

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)特許公報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3208424号

(P 3 2 0 8 4 2 4)

(45)発行日 平成13年 9月10日(2001.9.10)

(24)登録日 平成13年 7月13日(2001.7.13)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G01S 7/526

G01S 7/52

J

7/521

B

請求項の数19 (全8頁)

(21)出願番号 特願平11 - 32679

(22)出願日 平成11年 2月10日(1999.2.10)

(65)公開番号 特開2000 - 230973(P 2000 - 230973 A)

(43)公開日 平成12年 8月22日(2000.8.22)

審査請求日 平成11年 2月12日(1999.2.12)

(73)特許権者 390014306

防衛庁技術研究本部長

東京都新宿区市谷本村町 5 番 1 号

(72)発明者 菊池 達夫

神奈川県横浜市金沢区能見台 4 - 4 - 21

D 408

(72)発明者 武捨 貴昭

神奈川県横浜市金沢区並木 3 - 11 - 7 -

601

(74)代理人 100079290

弁理士 村井 隆

審査官 宮川 哲伸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】面アレイマルチチャンネル適合整相方法及び装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 音波又は振動を発信し目標からの反響音又は振動を受信するか或いは目標からの放射音又は振動を受信する音波又は振動のセンサー出力の整相方法において、

直線上に等間隔に配置された 3 つのセンサーからなるセンサーの組を複数配置し、複数配置された前記センサーの組がすべて中央のセンサーを共有しており、各組における両端の 2 つのセンサーの加算出力と中央のセンサー出力の受信指向性の差並びに位相の差に適合処理計算を適用し、サイドローブ方向から到来する雑音を低減させることを特徴とする面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 2】 複数の前記センサーの組は $M (1 \quad M)$ 本の直線上に配置されている請求項 1 記載の面アレイマ

2

ルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 3】 前記 M 本の直線は面状配置であり、各直線同士のなす角を等しい角度とした請求項 2 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 4】 前記 M 本の直線は面状配置であり、各直線同士のなす角の一部又は全部を異なる角度とした請求項 2 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 5】 $i (1 \quad i \quad M)$ 本目の直線上に、前記センサーの組を $N_i (1 \quad N_i)$ 個配置した請求項 2 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 6】 $N_1 = N_2 = \dots = N_i = \dots = N_M$ とした請求項 5 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 7】 一部又は全部の N_i を異なる数にした請求項 5 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

10

【請求項 8】 i 本目の直線上の 1 組目の両端のセンサー間隔を d_{i1} 、2 組目の両端のセンサー間隔を d_{i2} 、 j 組目の両端のセンサー間隔を d_{ij} 、 N_i 組目の両端のセンサー間隔を d_{iN_i} としたとき、 $d_{i2} = 2 \times d_{i1}$ 、 $d_{i3} = 3 \times d_{i1}$ 、...、 $d_{ij} = j \times d_{i1}$ 、...、 $d_{iN_i} = N_i \times d_{i1}$ のように 1 組目の両端のセンサー間隔の整数倍とした請求項 5 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 9】 i 本目の直線上の j 組目の両端のセンサー間隔を d_{ij} ($1 \leq j \leq N_i$) としたとき、前記センサー間隔 d_{ij} の一部又は全部を 1 組目の両端のセンサー間隔の整数倍とは異なる間隔にした請求項 5 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 10】 1 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{11} 、2 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{21} 、 i 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{i1} 、 M 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{M1} としたとき、 $d_{11} = d_{21} = \dots = d_{i1} = \dots = d_{M1}$ とした請求項 5 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 11】 i 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{i1} ($1 \leq i \leq M$) としたとき、前記センサー間隔 d_{i1} の一部又は全部を異なる間隔にした請求項 5 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 12】 前記センサーの組における両端の 2 つのセンサー出力の和の 0.5 倍の値と中央のセンサー出力との和が最小になるように、適合処理計算を行う請求項 1 から 11 のいずれかに記載の面アレイ 3 チャンネル適合整相方法。

