

# 橋梁モニタリングシステムに用いる加速度計の温度依存性に関する研究

長岡技術科学大学 非会員 ○北園 和磨  
長岡技術科学大学 正会員 志賀 正崇  
群馬工業高等専門学校 正会員 井上 和真  
長岡技術科学大学 正会員 池田 隆明

## 1. 研究背景, 研究目的

大規模な地震発生直後にはインフラ構造物の安全性の確認を目的とした緊急点検が行われる。被災範囲が広大な場合は点検に多大な時間を要する。社会基盤構造物は復旧、復興を左右する重要な構造物である場合が多く、迅速な点検作業が求められている。

こうした問題を解決するために、構造物のモニタリングシステムの構築が有効である。構造物のモニタリングシステムとは、構造物に観測が可能なセンサを取り付け、広範囲に存在する複数の構造物の健全性等を、任意のタイミングで確認できるシステムを示す。一般的に構造物のモニタリングシステムという用語は、表-1に示すように様々な意味合いを持つ。本論文では表-1で太字にした観点に着目し、以後の本文中では用途範囲を狭めた形で「橋梁モニタリングシステム」と呼称し議論を進める。

表-1 本研究でのモニタリングシステムの定義

対象	橋梁, 高層ビル, トンネル, など
計測	加速度, 速度, 変位, 傾斜角, 温度 など
分析	振動特性, モデル化, など
判断	スクリーニング, など

橋梁モニタリングシステムの考え方は、以前から存在し、既往研究の数も多い<sup>1)2)3)</sup>。例えば中村<sup>2)</sup>は、地震対策における構造物や施設などの地震動に対する抵抗力の双方を的確に把握するため、様々な情報をほぼリアルタイムで処理し表示・通報するシステムを開発している。また橋梁の温度影響に関して小林ら<sup>3)</sup>は、健全度評価モニタリングに適用することを目的として、2年以上鋼床版桁橋梁を対象に部材温度及び温度変化による変形挙動を分析している。その結果、部材の温度変化と変形挙動には高い相関性があることが明らかになった。しかしながら、橋梁部材や橋梁の

剛性といった構造物と温度の相関に関する研究は多くあるものの、センサ自体の計測実精度の中長期の温度影響を考慮する研究は少ない。

このように既往研究では、実運用のモニタリングシステムを見据えた研究が多い一方で、加速度計自体の実精度や劣化過程の検証は十分とはいえない。例えば橋梁モニタリングシステムで幅広く利用されているひずみゲージは、抵抗材料の電気抵抗変化を利用する。抵抗材料は、抵抗値、断面積、長さのパラメータで決まるため、温度環境の変化における膨張、収縮の影響は大きいと考えられる。本稿では、こうした理由から橋梁モニタリングシステムにあたり、振動計測の温度依存性を評価することを目的として検討を行った。

## 2. 実験方法

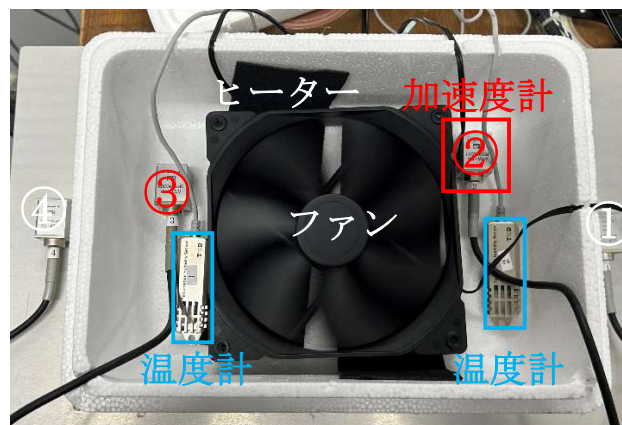


図-1 ASW-5A の保管方法

本研究では、計4つの加速度計 (ASW-5A) を使用しており、加速度計①④は温度変化のない環境で保管し、加速度計②③は温度変化のある環境で保管した。温度変化を行った期間は、2週間であり保管方法は図-1に示す。発泡スチロールに ASW-5A と温度計、ヒーター、ファンを入れて温度上昇の環境を作成した。加振実験時は、発泡スチロール内から加速度計を取りだし室内温度下で実験を行った。

