

26 板バネを用いた二慣性ねじり振動系の製作とその回転制御

機械創造工学課程 13305189 高山誠 小林研究室 指導教員 小林泰秀 准教授

研究背景

汎用サーボモータは、産業用機械の駆動装置として広く用いられている。

オートチューニング・チューニングレス

PIDなどの制御則を用いて、ゲインを自動調整。

PID補償器は、構造が単純である。

【問題点】

制御対象が**高慣性比・低剛性**の場合、ゲインの調整が困難である。

【本研究の目標】

制御対象が高慣性比・低剛性の場合においてモータの回転制御を行い、**性能の向上**を図る。

【中間発表までの目標】

高慣性比・低剛性の状態の制御対象として、板バネと慣性負荷を用いた**実験装置を製作**する。

二慣性ねじり振動系

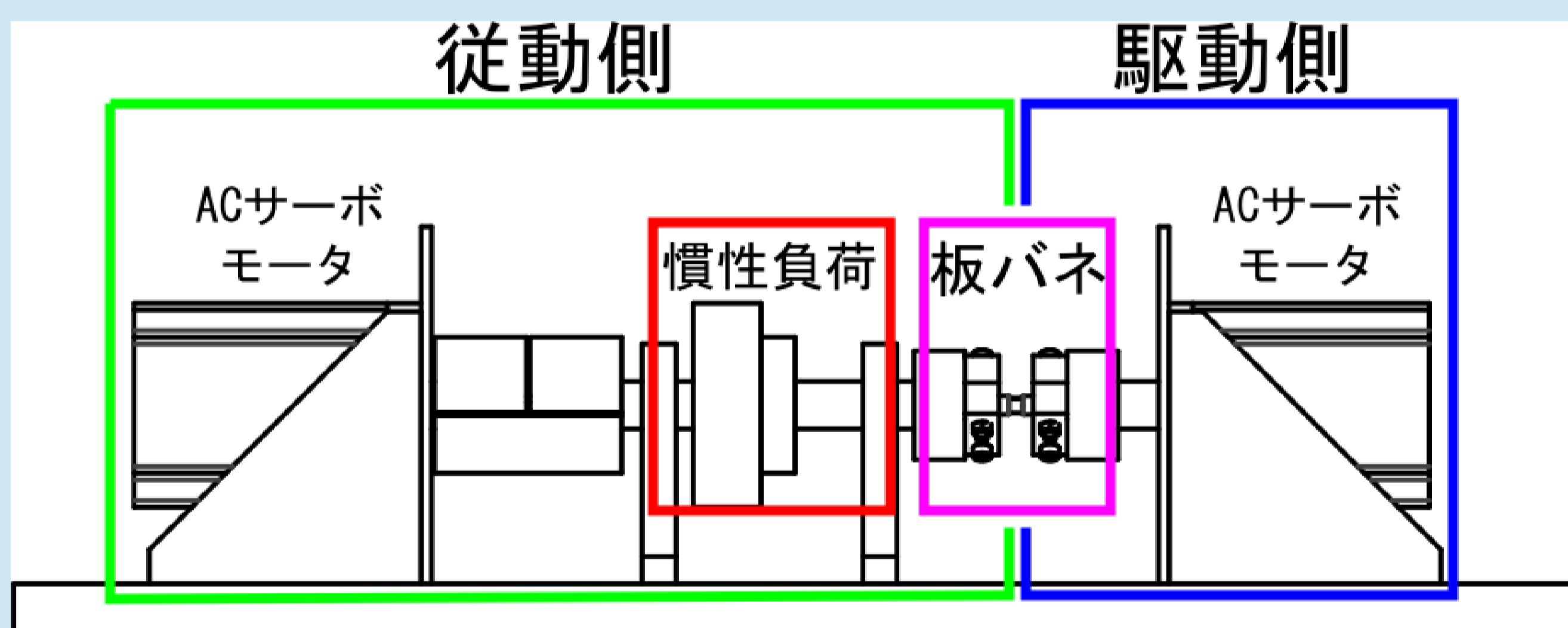


Fig.1 二慣性ねじり振動系

駆動側と従動側の**慣性能率の比**が高く両側をつなぐ板バネの**剛性**が低くなるように設定する。

従動側の慣性能率 J_1 2.6×10^{-4} [kg·m²] **10倍** 駆動側の慣性能率 J_2 2.2×10^{-5} [kg·m²]

