(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
2017 年 5 月 4 日(04.05.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/073757 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 10/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/082134

(22) 国際出願日: 2016 年 10 月 28 日(28.10.2016)

(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 2015-213406 2015 年 10 月 29 日(29.10.2015) JP

(71) 出願人: 国立大学法人広島大学(HIROSHIMA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒7398511 広島県東広島市鏡山一丁目３番２号 Hiroshima (JP).

(72) 発明者: 吉川 公麿(KIKKAWA Takamaro); 〒7398527 広島県東広島市鏡山一丁目４番２号 国立大学法人広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所内 Hiroshima (JP). 宋 航(SONG Hang); 〒7398530 広島県東広島市鏡山一丁目３番１号 国立大学法人広島大学大学院先端物質科学研究科内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 木村 満(KIMURA Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目７番地 協販ビル２階 Tokyo (JP).

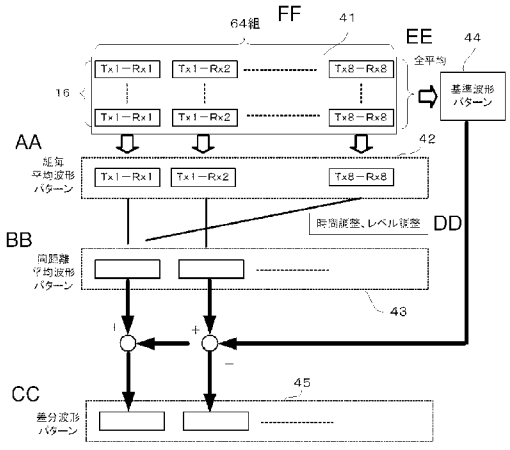
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: DETECTING DEVICE, SIGNAL PROCESSING METHOD AND PROGRAM

(54) 発明の名称 : 検出装置、信号処理方法及びプログラム



44 Reference waveform pattern
AA Per-group average waveform pattern
BB Same-distance average waveform pattern
CC Differential waveform pattern
DD Time adjustment, level adjustment
EE Overall average
FF 64 groups

(57) **Abstract**: For per-group average waveform patterns (42) from combinations of transmission antennas and reception antennas (Tx1-Rx1, ... Tx8-Rx8) having the same relative distance between the transmission antenna and the reception antenna, in an antenna array in which a plurality of transmission antennas and reception antennas are arranged, a control unit (10) of an abnormal tissue detecting device (1) adjusts (time adjusts) time-direction discrepancies in signal waveforms received by the reception antennas, on the basis of the time points of peaks in the signal waveforms. The control unit (10) then generates same-distance average waveform patterns (43) representing the averages of the signal waveforms of the received signals from the combinations having the same relative distance between the transmission antenna and the reception antenna. Differential waveform patterns (45) are generated, representing the difference between the same-distance average waveform patterns (43) from the combinations having the same relative distance between the transmission antenna and the reception antenna, and an all-signal average waveform pattern (44).

(57) 要約: 異常組織検出装置（１）の制御部（１０）は、複数の送信アンテナ、受信アンテナが配列されたアンテナアレイ中の送信アンテナと受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせ（Ｔｘ１－Ｒｘ１、・・・、Ｔｘ８－Ｒｘ８）の組毎平均波形パターン（４２）について、受信アンテナで受信された受信信号の信号波形におけるピークの時点に基づいて、信号波形の時間方向のずれを調整する（時間調整）。そして、制御部（１０）は、送信アンテナと受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせにおける受信信号の信号波形の平均を示す同距離平均波形パターン（４３）を生成する。送信アンテナと受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせにおける同距離平均波形パターン（４３）と、全信号平均波形パターン（４４）との差分を示す差分波形パターン（４５）が生成される。

WO 2017/073757 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 検出装置、信号処理方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、検出装置、信号処理方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 癌の診断は、例えば、Ｘ線や核磁気共鳴装置（ＭＲＩ（Magnetic Resonance Imaging））により対象部位の画像を撮像し、撮像した画像を分析することにより行われるのが一般的である（例えば、特許文献１参照）。しかしながら、Ｘ線の生体への悪影響が懸念されるうえ、Ｘ線装置、ＭＲＩ装置は、小型化が困難である。さらに、これらの装置を用いて診断を行うためには、専門機関での受診が必須になる。

[0003] そこで、Ｘ線装置やＭＲＩ装置を用いずに、簡易な構成で簡単に異常組織を検出することが可能な異常組織検出装置が提案されている（例えば、特許文献２参照）。この異常組織検出装置には、アンテナがマトリクス状に配置されたアンテナアレイが設けられている。この異常組織検出装置は、アンテナアレイの一のアンテナから生体にマイクロ波のインパルス信号を放射し、アンテナアレイの他のアンテナで、放射したインパルス信号の反射波を受信する。この異常組織検出装置は、マイクロ波のインパルス信号を送信するアンテナと、マイクロ波を受信するアンテナとの組み合わせを変えながら、インパルス信号の送受信を行い、各アンテナの組み合わせで得られた複数の受信信号に基づいて、生体内の異常組織を検出する。

[0004] 特許文献２に開示された異常組織検出装置において生体内の異常組織を精度良く検出するためには、送受信を行うアンテナの組み合わせが変わっても、両アンテナの相対距離が同一であり、かつ、生体に異常組織がないのであれば、同じ受信信号（インパルス信号の反射波）を受信できるようになっている必要がある。アンテナの組み合わせが変わるだけで受信信号が変わってしまうのであれば、信号変動が極めて小さい生体内の異常組織を示す信号成

分を検出するのが困難になるためである。

[0005] しかしながら、電波の送受信を行うアンテナの組み合わせによって、受信信号が異なる場合がある。送受信用のアンテナがアンテナアレイの外周側にあるのか内周側にあるのかなど、各アンテナの周囲の環境の違いによって受信信号のレベルの変化が発生するためである。そこで、ダミーアンテナなどを設けて電波の送受信状態を、異なるアンテナの組み合わせで同じ状態とするアンテナアレイ装置が開示されている（例えば、特許文献３参照）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１５－１３１０９６号公報

特許文献2：特開２０１０－６９１５８号公報

特許文献3：特開２０１４－１３１１９９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上述のアンテナアレイ装置のように、異なるアンテナの組み合わせで電波の送受信状態を同じにしても、受信信号の遅れなどがアンテナの組み合わせによって異なる場合がある。この受信信号の遅れの違いにより、検出精度が低下するおそれがある。

[0008] 本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、検出対象の検出精度を向上することができる検出装置、信号処理方法及びプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するために、本発明の第１の観点に係る検出装置は、

マイクロ波のインパルス信号を送信する複数の送信アンテナと、

前記インパルス信号を受信する複数の受信アンテナと、

選択する送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせを切り替えながら、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力し、選択された受信アンテ

ナで受信された受信信号を入力し、入力した受信信号に対する信号処理を行う制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの所定の組み合わせについて、前記受信アンテナで受信された複数の受信信号の信号波形におけるピークの時点に基づいて、信号波形の時間方向のずれを調整する時間調整部と、

前記時間調整部で調整された複数の受信信号であって、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせについて取得された複数の受信信号、または、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて取得された複数の受信信号の平均を示す検出波形パターンを生成する検出波形パターン生成部と、

前記検出波形パターンの生成に用いられた複数の受信信号を含み、より多数の受信信号の信号波形の平均を示す基準波形パターンを生成する基準波形パターン生成部と、

前記検出波形パターン生成部で生成された検出波形パターンと、前記基準波形パターン生成部で生成された基準波形パターンとの差分を示す差分波形パターンを生成する差分波形パターン生成部と、

前記差分波形パターン生成部で生成された差分波形パターンに基づいて、検出対象を検出する検出部と、

を備える。

[0010] 前記時間調整部は、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせを所定の組み合わせとして信号波形の時間方向のずれを調整し、

前記検出波形パターン生成部は、

同一の前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせにおける複数の受信信号の信号波形を平均した組毎平均波形パターンを検出波形パターンとして生成し、

前記基準波形パターン生成部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせでの前記組毎平均波形パターンを平均した同距離平均波形パターンを基準波形パターンとして生成する、

こととしてもよい。

[0011] 前記時間調整部は、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせを所定の組み合わせとして信号波形の時間方向のずれを調整し、

前記検出波形パターン生成部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせにおける受信信号の信号波形を平均した同距離平均波形パターンを検出波形パターンとして生成し、

前記基準波形パターン生成部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの全ての組み合わせでの受信信号の信号波形を平均した全信号平均波形パターンを基準波形パターンとして生成する、

こととしてもよい。

[0012] 前記制御部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて、前記受信アンテナで受信された信号の信号波形のオフセット及び振幅に基づいて、前記受信アンテナで受信された信号の振幅が同一レベルになるように信号波形の振幅レベルを調整するレベル調整部を備える、

こととしてもよい。

[0013] 前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同じ組み合わせについて、複数回、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力して選択された受信アンテナから出力された所定ビット数のデジタル受信信号を入力する信号送受信制御部と、

複数回入力されたデジタル受信信号の平均を前記所定ビット数より大きいビット数で表現する平均波形パターンを、その組み合わせの受信信号の信号

波形の波形パターンとして取得する組毎平均波形パターン生成部と、

を備える、

こととしてもよい。

[0014] 前記組毎平均波形パターン生成部は、

前記複数回入力されたデジタル受信信号のうち、前記デジタル受信信号の最大振幅が正規分布の９０％信頼区間外であるデジタル受信信号を除外して、前記平均波形パターンを生成する、

こととしてもよい。

[0015] 前記インパルス信号は、ガウシアンモノサイクルパルスである、

こととしてもよい。

[0016] 前記制御部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせにおける受信信号の信号波形の平均を示す同距離平均波形パターンを生成する、同距離平均波形パターン生成部を備え、

前記同距離平均波形パターン生成部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの各組み合わせの受信信号の信号波形の波形パターンについて、正のピークに続いて正のピークが現れ、負のピークが現れない場合には、その組み合わせの受信信号の信号波形の波形パターンを計算対象から除外する、

こととしてもよい。

[0017] 前記検出部は、

前記差分波形パターンに基づいて、前記インパルス信号を送信してから前記受信信号を受信するまでの伝搬時間を、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについてそれぞれ求め、

求められた伝搬時間に基づいて、前記相対距離が０であると仮定したときの伝搬時間に含まれるオフセットを推定し、

前記伝搬時間に含まれるオフセットを差し引かれた前記伝搬時間に基づいて、検出対象の位置を検出する、

こととしてもよい。

[0018] 前記検出部は、

前記差分波形パターンの最初の正又は負のピーク位置に基づいて前記伝搬時間を求め、前記伝搬時間に含まれるオフセットを推定するとともに、

前記正のピーク位置に基づいて前記伝搬時間に含まれるオフセットを推定した場合には、前記差分波形パターンの正のピーク位置に基づいて、前記検出対象の位置を検出し、

前記負のピーク位置に基づいて前記オフセットを推定した場合には、前記差分波形パターンの負のピーク位置に基づいて、前記検出対象の位置を検出する、

こととしてもよい。

[0019] クロック信号を入力する論理回路、遅延回路及び半導体スイッチング素子の組み合わせ回路を有し、その組み合わせ回路を用いて複数の送信アンテナに送信するインパルス信号を生成する送信信号生成部を備える、

こととしてもよい。

[0020] 前記制御部は、

前記差分波形パターン生成部で生成された差分波形パターンから、低周波ノイズ及び高周波ノイズを除去する帯域フィルタを備える、

こととしてもよい。

[0021] 前記制御部は、

前記差分波形パターンを、前記インパルス信号が伝搬する媒体の損失式で補償する補償器を備える、

こととしてもよい。

[0022] 本発明の第２の観点に係る信号処理方法は、

マイクロ波のインパルス信号を送信する複数の送信アンテナと、前記インパルス信号を受信する複数の受信アンテナとの組み合わせを切り替えながら、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力し、選択された受信アンテナで受信された受信信号を入力し、入力した受信信号に対する信号処理を

行う信号処理方法であって、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの所定の組み合わせについて、前記受信アンテナで受信された複数の受信信号の信号波形におけるピークの時点に基づいて、信号波形の時間方向のずれを調整する時間調整ステップと、

前記時間調整ステップで調整された複数の受信信号であって、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせについて取得された複数の受信信号、または、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて取得された複数の受信信号の平均を示す検出波形パターンを生成する検出波形パターン生成ステップと、

前記検出波形パターンの生成に用いられた複数の受信信号を含み、より多数の受信信号の信号波形の平均を示す基準波形パターンを生成する基準波形パターン生成ステップと、

前記検出波形パターンステップで生成された検出波形パターンと、前記基準波形パターン生成ステップで生成された基準波形パターンとの差分を示す差分波形パターンを生成する差分波形パターン生成ステップと、

前記差分波形パターン生成ステップで生成された差分波形パターンに基づいて、検出対象を検出する検出ステップと、

を含む。

[0023] 本発明の第３の観点に係るプログラムは、

コンピュータを、

マイクロ波のインパルス信号を送信する複数の送信アンテナと、前記インパルス信号を受信する複数の受信アンテナとの組み合わせを切り替えながら、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力し、選択された受信アンテナで受信された受信信号を入力し、入力した受信信号に対する信号処理を行う制御部、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの所定の組み合わせについて、前記受信アンテナで受信された複数の受信信号の信号波形におけるピークの時点に基づいて、信号波形の時間方向のずれを調整する時間調整部、

前記時間調整部で調整された複数の受信信号であって、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせについて取得された複数の受信信号、または、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて取得された複数の受信信号の平均を示す検出波形パターンを生成する検出波形パターン生成部、

前記検出波形パターンの生成に用いられた複数の受信信号を含み、より多数の受信信号の信号波形の平均を示す基準波形パターンを生成する基準波形パターン生成部、

前記検出波形パターン生成部で生成された検出波形パターンと、前記基準波形パターン生成部で生成された基準波形パターンとの差分を示す差分波形パターンを生成する差分波形パターン生成部、

前記差分波形パターン生成部で生成された差分波形パターンに基づいて、検出対象を検出する検出部、

として機能させる。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、相対距離が同じである送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせで得られた受信信号について、それぞれの波形パターンを時間方向に合わせた上で、平均の波形パターンを算出し、算出した平均の波形パターンに基づいて検出対象を検出する。時間方向に調整された平均の波形パターンは、ノイズやジッタが低減された波形パターンとなるので、その波形パターンに基づいて検出対象を検出すれば、検出対象の検出精度を向上することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明の一実施の形態に係る異常組織検出装置の構成を示すブロック図である。

[図2]送信部から出力されるインパルス信号の一例を示す図である。

[図3]送信部の構成を示す図である。

[図4]図４（Ａ）～図４（Ｇ）は、送信部における各種信号のタイミングチャ

ートの一例である。

[図5]図５（Ａ）及び図５（Ｂ）は、アンテナアレイの詳細な構成を示す図である。

[図6]異常組織の検出原理を示す図である。

[図7]実施形態１に係る制御部の機能構成を示すブロック図である。

[図8]実施形態１に係る信号処理のフローチャートである。

[図9]実施形態１に係る異常組織検出装置におけるデータの流れを示すデータフローである。

[図10]図１０（Ａ）～図１０（Ｃ）は、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせにおける波形パターンの時間調整の様子を示す図である。

[図11]図１１（Ａ）及び図１１（Ｂ）は、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせにおける波形パターンのレベル調整の様子を示す図である。

[図12]図１２（Ａ）は、時間調整を行わない場合での差分波形パターンの波形の一例を示す図である。図１２（Ｂ）は、時間調整を行った場合での差分波形パターンの波形の一例を示す図である。

[図13]図１３（Ａ）は、レベル調整を行わない場合での差分波形パターンの波形の一例を示す図である。図１３（Ｂ）は、レベル調整を行った場合での差分波形パターンの波形の一例を示す図である。

[図14]アンテナ間距離とピーク時間との関係の一例を示すグラフである。

[図15]送信アンテナ毎のアンテナ間距離とピーク時間との関係の一例を示すグラフである。

[図16]図１６（Ａ）～図１６（Ｃ）は、時間調整及びレベル調整を行わなかったときの異常組織の検出結果を示す図である。

[図17]図１７（Ａ）及び図１７（Ｂ）は、時間調整及びレベル調整を行ったときの異常組織の検出結果を示す図である。

[図18]実施形態２に係る制御部の機能構成を示すブロック図である。

[図19]実施形態２に係る信号処理のフローチャートである。

[図20]実施形態２に係る異常組織検出装置におけるデータの流れを示すデータフローである。

[図21]図２１（Ａ）は、受信波形のピーク値のヒストグラムである。図２１（Ｂ）は、受信波形ごとのピーク値を示す図である。

[図22]図２２（Ａ）は、差分波形パターンの一例を示すグラフである。図２２（Ｂ）は、差分波形パターンの積分値の一例を示すグラフである。図２２（Ｃ）は、差分波形パターンをフーリエ変換した周波数スペクトルの一例を示すグラフである。

[図23]図２３（Ａ）は、帯域フィルタを適用した差分波形パターンの一例を示すグラフである。図２３（Ｂ）は、帯域フィルタを適用した差分波形パターンの積分値の一例を示すグラフである。

[図24]図２４（Ａ）は、損失補償前の差分波形パターンの積分値の一例を示すグラフである。図２４（Ｂ）は、損失補償後の差分波形パターンの積分値の一例を示すグラフである。

[図25]図２５（Ａ）及び図２５（Ｂ）は、差分波形パターンにおいて正のピーク位置と負のピーク位置を示す図である。

[図26]図２６（Ａ）は、正のピーク位置でオフセット時間を推定した場合の異常組織の検出結果を示す図である。図２６（Ｂ）は、負のピーク位置でオフセット時間を推定した場合の異常組織の検出結果を示す図である。

[図27]図２７（Ａ）は、帯域フィルタ及び損失補償を適用しない場合の異常組織の検出結果を示す図である。図２７（Ｂ）は、帯域フィルタを適用し、損失補償を適用しない場合の異常組織の検出結果を示す図である。図２７（Ｃ）は、帯域フィルタ及び損失補償を適用した場合の異常組織の検出結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明の実施の形態に係る検出装置、信号処理方法及びプログラムについて、乳癌を検出する乳癌センサを例に、図面を参照して詳細に説明す

る。なお、各実施の形態では、送受信用のアンテナがアンテナアレイの外周側にあるのか内周側にあるのかなど、各アンテナの周囲の環境の違いによる受信信号の違いを考慮しないものとする。

[0027] （実施形態１）

図１に示すように、異常組織検出装置１は、制御部１０と、送信部１１と、送信アンプ１２と、ＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）スイッチ１３と、配線部１４と、アンテナアレイ１５と、配線部１６と、ＣＭＯＳスイッチ１７と、受信アンプ１８と、受信部１９と、選択部２０と、を備える。

[0028] 制御部１０は、ＣＰＵ、メモリ、外部記憶装置、入出力Ｉ／Ｏ、水晶発振器等を備えるコンピュータ（情報処理装置）である。水晶発振器が発生するクロック信号に従って、ＣＰＵが、外部記憶装置にインストールされメモリに読み込まれたプログラムを実行して、外部記憶装置へのデータの書き込み／読み出しや入出力Ｉ／Ｏを介して外部機器と送受信を行うことにより、制御部１０の機能が実現される。

[0029] 例えば、制御部１０は、データ信号ＤＡＴＡ及びクロック信号ＣＬＫを送信部１１に出力する。制御部１０は、受信部１９からデータ信号ＤＡＴＡ２を入力するとともに受信部１９に対しクロック信号ＣＬＫを出力する。さらに、制御部１０は、選択部２０にＣＭＯＳスイッチ１３、１７の制御信号ＣＳ１を出力する。

[0030] 送信信号生成部としての送信部１１は、制御部１０から入力されたクロック信号ＣＬＫに従って、例えば、図２に示すようなインパルス状の電気信号である送信信号ＳＳ１を生成して出力するハードウエア回路である。図２に示すように、送信信号ＳＳ１は、短時間で正のピークと負のピークが連続するインパルス状の電気信号である。この信号は、ガウシアンモノサイクルパルス（Gaussian monocycle pulse, ＧＭＰ）とも呼ばれる。ＧＭＰは、マイクロ波帯（例えば、中心周波数６ＧＨｚ）における広帯域信号である。送信信号ＳＳ１は、繰り返し周波数（例えば１００ＭＨｚ）で繰り返し送信され

