

デジタルビデオ画像を用いた列車動揺計測

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○桑原 清
 正会員 渡辺 泰孝
 正会員 山田 徹
 テクノバンガード 正会員 掛橋 孝夫

1. はじめに

鉄道構造物への近接工事においては、列車の安全運行や既設構造物の健全性を確保することが重要である。軌道の健全性を示す指標の一つに列車動揺加速度があるが、今回、線路外から走行中の列車をデジタルビデオカメラで撮影して、その画像を解析することによって列車動揺加速度を計測する手法について検討したのでその方法および計測結果について報告する。

2. 列車動揺加速度の測定

列車動揺加速度は、車両の揺れを加速度で表現したもので、乗り心地および安全の観点からこれをある値以下に維持するように軌道を保守しなければならない。JR 東日本では、線路下横断工事のような営業中の線路に影響を与えうる近接工事を行う場合には、工事中、軌道の変位計測のほかに列車動揺を測定することになっている。従来、可搬型の列車動揺測定器を社内に持ち込み測定を行っており、測定器の機種にもよるが一般的には2名の社員が必要である(写真-1)。



写真-1 列車動揺測定器

今回、近接工事の現場内という狭い範囲に限定して、デジタルビデオカメラを用いて従来より簡易な方法による列車動揺測定を試みた。

図-1 は、今回の実験で実際に動揺測定器で得られた列車動揺加速度のフーリエスペクトルである。これでも解るように列車動揺の周波数特性は、概ね 7Hz 以下で卓越することが知られている。

一方、ビデオでは、30 コマ/秒の画像が得られるので列車動揺の測定が可能と考えた。

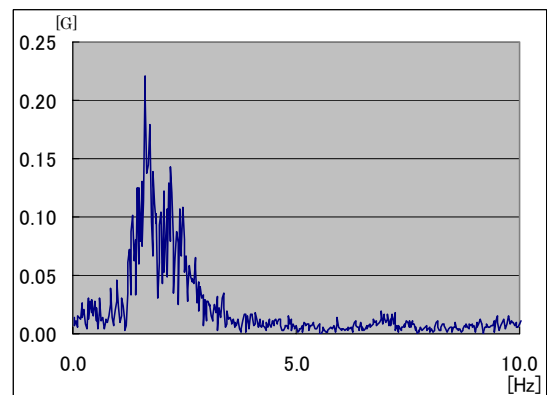


図-1 列車動揺のフーリエスペクトル

3. 試験概要

本手法の検証のために、実際に走行する列車を撮影し列車動揺を計測するとともに、列車内で動揺測定器により測定したデータと比較した。

撮影には、市販のデジタルビデオカメラ (SONY:DCR-VX2000, キャプチャ後の画像: 740×480 画素) およびハイビジョンカメラ (SONY:HDW-700A, キャプチャ後の画像: 1,920×1,080 画素) を使用し、撮影対象が高速移動することを考慮してシャッタースピードは 1/1,000 秒とした。写真-2 に撮影状況を示す。



写真-2 撮影状況

キーワード デジタル画像, 列車動揺, 振動, 計測

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 TEL 03-3379-4353

列車の窓に目印として大きさが既知のマーカーを取り付け、キャプチャした画像でこのマーカーを追跡し画像ごとの変位を求める。その変位を時間で2回微分して加速度を求める。今回は、計測手法の確認を目的とした基本試験ということから手作業でマーカーを追跡した。

4. 結果

図-2に測定結果の一例を示す。この例は、時速約 70km/h で通過する列車の側面をほぼ正対する位置から撮影した画像から得られた加速度と、列車内で動揺測定器により測定した加速度を比較したものであるが、デジタルビデオカメラ、ハイビジョンカメラとも比較的よい精度で計測できている。

