

# 振動から回転運動への変換機構に関する研究

## Study on a Motion Transformation from Oscillation to Rotation

プロジェクト代表者: 佐藤 勇一 (理工学研究科・教授)

Yuichi Sato (Professor, Graduate School of Science and Engineering)

### 1 はじめに

セルト石の代表的な形状は、楕円体を長手方向に切断したものである。曲面の対称軸が、物体の慣性主軸とわずかにずれている。そのため、曲面側が下となるように置き振動を与えると、一方向に回転する。ここでは、セルト石と同様な運動特性を有するものを振動回転子と呼ぶ。また、振動回転子の基本的な運動特性は検討している。本研究では、振動回転子に振動を与えたときの運動特性を実験的・理論的に調べ、振動を回転運動に変換することの可能性について検討している。

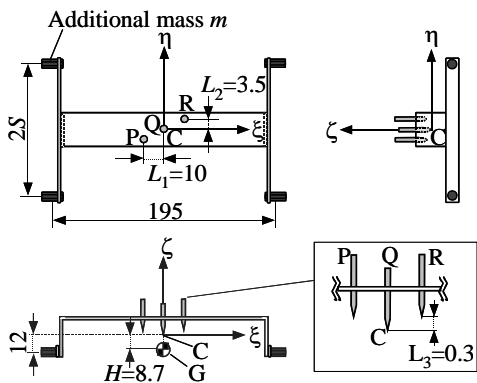


Fig.1 Schematic of an oscillatory rotor

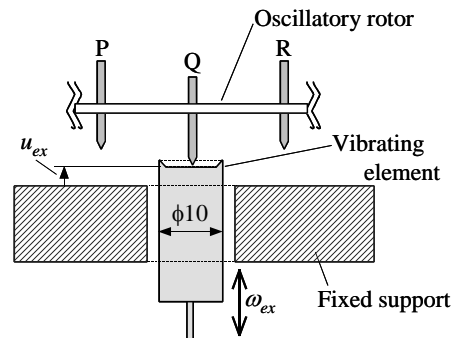


Fig.2 Enlarged schematic view of three legs of an oscillatory rotor and the tip of a vibrator ( $u_{ex} = A_{ex} \sin \omega_{ex} t$ )

### 2 実験

振動回転子の概略図を図1に示す。振動回転子には、先端のとがった3本の脚P, Q, Rが等間隔に取り付けられている。中央の脚Qは両端の脚P, Rよりも0.3 mmだけ長い。脚Qの先端Cから重心Gまでの距離は、 $H=8.7$  mmである。振動回転子の総質量 $M=32.7$  gで、図に示すように質量 $m=4.7$  gの集中質量4個が取り付けられている。慣性モーメントを変化させるため、集中質量間の距離 $2S$ を10~80 mmまで変えた。図1に示すように中央の脚Qの先端Cを振動回転子に固定した座標 $\xi\eta\zeta$ の原点とする。点Cより $H$ だけ離れた重心Gを通り $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$ 軸に平行な軸まわりの慣性モーメントを $I_{\xi G}$ ,  $I_{\eta G}$ ,  $I_{\zeta G}$ とする。 $S$ が減少すると $I_{\xi G}$ と $I_{\zeta G}$ まわりの慣性モーメントは減少する。

図2に示すように、中央の脚Qの先端が接触する床面のみを加振機により変位加振した。脚P, Rの先端は固定した台上で接地する。軸脚と加振機先端の運動の測定には、高速度カメラを用いた。変位加振された振動回転子の各脚の先端は、台や加振機先端と接したり離れたりを繰り返す。加振変位および振動数が適切であれば、振動回転子は規則的な運動をし、ほぼ一樣な回転角速度 $\Omega$ で回転する。一定の振動を与え続けると、約40秒で、回転角速度 $\Omega$ がほぼ一定となる。

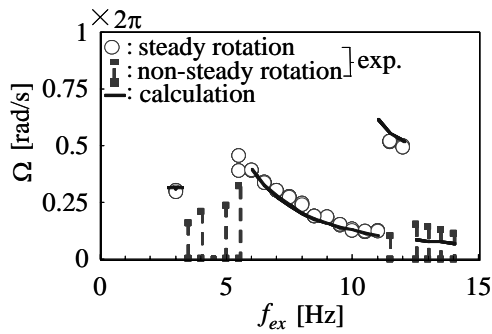


Fig.3 Effect of exciting frequency  $f_{ex}$  on rotational angular speed  $\Omega$  ( $S = 40$  mm,  $A_{ex} = 0.5$  mm)