る。

[0031] 送信部１１は、論理回路、遅延回路及び半導体スイッチング素子等の組み合わせ回路で構成されている。図３に示すように、送信部１１は、ＮＡＮＤ回路２１Ａ、２１Ｂと、ＮＯＲ回路２１Ｃ、２１Ｄと、遅延回路２２Ａ～２２Ｄと、ＯＲ回路２３Ａ、２３Ｃと、ＡＮＤ回路２３Ｂ、２３Ｄと、ダウンパルスジェネレータ２４Ａ、２４Ｃと、アップパルスジェネレータ２４Ｂ、２４Ｄと、バッファ回路２５Ａ、２５Ｂと、を備える。

[0032] ＮＡＮＤ回路２１Ａ、２１Ｂは、否定論理積の論理回路である。ＮＡＮＤ回路２１Ａには、クロック信号ＣＬＯＣＫ（ＣＬＫ）と、データ信号ＤＡＴＡとが入力される。また、ＮＡＮＤ回路２１Ｂには、クロック信号ＣＬＯＣＫと、データ信号／ＤＡＴＡとが入力される。ＮＯＲ回路２１Ｃ、２１Ｄは、否定論理和の論理回路である。ＮＯＲ回路２１Ｃには、クロック信号／ＣＬＯＣＫと、データ信号／ＤＡＴＡとが入力される。さらに、ＮＯＲ回路２１Ｄには、クロック信号／ＣＬＯＣＫと、データ信号ＤＡＴＡとが入力される。データ信号ＤＡＴＡ、／ＤＡＴＡとしては、ＢＰＳＫ（Binary Phase Shift Keying）信号が入力される。

[0033] 遅延回路２２Ａには、ＮＡＮＤ回路２１Ａの出力が入力され、遅延回路２２Ｂには、ＮＡＮＤ回路２１Ｂの出力が入力される。また、遅延回路２２Ｃには、ＮＯＲ回路２１Ｃの出力が入力され、遅延回路２２Ｄには、ＮＯＲ回路２１Ｄの出力が入力される。

[0034] 遅延回路２２Ａ～２２Ｄでは、４つのインバータが直列で接続されている。１δは、１つのインバータの遅延時間を表している。１δ、２δ、３δ及び４δは、１番目、２番目、３番目、４番目のインバータの出力であり、それぞれの出力の遅延時間は、１δの等倍、２倍、３倍、４倍の遅延時間となる。

[0035] ＯＲ回路２３Ａは、遅延回路２２Ａで１δ遅延した信号と、遅延回路２２Ｄの４δ遅延した信号とを入力する。ＡＮＤ回路２３Ｂは、遅延回路２２Ｂで２δ遅延した信号と、遅延回路２２Ｃで３δ遅延した信号とを入力する。

また、ＯＲ回路２３Ｃは、遅延回路２２Ｂで１δ遅延した信号と、遅延回路２２Ｃで４δ遅延した信号とを入力する。ＡＮＤ回路２３Ｄは、遅延回路２２Ａで２δ遅延した信号と、遅延回路２２Ｄで３δ遅延した信号とを入力する。

[0036] 続いて、ダウンパルスジェネレータ２４Ａは、ＯＲ回路２３Ａから出力された信号を入力する。アップパルスジェネレータ２４Ｂは、ＡＮＤ回路２３Ｂから出力された信号を入力する。また、ダウンパルスジェネレータ２４Ｃは、ＯＲ回路２３Ｃから出力された信号入力する。アップパルスジェネレータ２４Ｄは、ＡＮＤ回路２３Ｄから出力された信号を入力する。

[0037] バッファ回路２５Ａは、ダウンパルスジェネレータ２４Ａから出力された信号と、アップパルスジェネレータ２４Ｂから出力された信号とを入力し、差動出力の正側の出力信号ＯＰを出力する。バッファ回路２５Ｂは、ダウンパルスジェネレータ２４Ｃから出力された信号と、アップパルスジェネレータ２４Ｄから出力された信号とを入力し、差動出力の負側の出力信号ＯＭを出力する。

[0038] データ信号ＤＡＴＡが０である場合、ＯＲ回路２３Ｃの出力信号であるクロック信号Ｃｋ（図３参照）は、図４（Ａ）に示すように、ハイレベル（Ｈ）とローレベル（Ｌ）とを繰り返す周期信号となる。すると、ダウンパルスジェネレータ２４Ｃ内部のインバータの出力ａ（図３参照）は、遅延時間１δだけ遅れ反転した図４（Ｂ）に示すような波形となって、ダウンパルスジェネレータ２４Ｃの出力ｂ（図３参照）は、図４（Ｃ）に示すような波形となる。この場合、ダウンパルスジェネレータ２４Ｃのオン出力により、バッファ回路２５Ｂの正極側のスイッチング素子に流れる電流Ｉｄは、図４（Ｄ）に示すような波形となる。

[0039] 同様に、アップパルスジェネレータ２４Ｄのオン出力により、バッファ回路２５Ｂの負側スイッチング素子に流れる電流Ｉuは、図４（Ｅ）に示すような波形となる。したがって、電流Ｉｄと電流Ｉuの和は、図４（Ｆ）に示すように変化する。この結果、送信部１１の差動出力の負側の出力信号ＯＭは、

図４（Ｇ）に示すような波形となる。

[0040] 一方、ダウンパルスジェネレータ２４Ａ、アップパルスジェネレータ２４Ｂから出力される信号は、ダウンパルスジェネレータ２４Ｃ、アップパルスジェネレータ２４Ｄから出力される信号と論理が逆であるため、出力信号ＯＰの波形パターンは、出力信号ＯＭの波形パターンの逆となる。

[0041] 図１に戻り、送信アンプ１２は、送信部１１から入力した送信信号ＳＳ１を増幅して送信信号ＳＳ２として出力する。具体的には、送信アンプ１２は、ＤＣカットフィルタ、アッテネータ、可変利得パワーアンプ、ＳＴＥＰアッテネータ等を有し、直流成分がカットされ、かつ、ゲインが増幅された送信信号ＳＳ２を生成する。

[0042] ＣＭＯＳスイッチ１３は、単極８投のスイッチである。ＣＭＯＳスイッチ１３は、入力端から送信信号ＳＳ２を入力する。ＣＭＯＳスイッチ１３では、複数の出力端それぞれが複数の送信アンテナＴｘ１、Ｔｘ２、…、Ｔｘ８と接続されている。ＣＭＯＳスイッチ１３は、後述される選択部２０から出力される制御信号ＣＳ２に従って、入力した送信信号ＳＳ２を出力するアンテナを、複数の送信アンテナＴｘ１、Ｔｘ２、…、Ｔｘ８のいずれかに切り替える。

[0043] 配線部１４は、ＣＭＯＳスイッチ１３の８つの出力端のいずれかと、送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ８のいずれかとを、同じ長さの配線で結ぶ８つの伝送線路を備えている。この伝送路は、同軸ケーブルやマイクロストラップライン等で形成されている。配線部１４で送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ８に信号を送信する伝送線路の長さが同じであるため、各伝送線路を流れる信号の時間差は、ほとんどなくなっている。

[0044] アンテナアレイ１５は、複数の送信アンテナＴｘ１、Ｔｘ２、…、Ｔｘ８を備える。複数の送信アンテナＴｘ１、Ｔｘ２、…、Ｔｘ８は、入力した送信信号ＳＳ２に従ってマイクロ波のインパルス信号ＭＷを送信する。インパルス信号ＭＷは、被検者の体内の異常組織ＣＡで反射し、反射信号ＲＷとなる。

[0045] アンテナアレイ１５は、複数の受信アンテナＲｘ１、Ｒｘ２、…、Ｒｘ８を備える。複数の受信アンテナＲｘ１、Ｒｘ２、…、Ｒｘ８は、マイクロ波（反射信号ＲＷ）を受信する。

[0046] 図５（Ａ）にはアンテナアレイ１５の一方の面が示され、図５（Ｂ）にはアンテナアレイ１５の他方の面が示されている。アンテナアレイ１５では、図５（Ａ）、図５（Ｂ）に示すように、複数のアンテナが４×４のマトリクス状に配列されている。アンテナアレイ１５の大きさは、例えば、５５．４ｍｍ×４７ｍｍであり、厚みは、０．６３５ｍｍである。各アンテナは、１１ｍｍ×１３．１ｍｍである。また、アンテナ間のギャップは、１ｍｍに設定されている。アンテナアレイ１５では、送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ４がＸ軸方向に並んで配置され、受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ４がＸ軸方向に並んで配置され、送信アンテナＴｘ５～Ｔｘ８がＸ軸方向に並んで配置され、受信アンテナＲｘ５～Ｒｘ８がＸ軸方向に並んで配置されている。送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ４、受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ４、送信アンテナＴｘ５～Ｔｘ８、受信アンテナＲｘ５～Ｒｘ８は、Ｙ軸方向にこの順で並んでいる。

[0047] アンテナアレイ１５では、送信アンテナＴｘｍ（ｍ＝１～８）と受信アンテナＲｘｎ（ｎ＝１～８）との相対距離が同じとなる送信アンテナと受信アンテナとの組み合わせ（Ｔｘｍ、Ｒｘｎ）でのマイクロ波のインパルス信号の受信環境が同じになるように形成されている。

[0048] 配線部１６は、ＣＭＯＳスイッチ１７の８つの入力端のいずれかと、受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８のいずれかとを、同じ長さの配線で結ぶ８つの伝送線路を備えている。配線部１６では、受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８から信号を送信する伝送線路の長さが同じであるため、各信号の時間差がほとんどなくなっている。

[0049] ＣＭＯＳスイッチ１７は、単極８投のスイッチである。ＣＭＯＳスイッチ１７は、８つの入力端を有し、複数の受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８で受信した信号を入力する。ＣＭＯＳスイッチ１７では、１つの出力端が受信アンプ１８と接続されている。ＣＭＯＳスイッチ１７は、選択部２０から出力され

た制御信号ＣＳ２に従って受信した信号を、受信信号ＲＳ１として受信アンプ１８に送信する複数の受信アンテナＲｘ１、Ｒｘ２、…、Ｒｘ８のいずれかに切り替える。ＣＭＯＳスイッチ１７では、制御信号ＣＳ２によって入力端から入力された受信信号が、受信信号ＲＳ１として出力される。

[0050] 受信アンプ１８は、受信信号ＲＳ１を増幅し、増幅した信号を受信信号ＲＳ２として出力する。具体的には、受信アンプ１８は、低雑音増幅器、ＳＴＥＰアッテネータ及びＤＣカットフィルタ等を有しており、受信信号ＲＳ１を入力し、これらの内部回路を経て受信信号ＲＳ２を生成して出力する。

[0051] 受信部１９は、受信アンプ１８から入力した受信信号ＲＳ２を制御部１０に出力するハードウエア回路である。受信信号ＲＳ２は、デジタルのデータ信号ＤＡＴＡ２に変換され、制御部１０に入力される。データ信号ＤＡＴＡ２は例えば４ビットの信号である。

[0052] 選択部２０は、制御部１０から出力された制御信号ＣＳ１に従って、ＣＭＯＳスイッチ１３、１７を切り替えるための制御信号ＣＳ２を出力するハードウエア回路である。ＣＭＯＳスイッチ１３、１７では、この制御信号ＣＳ２に従ってスイッチが切り替えられ、アンテナアレイ１５の送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ８のうち、１つの送信アンテナと、受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８のうち、１つの受信アンテナが選択される。

[0053] 制御部１０は、入力したデータ信号ＤＡＴＡ２に対して信号処理を行って、異常組織ＣＡを検出する。

[0054] 図１に示すように、制御信号ＣＳ２により、送信アンテナＴｘ２が選択された場合には、ＣＭＯＳスイッチ１３は、送信信号ＳＳ２を送信アンテナＴｘ２に出力するように切り変わる。制御信号ＣＳ２により、受信アンテナＲｘ２が選択された場合には、ＣＭＯＳスイッチ１７は、受信アンテナＲｘ２で受信された受信信号ＲＳ１を受信アンプ１８に出力するように切り変わる。この場合、送信アンテナＴｘ２、受信アンテナＲｘ２の組み合わせでマイクロ波のインパルス信号ＭＷの送受信が行われる。

[0055] 制御部１０は、制御信号ＣＳ２によりＣＭＯＳスイッチ１３、１７を制御

して、送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ８及び受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８の組み合わせを切り替えながら、送信信号ＳＳ２をＣＭＯＳスイッチ１３に出力し、受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８から出力された受信信号ＲＳ１を、ＣＭＯＳスイッチ１７を介して入力し、入力した電気信号に対する信号処理を行う。

[0056] 図６に示すように、送信アンテナＴｘ１からマイクロ波のインパルス信号を放射する。放射されたマイクロ波の一部は、生体内を伝播する。一般に、癌組織等の異常組織ＣＡは、通常の生体組織に比して、５～１０倍程度の高い誘電率を有することが知られている。したがって、異常組織ＣＡが存在する場合には、誘電率の異なる領域の界面、即ち、異常組織ＣＡの表面で、マイクロ波が反射され、受信アンテナＲｘ２～Ｒｘ４で受信される。

[0057] ここで、マイクロ波のインパルス信号を放射してから受信アンテナＲｘ２が反射波を受信するまでの時間をT_{12}［ｓ］とすると、$T_{12}\cdot c$（ｃ：生体中の光の速度）が、マイクロ波のインパルス信号の行程距離となる。

[0058] 従って、異常組織ＣＡは、送信アンテナＴｘ１と受信アンテナＲｘ２を焦点とし、アンテナＴｘ１とＲｘ２からの距離の和が$T_{12}\cdot c$となる楕円Ｅ１２上に位置することになる。

[0059] アンテナＲｘ３、Ｒｘ４が受信したマイクロ波についても同様の処理を行い、複数の楕円E_{12}～E_{14}（E_{14}については不図示）の交点を求めることにより、異常組織ＣＡの位置を求めることができる。なお、送信アンテナＴｘｍからインパルス信号が送信されてから受信アンテナＲｘｎが受信するまでの時間を、伝搬時間T_{mn}とする。

[0060] さらに、インパルス信号を送信するアンテナを送信アンテナＴｘ２に切り換えて、送信アンテナＴｘ２からマイクロ波を放射し、これを受信アンテナＲｘ２～Ｒｘ４で受信して、同様の処理を行う。以後、送信アンテナを順次切り換えながら、マイクロ波を放射し、受信アンテナで反射波を受信し、同様の処理を行うことにより、異常組織ＣＡの位置をより正確に特定することが可能となる。

[0061] 上述のように、異常組織検出装置１では、送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ８と

受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８との間で送受信されるインパルス信号の伝搬時間に基づいて、異常組織ＣＡを検出する。そのため、本実施の形態のように、回路上のインパルス信号の遅れを解消することにより、異常組織ＣＡの位置を精度良く検出することができる。

[0062] なお、上述の例では、理解を容易にするため、２次元で説明したが、実際は、３次元で上述の処理を行うことになる。

[0063] 図７には、制御部１０の機能構成が示されている。図７に示すように、制御部１０は、信号送受信制御部３０と、組毎平均波形パターン生成部３１と、時間調整部３２Ａと、レベル調整部３２Ｂと、同距離平均波形パターン生成部３２Ｃと、全信号平均波形パターン生成部３３Ａと、差分波形パターン生成部３３Ｂと、検出部３４と、記憶部４０と、を備える。記憶部４０には、生波形データ４１と、組毎平均波形パターン４２と、同距離平均波形パターン４３と、全信号平均波形パターン４４と、差分波形パターン４５と、検出画像データ４６と、が記憶される。図７に示す各部は、上述のように、ＣＰＵの実行により実現される。

[0064] 信号送受信制御部３０は、選択する送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせを切り替えながら、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力し、選択された受信アンテナで受信された受信信号を入力する。信号送受信制御部３０は、送信アンテナと受信アンテナとの同じ組み合わせについて、複数回、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力して選択された受信アンテナから出力された量子化ビット数４ビットのデジタル受信信号（データ信号ＤＡＴＡ２）を入力する。このデータは、生波形データ４１として記憶部４０に記憶される。

[0065] 組毎平均波形パターン生成部３１は、複数回入力された４ビットのデジタル受信信号の平均を、４ビットより大きい量子化ビット数で表現する平均波形パターンを、その組み合わせの受信信号の信号波形の波形パターンとして取得する。取得されたパターンは、組毎平均波形パターン４２として記憶部４０に記憶される。

[0066] 時間調整部３２Ａは、送信アンテナと受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて、受信アンテナで受信された受信信号の信号波形におけるピークの時点に基づいて、信号波形の時間方向のずれを調整する。具体的には、ピークの時点が一致するように、信号波形が重ね合わされた状態に信号波形の時間が調整される。

[0067] また、レベル調整部３２Ｂは、送信アンテナと受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて、受信アンテナで受信された信号の信号波形のオフセットＯｆｆｓｅｔ及び振幅に基づいて、受信アンテナで受信された信号の振幅が同一レベルになるように信号波形の振幅レベルを調整する。具体的には、各信号波形の中心及び振幅が同じになるように、各信号波形のスケールを調整する。

[0068] さらに、検出波形パターン生成部としての、同距離平均波形パターン生成部３２Ｃは、信号波形の時間方向のずれが調整され、信号波形の振幅レベルが調整された、送信アンテナと受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせにおける受信信号の信号波形の平均を示す同距離平均波形パターンを生成する。生成された波形パターンは、同距離平均波形パターン４３として、記憶部４０に記憶される。

[0069] なお、同距離平均波形パターン生成部３２Ｃは、送信アンテナと受信アンテナとの各組み合わせの受信信号の信号波形の波形パターンについて、正のピークに続いて正のピークが現れ、負のピークが現れない場合には、その組み合わせの受信信号の信号波形の波形パターンを、検出対象を検出するための計算対象から除外する。

[0070] 基準波形パターン生成部としての、全信号平均波形パターン生成部３３Ａは、送信アンテナと受信アンテナとの全ての組み合わせでの受信信号の信号波形の平均を示す全信号平均波形パターンを生成する。生成された波形パターンは、全信号平均波形パターン４４として記憶部４０に記憶される。また、差分波形パターン生成部３３Ｂは、同距離平均波形パターン生成部３２Ｃで生成された送信アンテナと受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせに

おける同距離平均波形パターン４３と、全信号平均波形パターン生成部３３Ａで生成された全信号平均波形パターン４４との差分を示す差分波形パターンを生成する。生成された波形パターンは、差分波形パターン４５として記憶部４０に記憶される。

[0071] 検出部３４は、差分波形パターン生成部３３Ｂで生成された差分波形パターン４５に基づいて、検出対象を検出する。検出部３４は、差分波形パターン４５に基づいて、インパルス信号を送信してから受信信号を受信するまでの伝搬時間T_{mn}を、送信アンテナと受信アンテナとの相対距離（アンテナ間距離）が同じ組み合わせについてそれぞれ求める。そして、検出部３４は、求められた伝搬時間T_{mn}に基づいて、送信アンテナと受信アンテナとの相対距離（アンテナ間距離）が０であると仮定したときにも残る、伝搬時間T_{mn}に含まれるオフセットＴＬを推定する（図１４参照）。このオフセットＴＬの詳細については後述する。さらに、検出部３４は、オフセットＴＬが差し引かれた伝搬時間T_{mn}’に基づいて、検出対象の位置を検出する。

[0072] 次に、本実施の形態に係る異常組織検出装置１の動作について説明する。図８には、異常組織検出装置１の動作の流れが示されている。図９には、異常組織検出装置１のデータの流れが示されている。

[0073] 図８には、制御部１０の処理の流れが示されている。図８に示すように、まず、制御部１０（信号送受信制御部３０）は、全ての組み合わせでマイクロ波を送受信し、受信信号を取得する（ステップＳ１１）。例えば、信号送受信制御部３０は、送信アンテナＴｘ１及び受信アンテナＲｘ１を選択する制御信号ＣＳ１を出力するとともに、送信部１１にデータ信号ＤＡＴＡを出力し、送信信号ＳＳ１を出力させる。このようにして、送信アンテナＴｘ１と受信アンテナＲｘ１との間で信号の送受信が行われ、受信アンテナＲｘ１で受信された信号が、制御部１０に入力される。信号送受信制御部３０は、この受信信号を生波形データ４１として記憶部４０に記憶する。受信信号は、送受信に用いられた送信アンテナ及び受信アンテナの情報（Ｔｘ１－Ｒｘ１）と関連付けられて記憶される。信号送受信制御部３０は同じアンテナの

組み合わせ（Ｔｘ１－Ｒｘ１）で、複数回、例えば１６回信号の送受信を行う。したがって、記憶部４０には、同じアンテナの組み合わせ（Ｔｘ１－Ｒｘ１）における受信信号（データ信号ＤＡＴＡ２）のデータが１６個記憶される。

