

# 回転体におけるエネルギー・ハーベスティング

## Energy Harvesting in Rotating Tires

Partner: Northwestern Polytechnical University

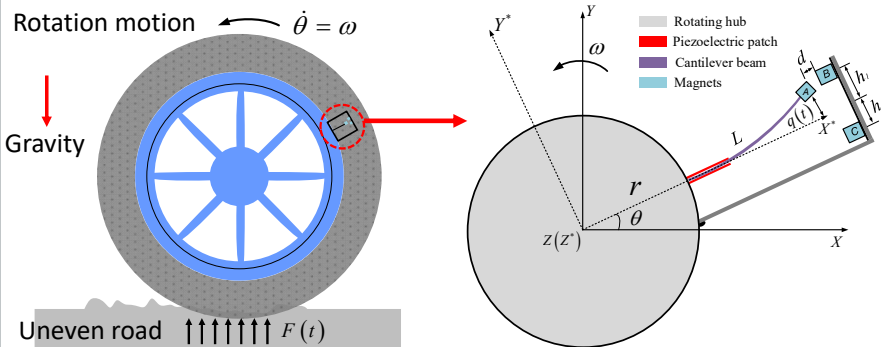
### はじめに Introduction

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ネルギ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、エネルギーハーベスティングの性能を上げることを提案している。

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



#### Notes:

- XYZ is the reference frame
- X\*Y\*Z\* is the rotational coordinate system.
- $\theta$  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
- $F(t)$  is external excitation
- $r$  is the radius of rotating hub
- $d, h_1$  and  $h_2$  are the parameters of the harvester.

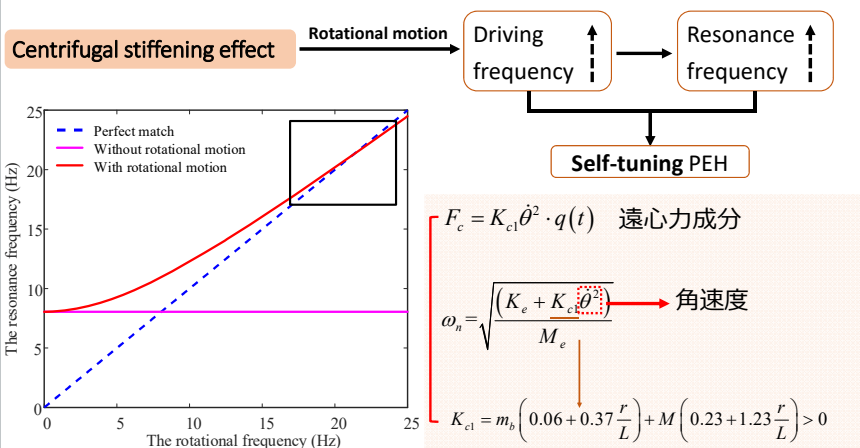
ラグランジュ方程式を使って、提案するエネルギーハーベスターの機械電気系の方程式は以下のように導かれる。

$$M_e \ddot{q}(t) + C \dot{q}(t) + (K_e + K_c \dot{\theta}^2) q(t) + \chi \ddot{\theta} - \mathcal{G}_p v(t) + F_m = [-\Gamma g + F(t)] \cos \theta \quad (1)$$

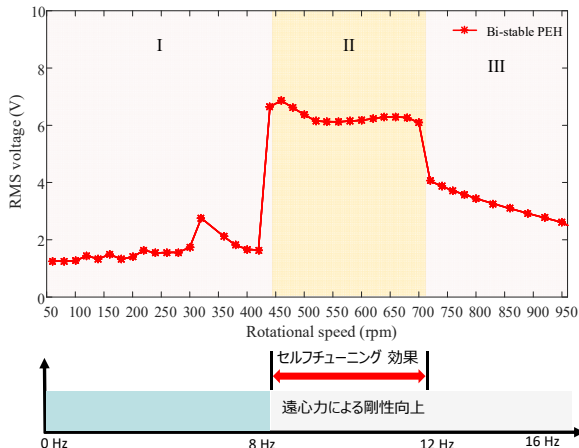
$K_c \dot{\theta}^2$  (遠心力による等価的な剛性)       $\chi \ddot{\theta}$  (加速度の影響係数)       $F_m$  (磁界の力)       $[-\Gamma g + F(t)] \cos \theta$  (重力項 + 外力)

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

### 自己調整効果の原理 Principle of self-tuning effect



### 実験結果 Experimental results



### 結論 Conclusions

- 先端的質量に作用する遠心力によって、セルフチューニング圧電エネルギーハーベスタを実現することができる。
- 遠心力による剛性向上効果によるセルフチューニング効果は、回転運動でのエネルギーハーベスティング性能を広げる効果的な方法。

[1] Mei X, Zhou S, Yang Z, Kaizuka T and Nakano K (2019) The benefits of an asymmetric tri-stable energy harvester in low-frequency rotational motion. *Appl. Phys. Express* **12** 057002.

[2] 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

[3] Mei X, Zhou S, Yang Z, Kaizuka T and Nakano K (2020) A passively self-tuning nonlinear energy harvester in rotational motion: theoretical and experimental investigation. *Smart Materials and Structures*, 29(4), 045033.