

# Energy Harvesting in Rotating Body

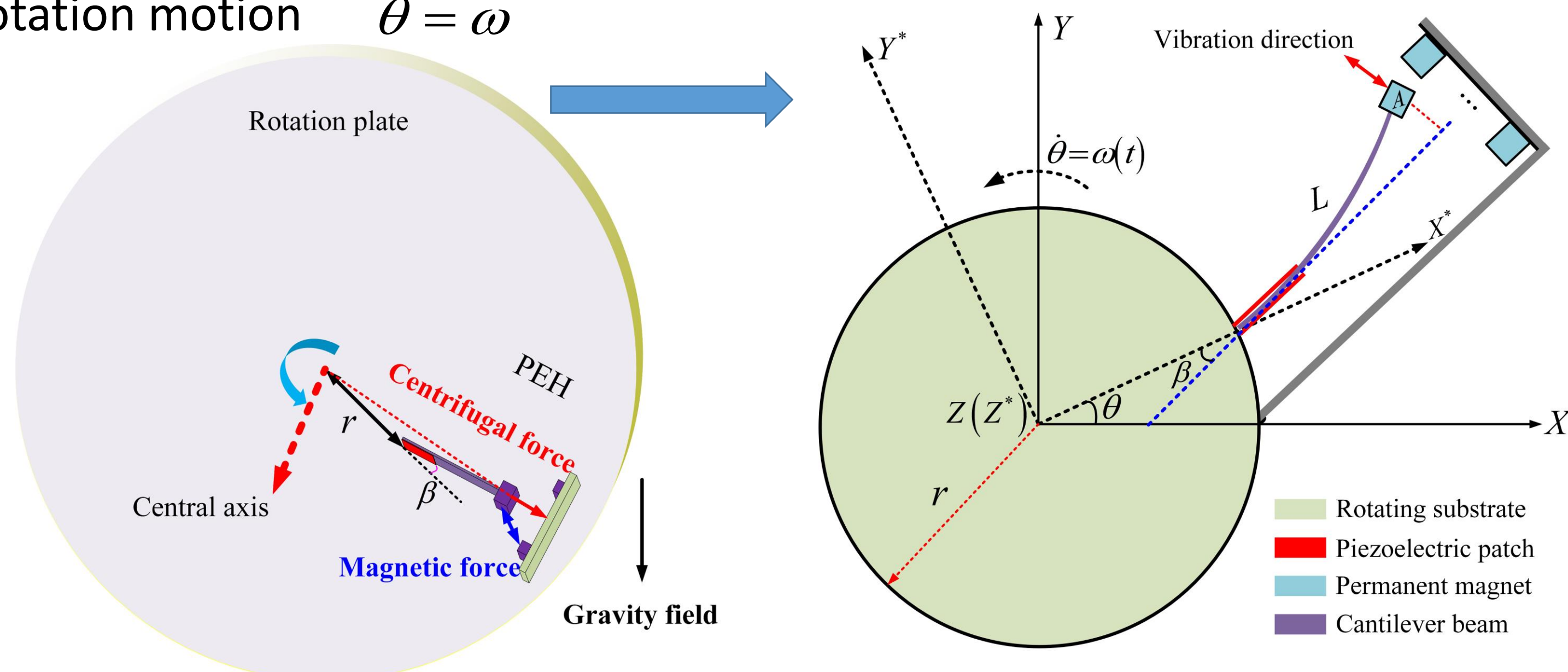
Partner: Northwestern Polytechnical University

## はじめに Introduction

- ❖ 環境に存在する微小なエネルギーから発電を行うことをエナジーハーベスティングと呼ぶ。
- ❖ ここでは、回転運動中に発生する振動エネルギーを、圧電素子を用いて電気エネルギーに変換する研究を行っている。タイヤにセンサを埋め込むことなどが考えられているが、回転している環境下では、外部からエネルギーを供給することが困難である。この技術を用いれば、タイヤ内でセンサと無線送信機に必要な電力を得ることができる。
- ❖ 多安定系の非線形振動を用いて振動を増幅して、エナジーハーベスティングの性能を上げることを提案する。

