

硬さ計測を目的とした多機能カテーテルの研究

Development of manifold function catheter for stiffness measurement

- 春田 峰雪、村山 嘉延、尾股 定夫
○ Mineyuki Haruta, Yoshinobu Murayama, Sadao omata

日本大学大学院工学研究科

Graduate school of electrical engineering, Nihon University

キーワード：硬さ (Stiffness) 位相シフト法 (Phase shift circuit)
圧電セラミック素子 (Piezoelectric ceramic transducer)
カテーテル (Catheter) 触覚センサ (Tactile sensor) 血管 (Blood vessel)
腫瘍 (Neoplasm)

連絡先：福島県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
電子応用工学研究室
尾股 定夫 Tel/Fax.:024-956-8784

1.目的

近年、医療機器の発達に伴いさまざまな検査や手術が行われている。そのなかでもとりわけ患者に対し体への負担が少ない手術が求められている。それにこたえる形で発展してきたのが内視鏡的手術でありカテーテル法である。現在行われているカテーテル法は、造影剤を血管に流し込みそこにX線を当て映し出される映像を見て患部の場所や状態に合ったカテーテルを挿入していくものである(1)。しかしこの方法では、患部の大きさや形は知ることができても患部の硬さの状態を知ることはできない。また、血管内にカテーテルを挿入した状態でも患部の硬さの状態を知る手段がない。そこで本研究では物質の硬さを直接計測でき

る触覚センサをカテーテル先端に取り付けたものを用いて血管内壁の腫瘍部の硬さ検出が可能なカテーテルについての基礎的な研究を行った。

本報告では、硬さ測定用カテーテルの基本的構成及びモデル実験の結果を報告する。

2.原理

本研究では硬さ測定用のセンサとして触覚センサシステムを使用した(2)-(3)。センサ部には円筒型圧電セラミック素子(PZT)を使用し反転増幅器でセンサからの信号を増幅させ位相補正回路を介して強制帰還させることで発振回路系としている。発振状態における PZT は被測定対象物質に接触

させると対象物質の音響インピーダンスにより共振周波数が増減するため、このときの周波数変化量により物質の硬軟の特性を知ることができる。この方法は位相シフト法と呼ばれ従来から用いられている応力一歪み法に比べ高感度で対象物体の硬さを検出できる。

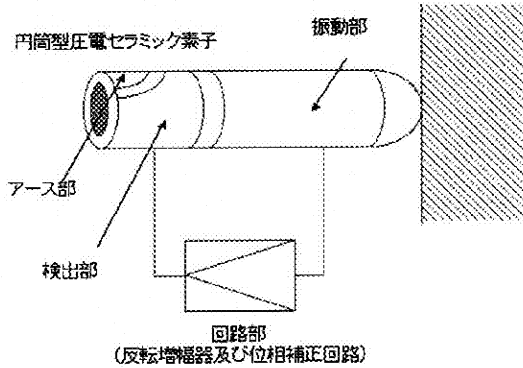


図1 触覚センサ基本構成図

3.測定方法

3.1 カテーテルセンサ構成

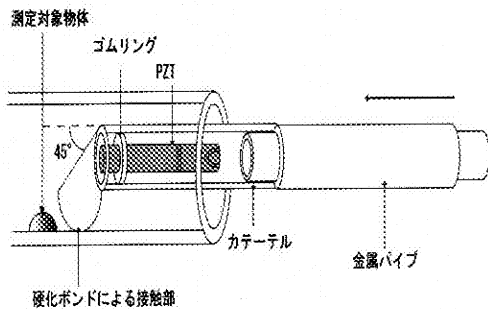


図2 カテーテルセンサの構成図

図2に本研究で使用したセンサ部の概略図を示す。PZTは小型である(外径1.15mm、内径0.60mm長さ7.15mm)ものを用いた。PZT部の振動の節をゴムリングによりテフロンチューブの内部に保持した。PZTの長さ方向に対し横向きに付けた接触子は人体に無害な硬化ボンドを加工し、振動が血管内壁の側面に伝わりやすいように45°に接触子上方をカットした。

