

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-99423

(P2017-99423A)

(43) 公開日 平成29年6月8日(2017.6.8)

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)

F I
A61B 8/00

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2014-39132(P2014-39132)
(22) 出願日 平成26年2月28日(2014.2.28)

(71) 出願人 390029791
日立アロカメディカル株式会社
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(74) 代理人 110000888
特許業務法人 山王坂特許事務所
(72) 発明者 石原 千鶴枝
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(72) 発明者 池田 貞一郎
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(72) 発明者 鱒沢 裕
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
Fターム(参考) 4C601 EE04 HH09 HH14 JB44 JB45 LL05

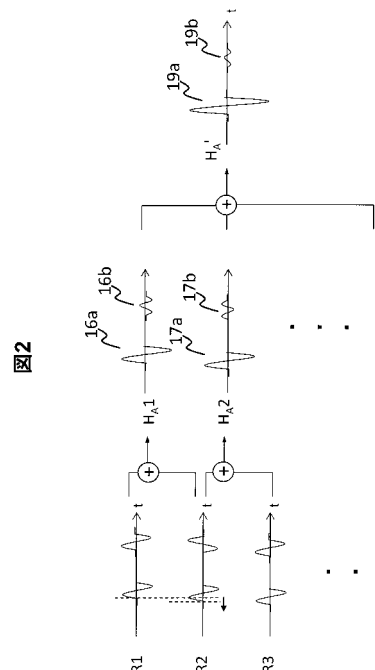
(54) 【発明の名称】 超音波撮像装置

(57) 【要約】

【課題】空間符号化送受信を行う際に、撮像対象に動きが生じた場合であっても、生成される画像のアーチファクトを低減できる超音波撮像装置を提供する。

【解決手段】超音波探触子の少なくとも2つの送信領域から同時に、空間符号化した超音波を所定の位置に向かって3回以上送信させる。受信部は、復号部と、合成部を含み、復号部は、3回以上の超音波の送信に対応して受信領域が出力した3以上の受信信号R1、R2、R3のうち2以上を用いて、空間符号化に対応する復号を行って復号後受信信号H_A1を生成する。この処理を、用いる2以上の受信信号の組み合わせの異なる2組以上についてそれぞれ行うことにより、複数の前記復号後受信信号H_A1、H_A2を生成する。合成部は、複数の復号後受信信号H_A1、H_A2を加算処理し、不要信号19bが抑制された復号後受信信号H_A'を得る。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

それぞれトランスデューサで構成された、少なくとも 2 つの送信領域と、少なくとも 1 つの受信領域とを有する超音波探触子と、

前記少なくとも 2 つの送信領域から同時に、空間符号化した超音波を所定の位置に向かって 3 回以上送信させる送信部と、

前記受信領域が前記位置からの前記超音波のエコーを受信して出力する受信信号を処理する受信部とを有し、

前記受信部は、復号部と、合成部とを含み、

前記復号部は、前記 3 回以上の前記超音波の送信に対応して前記受信領域が出力した 3 以上の前記受信信号のうち 2 以上を用いて、前記空間符号化に対応する復号を行って復号後受信信号を生成する処理を、用いる 2 以上の前記受信信号の組み合わせの異なる 2 組以上についてそれぞれ行うことにより、複数の前記復号後受信信号を生成し、

前記合成部は、複数の前記復号後受信信号を加算処理することを特徴とする超音波撮像装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記復号部による復号の処理は、前記 2 以上の送信領域から同時に送信された前記超音波によるエコーの受信信号から、前記送信領域ごとの超音波によって生じたエコーの受信信号を分離することにより、前記送信領域ごとに対応する受信信号である前記復号後受信信号を得る処理であり、

前記合成部が加算処理する前記複数の復号後受信信号は、同一の前記送信領域について得られた複数の前記復号後受信信号であることを特徴とする超音波撮像装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記受信部は、前記送信に対応して順に受信した前記受信信号の少なくとも一つを順次記憶する第 1 の記憶部と、前記復号部が生成した前記復号後受信信号を少なくとも一つを記憶する第 2 の記憶部とを含み、

前記復号部は、前記第 1 の記憶部に記憶された前記受信信号を用いて復号処理を行い、

前記合成部は、前記第 2 の記憶部に記憶された前記復号後受信信号を用いて前記加算処理を行うことを特徴とする超音波撮像装置。

30

【請求項 4】

請求項 3 に記載の超音波撮像装置において、前記第 1 の記憶部は、前記 3 回以上の超音波の送信ごとの前記受信信号のうち、直近の 2 回の前記受信信号を順次記憶する 2 つの記憶領域を有し、

前記復号部は、前記 2 つの記憶領域にそれぞれ格納された 2 つの前記受信信号を用いて復号処理を順次行うことにより、前記受信信号の組み合わせの異なる前記復号後受信信号を時系列に生成することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記超音波探触子は、前記受信領域を複数有し、

前記受信部は、整相加算部を備え、

前記復号部は、同一の前記超音波の送信に対応する前記受信領域のそれぞれの受信信号を用いて、前記複数の受信領域ごとに前記復号後受信信号を生成し、

前記整相加算部は、前記複数の受信領域ごとの前記復号後受信信号を整相した後、加算し、

前記合成部は、前記整相加算後の複数の前記復号後受信信号を加算することを特徴とする超音波撮像装置。

40

【請求項 6】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記超音波探触子は、前記送信領域を複数組備え、

前記送信部は、複数組の前記送信領域から前記位置に向かって順次超音波を送信するス

50

キャン動作を3回以上繰り返すことを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項7】

請求項1に記載の超音波撮像装置において、操作者から前記合成部が加算処理する前記復号後受信信号の数を受け付ける受け付け部をさらに有し、

前記送信部は、前記受け付け部の受け付けた数よりも1つ以上多い数の送信を行わせ、前記合成部は、前記受け付けた数の前記復号後受信信号を加算処理することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項8】

請求項1に記載の超音波撮像装置において、前記合成部は、前記複数の復号後受信信号に重み付けする重み付け部を有し、前記重み付け部により重み付けされた前記複数の復号後受信信号を加算処理することを特徴とする超音波撮像装置。

10

【請求項9】

請求項8に記載の超音波撮像装置において、前記復号部は、直近の2以上の受信信号を用いて前記復号後受信信号を時系列に生成し、前記重み付け部は、時系列に生成された前記複数の復号後受信信号のうち、中心時間に近いものほど大きく重み付けすることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項10】

請求項1に記載の超音波撮像装置において、前記送信部は、前記空間符号化に加えて時間符号化された超音波を前記送信領域から送信させ、

前記受信部は、前記復号部に加えて、前記時間符号化に対応する復号を行う第2の復号部を備え、

前記合成部は、前記復号部および前記第2の復号部が復号した複数の復号後受信信号を加算処理することを特徴とする超音波撮像装置。

20

【請求項11】

請求項10に記載の超音波撮像装置において、前記第2の復号部は、前記復号部が前記空間符号化に対応する復号を行った前記復号後受信信号について、前記時間符号化に対応する復号を行うことを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項12】

請求項10に記載の超音波撮像装置において、前記送信部は、2つの前記送信領域から同時に5回以上送信させ、

前記復号部および前記第2の復号部は、5回以上の送信で得た前記受信信号のうち4つの前記受信信号を用いて符号化を行って前記復号後受信信号を生成する処理を、用いる4つの前記受信信号の組み合わせの異なる2組以上について行うことにより、複数の前記復号後受信信号を生成することを特徴とする超音波撮像装置。

30

【請求項13】

請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記受信部105は、5回以上の超音波の送信ごとの前記受信信号のうち、直近の4回の前記受信信号を順次記憶する4つの記憶領域を備えた第1の記憶部を有し、

前記復号部および前記第2の復号部は、前記4つの記憶領域にそれぞれ格納された4つの前記受信信号を用いて復号処理を順次行うことにより、前記受信信号の組み合わせの異なる前記復号後受信信号を時系列に生成することを特徴とする超音波撮像装置。

40

【請求項14】

請求項10に記載の超音波撮像装置において、前記受信部は、前記復号部に受け渡す前の前記受信信号に重み付けする重み付け部を備えることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項15】

請求項10に記載の超音波撮像装置において、前記超音波探触子は、少なくとも4つの前記送信領域を備え、

前記送信部は、4つの前記送信領域から同時に、空間符号化および時間符号化された超音波を送信部させることを特徴とする超音波撮像装置。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波撮像装置において、符号化を使ったSN比向上技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

超音波を用いた撮像方法は、超音波を対象物に送信し、対象物で反射したエコーを電気信号として受信し、受信信号を画像データとしてモニター上に表示することで構成される。超音波は、装置に備えられたトランスデューサ（電気音響変換素子、振動子）に電気信号を入力することで生成される。トランスデューサから出射された超音波は、対象物中を進みながら音響インピーダンスの異なる境界で一部反射され、エコーを作る。エコーは、電気音響変換素子で受信され、受信信号が生成される。これにより、対象物の境界面を、対象物の断層像として表示できる。このような撮像技術は、構造物の非破壊検査や、生体の断層像を低侵襲で撮像する診断装置などとして、広く用いられている。

10

【0003】

通常、トランスデューサは、チャンネルアレイ状に並べられており、超音波はアレイビームフォーミングによって超音波ビームとして送信される。超音波撮像装置は、超音波の送信ビームを対象物に走査し、それぞれの送信により生じたエコーを受信する。そして、各チャンネルの受信信号に対して受信ビームフォーミングを行い、ビーム軸上の領域における小エリアデータを生成する。そして、小エリアデータを合体（合算）させることで、対象物全体の断層画像を作る。

20

【0004】

1枚の断層画像を作るための送信回数を減らすことによって、フレームレートは向上することができる。しかしその結果として、得られる信号量が低下し、SN比が低下する。SN比を改善しながら、高フレームレート撮像が可能となる撮像方法として、空間符号化送受が知られている（特許文献1）。空間符号化送受では、1方向送信、1方向受信ではなく、対象物に複数方向から同時に送信することで、SN比を改善する。具体的には、空間符号化送受方法では、符号化した超音波を同時に多方向から対象物に送信し、エコーを受信した後、受信信号を復号処理することにより、どの方向から送信した超音波による受信信号かを区別して分離する。例えば、対象物に対して超音波ビームを送信する方向（もしくは位置）がA方向とB方向である場合、2回の送受信を行う。1回目の送信では、A方向とB方向の超音波ビームの送信波形に対して、それぞれ1と1の符号化を行い、2回目の送信では、それぞれ1と-1の符号化を行う。2回の送信でそれぞれ生じたエコーを受信して得られた受信信号は、受信ビームフォーミングされる前に、それぞれチャンネルデータの状態で保存する。1回目の受信信号と2回目の受信信号を使って復号処理を行うことで、A方向の送信による受信信号と、B方向の送信による受信信号を分離する。具体的には、1回目の受信信号と2回目の受信信号を同時刻として和算処理することで、B方向の送信による受信信号を打ち消し、A方向の送信による受信信号のみを残す。一方、減算処理することで、A方向の送信による受信信号を打ち消し、B方向の送信による受信信号のみを残す。

30

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平11-155867号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

空間符号化送受では、複数回の送受信が必要である。復号処理の性能は、それぞれの受信信号が同一部位からのエコーの信号であることが前提で発揮される。複数回の送受信の間に、撮像対象がトランスデューサに近づくもしくは遠ざかるなどの動きを生じた場合、

50

エコーの伝搬距離が変動する。この結果、複数の受信信号の時間軸が互いにシフトした状態となるため、復号処理において和算処理または減算処理をした場合、打ち消されるべき信号が残り、画像上のアーチファクト（偽像）を生み出す。これが、画質の劣化を引き起こす。

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、空間符号化送受信を行う際に、撮像対象に動きが生じた場合であっても、生成される画像のアーチファクトを低減できる超音波撮像装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、本発明では、超音波探触子の少なくとも2つの送信領域から同時に、空間符号化した超音波を所定の位置に向かって3回以上送信させる。受信部は、復号部と合成部とを含み、復号部は、3回以上の超音波の送信に対応して受信領域が出力した3以上の受信信号のうち2以上を用いて、空間符号化に対応する復号を行って復号後受信信号を生成する。この処理を、用いる2以上の受信信号の組み合わせの異なる2組以上についてそれぞれ行うことにより、複数の復号後受信信号を生成する。合成部は、複数の復号後受信信号を加算処理する。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、空間符号化送受信を行う際に、撮像対象に動きが生じた場合であっても、生成した画像のアーチファクトを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図1】本発明の第一実施形態の超音波撮像装置の構成を示すブロック図。

