

バラスト線路における列車定位停止支援を 実現する超音波リニアエンコーダ

窪谷 大樹[†] 海老原 格^{††} 水谷 孝一^{††} 若槻 尚斗^{††}
[†] 筑波大学理工学群工学システム学類 ^{††} 筑波大学システム情報系

1. はじめに

ホームドアが広く導入され、所定位置に正確に停止させるための列車定位停止支援システム(TASC : Train Automatic Stop-Position Controller)が近年普及しつつある。多くの列車では、車輪軸に取り付けられた速度発電機の出力を元に速度を計測しているが、速度発電機の出力は車輪軸の回転数に依存しており、低速(3 km/h 以下)時に出力が得られないなどの課題がある[1, 2]。低速時でも精度良く列車の速度を計測することができれば、停止直前まで速度情報を列車制御にフィードバックできるため、よりきめ細やかな列車停止制御が実現できる。本研究ではバラスト線路に着目し、低速時における速度計測を実現する超音波リニアエンコーダを提案するとともに実験による性能評価を行った。

2. 超音波リニアエンコーダの原理

超音波リニアエンコーダの概要を Fig. 1 に示す。車上のスピーカからバラスト線路に向けて超音波(周波数 f , バースト周期 T , デューティ比 D)を送信し、反射波をマイクロフォンで受信する。この時、反射波の振幅レベルが枕木とバラストでは異なる。そこで、反射波を解析し、枕木とバラストの判別を行い、バラスト線路の周期構造を表すパルス波形を得る。枕木の間隔は一定なため、単位時間当たりのパルス数、及び、枕木の間隔情報から列車の速度を推定することができる。

3. 実験

Figure 1 に示されるバラスト線路モデル、車上センサモデルからなる実験装置を作成した。この実験装置を用いて、信号のパラメータ T , D を調整すると共に、低速時における速度計測実験を行った。

3.1 信号パラメータのチューニング

受信信号の振幅レベルは枕木とバラストによって異なり、時間的な広がりを持っている。受信信号同士の干渉の影響が小さいバースト周期は $T = 4 \text{ ms}$ であったため、この条件下で受信信号の振幅レベル差が最大になるデューティ比 D を求めた。その結果、デューティ比 $D = 0.1$ の時に、受信信号の振幅レベル差が最大になることが明らかになった。また、その時の受信信号の振幅ヒストグラムから閾値(0.3 Vpp)を決定した。

3.2 速度計測実験

リニアステージの速度を 0.09 - 0.88 (m/s) の範囲で段

階的に設定して 360 mm に亘り車上センサモデルを走行させた。Figure 2 はリニアステージの実速度、および、超音波リニアエンコーダで計測された速度の関係を表している。これらの結果より提案手法は低速時における速度が誤差率 $-7 \sim +2$ (%) で計測できることを確認した。

4. まとめ

本稿では、低速時における列車の速度計測を実現し、TASC のきめ細やかなブレーキ制御に貢献することを目的とした。そして、新たな列車の速度計測手法として超音波リニアエンコーダを提案し、速度 0.09 ~ 0.88 (m/s) の範囲において誤差率 $-7 \sim +2$ (%) で速度計測が可能であることを確認した。この結果から、TASC のブレーキ制御に貢献できることが示された。

参考文献

- [1] 福田光芳 他, "列車制御のための車上での高精度な位置検知手法の開発," 鉄道総研報告 Vol. 27, No. 9 pp. 17-22, (2013)
- [2] 小林輝雄, "無線通信を用いた新しい列車運転制御" 電学誌, Vol.117, No.10 pp. 695-698, (1997)

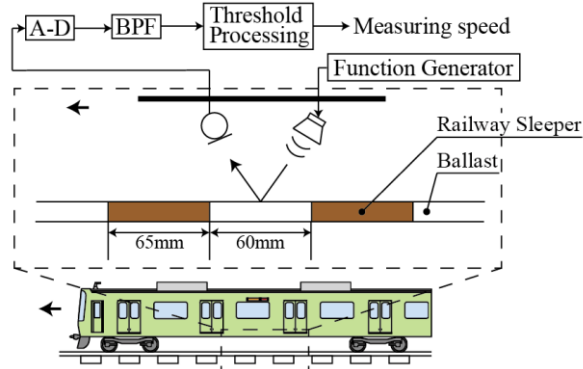


Fig. 1 Overview of the proposed system.

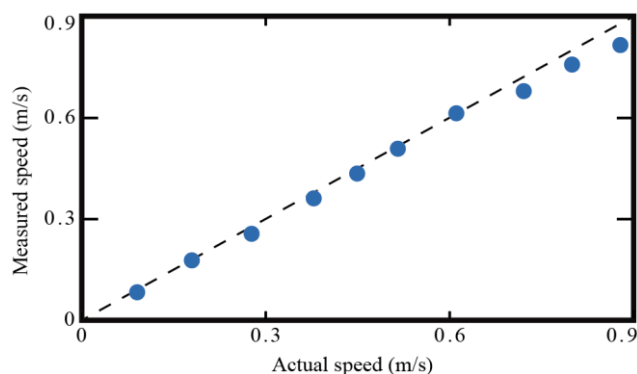


Fig. 2 Relationships between actual speed and measured speed.