

# 超音波パルス法による体内臓器の力学的計測に関する 基礎的研究

## Hardness measuring system of internal organs using Ultrasonic Pulse

○鈴木克則 (日大院・工・電気) \*, 村山嘉延 (日大工・電気) \*\*, 尾股定夫 (日大工・電気)\*\*  
○Katsunori Suzuki \*, Yoshinobu Murayama \*\*, Sadao Omata \*\*

\*日本大学大学院工学研究科、\*\*日本大学工学部

\*Graduate School of Electrical Engineering, Nihon Univ. \*\*College of Engineering, Nihon Univ.

キーワード : 超音波パルス (ultrasonic pulse), 体内臓器 (internal organs)  
位相シフト (phase shift circuit), 音響インピーダンス (acoustic impedance)

連絡先 : 〒963 - 8642 郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部電気工学科尾股研究室  
尾股 定夫 Tel/Fax:024 - 956 - 8784

### 1. まえがき

現在、超音波診断装置は医療の各分野において活躍しているが、欠点としては、体内の腫瘍や動脈血管の硬さを検出することが出来ないことにある。このため、超音波を利用して硬さを検出し画像化する研究が行われているが、未だに使用に耐え得るような成果は見られない。しかし、最先端の医療の現場では、この種の計測装置が待望されている。そこで、本研究では、先に開発されている連続波を利用した位相シフト法による硬さ測定法を改良し、単一パルスを利用した位相シフト法による硬さ測定に関する基礎的研究を行い、非接触による硬さの計測法の可能性について基礎的研究を試みた。

### 2. 位相シフト法による計測原理

本研究室で先に開発された硬さ測定用触覚センサの原理は図 1 (a) に示されるような従来の強制帰還型発振回路と異なり、図 1 (b) のように非接触での発振回路系においてセンサなどから出力信号の位相 ( $\Delta \theta_1$ ) を検知して帰還回路内に設けられた位相がシフトする回路により  $\Delta \theta_1 + \Delta \theta_2 = 0$  となるように回路全体の位

相をゼロとなって発振する。従って、この回路を利用するには、強制帰還型発振回路に位相補正回路を設けることによって実現される。今回使用した超音波パルス法の概要は、強制帰還型発振回路を用いず、基準信号と対象物から反射波の位相との位相シフト量として求めることができる。

### 3. センサシステム構成

図 2 に今回使用している計測システムの概要を示す。素子には圧電セラミック振動子 (直径 6mm、厚さ 1mm) を 535 kHz の単一パルスで駆動し、センサ素子からの出力波形を解析した。

