

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 3 月 27 日(27.03.2014)



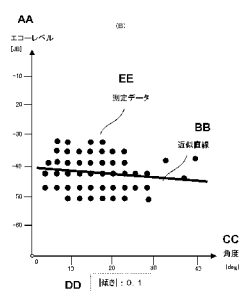
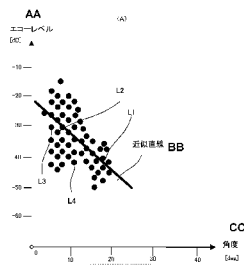
(10) 国際公開番号

WO 2014/045925 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 8/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/074306
- (22) 国際出願日: 2013 年 9 月 10 日(10.09.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-205215 2012 年 9 月 19 日(19.09.2012) JP
- (71) 出願人: 古野電気株式会社(FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 喜屋武 弥(KIYAN, Wataru); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 新井 竜雄(ARAI, Tatsu); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, LR, NA, RW, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BG, CZ, EE, HR, HU, IS, LT, LV, MK, MT, NO, PL, RO, RS, SI, SK, SM), OAPI (KM).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ULTRASONIC ANALYSIS DEVICE, ULTRASONIC ANALYSIS METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 超音波解析装置、超音波解析方法及びプログラム



AA Echo level
BB Rectilinear approximation
CC Angle
DD [Incline]
EE Measurement data

(57) Abstract: [Problem] To provide an ultrasonic analysis device, ultrasonic analysis method, and program for quantitatively analyzing the surface condition of cartilage. [Solution] The present invention makes use of the property of ultrasonic waves being diffusely reflected at the surface of modified cartilage. An analysis unit uses sets of data comprising the intensity of echo signals detected by an intensity detection unit and the angle of incidence of ultrasonic signals on the surface of cartilage, to quantitatively analyze the surface condition of cartilage on the basis of the distribution of the sets of data. The angle of incidence of the ultrasonic signals on the surface of the cartilage is inputted with, for example, a keyboard.

(57) 要約: 【課題】軟骨の表面状態を、定量的に解析するための超音波解析装置、超音波解析方法及びプログラムを提供する。【解決手段】本発明は、変性した軟骨の表面で乱反射される超音波の性質を利用した発明である。解析部は、強度検出部によって検出されたエコー信号の強度および軟骨の表面に対する超音波信号の入射角度からなる組のデータを用い、その組のデータの分布に基づいて、軟骨の表面状態を定量的に解析する。軟骨の表面に対する超音波信号の入射角度は、例えば、キーボードで入力される。 図8

WO 2014/045925 A1

明 細 書

発明の名称：超音波解析装置、超音波解析方法及びプログラム 技術分野

[0001] 本発明は、軟骨の状態を定量的に解析するための超音波解析装置、超音波解析方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、関節腔内の軟骨の状態を直感的且つ定量的に評価するために、軟骨に超音波を当て、その反射エコーに基づいて解析データを生成するシステムが各種考案されている。

[0003] 例えば、特許文献１に示す超音波解析システムでは、先端に光プローブの先端部にプリズム部を有した関節内光プローブを、関節軟骨に直接接触させ、または赤外線を照射して、軟骨の成分を測定することにより、軟骨の「硬さ」、「厚さ」、および「表面粗さ」を定量的に評価している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特許第４６５４４３０号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献１に示すような方法は、被験者に大きな負担を強いいる。

[0006] そこで、本発明の目的は、経皮測定で得られた軟骨表面からのエコー信号の特徴量から軟骨性状を定量的に解析する超音波解析装置、超音波解析方法及びプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の超音波解析装置は、超音波信号を送信し、生体内部で反射したエコー信号を受信する送受信部と、前記エコー信号の強度を検出する強度検出部と、を備える。

- [0008] そして、本発明の超音波解析装置は、前記超音波信号の前記生体内部に存する軟骨の表面に対する入射角度に対する前記エコー信号の強度の分布、に基づいて前記軟骨の表面状態を解析する解析部、を備える。
- [0009] 軟骨の表面に対する超音波信号の入射角度は、例えば、キーボードで手入力される。
- [0010] 軟骨は、コラーゲン、プロテオグリカン、水等からなる。正常な軟骨は、コラーゲン繊維が軟骨表面で密に配置されている。軟骨は、変性すると、コラーゲン繊維が断裂し、表面が粗くなることが知られている。
- [0011] 超音波信号は、表面が密である正常な軟骨に照射されると、ほぼ正反射する。したがって、エコー信号の強度は、正常な軟骨表面に対し超音波が90度で入射する場合、最も強い。エコー信号の強度は、正常な軟骨表面に対する超音波の入射角度が、小さくなる（例えば60度となる）位置では、超音波を正反射させる正常軟骨の性質から、90度となる位置に比べ、弱くなる。すなわち、エコー信号の強度は、正常な軟骨であれば、入射角度に強く依存する。一方、超音波信号は、表面が粗い変性軟骨に照射されると、乱反射する。したがって、エコー信号の強度は、軟骨の表面に対する超音波の入射角度が変化しても、正常な軟骨の場合と比べ、あまり変化しない。すなわち、エコー信号の強度は、変性した軟骨であれば、入射角度に依存する度合いが弱い。
- [0012] 本発明の超音波解析装置の解析部は、エコー信号の強度が軟骨の表面に対する超音波の入射角度に依存している度合いを定量的に求め、軟骨の表面状態を解析する。したがって、測定者は、本発明の超音波解析装置に、経皮測定で、軟骨の表面状態を定量的に解析させることができる。
- [0013] また、本発明の超音波解析装置の強度検出部は、送受信部に対する軟組織と軟骨の位置関係が異なる複数の状態で得たエコー信号を比較し、複数の状態のエコー信号の波形が最も類似する領域の送受信部に対する相対位置の変化から軟骨表面を検出し、エコー信号のうち軟骨表面で反射したエコー信号の強度を検出する。

- [0014] このようにして、強度検出部は、軟骨表面を検出して、当該軟骨表面からエコー信号を識別し、エコー信号の強度を検出する。
- [0015] また、本発明の超音波解析装置の解析部は、時間差検出部を備える。時間差検出部は、生体表面の互いに異なる位置でそれぞれ送信された超音波信号の送信タイミングから、各超音波信号に基づいてそれぞれ検出した前記エコー信号の受信タイミングまでの時間差を検出し、検出した時間差を解析部に送る。
- [0016] 時間差検出部によって求められる時間差は、超音波信号が送受信部から軟骨表面に到達する時間と、エコー信号が軟骨表面から送受信部に到達する時間と、を合計した時間、すなわち送受信部素子面から軟骨表面を往復伝搬する時間である。したがって、時間差検出部によって求められる時間差を2で割って媒質の音速を乗算した距離が送受信部から軟骨表面までの距離となる。
- [0017] このようにして解析部は、軟骨表面の測定点の位置を算出することができる。そして、解析部は、求められた軟骨表面の複数の測定点の近似直線（一次元）または近似面（二次元）を求める。近似直線および近似面は、最小二乗法等によって求められる。
- [0018] 次に、解析部は、近似面の法線方向と超音波が進行する方向から、当該近似面に対する超音波信号の進行方向が傾斜する角度を求め、求めた角度を超音波信号の入射角度とする。したがって、本発明の超音波解析装置は、解析前に軟骨の表面の位置が検知されてなくても、軟骨表面の位置および形状を立体的にとらえ、軟骨表面に対する超音波信号の入射角度を求めることができ、軟骨の表面状態を解析することができる。
- [0019] 本発明の超音波解析装置の送受信部は、生体表面を順次スキャンして、生体表面の複数の位置の各位置において、超音波信号を送信し、かつエコー信号を受信する。したがって、測定者は、超音波解析装置に、連続して軟骨の表面の解析をさせることができる。
- [0020] また、本発明の超音波解析装置は、複数の送受信部を有し、各送受信部は