[0074] 次に、信号送受信制御部３０は、制御信号ＣＳ１を出力して、送信アンテナＴｘ１及び受信アンテナＲｘ２を選択する制御信号ＣＳ２を選択部２０に出力させるとともに、送信部１１に送信信号ＳＳ１を出力させる。信号の送受信は、１６回行われ、アンテナの組み合わせ（Ｔｘ１－Ｒｘ２）についても、１６個の受信信号が取得され、記憶部４０に記憶される。

[0075] このようにして、全てのアンテナの組み合わせ（Ｔｘ１－Ｒｘ１）、（Ｔｘ１－Ｒｘ２）、…、（Ｔｘ２－Ｒｘ１）、…、（Ｔｘ２－Ｒｘ８）、（Ｔｘ３－Ｒｘ１）、…、（Ｔｘ３－Ｒｘ８）、（Ｔｘ４－Ｒｘ１）、…、（Ｔｘ４－Ｒｘ８）、（Ｔｘ５－Ｒｘ１）、…、（Ｔｘ５－Ｒｘ８）、（Ｔｘ６－Ｒｘ１）、…、（Ｔｘ６－Ｒｘ８）、（Ｔｘ７－Ｒｘ１）、…、（Ｔｘ７－Ｒｘ８）、（Ｔｘ８－Ｒｘ１）、…、（Ｔｘ８－Ｒｘ８）について、それぞれ１６個の受信信号（データ信号ＤＡＴＡ２）が取得され、制御部１０に記憶される。アンテナの組み合わせは６４通りあるので、図９に示すように、アンテナの各組み合わせで６４通り、計１６×６４個の受信信号のデータ（生波形データ４１）が記憶される。

[0076] 続いて、制御部１０（組毎平均波形パターン生成部３１）は、送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせでの平均波形パターンを算出する（ステップＳ１２）。この時点で、組毎平均波形パターン生成部３１は、アンテナの組み合わせ毎に１６個の受信信号（生波形データ４１）を記憶している。組毎平均波形パターン生成部３１は、図９に示すように、この１６個の受信信号（データ信号ＤＡＴＡ２）の平均波形パターンを、組毎平均波形パターン４２として算出する。各受信信号（データ信号ＤＡＴＡ２）は４ビットの粗いデジタル信号であるが、この平均化により、各デジタル受信信号の量子化ビット数を上げ、統計的に見て妥当な信号波形を得ることができるの

で、受信信号に含まれるノイズ及びジッタの影響を低減することができる。

[0077] 続いて、制御部１０（同距離平均波形パターン生成部３２Ｃ）は、送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせでの組毎平均波形パターン４２の中から、波形にピークを有しない平均波形パターンを除外する（ステップＳ１３）。例えば、同距離平均波形パターン生成部３２Ｃは、正のピークの後に負のピークが現れない平均波形パターンについては、その後の計算対象から除外する。この除外は、他に閾値によって行われるようにしてもよい。

[0078] 続いて、制御部１０（時間調整部３２Ａ）は、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの平均波形パターンの時間調整を行う（ステップＳ１４）。例えば、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせとしては、図５（Ａ）及び図５（Ｂ）に示すように、（Ｔｘ１－Ｒｘ１）、（Ｔｘ２－Ｒｘ２）、（Ｔｘ３－Ｒｘ３）、（Ｔｘ４－Ｒｘ４）、（Ｔｘ５－Ｒｘ５）、（Ｔｘ６－Ｒｘ６）、（Ｔｘ７－Ｒｘ７）、（Ｔｘ８－Ｒｘ８）等がある。

[0079] 図１０（Ａ）には、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの２つの組み合わせにおける平均波形パターンが表示されている。図１０（Ａ）では、２つの平均波形パターンはよく重なっているように見えるが、実際には、そのピーク付近を拡大した図１０（Ｂ）に示すように、２つの信号波形のピークＰ１、Ｐ２は時間方向にずれている。そこで、制御部１０は、図１０（Ｂ）のさらなる拡大図である図１０（Ｃ）に示すように、２つの信号波形のピークＰ１、Ｐ２の中心時点Ａ１、Ａ２を算出し、そのずれ時間ｄＴを算出する。なお、ピークＰ１、Ｐ２に幅がある場合には、最大値を維持するピークＰ１、Ｐ２の頂点の中央を、中心時点Ａ１、Ａ２とすればよい。

[0080] 続いて、制御部１０（レベル調整部３２Ｂ）は、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの平均波形パターンのレベル調整を行う（ステップＳ１５）。具体的には、レベル調整部３２Ｂは、図１１（Ａ）に示すように、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの２つの平均波形パターンのオフセット成分Ｏｆｆｓｅｔを求め、図１１

（Ｂ）に示すように、２つの平均波形パターンの最大値と最小値とのレベルＡ、Ｂのスケール比を求める。

[0081] 続いて、制御部１０（同距離平均波形パターン生成部３２Ｃ）は、求めたずれ時間ｄＴと、オフセットＯｆｆｓｅｔ及びスケール比Ａ／Ｂに基づいて、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの平均信号パターンを算出する（ステップＳ１６）。例えば（Ｔｘ１－Ｒｘ１）、（Ｔｘ２－Ｒｘ２）、（Ｔｘ３－Ｒｘ３）、（Ｔｘ４－Ｒｘ４）、（Ｔｘ５－Ｒｘ５）、（Ｔｘ６－Ｒｘ６）、（Ｔｘ７－Ｒｘ７）、（Ｔｘ８－Ｒｘ８）について、時間調整（時間ずれの調整）及びレベル調整が行われ、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの平均波形パターンが算出される。算出された平均波形パターンは、図７、図９に示すように、同距離平均波形パターン４３（検出波形パターン）として、記憶部４０に記憶される。

[0082] 続いて、制御部１０（全信号平均波形パターン生成部３３Ａ）は、全ての送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの平均波形パターンを全信号平均波形パターン（基準波形パターン）４４として算出する（ステップＳ１７）。

[0083] 生体には、受信信号を変化させる異常組織ＣＡが含まれている場合がある。異常組織ＣＡがあると、各受信アンテナＲｘｎで受信される受信信号の波形パターンが変化する。各受信アンテナＲｘｎで受信される受信信号が、異常組織ＣＡによってどのように変化するかは、受信アンテナＲｘｎと異常組織ＣＡとの位置関係によって決まる。例えば、送信アンテナＴｘ１を送信用とし、受信アンテナＲｘ１を受信用とした場合の受信信号における異常組織ＣＡの成分の出現位置と、送信アンテナＴｘ６を送信用とし受信アンテナＲｘ６を受信用とした場合の受信信号における異常組織ＣＡの成分の出現位置とは、それぞれ異なっている。

[0084] 各受信アンテナＲｘｎで受信される受信信号における異常組織ＣＡの成分の出現位置はそれぞれ異なるため、各受信アンテナＲｘｎで受信された受信

信号の平均をとれば、受信信号から、異常組織ＣＡの成分を抑圧することができる。本実施の形態では、異常組織ＣＡの成分が抑圧され、かつ、生体を用いて実際に測定された受信信号の全ての信号の平均波形パターンを基準波形パターンとして、異常組織ＣＡの成分を検出する。

[0085] 算出された平均波形パターンは、図７、図９に示すように、全信号平均波形パターン（基準波形パターン）４４として、記憶部４０に記憶される。

[0086] 続いて、制御部１０（差分波形パターン生成部３３Ｂ）は、同距離平均波形パターンと基準波形パターンとの差分波形パターンを算出する（ステップＳ１８）。すなわち、ここでは、制御部１０は、上記ステップＳ１６で求められた相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの同距離平均波形パターン４３から、ステップＳ１７で求められた全信号平均波形パターン（基準波形パターン）４４を差し引いて、差分波形パターンが求められる。差分波形パターンは、図９に示すように、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせ毎に求められる。算出された差分波形パターンは、図７、図９に示すように、差分波形パターン４５として、記憶部４０に記憶される。

[0087] 図１２（Ａ）には、ステップＳ１４の時間調整を行わなかった場合に求められる、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの同距離平均波形パターンと、全信号平均波形パターン（基準波形パターン）を差し引いた場合に求められる差分波形パターンが示されている。また、図１２（Ｂ）には、ステップＳ１４の時間調整を行った場合に求められる、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの同距離平均波形パターンと、全信号平均波形パターン（基準波形パターン）を差し引いた場合に求められる差分波形パターンが示されている。図１２（Ａ）及び図１２（Ｂ）を比較するとわかるように、求められる差分波形パターンは、時間調整の有無により、著しく異なっている。

[0088] 図１３（Ａ）には、ステップＳ１５のレベル調整を行わなかった場合に求められる、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの

同距離平均波形パターンと、全信号平均波形パターン（基準波形パターン）を差し引いた場合に求められる差分波形パターンが示されている。また、図１３（Ｂ）には、ステップＳ１５のレベル調整を行った場合に求められる、ステップＳ１８における相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの同距離平均波形パターンと、全信号平均波形パターン（基準波形パターン）を差し引いた場合に求められる差分波形パターンが示されている。図１３（Ａ）及び図１３（Ｂ）を比較するとわかるように、求められる差分波形パターンは、若干異なっている。

[0089] 続いて、制御部１０（検出部３４）は、放射時点を調整する（ステップＳ１９）。図１４には、送信アンテナ及び受信アンテナのアンテナ間距離に対する、差分波形パターンにおける送信信号の送信を開始してからピークまでの伝搬時間（ピーク時間）の関係が示されている。アンテナ間距離が０になれば、送信信号の送信を開始してから差分波形パターンにおいて、受信されるまでの時間は理論的には０になるはずであるが、図１４に示すように、実際には、オフセット時間ＴＬが乗っている。オフセット時間ＴＬは、アンテナの端子にインパルス電流を流し始めてから、アンテナ開口面から電磁波が実際に放射されるまでの高周波信号の遅れによるものであると考えられている。オフセット時間ＴＬは、異常組織ＣＡの検出結果の誤差要因であるため、計測されたピーク時間T_{mn}から取り除く必要がある。検出装置の各構成要素中の電子デバイス特性の相違、送受信アンテナ特性の相違等様々な要因によって、オフセット時間ＴＬにはばらつきが生じるため、計測の都度、オフセット時間ＴＬを求める必要がある。そこで、このステップでは、オフセット時間ＴＬを求める。

[0090] オフセット時間ＴＬの求め方には２通りの方法がある。まず、１つ目の方法について説明する。検出部３４は、アンテナ間距離が異なる送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせで、送信信号の送信を開始してから差分波形パターンにおいて最初のピークが現れるまでの時間Ｔを求め、時間Ｔを図１４に示すグラフ上にプロットし、例えば最小二乗法を用いてプロットされた

点に基づく図１４に示す実線を決定する。そして、この実線と縦軸との交点の位置座標を、オフセット時間ＴＬとして求める。

[0091] 次に、２つ目の方法について説明する。検出部３４は、アンテナ間距離が異なる送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでそれぞれ得られた差分波形パターンを積分する。そして、積分波形について、送信信号の送信を開始してから最大ピークが現れるまでの時間Ｔを求め、時間Ｔを図１４に示すグラフ上にプロットし、例えば最小二乗法を用いてプロットされた点に基づく図１４に示す実線を決定する。そして、この実線と縦軸との交点の位置座標を、オフセット時間ＴＬとして求める。

[0092] また、図１５には、送信アンテナ別に、送信信号の送信を開始してから受信されるまでの時間Ｔをそれぞれ生成した場合のグラフが示されている。図１５に示すように、この場合には、送信アンテナＴｘ１、Ｔｘ３、Ｔｘ４については曲線（実線）が良く一致していたが、送信アンテナＴｘ２の曲線（点線）については、他のアンテナの曲線よりも傾きが大きくなっている。このような場合には、送信アンテナＴｘ２に関連する計測結果を、異常組織ＣＡを検出するための計測結果から除外するようにしてもよい。

[0093] 続いて、制御部１０（検出部３４）は、差分波形パターンに基づいて異常組織ＣＡを検出する（ステップＳ２０）。ここでは、送信信号の送信を開始してから差分波形パターンにおいて、受信されるまでの時間、すなわちピークが現れるまでの伝搬時間（ピーク時間）T_{mn}からオフセット時間ＴＬが差し引かれた後、差し引かれた時間T_{mn}'に基づいて、マイクロ波のインパルス信号の行程距離に基づく複数の楕円の交点を検出することにより、異常組織ＣＡの位置が検出される。検出された異常組織は画像化され、図７に示すように、検出画像データ４６として記憶部４０に記憶され、必要に応じて表示画面に表示される。

[0094] 図１６（Ａ）～図１６（Ｃ）には、時間調整及びレベル調整を行わなかった場合における異常組織ＣＡの検出結果（検出画像）が示されている。図１６（Ａ）～図１６（Ｃ）に示すように、時間調整及びレベル調整が行われて

いない状態では、異常組織ＣＡの位置を特定することが困難になっている。

[0095] 図１７（Ａ）は、時間調整を行った場合における異常組織ＣＡの検出結果が示されて、図１７（Ｂ）には、時間調整及びレベル調整を行った場合における異常組織ＣＡの検出結果（画像）が示されている。図１７（Ａ）及び図１７（Ｂ）に示すように、この検出結果では、中央やや左斜め下に異常組織ＣＡが現れている。この検出結果を用いれば、異常組織ＣＡの位置を特定することが可能となる。レベル調整を行った場合と、行わなかった場合とでは、異常組織ＣＡの検出位置が若干異なっており、レベル調整を行った方が、異常組織ＣＡの検出位置は正確であった。

[0096] このように、本実施の形態によれば、相対距離が同じである送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせで得られた受信信号について、それぞれの組毎波形パターンを時間方向及び振幅方向に合わせた上で、同じ距離での平均の波形パターンを算出し、算出した平均の波形パターンに基づいて検出対象を検出する。時間方向及び振幅方向に調整された同じ距離での平均の波形パターンは、ノイズやジッタが低減された波形パターンとなるので、その波形パターンに基づいて検出対象を検出すれば、検出対象の検出精度を向上することができる。

[0097] なお、送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ８、受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８とＣＭＯＳスイッチ１３、１７の間の配線の長さを同じとしたが、多少長さが違っていても、位置関係が同じ送信アンテナＴｘ１～Ｔｘ８及び受信アンテナＲｘ１～Ｒｘ８の組み合わせで送受信された受信信号に対してキャリブレーションを行って配線の長さの違いによる受信信号の差を調整してもよい。

[0098]（実施形態２）

続いて、実施形態２に係る検出装置、信号処理方法及びプログラムについて説明する。本実施形態では、検出対象の検出精度を向上させるため、制御部１０が、ピーク値のばらつきの大きい受信信号を除外して組毎平均波形パターンを算出する点、及び差分波形パターンに帯域フィルタ、補償演算等を適用する点で、上記実施形態１と異なる。また、検出波形パターンとして組

毎平均波形パターンを、基準波形パターンとして同距離波形パターンを用いる点で、上記実施形態１と異なる。その他の構成は上記実施形態１の構成（図１）と同様であるので、同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

[0099] 制御部１０の基本的な機能構成（図１８）は、全信号平均波形パターンに関する部分を除いて、図７に示される実施形態１と同様であるが、上記検出波形パターン及び基準波形パターンの違いから、一部の機能、処理は実施形態１と異なる。以下、主に、実施形態１と異なる機能について説明する。

[0100] 本実施形態の組毎平均波形パターン生成部３１は、受信信号の外れ値を除外する。具体的には、送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせで取得された各受信信号のピーク値から、ピーク値の平均値と標準偏差を求める。そして、ピーク値が、一定の信頼区間から外れている受信信号を除外した後、組毎平均波形パターンを算出する。

[0101] また、差分波形パターン生成部３３Ｂは、差分波形パターンから雑音を除外するための帯域フィルタを備える。差分波形パターンは、高周波の量子化ノイズと、直流成分の低周波ノイズを含んでいる。差分波形パターン生成部３３Ｂは、差分波形パターンに帯域フィルタを適用して、これらのノイズを除去する。

[0102] さらに、差分波形パターン生成部３３Ｂは、被検者の体内を伝搬することによって減衰した受信信号を増幅させるための補償器を備える。具体的には、差分波形パターンの積分波形に対して、次式の補償係数Ｃを乗ずることにより、補償を行う。

[数1]

$$C = \mathrm{e}^{-\alpha r}$$

ただし、αは次式の減衰定数、ｒは距離（生体中の光の速度ｃ×時間ｔ）。

[数2]

$$\alpha = \omega\sqrt{\frac{\mu\varepsilon}{2}}\sqrt{\sqrt{1+\left(\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\right)^2}-1}$$

ただし、μは透磁率、εは誘電率、ωは角周波数、σは導電率を表す。

[0103] 次に、実施形態２に係る異常組織検出装置１の動作について説明する。図１９には、異常組織検出装置１の動作の流れが示されている。図２０には、異常組織検出装置１のデータの流れが示されている。

[0104] 図１９に示すように、まず、制御部１０（信号送受信制御部３０）は、全ての組み合わせでマイクロ波を送受信し、受信信号を取得する（ステップＳ３１）。ステップＳ３１は、実施形態１のステップＳ１１と同様の処理であり、同じアンテナの組み合わせで複数回、例えば４０回信号の送受信を行う（図２０）。そして、記憶部４０に、全てのアンテナの組み合わせ（６４通り）で４０個の受信信号（データ信号ＤＡＴＡ２）のデータ（生波形データ４１）が記憶される。

[0105] 続いて、制御部１０（組毎平均波形パターン生成部３１）は、上記４０個の受信信号のデータから、ピーク値が一定の信頼区間から外れている受信信号のデータを除外する（ステップＳ３２）。具体的には、組毎平均波形パターン生成部３１は、上記４０個の受信信号のデータそれぞれのピーク値を基に、ピーク値の平均値及び標準偏差を算出する。そして、ピーク値が、一定の信頼区間から外れている外れ値となる受信信号を除外する。

[0106] 外れ値を除外するための信頼区間は、各受信信号のピーク値のばらつきに基づいて、任意に設定することができる。本実施の形態では、各受信信号のピーク値は正規分布に従うものとして、平均値±１．６４σ（σ：標準偏差）の範囲、すなわち約９０％の信頼区間を設定し、これから外れるピーク値を有する受信信号を除外している。

[0107] 例えば、図２１（Ａ）は、送信アンテナＴｘ１及び受信アンテナＲｘ１３の組み合わせで取得した各受信信号のピーク値を示す図であり、図２１（Ｂ

）は、各受信信号のピーク値のヒストグラムである。この受信信号のピーク値について９０％信頼区間外の外れ値を除外する。

[0108] 続いて、制御部１０（時間調整部３２Ａ）は、送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせで、外れ値に係る受信信号データを除外した残余の受信信号（生波形データ４１）について、実施形態１のステップＳ１４と同様に、時間調整を行うため、ずれ時間ｄＴを算出する（ステップＳ３３）。

[0109] また、制御部１０（レベル調整部３２Ｂ）は、送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせで、外れ値に係る受信信号データを除外した残余の受信信号（生波形データ４１）について、実施形態１のステップＳ１５と同様に、レベル調整を行うため、オフセットＯｆｆｓｅｔ及びスケール比Ａ／Ｂを求める（ステップＳ３４）。

[0110] 続いて、制御部１０（組毎平均波形パターン生成部３１）は、検出波形パターン生成部として、外れ値に係る受信信号データを除外した残余の受信信号（生波形データ４１）について、ステップＳ３３で求めたずれ時間ｄＴと、ステップＳ３４で求めたオフセットＯｆｆｓｅｔ及びスケール比Ａ／Ｂに基づく調整を行い送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせでの平均波形パターンを算出する（ステップＳ３５）。すなわち、組毎平均波形パターン生成部３１は、図２０に示すように、上記フィルタリングによって、４０個の受信信号（データ信号ＤＡＴＡ２）から外れ値に係る受信信号を除外する。残余の受信信号は、時間調整部３２Ａ及びレベル調整部３２Ｂによって調整された後、組毎平均波形パターン生成部３１によって平均される。そして、算出された平均波形パターンを、組毎平均波形パターン４２とする。実施形態１と同様に、各受信信号（データ信号ＤＡＴＡ２）は４ビットの粗いデジタル信号であるが、この平均化により、各デジタル受信信号の量子化ビット数を上げ、統計的に見て妥当な信号波形を得ることができるので、受信信号に含まれるノイズ及びジッタの影響を低減することができる。また、外れ値に係る受信信号を除外して、組毎平均波形パターンを算出することにより、ノイズの影響の少ない組毎平均波形パターンを求めることができる

