

# 静電式振動発電デバイスの設計

## —フリンジ電界における容量変化量の算出

### およびマイクロばねの構造解析—



関西大学 高橋 智一  
 Tel 06-6368-1835  
 E-mail t.taka@kansai-u.ac.jp

#### 研究背景

##### 環境発電

環境中にある余剰エネルギーを利用した発電方式

- 振動発電
  - 静電容量式 (横振動)
  - 圧電式 (縦振動)
- 太陽光発電
- 風力発電
- 地熱発電

橋のモニタリングシステムや自動車のタイヤ圧センサなどの小型の電池の代替として振動発電が期待されている。これは振動エネルギーは暗所においても発電でき、デバイスの小型化が比較的容易であるためである。

環境中にある振動の周波数は数~数十 Hz であるため、低周波数での発電効率が高い静電容量式が有利とされている。

静電容量式は対向する電極間の静電容量を振動により変えることで発電する。電源の代わりにエレクトレットと呼ばれる電荷を半永久的に保持する材料を用いる。さらに発電方式には、電極面積を変える横振動と電極間距離を変える縦振動とがある。

本研究では、横振動時に電極間に生じるフリンジ電界の解析と縦振動デバイスに用いるばねの構造解析を行った。

##### 発電方式の特徴

###### 横振動

- 電極の幅を細くすることにより出力電圧の周波数がマスの振動周波数よりも高くでき、発電効率を高くできる

✓ エレクトレットのパターニングが必要→電荷が抜けやすい

✓ 電極とマスの位置合わせが困難

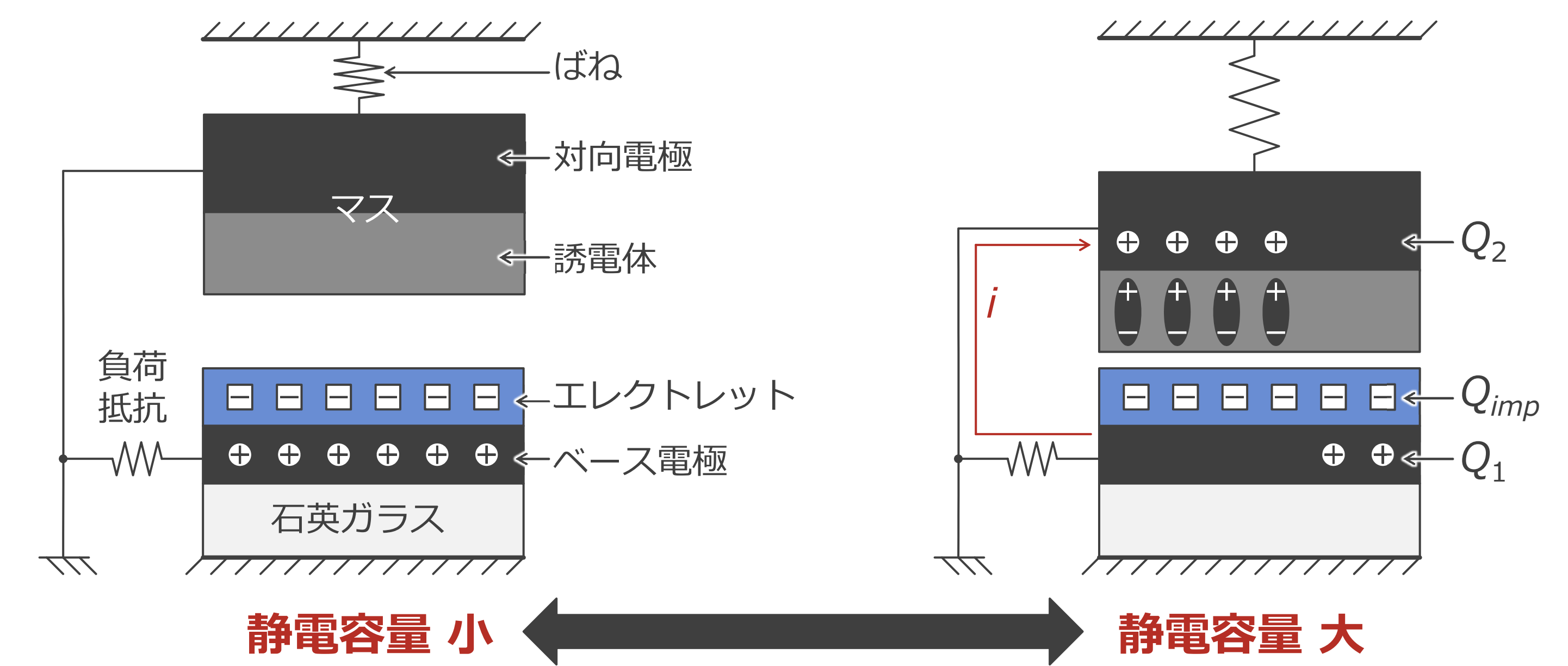
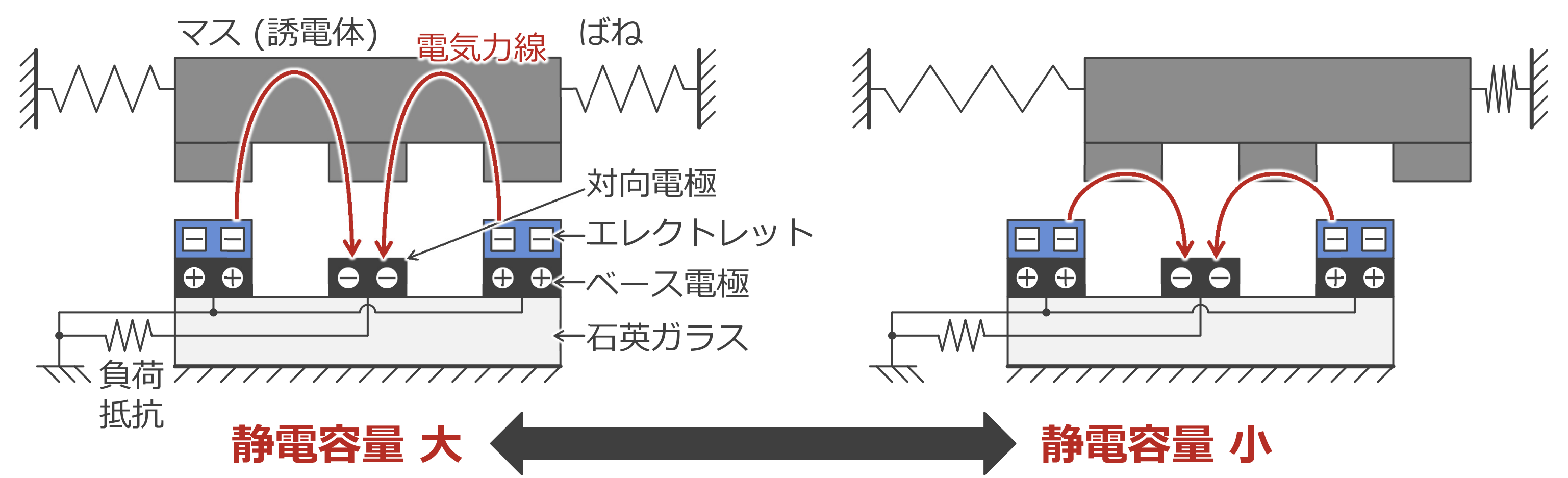
###### 縦振動