今回の温度条件，温度変化を図-2 に示す．発泡スチロール内の温度は平均 55℃であり，長岡市の気象庁データより計測期間の温度平均は 25.5℃である．従って本研究では，高温の定義を 55℃とし室内温度は 25.5℃とする．温度計測期間中に，3 度加振実験行い加振実験日を赤い線で示す．

加速度計の振動特性を評価したいため，任意のサイン波を出力できる振動台を使用して温度の影響を考察した．加振条件は，高速道路の緊急橋梁点検を参考に決定した．本研究での実験ケースを表-2 に示す．本稿では，最大最小の加速度と周波数の組み合わせで考察を行う．

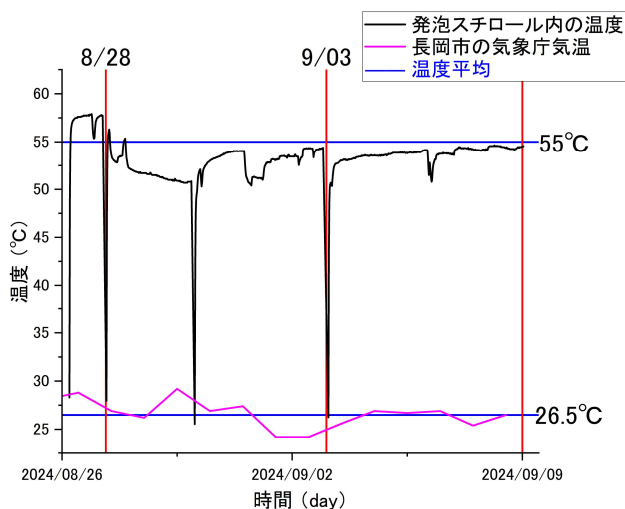


図-2 計測期間の温度・加振日時

表-2 実験ケース

温度を与えた期間	加振条件	計測時間
2 日間	1.0 Hz 60gal	30 秒
	1.58 Hz 60gal	
7 日目	2.51 Hz 60gal	
13 日間	1.58 Hz 250gal	
	2.51 Hz 630gal	

### 3. 実験結果及び考察

図-4, 5, 6, 7 に時刻歴波形を示す．この波形は，約 30 秒ごとに 1Hz, 1.58Hz, 2.51Hz と変化させている．全体の波形をとおして，±125gal 程度振動しており波形形状の違いは見られていない．このことから時刻歴波形の観点からは，温度影響の差や入力振動の影響

がなかったといえる．

次に，フーリエ加速度スペクトルの結果を図-8, 9, 10, 11 に示す．本稿では，表-2 より周波数 1Hz 加速度 60gal の組み合わせで議論を行う．全波形をとおして振幅の大きさは，卓越振動数を除いて 0.01gal~1gal 以内に収まっている．しかし，卓越振動数付近では波形の裾野に違いがみられる．2 日目は，裾野が広く 14 日目は裾野が狭い結果になった．このことから時刻歴波形時点では，波形形状の差がなく周波数領域の段階で違いあらわれたので振動台の入力振動が一様でない可能性が考えられる．温度影響は，みられなかった．

次に，加速度計①と②並びに，加速度計①と④のフーリエ振幅比を比較する（図-12, 13, 14, 15）．ここでフーリエ振幅比を選択したのは，前述のように振動台の入力振動が一様でないためである．

全体の図形を通して，10Hz より低周波側のばらつきが大きく 10Hz より高周波側のばらつきが小さい結果となった．これは ASW-5A が加速度計であるためと考えられる．一般的に入力振動が極端に小さい場合は，応答倍率も小さくなる（図-3）．これは周波数が大きい場合と小さい場合を比較すると，周波数が小さい時に相対的に小さかったノイズが現れたといえる．また 55℃，2 週間の期間では温度の影響は現れなかった．

