



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0094518
(43) 공개일자 2015년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 8/5246 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0017488
(22) 출원일자 2015년02월04일
심사청구일자 2015년02월04일
(30) 우선권주장
JP-P-2014-023624 2014년02월10일 일본(JP)

(71) 출원인
가부시끼가이샤 도시바
일본국 도쿄도 미나토구 시바우라 1쵸메 1방 1코
도시바 메디칼 시스템즈 코포레이션
일본 토치기 오타와라시 시모이시가미 1385
(72) 발명자
혼조 야스노리
일본 토치기 오타와라시 시모이시가미 1385 도시
바 메디칼 시스템즈 코포레이션 지적 재산실 내
아베 야스히코
일본 토치기 오타와라시 시모이시가미 1385 도시
바 메디칼 시스템즈 코포레이션 지적 재산실 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 박충범

전체 청구항 수 : 총 15 항

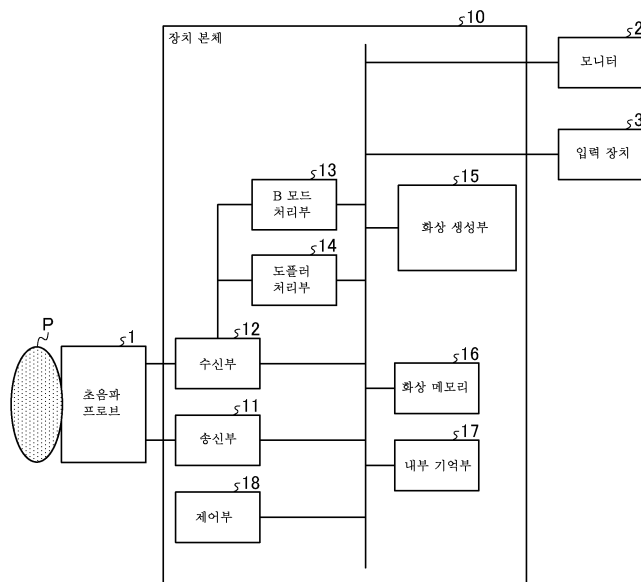
(54) 발명의 명칭 초음파 진단 장치, 화상 처리 장치 및 화상 처리 방법

(57) 요약

본 실시 형태는, 초음파 진단 장치, 화상 처리 장치 및 화상 처리 방법에 관한 것으로, 다중 반사를 저감할 수 있는 초음파 진단 장치, 화상 처리 장치 및 화상 처리 방법을 제공하는 것이다. 실시 형태의 초음파 진단 장치는, 제어부와, 처리부와, 화상 생성부를 구비한다. 제어부는, 소정의 일 방향으로 배열된 진동자군을 포함하는

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



수신 개구의 적어도 하나의 진동자를, 피검체에 송신하는 초음파의 편향각, 상기 소정의 일 방향과 상기 피검체 내에 있어서의 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각, 및 상기 진동자군의 중앙과 교차하는 상기 소정의 일 방향의 법선 방향에 대하여 수직인 방향과 상기 경계를 나타내는 방향이 이루는 각 중 적어도 하나에 기초하여 선택한다. 처리부는, 상기 제어부에 의해 선택된 상기 적어도 하나의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도가, 상기 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자 중 상기 적어도 하나의 진동자 이외의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도보다도 저감된 상태로 되도록, 상기 수신 개구에서 발생한 복수의 수신 신호 중 적어도 하나의 수신 신호에 대하여 처리를 실행하고, 상기 수신 개구의 수신 신호를 출력한다. 화상 생성부는, 상기 처리부에 의해 출력된 상기 수신 개구의 수신 신호에 기초하여, 초음파 화상 데이터를 생성한다.

(72) 발명자

가와기시 데츠야

일본 토치기 오타와라시 시모이시가미 1385 도시바
메디칼 시스템즈 코포레이션 지적 재산실 내

히라마 마코토

일본 토치기 오타와라시 시모이시가미 1385 도시바
메디칼 시스템즈 코포레이션 지적 재산실 내

사토 다케시

일본 토치기 오타와라시 시모이시가미 1385 도시바
메디칼 시스템즈 코포레이션 지적 재산실 내

명세서

청구범위

청구항 1

소정의 일 방향으로 배열된 진동자군을 포함하는 수신 개구의 적어도 하나의 진동자를, 피검체에 송신하는 초음파의 편향각, 상기 소정의 일 방향과 상기 피검체 내에 있어서의 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각, 및 상기 진동자군의 중앙과 교차하는 상기 소정의 일 방향의 법선 방향에 대하여 수직인 방향과 상기 경계를 나타내는 방향이 이루는 각 중 적어도 하나에 기초하여 선택하는 제어부와,

상기 제어부에 의해 선택된 상기 적어도 하나의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도가, 상기 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자 중 상기 적어도 하나의 진동자 이외의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도보다도 저감된 상태로 되도록, 상기 수신 개구에서 발생한 복수의 수신 신호 중 적어도 하나의 수신 신호에 대하여 처리를 실행하고, 상기 수신 개구의 수신 신호를 출력하는 처리부와,

상기 처리부에 의해 출력된 상기 수신 개구의 수신 신호에 기초하여, 초음파 화상 데이터를 생성하는 화상 생성부

를 구비하는, 초음파 진단 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 처리부는, 작성부와 위상 조정 가산부를 갖고,

상기 작성부는, 상기 제어부에 의해 선택된 상기 적어도 하나의 진동자를 포함하는 범위 외에서의 가중치보다 상기 범위 내에서의 가중치를 저감한 개구 함수를 작성하고,

상기 위상 조정 가산부는, 상기 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자 각각에서 발생한 수신 신호를 상기 개구 함수에 의해 가중치 부여한 후에 위상 조정 가산한 신호를, 상기 수신 개구의 수신 신호로서 출력하는, 초음파 진단 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 작성부는, 상기 범위 내에서의 가중치를 대략 제로로 함으로써, 상기 개구 함수를 작성하는, 초음파 진단 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 적어도 하나의 진동자를 포함하는 범위 내로부터의 출력을 차단하고, 상기 범위 외로부터의 출력 신호에 기초하는 수신 신호를, 상기 수신 개구의 수신 신호로 하는, 초음파 진단 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 수신 포커스의 위치에 따라서 수신 개구의 폭을 변경하는 제어를 행하고, 각 수신 포커스에서의 수신 개구에 있어서 상기 적어도 하나의 진동자를 선택하는, 초음파 진단 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 수신 포커스의 위치에 따라서 수신 개구의 폭을 변경하는 제어를 행하고, 상기 구조물의 깊이

대응하는 수신 포커스에서의 수신 개구에 있어서 상기 적어도 하나의 진동자를 선택하는, 초음파 진단 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 프레임 간에서 초음파 송수신의 편향각을 바꾸어 초음파 주사를 복수 회 실행시키는 제어를 행함과 함께, 적어도 하나의 초음파 주사에서 상기 적어도 하나의 진동자를 선택하고,

상기 처리부는, 상기 제어부에 의해 상기 적어도 하나의 진동자가 선택된 초음파 주사에서는, 상기 처리를 실행하여 상기 수신 개구의 수신 신호를 출력하고, 상기 제어부에 의해 상기 적어도 하나의 진동자가 선택되어 있지 않은 초음파 주사에서는, 상기 처리와는 서로 다른 처리를 실행하여 상기 수신 개구의 수신 신호를 출력하고,

상기 화상 생성부는, 각 초음파 주사에서 상기 처리부에 의해 출력된 상기 수신 개구의 수신 신호에 기초하여, 각 초음파 주사의 초음파 화상 데이터를 생성하고, 생성한 복수의 초음파 화상 데이터를 합성한 화상 데이터를, 상기 초음파 화상 데이터로서 생성하는, 초음파 진단 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 참조한 조작자가 입력한 정보에 기초하여, 상기 구조물의 경계를 나타내는 방향, 또는 상기 구조물의 경계를 나타내는 방향 및 상기 구조물의 깊이를 취득하는, 초음파 진단 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 해석하여, 상기 구조물의 경계를 나타내는 방향, 또는 상기 구조물의 경계를 나타내는 방향 및 상기 구조물의 깊이를 추정하는, 초음파 진단 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제어부는, 소정의 깊이 근방의 영역에서, 상기 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 해석하는, 초음파 진단 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 소정의 깊이로서, 화상 중앙에 위치하는 깊이, 또는 초음파 프로브의 접촉면으로부터 검사 대상의 조직이 위치하는 깊이, 또는 송신 포커스의 위치를 사용하는, 초음파 진단 장치.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 제어부는, 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 참조한 조작자가 설정한 정보, 또는 상기 초음파 화상 데이터의 화상 정보를 검출한 결과, 또는 미리 설정된 정보에 기초하여 상기 구조물의 깊이를 취득하는, 초음파 진단 장치.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 초음파 프로브가 이동할 때마다, 상기 적어도 하나의 진동자를 선택하는, 초음파 진단 장치.

청구항 14

소정의 일 방향으로 배열된 진동자군을 포함하는 수신 개구의 적어도 하나의 진동자를, 피검체에 송신하는 초음

파의 편향각, 상기 소정의 일 방향과 상기 피검체 내에 있어서의 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각, 및 상기 진동자군의 중앙과 교차하는 상기 소정의 일 방향의 법선 방향에 대하여 수직인 방향과 상기 경계를 나타내는 방향이 이루는 각 중 적어도 하나에 기초하여 선택하는 제어부와,

상기 제어부에 의해 선택된 상기 적어도 하나의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도가, 상기 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자 중 상기 적어도 하나의 진동자 이외의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도보다도 저감된 상태로 되도록, 상기 수신 개구에서 발생한 복수의 수신 신호 중 적어도 하나의 수신 신호에 대하여 처리를 실행하고, 상기 수신 개구의 수신 신호를 출력하는 처리부와,

상기 처리부에 의해 출력된 상기 수신 개구의 수신 신호에 기초하여, 초음파 화상 데이터를 생성하는 화상 생성부

를 구비하는, 화상 처리 장치.

청구항 15

제어부가, 소정의 일 방향으로 배열된 진동자군을 포함하는 수신 개구의 적어도 하나의 진동자를, 피검체에 송신하는 초음파의 편향각, 상기 소정의 일 방향과 상기 피검체 내에 있어서의 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각, 및 상기 진동자군의 중앙과 교차하는 상기 소정의 일 방향의 법선 방향에 대하여 수직인 방향과 상기 경계를 나타내는 방향이 이루는 각 중 적어도 하나에 기초하여 선택하고,

처리부가, 상기 제어부에 의해 선택된 상기 적어도 하나의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도가, 상기 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자 중 상기 적어도 하나의 진동자 이외의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도보다도 저감된 상태로 되도록, 상기 수신 개구에서 발생한 복수의 수신 신호 중 적어도 하나의 수신 신호에 대하여 처리를 실행하고, 상기 수신 개구의 수신 신호를 출력하고,

화상 생성부가, 상기 처리부에 의해 출력된 상기 수신 개구의 수신 신호에 기초하여, 초음파 화상 데이터를 생성하는 것을 포함하는, 화상 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은, 2014년 2월 10일에 출원된 일본 특허 출원 번호 제2014-023624의 우선권의 이익을 향수하고, 그 일본 특허 출원의 전체 내용은 본 출원에 있어서 인용된다.

[0002] 실시 형태는, 초음파 진단 장치, 화상 처리 장치 및 화상 처리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 종래, 진단의 방해가 되는 초음파 화상(B 모드(mode) 화상)의 다중 반사를 저감하기 위해서, 다양한 방법이 행해지고 있다. 이러한 방법의 일례로서는, 초음파 송수신의 편향각을 바꾼 복수의 B 모드 화상을 가산 평균에 의해 합성(컴파운드: compound)하는 공간 컴파운드를 이용한 방법이 알려져 있다. 또한, 이 방법을 응용하여, 편향각이 서로 다른 복수의 B 모드 화상으로부터, 다중 반사 에코(echo) 성분의 정도와 위치를 추정하고, 추정 결과로부터 가산 평균 시의 가중치를 적응적으로 제어하는 방법도 알려져 있다.

[0004] 그러나, 편향각이 서로 다른 복수의 화상을 컴파운드하는 상기 방법에서는, 엘리먼트 팩터(element factor)의 제약에 의해, 편향각을 크게 한 경우의 진폭 저하의 영향을 피할 수 없었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 다중 반사를 저감할 수 있는 초음파 진단 장치, 화상 처리 장치 및 화상 처리 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 실시 형태의 초음파 진단 장치는, 제어부와, 처리부와, 화상 생성부를 구비한다. 제어부는, 소정의 일 방향으

로 배열된 진동자군을 포함하는 수신 개구의 적어도 하나의 진동자를, 피검체에 송신하는 초음파의 편향각, 상기 소정의 일 방향과 상기 피검체 내에 있어서의 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각, 및 상기 진동자군의 중앙과 교차하는 상기 소정의 일 방향의 법선 방향에 대하여 수직인 방향과 상기 경계를 나타내는 방향이 이루는 각 중 적어도 하나에 기초하여 선택한다. 처리부는, 상기 제어부에 의해 선택된 상기 적어도 하나의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도가, 상기 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자 중 상기 적어도 하나의 진동자 이외의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도보다도 저감된 상태로 되도록, 상기 수신 개구에서 발생한 복수의 수신 신호 중 적어도 하나의 수신 신호에 대하여 처리를 실행하고, 상기 수신 개구의 수신 신호를 출력한다. 화상 생성부는, 상기 처리부에 의해 출력된 상기 수신 개구의 수신 신호에 기초하여, 초음파 화상 데이터를 생성한다.

발명의 효과

[0007] 본 실시 형태의 초음파 진단 장치에 의하면, 다중 반사를 저감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 구성예를 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는, 제1 실시 형태에 따른 수신부의 구성예를 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은, 전제 방법을 설명하기 위한 도면 (1)이다.
 도 4는, 전제 방법을 설명하기 위한 도면 (2)이다.
 도 5는, 전제 방법의 과제를 설명하기 위한 도면 (1)이다.
 도 6은, 전제 방법의 과제를 설명하기 위한 도면 (2)이다.
 도 7은, 전제 방법의 과제를 설명하기 위한 도면 (3)이다.
 도 8은, 전제 방법의 과제를 설명하기 위한 도면 (4)이다.
 도 9는, 제1 실시 형태의 개요를 나타내는 도면이다.
 도 10a는, 제1 실시 형태에서 사용되는 파라미터(parameter)를 설명하기 위한 도면 (1)이다.
 도 10b는, 제1 실시 형태에서 사용되는 파라미터를 설명하기 위한 도면 (2)이다.
 도 10c는, 제1 실시 형태에서 사용되는 파라미터를 설명하기 위한 도면 (3)이다.
 도 10d는, 제1 실시 형태에서 사용되는 파라미터를 설명하기 위한 도면 (4)이다.
 도 11은, 제1 실시 형태에 따른 제어부가 행하는 처리를 설명하기 위한 도면 (1)이다.
 도 12는, 제1 실시 형태에 따른 제어부가 행하는 처리를 설명하기 위한 도면 (2)이다.
 도 13은, 제1 실시 형태에 따른 제어부가 행하는 처리를 설명하기 위한 도면 (3)이다.
 도 14는, 제1 실시 형태에 따른 제어부가 행하는 처리를 설명하기 위한 도면 (4)이다.
 도 15는, 제1 실시 형태에 따른 제어부가 행하는 처리를 설명하기 위한 도면 (5)이다.
 도 16은, 제1 실시 형태에 따른 제어부가 행하는 처리를 설명하기 위한 도면 (6)이다.
 도 17은, 제1 실시 형태의 효과를 설명하기 위한 도면 (1)이다.
 도 18은, 제1 실시 형태의 효과를 설명하기 위한 도면 (2)이다.
 도 19는, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 처리의 일례를 나타내는 흐름도(flowchart)이다.
 도 20은, 제2 실시 형태를 설명하기 위한 도면 (1)이다.
 도 21은, 제2 실시 형태를 설명하기 위한 도면 (2)이다.
 도 22는, 제2 실시 형태를 설명하기 위한 도면 (3)이다.
 도 23은, 제2 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 처리의 일례를 나타내는 흐름도이다.

도 24는, 제3 실시 형태를 설명하기 위한 도면 (1)이다.

도 25는, 변형예를 설명하기 위한 도면 (1)이다.

도 26은, 변형예를 설명하기 위한 도면 (2)이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 이하, 첨부 도면을 참조하여, 초음파 진단 장치의 실시 형태를 상세히 설명한다.
- [0010] (제1 실시 형태)
- [0011] 우선, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 구성에 대하여 설명한다. 도 1은, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 구성예를 설명하기 위한 도면이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치는, 초음파 프로브(1: probe)와, 모니터(2: monitor)와, 입력 장치(3)와, 장치 본체(10)를 갖는다.
- [0012] 초음파 프로브(1)는, 소정의 일 방향으로 배열된 복수의 진동자(예를 들어, 압전 진동자)로 구성되는 진동자군을 갖는다. 이들 복수의 진동자는, 후술하는 장치 본체(10)가 갖는 송신부(11)로부터 공급되는 구동 신호에 기초하여 초음파를 발생한다. 또한, 초음파 프로브(1)가 갖는 복수의 진동자는, 피검체 P로부터의 반사파를 수신하여 전기 신호로 변환한다. 또한, 초음파 프로브(1)는 진동자에 형성되는 정합층과, 진동자로부터 후방으로의 초음파의 전파를 방지하는 배킹(backing)재 등을 갖는다.
- [0013] 초음파 프로브(1)로부터 피검체 P에 초음파가 송신되면, 송신된 초음파는, 피검체 P의 체내 조직에 있어서의 음향 임피던스(impedance)의 불연속면에서 차례차례 반사되고, 반사파로서 초음파 프로브(1)가 갖는 복수의 진동자에 의해 수신된다. 반사파는, 상기 반사파를 수신한 진동자에 의해, 전기 신호인 반사파 신호(수신 신호)로 변환된다. 각 진동자가 발생하는 반사파 신호의 진폭은, 초음파가 반사되는 불연속면에 있어서의 음향 임피던스의 차에 의존한다. 또한, 송신된 초음파 펄스(pulse)가, 이동하고 있는 혈류나 심벽 등의 표면에서 반사된 경우의 반사파 신호는, 도플러(Doppler) 효과에 의해, 이동체의 초음파 송신 방향에 대한 속도 성분에 의존하여, 주파수 편이를 받는다.
- [0014] 여기서, 초음파 프로브(1)는, 장치 본체(10)와 착탈 가능하게 접속된다. 장치 본체(10)에 접속되는 초음파 프로브(1)는, 소정의 일 방향으로 배열된 진동자군이, 예를 들어, 일렬로 배치된 진동자 열을 갖고, 피검체 P를 2차원으로 주사하는 1D 어레이(array) 프로브이다. 또는, 장치 본체(10)에 접속되는 초음파 프로브(1)는, 예를 들어, 진동자 열을 소정의 각도(요동 각도)로 요동시킴으로써, 피검체 P를 3차원 주사하는 메커니컬(mechanical) 4D 프로브이다. 또는, 장치 본체(10)에 접속되는 초음파 프로브(1)는, 예를 들어, 피검체 P를 3차원 주사하기 위해서, 복수의 진동자가 2차원으로 배치된, 즉, 진동자 열이 복수열로 배치된 2D 어레이 프로브이다.
- [0015] 이하에서는, 초음파 프로브(1)로서, 1D 어레이 프로브를 사용하는 경우에 대하여 설명한다. 또한, 1D 어레이 프로브로서는, 진동자 열 내에서 개구(송신 개구 및 수신 개구)를 이동하여 초음파 주사를 행하는 리니어(linear)형 초음파 프로브나 콘벡스(convex)형 초음파 프로브를 들 수 있다. 또는, 1D 어레이 프로브로서는, 진동자 열 내에서 개구(송신 개구 및 수신 개구)의 위치를 일정하게 하여 주사 방향을 편향하여 초음파 주사를 행하는 섹터형 초음파 프로브를 들 수 있다. 진동자군이 배열되는 소정의 일 방향은, 초음파 프로브(1)의 종류에 따라서 서로 다르다. 예를 들어, 리니어형 초음파 프로브에서는, 진동자군은 직선 형상으로 배열된다. 또한, 예를 들어, 콘벡스형 초음파 프로브에서는, 진동자군은, 소정의 곡률로 되는 원호형상으로 배열된다.
- [0016] 입력 장치(3)는, 마우스(mouse), 키보드(keyboard), 버튼(button), 패널 스위치(panel switch), 터치 커맨드 스크린(touch command screen), 풋 스위치(foot switch), 트랙볼(trackball), 조이스틱(joy stick) 등을 갖는다. 입력 장치(3)는, 초음파 진단 장치의 조작자로부터의 각종 설정 요구를 수취하고, 장치 본체(10)에 대하여 수취한 각종 설정 요구를 전송한다.
- [0017] 모니터(2)는, 초음파 진단 장치의 조작자가 입력 장치(3)를 사용하여 각종 설정 요구를 입력하기 위한 GUI(Graphical User Interface)를 표시하거나, 장치 본체(10)에 있어서 생성된 초음파 화상 데이터(data) 등을 표시하거나 한다.
- [0018] 장치 본체(10)는, 초음파 프로브(1)가 갖는 각 진동자가 발생한 수신 신호인 반사파 신호에 기초하여 초음파 화상 데이터를 생성하는 장치이며, 도 1에 도시한 바와 같이, 송신부(11)와, 수신부(12)와, B 모드 처리부(13)와, 도플러 처리부(14)와, 화상 생성부(15)와, 화상 메모리(16: memory)와, 내부 기억부(17)와, 제어부(18)를 갖는다.

다.

