

# 細胞機能活性化のためのナノ振動装置の開発

## Development of nano vibration device for Activation of cell function

03T1030S 倉兼 卓己

指導教官：増澤 徹 教授

### 1. 緒言

再生医療の分野において細胞培養時間の短縮が求められている。これまでの研究において、細胞にナノ振動を与える装置が開発され、ナノ振動が細胞機能活性化に影響があることが確認されている。

しかし、より詳しく正確な細胞への振動の影響を調べるには、ナノ振動装置の振動振幅の増大と再現性の向上が必須である。そこで本研究は、低周波数での振動振幅がより大きく、再現性の高いナノ振動装置の開発を目的とした。

### 2. ナノ振動装置

Fig.1 に開発したナノ振動装置を示す。この装置は細胞に水平方向の振動を与えるためのものである。従来の両支持構造から片支持構造にすることで、振動駆動部内の piezo 素子に過大な圧縮力が負荷されないため、振動振幅が大きくなると考えた。そこで装置の構造は、振動駆動部をシャーレ設置台に接続し、その反対側を自由端とした。Fig.2 に振動駆動部の断面図を示す。片支持で装置を駆動するにはシャーレ設置台を押し返す力が必要になるため、Fig.2 に示すように振動駆動部に皿ばねを 3 枚直列で組み込むことで押し返す力を与えることにした。また、歪み IC を piezo 素子に取り付け、各周波数での振動振幅のフィードバック制御を行うためのセンサとして用いた。さらに、シャーレ設置台と振動駆動部は面圧力で固定するシャフトホルダを用いて接続した。シャーレ設置台の振動振幅を調べるために用いる静電容量センサのプロブの固定具を Fig.1 の①～④の場所に設置した。

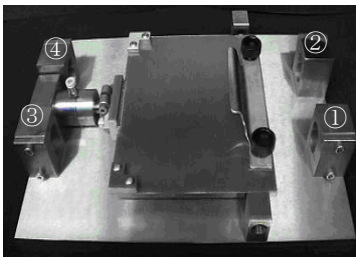


Fig.1 New structure vibration device

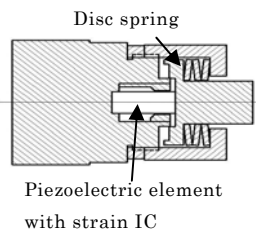


Fig.2 sectional view of vibration drive unit

### 3. 実験方法

ナノ振動装置のシャーレ設置台の挙動を検討した。アクチュエータとして使用する piezo 素子は変位量に 25% の個体差があり、その個体差も調べるために、2 つの同じ仕様の piezo 素子 (0606N02、0609S01 と区別する) を使って Fig.1 に示す①～④の 4 箇所において周波数 100[Hz] で振動振幅を測定した。

次にナノ振動装置の 100 ~ 10k[Hz] までの振動特性と再現性を調べるために振動振幅を Fig.1 の④の位置で測定した。測定は 4 回行い、1 回の測定毎に装置を分解して組み直した。

### 4. 結果と考察

Fig.3 にナノ振動装置のシャーレ設置台の振動振幅を

示す。振動振幅は自由端側では約 450[nm]、駆動部側では約 600[nm] である。このことから、①、②より③、④の方が振動振幅が大きいことが分かった。これより、シャーレ設置台は 1 つの固体としての挙動をしていないことが推測される。また、2 つの piezo 素子の振動振幅の差が約 10% あることも確認した。

次に Fig.4 に新型装置の周波数 100 ~ 10k[Hz] の振動特性を示す。低周波での振動振幅は約 550[nm] で、誤差は約 10% である。従来の装置の低周波での振動振幅約 100[nm] に対して、約 5.5 倍の振動振幅増加が行えた。また、共振点は 600、1k、1.3k[Hz] で確認され、4k[Hz] より高周波数ではほぼ振動しなかった。

装置を分解して組み直した場合、振動特性の誤差が約 9% あるが、フィードバック制御で補正は十分可能であると考えられる。

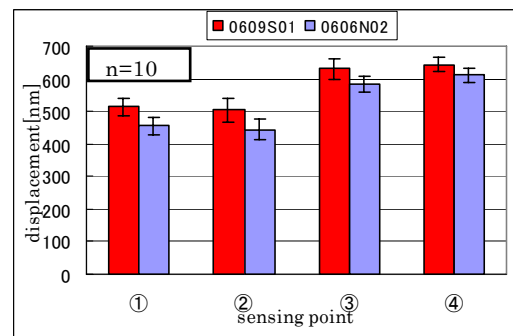


Fig.3 displacement of new vibration device

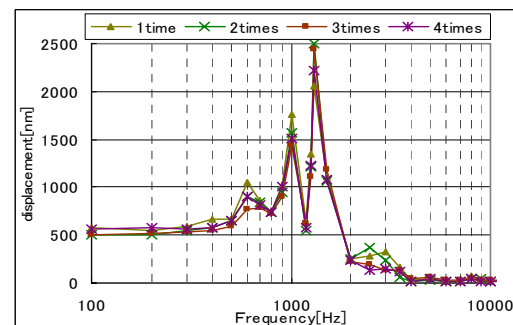


Fig.4 vibration characteristic

### 4. 結言

新機構のナノ振動装置を開発した。シャーレ設置台に振動駆動部を接続し、その反対側を自由端にすることで振動振幅の増大を図った。また、装置の振動振幅のフィードバック制御を行うために、センサとして歪み IC を piezo 素子に取り付けた。更に、シャーレ設置台と振動駆動部は面圧力で固定した。低周波での振動振幅は従来の装置よりも約 5.5 倍の振動振幅増加が行えた。また、装置を分解して組み直した場合、振動振幅に約 9% の誤差があるが、フィードバック制御によって補正は可能であると考えられる。以上より、より高性能なナノ振動装置を開発できた。



まず、ナノ振動装置のシャーレ設置台の挙動を調べると同時に、アクチュエータとして使用するピエゾ素子の変位量に 25%の個体差があり、その個体差が実際どのくらいなのかを調べるために、2 つの同じ仕様のピエゾ素子（0606N02、0609S01 と区別する）を使ってそれぞれにおいて Fig.1 に示す①～④の 4 箇所において周波数 100[Hz] で振動振幅を測定した。

次にナノ振動装置の 100 ～ 10k[Hz]までの振動特性と再現性を調べるために振動振幅を Fig.1 の④の位置で測定した。測定は 4 回行い、1 回の測定毎に装置を分解して組み直した。

まず、ナノ振動装置のシャーレ設置台の挙動を調べるために、Fig.1 に示す①～④の 4 箇所において周波数 100[Hz]で振動振幅を測定した。同時に、アクチュエータとして使用するピエゾ素子の変位量に 25%の個体差があり、その個体差が実際どのくらいなのかを調べるために 2 つの同じ仕様のピエゾ素子（0606N02、0609S01 と区別する）を使ってそれぞれで測定した。

次にナノ振動装置の振動特性と再現性を調べるために 100 ～ 10k[Hz]までの振動振幅を Fig.1 の④の位置で測定した。なお測定は 4 回行い、1 回の測定毎に装置を分解して組み直した。

従来の装置は両支持の構造であり、振動振幅の増大を図るために Fig.1 のような片支持の構造にした。

## 2.5 歪み IC 付きピエゾアクチュエータの線形性確認

ピエゾ素子に取り付けた歪み IC をセンサとして使用するには、ピエゾ素子の振動振幅とそのときの歪み IC の出力値の間に線形性が必要なので確認した。