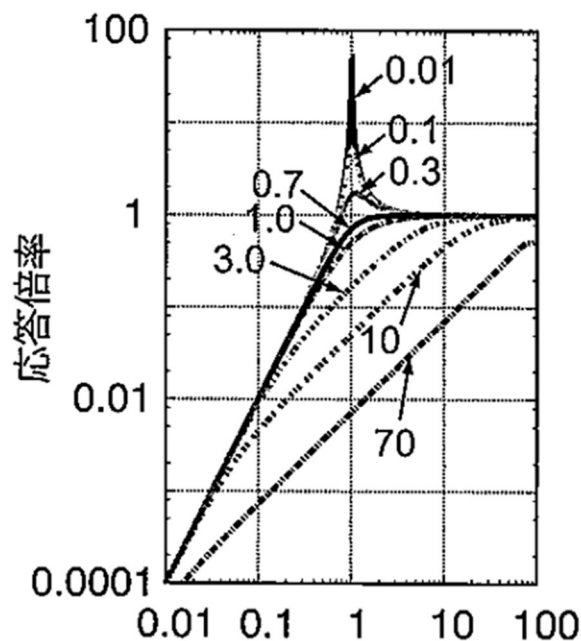


図-3 外力の振動数/振り子の固有振動数比<sup>4)</sup>

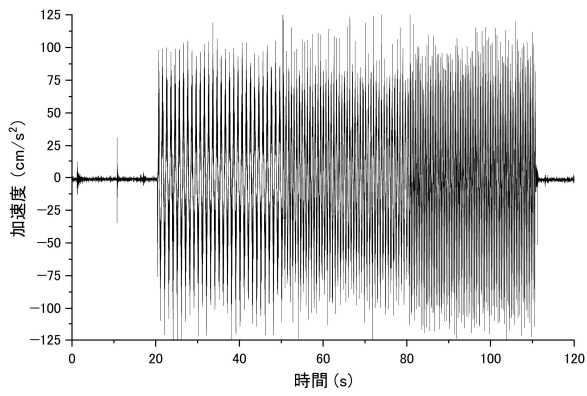


図-4 加速度計 1 時刻歴波形 2 日目

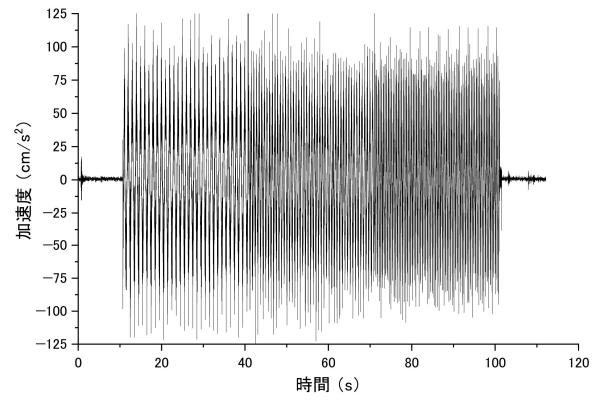


図-5 加速度計 1 時刻歴波形 14 日目

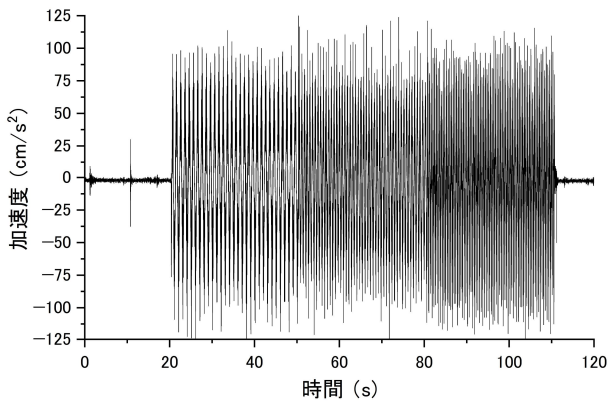


図-6 加速度計 2 時刻歴波形 2 日目

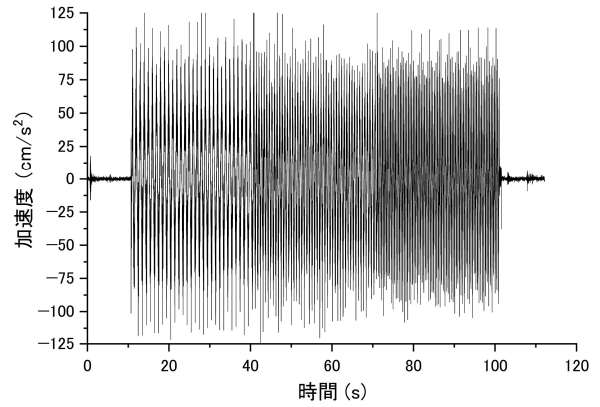


図-7 加速度計 2 時刻歴波形 14 日目

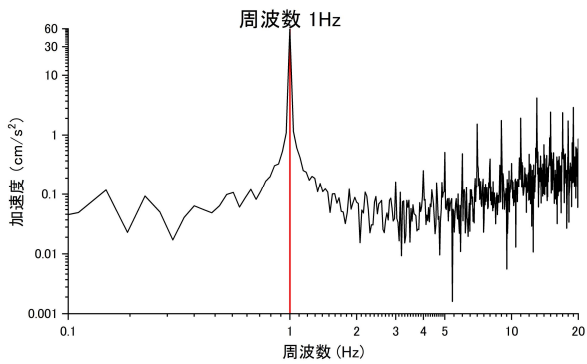


図-8 加速度計 1 フーリエスペクトル 2 日目