- [0019] 송신부(11)는, 후술하는 제어부(18)의 지시에 기초하여, 초음파 송신에 있어서의 송신 지향성을 제어한다. 즉, 송신부(11)는, 송신 빔포머(beam-former)이다. 구체적으로는, 송신부(11)는, 레이트 펄스(rate pulsar) 발생기, 송신 지연부, 송신 펄스(pulsar) 등을 갖고, 초음파 프로브(1)에 구동 신호를 공급한다. 레이트 펄스 발생기는, 소정의 레이트(rate) 주파수(PRF: Pulse Repetition Frequency)로, 송신 초음파를 형성하기 위한 레이트 펄스(rate pulse)를 반복하여 발생한다. 레이트 펄스는, 송신 지연부를 통과함으로써 서로 다른 송신 지연 시간이 가해진 상태에서 송신 펄스에 전압을 인가한다. 즉, 송신 지연부는, 초음파 프로브(1)로부터 발생하는 초음파를 빔(beam) 형상으로 집속하여 송신 지향성을 결정하기 위해 필요한 진동자마다의 송신 지연 시간을, 레이트 펄스 발생기가 발생하는 각 레이트 펄스에 대하여 부여한다. 송신 펄스는, 이러한 레이트 펄스에 기초하는 타이밍(timing)에, 초음파 프로브(1)에 구동 신호(구동 펄스)를 인가한다.
- [0020] 구동 펄스는, 송신 펄스로부터 케이블(cable)을 통해 초음파 프로브(1) 내의 진동자까지 전달한 후에, 진동자에 있어서 전기 신호로부터 기계적 진동으로 변환된다. 이 기계적 진동은, 생체 내부에서 초음파로서 송신된다. 진동자마다 서로 다른 송신 지연 시간을 가진 초음파는, 수렴되어 소정 방향으로 전반되어 간다. 송신 지연부는, 각 레이트 펄스에 대하여 부여하는 송신 지연 시간을 변화시킴으로써, 진동자면으로부터의 송신 방향을 임의로 조정한다. 송신부(11)는, 초음파 빔의 송신에 사용하는 진동자의 수 및 위치(송신 개구)와, 송신 개구를 구성하는 각 진동자의 위치에 따른 송신 지연 사이를 제어함으로써, 송신 지향성을 부여한다.
- [0021] 또한, 송신부(11)는, 후술하는 제어부(18)의 지시에 기초하여, 소정의 스캔 시퀀스(scan sequence)를 실행하기 위해서, 송신 주파수, 송신 구동 전압 등을 순간적으로 변경 가능한 기능을 갖고 있다. 특히, 송신 구동 전압의 변경은, 순간에 그 값을 전환 가능한 리니어 앰프(linear amplifier)형의 발신 회로, 또는 복수의 전원 유닛(unit)을 전기적으로 전환하는 기구에 의해 실현된다.
- [0022] 초음파 프로브(1)가 송신한 초음파의 반사파는, 초음파 프로브(1) 내부의 진동자까지 도달한 후, 진동자에 있어서, 기계적 진동으로부터 전기적 신호(반사파 신호)로 변환되어, 수신부(12)에 입력된다.
- [0023] 수신부(12)는, 후술하는 제어부(18)의 지시에 기초하여, 초음파 수신에 있어서의 수신 지향성을 제어한다. 즉, 수신부(12)는, 수신 빔포머이다. 도 2는, 제1 실시 형태에 따른 수신부의 구성예를 설명하기 위한 도면이다. 예를 들어, 수신부(12)는, 도 2에 도시한 바와 같이, 프리앰프(121: pre-amplifier), A/D(Analog/Digital) 변환부(122), 수신 지연부(123), 작성부(124), 위상 조정 가산부(125) 등을 갖고, 초음파 프로브(1)가 갖는 각 진동자가 발생한 반사파 신호에 대하여 각종 처리를 행하여, 수신 주사선마다의 반사파 데이터(수신 신호)를 생성한다. 반사파 데이터는, 예를 들어, 도 2에 도시한 바와 같이, 후술하는 B 모드 처리부(13), 화상 생성부(15)의 처리에 의해 초음파 화상 데이터(B 모드 화상 데이터)로 변환되어, 모니터(2)로 출력된다.
- [0024] 프리앰프(121)는, 반사파 신호를 채널(channel)마다 증폭하여 게인(gain) 조정을 행한다. A/D 변환부(122)는, 게인 보정된 반사파 신호를 A/D 변환함으로써, 게인 보정된 반사파 신호를 디지털 데이터로 변환한다. 수신 지연부(123)는, 디지털 데이터(digital data)에 대하여, 수신 지향성을 결정하는 데 필요한 수신 지연(수신 지연 시간)을 가한다. 즉, 수신 지연부(123)가 각 진동자의 출력 신호에 대하여 수신 지연 시간을 가함으로써, 수신 주사선의 동일 샘플점으로부터의 신호가, 위상 조정 가산부(125)에 입력된다. 이와 같이, 수신부(12)는, 반사파의 수신에 사용하는 진동자의 수 및 위치(수신 개구)와, 수신 개구를 구성하는 각 진동자의 위치에 따른 수신 지연 시간을 제어함으로써, 수신 지향성을 부여한다. 또한, 수신 지연 시간은, 진동자의 위치와 함께, 수신 포커스의 위치에 따라서 서로 다르다.
- [0025] 또한, 수신부(12)는, DVAF(Dynamic Variable Aperture Focus)법을 실행 가능하다. DVAF법을 행하는 경우, 수신부(12)는, 근처에서 되돌아오는 신호를 수신하는 경우에는, 수신 개구폭을 작게 하여, 근거리의 수신 빔을 가늘게 한다. 또한, DVAF법을 행하는 경우, 수신부(12)는, 멀리에서 되돌아오는 신호를 수신하는 경우에는, 수신 개구폭이 클수록 강한 포커스(focus)를 가할 수 있으므로, 거리에 따라서 수신 개구폭을 크게 한다. 이러한 수신 개구폭은, 미리 설정되는 「F-number」에 의해 설정된다. 또한, 「F-number」는, 수신 포커스의 깊이와 수신 개구폭의 비로 정의되는 값이며, 조작자에 의해 임의로 변경 가능하다. 수신부(12)는 DVAF법을 행하는 경우, 「F-number」에 따라서, 각 깊이 위치에서의 수신 개구폭을 변경한다. 구체적으로는, 수신부(12)는 수신 포커스 위치와 「F-number」로 정해지는 수신 개구폭의 수신 개구를, 수신 주사선이 중심이 되도록 설정한다.
- [0026] 위상 조정 가산부(125)는, 수신 지연부(123)에 의해 수신 지연 시간이 부여된 반사파 신호(디지털 데이터)의 가산 처리(위상 조정 가산 처리)를 행한다. 즉, 위상 조정 가산부(125)는, 수신 개구의 각 진동자가 수신한 동일

샘플(sample)점으로부터의 신호를 가산한다. 위상 조정 가산부(125)의 가산 처리에 의해, 반사파 신호의 수신 지향성에 따른 방향으로부터의 반사 성분이 강조된다. 위상 조정 가산부(125)가 출력한 신호는, 반사파 데이터(수신 신호)로서, 후단의 처리부로 출력된다.

[0027] 여기서, 수신부(12)는, 수신 아포다이제이션(apodization)을 행한다. 즉, 위상 조정 가산부(125)는, 수신 개구의 각 진동자가 수신한 동일 샘플점으로부터의 신호를, 개구 함수(아포다이제이션 함수)에 의해 가중치 부여를 행한 후에, 위상 조정 가산 처리를 행한다. 이러한 개구 함수는, 후술하는 제어부(18)의 제어하에, 도 2에 도시한 작성부(124)가 작성한다. 개구 함수(수신 개구 함수)는, 진동자의 위치마다 가중치가 설정된 함수이다.

[0028] 위상 조정 가산부(125)는, 수신 개구를 구성하는 복수의 소자 각각이 수신한 신호를, 작성부(124)가 작성한 개구 함수에 의해 가중치 부여한 후에 위상 조정 가산한다. 여기서, 수신부(12)는 DVAF법을 행하는 경우, 수신 개구폭의 조정과 함께, 수신 감도의 보정을 행한다. 또한, DVAF법을 행하는 경우, 작성부(124)는, 깊이 위치에 따라서 개구폭이 서로 다른 수신 개구마다, 개구 함수를 작성한다. 제1 실시 형태에서 작성부(124)가 작성하는 개구 함수에 대해서는, 후에 상세히 설명한다.

[0029] 여기서, 위상 조정 가산부(125)로부터의 출력 신호의 형태는, RF(Radio Frequency) 신호나 IQ 신호라 불리는 위상 정보가 포함되는 신호인 경우나, 포락선 검파 처리 후의 진폭 정보인 경우 등, 다양한 형태가 선택 가능하다.

[0030] B 모드 처리부(13)는, 수신부(12)가 생성하고, 출력한 수신 신호인 반사파 데이터에 대하여 대수 증폭, 포락선 검파 처리, 대수 압축 등을 행하여, 샘플점마다의 신호 강도(진폭 강도)가 휘도의 밝기로 표현되는 데이터(B 모드 데이터)를 생성한다.

[0031] 도플러 처리부(14)는, 수신부(12)가 생성하고, 출력한 수신 신호인 반사파 데이터를 주파수 해석함으로써, 주사 범위 내에 있는 이동체의 도플러 효과에 기초하는 운동 정보를 추출한 데이터(도플러 데이터)를 생성한다. 구체적으로는, 도플러 처리부(14)는 이동체의 운동 정보로서, 평균 속도, 분산값, 파워(power)값 등을 다점에 걸쳐 추출한 도플러 데이터를 생성한다. 여기서, 이동체란, 예를 들어 혈류나, 심벽 등의 조직, 조영제이다.

[0032] 또한, 본 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치는, 콘트라스트 하모닉 이미징(CHI: Contrast Harmonic Imaging)이나, 티슈 하모닉 이미징(THI: Tissue Harmonic Imaging) 등의 하모닉 이미징을 실행 가능하다.

[0033] 예를 들어, 하모닉 이미징에서는, 진폭 변조(AM: Amplitude Modulation)법이나 위상 변조(PM: Phase Modulation)법, AM법 및 PM법을 조합한 AMPM법이라 불리는 영상법이 행해진다. AM법, PM법 및 AMPM법에서는, 동일한 주사선에 대하여 진폭이나 위상이 서로 다른 초음파 송신을 복수 회 행한다. 이에 의해, 수신부(12)는, 각 주사선에서 복수의 반사파 데이터(수신 신호)를 생성한다. 수신부(12), 또는 B 모드 처리부(13)는, 각 주사선의 복수의 반사파 데이터(수신 신호)를, 변조법에 따라 가감산 처리함으로써, 하모닉 성분을 추출한다. 그리고, B 모드 처리부(13)는, 하모닉 성분의 반사파 데이터(수신 신호)에 대하여 포락선 검파 처리 등을 행하여, B 모드 데이터를 생성한다.

[0034] 예를 들어, PM법이 행해지는 경우, 송신부(11)는, 제어부(18)가 설정한 스캔 시퀀스에 의해, 예를 들어 (-1, 1)과 같이, 위상 극성을 반전시킨 동일 진폭의 초음파를, 각 주사선에서 2회 송신시킨다. 그리고, 수신부(12)는 「-1」의 송신에 의한 수신 신호와, 「1」의 송신에 의한 수신 신호를 생성한다. 그리고, 수신부(12), 또는 B 모드 처리부(13)는, 이들 2개의 수신 신호를 가산한다. 이에 의해, 기본파 성분이 제거되고, 2차 고조파 성분이 주로 잔존한 신호가 생성된다. 그리고, B 모드 처리부(13)는, 이 신호에 대하여 포락선 검파 처리 등을 행하여, THI의 B 모드 데이터나 CHI의 B 모드 데이터를 생성한다.

[0035] 또한, THI에서는, 수신 신호에 포함되는 2차 고조파 성분과 차음 성분을 사용하여 영상화를 행하는 방법이 실용화되어 있다. 차음 성분을 사용한 영상화법에서는, 예를 들어, 중심 주파수가 「f1」의 제1 기본파와, 중심 주파수가 「f1」보다 큰 「f2」의 제2 기본파를 합성한 합성 파형의 송신 초음파를, 초음파 프로브(1)로부터 송신시킨다. 이 합성 파형은, 2차 고조파 성분과 동일한 극성을 갖는 차음 성분이 발생하도록, 서로의 위상이 조정된 제1 기본파의 파형과 제2 기본파의 파형을 합성한 파형이다. 송신부(11)는, 합성 파형의 송신 초음파를, 위상을 반전시키면서, 예를 들어, 2회 송신시킨다. 이러한 경우, 수신부(12)는, 이들 2회의 송신 각각에 대응하는 2개의 수신 신호를 생성한다. 그리고, 수신부(12), 또는 B 모드 처리부(13)는, 이들 2개의 수신 신호를 가산한다. 이에 의해, 기본파 성분이 제거되고, 차음 성분 및 2차 고조파 성분이 주로 잔존한 신호가 생성된다. 그리고, B 모드 처리부(13)는, 이 신호에 대하여 포락선 검파 처리 등을 행하여, THI의 B 모드 데이터를 생성한다.

- [0036] 화상 생성부(15)는, B 모드 처리부(13) 및 도플러 처리부(14)가 생성한 데이터로부터 초음파 화상 데이터를 생성한다. 즉, 화상 생성부(15)는, B 모드 처리부(13)가 생성한 B 모드 데이터로부터 반사파의 강도를 휘도로 나타낸 B 모드 화상 데이터를 생성한다. 또한, 화상 생성부(15)는, 도플러 처리부(14)가 생성한 도플러 데이터로부터 이동체 정보를 나타내는 평균 속도 화상, 분산 화상, 파워 화상, 또는 이들의 조합 화상으로서의 컬러 도플러 화상 데이터를 생성한다.
- [0037] 여기서, 화상 생성부(15)는, 일반적으로는 초음파 주사의 주사선 신호 열을, 텔레비전(television) 등으로 대표되는 비디오 포맷(video format)의 주사선 신호 열로 변환(스캔 컨버트(scan convert))하고, 표시용 초음파 화상 데이터를 생성한다. 구체적으로는, 화상 생성부(15)는, 초음파 프로브(1)에 의한 초음파의 주사 형태에 따라서 좌표 변환을 행함으로써, 표시용 초음파 화상 데이터를 생성한다. 또한, 화상 생성부(15)는 초음파 화상 데이터에, 다양한 파라미터의 문자 정보, 눈금, 보디 마크(body mark) 등을 합성한다.
- [0038] 즉, B 모드 데이터 및 도플러 데이터는, 스캔 컨버트 처리 전의 초음파 화상 데이터이며, 화상 생성부(15)가 생성하는 데이터는, 스캔 컨버트 처리 후의 표시용 초음파 화상 데이터이다. 또한, B 모드 데이터 및 도플러 데이터는, 미가공 데이터(Raw Data)라고도 불린다.
- [0039] 또한, 초음파 프로브(1)로서 메커니컬 4D 프로브나 2D 어레이 프로브가 사용되는 경우, 송신부(11), 수신부(12), B 모드 처리부(13), 도플러 처리부(14) 및 화상 생성부(15)는, 3차원의 초음파 화상 데이터(볼륨 데이터(volume data))를 생성하기 위한 처리를 실행하는 것이 가능하다. 예를 들어, 송신부(11)는 피검체 P를 3차원 주사하는 경우, 초음파 프로브(1)로부터 3차원의 초음파 빔을 송신시킨다. 그리고, 수신부(12)는, 초음파 프로브(1)가 수신한 3차원의 반사파 신호로부터 3차원의 반사파 데이터를 생성한다.
- [0040] 그리고, B 모드 처리부(13)는, 3차원의 반사파 데이터로부터 3차원의 B 모드 데이터를 생성한다. 또한, 도플러 처리부(14)는, 3차원의 반사파 데이터로부터 3차원의 도플러 데이터를 생성한다. 화상 생성부(15)는, B 모드 처리부(13)가 생성한 3차원의 B 모드 데이터에 대하여 좌표 변환을 행함으로써, 3차원 B 모드 화상 데이터를 생성한다. 또한, 화상 생성부(15)는, 도플러 처리부(14)가 생성한 3차원의 도플러 데이터에 대하여 좌표 변환을 행함으로써, 3차원 도플러 화상 데이터를 생성한다.
- [0041] 또한, 화상 생성부(15)는, 볼륨 데이터를 모니터(2)에 표시하기 위한 각종 2차원 화상 데이터를 생성하기 위해서, 볼륨 데이터에 대하여 렌더링(rendering) 처리를 행한다. 화상 생성부(15)가 행하는 렌더링 처리로서는, 예를 들어, 단면 재구성법(MPR: Multi Planar Reconstruction)을 행하여 볼륨 데이터로부터 MPR 화상 데이터를 생성하는 처리가 있다. 또한, 화상 생성부(15)가 행하는 렌더링 처리로서는, 예를 들어, 3차원의 정보를 반영한 2차원 화상 데이터를 생성하는 볼륨 렌더링(VR: Volume Rendering) 처리가 있다.
- [0042] 화상 메모리(16)는, 화상 생성부(15)가 생성한 화상 데이터를 기억하는 메모리이다. 또한, 화상 메모리(16)는, B 모드 처리부(13)나 도플러 처리부(14)가 생성한 데이터를 기억하는 것도 가능하다. 화상 메모리(16)가 기억하는 B 모드 데이터나 도플러 데이터는, 예를 들어, 진단의 후에 조작자가 호출하는 것이 가능하게 되어 있으며, 화상 생성부(15)를 경유하여 표시용 초음파 화상 데이터로 된다.
- [0043] 내부 기억부(17)는, 초음파 송수신, 화상 처리 및 표시 처리를 행하기 위한 제어 프로그램(program)이나, 진단 정보(예를 들어, 환자 ID, 의사의 소견 등)나, 진단 프로토콜(protocol)이나 각종 보디 마크 등의 각종 데이터를 기억한다. 예를 들어, 내부 기억부(17)는, 하모닉 이미징을 행하기 위한 스캔 시퀀스 등을 기억한다. 또한, 내부 기억부(17)는, 필요에 따라 화상 메모리(16)가 기억하는 데이터의 보관 등에도 사용된다.
- [0044] 제어부(18)는, 초음파 진단 장치의 처리 전체를 제어한다. 구체적으로는, 제어부(18)는, 입력 장치(3)를 통해 조작자로부터 입력된 각종 설정 요구나, 내부 기억부(17)로부터 읽어들이는 각종 제어 프로그램 및 각종 데이터에 기초하여, 송신부(11), 수신부(12), B 모드 처리부(13), 도플러 처리부(14) 및 화상 생성부(15)의 처리를 제어한다. 또한, 제어부(18)는, 화상 메모리(16)가 기억하는 표시용 초음파 화상 데이터를 모니터(2)에서 표시하도록 제어한다. 또한, 제1 실시 형태에 따른 제어부(18)는 초음파 송수신의 제어로서, 수신 아포다이제이션의 제어를 행하지만, 이에 대해서는, 후에 상세히 설명한다.
- [0045] 이상, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 전체 구성에 대하여 설명하였다. 이러한 구성 하에, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치는, B 모드 화상 데이터의 생성 표시를 행한다. 여기서, 종래, 진단의 방해가 되는 초음파 화상(B 모드 화상)의 다중 반사를 저감하기 위해서, 다양한 방법이 행해지고 있다. 이러한 방법의 일례로서는, 초음파 송수신의 편향각을 바꾼 복수의 B 모드 화상을 가산 평균에 의해 합성(컴파운드: compound)하는 공간 컴파운드를 이용한 방법이 알려져 있다. 또한, 이 방법을 응용하여, 편향각이 서로 다른 복수의 B

모드 화상으로부터, 다중 반사 에코 성분의 정도와 위치를 추정하고, 추정 결과로부터 가산 평균 시의 가중치를 적응적으로 제어하는 방법도 알려져 있다. 그러나, 편향각이 서로 다른 복수의 화상을 컴파운드하는 상기 방법에서는, 엘리먼트 팩터의 제약에 의해, 편향각을 크게 한 경우의 진폭 저하의 영향을 피할 수 없다.

[0046] 따라서, 다중 반사를 저감시키는 별도의 방법으로서, 다중 반사 성분을 가능한 한 포함하지 않도록 수신 아포다이제이션을 작성하는 방법도 제안되어 있다. 이러한 방법에서는, 예를 들어, 수신 개구의 중앙 부분의 가중치를 「0」으로 하는 개구 함수에 의한 수신 아포다이제이션이 이용된다. 이하, 수신 개구의 중앙 부분의 가중치를 「0」으로 하는 방법을, 「전제 방법」으로 기재한다. 그러나, 이 전제 방법에서는, 다중 반사 성분을 저감할 수 없는 경우가 있었다. 본 실시 형태에서는, 이러한 전제 방법의 과제를 해소하기 위한 방법을 설명한다.

[0047] 이하, 상기 전제 방법과, 전제 방법의 과제에 대하여, 도 3 내지 도 8을 이용하여 설명한 후에, 본 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치가 행하는 수신 아포다이제이션에 대하여 설명한다. 도 3 및 도 4는, 전제 방법을 설명하기 위한 도면이며, 도 5 내지 도 8은, 전제 방법의 과제를 설명하기 위한 도면이다.

[0048] 도 3에 도시한 「A」는, 초음파 프로브(1)에 있어서, 어떤 수신 주사선에서 설정된 수신 개구를 나타낸다. 도 3에서는, 수신 개구 A와 동일한 폭의 송신 개구로부터 송신된 초음파 빔의 형상도 맞춰서 나타내고 있다. 또한, 도 3에서는, 다중 반사를 일으키는 요인이 되는 피검체 P 내의 구조물에 의해, 주사 단면 내에서 음향 임피던스에 큰 차가 발생한 「경계」를 선분으로 나타내고 있다. 도 3에 도시한 일례에서는, 송신 초음파 빔의 초점은, 「경계」의 깊이에 대략 일치하고 있다.

[0049] 또한, 도 3의 좌측 도면에서는, 상기 구조물이 형성하는 「경계」에 의해 발생하는 1회 다중의 양상을 점선으로 나타내고 있다. 도 3에 도시한 일례에서는, 송신 초음파가 「경계」에 의해 반사된 반사파는, 초음파 프로브(1)의 표면(프로브 표면)에 도달한다. 그리고, 이 반사파는, 프로브 표면에 의해 반사된 후에, 다시 「경계」에 의해 반사되어 초음파 프로브(1)의 표면에 도달한다. 이와 같이 하여 일어나는 1회 다중으로 수신 개구 A가 수신한 신호(다중 반사 신호)는, 마치 「경계」보다 깊은 위치의 경계로부터의 신호로서 표시되게 된다. 도 3에서는, 다중 반사 신호로서 표시되는 선분을 「다중 신호」로 나타내고 있다.

