

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A) (11)特許出願公開番号

特開2001 - 187055

(P2001 - 187055A)

(43)公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 6 1 B 8/00			A 6 1 B 8/00	
G 0 6 T 1/00	290		G 0 6 T 1/00	290 D

審査請求 未請求 請求項の数 30 O L (全 24数)

(21)出願番号	特願2000 - 356185(P2000 - 356185)	(72)発明者	スタジオ スタジオボロス
(22)出願日	平成12年11月22日 (2000.11.22)	(72)発明者	カナダ オンタリオ州 M4N 1S8 トロント ローレンスアベニューイースト 124
(31)優先権主張番号	2290240	(72)発明者	アマー シー ダナントウオリ
(32)優先日	平成11年11月24日 (1999.11.24)	(72)発明者	カナダ オンタリオ州 M2R 3S3 ノース ヨーク スティルウォータークレセント 57
(33)優先権主張国	カナダ (CA)	(74)代理人	100093894 弁理士 五十嵐 清

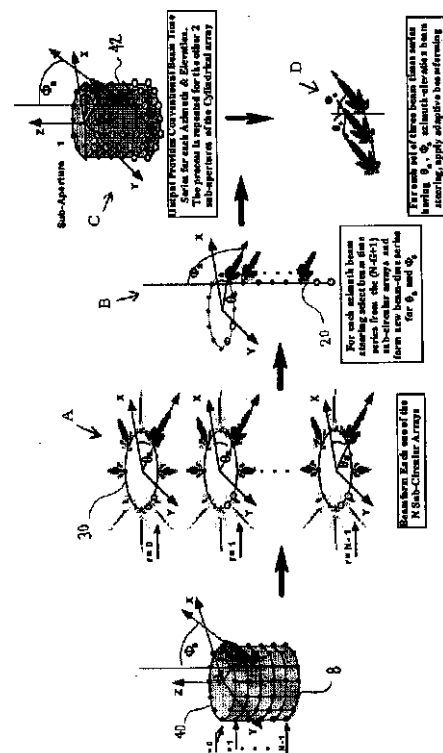
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波映像システムおよびそのビームパターン化方法

(57)【要約】

【課題】 多次元センサ配列を採用する超音波映像システムのためのほぼ瞬間的な集束を有する適応多次元ビームパターンを開示する。

【解決手段】 最初の工程では、多次元ビームパターンをサブアパーチャに分解する。次に各サブアパーチャを多次元配列の異なる座標方向に円形及び/又は線形配列のビームパターンの2つの干渉性サブセットに分解する。本発明に従った多次元ビームパターンを導入すると、小型多次元センサ配列と現場に配備できる小型処理装置とからなる本発明に従った3D超音波映像システムの基盤となり、リアルタイムで高解像度の3次元映像を生成する。また、4番目の次元が時間である、4次元映像を捕獲することもでき、得られた映像は多量の器官の動きのビデオ映像を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波映像システムの多次元配列に配備されるセンサによって与えられるセンサの時系列を多次元ビームパターン化するための方法であって、第 1 サブセットを多次元配列の第 1 座標方向の後続ビームパターンにより構成し、第 2 サブセットを多次元配列の異なる第 2 座標方向の後続ビームパターンにより構成するようにして、多次元ビームパターンを円形配列のビームパターン及び / 又は線形配列のビームパターンの 2 つの干渉性サブセット（コヒーレントサブセット）に分解するための工程と；それぞれビームの時系列を生成する第 1 サブセットの後続ビームパターンを適用することによって、センサの時系列に関するデータの予め設定されるビーム操作方向でビームパターン化するための工程と；ビーム操作方向に 1 つのビームの時系列を生成する操作方向に第 2 サブセットの後続ビームパターンを適用しながら、第 1 サブセットのビームパターンの各ビームの時系列を予め設定されるビーム操作方向にビームパターン化するための工程と；を有することを特徴とする方法。

【請求項 2】 多次元センサ配列が平面配列であること 20 を特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 多次元センサ配列が円筒形配列であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】 多次元センサ配列が球形配列であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】 各座標方向のビームパターンのサブセットが並行に実行されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】 サイドローブ構造を抑制するための 3 次元空間窓の重みを有することを特徴とする請求項 1 記載の 30 方法。

【請求項 7】 多次元配列の 2 つの異なる座標方向の期間の二重総和を有する多次元ビームパターンが、2 つの総和の積に変換される構成とし、前記各総和は多次元配列の 1 つの座標方向の期間を構成していることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】 サブセットのビームパターンが適応ビームパターンであることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】 非均一のシェージング窓がビームパターンのサブセットのビームパターンに適用されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】 線形及び円形配列のビームパターンは、円形たたみこみを介して空間フィルタリングするための有限インパルス応答（FIR）として実行されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】 範囲と方位の関数としてエコーを検出するために整合フィルタを使用して、各操作方向にビームの時系列を広域帯化する処理を含むことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】 サブアパーチャ構成を使用して、超音波映像システムの多次元配列に配備されるセンサによって与えられるセンサの時系列を多次元ビームパターン化するための方法であって、

a) 多次元ビームパターンを複数の後続サブアパーチャに分割するための工程と；

b) 第 1 サブセットが多次元配列の第 1 座標方向の後続ビームパターンを構成し、第 2 サブセットがサブアパーチャの他の第 2 座標方向の後続ビームパターンを構成して、各サブアパーチャを円形配列のビームパターン及び / 又は線形配列のビームパターンの 2 つの干渉性サブセット（コヒーレントサブセット）に、分解するための工程と；

c) 各ビームパターンがビームの時系列を生成する第 1 サブセットの後続ビームパターンを適用することによって、各サブアパーチャを予め設定されるビーム操作方向にセンサの時系列のフーリエ変換に通常のビームパターン化を行う工程と；

d) 各サブアパーチャのビーム操作方向に 1 つのビームの時系列を生成する操作方向に第 2 サブセットの後続ビームパターンを適用することによって、各サブアパーチャを前記工程 c) のビームパターンによって生成したビームの時系列の予め設定されるビーム操作方向に通常のビームパターン化を行う工程と；

e) ビームの操作方向に 1 つ以上のビームの時系列を供給しながら、各線形配列が 1 つの座標方向に別の後続サブアパーチャのビームの時系列を有している当該の線形配列で適応ビームパターン化を行う工程と；を有する方法。

【請求項 13】 多次元センサ配列が平面形配列であることを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】 多次元センサ配列が円筒形配列であることを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 15】 多次元センサ配列が球形配列であることを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 16】 センサの時系列を多次元ビームパターン化する方法には MVD R 適応雑音消去処理を含むことを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 17】 センサの時系列を多次元ビームパターン化する方法には GSC 適応雑音消去処理を含むことを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 18】 適応ビームパターンは合成アパーチャのビームパターンと組合せることを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 19】 センサの時系列はリアルタイムでビームパターン化されることを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 20】 干渉性広域帯適応ビームパターンを使用して、超音波映像システムのセンサが供給するセンサの時系列をビームパターン化するための方法であって、

連続的なセンサの時系列を重複データセットの組に区分化する工程と；異なる周波数ビンに関して重複データセットのフーリエ変換のセットを生成して各重複データセットのFFTを計算する工程と；各周波数ビンと各設定の操作方向に関して重複データセットのフーリエ変換から相互スペクトル密度行列を形成する工程と；操作分散行列（ステアリング分散行列）が関係する各操作方向と周波数帯に対応する、相互スペクトル密度行列と通常の操作ベクトルの対角行列を使用して、操作分散行列を形成する工程と；操作分散行列を反転する工程と；関係する周波数帯域の周波数ピン全体で定常性を仮定し、関係する周波数帯域の中心周波数に対しての狭域帯推定量と同じ操作分散行列の推定量を考慮して、適応操作ベクトルを推定する工程と；適応操作ベクトルの推定量を使用して、狭域帯の適応操作重みを決定する工程と；重複データセットのフーリエ変換と適応操作重みから周波数領域で適応ビームを形成する工程と；IFFTを通して時間領域で適応ビームを形成する工程と；区分の重なりと接続を除くことによって連続的なビームの時系列を決定する工程と；を有する方法。

【請求項 2 1】 操作分散行列はCholesky因数分解を使用して反転することを特徴とする請求項 2 0 記載の方法。

【請求項 2 2】 操作分散行列をQR分解を使用して反転することを特徴とする請求項 2 0 記載の方法。

【請求項 2 3】 操作分散行列をSVD（特異値分解）方法を使用して反転することを特徴とする請求項 2 0 記載の方法。

【請求項 2 4】 操作分散行列は、時間で変動する適応推定が指数的な時間平均推定量である、時間で変動する該適応推定を使用して更新されることを特徴とする請求項 2 0 記載の方法。

【請求項 2 5】 リアルタイムで被写体の高解像度 3 D 画像を生成するための現場配備可能な 3 D 超音波映像システムであって、超音波を放射する波源と；被写体内の各種構造体により反射される、超音波の反射を捕獲し、反射される超音波を示すセンサの時系列を生成するための小型適応多次元センサ配列と；小型処理ユニットと；を備え、前記小型処理ユニットは、多次元センサ配列によって生成されるセンサの時系列を受信し、多次元ビームパターンを円形配列のビームパターン及び／又は線形配列のビームパターンの干渉性サブセットを構成するサブアパーチャに分解し、円形配列を通常ビームパターン化し、線形配列を適応ビームパターン化することによって、連続的なビームの時系列を生成するためにセンサの時系列を処理し、およびリアルタイムでビームの時系列から 3 D 画像を再生する機能を備えたものとし、さらに、

リアルタイムで再生される 3 D 画像を表示するためのディスプレイと；を有することを特徴とする超音波映像シ

*システム。

【請求項 2 6】 小型適応多次元センサ配列は、平面形配列によって構成されていることを特徴とする請求項 2 5 記載の超音波映像システム。

【請求項 2 7】 小型適応多次元センサ配列は、円筒形配列により構成されていることを特徴とする請求項 2 5 記載の超音波映像システム。

【請求項 2 8】 小型適用多次元センサ配列は、球形配列により構成されていることを特徴とする請求項 2 5 記載の超音波映像システム。

【請求項 2 9】 小型処理装置ユニットは、従来のコンピュータワークステーションにより構成されていることを特徴とする請求項 2 5 記載の超音波映像システム。

【請求項 3 0】 従来のコンピュータワークステーションは、サブセットのビームパターンをパラレル処理するために複数のプロセッサを有していることを特徴とする請求項 2 9 記載の超音波システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波映像システムの分野に関する。特に、本発明は、リアルタイムで高解像度映像を提供する現場で展開可能な 3 D 超音波映像システムに関連した映像システムおよびそのビームパターン化の方法に関するものである。

【0002】

【発明の背景】超音波感知及び映像技術は、治療診断のための無侵襲画像と最小限に侵襲する手術をするための強力なツールである。CT スキャナ及びMRI とは異なり、超音波映像システムは小型で、製造コストがかなり安い。これら利点のために、救急車又はヘリコプタなどの移動ユニットで超音波映像システムを使用できる。一般的に、事故、災害又は戦争の犠牲者の命を救うためには即座の診断と治療が必要である。

【0003】例えば、移動ユニットで小型超音波映像システムを配備すると、その場でその後の病院での手術のための救命情報を提供しながら、あるいは移動ユニット内で最小限に侵襲する手術のための情報を提供しながら、搬送中の治療診断のために撮影することができる。そのため、事故の現場、災害地域又は戦争地帯で犠牲者を即座に撮影するための、移動ユニット及び野外病院用の小型で現場配備可能な 3 D 超音波映像システムを提供することは非常に便利であろう。

【0004】しかしながら、現在の技術水準の超音波映像システムは、小型システムではセンサの配列が非常にサイズが小さいために、画像の解像度が非常に劣るという欠点をもつ。そのため、このようなシステムは治療診断や、手術のために十分な解像度をもつ画像を提供できない。画像の質を改善するためには、小型多次元配列で多数のセンサを採用して、部分的に相関する雑音電波に埋め込まれる信号の配列利得を著しく改善する必要があ

る。部分的に相関する雑音電波は、例えば人体の非線形伝播特性によって生じ、再生画像で収差効果とぼけが現れる。配列利得を改善すると、画像解像度が改善し、収差効果が最小限となる。

【0005】現在の技術水準の適応合成アパーチャビームパターンの概要は、S. Stergiopoulosの1998年2月、IEEEの手順書86(2)、358~397頁の「一体型アクティブ受動ソナーシステムの適応合成アパーチャ処理手法の導入」に記載されている。このアルゴリズムは、被写体検出を改善するため10の信号対雑音比を増加させて、同時に音響信号をローカライズ、分類及び追跡しながらアルゴリズムに組込むための周波数、タイムディレイ、ドップラーシフト及び方位などのパラメータの推定値を提供するように設計されている。

【0006】ビームパターン化プロセスを最適化するために、ビームパターン化フィルタ係数はソナーシステムのセンサ配列から受信するデータに基づいて選択しなければならない。特に、係数は受信データの統計的特性に基いて選択しなければならない。ビームパターン化プロ20セスを最適化するためにセンサ配列から受信する雑音の特性を使用するアルゴリズムは、適応ビームパターンと呼ばれる。適応ビームパターンには、相関する雑音の共分散行列を知る必要がある。