、生体表面の複数の位置の各位置において、超音波信号を送信し、かつエコー信号を受信する。この構成により、本発明の超音波解析装置は、同時に複数の位置において、軟骨の表面を解析する。

[0021] また、本発明の超音波解析装置の解析部は、入射角度に対するエコー信号の強度の分布の回帰直線を求め、当該回帰直線の傾きに基づき、軟骨の表面状態を定量的に解析する。回帰直線の傾きは、超音波信号の入射角度に対するエコー信号の強度の依存の度合いに対応する。したがって、解析部は、軟骨の表面が変性している定量的な度合いとして、回帰直線の傾きを求めることができる。

[0022] また、本発明の超音波解析装置の解析部は、回帰直線の傾きの絶対値が0に近いほど軟骨の表面が変性していると判断する。したがって、測定者は、本発明の超音波解析装置に、軟骨が変性しているか否かを定量的に判断させることができる。

[0023] 本発明の超音波解析装置の解析部は、定量的に軟骨の変性を判断する以外でも、回帰直線の傾きの絶対値が所定の閾値より小さいと、軟骨の表面が変性していると判断する。したがって、測定者は、本発明の超音波解析装置に、軟骨が変性しているか否かのどちらかを、判断させることができる。

[0024] 本発明の超音波解析システムは、本発明の超音波解析装置と、当該超音波解析装置の解析部が解析した結果を表示する表示部と、を備える。この構成により、測定者は、視覚的に超音波信号の入射角度に対するエコー信号の強度の分布を解析した結果（当該分布、回帰直線の傾き、および所定の閾値との比較）を知ることができる。

[0025] 本発明は、超音波解析装置に限らず、超音波で解析する方法または情報処理装置に実行させる超音波解析プログラムであってもよい。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、経皮測定で得られた軟骨表面からのエコー信号の特徴量から、軟骨表面に対する超音波信号の入射角度に対する、エコー信号の強度の分布を解析し、軟骨の変性を定量的に解析できる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]実施形態に係る超音波解析システムの構成及び膝関節内部を示す図である。

[図2]超音波解析装置のブロック図を示す図である。

[図3]軟骨表面から反射したエコー信号の強度および超音波の送信とエコー信号の受信の時間差を示す図である。

[図4]膝関節の構造および測定箇所を示す図である。

[図5]各測定位置における外皮から軟骨表面の距離を示す図である。

[図6]各測定位置における軟骨表面に対する超音波信号の入射角度を示す図である。

[図7]各測定位置におけるエコー信号の強度を示す図である。

[図8]各測定位置における超音波の入射角度に対応するエコー信号の強度の分布を示す図である。

発明を実施するための形態

[0028] 図1は、本発明の超音波解析システムの構成および膝関節内部を示す図である。超音波プローブ1の先端にトランスデューサ2が取り付けられている。超音波プローブ1およびモニタ4は、コンピュータ3に接続される。トランスデューサ2は、被験者の膝に接触されて用いられる。駆動機構6は、超音波プローブ1を、コンピュータ3の指示に基づき、駆動機構6の軸に沿って平行に駆動する。

[0029] 超音波プローブ1は、トランスデューサ2の動作を制御する。超音波プローブ1は、コンピュータ3から超音波信号の送信指示を受け取り、トランスデューサ2に送る。トランスデューサ2は、送信指示に基づいて超音波信号を膝軟骨5に向けて照射する。また、トランスデューサ2は、膝軟骨5の表面で反射したエコー信号を受信し、当該エコー信号のレベルに応じた受信信号を超音波プローブ1に送る。超音波プローブ1は、トランスデューサ2から受け取った受信信号をコンピュータ3に送る。超音波解析システムは、駆動機構6が超音波プローブ1を駆動することにより、順次膝軟骨5を測定す

る。なお、トランスデューサ 2 は、本発明の必須の構成ではなく、コンピュータ 3 からの指示で超音波プローブ 1 が超音波を送受信する態様であっても良い。

[0030] 図 2 (A) は、コンピュータ 3 のブロック図である。コンピュータ 3 は、受信部 30、送信部 31、信号処理部 32、画像処理部 33、および制御部 34 から構成される。制御部 34 は、受信部 30、送信部 31、信号処理部 32、画像処理部 33、駆動機構 6 の動作を制御する。

[0031] 受信部 30 は、超音波プローブ 1 から受信信号を受け取る。受信部 30 は、受信信号を A/D 変換し、信号処理部 32 に送る。送信部 31 は、制御部 34 の指示に従って送信指示を超音波プローブ 1 に送る。

[0032] 信号処理部 32 は、図 2 (B) に示すように、強度検出部 320、時間差検出部 321、および解析部 322 から構成される。

[0033] 図 3 は、受信信号を示す図である。図 3 において、横軸は、時間であり、縦軸は、電圧（振幅）である。強度検出部 320 は、受信部 30 から得た受信信号の情報（時間ごとの受信信号の電圧）を用いてエコー信号の強度および受信タイミングを検出する。具体的には、強度検出部 320 は、所定の時間内（例えば $100\ \mu\text{s}$ 内）における電圧が最も大きい値をエコー信号の強度とし、最大電圧となったタイミングを受信タイミングとする。例えば、図 3 におけるエコー信号の強度は、およそ $0.4\ \text{V}$ であり、受信タイミングは、およそ $40\ \mu\text{s}$ 経過したときである。なお、受信タイミングは、エコー信号の強度が最大電圧となったタイミングに限らず、図 3 に示すエコー信号の強度の包絡線の最大電圧となるタイミング、または図 3 に示すエコー信号の強度が所定の閾値以上かつエコー信号の強度の微分値が所定の閾値以上となるタイミングから最も時間が近いゼロクロス点のタイミングとしてもよい。

[0034] さらに、強度検出部 320 は、軟骨表面を次の方法で検出して、当該軟骨表面のエコー信号強度と受診タイミングを検出してもよい。

[0035] 軟骨表面の検出方法としては、例えば、次の方法が考えられる。膝の表面

に超音波プローブ 1 を当接してエコー信号を受信する。これを第 1 状態のエコー信号とする。次に、超音波プローブ 1 を膝の表面に当接させたまま移動し、エコー信号を受信する。これを第 2 状態のエコー信号とする。

[0036] 超音波プローブ 1 を膝の表面に当接させたまま移動させても軟骨は動かないが、軟骨表面と膝の表面との間に存在する軟組織は、超音波プローブ 1 の移動に追従して移動する。したがって、軟組織は第 1 状態と第 2 状態とで超音波プローブ 1 に対する相対位置は変化しないが、軟骨は第 1 状態と第 2 状態とで超音波プローブ 1 に対する相対位置は変化する。

[0037] この原理を利用して、第 1 状態のエコー信号と第 2 状態のエコー信号における波形が類似する領域を検出し、当該類似領域と超音波プローブ 1 との相対的位置関係が第 1 状態と第 2 状態とで変化する領域と、変化しない領域との境界を検出する。この境界を、膝軟骨表面として検出する。

[0038] そして、強度検出部 320 は、検出したエコー信号の強度を解析部 322 に、また、エコー信号の強度および受信タイミングを時間差検出部 321 に送る。