- 衝突するほど近づけることにより大きな容量変化が生じ、高い発電量が得られる

● エレクトレットのパターニングがない

● 電極とマスの位置合わせが容易

✓ 出力電圧の周波数が振動の周波数と同じ

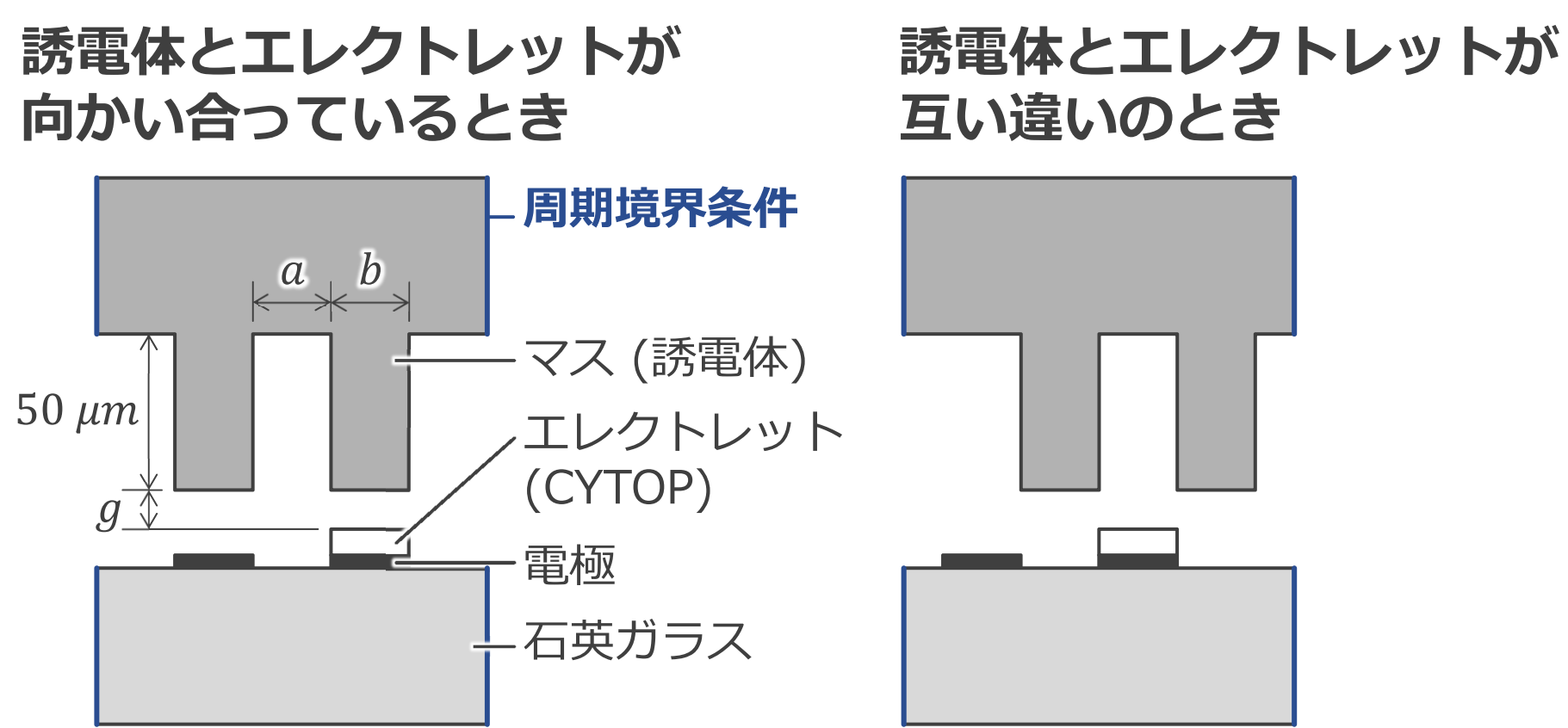


#### 横振動時に電極間に生じるフリンジ電界の解析

