

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-113788

(P2004-113788A)

(43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/08

F I

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/08

テーマコード (参考)

4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-329247 (P2003-329247)  
 (22) 出願日 平成15年9月22日 (2003. 9. 22)  
 (31) 優先権主張番号 10/065, 180  
 (32) 優先日 平成14年9月24日 (2002. 9. 24)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 300019238  
 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー  
 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・710・3000  
 (74) 代理人 100093908  
 弁理士 松本 研一  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100106541  
 弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

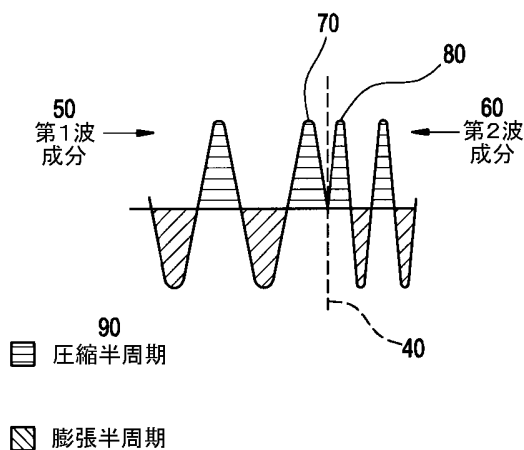
(54) 【発明の名称】 ステップ状チャープ波形を使用して超音波造影イメージングを増強する方法及び装置

## (57) 【要約】

【課題】 超音波イメージングシステム(200)において、ステップ状チャープ波形を使用して造影イメージングの造影剤対組織比及び信号対ノイズ比を増強する方法及び装置を提供する。

【解決手段】 第1波形成分(50)が、気泡運動を開始させるのに最適な第1の周波数にて使用され、第2波形成分(60)が、増強された気泡の非線形応答を生成するのに最適な第2の周波数にて使用される。第1波形成分と少なくとも1つの第2波形成分とは、単一のステップ状チャープ送信パルスとして送信される。両波形成分の中心周波数と振幅と開始位相と帯域幅との内の少なくとも1つが、単一のステップ状チャープ送信パルスを発生させるために調節される。2つの波形成分間の相対的位相と切り換え時間(40)と遅延も、気泡の非線形応答を最大限に増強するために調節される。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

超音波イメージングシステム（200）において、被検体の超音波造影イメージングに対する造影剤対組織比及び信号対ノイズ比を向上させる方法であって、

造影気泡の運動を開始させるのに最適な第1の周波数を中心とする第1波形成分（50）と、増強された前記造影気泡の非線形応答を生成するのに最適な少なくとも第2の周波数を中心とする少なくとも第2波形成分（60）とを含む単一のステップ状チャープ送信パルスを発生させる段階（410、420）と、

前記単一のステップ状チャープ送信パルスを前記被検体に送信する段階（430）と、を含むことを特徴とする方法。

10

## 【請求項 2】

前記第1波形成分（50）の振幅が、前記少なくとも第2波形成分（60）の振幅と異なることを特徴とする請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記単一のステップ状チャープ送信パルス内で、前記第1波形成分（50）を前記少なくとも第2波形成分（60）の前に置く段階を更に含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記単一のステップ状チャープ送信パルス内で、前記少なくとも第2波形成分（60）を前記第1波形成分（50）に加える段階を更に含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

20

## 【請求項 5】

前記第1波形成分の後半周期（70）と、前記少なくとも第2波形成分の前半周期（80）とが、前記単一のステップ状チャープ送信パルスの圧縮半周期（90）内にあることを特徴とする請求項1に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記第1波形成分の後半周期（70）と前記少なくとも第2波形成分の前半周期（80）とが、前記単一のステップ状チャープ送信パルスの膨張半周期内にあることを特徴とする請求項1に記載の方法。

## 【請求項 7】

超音波イメージングシステム（200）において、超音波造影イメージングに対する造影剤対組織比及び信号対ノイズ比を向上させる装置であって、

30

造影気泡の運動を開始させるのに最適な第1の周波数を中心とする第1波形成分（50）と、増強された前記造影気泡の非線形応答を生成するのに最適な少なくとも第2の周波数を中心とした少なくとも第2波形成分（60）とを含む、被検体への少なくとも1つのステップ状チャープ波形を発生させて送信するための送信器部（230、250、260）と、

造影気泡と組織と血液の内の少なくとも1つから反射された前記少なくとも1つのステップ状チャープ波形のエコーを受信し、ビーム形成し、及び濾波することにより受信信号を発生させる（440）ための受信器部（240、270、280、290）と、

40

前記受信信号を画像として統合し、走査変換し、且つ表示するための処理部（310、320、330）と、を備えることを特徴とする装置。

## 【請求項 8】

前記受信器部が、ビーム形成し及び濾波する前に、前記少なくとも1つのステップ状チャープ波形のエコーをコヒーレント加算し、前記少なくとも1つのステップ状チャープ波形が、1つよりも多いステップ状チャープ波形を含むことを特徴とする請求項7に記載の装置。

## 【請求項 9】

前記受信器部が、ビーム形成し及び濾波した後に、前記少なくとも1つのステップ状

50

ャープ波形のエコーをコヒーレント加算し、前記少なくとも1つのステップ状チャープ波形が、1つよりも多いステップ状チャープ波形を含むことを特徴とする請求項7に記載の装置。