[0039] 制御部 34 は、時間差検出部 321 を動作させる際に、送信部 31 が送信指示を行ったタイミングを、時間差検出部 321 に送る。そして、時間差検出部 321 は、送信指示を行ったタイミングから受信タイミングまでの時間差を算出する。次に、時間差検出部 321 は、検出した時間差を、解析部 322 に送る。時間差検出部 321 により求められた時間差は、トランスデューサ 2（生体表面）から膝軟骨 5 の表面までの距離に対応する。

[0040] 時間差検出部 321 から送られた時間差は、超音波がトランスデューサ 2（生体表面）から膝軟骨 5 の表面までを往復する時間である。解析部 322 は、生体表面で超音波信号を照射した点において、検出された時間差に、超音波が生体内部で進行する速度を乗算し、さらに 2 で除算し、トランスデューサ 2（生体表面）から膝軟骨 5 の表面までの距離を求める。

[0041] 解析部 322 による膝軟骨 5 の表面に対する超音波信号に入射角度の算出について、図 4 を用いて、以下、詳細に説明する。

[0042] 図4（A）は、右膝関節を内側から外側に見たときの、膝関節の内部構造を示す図である。図4（A）において、+Z側は、膝の表側であり、-Z側は、膝の裏側である。図4（A）において、+Y側は、胴体側であり、-Y側は、足先側である。図4（A）における点線部で占める範囲は、右膝の外皮において、超音波信号を照射する範囲である。コンピュータ3は、超音波プローブ1が図4（A）における線に沿ってスキャンするよう、駆動機構6を制御する。

[0043] 図4（B）は、図4（A）の点線部で占める範囲を、+Z側から-Z側に向けて見たときの図である。Xの値が大きくなる方向は、右膝の内側の方向である。各黒点は、超音波信号を照射した位置である。図4（C）は、図4（B）の図の一部（四角の実線の範囲）の拡大図である。本実施形態では、説明のために、超音波を照射した範囲を小領域に分けて、番号（L1乃至L4）を付している。また、本実施形態では、小領域L1内の超音波を照射した各点に、番号（N1乃至N9）を付している。超音波信号およびエコー信号は、各点で順次スキャンされ、トランスデューサ2によって送受信される。1つの超音波プローブ1で各点を順次スキャンする以外に、複数の超音波プローブ1を用いて、同時にスキャンする態様であっても構わない。

[0044] まず、解析部322は、小領域L1内のN1乃至N9の各点において、それぞれの点からトランスデューサ2（生体表面）から軟骨表面までの距離を求める。さらに、解析部322は、超音波信号の方向ベクトルおよび軟骨表面までの距離から、膝軟骨5の表面における超音波信号が反射した位置を求める。図5（A）は、図4（A）および図4（B）に示す超音波信号を照射した各位置における、生体表面から膝軟骨5の表面までの深さを示す図である。解析部322より求められた膝軟骨5の表面までの距離は、生体表面から膝軟骨5までの深さに相当する。図5（A）は、深さの値が小さいほど、膝軟骨5の表面が生体内部側にあることを示す図である。図5（A）に示す各黒点は、解析部322により求められたM1乃至M9である。図5（B）は、1次元（X方向）で、各点の深さの値を示した図である。

- [0045] M 1 は、膝軟骨 5 の表面のうち N 1 から照射された超音波信号が反射した位置である。解析部 3 2 2 は、M 1 の位置算出と同様に、N 2 乃至 N 9 にそれぞれ対応した M 2 乃至 M 9 を求める。また、図 5 (B) に示す小領域 K 1 は、M 1 乃至 M 9 からなる面の一部を一次元で表したものであり、M 1 乃至 M 3 を通る曲線部である。
- [0046] 解析部 3 2 2 は、膝軟骨 5 の表面の一部の位置 (M 1 乃至 M 9) を求めることにより、膝軟骨 5 の表面の一部の形状を求めることができる。
- [0047] 解析部 3 2 2 は、小領域 K 1 の近似直線を求める。近似直線は、最小二乗法により求められる。すなわち、解析部 3 2 2 は、M 1 乃至 M 3 の各点から近似直線までの残差の二乗値を求め、各点について求めた二乗値の総和が最小となるよう、近似平面の法線ベクトルを求める。近似平面の求め方は、最小二乗法に限らない。なお、解析部 3 2 2 は、小領域が二次元 (X 軸および Y 軸からなる面) の場合、小領域の近似平面を求める。
- [0048] そして、解析部 3 2 2 は、小領域 K 1 の中央である M 2 に照射された超音波信号の進行方向ベクトルと、求めた近似直線の法線ベクトルのなす角度を求め、求めた角度を、小領域 K 1 における、超音波信号の膝軟骨 5 の表面への入射角度とする。次に、解析部 3 2 2 は、N 1 乃至 N 3 において強度検出部 3 2 0 が検出したエコー信号の強度の平均値を、小領域 K 1 における超音波信号の入射角度と対応付ける。
- [0049] なお、解析部 3 2 2 は、小領域が二次元の場合、近似平面の法線ベクトルと M 1 乃至 M 9 の中央である M 5 に照射された超音波信号の進行方向ベクトルを用いて、膝軟骨表面への入射角度を求める。また、解析部 3 2 2 は、この場合、エコー信号の強度の平均値を、N 1 乃至 N 9 において検出したエコー信号の強度から求める。
- [0050] 制御部 3 4 は、駆動機構 6 を制御し、K 1 以外の小領域においても、強度検出部 3 2 0 および時間差検出部 3 2 1 に、エコー信号の強度および時間差を、検出させる。そして、制御部 3 4 は、解析部 3 2 2 に、各小領域におけるエコー信号の強度の平均値を、当該小領域における超音波信号の入射角度

に、対応付けさせる。

[0051] 図6は、図4（A）および図4（B）に示す超音波信号を照射した各位置における、超音波信号の膝軟骨5の表面に対する入射角度を示す図である。

図7は、図4（A）および図4（B）に示す超音波信号を照射した各位置における、エコー信号の強度を示す図である。

[0052] 以上のように、解析部322は、超音波信号の入射角度に対するエコー信号の平均強度の分布を作成する。そして、解析部322は、作成した当該分布に対して、統計的な解析をする。

[0053] 解析部322は、統計的解析のため、超音波信号の入射角度に対するエコー信号の平均強度の分布の回帰直線を、例えば最小二乗法によって求める。回帰直線の傾きの絶対値は、エコー信号の強度が超音波信号の入射角度に依存する度合いである。したがって、解析部322は、当該依存する度合いを、定量的な値として、求めることができる。

[0054] 最後に、解析部322は、解析結果を、画像処理部33に送る。解析結果は、生体表面の複数の位置の各位置における、膝軟骨5の表面までの距離および超音波信号の入射角度、超音波信号の入射角度に対するエコー信号の平均強度の分布、および当該分布の回帰直線である。

[0055] 画像処理部33は、解析部322から受け取った解析結果を、2次元グラフで表示する画像を生成し、モニタ4に送る。そして、制御部34は、モニタ4に、当該画像を表示させる。したがって、測定者は、解析結果を視覚的に認識することができる。モニタ4は、本発明において、必須の構成ではなく、印刷手段によって解析結果が印刷される態様であっても構わない。

[0056] 図8は、モニタ4に表示される画像を示す図である。図8（A）および図8（B）は、横軸を超音波信号の入射角度とし、縦軸がエコー信号の強度とし、エコー信号の平均強度および超音波信号の入射角度からなる複数のデータをプロット（小領域L1におけるデータ等）した図である。図8（A）は、正常な軟骨の解析結果を示す図である。図8（B）は、変性した軟骨の解析結果を示す図である。図8（A）では、回帰直線の傾きの絶対値が0.9