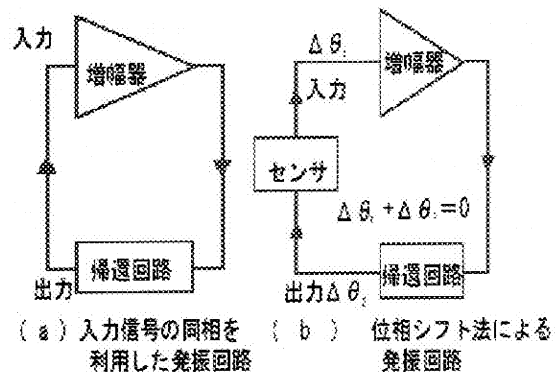


図 1 帰還型発振回路

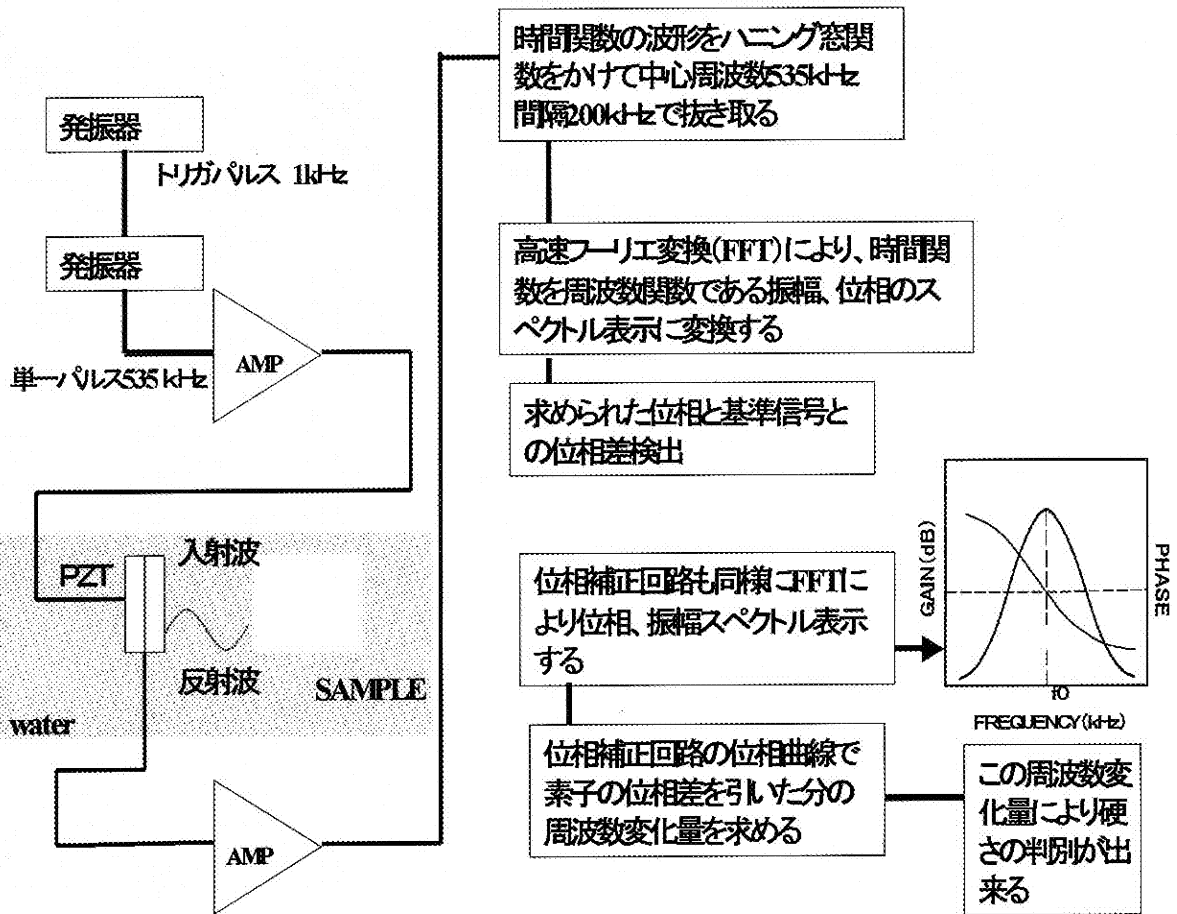


図 2 計測システム概要

#### 4. 実験方法

まず銅、アルミニウム、ステンレスの3種類の試料を用いて、試料からセンサまでの距離  $L$  を変化させた場合の非接触での周波数変化量を計測した。次に腫瘍モデルとして、銅とシリコンゴムを使用して図3のようなモデルを作成し、表面からセンサを1mm離れた地点を左右にセンサ素子をスキャンしたときのときの位相差の特性を求めた。

#### 5. 測定結果

銅、アルミニウム、ステンレスの3種類の試料について移動距離と周波数変化量の関係を図4に示した。X軸を移動距離、Y軸を発振回路系の共振周波数からの周波数変化量として図を作成すると入射波と反射波が時間変化とともに重ね合わさって時間関数

に依存しない包絡線である定在波ができる。試料とセンサの間の角度のズレや計測する際の試料位置の誤差などによる影響も考慮しなければいけないが、しかし、高精度で計測されていることが認められる。音響インピーダンスはアルミニウムが最も低く17.3で

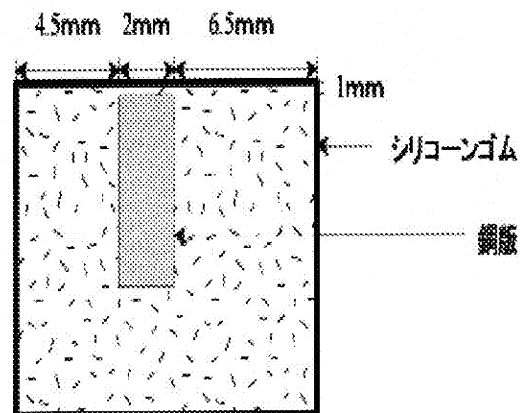


図 3 腫瘍モデル

銅が 44.6、ステンレスが 45.7 ということから音響インピーダンスが高いほど、周波数変化量も大きくなっていくことが分かる。このことから、周波数変化量によって、硬さの判別は可能である。つぎに図 5 に銅をシリコンゴムの中に埋め込んだ腫瘍モデルの測定の結果を示す。銅が埋め込まれている付近になると段々と位相差は大きくなっていき、銅が埋め込まれている中心地点で位相差は最も大きくなった。この結果から非接触により、人体のような未知の多種類の試料が重ね合わさっているようなモデルでの各々の試料の特性判別が可能であると考えられる。