【請求項10】

前記送信器部が、送信器(230)と、ステップ状チャープ波形発生装置(250)と、送信器制御装置(260)とを含むことを特徴とする請求項7に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の特定の実施形態は、超音波における造影イメージングに関し、より具体的には、超音波造影イメージングにおける造影剤対組織比(CTR)及び信号対ノイズ比(SNR)の増強に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波用造影剤が、幾つかの薬品会社によって開発されている(米国特許第5,410,516号及び第5,678,553号参照)。これらの1乃至10 $\mu$ mのマイクロバブル(気泡)は、血液中に注入された時に、血流及び灌流(器官又は組織への血液の循環)からの超音波エコー強度を増大させる。組織が存在する場合には、血流又は灌流を可視化するために、造影剤のエコー強度に対し組織エコー強度を大幅に低下させなければならない。組織信号を抑制するための1つの方法は、組織から生じる非線形信号よりも強い、マイクロバブルによって発生される非線形信号(例えば高調波信号)を撮像することである。

【0003】

基本的な高調波イメージングは、 $f_0$ にて狭帯域信号を送信し、次いで帯域濾波を行なって $2f_0$ にて造影剤(及び組織)によって発生される高調波信号を撮像する(米国特許第5,724,976号及び第5,733,527号参照)。或いは、パルスインバージョンにより、2つの位相反転された送信パルスを用いて、より良好な解像度を得るために基本波帯域と高調波帯域とを重ね合わせて、撮像されるべき非線形成分を残して基本波(線形)成分を取り除くことができる。(米国特許第5,632,277号、第5,706,819号、及び第6,371,914号参照)。

【0004】

米国特許第5,632,277号は、振幅変調を使用するフェーズインバージョン法について記載している。米国特許第5,706,819号に記載されたパルスインバージョン法においては、送信周波数帯域は受信周波数帯域から分離され、マイクロバブルの高調波応答を検知するために、入射圧力波の高調波は抑制されなくてはならない。

【0005】

バブル信号を増強するための別の方法は、バブルを撮像する前に、バブルを励振させることである。これは、バブルの大きさを膨張させてより大きな散乱断面積を得るために、イメージングパルスとは分離された励振パルスを送信することによって行われる(米国特許第5,833,615号参照)。米国特許第5,833,615号は、イメージング信号から分離された励振信号が、イメージング信号よりも前に送信されなくてはならないと述べている。その結果、追加的な変換器が必要とされるか、又は、2つの別個のパルスが送信されなくてはならず、フレームレートが低下する。また、バブル信号はバブルの線形特性を利用することによって増強されるので、この方法が低い機械的指数(MI)のフェーズインバージョン・イメージングに適用される場合には、増強された信号は取り除かれることになり、何らの利点も得られない。

【0006】

更に、米国特許第5,833,615号においては、励振増強される超音波システムが提案されている。イメージングパルスから分離された励振パルスを使用して、4.2 $\mu$ m

10

20

30

40

50

よりも小さいマイクロバブルを励振して膨張させるが、これは、被検体（造影剤のバブル）により散乱されて反射する超音波イメージング信号の反射量を増大させることになる。これはマイクロバブルの線形特性に基づいている。従って、パルスインバージョンモードで適用される場合には、反射する超音波イメージング信号の増大は、主としてバブルの散乱断面積の増加に基づくものであり、これは2つの位相反転したパルスについて同一のものとなり、この増大は相殺されることができる。

【0007】

米国特許第6,371,914 B1は、単一波形のパルスインバージョン法を開示している。ダブルパルス励振波形が媒体内に送信される。通常、波形内の2つのパルスは位相反転されている。受信時には、異なる逆畳込み関数を用いて第1のパルス及び第2のパルスからエコーを取り出し、次いで2つのエコーを時間的に再編成して合計し、線形応答を取り除く。米国特許第6,371,914 B1では、波形は公知の符号化関数を用いた任意の単一パルスの畳み込みとして見なすことができると述べている。

10

【0008】

上述の各々の従来方法に関しては、組織信号強度に対する造影剤の比率は、灌流撮像にとってはまだ十分でない。造影剤対組織比（CTR）を改善する1つの方法は、機械的指数（MI）が減少するにつれて組織の非線形信号は造影剤の非線形信号よりも速く減少するので、送信MIを低くすることである。しかしながら、この方法は、直ちに信号対ノイズ比（SNR）を制限することになる。

【0009】

20

米国特許第6,213,947 B1においては、単一発射高調波イメージング及びパルスインバージョン高調波イメージングモードのために符号化された送信パルス（チャープ）も使用される。しかしながら、その請求項において、「受信信号の内の少なくとも一部」は、単一発射の際に、或いはパルスインバージョンの場合における第1と第2の送信からの受信信号を結合する前に、「少なくとも1つの圧縮フィルタ」を適用する必要がある、と述べている。このことは、圧縮フィルタは通常のフィルタよりも大きく且つ非常に高価であることから重大である。

【0010】

米国特許出願公開2002/012855 A1においては、基本波の組織イメージングのために選択された1つの波形成分と、高調波の組織イメージングのために選択された別の1つの波形成分である2つの波形成分を、1つの送信信号内に含み、超音波基本波及び高調波組織イメージングを同時に実行する。発明者は、造影イメージング用にこの方法を使用することができると述べているが、組織除去とバブル応答性増強にとっての利点は何も見出せない。この方法は、高調波組織イメージングのために設計されている。例えばこの特許によれば、2送信モードにおいて、2つの送信されたパーストは部分的にのみ（1つの成分）位相反転されている。つまり、高調波を発生する成分は反転されているが、基本波成分は反転されていない。その結果、組織信号は最適には取り除かれないことになる。両成分を位相反転することは、従来の広帯域パルスインバージョン法に比べてCTR又はSNRを改善することにはならないであろう。

