

超音波装置の開発・改良に関する研究

—USP—1型パルス超音波照射装置の開発—

武蔵工業大学工学部電気通信

井出正男

1. 研究目的

心身障害予防を目的として、超音波装置の安全基準を決定するため、動物胎児、培養細胞、染色体などに対するパルス超音波の作用を研究する必要があるが、この研究を進めるにはドーズとしての超音波の照射量を正確に知る必要があり、これを実現できる照射装置を開発する必要がある。

本研究において超音波パルスの照射実験を行なうため、実験用のパルス超音波発生装置 USP—1 型の開発を行なった。

2. USP—1 型パルス超音波照射装置

開発した USP—1 型照射装置は動作が安定で、パルス超音波の照射時のパラメーターとしての超音波パルス幅、パルス繰返周波数、超音波強度などの諸量を定量的に設定できるようになっている。

USP—1 型照射装置の仕様の概要を次に示す。

2-1 仕様

a. 発振部

- | | |
|----------------------------------|--|
| (1) 発生超音波周波数 | 2 MHz |
| (2) パルス送信時間幅 | 3 μ sec, 5 μ sec, 10 μ sec
の 3 ステップ可変 |
| (3) パルス繰返周波数 | 250 Hz, 500 Hz, 1000
Hz の 3 ステップ可変 |
| (4) ピーク音響強度
(パルス持続時の
実効出力) | 50W/cm ² |
| (5) 平均音響強度 | 最大 0.5W/cm ² |
| (6) 出力監視 | 振動子への励振電圧、励
振電流の波形測定 |
| (7) その他 | 励振電圧、励振電流の平
均値をレコーダで連続測
定。 |

b. 振動子部

- | | |
|---------|---------|
| (1) 型式 | パルス波送波用 |
| (2) 周波数 | 2 MHz |

- | | |
|---------|--------------------|
| (3) 寸法 | 15mm ϕ |
| (4) その他 | 水浸で使用できるよ
うな水密型 |

2-2 試験結果

開発した USP—1 型超音波照射装置の動作の確認と超音波出力の校正を行なった。

超音波出力はパルス超音波の平均音響強度を天秤法を用いて測定して、パルス幅、パルス繰返周波数を変えたときの出力調整目盛に対する出力を校正した。

測定結果の 1 例を示せば、パルス幅 10 μ sec、パルス繰返周波数 1000 Hz の場合で、平均音響強度 (SATA) は 0.57W/cm² を得ることができた。

パルス波形の観測も行ない、設計した通りの波形ができていたことを確認した。このパルス波形とパルス繰返周波数を用いて、先に天秤法により測定した音響出力の測定値から、ピーク超音波出力 (SATP) を算出することができる。

3. 超音波音場

照射実験を行なう場合、振動子から放射される超音波音場を知ることは実験動物の固定などで重要となる。

今回の照射装置では周波数 2 MHz、直径 15mm ϕ の振動子を用いているので、この振動子から放射される超音波音場の計算を行なった。

円形平面ピストン音源が無限に広がった平面剛壁内において、 v の速度振幅で振動しているときの音場は、媒質が一様で吸収のない液体であるとしたとき、観測点 P における音圧 p は次に示すような Rayleigh の基本式⁽¹⁾によって求められる。

$$p = \frac{j \delta c v}{\lambda} e^{j \omega t} \int_F \frac{e^{-jk\gamma}}{\gamma} dF \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 δ は媒質の密度、 C は音速、 λ は超音波の波長、 $\omega = 2\pi f$ で f は周波数、 $k = 2\pi/\lambda$ 、 dF は

音波表面の面積素片， γ はPとdFとの距離で，積分は音源の表面全部にわたって行なわれる。⁽²⁾

第1図はこの計算結果の一部である。最終音圧極大値は軸上76mmにあり，これ以降では音圧分布は比較的単純な形をしている。

なお，これらの結果は連続波について求めたものであるが，パルス超音波の場合もパルス幅が極端に短くしなければほぼ同様と考えてよい。

実際に装置を動作させ振動子から水中に放射された超音波の音場分布を，直径0.5mmφのハイドロホンを用いて測定した結果は，ほぼ理論どりの分布をしていた。

4. パルス超音波の強さの表現

パルス超音波の強さは，連続波超音波の場合に比べて，パラメーターが多いのでその表現方法およびこれの測定方法が複雑であるが，これについて検討を行なった。

超音波の強さ (Sound intensity) の定義は「音場中の1点において，音の進行方向に垂直な単位面積を，単位時間に通過する音のエネルギー」であるが，強さの単位は W/cm^2 あるいは W/m^2 が用いられる。

パルス超音波の場合，空間的分布の他パルス経続時間，パルス繰返周期，パルス幅などのパラメーターがあるので，その表現としては

SPTP : Spatial Peak - Temporal Peak Values

SPTA : Spatial Peak - Temporal Average Values

SATP : Spatial Average - Temporal Peak Values

SATA : Spatial Average - Temporal Average Values

などがあり，これらを用いてパルス音場の強さを表現させる必要がある。

USP-1型超音波照射装置の音響出力を天秤法を用いて放射圧の測定から求める場合は，SATAでの音響強度を求めることになる。通常，SPTAはSATAの約4倍になる。

またUSP-1型超音波照射装置のように，パルス超音波の包絡線が矩形をしている場合はパルス幅とパルス繰返周期からピーク値を算出することができ，SATPおよびSPTPを求めることができる。