【0007】しかし、雑音特性が不正確にしか分からない場合、適応ビームパターンの性能は著しく減じられ、望まれる信号を消去することにもなりかねない。そのため、リアルタイムで操作するシステムに有効に適応ビームパターンを導入（履行）することは非常に難しい。適20応ビームパターン及びその導入に関する難しさについての論文は多数発表されている。一般化したサイドローブキャンセラー(GSC)、線形に制限される最小分散ビームパターン(LCMV)、及び最小分散無びずみ応答(MVDR)などの様々な適応ビームパターンが次にあげる参考文献で論じられており、これらはこれにより参照により組込まれる。

【0008】R. Windrowら：「適応アンテナシステム」、IEEE手順書、55(12)、2143~2159頁、1967年；

N. L. Owsley：「ソナーアレイプロセッシング」40S. Haykin、出版者、プレントイスホール信号プロセッシングシリーズ、A. V. Oppenheim、シリーズ出版者、123頁、1985年；
B. Van VeenとK. Buckley：「ビームパターン化：空間フィルタリングへの多様なアプローチ」、IEEE ASSPマガジン、4~24頁、1988年；

J. Capon：「高解像度周波数波数スペクトル解析」IEEE手順書、57、1408~1418頁、1969年；

S. Haykin：「適応フィルタ理論」、プレントイスホール、エングルウッド・クリフ、NJ、1986年；

T. L. Marzetta：「Caponの周波数波数スペクトル予測の最優法」、IEEE翻訳版、音声信号プロセス、ASSP-31(2)、445~449頁、1983年；

A. H. SayedとT. Kailath：「適応RLSフィルタリングへの状態空間アプローチ」、IEEE SPマガジン、18~60頁、1994年6月；

A. B. Baggeroer、W. A. KupermanとP. N. Mikhailovsky：「海洋音響の整合フィールド方法の概要」、IEEE J. 海洋光学、18(4)、401~424頁、1993年；

H. WangとM. Kavch：「複数の広域帯波源の到来角の検出と推定のコヒーレント信号・部分空間プロセッシング」、IEEE翻訳版、音声、信号プロセス、ASSP-33、823~831頁、1985年；

J. KrolikとD. N. Swingler：「操作分散行列を使用した複数の広域帯波源の方位の推20定」、IEEE翻訳版、音声、信号プロセス、ASSP-37、1481~1494頁、1989年；

S. D. Peters：「メモリーレス狭域帯GSC/NLMS適応ビームパターンのほぼ瞬間的な集束」、IEEE翻訳版、音声、信号プロセスに提出、1995年1月；

L. J. GriffithsとC. W. Jim：「線形に制限される適応ビームパターン化の代替アプローチ」、IEEE翻訳版、アンテナと伝播、AP-30、27~34頁、1982年；

D. T. M. Slock：「LMS及び標準化LMSアルゴリズムの集束行動について」、IEEE翻訳版、音声、信号プロセス、ASSP-31、2811~2825頁、1993年。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】残念なことに、多数のセンサをもつ多次元配列から構成される現代の超音波システムに適応ビームパターンを導入するには、リアルタイムのデータ処理をするために非常に大量のメモリと非常に大きな処理能力が必要なため、現場配備できるシステムが使用できない。現在のコンピュータ技術を使用して適応ビームパターンを導入するために、部分的な適応ビームパターンの設計概念を展開してきた。

【0010】部分的な適応ビームパターンは、ビームパターン化プロセス、計算上の要求事項の減少、反応時間の改善に伴い、自由度の数(度合い)を減らす。残念なことに、自由度の数が減少するために、部分的な適応ビームパターンは、完全適応ビームパターンのように最適な解に集束できない。そのため、部分的な適応ビーム20パターンは、配列利得を改善し高解像度で画像を提供する

ために、超音波システムに採用される多次元配列を実質的に利用できない。

【0011】それゆえ、本発明の目的は、多次元センサ配列から構成される現代の超音波映像システムに適応ビームパターンを導入することに関連する問題を克服することである。

【0012】また、本発明の目的は、センサの線形配列、円形配列、球形配列又はこれら種類の配列の重ね合わせを展開する超音波映像システムに、ほぼ瞬間的な集束を提供することである。

【0013】さらに本発明のもう1つの目的は、現場展開できる適応ビームパターン化プロセスを使用して、リアルタイムで高解像度の画像を生成するために、および上記課題を解決可能な多次元センサからなる3D超音波映像システムを含む映像システムとそのビームパターン化の方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に従って、超音波映像システムのためにほぼ瞬間的な集束を有する適応多次元ビームパターンを提供する。本発明に従う多次元ビームパターンの導入は、小型多次元センサ配列と、現場に配備でき、リアルタイム又はほぼリアルタイムで高解像度の画像を生成する小型処理ユニット（装置）を有する本発明に従った3D超音波映像システムの基盤を提供する。

【0015】本発明に従って、超音波映像システムの多次元配列に配備されるセンサによって与えられるセンサの時系列を多次元ビームパターン化するための方法が提供される。すなわち、第1サブセットを多次元配列の第1座標方向の後続ビームパターンにより構成し、第2サブセットを多次元配列の異なる第2座標方向の後続ビームパターンにより構成するようにして、多次元ビームパターンを円形配列のビームパターン及び/又は線形配列のビームパターンの2つの干渉性サブセット（コヒーレントサブセット）に分解するための工程と；それぞれビームの時系列を生成する第1サブセットの後続ビームパターンを適用することによって、センサの時系列に関するデータの予め設定されるビーム操作方向でビームパターン化するための工程と；ビーム操作方向に1つのビームの時系列を生成する操作方向に第2サブセットの後続ビームパターンを適用しながら、第1サブセットのビーム操作方向にビームパターン化するための工程と；を有する方法が提供される。本発明の別の側面に従い、サブアパーチャ構成を使用して、超音波映像システムの多次元配列に配備されるセンサによって与えられるセンサの時系列を多次元ビームパターン化するための方法が提供される。すなわち、

a) 多次元ビームパターンを複数の後続サブアパーチャに分割するための工程と；

b) 第1サブセットが多次元配列の第1座標方向の後続ビームパターンを構成し、第2サブセットがサブアパーチャの他の第2座標方向の後続ビームパターンを構成して、各サブアパーチャを円形配列のビームパターン及び/又は線形配列のビームパターンの2つの干渉性サブセット（コヒーレントサブセット）に、分解するための工程と；

c) 各ビームパターンがビームの時系列を生成する第1サブセットの後続ビームパターンを適用することによって、各サブアパーチャを予め設定されるビーム操作方向にセンサの時系列のフーリエ変換に通常のビームパターン化を行う工程と；

d) 各サブアパーチャのビーム操作方向に1つのビームの時系列を生成する操作方向に第2サブセットの後続ビームパターンを適用することによって、各サブアパーチャを前記工程c)のビームパターンによって生成したビームの時系列の予め設定されるビーム操作方向に通常のビームパターン化を行う工程と；

e) ビームの操作方向に1つ以上のビームの時系列を供給しながら、各線形配列が1つの座標方向に別の後続サブアパーチャのビームの時系列を有している当該の線形配列で適応ビームパターン化を行う工程と；を有する方法が提供される。

【0016】本発明のさらに別の側面に従って、干渉性広域帯適応ビームパターンを使用して、超音波映像システムのセンサが供給するセンサの時系列をビームパターン化するための方法が提供される。すなわち、連続的なセンサの時系列を重複データセットの組に区分化する工程と；異なる周波数ビンに関して重複データセットのフーリエ変換のセットを生成して各重複データセットのFFTを計算する工程と；各周波数ビンと各設定の操作方向に関して重複データセットのフーリエ変換から相互スペクトル密度行列を形成する工程と；操作分散行列（ステアリング分散行列）が関係する各操作方向と周波数帯に対応する、相互スペクトル密度行列と通常の操作ベクトルの対角行列を使用して、操作分散行列を形成する工程と；操作分散行列を反転する工程と；関係する周波数帯域の周波数ビン全体で定常性を仮定し、関係する周波数帯域の中心周波数に対しての狭域帯推定量と同じ操作分散行列の推定量を考慮して、適応操作ベクトルを推定する工程と；適応操作ベクトルの推定量を使用して、狭域帯の適応操作重みを決定する工程と；重複データセットのフーリエ変換と適応操作重みから周波数領域で適応ビームを形成する工程と；IFFTを通して時間領域で適応ビームを形成する工程と；区分の重なりと接続を除くことによって連続的なビームの時系列を決定する工程と；を有する方法が提供される。

【0017】さらに、本発明に従って、リアルタイムで被写体の高解像度3D画像を生成するための現場配備可能な3D超音波映像システムを提供する。すなわち、超

音波を放射する波源と；被写体内の各種構造体により反射される、超音波の反射を捕獲し、反射される超音波を示すセンサの時系列を生成するための小型適応多次元センサ配列と；小型処理ユニットと；を備え、前記小型処理ユニットは、多次元センサ配列によって生成されるセンサの時系列を受信し、多次元ビームパターンを円形配列のビームパターン及び／又は線形配列のビームパターンの干渉性サブセットを構成するサブアパーチャに分解し、円形配列を通常にビームパターン化し、線形配列を適応ビームパターン化することによって、連続的なビームの時系列を生成するためにセンサの時系列を処理し、およびリアルタイムでビームの時系列から 3D 画像を再生する機能を備えたものとし、さらに、リアルタイムで再生される 3D 画像を表示するためのディスプレイと；を有することを特徴とする超音波映像システムを提供する。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態例を図面に基いて説明する。図 1 は、本発明に従った現場配備可能な 3D 超音波映像システム 100 を図示する。被写体 2 は超音波を放射する波源 4 で照射される。被写体 2 のなかの別の構造体 3 は別の方向で超音波を反射する。次に反射された超音波は、小型多次元—2D 又は 3D—センサ配列 6 の複数のセンサ 8 により捕獲される。

【0019】センサ 8 の出力信号は、通信リンク（データリンク）を介して、処理するための通常の（従来の）コンピュータワークステーションなどの小型処理ユニット 12 に伝送される。次に再生画像をディスプレイ 14 を使用して表示する。現場配備可能な超音波映像システムの、多次元センサ配列 6 と処理ユニット 12 の高解像度画像及び小型設計配置は、次に開示する本発明に従った高度なビームパターン化プロセスを使用することができる。

【0020】本発明に従った高度なビームパターン化プロセスは、多次元センサ配列 6 のセンサの信号により提供されるすべての情報を効率的に使用することにより、*

$$B(f, \theta_s) = D^*(f, \theta_s) X(f),$$

【0026】ここで、* は複素共役の転置を表し、

$$X(f)$$

は関係する周波数ビン (bin) f の $x_n(t_i)$ のフーリエ変換のベクトルである。

$$D^*(f, \theta_s)$$

は例えば、 $d_n(f, \theta_s) = \exp[j2\pi f(n-1)\delta \cos \theta_s / c]$ で表される角度 θ_s で平面波信号 22 の n 番目の位相期間をもつ操作ベクトルであり、ここで θ_s はビーム操作方向の角度である。次にビームのパワーパターン $P(f, \theta_s)$ は $P(f, \theta_s) = B$

*配列利得と画像の解像度を最大限にする。このようにセンサの信号を効率的に使用することにより、多次元センサ配列 6 を小さくすることができ、これは現場配備可能な超音波映像システム 100 にとって不可欠である。また、本発明に従った高度なビームパターン化プロセスは、完全な多次元ビームパターンを、既存のコンピュータのアーキテクチャの平行構成内に統合される小型の CPU で実行できる干渉プロセスのサブセットに分割する分解を含む。

【0021】そのため、本発明に従った高度なビームパターン化プロセスは、現場配備可能な超音波映像システム 100 の小型処理ユニット 12 を使用して実行できる。さらに、ビームパターン化プロセスのサブアパーチャ構造を使用することにより、本発明に従った超音波システムのリアルタイムの適用を可能とする適応ビームパターンのほぼ瞬間的な集束を提供する。

【0022】本発明に従った多次元ビームパターンの分解処理の結果、完全な多次元ビームパターン化プロセスは、線形及び円形配列のビームパターン化プロセスに還元される。

【0023】図 2 は、伝播 θ の方向で平面波信号 22 を受信する均一なセンサ間隔 δ を設けた N 個のセンサ 8 からなる線形センサ配列 20 を図示している。 $x_n(t_i)$ ($n = 1, \dots, N; i = 1, \dots, I$) は、受信した平面波信号 22 を示す N 個のセンサ 8 が生成するセンサの時系列である。角度 θ で到来する平面波信号 22 に関して、センサの時系列は $x_n(t_i) = (t_i - (n-1)\tau(\theta))$ で表され、ここで $\tau(\theta)$ は $\tau(\theta) = \delta \cos(\theta) / c$ により求められる 2 つの隣接するセンサのセンサの時系列間のタイムディレイで、 c は関係する媒体で平面波信号 22 の伝播速度である。

【0024】 N 個のセンサの線形配列 20 の平面波信号の応答は次の数 1 で表わされる。

【0025】

【数 1】

(1)

$(f, \theta_s) \times B^*(f, \theta_s)$ から得られる。

【0027】信号の不連続性のフーリエ変換から生じるサイドローブ構造は、ギブスの影響とも言われるが、これはビームの幅が増大する代償として、フーリエ変換中に異なる重みを加えることによって隠されることがある「シェーディング」と呼ばれる。線形配列の角度の応答は角度 θ_s に関してはあいまいで、角度 θ_s と $-\theta_s$ では被写体に等しく反応する。ここで θ_s は範囲 $[0, \pi]$ で変る。