【請求項 13】 前記適合処理計算を、LMS アルゴリズムを用いて行う請求項 12 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 14】 前記適合処理計算を、フロストの適合処理を用いて行う請求項 13 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 15】 前記適合処理計算を、LMS アルゴリズムを用いて行う場合に、前記センサーの組における両端の 2 つのセンサーの加算出力に対するタップ重みと中央のセンサー出力に対するタップ重みの和を常に 1 に保つことによって、目標からの受信信号に対する利得を常に 1 に保つ請求項 13 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 16】 前記センサーの組における両端の 2 つのセンサーの加算出力に対するタップ重みと中央のセンサー出力に対するタップ重みの和を常に 1 に保つために、適合処理計算毎にタップ重みの和を求め、それぞれのタップ重みをこの和で割り戻してタップ重みの合計を常に 1 に保つ請求項 15 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 17】 前記 LMS アルゴリズムのタップ重みの計算において、前記タップ重みとして正負いずれの数

値も選択し、前記タップ重みが負になった場合に当該タップ重みの絶対値の上限値を定める請求項 13、15 又は 16 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 18】 前記 LMS アルゴリズムのタップ重みの計算において、前記タップ重みが負になったら、その絶対値を取り、正の数値のみを選択する請求項 13、15 又は 16 記載の面アレイマルチチャンネル適合整相方法。

【請求項 19】 音波又は振動を発信し目標からの反響音又は振動を受信するか或いは目標からの放射音又は振動を受信する音波又は振動のセンサー出力の整相装置において、

直線上に等間隔に配置された 3 つのセンサーからなるセンサーの組が複数配置されかつ複数の前記センサーの組がすべて中央のセンサーを共有しているとともに、各センサー出力をそれぞれ遅延させる遅延器と、各センサーの組における両端の 2 つのセンサーの遅延出力をそれぞれ加算する加算器と、各加算器出力に 0.5 をそれぞれ乗じる乗算器と、各センサーの組における中央の受波器の遅延出力と各乗算器出力とを受けて適合処理計算を行う適合処理器とを備え、該適合処理器の適合処理計算によりサイドローブの受信感度を下げて雑音を低減させることを特徴とする面アレイマルチチャンネル適合整相装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、水中又は空中において、音波又は振動を発信し目標からの反響音又は振動を受信するか或いは目標からの放射音又は振動を受信する音波又は振動のセンサー群を有するソーナー等の装置に適用してサイドビーム方向から到来する雑音を低減可能な面アレイマルチチャンネル適合整相方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】水中又は空中において、音波を発信し目標からの反響音を受信する受波器出力或いは目標からの放射音を受信する受波器出力は周囲に存在する雑音に覆われている。このため、目標からの受信信号を見つけるために、受波器出力を整相処理して雑音レベルを低減させる必要がある。

【0003】水中又は空中において、音波を発信し目標からの反響音を受信する受波器出力或いは目標からの放射音を受信する受波器出力の従来の整相方法及び装置は、各受波器出力にシェーディング係数と呼ばれる固定の数値を掛けそれらを加算していた。

【0004】一方、LMS (Least Mean Square) アルゴリズムは以下の計算により出力を計算する。

【0005】入力ベクトルを X_k 、タップ重みを W_k とすると、出力 y_k は

$$y_k = W_k^T X_k \quad (\text{但し、} k : \text{サンプリング時期})$$

となる。瞬時誤差信号 e_k は希望応答 d_k と出力 y_k の差を取り

$$e_k = d_k - y_k = d_k - W_k^T X_k$$

で表す。タップ重みは

$$W_{k+1} = W_k + 2 \mu e_k X_k$$

で計算する。 μ はステップパラメータである。

【 0 0 0 6 】しかし、LMS (Least Mean Square) アルゴリズムは、信号出力と雑音出力との間に相関がある場合には信号出力も削減されるため、現在のところ我が国のソーナーの整相処理には用いられていない。

