

Energy Harvesting in Rotating Body

Partner: Northwestern Polytechnical University

はじめに Introduction

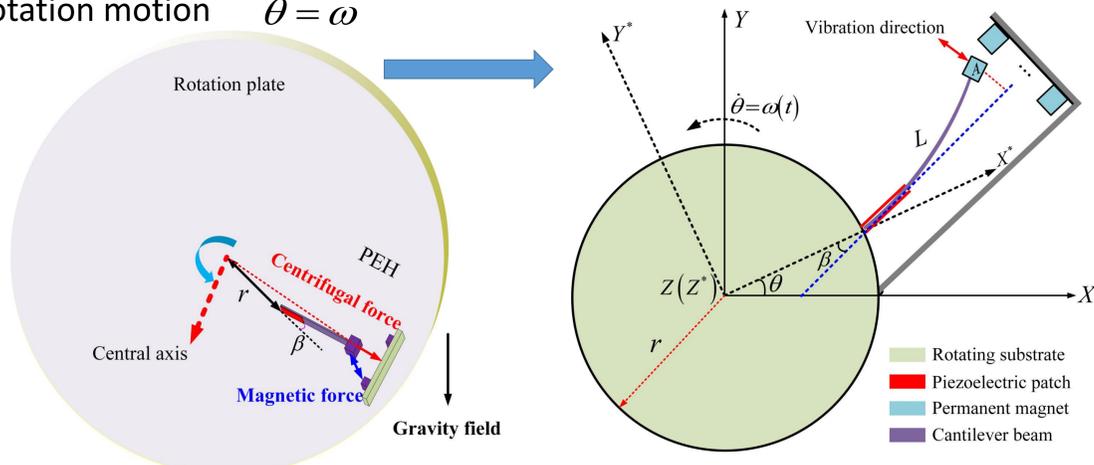
環境に存在する微小なエネルギーから発電を行うことをエナジーハーベスティングと呼ぶ。

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している。

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.
- β is the installation angle
- θ 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.

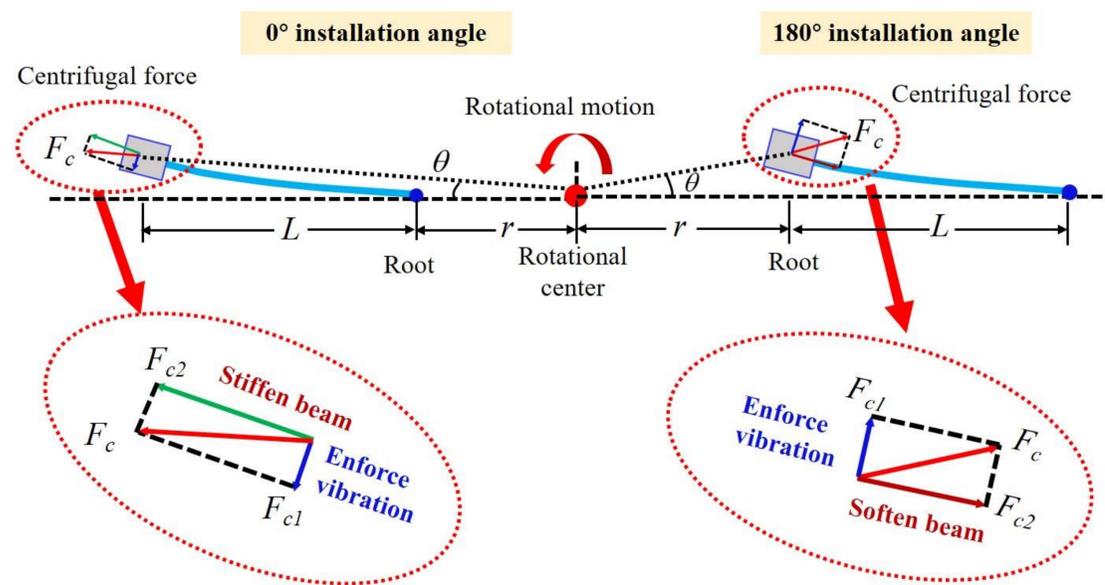
ラグランジュ方程式を使って、提案するエナジーハーベスターの機械電気系の方程式は以下のように導かれる。

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

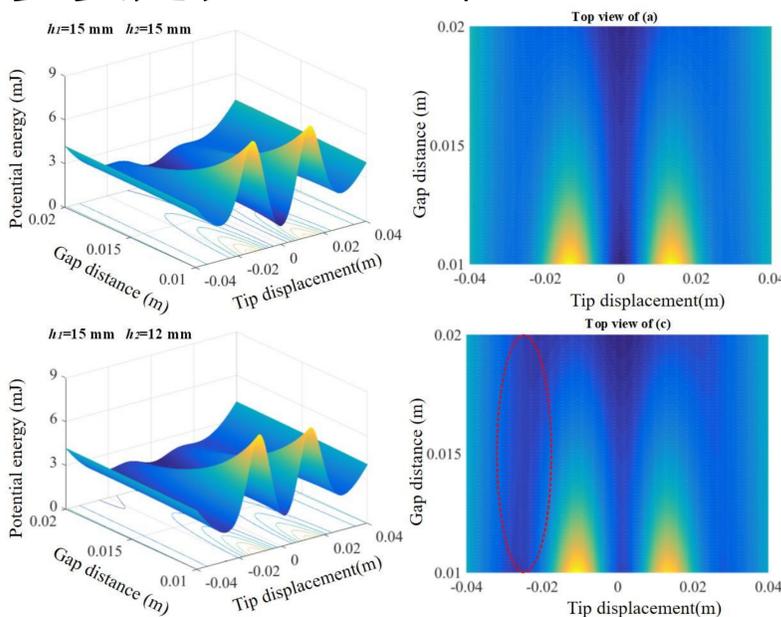
遠心効果 加速度の影響係数 磁界の力 重力項 取り付け角度

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

遠心効果 Centrifugal effect



多安定性 Multi-stability

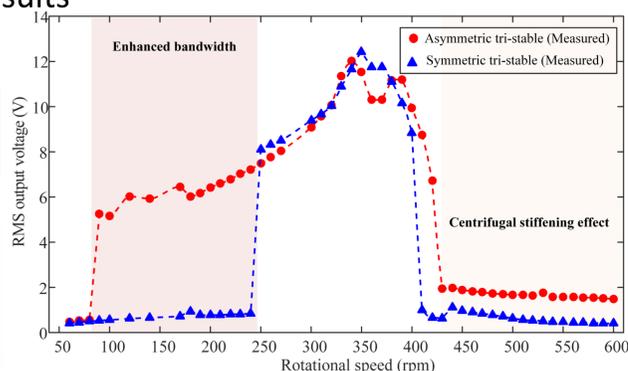
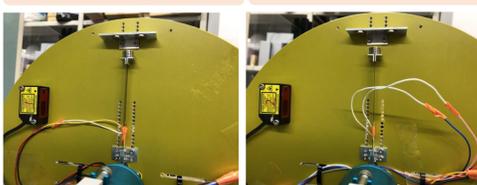


実験結果 Experimental results

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

- 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。
- 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。
- 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