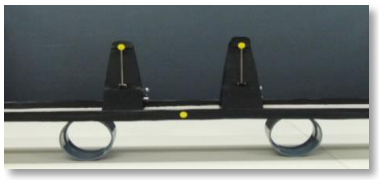
# メトロノームの同期現象

兵庫県立神戸高等学校総合理学科二年

先行研究より，メトロノームが同期するということは，揺れている複数のメトロノームの針の座標の変化が等しい,という事が判明している．我々は今回の実験で台の上に置かれた複数のメトロノームを揺らしている様子を撮影した．撮影した映像を 1 フレームずつ画像解析して，台の上で揺らしたメトロノームが同期するまでのメトロノームの針の座標の変化を追った．



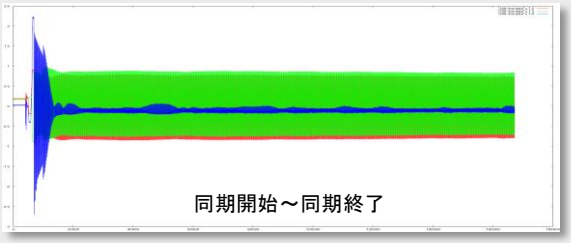
実験環境

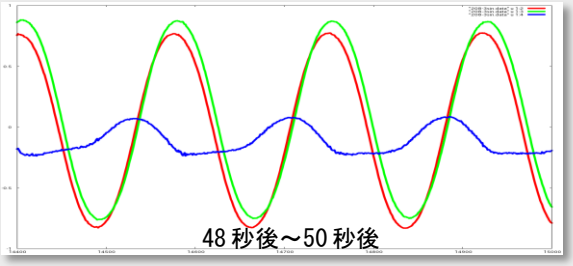
**蔵本モデル（シミュレーション）**

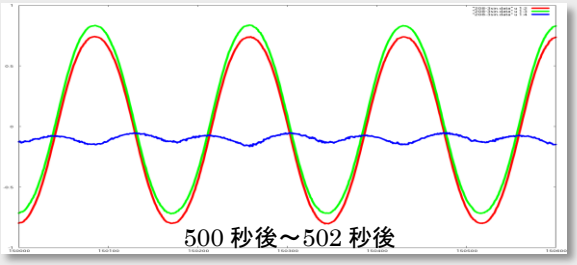
$$\frac{d\theta_1}{dt} = \omega_1 - k \cdot \sin(\theta_1 - \theta_2), \qquad \frac{d\theta_2}{dt} = \omega_2 - k \cdot \sin(\theta_2 - \theta_1)$$

## メトロノームの針の位相と位相差

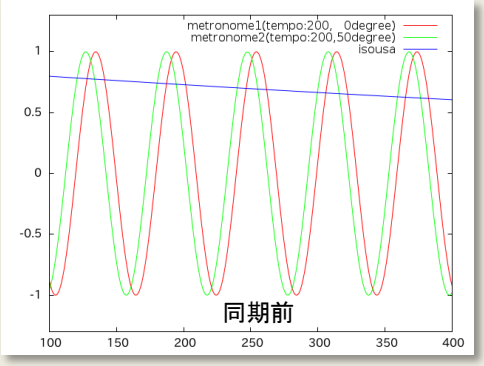
### プログラムによる実験動画の解析結果

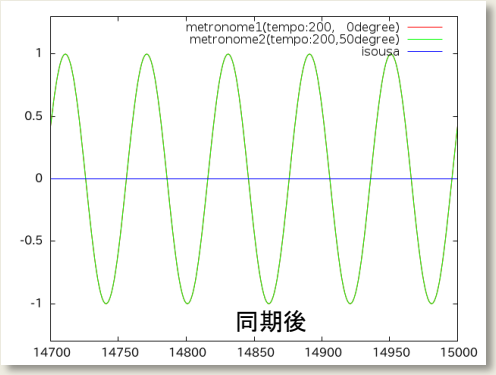



### 蔵本モデルによるシミュレーション結果



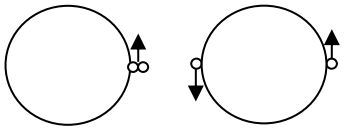

これらのグラフでは，横軸に経過フレーム数(時間)，

縦軸に位相をとった．

赤と緑の線は２つのメトロノームの針の位相，青い線はその位相差を表している．実験開始後，十分な時間が経過すると我々の目には完全に同期したように見えるが，実験をコンピューターを用いて解析した結果，シミュレーション結果とは違い，位相差は収束せず，振動していることが分かった．

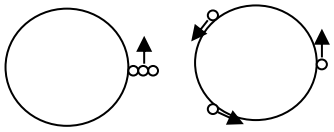
## 同期の種類（仮説）

### 1．n=2 のとき



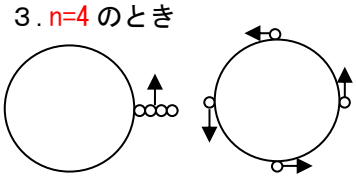
位相差０　　位相差 $\pi$

### 2．n=3 のとき

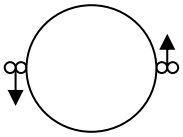


位相差０　　位相差 $\frac{\pi}{3}$

### 3．n=4 のとき



位相差０　　位相差 $\frac{\pi}{2}$



位相差 $\pi$

同期のパターン数は，メトロノームの個数の約数個存在すると予測できる．

## 今後の展望

蔵本モデルを用いて，メトロノームが 3 つの場合の同期現象のシミュレーションプログラムを作成している．初期位相の違いによって，各メトロノームの位相差の誤差の収束値が複数得られた．すなわち，同期の仕方が複数存在することを示唆している．3 つ以上のメトロノームの同期に対して，現段階では，各メトロノームの位相差の誤差の収束値の個数は，メトロノームの個体数の約数の個数と一致するのではないかと考えている．これらの推測が実際のメトロノームの同期において，確認できるか実験を行っていくことが今後の課題である．