【 0 0 0 7 】また、フロストの適合処理 {O. L. Frost, "An Algorithm for LinearyConstrained Adaptive Array Processing", Proc. IEEE, vol 60, No8, August, 92 6-935(1972) } においては、 X_k を k 番目のサンプル、 W_k を k 番目のサンプルに対するタップ重みとし、 $k + 1$ 番目のタップ重みを次式で求めて順次出力 y_k を計算する。

$$y_k = W_k X_k$$

$$W_{k+1/2} = W_k + 2 \mu y_k X_k$$

$$[e_{1 k+1/2} \dots e_{L k+1/2}] = [f - [1 \dots 1] W_{k+1/2}] / D$$

【数 1】

$$E_{k+1/2} = \begin{pmatrix} e_{1 k+1/2} & \dots & e_{L k+1/2} \\ \vdots & & \vdots \\ e_{1 k+1/2} & \dots & e_{L k+1/2} \end{pmatrix}$$

$$W_{k+1} = W_k + 2 \mu y_k X_k + E_{k+1/2}$$

$$y_{k+1} = W_{k+1} X_{k+1}$$

ここで、 μ はステップパラメータ、 D は素子数、 L はタップ数、 f はフィルターである。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】ところで、シェーディング係数の選択の方法には、メインビーム幅を狭くする方法、サイドビームの感度を下げる方法等種々の方法があり、周囲の雑音を考慮して係数を選択している。しかし、これらの方法はいずれも雑音源は十分遠距離に存在することが前提になっていた。このため、近距離にある雑音源、及び存在方位や位置が時間とともに変動する雑音源に対しては最適なシェーディング係数になっていないため、最適な整相処理になっていなかった。

【 0 0 0 9 】本発明は、上記の点に鑑み、中央の受波器と両端の 2 つの受波器からなる組を複数個配置することで、各組における中央の受波器と両端の受波器との指向性の差及び位相差を利用し、これに適合処理計算を適用して、雑音源がサイドビーム方向であれば、いずれの距離に存在しても、いずれの方向に存在しても、常に雑音レベルが最小になるような最適なシェーディング係数の選択が可能な面アレイマルチチャンネル適合整相方法及

び装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施の形態において明らかにする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本願請求項 1 の発明は、音波又は振動を発信し目標からの反響音又は振動を受信するか或いは目標からの放射音又は振動を受信する音波又は振動のセンサー出力の整相方法において、直線上に等間隔に配置された 3 つのセンサーからなるセンサーの組を複数配置し、複数配置された前記センサーの組がすべて中央のセンサーを共有してあり、各組における両端の 2 つのセンサーの加算出力と中央のセンサー出力の受信指向性の差並びに位相の差に適合処理計算を適用し、サイドロブ方向から到来する雑音を低減させることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

【 0 0 1 3 】本願請求項 2 の発明は、前記請求項 1 において、複数の前記センサーの組が $M (1 \leq M)$ 本の直線上に配置されているものである。

【 0 0 1 4 】本願請求項 3 の発明は、前記請求項 2 において、前記 M 本の直線が面状配置であり、各直線同士のなす角を等しい角度としたものである。

【 0 0 1 5 】本願請求項 4 の発明は、前記請求項 2 において、前記 M 本の直線が面状配置であり、各直線同士のなす角の一部又は全部を異なる角度としたものである。

【 0 0 1 6 】本願請求項 5 の発明は、前記請求項 2 において、 $i (1 \leq i \leq M)$ 本目の直線上に、前記センサーの組を $N_i (1 \leq N_i)$ 個配置したものである。

【 0 0 1 7 】本願請求項 6 の発明は、前記請求項 5 において、 $N_1 = N_2 = \dots = N_i = \dots = N_M$ としたものである。

【 0 0 1 8 】本願請求項 7 の発明は、前記請求項 5 において、一部又は全部の N_i を異なる数にしたものである。

【 0 0 1 9 】本願請求項 8 の発明は、前記請求項 5 において、 i 本目の直線上の 1 組目の両端のセンサー間隔を d_{i1} 、2 組目の両端のセンサー間隔を d_{i2} 、 j 組目の両端のセンサー間隔を d_{ij} 、 N_i 組目の両端のセンサー間隔を $d_{i N_i}$ としたとき、 $d_{i2} = 2 \times d_{i1}$ 、 $d_{i3} = 3 \times d_{i1}$ 、 \dots 、 $d_{ij} = j \times d_{i1}$ 、 \dots 、 $d_{i N_i} = N_i \times d_{i1}$ のように 1 組目の両端のセンサー間隔の整数倍としたものである。