であり、図 8 (B) では、回帰直線の傾きの絶対値 0.1 である。すなわち、正常な軟骨に対するエコー信号の強度は、図 8 (A) に示すように、回帰直線の傾きの絶対値が 0.9 と大きいため、角度依存性がある。一方、変性した軟骨に対するエコー信号の強度は、回帰直線の傾きの絶対値が 0.1 と、正常な軟骨の回帰直線の傾きの絶対値より小さいため、角度依存性がない。

[0057] 測定者は、モニタ 4 に表示される図 8 (A) または図 8 (B) の回帰直線の傾きの絶対値により、軟骨の変性している度合いを定量的に知ることができる。

[0058] また、解析部 322 は、図 8 (A) の回帰直線の傾きの絶対値と比べ、図 8 (B) の回帰直線の傾きの絶対値が小さいことから、図 8 (B) に示すように解析された軟骨の方がより変性していると判断する。このように、測定者は、超音波解析システムに、左膝軟骨と右膝軟骨を解析させることにより、どちらの膝軟骨がより変性しているか判断することができる。

[0059] また、超音波解析システムの解析部 322 は、回帰直線の傾きの絶対値が所定の閾値より小さい場合、解析した軟骨が変性していると判断する。例えば、所定の閾値を 0.5 とした場合、解析部 322 は、図 8 (A) に示す例では、近似直線の傾きが 0.9 と閾値より大きく、正常な軟骨と判断する。一方、解析部 322 は、図 8 (B) に示す例では、回帰直線の傾きの絶対値が 0.1 と閾値より小さく、変性した軟骨と判断する。また、解析部 322 は、この判断結果を、画像処理部 33 に送り、そして、制御部 34 は、モニタ 4 に、その画像を表示させることができる。また、所定の閾値は、1 つに限らず、複数あっても良い。解析部 322 は、複数の所定の閾値を用いる場合、軟骨の変性を、段階的に、例えば、正常、やや変性、かなり変性、即治療要のうちいずれかの段階と、判断することができる。他にも、解析部 322 は、回帰直線の傾きの絶対値を正常度合い（例えば傾きの絶対値が 0.9 であれば正常度 90%）として、軟骨の変性度合いを判断することができる。

[0060] 制御部 34 は、モニタ 4 に、図 8 だけでなく、図 5 乃至図 7 も解析結果と

して表示させることができる。本発明は、表示された図5乃至図8から、変性度を測定者自身で判断する態様であっても良い。

[0061] 以上のように、本発明の超音波解析システムは、膝軟骨5が変性している度合いを、回帰直線の傾きの絶対値を算出することにより、定量的に解析することができる。また、測定者は、解析結果がモニタ4で表示されることにより、定量的な解析結果を認識することができる。

[0062] なお、上記の例の駆動機構6は、本発明の必須の構成ではない。手作業により、超音波照射位置を移動させ、複数の位置において測定する態様であっても構わない。

[0063] なお、上記の例の強度検出部320は、受信部30から送信されたデジタルデータを処理しているが、この態様に限らない。受信部30からアナログの受信信号を強度検出部320が受け取り、当該受信信号を処理する態様であっても良い。

[0064] また、本発明の超音波解析システムは、可搬性に優れる、超音波プローブ1及びモニタ4がコンピュータ3に一体に構成される態様であっても構わない。

[0065] 上記の例では、超音波信号の入射角度に対するエコー信号の平均強度の分布の解析として、回帰直線の傾きの絶対値を求めているが、エコー信号の平均強度および膝軟骨5に対する超音波信号の入射角度の相関係数を求めて解析しても良い。解析部322は、軟骨の変性度合の解析のために相関係数を算出場合、相関係数が-1（負相関）に近い値ほど、正常な軟骨と判断し、相関係数が0（無相関）に近い値であれば、軟骨が変性していると判断する。

[0066] なお、上記の例では、時間差検出部321が検出した時間差に超音波の進行速度を乗算し、膝軟骨5の表面までの距離を求めているが、図5に示すように、測定者が視覚的に認識できるように距離を求めているにすぎない。本発明は、トランスデューサ2から膝軟骨5の表面までの距離を求めなくても軟骨の表面状態を解析できる。すなわち、解析部322は、X軸、Y軸、お

よび時間差軸からなる空間における近似平面を求め、その近似平面の傾斜角度を超音波信号の入射角度として、当該入射角度とエコー信号の平均強度との相関関係を解析しても良い。また、コンピュータ 3 に接続されるキーボードを通じて、測定者が入射角度を手入力し、解析部 3 2 2 に与える態様であっても良い。

[0067] また、上記の例では 3 点から近似直線を算出したが（近似平面は 9 点を用いて算出）、3 点に限らない。

[0068] 本実施例のエコー信号の強度の単位は、図 8（A）および図 8（B）に示すように、dB を用いているが、電圧の単位である Volt でもよい。しかし、エコー信号の電圧の絶対値は、生体表面から膝軟骨 5 の表面までの軟部組織が厚い被験者の場合、小さく、その変化量の絶対値も小さいため、解析しても回帰直線の傾きの絶対値に有意な差が表れにくくなる。一方、回帰直線の傾きの絶対値は、エコー信号の強度の単位を dB にすると、エコー信号の電圧が低く検出されても、相対的な値に変換されるため、有意な差となる。

符号の説明

- [0069] 1…超音波プローブ
2…トランスデューサ
3…コンピュータ
4…モニタ
5…膝軟骨
6…駆動機構
30…受信部
31…送信部
32…信号処理部
33…画像処理部
34…制御部
320…強度検出部

3 2 1 …時間差検出部

3 2 2 …解析部

請求の範囲

- [請求項1] 超音波信号を送信し、生体内部で反射したエコー信号を受信する送受信部と、
- 前記エコー信号の強度を検出する強度検出部と、を備えた、超音波解析装置であって、
- 前記超音波信号の前記生体内部に存する軟骨の表面に対する入射角度に対する前記エコー信号の強度の分布、に基づいて前記軟骨の表面状態を解析する解析部、
- を備えたことを特徴とする超音波解析装置。
- [請求項2] 前記強度検出部は、
- 前記送受信部に対する軟組織と軟骨の位置関係が異なる複数の状態で得たエコー信号を比較し、前記複数の状態のエコー信号の波形が最も類似する領域の前記送受信部に対する相対位置の変化から軟骨表面を検出し、前記エコー信号のうち前記軟骨表面で反射したエコー信号の強度を検出することを特徴とする請求項1に記載の超音波解析装置。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載の超音波解析装置であって、さらに、
- 生体表面の互いに異なる位置でそれぞれ送信された超音波信号の送信タイミングから、各超音波信号に基づいてそれぞれ検出した前記エコー信号の受信タイミングまでの時間差を検出する時間差検出部を備え、
- 前記送受信部は、前記互いに異なる位置において、前記超音波信号を送信し、前記エコー信号を受信し、
- 前記解析部は、前記互いに異なる位置における時間差検出結果に基づいて前記入射角度を算出することを特徴とする超音波解析装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の超音波解析装置であって、
- 前記解析部は、前記互いに異なる位置における各位置の前記時間差

に基づいて前記軟骨の表面の近似面を求め、前記入射角度を算出する、

ことを特徴とする超音波解析装置。

[請求項5] 請求項1または請求項2に記載の超音波解析装置であって、
前記時間差検出部の検出結果に基づいて前記生体表面から前記軟骨表面までの各距離を算出する距離検出部を備え、
前記解析部は、前記互いに異なる位置における前記各距離に基づいて前記入射角度を算出する、ことを特徴とする超音波解析装置。

[請求項6] 請求項1乃至請求項5のいずれかの請求項に記載の超音波解析装置であって、
前記送受信部は、前記生体表面を順次スキャンして、生体表面の互いに異なる位置の各位置において、超音波信号を送信し、エコー信号を受信する、超音波解析装置。

