

保守用車の異常検知手法の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 鈴木 克也

1. はじめに

センシング技術の進展に伴い、小型のセンサを活用して設備等の状態監視を行う取り組みが各分野で進められている。当社においても、営業車両やホーム可動柵などを対象として、状態監視により故障の未然防止や検査の効率化を進めているところである。

本研究では、状態監視技術の保守用車への適用を目的としてデータ取得および異常検知に関する基礎検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 状態監視の対象と手法

本検討では、保守用車のエンジンを対象とした。エンジンは故障時の影響が大きいとため、検査の周期や項目の見直しは容易ではない。しかし、適切な状態監視を行うことができれば、信頼性を低下させることなく検査や修繕の効率化が可能になると考えられる。

営業車両の駆動用装置を対象とした状態監視の研究¹⁾では、加速度を指標とした検討が行われていることから、今回は表1に示す保守用車のエンジンを対象に加速度測定を行った。測定時の状況を図1に示す。サンプリング間隔は20kHzとした。

表1 測定対象の保守用車種別およびエンジン形式

種別	エンジンの形式 (配列・気筒数)
モーターカー	直列6気筒
確認車	直列4気筒
バラストレギュレーター	V型4気筒
道床安定作業車	V型8気筒
ロングレール輸送車	V型12気筒



図1 測定状況

3. エンジンの基本特性

測定結果の例として、モーターカーの鉛直加速度の波形を図2に、パワースペクトル密度（以下、PSD）を図3に示す。加速度波形からは、振幅が比較的一定で安定した振動が継続していることがわかる。PSDを見ると、エンジンの回転数に起因するピークが周期的に現れている。

図4に示すように、保守用車のエンジンは4ストロークエンジンで、吸気・圧縮・燃焼・排気の行程を繰り返す。振動は燃焼の行程で大きくなり、燃焼はクランクシャフト2回転につき1回発生する。そのため、燃焼に起因する振動の基本周波数 f_n は以下の式で求められる。

$$f_n = \frac{R \cdot n}{2 \cdot 60}$$

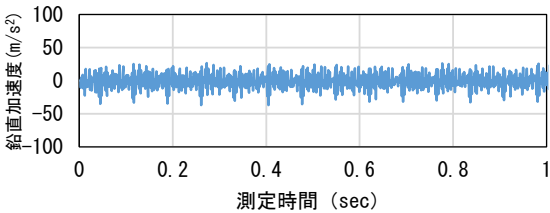


図2 鉛直加速度波形

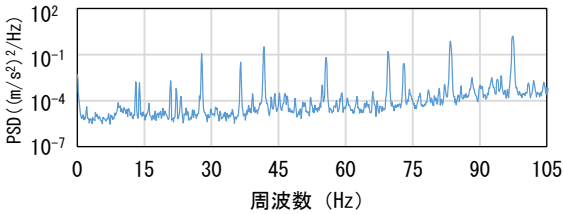


図3 鉛直加速度のパワースペクトル密度

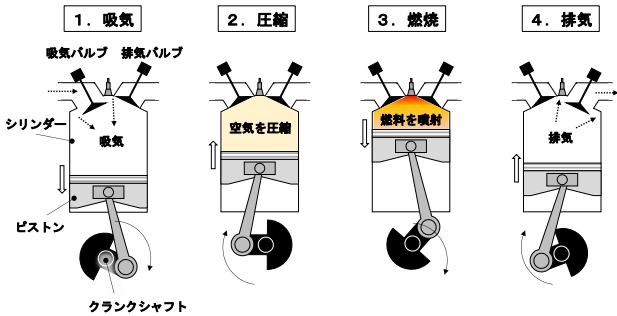


図4 4ストロークエンジンの行程

キーワード 保守用車, エンジン、異常検知

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 東海旅客鉄道株式会社総合技術本部技術開発部 TEL:0568-47-5380

ここで、 f_n ：基本周波数(Hz)、 R ：回転数(rpm)、 n ：正の整数である。

図3に示したPSDは回転数が1,700 rpmのものであるため、基本周波数となる約14Hz、およびその整数倍となる点で高次周波数のピークが現れている。なお、そのほかの周波数で確認されたピークは、他の回転系機器や摺動系機器による振動の影響であると思われる。