。

[0111] 続いて、基準波形パターン生成部としての、制御部１０（同距離平均波形パターン生成部３２Ｃ）は、実施形態１のステップＳ１３と同様に、送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせでの組毎平均波形パターン４２の中から、波形にピークを有しない平均波形パターンを除外する（ステップＳ３６）。上述のように、この除外は、他に閾値によって行われるようにしてもよい。

[0112] 続いて、制御部１０（同距離平均波形パターン生成部３２Ｃ）は、ステップＳ３６で残った組毎平均波形パターン４２から、相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの平均信号パターンを算出する（ステップＳ３７）。算出された平均波形パターンは、同距離平均波形パターン４３として、記憶部４０に記憶される。

[0113] 算出された同距離平均波形パターン４３は、基準波形パターンとして、記憶部４０に記憶される。

[0114] 続いて、制御部１０（差分波形パターン生成部３３Ｂ）は、検出波形パターンとしての組毎平均波形パターンと基準波形パターンとしての同距離波形パターンとの差分波形パターンを算出する（ステップＳ３８）。すなわち、制御部１０は、上記ステップＳ３５で求められた、送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせでの組毎平均波形パターン４２から、ステップＳ３７で求められた相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせでの同距離平均波形パターン４３を差し引いて、差分波形パターンが求められる。差分波形パターンは、図２０に示すように、送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせ毎に求められる。算出された差分波形パターンは、差分波形パターン４５’として、記憶部４０に記憶される。

[0115] 続いて、制御部１０（差分波形パターン生成部３３Ｂ）は、帯域フィルタによるノイズ除去を行う（ステップＳ３９）。ステップＳ３８で算出された差分波形パターン４５’には、図２２（Ａ）にスパイク状のノイズとして表れている、量子化誤差による高周波ノイズが含まれている。また、図２２（

Ａ）の差分波形パターン４５’を積分した積分波形は、図２２（Ｂ）に示すように、時間の経過とともに増大している。よって、差分波形パターン４５’には、直流成分の低周波ノイズが含まれていることがわかる。また、図２２（Ｃ）に示す差分波形パターン４５’をフーリエ変換した周波数スペクトルからも、低周波ノイズ及び高周波ノイズが含まれていることがわかる。

[0116] これらのノイズを除去するため、本実施形態では、送信信号の周波数よりも狭い、２ＧＨｚ～６ＧＨｚを通過帯域とする帯域フィルタを用いる。図２３（Ａ）は、図２２（Ａ）の差分波形パターン４５’に上述の帯域フィルタを適用した波形である。帯域フィルタの適用によって、量子化誤差による高周波ノイズが除去されている。

[0117] また、図２３（Ａ）に示す差分波形パターン４５’を積分した積分波形は、図２３（Ｂ）に示すように、時間の経過とともに増大することなく、水平を保っている。したがって、帯域フィルタの適用により、直流成分の低周波ノイズを除去できていることがわかる。

[0118] 続いて、制御部１０（差分波形パターン生成部３３Ｂ）は、被検者の体内を伝搬することによって減衰した受信信号の補償を行う（ステップＳ４０）。

[0119] 具体的には、上記ステップＳ３９で算出された積分値に対して、上述の数１及び数２で表される補償係数Ｃを乗ずる。これにより、送信アンテナから受信アンテナへの直接波に対して、遅く受信される異常組織からの反射波を相対的に大きくする。（図２４（Ａ）、図２４（Ｂ））。したがって、受信波形における異常組織からの反射波をより明確にすることができるため、異常組織検出の精度を向上させることができる。

[0120] 続いて、制御部１０（検出部３４）は、実施形態１のステップＳ１９と同様に、放射時点を調整する（ステップＳ４１）。実施形態１では、オフセット時間ＴＬは、差分波形パターン４５’における正のピーク位置を用いる方法、または、差分波形パターン４５’を積分した場合のピーク位置を用いる方法によって算出することとしたが、これに限られない。

[0121] 例えば、差分波形パターン４５’における負のピーク位置を用いてオフセット時間ＴＬを算出することができる。具体的には、検出部３４は、アンテナ間距離が異なる送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせで、送信信号の送信を開始してから差分波形パターン４５’において負のピークが現れるまでの時間T_mを求める。図１４と同様に、時間T_mをグラフ上にプロットし、例えば最小二乗法を用いてプロットされた点に基づく実線を決定する。そして、この実線と縦軸との交点の位置座標を、オフセット時間ＴＬとして求める。

[0122] 図２５（Ａ）及び図２５（Ｂ）に、正のピーク位置を選択した場合と負のピーク位置を選択した場合の例が示されている。図２５（Ａ）は、送信アンテナＴｘ３及び受信アンテナＲｘ７における差分波形パターン４５’を示しており、正のピーク位置は、T_p1＝３．８３ｎｓ、負のピーク位置は、T_m１＝３．９５ｎｓの時点である。また、図２５（Ｂ）は、送信アンテナＴｘ３及び受信アンテナＲｘ１５の組み合わせにおける差分波形パターン４５’を示しており、正のピーク位置は、T_p2＝４．００ｎｓ、負のピーク位置は、T_m2＝４．１０ｎｓの時点である。上記の通り、T_p1及びT_p2からオフセット時間ＴＬを算出すると、ＴＬ＝２．７７ｎｓとなる。また、T_m1及びT_m2からオフセット時間ＴＬを算出すると、ＴＬ＝２．９０ｎｓとなる。

[0123] 続いて、制御部１０（検出部３４）は、実施形態１のステップＳ２０と同様に、差分波形パターンに基づいて異常組織ＣＡを検出する（ステップＳ４２）。異常組織ＣＡの位置は、送信信号の送信を開始してから差分波形パターン４５’において、受信されるまでの時間、すなわちピークが現れるまでの伝搬時間（ピーク時間）T_{mn}からオフセット時間ＴＬが差し引かれた後、差し引かれた時間T_{mn}’に基づいて、マイクロ波のインパルス信号の行程距離に基づく複数の楕円の交点を検出することによって行われる。

[0124] 上記ステップＳ４１において、正のピーク値に基づいてオフセット時間ＴＬを算出した場合には、反射信号の正のピークに基づいて、異常組織ＣＡの位置が検出される。また、負のピーク値に基づいてオフセット時間ＴＬを算

出した場合には、反射信号の負のピークに基づいて、異常組織ＣＡの位置が検出される。検出された異常組織は画像化され、検出画像データ４６として記憶部４０に記憶され、必要に応じて表示画面に表示される。

[0125] 図２６（Ａ）及び図２６（Ｂ）は、検出された異常組織を画像化した例である。図２６（Ａ）は、正のピーク値に基づいて算出したオフセット時間ＴＬを使って、異常組織ＣＡを検出した場合を示している。この図では、異常組織の位置は、正の輝点として現れている。図２６（Ｂ）は、負のピーク値に基づいて算出したオフセット時間ＴＬを使って、異常組織ＣＡを検出した場合を示している。この図では、異常組織の位置は、負の輝点として現れている。このように、オフセット時間ＴＬの算出基準によって、検出結果の画像上で異常組織ＣＡの位置を正の輝点で表すか、負の輝点で表すかを選択することができる。これにより、異常組織ＣＡを判別し易い方法で画像を作成することが可能となり、異常組織ＣＡの検出精度を向上させることができる。

[0126] 図２７（Ａ）には、帯域フィルタによるフィルタリング及び損失補償を行わなかった場合における異常組織ＣＡの検出結果（検出画像）が示されている。図２７（Ｂ）には、帯域フィルタによるフィルタリングを行い、損失補償を行わなかった場合における異常組織ＣＡの検出結果が示されている。図２７（Ｃ）には、帯域フィルタによるフィルタリング及び損失補償を行った場合における異常組織ＣＡの検出結果が示されている。それぞれの場合の信号雑音比は、図２７（Ａ）でＳＣＲ（signal-to-clutter ratio）＝２．４３，ＳＭＲ（signal-to-mask ratio）＝２１．２２、図２７（Ｂ）でＳＣＲ＝４．９３，ＳＭＲ＝２４．２２、図２７（Ｃ）でＳＣＲ＝５．７０，ＳＭＲ＝２４．５４となっている。このように、本実施形態の帯域フィルタ及び損失補償により、異常組織ＣＡの検出精度を向上させることができる。

[0127] 上記各実施の形態では、アンテナの数を送信アンテナ８個、受信アンテナ８個としたが、本発明はこれには限られず、アンテナの数は任意でよい。これに合わせて、ＣＭＯＳスイッチ１３、１７も、単極８投でなくてもよく、

他の単極多投のスイッチでよい。その数は、送信アンテナ、受信アンテナの数に合わせることになる。なお、ＣＭＯＳスイッチ１３の出力端、ＣＭＯＳスイッチ１７の出力端は、配線の長さが等しくなるように、かつ長すぎないように、円状に配置できる数とするのが望ましい。

[0128] また、ＣＭＯＳスイッチ１３、１７は、双極多投のスイッチであってもよい。この場合には、各アンテナが、送信スイッチにも受信スイッチにもなるので、スイッチの組み合わせの数を増やすことができる。

[0129] その他、制御部１０のハードウエア構成やソフトウエア構成は一例であり、任意に変更および修正が可能である。

[0130] 制御部１０の処理を行う中心となる部分は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、前記の動作を実行するためのコンピュータプログラムを、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（フレキシブルディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＯＭ等）に格納して配布し、当該コンピュータプログラムをコンピュータにインストールすることにより、前記の処理を実行する制御部１０を構成してもよい。また、インターネット等の通信ネットワーク上のサーバ装置が有する記憶装置に当該コンピュータプログラムを格納しておき、通常のコンピュータシステムがダウンロード等することで制御部１０を構成してもよい。

[0131] 制御部１０の機能を、ＯＳ（オペレーティングシステム）とアプリケーションプログラムの分担、またはＯＳとアプリケーションプログラムとの協働により実現する場合などには、アプリケーションプログラム部分のみを記録媒体や記憶装置に格納してもよい。

[0132] 搬送波にコンピュータプログラムを重畳し、通信ネットワークを介して配信することも可能である。たとえば、通信ネットワーク上の掲示板（BBS, Bulletin Board System）にコンピュータプログラムを掲示し、ネットワークを介してコンピュータプログラムを配信してもよい。そして、このコンピュータプログラムを起動し、ＯＳの制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、前記の処理を実行できるように構成してもよ

い。

[0133] この発明は、この発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するためのものであり、この発明の範囲を限定するものではない。すなわち、この発明の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

[0134] 本出願は、２０１５年１０月２９日に出願された日本国特許出願２０１５－２１３４０６号に基づく。本明細書中に、日本国特許出願２０１５－２１３４０６号の明細書、特許請求の範囲、図面全体を参照として取り込むものとする。

産業上の利用可能性

[0135] 本発明は、乳癌センサなどに用いられるアンテナアレイ装置に好適である。また、本発明は、乳癌センサに限らず、他の腫瘍等、生体、外部環境の誘電率の異なる領域の検出・判別に応用可能である。

符号の説明

[0136] １ 異常組織検出装置

１０ 制御部

１１ 送信部

１２ 送信アンプ

１３ ＣＭＯＳスイッチ

１４ 配線部

１５ アンテナアレイ

１６ 配線部

１７ ＣＭＯＳスイッチ

１８ 受信アンプ

１９ 受信部

２０ 選択部

２１Ａ、２１Ｂ　ＮＡＮＤ回路

２１Ｃ、２１Ｄ　ＮＯＲ回路

２２Ａ～２２Ｄ　遅延回路

２３Ａ、２３Ｃ　ＯＲ回路

２３Ｂ、２３Ｄ　ＡＮＤ回路

２４Ａ、２４Ｃ　ダウンパルスジェネレータ

２４Ｂ、２４Ｄ　アップパルスジェネレータ

２５Ａ、２５Ｂ　バッファ回路

３０　信号送受信制御部

３１　組毎平均波形パターン生成部

３２Ａ　時間調整部

３２Ｂ　レベル調整部

３２Ｃ　同距離平均波形パターン生成部

３３Ａ　全信号平均波形パターン生成部

３３Ｂ　差分波形パターン生成部

３４　検出部

４０　記憶部

４１　生波形データ

４２　組毎平均波形パターン

４３　同距離平均波形パターン

４４　全信号平均波形パターン（基準波形パターン）

４５、４５’　差分波形パターン

４６　検出画像データ

ＣＡ　異常組織

Ｃｋ　信号

ＣＬＫ、ＣＬＯＣＫ、／ＣＬＯＣＫ　クロック信号

ＣＳ１、ＣＳ２　制御信号

ＤＡＴＡ、／ＤＡＴＡ、ＤＡＴＡ２　データ信号

ＲＳ１、ＲＳ２　受信信号

Ｒｘ１、Ｒｘ２、…、Ｒｘ８　受信アンテナ

ＭＷ　送信信号（インパルス信号）

ＯＰ、ＯＭ　出力信号

ＲＷ　反射信号

Ｔｘ１、Ｔｘ２、…、Ｔｘ８　送信アンテナ

ＳＳ１、ＳＳ２　送信信号

請求の範囲

[請求項1] マイクロ波のインパルス信号を送信する複数の送信アンテナと、

前記インパルス信号を受信する複数の受信アンテナと、

選択する送信アンテナ及び受信アンテナの組み合わせを切り替えながら、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力し、選択された受信アンテナで受信された受信信号を入力し、入力した受信信号に対する信号処理を行う制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの所定の組み合わせについて、前記受信アンテナで受信された複数の受信信号の信号波形におけるピークの時点に基づいて、信号波形の時間方向のずれを調整する時間調整部と、

前記時間調整部で調整された複数の受信信号であって、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせについて取得された複数の受信信号、または、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて取得された複数の受信信号の平均を示す検出波形パターンを生成する検出波形パターン生成部と、

前記検出波形パターンの生成に用いられた複数の受信信号を含み、より多数の受信信号の信号波形の平均を示す基準波形パターンを生成する基準波形パターン生成部と、

前記検出波形パターン生成部で生成された検出波形パターンと、前記基準波形パターン生成部で生成された基準波形パターンとの差分を示す差分波形パターンを生成する差分波形パターン生成部と、

前記差分波形パターン生成部で生成された差分波形パターンに基づいて、検出対象を検出する検出部と、

を備える検出装置。

[請求項2] 前記時間調整部は、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一

の組み合わせを所定の組み合わせとして信号波形の時間方向のずれを調整し、

前記検出波形パターン生成部は、

同一の前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせにおける複数の受信信号の信号波形を平均した組毎平均波形パターンを検出波形パターンとして生成し、

前記基準波形パターン生成部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせでの前記組毎平均波形パターンを平均した同距離平均波形パターンを基準波形パターンとして生成する、

請求項１に記載の検出装置。

[請求項3] 前記時間調整部は、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせを所定の組み合わせとして信号波形の時間方向のずれを調整し、

前記検出波形パターン生成部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせにおける受信信号の信号波形を平均した同距離平均波形パターンを検出波形パターンとして生成し、

前記基準波形パターン生成部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの全ての組み合わせでの受信信号の信号波形を平均した全信号平均波形パターンを基準波形パターンとして生成する、

請求項１に記載の検出装置。

[請求項4] 前記制御部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて、前記受信アンテナで受信された信号の信号波形のオフセット及び振幅に基づいて、前記受信アンテナで受信された信号の振幅が同一レベルになるように信号波形の振幅レベルを調整するレベル調

整部を備える、

請求項１から３のいずれか一項に記載の検出装置。

[請求項5] 前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同じ組み合わせについて、複数回、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力して選択された受信アンテナから出力された所定ビット数のデジタル受信信号を入力する信号送受信制御部と、

複数回入力されたデジタル受信信号の平均を前記所定ビット数より大きいビット数で表現する平均波形パターンを、その組み合わせの受信信号の信号波形の波形パターンとして取得する組毎平均波形パターン生成部と、

を備える、

請求項１から４のいずれか一項に記載の検出装置。

[請求項6] 前記組毎平均波形パターン生成部は、

前記複数回入力されたデジタル受信信号のうち、前記デジタル受信信号の最大振幅が正規分布の９０％信頼区間外であるデジタル受信信号を除外して、前記平均波形パターンを生成する、

請求項５に記載の検出装置。

[請求項7] 前記インパルス信号は、ガウシアンモノサイクルパルスである、

請求項１から６のいずれか一項に記載の検出装置。

[請求項8] 前記制御部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせにおける受信信号の信号波形の平均を示す同距離平均波形パターンを生成する、同距離平均波形パターン生成部を備え、

前記同距離平均波形パターン生成部は、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの各組み合わせの受信信号の信号波形の波形パターンについて、正のピークに続いて正のピークが現れ、負のピークが現れない場合には、その組み合わせの受信信号の信号波形の波形パターンを計算対象から除外する、

請求項７に記載の検出装置。

[請求項9] 前記検出部は、

前記差分波形パターンに基づいて、前記インパルス信号を送信してから前記受信信号を受信するまでの伝搬時間を、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについてそれぞれ求め、

求められた伝搬時間に基づいて、前記相対距離が０であると仮定したときの伝搬時間に含まれるオフセットを推定し、

前記伝搬時間に含まれるオフセットを差し引かれた前記伝搬時間に基づいて、検出対象の位置を検出する、

請求項１から８のいずれか一項に記載の検出装置。

[請求項10] 前記検出部は、

前記差分波形パターンの最初の正又は負のピーク位置に基づいて前記伝搬時間を求め、前記伝搬時間に含まれるオフセットを推定するとともに、

前記正のピーク位置に基づいて前記伝搬時間に含まれるオフセットを推定した場合には、前記差分波形パターンの正のピーク位置に基づいて、前記検出対象の位置を検出し、

前記負のピーク位置に基づいて前記オフセットを推定した場合には、前記差分波形パターンの負のピーク位置に基づいて、前記検出対象の位置を検出する、

請求項９に記載の検出装置。

[請求項11] クロック信号を入力する論理回路、遅延回路及び半導体スイッチング素子の組み合わせ回路を有し、その組み合わせ回路を用いて複数の送信アンテナに送信するインパルス信号を生成する送信信号生成部を備える、

請求項１から１０のいずれか一項に記載の検出装置。

[請求項12] 前記制御部は、

前記差分波形パターン生成部で生成された差分波形パターンから、低周波ノイズ及び高周波ノイズを除去する帯域フィルタを備える、

請求項１から１１のいずれか一項に記載の検出装置。

[請求項13] 前記制御部は、

前記差分波形パターンを、前記インパルス信号が伝搬する媒体の損失式で補償する補償器を備える、

請求項１から１２のいずれか一項に記載の検出装置。

[請求項14] マイクロ波のインパルス信号を送信する複数の送信アンテナと、前記インパルス信号を受信する複数の受信アンテナとの組み合わせを切り替えながら、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力し、選択された受信アンテナで受信された受信信号を入力し、入力した受信信号に対する信号処理を行う信号処理方法であって、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの所定の組み合わせについて、前記受信アンテナで受信された複数の受信信号の信号波形におけるピークの時点に基づいて、信号波形の時間方向のずれを調整する時間調整ステップと、

前記時間調整ステップで調整された複数の受信信号であって、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせについて取得された複数の受信信号、または、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて取得された複数の受信信号の平均を示す検出波形パターンを生成する検出波形パターン生成ステップと、

前記検出波形パターンの生成に用いられた複数の受信信号を含み、より多数の受信信号の信号波形の平均を示す基準波形パターンを生成する基準波形パターン生成ステップと、

前記検出波形パターンステップで生成された検出波形パターンと、前記基準波形パターン生成ステップで生成された基準波形パターンとの差分を示す差分波形パターンを生成する差分波形パターン生成ステ

ップと、

前記差分波形パターン生成ステップで生成された差分波形パターンに基づいて、検出対象を検出する検出ステップと、

を含む信号処理方法。

[請求項15] コンピュータを、

マイクロ波のインパルス信号を送信する複数の送信アンテナと、前記インパルス信号を受信する複数の受信アンテナとの組み合わせを切り替えながら、インパルス信号を選択された送信アンテナに出力し、選択された受信アンテナで受信された受信信号を入力し、入力した受信信号に対する信号処理を行う制御部、

前記送信アンテナと前記受信アンテナとの所定の組み合わせについて、前記受信アンテナで受信された複数の受信信号の信号波形におけるピークの時点に基づいて、信号波形の時間方向のずれを調整する時間調整部、