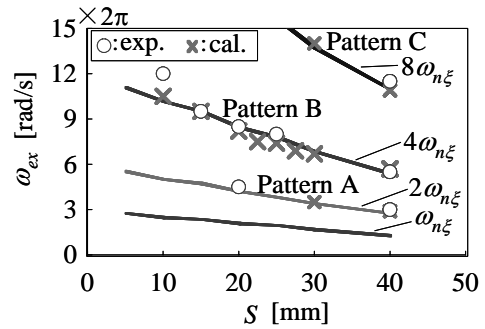


Fig.4 Relation between Patterns of motion and  $\omega_{n\xi}$  ( $A_{ex} = 0.5$  mm)

### 3 結果および考察

振動回転子の回転角速度 $\Omega$ に及ぼす加振振動数 $f_{ex}$ の影響を図3に示す. 図中の○印は定常回転したことを示しており, 縦の点線で示した実験結果は,  $\xi, \eta$ 軸まわりの振動が大きくなり, 回転が止まりそうになったり, 速くなったりして定常回転しなかったことを示す.  $f_{ex} = 5.5$  Hzでは, 定常回転(○印)するときと, 定常回転しない(点線)ときがあった. 図には, 時刻歴応答の計算により, 定常回転する結果の得られた $\Omega$ も示されている. 実験結果とは, かなりよい一致を示している. ただし, 実験では, 定常回転しなかった $f_{ex} = 12.5 \sim 14$  Hzの範囲でも, 計算では定常回転する結果が得られた.

図3の定常回転する三つの範囲で, それぞれ最も速く回転する $f_{ex} = 3, 6, 11.5$  Hzにおける振動回転子の挙動と加振機先端の変位から, 加振機先端の運動が一周期の間に振動回転子の運動も一周期である運動をパターンAと呼ぶことにする. また, 振動回転子が一周期運動する間に, 軸脚はP→Q→R→Q→Pと順番に切り替わり運動一周期の間に加振機先端は2回振動する. この運動をパターンBと呼ぶ. 最も定常回転する加振振動数 $f_{ex}$ の範囲が広いときの運動パターンである. さらに, 軸脚がP→Q→R→Q→Pと順番に切り替わり, その間に, 加振機先端は4回振動する運動をパターンCと呼ぶ. 図3の11.5 ~ 12 Hzでは全て, パターンCである.  $f_{ex} = 6 \sim 11$  HzではパターンBの運動をするが, 図3に示すように, 加振振動数が低い方が速く回る. 例えば,  $f_{ex} = 6$  Hzのときの方が11 Hzのときより回転角速度 $\Omega$ は約3倍速い.

$S$ を変えると,  $\omega_{n\xi}$ も変化する. 図4はそれぞれのパターンで最も速く定常回転するときの加振角振動数 $\omega_{ex}$ をプロットしたものである. 実線は各 $S$ の値に対する $\omega_{n\xi}$ およびその2, 4, 8倍の値を示す.  $S$ が変化しても,  $\omega_{n\xi}$ の2, 4, 8倍の角振動数付近でパターンA, B, Cが現れていることが分かる. このことから, 振動回転子の運動は, 慣性モーメントが最小の軸まわりの固有角振動数 $\omega_{n\xi}$ と関係していることが分かる.

### 4 まとめ

振動回転子を上下に変位加振したときの挙動を実験的, 理論的に考察し, 加振振動数が適切な範囲にあれば, 振動回転子が定常回転することを明らかにした. その適切な加振振動数とは, 振動回転子の慣性モーメントが最小の $\xi$ 軸まわりに中央の脚のみで立って微小振動したときの固有角振動数 $\omega_{n\xi}$ の2, 4, 8倍の振動数付近である. そのとき振動回転子の運動の周期は加振周期のそれぞれ, 1, 2, 4倍である. 振動回転子の運動は,  $\xi$ 軸まわりの振動が変位加振によりパラメータ励振によって現れ, その振動エネルギーが, 振動回転子の特性により,  $\xi$ 軸まわりの回転運動に変換されると考えられる. 特に, パターンBの運動が現れる加振振動数範囲は広い.