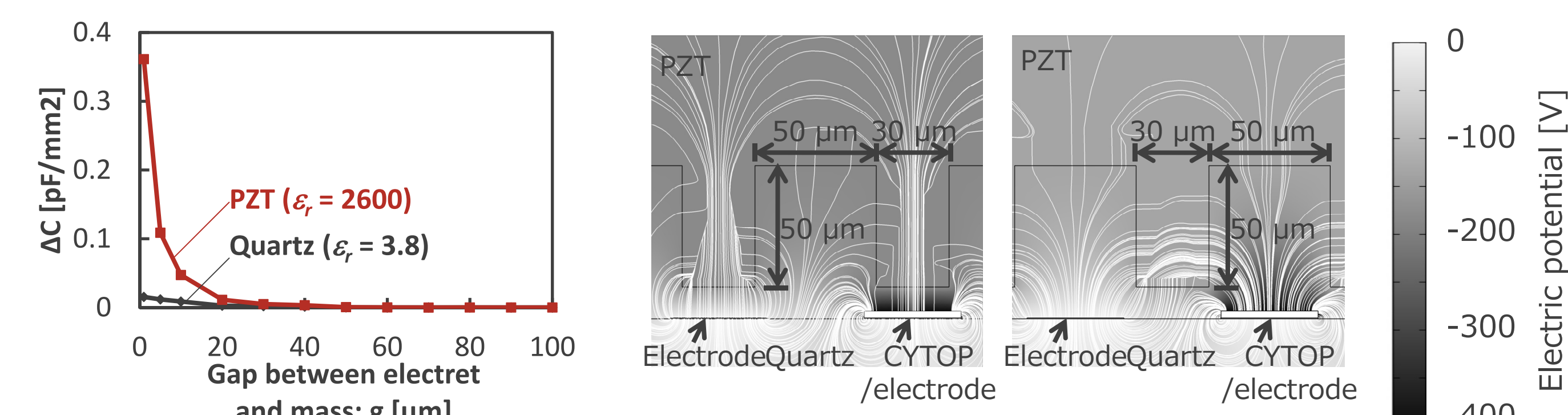
##### 解析条件

誘電体が動くことによる電極間の静電容量の変化を静電場解析により求めた。容量変化を求めるため、2つのモデルを用いる。

マスの誘電率とギャップ(g)に対する変化とマスの凹凸の幅(a : b)に対する変化を以下に示す。

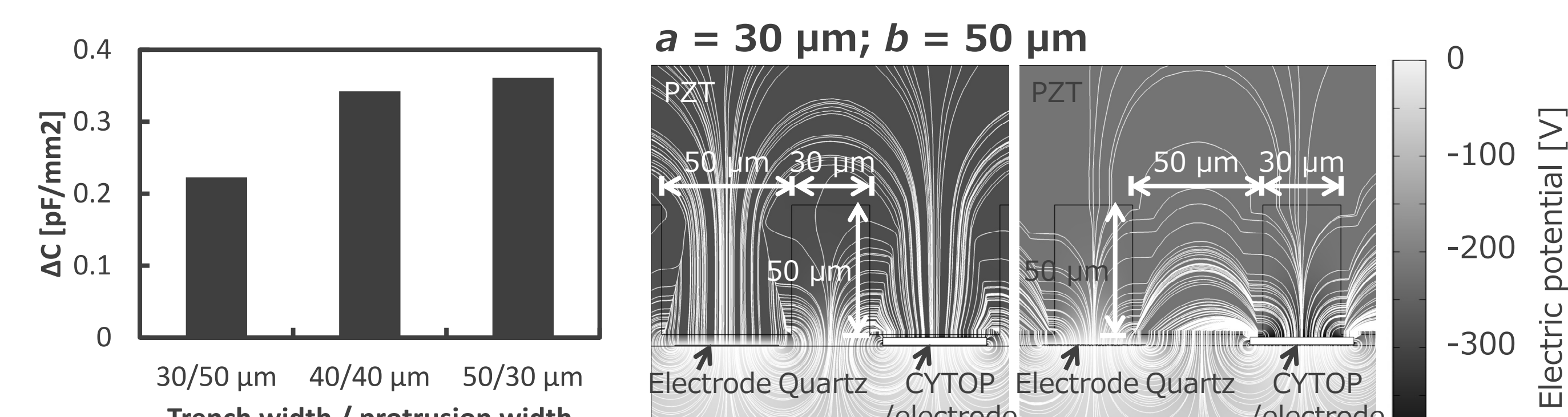