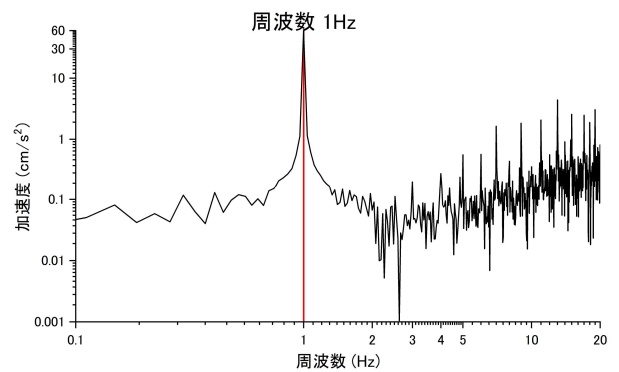


図-9 加速度計 1 フーリエスペクトル 14 日目

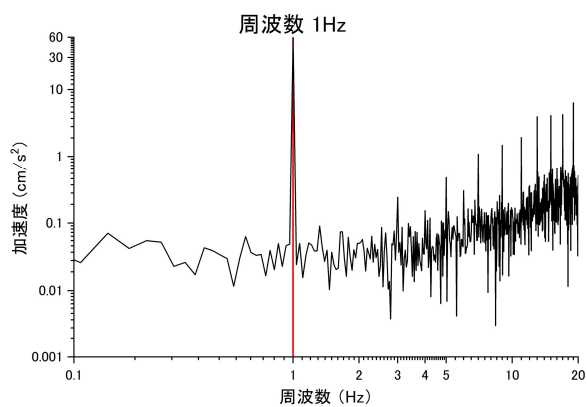


図-10 加速度計 2 フーリエスペクトル 2 日目

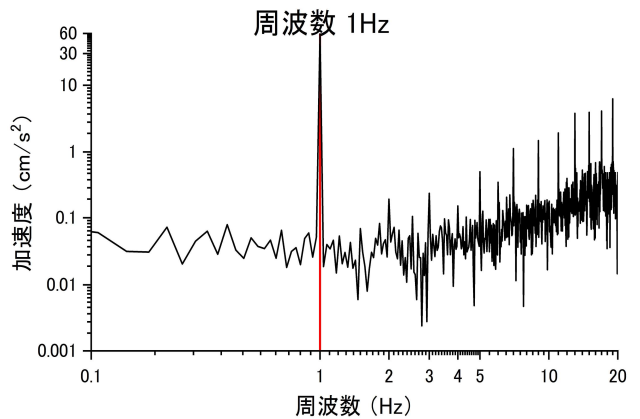


図-11 加速度計 2 フーリエスペクトル 14 日目

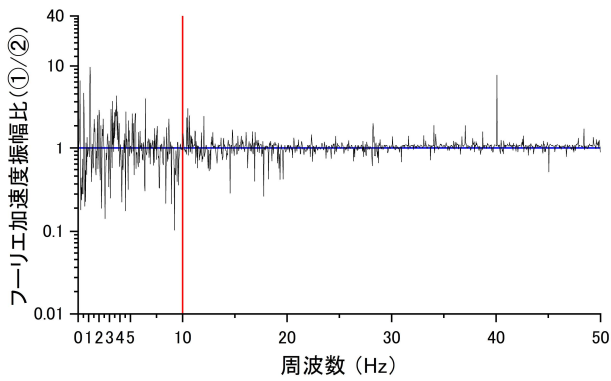


図-12 フーリエ加速度振幅比 (①/②) 2日目

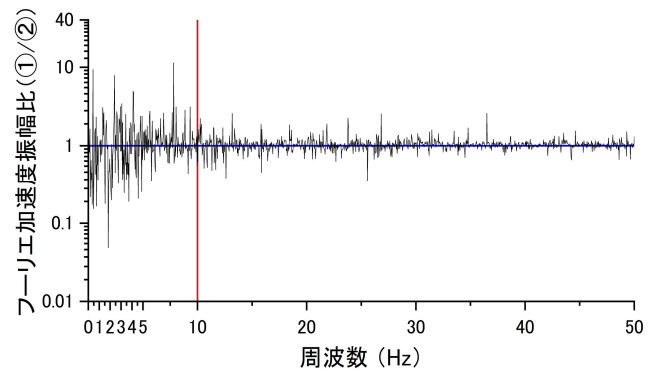


図-13 フーリエ加速度振幅比 (①/②) 14日目

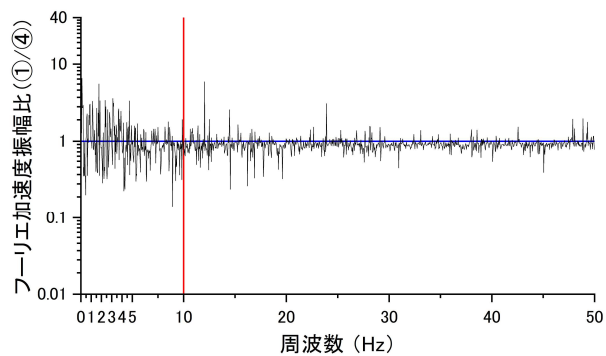


図-14 フーリエ加速度振幅比 (①/④) 2日目