【図2】本発明の不要信号抑制の原理を示す説明図。

【図3】第一実施形態の超音波撮像装置の構成を示すブロック図。

【図4】第一実施形態の受信部のブロック図。

【図5】(a)第一実施形態の超音波探触子の送信領域（開口）の位置と撮像対象120を示す説明図、(b)送信領域（開口）に対応する小エリアデータの位置を示す説明図、(c)小エリアデータを並べて得られる撮像対象120の画像を示す説明図。

【図6】第一実施形態の送信開口の組から順に送信を行うスキャンを繰り返すことを示す説明図。

【図7】(a)送信に用いる基準波形を示す説明図、(b)送信に用いる反転波形を示す説明図。

【図8】(a)空間符号化により2つの送信開口から送信される送信波形の符号を示す説明図、(b)空間符号化の受信信号波形と、復号処理の原理を示す説明図、(c)復号信号に不要成分が生じている状態を示す説明図。

【図9】第一実施形態の超音波撮像装置の具体例の全体構成を示すブロック図。

【図10】第一実施形態の超音波探触子の受信領域（チャンネル）と、送信領域（開口）の配置の例を示す説明図。

【図11】図9の超音波撮像装置の受信部105の構成を示すブロック図。

【図12】図9の超音波撮像装置のチャンネルごとの第1の記憶部（チャンネルメモリ）40と復号部41の構成を示すブロック図。

【図13】図9の超音波撮像装置の第2の記憶部24と合成部25の構成を示すブロック図。

【図14】図9の超音波撮像装置の送受信の動作を示すフローチャート。

【図15】第二実施形態の超音波撮像装置の第2の記憶部24と合成部25の構成を示すブロック図。

【図16】第二実施形態の不要信号抑制の原理を示す説明図。

【図17】(a)重み付けせずに受信信号を合成した波形を示す説明図、(b)第二実施

10

20

30

40

50

形態で受信信号を重み付けして合成した波形を示す説明図。

【図18】第三実施形態の超音波撮像装置のチャンネルごとの第1の記憶部(チャンネルメモリ)40と復号部41の構成を示すブロック図。

【図19】時間符号(Golay符号)X1, X2と、復号処理の原理を示す説明図。

【図20】(a)Golay符号X1, X2の波形と、受信信号の波形の例を示す説明図、(b)Golay符号の復号処理と波形を示す説明図。

【図21】第四実施形態の超音波撮像装置の第1記憶部(チャンネルメモリ)40、復号部41および第2の復号部141の構成を示すブロック図。

【図22】第四実施形態の時間符号化と空間符号化を組み合わせた送信の符号と、受信信号の復号処理を示す説明図。

【図23】第四実施形態の超音波撮像装置の送受信の動作を示すフローチャート。

【図24】第五実施形態の超音波撮像装置の第1の記憶部(チャンネルメモリ)40と、復号部41, 141と、重み付け部61~64を示すブロック図。

【図25】第六実施形態の4つの送信領域(開口)から同時に送信を行う超音波診断装置の第2の復号部141等の構成を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の実施形態の超音波撮像装置について図面を用いて説明する。

【0012】

<<第一実施形態>>

図1に示すように、本発明の超音波撮像装置100は、超音波探触子108と、送信部102と、受信部105とを有している。超音波探触子108は、それぞれトランスデューサで構成された、少なくとも2つの送信領域110A、110Bと、少なくとも1つの受信領域109とを有する。送信部102は、超音波探触子108の所定の2つの送信領域110A、110Bから同時に、空間符号化した超音波を、所定の位置(120)に向かって3回以上送信させる。受信領域109は、位置(120)からの超音波のエコーを受信して出力する。受信部105は、この受信信号を処理する。

【0013】

受信部105は、復号部41と合成部25とを備えている。復号部41は、図2に示すように、3回以上の超音波の送信に対応して受信領域109が順次出力した受信信号(R1, R2, R3, ...) (ただし、数字は、受信信号の受信した順番を示す)のうち2以上を用いて、送信時の空間符号化に対応する復号を行って復号後受信信号(H1)を得る。この処理を、用いる2以上の受信信号の組み合わせの異なる2組(例えば、R1とR2の組、R2とR3の組)以上についてそれぞれ行うことにより、複数の復号後受信信号(H_{A1}, H_{A2}, ...) (ただし、下付きのAは、送信領域110Aからの送信に対応する受信信号であることを示す)を生成する。合成部25は、複数の復号後受信信号(H_{A1}, H_{A2}, ...)を加算処理し、加算された復号後受信信号(H_{A'})を得る。なお、復号部は、送信領域110Bからの送信に対応する復号後受信信号(H_{B1}, H_{B2}, ...)を生成し、加算された復号後受信信号(H_{B'})を得ることももちろん可能である。

【0014】

このように、複数の復号後受信信号(H_{A1}, H_{A2}, ...)を加算することにより、空間符号化送受信を行う際に撮像対象120に動きが生じた場合に復号後受信信号(H_{A1}, H_{A2}, ...)に生じる不要信号16b, 17b(図2)を打ち消し合わせて低減することができる。その理由は、複数の送受信間の撮像対象120の動きがほぼ等速である場合、得られる受信信号を順次組み合わせた受信信号の組(R1とR2の組、R2とR3の組等)から得られた復号後受信信号(H_{A1}, H_{A2}, ...)は、不要信号16b, 17bの位相が順次反転するためである。一方、本来の受信信号16a, 17aは、復号後受信信号(H_{A1}, H_{A2}, ...)間において同位相となるため、合成部25の加算処理により強め合う。よって、不要成分19bが抑制され、本来の受信信号19aが強められた合成後の復号後受信信号(H_{A'})19aを得ることができ、これを用いて画像を生成することにより、画像のアーチファクト

10

20

30

40

50

を低減することができる。

【0015】

なお、送信部102による空間符号化方法、および、復号部41による復号方法としては、公知の方法を用いることができる。公知の空間符号化および復号処理の一例については、後で詳しく説明する。

【0016】

復号部41による復号処理は、2以上の送信領域110A, 110Bから同時に送信された超音波によるエコーの受信信号から、送信領域ごとの超音波によって生じたエコーの受信信号を分離し、送信領域ごとに対応する受信信号(復号後受信信号)を得る処理である。合成部25は、同一の送信領域(例えば、110A)について得られた複数の復号後受信信号(H_{A1}, H_{A2}, \dots)を加算して合成することにより、これら受信信号の不要信号16b, 17bを抑制する。

10

【0017】

受信部105は、図3に示すように、3回以上の送信に対応して順に受信した受信信号($R1, R2, R3, \dots$)の少なくとも一つを順次記憶する第1の記憶部40と、復号部41が生成した復号後受信信号(H_{A1}, H_{A2}, \dots)を少なくとも一つを記憶する第2の記憶部24とを備えるように構成してもよい。復号部41は、第1の記憶部40に記憶された受信信号と、その次に受信された受信信号とを用いて復号処理を行うことにより、順次復号処理を行うことができる。合成部25は、第2の記憶部24に記憶された1以上の復号後受信信号と、その次に生成された復号後受信信号とを加算することにより、不要信号を低減できる。

20

【0018】

例えば、第1の記憶部40は、直近の2つの受信信号を順次記憶するための2つの記憶領域を有し、復号部41は、2つの記憶領域に格納された受信信号を用いて復号処理を行うことにより、時系列に復号後受信信号を生成する構成にすることができる。第2の記憶部24は、直近の2以上の復号後受信信号を順次記憶するように構成し、合成部25は、第2の記憶部24に記憶された2以上の復号後受信信号を加算することにより、加算された復号後受信信号を時系列に順次生成することができる。

【0019】

また、超音波探触子108は、図4のように複数(例えばP個)の受信領域109₁, \dots , 109_p(ただし、下付き文字は、受信領域の番号を示す)を備えるように構成してもよい。受信部105は、受信領域109₁, \dots , 109_pにより、受信信号(例えば、 $R_{11}, R_{21}, \dots, R_{p1}$ 、ただし、下付き数字は、受信領域の番号を示す)を受信する。また、受信部105は、整相加算部22を有する。復号部41は、受信領域109₁, \dots , 109_pごとに、受信信号を復号処理し、送信領域(例えば110A)に対応する復号後受信信号($H_{1A1}, H_{2A1}, \dots, H_{pA1}$ 、ただし、下付き数字とPは、受信領域の番号を示し、下付きのAは、送信領域110Aからの送信に対応する復号後受信信号であることを示す)を生成する。整相加算部22は、受信領域109₁, \dots , 109_pごとの復号後受信信号($H_{1A1}, H_{2A1}, \dots, H_{pA1}$)を整相した後加算する。これにより、整相加算後の復号後受信信号(H_{sumA1})を生成することができる。この処理を、時系列に複数回繰り返し、複数の整相加算後の復号後受信信号($H_{sumA1}, H_{sumA2}, \dots$)を生成し、合成部25によって加算することにより、合成後の復号後受信信号(H_A')を得ることができる。

30

40

【0020】

図4のように、合成部25を整相加算部22よりも後段に配置したことにより、合成部25を受信領域109₁, \dots , 109_pごとに配置する必要がなく、整相加算部22の後に一つの合成部25を配置すれば足りる。そのため、合成部25を復号部41ごとに配置した場合と比較して、装置構成を簡素化できるとともに、合成部25の演算量の増大を抑えることができる。

【0021】

また、図5(a)に示すように、超音波探触子108は、送信領域110A, 110B

50

の組の他に複数組の送信領域（111AおよびBの組，112AおよびBの組，113AおよびBの組）を備えるよう構成することができる。このとき、各送信領域の組からの送信の順番は、図6に示すように、各組の送信領域からそれぞれ1回ずつ順番に送信を行う動作（スキャン動作）を3回以上繰り返すようにすることが好ましい。これにより、1回のスキャン動作ごとに、全組の送信領域についての受信信号を得ることができる。よって、2スキャン目以降は、得られた受信信号を、その前のスキャンで得た受信信号と組み合わせ、復号することができる。したがって、復号処理に用いる受信信号が2つの場合、2スキャン目以降の1スキャンごとに、全送信領域について復号後受信信号を生成することができる。

【0022】

送信領域ごとの復号後受信信号はそれぞれ、図5（b）のように、その送信領域から送信された超音波が照射された撮像対象120の小領域のデータ（小エリアデータ）を示している。すなわち、送信領域110Aの復号後受信信号は、小エリア211Aのデータであり、送信領域110Bの復号後受信信号は、小エリア211Bのデータである。よって、1スキャンごとに、全送信領域ごとの復号後受信信号を生成することにより、1スキャンごとに、これらの小エリアデータを並べた撮像対象120の全体画像（図5（c））を生成することができる。これにより、ほぼリアルタイムで順次画像を出力することが可能になる。

【0023】

また、本発明では、合成部25で加算処理する復号後受信信号の数の設定を、操作者から受け付ける受け付け部をさらに有する構成としてもよい。この場合、送信部102は、受け付けた数よりも1以上多い数Nの超音波を送信させ、合成部は、受け付けた数の復号後受信信号を加算処理することができる。

【0024】

なお、超音波探触子108の送信領域110AおよびB等は、受信領域109₁、・・・、109_pと同一の大きさであってもよいし、異なる大きさであってもよい。また、送信領域と受信領域は、送信時と受信時にそれぞれ設定され、同時に設定されることはないため、送信領域と受信領域とが全部または一部重なり合う領域であっても構わない。

【0025】

<空間符号化の原理>

ここで、空間符号化の原理について説明する。空間符号化は、空間的な次元を符号化する公知の技術である。本実施形態では、一例としてHadamard空間符号化を用い、2か所の送信領域から同時に超音波波形を送信する場合について説明する。

【0026】

まず、Hadamard空間符号化の概念を説明する。図7（a）の波形71を基準波形とする。図7（b）の波形72を基準波形の反転波形とする。図8（a）のように、第一送信Tx1として、2つの送信領域110A、110Bからいずれも基準波形71の超音波を同時に所定位置（撮像対象120）に向かって送信する。つぎに、第二送信Tx2として、2つの送信領域のうち一方（ここでは図8（a）の左側の送信領域110A）から基準波形71を、他方（図8（a）の右側の送信領域110B）から反転波形72を同時に送信する。基準波形71を1、反転波形72を-1とし、送信領域の位置を行ベクトルの列として表すと、第一送信は[1 1]、第二送信は、[1 -1]の行ベクトルでそれぞれ表される。送信の順番を行列の行とすると、第一送信および第二送信は、式（1）の行列で表される。

