

軌道モニタリングシステムにおける位置同定手法の検討

東京大学 正会員 ○石井 博典

北川 慶祐

正会員 水野 裕介

フェロー 藤野 陽三

(株)BMC 正会員 貝戸 清之

石井 秀和 杉崎 光一

1. 目的

鉄道事業者数の80%を占める中小鉄道の内、その約半数が営業収益5億円以下の比較的小さな事業者であり、また、約6割が赤字経営となっている。中小鉄道ではこのような厳しい経営状態の中で安全性を確保するとともに、老朽化した施設を維持管理していく必要があることから、より効率的な危機管理およびメンテナンスシステムの確立が求められている。このような背景から、筆者らは営業車両に設置可能で安価な軌道モニタリングシステムの開発を進めている。軌道モニタリングシステムの概要を図-1に示す。本システムは、車両フロア上の3方向の振動加速度から軌道状態を推定し、日々の安全性の確保、軌道状態の管理を行うシステムである。本システムにおいては、測定した加速度と軌道の位置の関係を把握することが重要であり、従来のシステムでは加速度測定と合わせてGPSによる位置測定を行ってきた。しかし、実用化にあたり、電波状態の悪い部位やGPS精度の悪い部位において位置同定が出来ないという問題があることがわかった。そこで、この問題を解決することを目的として、GPS情報に加えて車両加速度や駅間距離情報を利用した位置同定手法を開発したので、ここに報告する。

2. 位置同定手法の概要

従来のシステムにおいては、GPSの速度情報を積分することにより車両の走行距離を算出し、位置同定を行ってきた。GPSの緯度、経度の位置情報を直接用いない理由は、①軌道は始発駅からのキロ程で管理されており、緯度、経度と鉄道施設との関係が明らかでないこと、②位置の誤差がそのまま位置同定誤差になってしまうこと、である。この手法において、駅舎部分や山間部などで電波状態が悪く、全線に渡る位置同定が困難であるという問題が生じた。そこで、軌道モニタリングシステムで測定する3方向の車両加速度のうち、進行方向加速度を数値積分することで車両速度、走行距離を求め、その速度、距離をGPS速度情報、既知である駅間距離により補正することによって、全線にわたる位置同定を行うこととした。なお、進行方向加速度については、低周波である車両の加減速の加速度を測定する必要があるため、従来のシステムで用いていた圧電型加速度計（測定周波数範囲1～4000Hz）ではなく、サーボ型加速度計（測定周波数範囲DC～100Hz）を用いることとした。

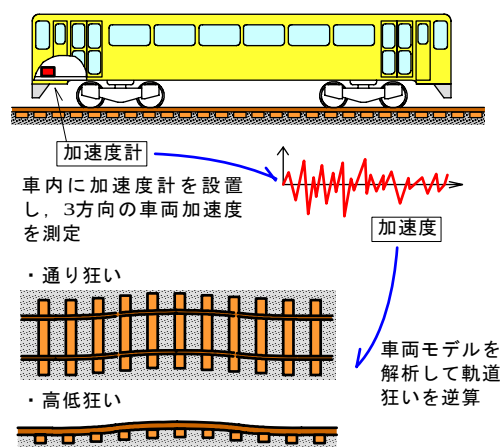


図-1 軌道モニタリングシステム

3. 位置同定手法の概要と結果

最初に、車両の鉛直加速度と左右加速度から、車両が駅に停車した時刻を推定する。走行時と停車時の差がより明確にわかるように、鉛直方向加速度と水平方向加速度の2乗平均を掛け合わせ、その値により判断することとした。対象路線26.7km全線に渡り、この値を算出した結果を図-2に示す。停車時と走行時の差が明確にわかる。

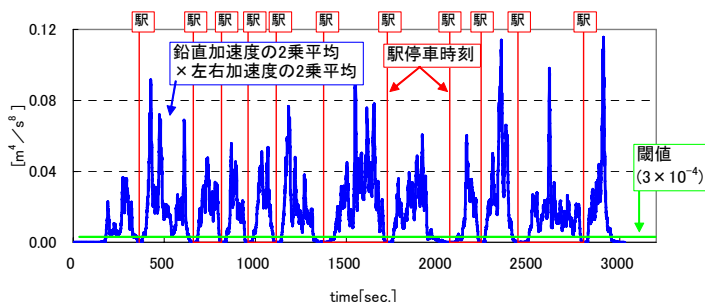


図-2 駅停車時間の推定

キーワード：鉄道、モニタリング、軌道、GPS、位置同定

〒113-8656 東京都文京区弥生 2-11-6 TEL 03(5841)6097 FAX 03(5841)6144

この値と閾値（数回の測定結果から、閾値は 3.0×10^{-4} とした）との比較により、駅の停車時刻を確実に判断することが可能となった。

次に、車両進行方向の加速度を数値積分することにより、全線にわたる速度データを算出する。一般的に、この方法により算出した速度には、勾配の影響などによる大きな誤差が存在する。ここでは、得られた速度を、GPS 感度が良い場所で得られた GPS 速度情報、駅停車時刻では速度が 0 であるという情報を利用し、誤差を補完してより正確な速度情報を得ることとした。得られた速度波形を図-3に示す。

