

2 組の加速度計群を用いた振動源推定法に関する基礎実験

東海大学 学生会員 ○小宮 庸子

東海大学 フェロー 中村 俊一

1. はじめに

近年、環境に対する意識の向上により、周辺生活環境に与える騒音や振動問題は関心の高い環境問題の一つである。その一例として道路橋による橋梁振動問題は、車両が橋梁を通過することで発生する。この振動問題を解決するためには、原因となる振動源を探し出し、何が原因なのかを突き止めることは、効率的に対策するために重要なことである。

振動源を見つけ出すには、多くの計測器を使用し振動の原因となっている箇所を特定しなければならない。近年では、コンピュータの情報処理能力の向上から複数のセンサーを使用し、センサー同士の関係から振動源を見つけだす振動源探査の技術が導入されつつある¹⁾。しかし、従来の形では方向情報のみ得ることができず、また、計測現場の周辺環境や計測現場の地下構造物などの影響により精度が著しく低下する欠点がある。

そこで、振動源探査を従来のように一つにまめとる形ではなく、振動源探査器を分割し、複数台使用して位置関係とデータ解析より角度を求め、それと基線長と関連づけることにより位置の特定を行えるような探査器を提案する。具体的には、3つの加速度計より構成した振動源探査のための加速度計群（以下、三角アレーとする）を組み、さらに基線上に2組配置する方法である。さらに、この推定振動源がどの程度予測できるかの基礎実験を行った。

本稿では、振動源探査の原理、2組の三角アレーを用いた振動源推定法の測定原理、検証実験、実験結果についてまとめた。

2. 振動源探査の原理

振動源探査は、振動の発生源を特定するために平面に設置させた複数のセンサー（加速度計）を用い、二つのセンサーに入力される信号のクロススペクトルから、周波数毎に得た位相角情報より2つのセンサー間の時間遅れを求め、これを複数組のセンサー間で行い、周波数毎の振動の到達方向を指定する方法である。

P1-P2 の時間差 ΔT_1

$$\Delta T_1 = \frac{R \cos \theta}{V}$$

P2-P3 時間差 ΔT_2

$$\Delta T_2 = \frac{R \sin \theta}{V}$$

より、到達方向は

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

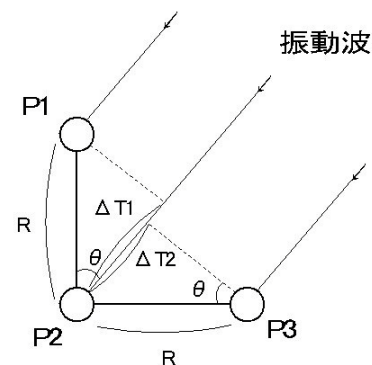


図 1 : 一組の三角アレーを用いた振動源推定法

となる。

3. 複数台の振動源探査器を用いた測定原理

複数の三角アレーを用いたときの測定は、以下のような配置で行う。予め三角アレー同士の距離 L を決めて設置をする。今回は三角アレーを2台設置し計測を行った。振動源 (X, Y) から振動が発生した場合、まず

右の三角アレーが振動を計測し、次に左の三角アレーが振動を計測する。それぞれの三角アレーは、振動源探查の原理より θ_1 と θ_2 をそれぞれ算出する。求まった θ_1 と θ_2 より以下の式を使用し振動源 (X,Y) を算出する。

$$X = \frac{L}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2}$$

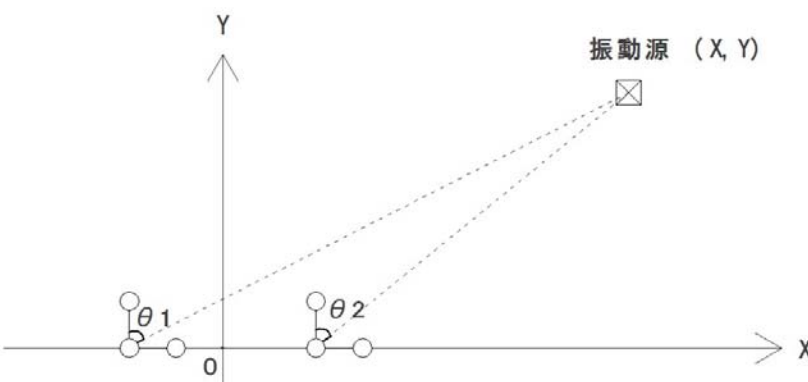
$$Y = \frac{L \times \tan \theta_2}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2} + \frac{L}{2}$$