【0027】

【数1】

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad \dots(1)$$

10

20

30

40

50

式(1)の行列は、2次のHadamard行列と呼ばれる。この行列で送信波形を符号化した送信イベントをHadamard空間符号化と呼ぶ。

【0028】

Hadamard空間符号化によって2つの送信領域110A, 110Bから送信された超音波のエコーは、受信領域109で受信することにより、受信信号R1、R2がそれぞれ得られる。受信信号R1、R2から、送信領域110Aから送信した超音波による受信信号 H_A1 、および、送信領域110Bから送信した超音波による受信信号 H_B1 を分離する演算過程をHadamard復号処理と呼ぶ。

【0029】

図8(b)のように、受信信号R1,R2は、それぞれ送信領域110Aから送信した超音波による受信信号13aと、送信領域110Bから送信した超音波による受信信号13bを含む。復号部41は、加算器14と減算器15を含む。第一送信による受信信号R1と第二送信による受信信号R2とを、復号部41内の加算器14で同時刻で加算すると、上記行ベクトルの加算から、

$$[1 \quad 1] + [1 \quad -1] = [2 \quad 0]$$

となり、右列を0へ導くことができる。すなわち、図8(b)のように、右列(右側の送信領域110B)の送信による受信信号13bを打ち消すことができ、左側の送信領域の送信により生じたエコーの受信信号13aを重畳させて受信信号16a(復号後受信信号 H_A1)を抽出することができる。

【0030】

一方、受信信号R1と受信信号R2とを、復号部41内の減算器15で減算すると、

$$[1 \quad 1] - [1 \quad -1] = [0 \quad 2]$$

となり、左列(左側の送信領域110A)の送信による受信信号13aを打ち消すことができ、右側の送信領域110Bの送信による受信信号13bを重畳した受信信号18b(復号後受信信号 H_B1)を抽出することができる。

【0031】

この復号処理によって、2か所の送信領域110A、110Bからの同時送信によるエコーが混ざった状態で受信した受信信号R1、R2から、各送信を独立に行った場合と同等の受信信号(復号後受信信号 H_A1 、 H_B1)を分離できる。

【0032】

しかしながら、上記復号処理において、撮像対象120が2回の送受信間において動きを生じたり、超音波探触子108が撮像対象120に対して動くと、それぞれの送信におけるエコーの伝搬距離が変動する。その結果、各受信信号が互いに時間シフトした状態となる。例えば、図8(c)は、2回の送信中に撮像対象120が超音波探触子108に近づき、受信信号R1に対して受信信号R2の信号出現時間がシフトしている状態を示している。この場合、Hadamard復号後受信信号 H_A1 、 H_B1 には、打ち消し残りの不要信号16b、18aが生じる。そこで、本発明では、撮像対象120の動きがほぼ等速であるとき、受信信号R1とR2を加算して得た復号後受信信号 H_A1 の打ち消し残りの不要信号16bと、受信信号R2とR3を加算して得た復号後信号 H_A2 における打ち消し残りの不要信号17b(図2)は、互いに反転した波形に成ることを利用して、合成部25が、復号後受信信号 H_A1 と復号後信号 H_A2 とを加算することで、不要信号16b、17bを抑制する。同様に、送信領域110Bからの送信信号について得た、復号後受信信号 H_B1 と復号後信号 H_B2 についても、同様に合成部25が加算することにより、不要信号を抑制する。

【0033】

なお、上記の例では送信領域が2か所の例を説明したが、送信領域の数はHadamard符号の列数によって決定されるため、2か所以上にすることも可能である。また、複数の送信領域は、相互に重畳していてもよい。

【0034】

以下、第一実施形態の超音波撮像装置の具体例について詳細に説明する。

【0035】

10

20

30

40

50

< 装置の全体構成 >

本実施形態の超音波撮像装置 100 の全体構成について説明する。図 9 は、本実施形態の超音波撮像装置 100 の具体例の概略構成を示すブロック図である。超音波撮像装置 100 は、上述した超音波探触子 108 と送信部 102 と受信部 105 の他に、制御部 106 と、ユーザインタフェース (UI) 121 と、送受切替部 101 と、画像処理部 107 と、表示部 122 とを備えて構成される。UI 121 は、上述した合成部 25 が加算処理する復号後受信信号の数、ユーザからの指示、各種パラメータの入力等を受け付けるインタフェースである。制御部 106 は、全体の動作を制御する。

【0036】

超音波探触子 108 は、所定の配列で 1 次元または 2 次元に配列されたトランスデューサを複数個備えている。トランスデューサは、電気信号を音波へ、音波を電気信号へと変換する機能を持つ電気音響変換素子 (振動子) である。超音波探触子 108 は、トランスデューサが配置された面 (超音波送受面) を撮像対象 120 に接触させて使用するのに適した外形に仕立てられている。

【0037】

配列された複数のトランスデューサは、図 10 のように、予め定められた複数 (P 個) の受信領域 (以下、チャンネルと呼ぶ) $109_1 \sim 109_p$ に仮想的もしくは物理的に分割されている。各チャンネル $109_1 \sim 109_p$ は、1 つもしくは複数のトランスデューサによって構成される。送信時に設定される送信領域 $110A$ 等は、チャンネル 109_1 等と同じ大きさであってもよいし、異なってもよい。以下の説明では、一つの送信領域 $110A$ として、隣り合う複数 (図 10 では、4 個) のチャンネルと同等の領域を用いる例について説明する。また、以下の説明では、送信領域を送信開口と呼ぶ。送信開口 $110A$ と送信開口 $110B$ は、相互に離れた位置に形成してもよいし、一部重なるように形成してもよい。また、以下の説明では、複数のチャンネル $109_1 \sim 109_p$ を区別しない場合には、単にチャンネル 109 とも呼ぶ。

【0038】

また、受信部 105 は、図 11 に示すように、上述の第 1 の記憶部 40 (以下、チャンネルメモリと呼ぶ) と復号部 41 からなるチャンネル信号処理部 20 をチャンネル $109_1 \sim 109_p$ ごとに配置した構成である。また、受信部 105 には、上述した整相加算部 22 と、第 2 の記憶部 24、合成部 25 が備えられている。

【0039】

送信部 102 は、制御部 106 からの指示に従って、送信する波形種類、送信開口 (例えば $110A$, $110B$) ごとの遅延時間、振幅変調、重み付け等を決定し、それに応じた送信信号を生成する。本発明では、送信部 102 が超音波探触子の所定の 2 つの送信開口から、空間符号化した超音波を同時に送信する動作を、3 回以上繰り返す。各々の送信開口から超音波の送信が向けられている位置は、3 回以上の送信間で同一である。送信信号は、送受切替部 101 を経て、送信開口 $110A$, $110B$ を構成するトランスデューサに受け渡される。送信開口 $110A$, $110B$ のトランスデューサは、送信信号を受け取って超音波 (超音波パルスや超音波ビーム) を発生する。

【0040】

制御部 106 は、送信開口 $110A$, $110B$ から上記第一送信 $T \times 1$ を送信部 102 に行わせ、エコーを超音波探触子 108 の受信領域 (チャンネル) 109 で受信させる。受信に用いるチャンネルは、超音波探触子 108 のすべてのチャンネル $109_1 \cdot \cdot \cdot 109_p$ を用いてもよいし、予め定められた受信開口内のチャンネルのみを用いてもよい。制御部 106 は、各チャンネル $109_1 \cdot \cdot \cdot 109_p$ の受信信号 $R_1, R_2 \cdot \cdot \cdot R_p$ (下付き文字は、チャンネルの番号を示し、1 は、第一送信で得た受信信号であることを示す) を、受信部 105 に受け渡す。

【0041】

図 12 のように、チャンネルメモリ 40 には、送信開口の組ごとに 2 つの記憶領域 $40-1$, $40-2$ が備えられている。制御部 106 は、送信開口 $110A$, $110B$ からの第

10

20

30

40

50

一送信 $T \times 1$ によってチャネル 109_1 が得た受信信号 R_{11} を、送信開口 $110A, 110B$ 用の記憶領域 $40-1$ に格納させる。同様に、他のチャネル $109_2 \dots 109_p$ がそれぞれ得た受信信号 $R_{21} \dots R_{p1}$ についても、それぞれのチャネルに接続されているチャネルメモリ 40 の送信開口 $110A, 110B$ 用の記憶領域 $40-1$ に格納させる。

【0042】

次に、制御部 106 は、送信開口 $110A, 110B$ からの第二送信 $T \times 2$ を送信部 102 に行わせ、得られたチャネル 109_1 の受信信号 R_{12} をチャネルメモリ 40 内の記憶領域 $40-2$ に格納させる。同様に、他のチャネル $109_2 \dots 109_p$ がそれぞれ得た受信信号 $R_{22} \dots R_{p2}$ についても、それぞれのチャネルに接続されている第1の記憶部 40 の送信開口 $110A, 110B$ 用の記憶領域 $40-2$ に格納させる。

10

【0043】

制御部 106 は、送信開口 $110A, 110B$ 用の記憶領域 $40-1, 40-2$ から受信信号 R_{11}, R_{12} を読み出し、復号部 41 内の加算器 14 と減算器 15 にそれぞれ入力させる。加算器 14 の加算処理により送信開口 $110A$ からの送信による復号後受信信号 H_{1A1} (下付き数字は、チャネルの番号を示し、下付きの A は、送信開口 $110A$ に対応する復号後受信信号であることを示し、 1 は、1番目に得られた復号後受信信号であることを示す) が得られる。減算器 15 による減算処理による送信開口 $110B$ からの送信による復号後受信信号 H_{1B1} (下付き数字は、チャネルの番号を示し、下付きの B は、送信開口 $110B$ に対応する復号後受信信号であることを示し、 1 は、1番目に得られた復号後受信信号であることを示す) が得られる。同様に、制御部 106 は、他のチャネル $109_2 \dots$

20

【0044】

各チャネル信号処理部 20 から出力される送信開口 $110A$ に対応する復号後受信信号 $H_{1A1}, H_{2A1}, H_{3A1} \dots$ と、送信開口 $110B$ に対応する復号後信号 $H_{1B1}, H_{2B1}, H_{3B1} \dots$ は、整相加算処理部 22 へ受け渡される。制御部 106 は、整相加算処理部 22 に各チャネルの復号後信号 $H_{1A1}, H_{2A1}, H_{3A1} \dots$ にそれぞれに適合した遅延時間を与え、合算処理をさせる(受信ビームフォーミング)。これにより、復号後信号 $H_{1A1}, H_{2A1}, H_{3A1} \dots$ を整相加算した受信信号 H_{sumA1} (sum は、整相加算後であることを示し、下付きの A は、送信開口 $110A$ に対応する受信信号であることを示し、 1 は、1番目に得られた受信信号であることを示す) を得る。この整相加算後の受信信号 H_{sumA1} は、送信開口 $110A$ に対応する小エリアデータ $210A$ (図5(b)参照)である。同様に、復号後信号 $H_{1B1}, H_{2B1}, H_{3B1} \dots$ を整相加算した受信信号 H_{sumB1} (送信開口 $110B$ に対応する小エリアデータ $210B$) を得る。

30

【0045】

第2の記憶部 24 には、図13に示すように、送信開口の組ごとに $N-1$ 個の小エリアデータを2組の格納するための記憶領域 $24A-1 \sim 24A-(N-1)$ と、 $24B-1 \sim 24B-(N-1)$ が備えられている。ここで、 N は、1つの合成後小エリアデータを得るために必要な送信回数であり、ここでは $N=3$ である。整相加算処理部 22 が生成した、送信開口 $110A$ に対応する整相加算後受信信号 H_{sumA1} (小エリアデータ $210A$) は、記憶領域 $24A-1$ に格納される。同様に、送信開口 $110B$ に対応する整相加算後受信信号 H_{sumB1} (小エリアデータ $210B$) は、記憶領域 $24B-1$ に格納される。

40

【0046】

制御部 106 は、第一送信 $T \times 1$ と同様の空間符号化をした第三送信 $T \times 3$ を送信部 102 に実行させる。チャネル 109_1 が得た受信信号 R_{13} を、送信開口 $110A, 110B$ 用の記憶領域 $40-1$ に上書き保存させる。すなわち、第一送信 $T \times 1$ により記憶領域 $40-1$ に保存しておいた受信信号 R_{11} を消去し、第三送信 $T \times 3$ の受信信号 R_{13} を保存する。同様に、他のチャネル $109_2 \dots 109_p$ がそれぞれ得た受信信号 $R_{23} \dots R_{p3}$ についても、それぞれのチャネルに接続されているチャネルメモリ 40 の $110A, 110$