[請求項7] 請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の超音波解析装置であって、
前記送受信部は複数設けられ、
各送受信部は、生体表面の互いに異なる位置の各位置において、超音波信号を送信し、エコー信号を受信する、超音波解析装置。

[請求項8] 請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の超音波解析装置であって、
前記解析部は、前記入射角度に対する前記強度の分布の回帰直線の傾きに基づき前記軟骨の表面の変性を解析することを特徴とする、超音波解析装置。

[請求項9] 請求項8に記載の超音波解析装置であって、
前記解析部は、前記回帰直線の傾きの絶対値が小さいほど前記軟骨の表面が変性していると判断することを特徴とする、超音波解析装置。

[請求項10] 請求項8に記載の超音波解析装置であって、

前記解析部は、前記入射角度に対する前記回帰直線の傾きの絶対値が所定の閾値より小さいと、前記軟骨の表面が変性していると判断することを特徴とする、超音波解析装置。

[請求項11] 請求項1乃至請求項10のいずれかの請求項に記載の超音波解析装置と、

前記解析部の解析結果を表示する表示部と、を備えた超音波解析システム。

[請求項12] 超音波信号を送信し、かつ生体内部で反射したエコー信号を受信する送受信ステップと、

前記送受信ステップで受信したエコー信号の強度を検出する強度検出ステップと、

を実行する超音波解析方法であって、さらに、

前記超音波信号の前記生体内部に存する軟骨の表面に対する入射角度に対する前記エコー信号の強度の分布、に基づいて前記軟骨の表面状態を解析する解析ステップ、

を実行することを特徴とする超音波解析方法。

[請求項13] 前記強度検出ステップは、

前記送受信部に対する軟組織と軟骨と位置関係が異なる複数の状態で得たエコー信号を比較し、前記複数の状態のエコー信号の波形が最も類似する領域の前記送受信部に対する相対位置の変化から軟骨表面を検出し、前記エコー信号のうち前記軟骨表面で反射したエコー信号の強度を検出することを特徴とする請求項12に記載の超音波解析方法。

[請求項14] 請求項12または請求項13に記載の超音波解析方法であって、

前記送受信ステップは、生体表面の互いに異なる位置において、前記超音波信号を送信し、かつ前記エコー信号を受信するステップを含み、

生体表面の互いに異なる位置でそれぞれ送信された超音波信号の送

信タイミングから、各超音波信号に基づいてそれぞれ検出した前記エコー信号の受信タイミングまでの時間差を検出する時間差検出ステップと、

前記互いに異なる位置における時間差検出結果に基づいて前記入射角度を算出する入射角度算出ステップと、を実行することを特徴とする超音波解析方法。

[請求項15]

超音波信号を送信し、かつ生体内部で反射したエコー信号を受信する送受信ステップと、

前記送受信ステップで受信したエコー信号の強度を検出する強度検出ステップと、

を情報処理装置に実行させるプログラムであって、

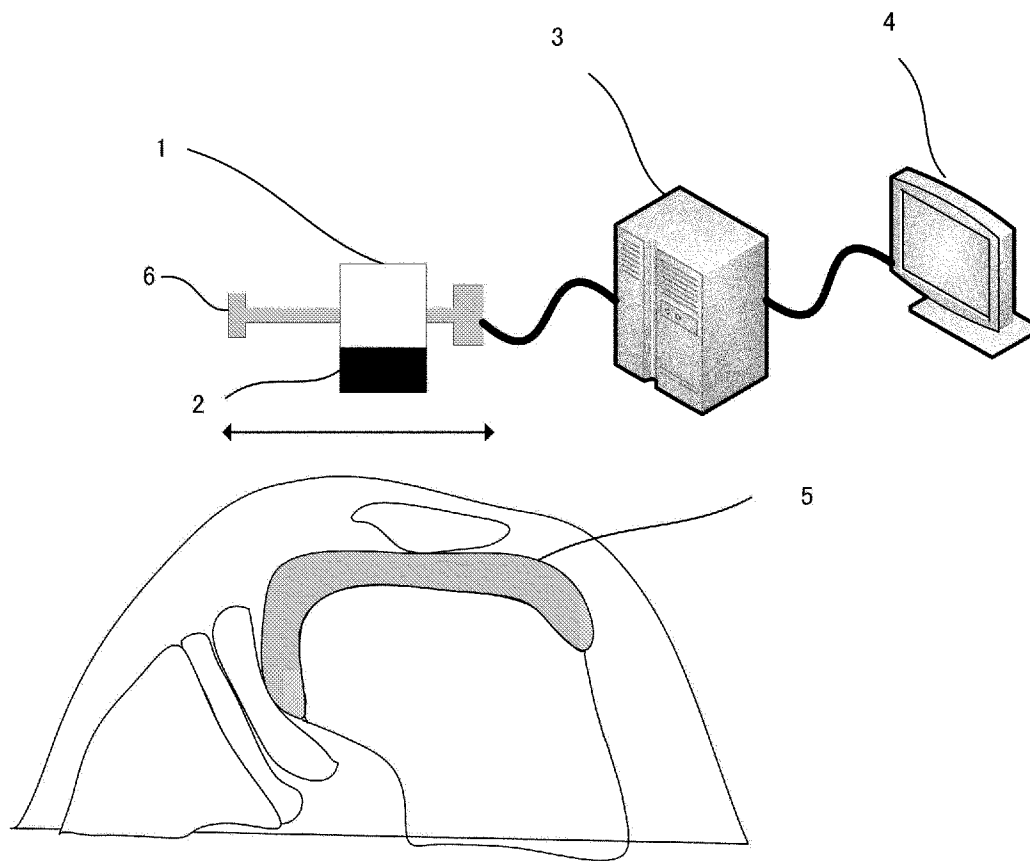
前記送受信ステップは、生体表面の互いに異なる位置において、前記超音波信号を送信し、かつ前記エコー信号を受信するステップを含み、

前記互いに異なる位置でそれぞれ送信された超音波信号の送信タイミングから、各超音波信号に基づいてそれぞれ検出した前記エコー信号の受信タイミングまでの時間差を検出する時間差検出ステップと、