30

【0011】

40

追加の高価な装置を用いることなく、超音波造影イメージングにおいてCTRとSNRとを増大させる基本的な必要性が依然として存在している。又、造影剤の破壊を低減する低MIイメージングが望まれる。造影剤のマイクロバブルは、高MI超音波パルスにより破壊されるので、造影剤を破壊せず、且つ造影剤を撮像可能なより長い持続時間を維持するための低MIパルスが望まれる。

【特許文献1】米国特許第5,410,516号

【特許文献2】米国特許第5,678,553号

【特許文献3】米国特許第5,724,976号

【特許文献4】米国特許第5,733,527号

【特許文献5】米国特許第5,632,277号

50

【特許文献6】米国特許第5,706,819号

【特許文献7】米国特許第6,371,914号

【特許文献8】米国特許第5,833,615号

【特許文献9】米国特許第6,371,914B1

【特許文献10】米国特許第6,213,947B1

【特許文献11】米国特許出願公開2002/012855A1

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の実施形態は、超音波イメージングシステムにおいて、ステップ状チャープ波形を使用してCTR及びSNRを増強することにより造影イメージングを実行するための方法及び装置を提供する。 10

【課題を解決するための手段】

【0013】

超音波イメージングシステムにおいて、第1の周波数を中心とする第1波形成分と、少なくとも第2の周波数を中心とする少なくとも第2波形成分を含む単一のステップ状チャープ送信パルスを発生させる段階を含む方法が提供される。第1波形成分は、気泡運動を開始させるのに最適な第1の周波数にて使用され、第2波形成分は、増強された気泡の非線形応答を生成するのに最適な第2の周波数にて使用される。典型的には、第2の周波数は第1の周波数よりも大きい。第1波形成分は、単一のステップ状チャープ送信パルス内において、少なくとも第2波成分の前に置くことができる。或いは、少なくとも第2波成分は、単一のステップ状チャープ送信パルス内において、第1波成分に加えることもできる。第1波形成分及び少なくとも第2波形成分の中心周波数と振幅と開始位相と帯域幅との内の少なくとも1つが、単一のステップ状チャープ送信パルスを発生させるために調節される。また、第1波形成分と少なくとも第2波形成分間の相対的位相と切り換え時間(40)と遅延も調節される。造影剤バブルと組織と血液の内の少なくとも1つから反射された単一のステップ状チャープ送信パルスのエコーから、受信信号が発生される。受信信号が処理されて、1つの画像として表示される表示信号が発生させる。 20

【0014】

超音波イメージングシステムにおいて、ステップ状チャープ波形を発生させて送信するための送信器部と、造影気泡と組織と血液との内の少なくとも1つから反射されたステップ状チャープ波形のエコーを受信し、ビーム形成し、及び濾波することにより受信信号を発生させるための受信器部とを備える装置が提供される。受信信号を1つの画像として統合し、走査変換し、且つ表示するための処理部も備えられる。送信器部は、送信器とステップ状チャープ波形発生装置と送信器制御装置とを含む。受信器部は、受信器とビームフォーマと受信器制御装置と記憶装置とを含む。処理部は、信号プロセッサとスキャン・コンバータと表示装置とを含む。 30

【0015】

本発明の特定の実施形態は、ステップ状チャープ波形を用いた造影画像におけるCTR及びSNRを向上させる方法を提供する。 40

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

上述の発明の開示、並びに以下の本発明の特定の実施形態に関する詳細な説明は、添付図面を参照しながら読むことにより一層よく理解されるであろう。しかしながら、本発明は、添付図面に示された構成及び手段に限定されるものではないことは理解されるべきである。

【0017】

本発明の一実施形態は、CTR及びSNRを増強するためにステップ状チャープ波形を用いて、超音波システムにおける増強された造影イメージングを可能にする。ステップ状チャープは、周波数変調の一形態である。 50

## 【 0 0 1 8 】

無限液体内で入射圧力波により駆動された時に、球状に振動する殻で包まれたミクロンの大きさのバブル（気泡）は、駆動圧力が非常に低い時には（例えば  $< 30 \text{ kPa}$ ）線形のばね質量系としてモデル化することができる。その結果、バブルばね質量系の有効「剛性」により発生されるバブル表面上の圧力  $P_L$  は、バブル壁変位  $a = a - a_0$ （ここで  $a_0$  はバブルの平衡半径、 $a$  は瞬間バブル半径）に比例することができる。しかしながら、駆動圧力が高い時には（例えば  $> 30 \text{ kPa}$ ）、バブルは非線形的に応答し始め、線形ばね質量系ではもはやバブル運動を表現することはできない。従って、表面圧力  $P_L$  は、もはやバブルの半径方向変位  $a$  に比例しない。  $4 \mu\text{m}$  の殻で包まれたバブルについて、バブル表面圧力  $P_L$  と半径方向変位  $a$  との非線形関係が計算され、図 1 に示されている。

