

令和元年6月10日現在

機関番号：13802

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12929

研究課題名（和文）体内埋設インストゥルメントの経年劣化を探索評価するための広帯域超音波装置の開発

研究課題名（英文）Broadband ultrasound echo system for spinal rod examination

研究代表者

谷 重喜（TANI, SHIGEKI）

浜松医科大学・医学部・教授

研究者番号：80217116

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：体内に埋設された金属などの硬体部位の状態内部を非観血的に体外から超音波にて評価観察するものである。脊椎固定術などに代表されるように体内留置された金属ロッドは、それが破損した後に、X線透視検査などで確認はできている。同様に破損後であれば一般的な超音波断層装置でも破損したことを観察することは可能である。同様に超音波でも画像化は可能である。硬性物の密度測定が透過や反射で可能な対象である。破損前に金属劣化の状態を観察することは医学的手段としては皆無に等しい。そこで本来、超音波が高速に伝搬される金属の特性を利用して、金属疲労検査技術を超音波エコー装置に付加し、医学的臨床分野の検査対象としたものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脊髄湾曲の患者さんにとっては、脊髄ロッド埋設術による施術は、効果的な方法である。しかし、医療材料である脊髄ロッドが破損することがある。この脊椎インストゥルメント固定術に用いられるロッドの破損を未然に予測や確認が可能な金属疲労探傷検査方法を検討中であったが、医療で用いられるX線では、線量不足のために金属内部透視が不可能であり、X線CTスキャンでも線量不足や画像再構成時の演算処理で金属面にて疑似反射像アーティファクトが生じる。中央材料部にて鋼製小物の破損を未然に防止する金属疲労探傷検査の検討を行ったときに、超音波による金属内部探傷検査が可能であることを見出していた技術の利用が本研究である。

研究成果の概要（英文）：The metal (titanium etc.) embedded in the spinal cord region etc. in the body is to evaluate and observe the condition non-invasively from outside the body by ultrasound. As in spinal fusion, metal rods placed in the body can be confirmed by fluoroscopy, etc. after they are broken. Similarly, after breakage, it is possible to observe the failure with a common ultrasonic tomography device. Therefore, imaging is possible with ultrasound as well as X-rays. Ultrasound is an object capable of measuring the density of hard materials. Before the spinal rod breaks, observing the condition of the rod is utterly equivalent to a medical procedure. Therefore, metal fatigue inspection technology is added to the ultrasonic echo apparatus by applying the characteristics of metal through which ultrasonic waves are propagated at high speed, and applied to the examination of medical and clinical fields.

研究分野：医用情報工学

キーワード：超音波探傷 体内埋設医療材料 経年劣化 広帯域超音波 金属疲労 脊髄ロッド

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 脊椎インスツルメント固定術に用いられるロッドの破損を未然に予測や確認が可能な金属疲労探傷検査方法を検討中であったが、医療で用いられるX線では、線量不足のために金属内部透視が不可能であり、X線CTスキャンでも線量不足や画像再構成時の演算処理で金属面にて疑似反射像アーティファクトが生じる。

(2) そこで以前、中央材料部にて鋼製小物の破損を未然に防止する金属疲労探傷検査の検討を行ったときに、超音波による金属内部探傷検査が可能であることを見出していた技術の利用が本研究である(図1)。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、体内に埋設された金属などの硬体部位の状態内部を非観血的に体外から超音波にて評価観察するものである。脊椎固定術などに代表されるように体内留置された金属ロッドは、それが破損した後に、X線透視検査などで確認はできている。同様に破損後であれば一般的な超音波断層装置でも破損したことを観察することは可能である。