系全体の慣性能率

$$J = \frac{J_1 \cdot J_2}{J_1 + J_2} = 2.0 \times 10^{-5} \text{ [kg} \cdot \text{m}^2]$$

低剛性である場合に一般に共振周波数は低くなる。系の共振周波数を**20~30 [Hz]**に設定した。

これまでの実験装置

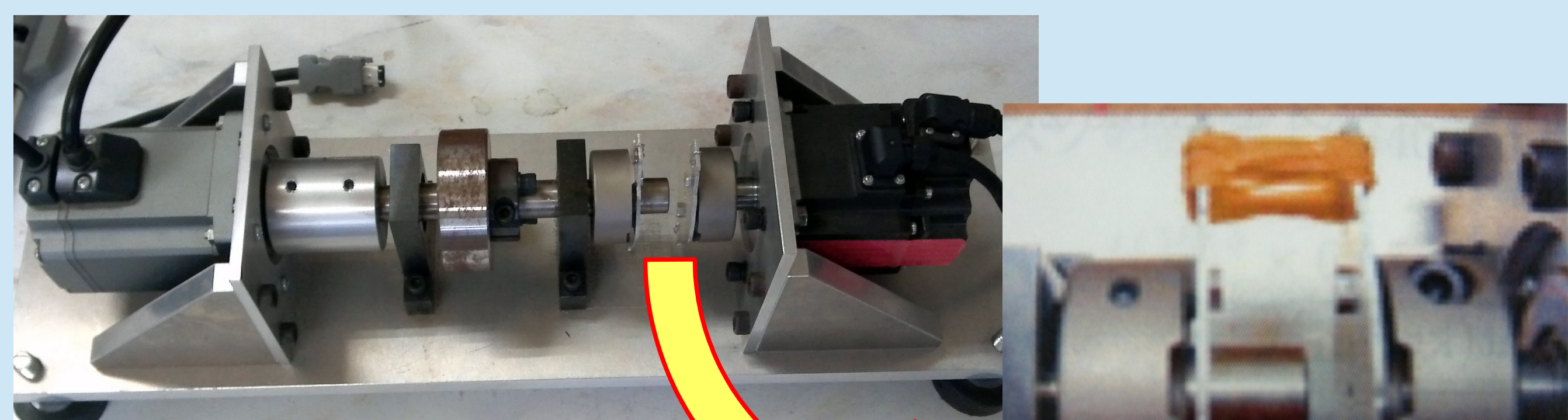


Fig.2 これまでの実験装置

輪ゴムを使用。

再現性が無い。

Fig.3 輪ゴム使用部分

板バネの選定

板バネのねじりバネ定数 K は共振周波数 f が20 Hzのとき

$$K_{20} = (2\pi f)^2 \cdot J = (2\pi \times 20)^2 \cdot 2.03 \times 10^{-5} = 0.32 \text{ [N} \cdot \text{m / rad]}$$

共振周波数 f が30 Hzのとき、同様にして $K_{30} = 0.72 \text{ [N} \cdot \text{m / rad]}$

板のねじれ角を求める公式

$$\theta = \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{ab^3} \cdot \frac{T}{G} \cdot l \text{ [rad]}$$

(ただし、 k は a/b で決まる係数、 a は板バネの幅[mm]、 b は板バネの厚さ[mm]、 l は板バネの長さ[mm]、 T はトルク[N·m]、 G は横弾性係数[GPa]である。)

$$\text{変形して、} K = \frac{T}{\theta} = \frac{k \cdot ab^3 \cdot G}{l} \text{ [N} \cdot \text{m / rad]}$$