前記時間調整部で調整された複数の受信信号であって、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの同一の組み合わせについて取得された複数の受信信号、または、前記送信アンテナと前記受信アンテナとの相対距離が同じ組み合わせについて取得された複数の受信信号の平均を示す検出波形パターンを生成する検出波形パターン生成部、

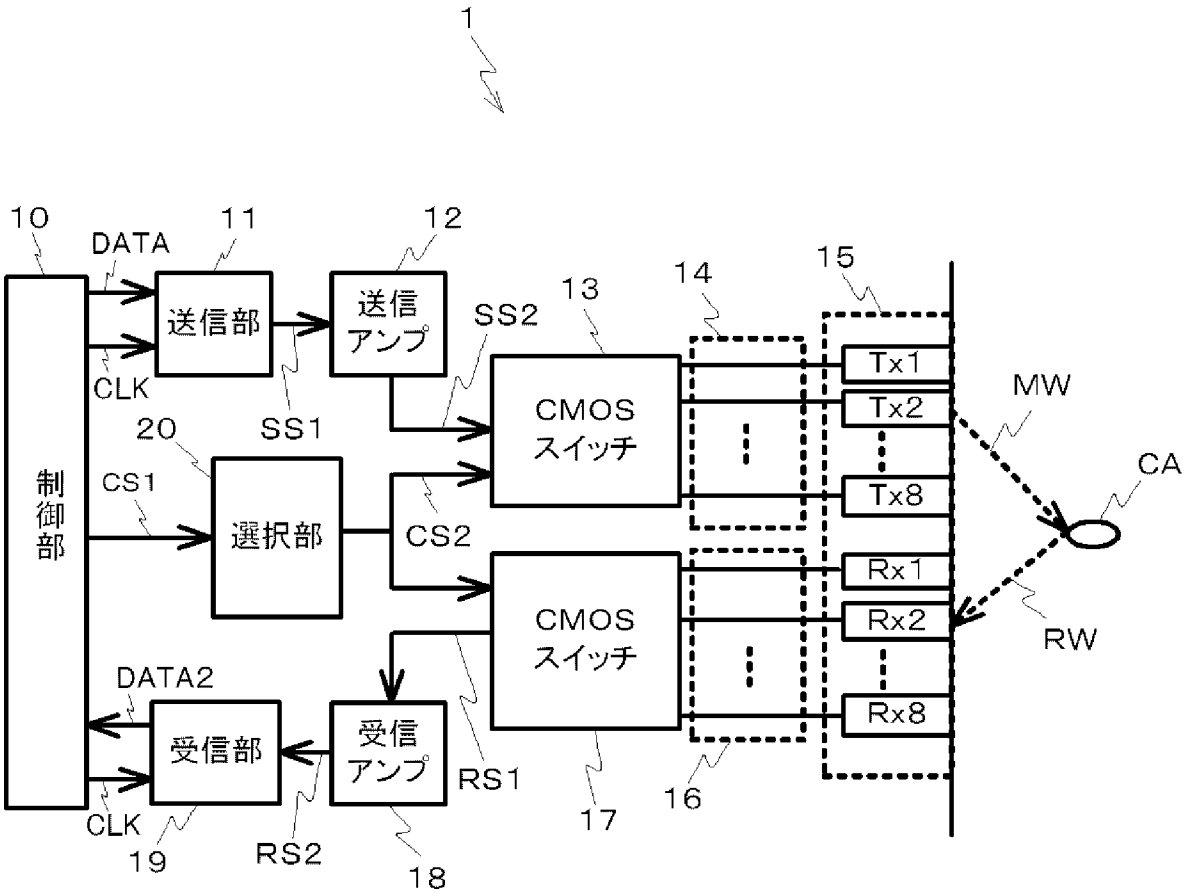
前記検出波形パターンの生成に用いられた複数の受信信号を含み、より多数の受信信号の信号波形の平均を示す基準波形パターンを生成する基準波形パターン生成部、

前記検出波形パターン生成部で生成された検出波形パターンと、前記基準波形パターン生成部で生成された基準波形パターンとの差分を示す差分波形パターンを生成する差分波形パターン生成部、

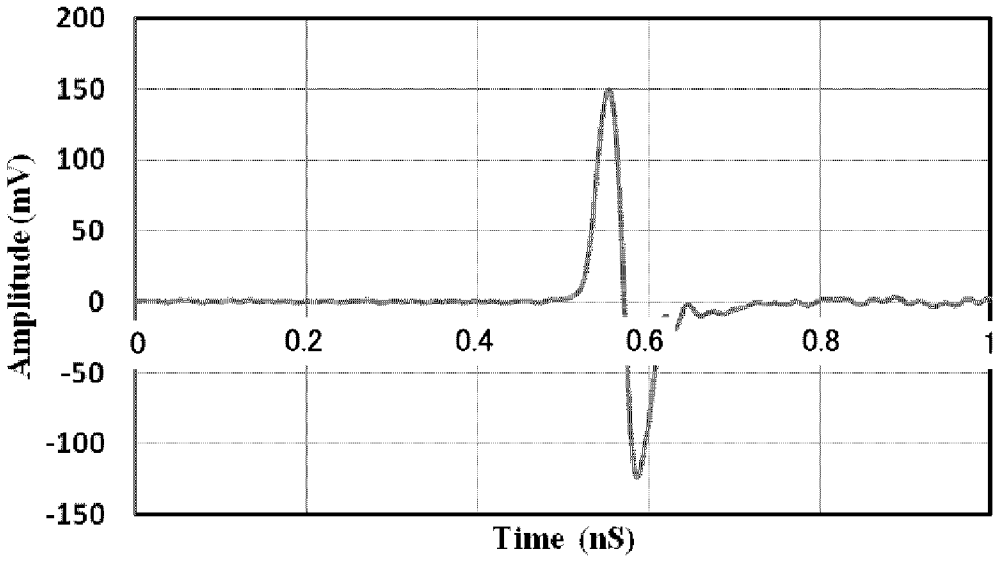
前記差分波形パターン生成部で生成された差分波形パターンに基づいて、検出対象を検出する検出部、

として機能させるプログラム。

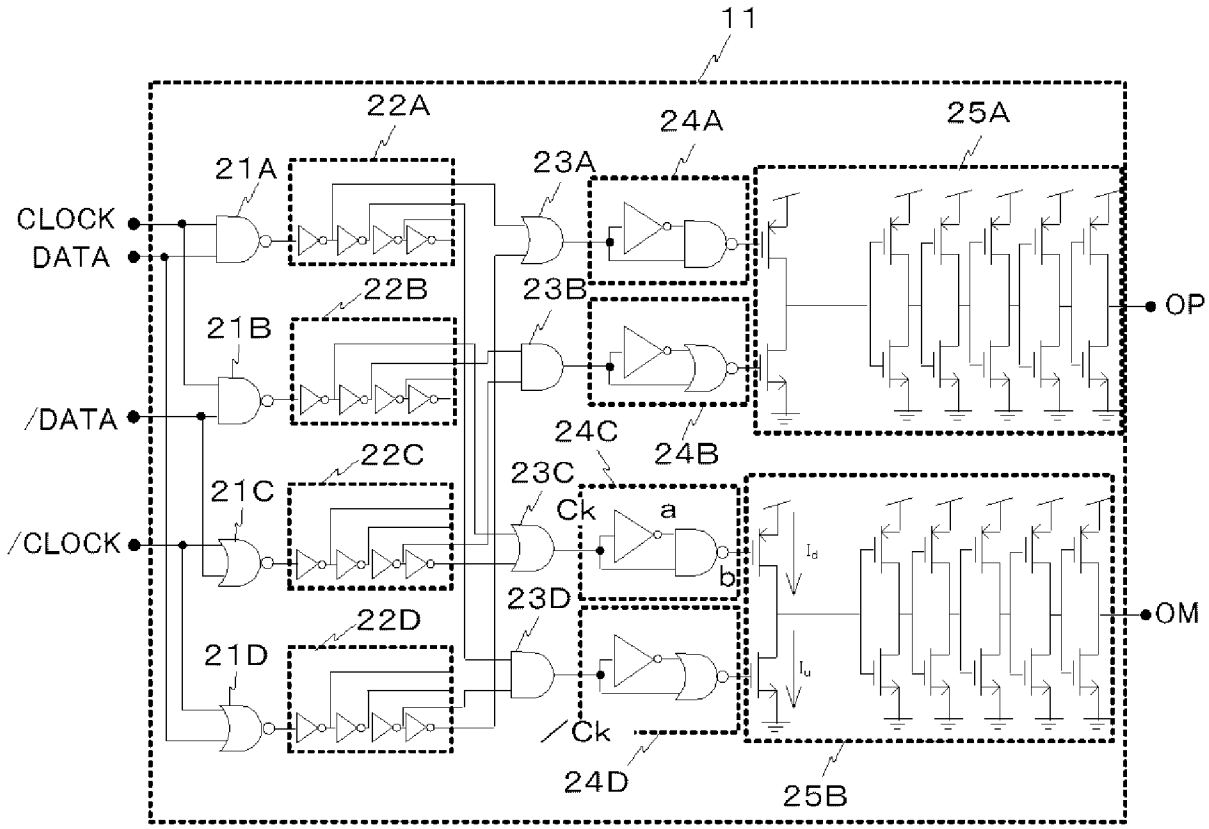
[図1]


1
10
DATA
11
12
送信部
送信アンプ
SS2
13
14
15
CLK
SS1
CMOS スイッチ
Tx1
Tx2
Tx8
MW
CA
20
制御部
CS1
選択部
CS2
CMOS スイッチ
Rx1
Rx2
Rx8
RW
DATA2
受信部
受信アンプ
RS1
17
16
CLK
19
RS2
18

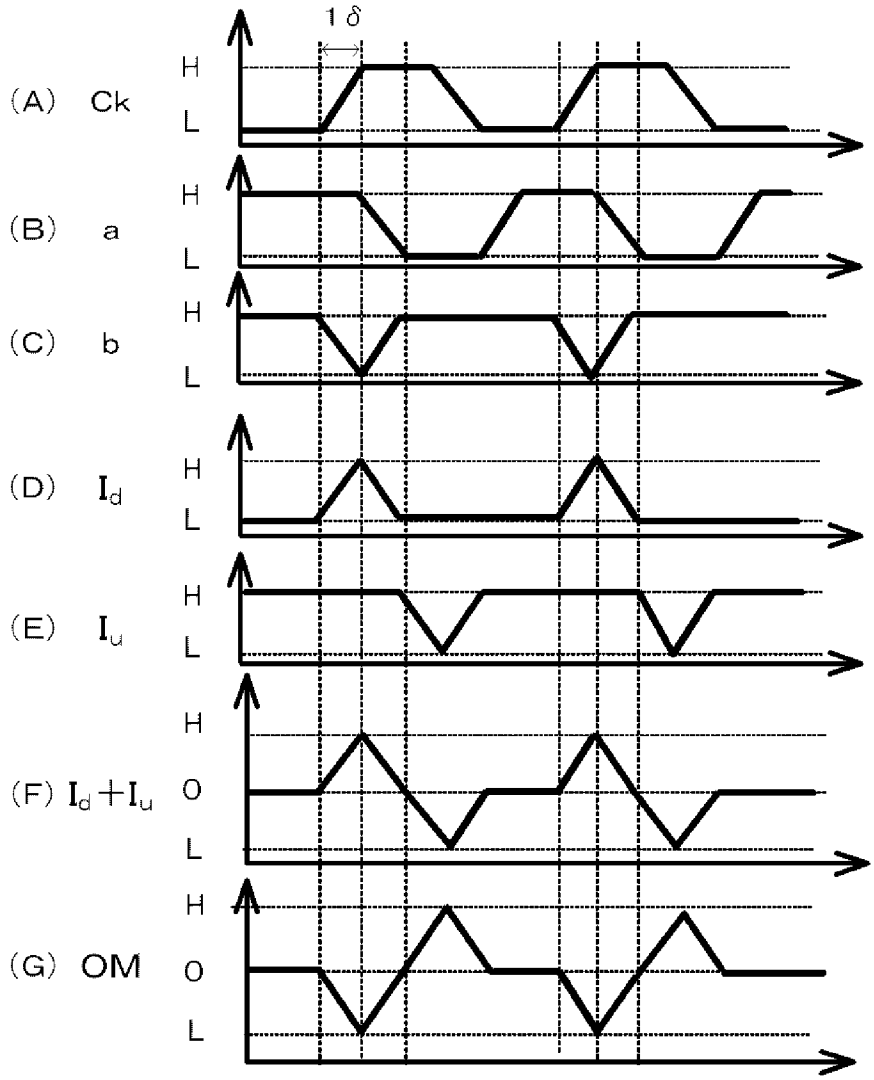
[図2]


200
150
100
50
0
-50
-100
-150
Amplitude (mV)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
Time (nS)

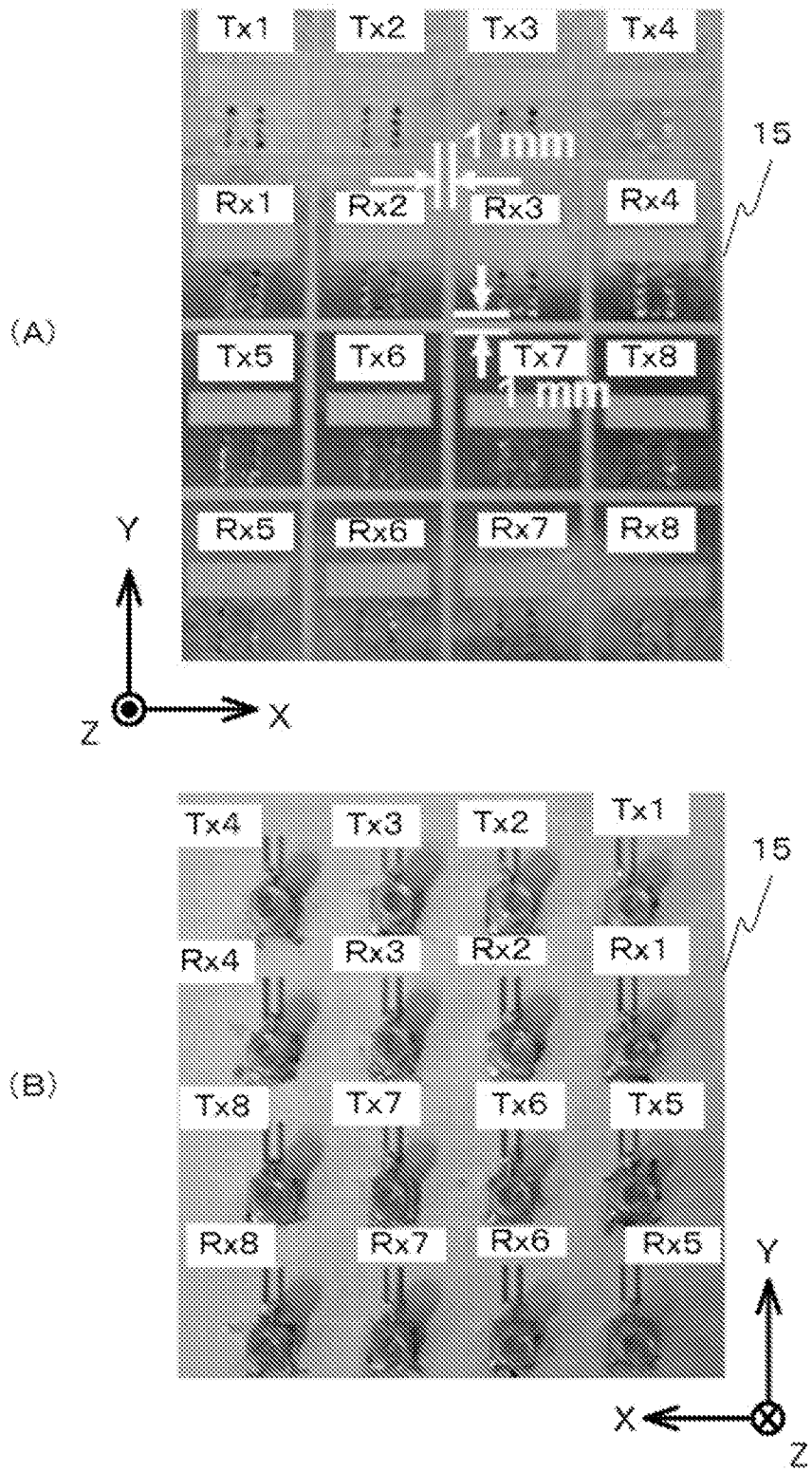
[図3]


11
22A
24A
25A
21A
23A
CLOCK
DATA
22B
23B
OP
21B
/DATA
24C
24B
22C
23C
21C
Ck
a
/CLOCK
b
23D
22D
21D
OM
Ck
24D
25B

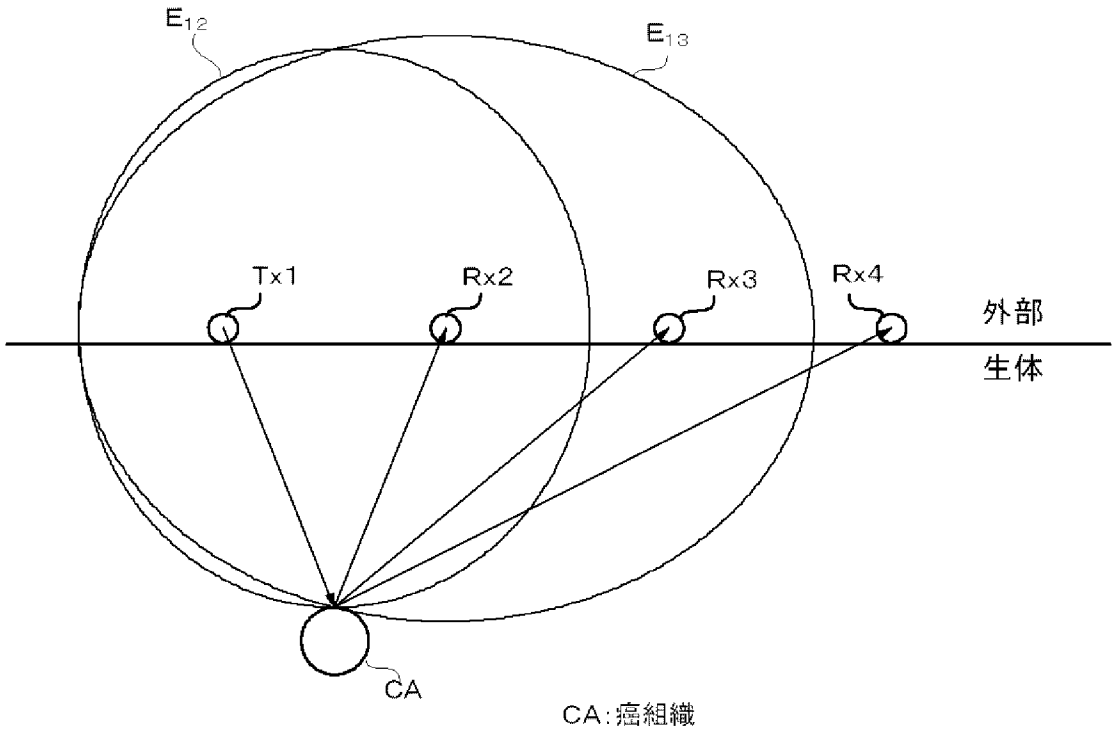
[図4]



