

# メトロノームの同期現象を用いた台の固有振動数の推定

高槻高等学校 物理 3班

## 研究の動機

先行研究からメトロノームの同期現象は台の固有振動数によって決められる。同期現象を解析することで計測が容易ではない台の固有振動数を推定できるのではないかと考えた。

## 研究の仮説

同期現象がおこるときの台とメトロノームの固有振動数の条件から台の固有振動数を推定することができる。

## 実験方法

1 図1のような台を作り、メトロノーム2台を置く。この時台に乗せたメトロノームが同期するように、台を吊るすエナメル線の長さを調節した。

2 BPM120~180で①初期位相差0° ②初期位相差180° ③任意の初期位相差(0° ~180°)、それぞれについて計測する。3回ずつ同期が起こるか約5分置いて計測する。

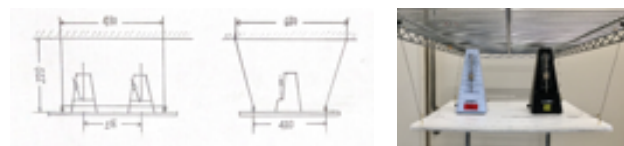


図1

## 実験結果

初期位相差 0°			BPM 任意の初期位相差			
BPM	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
120	同位相で同期*	同位相で同期*	逆位相で同期*	120 位相差90°で同期*	逆位相で同期	逆位相で同期*
126	逆位相で同期*	逆位相で同期*	逆位相で同期*	126 同期せず*	逆位相で同期	同期せず*
132	止まる	止まる	止まる	132 逆位相で同期	逆位相で同期	逆位相で同期
138	止まる	止まる	止まる	138 同位相で同期	止まる	同位相で同期
144	同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期	144 逆位相で同期	逆位相で同期	逆位相で同期
152	同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期	152 止まる	同位相で同期	同位相で同期
160	—	同位相で同期	同位相で同期	160 同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期
168	同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期	168 同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期
184	同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期	184 同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期
初期位相差 180°			同位相で同期*一位相差<±90° 逆位相で同期*一位相差<±90° 位相差90°で同期*一位相差=90° 同期せず*上記3つのいづれか(未確認) 止まる—撃力の残った状態で同期現象が見られる前にどちらか、あるいは両方のメトロノームの動きが止まる 準同期 準同期—位相差は一定値に定まらずに位相差が±180°			
BPM	1回目	2回目	3回目			
120	逆位相で同期*	逆位相で同期*	逆位相で同期*			
126	逆位相で同期*	逆位相で同期*	同期せず*			
132	逆位相で同期	逆位相で同期	逆位相で同期			
138	逆位相で同期	逆位相で同期	逆位相で同期			
144	逆位相で同期	逆位相で同期	逆位相で同期			
152	同位相で同期	同位相	同期			
160	同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期			
168	同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期			
184	同位相で同期	同位相で同期	同位相で同期			

## 結論

先行研究の値と実験結果から推測した台の固有振動数  $f_p$  のとりうる範囲は  $2.327 \leq f_p \leq 2.437$  であり、初期位相差0°での結果から推測するととりうる範囲は  $2.3 \leq f_p \leq 2.4$  である。

## 考察

1 先行研究より、台の固有振動数を  $f_p$  とし、2台のメトロノームの固有振動数を次の条件ごとにそれぞれ  $f_a$ 、 $f_b$ 、 $f_c$ 、 $f_d$  とすると

初期位相差によらず同位相で同期するとき  $f_a = f_p - x$  ( $-0.418 \leq x \leq 0.017$ )

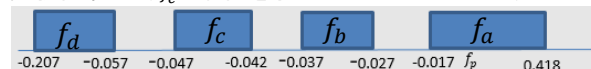
初期位相差が同期時の位相差と一致するとき  $f_b = f_p - x$  ( $0.027 \leq x \leq 0.037$ )

準同期状態のとき

$f_c = f_p - x$  ( $0.042 \leq x \leq 0.047$ )

初期位相差によらず逆位相で同期するとき  $f_d = f_p - x$  ( $0.057 \leq x \leq 0.207$ )

実験結果より、 $f_c$  の範囲を求めることはできないが、



$$2.7 \leq f_a \leq 3.1 \quad 2.3 \leq f_b \leq 2.4 \quad 2.0 \leq f_d \leq 2.2$$

が得られるので、これらから出される  $f_p$  の共通範囲を求めて  $2.327 \leq f_p \leq 2.437$

2 初期位相差0°のBPM132, 138において、メトロノームの針の振動を生み出す撃力が残っているにも関わらず、片方の針、あるいは両方の針が止まるという現象が見られた。止まっている台の固有振動数と初期位相が0°のメトロノームの固有振動数が一致して共振が起こり、台が大きく揺れてしまうことが原因ではないかと考えた。この仮説が正しい場合、台の固有振動数は

$$2.3 \leq f_p \leq 2.4$$

## 今後の課題

まずは台の固有振動数を計測機械を用いてはかり、推定した値との差を検証したい。

考察1に関して、BPM152などの外れ値を考慮せずに考えているのでそれらの場合についての原因を考察する必要がある。

また今回実験は一次元的な配置について行ったので、最終目標である二次元での配置における同期現象の解析に向けて、円で振動するときの台とメトロノームの固有振動数の条件も計測していきたい。

## 参考文献

- ・佐藤勇一・中野健・長嶺拓夫・布施誠, 振動系の同期現象, 日本機械学会論文集(C編)66巻642号
- ・近藤孝広・益子原康博・森博輝・石川諭, 振り子型振動子群の自己同期現象, 日本機械学会論文集(C編)68巻676号
- ・伊達章, メトロノームの同期現象+
- ・茨城県立土浦第一高校物理実験部, 二次元方向でのメトロノームの同期, 河合塾(みらいぶっくグループ)

