

(19) 日本国特許庁 (JP)

再 公 表 特 許 (A1)

(11) 国際公開番号

W02015/198824

発行日 平成29年4月20日 (2017. 4. 20)

(43) 国際公開日 平成27年12月30日 (2015. 12. 30)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14 4 C 6 0 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 33 頁)

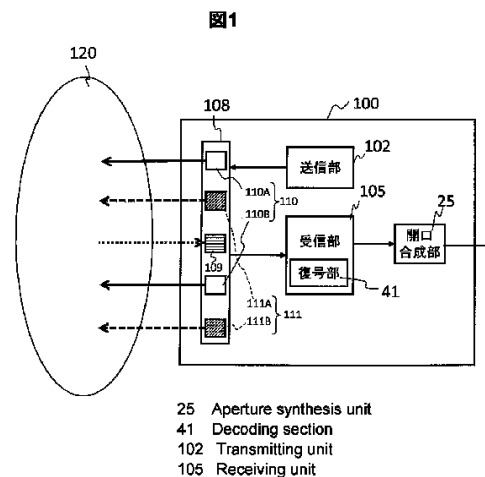
出願番号	特願2016-529229 (P2016-529229)	(71) 出願人	000005108
(21) 国際出願番号	PCT/JP2015/066199		株式会社日立製作所
(22) 国際出願日	平成27年6月4日 (2015. 6. 4)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(31) 優先権主張番号	特願2014-131182 (P2014-131182)	(74) 代理人	110000888
(32) 優先日	平成26年6月26日 (2014. 6. 26)		特許業務法人 山王坂特許事務所
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	石原 千鶴枝
			東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 HH11 HH38 JB51
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波撮像装置

(57) 【要約】

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。

送信部102は、超音波探触子108の(2以上の)送信開口グループ110、111ごとに順番に、その送信開口グループに含まれる2以上の送信開口から同時に、撮像対象120の所定の位置に向かって空間符号化した超音波を送信させる動作を、一巡以上行わせる。受信部105は、受信領域109の出力に対して復号処理と整相処理を施して受信信号を得る。このとき、送信部102は、2以上の送信開口グループのうち一部の送信開口グループが送信する超音波の空間符号化の符号を、他の送信開口グループが送信する超音波の空間符号化の符号に対して反転させる。開口合成部25は、送信開口グループ110の送信で得られた受信信号と、他の送信開口グループ111の送信で得られた受信信号とを開口合成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ 2 以上の送信開口を含む、複数の送信開口グループと、1 以上の受信領域とを有する超音波探触子と、

前記送信開口グループに含まれる前記 2 以上の送信開口から同時に、空間符号化した超音波を送信させる動作を、前記送信開口グループごとに順番に一巡以上行わせる送信部と

、

前記撮像対象からの前記超音波のエコーを受信した前記受信領域の出力に対して、復号処理と整相処理を施して、前記撮像対象の所望の位置の受信焦点についての受信信号を得る受信部と、

10

開口合成部とを有し、

前記送信部は、複数の前記送信開口グループのうち一部の送信開口グループが送信する超音波の前記空間符号化の符号を、他の送信開口グループが送信する超音波の前記空間符号化の符号に対して反転させ、

前記開口合成部は、複数の前記送信開口グループのうち 1 の送信開口グループの送信した超音波で生じた前記エコーから前記受信部が得た前記所望の位置の受信焦点についての受信信号と、別の送信開口グループの送信した超音波で生じた前記エコーから前記受信部が得た同一の前記受信焦点についての受信信号と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 2】

20

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、前記送信開口グループごとに順番に超音波を送信させる際に、前記空間符号化の符号を交互に反転させることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記送信部は、前記送信開口グループごとに順番に送信させる前記動作を、二巡以上繰り返し行わせ、二巡目の送信では、前記送信開口グループのそれぞれの空間符号化の符号を一巡目とは異なる符号にさせ、

前記受信部は、前記受信領域の、前記送信開口グループの一巡目の送信による出力と、二巡目の送信による出力とを用いて復号処理を行うことを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 4】

30

請求項 1 に記載の超音波撮像装置において、前記送信開口グループに含まれる 2 以上の送信開口は、前記超音波探触子上で離れた位置にあることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の超音波撮像装置において、前記超音波探触子は、複数の前記送信開口が配列された構成であり、

前記送信部は、前記配列された前記送信開口のうち予め定めた距離にある 2 以上の送信開口を順番に選択して、前記送信開口グループとして超音波を送信させることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 6】

40

請求項 5 に記載の超音波撮像装置において、前記送信部は、最初に送信させる前記送信開口グループの前記送信開口として、前記超音波探触子の中央部に位置する 2 以上の送信開口を選択することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 7】

請求項 4 に記載の超音波撮像装置において、前記超音波探触子は、複数の前記送信開口が配列された構成であり、

前記送信部は、前記配列された前記送信開口のうち 2 以上の送信開口を、ランダムに選択して、前記送信開口グループとして超音波を送信させ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、前記開口合成部は、前記受信部が得た同一

50

の前記受信焦点についての複数の前記受信信号を加算する際に、前記受信信号を重み付けした後加算することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の超音波撮像装置において、前記開口合成部は、同一の前記受信焦点についての複数の前記受信信号の重みを、前記受信信号がそれぞれ得られた時刻のばらつきの中心に近い受信信号ほど重く設定することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の超音波撮像装置において、前記受信部は、前記送信開口を中心に、予め定められた範囲に複数の受信走査線を並べて設定し、前記受信走査線の上にそれぞれ複数の前記受信焦点を設定し、

前記開口合成部は、前記複数の受信走査線のうち中央に近い受信走査線ほど、その上に位置する前記受信焦点の前記受信信号の重みを大きく設定することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 11】

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、前記復号処理を行う復号部と、複数の前記受信領域の出力を整相処理後加算する整相加算部とを有し、

前記復号部は、複数の前記受信領域ごとに配置され、前記整相加算部は、前記複数の復号部の出力する復号後の信号を整相処理後加算して、前記受信焦点についての受信信号を得ることを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 12】

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、前記復号処理を行う復号部と、複数の前記受信領域の出力を整相処理後加算する整相加算部とを有し、

前記復号部は、前記整相加算部の後段に配置され、前記整相処理および加算処理後の信号を復号処理することを特徴とする超音波撮像装置。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の超音波撮像装置において、前記整相加算部と前記超音波探触子との間には、複数の前記受信領域ごとに複製器が配置され、複数の前記受信領域が出力した信号を複製した 2 つの信号をそれぞれ前記整相加算部に出力し、前記整相加算部は、2 つの信号をそれぞれ別々に整相加算処理することを特徴とする超音波撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波撮像装置において、符号化を使った高フレームレート化技術および 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。

【0003】

通常、トランスデューサは、チャネルアレイ状に並べられており、超音波はアレイビー

10

20

30

40

50

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。

【0004】

1枚の断層画像を作るための送信事象の数を減らすことによって、フレームレートが向上する。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、必要な送信回数を低減する。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。また、1回目の受信信号と2回目の受信信号を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。この処理は、A方向およびB方向のうちの一方の送信による受信信号を打ち消すのと同時に、もう一方の送信による受信信号を加算していることと等価となる。このため、復号後処理後に得られる各方向の受信信号の振幅は、従来の1方向送信、1方向受信で得られる受信信号の振幅の2倍となり、SN比が向上する。

【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、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。

【0007】

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】

【0008】

本発明では、送信部は、送信開口グループに含まれる2以上の送信開口から同時に、空間符号化した超音波を送信させる動作を、複数の送信開口グループごとに順番に一巡（1スキャン）以上行わせる。受信部は、撮像対象からの超音波のエコーを受信した受信領域

の出力に対して、復号処理と整相処理を施して、撮像対象の所望の受信焦点についての受信信号を得る。このとき、送信部は、複数の送信開口グループのうち一部の送信開口グループが送信する超音波の空間符号化の符号を、他の送信開口グループが送信する超音波の空間符号化の符号に対して反転させる。開口合成部は、複数の送信開口グループのうち1の送信開口グループの送信した超音波で生じたエコーから受信部が得た所望の受信焦点についての受信信号と、別の送信開口グループの送信した超音波で生じたエコーから受信部が得た同一の受信焦点についての受信信号とを加算処理する。

【発明の効果】

【0009】

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】

【0010】

【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】(a)第一実施形態の送信開口グループによる送信を示す説明図、(b)第一の実施形態の受信ビームフォーミングを示す説明図、(c)第一実施形態の開口合成を示す説明図。

【図3】第一実施形態の開口合成による不要信号の抑制を示す説明図。

【図4】第一実施形態の空間符号化送信に用いる基本波形を示す説明図。

【図5】第一実施形態のHadamard空間符号化送信と、復号処理を示す説明図。

【図6】空間符号化送受信において、体動により不要信号が生じることを示す説明図。

【図7】(a)第一実施形態の送信開口グループ110の空間符号化と、復号後の不要信号の位相を示す説明図、(b)送信開口グループ111の空間符号化と、復号後の不要信号の位相を示す説明図。

【図8】第二実施形態の超音波撮像装置の構成を示すブロック図。

【図9】第二実施形態の探触子108のチャンネル109と、送信開口ペア110等を示すブロック図。

【図10】第二実施形態の超音波探触子の受信部105の構成を示すブロック部。

【図11】第二実施形態の第1の記憶部(チャンネルメモリ)20の構成と、復号部41の構成を示すブロック図。

【図12】第二実施形態の受信ビームフォーミングと、受信焦点の配置を示す説明図。

【図13】第二実施形態の第2の記憶部24および開口合成部25の構成を示すブロック図。

【図14】第二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15】第二実施形態の送信走査線(送信開口ペア)の配置パターン(送信順)を示す説明図。

【図16】(a)第二実施形態の受信ビームフォーミングを示す説明図、(b)同一受信焦点の整相加算後受信信号の選択を示す説明図、(c)開口合成画像を示す説明図。

【図17】第二実施形態の送信走査線(送信開口ペア)の配置パターン(送信順)の別の例を示す説明図。

【図18】第二実施形態の送信走査線(送信開口ペア)の配置パターン(送信順)のさらに別の例を示す説明図。

【図19】第二実施形態の超音波撮像装置に送信走査線の配置パターンを格納した格納部124を配置した構成を示すブロック図。

【図20】第二実施形態において、復号部41を整相加算部22の後段に配置した構成を示すブロック図。

【図21】第三実施形態の復号後受信信号に重み付けした開口合成する構造を示す説明図。

【図22】第三実施形態の開口合成部25の構成を示すブロック図。

【図23】(a)第三実施形態の受信ビームフォーミングを示す説明図、(b)同一受信

焦点の整相加算後受信信号の選択した後、重み付けすることを示す説明図、（c）開口合成画像を示す説明図。

【図24】（a）第三実施形態において、複数の復号後受信信号をそのまま加算した波形を示す説明図、（b）複数の復号後受信信号に重み付けした後加算した波形を示す説明図。

【図25】（a）第三実施形態の受信走査線ごとに、その受信走査線の受信焦点の整相加算後受信信号に重みを与えることを示す説明図、（b）重みを付与された受信焦点の整相加算後受信信号を開口合成することを示す説明図。

【図26】第三実施形態の開口合成部25の構成を示す説明図。

【図27】第一実施形態の直交したGolay符号による空間符号化送信と、復号処理を示す説明図。

【図28】第二実施形態の送信走査線（送信開口ペア）の配置パターン（送信順）のさらに別の例を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の一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、第一実施形態の超音波撮像装置100は、超音波探触子108と、送信部102と、受信部105と、開口合成部25とを有している。超音波探触子108は、複数の送信開口グループ110、111等と、1以上の受信領域109とを有する。送信開口グループ（例えば、110）は、2以上の送信開口110A、110B等を含む。送信開口グループ（例えば、111）は、2以上の送信開口111A、111B等を含む。

【0013】

送信部102は、図2（a）のように、送信開口グループ（例えば110）に含まれる2以上の送信開口（110A、110B等）から同時に空間符号化した超音波を送信する。この動作を、送信開口グループ110、111等ごとに順番に一巡（1スキャン）以上行わせる。2以上の送信開口（110A、110B等）から送信される超音波は、撮像対象120の所定の位置（送信焦点）に向かって送信されてもよいし、それぞれ異なる方向に向かって送信されてもよい。このとき、超音波は、フォーカス送信されてもよいし、デフォーカス送信されてもよい。フォーカス送信する場合は、送信開口グループ（110、111等）ごとに送信焦点が異なってもよいし、重なっていてもよい。

【0014】

受信領域109は、撮像対象120からの超音波のエコーを受信し、電気信号を出力する。受信部105は、受信領域の出力に対して、復号部41による復号処理と、整相処理とを施して、図2（b）のように、撮像対象の所望の受信焦点（例えば52）についての受信信号を得る。

【0015】

送信部102は、複数の送信開口グループ（110、111等）のうち一部の送信開口グループ（例えば、111）が送信する超音波の空間符号化の符号を、他の送信開口グループ（例えば110）が送信する超音波の空間符号化の符号に対して反転させる。これにより、撮像対象120に体動が生じた場合に、図3のように、復号部41の復号処理で受信信号18-1、18-2に生じる不要信号18-1b、18-2bは、送信時の空間符号化の異なる2つの送信開口グループ（110、111）について、位相が反転する。一方、受信焦点52からの本来の受信信号18-1a、18-2aは、位相が反転しない。