## システム設計とモデリング System design and modeling

Rotation motion  $\dot{\theta} = \omega$



### Notes:

- XYZ is the reference frame
- X\*Y\*Z\* is the rotational coordinate system.
- $\beta$  is the installation angle
- $\theta$  is rotation angular displacement
- $\dot{\theta}$  is rotation angular velocity
- $\ddot{\theta}$  is rotation angular acceleration
- $q(t)$  is the displacement of the tip mass A
- $r$  is the radius of rotating hub
- $d, h_1$  and  $h_2$  are the parameters of the harvester.

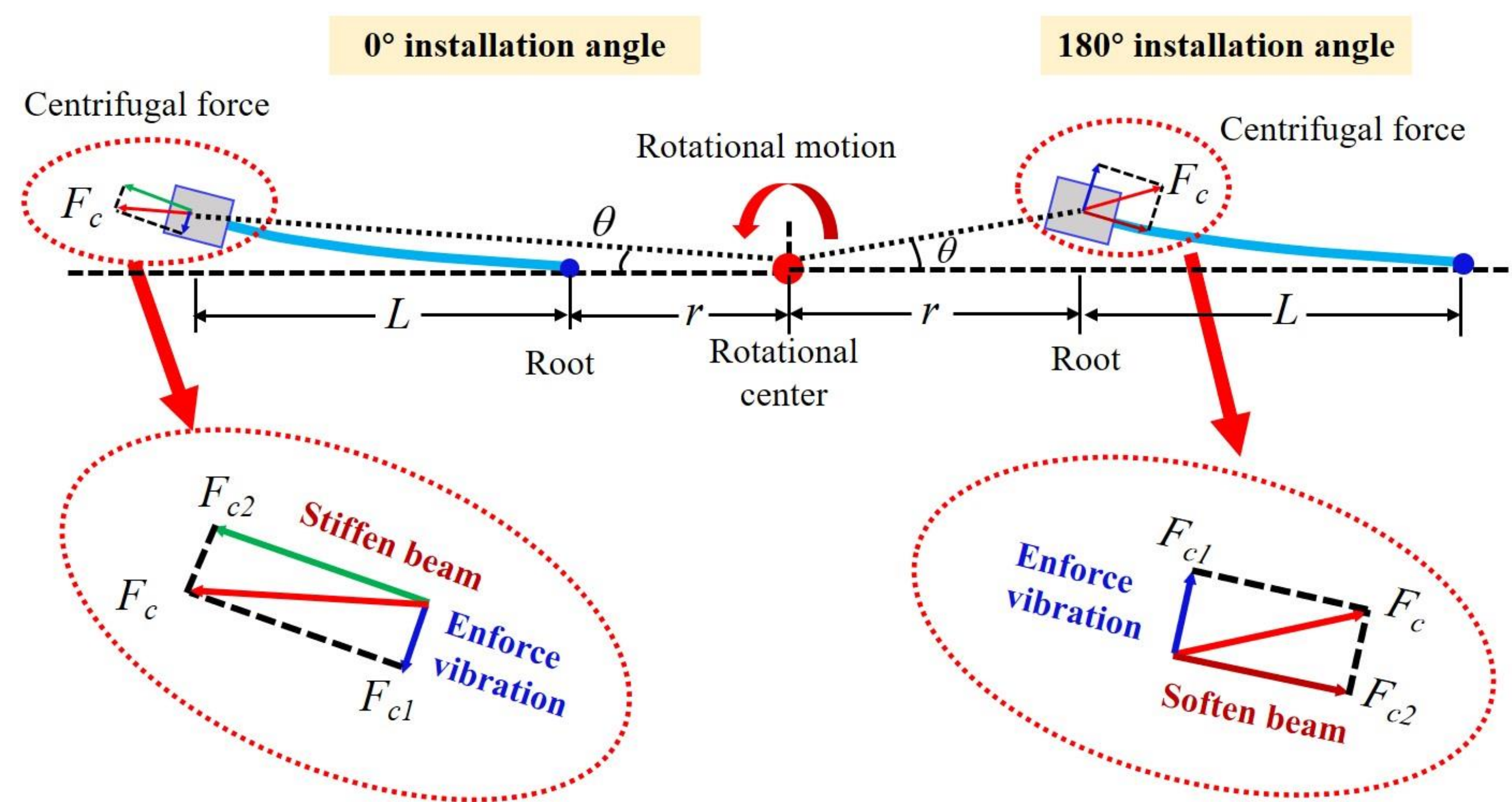
ラグランジュ方程式を使って、提案するエナジーハーベスターの機械電気系の方程式は以下のように導かれる。

