



# 振動発電素子のエネルギー変換効率モデル

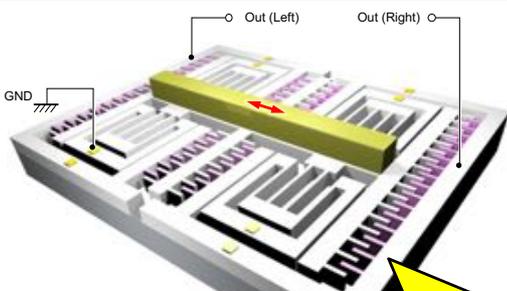
～損失を増やしたのに、出力が増えるのはなぜ？～

本間浩章\*1、遠山幸也\*1、Suna Ju<sup>2</sup>、Chang-Hyeon Ji<sup>2</sup>、藤田博之<sup>3</sup>、年吉 洋\*1  
1 東京大学生産技術研究所、2 韓国・梨花女子大学、3 東京都市大学、\* CREST 年吉チーム

## 1. 振動発電のパラドックス問題

振動発電とは、環境振動（10～100Hz、0.1～1G）から電力（0.1～1mW）を回収する「エネルギーハーベスタ」です。環境振動にパワー密度の高い周波数があるときには、その周波数で振幅を拡大する「共振現象」を使って、効率良く電力を回収できます。また、共振させるためには、振動系の損失を極力抑えて、Q値を高める必要があります。

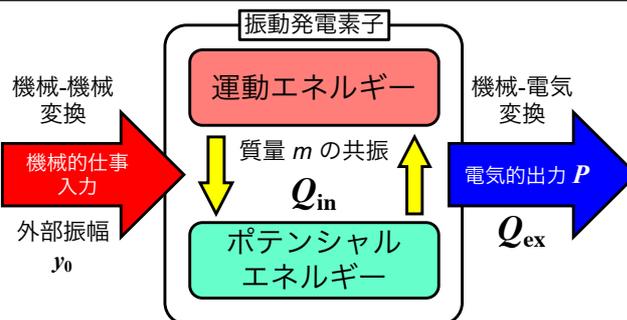
ところが振動子のQ値を高めた結果、予想に反して出力が低下することがあります。振動子は振幅限界まで大きく振動しているのに、なぜなのでしょう？



微小エネCREST年吉Tではエレクトレット型の振動発電素子を研究開発しています。

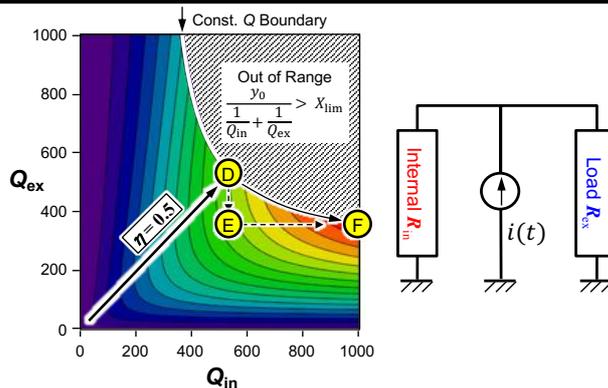
## 2. 電気的出力とは「損失」のこと

逆説的に聞こえるかも知れませんが、振動発電素子の電気的出力は、振動子からみれば損失なのです。このため、不注意に損失を抑えすぎた設計をすると、系全体のQ値が高くなりすぎて、わずかな振動によって振幅が限界まで大きくなります。当然、入力パワーはわずかなので、出力も小さくなります。



## 3. 内部損失と外部損失のバランス

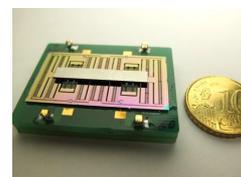
右の図は、振動発電の出力を内部および外部損失由来のQ値でプロットしたものです。両者のQ値が高すぎる領域では、振幅が素子の限界を超えます。一般に、内外の損失が一致したインピーダンス整合条件では最大出力が得られますが（点D）、振幅に制限があるときのベストエフォート（点F）では、内外のインピーダンスは整合しません。



この点を実現するには、真空パッケージなどによって内部損失由来のQ値を高めて、外部損失由来のQ値を低く押さえる必要があります。たとえば、高密度のエレクトレット（永久電荷）を使用した静電誘導電流による発電が効果的です。

## 4. 詳しく知るには

本研究グループでは、シリコン酸化膜中に高密度の電荷を封止したエレクトレットを使って、MEMS型の振動発電素子を研究開発しています。下記の論文に共振型振動発電のパワー変換効率を解説しましたので、ぜひご一読ください。



Hiroshi Toshiyoshi, Suna Ju, Hiroaki Honma, Chang-Hyeon Ji, and Hiroyuki Fujita, "MEMS Vibrational Energy Harvesters," Sci. Techno. Adv. Mater. (to be published in 2019)