【0028】図 3 は、半径 R のリングに均一に配置した N 個のセンサ 8 からなる円形のセンサ配列 30 を図示している。 N 個のセンサは、図 2 に示すように方位角 θ で

仰角 ϕ で到来する平面波信号 22 を受信している。N 個のセンサ 8 は、受信した平面波信号 22 を示すセンサの時系列 $x_n(t_i)$ ($n = 1, \dots, N; i = 1, \dots, I$) を生成する。また、円形のセンサ配

$$B(f, \theta_s, \phi_s) = \bar{D}^*(f, \theta_s, \phi_s) W(\theta_s) \bar{X}(f)$$

【0030】

$$\bar{X}(f)$$

は、関係する周波数ビン f に関するセンサの時系列 $x_n(t_i)$ のフーリエ変換のベクトルである。

$$D^*(f, \theta_s, \phi_s)$$

は、 $\theta_n = 2\pi n / N$, $n = 0, 1, \dots, N-1$ のとき、 $d_n(f, \theta_s, \phi_s) = \exp[j2\pi f R \sin \phi_s \cos(\theta_s - \theta_n) / c]$ で表される平面波信号 22 の n 番目の位相期間 (位相項) をもつ操作ベクトルである。角度 θ_s と θ_n はそれぞれ、ビーム操作方向とセンサの位置を示す。 $W(\theta_s)$ は、ゼロであるオフ対角成分とサイドローブ構造を減じる空間窓の重みである対角項をもつ対角行列である。空間窓は一般的には均一でなく、センサの位置とビーム操作方向に依存する。また、ビームのパワーパターン $P(f, \theta_s, \phi_s)$ は、 $P(f, \theta_s, \phi_s) = B(f, \theta_s, \phi_s) \times B^*(f, \theta_s, \phi_s)$ により得られる。円形のセンサ配列 30 の角度応答は範囲 $[0, 2\pi]$ をカバー

$$B(f, \theta_s, \phi_s) = \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} w_{r,m} X_{r,m}(f) d_{r,m}^*(f, \theta_s, \phi_s)$$

【0034】ここで、 $w_{r,m}$ は、サイドローブ構造を隠す 3 次元の空間窓の重みからなる行列 $W(\theta, \phi)$ の (r, m) 番目の期間 (項) である。 $X_{r,m}(f)$ は、 r 番目の円形配列上の m 番目のセンサのセンサ時系列のフーリエ変換を表す行列 $\underline{X}(f)$ の (r, m) 番目の期間 (項) である。

$$\underline{D}(f, \theta_s, \phi_s)$$

は、 $d_{r,m}(f, \theta_s, \phi_s) = \exp(j2\pi f (r\delta_z \cos \phi + R \sin \phi \cos(\theta_s - \theta_m)) / c)$ で表される平面波信号に関する (r, m) 番目の位相期間 (項) をもつステアリング (操作) 行列 (可変行列) である。この式で、 R は円形センサ配列 30 の半径、 δ_z は z 方向の円形配列間の距離、 $\theta_m = 2\pi m / M$, $m = 0, 1, \dots, M-1$ は円形配列 30 上のセンサ 8 の位置を示す。発明者は次の式で表される等式 (3) の変形式を数 4 として見出した。

$$B(f, \theta_s, \phi_s) = \sum_{r=0}^{N-1} w_{1,r} d_r^*(f, \theta_s, \phi_s) \left[\sum_{m=0}^{M-1} X_{r,m}(f) w_{2,m} d_m^*(f, \theta_s, \phi_s) \right] \quad (4)$$

【0036】ここで、 $d_r(f, \theta_s, \phi_s) = \exp(j2\pi f r \delta_z \cos \phi_s / c)$ は、操作ベクトル (ステアリングベクトル)

$$D_z(f, \theta_s, \phi_s)$$

の r 番目の期間 (項) で、これは上記論じたように線形配列のビームパターンの核であり、 $w_{1,r}$ は線形配列の空間シェーディングに関する空間窓の期間 (項) であ

*列 30 の平面波信号の応答 (反応) は次の数 2 によって表される。

【0029】

【数 2】

(2)

*一するため、方位角 θ に関してのあいまいさはない。

【0031】図 4 に関して、本発明に従って円筒形配列のビームパターンを線形及び円形の配列のビームパターンの干渉性サブセットに分解するプロセスを示す。この図 4 の A の部分は各円形配列のビームパターン化を示している。B の部分は各方位のビーム操作に関しすべての円形配列からビームの時系列を選択して垂直線上に配列を形成する処理を示している。また、図 4 の C の部分は、各垂直線配列をビームパターン化して、方位 - 高さのビーム操作時系列を形成する処理を示している。

【0032】図 4 に図示する円筒形センサ配列 40 はセンサ 8 を有して構成され、ここにおいて、 N が円形センサ配列 30 の数で、 M が各円形センサ配列 30 上のセンサ 8 の数であり、 NM は、すなわち、線形センサ配列 20 の数に相当する。図 4 に示すように、 (θ_s, ϕ_s) のとき円筒形センサ配列 40 の操作される方向に対する角度応答は次の数 3 で表される。

【0033】

【数 3】

(3)

【0035】数 4 は、 $d_m(f, \theta_s, \phi_s) = \exp(j2\pi f R \sin \phi_s \cos(\theta_s - \theta_m) / c)$ は、操作ベクトル $D_y(f, \theta_s, \phi_s)$ の m 番目の期間 (項) で、これは前述した円形配列のビームパターンの核であり、 $w_{2,m}$ は円形配列の空間シェーディングの空間窓の期間 (項) である。等式 (4) は、1 つが線形配列のビームパターンで、もう 1 つが円

【0035】

【数 4】

る。 $d_m(f, \theta_s, \phi_s) = \exp(j2\pi f R \sin \phi_s \cos(\theta_s - \theta_m) / c)$ は、操作ベクトル $D_y(f, \theta_s, \phi_s)$

の m 番目の期間 (項) で、これは前述した円形配列のビームパターンの核であり、 $w_{2,m}$ は円形配列の空間シェーディングの空間窓の期間 (項) である。等式 (4) は、1 つが線形配列のビームパターンで、もう 1 つが円

形配列のビームパターンである2つの総和の積を構成する円筒形配列のビームパターンを表す。

【0037】本発明に従って、等式(4)で表される円筒形配列のビームパターン化プロセスは、図4に示すように2つの工程(ステップ)に分解される。最初の工程は、各配列がM個のセンサ8からなるN個の円形センサ配列30のそれぞれに、円形配列のビームパターン化を行って、N個のビーム時系列出力を生成する。2番目の工程は、操作される方向に関して1つのビーム時系列を生成しながら、最初の工程のN個のビーム時系列に線形配列のビームパターン化を行う。さらに関係する他のビーム操作方向に関して同じプロセスを繰り返す。代替的には、このプロセスを逆にして最初に線形配列のビームパターン化を行ってもよい。

【0038】本発明に従う等式(4)に基づく分解プロセスは、円形配列のビームパターン化を実質的に容易にする。算術演算の数とこの演算を行うために必要なメモリ量は、円筒形のビームパターンを、等式(3)で表される2つの総和の代わりに、2つの総和の積として表すことにより実質的に減少する。そのため、リアルタイムシステムアプリケーションのために非常に大量のメモリと非常に高速なCPUの必要性がなくなる。これにより、小型処理ユニット12の従来型のコンピュータワークステーションなどの現在利用できるコンピュータ技術を使用して、多次元配列の高度なビームパターン化アルゴリズムが適用できる。

【0039】明らかなように、本発明に従った分解プロセスから生じる円形及び線形配列のビームパターンは並行して行うことができるため、ビームパターン化プロセスの性能を実質的に高めるパラレルプロセッサをもつコンピュータを使用して、ビーム形成操作を最適に実行することができる。このため、小型処理ユニット12内で現在利用できるコンピュータ技術を使用して、超音波映像システム100をリアルタイムで適用することができる。

【0040】また、等式(4)はさらなる仮定なく等式(3)から直接導くため、本発明に従って分解された円筒形配列のビームパターン化プロセスは自由度の数の損失を含まない。そのため、本発明に従って分解された円筒形配列のビームパターン化プロセスは、等式(3)で表される最適解に集束する。

【0041】本発明に従った分解プロセスのもう1つの利点はかなり単純な設計で、3次元の空間窓を組込んでいることである。不均一なシェーディング窓は、各円形配列のビームパターンに対し、方位角 θ に対する角度応答を改善するために適用することができる。また、均一なシェーディング窓は、線形配列のビームパターンに対し、仰角 ϕ に対する角度応答を改善するために適用できる。当然、他の種類のシェーディング窓や、組合せも適用でき*

る。

【0042】平面及び球形配列の分解プロセス(ビームパターン化の分解プロセス)は、上記説明した円筒形配列の分解プロセスに非常に類似している。このプロセスの詳細な説明は、1997年7月にIEEE、J.海洋工学に提出されたA. TawfikとS. Stergiopoulos:「2D&3D配列のセンサのビームパターン化プロセスを干渉プロセスのサブセットに分解する一般的な処理構造」に出版されている。当然ながら、本発明に従った分解は円筒形、平面及び球形配列以外のセンサの配列に適用できる。

【0043】それぞれ線形センサ配列20と円形センサ配列30に関する等式(1)及び(2)で表されるビームパターン化プロセスは、基本的には空間フィルタであるタイムディレイビームパターン化の推定量である。しかし、最適なビームパターン化には、ビームパターン化フィルタ係数をセンサ配列の応答を最適化するためにセンサ配列が受信する雑音の特性に基いて選択する必要がある。センサ配列が受信する雑音の特性を使用した最適なビームパターン化のアルゴリズムを、適応ビームパターンと呼ぶ。

【0044】このアルゴリズムのビームパターン化フィルタ係数は、センサ配列が受信する相関する雑音の共分散行列に基いて選択する。ただし、雑音の特性が正確に分からない場合は、適応ビームパターンの性能は著しく落ち、望む信号の消去となる可能性もある。そのため、リアルタイムの操作システムで有効な適応ビームパターンを実行するのは非常に難しい。また、整合フィルタ処理などの後処理に関して、適応ビームパターンは干渉性ビーム時系列(コヒーレントビーム時系列)を提供しなければならない。特に、整合フィルタ処理には、基準信号(参照信号)に相関する連続的なビーム時系列を生成するビームパターンのほぼ瞬間的な集束が必要である。

【0045】適応ビームパターン化において、ビームパターンの応答は、望む信号の方向以外の方向から到来する雑音と信号による最小限の貢献を含むために最適化される。最適化に関して、指定の利得を有して望む方向からの信号を通過することを許容する制限付きの最小化の問題の解である線形フィルタベクトル

$$\mathbf{Z}(f_i, \theta)$$

を見出すことが望ましい。最小化の問題は次の式の数5の最小化の σ_{MV}^2 で表される。ただし、 σ_{MV}^2 の式は、

$$\mathbf{Z}^*(f_i, \theta) \mathbf{D}(f_i, \theta) = 1$$

を満たすことを条件とする。

【0046】

【数5】

$$\sigma_{MV}^2 = \bar{Z}^*(f_i, \theta) R(f_i) \bar{Z}(f_i, \theta) \quad (5)$$

【0047】ここで

$$D(f_i, \theta)$$

は、等式(1)に基く従来の操作ベクトル、 $R(f_i)$

は、成分 $R_{nm}(f, \delta_{nm}) = E\{X_n(f) X$

$m(f)\}$ をもつ受信したセンサの時系列の空間相関行 *

$$\bar{Z}(f_i, \theta) = \frac{R^{-1}(f_i) \bar{D}(f_i, \theta)}{\bar{D}^*(f_i, \theta) R^{-1}(f_i) \bar{D}(f_i, \theta)} \quad (6)$$

【0049】この等式(6)はN個のセンサ配列によつて受信されたするビームパターン化信号に適應操作ベクトルを提供する。また、周波数領域において、操作角 θ^* の適應ビームは、次の式の数7により定義される。

$$B(f_i, \theta_s) = \bar{Z}^*(f_i, \theta_s) \bar{X}(f_i) \quad (7)$$

【0051】これは等式(1)が表す従来のビームに相当する。「操作共分散行列を使用する複数の広域帯波源の方位推定量」、IEEE 翻訳版、音声、信号プロセス、ASSP-37、1481~1494、1989年において、J. Krolík と D.N. Swingle は、広域帯波源の位置に対する集束時間は、操作共分散行列(STM)と呼ばれる時空間統計を使用して減少することを証明した。この方法は、空間解像度が劣化せずに、1988にIEEE ASSP マガジン 4-24 頁の「ビームパターン化：空間フィルタリングの多様なアプローチ」で B. Van Veen と K. Buckley が教唆するように、狭域帯相互スペクトル密度行列(CSDM)に基く適應アルゴリズムよりも*

*著しく短い集束時間を達成する。STMを推定するために利用できる統計的な自由度の数は、CSDM方法の観測時間 $(T = M / F_s)$ 、 F_s はサンプリング周波数) と比べ、ほぼ時間と帯域幅の積 $T \times BW$ である。これは集束時間に関し、広域帯波源の帯域幅のサイズであるほぼ概算のBW(帯域幅)を改善する。

【0052】周波数領域の従来のビームパターンの出力は等式(1)で表される。また時間領域で対応する出力 $z(t_i, \theta_s)$ は操作されるセンサ出力の加重合計として次の数8に表される。