$$M_e \ddot{q}(t) + C \dot{q}(t) + (K_e + K_c \dot{\theta}^2) q(t) + \chi \ddot{\theta} - \vartheta_p v(t) + F_m = -\Gamma g \cos(\theta + \beta) + \Psi \dot{\theta}^2 \sin \beta \quad (1)$$

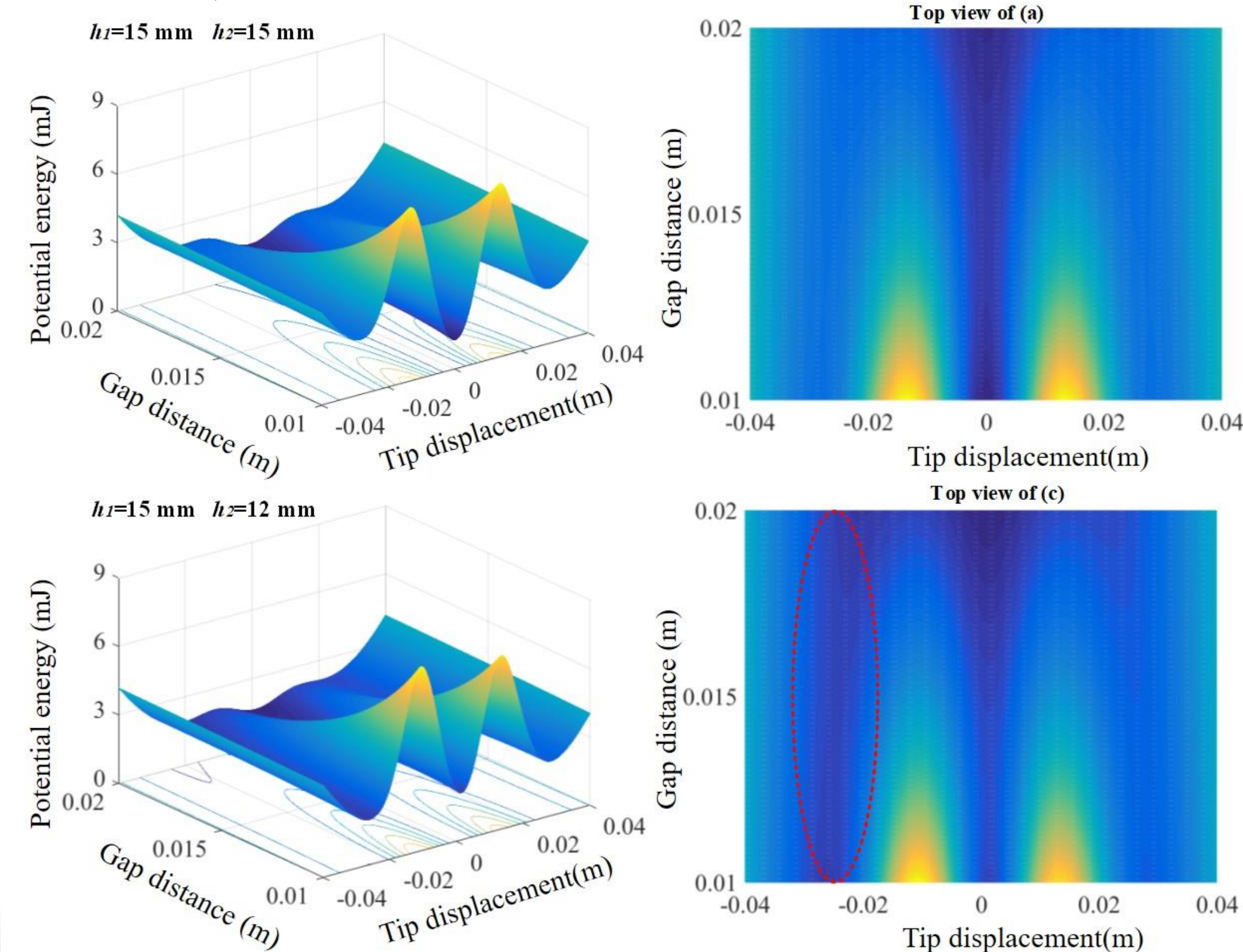
遠心効果
加速度の影響係数
磁界の力
重力項
取り付け角度
相当するインセンティブ