10

## 【 0 0 1 9 】

圧縮相 10 において、バブルの大きさが  $a < 0.75 a_0$ （バブル変位  $a < -0.25 a_0$ ）である時には、圧縮方向 15 における小さな半径方向変位  $a$  が大きな表面圧力変化  $P_L$  をもたらすようになることが、図 1 から分かる。反対に、バブルの大きさが  $a > 1.25 a_0$ （バブル変位  $a > 0.25 a_0$ ）である時には、膨張方向 20 における小さな半径方向変位、或いは大きな半径方向変位であっても、バブル半径圧縮相と比べて表面圧力に殆ど何の変化も生じないことになる。

## 【 0 0 2 0 】

次に、遠距離音場におけるバブル振動により散乱される波について考察する。

## 【 0 0 2 1 】

20

## 【 数 1 】

$$p_s(r, t) \Big|_{\text{far-field}} = \frac{a}{r} \left( \frac{1}{2} \rho \dot{a}^2 + p_L(t) - p_0 - p_i(t) \right), (1)$$

## 【 0 0 2 2 】

ここで、 $r$  は観察点とバブル中心との距離であり、

## 【 0 0 2 3 】

## 【 数 2 】

 $\dot{a}$ 

## 【 0 0 2 4 】

30

はバブル壁速度、 $p_i(t)$  は入射圧力、 $p_0$  は液体内の静圧力、 $\rho$  は液体密度である。バブル振動内で発生される  $P_L$  が高くなるほど、散乱波の振幅が大きくなることは明らかである。又、バブル壁速度が大きいほど散乱波の増強を助長する。散乱波は極めて非線形であるため、より振幅の大きな散乱波は、基本波成分及び高調波成分の増強をもたらす。従って、図 1 に基づく分析から、より強く圧縮することによって非常に強いバブル非線形応答を得ることができる。

## 【 0 0 2 5 】

バブルが非線形特性である場合に、バブルの非線形応答を高めるために幾つかの方法がある。1つの方法は、単純に入射圧力の振幅を増大させることである。しかしながら、造影剤を用いた多くの臨床応用では、バブル破壊を防止するために低い  $MI$  状態で働く必要がある。その結果、適用できる最高圧力振幅は制限される。別の方法は、長時間にわたってバブル圧縮を行うことであり、これは、正常検出でより低い周波数の波形を送信することを意味している。しかしながら、低い周波数は、横方向解像度が低くなり、従って画像の質を低下させることから、実用的な解決策ではない。

40

## 【 0 0 2 6 】

本発明の一実施形態は、特別な波形、すなわちステップ状チャープ波形を設計することによってバブルの非線形特性を使用する。ステップ状チャープ波形は、1つのパルス内の第1波成分50（周波数  $f_1$  を中心とする）と第2波成分60（周波数  $f_2$  を中心とする）とを組み合わせたものである。第1波成分は、バブル運動を開始させるために最適な周波数で使用され、第2波成分は、増強されたバブル非線形応答を生成するために最適な第2

50

の周波数で使用される。ステップ状チャープ波形の2つの波成分の中心周波数、振幅、及び帯域幅を調節することにより、また両波成分の相対的な位相、周波数、切り換え時間（一方の周波数から他方の周波数に波形が変わる時点）、及び両者間の遅延を調節することにより、パブルの非線形応答を増強することができる。

#### 【0027】

具体的には、2つの波成分を、第1波成分50の後半周期70と第2波成分60の前半周期80の両方が、図2に示すように圧縮の半周期90内にあるように結合する。この波成分の組み合わせは、非常に低い周波数を用いることなく、より長い圧縮時間をパブルに与える。その結果、圧縮相において、より大きな半径方向変位とより高いパブル壁速度とを達成することができ、その結果、切り換え時点40の直後に非常に強い散乱波が発生することになる。図3は、

10

- a) ステップ状チャープ波形の第1波成分だけを送信した場合と、
- b) ステップ状チャープ波形全体を送信した場合

でシミュレートしたパブル応答を示している。

#### 【0028】

散乱波振幅における大きな変化  $p$  に対して、圧縮相におけるパブル半径の小さな差  $a$  に注目されたい。また、第2波成分の導入後におけるパブル壁速度の増大にも注目されたい。(a)の場合、破線はパルス停止位置に置かれ、(b)の場合、破線40は波形が低周波成分から高周波成分に切り換わる位置に置かれている。

#### 【0029】

20

ステップ状チャープ波形の設計において、パブルの非線形応答を増強するために、より長い圧縮時間が期待されるが、パブル膨張相との負の相互作用を回避するために、第2波成分60の前半圧縮周期は十分に短くする必要がある。このような制約の下で、パブル壁速度の方向を変更する必要がなく(図3参照)、また、パブル表面圧力は、圧縮相において非常に急速に増大することから、第2波成分60の前半圧縮周期80は、第1波成分50の後半圧縮周期70よりも短くすることができる。その結果、 $f_h > f_l$ の関係が選択される。従って、本発明の一実施形態は、上方のステップ状チャープ波形を含む。今後、第1波成分50を低周波成分と呼び、第2波成分60を高周波成分と呼ぶ。

#### 【0030】

造影剤の破壊を低減するために、低M Iイメージングが望ましい。造影剤のマイクロパブルは高M Iの超音波パルスによって破壊されるので、造影剤を破壊しないため、及び造影剤の撮像可能な持続時間を長く維持するために、低M Iパルスであることが望ましい。ステップ状チャープ波形は、低M Iイメージングが可能なように設計することができる。