3.2 計測システム構成

図3に今回使用した計測システムの構成図を示す。

計測方法は、センサの信号を Amp、Filter を介した帰還型発振回路の共振周波数を周波数カウンターで計測し、計測時のカテーテルにより加わる荷重は RS-232C を介してパソコンに出力させる。計測に用いた血管モデルは血管部をゴム管とし、腫瘍部は硬さの異なる試料を用いた。計測には荷重計に固定した血管モデル内壁に加える荷重を 1g 一定とした。このとき図2よりゴム管、測定対象物体に対し垂直に接触子により荷重が加わるようにセンサをセッティングした。また、血管モデルの内壁をマニピレータにセンサを固定し X 方向に 1mm ずつ接触子を這わせながら移動させて計測を行った。

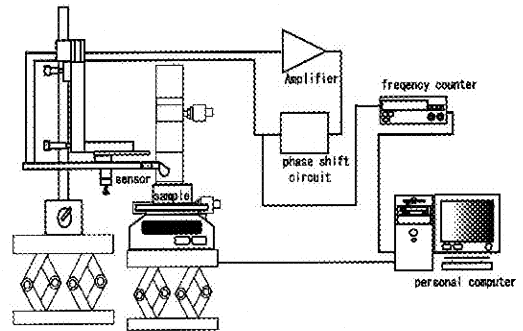


図3 計測システム概略図

4.結果

4.1 柔物質特性

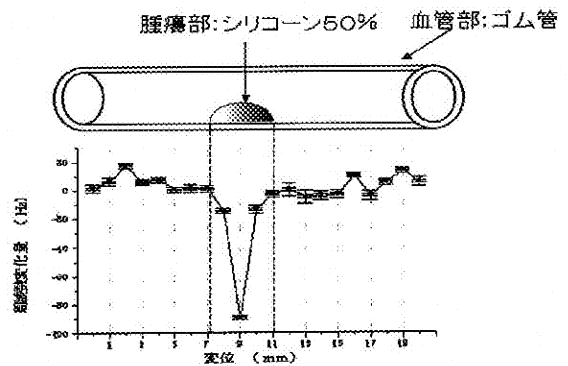


図4 血管モデル (腫瘍部:シリコン50%)の結果

図4は、血管にはゴム管を使い、腫瘍部にはシリコーン50%を用いた血管モデルにおける測定結果である。

結果よりゴム管では周波数にほとんど変化がなく、変位7-11mmの位置で周波数が約85Hz下がった。

4.2 硬物質特性

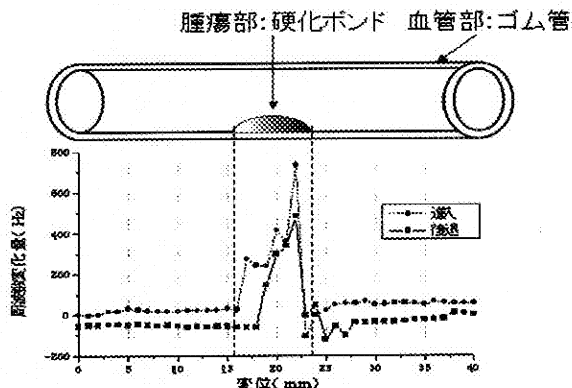


図5 血管モデル（腫瘍部：硬化ボンド）の結果

図5は腫瘍部に硬化ボンドを使用した血管モデルの測定結果である。

この図よりゴム管では周波数にほとんど変化がなく、変位17-22mm付近で進入では周波数が700Hz上がり後退では500Hz上がっている。

5. 考察

結果より触覚センサシステムを利用したカテーテルでは、血管モデル内における腫瘍部でシリコーン50%のような柔らかい特性をもつ物質では周波数変化量がマイナス方向に現れ、また硬化ボンドのように硬い特性を持つ物質では周波数変化量がプラス方向に変化する特性が得られた。このことから触覚センサシステムの特性がカテーテルでも再現されることが示された。これにより検出物質の硬軟の識別が可能であると考えられる。また、腫瘍の硬軟を問わず周波数変化量から腫瘍の位置及び大きさが読み取れる可能性があると考えられる。

6. 今後の展開

- 1、実用的な計測システムの確立
- 2、生体試料（ブタ）を用いた基礎実験
- 3、センサに腫瘍の除去機能を付ける
- 4、X線照射時におけるリアルタイムでのセンサの位置特定ができるセンサシステムの改善

参考文献

- (1) The Cardiac Catheterization Handbook, Morton j.kern
- (2) 尾股ほか、日本消化器外科学会雑誌、第33巻、第2号、p p. 156-162、2000
- (3) Omata, United, States Patent No.5766137 (1998)