【 0 0 2 0 】本願請求項 9 の発明は、前記請求項 5 において、 i 本目の直線上の j 組目の両端のセンサー間隔を $d_{ij} (1 \leq j \leq N_i)$ としたとき、前記センサー間隔 d_{ij} の一部又は全部を 1 組目の両端のセンサー間隔の整数倍とは異なる間隔にしたものである。

【 0 0 2 1 】本願請求項 1 0 の発明は、前記請求項 5 において、1 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{11} 、2 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{21} 、 i 本目の

10

20

30

40

50

直線の両端のセンサー間隔を d_{i-1} 、 M 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{M-1} としたとき、 $d_{1-1} = d_{2-1} = \dots = d_{i-1} = \dots = d_{M-1}$ としたものである。

【0022】本願請求項 1 1 の発明は、前記請求項 5 において、 i 本目の直線の両端のセンサー間隔を d_{i-1} ($1 \leq i \leq M$) としたとき、前記センサー間隔 d_{i-1} の一部又は全部を異なる間隔にしたものである。

【0023】本願請求項 1 2 の発明は、前記請求項 1 から 1 1 のいずれかにおいて、前記センサーの組における両端の 2 つのセンサー出力の和の 0.5 倍の値と中央のセンサー出力との和が最小になるように、適合処理計算を行うものである。

【0024】本願請求項 1 3 の発明は、前記請求項 1 2 において、前記適合処理計算を、LMS アルゴリズムを用いて行うものである。

【0025】本願請求項 1 4 の発明は、前記請求項 1 3 において、前記適合処理計算を、フロストの適合処理を用いて行うものである。

【0026】本願請求項 1 5 の発明は、前記請求項 1 3 において、前記適合処理計算を、LMS アルゴリズムを用いて行う場合に、前記センサーの組における両端の 2 つのセンサーの加算出力に対するタップ重みと中央のセンサー出力に対するタップ重みの和を常に 1 に保つことによって、目標からの受信信号に対する利得を常に 1 に保つものである。

【0027】本願請求項 1 6 の発明は、前記請求項 1 5 において、前記センサーの組における両端の 2 つのセンサーの加算出力に対するタップ重みと中央のセンサー出力に対するタップ重みの和を常に 1 に保つために、適合処理計算毎にタップ重みの和を求め、それぞれのタップ重みをこの和で割り戻してタップ重みの合計を常に 1 に保つものである。

【0028】本願請求項 1 7 の発明は、前記請求項 1 3、1 5 又は 1 6 において、前記 LMS アルゴリズムのタップ重みの計算における前記タップ重みとして正負いずれの数値も選択し、前記タップ重みが負になった場合に当該タップ重みの絶対値の上限値を定めるものである。

【0029】本願請求項 1 8 の発明は、前記請求項 1 3、1 5 又は 1 6 において、前記 LMS アルゴリズムのタップ重みの計算における前記タップ重みが負になったら、その絶対値を取り、正の数値のみを選択するものである。

【0030】本願請求項 1 9 の発明は、音波又は振動を発信し目標からの反響音又は振動を受信するか或いは目標からの放射音又は振動を受信する音波又は振動のセンサー出力の整相装置において、直線上に等間隔に配置された 3 つのセンサーからなるセンサーの組が複数配置されかつ複数の前記センサーの組がすべて中央のセンサーを共有しているとともに、各センサー出力をそれぞれ遅

延させる遅延器と、各センサーの組における両端の 2 つのセンサーの遅延出力をそれぞれ加算する加算器と、各加算器出力に 0.5 をそれぞれ乗じる乗算器と、各センサーの組における中央の受波器の遅延出力と各乗算器出力とを受けて適合処理計算を行う適合処理器とを備え、該適合処理器の適合処理計算によりサイドロープの受信感度を下げて雑音を低減させることを特徴とするものである。