30

#### 【0031】

ステップ状チャープ波形は、特に単発射の高調波造影剤イメージング用に設計することができる。このような場合には、 $f_h$ はおおよそ $2f_l$ であって、受信時に $2f_l$ 付近でエコーを濾波することができる。第2高調波周波数付近でより強い応答を得るために、図2に示したような2つの連続する圧縮半周期の代わりに、図4に示すように、切り換え時間40において2つの連続する膨張周期110を使用することができる。

#### 【0032】

40

膨張相11の間、半径方向変位は大きな表面圧力変化を生じないことから、パブルはより線形ばね質量系のように動作する(図1及び式1参照)。従って、駆動周波数(つまり、 $2f_l$ )付近ではより多くのエネルギーが散乱される。また、散乱断面積はパブルの大きさの2乗に比例するから、静止パブルを駆動するために、 $2f_l$ 周波数波を使用するよりも大きな振幅の散乱波を期待することができる。更に、高周波成分の第2の圧縮周期はパブル圧縮と同相であり、これにより大きな圧縮変位とより高いパブル壁速度をもたらすので、パブルの非線形応答も増強される。従って、図4に示すように、半周期の直後により強い散乱波120が達成される。 $2f_l$ 付近の全パブル応答は、 $2f_l$ 付近の増強された非線形応答と線形応答性との組み合わせとなる。増強された非線形応答により、また、パブルが、線形相においてさえ組織よりも非常に大きな圧縮性を有するために組織よりも強

50

く散乱することから、高いCTRを達成することができる。更に、散乱波120の振幅は、ステップ状チャープ波形と同じ長さを有する、 $f_1$ を中心とした低周波だけを送信した場合よりもずっと強いので、高いSNRを達成することができる。

#### 【0033】

このバブル表面圧力とバブル半径変位との間の非線形な関係は、1対の位相反転されたステップ状チャープ波形を使用したパルスインバージョン・イメージングを増強することに通常応用される。本発明の一実施形態においては、図2のステップ状チャープ波形を0°パルスとして定義し、この0°パルスを位相反転したパルスを図5に示すような180°パルスと定義すると、図5に示すように、この180°パルスは、切り換え時間40付近で長い膨張時間を有することが明らかである。

10

#### 【0034】

しかしながら、図1に示すように、バブル膨張相11の間、膨張方向20における半径変位は、バブル圧縮相10における同量の変位と比べて、バブル表面圧力に殆ど何の変化も引き起こすことはない。その結果、180°パルス送信におけるバブルからの散乱波は、0°パルス送信におけるほど大きくは増強されない。組織に関しては、バブルと比べて非線形性が非常に弱いので、0°送信からのエコーと180°送信からのエコーとの間に有意な差を見出すことはできない。従って、2つの位相反転されたステップ状チャープ波形送信において、超音波用造影剤及び組織からのエコー信号をコヒーレント加算した後に受信することにより、CTR及びSNRを増強することができる。

#### 【0035】

具体的には、 $f_H$ がおおよそ $2f_1$ である場合には、通常のパルスインバージョン・イメージングにおけるようにステップ状チャープの1対の位相反転された低周波成分のみを単に使用した場合と比べて、 $2f_1$ 付近で強い増強を達成することができる。第1回目と第2回目の発射から受信したエコーを、コヒーレント加算の前後で $2f_1$ 付近で濾波して、強いCTRを得ることができる。図6は、2MHzの通常のパルスインバージョン・イメージングと、及び2MHz及び4MHzのステップ状チャープ・イメージングを用いた散乱波130（コヒーレント加算後の）とパワースペクトルのシミュレート結果を示している。1対の位相反転されたステップ状チャープ波形を使用して、4MHz付近で約7乃至8dBの増強を達成している。

20

#### 【0036】

本発明の一実施形態においては、ステップ状チャープ波形は、位相符号化又は振幅符号化された送信波を用いる複数回発射（単発射及び2回発射を含む）の状況においても使用することができる。2回発射の場合、2つのパルスが完全に位相反転されている必要はなく、例えば図7に示すように、第2波形の一部分140が反転され、別の部分150は反転されていなくてもよい（完全には位相反転されていない、つまり第1の部分が90°移相され、第2の部分が反転されている1対のステップ状チャープ波形）。また、2つの成分の振幅が異なっている点にも注目されたい。各々のステップ状チャープ波形は、2つ又はそれ以上の離散周波数成分の組み合わせとすることができる。この組み合わせは、1つの成分が単純に他の成分に後続してもよいし、或いは1つの成分が他の成分上又は他の成分の一部に加わっていてもよい。

30

#### 【0037】

図8は、本発明の一実施形態に従って構成された超音波診断用イメージングシステム200のブロック図を示す。このシステムは、送信/受信スイッチ220を介して送信器230及び受信器240に結合されたトランスデューサ・アレイ210を含む。ステップ状チャープ波形（#1乃至#N、 $N=1, 2, \dots$ ）は、ステップ状チャープ波形発生装置250、及び送信器制御装置260により制御される送信器230を介して連続的に送信される。