【0016】

開口合成部25は、2以上の送信開口グループ（110、111等）のうち1の送信開口グループ110の送信した超音波で生じたエコーから受信部105が得た所望の受信焦点52について得た受信信号18-1と、別の送信開口グループ111の送信した超音波

で生じたエコーから受信部 105 が得た同一の受信焦点 52 についての受信信号 18-2 とを加算処理する。複数の送信開口グループ (110, 111 等) のうち一部の送信開口グループ (例えば 110) は、他の送信開口グループ (111) に対して空間符号化の符号が反転しているため、図 3 のように、撮像対象 120 の体動により生じた不要信号 18-1b、18-2b を加算処理により打ち消し合わせて低減することができる。また、受信焦点 52 からの本来の受信信号 18-1a、18-2a を足し合わせて強めることができる。

【0017】

したがって、本実施形態の超音波撮像装置は、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、不要信号 18-1b、18-2b に起因して画像にアーチファクトが生じるのを抑制することができる。

10

【0018】

なお、送信部 102 による空間符号化方法は、公知の方法を用いることができる。例えば、Hadamard 空間符号化や、直交した Golay 符号による空間符号化等を用いることができる。

【0019】

つぎに、空間符号化および復号処理の原理について以下説明する。

【0020】

(空間符号化および復号の原理)

空間符号化により、同時に複数の領域に送信し、どの領域からのエコー信号かを区別して分離する超音波撮像の原理について説明する。

20

【0021】

空間符号化は、空間的に符号化された送信事象を使用した撮像手法である。符号化に用いる行列の逆行列を使って、複数方向へ同時に送信した信号を、独立に送信した場合の受信信号として分離することができる。例えば、式 (1) に示す 2 行 2 列の Hadamard 行列を符号化行列として用いることができる。

【数 1】

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

30

【0022】

式 (1) の行列の逆行列は、それ自身をスケーリングした行列 $H^{-1} = 1/4H$ である。この行列を用いることにより、空間符号化された送信信号の生成や受信信号の復号の演算を容易に行うことができる。例えば、送信開口グループ 110 の送信開口 110A、110B の送信信号を空間符号化する場合、一巡目の送信 (第一スキャン) では、行列の行ベクトル $[1 \quad 1]$ を使って、送信開口 110A、110B がそれぞれ送信する送信波形を符号化する。これにより、同位相の音波波形が送信開口 110A、110B から同時に送信される。すなわち、図 4 の波形 71 を基準波形とすると、波形 71 を使って送信開口 110A、110B から送信を行う。二巡目の送信 (第二スキャン) では行ベクトル $[1 \quad -1]$ を使って、送信開口 A、B がそれぞれ送信する送信波形を符号化する。すなわち、送信開口 110A、110B のうち一方の送信波形の符号を、他方の送信波形に対して逆位相とし、一巡目の送信 (第一スキャン) で送信した方向と同じ 2 方向へ送信を行う。逆位相の波形は、図 4 の波形 72 を用いる。

40

【0023】

各送信について得られた受信信号を $Rx = [y1 \quad y2]^t$ とすると、一方の送信開口 (110A) についての受信信号 $x1$ 、他方の送信開口 (110B) についての受信信号 $x2$ は、式 (2) の復号演算で求めることができる。

【数 2】

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = H^{-1} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} \quad \cdots(2)$$

$$x_1 = y_1 + y_2$$

$$x_2 = y_1 - y_2$$

なお、ここでは逆行列のスケーリングは無視した。

【0024】

したがって、それぞれの送信事象で受信した受信信号 y_1 および y_2 を同時刻で加算すると、受信信号 x_1 を抽出することができる。一方、減算すると、受信信号 x_2 を抽出することができる。この受信信号の演算過程が復号処理となる。

【0025】

この空間符号化の概念を、図5を使ってさらに説明する。超音波は、2箇所の送信開口110A、110Bから、上述の符号化を行って2回送信される。エコーは、撮像対象120の点散乱体11から発生する。上記の符号化を行った2回の送信（一巡目の送信Tx1、二巡目の送信Tx）を行う。受信領域（チャンネル）109は、それぞれの送信イベントに対しての受信信号R1,R2を受信する。受信信号R1,R2にそれぞれ含まれる受信信号18aは、送信開口110Aの送信によるエコーの信号で、受信信号18bは送信開口110Bの送信によるエコーの信号である。したがって受信信号R1,R2を加算器14で加算すると、送信開口110Bの送信による受信信号18bが打ち消され、送信開口110Aの送信による受信信号18aのみが残る。受信信号R1,R2を減算器15で減算すると、送信開口110Aの送信による受信信号18aが打ち消され、送信開口110Bの送信による受信信号18bのみが残る。したがって、2か所の送信開口110A、110Bからの同時送信によるエコーが混ざった状態の受信信号を、各送信を独立に行った場合の受信信号として分離できる。

【0026】

ここで、上記復号処理において、2回の送信間において撮像対象120の体動が生じたり、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6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、復号後受信信号 H_A1 、 H_B1 には、打ち消し残りの不要信号18b、18aが生じる。

【0027】

（不要信号の抑制の原理）

本実施形態では、図3および図7(a)、(b)に示すように、複数の送信開口グループ110、111等のうち1の送信開口グループ110の送信に対応する受信焦点52についての受信信号18-1と、他の送信開口グループ111の空間符号化の符号を反転させた送信に対応する受信焦点52についての受信信号18-2とを加算処理する。これにより、図3のように、撮像対象120の体動により生じた不要信号18-1b、18-2bを打ち消し合わせて低減すると同時に、受信焦点52からの本来の受信信号18-1a、18-2aを足し合わせて強める。

【0028】

なお、図7(a)に示すように、空間符号化の符号とは、第一回の送信Tx1においては[1 1]であり、第二回の送信Tx2においては[1 -1]であることを指す。この空間符号化の符号を反転させた空間符号化とは、[1 1]と[1 -1]を入れ替えた符号を指し、図7(b)に示すような第一回の送信Tx1においては[1 -1]となり、第二回の送信Tx2においては[1 1]となることを指す。空間符号化の符号の反転は、符号化の順番が[1 1]から[1 -1]であったものを、[1 -1]から[1 1]の順番へ入れ替える動作を行

うことにも等しい。

【0029】

不要信号の抑制の原理を数式を用いてさらに説明する。送信開口グループ110から図7に示すように、空間符号化した2回の送信を行ってそれぞれチャネル109で受信された受信信号R1およびR2は、任意の各周波数 ω を用いた複素数 $\exp(j\omega t)$ により、下式(3)のように表される。上述の式(2)により、これら受信信号R1とR2を加算器14で加算処理して、一方の送信開口(110A)について復号処理した復号後受信信号H1(18-1)は、下式(3)で表される。

【0030】

【数3】

10

$$\begin{aligned} R_1 &= a \cdot \exp(j\omega t) + b \cdot \exp(j\omega t) \\ R_2 &= a \cdot \exp(j\omega(t + \Delta T)) - b \cdot \exp(j\omega(t + \Delta T)) \\ H_1 &= R_1 + R_2 \\ &= a \cdot \exp(j\omega t) \cdot [1 + \exp(j\omega(\Delta T))] + b \cdot \exp(j\omega t) \cdot [1 - \exp(j\omega(\Delta T))] \end{aligned} \quad \dots(3)$$

ここで、aとbは任意の係数である。

【0031】

式(3)の復号後受信信号H1(18-1)において、送信開口110Aに対応する本来の受信信号18-1aは、式(3)の第一項であり、打ち消し残った不要信号18-1bは第二項である(図7(a)参照)。

20

【0032】

一方、送信開口グループ110とは異なる送信開口グループ111から、空間符号化の符号を送信開口グループ110の2回の送信とはそれぞれ反転させて2回送信を行った場合の受信信号R1とR2、およびこれらを加算処理した復号後受信信号H1⁻(18-2)は、下式(4)で表される。

【数4】

$$\begin{aligned} R_1 &= a \cdot \exp(j\omega t) - b \cdot \exp(j\omega t) \\ R_2 &= a \cdot \exp(j\omega(t + \Delta T)) + b \cdot \exp(j\omega(t + \Delta T)) \\ H_1^- &= R_1 + R_2 \\ &= a \cdot \exp(j\omega t) \cdot [1 + \exp(j\omega(\Delta T))] - b \cdot \exp(j\omega t) \cdot [1 - \exp(j\omega(\Delta T))] \end{aligned} \quad \dots(4)$$

30

【0033】

式(4)の復号後受信信号H1⁻(18-2)において、送信開口110Aに対応する本来の受信信号18-2aは、式(4)の第一項であり、打ち消し残った不要信号18-2bは第二項である(図7(b)参照)。

【0034】

40

式(3)と式(4)より、異なる送信開口グループ110と111から送信を行って得た本来の受信信号18-1aと18-2aは、同位相の波形となるのに対し、不要信号18-1bと18-2bは、互いに反転した位相になる。よって、異なる送信開口グループ110と111のそれぞれ2回の送信によって得た復号後受信信号H1とH1⁻を加算すれば、不要成分が打ち消し合い、必要成分のみを残すことができる。

【0035】

なお、上述の送信開口グループ111から送信開口グループ110とは空間符号化の順番を入れ変えて(空間符号化の符号を反転させて)行った2回の送信に対する受信信号を $R_x = [y_1 \ y_2]^T$ とすると、一方の送信開口(111A)についての受信信号x1、他方の送信開口(111B)についての受信信号x2を求める復号処理は、式(5)で表すことができ

50

る（式（２）参照）。

【数５】

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} \quad \cdots(5)$$

$$x_1 = y_1 + y_2$$

$$x_2 = -y_1 + y_2$$

【００３６】

10

このように、空間符号化の符号の順番を入れ変えて２回の送信を行った場合は、２回の送信に対する受信信号R1,R2とすると、受信信号R2,R1を加算器１４で加算することで送信開口１１１Ａの送信による受信信号１３ａのみが残る。受信信号R2,R1を減算器１５で減算すると、送信開口１１１Ｂの送信による受信信号１３ｂのみが残る。

【００３７】

なお、直交したGolay符号を用いた空間符号化においても、同様に不要成分が打ち消し合い、必要成分のみを残すことができる。直交したGolay符号による空間符号化は、下式（６）のように表す行列を用いる。

【数６】

$$T = \begin{bmatrix} X1 & Y1 \\ X2 & Y2 \end{bmatrix} \quad \cdots(6)$$

20

ここで、X１とX２は相補関係のペアとなるGolay符号であり、Y１とY２は異なる種類の相補関係のペアとなるGolay符号である。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であり、このような関係を持つGolay符号の組合せを直交したGolay符号と呼ぶ。たとえば、X１＝[１ １]とX２＝[１ −１]、Y１＝[−１ １]とY２＝[−１ −１]のGolay符号の組合せがある。

【００３８】

このGolay符号による空間符号化を用いた場合、復号処理は以下の式（７）のようになる。式（７）において、Golay符号による空間符号化送信における各送信事象で得られた受信信号をR1、R2とする。

30

【数７】

$$\begin{aligned} R_1 \otimes X1 + R_2 \otimes X2 &= [\chi_{X1X2} \quad 0] \\ R_1 \otimes Y1 + R_2 \otimes Y2 &= [0 \quad \chi_{Y1Y2}] \end{aligned} \quad \cdots(7)$$

ここでは、⊗は相関処理を表し、 χ_{X1X2} はX符号の自己相関関数の和を、 χ_{Y1Y2} はY符号の自己相関関数の和を、示す。

この演算により、Golay符号Xを用いた送信方向からのエコーと、Golay符号Yを用いた送信方向からのエコーを分離する。図２７に、直交したGolay符号を使った場合の空間符号化送信と、復号処理を示す。R1はX1との相互相関処理を行う相関処理部５４－１と、Y1との相互相関処理を行う相関処理部５５－１に入力される。R2はX2との相互相関処理を行う相関処理部５４－２と、Y2との相互相関処理を行う相関処理部５５－２に入力される。それぞれ加算処理５６を得て、復号後受信信号H_A1、H_B1を得る。

40

【００３９】

この復号処理において、体動が生じ、各受信信号が互いに時間シフトした状態である場合、Golay符号の自己相関関数で生じるタイムサイドローブの打ち消し残りが生じ、Hadamard空間符号化で生じる不要成分と同様に、アーチファクトの原因である不要成分となる。図３で示すHadamard空間符号化を用いた不要成分の打ち消し方法と同様に、Golay符号を用いた場合も、複数の送信開口グループ１１０、１１１等のうち１の送信開口グループ

50

1 1 0 の送信に対応する受信焦点 5 2 についての受信信号 1 8 - 1 と、他の送信開口グループ 1 1 1 の空間符号化を反転させた送信に対応する受信焦点 5 2 についての受信信号 1 8 - 2 とを加算処理する。これにより、体動により生じた不要信号 1 8 - 1 b、1 8 - 2 b を打ち消し合わせて低減すると同時に、受信焦点 5 2 からの本来の受信信号 1 8 - 1 a、1 8 - 2 a を足し合わせて強めることができる。

【0040】

直交した Golay 符号を使った場合の空間符号化の場合では、復号処理が異なるだけで、その他の形態は、Hadamard 空間符号化をもちいた場合と同様である。以降、Hadamard 空間符号化を用いた場合で説明を行う。