50

Bの記憶領域40-1に上書き保存する。

【0047】

制御部106は、送信開口110A, 110B用の記憶領域40-1, 40-2から受信信号 $R_{1,2}$, $R_{1,3}$ を読み出し、復号部41内の加算器14と減算器15にそれぞれ入力させ、送信開口110Aについての復号後受信信号 $H_{1A}2$ と、送信開口110Bについての復号後受信信号 $H_{1B}2$ を得る。同様に、制御部106は、他のチャンネル109₂・・・109_Pに接続されたチャンネルメモリ40についても、それぞれ復号部41に受信信号を入力させ、送信開口110Aからの復号後受信信号および送信開口110Bからの送信による復号後受信信号を演算させる。

【0048】

各チャンネル信号処理部20からの送信開口110Aに対応する復号後受信信号 $H_{1A}2$, $H_{2A}2$, $H_{3A}1$ ・・・と、送信開口110Bに対応する復号後信号 $H_{1B}2$, $H_{2B}2$, $H_{3B}2$ ・・・は、整相加算処理部22へ受け渡され、整相加算後受信信号 $H_{sumA}2$ (送信開口110Aに対応する小エリアデータ210A)と、整相加算後受信信号 $H_{sumB}2$ (送信開口110Bに対応する小エリアデータ210B)が生成される。

【0049】

整相加算後受信信号 $H_{sumA}2$ (送信開口110Aに対応する小エリアデータ210A)と、整相加算後受信信号 $H_{sumB}2$ (送信開口110Bに対応する小エリアデータ210B)は、第2の記憶部24の記憶領域24A-2, 24B-2にそれぞれ格納される。

【0050】

制御部106は、3回の送信により得られた、送信開口110Aについての時系列な2つの小エリアデータ210A(整相加算後受信信号 $H_{sumA}1$, $H_{sumA}2$)を、記憶領域24A-1, 24A-2から読み出して、合成部25に受け渡す。合成部25内の加算処理部33は、送信開口110Aについての2つの小エリアデータ210A(整相加算後受信信号 $H_{sumA}1$, $H_{sumA}2$)を加算して、合成後の小エリアデータ210A(合成後受信信号 H_A')を得る。同様に、制御部106は、送信開口110Bについての小エリアデータ210A(整相加算後受信信号 $H_{sumB}1$, $H_{sumB}2$)を、記憶領域24B-1, 24B-2から読み出して、合成部25に受け渡す。合成部25の加算処理部33は、送信開口110Bについての2つの小エリアデータ210B(整相加算後受信信号 $H_{sumB}1$, $H_{sumB}2$)を加算して、合成後の小エリアデータ210B(合成後受信信号 H_B')を得る。これらの小エリアデータ210A, B(合成後受信信号 H_A' , H_B')は、撮像対象120の動きに起因する不要信号が抑制されている。小エリアデータ H_A' , H_B' は、第2の記憶部24に設けられた記憶領域24A-T, 24B-Tに格納される。

【0051】

制御部106は、送信開口の組ごとに、上記と同様の過程を繰り返す。このとき、上述の説明では、一組の送信開口110A, Bから連続3回(N回)の送信を行うように説明したが、図6のように、送信開口の組のそれぞれについて順に送信を行うスキャンを、3回(N回)繰り返すことが望ましい。

【0052】

そのため、図14のフローに示すように、スキャン回数をnで表すと、1回目のスキャン(ステップ141)では、各送信開口の組について、順に第一送信を行う(ステップ142~148)。このとき、スキャン回数nが奇数のときには、式(1)の第1行目の符号化(第一空間符号化)による送信を行い(ステップ144)、得られた受信信号は、チャンネルメモリ40の送信開口の組ごとの記憶領域40-1にそれぞれ格納する。スキャン回数nが偶数のときには、式(1)の第1行目の符号化(第一空間符号化)による送信を行い(ステップ146)、得られた受信信号をチャンネルメモリ40の送信開口の組ごとの記憶領域40-2にそれぞれ格納する(ステップ147)。

【0053】

制御部106は、スキャン回数nが2回目以降(ステップ149)は、送信開口の組ごとに(ステップ151, 156)、記憶領域40-1, 40-2の受信信号を復号部41

10

20

30

40

50

に受け渡させ、復号後受信信号 H_A, H_B を生成させる（ステップ152, 153）。さらに復号後受信信号 H_A, H_B をそれぞれ整相加算部22で整相加算させ、得られた小エリアデータ H_{sumA}, H_{sumB} を第2の記憶部24の記憶領域24A-1, 24B-1（すなわち記憶領域24A-(n-1), 24B-(n-1)）に、送信開口の組ごとに格納する（ステップ155）。

【0054】

その後、ステップ142に戻り3回目のスキャンを行う（ステップ157, 150）。3回目のスキャンでは、第一空間符号化による第三送信の各送信開口の組について順に行い、得られた受信信号をチャンネルメモリ40の送信開口の組ごとの記憶領域40-1に上書き保存する（ステップ142~148）。そして、ステップ151~156に進み、制御部106は、送信開口の組ごとに、それぞれの復号部41に順に記憶領域40-1, 40-2の受信信号を受け渡し、送信開口の組ごとに、復号後受信信号 H_A, H_B を生成させる。復号後受信信号 H_A, H_B をそれぞれ整相加算部22で整相加算させ、得られた小エリアデータ H_{sumA}, H_{sumB} を第2の記憶部24の記憶領域24A-2, 24B-2（すなわち記憶領域24A-(n-1), 24B-(n-1)）に、送信開口の組ごとに格納する。

10

【0055】

そして、送信回数が、N回（3回）以上かどうか判断する（ステップ157）。N回（3回）以上の場合、制御部106は、送信開口の組ごとに（ステップ158, 163）、第2の記憶部24の記憶領域24A-1~24A-(N-1)のデータを読み出して、合成部25に受け渡し、合成部25が加算して一方の小エリアデータ H_A' を求める（ステップ159, 160）。次に、制御部106は、記憶領域24B-1, 24B-(N-1)のデータを読み出して、合成部25に受け渡し、合成部25の加算処理部33が加算して他方の小エリアデータ H_B' を求める（ステップ161, 162）。求めた小エリアデータ H_A', H_B' は、第2の記憶部24に設けられた記憶領域24A-T, 24B-Tに、送信開口ごとに格納される。これにより、図5に示す送信開口の組ごとに2つずつ、合計8つの小エリアデータ210A~213A, 210B~213Bが、図13の記憶領域24A-T, 24B-Tにそれぞれ格納される。制御部106は、記憶領域24A-T, 24B-Tの小エリアデータを合成部25に受け渡し、合成部25の画像構築部34は、これらの小エリアデータをそれぞれ所定の位置に並べることにより、撮像対象120の画像を構築する（ステップ164）。

20

30

【0056】

その後、ステップ142に戻り、4回目以降のn回目のスキャンを行う。4回目以降のn回目のスキャンの処理も、上記各ステップと同様であるが、ステップ155において、小エリアデータ H_{sumA}, H_{sumB} を格納する第2の記憶部24の記憶領域は、記憶領域24A-(n-1-(N-1)), 24B-(n-1-(N-1))とし、(N-1)回目の以降の記憶領域を順次上書き保存していく。これにより、n回目のスキャンごとに、合成部25で合成した小エリアデータを用いた撮像対象120の画像を構築することができる。

【0057】

なお、合成部25が合成を行うまでのスキャン回数Nは、3回に限られるものではなく、任意の回数にすることができる。例えば、スキャン回数Nの設定をUI121を介して操作者から受け付けることも可能である。また、合成部25が合成すべき復号後受信信号の数(N-1)を操作者からUI121を介して受け付け、その数よりも1以上大きい数の送信を行わせることも可能である。さらに、設定されている撮像条件に応じて、適切なスキャン回数Nを制御部106が設定することも可能である。この場合、設定可能な撮像条件ごとに予め適切なスキャン回数Nを求め、これを制御部106内のメモリまたは外部のメモリに格納しておき、それを制御部106が読み出して用いる構成にすることができる。

40

【0058】

また、図14のステップ143, 144, 146では、制御部106は、スキャン回数が奇数回のときに第一空間符号化の送信を、偶数回のときに第二空間符号化の送信を行わ

50

せたことにより、直近の２つの受信信号を用いて復号をスキャンごとに行うことができ、各送信開口の組の小エリアデータを、時系列に得ることができる。よって、スキャンごとにほぼリアルタイムに撮像対象の画像を表示することができる。ただし、本発明はこれに限られるものではなく、スキャンメモリ４０に多くの記憶領域を用意することが可能であれば、直近ではない２つの受信信号を用いて復号処理を行うことも可能である。

【００５９】

なお、小エリアデータは、撮像対象１２０の撮像領域において互いに排他的である必要はなく、互いに一部重なり合っているもよい。このとき、重なり合う小エリアデータは、合成部２５において同一領域データとしてコヒーレントに、もしくはインコヒーレントに合成加算処理する。

10

【００６０】

上述してきたように、本実施形態では、合成部２５が時系列な複数の小エリアデータを加算することにより、撮像対象の動きに起因する不要データを抑制した小エリアデータを取得することができる。このとき、第２の記憶部２４と合成部２５を整相加算部２２の後段に配置したことにより、受信チャンネル数が１００以上用意されている装置であっても、装置全体で第２の記憶部２４と合成部２５を一つずつのみ配置すればよい。よって、チャンネル数に比例して、ハードウェア構成が増大することがなく、本実施形態によるハードウェアコストの増大は最小限に抑えられることができる。なお、整相加算は線形加算処理であるため、整相加算前後の信号における不要成分の位相は保持される。

20

【００６１】

なお、合成部２５で加算処理する時系列な小エリアデータの数が大きいほどアーチファクトはより低減できるが、撮像対象の動きが速い場合は、画質が劣化する恐れがある。したがって、制御部１０６が、撮像対象の動きの速さに応じて、合成部２５が加算処理する小エリアデータの数を決定する構成にすることも可能である。この場合、制御部１０６は、別途画像処理を行って、撮像対象の動きの速さを演算により求め、予め決めておいた速さと加算処理数との関係から、加算処理数を決定することができる。

【００６２】

<< 第二実施形態 >>

第二実施形態の超音波撮像装置について、図１５～図１７を用いて説明する。

30

【００６３】

第二実施形態の超音波撮像装置は、図１５に示すように、合成部２５が、複数の復号後受信信号（小エリアデータ） H_{sumA1} 、 H_{sumA2} ・・・ $H_{sumA(N-1)}$ に重み付けする重み付け部３２-１，３２-２・・・３２-（ $N-1$ ）を有する。これら重み付け部３２-１，３２-２・・・３２-（ $N-1$ ）により重み付けされた復号後受信信号 H_{sumA1} 、 H_{sumA2} ・・・ $H_{sumA(N-1)}$ を加算処理部３３が加算する。このとき、重み付け部３２-１，３２-２・・・３２-（ $N-1$ ）は、時系列に生成された復号後受信信号のうち、時系列の中心時間に近いものほど大きく重み付けすることが望ましい。これにより、図１６のように本来の受信信号１１９aをより強め、不要信号１１９bをより抑制した小エリアデータ（合成後の復号後受信信号） H_A' を得ることができる。超音波撮像装置内には、予め重み係数値が格納された重みデータ格納部８６が備えられている。他の構成は、第一実施形態の超音波撮像装置と同様な構成である。

40

【００６４】

第二実施形態についてさらに説明する。第１実施形態でも記述したように、復号部４１が時系列に生成する復号後受信信号 H_A1 、 H_A2 、 H_A3 ・・・に含まれる、本来の受信信号１６a，１７a，１８a・・・は、図１６に示すように、常に同位相の波形である。これらの受信信号は、図１７（a）のように撮像対象１２０の動きによって少しずつ時間シフトした状態である。そのため、図１７（a）のように単純にこれらの受信信号を加算した小エリアデータ（合成後の復号後受信信号） H_A' よりも、信号出現時間の中心（時系列の中心）に近いものほど重みづけを大きくしてから合成部２５で加算した小エリアデータ（合成後の復号後受信信号） H_A' の方が、信号の時間軸方向の広がりが小さくなり、空間分解