40

#### 【0038】

図8及び9を参照しながら単一パルスKに関して説明すると、ステップ410及び420において、ステップ状チャープ波形発生装置250は、第1の中心周波数を中心とした

50



第 1 波形成分と、少なくとも第 2 の中心周波数を中心とした少なくとも第 2 波形成分とを有する単一のステップ状チャープパルスを発生する。

【 0 0 3 9 】

具体的には、単一のステップ状チャープパルスを発生させるためには、少なくとも 2 つの方法がある。1. ステップ状チャープパルスをオフラインで設計し、次いで完全な単一のステップ状チャープパルス K を発生させて、これを送信のために送信記憶装置内に保管する。2. 第 1 の周波数にて第 1 波形成分を発生させ、次いでこれとは別に少なくとも第 2 の周波数で少なくとも第 2 波形成分を発生させ、次に少なくともこれらの 2 つの波形成分を単一のステップ状チャープパルス K として結合する。

【 0 0 4 0 】

ステップ 4 3 0 において、発生された単一のステップ状チャープパルス K は、トランスデューサ・アレイ 2 1 0 を介して送信器 2 3 0 により被検体に送信される。ステップ 4 4 0 において、受信器 2 4 0 及びビームフォーマ 2 7 0 は、反射されたステップ状チャープパルスのエコーから受信信号を発生させ、この受信信号を記憶装置 2 8 0 内に格納する。受信時に圧縮フィルタは使用されない。ステップ 4 5 0 において、受信信号を処理して、表示される造影剤画像を発生させる。

【 0 0 4 1 】

本発明の一実施形態においては、受信器 2 4 0 の受信帯域通過フィルタの帯域幅と中心周波数とは、最良の造影剤応答を得るために調節することができる。例えば、中心周波数は、送信周波数（各波形成分は自己の送信周波数を有する）の内の 1 つであってもよいし、送信周波数の中の低調波、超高調波、第 2 高調波、又はより高次の高調波の内の 1 つであってもよい。受信帯域幅は、上記周波数帯の内の 1 つ又はそれ以上を含むように十分広くすることができる。

【 0 0 4 2 】

複数のステップ状チャープパルスを発生させることもできる。ステップ状チャープパルス K + 1、ここで

【 0 0 4 3 】

【 数 3 】

$$K \in \{1, N-1\}$$

【 0 0 4 4 】

、は送信されたステップ状チャープパルス K からのエコーが受信された後に送信される。各発射からのエコーは、受信器 2 4 0 により順次受信される。受信された信号 { R 1 - R N } は、受信器制御装置 2 9 0 による制御の下で、ビームフォーマ 2 7 0 によりそれぞれビーム形成され濾過されて、記憶装置 2 8 0 内に格納される。ステップ 4 5 0 において、N 個の受信信号が得られた後、これらは信号プロセッサ 3 1 0 により統合される（コヒーレント加算を含む）。結果として生じる処理された信号は、次にスキャン・コンバータ 3 2 0 へ送られ、最後に表示装置 3 3 0 のモニタ上で表示される。中央制御装置 3 4 0 は、超音波イメージングシステムのすべての高レベル機能を統合する。

【 0 0 4 5 】

本発明の別の実施形態として、送信されたステップ状チャープパルスの全て又は一部から反射された受信エコーは、ビーム形成及び濾波される前にコヒーレント加算することができる。

【 0 0 4 6 】

本発明の更に別の実施形態として、2 つ以上の波形成分を有するステップ状チャープパルスを発生させて送信することができる。例えば、ステップ状チャープパルスは、各々が異なる中心周波数を持つ 3 つの波形成分を有することができる。

【 0 0 4 7 】

要約すると、ステップ状チャープ波形を使用した超音波造影イメージングの間に C T R

10

20

30

40

50

及びS N Rを増強することができる。ステップ状チャープ波形は、造影剤バブルの非線形特性を利用するために設計されており、基本波又は高調波組織イメージングのために設計されていない。ステップ状チャープ波形は、異なる周波数を中心とする少なくとも2つの成分から構成されており、公知の符号化関数を用いてどのような単一パルスを畳み込むことによって得ることはできない。受信プロセスにおいて、圧縮フィルタは使用されない。また、受信周波数帯は、その大部分が送信周波数帯と重なってもよい（つまり、受信周波数帯域と送信周波数帯域とを区分しなくてもよい）。

#### 【0048】

本発明を幾つかの実施形態を参照しながら説明してきたが、本発明の範囲から逸脱することなしに様々な変更を行い、又等価なもので置き換え可能であることが、当業者には理解されるであろう。更には、特定の状況又は材料に適応させるために、本発明の範囲から逸脱することなしに、本発明の教示に多くの変更を加えることも可能であろう。従って本発明は、開示された特定の実施形態に限定されるものではなく、請求項の範囲内に含まれる全ての実施形態を含むことが意図されている。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0049】