##### マスの誘電率とギャップに対する容量変化量



マスの誘電率が高く、ギャップが狭いほど静電容量変化が大きいことがわかる

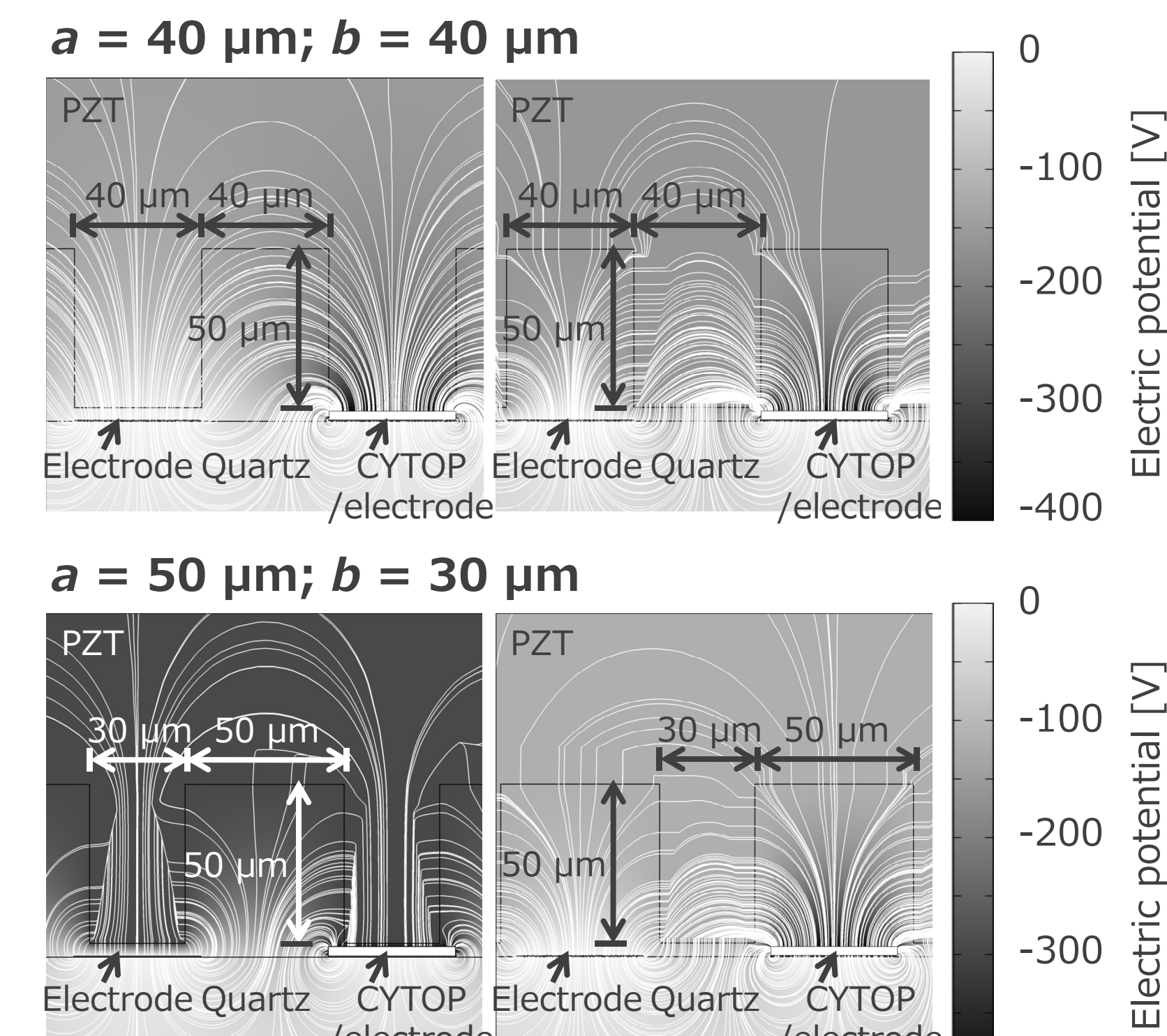
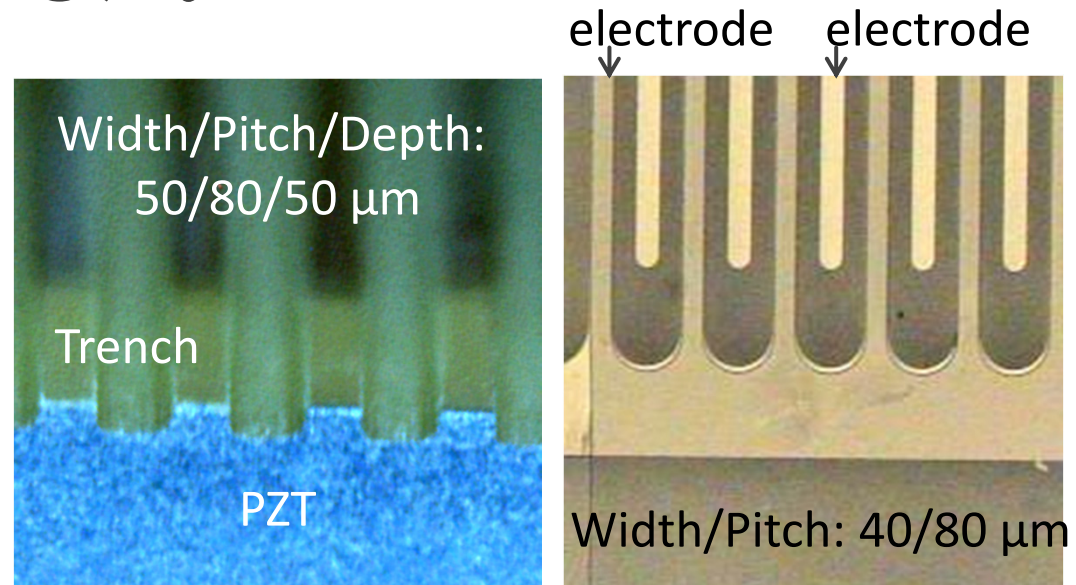
##### マスの凹凸の幅に対する容量変化量