【0031】

10 【発明の実施の形態】以下、本発明に係る面アレイマルチチャンネル適合整相方法及び装置の実施の形態を図面に従って説明する。

【0032】図 1 は本発明の実施の形態の全体構成図、図 2 は実施の形態における受波器配置を示す斜視図、図 3 は音源の配置例を示す斜視図、図 4 は実施の形態での適合処理計算による受信感度の計算結果の特性図である。

20 【0033】図 1 及び図 2 において、水中又は空中にて音波を発信し目標からの反響音を受信するか或いは目標からの放射音を受信する音波センサーとしての受波器 1 から 1 3 はすべて XY 平面上にあり（つまり面状配置であり）、図 2 のように受波器 2、1、3 は第 1 組目、受波器 4、1、5 は第 2 組目、受波器 6、1、7 は第 3 組目、受波器 8、1、9 は第 4 組目、受波器 1 0、1、1 1 は第 5 組目、受波器 1 2、1、1 3 は第 6 組目の受波器の組（3 つの受波器からなる 3 チャンネル適合整相を行う受波器の組）をそれぞれ示す。受波器 1 は各組共通の受波器であり、各組の両端の受波器の中央に位置する。

30 【0034】図 2 は、説明を簡単にするため第 1 組と第 4 組、第 2 組と第 5 組、第 3 組と第 6 組の受波器がそれぞれ 3 本の直線上にある場合について例示したが、一般的には M ($1 \leq M$) 本の直線があり、 i ($1 \leq i \leq M$) 本目の直線上に N_i ($1 \leq N_i$) 個の受波器がある場合を考える。

40 【0035】線 1 4 は受波器 2 と受波器 3 の間隔、線 1 5 は受波器 4 と受波器 5 の間隔、線 1 6 は受波器 6 と受波器 7 の間隔、線 1 7 は受波器 8 と受波器 9 の間隔、線 1 8 は受波器 1 0 と受波器 1 1 の間隔、線 1 9 は受波器 1 2 と受波器 1 3 の間隔を示す。

【0036】通常は直線同士のなす角 $2 1$ は全て等しくするが、例えば、縦と横の間隔が異なる格子状に配置されたアレイのように、等しくできない場合及び特に目的があつて等しくしない場合でも支障はない。 M 本の直線同士のなす角を全て等しくする場合に直線同士のなす角は $1/M$ となる。

50 【0037】 i 本目の直線上に前記受波器の組が N_i 個のある場合、 i 本目の直線上の 1 組目の両端の受波器間隔を d_{i-1} 、2 組目の両端の受波器間隔を d_{i-2} 、 j 組目の両端の受波器間隔を d_{i-j} 、 N_i 組目の両端の受波

器間隔を $d_{i N_i}$ とすれば、 $d_{i 2} = 2 \times d_{i 1}$ 、 $d_{i 3} = 3 \times d_{i 1}$ 、...、 $d_{i j} = j \times d_{i 1}$ 、...、 $d_{i N_i} = N_i \times d_{i 1}$ のように 1 組目の受波器間隔の整数倍とするが、整数倍にできない場合及び特に目的があって整数倍にしない場合でも支障はない。

【0038】M本の直線上の前記受波器の組において、1本目の直線の両端の受波器間隔を $d_{1 1}$ 、2本目の直線の両端の受波器間隔を $d_{2 1}$ 、 i 本目の直線の両端の受波器間隔を $d_{i 1}$ 、M本目の直線の両端の受波器間隔を $d_{M 1}$ としたとき、通常は $d_{1 1} = d_{2 1} = \dots = d_{i 1} = \dots = d_{M 1}$ とするが、等しくできない場合及び特に目的があって等しくしない場合でも支障はない。

【0039】M本の直線上の前記受波器の組の個数 N_i は、通常は $N_1 = N_2 = \dots = N_i = \dots = N_M$ とするが、等しくできない場合及び特に目的があって等しくしない場合でも支障はない。