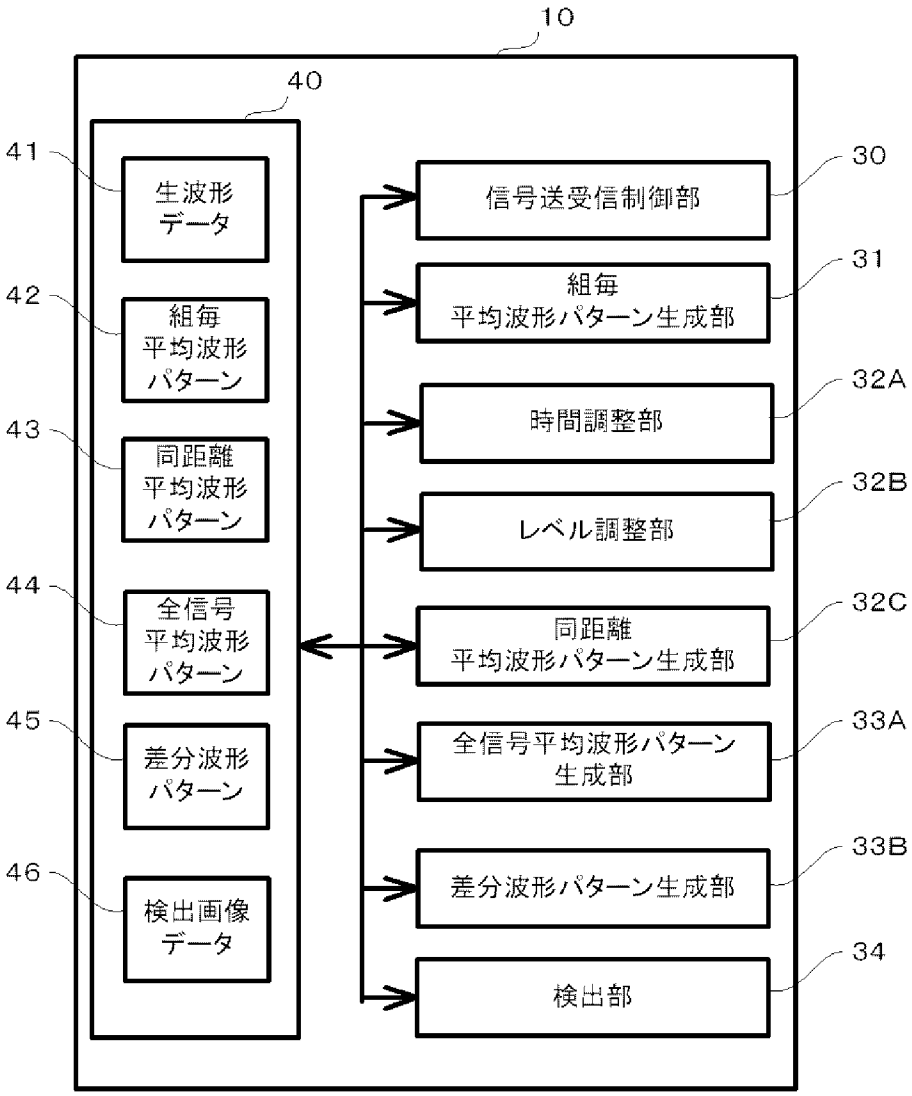
[図5]


(A)
Tx1
Tx2
Tx3
Tx4
1 mm
15
Rx1
Rx2
Rx3
Rx4
Tx5
Tx6
Tx7
Tx8
1 mm
Rx5
Rx6
Rx7
Rx8
Y
Z
X
(B)
Tx4
Tx3
Tx2
Tx1
15
Rx4
Rx3
Rx2
Rx1
Tx8
Tx7
Tx6
Tx5
Rx8
Rx7
Rx6
Rx5
Y
X
Z

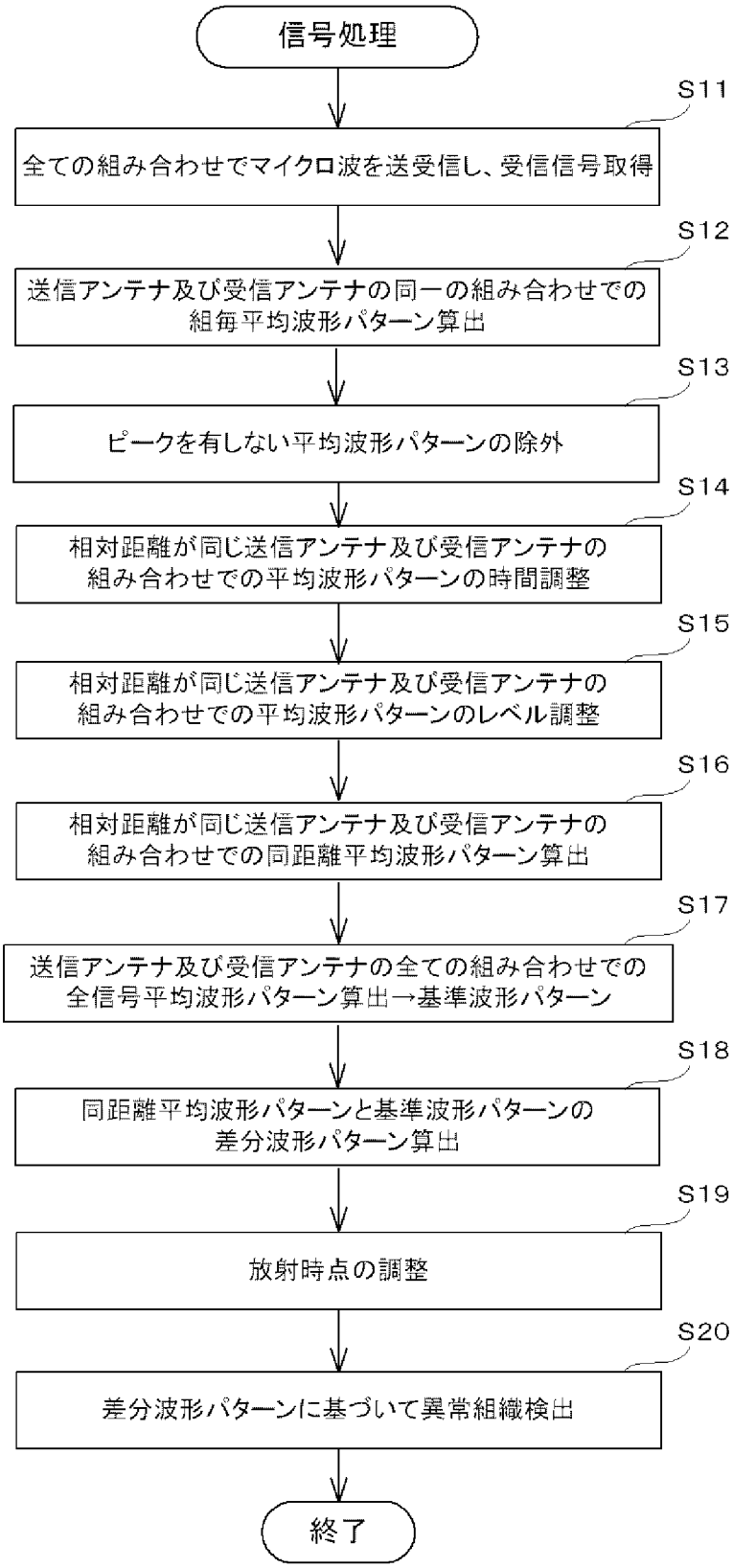
[図6]


E12
E13
Tx1
Rx2
Rx3
Rx4
外部
生体
CA
CA:癌組織
E12:アンテナA1とA2を焦点とする楕円
E13:アンテナA1とA3を焦点とする楕円

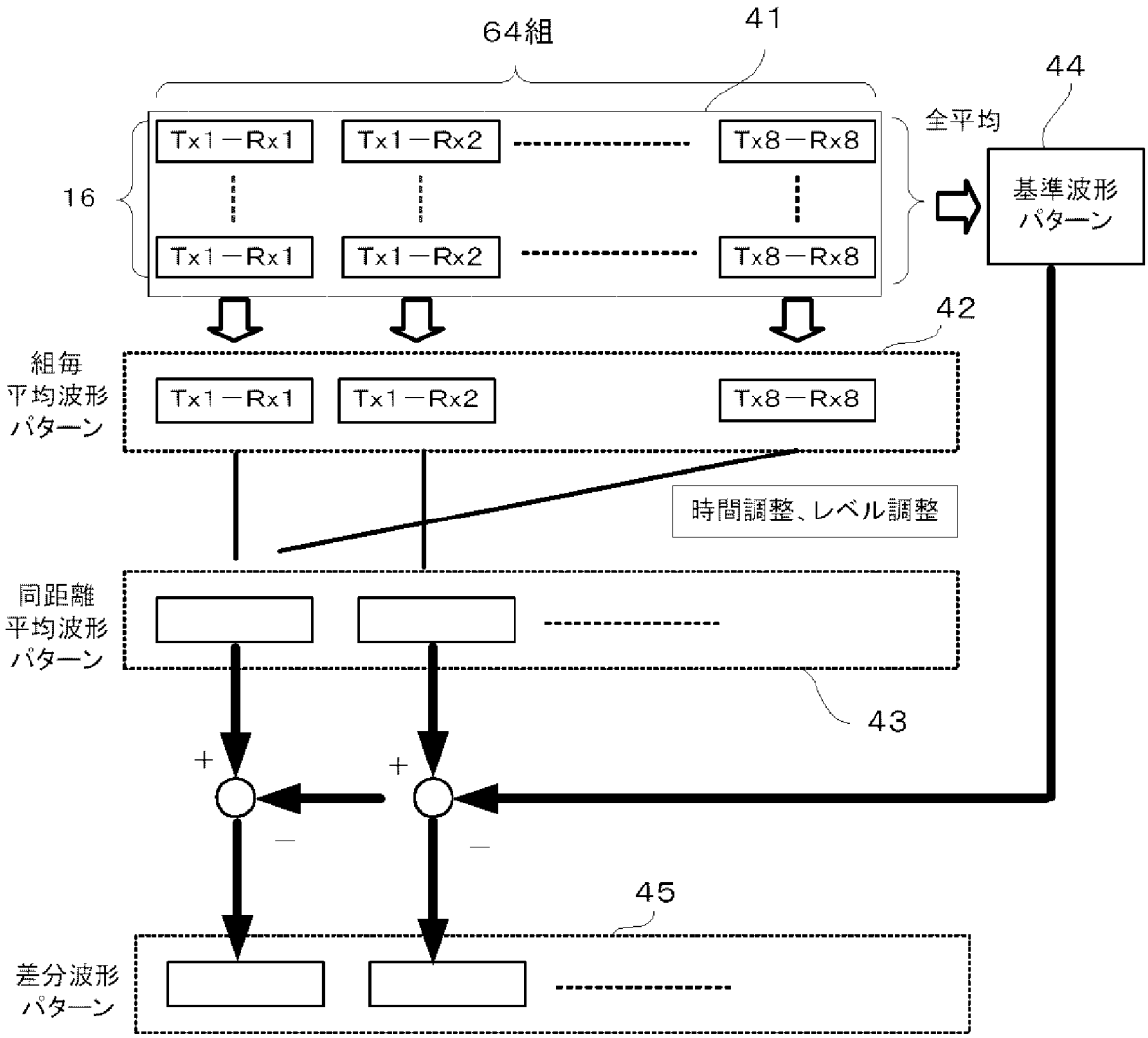
[図7]


10
40
41
生波形データ
42
組毎平均波形パターン
43
同距離平均波形パターン
44
全信号平均波形パターン
45
差分波形パターン
46
検出画像データ
30
信号送受信制御部
31
組毎平均波形パターン生成部
32A
時間調整部
32B
レベル調整部
32C
同距離平均波形パターン生成部
33A
全信号平均波形パターン生成部
33B
差分波形パターン生成部
34
検出部

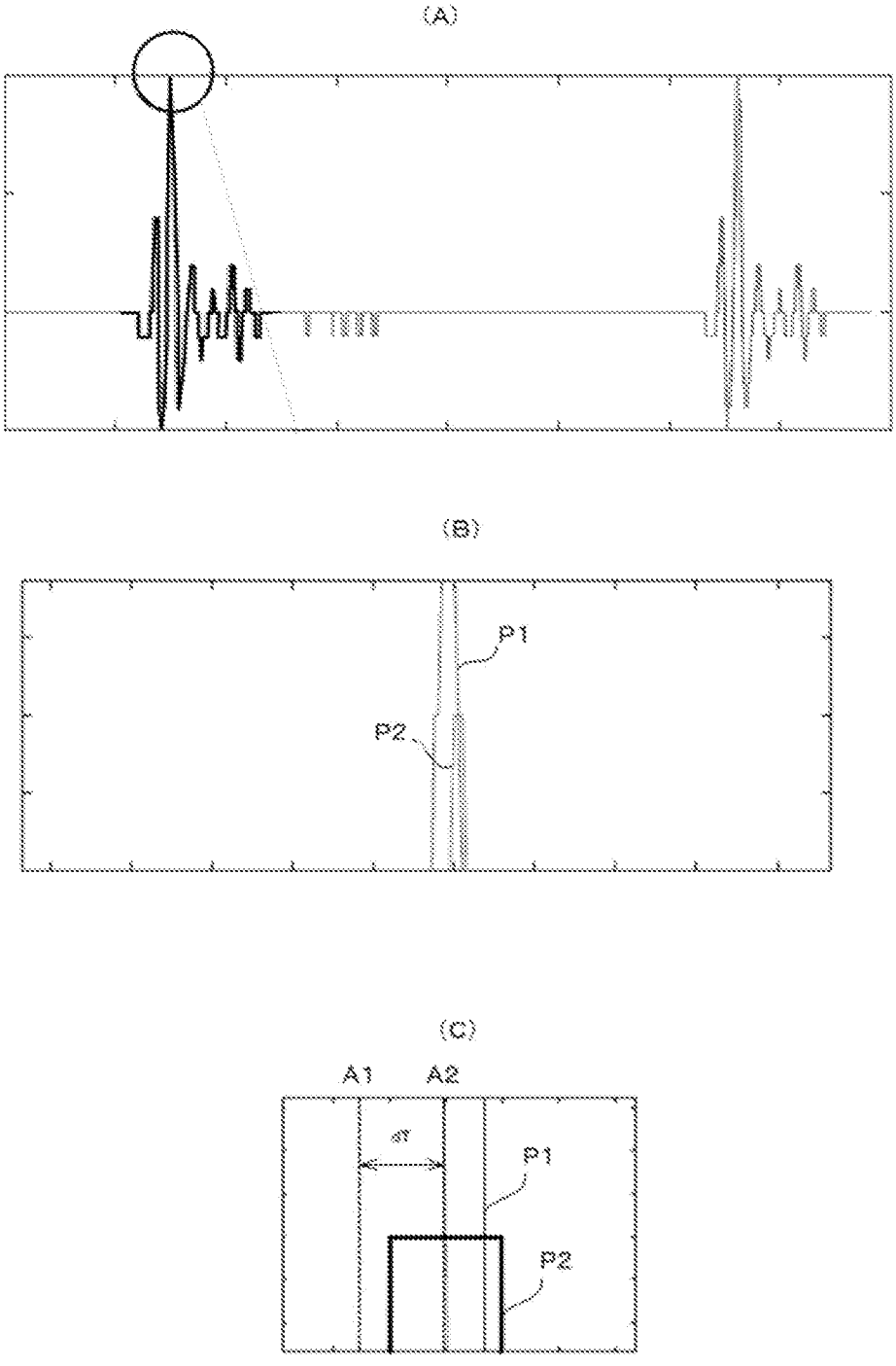
[図8]


信号処理
S11
全ての組み合わせでマイクロ波を送受信し、受信信号取得
S12
送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせでの
組毎平均波形パターン算出
S13
ピークを有しない平均波形パターンの除外
S14
相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの
組み合わせでの平均波形パターンの時間調整
S15
相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの
組み合わせでの平均波形パターンのレベル調整
S16
相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの
組み合わせでの同距離平均波形パターン算出
S17
送信アンテナ及び受信アンテナの全ての組み合わせでの
全信号平均波形パターン算出→基準波形パターン
S18
同距離平均波形パターンと基準波形パターンの
差分波形パターン算出
S19
放射時点の調整
S20
差分波形パターンに基づいて異常組織検出
終了

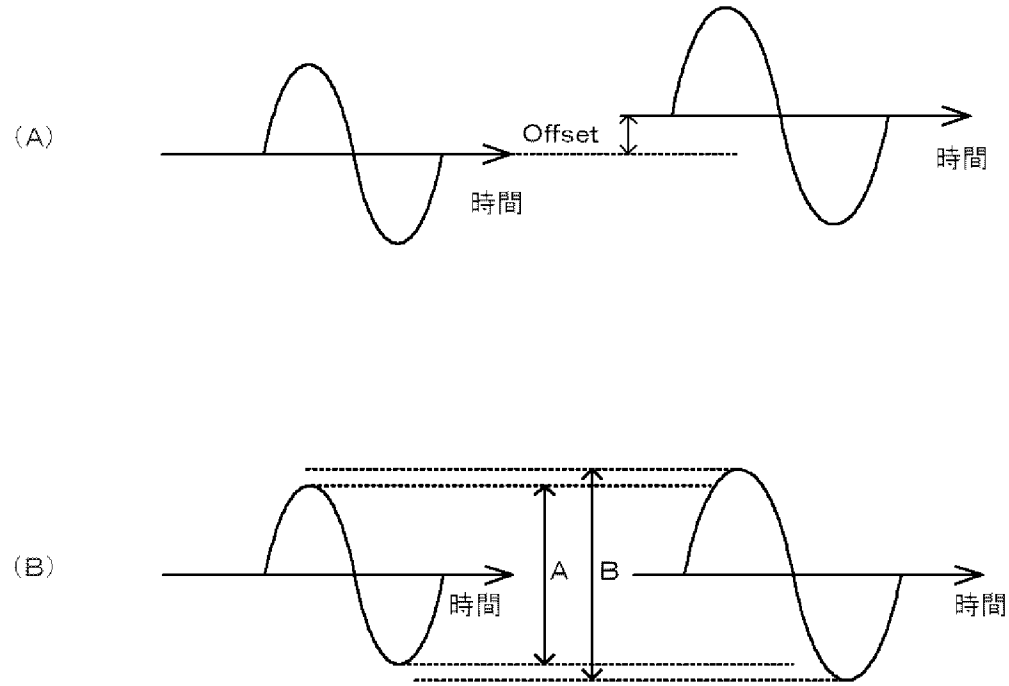
[図9]


64組
41
44
全平均
16
Tx1－Rx1
Tx1－Rx2
Tx8－Rx8
基準波形
パターン
42
組毎
平均波形
パターン
時間調整、レベル調整
同距離
平均波形
パターン
43
+
+
－
－
45
差分波形
パターン

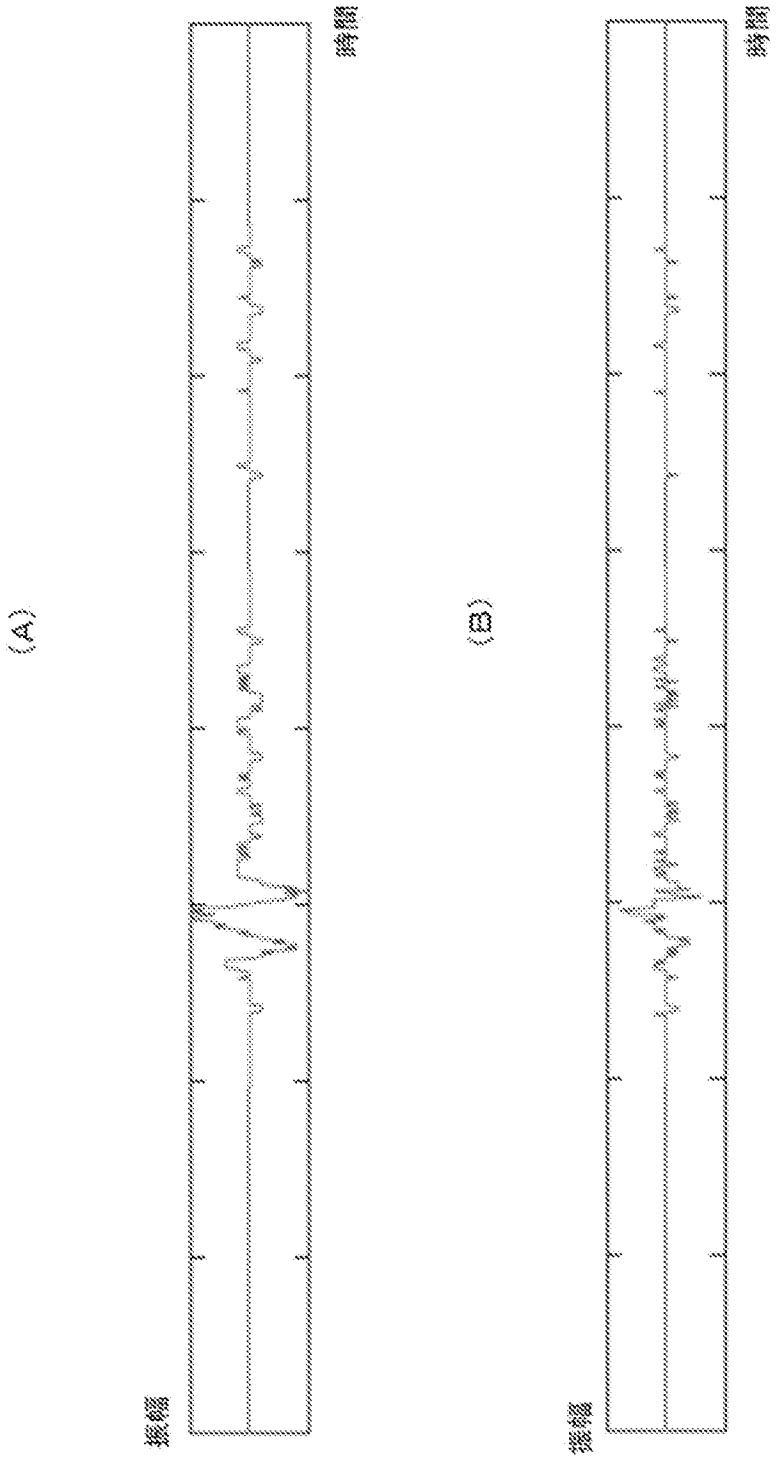
[図10]