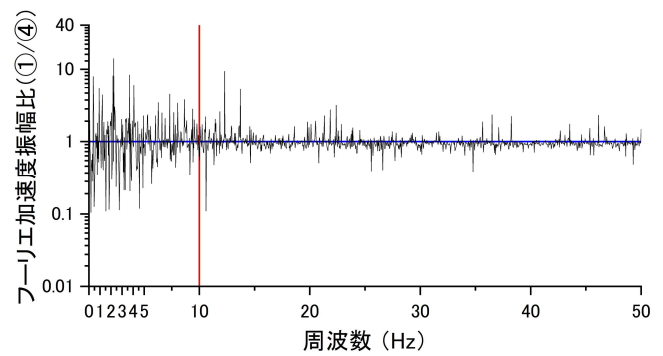


図-15 フーリエ加速度振幅比 (①/④) 14日目

#### 4. 結論と今後の展望

55°C、期間 2 週間という温度上昇の環境下では、計測結果に時刻歴波形、フーリエ加速度スペクトル及びフーリエ振幅比の観点からも温度の影響が見られなかった。今後は、更に長期間実験を行うことや、温度変化を与える環境や低温状態等での影響を調べる必要がある。

#### 参考文献

- (1) 藤野陽三：構造物のモニタリング技術，コロナ社，2020，p291
- (2) 中村豊：研究展望：総合地震防災システムの研究，土木学会論文集，NO.531，1996.1
- (3) 小林裕介ら他：鋼板版箱桁橋梁の温度変形挙動を利用した健全度評価モニタリング，土木学会論文集 A1，Vol62，2006.10
- (4) 盛川仁，山中浩明：地盤と地盤震動，朝倉書店，2019，p32-p39