【0053】
【数8】

$$z(t_i, \theta_s) = \sum_{n=1}^N x_n(t_i - \tau_s) \quad (8)$$

【0054】 $z(t_i, \theta_s)$ は $B(f, \theta_s)$ の逆高速フーリエ変換(IFFT)であるため、連続的なビームの時間シーケンスは、高速フーリエ変換(FFT)と高速たたみこみ手順を使用して周波数領域ビームパターンの出力から得られる。ビームパターン出力を使用し

て、期待広域帯のビームパワー $B(\theta)$ が次の式(数9)より求められる。

【0055】
【数9】

$$B(\theta_s) = E\{|z(t_i, \theta_s)|^2\} = \bar{h}^* E\{\bar{x}^*(t_i, \tau_n(\theta)) \bar{x}(t_i, \tau_n(\theta))\} \bar{h} \quad (9)$$

【0056】ここで、ベクトル h

間(項)は、
【0057】

40 【数10】

は空間シェーディングの重みを含む、数10で示される期

$$\Phi(t_i, \theta_s) = E\{\bar{x}(t_i, \tau_n(\theta)) \bar{x}^*(t_i, \tau_n(\theta))\} \quad (10)$$

【0058】時間領域のSTMとして定義され、定常状態の t_i からは独立すると仮定する。 $X_n(f_i)$ をセンサの時系列のフーリエ変換と仮定し、センサの時系列がほぼ帯域に制限されると仮定すると、操作されるセ

ンサ出力 $x_n(t_i, \tau_n(\theta_s))$ は次の式(11)(数11)で表される。

【0059】
【数11】

$$\vec{x}(t_i, \tau_n(\theta_i)) = \sum_{k=1}^{L+H} T_k(f_k, \theta_i) \vec{X}(f_k) \exp(j2\pi f_k t_i) \quad (11)$$

【0060】 $T(f_k, \theta)$ は従来の操作ベクトル $D(f_k, \theta)$ の成分と同一の成分をもつ可変対角行列であり、次の数12のように表される。

$$T(f_k, \theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & d_1(f_k, \theta) & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & & & d_N(f_k, \theta) \end{bmatrix} \quad (12)$$

【0062】また、STCMは上記式から直接次の数13のように導かれる。

$$\Phi(\Delta f, \theta_i) = \sum_{k=1}^{L+H} T(f_k, \theta_i) R(f_k) T^*(f_k, \theta_i) \quad (13)$$

【0064】ここで、指数 $k=1, 1+1, \dots, 1+H$ は、関連する帯域 Δf の周波数ビン(bin)を表し、 $R(f_k)$ は周波数ビン f_k に対するCDSSMである。操作最小分散アルゴリズム(STMV: Steered minimum variance algorithm)

ithms)において、広域帯の空間パワーのスペクトル推定量は次の式の数14で求められる。

$$B(\theta_i) = [\bar{R} \Phi(\Delta f, \theta_i)^{-1} \bar{I}]^{-1} \quad (14)$$

【0066】ただし、等式(14)に従った $B(\theta)$ の推定量は、それが適応プロセスの広域帯のビームパワーを表さないため、干渉性ビーム時系列を提供しない。そのため、本発明に従って、STMVの推定プロセスは関係する周波数帯域のすべての周波数ビンに関して $\Phi(\Delta f, \theta_s)$ の複合係数(複素係数)を決定するために修正される。

*て、受信する信号の全ての周波数帯域 Δf に対して $(\Delta f, \theta)$ の推定量を出すのに使用される。帯域 Δf の周波数ビン全体で定常性を仮定すると、STMVの推定量は帯域 Δf の中心周波数 f_0 の狭域帯の推定量 $\Phi(f_0, \theta)$ とほぼ同じと考えられる。

【0067】STMVアルゴリズムはその元の形で用い

$$\bar{w}(f_0, \theta) = \frac{\Phi(f_0, \Delta f, \theta)^{-1} \bar{D}(f_0, \theta)}{\bar{D}^*(f_0, \theta) \Phi(f_0, \Delta f, \theta)^{-1} \bar{D}(f_0, \theta)} \quad (15)$$

【0069】周波数ビン $i=1, 1+1, \dots, 1+H$ 全体の

の位相変化は、次の式によりモデル化される。

$$\bar{W}(f_0, \theta)$$

【0070】

【数16】

$$w_n(f_i, \theta) = \exp[j2\pi f_i \Psi(\Delta f, \theta)], i=1, 1+1, \dots, 1+H \quad (16)$$

【0071】ここで、 $\Psi_n(\Delta f, \theta)$ は次の式から導き出すタイムディレイの期間(項)である。

【0072】

【数17】

$$\Psi_n(\Delta f, \theta) = F[w_n(\Delta f, \theta), 2\pi f_0] \quad (17)$$

【0073】等式(16)により提供される適応操作の重み $w_n(\Delta f, \theta)$ を使用して、適応ビームは次の式により修正される。

【0074】

【数18】

$$B(f_i, \theta_i) = \bar{w}^*(f_i, \theta_i) \bar{X}(f_i) \quad (18)$$

【0075】図5は、前述したSTMVビームパターンの処理工程を簡単に示す。入力側のA部分において、FIRフィルタの出力は装置のN個のセンサすべてにダウンサンプリングした連続的な時系列を供給する。Bの部分ではダウンサンプリングした連続的な時系列を重複データセットに区分する。そのFFTは $X_{(m,j),n}(f_i)$ により定義される。ここで、各指数は以下の如くである。

j = 1, 2, . . . , j 適応ビームパターンが集束するために必要なj個の重複区画の数
m = 1, 2, . . . 適応ビームパターンの出力の指数
n = 1, 2, . . . , N センサの指数
i = 1, 2, . . . , M 周波数ビンの指数
区画間の重複パーセンテージは50%である。

【0076】図4の出力側のCの部分において、適応ビームパターンの出力は、

1. 一時的スペクトル解析、狭域帯&広域帯処理
2. 整合フィルタ処理に、連続的なビームの時系列を*

$$b(t, \theta, \phi) = IFFT\{B(f_i, \theta, \phi)\} \quad (19)$$

【0080】ここで、区分の重なりと接続を捨てて、連続的なビームの時系列を形成する。

【0081】行列反転はリアルタイムアプリケーションに適応ビームパターンを導入するための主要な事項である。線形方程式の系(システム)を解く標準的な数学的方法は適応重みを解くのに適用可能である。数学的方法は次のものを含む：・分散行列 $R(f_k)$ のCholesky因数分解。これにより、受信するデータベクトルに関し逆代入で線形系(線形システム)を解くことができる。

【0082】・回転により行列を上三角行列に変換することを含む受信するベクトル

$$X(f_i)$$

のQR分解。QR分解法はCholesky因数分解よりも安定性があるが、計算量が2倍必要である。

【0083】・SVD(特異値分解)法。SVD(Singular Value Decomposition)法は最も安定した因数分解法であるが、QR分解法より3倍の計算量が必要である。

【0084】本発明に従ったビームパターン化プロセスの調査研究の検討においては、Cholesky因数分解とQR分解法を採用している。これらの方法の間では、安定性に関する性能に著しい相違はないことが分かっている。当然、リアルタイムアプリケーションに関しては、最速のアルゴリズムが好ましい。

$$R^k(f_i) = \mu R^{k-1}(f_i) + (1-\mu) \bar{X}(f_i) \bar{X}^*(f_i) \quad (20)$$

*供給する。m = 1, 2, . . . に関して適応フィルタの応答を除去するためにと、S個の連続的なビームの時系列を得るために $\xi(\theta, t)$ を接続する。

【0077】図4のD1の部分はCholesky因数分解を使用して $\Phi(j, m)(\Delta f, \theta_s)$ の反転処理の部分であり、図4のD2の部分は、適応操作ベクトルの推定処理の部分である。

【0078】図4において、まず、センサの時系列をFFTを使用して周波数領域に区分、重複及び変換する。次の工程では、STCMを等式(10)及び(13)に基いて決定する。次に、STCMをCholesky因数分解を使用して反転して、等式(15)に従って適応操作ベクトルの推定量を決定する。次に、適応操作ベクトルを、適応ビーム化する周波数領域に統合する。最後に、時間領域の適応ビームをIFFTを通して求める。

【0079】

【数19】

【0085】リアルタイムアプリケーションで適応ビームパターン化を実行するための別の主要な事項は、等式(10)及び(13)から導き出される、雑音電波の第2順序統計量(第2次統計量)の知識が要求されることである。これら統計量は通常的には知られていないが、大量な分散行列 $R(f_k)$ の独立サンプルを平均化することによって、受信データから推定することができる。Kが $R(f_k)$ の統計的に独立したサンプルの有効数で、Nがセンサ8の数であるとき、雑音場の第2次統計量の偏差(分散)—適応ビーム出力パワー推定量検出統計—is、(K - N + 1)に反比例する。

【0086】実験の観察とともに理論的な推定により、適応ビームパターンの出力で干渉性ビームの時系列を得るためには、KはNより4倍大きくなければならないと考えられる。大量のセンサをもつ配列に関しては、統計的に最適なビームパターンとして適応ビームパターンを実行するには、非常に大量の $R(f_k)$ の独立サンプルを平均する必要がある、リアルタイムシステムでは適用できない。この問題の解決策は、時間 t_k で $R(f_k)$ の時間で変動する適応推定量の形で、指数窓を使用して分散行列を更新することである。時間で変動する適応推定量とは、時間 t_k のときの指数的な時間平均推定量—幾何学的忘却アルゴリズムである。

【0087】

【数20】

【0088】ここで、 μ は指数的な加重時間平均化を実行する平滑係数($0 < \mu < 1$)である。

【0089】多数のセンサに関し多数の適応重みをもつ適応ビームパターンの導入には、関係する受信信号の時間で変動する特性を検出するために、適応ビームパターンの動的特性を排除する集束期間が非常に長くなる。この制限は、適応重みの数を減らせば避けることができる。適応重みの数を減らすには、本発明に従ったサブアパーチャ処理手法を導入することで達成される。

【0090】図6は、センサ8の線形配列20のサブアパーチャ構成を図示している。線形配列は複数の重複するサブアレイに分割される。第1段階では、サブアレイは、各操作方向のサブアレイの数と等しい多数のビーム組を生成する従来のビームパターンを使用してビームパターン化される。第2段階では、適応ビームパターン化が、空間での操作方向は同じであるが、異なるサブアレイに属する各ビームの各組のビームで実行される。1組のビームは、同じ方向で操作される指向性センサからなる線形配列に等しく、センサの間隔は2つの隣接するサブアレイの間の分離空間に等しく、センサの数はサブアレイの数の数に等しい。

【0091】図7は、本発明に従ったM個のセンサ8をもつ円形配列30のサブアパーチャ構成を図示している。図7のAの部分は $G = 3$ のとき、各サブアパーチャで $(M - G + 1)$ 個のセンサをもつサブ円形配列をビームパターン化することを示しており、図7のB部分は、 θ_s の方位のビーム操作に関して3つのサブ円形配列から3つのビームの時系列($T - S$)を選択して、 θ_s を操作しながら3つのビーム $T - S$ で適応ビームパターン化を適用することを示している。

【0092】図7において、第1円形サブアパーチャは、 n がセンサの指数で G がサブアパーチャの数の場合、 $n = 1, 2, \dots, M - G + 1$ の第1の $M - G + 1$ 個のセンサにより構成される。第2円形サブアパーチャは、 $n = 2, 3, \dots, M - G + 2$ の $M - G + 1$ 個のセンサにより構成される。サブアパーチャの編成は、最後のサブアパーチャが $n = G, G + 1, \dots, M$ の $M - G + 1$ により構成されるまで継続する。第1段階では、各円形サブアパーチャは、各操作方向に関して G 組のビームを生成する従来のビームパターンを使用してビームパターン化する。第2段階は、空間では同じ方向に操作されるが、それぞれ異なる円形サブアパーチャに属する1組のビームで適応ビームパターン化する。図7は $G = 3$ の場合のこのようなサブアパーチャの工程を図示している。

【0093】図8に関し、本発明に従った円筒形配列40のサブアパーチャ構成を図示している。図8のAの部分は、 N 個のサブ円形配列のそれぞれに1つのビームパターン化を行うことを示している。また、図8のBの部分は、各方位のビーム操作に関して、 $(N - G + 1)$ 個

のサブ円形配列からビームの時系列を選択し、 θ_s と ϕ_s に関して新たなビームの時系列を形成する処理を示している。また、図8のCの部分には、出力が各方位及び高さに関し従来のビームの時系列を供給し、円筒形配列の他の2つのサブアパーチャに関してプロセスを繰り返す処理が示されている。さらに、図8のDの部分には θ_s 、 ϕ_s の方位・高さのビーム操作をもつ3つのビームの時系列の各セットに関し、適応ビームパターン化を適用することが示されている。

【0094】図8において、円筒形配列40は、 N が円形リングの数、 M が各リング上のセンサの数としたとき NM 個のセンサ8により構成され、サブアパーチャの形成は次のように行われる。