【0041】

10

<<第二実施形態>>

第二実施形態の超音波撮像装置について説明する。

【0042】

第二実施形態の超音波撮像装置の基本的な構成は、第一実施形態の装置の構成と同様であるが、第二実施形態では、送信開口グループ (1 1 0, 1 1 1 等) はそれぞれ、2 つの送信開口 (例えば 1 1 0 A, 1 1 0 B) を含む。よって、以下の説明では、送信開口グループを、送信開口ペアと呼ぶ。送信部 1 0 2 は、2 以上の送信開口ペア (1 1 0, 1 1 1 等) ごとに順番に超音波を送信させる。この際、空間符号化の符号を交互に順番を反転させる。

【0043】

20

また、送信部 1 0 2 は、送信開口ペア (1 1 0, 1 1 1 等) ごとに順番に送信させる動作を二巡以上繰り返し行わせ、二巡目の送信では、複数の送信開口ペア (1 1 0, 1 1 1 等) のそれぞれの空間符号化の符号を、一巡目とは異なる符号にさせる。受信部 1 0 5 の復号部 4 1 は、受信領域 1 0 9 の、送信開口ペア (例えば 1 1 0) の一巡目の送信による出力と、二巡目の送信による出力とを用いて復号処理を行う。

【0044】

以下、第二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。

【0045】

<装置の全体構成>

第二実施形態の超音波撮像装置 1 0 0 の全体構成について詳しく説明する。図 8 は、本実施形態の超音波撮像装置 1 0 0 の具体例の概略構成を示すブロック図である。図 8 において、第一実施形態の図 1 の構成と同様の構成は、図 1 と同じ符号を付す。超音波撮像装置 1 0 0 は、超音波探触子 1 0 8 と送信部 1 0 2 と受信部 1 0 5 と開口合成部 2 5 を備える。これらに加えて、制御部 1 0 6 と、ユーザインタフェース (UI) 1 2 1 と、送受切替部 1 0 1 と、画像処理部 1 0 7 と、表示部 1 2 2 とを備えている。UI 1 2 1 は、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 1 0 6 は、全体の動作を制御する。

30

【0046】

超音波探触子 1 0 8 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 1 0 8 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 1 2 0 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。

40

【0047】

配列された複数のトランスデューサは、図 9 のように、予め定められた複数 (P 個) のチャンネル 1 0 9₁ ~ 1 0 9_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 1 0 9₁ ~ 1 0 9_P は、それぞれ 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開口 1 1 0 A 等は、チャンネル 1 0 9₁ 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、一つの送信開口 1 1 0 A として、隣り合う複数 (図 9 では、4 個) のチャンネルを用いる例について説明する。送信開口ペア 1 1 0

50

をそれぞれ構成する送信開口110Aと送信開口110Bは、ここでは所定の距離だけ超音波探触子108上で離れている例について以下説明するが、一部重なるように形成してもよい。他の送信開口ペア111、112、113、114についても同様である。またすべての送信開口ペアが重なるように形成してもよい。

【0048】

また、以下の説明では、チャンネル $109_1 \sim 109_p$ の一つ一つを、受信領域109として用いる。なお、2以上のチャンネルを一つの受信領域109として用いることももちろん可能である。

【0049】

送信部102は、制御部106からの指示に従って、超音波探触子108の予め定めた送信開口ペア（例えば110）を選択し、選択した送信開口ペア110の送信開口110A、110Bに送信させる送信信号を生成する。具体的には、波形種類、送信開口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。このとき、送信信号は、後述のHadamard空間符号で空間符号化する。

【0050】

送信部102は、生成した送信信号を、送信開口110A、110Bを構成するチャンネルのトランスデューサにそれぞれ受け渡し、送信開口110A、110Bから、Hadamard空間符号で空間符号化した超音波を同時に異なる方向へ送信させる。この動作を、複数の送信開口ペア110～113等のすべてに順番に実行させる。超音波はフォーカス送信させてもよいし、デフォーカス送信させてもよい。フォーカス送信の場合、送信開口ペア110～113ごとの送信焦点は、異なっても構わない。送信部102は、送信開口ペア110～113等に順番に超音波を送信させる際に、Hadamardの空間符号を交互に反転させる。これを、二巡以上繰り返す。ただし、二巡目は、送信開口ペア110～113等ごとに一巡目とは異なる符号の空間符号化になるように反転させる。

【0051】

このように送信を二巡以上繰り返すことにより、一巡目の送信で得た受信信号と、二巡目の送信で得た受信信号とを組み合わせ、Hadamardの空間符号を復号することができる。なお、フォーカス送信の場合、送信開口ペア110～113等ごとの送信焦点は、少なくとも一巡目および二巡目の送信において同一にする。

【0052】

送信開口ペア110～113等から順に撮像対象120に送信された超音波によって、撮像対象120ではエコーが生じる。エコーは、超音波探触子108の受信領域（チャンネル）109で受信される。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 $109_1 \dots 109_p$ を用いてもよいし、予め定められた受信開口（アクティブチャンネル）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 $109_1 \dots 109_p$ の受信信号 $R_1, R_2, \dots, R_p$ （下付き文字は、チャンネルの番号を示し、1は、ある送信開口ペアの一巡目の送信（以下、第一スキャンとも呼ぶ）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。

【0053】

受信部105は、図10に示すように、第1の記憶部（以下、チャンネルメモリと呼ぶ）40と、Hadamardの空間符号を復号する復号部41とを含むチャンネル信号処理部20をチャンネル $109_1 \sim 109_p$ ごとに備えている。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が備えられている。

【0054】

図11のように、チャンネルメモリ40には、送信開口ペア110～113等ごとに2つずつの記憶領域40-1、40-2が備えられている。制御部106は、送信開口ペア110の送信開口110A、110Bからの送信によってチャンネル 109_1 が得た受信信号 R_1 を、送信開口110A、110B用の記憶領域40-1に格納させる。同様に、制御部106は、他のチャンネル $109_2 \dots 109_p$ が、送信開口ペア110の送信開口110A、110Bからの送信によってそれぞれ得た受信信号 $R_2, \dots, R_p$ について、それぞ

れのチャンネルに接続されているチャンネルメモリ40の送信開口110用の記憶領域40-1に格納させる。

【0055】

その後、制御部106は、送信開口ペア111~113等から順番に送信させるたびに、チャンネル109₁、109₂・・・109_pがそれぞれ得た受信信号R₁₁,R₂₁...R_{p1}を、それぞれのチャンネルに接続されているチャンネルメモリ40内の対応する送信開口ペア用の記憶領域40-1に格納させる。

【0056】

次に、制御部106は、送信開口ペア110~113から順番に、二巡目の送信（第二スキャン）を送信部102に行わせ、得られたチャンネル109₁、109₂・・・109_pの受信信号R₁₂,R₂₂..R_{p2}を、それぞれのチャンネルに接続されているチャンネルメモリ40内の対応する記憶領域40-2に順次格納させる。

【0057】

復号部41は、Hadamard空間符号を復号するために、加算器14と、減算器15と、受け渡し部16と、第一および第二受け取り部17-1, 17-2とを備える構成である。二巡目の送信（第二スキャン）が終了したならば、制御部106の制御下で、復号部41は、送信開口ペア110用の記憶領域40-1、40-2から受信信号R₁₁、R₁₂を読み出し、復号部41内の受け渡し部16へ入力させる。制御部106は、受け渡し部16に、空間符号化の符号の順番を反転させていない送信で得られた受信信号の場合は、受信信号R₁₁を復号部41の第一受け取り部17-1へ入力させ、受信信号R₁₂を第二受け取り部17-2へ入力させる。一方、空間符号化の符号の順番を反転させた送信で得られた受信信号の場合は、受信信号R₁₁を第二受け取り部17-2へ入力させ、受信信号R₁₂を第一受け取り部17-1へ入力させる。制御部106は、図11のように、第一受け取り部17-1および第二受け取り部17-2の信号をそれぞれ加算器14と減算器15にそれぞれ入力させる。上で述べた、送信開口ペア110用の記憶領域40-1、40-2から受信信号を入力させた場合、加算器14の加算処理により、送信開口110Aからの送信によって得られた受信信号（以下、復号後受信信号と呼ぶ）H_{1A}1（下付き数字は、チャンネルの番号を示し、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、半角の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り、送信開口110Bからの送信によって得られた復号後受信信号H_{1B}1（下付き数字は、チャンネルの番号を示し、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、半角の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。

【0058】

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。

【0059】

整相加算部22は、各チャンネル信号処理部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_{1A}1、H_{2A}1、H_{3A}1・・・にそれぞれ、所定の受信焦点に焦点を結ぶ遅延時間を与え、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_{1A}、H_{2A}、H_{3A}・・・を整相加算した受信信号Hsum_A（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す）を得る。

【0060】

このとき、整相加算部22は、パラレルビームフォーミングを行い、図12に示したように、送信開口110Aの超音波の照射領域に、送信開口110Aを中心とした予め定めた広がり角でM本の受信走査線（beam#1~#M）を設定し、それぞれの受信走査線上に予め定めた間隔でG個の受信焦点31-1~31-Gを設定する。それぞれの受信焦点について、復号後受信信号H_{1A}1、H_{2A}1、H_{3A}1・・・の焦点を結ばせるために、受信焦点の位

10

20

30

40

50

置に応じた遅延カーブ 3 2 a, 3 2 b, 3 4 a, 3 4 b 等に対応する遅延時間を設定し、整相加算後の受信信号 H_{sum_A} を得る。すなわち、整相加算部 2 2 は、送信開口 1 1 0 A に対応する復号後受信信号 H_{1A1} 、 H_{2A1} 、 H_{3A1} ・・・から、 $G \times M$ 個の受信焦点についての整相加算後の受信信号 H_{sum_A} をそれぞれ得る。これにより、図 1 2 の複数の受信走査線が配置された扇形領域 3 5 - 1 1 0 A の受信焦点の遅延整相データを生成することができる。すなわち、送信開口 1 1 0 A についての復号後受信信号によって、扇形領域 3 5 - 1 1 0 A の像（すなわち、受信焦点の集合）が生成される。

【0061】

なお、受信走査線の本数は、送信開口 1 1 0 A の送信ビームの中心軸を超音波中心として 2 ~ 8 本程度形成することも可能であるし、送信開口 1 1 0 A の指向角 3 0（例えば 9 0°）内に、3 2 本、6 4 本、1 2 8 本等の多数の受信走査線を並列に生成することも可能である。

【0062】

図 1 2 では、遅延時間のカーブ 3 2 a, 3 2 b, 3 4 a, 3 4 b が送信開口 1 1 0 A の中心を時刻ゼロとする遅延法で求められている例を示しているが、送信焦点位置を時刻ゼロとする遅延法（仮想音源法）を用いることももちろん可能である。

【0063】

受信ビームの集合体の形状は、扇型形状であっても、探触子 1 0 8 におけるチャネル 1 0 9 の表層面の法線ベクトル方向にビーム方向を選んだような受信ビーム形状であっても良い。また、送信する送信ビームの範囲内を網羅するような任意の複数ビームの集合体であってもよい。また、図 1 2 において、探触子 1 0 8 は直線上に配置されたりニア型の形状であるが、素子配置が湾曲したコンベックス形状であってもよい。また、送信ビームの走査方式がセクタ型であっても良い。

【0064】

同様に、整相加算部 2 2 は、各チャネル信号処理部 2 0 から出力される送信開口 1 1 0 B からの送信に対応する復号後信号 H_{1B} 、 H_{2B} 、 H_{3B} ・・・を整相加算した受信信号 H_{sum_B} を得る。このとき、整相加算部 2 2 は、パラレルビームフォーミングを行い、送信開口 1 1 0 B の超音波の照射領域に、送信開口 1 1 0 A を中心とした予め所定の広がり角で M 本の受信走査線（beam # 1 ~ # M）を設定し、それぞれの受信走査線上に予め定めた間隔で G 個の受信焦点 3 1 - 1 ~ 3 1 - G を設定する。それぞれの受信焦点について、復号後受信信号 H_{1B1} 、 H_{2B1} 、 H_{3B1} ・・・の焦点を結ばせるための遅延時間 3 2 a, 3 2 b, 3 4 a, 3 4 b 等を設定し、整相加算後の受信信号 H_{sum_B} を得る。すなわち、整相加算部 2 2 は、送信開口 1 1 0 B に対応する復号後受信信号 H_{1B1} 、 H_{2B1} 、 H_{3B1} ・・・から、 $G \times M$ 個の受信焦点についての整相加算後の受信信号 H_{sum_B} をそれぞれ得る。これにより、図 2（b）のように扇形領域 3 5 - 1 1 0 B の像が形成される。

【0065】

図 1 0 の第 2 の記憶部 2 4 は、図 1 3 のように $G \times M$ 個の受信焦点の整相加算後の受信信号 H_{sum} を格納するための記憶領域を、送信開口ペアの送信開口ごとに備えている。整相加算部 2 2 は、送信開口 1 1 0 A について得た $G \times M$ 個の受信焦点の整相加算後の受信信号 H_{sum_A} を図 1 3 の送信開口ペア 1 1 0 用の記憶領域 2 4 A に格納する。また、送信開口 1 1 0 B について得た $G \times M$ 個の受信焦点についての整相加算後の受信信号 H_{sum_B} を図 1 3 の送信開口 1 1 0 B 用の記憶領域 2 4 B に格納する。