図 2 : 2 組の三角アレーを用いた振動源推定法

4. 検証実験

検証実験は東海大学湘南キャンパス、けやき通りで実施した。使用した計測器は、振動計（測定周波数範囲（振動加速度レベル）1-80Hz）、測定レベル範囲 25-120dB : 6 台、多チャンネル分析処理機 : 1 台、制御用 PC である。振動源としては 4.5kg ランマー（直径 : 148mm, 落下高さ : 450mm）を用いた。実験計測器の配置と振動源は以下のように設置した。

実験は、各位置でランマーを 2 回落下させ、各々 8 秒間計測した。その際、この範囲には他の車両が通行できないよう、なるべく他の要素が入り込まないよう配慮した。

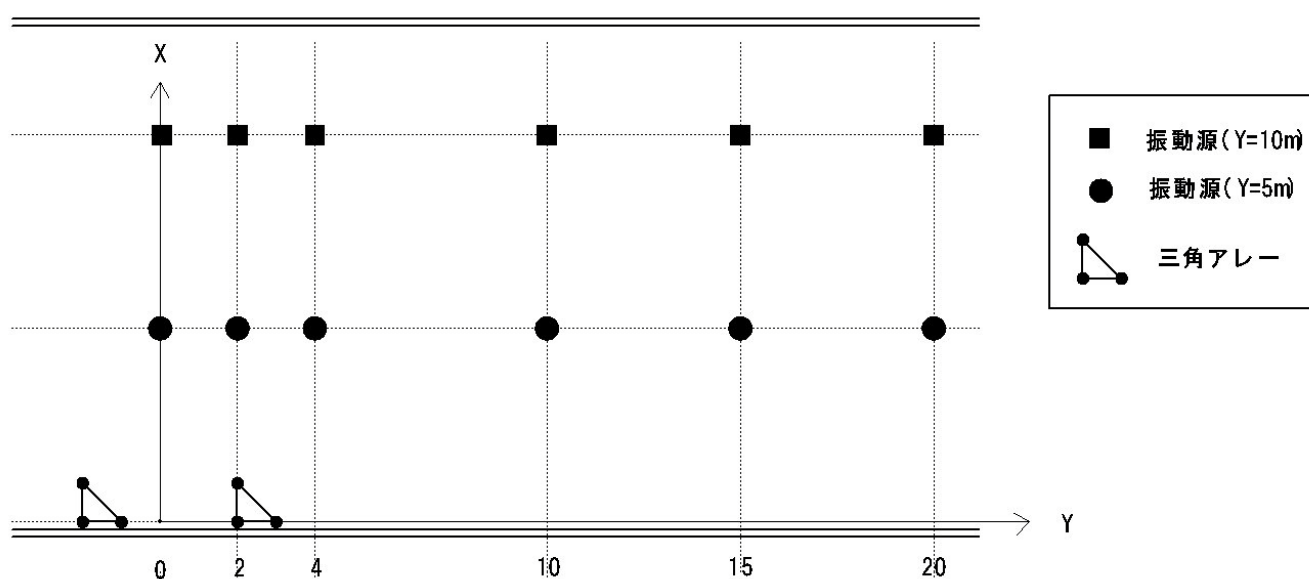
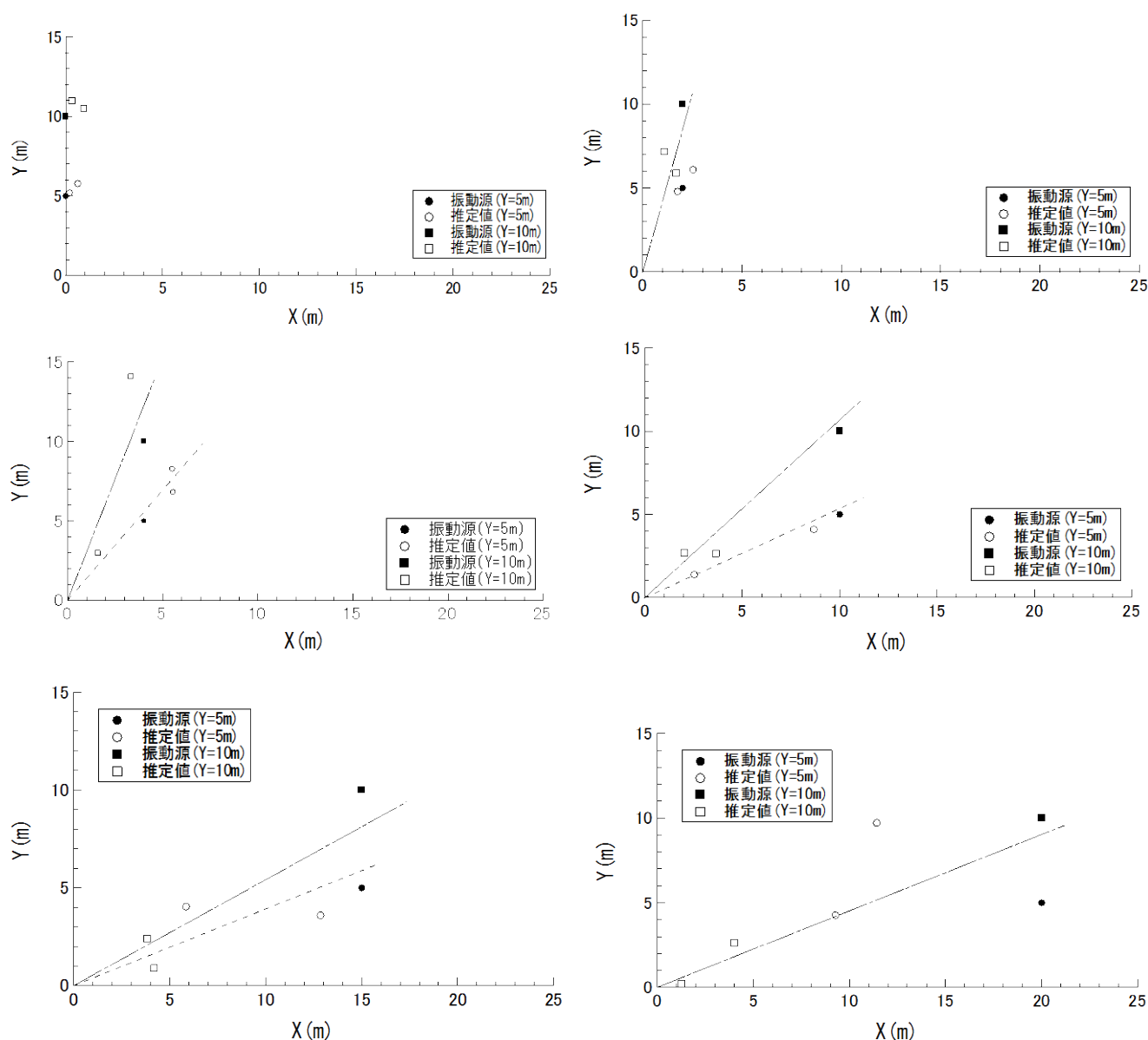