$$c_p \dot{v}(t) + v(t) R_l^{-1} + \vartheta_p \dot{q}(t) = 0 \quad (2)$$

## 遠心効果 Centrifugal effect



## 多安定性 Multi-stability

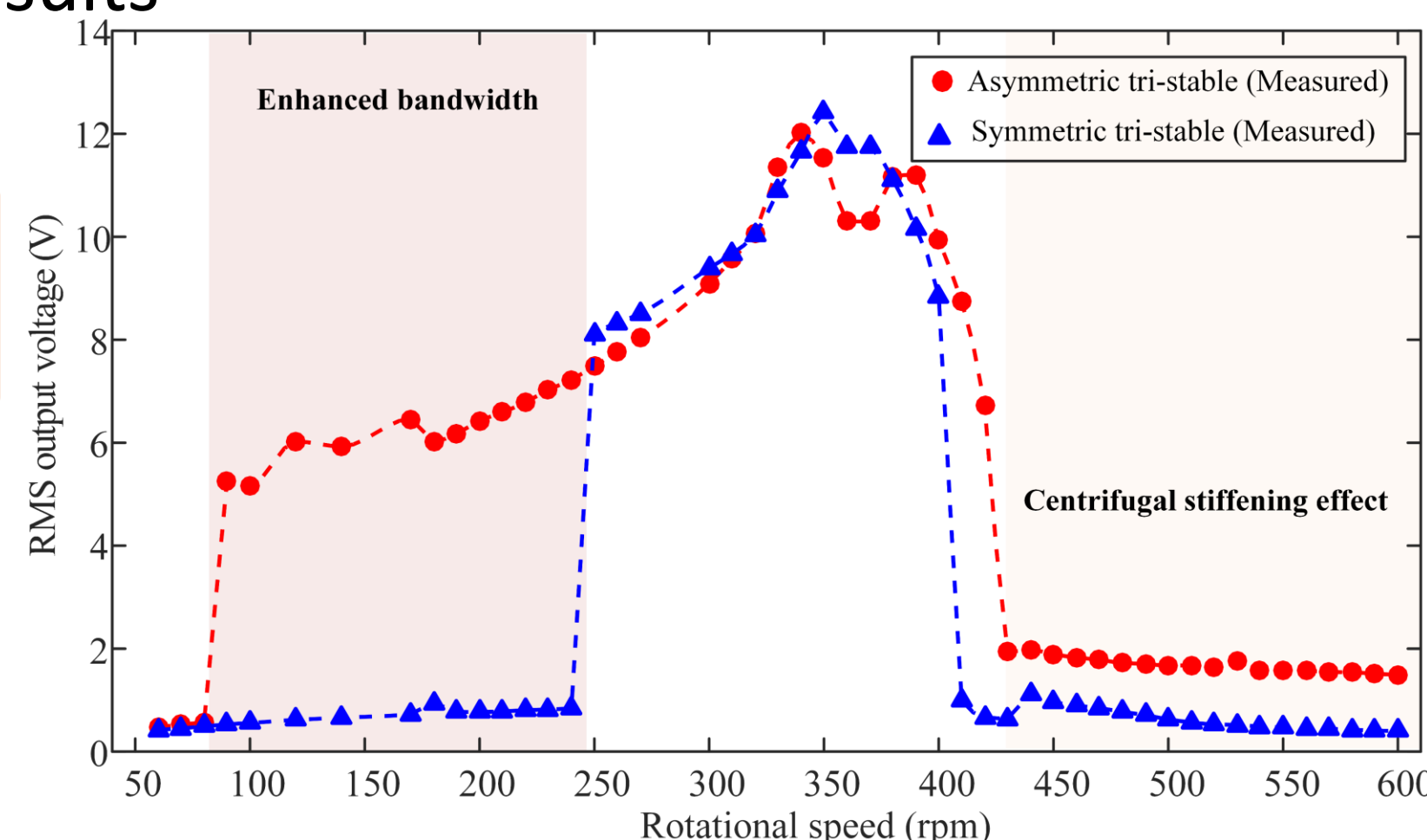
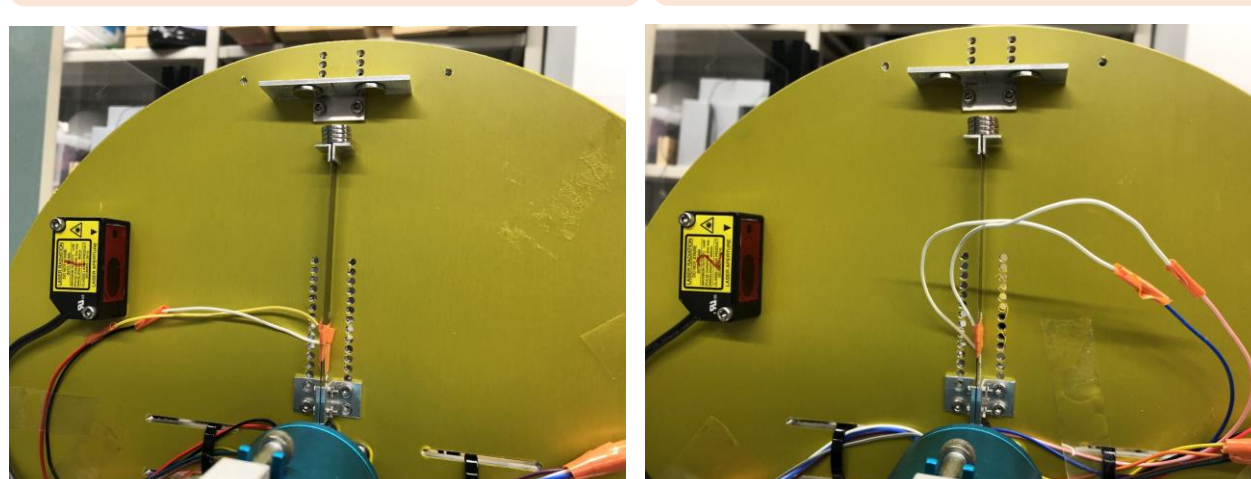


## 実験結果 Experimental results

取り付け角度: 0

**Asymmetric tri-stable**  
 $d = 13 \text{ mm}, h_1 = 15 \text{ mm}, h_2 = 12 \text{ mm}$

**Symmetric tri-stable**  
 $d = 13 \text{ mm}, h_1 = 15 \text{ mm}, h_2 = 15 \text{ mm}$



## 結論 Conclusions

1. 回転運動の多重安定性は、時変ポテンシャル井戸につながる可能性があり、エネルギー生成に利益をもたらす。
2. 遠心効果は設置角度に大きく依存する。設置角度が0度の場合、遠心力により遠心硬化効果が得られ、セルフチューニング環境発電に使用できる。
3. 遠心効果と多安定性の組み合わせにより、PEHの複雑な動的性能が得られる。

[1] Mei X, Zhou S, Yang Z, Kaizuka T and Nakano K (2020) A tri-stable energy harvester in rotational motion: Modeling, theoretical analyses and experiments. *Journal of Sound and Vibration*, 469, 115142