【0066】

整相加算部 2 2 は、送信開口ペア 1 1 1 ~ 1 1 3 等についても同様に、各チャネル信号処理部 2 0 から出力される一方の送信開口についての復号後受信信号 H_{1A1} 、 H_{2A1} 、 H_{3A1} ・・・から、 $G \times M$ 個の受信焦点についての整相加算後の受信信号 H_{sum_A} を得る。同様に、他方の送信開口について、 $G \times M$ 個の受信焦点についての整相加算後の受信信号 H_{sum_B} を得る。そして、第 2 の記憶部 2 4 の送信開口ペア 1 1 1 ~ 1 1 3 等ごとの記憶領域 2 4 A、2 4 B に、それぞれの整相加算後の受信信号 H_{sum_A} 、 H_{sum_B} を格納する。

【0067】

10

20

30

40

50

送信開口ペア 1 1 1 ~ 1 1 3 は、超音波探触子 1 0 8 のそれぞれ少しずつずれた位置にあるため、その照射領域は、図 2 (a) のように、異なる送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 同士で一部重なり、図 2 (b) に示した扇形領域 3 5 (受信焦点の集合) も、異なる送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 同士で一部重なっている。そのため、ある送信開口ペア 1 1 0 の扇形領域 3 5 - 1 1 0 A, B の受信焦点の一部は、隣接する送信開口ペア 1 1 1 等の扇形領域 3 5 - 1 1 1 A, B の受信焦点と一致している。開口合成部 2 5 は、同一位置の受信焦点 (例えば、図 3 の 5 2 - 1 と 5 2 - 2) の整相加算後の受信信号 Hsum を、第 2 の記憶部 2 4 のすべての記憶領域 2 4 A, 2 4 B の中から選択して読み出し、加算 (合成) する。

【0068】

本実施形態では、複数の送信開口ペア 1 1 1 ~ 1 1 3 の送信時の空間符号化の符号を交互に反転させているため、撮像対象 1 2 0 の体動に起因して復号後受信信号に含まれる不要信号の位相は、送信開口ペアごとに反転している。よって、整相加算後の受信信号を異なる送信開口ペア間で開口合成部 2 5 が合成することにより、図 3 に示したように、撮像対象 1 2 0 の体動に起因して復号後受信信号に含まれる不要信号 1 8 - 1 b、1 8 - 2 b を打消し合わせて低減することができ、体動に起因するアーチファクトを抑制できる。

【0069】

本実施形態の超音波撮像装置 1 0 0 は、複数の送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 等により二巡以上の送信 (スキャン) を行って、連続して撮像対象 1 2 0 の画像を出力することができる。この動作を、図 1 4 ~ 図 1 6 を用いて以下説明する。

【0070】

以下の説明においては、4 組の送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 を用いて順番に送信を行う。送信開口ペアからの送信を送信走査線と呼び、送信開口ペア 1 1 0、1 1 1、1 1 2、1 1 3 の送信をそれぞれ、送信走査線 $k = 1, 2, 3, 4$ と呼ぶ。また、送信開口ペアの 2 つの送信開口から同位相の信号をそれぞれ送信する式 (1) の行ベクトル $[1 \quad 1]$ の空間符号化を第一空間符号化と、互いに逆位相の信号をそれぞれ送信する行ベクトル $[1 \quad -1]$ の空間符号化を第二空間符号化と呼ぶ。さらに、送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 から順に送信することをスキャンと呼び、 n 巡目の送信 (第 n スキャン) をスキャン番号 n と呼ぶ。

【0071】

制御部 1 0 6 は、図 1 4 のフローに示すように、一巡目の送信 (スキャン $n = 1$) (ステップ 1 4 1 ~ 1 4 8) で、各送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 について順に送信を行う。このとき、送信開口ペアごとに交互に空間符号化の符号を反転させる。

【0072】

具体的には、まず、制御部 1 0 6 は、送信走査線 $k = 1$ (送信開口ペア 1 1 0) を選択し (ステップ 1 4 2)、スキャン番号 n が奇数かどうか判定する (ステップ 1 4 3)。スキャン番号 n は 1 (一巡目の送信) であるので奇数であり、ステップ 1 4 4 に進み。そして、送信走査線 $k (= 1)$ が奇数かどうか判定し (ステップ 1 4 4)、送信走査線 $k = 1$ は奇数であるので、第一空間符号化による送信を送信開口ペア 1 1 0 に行わせる (ステップ 1 4 5) (図 1 5 の $k = 1$ 参照)。制御部 1 0 6 は、チャンネル 1 0 9 ごとに得られた受信信号を、チャンネル 1 0 9 ごとに接続された図 1 1 のチャンネルメモリ 4 0 の送信開口ペア 1 1 0 用の記憶領域 4 0 - 1 に格納する (ステップ 1 4 6)。

【0073】

つぎに、制御部 1 0 6 は、送信走査線番号 k を $k = 2$ にインクリメントし (ステップ 1 5 6)、ステップ 1 4 2 に戻って、送信走査線 $k = 2$ の送信開口ペア 1 1 1 を選択し、 $k = 2$ が偶数であるので (ステップ 1 4 4)、第二空間符号化による送信を送信開口ペア 1 1 1 に行わせる (ステップ 1 4 7) (図 1 5 の $k = 2$ 参照)。制御部 1 0 6 は、チャンネル 1 0 9 ごとに得られた受信信号を、チャンネル 1 0 9 ごとに接続された図 1 1 のチャンネルメモリ 4 0 の送信開口ペア 1 1 1 用の記憶領域 4 0 - 1 に格納する (ステップ 1 4 8)。

【0074】

同様に、送信走査線 $k = 3$ (送信開口ペア 1 1 2) については、第一空間符号化した送

10

20

30

40

50

信を行い、 $k = 4$ （送信開口ペア 1 1 3）については、第二空間符号化した送信を行い、それぞれ送信開口ペア 1 1 2, 1 1 3 用の記憶領域 4 0 - 1 に格納する。

【0075】

以上により、ステップ 1 5 5 の $k = K$ ($K = 4$) に到達し、スキャン番号 $n = 1$ （一巡目の送信）が終了する（ステップ 1 5 5）。これにより、すべての送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 用の記憶領域 4 0 - 1 に受信信号が格納された状態となる。しかし、スキャン番号 $n = 1$ では、まだ記憶領域 4 0 - 2 に受信信号が格納されていないので、復号処理はできない。よって、スキャン番号 $n = 2$ にインクリメントし（ステップ 1 5 8）、ステップ 1 4 2 に戻る。

【0076】

スキャン番号 $n = 2$ （二巡目の送信）は、 $n = 1$ とは空間符号化の符号を入れ替えて行う。具体的には、制御部 1 0 6 は、ステップ 1 4 3、1 4 9 で n が偶数であるのでステップ 1 5 0 に進み、送信走査線 k が奇数 ($k = 1, 3$) の送信開口ペア 1 1 1, 1 1 3 については、第二空間符号化した送信を行う（ステップ 1 5 1）（図 1 5 のスキャン番号 $n = 2$ の送信走査線 $k = 1, 3$ を参照）。制御部 1 0 6 は、チャンネル 1 0 9 ごとに得られた受信信号を、チャンネル 1 0 9 ごとに接続された図 1 1 のチャンネルメモリ 4 0 の送信開口ペア 1 1 0、1 1 2 用の記憶領域 4 0 - 2 に格納する（ステップ 1 5 2）。また、制御部 1 0 6 は、送信走査線 k が偶数 ($k = 2, 4$) の送信開口ペア 1 1 0, 1 1 2 については、第一空間符号化した送信を行う（ステップ 1 5 3）（図 1 5 のスキャン番号 $n = 2$ の送信走査線 $k = 2, 4$ を参照）。制御部 1 0 6 は、チャンネル 1 0 9 ごとに得られた受信信号を、チャンネル 1 0 9 ごとに接続された図 1 1 のチャンネルメモリ 4 0 の送信開口ペア 1 1 1、1 1 3 用の記憶領域 4 0 - 2 に格納する（ステップ 1 5 4）。

【0077】

以上により、スキャン番号 $n = 2$ におけるステップ 1 5 5 の $k = K$ ($K = 4$) に到達し、スキャン番号 $n = 2$ （二巡目の送信）が終了する。すべての送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 用の記憶領域 4 0 - 2 に受信信号が格納された状態となる。これにより、すべての送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 の記憶領域 4 0 - 1、および 4 0 - 2 に受信信号が格納されたので、復号処理が可能になる。よって、ステップ 1 5 7 でステップ 1 5 9 に進み、復号化処理を行う。

【0078】

制御部 1 0 6 は、ステップ 1 5 9 において、送信開口ペア 1 1 0 を選択し、送信開口ペア 1 1 0 用の記憶領域 4 0 - 1, 4 0 - 2 に格納されている受信信号を、復号部 4 1 に受け渡させる。復号部 4 1 は、復号後受信信号 H_A, H_B を生成する（ステップ 1 6 0、1 6 1）。さらに復号後受信信号 H_A, H_B を、それぞれパラレルビームフォーミングにより整相加算部 2 2 で整相加算させる（ステップ 1 6 2）。これにより、2 つの送信開口について、それぞれ図 2 (b) および図 1 6 (a) のように、扇形領域 3 5 - 1 1 0 A, 3 5 - 1 1 0 B を設定し、予め定めた M 本の受信走査線 (beam # 1 ~ # M) 上のそれぞれ G 個の受信焦点 3 1 - 1 ~ 3 1 - G について、整相加算後の受信信号 H_{sumA}, H_{sumB} を得る。制御部 1 0 6 は、得られた扇形領域 3 5 - 1 1 0 A, 3 5 - 1 1 0 B の整相加算後受信信号 H_{sumA}, H_{sumB} を、図 1 3 の第 2 の記憶部 2 4 の送信開口ペア 1 1 0 用の記憶領域 2 4 A, 2 4 B に格納する（ステップ 1 6 3）。

【0079】

上記ステップ 1 5 9 ~ 1 6 3 をすべての送信開口ペア 1 1 1 ~ 1 1 3 について、それぞれ扇形領域の $G \times M$ 個の受信焦点の整相加算後受信信号 H_{sumA}, H_{sumB} を得て、各送信開口ペア 1 1 1 ~ 1 1 3 用の記憶領域 2 4 A, 2 4 B に格納するまで繰り返す（ステップ 1 6 4）。

【0080】

制御部 1 0 6 は、予め定めておいた複数の位置 M のうちの一つの位置について、その位置と同じ座標の受信焦点の整相加算後受信信号を、図 1 6 (b) のように、すべての送信開口ペア 1 1 0 ~ 1 1 3 用の記憶領域 2 4 A, 2 4 B から読み出す（ステップ 1 6 5）。

開口合成部 25 は、図 2 (c) および図 16 (c) のように、読み出された同じ座標の複数の整相加算後受信信号を加算することにより合成し、図 13 の記憶部 34 に格納する (ステップ 167、168)。上記ステップ 165~168 を、すべての位置 M について完了するまで繰り返す (ステップ 169)。すべての位置 M について、合成が終了したならば、画像処理部 107 は、記憶部 34 に格納された合成後の整相加算後受信信号を、位置ごとに並べることにより画像を構築する (ステップ 170)。構築した画像は、表示部 122 に表示される。

【0081】

その後、制御部 106 は、ステップ 158 に戻って、スキャン番号 n をインクリメントし、スキャン番号 $n = 3$ (三巡目の送信) を行う。制御部 106 は、三巡目の送信では、ステップ 146、148 において、受信信号を記憶領域 40-1、40-2 に格納する。よって、ステップ 157 において、ステップ 159~170 に進むことにより、記憶領域 40-1 に格納されたスキャン番号 $n = 3$ (三巡目の送信) で得られた受信信号と、記憶領域 40-2 に格納されたスキャン番号 $n = 2$ (二巡目の送信) で得られた受信信号を用いて復号化処理を行って復号化後受信信号を得て、画像を構築することができる。これにより、スキャン番号 $n = 2$ 以降は、スキャンごとに撮像対象 120 の画像を構築して順次表示することができる。

【0082】

このように、ステップ 165~169 において、同一の位置の整相加算後受信信号を合成することにより、空間符号化の符号の異なる複数の送信で得た整相加算後受信信号を加算することができる。よって、撮像対象 120 の体動等に起因する不要信号 18-1b、18-2b を打消し合わせて抑制することができ、ステップ 170 で構築される画像は、アーチファクトが抑制されている。

【0083】

なお、図 14 のステップ 141~157 では、制御部 106 は、スキャン番号 n が奇数のときに、送信走査線 k が奇数で第一空間符号化の送信を、偶数のときに第二空間符号化の送信を行わせ、スキャン番号 n が偶数のときは、送信走査線 k が偶数で第一空間符号化の送信を、偶数のときに第二空間符号化の送信を行わせる構成であったが、第一空間符号化と第二空間符号化を入れ替えることも可能である。

【0084】

また、送信開口ペア 110~113 ごとの扇形領域 35 の重なり具合は、受信焦点の位置によって異なる。このため、ステップ 165 において選択される整相加算後受信信号の数は、受信焦点の位置によって異なるが、異なったまま合成しても構わない。また、本来受信すべき信号 18-1a、18-2a 等の強度を、合成される整相加算後受信信号の数に応じて補正する処理を行うことも可能である。