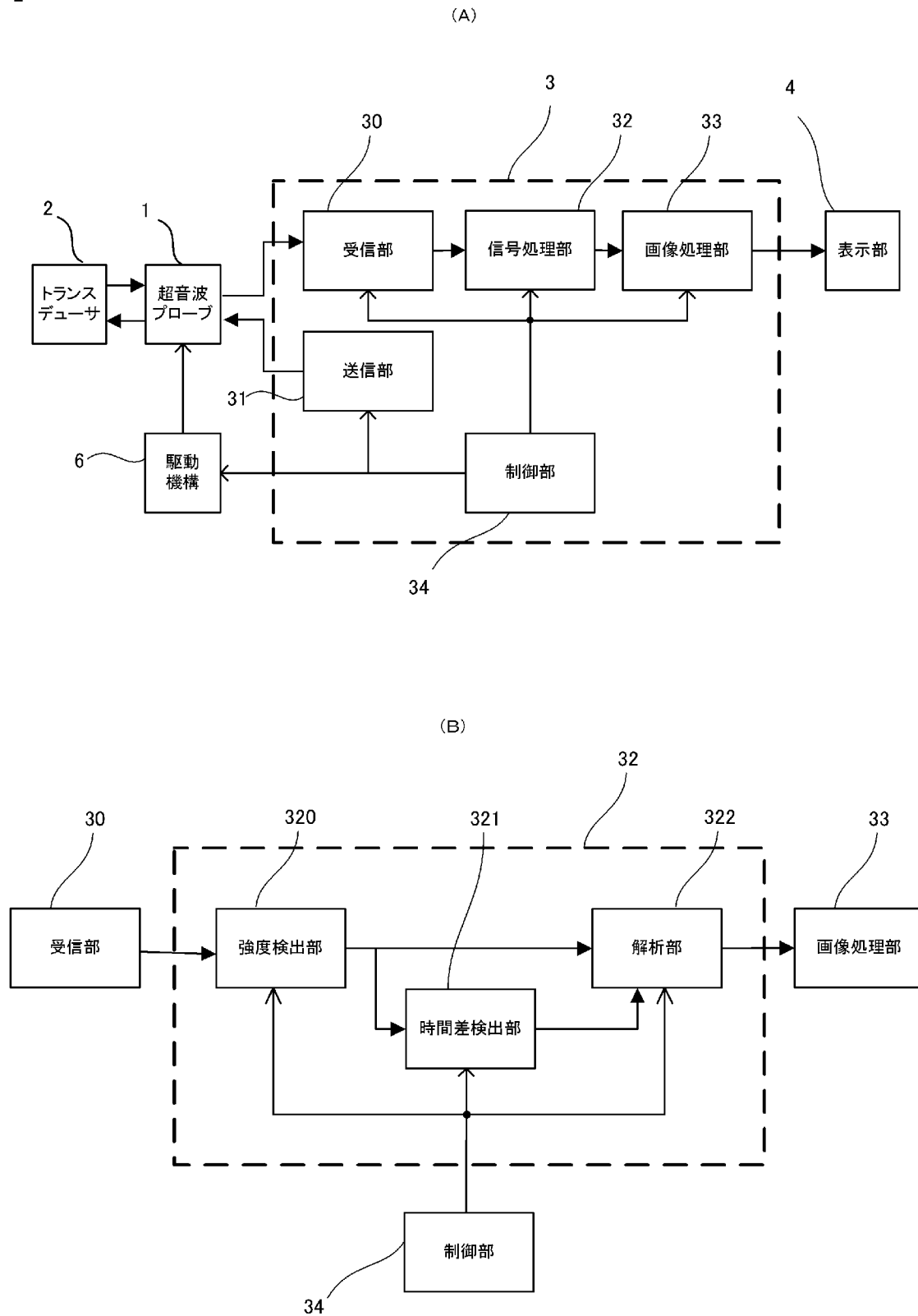
前記互いに異なる位置における時間差検出結果に基づいて前記入射角度を算出し、前記入射角度に対する前記強度検出ステップで検出した前記エコー信号の強度の分布、に基づいて軟骨の表面状態を解析する解析ステップと、

を情報処理装置に実行させることを特徴とするプログラム。

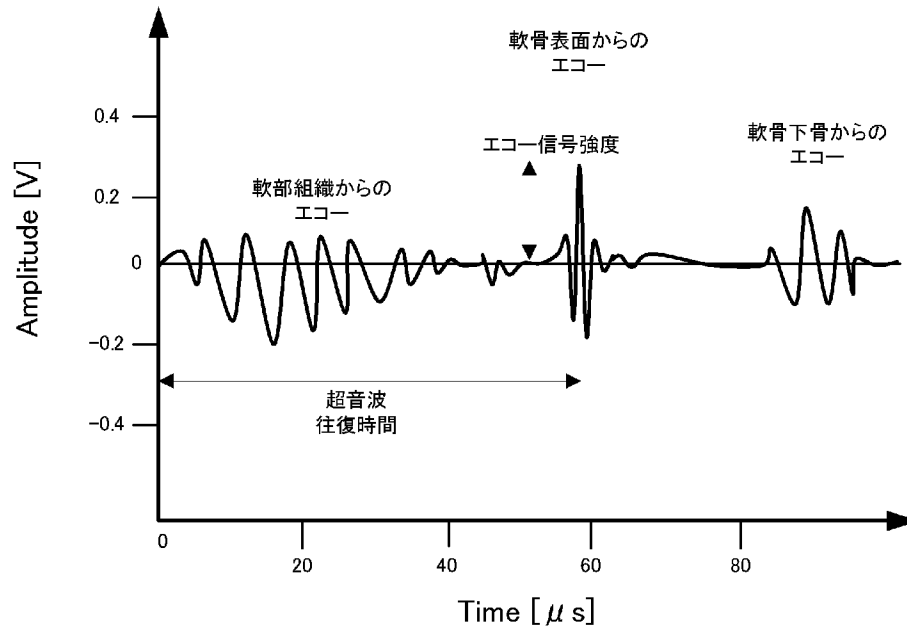
[図1]



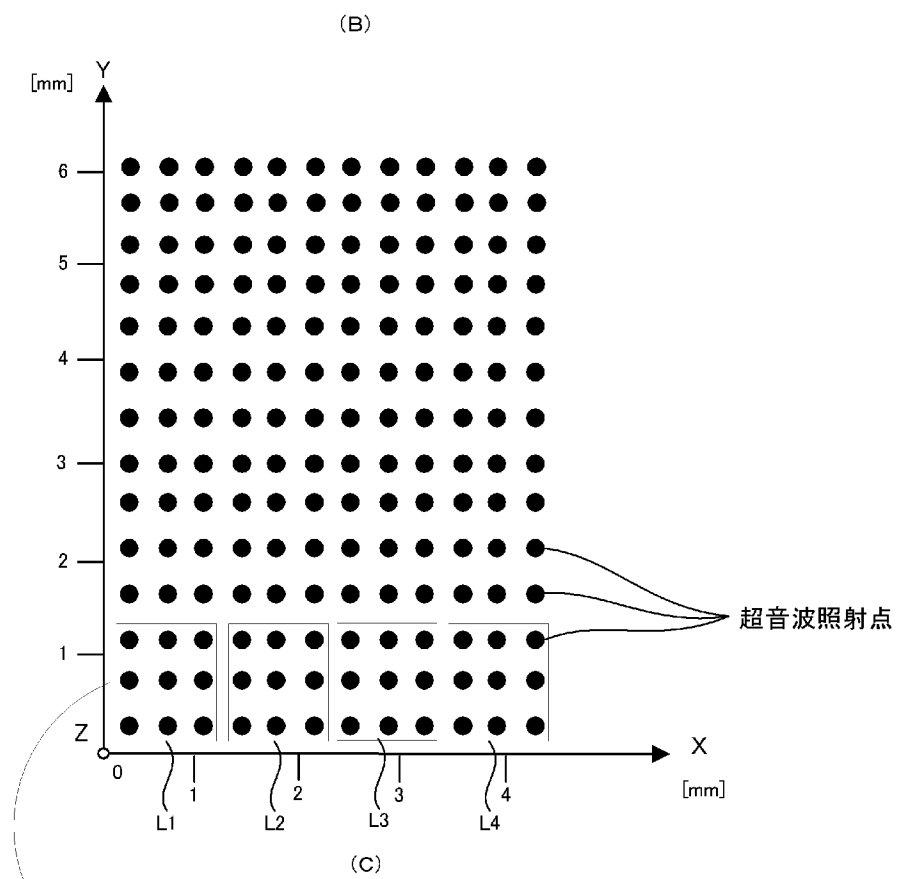
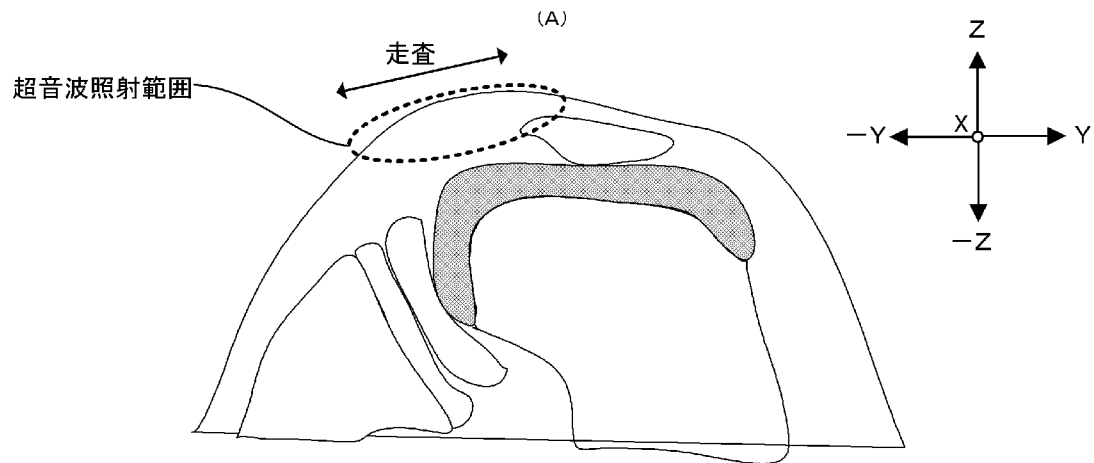
[図2]