【0095】第1サブアパーチャは、 $n = 1, 2, \dots, N - G + 1$ がリング指数で、 G がサブアパーチャの数のとき、第1の $(N - G + 1)$ 個のリングにより構成される。各リングにおいて、 $m = 1, 2, \dots, M - G + 1$ が各リングのセンサの指数のとき、 $M - G + 1$ 個の第1組のセンサが選択される。第1サブアパーチャが、図8の上部右の絵に小円で示される、円筒形配列セル42を形成する。次に、前述した本発明に従った分解プロセスを使用して、従来(通常)のビームパターン化が、円筒形配列セル42に適用される。方位角 θ_s と仰角 ϕ_s を有する与えられた操作方向に関して、多次元サブアパーチャビームパターンは、下添字 $g = 1$ が第1サブアパーチャを示すとき、ビームの時系列 $b_{g=1}(t_i, \theta_s, \phi_s)$ を供給する。

【0096】第2サブアパーチャは、 $n = 2, 3, \dots, N - G + 2$ のとき、次の組の $(N - G + 1)$ 個のリングにより構成される。各リングに関して、 $m = 2, 3, \dots, M - G + 2$ のとき、次の組の $M - G + 1$ 個のセンサが選択される。次にこれら選択されたセンサが第2サブアパーチャの円筒形配列セルを形成する。ここでも、次に従来(通常)のビームパターン化が適用されて、与えられた操作方向に関して、多次元サブアパーチャビームパターンは、下添字 $g = 2$ が第2サブアパーチャを示すとき、ビームの時系列 $b_{g=2}(t_i, \theta_s, \phi_s)$ を供給する。

【0097】サブアパーチャの形成は、最後のサブアパーチャが $n = G, G + 1, \dots, N$ のときの $(N - G + 1)$ 個のリングによる組が構成されるまで継続する。各リングに関して、 $m = G, G + 1, \dots, M$ のときの最後の組の $M - G + 1$ 個のセンサが選択される。次に従来のビームパターン化が適用されて、与えられた設定の操作方向に関して、多次元サブアパーチャビームパターンは、下添字 $g = G$ が最後のサブアパーチャを示すとき、ビームの時系列 $b_{g=G}(t_i, \theta_s, \phi_s)$ を供給する。

【0098】ビームパターン化の第2段階は、図8に示すように、例えば、 $G = 3$ ビーム時系列 b

$g=1(t_i, \theta_s, \varphi_s)$ 、 $g=1, 2, \dots, G$ の線形配列の適応ビームパターンを構成する。操作方位及び仰角 $\{\theta_s, \varphi_s\}$ の与えられた対に関して、円筒形適応ビームパターン化プロセスは適応線形配列のビームパターン化に還元される。

【0099】適応線形配列のビームパターンは、2つの隣接するサブアパーチャの円筒形セルの間に間隔 $\delta = [(R2\pi/M)^2 + \delta_z^2]^{1/2}$ を持つわずか3つのビーム時系列 $b_g(t_i, \theta_s, \varphi_s)$ 、 $g=1, 2, 3$ を構成するに過ぎない。ここで、 $(R2\pi/M)$ は各リング上のセンサの間隔で、 δ_z は円筒形配列40のz軸に沿った各リング間の距離である。適応線形配列のビームパターンは、操作方位及び仰角 $\{\theta_s, \varphi_s\}$ の対の中心にあるステアリングに、1つ以上の適応ビーム時系列を提供する。

【0100】各サブアパーチャの自由度の数は非常に少数のため、適応プロセスはほぼ瞬間的な集束を受ける。また、本発明に従った多次元サブアパーチャビームパターン化プロセスは、以下に掲げる文献で論じられるようなMVDR及びGSCなどの多様な適応雑音除去技術を含むことができる。

【0101】S. Stergiopoulos:「一体型アクティブ受動ソナーシステムでの適応合成アパーチャの処理方法の導入」IEEE手順書、86(2)、358~397頁、1998年2月。

B. Windrow:「適応アンテナシステム」IEEE手順書、55(12)、2143~2159頁、1967年。

N. L. Owsley:「ソナーアレイ処理」、S. Haykin、出版者、プレントイスホール・シングルプロセッシングシリーズ、A. V. Oppenheimシリーズ出版者、123頁、1985年。

B. Van VeenとK. Buckley:「ビームパターン化:空間フィルタリングの多様なアプローチ」、IEEE ASSPマガジン、4~24頁、1988年。

【0102】また、本発明に従ったサブアパーチャ構成は、平面形配列及び球形配列などの他の多次元配列にも適用できる。平面形及び球形配列に関する分解、サブアパーチャ形成及び適応ビームパターンの導入は、前述した円筒形配列の対応する工程と同様に行い得る。特に、平面形配列に関しては、サブアパーチャの形成は図9に図示するように線形配列のサブアパーチャ適応コンセプトに基いて行い得る。同様に、球形配列のサブアパーチャの形成は、円形配列のサブアパーチャ適応コンセプトに基いて行い得る。

【0103】図9において、Aの部分は各線形配列をビームパターン化する処理を示している。また、図9のBの部分には、各方位のビーム操作に関しすべての線形配列からビームの時系列を選択し、センサとして方位操作

θ_s をもつ新たなセットのビームの時系列を含む垂直線形配列を形成し、そして、新たな垂直線形配列をビームパターン化する処理が示されている。さらに、図9のCの部分には、2D平面線形ビームパターンのものと等価なビームパターンが連続的なビームの時系列で供給することが示されている。

【0104】図10には、本発明に従った超音波映像システムの3D円筒形配列の信号処理のフローのモジュール構造を簡単に図示する。図10の入力側は、FIRフィルタの出力が円筒形配列のすべてのセンサにダウンサンプリングした連続的な時系列を供給する。図10の線形及び円形配列のビームパターンは有限インパルス応答(FIR)フィルタとして実行される。図10において、異なる処理モジュールの再構成により、信号処理のフローを、例えば、線形、平面形又は球形のセンサ配列をもつ様々な超音波映像システムに適用できる。

【0105】第1処理モジュール50においては、ダウンサンプリングした連続的な時系列を1組の重複データセットに区分する。その処理のFETは式X

$(m, j)_r(f_i) = FET\{X_{(m, j)_r}(t_i)\}$ で定義される。ここで、 $j=1, 2, \dots, I$ はセグメント(区分)の指数
 $m=0, 1, \dots, M-1$ はr番目の円筒形配列のリングのセンサの指数

$r=0, 1, \dots, N-1$ はリングの指数

$i=1, 2, \dots, I$ は周波数ビンの指数

【0106】第1処理モジュール50には、センサ配列から受信した時系列の分割、分割した時系列の初期スペクトルFFTの計算、帯域FIRフィルタを介して関係する周波数帯域の選択、及びダウンサンプリングの処理が含まれる。モジュール50の出力は、減少したサンプリング速度で連続的な時系列を構成する。

【0107】モジュール52は円形配列ビームパターン化(CIRCULAR ARRAY BEAMFORMER)の部分と連続ビーム時系列の出力の部分(OUTPUT PROVIDES CONTINUOUS BEAM TIME SERIES)とを有し、円形配列ビームパターン化の部分は $B_r(f_i, \theta_s)$ の式を用いて円形配列ビームパターン化の処理を行い、連続ビーム時系列の出力の部分は、円形ビームパターンの連続的な時系列を生成するために、重複と連結した区分(セグメント)を除去する処理を行う。

【0108】モジュール53は線形配列のビームパターン化を行う部分と連続ビーム時系列の出力の部分とを有しており、ビームパターン化の部分は式 $B(f_i, \theta_s, \varphi_s)$ を用いて線形配列のビームパターン化を行い、連続ビーム時系列の出力の部分はモジュール52の場合と同様に、ビームパターンの連続的な時系列を生成するために、重複と連結した区分(セグメント)を除去する処理を行う。

【0109】円形配列と線形配列のビームパターンを構成する第2モジュール52及び第3モジュール53は、円形たたみこみを介した空間フィルタリングのFIR手法を使用して、連続的な指向性ビームの時系列を提供する。ビームパターンの入力の区分化と重複は、高速たたみこみ信号処理操作によるラップラウンドエラー(wrap around errors)を処理する。重複(オーバーラップ)は有効なFIRフィルタの長さに等しい。

【0110】モジュール54はアクティブ超音波アプリケーションから得たエコーを処理するために、使用される。

【0111】モジュール56は時間的スペクトル解析の最終処理工程を含む。

【0112】最終的に、データ標準化(規格化)処理手法を使用して、出力結果をディスプレイ装置の動的範囲(ダイナミックレンジ)にマップ(map)する。

【0113】モジュール56においての、バーニヤおよび時間的スペクトル解析の使用—区分重複の組込み、ウィンドウ化及びFFTコヒーレント処理—は、すべてのビーム時系列に狭域帯の結果を提供する。標準化と論理和演算は出力結果を表示する前の最終処理工程である。

【0114】アクティブモジュール54では、時系列ビーム上での整合フィルタ—又はレプリカ相関器—の使用により、広域帯処理を提供する。これにより、超音波システムの能動変換器により伝送される基準波形(参照波形)に対しての範囲と方位の関数として、エコーを検出することができる。

【0115】図11に関し、本発明に従った多次元配列のサブアパーチャ構成の信号処理のフローの概略図を示す。モジュール60は多次元配列のセンサのサブアパーチャの形成を含むもので、サブアパーチャの形成は多次元ビームパターンを線形及び/又は円形ビームパターンの干渉性セットに分解することに基く。次の工程(ステップ)で、各サブアパーチャにビームの時系列を供給しながら、各サブアパーチャのセンサの時系列は、図10に示すように本発明に従い、従来の多次元配列のビームパターンを使用してモジュール62でビームパターン化する。モジュール62は通常(従来)のビームパターン化を行うもので、一般構造は3Dサブアパーチャの3Dビームパターンを線形&円形配列のビームパターンに分解する。出力は連続時系列である。

【0116】ビームパターン化の第2段階はモジュール64で行う。モジュール64において、サブアパーチャから同じ操作方向(θ_s, ϕ_s)をもつビームの時系列は線形配列のG個の指向性センサの時系列を表す。適応ビームパターンの入力で上記指向性時系列を供給して、 $s = 1, 2, \dots, S$ の(θ_s, ϕ_s)に集中する操作方向をもつG個の適応ビームを生成する。ビームパターン化の第2段階は、モジュール62で得たビーム時系

列の適応ビームパターン化からなる。適応ビームパターンは、従来のビームと同じ方位角及び仰角の中心にあるステアリングに、1つ以上の適応ビームの時系列を提供する。

【0117】図11に示す多次元配列のサブアパーチャ構成の信号処理のフローを、図10に示す信号処理のフローのモジュール52及び53に組込んでよい。

【0118】本発明に従った信号処理の別の実施形態例では、画像解像度を更に改善するために、サブアパーチャの適応ビームパターンを合成アパーチャのビームパターン—ETAMアルゴリズム—と組合せる。合成アパーチャのビームパターンは、入力センサの時系列を合成アパーチャのビームパターンに提供するために使用する実際の—物理的—センサ配列よりも、多数のセンサにより構成される合成センサ配列に対応するセンサの時系列を提供する。

【0119】合成アパーチャのビームパターンに関する詳細は、1990年にSullivan E.D.とStergiopoulos S.に発行された米国特許第4,930,111号に開示されている。第1工程で、センサの時系列は合成アパーチャのビームパターンを使用して処理され、サブアパーチャの適応ビームパターンへの入力として供給する。代替的には、より小型のセンサ配列が小型超音波映像システムに採用されるとき、十分な画像解像度を得るために、この方法を使用することもできる。

【0120】本発明に従ったサブアパーチャの適応ビームパターンを、ほぼ瞬間的な集束を達成すること、そのため十分な時間的コヒーレンスをもつ出力ビームの時系列を提供し、基準信号(参照信号)と相関することを実証するために、シミュレートしたデータセットとともに実データセットで試験された。十分な時間的コヒーレンスをもつ出力ビームの時系列を提供することは、受動及びアクティブ超音波映像システムでの整合フィルタ処理又は時間的スペクトル解析にとって不可欠である。

【0121】図12を参照して、様々な種類のビームパターンの操作角度(ステアリング角度)の関数としてのアクティブCWパルスに対するビームの応答パワーを示す。図12に示すものは、—48個のセンサの平面形配列上の従来のビームパターン(1);本発明に従った48個のセンサの平面形配列のサブアパーチャ適応ビームパターン(2);物理的な48個のセンサの平面形配列を合成144個のセンサの平面形配列に拡張した合成アパーチャ(ETAMアルゴリズム)のビームパターン(3);本発明に従って48個のセンサの平面形配列上の合成アパーチャとサブアパーチャ適応ビームパターンの組合せ(4);及び144個のセンサの平面形配列上の従来のビームパターン(5)である。

【0122】図12に提示した結果から明らかなように、本発明に従ったサブアパーチャの適応ビームパター

ンは、3倍大きい平面形配列に適用される従来のビームパターンと同様の角度分解能を提供する。角度分解能を更に改善するためには、ビームパターン化プロセスに伴う計算量が増える代償として、図12に示すように本発明に従って、サブアパーチャの適応ビームパターンを合成アパーチャのビームパターンと組合せることで得られる。

【0123】また、本発明に従ったサブアパーチャ適応ビームパターンを、数分の繰返し数をもつ広域帯FMパルスを含む合成データセットで試験して、本発明に従ったサブアパーチャ適応ビームパターンが広域帯FMパルスの干渉性ビーム時系列を供給するためにほぼ瞬間的な集束を達成する効率性を実証した。これは、適応処理手法が最適な解に集束するためには少なくとも繰返し過程が必要なため、試験する必要がある。