【0085】

ここで、ステップ 167 で整相加算後受信信号を合成することで、不要信号が抑制される原理を数式を用いてさらに説明する。図 15 のスキャン番号 $n = 2$ の送信走査線番号 $k = 1$ の時点 (送信番号 $K+1$ とする) で得られた受信信号 (エコー) が、スキャン番号 $n = 1$ の送信走査線番号 $k = 1$ の送信 (送信番号 1 とする) に対して出現時間が ΔT シフトしていると
40

【0086】

一方、送信開口 111A の受信焦点 52-2 の信号は、スキャン番号 $n = 1$ の送信走査線番号 $k = 2$ の時点での送信 (送信番号 2 とする) と、スキャン番号 $n = 1$ の送信走査線番号 $k = 2$ の時点での送信 (送信番号 $K+2$ とする) の送信で得られた受信信号 (エコー) によって生成される。このため、スキャンを繰り返している間、体動が一様であれば、送信番号 1 と送信番号 2 の送信の間に生じる体動による時間シフトは、単純に $\Delta \tau = \Delta T / K$ と表される。また、送信番号 2 と、送信番号 $K+2$ の送信による受信信号は、互いに出現時間が ΔT シフ
50

トしている。したがって、送信番号2と送信番号K+2の送信におけるエコーによる復号処理（加算処理）で、送信開口111Aについて得られる信号H2は、上述の式（4）を用いて、下式（8）のように表すことができる。この信号が、図3の受信焦点52-2の信号に相当する。

【0087】

【数8】

$$\begin{aligned} R_2 &= a \cdot \exp(j\omega(t + \Delta\tau)) - b \cdot \exp(j\omega(t + \Delta\tau)) \\ R_{K+2} &= a \cdot \exp(j\omega(t + \Delta\tau + \Delta T)) + b \cdot \exp(j\omega(t + \Delta\tau + \Delta T)) \\ H_2 &= R_2 + R_{K+2} \\ &= a \cdot \exp(j\omega(t + \Delta\tau)) \cdot [1 + \exp(j\omega(\Delta T))] - b \cdot \exp(j\omega(t + \Delta\tau)) \cdot [1 - \exp(j\omega(\Delta T))] \quad \dots(8) \end{aligned}$$

10

【0088】

Kは、送信走査線（送信開口ペア）の数であり、一般的な探触子108の大きさを考慮すると、超音波診断装置の送信走査線（送信開口ペア）の数は、100本以上になる。したがって、 $\Delta\tau$ は ΔT に対して十分小さく、ほとんど0に近いと見なすことができる。このため、式（8）で表される受信焦点52-2の信号H2は、式（4）で表される信号H1とほとんど等価となる。受信焦点52-1と焦点52-2の信号を、開口合成処理によって加算すると、式（3）と式（4）の第二項目に当たる不要信号が互いに打ち消し合い、アーチファクトを抑圧した画像を生成することができる。

20

【0089】

なお、図15に示した例では、制御部106が、送信開口ペア110の送信開口110Aを探触子108の端部に設定し、送信開口110Bを探触子108の中央に設定し、他の送信開口ペアの送信開口が順次、隣合うように設定している。この場合、送信走査線 $k = K$ の送信開口ペアのA側の送信開口（送信走査線#aK）は、送信開口110B（送信走査線#b1）と隣り合う。隣り合う送信開口から送信される超音波の空間符号化の符号は、異なっている方が、不要信号をより低減することができる。

【0090】

なお、本実施形態は、図15の送信開口ペア（送信走査線）の配置に限定されるものではない。図15の配置の場合、上述したように走査線#aKと走査線#b1は隣り合い、隣り合う位置は、探触子108の中央部である。上述したように、 $k = 1$ と $k = K$ の送信による受信信号の時間差 ΔT は、上述する $\Delta\tau$ よりも大きく、開口合成を行っても不要信号の打ち消し残りは、他の送信走査線の組み合わせよりも大きくなる可能性がある。そのため、走査線#aKと走査線#b1が隣り合う位置が、探触子108の中央部にあったと、画像の中心付近に、打ち消し残りの不要信号のアーチファクトが出現する可能性がある。そこで、画像中心におけるアーチファクトを避けるため、送信開口ペア（送信走査線）の配置を、次のような構成にしてもよい。

30

【0091】

例えば、図17のように、送信走査線が連続して送信される領域を探触子108の中心に位置した構成とする。具体的には、 $k = 1$ の送信開口110Aの位置は、探触子108の端部からではなく、端部からずれた位置にする。具体的には、図17のように探触子108の長さの $1/4$ 程度ずれた位置に $k = 1$ の送信開口110Aを配置すると、探触子110の中央領域では、隣り合う走査線の番号を連続させることができる。また図28に示すような、送信走査線の配置にしてもよい。

40

【0092】

また、本実施形態では、復号処理に用いる2つの受信信号が得られる送信開口の位置が同位置であれば、送信走査線は、探触子108に沿って順番にならなくてもよい。すなわち送信開口Aと送信開口Bの送信領域の位置が、各スキャンにおいて同じであれば、送信走査線の探触子108上の位置は、並んでいなくてもよい。したがって、図18に示すように、ランダムに送信走査線を設定する構成にしてもよい。

50

【0093】

これらの送信走査線（送信開口ペア）の探触子108上での配置のパターンは、制御部106が、撮像条件にしたがって適切に選ぶ構成にしてもよいし、ユーザが選ぶことができる構成にしてもよい。例えば、図19に示すように、送信走査線の配置のパターンを複数種類格納した格納部124を、超音波撮像装置100内に配置し、制御部106が適切なパターンを選択するか、もしくは、UI121を介して、ユーザからの選択を受け付ける。これは、図14のフローチャートのステップ142で行われる。制御部106は、選択したパターンにしたがって、送信部102と受信部105の動作を制御する。

【0094】

なお、本実施形態の超音波撮像装置は、図10に示したように、復号部41の後に整相加算部22を配置しており、復号処理後に整相加算処理を行う構成であったが、整相加算処理を復号処理の前に行ってもよい。その場合、復号部41を整相加算部22の後に配置すればよい。復号部41を受信チャンネル109ごとに配置する必要がなく、受信部105の回路規模を小さくすることができる。なお、復号部41は、復号処理のため、各チャンネルが受信した送信ごとの受信信号を2回用いる必要がある。そのため、第1の記憶部（チャンネルメモリ）40から整相加算部22が2回ずつ読みだして整相処理後、復号部41に受け渡す構成にすることが可能である。もしくは、図20に示すように、第1の記憶部40の代わりに、チャンネル109ごとに複製器21を配置し、1回の送信事象で得られた各チャンネルの受信信号を、複製器21によって2つの複製された信号 R_11 、 R_11' （下付きの数字はチャンネルの番号を示し、ダッシュは2回目の読み出し（もしくは複製後）の信号であることを示し、1は、一巡目の送信（第一送信）で得た受信信号であることを示す）を出力するように構成することも可能である。整相加算部は、2つの信号 R_11 、 R_11' をそれぞれ別々に整相加算処理する。また、整相加算部22の後には、ビームメモリ23を配置し、その後段に復号部41を配置する。

【0095】

複製器21が生成した2つの同一の受信信号受信信号 R_11 、 R_11' 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に各チャンネルの受信信号 R_11 に送信開口Aからの送信ビーム軸上の領域の各点に焦点を結ぶ遅延時間を与えて $R_{sumA}1$ を得、ビームメモリ23の記憶領域23A-1に保存する。同様に、制御部106は、整相加算処理部22に各チャンネルの受信信号 R_11' に開口Bからの送信ビーム軸上の領域の各点に焦点を結ぶ遅延時間を与えて $R_{sumB}1$ を得、ビームメモリ23の記憶領域23B-1に保存する。

【0096】

二巡目の送信（第二送信）においても、制御部106は、同様にして $R_{sumA}2$ と $R_{sumB}2$ を得、ビームメモリ23の記憶領域23A-2および23B-2にそれぞれ保存する。

【0097】

制御部106は記憶領域23A-1、23A-2から受信信号 $R_{sumA}1$ と $R_{sumA}2$ を読み出し、復号部41の加算器14に入力させる。加算器14の加算処理により送信開口110Aからの送信による整相後復号化受信信号 H_{sumA} （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に対応する整相後復号化受信信号であることを示す）が得られる。また、制御部106は、記憶領域23B-1、23B-2から受信信号 $R_{sumB}1$ と $R_{sumB}2$ を読み出し、復号部41の減算器15に入力させる。減算器15の減算処理により送信開口110Bからの送信による整相後復号化受信信号 H_{sumB} （sumは、整相加算後であることを示し、下付きのBは、送信開口110Bに対応する整相後復号化受信信号であることを示す）が得られる。

【0098】

この整相加算後の受信信号 H_{sumA} および H_{sumB} はそれぞれ送信開口110A、110Bに対応する扇形領域35内のある受信焦点のデータである。

<第三実施形態>

第三実施形態の超音波撮像装置について、図21～図25を用いて説明する。

【0099】

第三実施形態は、第二実施形態と同様の構成であるが、開口合成部25が、同一の受信焦点についての複数の整相加算後受信信号を重み付けした後加算する点で第二実施形態とは異なる。具体的には、開口合成部25は、同一の受信焦点についての複数の受信信号の重みを、複数の受信信号が得られた時間のばらつきの中心に近い受信信号ほど重く設定する。

【0100】

図21に示すように、各送信走査線($k = 1 \sim K$)で得られた同一の受信焦点 $52-1 \sim 52-K$ についての整相加算後受信信号 $18-1 \sim 18-K$ は、本来の受信信号 $18-1a \sim 18-Ka$ は互いに同位相であり、不要信号 $18-1b \sim 18-Kb$ は交互に反転した位相となる。

【0101】

第三実施形態では、図21のように、開口合成部25内に重み付け部32を配置する。重み付け部32は、受信信号 $18-1 \sim 18-K$ の振幅に重み付けを行い、その後、加算する。重み付け部32-1, 32-2...32-Kは、時系列に生成された受信信号 $18-1 \sim 18-K$ 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21のように本来の受信信号119aをより強め、不要信号119bをより抑制した開口合成後の画像を得ることができる。

【0102】

図22を用いて具体的な構成を説明する。本実施形態は、第二実施形態の超音波診断装置100内に図22のように、重みテーブル格納部86を配置する。制御部106は、各受信焦点における受信信号 $18-1 \sim 18-K$ ($H_{sumA}(m, \sigma, k)$) に対する重みデータ ($w(m, \sigma, k)$) を、重みテーブル格納部86から読み出し、重み付け部32-1, 32-2...32-Kに設置する(図23(a), (b))。ただし、 m は、受信走査線の番号、 σ は、受信走査線における受信焦点の番号、 k は、送信走査線の番号を示す。重み付け部32-1, 32-2...32-Kは、受信信号 $18-1 \sim 18-K$ にそれぞれ重みデータ ($w(m, \sigma, k)$) を乗算する。その後、合成部25は、重み付けされた受信信号を合成する(図23(c))。他の構成は、第二実施形態の超音波撮像装置と同様な構成である。

【0103】

第三実施形態についてさらに説明する。復号部41が、時系列に生成する受信焦点 52 についての整相加算後受信信号 $18-1 \sim 18-K$ に含まれる、本来の受信信号 $18-1a \sim 18-Ka$ は、図21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24(a)のように撮像対象120の動きによって少しずつ時間方向にシフトした状態である。そのため、図24(a)のように単純にこれらの受信信号を加算した開口合成後のデータよりも、図24(b)のように、信号出現時間(受信時間)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開口合成部25で開口合成した後のデータの方が、信号の時間軸方向の広がり小さくなり、空間分解能が向上する。

【0104】

一方、復号部41が、時系列に生成する受信焦点 52 についての整相加算後受信信号 $18-1 \sim 18-K$ に含まれる不要信号 $18-1b \sim 18-Kb$ 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、すべての信号を加算するより、時間シフトが小さい信号同士(不要信号 $18-1b$ と $18-2b$ 、不要信号 $18-2b$ と $18-3b$)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、時系列な遅延整相データ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。

【0105】

このように、時系列の中心時間に近い復号化復号後受信信号ほど大きく重み付けすることにより、合成後の本来の受信信号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。

【0106】

10

20

30

40

50

受信信号に重みづけを行って加算を行う具体的な方法としては、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様の方法を用いることができる。例えば、同じ受信焦点52についての3つの整相加算後受信信号を開口合成する場合に、各信号に対して重み付け係数 α 、 β 、 γ を乗算してから加算する。時系列の中心となる信号に乗算する β は、その前後の信号に乗算する α 、 γ 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 β に用い、その前後の任意の2点に相当する値を α 、 γ 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 2 1]の要素を α 、 β 、 γ の重み付け係数にそれぞれ割り当ててもよい。

【0107】

このとき、送信を行う送信走査線の順番が図15のように、探触子108の端から順番に配置されている場合、重み付けの方法は、1つの走査線における受信信号に対して、受信走査線の位置に沿って重み付けを行うことと同等である。例えば、図25(a)に示すように、1つの送信走査線について受信走査線を9本設定する場合は、それぞれの受信走査線に1から70の2項係数による重み付けを行う。各送信走査線の受信焦点52について、重み係数を見ると、図25(b)に示すように、受信焦点52の位置は、送信走査線の番号が大きくなるほど内側の受信走査線に移動する。このため、受信焦点52について開口合成される受信信号を、中心近い受信走査線の受信信号ほど振幅が大きくなる重み付けがされる。