【図1】本発明の実施形態に従って利用される、非線形振動における半径方向変位の関数としてのバブル表面圧力のグラフ図。

【図2】本発明の実施形態によるステップ状チャープ波形の例示的な図。

【図3】本発明の実施形態によるシミュレートされたバブル応答の例示的な図。

【図4】本発明の実施形態による単一発射高調波イメージングにおいてステップ状チャープパルスを使用した結果の例示的な図。

【図5】本発明の実施形態による例示的な1対の位相反転されたステップ状チャープパルス。

【図6】本発明の実施形態による1対の位相反転されたステップ状チャープパルスを使用したパルスインバージョン・イメージングのシミュレートされた増強の例示的な図。

【図7】本発明の実施形態による完全には位相反転されていない1対のステップ状チャープパルスの例示的な図。

【図8】本発明の実施形態によるステップ状チャープパルスを使用する増強された造影イメージングを実行するための超音波イメージングシステムの概略的なブロック図。

【図9】本発明の実施形態によるステップ状チャープパルスを使用する増強された造影イメージングを実行するための方法のフロー図。

#### 【符号の説明】

#### 【0050】

40 切り換え時点

50 第1波成分

60 第2波成分

70 後半周期（第1波成分50の）

80 前半周期（第2波成分60の）

90 圧縮半周期

110 膨張周期

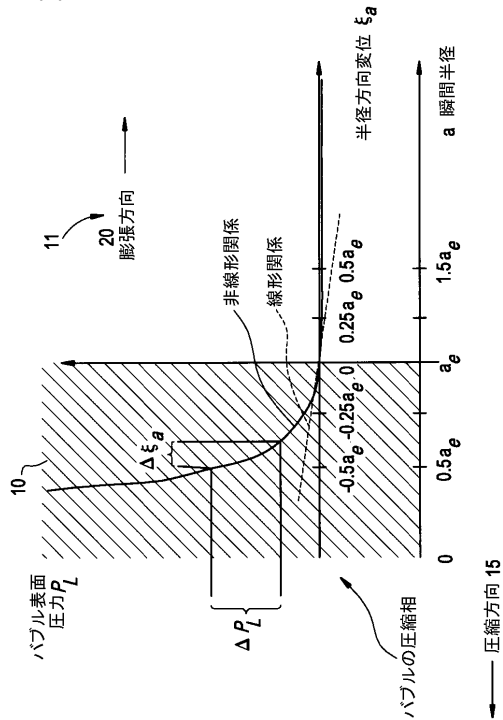
10

20

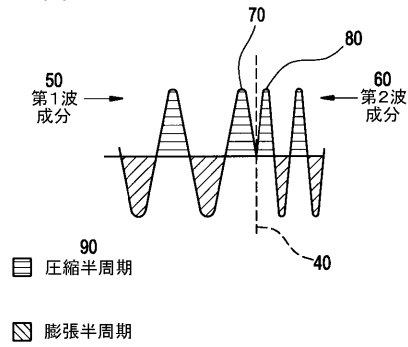
30

40

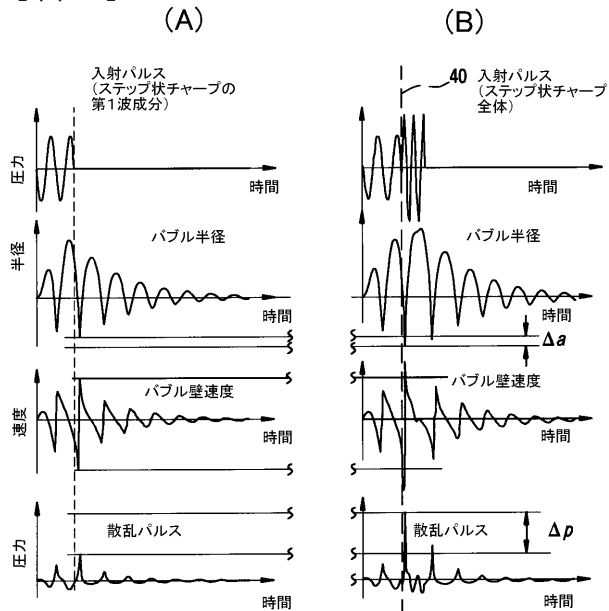
【図 1】



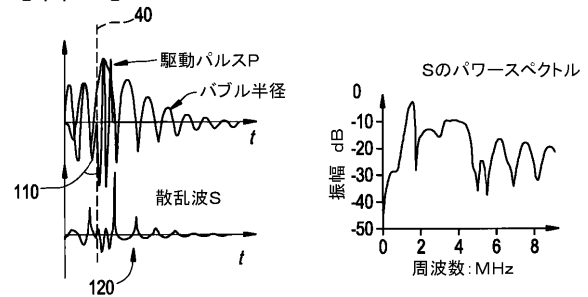
【図 2】



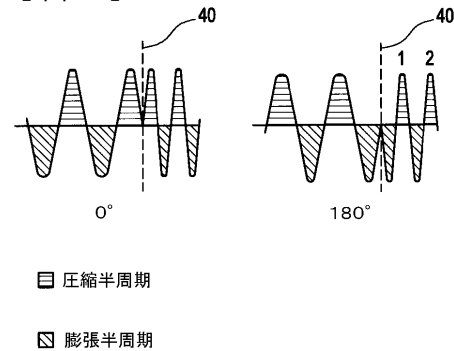
【図 3】



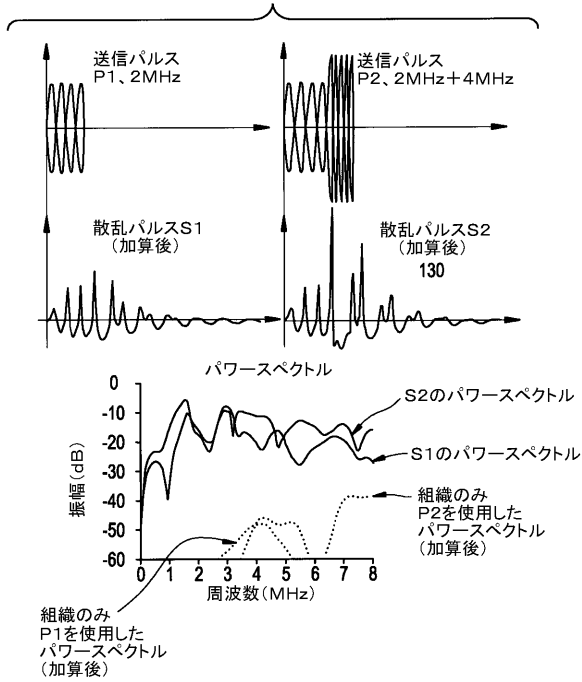
【図 4】



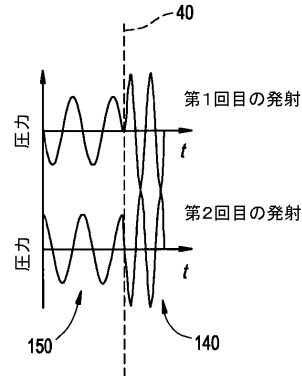
【図 5】



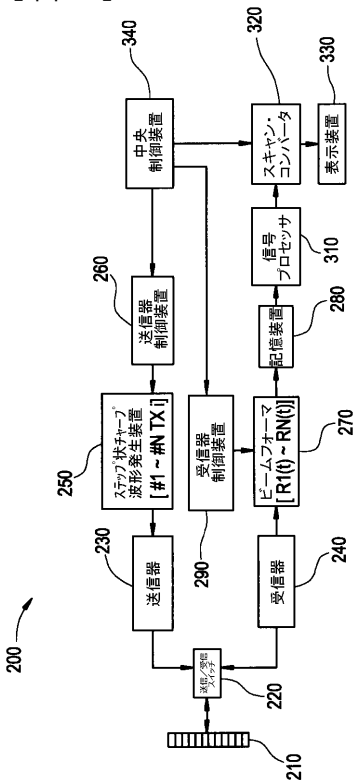
【図 6】



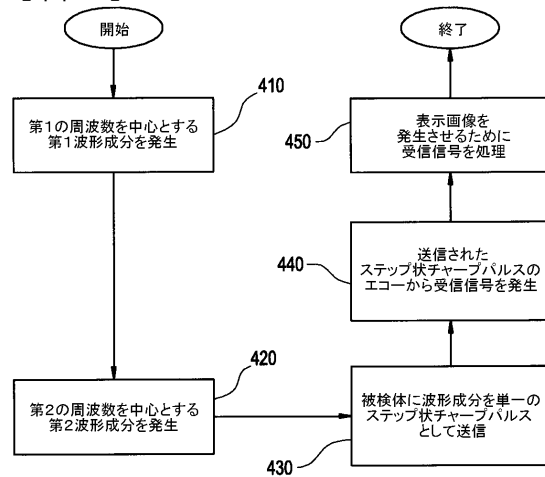
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 シャオホイ・ハオ  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ウォーキシャ、ナンバー 3 6、ウエスト・ノース・ストリート、3 0 2 番