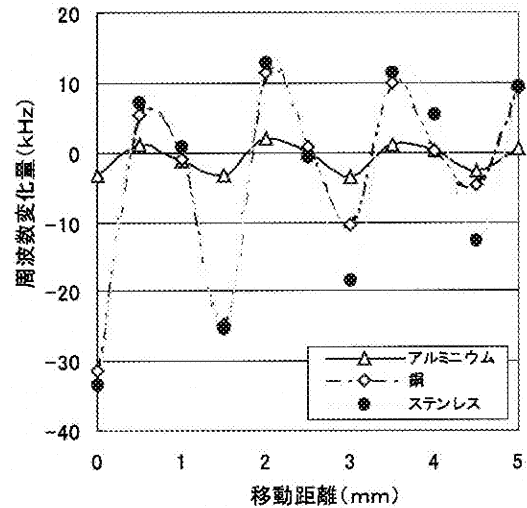


図 4 周波数変化量と移動距離の関係

## 6. まとめ

今回超音波パルスを利用した硬さ測定が可能であることを実験的に示した。即ち、対象物体への超音波パルスの入射波と反射波の位相特性から位相シフト回路の有する速度共振特性のウエイト曲線を介すことにより、非接触で対象物体の硬さを検出できることが認められた。しかし、腫瘍モデルの測定で、銅の直径部以外の部所をスキャンしていたとき、現センサでは、放射範囲が広いため斜めから銅に放射され、位相差に変化が生じてしまっているため、音響レンズなどにより、放射範囲を狭めるようにしなければならない。現時点では、位相補正回路の時間関数をネットワークアナライザでフーリエ変換したものを利用したが、将来的には、コンピュータのアプリケーション上で代用することが可能である。このように電気的な回路構成によらずソフト的な処理法によっても新しい計測システムとして十分実現できる。

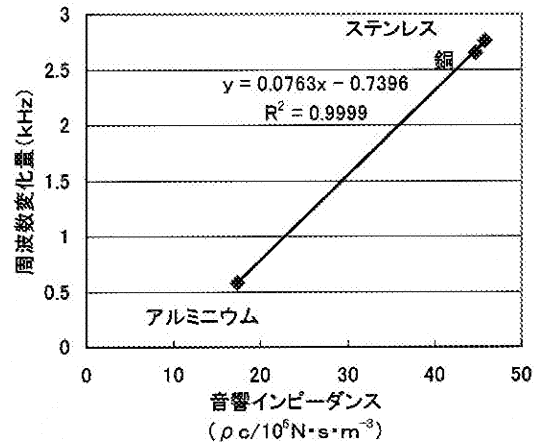


図 5 音響インピーダンス-周波数変化量

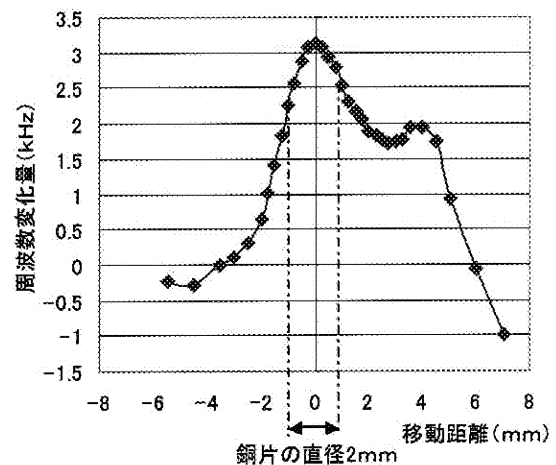


図 6 腫瘍モデルの位相差特性

## 7. 参考文献

- 1) Omata US patent No. 5776137 1998