50

能が向上する。

【0065】

一方、復号部41が時系列に生成する復号後受信信号 H_{A1} 、 H_{A2} 、 H_{A3} ・・・に含まれる不要信号16b～18bは、交互に逆位相の波形となる。これらの信号も少しずつ時間シフトした状態であるため、すべての信号を一緒に加算するより、時間シフトが小さい信号同士（不要信号16bと17b、不要信号17bと18b）をそれぞれ加算して不要信号を最小限にしてから、加算結果同士を加算した方が、全体の不要信号成分を抑圧させることができる。これは、時系列な復号後受信信号 H_{A1} 、 H_{A2} 、 H_{A3} ・・・の時系列の中心に近い信号ほど重みづけを大きくして加算することと等価である。

【0066】

このように、時系列の中心時間に近い復号後受信信号ほど大きく重み付けすることにより、本来の受信信号119aの時間軸方向の広がりを抑えて空間分解能を向上させ、かつ、不要信号119bをより抑制することができる。

【0067】

重みづけを行って加算を行う方法は、ガウシアンフィルタを使った高画質化画像処理の方法と同類である。例えば、図16に示す3つの信号 H_{A1} 、 H_{A2} 、 H_{A3} を和算する場合は、各信号に対して重み付け係数 w_1 、 w_2 、 w_3 を乗算してから和算する。時系列の中心となる H_{A2} の信号に乘算する w_2 は、その前後の w_1 、 w_3 よりも大きい値に設定する。たとえば、ガウシアン関数の中心の最大振幅値を w_2 に用い、その前後の任意の2点に相当する値を w_1 、 w_3 に用いる。また、ガウシアン関数の他に、二項分布に基づいた二項係数値 $[1 \quad 2 \quad 1]$ の要素を w_1 、 w_2 、 w_3 の重み付け係数にそれぞれ割り当ててもよい。

【0068】

第二実施形態における合成部25の構成と動作を図15を用いてさらに説明する。制御部106は、第一実施形態の図14のステップ159において、第2の記憶部24の記憶領域24A-1～24A-(N-1)に格納されている小エリアデータ H_{sumA1} 、 H_{sumA2} ・・・ $H_{sumA(N-1)}$ を読み出し、合成部25に受け渡す。合成部25の重み付け部32-1～32-(N-1)は、 H_{sumA1} 、 H_{sumA2} ・・・ $H_{sumA(N-1)}$ の波形の振幅に重み付けする。重みデータ格納部86には、重みづけするデータ数(N-1)に応じて、重みデータが予め格納されている。制御部106は、重み付けするデータ数(N-1)に応じて、重みデータ格納部86から適切な重み係数値を選択して、重み付け部32-1、32-2・・・32-(N-1)にそれぞれ設定する。これにより、 H_{sumA1} 、 H_{sumA2} ・・・ $H_{sumA(N-1)}$ の時系列の時間の中心に近いものほど重み係数を大きくする。重み付け後、小エリアデータは、合成部25の加算処理部33で加算され、小エリアデータ（合成後の復号後受信信号） H_A' となって、第2の記憶部の記憶領域24A-Tに格納される（ステップ160）。これにより、不要信号がより抑圧され、本来の受信信号の空間分解能を高めた小エリアデータを生成することができる。ステップ162についても同様に、重み付け後、加算する処理を行う。

【0069】

その他の構成は、第一実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0070】

<<第三実施形態>>

本発明の第三実施形態について説明する。第三実施形態の超音波撮像装置では、送信部102は、直交関係を持つ時間符号化と組み合わせた空間符号化、すなわち時空間符号化された超音波を送信開口から送信させる。受信部105は、図18のように復号部41に時間符号化に対応する復号を行うフィルタ54-1～54-2、55-1～55-2および加算部56を備える。合成部25は、復号部41が復号した複数の復号後受信信号を加算処理する。

【0071】

時間符号化は、超音波波形を符号化し、超音波のエネルギーを時間方向に分散させて送信する手法であり、受信時に圧縮フィルタを適用する。これにより、分散した音波のエネ

10

20

30

40

50

ルギーが圧縮され、高い振幅の復号後受信信号を生成することができるため、SN比を向上させた撮像が行える。時間符号化を空間符号化に組み合わせて本発明に適用することにより、撮像対象に動きが生じた場合であっても、生成される画像のアーチファクトを低減でき、しかも、SN比を向上させることができる。

【0072】

以下、具体的に説明する。空間符号化に時間符号化を追加した時空間符号化送受自体は、例えば、米国特許第6048315号等に記載された公知技術であるが、これをどのように用いて、時系列な複数の復号後受信信号を生成し、合成するかという構成が、本発明特有である。

【0073】

10

(時間符号化の原理)

まず、時間符号化の原理を、Golay符号を用いる場合を例に説明する。Golay符号は、圧縮後のパルス波形の時間方向の前後に、タイムサイドローブと呼ばれる不要信号が残存しない符号として知られている。Golay符号は、同じ符号長である相補系列のペアとなるバイナリコードである。ペアとなる符号X1、X2のそれぞれの自己相関関数を χ_{X1X1} 、 χ_{X2X2} とすると、それらのk番目の要素同士の和 $\chi_{X1X2}(k)$ は、式(2)で表される。

【数2】

$$\chi_{X1X2}(k) = \psi_{X1X1}(k) + \psi_{X2X2}(k) = \begin{cases} 1, & \text{for } k = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \dots(2)$$

20

$$(k = 0, 1, 2, \dots, L-1)$$

式(2)において、LはGolay符号の符号長である。式(2)から明らかなように、k番目の要素同士の和 $\chi_{X1X2}(k)$ は、k=0(時間シフト0の状態)以外の場合で常に0をとるため、Golay符号のペアを順次送信し、それぞれの受信信号に自己相関処理を施し、加算処理を行うことでタイムサイドローブが完全に打ち消された時間符号化が行えることがわかる。この演算処理を以下、Golay復号と呼ぶ。

【0074】

例えばGolay符号のペアとして、図19のように、L=2である符号X1=[1 1]とX2=[1 -1]を用いる場合、時間符号化のみを施した第一送信Tx1の波形は、図20(a)のようにX1を表す波形となり、第二送信Tx2の波形は、X2を表す波形となる。ただし、図7(a)の基準波形71を符号1に、図7(b)の反転波形72を符号-1に割り当てている。それぞれの送信で得られた受信信号R1、R2は、1散乱体からのエコーを仮定すると送信波形と同一の波形となる。なお、実際には、受信信号は媒質の散乱体によって様々なエコーが重なった波形となる。2つの受信信号R1、R2には、Golay復号処理のために、まず、各送信に用いられた符号X1、X2の自己相関フィルタ54、55が適用される(図19、図20(b))。自己相関フィルタ54、55は、それぞれ送信した符号係数(1もしくは-1)を時間軸について反転させた係数を用いた、整合フィルタである。これにより、圧縮パルスC1、C2が生成される。圧縮パルスC1、C2は、中心のメインローブと、その時間方向の前後に出現するタイムサイドローブから成るが、タイムサイドローブは、圧縮パルスC1、C2で互いに反転した関係となる。このため、それらを同時刻で加算部56で加算処理することでタイムサイドローブは打ち消され、メインローブの信号は加算されて出力される。

30

40

【0075】

次に、直交関係を持つ時間符号化と組み合わせた空間符号化、すなわち時空間符号化について説明する。上記のGolay符号ペアX1とX2に加えて、別のGolay符号ペアY1とY2を用いる。符号Y1、Y2は、X1とX2に対するY1とY2の相互相関関数の和が、全ての点でゼロとなるような符号を用いる。X1とY1の相互相関関数を χ_{X1Y1} 、X2とY2の相互相関化数を χ_{X2Y2} とすると、それらのk番目の要素同士の

50

和は、式(3)で表される。

【数3】

$$\begin{aligned} \chi'_{XY} = \psi_{X1Y1}(k) + \psi_{X2Y2}(k) = \psi_{Y1X1}(k) + \psi_{Y2X2}(k) = 0, \quad \forall k \\ (k = 0, 1, 2, \dots, L-1) \end{aligned} \quad \dots(3)$$

式(3)において、LはGolay符号の符号長である。したがって、XとYの符号を同時に送信した場合においても、受信信号に相互相関処理を行えばそれぞれの符号で送信したエコー信号として分離することができる。

【0076】

L=2であるGolayペアが $X1 = [1 \quad 1]$ と $X2 = [1 \quad -1]$ であるとき、直交関係を持つGolayペアY1とY2の符号は、 $Y1 = [-1 \quad 1]$ と $Y2 = [-1 \quad -1]$ などが挙げられる。

10

【0077】

2つの送信開口から同時に送信を行う動作を、2回行う時空間符号化送受では、式(4)のような時空間符号化された送信を行う。式(4)において、行ベクトルが送信の順番を示し、列ベクトルが送信開口の位置を示す。よって、式(4)において、第一送信は $[X1 \quad Y1]$ であり、2つの送信開口の一方からX1で時間符号化された波形を、他方からY2で時間符号化された波形を同時に送信する。第二送信は $[X2 \quad Y2]$ であり、2つの送信開口の一方からX2で時間符号化された波形を、他方からY2で時間符号化された

20

【数4】

$$T = \begin{bmatrix} X1 & Y1 \\ X2 & Y2 \end{bmatrix} \quad \dots(4)$$

【0078】

式(4)の送信ごとにそれぞれ受信した、第一受信信号と第二受信信号を使って時空間符号化に応じた復号を行う。Xの符号によるGolay復号とYの符号によるGolay復号を両方行って、Golay符号XによるエコーとYによるエコーを分離する。したがって、各送信の受信信号をR1~R2とすると、時空間符号化の復号処理は、式(5)で表される。

30

【数5】

$$\begin{aligned} R_1 \otimes X1 + R_2 \otimes X2 &= [\chi_{X1X2} \quad \chi'_{XY}] = [\chi_{X1X2} \quad 0] \\ R_1 \otimes Y1 + R_2 \otimes Y2 &= [\chi'_{XY} \quad \chi_{Y1Y2}] = [0 \quad \chi_{Y1Y2}] \end{aligned} \quad \dots(5)$$

ここで、 \otimes は相関処理を表す。

【0079】

このような時空間符号化送受において、撮像対象が動くことで生じる不要信号は、図20(b)の圧縮パルスに生じるタイムサイドローブの打ち消し残りである。つまり、2回の送受信間において撮像対象が動きを生じた場合、受信信号R1に対して受信信号R2の信号出現時間がシフトした状態となるため、C1とC2のタイムサイドローブの打ち消し合いが不完全となる。また同様に、直交関係にあるGolayペアとの相互相関処理後の信号 x_{1Y1} と x_{2Y2} 信号を加算する際に0となるべき信号も、受信信号R1に対して受信信号R2の信号出現時間がシフトした状態となるため、打ち消し残った不要信号が生じる。

40

【0080】

第三実施形態では、第一実施形態と同様な原理で、同じ送信開口について得られた複数

50

の復号後受信信号を、合成部 25 が加算することにより、撮像対象が動く場合も、不要信号を抑制できる。

【0081】

第一実施形態と同様、本実施形態では、図 18 のように、チャンネルメモリ 40 には、送信開口の組ごとに、2 つの記憶領域 40 - 1 ~ 40 - 2 が備えられている。また、本実施形態における復号部 41 は、符号 X 1 の相関フィルタ 54 - 1、符号 X 2 の相関フィルタ 54 - 2、符号 Y 1 の相関フィルタ 55 - 1、符号 Y 2 の相関フィルタ 55 - 2、と加算部 56 が図 18 のように備えられている。

【0082】

加算部 56 の処理後に得られる復号後受信信号 H_{1A} および復号後受信信号 H_{1B} は、第一実施形態と同様に、それぞれ送信開口 110A からの送信による復号後受信信号、送信開口 110B からの送信による復号後受信信号である。第一実施形態と同様に、下付き数字はチャンネルの番号、英字は送信開口に対応する復号後受信信号であることを示し、1 は、1 番目に得られた復号後受信信号であることを示す。

【0083】

したがって、第一空間符号化を第一時間符号化である [X 1 Y 1]、第二空間符号化を第二時間符号化である [X 2 Y 2] とする以外の構成は、送受信時の制御部 106 の動作は、図 14 と同様である。

【0084】

<< 第四実施形態 >>

本発明の第四実施形態について説明する。第四実施形態の超音波撮像装置では、送信部 102 は、第一実施形態で説明した空間符号化のみならず、時間符号化された超音波を送信開口から送信させる。受信部 105 は、図 21 のように復号部 41 に加えて、時間符号化に対応する復号を行う第 2 の復号部 141 を備える。合成部 25 は、復号部 41 および第 2 の復号部 141 が復号した複数の復号後受信信号を加算処理する。