[0050] 또한, 도 3의 우측 도면에서는, 구조물이 형성하는 「경계」에 의해 반사되어 수신 개구 A에 의해 수신되는 참 반사 신호의 메인 빔(main beam)과, 마치 「다중 신호」의 위치에서 반사되어 수신 개구 A에 의해 수신되는 다중 반사 신호의 메인 빔을 모식적으로 나타내고 있다. 도 3의 우측 도면에 도시한 바와 같이, 반사 신호의 메인 빔과, 다중 반사 신호의 메인 빔의 지향성은, 동일한 방향으로 된다. 즉, 이들 2개의 메인 빔 지향성은, 도 3의 우측 도면에 도시한 바와 같이, 수신 개구 A의 중심을 향해 수신 개구 A에 수직인 방향으로 되어 있다.

[0051] 여기서, 구조물 근방의 위치를 수신 포커스로서 행해지는 수신 지연 처리에 의해, 구조물 유래의 반사 신호의 파면은, 수신 개구 A를 구성하는 전체 진동자에서 위상이 일치한다. 이에 반하여, 구조물의 위치를 수신 포커스로서 행해지는 수신 지연 처리를 행하여도, 다중 반사 신호의 파면은, 수신 개구 A의 중앙부의 한정된 범위의 진동자밖에는 위상이 일치하지 않는다.

[0052] 즉, 수신 지연 처리를 행한 후에, 수신 개구 A의 중앙부에 위치하는 진동자군 이외의 진동자군에서 발생한 수신 신호인 반사파 신호를 위상 조정 가산함으로써, 구조물 유래의 참 신호가 주로 추출된 신호를 얻을 수 있다. 따라서, 전제 방법에서는, 도 3에 도시한 바와 같이, 예를 들어, 수신 개구 A의 중심 위치(무게 중심 위치)를 중심으로 하여 소정의 폭을 갖는 범위의 가중치를 「0」으로 하고, 이 범위 외의 가중치를 「1」로 하는 개구 함수를 사용한 수신 아포다이제이션을 행한다. 예를 들어, 소정의 폭은, 수신 개구폭의 절반 폭이다.

[0053] 도 4는, 통상의 수신 아포다이제이션에 의해 얻어진 팬텀(phantom)의 B 모드 화상 데이터가 좌측에 배치되고, 상기 전제 방법의 수신 아포다이제이션에 의해 얻어진 동일 팬텀의 B 모드 화상 데이터가 우측에 배치된 화면을 나타내고 있다. 또한, 통상의 수신 아포다이제이션에서는, 예를 들어, 수신 개구 A의 중앙부의 가중치를 수신 개구 A의 중앙부 이외의 부분의 가중치보다 크게 한 개구 함수가 설정된다. 예를 들어, 통상의 수신 아포다이제이션에서는, 「해밍창(Hamming Window)」에 의해 가중치를 부여하는 개구 함수가 사용된다. 여기서, 도 4의 촬영에 사용된 팬텀은, 깊이 120mm 근방에 경계를 형성하는 강 반사체가 배치되고, 이 강 반사체보다 깊은 위치에 복수의 와이어(wire)가 배치된 팬텀이다. 도 4의 좌측의 B 모드 화상 데이터에서는, 강 반사체에 의한 다중 아티팩트(artifact)가 깊이 240mm 근방에 발생하고 있다. 한편, 도 4의 좌측의 B 모드 화상 데이터에서는, 강 반사체에 의한 다중 아티팩트가 대략 제거되어 있지 않다. 즉, 도 4는, 전제 방법에 의해, 수신 개구 A의 중앙부에서 가중치를 대략 0으로 함으로써, 종래 방법에 의해 촬영된 B 모드 화상 데이터에 중첩되어 있던 다중 신호를 제거할 수 있음을 나타내고 있다.

- [0054] 단, 상기 전제 방법은, 도 3에 예시하는 경우에는, 유효하다. 즉, 도 3에 도시한 일례에서는, 「피검체 P 내에 있어서의 구조물의 경계와 프로브 표면이 평행」이며 「초음파 송수신의 방향이 프로브 표면에 대하여 수직 방향」이기 때문에, 「반사 신호의 메인 빔의 지향성과 다중 반사 신호의 메인 빔의 지향성이 동일한 방향」으로 되고, 「다중 반사 신호의 수신 위치가, 반사 신호의 수신 위치와 마찬가지로 수신 개구의 대략 중앙부」로 된다. 이러한 조건을 만족시키는 경우에는, 상기 전제 방법을 행하여, 개구 중앙 부분의 가중치를 「0」으로 함으로써 다중 신호를 제거하는 것이 가능해진다.
- [0055] 그러나, 상기 전제 방법은, 도 5에 도시한 바와 같이, 프로브 표면에 대하여 구조물의 경계가 기울어져 있으면, 유효하지 못한 경우가 있다. 도 5는, 송신 빔의 방향을 프로브 표면에 대하여 수직 방향으로 하고 있지만, 프로브 표면에 대하여 구조물의 경계가 기울어져 있는 경우에 일어나는 1회 다중 반사를 예시하고 있다. 또한, 상기 전제 방법은, 도 6에 도시한 바와 같이, 송신 빔을 스티어링하고 있으면, 유효하지 못한 경우가 있다. 도 6은, 프로브 표면과 구조물의 경계가 평행하지만, 송신 빔의 방향을 프로브 표면에 대하여 기울인 방향으로 한 경우에 일어나는 1회 다중 반사를 예시하고 있다.
- [0056] 도 5의 좌측 도면 및 도 6의 좌측 도면에 도시한 바와 같이, 구조물의 경계의 반사 신호는, 프로브 표면에 대하여 기울어져 입사된다. 이로 인해, 다중 반사가 일어나면, 기울기(구조물의 경계 기울기, 또는, 송신 빔의 기울기)에 의해, 다중 반사 신호는, 구조물의 반사 신호를 수신한 진동자의 위치보다 단부측의 위치의 진동자에 의해 수신된다. 즉, 도 5의 우측 도면 및 도 6의 우측 도면에 도시한 바와 같이, 구조물의 경계의 기울기나 송신 빔의 기울기에 의해, 구조물로부터의 반사 신호의 메인 빔의 지향성과, 다중 신호의 메인 빔의 지향성은, 일치하지 않는다.
- [0057] 이와 같이, 반사 신호의 메인 빔의 지향성과 다중 신호의 메인 빔의 지향성이 서로 다르면, 도 5 및 도 6에 예시하는 현상이 일어난다. 도 5 및 도 6에 도시한 일례에서는, 구조물로부터의 반사 신호는, 가중치가 「0」인 진동자 위치에서 수신되고 있다. 그러나, 도 5 및 도 6에 도시한 일례에서는, 송신 빔의 방향과 구조물의 경계를 나타내는 방향의 상대적인 관계로부터, 다중 반사 신호는, 가중치가 존재하는 진동자 위치에서 수신되고 있다. 이로 인해, 도 5 및 도 6에 도시한 경우에, 수신 개구 A의 중심 위치를 포함하는 범위에서 가중치를 대략 「0」으로 하는 전제 방법을 적용하면, 구조물로부터의 반사 신호는, 가중치가 「0」에 의해 약해져 버려, 그 결과, 다중 반사 신호가 완전히 저감되지 않은 상태에서, 영상화가 행해지게 된다.
- [0058] 도 7의 좌측 화상은, 도 4의 좌측 화상과 마찬가지로, 통상의 수신 아포다이제이션에 의해 얻어진 팬텀의 B 모드 화상 데이터를 나타낸다. 또한, 도 7의 우측 화상은, 도 6에 도시한 「프로브 표면과 구조물의 경계가 평행하지만, 송신 빔의 방향이 프로브 표면에 대하여 기울어진 방향」인 조건에서, 수신 개구 중앙부의 가중치를 「0」으로 한 수신 아포다이제이션에 의해 얻어진 동일 팬텀의 B 모드 화상 데이터를 나타낸다.
- [0059] 도 7의 좌우 화상을 비교하면, 양쪽의 화상에서, 다중 반사 신호에 의해 유래하는 아티팩트가 대략 마찬가지로 발생하고 있으며, 전제 방법을 적용하여도, 여전히 화상 열화가 발생하는 것이 도시되어 있다.
- [0060] 또한, 상기 전제 방법에서는, 화상의 방위 분해능이 저하되는 경우가 있다. 예를 들어, 도 4의 좌우 화상을 비교하면, 전제 방법을 적용하지 않은 좌측의 화상에 비하여, 전제 방법을 적용한 우측의 화상에서는, 와이어의 방위 분해능이 저하되어 있다. 즉, 전제 방법을 적용하면, 도 4의 우측의 B 모드 화상 데이터에서는, 와이어가 방위 방향으로 퍼져서 그려져 있다. 이러한 방위 분해능의 저하는, 전제 방법이 유효하게 작용하지 않는 일례를 나타내는 도 7의 우측의 B 모드 화상 데이터에서도 발생하고 있다.
- [0061] 이 과제가 발생하는 요인에 대하여, 도 8을 이용하여 설명한다. 도 8의 상측 도면은, 초음파 프로브(1)가 갖는 각 진동자의 위치를 횡축에 나타내고, 개구 함수의 가중치를 종축으로 나타내고 있다. 또한, 도 8의 상측 도면에서는, 수신 개구로서 설정된 범위를 「ON」으로 나타내고, 수신 개구로서 설정되지 않은 범위를 「OFF」로 나타내고 있다. 그리고, 도 8의 상측 도면에서는, 전술한 바와 같이, 수신 개구의 중앙부에 가중치 「0」이 설정되고, 수신 개구의 중앙부의 범위 외에 가중치 「1」이 설정된 개구 함수를 나타내고 있다.
- [0062] 여기서, 초점 근방의 음장(진폭 분포)은, 개구 함수의 푸리에(Fourier) 변환에 의해 부여되는 것이 알려져 있다. 도 8의 하측 도면은, 도 8의 상측 도면에 도시한 개구 함수를 푸리에 변환함으로써 얻어진 초점 음장을 나타내고 있다. 구체적으로는, 도 8의 하측 도면은, 초점에 있어서의 음장 분포를 나타내고 있다. 보다 구체적으로는, 도 8의 하측 도면은, 초점에서의 방위 방향에 있어서의 음장 분포를 나타내고 있다.
- [0063] 도 8의 하측 도면에 도시한 바와 같이, 수신 개구 중앙부의 가중치를 「0」으로 한 개구 함수를 사용함으로써, 초점 근방의 음장 분포에서 「메인 로브(main-lobe)/사이드 로브(side-lobe) 비」가 상승하였음을 알 수 있다.

즉, 도 8의 하측 도면에서는, 수신 개구 중앙부의 가중치를 「0」으로 한 개구 함수를 사용하면, 메인 로브에 대하여 상대적으로 사이드 로브가 상승하는 것이 도시되어 있다. 그 결과, 도 4 및 도 7에 도시한 바와 같이, 전제 방법을 이용한 영상화에 의해 얻어지는 B 모드 화상 데이터에서는, 방위 분해능이 저하된다. 또한, 상기 다양한 과정은, THI에 의한 B 모드 화상 데이터에서도 마찬가지로 발생한다.

[0064]

따라서, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치는, 다중 반사를 저감하기 위해서, 이하의 처리를 행한다. 우선, 도 1에 도시한 제어부(18)는, 소정의 일 방향으로 배열된 진동자군을 포함하는 수신 개구의 적어도 하나의 진동자를, 이하에 나타내는 3개의 파라미터 중 적어도 하나에 기초하여 선택한다. 첫 번째 파라미터는, 피검체 P에 송신하는 초음파의 편향각이다. 두 번째 파라미터는, 소정의 일 방향과 피검체 P 내에 있어서의 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각이다. 세 번째 파라미터는, 진동자군의 중앙과 교차하는 소정의 일 방향의 법선 방향에 대하여 수직인 방향과 경계를 나타내는 방향이 이루는 각이다. 두 번째 파라미터는, 초음파 프로브(1)가 리니어형 초음파 프로브인 경우에 적용되는 파라미터이다. 한편, 세 번째 파라미터는, 초음파 프로브(1)가 콘벡스형 초음파 프로브인 경우에 적용되는 파라미터이다. 이들 파라미터에 대해서는, 후에 상세히 설명한다.

[0065]

예를 들어, 제어부(18)는, 전술한 3개의 파라미터 중 적어도 하나에 기초하여, 수신 개구의 적어도 하나의 진동자를 선택하기 위해서, 수신 개구에 있어서 다중 반사 성분이 수신되는 수신 위치를 산출한다. 일례로서, 제어부(18)는, 수신 개구에 있어서 다중 반사의 메인 빔이 수신되는 수신 위치를 산출한다. 구체적으로는, 제어부(18)는, 초음파 송수신의 방향(송수신 빔의 방향)과, 다중 반사의 요인이 되는 구조물의 방향에 기초하여, 상기 수신 위치를 산출한다. 보다 구체적으로는, 제어부(18)는, 송수신 빔의 방향과 구조물의 방향이 이루는 각도에 의한 다중 반사가 경면 반사라고 하는 가정에 기초하여, 수신 개구에 있어서 다중 반사 성분(예를 들어, 다중 반사의 메인 빔)이 수신되는 수신 위치를 산출한다. 그리고, 제어부(18)는, 산출한 수신 위치에 대응하는 적어도 하나의 진동자를 선택한다. 예를 들어, 제어부(18)는, 초음파 프로브(1)가 리니어형 초음파 프로브인 경우에는, 첫 번째 파라미터와 두 번째 파라미터에 기초하여, 적어도 하나의 진동자를 선택한다. 또한, 예를 들어, 제어부(18)는, 초음파 프로브(1)가 콘벡스형 초음파 프로브인 경우에는, 첫 번째 파라미터와 세 번째 파라미터에 기초하여, 적어도 하나의 진동자를 선택한다.

[0066]

그리고, 제어부(18)의 제어하에, 수신부(12)는, 이하에 설명하는 처리를 행하는 처리부로서 기능한다. 처리부로서의 수신부(12)는, 제어부(18)에 의해 선택된 「수신 개구의 적어도 하나의 진동자」에서 발생한 수신 신호의 신호 강도가, 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자 중 「적어도 하나의 진동자」 이외의 진동자에서 발생한 수신 신호의 신호 강도보다도 저감된 상태로 되도록, 수신 개구에서 발생한 복수의 수신 신호 중 적어도 하나의 수신 신호에 대하여 처리를 실행한다. 그리고, 수신부(12)는, 수신 개구의 수신 신호를 출력한다. 수신부(12)가 행하는 처리를, 이하에서는, 「저감 처리」라고 기재하는 경우가 있다.

[0067]

예를 들어, 제어부(18)는, 선택한 적어도 하나의 진동자를 포함하는 범위를, 저감 범위로서 설정한다. 저감 범위는, 제어부(18)에 의해 산출된 수신 위치를 기준으로 하는 범위이다. 예를 들어, 저감 범위는, 제어부(18)에 의해 산출된 수신 위치를 무게 중심으로 하는 범위이다. 수신부(12)는, 저감 범위 내에서 수신되는 신호의 정보가, 수신 개구의, 저감 범위 외에서 수신되는 신호의 정보보다 저감된 상태로 되도록 저감 처리를 실행하여, 수신 개구의 수신 신호를 출력한다. 이하에서는, 「저감 범위」를 「범위」라고 기재하고, 「저감 범위 내」를 「범위 내」라고 기재하고, 「저감 범위 외」를 「범위 외」라고 기재하는 경우가 있다. 그리고, 화상 생성부(15)는, 상기 수신 개구의 수신 신호에 기초하여, 초음파 화상 데이터를 생성한다.

[0068]

구체적으로는, 제어부(18)의 제어하에, 도 2에 도시한 작성부(124)는, 제어부(18)에 의해 선택된 적어도 하나의 진동자를 포함하는 범위 외에서의 가중치보다 상기 범위 내에서의 가중치를 저감한 개구 함수를 작성한다. 보다 구체적으로는, 작성부(124)는, 범위 내(저감 범위 내)에서의 가중치를 대략 제로로 함으로써, 개구 함수를 작성한다. 작성부(124)가 작성한 개구 함수는, 위상 조정 가산부(125)에 설정된다.

[0069]

그리고, 위상 조정 가산부(125)는, 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자 각각에서 발생한 수신 신호(반사와 신호)를 개구 함수에 의해 가중치 부여한 후에 위상 조정 가산한 신호를, 수신 개구의 수신 신호로서 출력한다. 구체적으로는, 위상 조정 가산부(125)는, 수신 개구를 구성하는 복수의 진동자군 각각이 발생하고, 수신 지연 처리가 실시된 신호를, 개구 함수에 의해 가중치 부여한 후에 가산하여, 수신 개구의 수신 신호를 얻는다. 위상 조정 가산부(125)는, 이러한 처리를 수신 주사선마다 행하여, 주사 범위 내의 반사와 데이터를 순차 B 모드 처리부(13)로 출력한다. 이에 의해, B 모드 처리부(13)는, 주사 범위 내의 B 모드 데이터를 생성하고, 화상 생성부(15)는, B 모드 처리부(13)로부터 취득한 주사 범위 내의 B 모드 데이터로부터 B 모드 화상 데이터를 생성

한다. 또한, 상기 처리는, 통상의 B 모드 촬영뿐만 아니라, 각종 THI에 의한 B 모드 촬영에도 적용 가능하다. 또한, 상기 처리는, 1D 어레이 프로브로서 리니어형 초음파 프로브, 콘벡스형 초음파 프로브, 섹터(sector)형 초음파 프로브로 행해지는 2차원 주사 모두에서 적용 가능하다. 또한, 상기 처리는, 메커니컬 4D 프로브나 2D 어레이 프로브를 사용한 3차원 주사를 행하는 경우에도 적용 가능하다.

[0070] 즉, 제1 실시 형태에서는, 수신 개구에서 가중치를 저감하는 위치(예를 들어, 가중치를 대략 「0」으로 하는 위치)가, 항상 다중 반사 신호가 수신되는 위치로 이동하도록, 개구 함수를 설정하는 수신 아포다이제이션을 행한다. 여기서, 반사 신호나 다중 반사 신호가 수신 개구에서 수신되는 위치는, 초음파 송수신의 방향과 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각도에 의한 다중 반사가 경면 반사에 의해 일어난다고 가정함으로써, 산출 가능하다.

[0071] 따라서, 제1 실시 형태에서는, 초음파 송수신의 방향과 구조물의 경계를 나타내는 방향에 의해 일어나는 경면 반사에 기초하여, 다중 반사 성분(예를 들어, 다중 반사의 메인 빔)이 수신되는 위치를 산출하고, 산출한 위치를 기준(예를 들어, 무게 중심)으로 하는 소정의 범위에서 가중치를 저감한 개구 함수를 설정한다. 도 9는, 제1 실시 형태의 개요를 나타내는 도면이다.

[0072] 도 9의 좌측 도면은, 도 6과 동일한 도면이며, 구조물로 형성되는 경계가 수평하며, 송수신 빔을 기울인 일례를 나타낸다. 제1 실시 형태에 따른 제어부(18)는 수신 개구 A에서 다중 반사의 메인 빔이 수신되는 수신 위치(진동자의 위치)를 구조물의 경계를 나타내는 방향과, 송수신 빔의 방향으로부터 산출한다. 그리고, 제1 실시 형태에 따른 제어부(18)는, 가중치 「0」으로 하는 범위의 무게 중심 위치를 「수신 개구 A의 중심 위치」로부터 「산출한 수신 위치」로 시프트시킨 개구 함수를, 작성부(124)에 작성시킨다. 이에 의해, 본 실시 형태에서는, 다중 반사 성분이 대폭 제거되고, 참 반사 성분이 잔존한 수신 신호를 얻을 수 있다.

[0073] 이하, 제1 실시 형태에서 행해지는 수신 아포다이제이션을, 「시프트(shift)형 수신 아포다이제이션」이라고 기재하고, 상기 전제 방법에 의해 행해지는 수신 아포다이제이션을, 「고정형 수신 아포다이제이션」이라고 기재하는 경우가 있다.

[0074] 시프트형 수신 아포다이제이션은, 도 10a, 도 10b, 도 10c 및 도 10d를 이용하여 설명하는 파라미터를 제어부(18)가 취득함으로써 실행된다. 도 10a, 도 10b, 도 10c 및 도 10d는, 제1 실시 형태에서 사용되는 파라미터를 설명하기 위한 도면이다.

[0075] 도 10a에서는, 진동자군이 배열되는 소정의 일 방향으로부터 정의되는 축을 x축으로 나타내고 있다. 진동자군이 직선 형상으로 배열된 리니어형 초음파 프로브는, 도 10b의 상측 도면에 도시한 바와 같이, 송신 개구를 이동시키면서, 송신 개구 간에서 평행한 초음파 빔을 송신하는 리니어 주사를 행한다. 리니어형 초음파 프로브를 사용하는 경우에는, x축의 방향은, 도 10b의 하측 도면에 도시한 바와 같이, 「진동자군이 배열되는 소정의 일 방향」으로 된다. 한편, 진동자군이 원호 형상으로 배열된 콘벡스형 초음파 프로브는, 도 10c에 도시한 바와 같이, 송신 개구를 이동시키면서 초음파 빔을 부채 형상으로 송신하는 오프셋(offset) 섹터 주사를 행한다. 콘벡스형 초음파 프로브를 사용하는 경우에는, x축의 방향은, 도 10c에 도시한 바와 같이, 진동자군의 중앙과 교차하는 소정의 일 방향의 법선 방향에 대하여 수직인 방향으로 된다.

[0076] 또한, 도 10a에서는, x축에 직교하고, 수신 개구의 중심 위치를 통과하는 y축의 방향(즉, 깊이 방향)을 하향의 화살표로 나타내고 있다. y축의 방향은, 콘벡스형 초음파 프로브의 경우, 상기 법선 방향으로 된다. 이하에서는, 수신 개구(및 송신 개구)의 중심 위치를 원점(0, 0)으로서 설명한다.