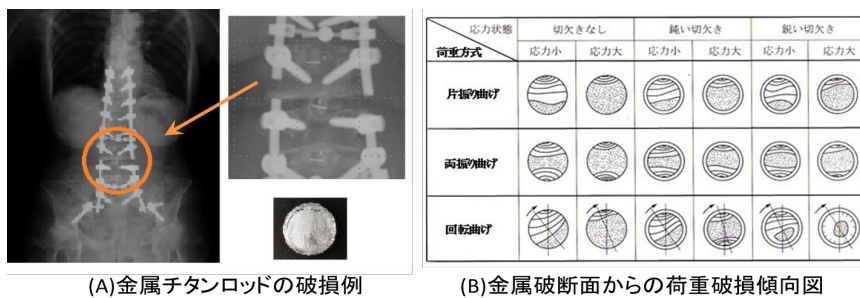


図1. 金属ロッドの破損例と金属破断面の評価図

(2) 画像化は出来ていないがX線と同様に超音波でも骨密度測定に利用されている如く、硬性物の密度測定が透過や反射で可能な対象である。しかし、破損前に金属劣化の状態を観察することは医学的手段としては皆無に等しい。そこで本来、超音波が高速に伝搬される金属の特性を利用して、金属疲労検査技術を超音波エコー装置に付加し、医学的臨床分野の検査対象とするもので

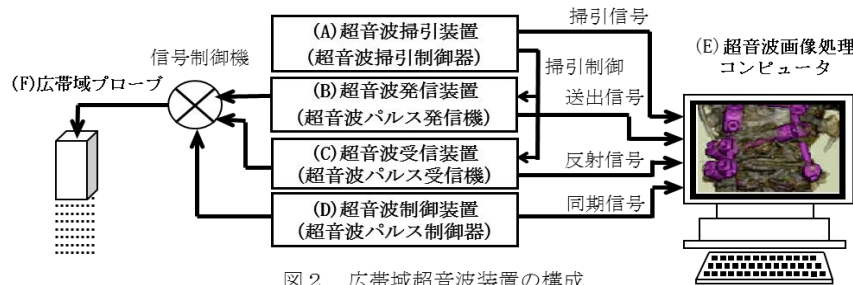


図2. 広帯域超音波装置の構成

ある。

3. 研究の方法

超音波探傷を行う上で重要となる広帯域周波数で掃引可能な超音波発信器を検討する。この発信器は、多様な硬度や材質の対象物に対する反射特性を検証することが目的である。これは超音波の伝達速度や反射強度が異なることの特性に対応したものである。また、皮下組織や臓器と骨(骨材質)との分別特性に優れた広帯域超音波素子プローブの検討も行う。超音波発信器とプローブから得られる周波数毎の超音波反射特性は、高速画像処理コンピュータでFFT処理後に画像化する(図2)。

広帯域超音波プローブに関しては、複数の超音波素子の配列や配向性が相互干渉の補正に重要となる。広帯域超音波発信器は、観測対象深度を深くするための出力と入力が増強を行う。また、金属などでは従来の人体内部の対象と比べて音速が早くなることでの画像遅延に対応したコンピュータの高速処理化を行う。

4. 研究成果

(1) 超音波素子配置の検証

超音波素子の配置形態は、対象物の大きさ、固さ距離、そして照射する超音波の周波数と重要な関係がある。臨床現場で利用されている超音波エコー装置は、主として反射法を前提にしてプローブ内部に超音波素子が配置されている。一般的な医療分野での超音波エコー装置との整合性を考慮して反射法を主たる研究の目標としたが、金属に対する適合性の検証や将来への応用の知見を得るために、研究当初より予定した(A)反射法、(B)透過法、(C)二振動子反射法(図3)により、対象となる金属や傷部位との検知特性も検討した。発信波に対する対象物からの反射は(A)反射法が優れてい入るが、多くの対象物からの反射を処理する必要があった。(B)透過法に関しては、対象物の厚さに影響が大きいため人体のような体積物では困難である。(C)二振動子法は、対象物に対する反射特性は優れてはいるが、各振動子の交わる検出ポイントから反れた場合には検出感度が劣化することや、検出器の相対的反射角度の設定が困難であった。

(2)金属等に対する超音波探傷周波数の検証

物質内での音波は、具体的な組成や微細構造、粒子または繊維の配向、多孔性、温度など、さまざまな要因により大きく異なる。本研究では脊椎固定術で多用されている ASTM F67 (純チタン)、ASTM F136 (Ti-6Al-4V, チタン合金)の金属について検証や将来利用される可能性がある他の金属、カルシウムセラミックスなども対象とした。