マスの凹凸の幅の比を変えたとき、凹が凸に比べ大きいほど容量変化が大きくなる。

これは凹の幅が大きいほど、隣接する電極による電場の影響が小さいためである。

この結果をもとにPZT板を加工し、振動発電デバイスを作製した。

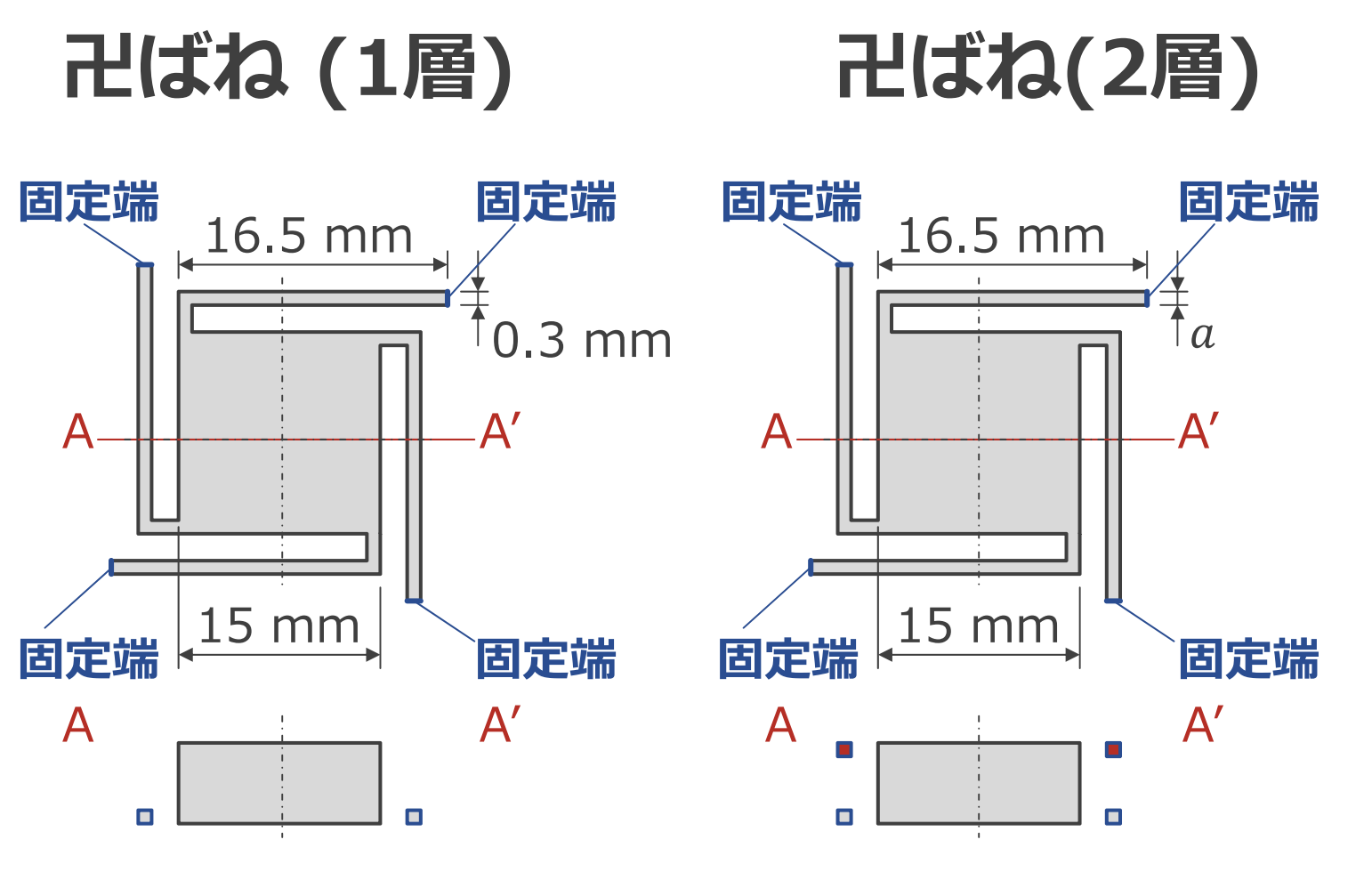


#### 縦振動デバイス用ばねの構造解析

##### 