- (72)発明者 サッチ・パンダ  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、グリーンフィールド、サウス・ラヴィニア・ドライブ、4 2 1 0 番
- (72)発明者 スティーブン・シー・ミラー  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ピウォーキー、アスペンウッド・レーン、ダブリュ 2 2 6 エヌ 2 5 7 2 番
- (72)発明者 リチャード・ワイ・チャオ  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、メノモニー・フォールズ、プレイリー・ドーン、エヌ 5 3 ・ダブリュ 1 6 7 4 9 番
- F ターム(参考) 4C601 DD03 DE10 DE14 EE02 EE04 HH10 JB45

专利名称(译)	使用阶梯式啁啾波形增强超声对比度成像的方法和装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP2004113788A</a>	公开(公告)日	2004-04-15
申请号	JP2003329247	申请日	2003-09-22
申请(专利权)人(译)	GE医疗系统环球技术公司有限责任公司		
[标]发明人	シャオホイハオ サッチパンダ スティーブンシーミラー リチャードワイチャオ		
发明人	シャオホイハオ サッチパンダ スティーブンシーミラー リチャードワイチャオ		
IPC分类号	A61B8/00 A61B8/08 G01S15/89		
CPC分类号	A61B8/4281 G01S7/52022 G01S7/52039 G01S15/895 G01S15/8963		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/DD03 4C601/DE10 4C601/DE14 4C601/EE02 4C601/EE04 4C601/HH10 4C601/JB45 4C601/DE06 4C601/DE07		
代理人(译)	松本健一 小仓 博 伊藤亲		
优先权	10/065180 2002-09-24 US		
其他公开文献	JP4667733B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

## 摘要(译)

解决的问题：提供一种用于在超声成像系统（200）中使用阶梯线性调频波形来增强造影剂成像的组织剂比和信噪比的方法和装置。以最佳的第一频率使用第一波形分量（50）以启动气泡运动，并且第二波形分量（60）产生增强的气泡非线性响应。在第二个频率上使用，这是最佳选择。第一波形分量和至少一个第二波形分量作为单个步进线性调频脉冲发送。调整两个波形分量的中心频率，幅度，起始相位和带宽中的至少一个，以产生单个步进线性调频脉冲。还调整两个波形分量之间的相对相位以及切换时间（40）和延迟，以使气泡的非线性响应最大化。[选择图]图2