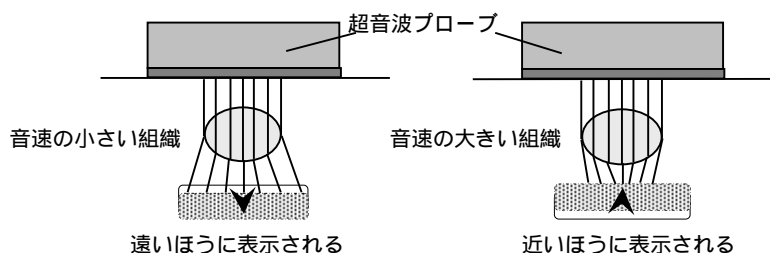


図4. 近隣する組織の音速変化による影響

広帯域超音波装置の構成部位の広帯域超音波発信装置(図2(B))、広帯域超音波受信装置(図2(C))について、発信機は出力強度、受信機は入力感度の増強改良を行った。しかし、超音波プローブとの波長同期性や共振などを除去するためのフィルターを追加しなければ、プローブ自身の内部で生じる反射波が画像にノイズとして現れる疑似エコー像の除去が中心課題であった。

(4)観測部位の進度による検証

表示装置の深さ方向の距離は、組織中の音速が一定の値(規定音速 1530m/s)であるとする前提で超音波伝播速度時間から距離に換算している。したがって、音速の小さい(大きい)組織の背後にある反射体は実際より遠い(近い)距離に表示される。このため周辺組織の形状や硬さの異なる組織が隣接している場合、位置関係にずれが発生し画像として表示されない場合もあった(図4)。この現象は音速の異なる組織を対象とする、本研究のような超音波プローブの装置では、平面画像として前面に映し出された背後の組織の画像観察時に影響することとなっている(図4右)。このような組織配置での描画問題の回避方法として、媒質や媒体の反射特性に配慮して画像補正を行う方法が考えられるが正確な計測には不向きであった。

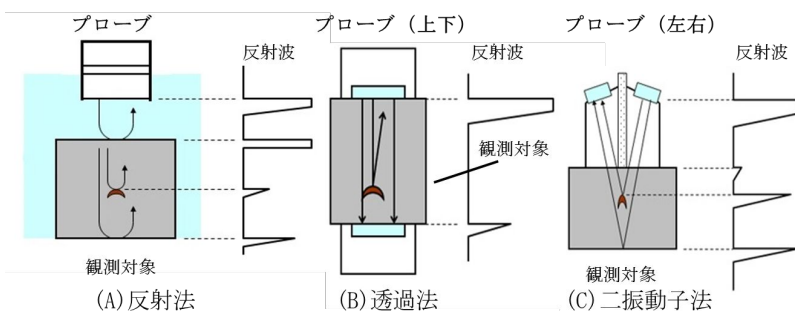


図3. 超音波素子と観測対象との配置

7500m/sec である。この伝搬速度の差は5倍程度であるが、前記したように反射時間の差から画像処理する描画性能にはゆがみとして影響したこの解決策として、コンピュータの描画速度を向上するためには、さらに高速な描画装置が必要であり、今後の研究課題である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 0件)

[学会発表](計 0件)

(3)広帯域超音波装置の好感度化

対象物に対する超音波深度を向上させるために、

(5)超音波画像処理コンピュータの改良と評価

体内水性部位や臓器(例:肝臓)では、超音波の伝搬速度は1500~1600m/secであるが、骨では同、2500~4500m/sec また、医療材料のチタンでは、6000~

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称： (出願準備中)

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研協力者

1. 研究分担者氏名：山内克哉

ローマ字氏名：YAMAUCHI KATSUYA

所属研究機関名：浜松医科大学

部局名：医学部付属病院

職名：講師

研究者番号(8桁): 40377750

2. 研究分担者氏名：長谷川智彦

ローマ字氏名：HASEGAWA TOMOHIKO

所属研究機関名：浜松医科大学

部局名：医学部附属病院

職名：講師

研究者番号(8桁): 50402368

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。