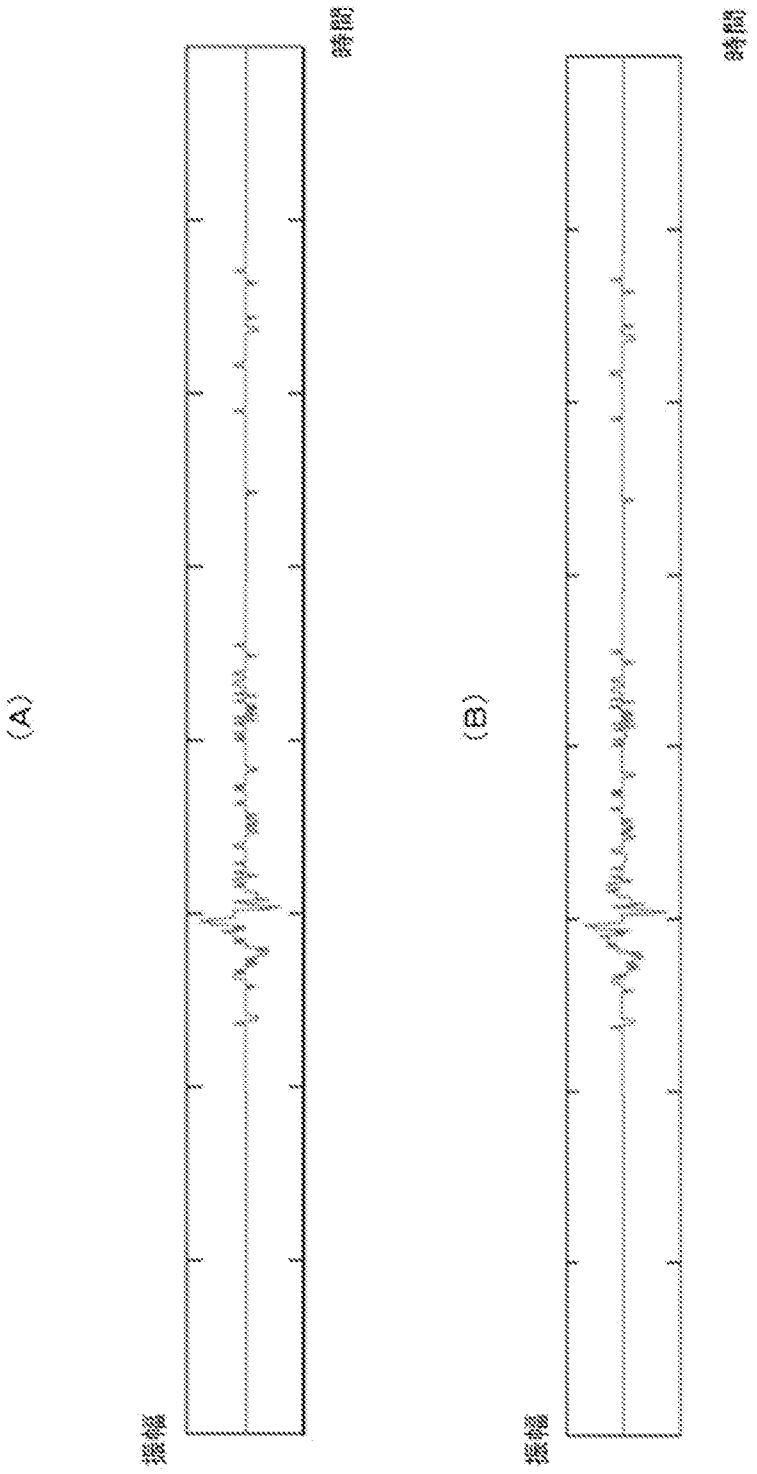
[図11]



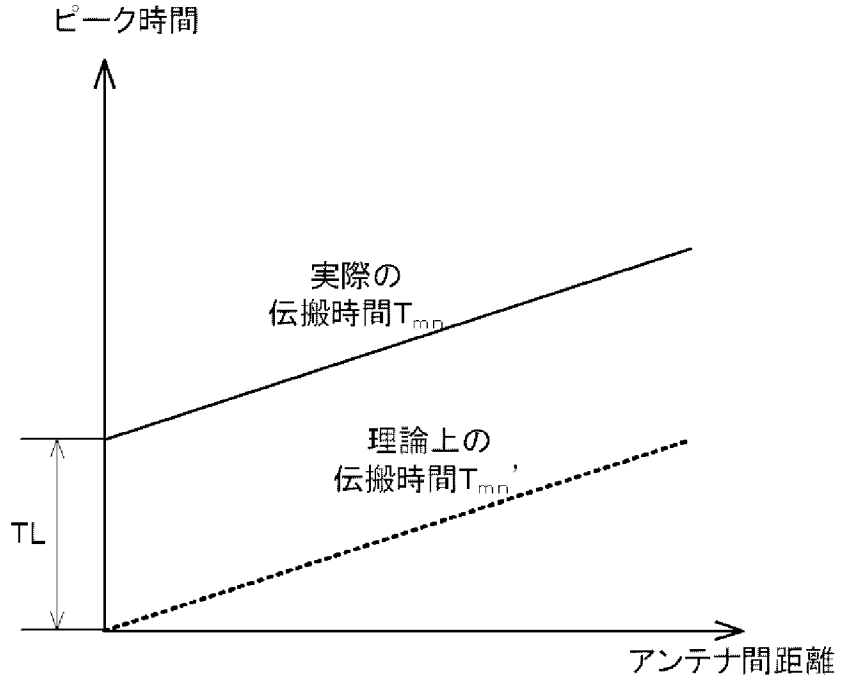
[図12]



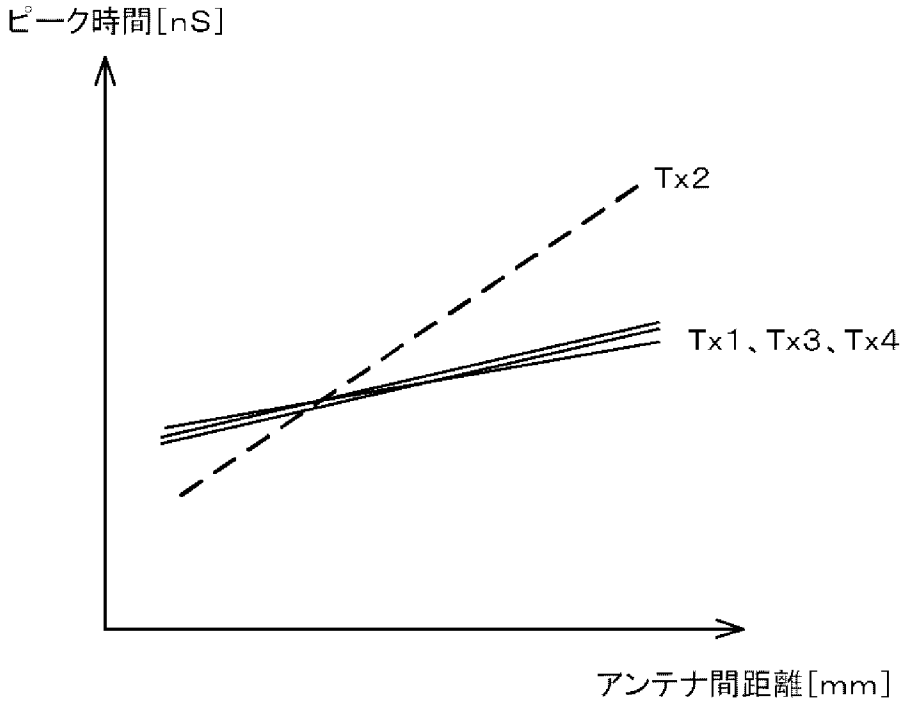
[図13]



[図14]

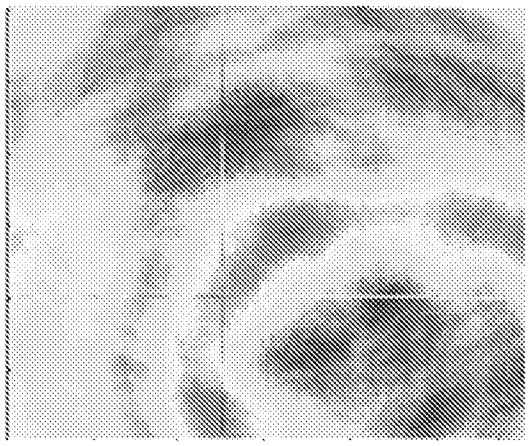

ピーク時間
実際の
伝搬時間T_{mn}
理論上の
伝搬時間T_{mn}'
TL
アンテナ間距離

[図15]

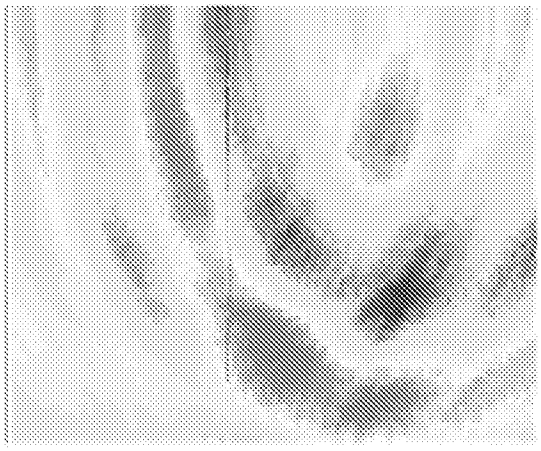

ピーク時間[nS]
Tx2
Tx1、Tx3、Tx4
アンテナ間距離[mm]

[図16]

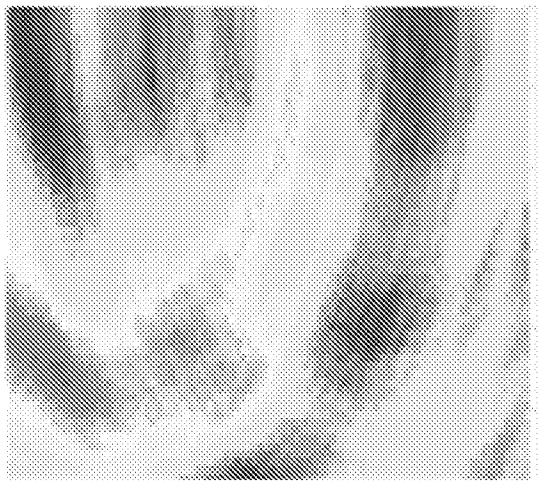
(A)



(B)

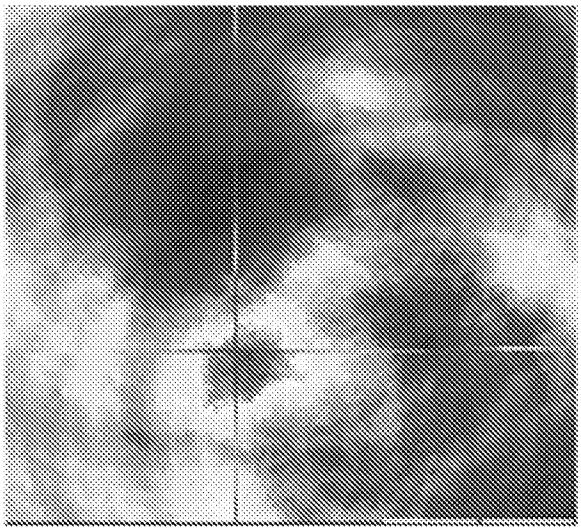


(C)

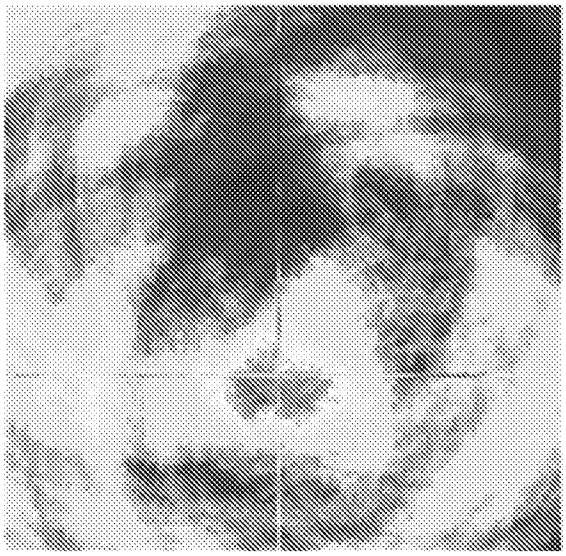


[図17]

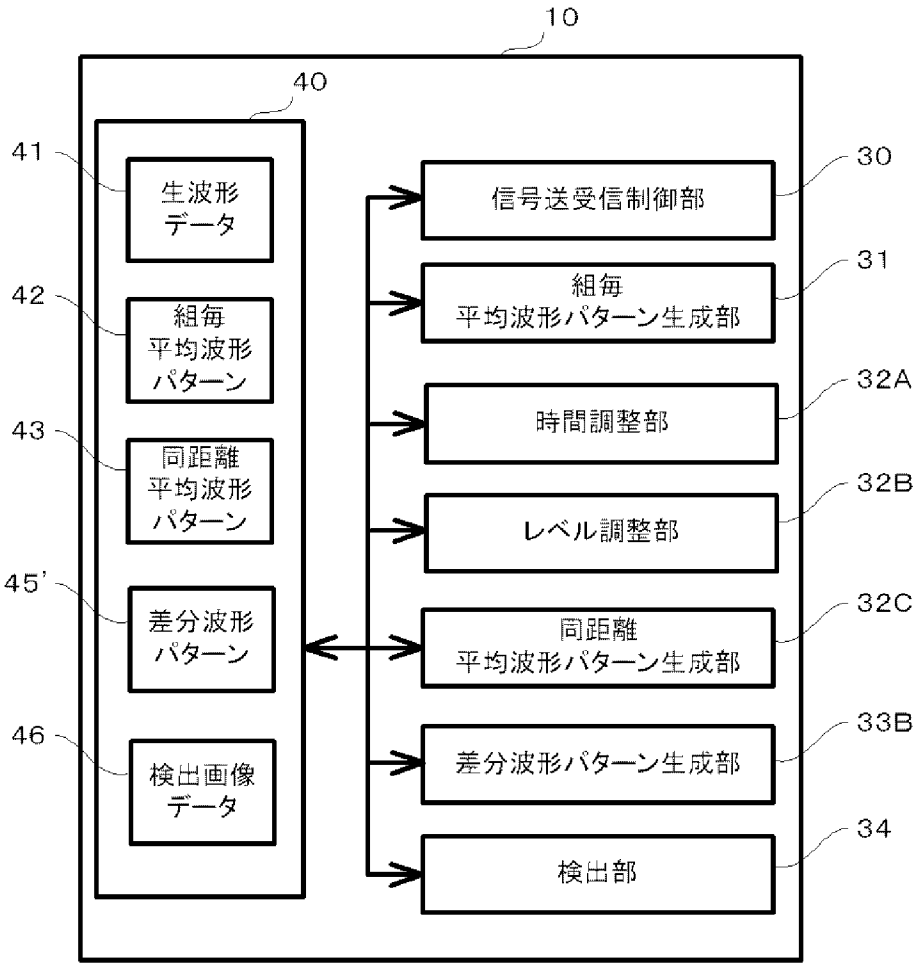
(A)



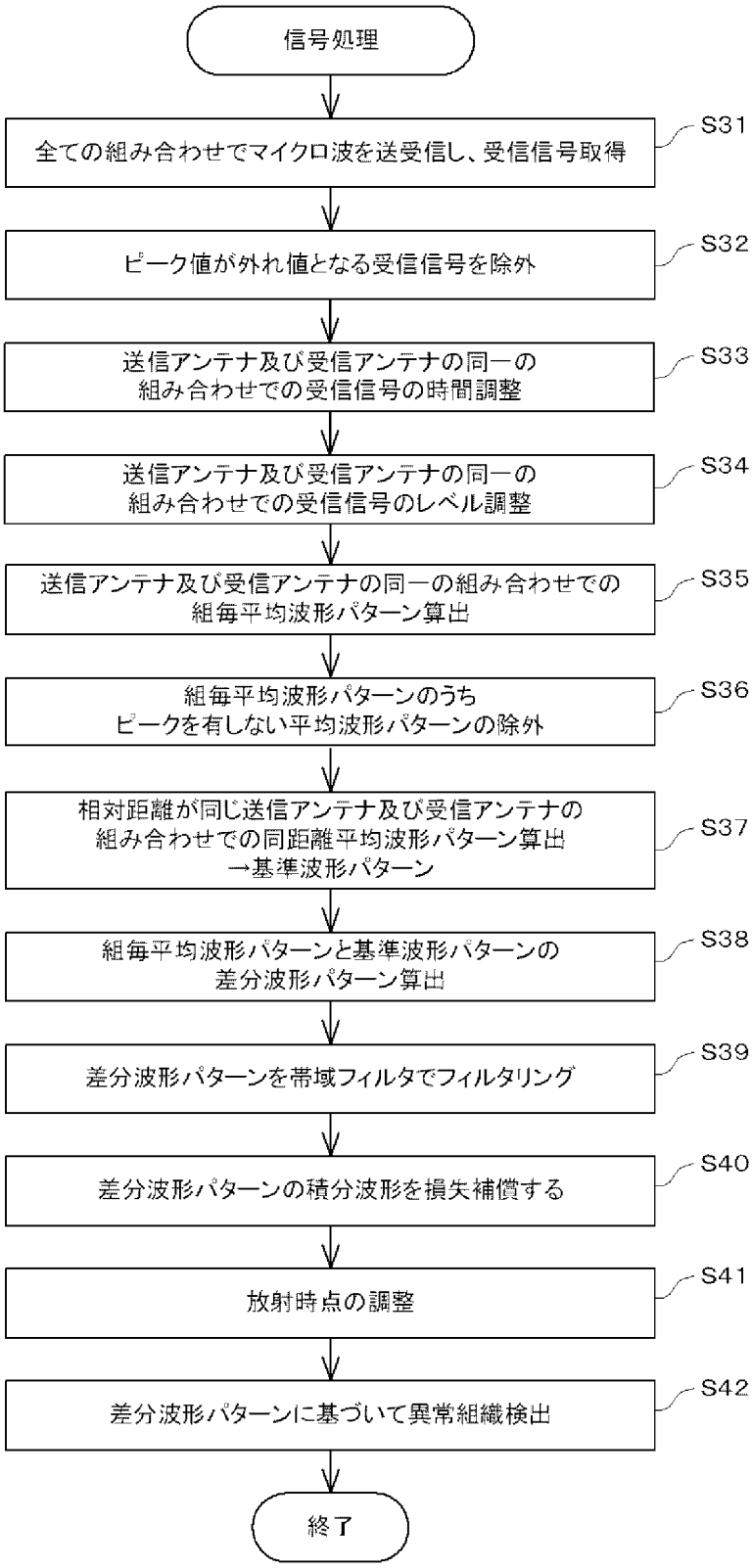
(B)