【0124】出力ビームの時系列は、GRAMが図13に示すビーム操作の関数として範囲(深さ)のウォーターフォールディスプレイを提供するため、整合フィルタとその配置を使用して処理されている。各ビームパターンに関して、水平軸は、20度の見る方向に集まる10度の角度セクタ内において20個の操作ビームを含む。垂直軸は人体内の信号のタイムディレイ又は侵入度(透入深さ)を表す。そのため、図13で示す各ウィンドウの垂直軸に沿った検出エコーは器官などのシミュレートした被写体からの反射を示す。

【0125】図13の左側から順に、使用する様々なビームパターンは、48個のセンサ配列の従来のビームパターン；48個のセンサ配列の本発明に従ったサブアパーチャ適応ビームパターン；物理的な48個のセンサ配列を144個の合成センサ配列に拡張した合成アパーチャ(ETAMアルゴリズム)のビームパターン；48個のセンサ配列の本発明に従った合成アパーチャとサブアパーチャ適応ビームパターンの組合せ；144個のセンサ配列の従来のビームパターンである。

【0126】明らかなように、48個のセンサ配列に適用する従来のビームパターン—図13の一番左側のウィンドウ—は、2つのエコーを解像していない。これは現在の技術水準の超音波映像システムの性能特性を表す。図13の次の3つのウィンドウは、48個のセンサ配列に適用した本発明に従った適応ビームパターンの結果(FM形のパルスのシミュレートした整合フィルタの結果)を示す。この結果は、想定した適応ビームパターンの画像解像度の定量的評価を提供する。明らかに、3つのウィンドウすべてで、2つのエコーが鮮明に見える。本発明に従った適応ビームパターンの解像度は、図13の右側のウィンドウに示す3倍大きいセンサ配列に適用した従来のビームパターンの解像度に匹敵する。

【0127】改善されたことを実証するために、本発明に従った適応ビームパターンを、図14に示す医療診断アプリケーション用の汎用超音波映像システム内で実行*50

*した。このシステムは、32個のセンサ8の線形配列20と、現在の技術水準の信号処理装置72と、12ビットでチャンネル当たり45MHzのサンプリング(標本化)周波数をもつ特注のADC74と、線形配列20が供給するセンサの時系列を適応ビームパターン化し、再生を映像化して3Dで可視化するためのコンピュータワークステーション76とからなる。

【0128】図15は、胎児の頭骨の典型的な3D画像を示す。上2つの画像と左下の画像は、現在の技術水準の超音波システムと信号処理を使用して得ているが、右下の画像は本発明に従った適応ビームパターンを現在の技術水準の超音波システムが捕獲した信号に適用して得たものである。明らかに、本発明に従った適応ビームパターンの適用は、画像の解像度を実質的に高めている。

【0129】画像の解像度をさらに改善するためには、本発明に従った適応ビームパターンを多次元—2D又は3D—のセンサ配列に適用して、ビームパターン化プロセス中に信号の角度解像度を向上させることによって得られる。

【0130】図12、13及び15に示す結果から分かるように、本発明に従った適応ビームパターンはほぼ瞬間的な集束を達成し、画像の解像度を実質的に改善する。そのため、適応ビームパターンは超音波映像に適用すると非常に有利であり、画像の解像度を改善するために既存の超音波システムに組込むことができる。好適な実施形態例では、本発明に従った適応ビームパターンを使用して、リアルタイムで高解像度の画像を提供するための小型で現場配備可能な超音波システムを提供する。

【0131】これは、適応ビームパターンを小型多次元配列から得た信号に適用し、各サブアパーチャ内の自由度を減じるサブアパーチャ構造を使用して、多次元配列をビームパターン化するための計算量を最小限にすることにより達成される。そのため、ビームパターン化プロセスには従来のワークステーションしか必要なく(従来のワークステーションのみで対応でき)、リアルタイムで実施される。

【0132】当然ながら、本発明の精神及び範囲を逸脱することなく、他の多数の実施形態例を考えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従った小型現場配備可能な超音波映像システムの略図である。

【図2】超音波映像システムのためのセンサの線形配列の略図である。

【図3】超音波映像システムのためのセンサの円形配列の略図である。

【図4】本発明に従った分解概念を図示する超音波映像システムのためのセンサの円筒形配列の略図である。

【図5】超音波映像システムのための本発明に従った適応ビームパターン処理の簡単なフロー図である。

【図6】本発明に従った適応サブアパーチャ構造を图示する超音波映像システムのためのセンサの線形配列の略図である。

【図7】本発明に従った適応サブアパーチャ構造を图示する超音波映像システムのためのセンサの円形配列の略図である。

【図8】本発明に従った適応サブアパーチャ構造を图示する超音波映像システムのためのセンサの円筒形配列の略図である。

【図9】本発明に従った適応サブアパーチャ構造を图示する超音波映像システムのためのセンサの平面配列の略図である。

【図10】円筒形配列をビームパターン化するための本発明に従った信号処理のフローの概略図である。

【図11】本発明に従った多次元配列の適応サブアパー*

*チャ構造のための信号処理の概略図である。

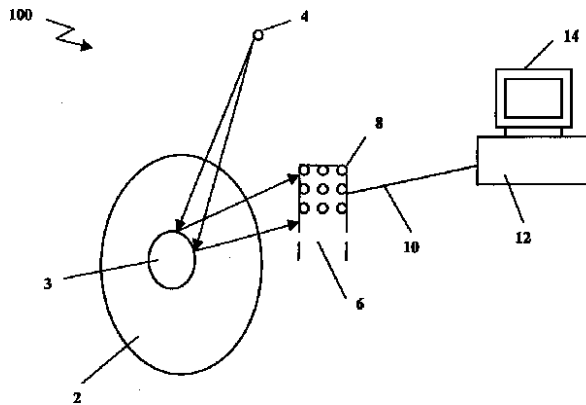
【図12】様々な種類のビームパターンの操作角の関数として、アクティブCWパルスへのビーム応答パワーを图示する概略図である。

【図13】超音波アプリケーションのために、様々な種類のビームパターンの整合フィルタのシミュレーション結果の図である。

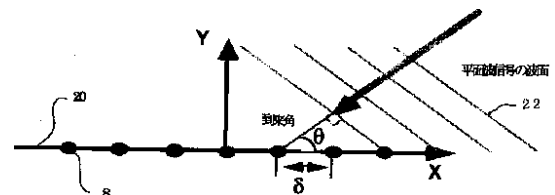
【図14】本発明に従った適応ビームパターンの画像解像度の改善を評価するための超音波映像システムの略図である。

【図15】現在の技術水準の信号処理技術を使用して、本発明に従った適応ビームパターンを現在の技術水準の超音波システムで捕獲した信号に適用して得た胎児の頭骨の様々な3D画像を従来のビームパターンの処理の場合との比較状態で示す図である。