[0077] 또한, 도 10a에서는, 초음파 빔의 송신 방향과 y축의 방향이 이루는 각도 「 θ_t 」를, 전술한 첫 번째 파라미터 「초음파의 편향각」의 일례로서 사용하는 것을 나타내고 있다. 리니어형 초음파 프로브에서는, 도 10d의 우측 도면에 도시한 바와 같이, 각 송신 개구로부터 송신되는 초음파 빔은, 동일한 각도로 편향되기 때문에, 「초음파의 편향각」은, 초음파 빔의 송신 방향과 y축의 방향이 이루는 각도로서 용이하게 정의된다.

[0078] 한편, 콘벡스형 초음파 프로브에서는, 도 10c에 도시한 바와 같이, 초음파 빔을 편향하지 않은 경우에도, 초음파 빔의 송신 방향은, 송신 개구마다 서로 다르고, 편향각의 정의도 리니어형 초음파 프로브와는 상이하다. 이하, 도 10d를 이용하여, 콘벡스형 초음파 프로브에서 행해지는 초음파의 편향에 대하여 설명한다. 도 10d의 상측 도면은, 진동자군이, 기점 P0을 중심으로 하는 곡률 반경 R의 원호 L을 따라 배열된 콘벡스형 초음파 프로브를 예시하고 있다. 도 10d의 상측 도면에 도시한 콘벡스형 초음파 프로브는, 기점 P0을 중심으로 하는 부채 형상으로 퍼지는 초음파 빔을, 화각 Θ 로 송신한다. Θ 의 단위를 라디안이라 하면, 원호 L의 길이는, $R \times \Theta$ 로 된

다.

- [0079] 그리고, 콘벡스형 초음파 프로브로부터 스티어링(steering) 빔을 송신하는 경우, 도 10d의 하측 도면에 도시한 바와 같이, 원호 L의 중심 위치 Q를 중심으로 하고, 선분 PQ를 반경으로 하는 원 M을 따라서, 기점 P0이 이동된다. 도 10d의 하측 도면에서는, 기점 P0이 원 M을 따라 편향각 「 θ_t 」 만큼 이동한 점을 P'로 나타내고 있다. 그리고, 콘벡스형 초음파 프로브는, 도 10의 하측 도면에 도시한 바와 같이, 점 P'를 중심으로 하여 부채 형상으로 스티어링 빔을 송신한다. 콘벡스형 초음파 프로브에서는, 상기한 바와 같이 초음파의 편향각이 정의된다.
- [0080] 또한, 도 10a에서는, x축의 방향과, 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각도를, 「 θ_0 」으로 나타내고 있다. 각도 「 θ_0 」는, 구조물의 경계를 나타내는 방향을 나타내는 파라미터의 일레이며, 전술한 「두 번째 파라미터, 또는 세번째 파라미터」에 대응하는 각도이다. 또한, 도 10a에 도시한 「d」는, 각도 「 θ_0 」으로 기울어져 있는 구조물이 형성하는 경계에 있어서, 각도 「 θ_t 」로 송신된 초음파 빔이 최초로 반사되는 위치의 깊이를 나타내고 있다. 즉, 도 10a에 도시한 「d」는, 주사선 상에서, 구조물이 위치하는 깊이를 나타내고 있다.
- [0081] 그리고, 도 10a에 도시한 「X」는, 수신 개구의 중심 위치로부터, 예를 들어, 수신 개구에서 다중 반사의 메인 빔이 수신되는 수신 위치까지의 거리를 나타낸다. 즉, 「X」는, 저감 범위의 설정에 이용되는 기준으로서의 수신 위치이며, 예를 들어, 개구 함수에서 가중치를 대략 「0」으로 하는 진동자군이 차지하는 범위의 무게 중심 위치(중심 위치)로 된다. 제어부(18)는, 예를 들어, 각도 「 θ_t 」와 각도 「 θ_0 」으로 정식화되는 함수 $F(\theta_t, \theta_0)$ 에 「d」를 승산함으로써, 「X」를 산출하고, 「X」에 위치하는 「적어도 하나의 진동자」를 선택한다. 또한, 이 $F(\theta_t, \theta_0)$ 에 대해서는, 후에 수식을 이용하여 상세히 설명한다.
- [0082] 이하, 도 11 내지 도 16 및 수식을 이용하여, 제1 실시 형태에 따른 제어부(18)의 제어하에 행해지는 시프트형 수신 아포다이제이션의 일례에 대하여 설명한다. 도 11 내지 도 16은, 제1 실시 형태에 따른 제어부가 행하는 처리를 설명하기 위한 도면이다.
- [0083] 우선, 도 10a에 도시한 각종 파라미터의 취득 방법에 대하여 설명한다. 초음파 송수신의 제어를 행하기 때문에, 제어부(18)는 송수신 빔의 방향을 나타내는 편향각 「 θ_t 」를 취득 가능하다. 즉, 제어부(18)는, 초음파 스캔 전에 설정된 각종 송수신 조건으로부터, 편향각 「 θ_t 」를 취득한다.
- [0084] 또한, 제어부(18)는, x축의 방향과 구조물의 경계 방향이 이루는 각도 「 θ_0 」을, 이하에 설명하는 다양한 방법에 의해 취득한다. 가장 간단한 방법으로는, 제어부(18)는, 각도 「 θ_0 」으로서 미리 초기 설정되어 있는 값을 취득한다. 예를 들어, 제어부(18)는 「 $\theta_0=0$ 」이나 「 $\theta_0=3$ 」 등을, 내부 기억부(17)에 저장되어 있는 설정값으로부터 취득한다. 이러한 경우, 조작자는, 초기 설정되어 있는 「 θ_0 」의 값을, 예를 들어, 검사 부위 등의 정보에 따라서, 임의의 값으로 변경할 수 있다.
- [0085] 또는, 구조물의 방향을 나타내는 각도 「 θ_0 」은, 실제의 초음파 주사가 행해지는 주사 범위를 통상의 B 모드에서 촬영한 초음파 화상 데이터를 사용하여 취득한다. 이러한 경우, 제어부(18)는 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 참조한 조작자가 입력한 정보에 기초하여, 구조물의 경계를 나타내는 방향을 취득한다. 예를 들어, 제어부(18)는, 도 11에 도시한 바와 같이, 예비 촬영에 의해 사전에 얻어진 B 모드 화상 데이터를 모니터(2)에 표시시킨다. 도 11에 예시하는 B 모드 화상 데이터에는, 기울어진 혈관벽에 대응하는 「신호」가 모출되고, 또한, 얇은 위치의 혈관벽에 의한 다중 반사에 대응하는 「다중 신호」가 모출되어 있다. 또한, 도 11에 예시하는 B 모드 화상 데이터에서는, 깊은 위치의 혈관벽에 의한 다중 반사에 대응하는 「다중 신호」는, 감쇠, 또는 표시 심도에 의해 모출되어 있지 않다. 조작자는, 다중 신호의 요인이 되는 얇은 위치의 혈관벽 기울기를, 각도 계측용 툴을 사용하여 측정한다.
- [0086] 조작자는, 예를 들어, 도 11에 도시한 바와 같이, 입력 장치(3)가 갖는 각도 계측용 손잡이(31)를 돌려서, 「신호」의 각도를 계측한다. 제어부(18)는, 조작자가 손잡이(31)로 계측한 각도를, x축의 방향과 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각도 「 θ_0 」으로서 취득한다.
- [0087] 여기서, 구조물의 경계를 나타내는 방향을 수동으로 측정하는 것은, 조작자에 있어서 손이 많이 가는 처리이기 때문에, 제어부(18)는 구조물의 경계를 나타내는 방향을 자동으로 취득하여도 된다. 각도 「 θ_0 」의 취득 처리

의 자동화가 지정되어 있는 경우, 제어부(18)는 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 해석하여, 구조물의 경계를 나타내는 방향을 추정한다. 여기서, 제어부(18)는, 도 12에 도시한 바와 같이, 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터의 해석 처리로서, 에지(edge) 검출, 또는 주성분 분석을 행하여, x축의 방향과 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각도 「 θ_0 」을 추정한다. 또한, 도 12에 도시한 B 모드 화상 데이터는, 도 11에 도시한 B 모드 화상 데이터와 동일한 화상이다. 예를 들어, 제어부(18)는, 도 12에 도시한 B 모드 화상 데이터의 에지 강조 처리를 행하여 법선 벡터(vector)를 취득하고, 취득한 법선 벡터로부터 에지를 검출한다. 그리고, 제어부(18)는, 검출한 에지 방향으로부터 각도 「 θ_0 」을 추정한다. 상기 방법은, 어디까지나 일례이며, 제어부(18)는, 다양한 공지된 방법에 의해, 각도 「 θ_0 」을 추정하는 것이 가능하다.

[0088] 여기서, 각도 「 θ_0 」을 화상 정보의 검출 처리에 의해 행하는 경우, 부하를 경감하기 위해서, 제어부(18)는 이하의 처리를 행하여도 된다. 즉, 제어부(18)는 소정의 깊이 근방의 영역에서, 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 해석한다. 환언하면, 제어부(18)는 사전에 촬영된 B 모드 화상 데이터에 설정된 관심 영역(ROI: Region Of Interest)으로 한정하여, 화상 정보의 검출 처리를 행한다. 예를 들어, ROI는, B 모드 화상 데이터를 참조한 조작자에 의해 설정된다.

[0089] 또는, 조작자의 부담을 경감하기 위해서, 제어부(18)는 ROI를 자동으로 설정하여도 된다. 예를 들어, 제어부(18)는 ROI의 자동 설정에 사용되는 소정의 깊이로서, 화상 중앙에 위치하는 깊이를 사용한다. 통상적으로, 화상 중앙에 묘출되는 영역은, 화상 진단에서 특히 주목받는 영역이다. 따라서, 제어부(18)는, 화상 중앙에 다중 신호가 묘출되는 것을 피하기 위해서, 화상 중앙을 중심으로 하여 ROI를 자동 설정한다.

[0090] 또는, 제어부(18)는, ROI의 자동 설정에 사용되는 소정의 깊이로서, 초음파 프로브(1)의 접촉면에서 검사 대상의 조직이 위치하는 깊이를 사용한다. 예를 들어, 제어부(18)는, 사전에 입력된 검사에 관한 정보로부터 검사 대상의 조직이 「경동맥」인 것을 취득한다. 통상적으로, 초음파 프로브(1)의 접촉면으로부터 경동맥이 위치하는 깊이는, 「10mm」근방으로 된다. 예를 들어, 내부 기억부(17)는, 검사 대상의 조직마다, 상기 조직이 위치하는 대표적인 깊이가 설정된 테이블(table)을 기억한다. 제어부(18)는, 이러한 테이블을 참조하여, 검사 정보로부터 취득한 조직에 대응지어져 있는 깊이를 취득하여, ROI를 설정한다. 이와 같이, 제어부(18)는 검사 대상의 조직이 묘출되는 영역에 다중 신호가 묘출되는 것을 피하기 위해서, 검사 대상의 조직이 위치하는 깊이를 중심으로 하여 ROI를 자동 설정한다.

[0091] 또는, 제어부(18)는, ROI의 자동 설정에 사용되는 소정의 깊이로서, 송신 포커스의 위치를 사용한다. 송신 포커스의 위치를 중심으로 하는 영역도, 화상 진단에서 특히 주목받는 영역이다. 따라서, 제어부(18)는, 송신 포커스의 위치를 포함하는 영역에 다중 신호가 묘출되는 것을 피하기 위해서, 송신 포커스의 깊이 위치를 중심으로 하여 ROI를 자동 설정한다.

[0092] 그리고, 제1 실시 형태에 따른 제어부(18)는, 이하에 설명하는 바와 같이, 주사선 상에서 구조물이 위치하고 있는 깊이 「d」를 취득하지 않고, 수신 위치를 산출한다. 구체적으로는, 제1 실시 형태에서는, 제어부(18)는, 수신 주사선 상에서 설정되는 복수의 수신 포커스의 깊이 각각에, 구조물이 위치하고 있다고 가정하여, 수신 위치를 산출한다. 이것에 대하여, 도 13을 이용하여 설명한다.

[0093] 예를 들어, 제어부(18)는 도 13에 도시한 바와 같이, 주사선 상의 수신 포커스의 깊이 「 $d_1, d_2, d_3, d_4 \dots$ 」를, 수신 위치의 산출에 사용하는 「d」로 한다. 여기서, 제어부(18)는, 수신 포커스의 위치에 따라서 수신 개구의 폭을 변경하는 제어를 행한다. 즉, 제어부(18)는, 수신부(12)에 전술한 DVAF법을 실행시킨다. 그리고, 제어부(18)는, 각 수신 포커스에서의 수신 개구에 있어서 적어도 하나의 진동자를 선택하기 위해서, 수신 위치를 산출한다. 또한, 제어부(18)는, 각 수신 주사선에서, 각 수신 포커스에서의 수신 개구에 있어서 수신 위치를 산출한다.

[0094] 도 13에서는, DVAF법에 의해 설정되는 각 수신 포커스에서의 수신 개구를, 해당하는 수신 포커스의 깊이에 배치하여 나타내고 있다. 수신 개구의 개구폭을 넓히는 폭(L)은, 수신 포커스의 깊이 「d」와 「F-number」로부터, 「 $L=d/F\text{-number}$ 」로 된다.

[0095] 여기서, 도 13에 도시한 「 L_0 」은, 깊이 「0」으로 부여되는 개구폭의 초기값이다. 도 13에서는, 「F-number=1」로 하고 있다. 이로 인해, 깊이 「 d_1 」에서의 개구폭은, 도 13에 도시한 바와 같이, 「 d_1+L_0 」으로 된다. 마찬가지로, 「 d_2, d_3, d_4 」각각에서의 개구폭은, 도 13에 도시한 바와 같이, 「 $d_2+L_0, d_3+L_0, d_4+L_0$ 」으로 된다.

또한, DVAF법에서는, 수신 개구는, 개구 중심으로부터 양단부를 향해 연장되기 때문에, 각 수신 포커스에서의 수신 개구를 배치한 도 13에서는, 수신 개구의 단부점을 통과하는 직선의 기울기는, 「F-number/2=1/2」로 된다.

[0096] 그리고, 제어부(18)는, 도 13에 도시한 바와 같이, 깊이 「 d_1 」에서의 수신 위치 「 $X=l_0$ 」을 「 $l_0=d_1 \cdot F(\theta_t, \theta_0)$ 」에 의해 산출한다. 또한, 제어부(18)는, 도 13에 도시한 바와 같이, 「 d_2 , d_3 , d_4 」 각각에서의 수신 위치를, 비례 관계를 이용하여, 「 $(d_2/d_1) \cdot l_0$, $(d_3/d_1) \cdot l_0$, $(d_4/d_1) \cdot l_0$ 」으로 산출한다. 또한, 도 13에서는, 각도 「 θ_t 」와 각도 「 θ_0 」의 관계로부터, 다중 반사 성분(예를 들어, 다중 반사의 메인 빔)이 수신 개구 중앙부로부터 우측의 위치에서 수신되는 것을 나타내고 있다.

[0097] 작성부(124)는, 제어부(18)가 산출한 각 수신 포커스에서의 수신 개구에 있어서의 수신 위치에 기초하여, 상기 수신 위치를 포함하는 범위에서의 가중치를 저장한 개구 함수를 작성하고, 위상 조정 가산부(125)에 통지한다.

[0098] 다음으로, 도 14 내지 도 16, 및 수식을 이용하여, 수신 위치의 산출 방법에 대하여 상세히 설명한다. 도 14에서는, 각도 「 θ_t 」에서 송신된 초음파 빔이 「 θ_0 」으로 기울어져 있는 경계에서 최초로 도달하는 위치(이하, P1)가 (x_1 , d)인 것을 나타내고 있다. 또한, 도 14에서는, 각도 「 θ_t 」와 각도 「 θ_0 」에 의한 경면 반사에 의해, P1에서 반사된 반사파의 프로브 표면에서의 수신 위치(이하, P2)가 (x_1+x_2 , 0)인 것을 나타내고 있다. 또한, 도 14에서는, 각도 「 θ_t 」와 각도 「 θ_0 」에 의한 경면 반사에 의해, P2에서 반사된 반사파가 경계에 다시 도달하는 위치(이하, P3)가 ($x_1+x_2+x_3$, d+d')인 것을 나타내고 있다. 또한, 도 14에서는, 각도 「 θ_t 」와 각도 「 θ_0 」에 의한 경면 반사에 의해, P3에서 반사된 반사파의 프로브 표면에서의 수신 위치(이하, P4)가 ($x_1+x_2+x_3+x_4$, 0)인 것을 나타내고 있다.

[0099] 시프트형 수신 아포다이제이션에 의해 산출되는 도 10a에 도시한 「X」, 즉, 개구 함수에서 가중치를 대략 「0」으로 하는 진동자군이 차지하는 범위의 무게 중심 위치 「X」는, 도 14 및 이하의 수학적 식 1에 나타낸 바와 같이, 「 $x_1+x_2+x_3+x_4$ 」로 된다.

수학적 식 1

[0100]
$$X = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

[0101] 우선, 「원점으로부터 P1로의 방향과 깊이 방향의 각도」는, 도 14에 도시한 바와 같이, 「 θ_t 」로 된다. 또한, 각도 「 θ_t 」와 각도 「 θ_0 」에서 일어나는 반사가 경면 반사라고 가정한 기하학적 계산에 의해, 「P1로부터 P2로의 방향과 깊이 방향의 각도」 및 「P2로부터 P3으로의 방향과 깊이 방향의 각도」는, 도 14에 도시한 바와 같이, 「 $\theta_t+2\theta_0$ 」으로 된다. 또한, 마찬가지로의 기하학적 계산에 의해, 「P3으로부터 P4로의 방향과 깊이 방향의 각도」는, 도 14에 도시한 바와 같이, 「 $\theta_t+4\theta_0$ 」으로 된다.

[0102] 우선, 「 θ_t 」와 「d」로부터, 제어부(18)는, 이하의 수학적 식 2에 의해, 「 x_1 」을 산출한다. 또한, 제어부(18)는, 이하의 수학적 식 3에 의해, 「 $\theta_t+2\theta_0$ 」과 「d」로부터, 「 x_2 」를 산출한다.

수학적 식 2

[0103]
$$x_1 = d \cdot \tan(\theta_t)$$

수학적 식 3

[0104]
$$x_2 = d \cdot \tan(\theta_t + 2\theta_0)$$

[0105] 한편, 「 $\theta_i+2\theta_0$ 」과 「d」와 「d'」로부터, 「 x_3 」은, 이하의 수학식 4로 나타낼 수 있다. 또한, 「 $\theta_i+4\theta_0$ 」과 「d」와 「d'」로부터, 「 x_4 」는, 이하의 수학식 5로 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$\begin{aligned} x_3 &= (d + d') \cdot \tan(\theta_i + 2\theta_0) \\ &= x_2 + d' \cdot \tan(\theta_i + 2\theta_0) \end{aligned}$$

[0106]

수학식 5

$$x_4 = (d + d') \cdot \tan(\theta_i + 4\theta_0)$$

[0107]

[0108] 그리고, 「d'」는, 이하의 수학식 6으로 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$\begin{aligned} d' &= (x_2 + x_3) \cdot \tan(\theta_0) \\ &= (2x_2 + d' \cdot \tan(\theta_i + 2\theta_0)) \cdot \tan(\theta_0) \end{aligned}$$

[0109]

[0110] 여기서, 수학식 6을 전개하면, 이하에 나타내는 수학식 7로 된다.

수학식 7

$$d'(1 - \tan(\theta_i + 2\theta_0) \cdot \tan(\theta_0)) = 2x_2 \cdot \tan(\theta_0)$$

[0111]

[0112] 수학식 8에 나타내는 삼각 함수의 가법정리를 이용하면, 수학식 7의 좌변에 나타내는 「 $1 - \tan(\theta_i + 2\theta_0) \cdot \tan(\theta_0)$ 」은, 이하에 나타내는 수학식 9의 우변으로 된다.

수학식 8

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$

[0113]

수학식 9

$$1 - \tan(\theta_i + 2\theta_0) \cdot \tan(\theta_0) = [\tan(\theta_i + 2\theta_0) + \tan(\theta_0)] / \tan(\theta_0 + 3\theta_0)$$

[0114]

[0115] 수학식 9를 수학식 7에 대입함으로써, 「d'」는, 이하의 수학식 10으로 나타내는 바와 같이, 「 x_2 」와 「 θ_i 」와 「 θ_0 」으로부터 산출 가능한 것을 알 수 있다.

수학식 10

$$d' = 2x_2 \cdot \tan(\theta_0) \tan(\theta_i + 3\theta_0) / [\tan(\theta_i + 2\theta_0) + \tan(\theta_0)]$$

[0116]

[0117] 이상에 의해, 「 x_3 」은, 이하의 수학식 11에 의해 산출할 수 있고, 「 x_4 」는, 이하의 수학식 12에 의해 산출할 수 있다.

