

フリー技術による軽やかな鉄道の実現

地上信号設備の軽装化技術

(GPS 等を利用したシステム)

正 [電] 浅野 晃 (株式会社京三製作所)

1. はじめに

日本の鉄道信号設備は、軌道回路や地上子などを用いた地上主体の設備となっており、都市圏から地方鉄道まで基本は変わらない。現在の設備は、都市圏鉄道用に開発されたものを順次地方鉄道へ応用していったとも考えられる。地方鉄道は、列車密度や運行形態等が都市圏鉄道と大きく異なる。また、少子化、モータリゼーション等による利用者の減少があり、地方鉄道に合った導入コスト、保守コストを抑えた省力化設備が求められている。さらに、安全性の確保、向上も重要な課題となっている。

鉄道信号における列車制御には、列車位置、列車速度の情報が必要である。鉄道の枠組みを外して、位置と速度が得られるセンサーを考えると、その1つとしてGPSが上げられる。GPSは、受信機のみで完結する安価なセンサーとしてカーナビや携帯電話に应用され、急速に普及してきている。GPSを列車制御に应用すれば、列車単独で位置と速度を検知し、カーブ手前や分岐通過などで適切な速度制御を行える可能性がある。

次に、この列車位置と速度の情報を、センターや他の列車に知らせることができれば、列車同士の衝突を防ぐことができる。これには、テレメタリングとして普及している携帯電話網が使用できる可能性がある。

これら2つの汎用技術を使うことによって、地方鉄道に合った軽やかな信号設備と従来以上の安全性の向上を実現できると考えられる。(図1)

2. GPS

2.1 GPS 受信機の現状

近年、GPS 受信機の進歩はめざましく、位置情報精度1m以下、測位間隔100ms以下というカーナビの10倍以上の性能を持つものが普及し始めた。これを用いれば、支援用途から制御用途への応用が可能と考えられる。

2.2 GPS の問題点

GPSは、故障や測位誤差についての良否判定が難しいことから、鉄道のような信頼性が要求される制御装置に使用されず、支援装置として普及してきた。GPSを鉄道信号設備に用いるには、故障を確実に検知し、情報の信頼性を向上させる技術が必要不可欠である。また、トンネル内、山間部など衛星からの電波が遮られた場合の対応を考えておく必要がある。これらを整理すると①、②のような技術課題が挙げられる。

- ① GPS 情報の信頼性向上
- ② GPS 情報の補完

2.3 GPS 情報の信頼性向上

GPSから得られる情報は、位置、移動方向、速度である。GPSおよびGPS受信機の故障は、この3つの情報のうち1つ以上が異常な値になるということによって検出が可能となる。

列車は、あらかじめ決められた軌道上を走行する。また、列車の性能以上の加減速は行えない。この2点を考慮すれば、ある地点から一定時間後に到達する位置を予想することができる。この予想エリア内にGPS受信機から得られる測位点が入っていれば、GPSおよびGPS受信機は、正常に機能しているといえると判断できる。

2.4 GPS 情報の補完

GPS情報の補完には、既設の速度計を用いる。既設の速度計は、フルスケール120km/hとすると $\pm 2.4\text{km/h}$ の誤差が許されており、車輪の空転、滑走などもあるが、GPSの不感帯が短ければ問題ない。トンネルなどでは、この誤差を考慮したシステム設計を行うことによって解決することが可能である。

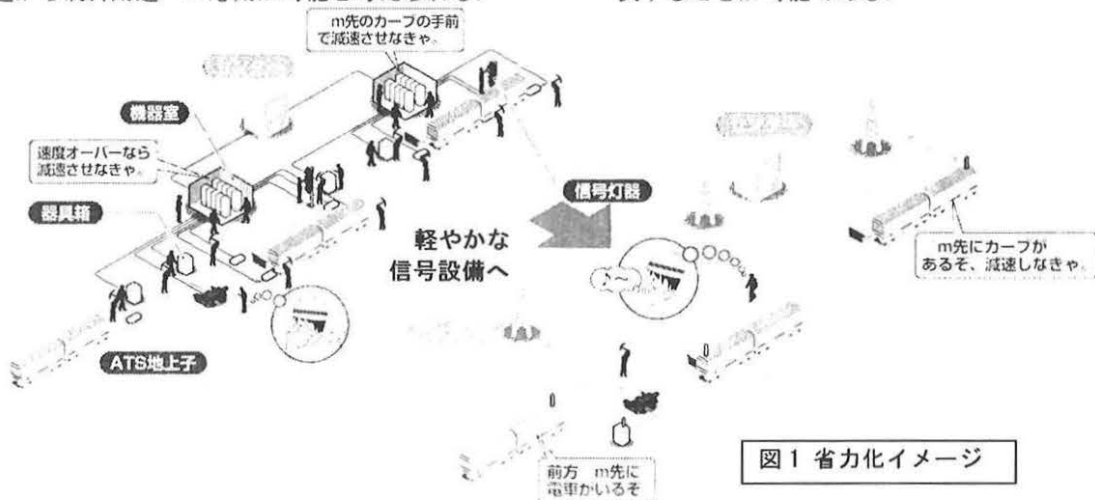


図1 省力化イメージ

3. 携帯電話網

3.1 携帯電話網の現状

携帯電話網の通話エリアは年々拡大し、地方鉄道沿線をカバーできるようになってきた。この携帯電話網を使用したテレメタリングサービスは、エレベーターや自動販売機の監視などに広く普及してきている。また、銀行振り込みなどの金銭決済にも使用され、セキュリティも確保されている。これを用いれば、フェールセーフ伝送への応用が可能と考えられる。