【0085】

第 2 の復号部 141 は、図 21 のように、復号部 41 が空間符号化に対応する復号を行った復号後受信信号について、時間符号化に対応する復号を行う構成にすることができる。

【0086】

送信部 102 の送信回数は 5 回以上とする。復号部 41 および第 2 の復号部 141 は、5 回以上の送信で得た受信信号のうち 4 つの受信信号を用いて復号を行って復号後受信信号を生成する。この処理を、用いる 4 つの受信信号の組み合わせの異なる 2 組以上について行うことにより、複数の復号後受信信号を生成することができる。合成部 25 は、これらを合成する。

【0087】

そのため、受信部 105 の第 1 の記憶部 40 には、5 回以上の超音波の送信ごとの受信信号のうち、直近の 4 回の前記受信信号を順次記憶する 4 つの記憶領域 40 - 1 ~ 40 - 4 が備えられている。復号部 41 および第 2 の復号部 141 は、4 つの記憶領域 40 - 1 ~ 40 - 4 にそれぞれ格納された 4 つの記受信信号を用いて復号処理を順次行うことにより、受信信号の組み合わせの異なる復号後受信信号を時系列に生成することができる。

【0088】

(空間符号化と時間符号化の組み合わせ)

空間符号化にさらに時間符号化を施した送信信号を生成することは、式 (1) の要素に、上記の時間符号化送信を適用することで実現できる。符号 X 1 による時間符号化を第一時間符号化、符号 X 2 による時間符号化を第二時間符号化とする。例えば、図 22 のように、第一送信 $T \times 1$ の超音波には、第一空間符号化と第一時間符号化とを施し、第二送信 $T \times 2$ の超音波には、第一空間符号化と第二時間符号化とを施す。第三送信 $T \times 3$ の超音波には、第二空間符号化と第一時間符号化とを施し、第四送信 $T \times 4$ には、第二空間符号化と第二時間符号化とを施す。この場合、時間符号化を組み合わせた空間符号化の行列は

10

20

30

40

50

、式(6)で表される。

【数6】

$$H_T = \begin{bmatrix} X1 & X1 \\ X2 & X2 \\ X1 & -X1 \\ X2 & -X2 \end{bmatrix} \quad \dots(6)$$

【0089】

10

復号処理は、図22に示すように、4回の送信で得られた4つの受信信号R1～R4について、まず復号部41によりHadamard復号を行う。このとき、同じ時間符号化送信を行った2つの受信信号を組み合わせる。これにより、複数の送信開口からの送信によるエコーを分離する。その後、Golay復号部141により、上述のGolay復号処理を適用し、高SN比の信号を生成する。

【0090】

この復号処理は、式(7)で表され、これにより一方の送信開口(例えば110A)からの復号後受信信号H_Aが生成される。

【数7】

20

$$\begin{aligned} U_1 &= R_1 + R_3 = [2 \cdot X1 \quad 0] \\ U_2 &= R_2 + R_4 = [2 \cdot X2 \quad 0] \\ U_1 \otimes X1 + U_2 \otimes X2 &= [2 \cdot \chi_{X1X2} \quad 0] \end{aligned} \quad \dots(7)$$

ただし、 \otimes は相関処理を表す。

【0091】

また、他方の送信開口(例えば110B)に対応する復号後受信信号H_Bは、式(8)により得られる。

【数8】

30

$$\begin{aligned} V_1 &= R_1 - R_3 = [0 \quad 2 \cdot X1] \\ V_2 &= R_2 - R_4 = [0 \quad 2 \cdot X2] \\ V_1 \otimes X1 + V_2 \otimes X2 &= [0 \quad 2 \cdot \chi_{X1X2}] \end{aligned} \quad \dots(8)$$

式(7)、(8)の復号処理をGolay-Hadamard復号と呼ぶ。

【0092】

第三実施形態では、Golay-Hadamard復号により、同じ送信開口について得られた複数の復号後受信信号を、合成部25が加算することにより、撮像対象が動く場合も、不要信号を抑制できる。

40

【0093】

図21のように、チャンネルメモリ40には、送信開口の組ごとに、4つの記憶領域40-1～40-4が備えられている。また、復号部41は、加算器14と減算器15が2つずつ備えられ、4つの受信信号の空間符号化を復号できる。第2の復号部141は、Golay時間符号化の復号のため、自己相関フィルタ54、55と加算部56が図21のように備えられている。

【0094】

送受信時の制御部106の動作を図23を参照しながら説明する。

【0095】

まず、制御部106は、スキャン回数n=1のとき、第一空間符号化と第一時間符号化

50

(X1)とを施した超音波を送信させる(ステップ172)。制御部106は、得られた受信信号R1をチャンネルメモリ40の記憶領域40-1に保存する(ステップ173)。これを全ての送信開口の組について順に行う(ステップ142、148)。

【0096】

スキャン回数 $n=2$ のとき、第一空間符号化と第二時間符号化(X2)とを施した超音波を送信させる(ステップ175)。制御部106は、得られた受信信号R2をチャンネルメモリ40の記憶領域40-2に保存する(ステップ176)。これを全ての送信開口の組について順に行う(ステップ142、148)。

【0097】

スキャン回数 $n=3$ のとき、第二空間符号化と第一時間符号化(X1)とを施した超音波を送信させる(ステップ178)。制御部106は、得られた受信信号R3をチャンネルメモリ40の記憶領域40-3に保存する(ステップ179)。これを全ての送信開口の組について順に行う(ステップ142、148)。

10

【0098】

スキャン回数 $n=4$ のとき、第二空間符号化と第二時間符号化(X2)とを施した超音波を送信させる(ステップ181)。制御部106は、得られた受信信号R4をチャンネルメモリ40の記憶領域40-4に保存する(ステップ182)。これを全ての送信開口の組について順に行う(ステップ142、148)。

【0099】

スキャン回数 n が4以上の場合、制御部106は、ステップ152に進み、記憶領域40-1~40-4の受信信号R1~R4を図21の復号部41に受け渡す。復号部は、第一空間符号化の送信により得られた受信信号R1を、第二空間符号化の送信により得られた受信信号R3と加算器14による加算処理および減算器15による減算処理を施して復号する。同様に受信信号R2とR4とを加算処理および減算処理して復号する。

20

【0100】

復号部41で得られた空間符号化を復号した4つの受信信号は、第2の復号部141において、自己相関フィルタ54、55が適用され圧縮パルスがそれぞれ生成される。これらの送信時のGolay符号X1、X2が異なる2つずつを組にして加算部56で加算することにより、復号後受信信号 $H_{1A}1$ 、 $H_{1B}1$ が得られる(ステップ153)。この処理は、送信開口の組ごとに行われる(ステップ151)。

30

【0101】

得られた復号後受信信号 $H_{1A}1$ 、 $H_{1B}1$ は、以下のステップ154~156を行うことにより、整相加算後の小エリアデータが得られる。これらステップ154~156は、第一の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0102】

なお、スキャン回数 $n=5$ では、送信部102は、ステップ171において、 $n=1$ のときと同様に第一空間符号化と第一時間符号化を施した送信を行う(ステップ172)。制御部106は、この送信で得られた受信信号R5をチャンネルメモリ40の記憶領域40-1に上書き保存する(ステップ173)。よって、ステップ152において復号処理を行う際に、制御部106は、4つの記憶領域40-1~40-4から受信信号R5、R2、R3、R4を読み出し、復号部41に受け渡す。以降のステップ153~156により、整相加算後の小エリアデータがえられる。

40

【0103】

そして、ステップ158~164により、第一の実施形態と同様に合成部25により合成後の小エリアデータ H_A' 、 H_B' が得られ、画像が構築される。この画像は、撮像対象が動くことで生じた不要信号を抑圧されている。以降、スキャンごとに1枚の画像が構築される。

【0104】

その他の構成は第一実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0105】

50

<< 第五実施形態 >>

第五実施形態の超音波診断装置は、図 24 のように、チャンネルメモリ 20 と復号部 41 との間に、重み付け部 61 ~ 64 を配置した構成である。他の構成は、第四実施形態と同様である。重み付け部 61 ~ 64 の重みは、制御部 106 が設定する。

【0106】

第四実施形態の時空間符号化において、複数の送信間で撮像対象 120 が動くと、各受信信号が互いに時間シフトした状態となる。Golay 符号の圧縮パルスに生じるタイムサイドローブは、2つの圧縮パルスの時間軸がシフトしていると完全に打ち消しあうことができないため、打ち消し残りタイムサイドローブが発生する。この打ち消し残りタイムサイドローブも、画像上のアーチファクトの原因となる不要信号である。そこで本実施形態では、Golay 符号化による不要信号を抑圧するために、Golay 復号における重み付けを付与する。重み付け部 61 ~ 64 に設定する重み係数値は、記憶領域 40 - 1 ~ 40 - 4 に格納された受信信号を受信した順番に並べた場合、中心にあるものほど大きい値になるように設定する。例えば、重み付け係数値は、ガウシアン関数に相当する値や二項係数の値などを予め格納しておいた重みデータ格納部 87 から制御部 106 が選択して設定することが望ましい。

10

【0107】

このように受信信号に重み付けをすることにより、Golay 符号の圧縮パルスに生じるタイムサイドローブを抑制することができる。

【0108】

他の構成は、第四実施形態と同様であるので説明を省略する。

20

【0109】

<< 第六実施形態 >>

第四実施形態の時空間符号化送受では、2つの送信開口から同時に送信を行うため、2つの小エリアデータを得るのに4回の送信が必要であった。第六実施形態では、フレームレートを向上させるために、同時に4方向(4つの送信開口)から4回の送信を行う時空間符号化送受を行う。

【0110】

同時に4つの送信開口から送信を行う場合、直交関係にあるGolay 符号セットを用いる。例えば、第三実施形態で述べたGolay 符号ペア Y1 と Y2 を用いる。

30

【0111】

4つの送信開口から同時に送信を行う時空間符号化送受では、式(6)によって行う時空間符号化の送信開口に、以下の式(9)の時空間符号化を行う送信開口を加える。

【数9】

$$H_{TY} = \begin{bmatrix} Y1 & Y1 \\ Y2 & Y2 \\ Y1 & -Y1 \\ Y2 & -Y2 \end{bmatrix} \quad \dots(9)$$

40

【0112】

4つの送信開口についてまとめると、式(10)のような時空間符号化になる。

【数 1 0】

$$H_{TXY} = \begin{bmatrix} X1 & X1 & Y1 & Y1 \\ X2 & X2 & Y2 & Y2 \\ X1 & -X1 & Y1 & -Y1 \\ X2 & -X2 & Y2 & -Y2 \end{bmatrix} \quad \dots(10)$$

H a d a m a r d 復号は同じ時間符号化送信を行った受信信号で行う。式(9)の場合では、第一受信信号と第二受信信号で復号を行い、第二受信信号と第四受信信号で復号を行う。その後、G o l a y 復号を適用する。このとき、Xの符号によるG o l a y 復号とYの符号によるG o l a y 復号を両方行って、G o l a y 符号XによるエコーとYによるエコーを分離する。したがって、各送信の受信信号をR 1 ~ R 4 とすると、H a d a m a r d 復号処理は、式(11)で表される。

10

【数 1 1】

$$\begin{aligned} U_1 &= R_1 + R_3 = [2 \cdot X1 \quad 0 \quad 2 \cdot Y1 \quad 0] \\ U_2 &= R_2 + R_4 = [2 \cdot X2 \quad 0 \quad 2 \cdot Y2 \quad 0] \\ V_1 &= R_1 - R_3 = [0 \quad 2 \cdot X1 \quad 0 \quad 2 \cdot Y1] \\ V_2 &= R_2 - R_4 = [0 \quad 2 \cdot X2 \quad 0 \quad 2 \cdot Y2] \end{aligned} \quad \dots(11)$$

20

【0 1 1 3】

次に、それぞれの符号でG o l a y 復号を行い、各列の信号をそれぞれ抽出する。

【数 1 2】

$$\begin{aligned} U_1 \otimes X1 + U_2 \otimes X2 &= [2 \cdot \chi_{X1X2} \quad 0 \quad 2 \cdot \chi'_{XY} \quad 0] = [2 \cdot \chi_{X1X2} \quad 0 \quad 0 \quad 0] \\ U_1 \otimes Y1 + U_2 \otimes Y2 &= [2 \cdot \chi'_{XY} \quad 0 \quad 2 \cdot \chi_{X1X2} \quad 0] = [0 \quad 0 \quad 2 \cdot \chi_{X1X2} \quad 0] \\ V_1 \otimes X1 + V_2 \otimes X2 &= [0 \quad 2 \cdot \chi_{X1X2} \quad 0 \quad 2 \cdot \chi'_{XY}] = [0 \quad 2 \cdot \chi_{X1X2} \quad 0 \quad 0] \\ V_1 \otimes Y1 + V_2 \otimes Y2 &= [0 \quad 2 \cdot \chi'_{XY} \quad 0 \quad 2 \cdot \chi_{X1X2}] = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 2 \cdot \chi_{X1X2}] \end{aligned} \quad \dots(12)$$