【0108】

したがって、図25(b)に示すように、第二の記憶部24に記憶されたすべての整相加算後受信信号に対し、受信走査線の番号が中心に近い受信信号ほど大きい重み付けを行う重み付け部250を合成部25に配置すればよい(図26参照)。

【0109】

なお、図25(b)では、送信走査線の間隔が、受信ビームの間隔とちょうど等しくなる場合を例に記載している。

【0110】

なお、上述の実施形態では、図14のフローチャートを用いて超音波撮像装置の動作を説明したが、制御部106は、CPUが予め定めたプログラムを読み込んで実行することにより図14の動作を実現させるソフトウェア構造であってもよいし、ASIC(application specific integrated circuit)等のハードウェア回路や、FPGA(field-programmable gate array)等のプログラマブルハードウェア回路の動作によって実現するハードウェア構造であってもよい。また、開口合成部25の動作についても同様であり、ソフトウェアによって実現される構造であっても、ASICやFPGA等のハードウェア回路によって動作を実現する構造であってもよい。送信部102や受信部105についても同様である。

【符号の説明】

【0111】

25…開口合成部、41…復号部、52…受信焦点、100…超音波撮像装置、101…双樹切り替え部、102…送信部、105…受信部、106…制御部、107…画像処理部、108…超音波探触子、109…受信領域、110、111…送信開口グループ(送信開口ペア)、110A、110B、111A、111B…送信開口、120…撮像対象、121…ユーザインタフェース(UI)、122…表示部