解析条件

エレクトレットと誘電体を面接触させるため、外部の振動周波数近傍に振動の2次モードがないように設計したい。

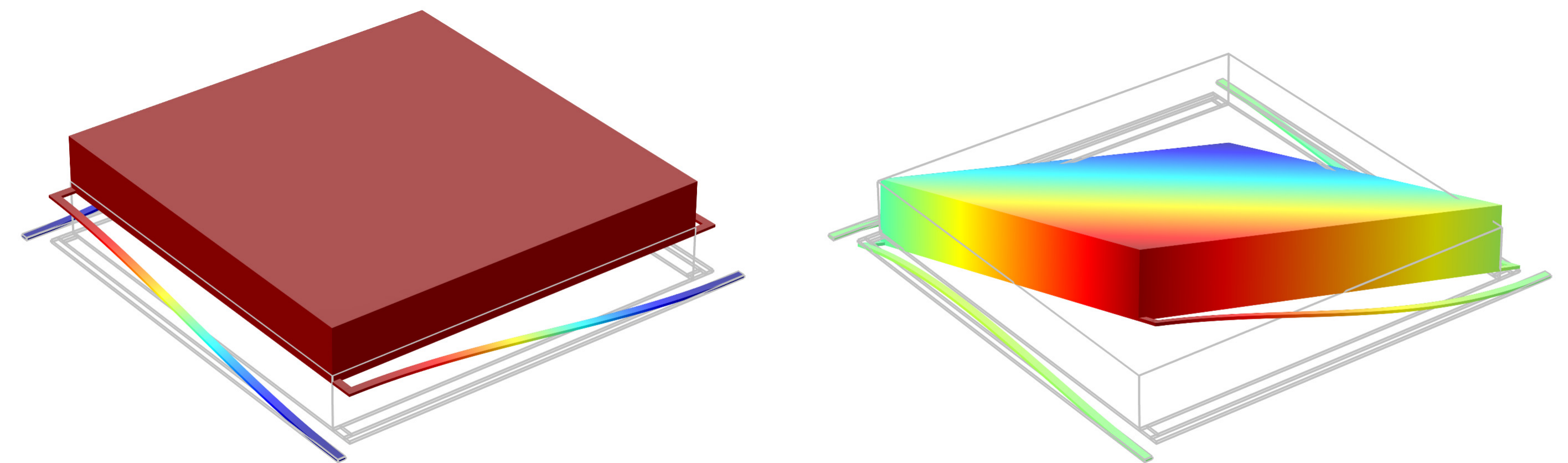
しかし発電デバイスのマスは質量の大きいほど発電量が高くなる。質量の大きいマスを1層の円ばねを用いると1次と2次の周波数が近くなる。そこで本研究では2層の円ばねを用いた。



