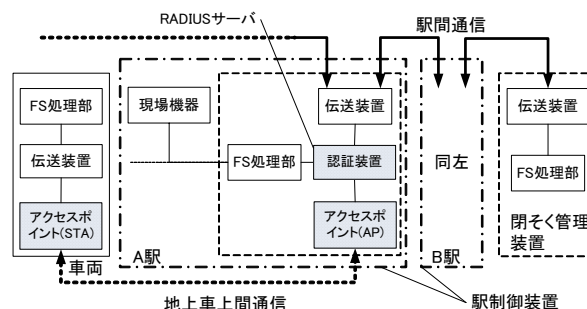


図3 複数無線併用による伝送品質の改善例



RADIUS: Remote Authentication Dial-In User Service

図4 RADIUSサーバを用いた構成例

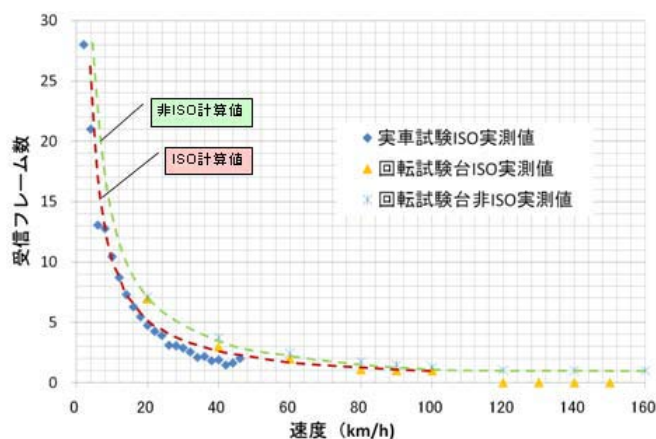


図5 地点検知の速度特性

4. 絶対位置検知機能の検討

4.1 MSAS⁴⁾の適用性評価

GPSを民間航空の航法システムとして用いるための補強システムであるMSASの利用を前提とした。条件の良い場所では、MSASの信号を受信できれば測位誤差は概ね2m程度まで改善される。また、所内試験線にて、測位誤差がMSASにより99.99999%の確率で保証される誤差範囲情報(保護レベル)を超えないことを確認した(図6)。よって走行中の在線範囲の特定が可能と考えられる。

4.2 適用方法の検討

MSASは、沿線の地形や建物による遮断や反射等により激しく変動する環境での利用を想定していないため、測位結果の妥当性を検証しながら用いることとした。検証によって測位結果を採用しなかった場合の補間手段としては、コスト抑制のため新たなセンサは付加せず、GPSの速度情報と速度計用の速度発電機を用いることにより、保護レベルが一時的に拡大する受信環境が良くない箇所での補間の可能性がある(図7)。

5. 統一仕様の作成

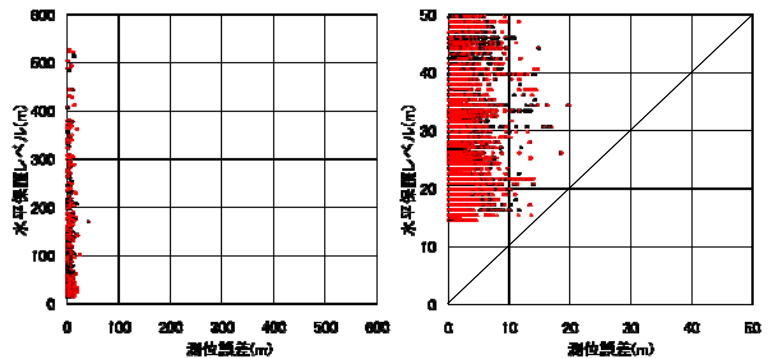
5.1 進め方

JR7社との検討会を組織して、システムへの要求を整理したユーザ要求書(案)を作成した。この段階で、電子閉そく装置を早期に更新する必要から、新規開発要素のある汎用技術は適用せず、実績のある鉄道専用の機器を利用した列車制御システムや、軌道回路を前提とし既存設備を極力活用したシステムの開発を望む意見が出てきた。そこで、統一仕様の作成においては、3つのシステム案を包含するように、特定の方式に絞らず、システムを構成するために必要な機能について記述された機能要求を定めることとした。

5.2 仕様書の概要

本仕様書では、ユーザ要求書(案)の内容を考慮しながら地方閑散線区向けとして必要な機能を定めることと、低コストにするという2つの観点で機能を整理した。仕様書の構成は、将来標準化作業が行われる場合に役立つように、無線による列車制御システムの地方閑散線区版として前記の観点から考慮が必要な部分に着目し、解説・補足として、考え方、根拠、その他に検討すべき事項などを記述した。