この例のように、車両側面をほぼ正対する位置から撮影したケースであればハイビジョンカメラとデジタルビデオカメラの解像度の違いによる計測精度にはあまり差異はみられない。しかし、デジタルビデオカメラで得られる静止画データから正確に計測点（マーカー）を押さえることは非常に慎重に行う必要があり、時間のかかる作業である。作業性を考えるとハイビジョンカメラから得られる高解像度の静止画データから計測点（マーカー）を押さえる方が、デジタルビデオカメラに比べ断然早く確実にできるのは確かであり、作業を行う人による個人差もあまりでない。

なお、列車動揺加速度の基準値は、図-2 に示すように両振幅で規定されている。今回の撮影では、画面の範囲は約 10m であり、動揺加速度の 1 周期を計測することができなかった。通過する列車の速度にも関係するものと考えるが、現場で実用的に計測を行う場合には、少なくともこの 2 倍（約 20m）、できれば 3～4 倍程度（約 40m、車両 2 両分程度）の範囲を撮影することが望ましい。今回の実験では、それを考慮して列車を斜め方向から撮影したケースについても検証を行ったが、ある程度遠方になると計測そのものが不能となり、結局約 10m 程度の範囲しか計測できなかった上、精度もよくなかった。

より広い範囲を画面に収めるとなると、ハイビジョンカメラのように解像度が高い画像の優位さが現れてくるものとする。また、複数のデジタルビデオカメラを用いて、広い範囲をカバーする方法も考えられる。

6. おわりに

今回、デジタルビデオカメラを用いて、通過する列車の動揺加速度を計測する方法について確認試験を行い、以下の結論を得た。

- ・ デジタルビデオカメラの画像を用いて列車動揺加速度の計測は可能である
- ・ デジタルビデオカメラとハイビジョンカメラの比較では、マーカーを追跡する作業性は高解像度のハイビジョンカメラのほうが勝るものの、計測結果の精度には大きな差はみられない
- ・ 近接工事の現場管理に実用化するためには、より広範囲の撮影を可能とする必要がある

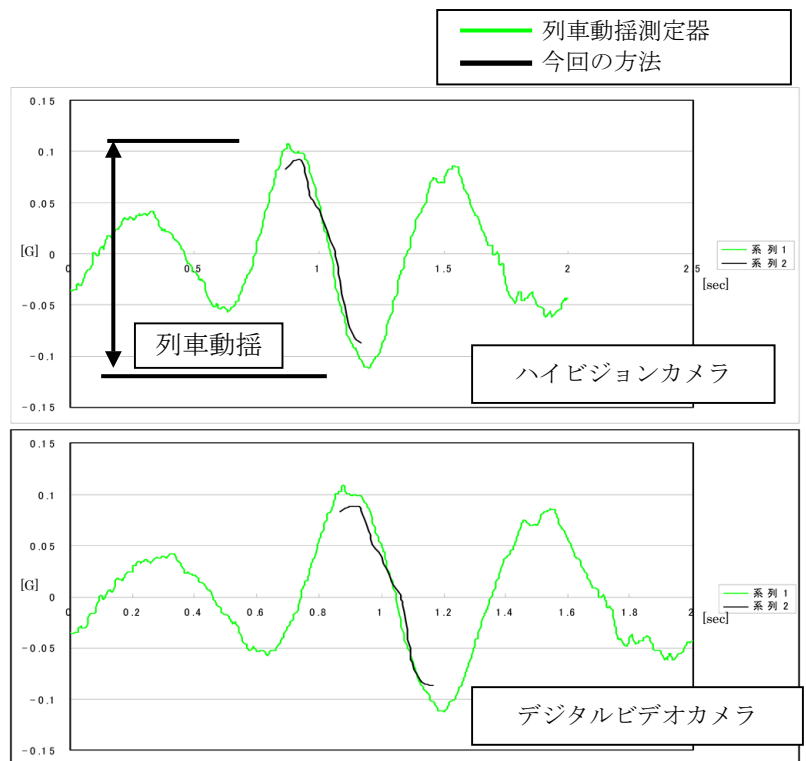


図-2 計測結果の例