最後に、得られた速度を数値積分することにより、距離情報を得る。この方法についても、一般的には誤差が大きい。そこで、既知である駅間距離を用いて距離の補正を行うこととした。各駅に停車した時刻は車両加速度からわかっているため、速度の数値積分により得られた距離を各駅間距離により線形補完し、最終的に求める距離とした。対象路線全線の距離同定結果は図-4の通りである。

こうして得られた距離データを用いて、測定した時刻-加速度波形を、距離-加速度波形に置き換えた。測定した2回の距離-加速度波形を重ねた例を図-5に示す。波形のずれを全区間にわたり確認したところ、位置同定の誤差は最大で 20m 程度であった。本システムにおいては実用的に大きな問題ないと考えられる。なお、図-5から、2回のデータの再現性は鉛直方向、左右方向とも非常に良いことが確認できる。車両振動が軌道状態を反映しているためであると考えられ、本システムの有用性を再確認することが出来た。

4. まとめ

車両加速度から駅停車時刻を同定するとともに、駅間距離を利用することにより、従来の測定システムをほとんど変えることなく、路線全線にわたる車両の位置同定を自動的に行うことが可能となった。なお、本研究は鉄道建設・運輸施設整備支援機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」によるものである。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局：平成14年度鉄道統計年報，社団法人政府資料等普及調査会
- 2) 下園ら：車両振動に着目した軌道モニタリングシステムの開発，第58回年次学術講演会概要集，2003年9月，CSI-003，pp5-6

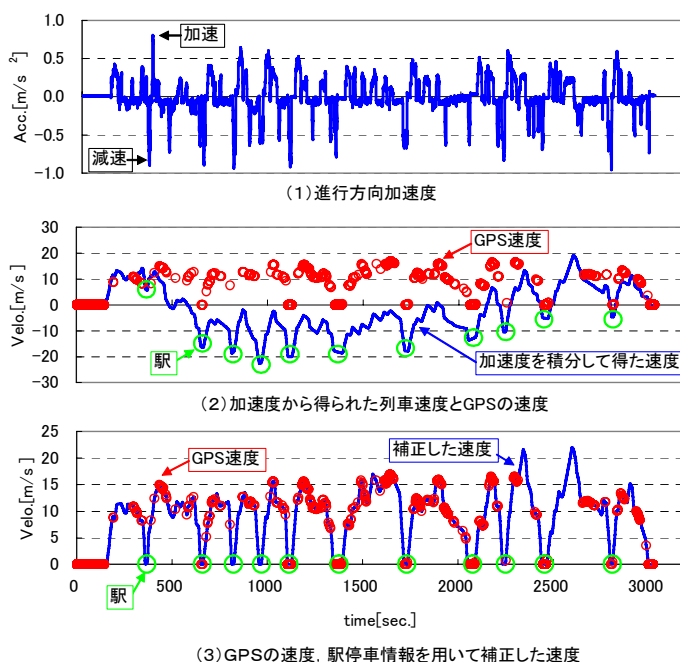


図-3 速度の算出結果

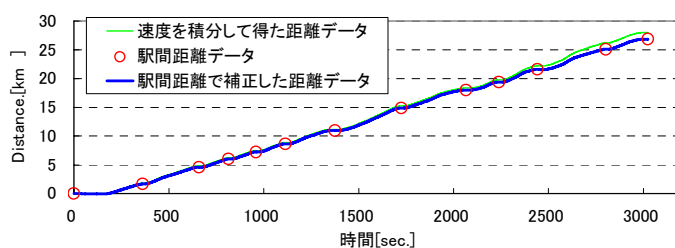


図-4 距離の算出結果

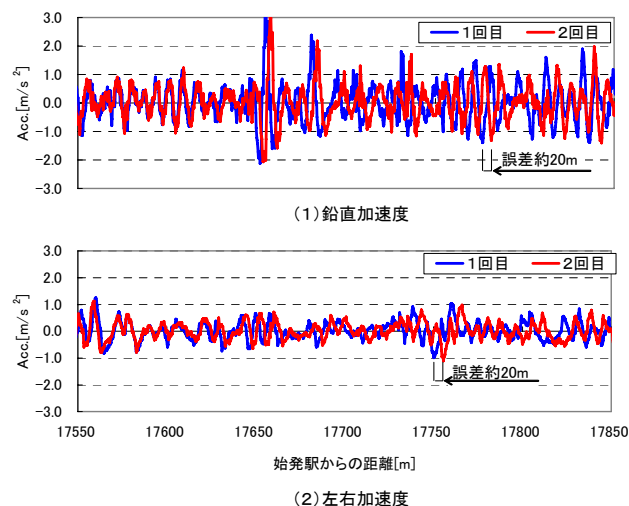


図-5 2回の計測データの比較