수학식 11

$$x_3 = (d + d') \cdot \tan(\theta_i + 2\theta_0) \\ = x_2 \cdot (1 + 2 \cdot \tan(\theta_i + 2\theta_0) \cdot \tan(\theta_0) \cdot \tan(\theta_i + 3\theta_0) / [\tan(\theta_i + 2\theta_0) + \tan(\theta_0)])$$

[0118]

수학식 12

$$x_4 = (d + d') \cdot \tan(\theta_i + 4\theta_0) \\ = x_2 \cdot (1 + 2 \cdot \tan(\theta_i + 4\theta_0) \cdot \tan(\theta_0) \cdot \tan(\theta_i + 3\theta_0) / [\tan(\theta_i + 2\theta_0) + \tan(\theta_0)])$$

[0119]

[0120]

제어부(18)는, 상기 방법에 의해, 각도 「 θ_i 」와 각도 「 θ_0 」을 취득하여, 수신 포커스의 깊이 「 d 」를 대입함으로써, 수학식 2 및 수학식 3에 의해 「 x_1 」 및 「 x_2 」를 산출한다. 그리고, 제어부(18)는, 산출한 「 x_2 」와 「 θ_i 」와 「 θ_0 」을 사용하여, 수학식 11 및 수학식 12에 의해 「 x_3 」 및 「 x_4 」를 산출한다. 그리고, 제어부(18)는 「 $x_1+x_2+x_3+x_4$ 」를 산출하여, 수신 위치 「 X 」를 취득한다. 또한, 수학식 2, 수학식 3, 수학식 11 및 수학식 12로부터 알 수 있는 바와 같이, 「 $X=x_1+x_2+x_3+x_4$ 」는, 「 d 」를 공통 인수로서 묶어내면, 각도 「 θ_i 」와 각도 「 θ_0 」으로 표현되는 함수 $F(\theta_i, \theta_0)$ 과 「 d 」의 곱으로 정식화할 수 있다. 제어부(18)는, 취득한 각도 「 θ_i 」와 각도 「 θ_0 」을 $F(\theta_i, \theta_0)$ 에 대입하여 얻어진 값과, 임의의 깊이 「 d 」의 값을 승산함으로써, 각 수신 포커스로 설정된 수신 개구에서의 수신 위치 「 X 」를 산출하고, 수신 위치 「 X 」에 위치하는 적어도 하나의 진동자를 선택한다.

[0121]

여기서, 상기 산출 방법은, 도 15, 또는 도 16에 도시한 경우에는, 간략화할 수 있다. 도 15에 도시한 일례는, 「 $\theta_0=0$ 」을 $F(\theta_i, \theta_0)$ 에 대입하여 얻어진 $F(\theta_i, 0)$ 을 사용하여, 「 X 」를 구하는 경우를 예시하고 있다. 도 15에 도시한 일례에서는, 상기 초기 설정에서 「 $\theta_0=0$ 」이 설정되어 있기 때문에, 실제로는, 구조물로 형성되는 경계가 각도 「 θ_0 」의 방향으로 기울어져 있지만, 「 $\theta_0=0$ 」으로 하여 「 X 」를 구하는 경우를 예시하고 있다. 환언하면, 도 15에 도시한 일례는, 구조물의 경계가 x 축에 평행하다고 상정되는 초음파 검사에 있어서, 첫 번째 파라미터인 초음파의 편향각만으로, 시프트형 수신 아포다이제이션을 행하는 경우를 나타내고 있다.

[0122]

이러한 경우, 「 x_1 」, 「 x_2 」, 「 x_3 」 및 「 x_4 」는, 송신 빔을 스티어링한 각도 「 θ_i 」만으로부터, 이하의 수학식 13에 나타내는 바와 같이, 모두 「 $d \cdot \tan(\theta_i)$ 」로 된다.

수학식 13

$$x_1 = d \cdot \tan(\theta_i) \\ x_2 = d \cdot \tan(\theta_i) \\ x_3 = d \cdot \tan(\theta_i) \\ x_4 = d \cdot \tan(\theta_i)$$

[0123]

[0124]

즉, 구조물의 방향으로 한 「 $\theta_0=0$ 」을 향하여 각도 「 θ_i 」에서 스티어링한 송신 빔은, $(d \cdot \tan(\theta_i), d)$ 의 위치에서 반사하여, $(2d \cdot \tan(\theta_i), 0)$ 의 위치에서 수신된다. 또한, 다중 반사 신호의 경우에는, 프로브 표면에서, 한번 더 반사하고, 다시 구조물에 반사하여 수신되기 때문에, 송신 빔의 중심 위치(개구 중심 위치)로부터 「 $4d \cdot \tan(\theta_i)$ 」 어긋난 위치에서 수신된다.

[0125] 즉, 「 $\theta_0=0$ 」이라고 가정한 초기 설정이 행해지고 있는 경우, 제어부(18)는, 이하의 수학식 14에 의해, 가중치 부여를 저감하는 범위의 무게 중심 위치인 수신 위치 「X」를 「 $4d \cdot \tan(\theta_t)$ 」로 산출한다.

수학식 14

[0126]
$$X = 4d \cdot \tan(\theta_t)$$

[0127] 또한, 제어부(18)는, 조작자로부터 취득한 측정값, 또는 화상 정보의 검출 처리에 의해 취득한 값이 「 $\theta_0=0$ 」인 경우에도 마찬가지로, 「 $X=4d \cdot \tan(\theta_t)$ 」로 산출한다.

[0128] 또한, 도 16에 도시한 일례는, 송신 빔을 편향하고 있지 않기 때문에, 제어부(18)가 「 $\theta_t=0$ 」을 $F(\theta_t, \theta_0)$ 에 대입하여 얻어진 값을 사용하여, 「X」를 구하는 경우를 예시하고 있다. 또한, 도 16에 도시한 일례에서는, 제어부(18)는, 초기 설정된 값, 조작자로부터 취득한 측정값, 또는 화상 정보의 검출 처리에 의해 취득한 값으로부터 「 θ_0 」을 취득한다. 환언하면, 도 16에 도시한 일례는, 편향 없이 초음파 송수신이 행해지는 초음파 검사에 있어서, 두 번째 파라미터, 또는 세 번째 파라미터인, x축의 방향과 구조물의 경계를 나타내는 방향이 이루는 각도 「 θ_0 」만으로, 시프트형 수신 아포다이제이션을 행하는 경우를 나타내고 있다.

[0129] 도 16에서는, 각도 「 $\theta_t=0$ 」에서 송신된 초음파 빔이 「 θ_0 」에서 기울어져 있는 경계에서 최초로 도달하는 위치(이하, P1')가 ($x_1=0, d$)인 것을 나타내고 있다. 또한, 도 16에서는, 경면 반사에 의해, P1'에서 반사된 반사파의 프로브 표면에서의 수신 위치(이하, P2')가 ($x_2, 0$)인 것을 나타내고 있다. 또한, 도 16에서는, 경면 반사에 의해, P2'에서 반사된 반사파가 경계에 다시 도달하는 위치(이하, P3')가 ($x_3, d+d''$)인 것을 나타내고 있다. 또한, 도 14에서는, 경면 반사에 의해, P3'에서 반사된 반사파의 프로브 표면에서의 수신 위치(이하, P4')가 ($x_2+x_3+x_4, 0$)인 것을 나타내고 있다.

[0130] 또한, 「P1'로부터 P2'로의 방향과 깊이 방향의 각도」 및 「P2'로부터 P3'으로의 방향과 깊이 방향의 각도」는, 도 16에 도시한 바와 같이, 「 $2\theta_0$ 」으로 된다. 또한, 「P3'로부터 P4'로의 방향과 깊이 방향의 각도」는, 도 16에 도시한 바와 같이, 「 $4\theta_0$ 」으로 된다.

[0131] 도 16에 도시한 「 x_1 」, 「 x_2 」, 「 x_3 」 및 「 x_4 」는, 수학식 1 내지 수학식 4에 「 $\theta_t=0$ 」을 대입함으로써, 이하의 수학식 15로 된다.

수학식 15

[0132]
$$\begin{aligned} x_1 &= 0 \\ x_2 &= d \cdot \tan(2\theta_0) \\ x_3 &= (d + d'') \cdot \tan(2\theta_0) = x_2 + d'' \cdot \tan(2\theta_0) \\ x_4 &= (d + d'') \cdot \tan(4\theta_0) \end{aligned}$$

[0133] 그리고, 「d''」는, 이하의 수학식 16으로 나타낼 수 있다.

수학식 16

[0134]
$$\begin{aligned} d'' &= (x_2 + x_3) \cdot \tan(\theta_0) \\ &= (2x_2 + d'' \cdot \tan(2\theta_0)) \cdot \tan(\theta_0) \end{aligned}$$

[0135] 여기서, 수학식 16을 전개하면, 이하에 나타내는 수학식 17로 된다.

수학식 17

[0136]

$$d''(1 - \tan(\theta_0)\tan(2\theta_0)) = 2x_2 \cdot \tan(\theta_0)$$

[0137]

수학식 8에 나타내는 삼각함수의 가법정리를 이용하면, 수학식 17로부터, 이하에 나타내는 수학식 18이 얻어진다.

수학식 18

[0138]

$$d'' = x_2 \cdot 2 \tan(\theta_0) \tan(3\theta_0) / (\tan(2\theta_0) + \tan(\theta_0))$$

[0139]

이상에 의해, 도 16에 도시한 「 x_3 」은, 이하의 수학식 19에 의해 산출할 수 있고, 도 16에 도시한 「 x_4 」는, 이하의 수학식 20에 의해 산출할 수 있다.

수학식 19

[0140]

$$\begin{aligned} x_3 &= (d + d'') \cdot \tan(2\theta_0) \\ &= x_2 \cdot (1 + 2 \cdot \tan(2\theta_0) \cdot \tan(\theta_0) \cdot \tan(3\theta_0) / [\tan(2\theta_0) + \tan(\theta_0)]) \end{aligned}$$

수학식 20

[0141]

$$\begin{aligned} x_4 &= (d + d'') \cdot \tan(3\theta_0) \\ &= x_2 \cdot (1 + 2 \cdot \tan(4\theta_0) \cdot \tan(\theta_0) \cdot \tan(3\theta_0) / [\tan(2\theta_0) + \tan(\theta_0)]) \end{aligned}$$

[0142]

「 $\theta_t=0$ 」인 경우, 수학식 15, 수학식 19 및 수학식 20으로 나타낸 바와 같이 「X」는, d와 「 θ_0 」의 함수와의 곱으로 산출 가능해진다.

[0143]

이상, 설명한 산출 방법에 의해, 제어부(18)는, 취득한 각도 「 θ_t 」와 각도 「 θ_0 」으로부터, 각 수신 포커스의 수신 개구에서의 「X」를 산출하고, 진동자 선택 처리를 행한다. 그리고, 작성부(124)는, 예를 들어, 수신 개구 내에서 「X」를 무게 중심으로 하는 범위 「 X_α 내지 X_β 」에서의 가중치를 「0」으로 하고, 수신 개구 내에서 범위 「 X_α 내지 X_β 」 이외의 범위에서의 가중치를 「1」로 하는 개구 함수를 작성한다. 또한, 예를 들어, 제어부(18)는, 「 $X_\alpha=X-dX$ 」로 하고, 「 $X_\beta=X+dX$ 」로 한다. 또한, 「dX」는, 시스템에 초기 설정되는 경우이어도, 조작자에 의해 설정되는 경우이어도 된다. 단, 제어부(18)는 「dX」의 값에 관계없이, 「X」를 무게 중심으로 하는 범위가, 수신 개구 내로 되도록 설정한다.

[0144]

전술한 시프트형 수신 아포다이제이션에 의한 효과에 대하여, 도 17 및 도 18을 이용하여 설명한다. 도 17 및 도 18은, 제1 실시 형태의 효과를 설명하기 위한 도면이다. 도 17에서는, 통상의 B 모드 촬영에 의해 얻어진 B 모드 화상 데이터를 좌측에 나타내고, 전술한 시프트형 수신 아포다이제이션에 의해 얻어진 B 모드 화상 데이터를 우측에 나타내고 있다. 또한, 도 17에 도시한 2개의 화상은, 경계가 프로브 표면에 대하여 수평($\theta_0=0^\circ$)이면서, 경계가 깊이 「10mm」에 배치된 팬텀을 촬영한 것이다. 또한, 이 팬텀에는, 경계 외에, 깊이 「10mm」보다 깊은 복수의 위치의 각각에 와이어가 배치되어 있다.

[0145]

여기서, 도 17의 우측의 B 모드 화상 데이터는, 스티어링 각도 「 $\theta_t=10^\circ$ 」 및 각도 「 $\theta_0=0^\circ$ 」의 조건하에서 「 $X=4d \cdot \tan(\theta_t)$ 」로 하는 시프트형 수신 아포다이제이션을 행하여 얻어진 화상이다. 도 17에 도시한 바와 같이, 좌측의 B 모드 화상 데이터에서는, 깊이 「20mm」의 위치에 다중 반사가 존재하고 있다. 한편, 도 17에 도시한 바와 같이, 좌측의 B 모드 화상 데이터에서는, 「 $X=4d \cdot \tan(\theta_t)$ 」로 가중치를 「0」으로 하는 범위를 이

동 설정한 개구 함수를 사용함으로써 다중 신호가 대폭 저감되어 있는 것을 알 수 있다.

- [0146] 또한, 도 17에 도시한 좌우의 화상을 비교하면, 상기 전제 방법에서 발생하고 있던 방위 분해능의 열화가, 저감되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 도 17에 도시한 좌우 화상을 비교하면, 각 와이어의 방위 방향의 폭은, 대략 동일하게 되어 있다. 이것은, 고정형 수신 아포다이제이션과 시프트형 수신 아포다이제이션에 의해, 초점 근방의 음장 분포가 서로 다른 것이 요인이라고 생각된다. 이 점에 대하여, 도 18을 이용하여 설명한다.
- [0147] 도 18의 상측 도면은, 도 8의 상측 도면과 마찬가지로, 각 진동자의 위치를 횡축으로 나타내고, 개구 함수의 가중치를 종축으로 나타내고 있다. 또한, 도 18의 상측 도면에서는, 도 8의 상측 도면과 마찬가지로, 수신 개구로서 설정된 범위를 「ON」으로 나타내고, 수신 개구로서 설정되지 않은 범위를 「OFF」로 나타내고 있다. 그리고, 도 18의 상측 도면에서는, 전술한 시프트형 수신 아포다이제이션에 의해, 수신 개구의 우측 단부에 가중치 「0」이 설정되고, 수신 개구의 나머지 범위에 가중치 「1」이 설정된 개구 함수를 나타내고 있다.
- [0148] 또한, 도 18의 하측 도면은, 도 18의 상측 도면에 나타내는 개구 함수를 푸리에 변환함으로써 얻어진 초점 음장을 나타내고 있다. 도 18의 하측 도면과 도 8의 하측 도면을 비교하면, 초점 근방의 음장 분포가 상이하다. 즉, 도 18의 하측 도면에서는, 수신 개구의 우측의 단부에 가중치 「0」이 설정된 개구 함수를 사용하면, 도 8의 하측 도면과 비교하여, 메인 로브에 대한 사이드 로브의 상승이 억제되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0149] 예를 들어, 각도 「 θ_t 」의 방향과, 각도 「 θ_0 」의 방향이 이루는 각도가 극단적으로 큰 경우, 시프트형 수신 아포다이제이션에 의해 설정되는 개구 함수에 의해, 수신 개구는, 편측의 개구부를 뺀 상태와 등가로 된다. 이것은, 개구폭을 송수신 주사선에 대하여 좌우 비대칭이기는 하지만, 유효 개구폭을 좁히게 된다. 이러한 경우, 음장 분포는, 메인 로브가 넓어지는 것에 의해 방위 분해능이 약간 저하되지만, 사이드 로브 성분은, 중앙 개구를 가중치 「0」으로 하는 방법에 비하여 상승하지 않는다. 그 결과, 전제 방법에서 현저하게 발생하는 방위 방향의 화질 열화를, 시프트형 수신 아포다이제이션에서는, 도 17에 도시한 바와 같이, 억제할 수 있다.
- [0150] 계속해서, 도 19를 이용하여, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 처리의 흐름에 대하여 설명한다. 도 19는, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 처리의 일례를 나타내는 흐름도이다. 또한, 도 19에서는, 각도 「 θ_0 」과, 미리 설정된 값을 사용하여 행해지는 처리의 일례를 나타내고 있다.
- [0151] 도 19에 예시한 바와 같이, 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 제어부(18)는, 시프트형 수신 아포다이제이션에서의 촬영 개시 요구를 수취하였는지 여부를 판정한다(스텝 S101). 여기서, 촬영 개시 요구를 수취하지 않은 경우(스텝 S101: 부정), 제어부(18)는, 촬영 개시 요구를 수취할 때까지 대기한다.
- [0152] 한편, 촬영 개시 요구를 수취한 경우(스텝 S101: 긍정), 제어부(18)는, θ_t 및 θ_0 을 취득한다(스텝 S102). 그리고, 제어부(18)는, 전체 주사선에서, 수신 포커스마다의 수신 개구에 있어서의 무게 중심 위치(X)를 산출한다(스텝 S103). 그리고, 제어부(18)는, 산출한 무게 중심 위치에 기초하여 선택 처리를 행하여, 저감 범위를 설정한다. 그리고, 작성부(124)는 제어부(18)의 지시에 의해, 전체 수신 개구에서의 개구 함수를 작성한다(스텝 S104).
- [0153] 그리고, 제어부(18)는, 초음파 송수신을 개시시킨다(스텝 S105). 이에 의해, 수신 지연 처리가 실시된 반사 신호의 디지털 데이터가, 위상 조정 가산부(125)에 순차 입력된다. 그리고, 위상 조정 가산부(125)는, 해당하는 수신 개구의 개구 함수를 사용한 위상 조정 가산에 의해, 1프레임분의 반사와 데이터, 즉, 전체 주사선(수신 주사선)에서의 반사와 데이터(수신 신호)를 생성한다(스텝 S106). 그리고, B 모드 처리부(13)는, B 모드 데이터를 생성하고, 화상 생성부(15)는, B 모드 화상 데이터를 생성한다(스텝 S107).
- [0154] 그리고, 제어부(18)의 제어에 의해, 모니터(2)는, B 모드 화상 데이터를 표시하고(스텝 S108), 처리를 종료한다. 또한, 스텝 S106 내지 스텝 S108의 처리는, 촬영 종료 요구를 수취할 때까지, 반복된다. 또한, 제1 실시 형태는, B 모드 화상 데이터를 참조한 조작자가, θ_t 및 θ_0 중 적어도 하나의 값을 수정하여, 수정한 조건 하에서, 다시 시프트형 수신 아포다이제이션에서의 촬영을 실행하는 것도 가능하다.
- [0155] 전술한 바와 같이, 제1 실시 형태에서는, 초음파 송수신의 방향과 구조물의 경계를 나타내는 방향에서 일어나는 경면 반사에 기초하여, 수신 개구에서 다중 반사의 메인 빔이 수신되는 위치를 산출하고, 산출한 위치를 무게 중심으로 하는 소정의 범위에서 가중치를 저감한 개구 함수를 설정한다. 그 결과, 제1 실시 형태에서는, 송수신 빔의 기울기나 구조물의 기울기에 영향받지 않고, 다중 반사가 저감된 B 모드 화상 데이터를 취득할 수 있다.

- [0156] 또한, 제1 실시 형태에서는, 구조물의 깊이에 대해서는, 수신 주사선 상에서의 각 수신 포커스 위치로서, 수신 위치를 산출하므로, 가중치를 저감시키는 범위를 간이하게 설정할 수 있다.
- [0157] 또한, 예를 들어, 도 19에 도시한 스텝 S106 내지 스텝 S108의 처리를 반복하는 동안에는, 조작자는, 초음파 프로브(1)의 위치를 이동하는 경우가 있다. 이러한 경우, 제어부(18)는, 초음파 프로브(1)가 이동할 때마다, 적어도 하나의 진동자를 선택하고, 선택한 진동자에 따른 시프트형 수신 아포다이제이션의 처리(저감 처리)를 수신부(12)에 실행시킨다. 이에 의해, 제1 실시 형태에서는, 연속 촬영에 의해 생성되는 각 초음파 화상 데이터의 다중 반사를 저감할 수 있다.
- [0158] (제2 실시 형태)
- [0159] 제2 실시 형태에서는, 초음파 송수신의 방향(초음파의 편향각) 및 구조물의 경계를 나타내는 방향과 함께, 구조물의 깊이도 취득하여, 시프트형 수신 아포다이제이션을 행하는 경우에 대하여, 도 20 내지 도 22를 이용하여 설명한다. 도 20 내지 도 22는, 제2 실시 형태를 설명하기 위한 도면이다.
- [0160] 제2 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치는, 도 1에 도시한 제1 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치와 마찬가지로 구성된다. 또한, 제2 실시 형태에 따른 수신부(12)는, 도 2에 도시한 제1 실시 형태에 따른 수신부(12)와 마찬가지로 구성된다. 또한, 제2 실시 형태에 따른 제어부(18)는, 제1 실시 형태와 마찬가지로, 수신 포커스의 위치에 따라서 수신 개구의 폭을 변경하는 제어를 행한다. 즉, 제어부(18)는, 수신부(12)에 DVAF법을 실행시킨다.
- [0161] 단, 제2 실시 형태에 따른 제어부(18)는, 구조물의 깊이에 대응하는 수신 포커스에서의 수신 개구에 있어서 「적어도 하나의 진동자」를 선택한다. 즉, 제어부(18)는, 구조물의 깊이에 대응하는 수신 포커스에서의 수신 개구에 있어서, 수신 위치를 산출하여, 진동자 선택 처리를 행한다. 제1 실시 형태에서는, 구조물의 깊이 바로 그 자체를 입력 파라미터로서 사용하고 있지 않다. 그 대신에, 제1 실시 형태에서는, 구조물의 깊이를 수신 포커스 위치로 하고, 「X」의 위치를, $F(\theta_i, \theta_0)$ 과 「F-number」로 자동으로 산출하고 있다. 그러나, 제1 실시 형태에서는, 도 13에 도시한 바와 같이, 각 깊이 「d」에서 가중치를 「0」으로 하는 진동자군이 항상 존재하기 때문에, 유효 개구폭이 항상 통상의 수신 아포다이제이션에 비하여 작아진다. 그 결과, 제1 실시 형태에서는, B 모드 화상 데이터의 화질이 저하될 가능성이 있다.
- [0162] 따라서, 제2 실시 형태에서는, 구조물의 깊이(이하, 「 d_0 」)를 취득하고, 이 「 d_0 」만으로 시프트형 수신 아포다이제이션을 행한다.
- [0163] 여기서, 제어부(18)는, 제1 실시 형태에서 설명한 「미리 얻어둔 초음파 화상 데이터(B 모드 화상 데이터)」를 참조한 조작자가 설정한 정보에 기초하여, 구조물의 깊이 「 d_0 」을 취득한다. 즉, 제2 실시 형태에 따른 제어부(18)는, 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 참조한 조작자가 입력한 정보에 기초하여, 구조물의 경계를 나타내는 방향 및 구조물의 깊이를 취득한다. 도 20에 도시한 모니터(2)에 표시된 B 모드 화상 데이터는, 도 11에 도시한 B 모드 화상 데이터와 동일하다. 제1 실시 형태와 마찬가지로, 조작자는, 도 20에 도시한 바와 같이, 손잡이(31)를 돌려서, 「신호」의 각도를 측정한다. 제어부(18)는, 조작자가 손잡이(31)로 측정한 각도를 구조물의 방향을 나타내는 각도 「 θ_0 」으로서 취득한다.
- [0164] 그리고, 조작자는, 도 20에 도시한 바와 같이, 깊이 「 d_0 」도 동시에 측정한다. 제어부(18)는, 조작자가 측정한 깊이를 구조물의 깊이 「 d_0 」으로서 취득한다.
- [0165] 또는, 제어부(18)는, 조작자의 부담을 경감하기 위해서, 「미리 얻어둔 초음파 화상 데이터(B 모드 화상 데이터)」의 화상 정보를 검출한 결과에 기초하여, 깊이 「 d_0 」을 취득한다. 즉, 제어부(18)는, 미리 얻어둔 초음파 화상 데이터를 해석하여, 구조물의 경계를 나타내는 방향 및 구조물의 깊이를 추정한다. 구체적으로는, 제어부(18)는, 도 12에서 설명한 바와 같이, 에지 검출이나 주성분 분석에 의해, 각도 「 θ_0 」을 추정한다. 또한, 제2 실시 형태에서도, 제1 실시 형태에서 설명한 다양한 소정의 깊이에 기초하여 ROI를 설정하고, ROI 내로 한정하여 화상 정보의 검출 처리를 행하는 것이 가능하다.
- [0166] 여기서, 예를 들어, 에지 검출에서 추출한 에지를, 구조물로 형성되는 경계로 간주하면, 제어부(18)는 화상 정보로부터 상기 경계의 화상 중의 대충의 위치를 취득할 수 있다. 따라서, 제어부(18)는, 에지의 화상 중에서의 위치를 자동 측정함으로써, 깊이 「 d_0 」을 취득할 수 있다. 이와 같이, 제2 실시 형태에 따른 제어부(18)는,

화상 정보의 검출 처리에 의해, 구조물의 방향을 나타내는 각도 「 θ_0 」과 함께, 구조물의 깊이 「 d_0 」을 취득할 수 있다.