30

ただし、 \otimes は相関処理を表す。

【0 1 1 4】

より具体的に説明すると、制御部106は、超音波探触子108に送信開口を4つ設定する。それぞれ送信開口部を送信開口A、B、C、Dとすると、制御部106は、式(10)にしたがって、送信開口AのチャンネルにはX 1、X 2、X 1、X 2の順番で時間波形を符号化した送信信号を順次送る。送信開口BのチャンネルにはX 1、X 2、-X 1、-X 2の順番で時間波形を符号化した送信信号を順次送る。送信開口CのチャンネルにはY 1、Y 2、Y 1、Y 2の順番で時間波形を符号化した送信信号を順次送る。送信開口DのチャンネルにはY 1、Y 2、-Y 1、-Y 2の順番で時間波形を符号化した送信信号を順次送る。

40

【0 1 1 5】

図25のように、第2の復号部141には、図24の構成に加えて、Y符号による自己相関フィルタ57、58が追加されている。制御部106は、受信信号R 1とR 3をそれぞれ加算器14で加算し、減算器15で減算する。その出力をそれぞれ2つに分け、X 1の自己相関フィルタ54とY 1の自己相関フィルタ57を適用する。また、受信信号R 2とR 4をそれぞれ加算器14で加算し、減算器15で減算する。その出力をそれぞれ2つに分け、X 2の自己相関フィルタ55とY 2の自己相関フィルタ58を適用する。そして、G o l a y 符号の加算部56により加算することにより、G o l a y - H a d a m a r d 復号された送信開口Aの送信に対応する復号後受信信号H_A、送信開口Bの送信に対応する復号後受信信号H_B、送信開口Cの送信に対応する復号後受信信号H_C、送信開口Dの送信

50

に対応する復号後受信信号 H_D を出力する。

【0116】

以降の処理は、合成部25による複数の復号後受信信号（小エリアデータ）の合成処理を含めて、第三実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0117】

第六実施形態によれば、第四の実施形態と同様に4回のスキャンで、4つの送信開口に対応する小エリアデータを生成することができるため、フレームレートが向上する。

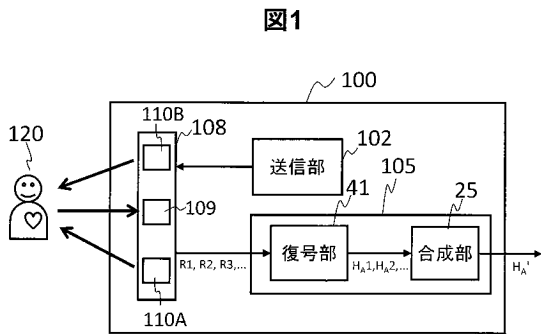
【符号の説明】

【0118】

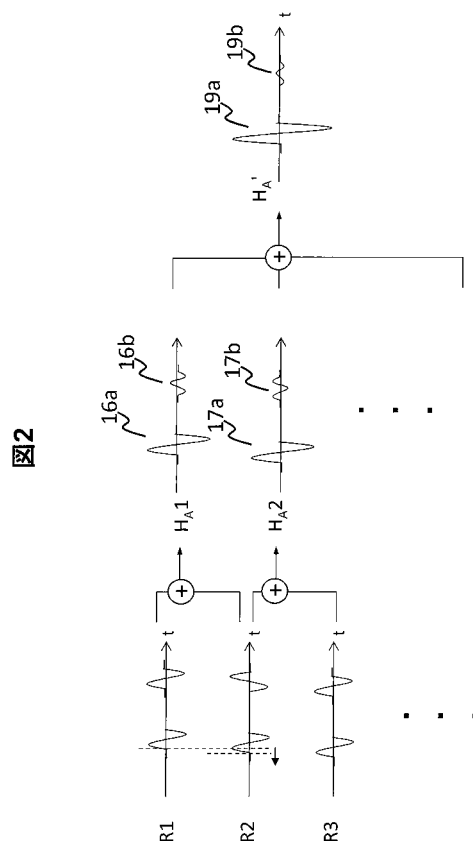
13a、13b、18b...受信信号、15...減算器、16a, 17a、19a...本来の受信信号、16b, 17b、18b、19b...不要信号、22...整相加算、24...第2の記憶部、25...合成部、40...第1の記憶部、41...復号部、100...超音波撮像装置、102...送信部、105...受信部、108...超音波探触子、109...受信領域、109₁、...、109_p...受信領域、110A、110B...送信領域、120...撮像対象、211A、211B...小エリア

10

【図1】



【図2】



【 图 7 】

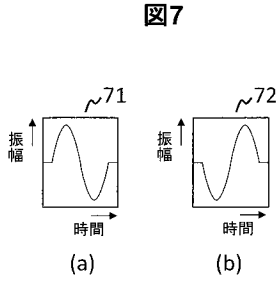


图7

【 图 8 】

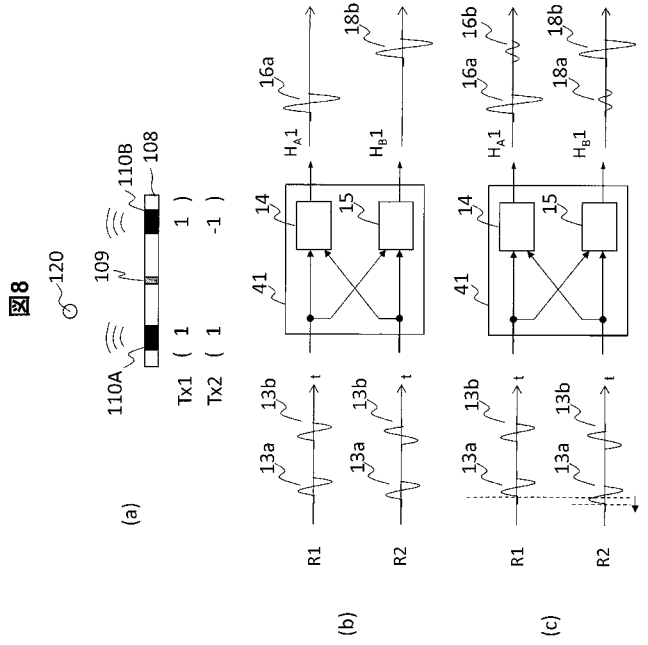


图8

【 图 9 】

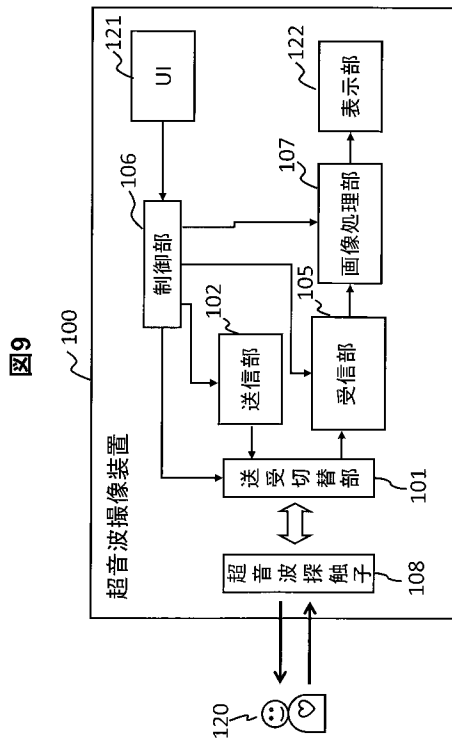


图9

【 图 1 0 】

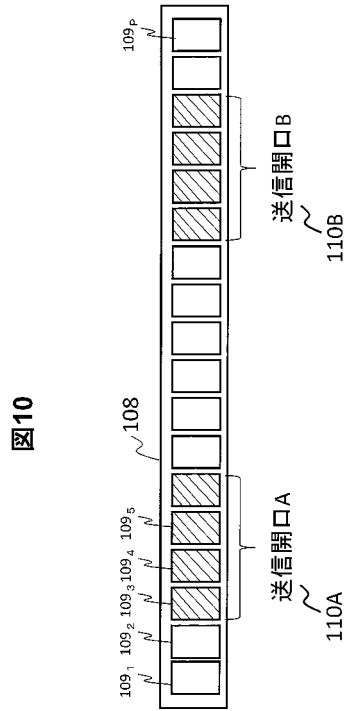
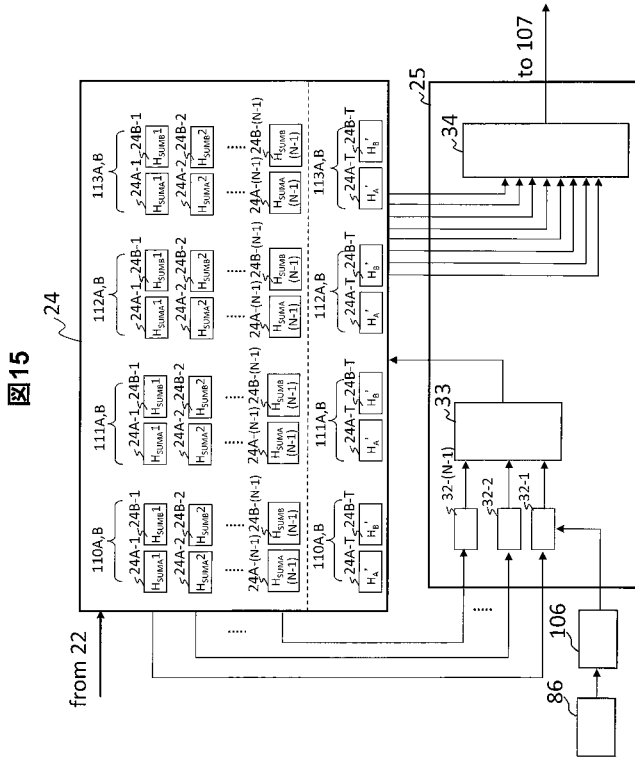
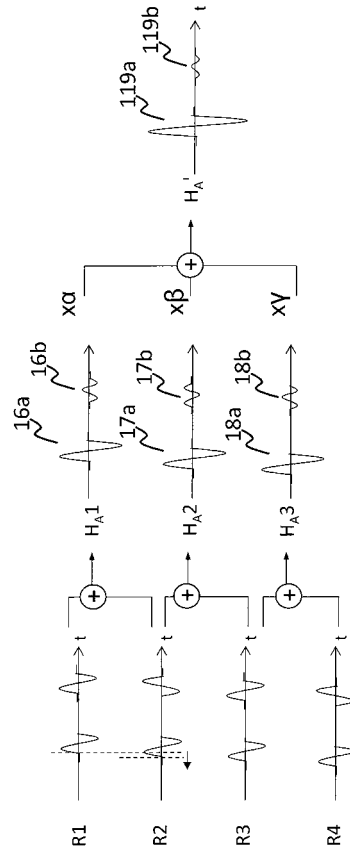


图10

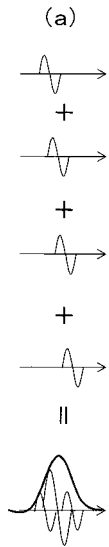
【 図 1 5 】



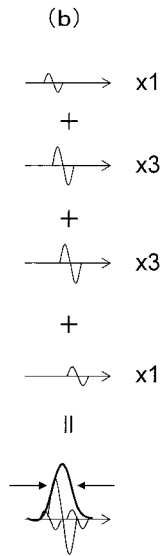
【 図 1 6 】



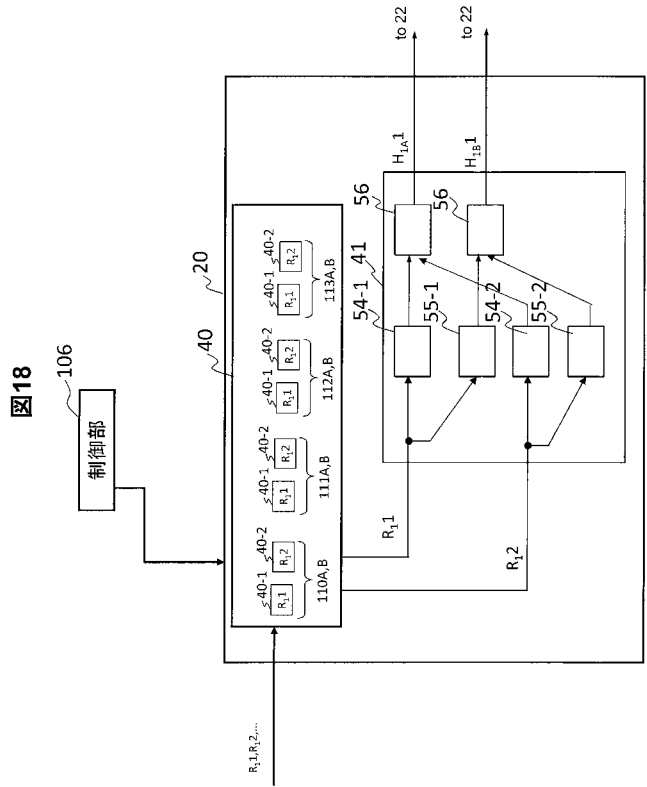
【 図 1 7 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】

