

ナノ振動細胞刺激装置の開発研究

Development of nano vibration cell stimulus device

04T1040R 小林 亜美子

指導教員：増澤 徹 教授

1. 緒言 振動振幅がナノメートルオーダーで可聴周波数域の機械振動：ナノ振動が細胞機能に影響を与えることが今までの研究で分かっている。我々は、細胞に種々の振動周波数、振動振幅のナノ振動刺激を与え、その影響を検討する装置の開発を進めている。本装置は、広い周波数帯域に渡って細胞培養シャーレに強制振動を与える機能が必要である。今までに開発された両持ち型ナノ振動細胞刺激装置は、数 100 Hz の低周波数帯域での振動振幅が小さく、再現性も劣っていた。そこで、本研究では、片持ち型ナノ振動細胞刺激装置を開発し、振動振幅自動調節機能を付加することにより、広い周波数帯域に渡って再現性良くナノ振動を負荷可能な装置の開発を行った。

2. 方法 Fig.1 に片持ち型ナノ振動細胞刺激装置を示す。本装置では、 piezo 素子を用いた振動駆動部をシャーレ架台片端に接続し、その反対側を自由端として、シャーレ内の細胞に水平方向の振動を与える構造とした。片持ちで装置を駆動するには、piezo 素子の押し込み力に対してシャーレ架台を押し戻す力が必要となるため、振動駆動部内に皿ばねを 3 枚直列で組み込んだ。



Fig.1 Nano vibration cell stimulus device Fig.2 Strain gauge IC

2.1. センサの選定 振動振幅の自動調節機能を付加するに当たり、センサの選定を行った。振動駆動部内の piezo 素子に取り付けた歪 IC と、静電容量センサの 2 つを検討した。Fig.2 に piezo 素子に取り付けた歪 IC を示す。歪ゲージの測定方法は 2 アクティブ法を採用した。

2.2. ナノ振動細胞刺激装置の周波数応答解析 振動振幅自動調節のために、FFT アナライザを用いて片持ち型ナノ振動細胞刺激装置のサインスイープ周波数応答解析を行った。Fig.1 の①～④にそれぞれ静電容量センサを取り付け、振動周波数 100～10k Hz まで解析すると共に、計測位置による応答の変化も検討した。

2.3. 振動振幅の自動調節機能付加 Fig.3 に振動振幅自動調節のブロック線図を示す。振動振幅の自動調節は、ドライバ回路内のプログラムで行う。プログラムには、周波数応答解析の結果を基に振動周波数毎の piezo 素子への入力電圧に対する振動振幅のゲイン値を求め、テーブルとしてプログラムに書き込んだ。そのゲイン値を基に、シャーレ架台の振動振幅が指令振動振幅に近づくように、静

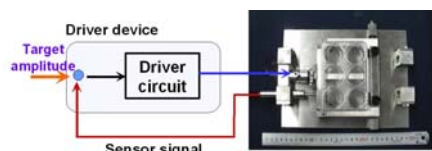


Fig.3 Automatic adjustment of vibration amplitude

電容量センサからの計測値を参照してゲイン値を自動微調整するプログラムを作成した。振動振幅自動調節の動作応答確認実験を行い、設定した指令振動振幅とシャーレ架台の振動振幅の実測値との誤差を求め、振動周波数は 100～10k Hz における振動振幅自動調節の動作応答を評価した。

3. 結果と考察 3.1. センサの選定 Fig.4 に振動周波数 100～10k Hz での piezo 素子の振動特性を示す。振動周波数に依らず piezo 素子の振幅はほぼ一定で、約 1000 nm の振動振幅で振動していることが分かった。しかし、シャーレ架台の振動振幅は piezo 素子の振動振幅のおよそ 2 分の 1 であった。piezo 素子の振動とシャーレ架台の振動には関連性がなく、歪 IC を振動振幅自動調節のためのセンサとして使用することは難しいことが分かった。そこで、歪 IC の代わりに静電容量センサを使用することとした。

3.2. ナノ振動細胞刺激装置の周波数応答解析 Fig.5 に解析結果から得られた装置の振動特性を示す。計測位置①②と③④では振動特性が異なった。自由端側に当たる③④では、振動周波数 400 Hz で振動振幅が大きく落ち込んだ。この原因としては、自由端側に共振点が存在することが考えられる。これより、センサ位置は安定した振動が得られる①②側に決定した。

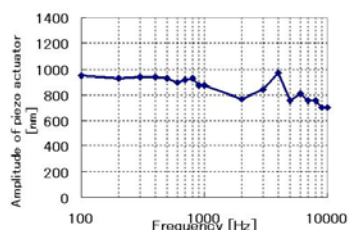


Fig.4 Piezo vibration characteristics

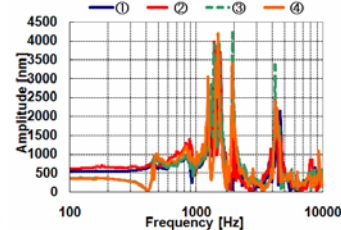


Fig.5 Vibration characteristics

3.3. 振動振幅の自動調節機能 Fig.6 に設定した指令振動振幅とシャーレ架台の振動振幅の実測値との誤差を示す。振動周波数 100～2k Hz までは調節誤差 ±10% で振動振幅自動調節が可能であった。しかし、共振点での調節が難しく、振動周波数 3k Hz 以上で調節誤差が最大 35% になった。

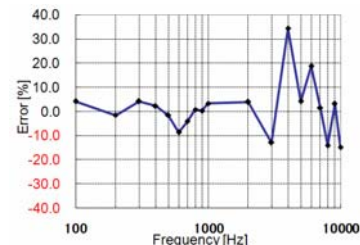


Fig.6 Error between ordered and measured displacement

4. 結言 振動振幅自動調節機能を有した片持ち型ナノ振動細胞刺激装置の開発を行った。振動周波数 100～2k Hz については安定した振動振幅自動調節が可能であることを確認した。今後、振動周波数 3k Hz 以上の高周波数帯域での調節誤差を小さくすることが望まれる。