##### 円ばねを用いた場合の固有周波数

1次モード 14Hz

2次モード 24 Hz

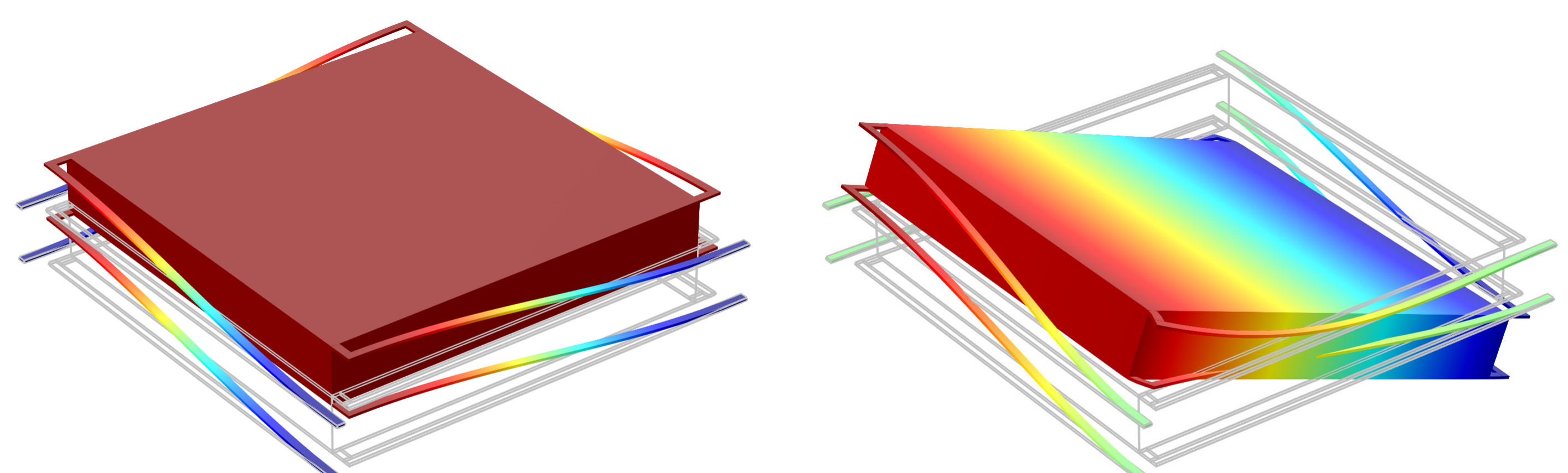


1次モードと2次モードの周波数が近いいため、デバイスに与える周波数によってエレクトレットとマスが面接触しなくなる。

##### 2層円ばねを用いた場合の固有周波数

1次モード 19 Hz

2次モード 342 Hz



1次モードと2次モードの周波数に大きな差を設けることができた。これによりマスと電極を面接触させることができる。

実際にデバイスを作製したところ、マスの共振周波数は19 Hzとなり10~24 Hzの周波数帯域にて安定して発電した。