図 3 : 2 組の三角アレー及びランマー落下位置

5. L=2m のときの計測結果

三角アレー同士の距離 L（基線長）が 2m のときの計測結果を図 4 に示す。X が 0m のときは振動源と推定値の値に非常に近いものになった。X が 2m, 4m のときは 2 回計測を行ったデータの内 1 回は推定値に近い値を得ることが出来た。X の距離が 10m, 15m のときでは推定値点にはずれが生じたが、二点の真ん中での値を見ると少なくとも角度情報は得ることが出来た。

図 4 : $L=2\text{m}$ のときの振動源と推定値

6. $L=4\text{m}$ のときの計測結果

三角アレー同士の距離 L (基線) が 4m のときの計測結果を図 5 に示す。 X が 0m は、ともに振動源と推定値がともに非常に近い値を得ることが出来た。 X が 2m のときはデータが正しく得られなかったので 1 回目のみデータを利用した。 X が 10m は振動源に近いデータを得ることが出来た。 X が 4m のときは Y が 5m , 10m とも近い値を得ることができた。 X が 10m , 15m のときは Y が 5m のときは近い値を得ることが出来た。 X が 20m になると位置、方向ともに推定を行うことはできない。

7. まとめ

振動源探査器を従来のように一つにまめとる形ではなく、振動源探査器を分割し、複数台使用して位置関係とデータ解析より角度を求めた。それを基線長と関連づけることにより位置の特定を行えるような探査器を提案した。具体的には、3つの加速度計を用いて三角アレーを組み、さらに基線上に2組配置する方法である。さらに、この推定振動源がどの程度予測できるかの基礎実験を行った。得られた知見は以下である。

- 1) $L=2\text{m}$ のときは X が 2m までは位置がほぼ正確に推定されている、推定できていないケースでも X が 15m までは方向を算出することはできた。
- 2) $L=4\text{m}$ のとき X が 0m のときは、正確に位置を算出することが出来た。推定できていないケースでも X が