[0167] 또는, 제어부(18)는, 미리 설정된 정보에 기초하여 구조물의 깊이를 취득하여도 된다. 구체적으로는, 제어부(18)는, 제1 실시 형태에서 설명한 ROI 설정에 이용된 다양한 정보(소정의 깊이)를 그대로 「 d_0 」으로 사용하여도 된다. 구체적으로는, 제어부(18)는, 도 21에 도시한 바와 같이, 에지 검출이나 주성분 분석에 의해, 각도 「 θ_0 」을 추정한다. 그리고, 제어부(18)는, 도 21에 도시한 바와 같이, ROI 설정에 사용한 「화상 중앙」, 또는 「검사 대상 조직의 대표적 깊이」, 또는 「송신 포커스」를, 「 d_0 」으로 취득한다. 또한, 「송신 포커스= d_0 」으로 함으로써, 화상 촬영 중의 송수신 조건의 변경에 즉시 대응할 수 있다.

[0168] 도 22에서는, 도 13에 도시한 DVAF법과 동일한 조건으로 설정된 각 수신 포커스 「 $d_1, d_2, d_3, d_4 \dots$ 」에서의 수신 개구를 나타내고 있다. 그리고, 도 22에서는, 상기 3개의 방법 중 어느 하나로 취득한 구조물의 깊이 「 d_0 」이, 「 d_3 」과 「 d_4 」의 사이에 위치하는 경우를 예시하고 있다. 이러한 경우, 제어부(18)는, 도 22에 도시한 바와 같이, 「 d_0 」을 새로운 수신 포커스로서 설정한다. 깊이 「 d_0 」에서의 수신 개구폭은, 도 22에 도시한 바와 같이, 「F-number=1」에 의해, 「 d_0+L_0 」으로 된다.

[0169] 그리고, 제어부(18)는, 도 22에 예시한 바와 같이, 깊이 「 d_0 」만으로 수신 위치 「 $d_0 \cdot F(\theta_t, \theta_0)$ 」을 산출한다. 그리고, 작성부(124)는, 수신 포커스 「 d_0 」에 대해서는, 예를 들어, 「 $d_0 \cdot F(\theta_t, \theta_0)$ 」을 무게 중심으로 하는 범위의 가중치를 「0」으로 하는 개구 함수를 작성한다. 또한, 제2 실시 형태에 따른 작성부(124)는, 수신 포커스 「 d_0 」 이외의 수신 포커스에 대해서는, 통상의 수신 아포다이제이션에서 사용되는 개구 함수를 작성한다. 이러한 개구 함수로서는, 「해밍 창」의 개구 함수 외에, 「사각형 창(Rectangular Window)의 개구 함수」, 「해닝창(Hanning window)의 개구 함수」, 「플랫톱 창(Flat-top window)의 개구 함수」 등이 사용되어도 된다.

[0170] 위상 조정 가산부(125)는, 수신 포커스 「 d_0 」의 수신 개구에서 얻어진 수신 지연 처리 후의 신호에 대해서는, 「 $d_0 \cdot F(\theta_t, \theta_0)$ 」을 기준(예를 들어, 무게 중심)으로 하는 범위(저감 범위)의 가중치를 「0」으로 하는 개구 함수에서 가중치 부여를 행하여, 가산한다. 이에 의해, 위상 조정 가산부(125)는, 수신 포커스 「 d_0 」 근방에서의 복수의 샘플점의 수신 신호를 얻는다. 여기서, 제어부(18)는, 구조물의 깊이 「 d_0 」이, 어떤 라인 상에서의 구조물의 깊이로서 얻어지고 있기 때문에, 이하의 처리를 행하여도 된다. 예를 들어, 제어부(18)는, 구조물의 깊이 「 d_0 」이 얻어진 주사선의 위치와 구조물의 기울기 「 θ_0 」으로부터, 주사 범위 내에서 구조물이 차지할 가능성이 있는 영역을 특정한다. 그리고, 예를 들어, 제어부(18)는, 전체 주사선의 수신 포커스 「 d_0 」 근방에서의 복수의 샘플점의 대부분이, 이 영역 내에 위치하도록 조정을 행한다. 이에 의해, 제어부(18)는, 다중 성분의 저감을 효과적으로 행할 수 있다. 또는, 제어부(18)는, 각 주사선에서의 구조물의 깊이를 구하고, 각 주사선에서 구한 깊이에만 시프트형 수신 아포다이제이션을 행하여도 된다.

[0171] 또한, 위상 조정 가산부(125)는, 수신 포커스 「 d_0 」 이외의 수신 포커스의 수신 개구에서 얻어진 수신 지연 처리 후의 신호에 대해서는, 통상의 개구 함수에서 가중치 부여를 행하고, 가산한다. 이에 의해, 위상 조정 가산부(125)는 수신 포커스 「 d_0 」 이외의 전 샘플 점의 수신 신호를 얻는다. 이에 의해, 위상 조정 가산부(125)는 수신 주사선 상의 수신 신호(반사파 데이터)를 얻는다.

[0172] 또한, 구조물의 깊이 「 d_0 」을 수신 포커스로 하는 수신 개구에서만 시프트형 수신 아포다이제이션을 행하는 점 이외에, 제1 실시 형태에서 설명한 내용은, 제2 실시 형태에서도 적용 가능하다. 단, 제1 실시 형태에서 설명한 시프트형 수신 아포다이제이션은, 제어부(18)가 취득한 구조물의 깊이 「 d_0 」을 수신 포커스에 추가하여, 실행되는 경우이어도 된다.

[0173] 계속해서, 도 23을 이용하여, 제2 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 처리의 흐름에 대하여 설명한다. 도 23은, 제2 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 처리의 일례를 나타내는 흐름도이다.

[0174] 도 23에 예시한 바와 같이, 제2 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 제어부(18)는, θ_t , θ_0 및 d_0 을 취득 후

에, 시프트형 수신 아포다이제이션에서의 촬영 개시 요구를 수취하였는지 여부를 판정한다(스텝 S201). 여기서, 촬영 개시 요구를 수취하지 않은 경우(스텝 S201: 부정), 제어부(18)는 촬영 개시 요구를 수취할 때까지 대기한다.

[0175] 한편, 촬영 개시 요구를 수취한 경우(스텝 S201: 긍정), 제어부(18)는 전체 주사선의 d_0 로, 수신 개구에 있어서의 무게 중심 위치(X)를 산출한다(스텝 S202). 그리고, 제어부(18)는, 산출한 무게 중심 위치에 기초하여 선택 처리를 행하여, 저감 범위를 설정한다. 그리고, 작성부(124)는, 제어부(18)의 지시에 의해, 전체 수신 개구에서의 개구 함수를 작성한다(스텝 S203). 예를 들어, 작성부(124)는, 수신 포커스 「 d_0 」에 대해서는, 「 $d_0 \cdot F(\theta_t, \theta_0)$ 」을 무게 중심으로 하는 범위의 가중치를 「0」으로 하는 개구 함수를 작성하고, 수신 포커스 「 d_0 」이외의 수신 포커스에 대해서는, 통상의 수신 아포다이제이션에서 사용되는 개구 함수를 작성한다.

[0176] 그리고, 제어부(18)는, 초음파 송수신을 개시시킨다(스텝 S204). 이에 의해, 수신 지연 처리가 실시된 반사 신호의 디지털 데이터가, 위상 조정 가산부(125)에 순차 입력된다. 그리고, 위상 조정 가산부(125)는, 해당하는 수신 개구의 개구 함수를 사용한 위상 조정 가산에 의해, 1프레임분의 반사파 데이터, 즉, 전체 주사선(수신 주사선)에서의 반사파 데이터(수신 신호)를 생성한다(스텝 S205). 그리고, B 모드 처리부(13)는 B 모드 데이터를 생성하고, 화상 생성부(15)는 B 모드 화상 데이터를 생성한다(스텝 S206).

[0177] 그리고, 제어부(18)의 제어에 의해, 모니터(2)는, B 모드 화상 데이터를 표시하고(스텝 S207), 처리를 종료한다. 또한, 스텝 S205 내지 스텝 S207의 처리는, 촬영 종료 요구를 수취할 때까지, 반복된다. 또한, 제2 실시 형태에서는, B 모드 화상 데이터를 참조한 조작자가, θ_t , θ_0 및 d_0 중 적어도 하나의 값을 수정하여, 수정한 조건 하에서, 다시, 상기 시프트형 수신 아포다이제이션에서의 촬영을 실행하는 것도 가능하다.

[0178] 전술한 바와 같이, 제2 실시 형태에서는, 구조물의 깊이로 한정하여, 시프트형 수신 아포다이제이션을 행한다. 이에 의해, 제2 실시 형태에서는, 화질의 저하를 방지한 후에 다중 신호가 저장된 B 모드 화상 데이터를 얻을 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 제1 실시 형태에서 설명한 내용은, 적절히, 제2 실시 형태에서도 적용 가능하다. 예를 들어, 제2 실시 형태에서도, 제어부(18)는, 초음파 프로브(1)가 이동할 때마다, 적어도 하나의 진동자를 선택하고, 선택한 진동자에 따른 시프트형 수신 아포다이제이션의 처리(저감 처리)를 수신부(12)에 실행시킨다. 이에 의해, 제2 실시 형태에서도, 연속 촬영에 의해 생성되는 각 초음파 화상 데이터의 다중 반사를 저장할 수 있다.

[0179] (제3 실시 형태)

[0180] 제3 실시 형태에서는, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서 설명한 시프트형 수신 아포다이제이션에 적용함으로써, B 모드 화상 데이터의 화질을 더 향상할 수 있는 방법에 대하여, 도 24 및 도 25를 이용하여 설명한다. 도 24 및 도 25는, 제3 실시 형태를 설명하기 위한 도면이다.

[0181] 예를 들어, 도 7의 좌측의 B 모드 화상 데이터나, 도 17의 좌측의 B 모드 화상 데이터를 참조하면, 송수신 빔이 편향각 「 θ_t 」로 스티어링되어 있으면, 와이어가 기울어서 모출된다. 따라서, 제3 실시 형태에서는, 제어부(18)의 제어에 의해, 종래 기술에서 설명한 공간 컴파운드법을 행함으로써, 상기 과제를 해소한다. 또한, 제3 실시 형태에서는, 제어부(18)의 제어에 의해, 송신 빔을 편향되는 공간 컴파운드법에, 시프트형 수신 아포다이제이션을 적용함으로써, 다중 반사가 저감되면서, S/N비가 향상된 B 모드 화상 데이터를 얻을 수 있다. 이하, 제3 실시 형태에서 행해지는 처리에 대하여, 상세히 설명한다.

[0182] 우선, 제3 실시 형태에 따른 제어부(18)는, 프레임 간에서 초음파 송수신의 편향각을 바꾸어 초음파 주사를 복수 회 실행시키는 제어를 행한다. 도 24에서는, 구조물로 형성되는 경계가 프로브 표면(x축)에 평행, 즉, 「 $\theta_0=0$ 」인 경우를 예시하고 있다. 그리고, 예를 들어, 제어부(18)는, 도 24의 좌측 도면에 도시한 바와 같이, 우측에 각도 「 θ_t 」로 기울인 초음파 송수신을 실행시킨다. 이하, 우측에 각도 「 θ_t 」로 기울인 초음파 주사를 「 R_s 」라고 기재한다. 그리고, 제어부(18)는 도 24의 중앙 도면에 도시한 바와 같이, 각도 「 0° 」로 기울인, 즉, 「 $\theta_t=0$ 」의 초음파 송수신을 실행시킨다. 이하, 「 $\theta_t=0$ 」의 초음파 주사를 「 C_s 」라고 기재한다. 그리고, 제어부(18)는, 도 24의 우측 도면에 도시한 바와 같이, 좌측에 각도 「 θ_t 」로 기울인 초음파 송수신을 실행시킨다. 이하, 좌측에 각도 「 θ_t 」로 기울인 초음파 주사를 「 L_s 」라고 기재한다.

[0183] 그리고, 제3 실시 형태에 따른 제어부(18)는, 적어도 하나의 초음파 주사에서 「적어도 하나의 진동자」를 선택

한다. 즉, 제어부(18)는, 적어도 하나의 초음파 주사에서 수신 위치 「X」를 산출한다. 예를 들어, 제어부(18)는, 도 24에 도시한 바와 같이, 「Rs」의 초음파 주사와, 「Ls」의 초음파 주사에서, 수신 위치 「X」를 산출한다. 또한, 「 $\Theta_0=0$ 」이기 때문에, 「 $X=4d \cdot \tan(\Theta_t)$ 」로 된다. 단, 도 24의 좌측 도면에 도시한 바와 같이, 「Rs」의 초음파 주사에서는, 주사선으로부터 우측에 「X」의 위치가 수신 위치로 된다. 또한, 도 24의 우측 도면에 도시한 바와 같이, 「Ls」의 초음파 주사에서는, 주사선으로부터 좌측으로 「X」의 위치가 수신 위치로 된다.

[0184] 그리고, 제3 실시 형태에 따른 처리부로서의 수신부(12)는, 제어부(18)에 의해 「적어도 하나의 진동자」가 선택된 초음파 주사에서는, 제1 실시 형태나 제2 실시 형태에서 설명한 처리(저감 처리)를 실행하여 수신 개구의 수신 신호를 출력한다. 또한, 수신부(12)는, 제어부(18)에 의해 「적어도 하나의 진동자」가 선택되어 있지 않은 초음파 주사에서는, 처리(저감 처리)와는 서로 다른 처리를 실행하여 수신 개구의 수신 신호를 출력한다. 저감 처리와는 서로 다른 처리란, 예를 들어, 「해밍 창」의 개구 함수」 등의 통상의 개구 함수를 사용한 위상 조정 가산 처리를 의미한다.

[0185] 예를 들어, 제어부(18)의 지시에 의해, 작성부(124)는, 「Rs」의 초음파 주사에서는, 주사선으로부터 우측으로 「X」의 위치를 무게 중심으로 하는 범위에서의 가중치를 「0」으로 하는 개구 함수를 작성한다(도 24의 좌측 도면을 참조). 또한, 제어부(18)의 지시에 의해, 작성부(124)는, 「Ls」의 초음파 주사에서는, 주사선으로부터 좌측으로 「X」의 위치를 무게 중심으로 하는 범위에서의 가중치를 「0」으로 하는 개구 함수를 작성한다(도 24의 우측 도면을 참조). 또한, 제어부(18)의 지시에 의해, 작성부(124)는, 「Cs」의 초음파 주사에서는, 통상의 개구 함수를 작성한다.

[0186] 이에 의해, 「Rs」 및 「Ls」의 초음파 주사에 있어서는, 위상 조정 가산부(125)로부터 「다중 반사 저감용 개구 함수가 적용된 수신 신호」가 B 모드 처리부(13) 및 화상 생성부(15)로 출력된다. 또한, 「Cs」의 초음파 주사에 있어서는, 위상 조정 가산부(125)로부터 「통상의 개구 함수가 적용된 수신 신호」가 B 모드 처리부(13) 및 화상 생성부(15)로 출력된다. 도 24에 도시한 일례에서는, 「Cs」의 초음파 주사에 시프트형 수신 아포다이제이션을 적용하면, 고정형 수신 아포다이제이션과 마찬가지로 개구 함수가 작성되게 되므로, 다중 성분의 제거를 할 수 없음과 동시에, 방위 분해능이 열화된다. 이로 인해, 「 $\Theta_0=0$ 」인 경우에는, 「Cs」의 초음파 주사에 있어서는, 시프트형 수신 아포다이제이션을 적용하지 않는 것이 적합하게 된다.

[0187] 또한, 제3 실시 형태는, 「Rs」 및 「Ls」의 초음파 주사에서는, 제1 실시 형태에서 설명한 바와 같이 각 수신 포커스의 깊이를 사용하여, 전 수신 포커스의 수신 개구에서 다중 반사 저감용 개구 함수를 작성하여도 되고, 제2 실시 형태에서 설명한 바와 같이 구조물의 깊이에 대응하는 수신 포커스의 수신 개구만으로, 다중 반사 저감용 개구 함수를 작성하여도 된다. 제3 실시 형태를 제2 실시 형태에 적용하는 경우에는, 공간 컴파운드용 초음파 주사를 행하기 전에, 예를 들어, 사전 촬영한 B 모드 화상 데이터를 참조한 조작자에 의해 「 Θ_0 , d_0 」이 제어부(18)에 설정된다.

[0188] 그리고, 제3 실시 형태에 따른 화상 생성부(15)는, 각 초음파 주사에서 수신부(12)에 의해 출력된 수신 개구의 수신 신호에 기초하여, 각 초음파 주사의 초음파 화상 데이터를 생성하고, 생성한 복수의 초음파 화상 데이터를 합성한 화상 데이터(가산 평균한 화상 데이터)를 초음파 화상 데이터(표시용 B 모드 화상 데이터)로서 생성한다.

[0189] 여기서, 종래 기술로서의 공간 컴파운드는, 초음파 빔의 편향각을 바꾼 경우, 다중 반사 에코(노이즈(noise))가 출현하는 위치가 편향각에 따라서 변화하는 것을 이용하여, 비스듬히 하여도 강도 변화가 상대적으로 적은 신호 성분(즉, 조직 유래의 참 신호 성분)을 컴파운드 처리(가산 평균 처리)에 의해 유지하여, 화상 중의 다중 아티팩트를 저감하는 방법이다.

[0190] 한편, 제3 실시 형태에서는, 도 24에 도시한 바와 같이, 「 $\Theta_0=0$ 」의 조건 하에서, 편향각 「 Θ_t 」를 사용한 「Rs」 및 「Ls」에서는, 수신 위치에 기초하는 다중 반사 저감용 개구 함수를 사용함으로써, 다중 반사 신호가 저감된 수신 신호를 취득할 수 있다. 도 24의 좌측 도면에서는, 「Rs」에서 얻어지는 수신 신호를, 다중 반사의 노이즈가 대략 제거된 신호 S_1 로서 나타내고 있다. 또한, 도 24의 우측 도면에서는, 「Ls」에서 얻어지는 수신 신호를, 다중 반사의 노이즈가 대략 제거된 신호 S_2 로서 나타내고 있다.

[0191] 그리고, 도 24에 도시한 일례에서는, 「 $\Theta_0=0$ 」이기 때문에, 전술한 이유에 의해, 「Cs」에서는, 통상의 개구

함수를 사용한다. 이로 인해, 도 24의 중앙 도면에서는, 「Cs」에서 얻어지는 수신 신호를, 신호 S_0 과 다중 반사의 노이즈 N 이 가산된 「 S_0+N 」으로서 나타내고 있다.

[0192] 여기서, 종래의 공간 컴파운드에서는, 「L」에서 얻어지는 수신 신호 및 「R」에서 얻어지는 수신 신호의 양쪽에도, 다중 반사의 노이즈가 포함되어 있다. 한편, 제3 실시 형태에서는, 가산 평균 처리에 의해, 결과적으로 얻어지는 수신 신호는, 간이적으로는, 「 $S=\{S_1+(S_0+N)+S_2\}/3=(S_1+S_0+S_2)/3+N/3$ 」으로 되고, 「 $S'=(S_1+S_0+S_2)/3$ 」으로 하면, 「 $S=S'+N/3$ 」으로 된다. 즉, 제1 실시 형태, 또는 제2 실시 형태에서 설명한 시프트형 수신 아포다이제이션을 공간 컴파운드에 적용함으로써, 「N」이 「 $N/3$ 」으로 저감되는, 즉, 다중 반사 저감 효과를 실현할 수 있음을 알 수 있다.