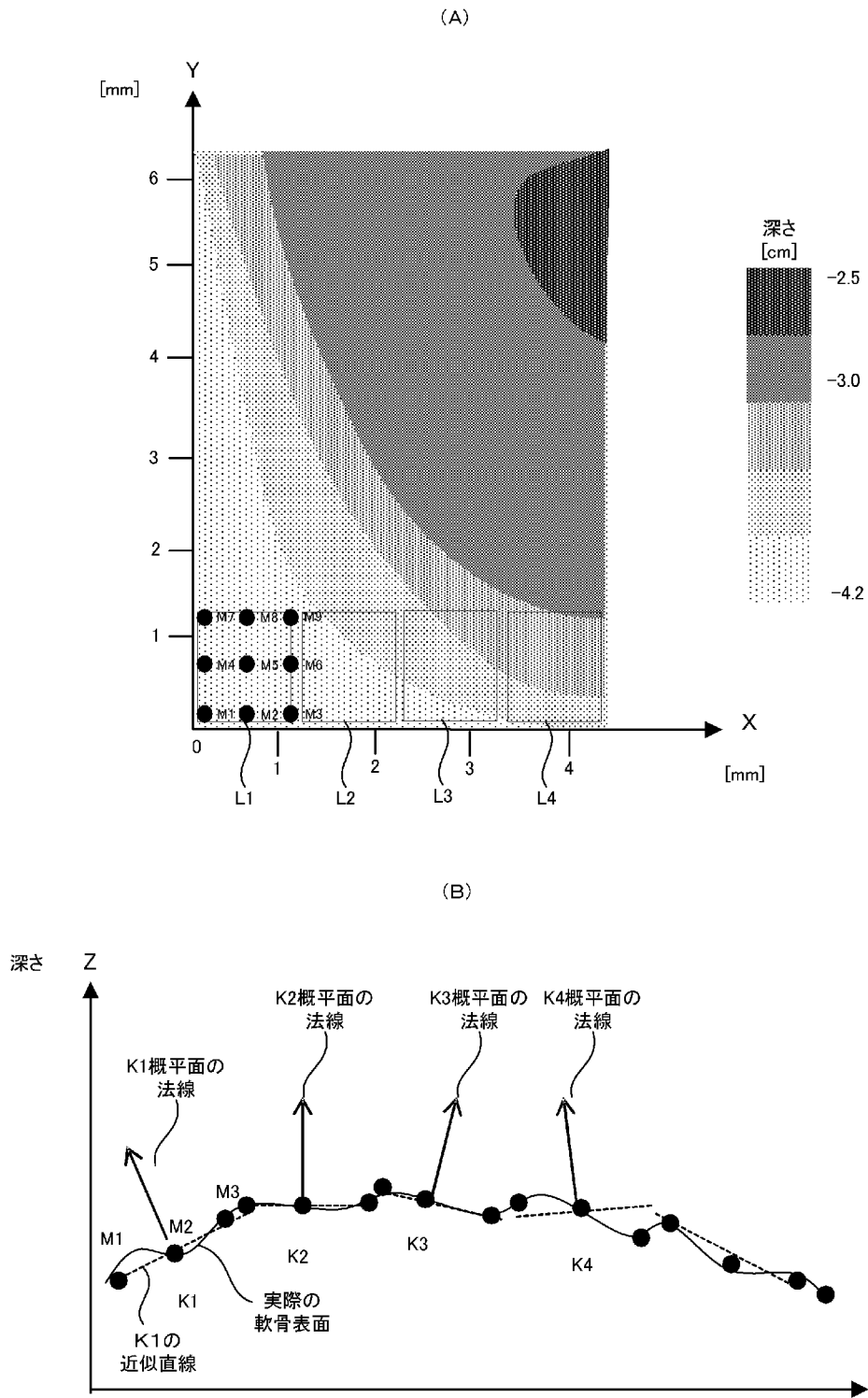
[図3]



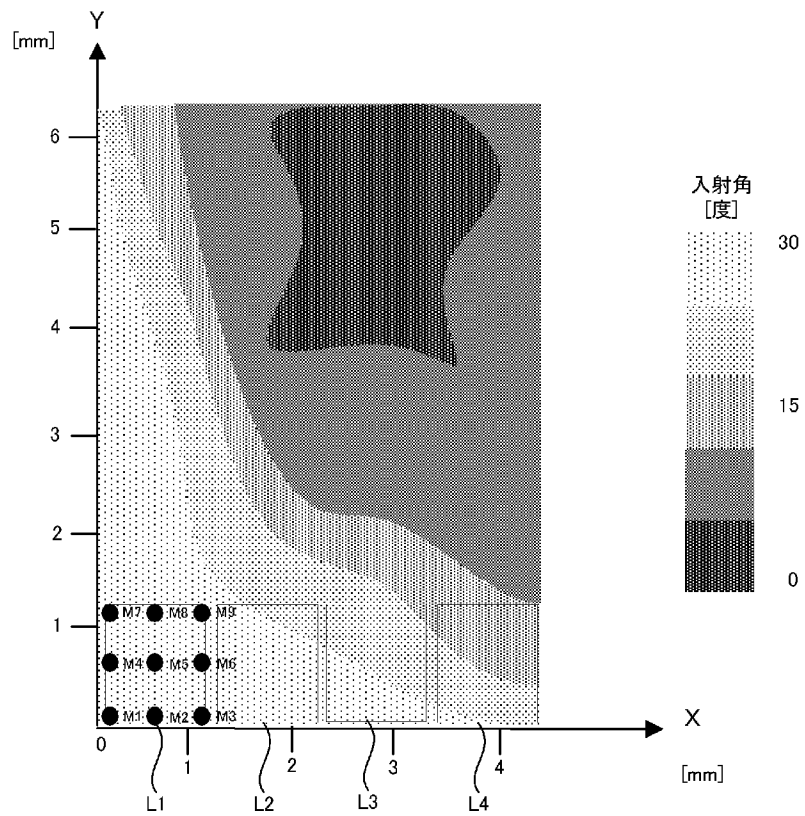
[図4]