10m までは角度情報は得ることができた。

- 3) よって振動源にランマー使用し、自由落下させた場合、本方式の適用限界は X が 15m であると言える。
- 4) Y=5m と Y=10m 比較すると、Y=5m のほうが距離による精度の低下が小さい。
- 5) 三角アレー同士の距離 L を変えることによって L=4m よりも L=2m のほうがより遠くまで振動源を推定できていることから、L の距離が近いほうが精度は高いと考えられる。この理由としては、三角アレー同士の間で振動波が減衰しているためと考えられる。
- 6) 今後、振動源と推定値の関係だけではなく、波形も詳しく分析する予定である。また、同じ機器の配置で、自動車が段差を通過する際のケースも実施しており、それによっては適用限界が拡大する可能性もある。

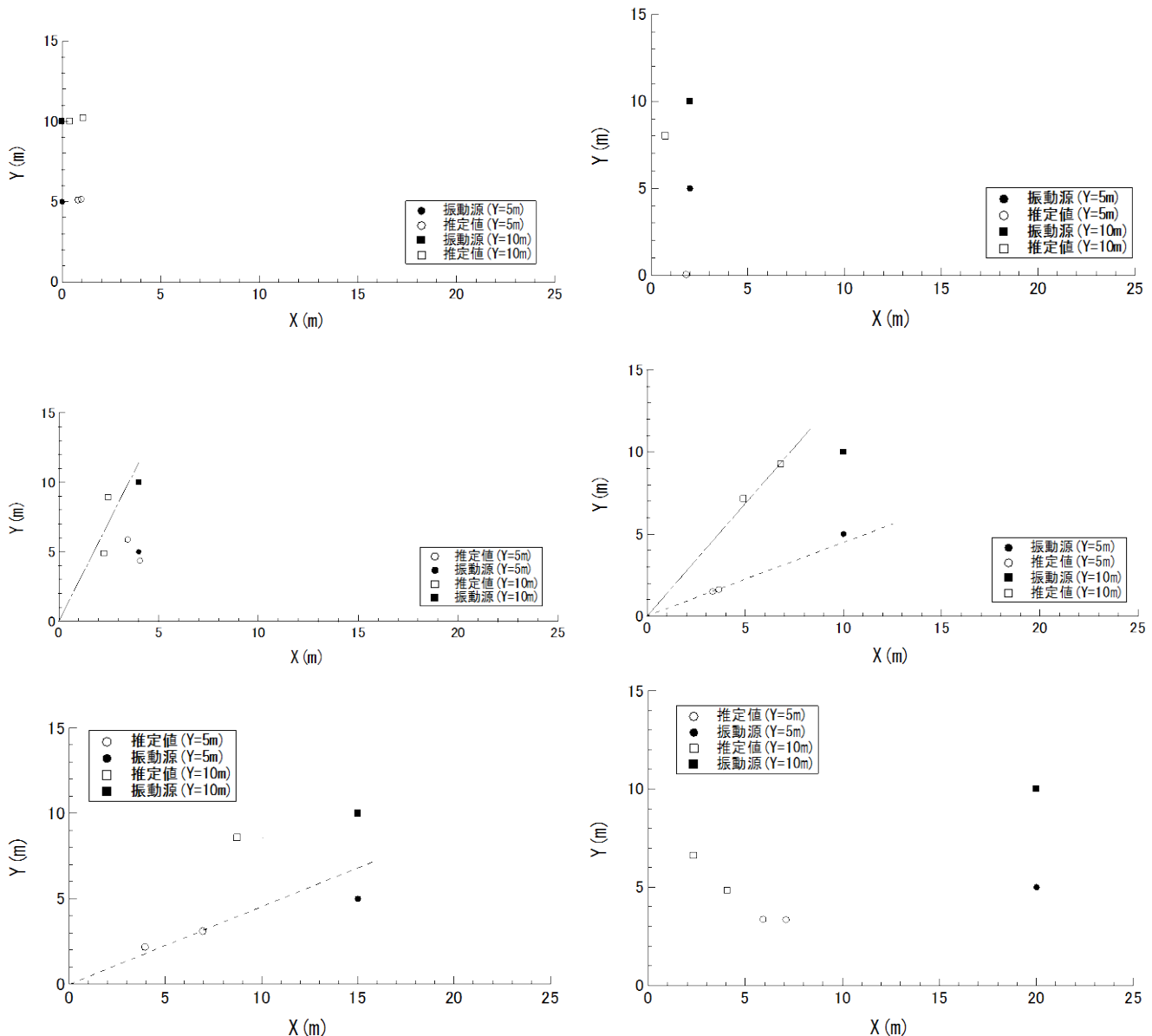


図 5 : L=4m の振動源と推定値

参考文献

- 1) 和田浩之：振動源探査システムの開発，中部電力，技術開発ニュース 114 号，2005。