5. むすび

超音波装置の安全基準を決定するための，実験用パルス超音波照射装置の開発を行ない，USP-1型照射装置を開発することができた。

この装置は動作が安定で，照射条件としての超音波パルスのパラメーターを定量的に設定できるもので，照射中も振動子への励振電圧，励振電流をレコーダーで連続監視できるようになっている。

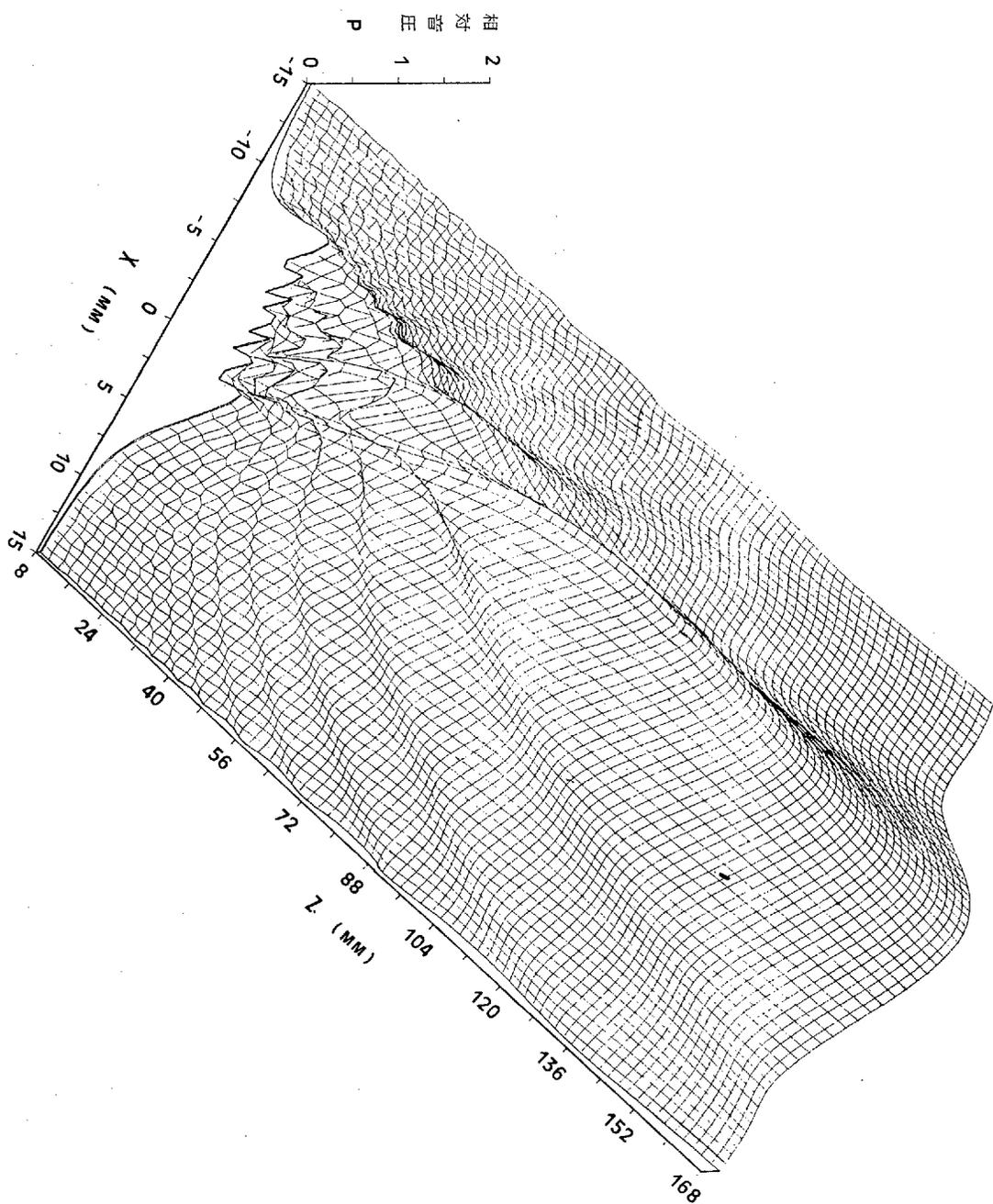
振動子から放射される超音波音場を知ることは，動物の固定位置の決定などで重要であるが，USP-1型超音波照射装置から放射される超音波音場の計算を行ない音場分布として示した。

またパルス超音波は連続波超音波に比べて，強度の表現方法が複雑であるが，これについての検討を行ない，強度の表現方法を示した。

文 献

- (1) Lord Rayleigh : Theory of Sound (Dover Publ., New York, 1945), vol. II, p107.
- (2) 鳥飼安生 : 超音波音場とLommel 関数, 東大生産技術研究所報告, 第25巻, 第4号, 1976.

第1図 2MHz 15mmφ振動子による音場分布





検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



1. 研究目的

心身障害予防を目的として、超音波装置の安全基準を決定するため、動物胎児、培養細胞、染色体などに対するパルス超音波の作用を研究する必要があるが、この研究を進めるにはドーズとしての超音波の照射量を正確に知る必要があり、これを実現できる照射装置を開発する必要がある。

本研究において超音波パルスの照射実験を行なうため、実験用のパルス超音波発生装置 USP-1 型の開発を行なった。