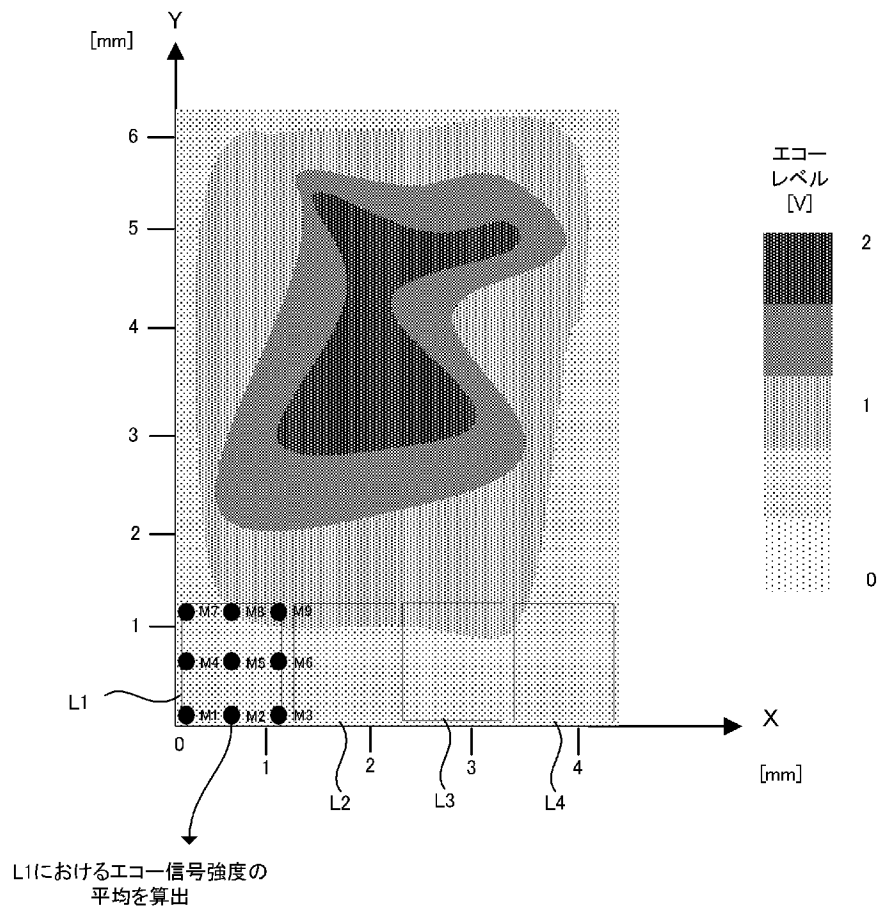
[図5]



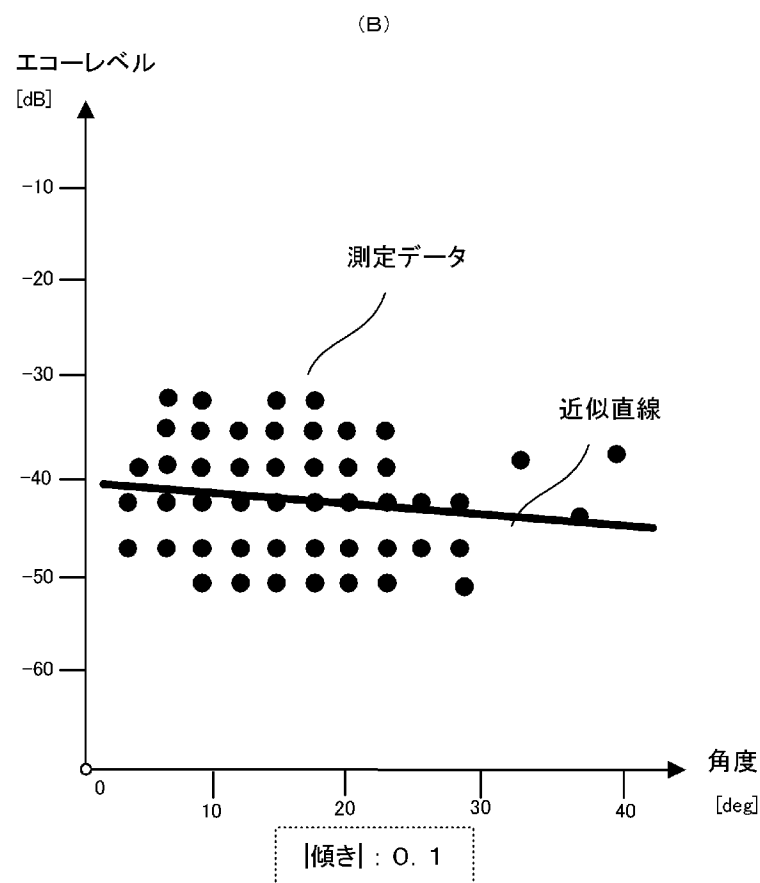
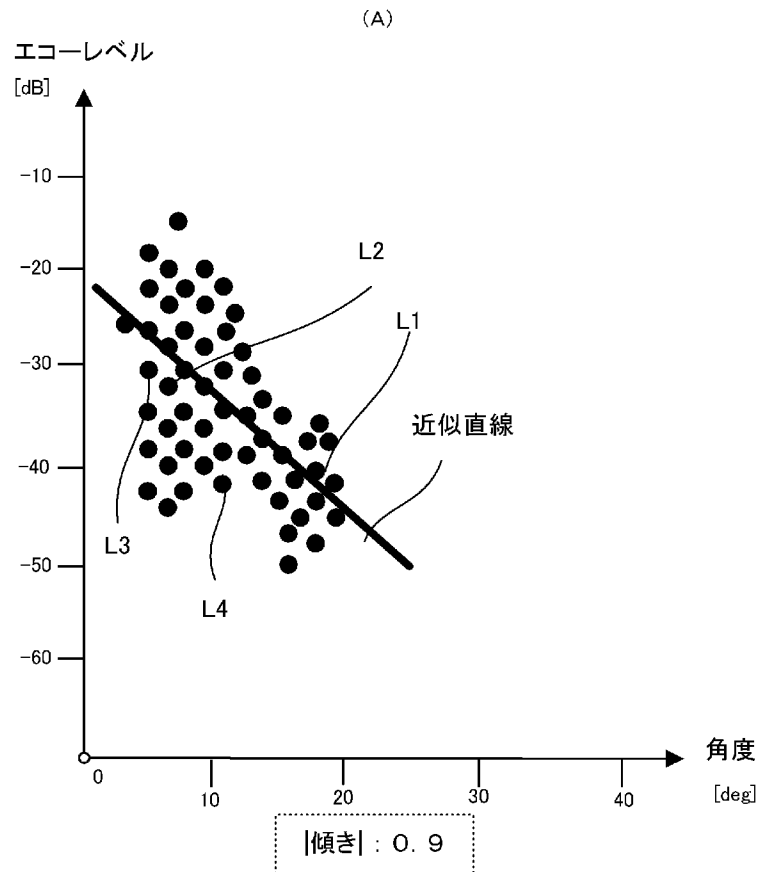
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/074306

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B8/08(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B8/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-105838 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 07 June 2012 (07.06.2012), & EP 2454997 A1 & CN 102525549 A	1-15
A	JP 2011-50555 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 17 March 2011 (17.03.2011), & US 2011/0054313 A1 & EP 2289421 A1	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 December, 2013 (05.12.13)

Date of mailing of the international search report
17 December, 2013 (17.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B8/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B8/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-105838 A（古野電気株式会社）2012.06.07, & EP 2454997 A1 & CN 102525549 A	1-15
A	JP 2011-50555 A（古野電気株式会社）2011.03.17, & US 2011/0054313 A1 & EP 2289421 A1	1-15

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 5 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 7 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

宮澤 浩

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

2 Q

9 4 0 7