

回転しているタイヤでのエネルギー・ハーベスティング

Energy Harvesting in Rotating Tires



English Version

Partner: Northwestern Polytechnical University

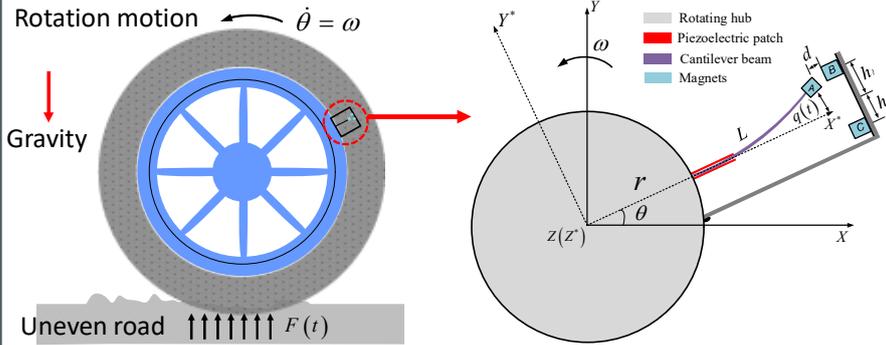
はじめに Introduction

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.
 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
 $F(t)$ 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。

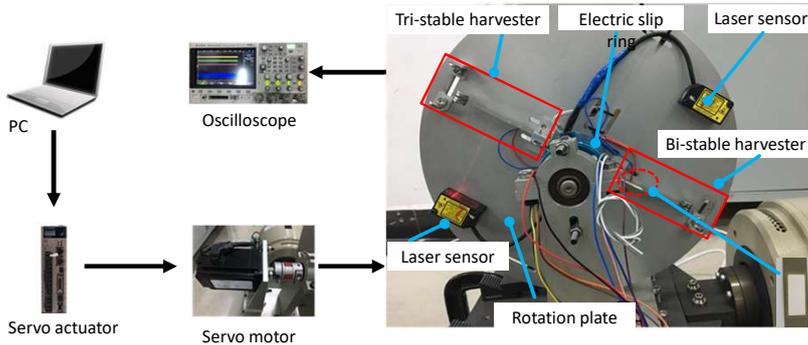
$$M_e \ddot{q}(t) + C \dot{q}(t) + (K_e + K_c \theta^2) q(t) + \chi \ddot{\theta} - \mathcal{G}_p v(t) + F_m = [-\Gamma g + F(t)] \cos \theta \quad (1)$$

遠心力による等価的な剛性 加速度の影響係数 磁界の力 重力項 外力

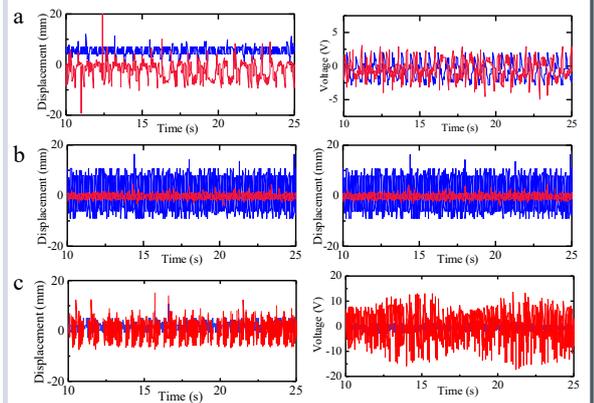
$$c_p \dot{v}(t) + v(t) R_l^{-1} + \mathcal{G}_p \dot{q}(t) = 0 \quad (2)$$

実験装置 Experimental setup

- ・サーボモータ: モータドライバを介して回転運動を発生させる
- ・加振器: 外部振動を発生させる
- ・レーザーセンサ: エネルギーハーベスタの変位を測定する
- ・スリップリング: 回転体に外部から電力と信号を伝送する



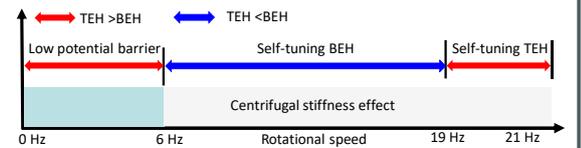
実験結果 Experimental results



— Tri-stable energy harvester (TEH) — Bi-stable energy harvester (BEH)
 Notes: a---100 rpm (1.7 Hz); b---520 rpm (8.7 Hz); c---1260 rpm (21 Hz);

結論 Conclusions

- 低周波回転においては、ポテンシャルの壁が低い3重安定系(TEH)の方が双安定系(BEH)よりも性能が良い。
- 一定の高周波回転になると、遠心力により等価剛性が増加し、一定の領域で自己調整機能が作用する。



[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 2019 A quad-stable piezoelectric energy harvester for enhancing energy harvesting from rotational motion: theoretical model and experiments, *2nd CMMM*, 29-31 March, Suzhou, China.

[3] Mei X, Zhou S, Kaizuka T and Nakano K 2019 Theoretical and Experimental Investigation of a Multi-stable Energy Harvester for Rotation Motion *18th PowerMEMS*, 4-7 December, Florida, USA