[0193] 또한, 상기 일례에서는, 「Cs」의 초음파 주사를 통상 스캔으로 행하는 경우를 설명하였지만, 「Cs」의 초음파 주사에도 시프트형 수신 아포다이제이션을 적용하여도 된다. 이러한 경우, 「Cs」의 화상 데이터에 유래하여 방위 분해능은 열화되지만, 다중 반사 저감 효과는 더욱 커진다. 또한, 실제로 구조물이 기울어져 있는 경우에는, 전체 초음파 주사에서, 시프트형 수신 아포다이제이션을 행하여도 된다. 이러한 경우에도, 다중 반사 저감 효과를 얻을 수 있다. 전체 초음파 주사에서 시프트형 수신 아포다이제이션을 행할지, 일부의 초음파 주사에서 시프트형 수신 아포다이제이션을 행할지의 판정은, 조작자가 행하여도 되고, 제어부(18)가 「 Θ_0 」의 값과, 공간 컴파운드에 사용하는 스티어링 각도와와의 상대적인 관계로부터 행하여도 된다.

[0194] 전술한 바와 같이, 제3 실시 형태에서는, 시프트형 수신 아포다이제이션을 공간 컴파운드에 적용함으로써, 화질의 저하를 방지한 후에 다중 신호가 더 저감된 B 모드 화상 데이터를 얻을 수 있다.

[0195] 또한, 제3 실시 형태에서는, 프레임 간에 초음파 송수신의 편향각을 바꾼 초음파 주사가 복수 회 실행된다. 예를 들어, 상기 예에서는, 3회의 초음파 주사가 행해져서, 1프레임(frame)의 합성 화상 데이터가 출력되게 된다. 제3 실시 형태는, 1세트(set)분의 초음파 주사가 행해질 때마다, 1프레임의 합성 화상 데이터를 출력하여도 되지만, 프레임 레이트(frame rate)가 저하된다. 따라서, 제어부(18)는, 프레임 레이트를 유지하기 위해서, 이하의 처리를 행한다. 예를 들어, 1세트째에서 생성되는 B 모드 화상 데이터를 「R(1), C(1), L(1)」이라 한다. 또한, 2세트째에서 생성되는 B 모드 화상 데이터를 「R(2), C(2), L(2)」이라 한다.

[0196] 화상 생성부(15)는, 제어부(18)의 제어에 의해, 「R(1), C(1), L(1)」의 가산 평균을 행하여, 1프레임째의 합성 화상 데이터를 생성한다. 또한, 화상 생성부(15)는, 제어부(18)의 제어에 의해, 「C(1), L(1), R(2)」의 가산 평균을 행하여, 2프레임째의 합성 화상 데이터를 생성한다. 또한, 화상 생성부(15)는, 제어부(18)의 제어에 의해, 「L(1), R(2), C(2)」의 가산 평균을 행하여, 3프레임째의 합성 화상 데이터를 생성한다. 또한, 화상 생성부(15)는, 제어부(18)의 제어에 의해, 「R(2), C(2), L(2)」의 가산 평균을 행하여, 4프레임째의 합성 화상 데이터를 생성한다. 이러한 제어를 행함으로써, 제3 실시 형태에서는, 프레임 레이트의 저하를 방지할 수 있다. 또한, 시프트형 수신 아포다이제이션을 공간 컴파운드에 적용한 연속 촬영을 행하는 경우에도, 제어부(18)는, 초음파 프로브(1)가 이동할 때마다, 적어도 하나의 진동자를 선택한다. 이에 의해, 제3 실시 형태에서도, 연속 촬영에 의해 생성되는 각 초음파 화상 데이터의 다중 반사를 저감할 수 있다.

[0197] 또한, 상기 제1 내지 제3 실시 형태에서 설명한 화상 처리 방법에서는, 1회 다중의 수신 위치로 한정하여, 개구 함수를 작성하는 경우에 대하여 설명하였다. 그러나, 상기 제1 내지 제3 실시 형태에서 설명한 화상 처리 방법은, 2회 다중이나 3회 다중의 수신 위치도 포함하여, 개구 함수를 작성하여도 된다. 단, 2회 다중이나 3회 다중에서는, 수신 위치가 수신 개구의 밖으로 될 가능성이나, 감쇠의 관계로부터, 다중 반사 신호의 강도가 저하되어 있을 가능성이 있어서, 처리를 간이하게 하기 위해서, 1회 다중의 수신 위치로 한정하여 개구 함수를 작성하는 것이 바람직하다.

[0198] 또한, 상기 제1 내지 제3 실시 형태에서 설명한 화상 처리 방법에서는, 수신 위치 「X」를 포함하는 범위의 가중치를 「0」으로 하는 개구 함수에 의해, 다중 반사를 저감하는 경우에 대하여 설명하였다. 그러나, 상기 제1 내지 제3 실시 형태는, 수신 위치 「X」를 사용하여 다중 반사를 저감하는 방법으로서, 도 25, 또는, 도 26에 예시하는 변형예를 행하여도 된다. 도 25 및 도 26은, 변형예를 설명하기 위한 도면이다.

[0199] 즉, 시프트형 수신 아포다이제이션에서는, 수신 위치를 포함하는 범위(저감 범위)의 가중치가 상기 범위 외(저감 범위 외)에서의 가중치보다 저감되어 있는 개구 함수이면, 다중 반사의 저감 효과를 실현할 수 있다. 따라서, 예를 들어, 제어부(18)의 지시에 의해, 작성부(124)는 도 25에 예시하는 개구 함수를 작성하여도 된다. 그리고, 도 25에 예시하는 개구 함수는, 양 화살표로 나타내는 범위의 가중치의 양단부 위치의 가중치를 「1」로

하고, 양단부로부터 수신 위치를 향하여 순차 감소하여 수신 위치의 가중치를 「0」으로 하는 U자형의 형상으로 하고 있다. 도 25에 예시하는 개구 함수를 사용하여도, 다중 반사를 저감하는 것이 가능해진다. 또는, 작성부(124)는, 저감 처리를 행하는 대상을, 제어부(18)가 선택한 적어도 하나의 진동자를 포함하는 저감 범위 내의 진동자에서 발생한 수신 신호가 아니라, 제어부(18)가 선택한 적어도 하나의 진동자 이외의 진동자에서 발생한 수신 신호로 하여도 된다. 예를 들어, 작성부(124)는, 저감 범위 내에 대한 가중치를 「1」로 하고, 저감 범위 외에 대한 가중치를 「1」보다 큰 값으로 하는 개구 함수를 작성하여, 상대적으로 저감 범위 내에 대한 가중치를 저감시켜도 된다.

[0200]

또한, 제어부(18)는, 적어도 하나의 진동자를 포함하는 범위 내(저감 범위 내)로부터의 출력을 차단하고, 범위 외(저감 범위 외)로부터의 출력 신호에 기초하는 수신 신호를, 수신 개구의 수신 신호로 하여도 된다. 예를 들어, 제어부(18)는, 도 26에 도시한 바와 같이, 수신 개구에서, 수신 위치 「X」를 포함하는 범위의 진동자군으로부터의 출력을 차단한다(도면 중의 「OFF」를 참조). 그리고, 예를 들어, 제어부(18)는, 도 26에 도시한 바와 같이, 수신 개구에서, 범위 외의 진동자군으로부터의 출력을 「ON」으로 한다. 위상 조정 가산부(125)는, 범위 외의 진동자군으로부터의 출력 신호를 위상 조정 가산하여, 도 26에 도시한 수신 개구의 수신 신호를 생성한다. 이것에 의해서도, 다중 반사를 저감하는 것이 가능해진다.

[0201]

또한, 상기에서는, 제1 내지 제3 실시 형태 및 변형예에서 설명한 화상 처리 방법이, 초음파 진단 장치에서 실행되는 경우에 대하여 설명하였다. 그러나, 제1 내지 제3 실시 형태 및 변형예에서 설명한 화상 처리 방법은, 초음파 프로브(1)가 수신한 신호를 취득 가능한 화상 처리 장치에 있어서 실행되는 경우이어도 된다.

[0202]

또한, 상기 실시 형태에 있어서, 도시한 각 장치의 각 구성 요소는 기능 개념적인 것이며, 반드시 물리적으로 도시된 바와 같이 구성되어 있을 것을 요하지 않는다. 즉, 각 장치의 분산·통합의 구체적 형태는 도시한 것으로 한정되지 않고, 그 전부 또는 일부를, 각종 부하나 사용 상황 등에 따라서, 임의의 단위로 기능적 또는 물리적으로 분산·통합하여 구성할 수 있다. 예를 들어, 상기 실시 형태에서 설명한 처리(저감 처리)는, 수신부(12) 이외의 처리부로서, 별도로 초음파 진단 장치 내에 설치되는 경우이어도 된다. 또한, 각 장치에서 행해지는 각 처리 기능은, 그 전부 또는 임의의 일부가, CPU 및 상기 CPU에 의해 해석 실행되는 프로그램에 의해 실현되거나, 혹은, 와이어드 로직(wired logic)에 의한 하드웨어(hardware)로서 실현될 수 있다.

[0203]

또한, 제1 내지 제3 실시 형태 및 변형예에서 설명한 화상 처리 방법은, 미리 준비된 화상 처리 프로그램을 퍼스널 컴퓨터(personal computer)나 워크스테이션(workstation) 등의 컴퓨터(computer)에 의해 실행함으로써 실현할 수 있다. 이 화상 처리 프로그램은, 인터넷(internet) 등의 네트워크(network)를 통해 배포할 수 있다. 또한, 이 화상 처리 프로그램은, 하드디스크(hard disk), 플렉시블 디스크(flexible disk; FD), CD-ROM, MO, DVD, USB 메모리 및 SD 카드(card) 메모리 등의 Flash 메모리 등, 컴퓨터에 의해 판독 가능한 비일시적인 기록 매체에 기록되고, 컴퓨터에 의해 비일시적인 기록 매체로부터 판독됨으로써 실행할 수도 있다.

[0204]

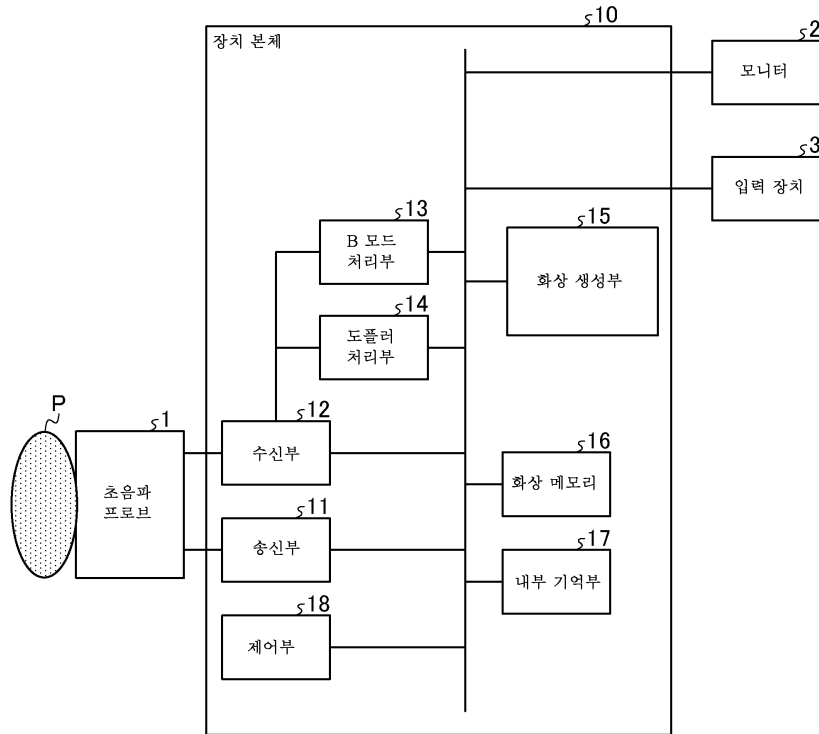
이상 설명한 적어도 하나의 실시 형태에 의하면, 다중 반사를 저감할 수 있다.

[0205]

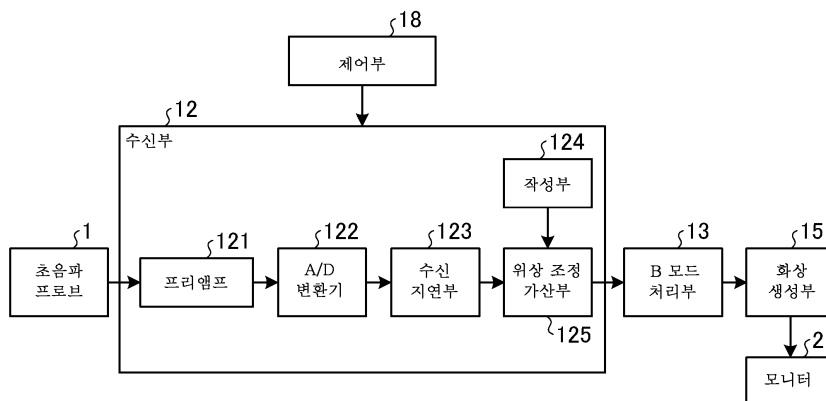
본 발명의 몇 가지 실시 형태를 설명하였지만, 이들 실시 형태는, 예로서 제시한 것이며, 발명의 범위를 한정하는 것은 의도하고 있지 않다. 이들 실시 형태는, 그 밖의 다양한 형태에서 실시되는 것이 가능하며, 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서, 다양하게 생략, 치환, 변경을 행할 수 있다. 이들 실시 형태나 그 변형은, 발명의 범위나 요지에 포함되는 것과 마찬가지로, 특허청구범위에 기재된 발명과 그 균등한 범위에 포함되는 것이다.

