

# 歯科診断用超音波センサの開発

Development of the ultrasonic sensor for diagnosis

○松本雄三\*, 田村賢一\*\*, 小野沢元久\*\*\*

○ Yuzo MATSUMOTO\*, Kenichi TAMURA\*\*, Motohisa ONOZAWA\*\*\*

\*日本大学, \*\*日本大学, \*\*\*日本大学

\*Nihon University, \*\*Nihon University, \*\*\*Nihon University

Key Words: 歯科診断(Dentistry diagnosis), 超音波センサ(Ultrasonic sensor),  
セクタ走査(Sector scan), 歯牙側面(Dental side),

連絡先: 〒 963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部 工作研究室  
松本雄三, Tel. : (090)1740-5185, E-mail : g15311@cc.ce.nihon-u.ac.jp

## 1. 緒言

現在の歯科治療では、患部が歯髓腔まで進行すると抜歯の対象となるため、医師が患部の深さや形状を正確かつ安全に診断することが重要となる。しかし、現状ではX線写真と医師の経験に基づいた視診断<sup>1)</sup>となっているため、医療被曝や患部の過大削除の問題がある。

本研究室では、人体に無害である超音波を用いて、健全歯牙及び擬似的に製作した虫歯の各部位における超音波情報の定量化<sup>2)</sup>を行い、超音波センサ(以下、反射型センサという)及び診断システムの開発を行ってきた。しかし、反射型センサではセクタ走査ができないため、患部の形状を把握することが困難である。

そこで本研究では、新型超音波センサ(以下、可変型センサという)を開発し、歯牙側面からの歯髓腔の形状を測定した。

○ 松本雄三, 田村賢一, 小野沢元久

## 2. 超音波センサ

Fig. 1 に可変型センサとその概略図を示す。このセンサは、抗菌作用のあるTi製で反射板に石英ガラスを用いて、超音波ビームを屈折反射させた。また、反射板の角度制御にステッピングモータを用いて、セクタ走査を可能にした。使用した探触子は集束探触子で周波数 20[MHz]、焦点距離 15[mm]、焦点径 0.8[mm]である。一般に集束探触子は、水浸法による使用に限る。そこで、アタッ

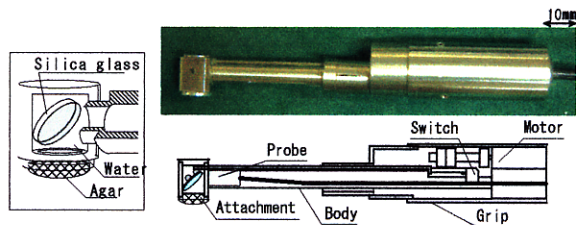


Fig. 1 Ultrasonic sensor of angle adjustment type

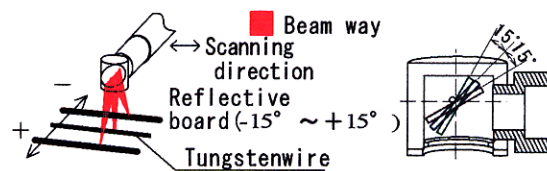


Fig. 2 Experimental model of ultrasonic beam

チメントに寒天(音速が水の音速 1470[m/s]とほぼ等しい)を注入することにより、空気中での使用を可能にした。しかし、超音波ビームの焦点形状が屈折反射によって変化し、音圧に影響を及ぼす可能性がある。そこで、超音波ビームが受ける屈折反射による影響を調べる実験を行った。

Fig. 2 に超音波ビームの評価モデルを示す。余分な波形が検出されないように、反射源に1波長(≒0.06mm)以下のφ0.05[mm]のタングステン線を用い、水中で実験を行った。超音波ビームの

屈折角度は、反射板の角度を  $45^\circ$  にしたときに直角反射となるため  $\theta=0[\text{deg}]$  とし、これを基準とした。 $\theta=0[\text{deg}]$  を中心に  $1.0^\circ$  間隔で  $\pm 15^\circ$  まで変化させ、超音波ビームの焦点が反射源に合うようにセンサ先端と反射源の距離を調節し、エコー高さ 50(%)一定で音圧  $F/B(-|F-B|)$  [dB] の変化を測定した。なお、基準となる直角反射の音圧を B、他の角度の音圧を F とした。

Fig. 3 に音圧  $F/B(-|F-B|)$  [dB] と角度  $\theta$  の関係を示す。音圧は  $\theta=0[\text{deg}]$  を中心にほぼ左右対称であり、 $\pm 10^\circ$  までは音圧の低下が確認されない。そのため、焦点形状はほぼ円形であると推測できる。また、 $\pm 15^\circ$  までは  $2.5[\text{dB}]$  程度の音圧の低下が確認されるが、測定は十分に可能である。