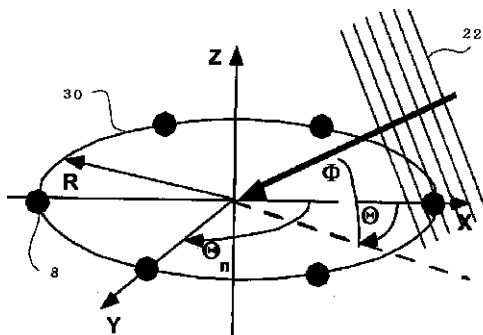
【図1】



【図2】

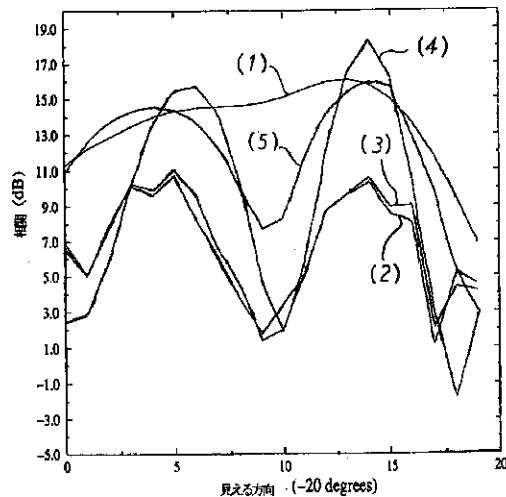


【図3】

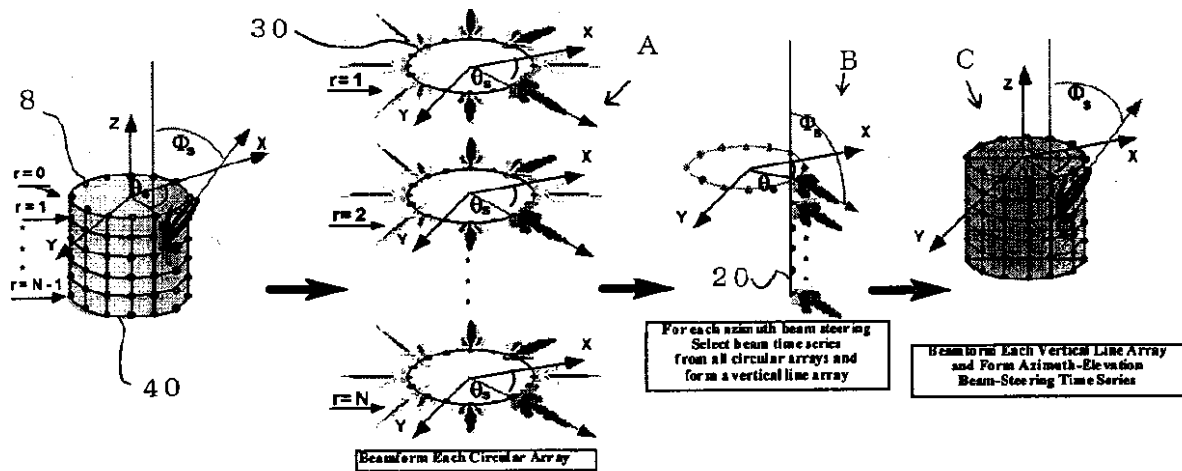


【図12】

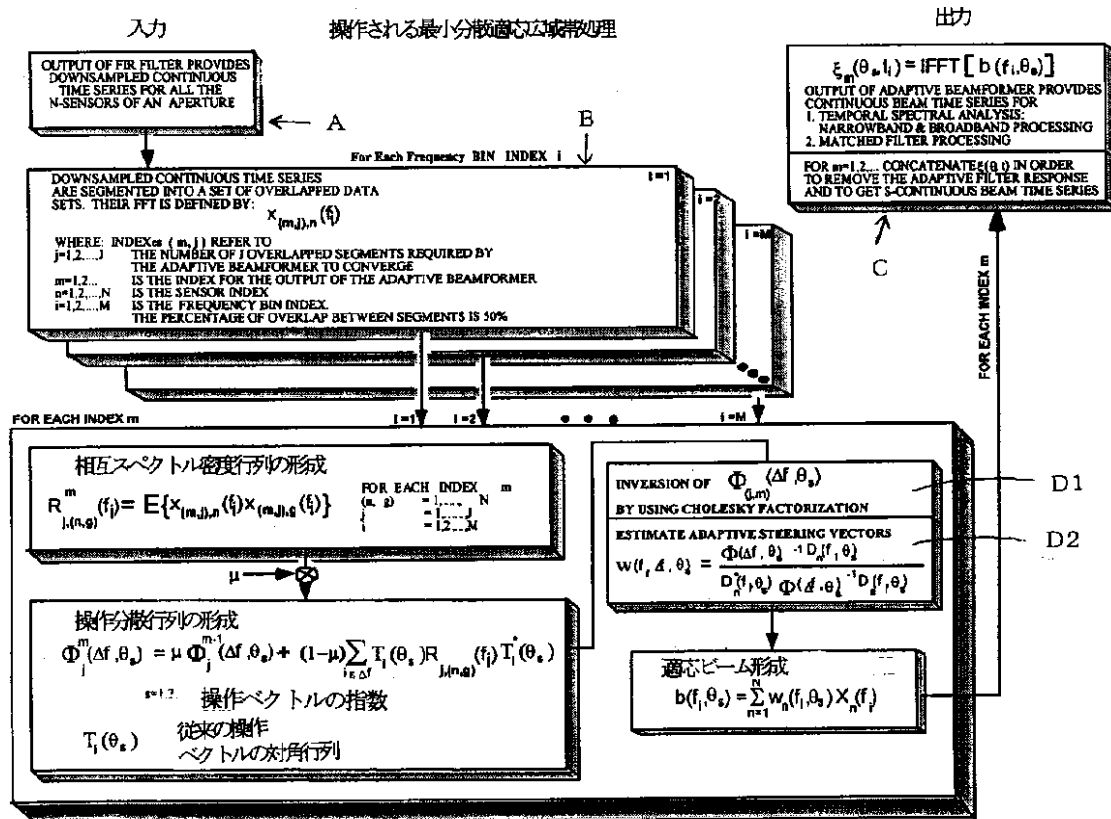
アクティブビームサーチ



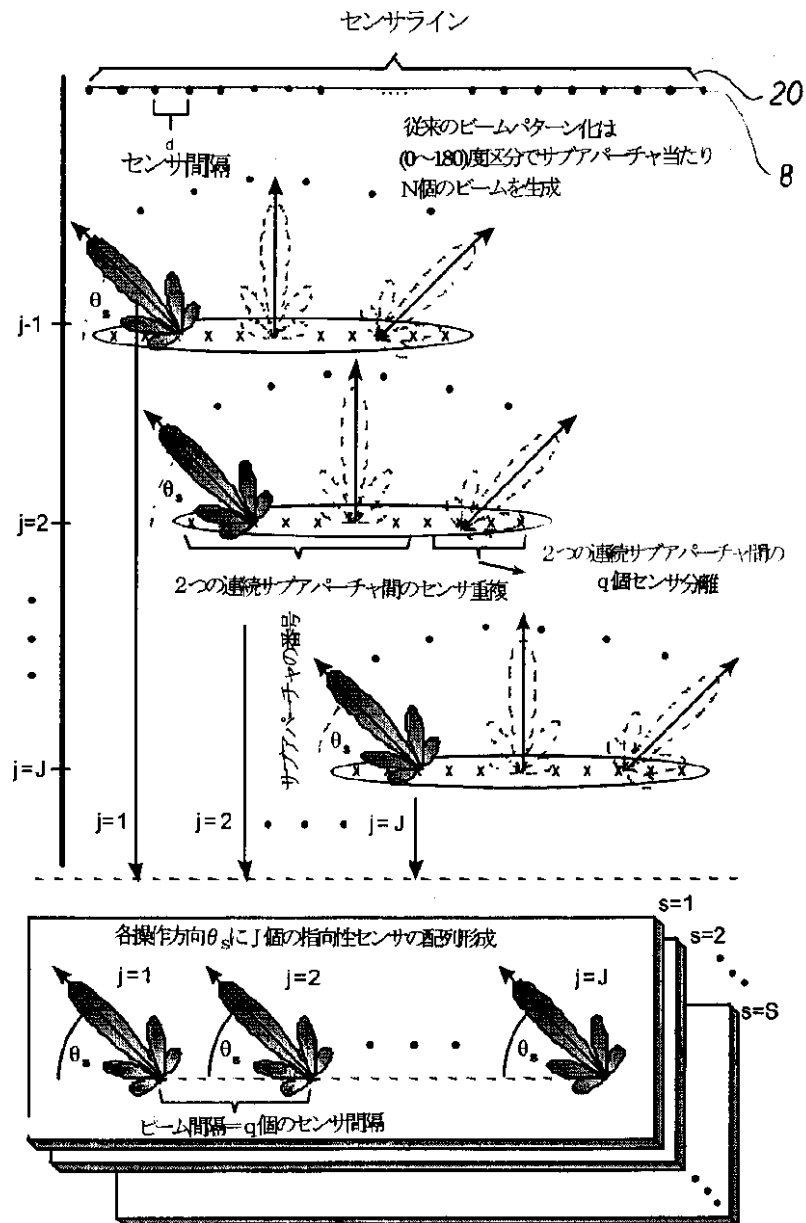
【図4】



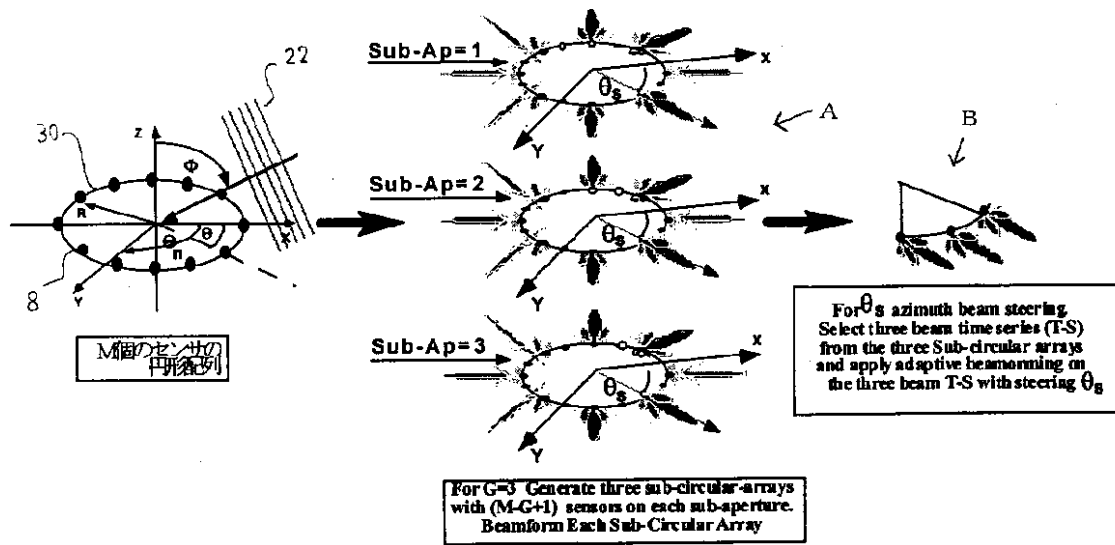
【図5】



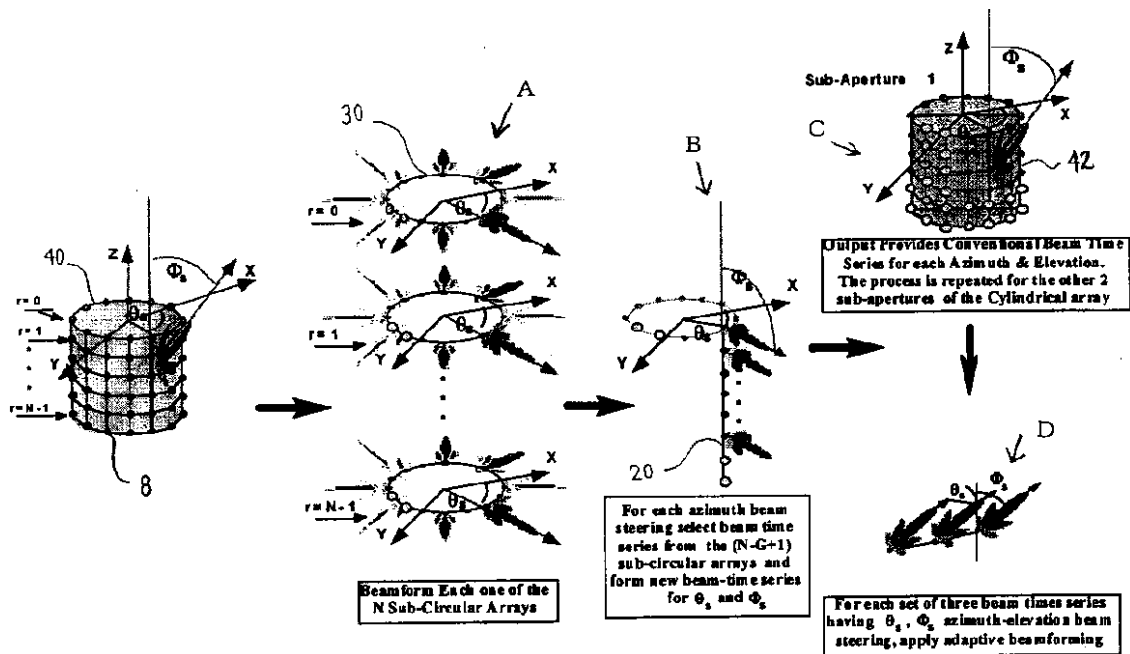
【図6】



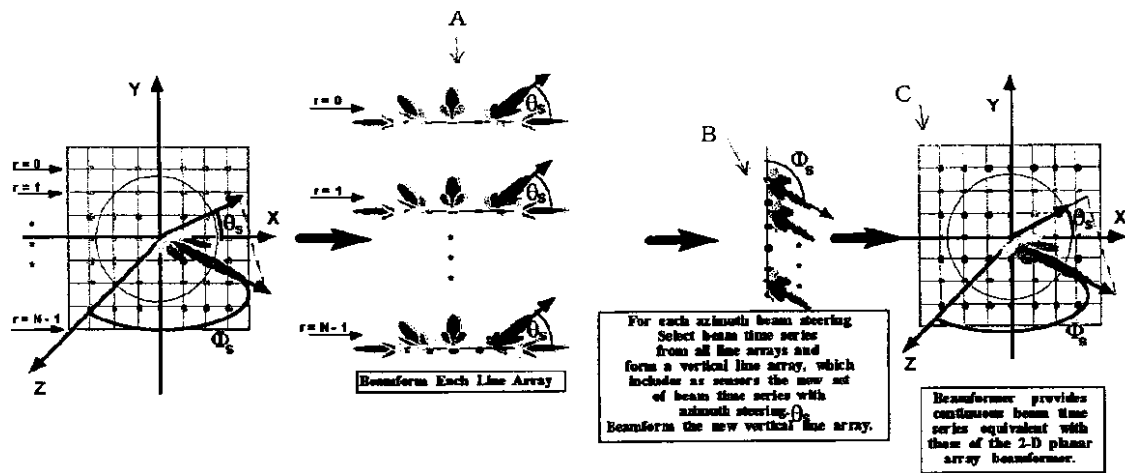
【図7】



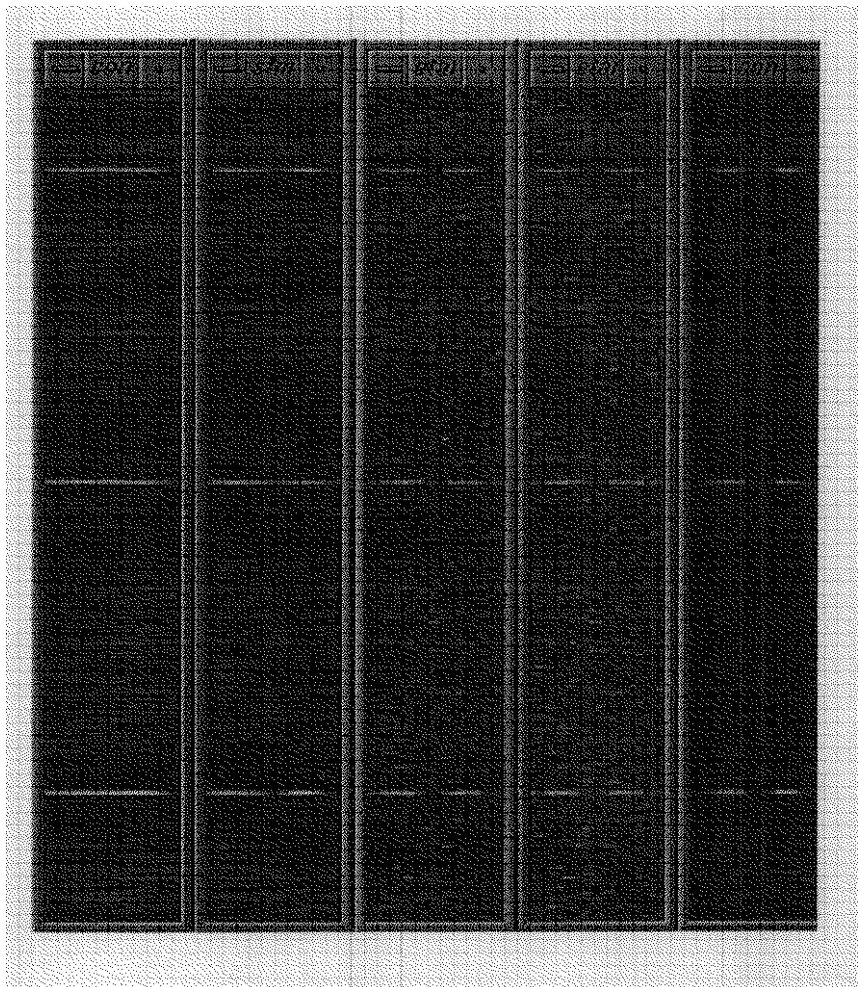
【図8】



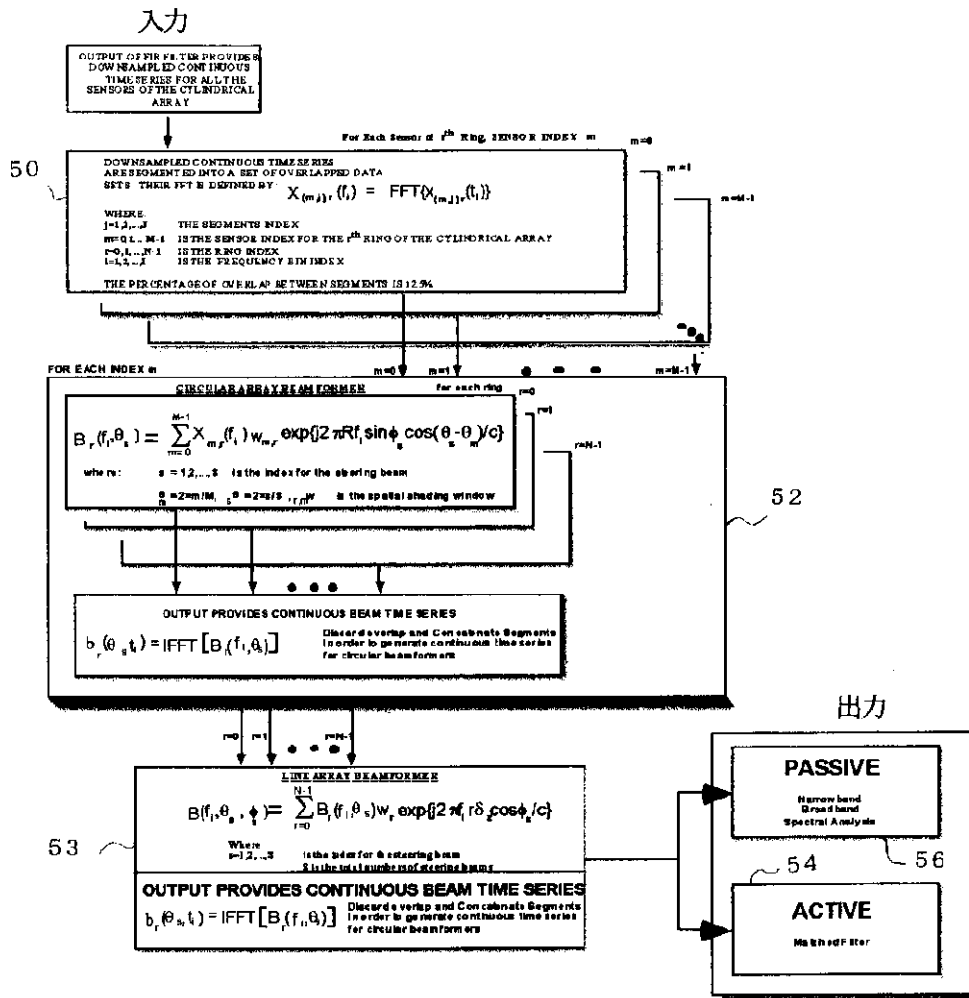
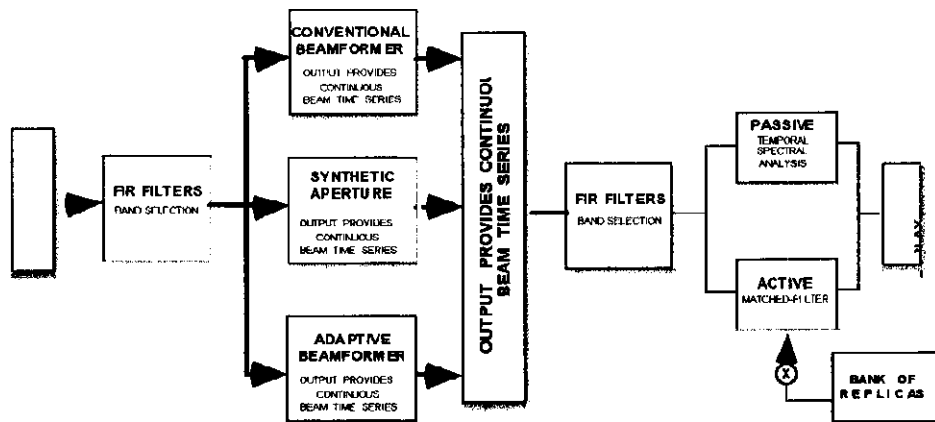
【図9】



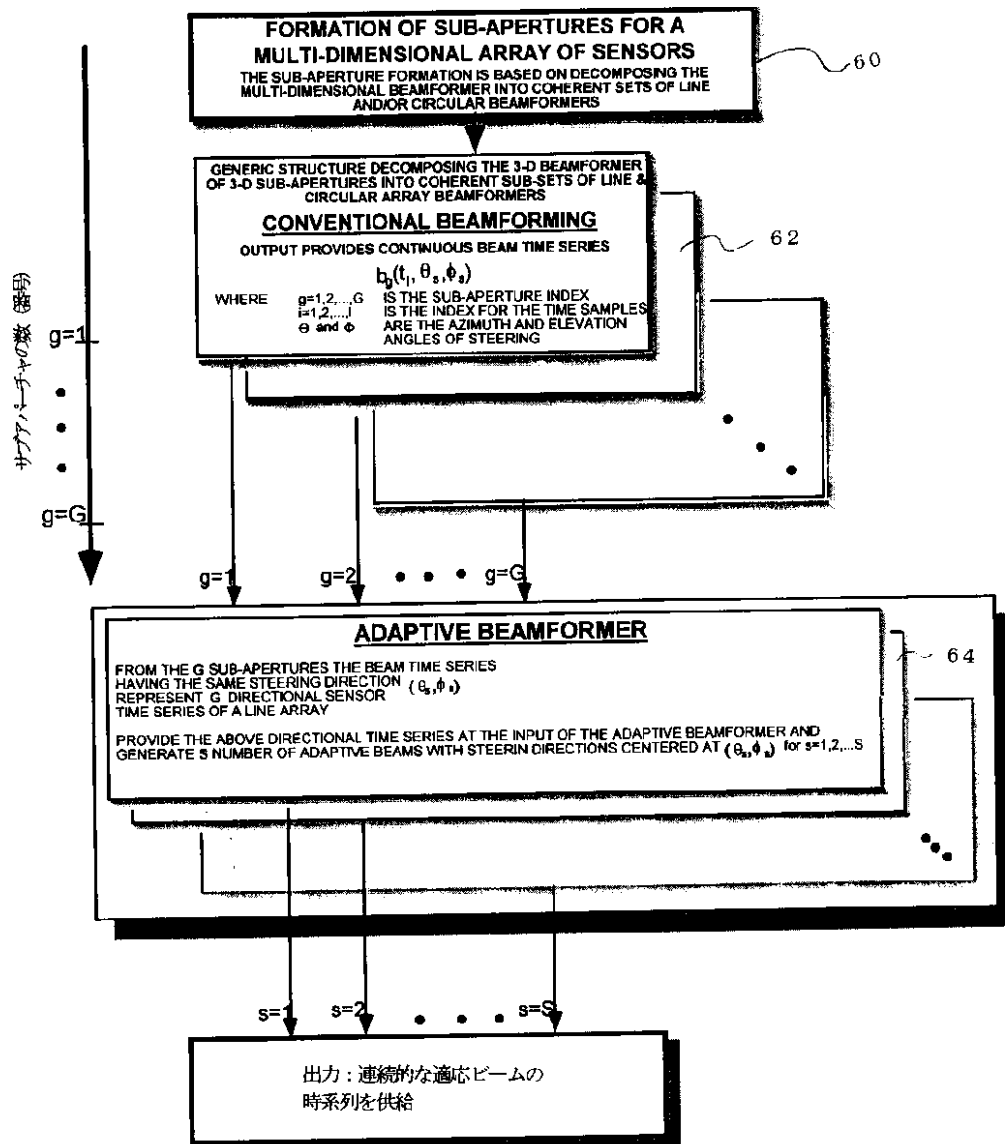
【図13】



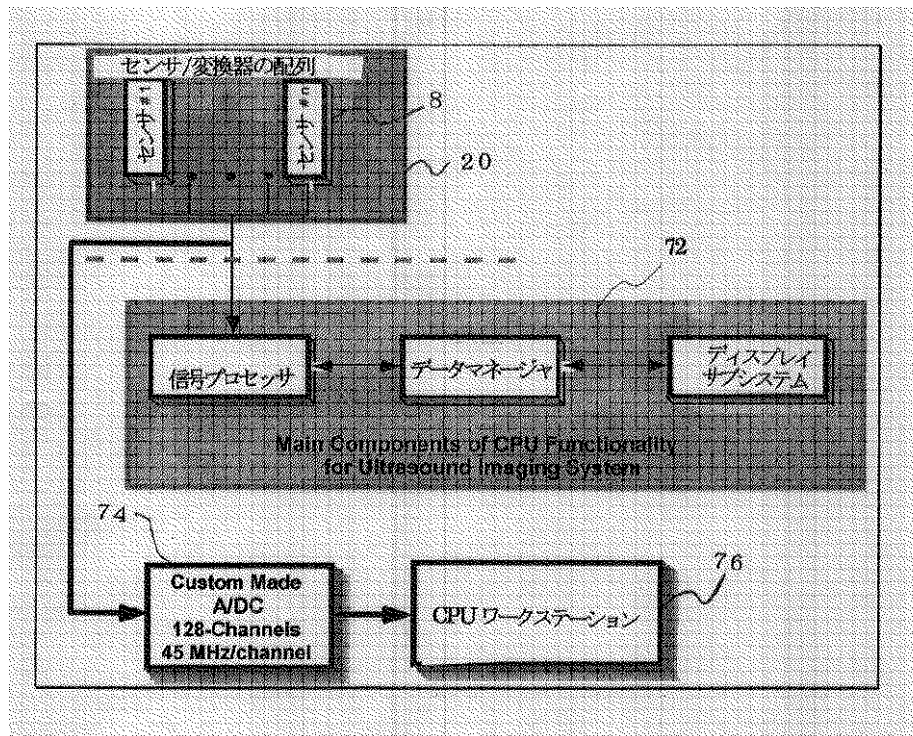
【図10】



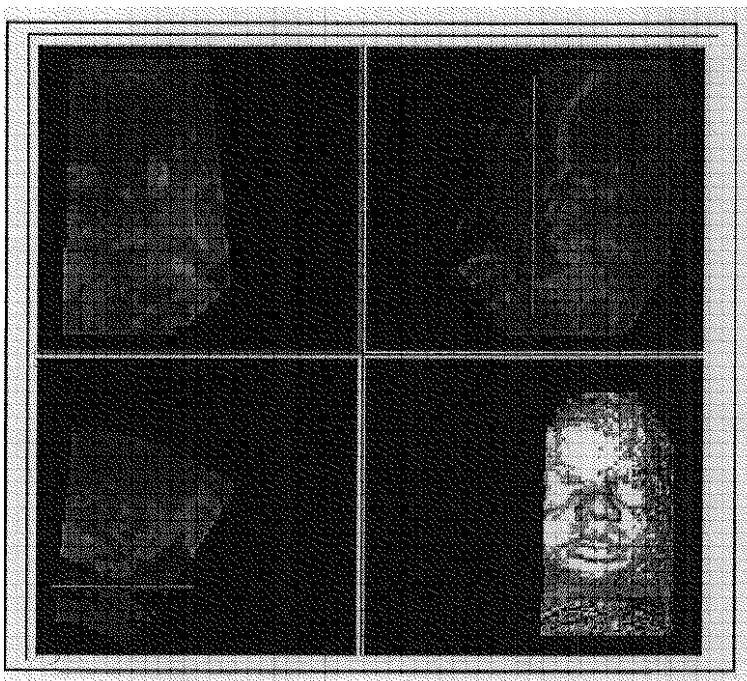
【図11】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(71)出願人 500540040

ハー マジェスティ ザ クイーン イン
ライト オブ カナダ, アズ リプレ
ゼンテッド バイ ザ ミニスター オブ
ナショナル ディフェンス

Her Majesty The Que
en in Right of Cana
da, as represented
by the Minister of
National Defence

カナダ オンタリオ州 K1A 0K2
オッタワ コロネルバイドライブ 101
101 Colonel By Drive
Ottawa Ontario Can
ada K1A 0K2

(72)発明者 スタジ奥斯 スタジオボロス

カナダ オンタリオ州 M4N 1S8
トロント ローレンスアベニューイースト
124

(72)発明者 アマー シー ダナントウオリー

カナダ オンタリオ州 M2R 3S3
ノースヨーク スティルウォータークレセ
ント 57

专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	JP2001187055A5	公开(公告)日	2002-01-08
申请号	JP2000356185	申请日	2000-11-22