3.2 携帯電話網の問題点

携帯電話網は、接続性と伝送遅延が保証されないことから、モニター装置として普及してきた。制御用途に用いるには、この特性を考慮した使用法を考える必要がある。また、携帯電話網を鉄道信号設備に用いるには、十分なセキュリティが必要である。これらを整理すると①、②のような技術開発が必要になる。

- ① 携帯電話網を用いた情報伝送法
- ② セキュリティの確保

3.3 携帯電話網を用いた情報伝送法

携帯電話網を用いた情報伝送は、不連続通信を基本とし、確実に通信できるエリアでのみ通信するようなシステム設計を行う必要がある。また、問い合わせに対して確実に応答を得ることとし、即応性を要求しない使用法とする。

3.4 セキュリティの確保

携帯電話網の回線構成は、インターネットからアクセス不可能な専用線のダイレクト接続サービスを使用する。接続は、あらかじめ登録された電話番号とIPアドレスによって行う。また、システムでは、あらかじめ決められた伝送フォーマットでない場合、アクセスを拒否する。伝送フォーマットは、すべてバイナリで、P/N 反転、シーケンス番号などにより、毎回データ内容が大幅に変化するように作成する。さらに、暗号化を行うことによりセキュリティを確保する。

4. システムイメージ

4.1 システムイメージ

列車は、GPS 受信機と速度計を用いて、車上単独で位置を判断し、カーブの手前や分岐の手前で速度制限を行う。また、自列車位置は、携帯電話網を通信回線としてセンター処理装置に送信する。センター処理装置では、全線の列車位置を把握し、列車間の衝突を防止するように各列車に指示を出す。(図2)

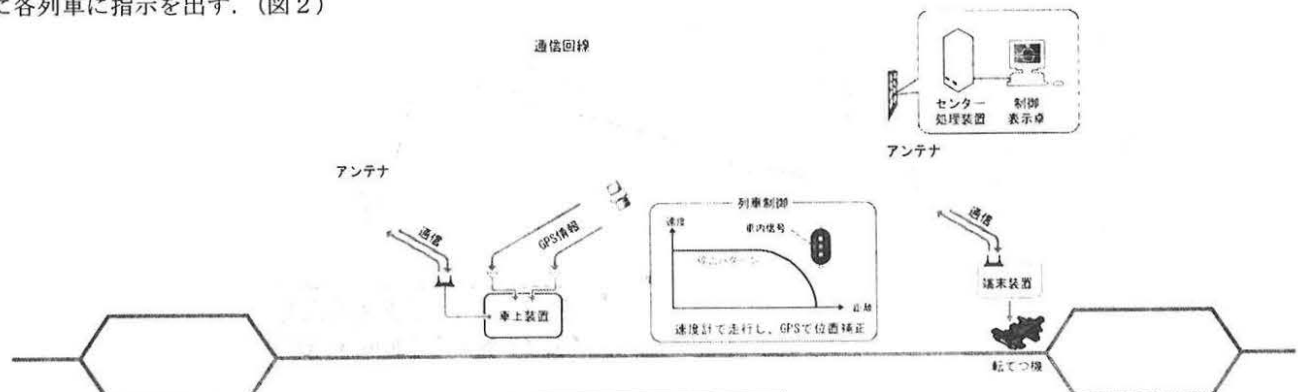


図2 システムイメージ

4.2 削減可能な設備

従来設備において、通信ケーブルなど通信に関わる設備を、携帯電話網に置き換え、軌道回路、信号機、ATS地上子などを車上装置に置き換えて、設備の大幅削減を行う。(図3)

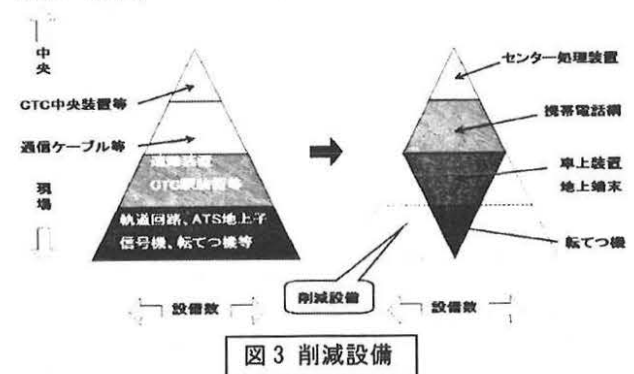


図3 削減設備

5. おわりに

GPS は、1994 年に軍事用としてスタートしたが、2000 年 5 月に米国国防総省が民生用の SA (selective availability) 信号を停止し位置精度が向上したことにより普及した。現在、民間航空機の電波航法システムとしての使用が検討されており、支援用途から制御用途への転換期にきているといえる。また、携帯電話・PHS の世帯普及率は 95% を越え、新たな市場としてデータ通信が着目されており、こちらも転換期にきている。この 2 つの汎用技術を用いることによって、地上信号設備を最小限に抑え、導入コストと保守コストを削減し、さらに、カーブの手前や分岐などで連続的に速度制御が可能となり、安全性の向上を狙っている。しかし、システム設計上や法規上種々の制約事項が発生する。今後、これら制約事項を解決し、安全な地方鉄道向けシステムの実用化を目指して開発を進めていきたい。

参考文献

- 1) 坂井丈泰：「GPS 技術入門」, (2003-2)
- 2) ITS 情報推進システム推進会議：「これでわかった GPS」(2004-3)
- 3) 浅野晃, 押切栄：電気学会 交通・電気鉄道研究会 (TER-09-62)