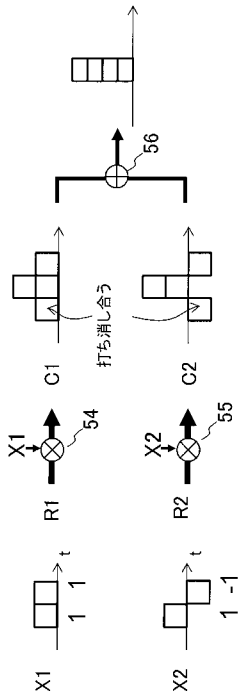


図19

【 図 2 0 】

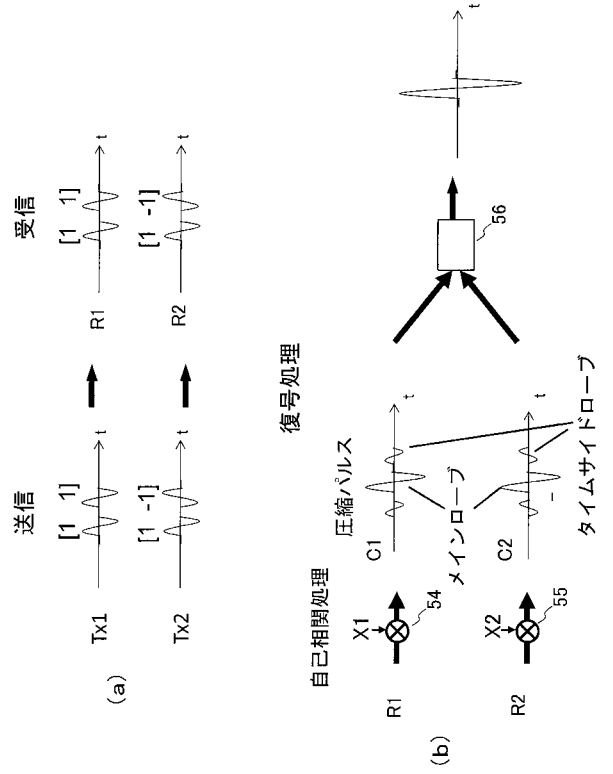


図20

【 図 2 1 】

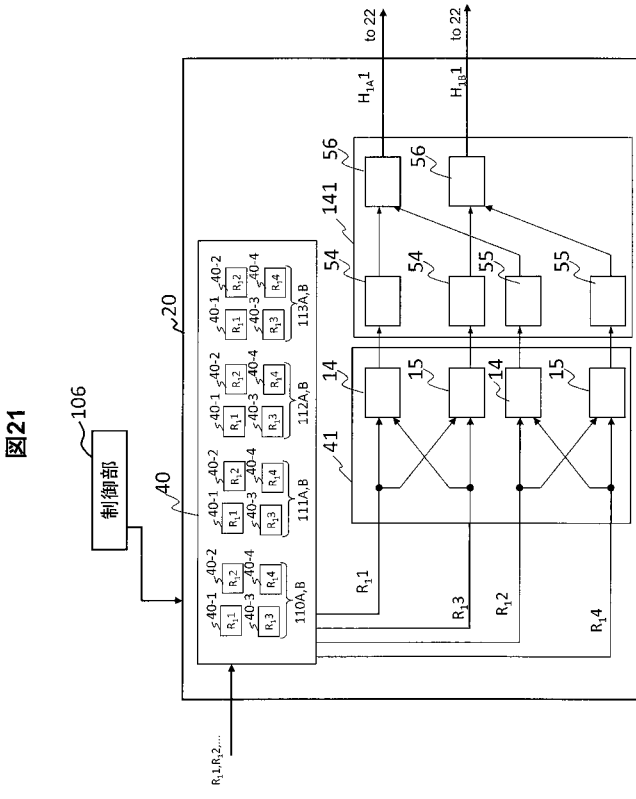


図21

【 図 2 2 】

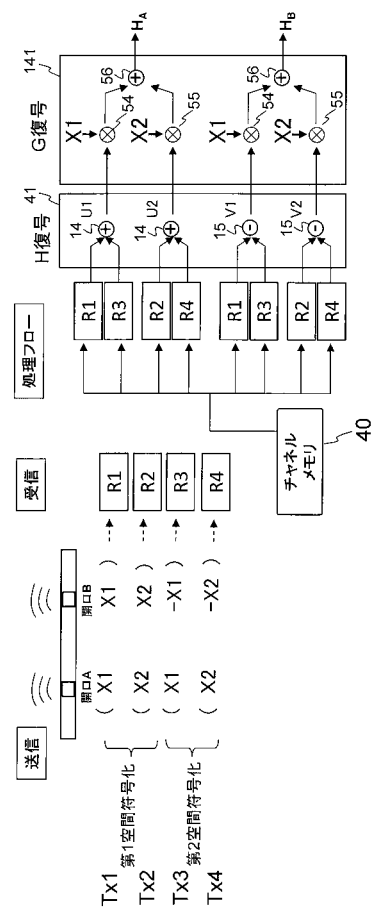
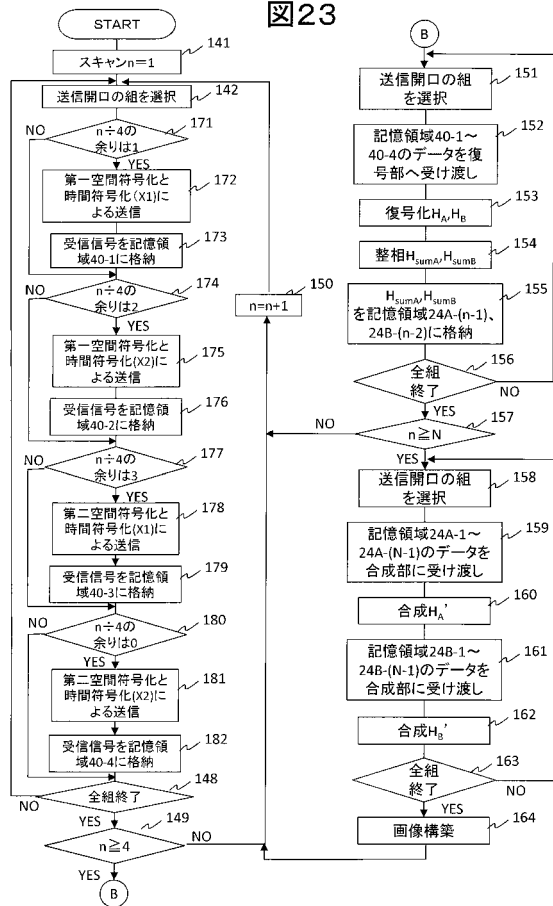
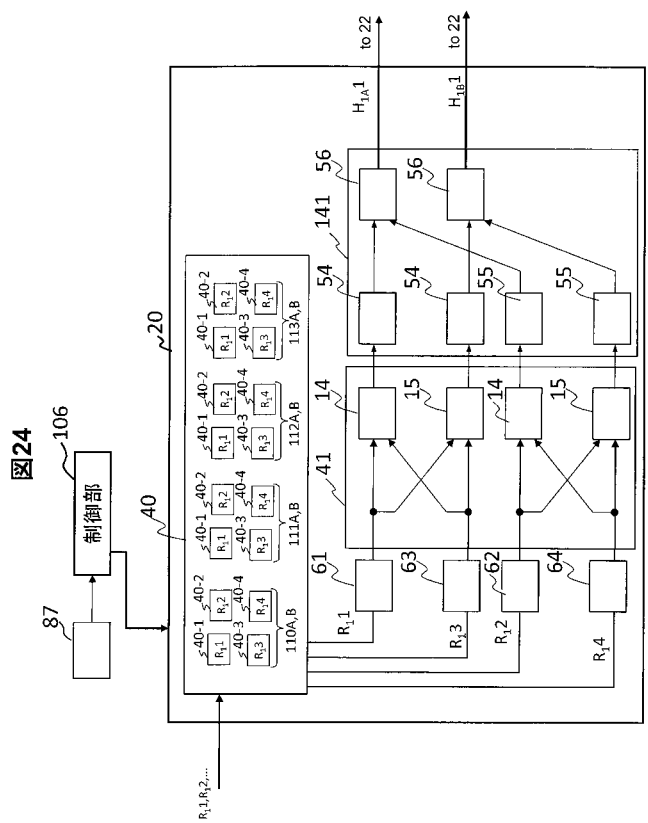


図22

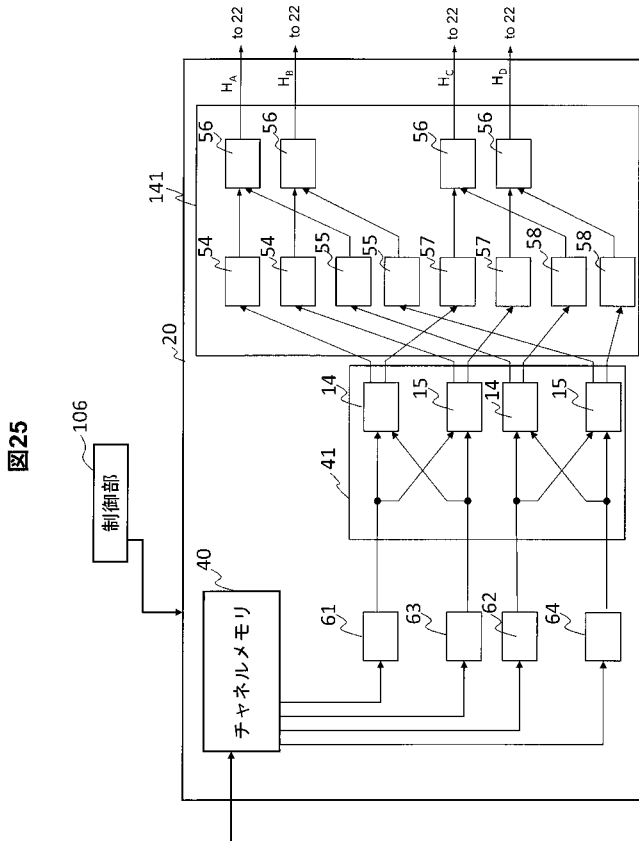
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



专利名称(译)	超声成像设备		
公开(公告)号	JP2017099423A	公开(公告)日	2017-06-08
申请号	JP2014039132	申请日	2014-02-28
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	日立アロカメディカル株式会社		
[标]发明人	石原千鶴枝 池田貞一郎 鱒沢裕		
发明人	石原 千鶴枝 池田 貞一郎 鱒沢 裕		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/54 G01S7/52085 G01S15/8913 G01S15/8959		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/HH09 4C601/HH14 4C601/JB44 4C601/JB45 4C601/LL05		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声成像设备，其能够在执行空间编码发送/接收时即使在成像目标中发生移动时也能够减少要生成的图像的伪影。空间编码的超声波同时从超声波探头的至少两个透射区域朝向预定位置发射三次或更多次。接收单元包括解码单元和组合单元，并且解码单元对与三个或更多个超声波的传输相对应的接收区域输出的三个或更多个接收信号R1，R2和R3中的两个或更多个进行解码，执行对应于空间编码的解码以生成解码的接收信号H_{A1}。此过程中，通过执行每个用于两个或更多不同的两组或更多组的使用的接收到的信号组合，多个后所述解码接收信号H_{A1}，H_{A2}生成2。组合单元将多个解码后的接收信号H_{A1}和H_{A2}相加以产生解码的接收信号H_A。