4. 異常検知の検討

表1に示した対象のうち、ロングレール輸送車（以下、LRA）の検討結果について述べる。LRAは図5に示すように、両端に機関車を配したプッシュプル型の編成で、V型12気筒のエンジンを各機関車に2基ずつ、合計4基搭載している。

異常検知手法の検討には、正常時と図6に示すように片側6気筒の燃焼を停止させた状態（以下、停止時）のデータを用いた。

正常時と停止時の鉛直加速度を図7に、PSDを図8に示す。回転数は850rpm($f_n \approx 7\text{Hz}$)である。

両者を比較すると、加速度の大きさや基本周波数のピークに変化が認められた。エンジンはピストンの上下運動によって生じる振動を相互に振動を打ち消すようになっているため、そのバランスが崩れたことで、このような結果が生じたと考えられる。

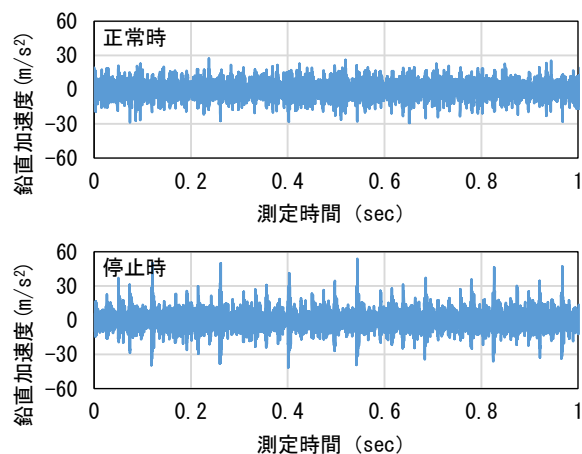


図7 鉛直加速度波形

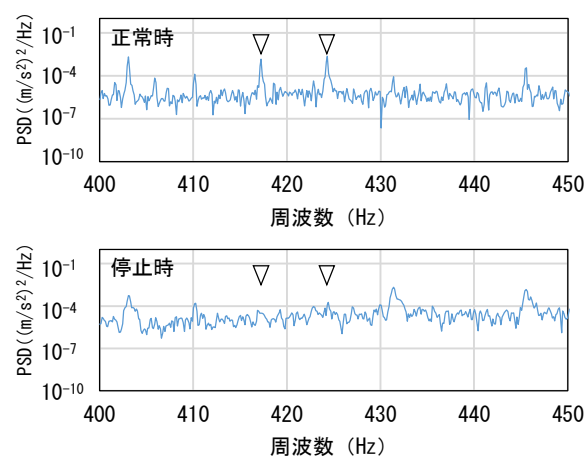


図8 鉛直加速度のパワースペクトル密度

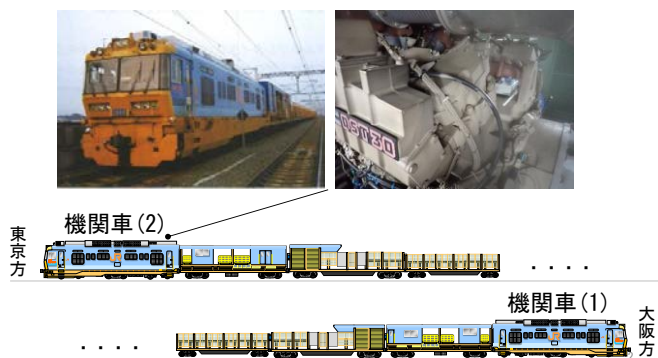


図5 ロングレール輸送車の編成図

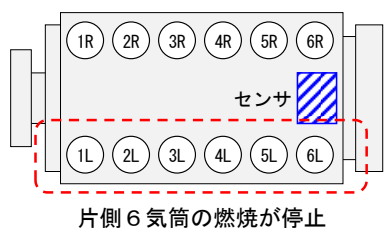


図6 停止時の状態

5. まとめ・今後の取組み

本研究では、LRAを対象として、エンジンの稼働状況が異なる状態の加速度の比較を行った。

今後は継続的に加速度を測定し、蓄積したデータを分析することで、異常検知手法の確立を目指す。また、エンジン以外の機器についてもセンシング技術を活用して検査の効率化を図っていく。

参考文献

- 1) 西谷幸祐, 近藤稔, 高重達郎, 片岡祐太, 野口敬太：振動による駆動機器用状態監視システムの営業列車への適用，鉄道総研報告，Vol.32，No.8，2018年8月。