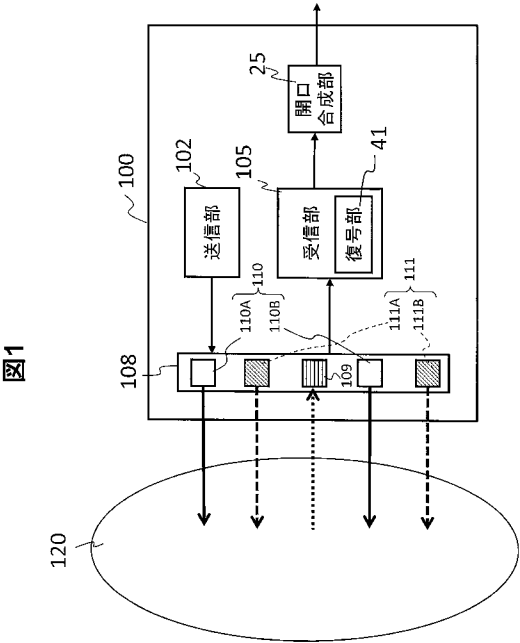
10

20

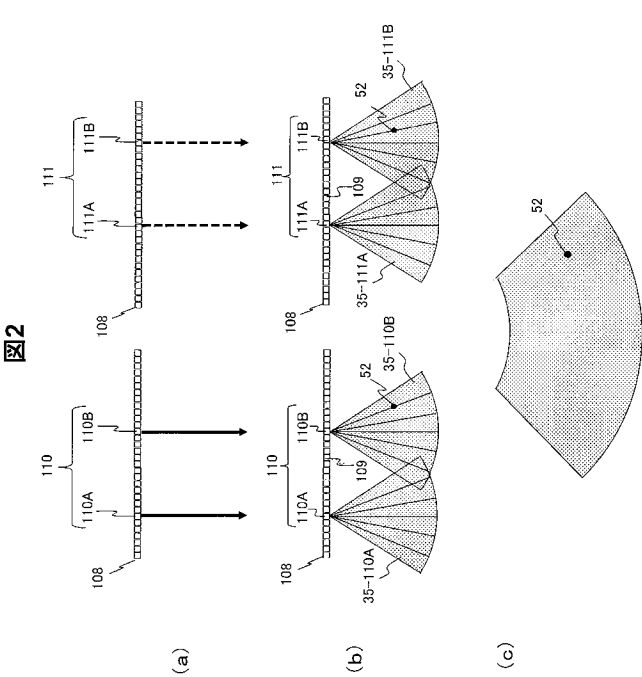
30

40

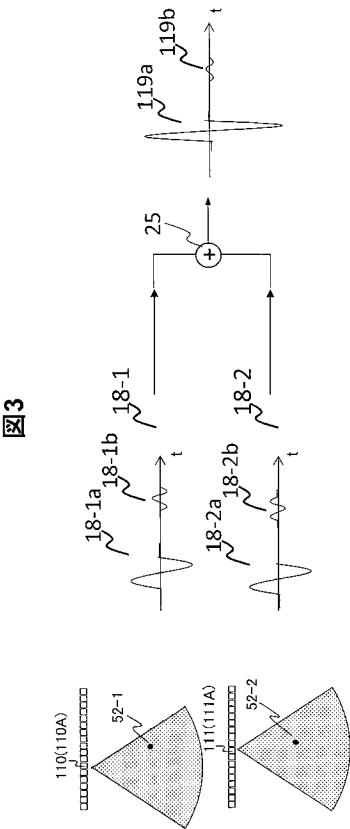
【 図 1 】



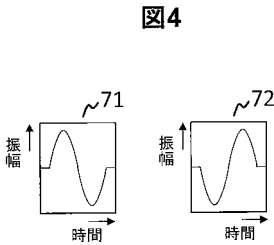
【 図 2 】



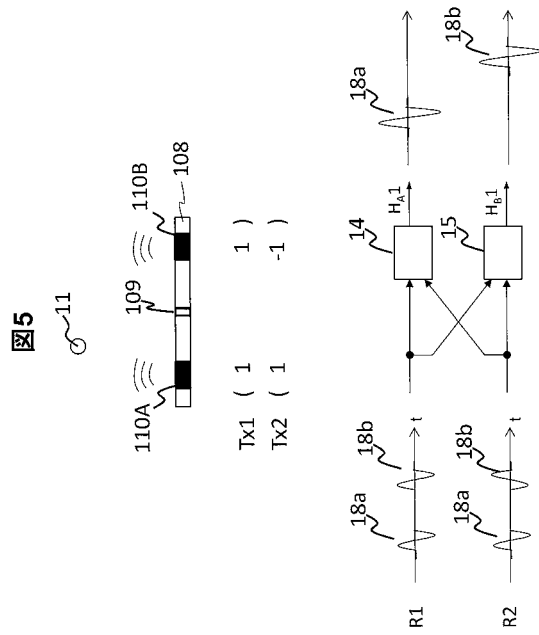
【 図 3 】



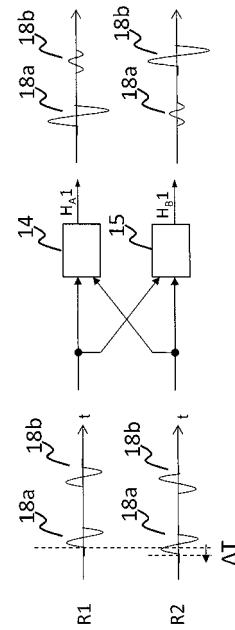
【 図 4 】



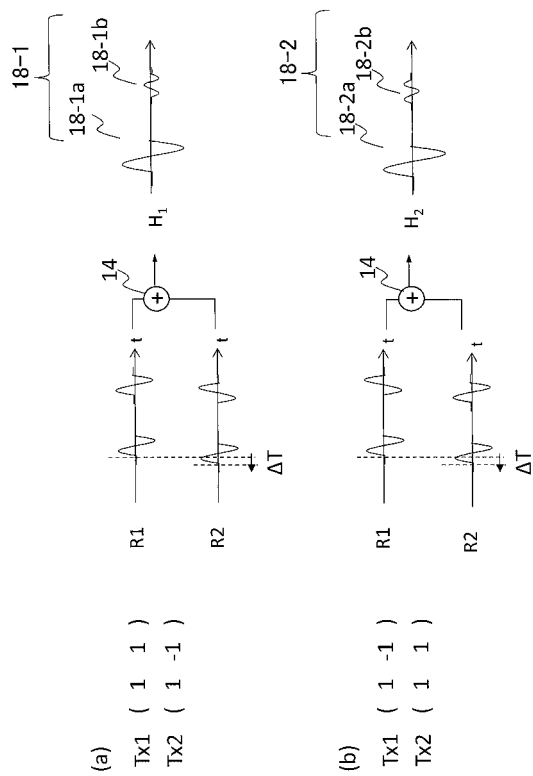
【図 5】



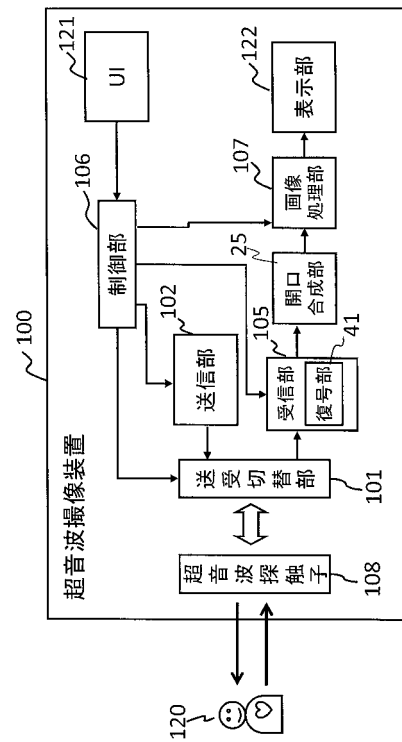
【 図 6 】



【图 7】

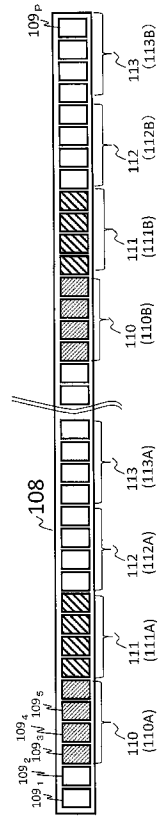


【图 8】



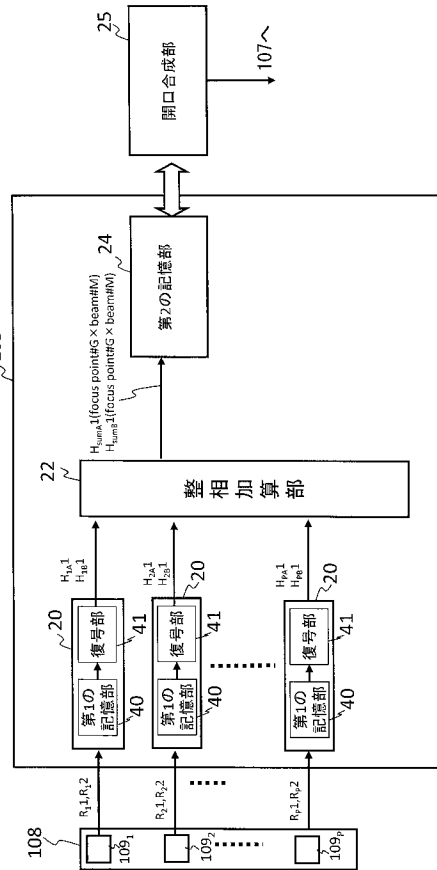
【図9】

図9



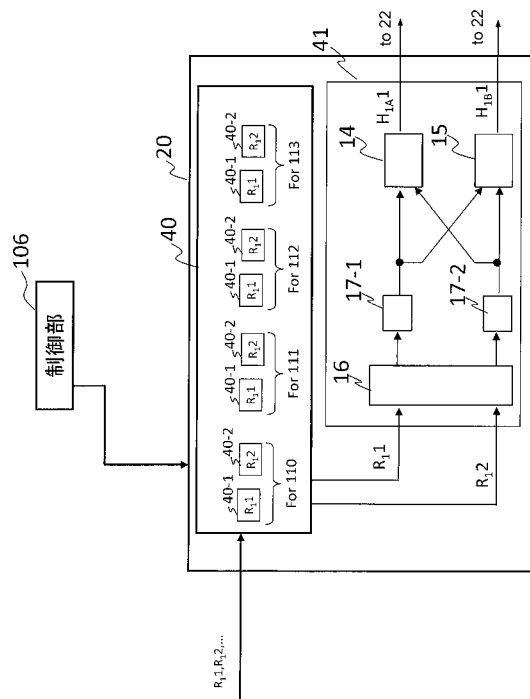
【図10】

図10



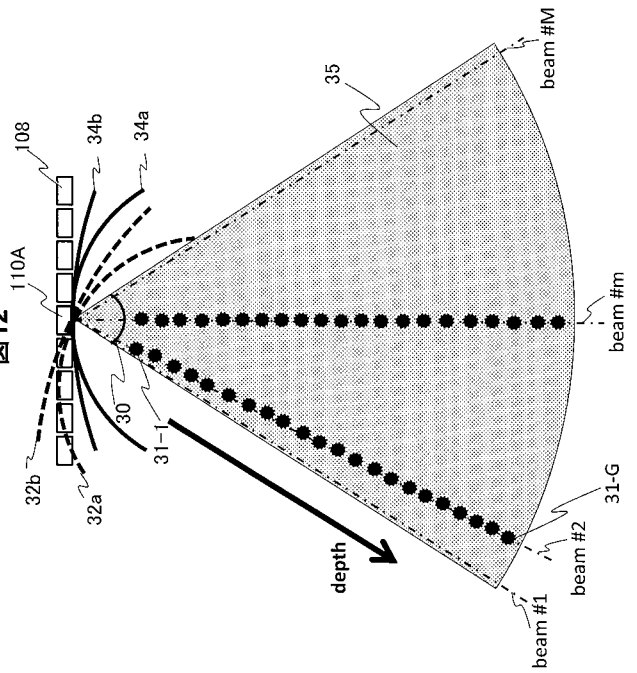
【図11】

図11

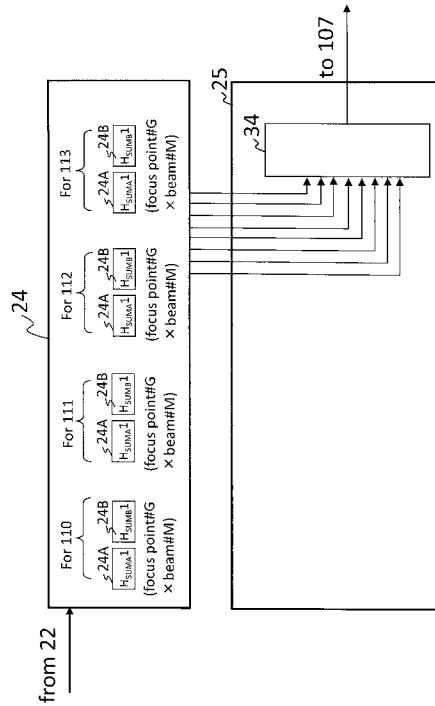


【図12】

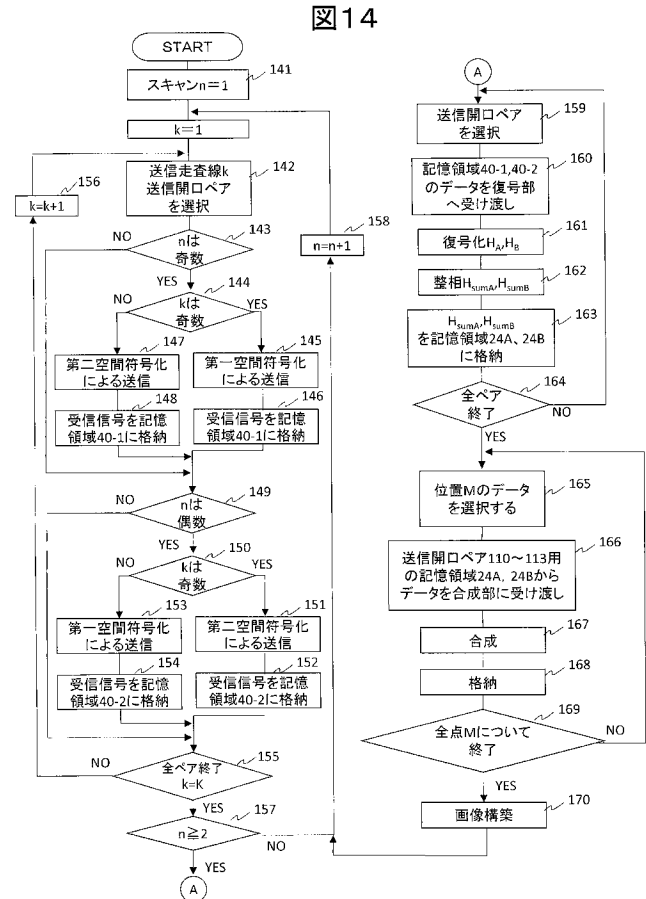
図12



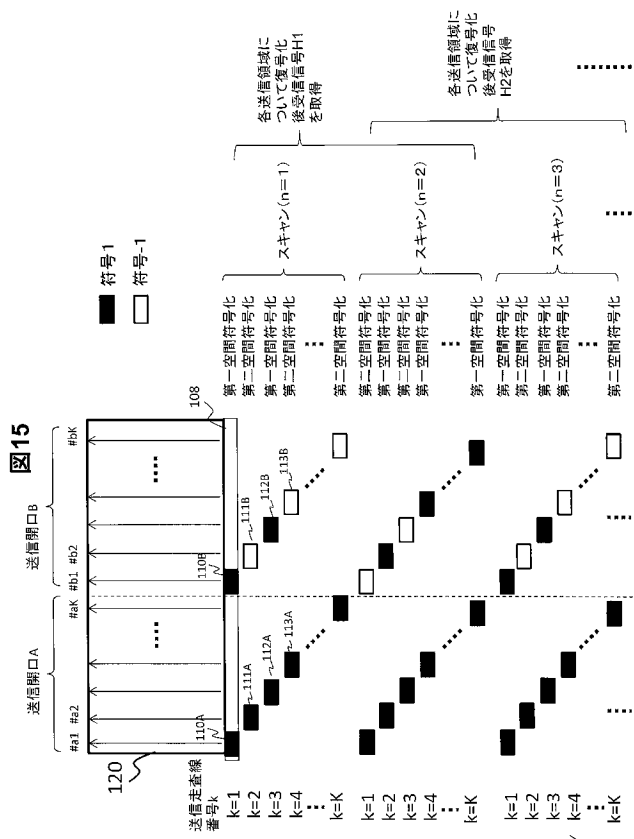
【 図 1 3 】



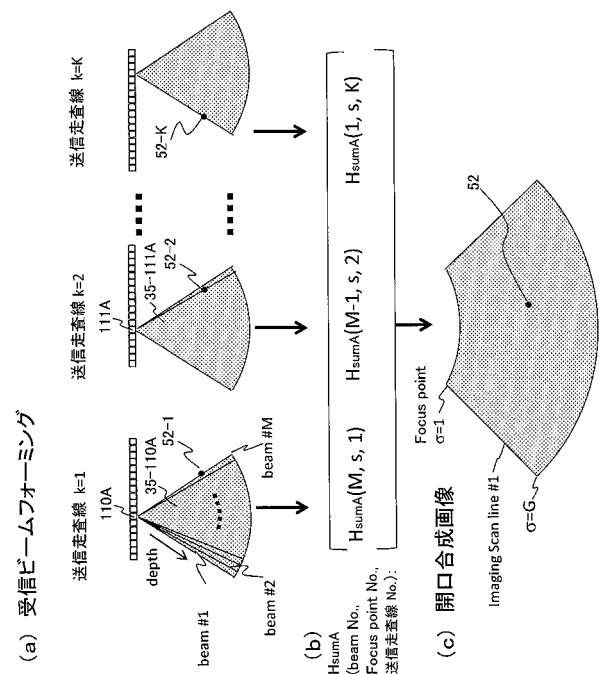
【図 14】



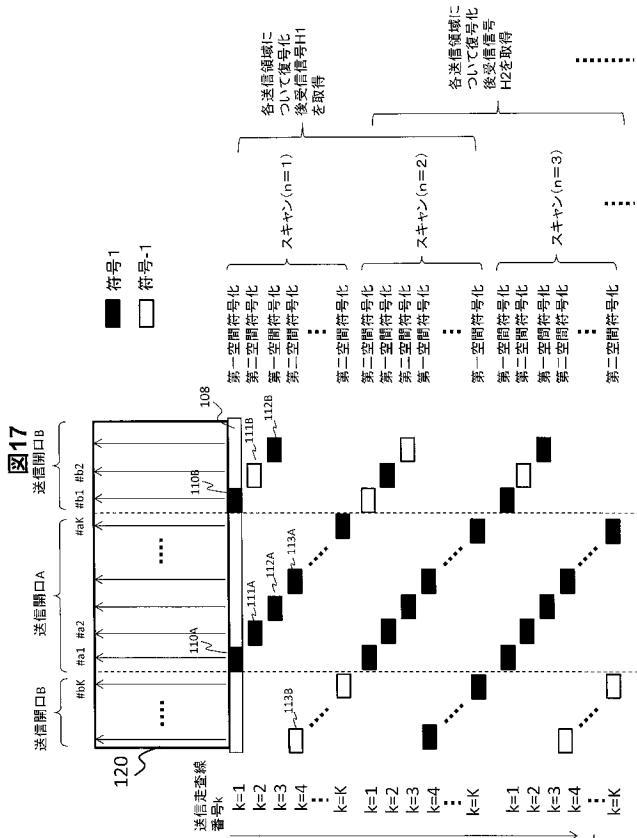
【図 15】



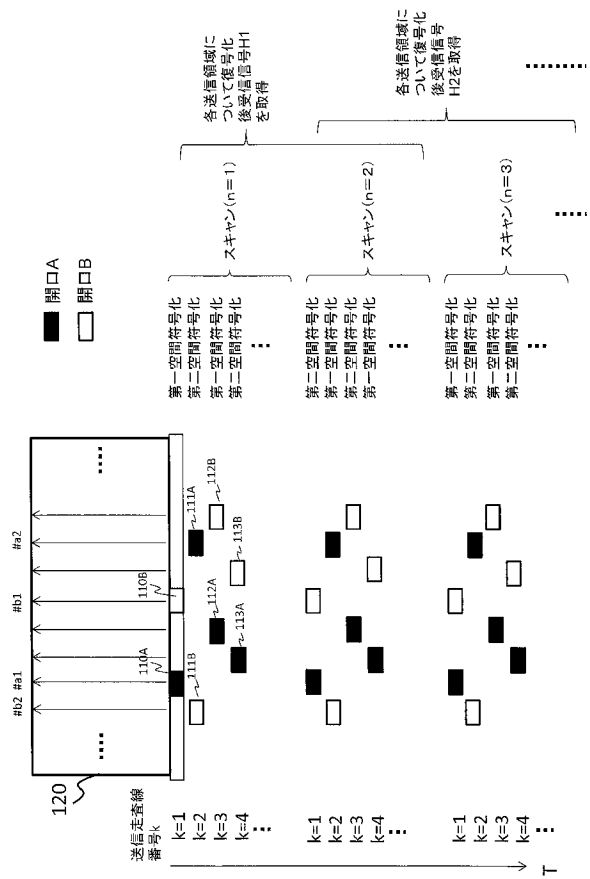
【 図 1 6 】



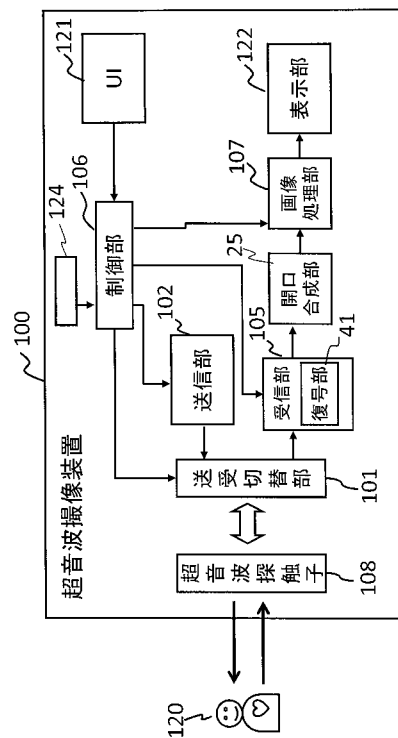
【図 17】



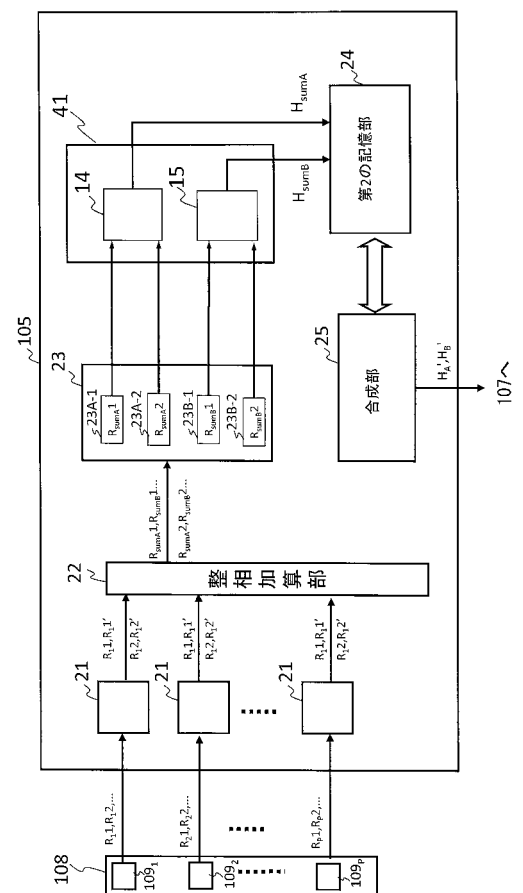
【 図 1 8 】



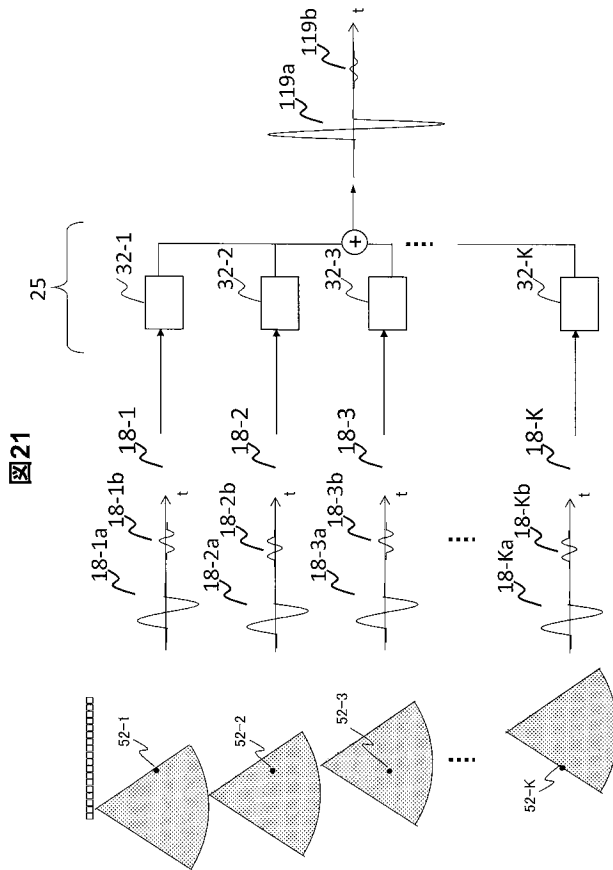
【図 19】



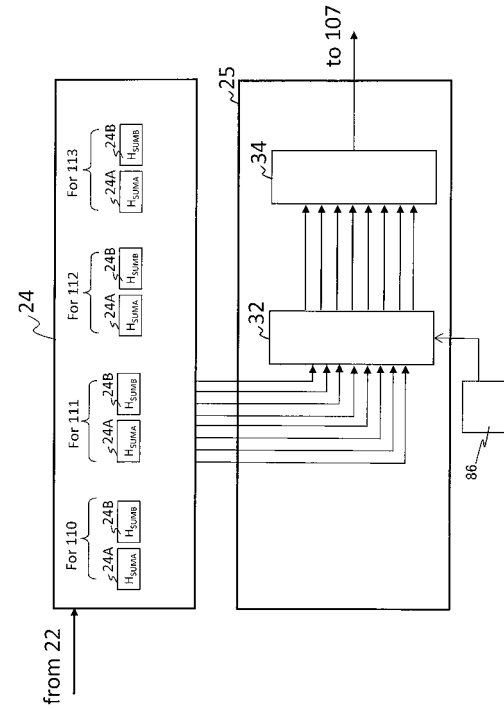
【図 20】



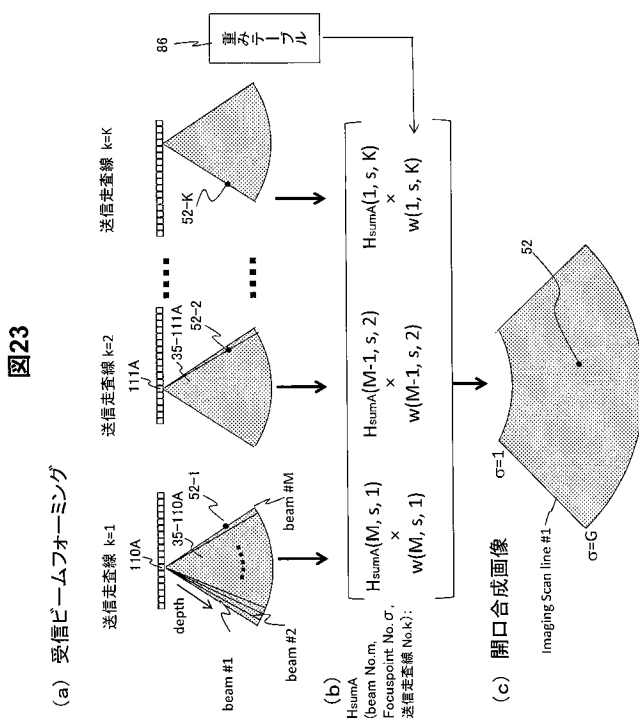
【図 2 1】



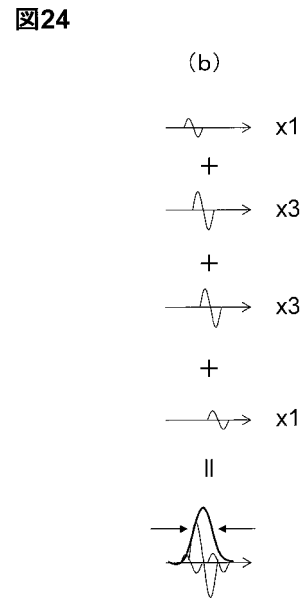
【図 2 2】



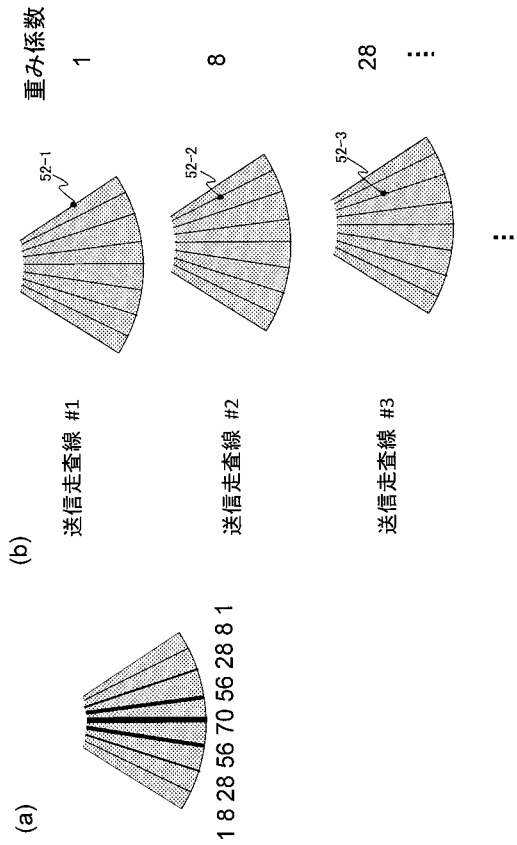
【图 2 3】



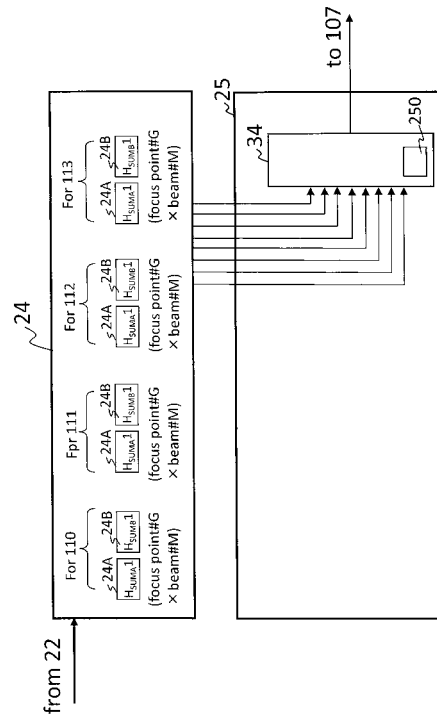
【図 24】



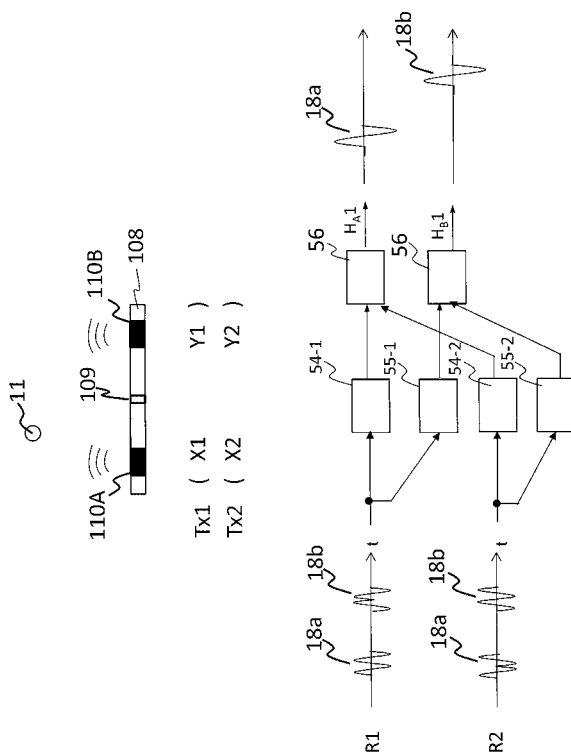
【图 2 5】



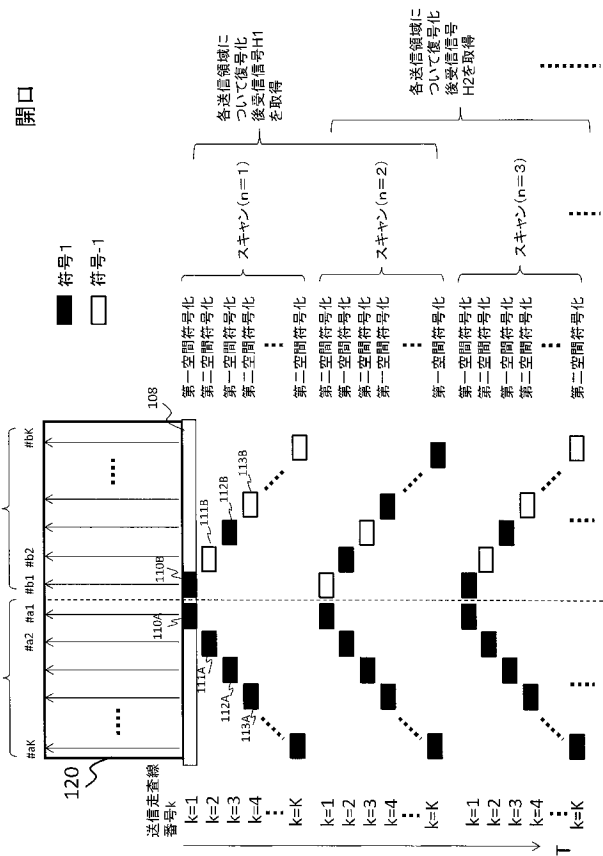
【 図 2 6 】



【図 27】



【图 28】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2015/066199
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B8/14 (2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B8/14		
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 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015		
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 11-155867 A (General Electric Co.), 15 June 1999 (15.06.1999), paragraphs [0007] to [0028]; fig. 2 to 7 & US 5851187 A	1-13
A	JP 2008-253663 A (Toshiba Corp., Toshiba Medical Systems Corp., Toshiba Medical Systems Engineering Co., Ltd.), 23 October 2008 (23.10.2008), paragraphs [0066] to [0088]; fig. 5, 7 (Family: none)	1-13
A	WO 2014/57658 A1 (Konica Minolta, Inc.), 17 April 2014 (17.04.2014), paragraphs [0027] to [0131]; fig. 4 to 10 (Family: none)	1-13