도면

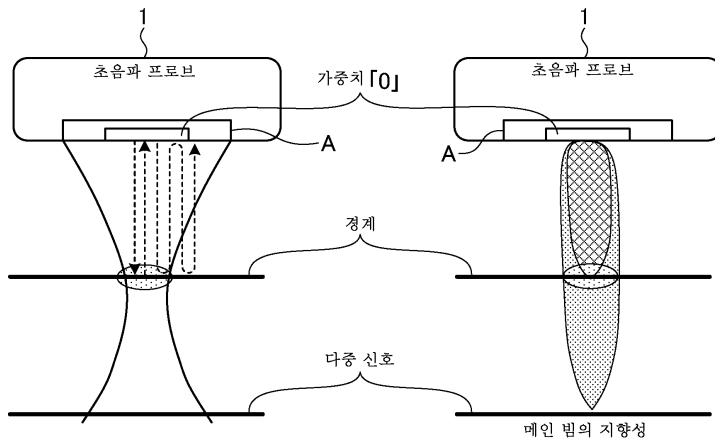
도면1



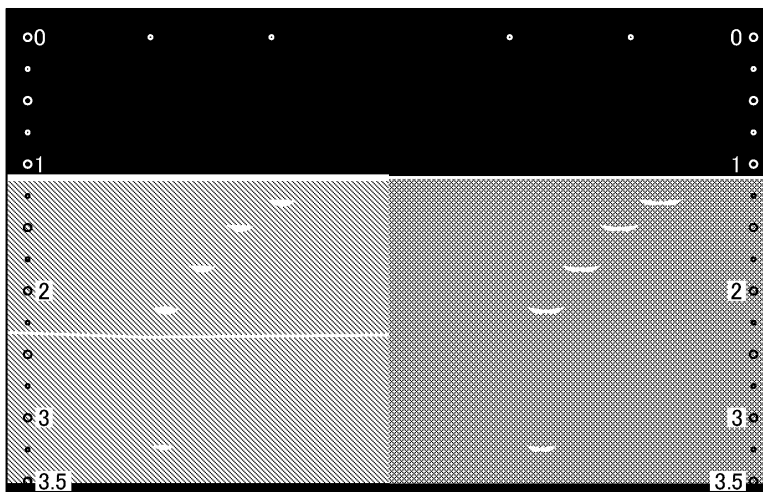
도면2



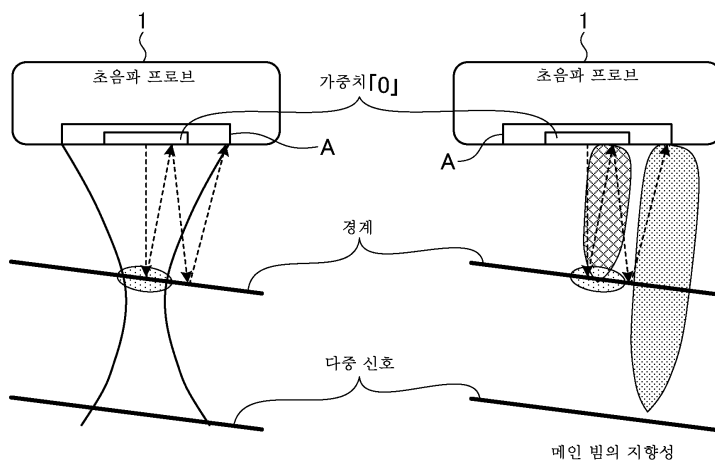
도면3



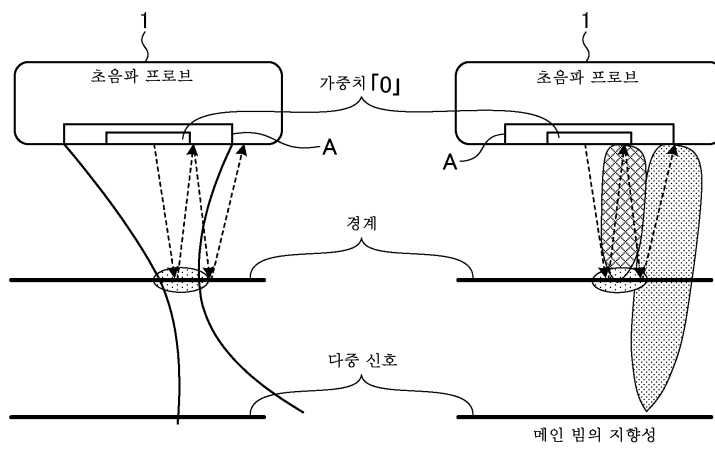
도면4



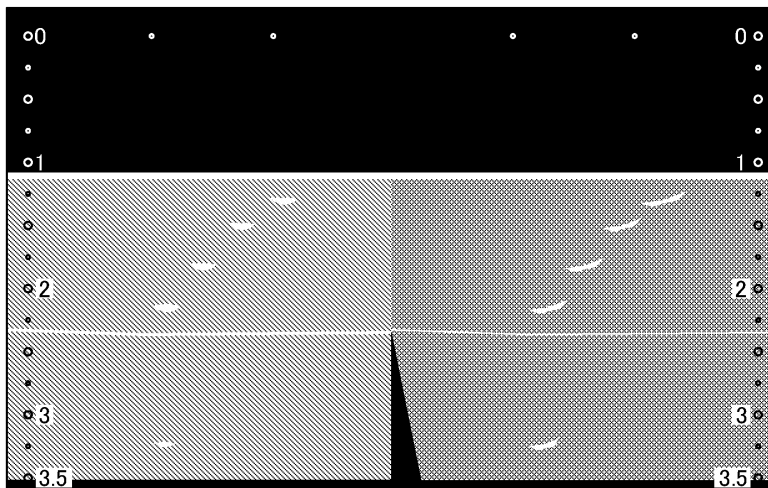
도면5



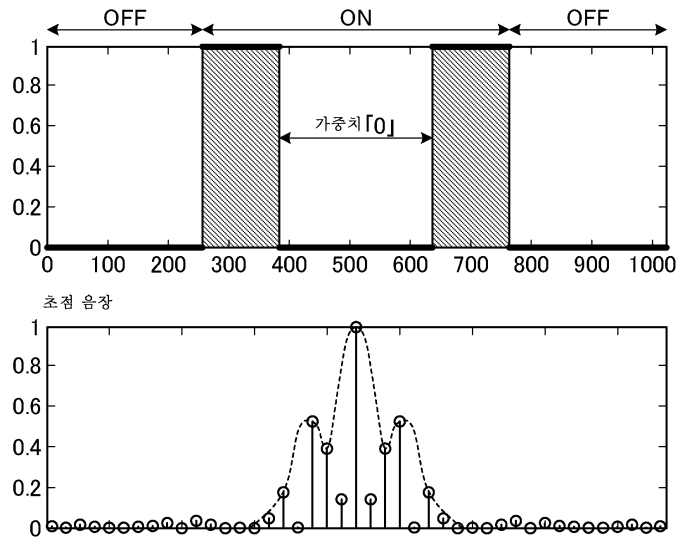
도면6



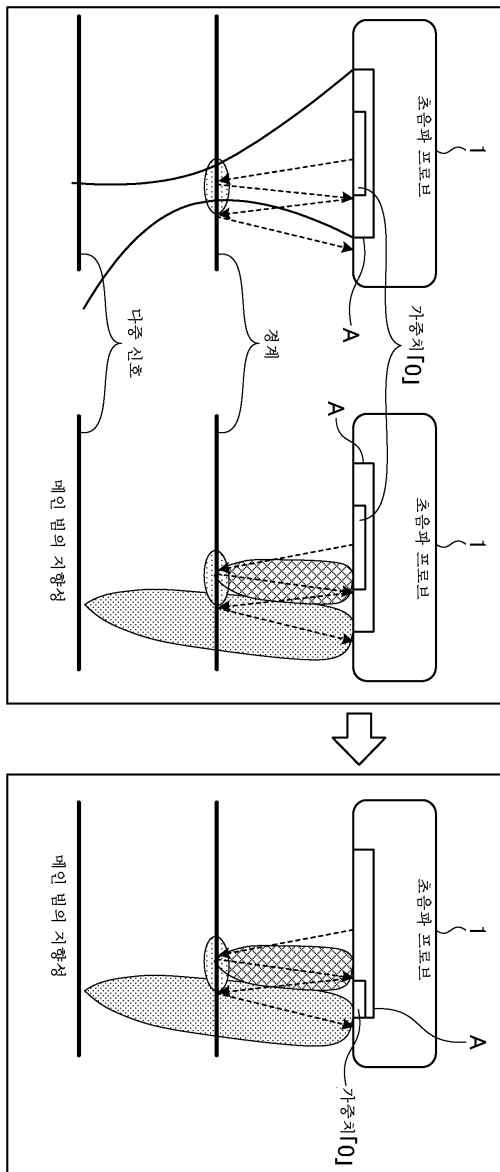
도면7



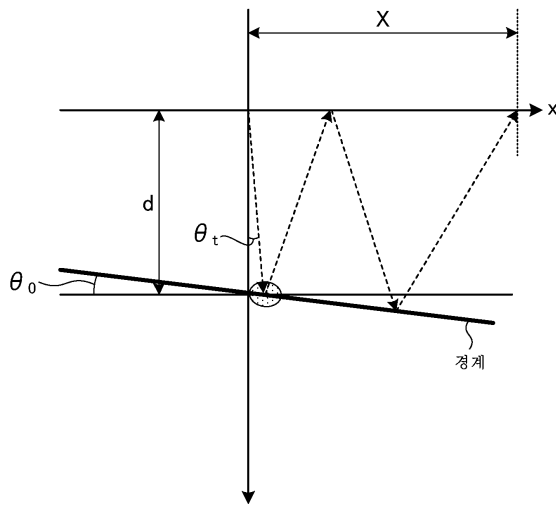
도면8



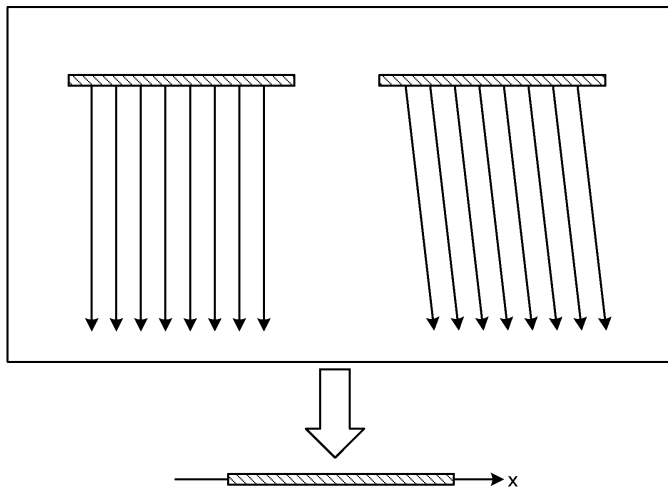
도면9



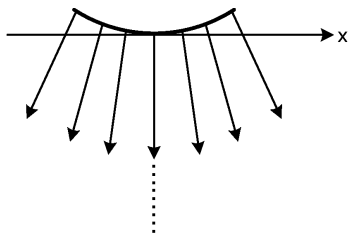
도면10a



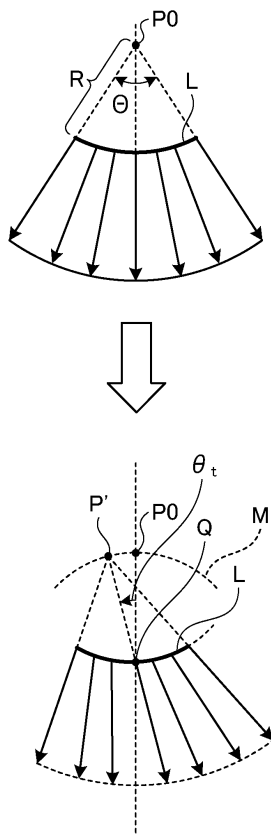
도면10b



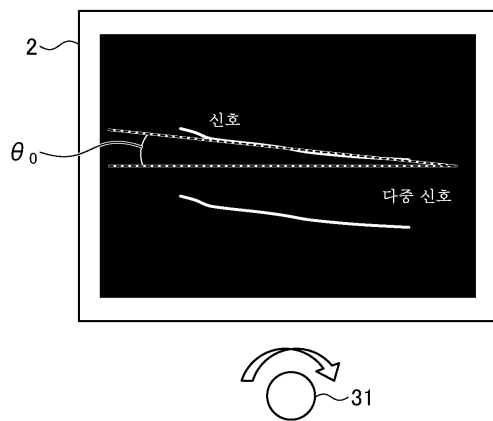
도면10c



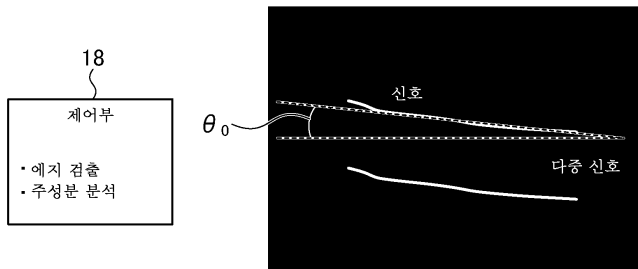
도면10d



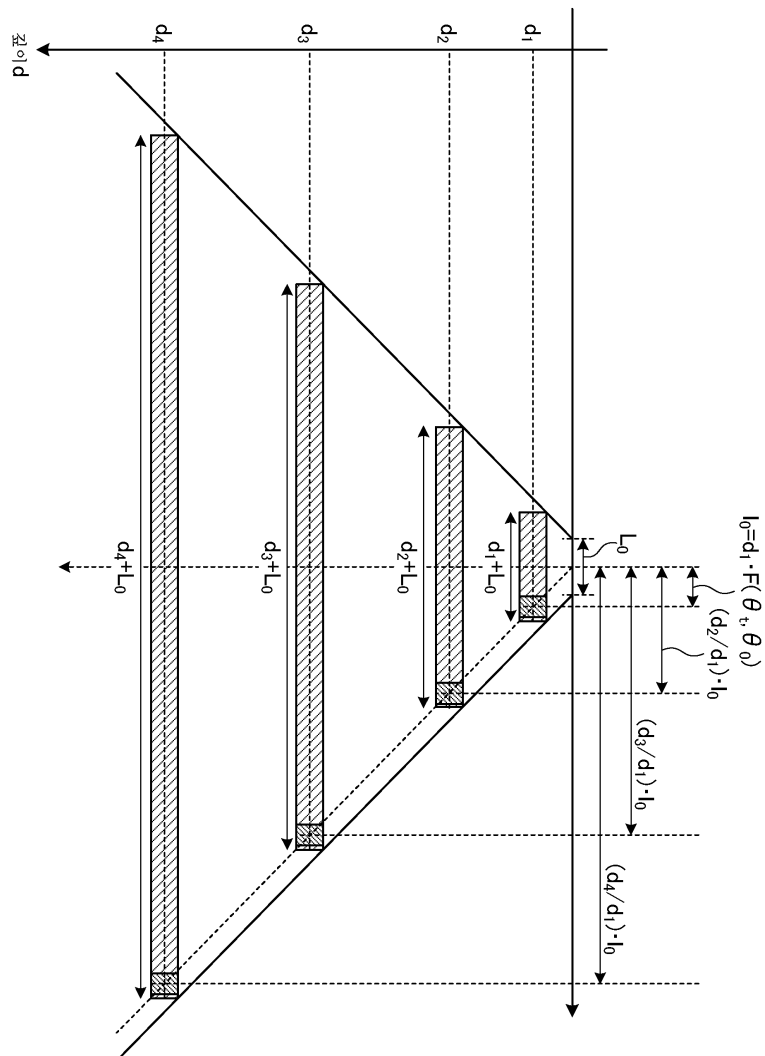
도면11



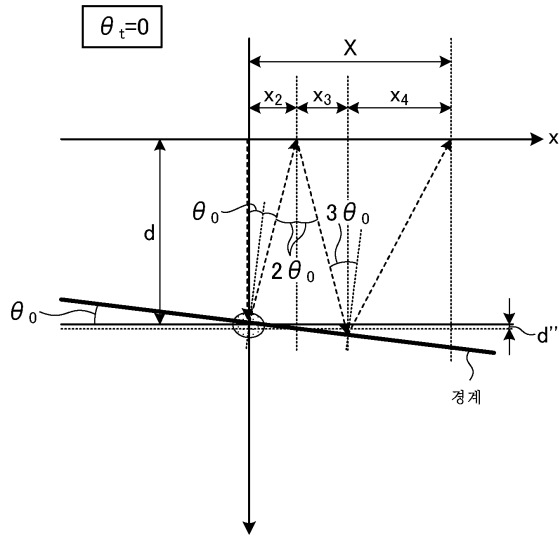
도면12



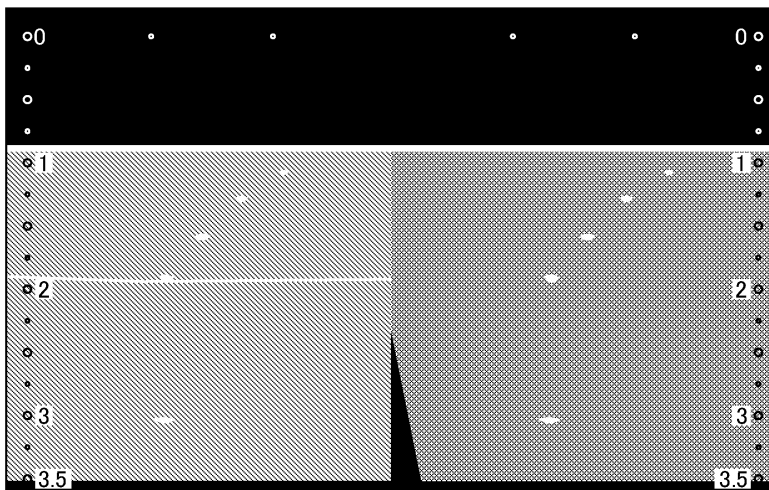
도면13



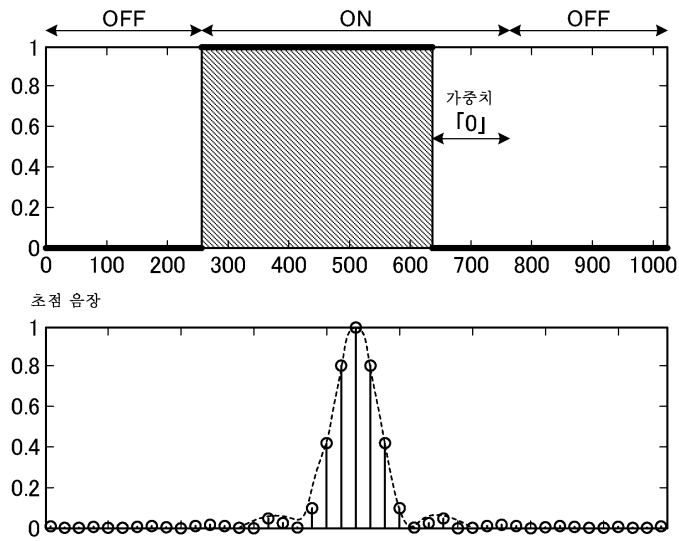
도면16



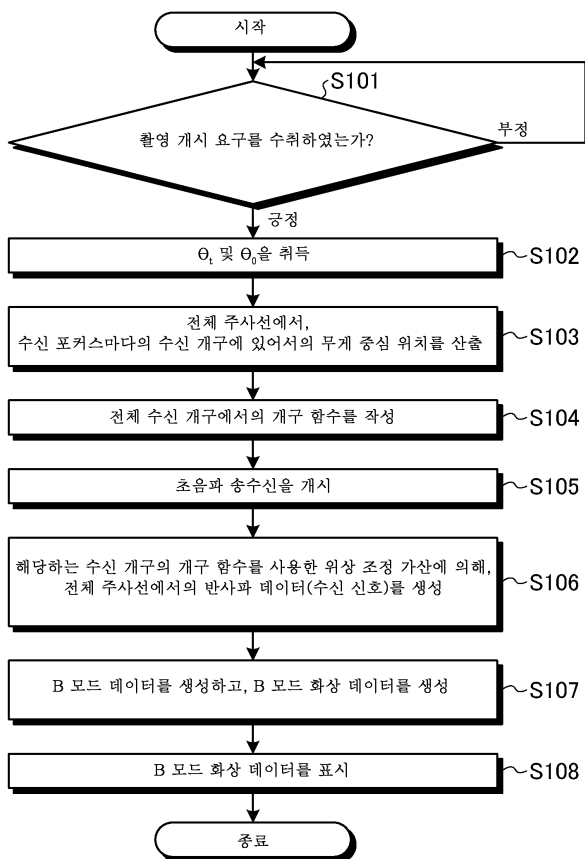
도면17



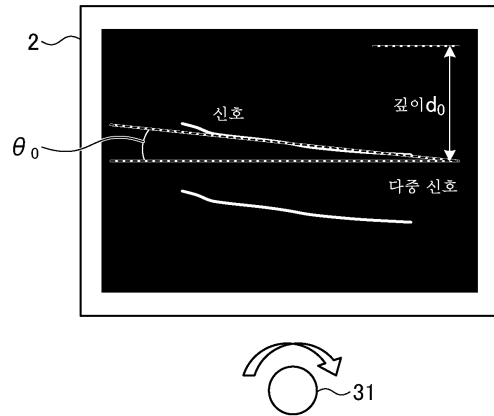
도면18



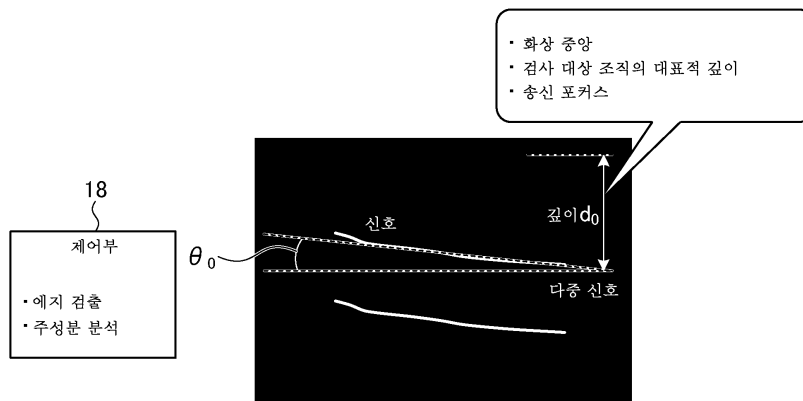
도면19



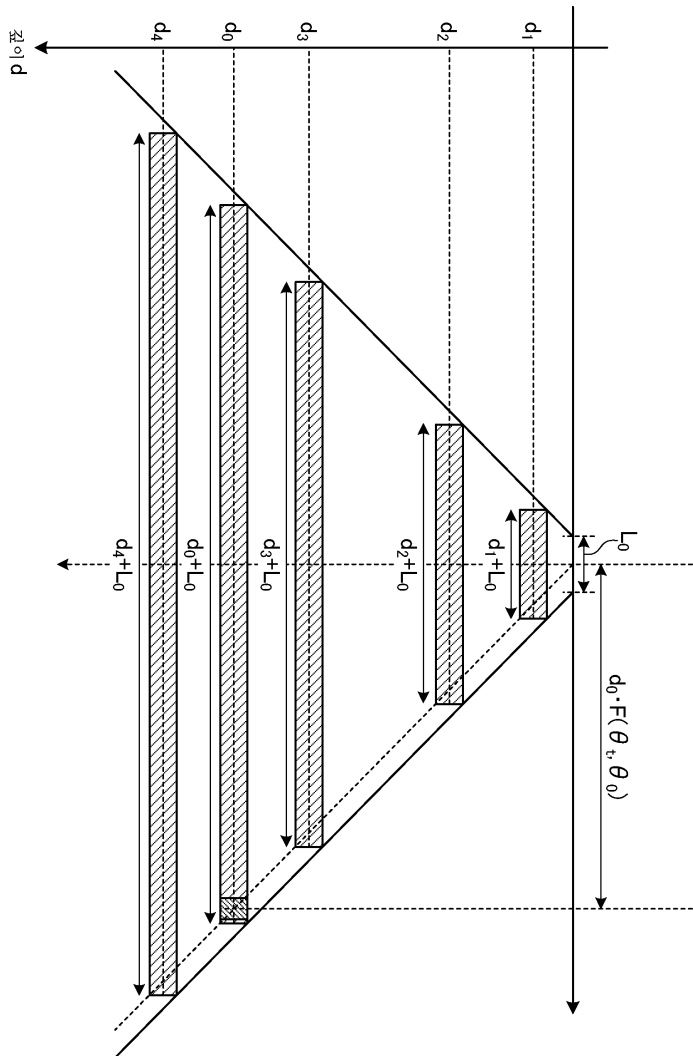
도면20



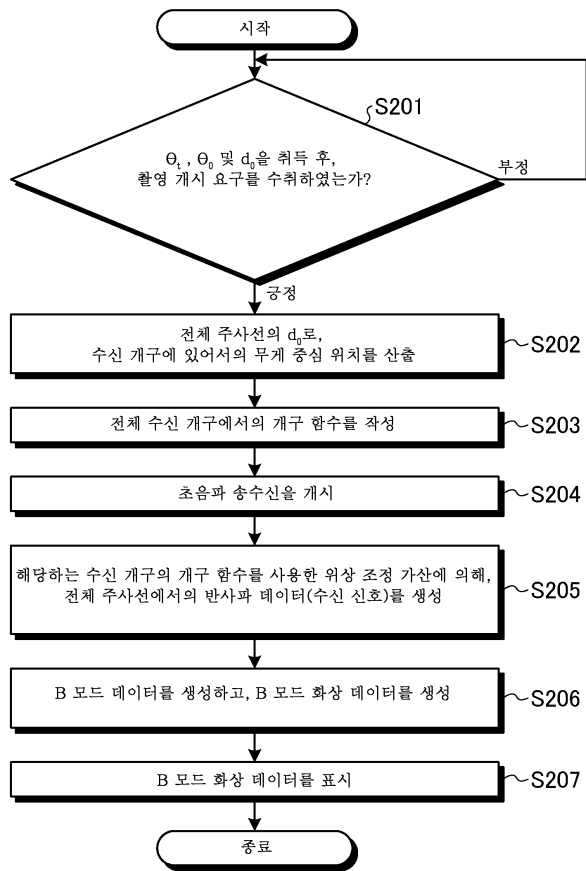
도면21



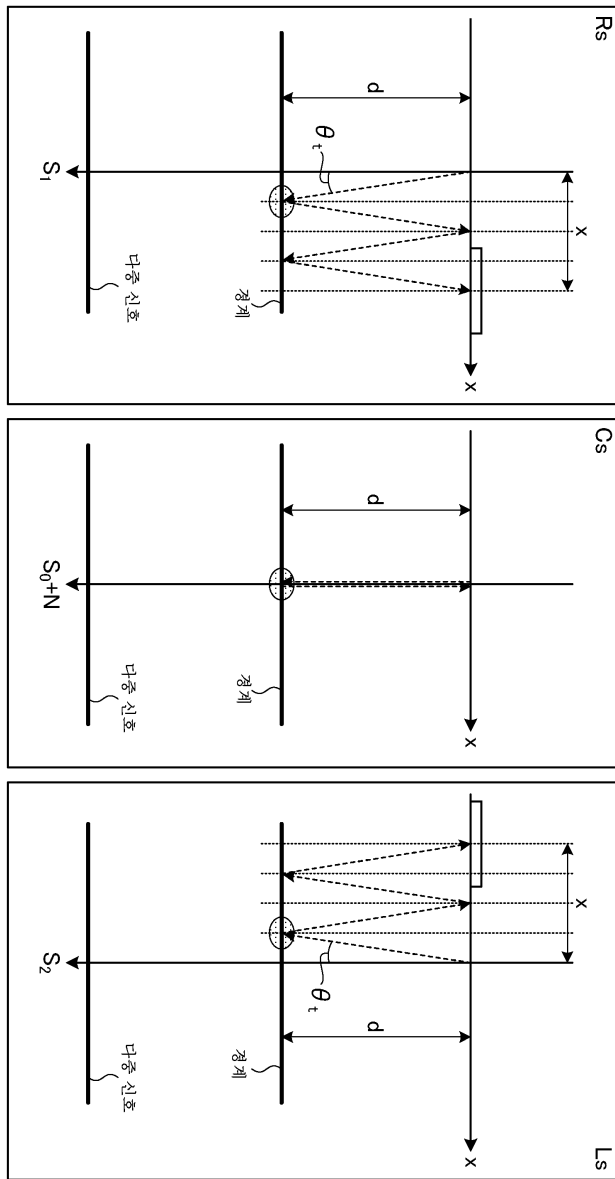
도면22



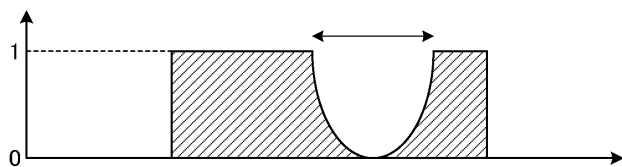
도면23



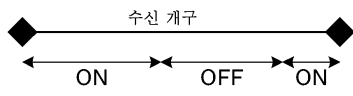
도면24



도면25



도면26



专利名称(译)	超声波诊断装置，图像处理装置及图像处理方法		
公开(公告)号	KR1020150094518A	公开(公告)日	2015-08-19
申请号	KR1020150017488	申请日	2015-02-04
[标]发明人	HONJO YASUNORI 혼조야스노리 ABE YASUHIKO 아베야스히코 KAWAGISHI TETSUYA 가와기시데츠야 HIRAMA MAKOTO 히라마마코토 SATO TAKESHI 사토다케시		
发明人	혼조야스노리 아베야스히코 가와기시데츠야 히라마마코토 사토다케시		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/54 A61B8/5246		
代理人(译)	Jangsugil Bakchungbeom		
优先权	2014023624 2014-02-10 JP		
其他公开文献	KR102011545B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本实施方式涉及超声波诊断装置，图像处理装置以及图像处理方法，并且提供一种能够减少多次反射的超声波诊断装置，图像处理装置以及图像处理方法。实施例的超声诊断设备包括控制单元，处理单元和图像生成单元。控制单元控制超声波的偏转角，以使接收开口的至少一个振动器通过，该接收开口包括沿一个预定方向布置的振动器组，预定的一个方向与被检对象的结构之间的边界。基于指示的方向形成的角度和垂直于与振动器组的中心交叉的预定一个方向的法线方向的垂直方向和代表边界的方向形成的角度中的至少一个来进行选择。处理器被配置为将由控制单元选择的至少一个振动器产生的接收信号的信号强度减小到构成接收开口的多个振动器中的除了至少一个振动器之外的其他振动器产生的接收信号的信号强度。对在接收开口中产生的多个接收信号中的至少一个进行处理以使其处于该状态，并且输出接收开口的接收信号。图像生成单元基于处理单元输出的接收开口的接收信号来生成超声图像数据。