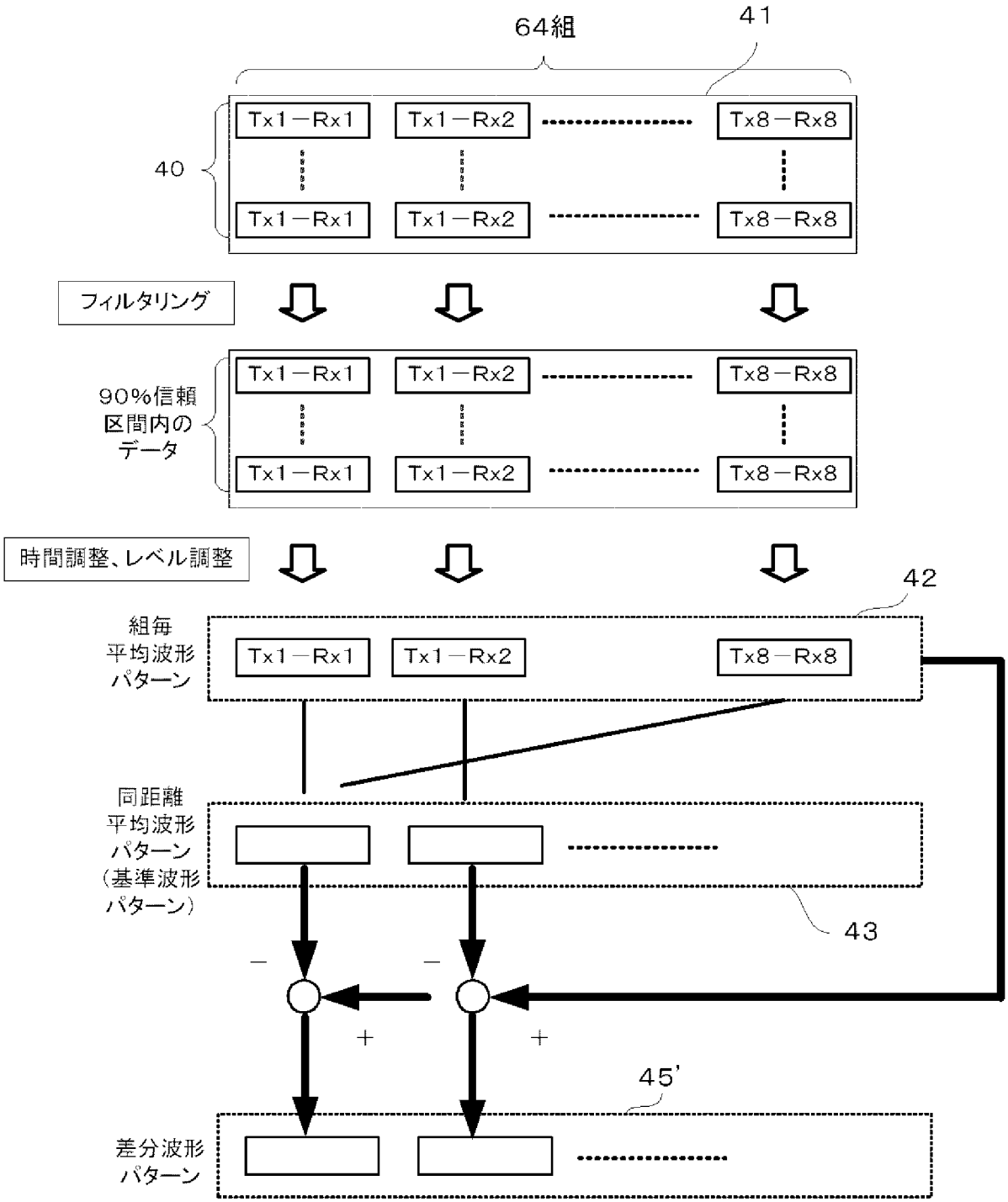
[図18]


10
40
41
生波形
データ
42
組毎
平均波形
パターン
43
同距離
平均波形
パターン
45'
差分波形
パターン
46
検出画像
データ
30
信号送受信制御部
31
組毎
平均波形パターン生成部
32A
時間調整部
32B
レベル調整部
32C
同距離
平均波形パターン生成部
33B
差分波形パターン生成部
34
検出部

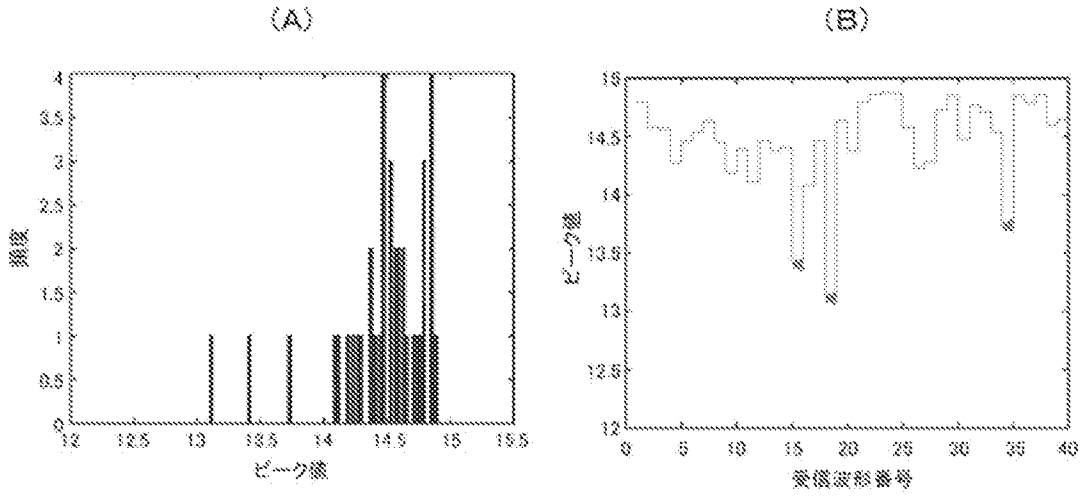
[図19]


信号処理
全ての組み合わせでマイクロ波を送受信し、受信信号取得
S31
ピーク値が外れ値となる受信信号を除外
S32
送信アンテナ及び受信アンテナの同一の
組み合わせでの受信信号の時間調整
S33
送信アンテナ及び受信アンテナの同一の
組み合わせでの受信信号のレベル調整
S34
送信アンテナ及び受信アンテナの同一の組み合わせでの
組毎平均波形パターン算出
S35
組毎平均波形パターンのうち
ピークを有しない平均波形パターンの除外
S36
相対距離が同じ送信アンテナ及び受信アンテナの
組み合わせでの同距離平均波形パターン算出
→基準波形パターン
S37
組毎平均波形パターンと基準波形パターンの
差分波形パターン算出
S38
差分波形パターンを帯域フィルタでフィルタリング
S39
差分波形パターンの積分波形を損失補償する
S40
放射時点の調整
S41
差分波形パターンに基づいて異常組織検出
S42
終了

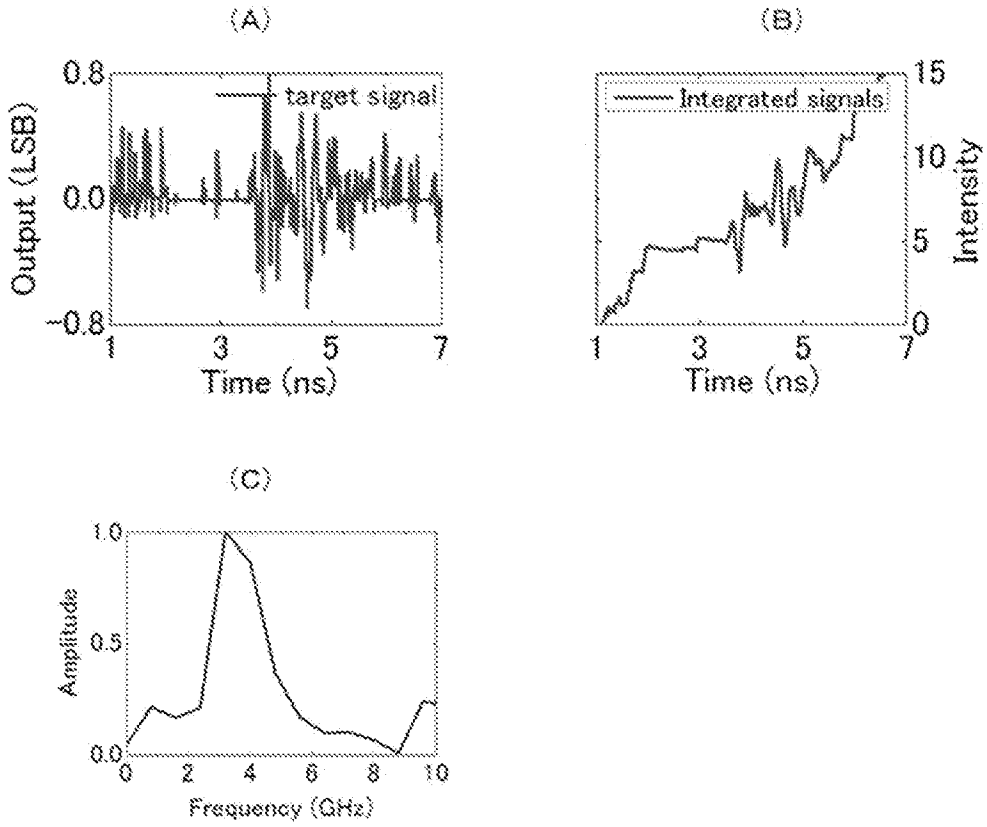
[図20]


64組
41
40
Tx1－Rx1
Tx1－Rx2
Tx8－Rx8
フィルタリング
90%信頼区間内のデータ
時間調整、レベル調整
42
組毎平均波形パターン
同距離平均波形パターン（基準波形パターン）
43
－
－
＋
＋
45'
差分波形パターン

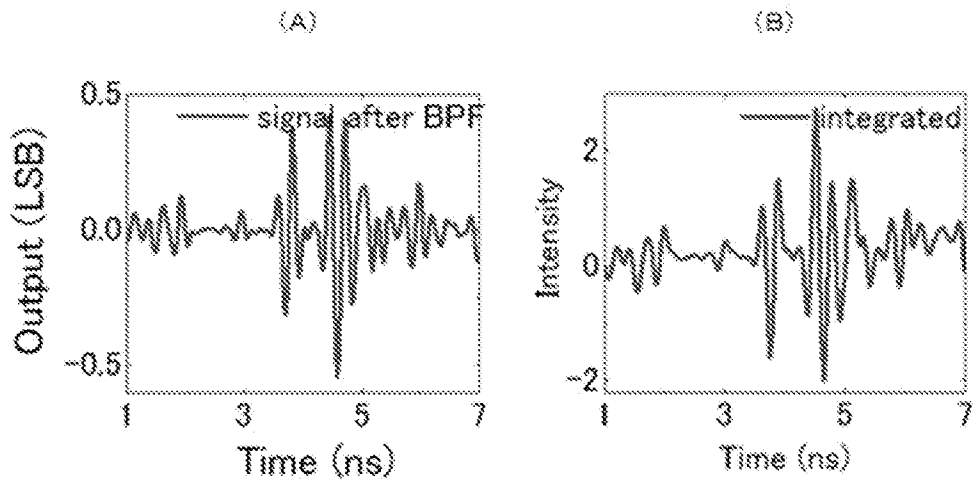
[図21]


(A)
(B)
ピーク値
受信波形番号

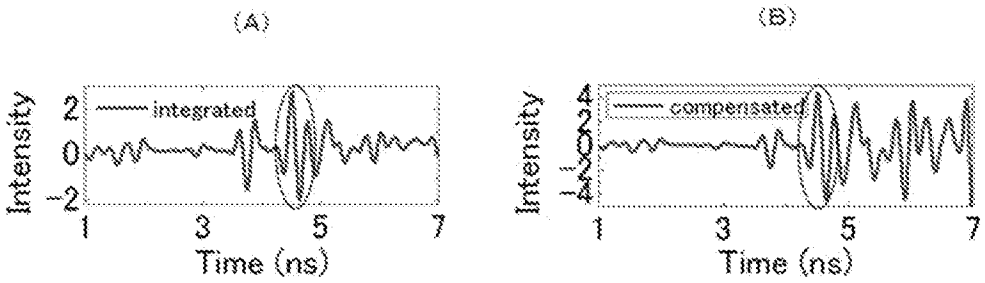
[図22]


(A)
target signal
Output (LSB)
Time (ns)
(B)
Integrated signals
Intensity
Time (ns)
(C)
Amplitude
Frequency (GHz)

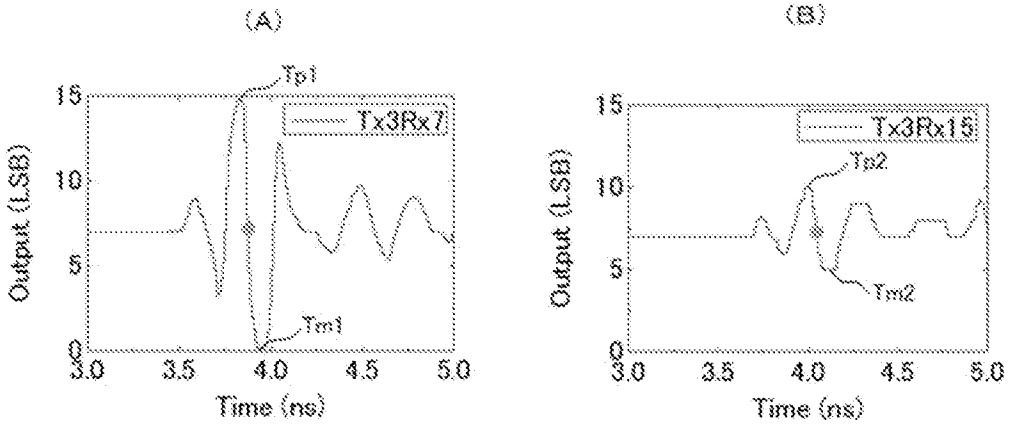
[図23]


(A)
(B)
signal after BPF
integrated
Output (LSB)
Intensity
Time (ns)
Time (ns)

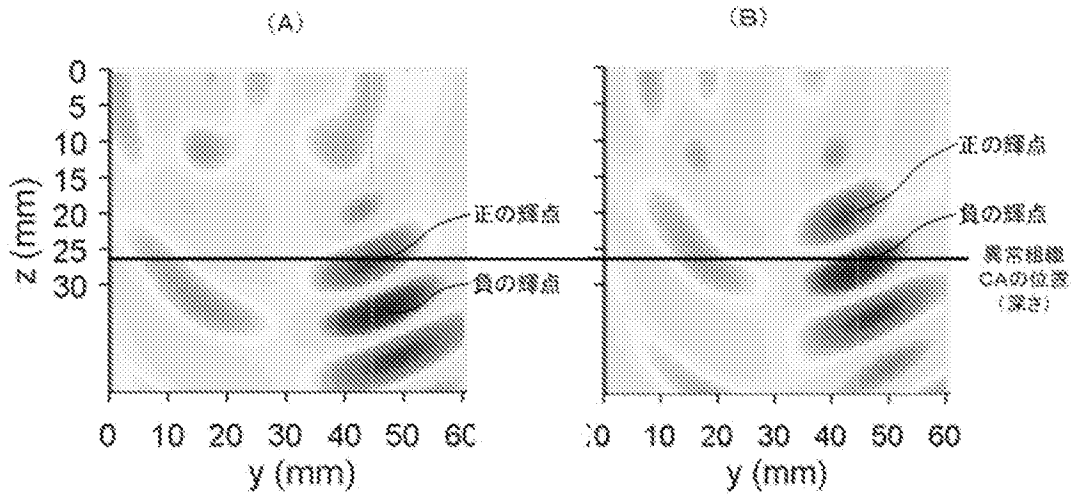
[図24]


(A)
(B)
integrated
compensated
Intensity
Intensity
Time (ns)
Time (ns)

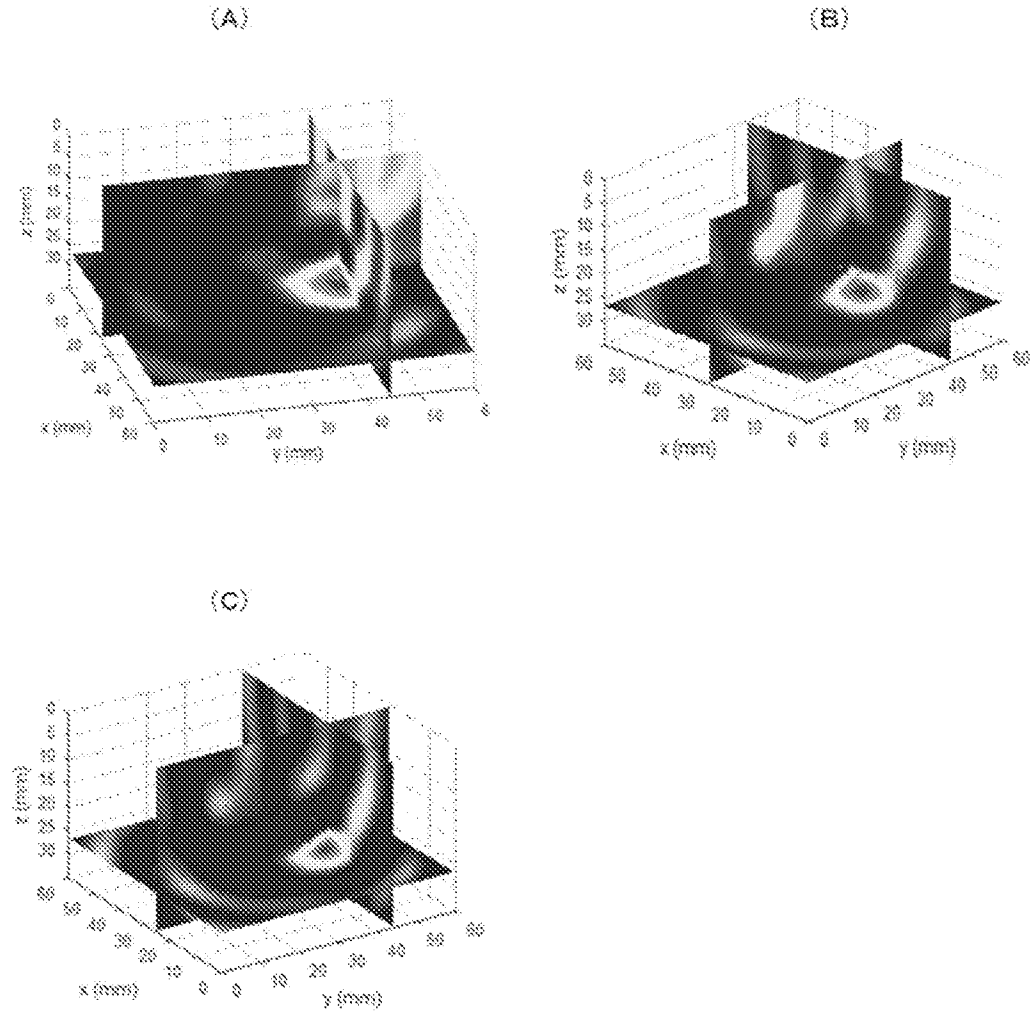
[図25]


(A)
(B)
Tp1
Tx3Rx7
Tm1
Tx3Rx15
Tp2
Tm2
Output (LSB)
Output (LSB)
Time (ns)
Time (ns)

[図26]


(A)
(B)
z (mm)
0
5
10
15
20
25
30
正の輝点
負の輝点
異常組織
CAの位置
(深さ)
0 10 20 30 40 50 60
y (mm)

[図27]


(A)
(B)
(C)
z (mm)
x (mm)
y (mm)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/082134

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A61B10/00(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)
A61B10/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 2014-131199 A (Hiroshima University), 10 July 2014 (10.07.2014), claims 1 to 10; paragraphs [0020] to [0101]; fig. 1 to 20 (Family: none)	1-15
A	JP 2014-36411 A (Hiroshima University), 24 February 2014 (24.02.2014), claims 1 to 6; paragraphs [0015] to [0092]; fig. 1 to 19 (Family: none)	1-15
A	JP 2010-69158 A (Hiroshima University), 02 April 2010 (02.04.2010), claims 1 to 7; paragraphs [0014] to [0102]; fig. 1 to 16 (Family: none)	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	Date of mailing of the international search report
08 December 2016 (08.12.16)	20 December 2016 (20.12.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０８２１３４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B10/00(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B10/00

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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 2014-131199 A (国立大学法人広島大学) 2014.07.10, 請求項 1-10, 段落[0020]-[0101], 第 1-20 図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2014-36411 A (国立大学法人広島大学) 2014.02.24, 請求項 1-6, 段落[0015]-[0092], 第 1-19 図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2010-69158 A (国立大学法人広島大学) 2010.04.02, 請求項 1-7, 段落[0014]-[0102], 第 1-16 図 (ファミリーなし)	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 ０８．１２．２０１６	国際調査報告の発送日 ２０．１２．２０１６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 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）　２Ｑ　９２０８ 宮川　哲伸 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９２