☒ 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 26 August 2015 (26.08.15)		Date of mailing of the international search report 08 September 2015 (08.09.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066199

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-209087 A (Hitachi Medical Corp.), 29 July 2004 (29.07.2004), paragraphs [0030] to [0062]; all drawings & US 2006/0173305 A1 & DE 60331861 D & CN 1756509 A	1-13

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2015/066199	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/14(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. A61B8/14			
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年			
国際調査で利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 11-155867 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 1999.06.15, [0007]-[0028], 図 2-7 & US 5851187 A	1-13	
A	JP 2008-253663 A (株式会社東芝、東芝メディカルシステムズ株式 会社、東芝医用システムエンジニアリング株式会社) 2008.10.23, [0066]-[0088], 図 5, 7 (ファミリーなし)	1-13	
A	WO 2014/57658 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2014.04.17, [0027]-[0131], 図 4-10 (ファミリーなし)	1-13	
☒ 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 26.08.2015		国際調査報告の発送日 08.09.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 竹内 あや乃	2Q 5062
		電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 6 6 1 9 9
C (続き) . 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 2004-209087 A (株式会社日立メディコ) 2004.07.29, [0030]-[0062], 全図 & US 2006/0173305 A1 & DE 60331861 D & CN 1756509 A	1-13

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	超声成像设备		
公开(公告)号	JPWO2015198824A1	公开(公告)日	2017-04-20
申请号	JP2016529229	申请日	2015-06-04
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[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	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/14 G01S15/8959		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/HH11 4C601/HH38 4C601/JB51		
优先权	2014131182 2014-06-26 JP		
其他公开文献	JP6212638B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种即使在执行空间编码发送/接收时在成像目标中发生运动时也能够减少所生成图像中的伪像的超声成像设备。为了针对超声探头108的每个(两个或更多)透射孔组110、111,透射单元102同时从透射孔组中包括的两个或更多个透射孔中获取成像目标120的预定位置。朝着发送空间编码的超声波的操作执行一次或多次。接收单元105对接收区域109的输出进行解码处理和定相处理,以获得接收信号。此时,在发送部102中,对由两个以上的多个发送孔径组中的一部分的发送孔径组发送的超声波进行空间编码,对其他的发送孔径组进行发送的超声波进行空间编码。反转符号。孔径合成单元25对通过传输孔径组110的传输获得的接收信号和通过另一传输孔径组111的传输获得的接收信号执行孔径合成。