[标]申请(专利权)人(译)	女王陛下在加拿大的光国防李介绍泰德遮阳帽迷你星国防部		
申请(专利权)人(译)	女王陛下在加拿大的光，像李介绍泰德由国防大臣		
[标]发明人	スタジオスタジオポロス アマーシーダナントウオリー		
发明人	スタジオ スタジオポロス アマー シー ダナントウオリー		
IPC分类号	G01S15/89 A61B8/13 G06T1/00 G01S7/52 A61B8/00 G10K11/34		
CPC分类号	Y10S128/916 G01S15/8929 G10K11/346 G01S15/8927 G01S15/8993 G01S7/52046		
FI分类号	A61B8/00 G06T1/00.290.D		
F-TERM分类号	4C301/AA02 4C301/AA03 4C301/EE01 4C301/EE07 4C301/EE10 4C301/FF26 4C301/GB04 4C301/GB08 4C301/GB10 4C301/GB12 4C301/GB13 4C301/HH27 4C301/HH31 4C301/HH37 4C301/HH38 4C301/JB32 4C301/JB34 4C301/JB35 4C301/JC05 4C301/KK17 4C301/LL20 4C601/EE01 4C601/EE04 4C601/EE07 4C601/FF11 4C601/FF16 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB04 4C601/GB05 4C601/GB06 4C601/GB09 4C601/GB10 4C601/HH31 4C601/HH38 4C601/JB01 4C601/JB28 4C601/JB34 4C601/JB47 4C601/JB49 4C601/JC25 4C601/JC26 4C601/JC31 4C601/KK21 4C601/KK22 4C601/LL40 5B057/AA07 5B057/BA05 5B057/BA11 5B057/CA08 5B057/CA13 5B057/CB08 5B057/CB13 5B057/CC01 5B057/CH20 5B057/DB03 5B057/DB09		
代理人(译)	五十嵐清		
优先权	2290240 1999-11-24 CA		
其他公开文献	JP2001187055A		

摘要(译)

公开了用于采用多维传感器阵列的超声成像系统的具有几乎瞬时聚焦的自适应多维波束图案。第一步是将多维光束图分解为子孔径。然后，每个子孔径在多维阵列的不同坐标方向上分解为圆形和/或线性阵列光束图案的两个相干子集。根据本发明的多维束图案的引入为根据本发明的3D超声成像系统提供了基础，该3D超声成像系统由小的多维传感器阵列和可以在现场部署的小型处理设备组成，并实时提供高分辨率的3D。生成视频。也可以捕获第4维为时间的4D图像，并且所得图像形成器官运动丰富的视频图像。