閑散線区向け無線式列車制御システムの統一機能要求仕様書の構成を図8に示す。従来の無線



(a) 正常時の集計結果 (b) 50m以下を拡大

図6 走行中のMSAS水平保護レベル性能

MSAS: MTSAT Satellite-based Augmentation System

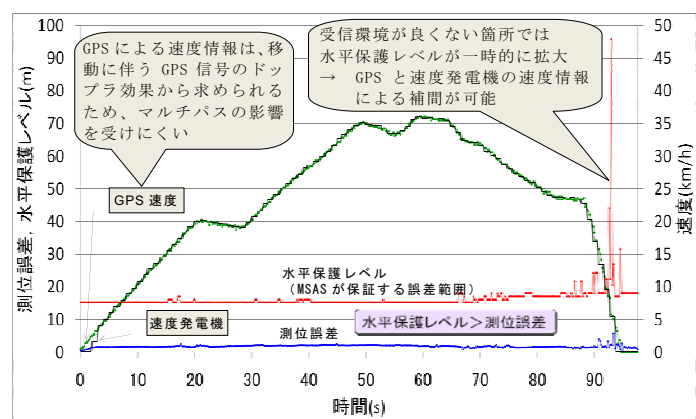


図7 走行時の測位誤差、水平保護レベル、速度の一例

による列車制御システムとの大きな違いは、閉そくによる方法を用いて列車間の安全を確保するシステムであることと、列車が駅部などで局所的に通信を行うための通信制御の規定を設けたことである。なお、列車運行の監視および管理機能については、各社の指令業務に対する方針に違いがあるため、今後の開発状況を見ながら定めていきたい。

6. 既存設備を活用したシステム

5.1 で述べたように、現行システムからの移行性を重視したシステムの早期実現に対する強いニーズがあるため、地上・車上間の情報伝送には無線 LAN を用い、列車の位置検知には既設の軌道回路や ATS 地上子を活用するシステム (図 9) の開発に取り掛かった。

このシステムでは、列車運行の安全は駅制御装置および既設の連動装置で確保し、運行状況表示や簡易な運転整理機能などは管理装置が受け持つ。車上には無線インタフェースを持つ車載器を搭載し、駅制御装置との間で進路制御に関する情報を交信する。ただし、

現在は乗務員が行っている発進路要求操作を省略し、進路制御のトリガをシステムで与えることも可能である。また、鉄道事業者が、①前述した電子閉そく機能への置換え、②連続的速度照査付き ATS 機能の付加、③踏切防護機能の付加、と段階的に導入可能なシステムとしている。なお、踏切の警報制御自体は従来と同様であり、列車が踏切手前に停車する速度パターンを発生し、踏切のしゃ断完了条件を無線等で受信することで、この速度パターンを解除する方式を考えている。

7. おわりに

閑散線区向けの無線式列車制御システムに汎用技術を適用するための検討結果、統一仕様の作成状況、早期導入のための既存設備を活用したシステムの検討状況について述べた。本システムが完成した暁には、JR 各社をはじめ、閑散線区をかかえる多くの民営鉄道事業者にも是非とも採用頂きたいと考えている。

参考文献

- 1) 佐々木敏明: 電子閉そく装置, RRR, Vol.63, No.5, pp.36-37, 2006
- 2) Jonathan Hassell: RADIUS ユーザ認証セキュリティプロトコル, オーム社, 2003
- 3) Advanced Encryption Standard(AES) (FIPS PUB 197), 2001
- 4) www.kasc.go.jp/mission/msas.htm

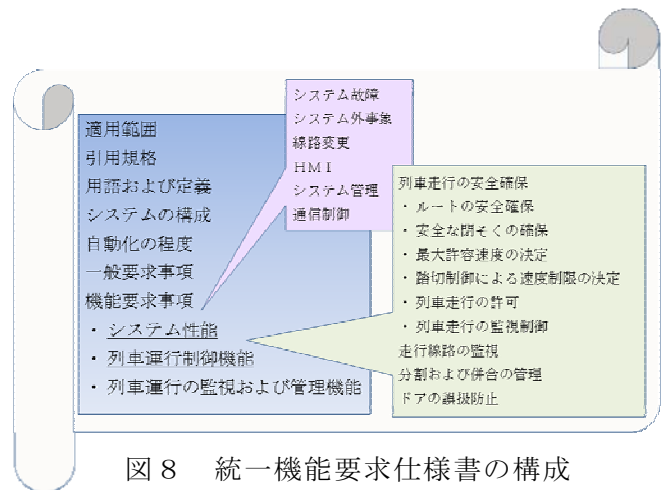


図 8 統一機能要求仕様書の構成

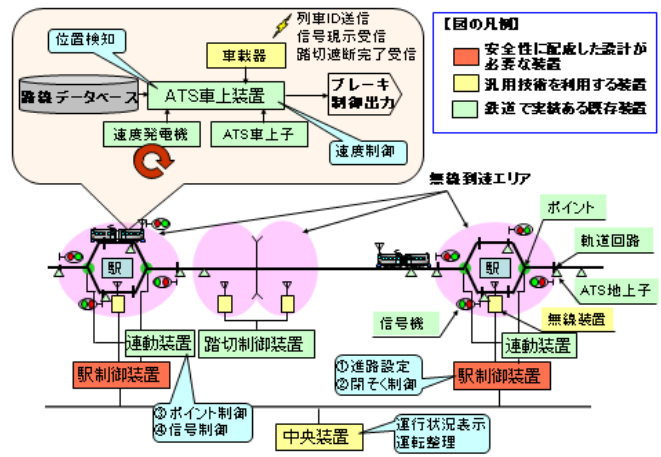


図 9 既存設備を活用するシステムのイメージ