ステンレスばね鋼 ($G=69$ [GPa]) の板バネ ($a=10$ [mm]、 $b=0.30$ [mm]、 $l=10$ [mm]、 $k=0.32$) を用いると

$$K = 0.59 \text{ [N} \cdot \text{m / rad]}, f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{J}} = 27 \text{ [Hz]} \quad \text{条件を満たす。}$$

板バネ保持部の設計・製作

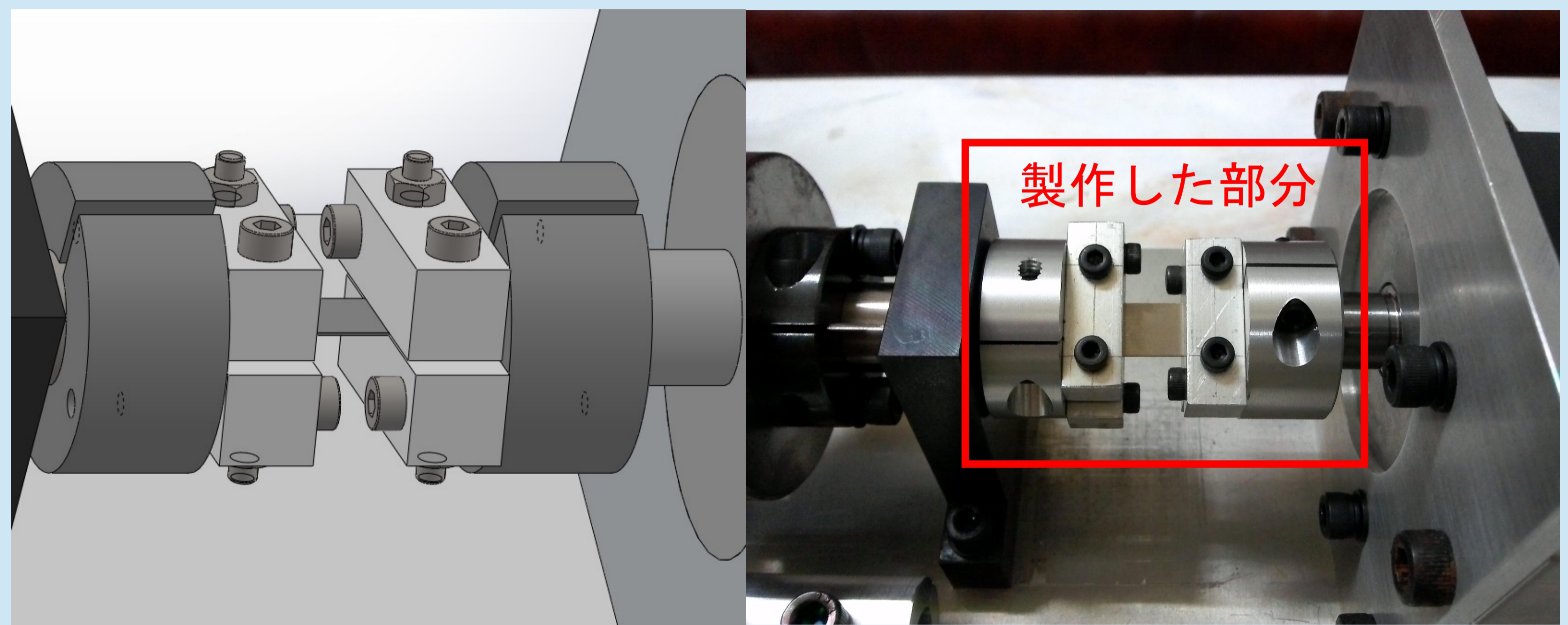


Fig.4 SolidWorksによる設計

Fig.5 製作した板バネ保持部

設計の評価

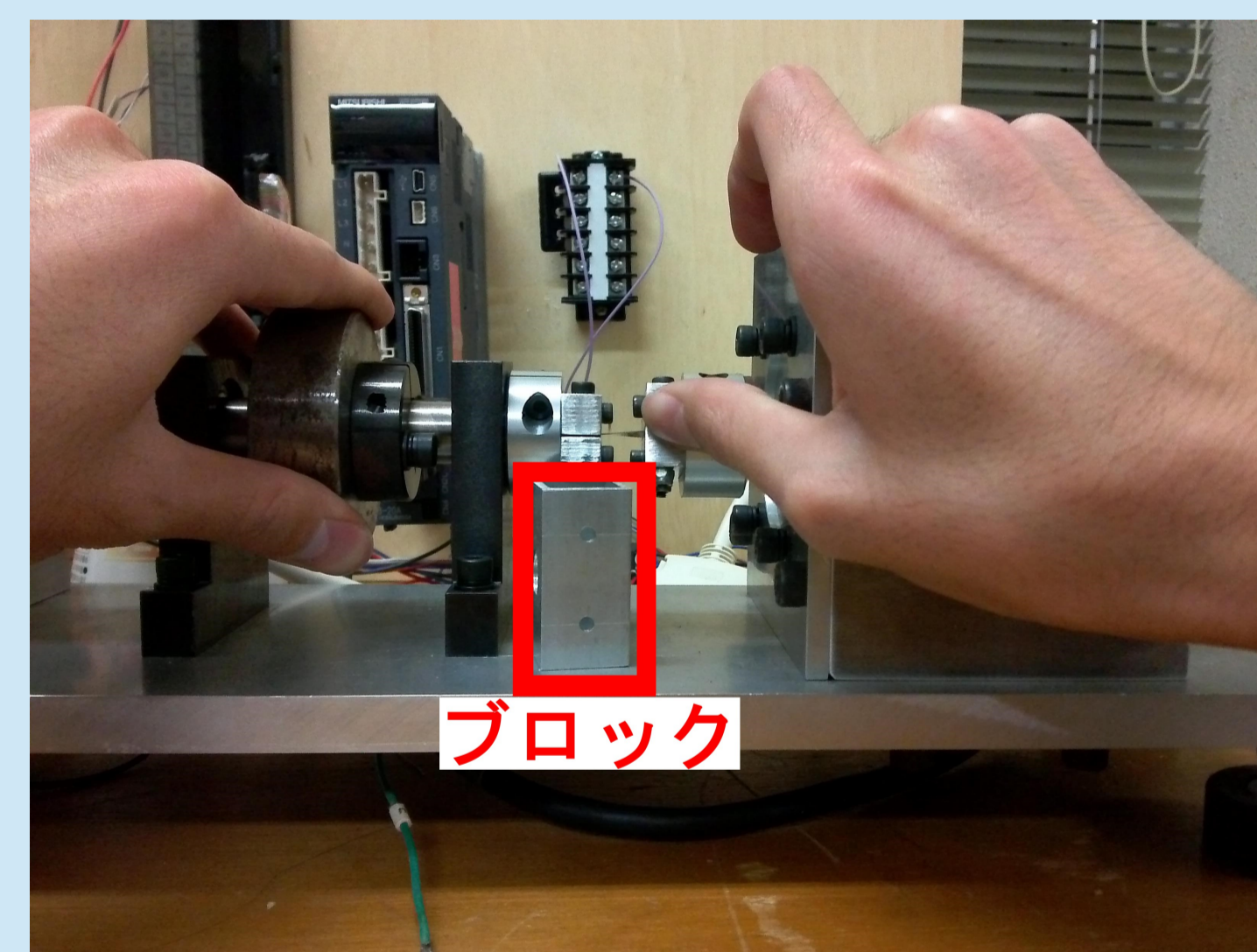


Fig.6 実験の様子

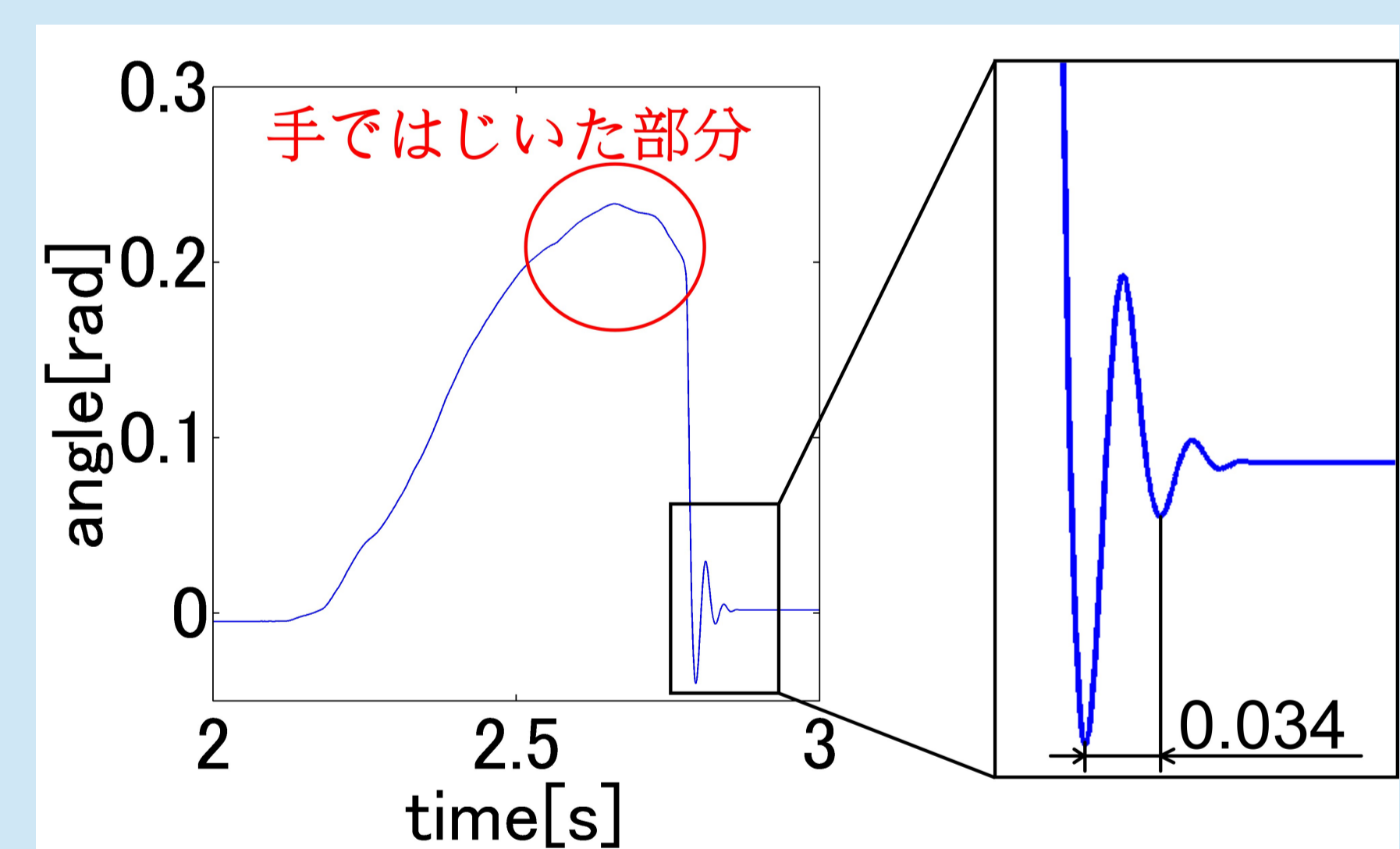


Fig.7 時間応答

J_2 と J が近い値のため、駆動側を指ではじいて実験を行った。

$$f = \frac{1}{0.034} = 29 \text{ [Hz]}$$

板バネはねじられたときに縮もうとするが、保持部によって長さを固定されているため、縮むことができない。このことが減衰の速さと共振周波数のずれに作用していると考えている。

まとめ

高慣性比・低剛性の実験装置を製作できた。

今後の予定

物理モデルと実験による周波数応答の比較。