### 3. 歯髄腔の測定

実際の歯科診断では、歯髄腔までが測定対象となるため、セクタ走査で歯髄腔を把握する必要がある。そこで、可変型センサを用いて歯髄腔の幅の測定を行った。

Fig. 4 に可変型センサを用いた歯牙側面から歯髄腔幅の測定方法を示す。超音波ビームが、歯髄腔にあたるように可変型センサと歯牙の位置を固定し、音圧  $50[\text{dB}]$  一定で測定した。直角反射より反射板を  $1.0^\circ$  間隔で上下に、歯髄腔からの反射エコーが確認できなくなるまで変化させ、セクタ走査を行う。上下でエコーが確認される限界の距離から歯髄腔の幅  $K[\text{mm}]$  を算出することができ、超音波測定と X 線写真を比較し検討した。

Fig. 5 に X 線写真と直角反射のときのパルス波形を示す。S：歯牙側面の表面エコー、C：歯髄腔エコーである。Fig. 6 に歯髄腔位置と歯髄腔までの距離との関係を示す。歯髄腔の幅は超音波測定では、X 線写真より平均  $1.0[\text{mm}]$  小さく測定されてしまう。原因は歯髄腔が曲面であるため、セクタ走査では超音波ビームが端になると散乱して、反射エコーの受信が困難になると考えられる。しかし、超音波センサでセクタ走査を行うことにより歯髄腔の形状の把握が可能となり、X 線写真では困難な 3 次元の測定が可能となる。

### 4. 結言

本研究で製作した可変型センサは、セクタ走査により、歯髄腔の形状の把握が可能となり、3 次元の測定が可能となる。可変型センサの超音波ビームの振り幅は約  $7.0(\text{mm})$  となっている。しかし、歯髄腔は複雑な形状を持っているため、超音波ビームが散乱してしまい歯髄腔の端の測定が困難になることが分かった。

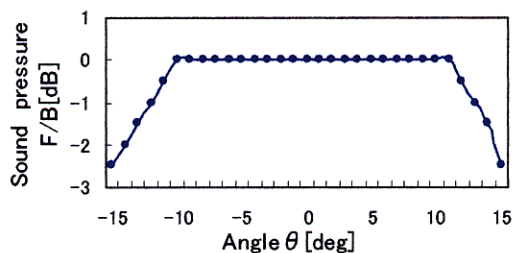


Fig. 3 Relation between F/B and  $\theta$

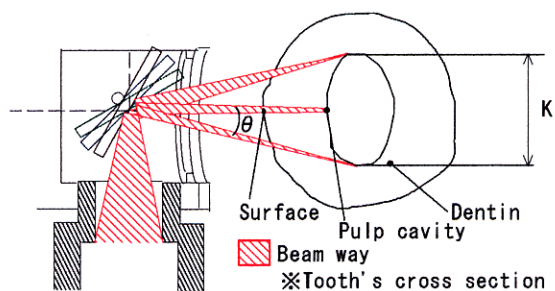


Fig. 4 Measuring method of the tooth side

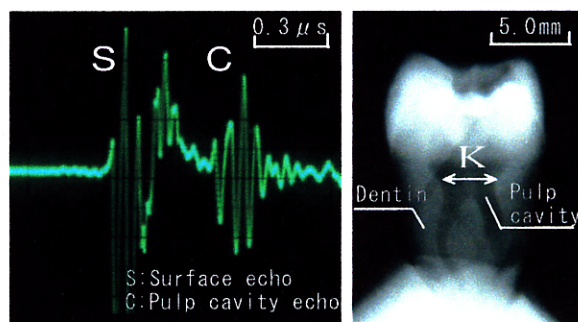


Fig. 5 Pulse echoes and X ray

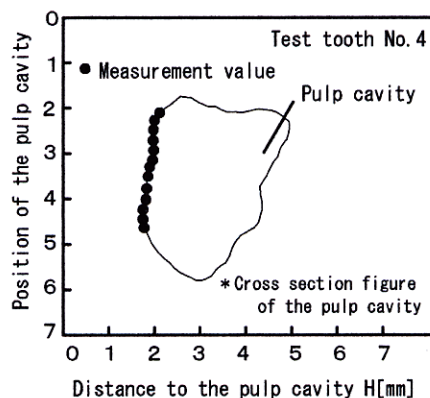


Fig. 6 Dentistry diagnosis system

### 文献

- (1) 押鐘 篤; 歯科ハンドブック理論編(1973) 文京書院, 604-610
- (2) Shuji Mezawa other; Evaluation of human tooth structure with the ultrasonic imaging technique(1999)
- (3) 富加須・田村・小野沢; 東北支部八戸地方講演会 (2002)no. 021-2