【0040】各受波器は曲面上に配置することもあるが、この場合には遅延器で遅延を行い各受波器を平面上の配置に置き換える。

【0041】図1の全体構成図において、受波器1から13で受波した音波を遅延器31から43で遅延を行い所要の方向にメインローブ(メインビーム)を向けるが、ここでは説明を簡単にするため各受波器は全て平面上にあり、各遅延器の遅延量は零とすれば、本実施の形態の装置は図2のZ軸方向にメインローブを持ち、その他の方向はサイドローブ(サイドビーム)を持つ。第1組目の受波器の組における両端の受波器2、3に対応した遅延器32、33の出力を加算器44で、第2組目の受波器の組における両端の受波器4、5に対応した遅延器34、35の出力を加算器45で、第3組目の受波器の組における両端の受波器6、7に対応した遅延器36、37の出力を加算器46で、第4組目の受波器の組における両端の受波器8、9に対応した遅延器38、39の出力を加算器47で、第5組目の受波器の組における両端の受波器10、11に対応した遅延器40、41の出力を加算器48で、第6組目の受波器の組における両端の受波器12、13に対応した遅延器42、43の出力を加算器49でそれぞれ加算した後、それぞれ乗算器50、51、52、53、54、55で0.5を乗ずる。そして、各受波器の組の中央の受波器1に対応した遅延器31の出力と、乗算器50、51、52、53、54、55の出力を適合処理器56に入力し、適合処理計算を行う(3チャンネルの受波器を持つ各組における両端の2つの受波器の加算出力と中央の受波器出力の受信指向性の差並びに位相の差に適合処理計算を適用する)。

【0042】図3において、球61、62、63はXY平面上、YZ平面上、ZX平面上にある音源である。角67、68、69は入射角度である。

【0043】図4は、Mが2で直線のなす角21が /

2、Nが1、音源と受波器1の距離22が両端の受波器間隔dの約1.3倍、周波数が[音速/(2×d)]及び[音速/d]の場合の本実施の形態の装置の入射角度別の受信感度の計算結果である。グラフ71、72は音源が61にある場合、グラフ73、74は音源が62にある場合、グラフ75、76は音源が63にある場合である。本実施の形態の装置はサイドローブ方向の受信感度を低下させることが分かる。

【0044】なお、Mが2、Nが1で受波器1、2、3、4及び5で構成する装置における遅延器31、32、33、34及び35の出力 $X_{1 k}$ 、 $X_{2 k}$ 、 $X_{3 k}$ 、 $X_{4 k}$ 、 $X_{5 k}$ は、下記の式(1)から式(5)で示される。

$$X_{1 k} = a_{1 k} \cos(\theta + \phi_{1 k}) \quad \dots(1)$$

$$X_{2 k} = a_{2 k} \cos(\theta + \phi_{2 k}) \quad \dots(2)$$

$$X_{3 k} = a_{3 k} \cos(\theta + \phi_{3 k}) \quad \dots(3)$$

$$X_{4 k} = a_{4 k} \cos(\theta + \phi_{4 k}) \quad \dots(4)$$

$$X_{5 k} = a_{5 k} \cos(\theta + \phi_{5 k}) \quad \dots(5)$$

(但し、k:k番目のサンプリング値、 $a_{1 k} \sim$

20 $a_{5 k}$:振幅成分、 θ :音波の角周波数、 $\phi_{1 k} \sim$
 $\phi_{5 k}$:位相成分)遅延器32と33の出力を加算器44で加算し、乗算器50で0.5を乗じた値は式(6)で表される。

$$X_{2 3 k} = 0.5 \times (X_{2 k} + X_{3 k}) \quad \dots(6)$$

遅延器34と35の出力を加算器45で加算し、乗算器51で0.5を乗じた値は式(7)で表される。

$$X_{4 5 k} = 0.5 \times (X_{4 k} + X_{5 k}) \quad \dots(7)$$

30 そして、遅延器31、乗算器50、51の出力値を適合処理器56に入力し適合処理計算を行って上記の図4のような結果を得ることができる。

【0045】前記適合処理計算は、請求項16、17及び18又は19による計算方法やフロストの適合処理計算を用いて行うことができる。

【0046】前記適合処理計算を、請求項16、17及び18又は19による計算方法を用いて行う場合について、以下に述べる。3チャンネルの受波器からなる前記受波器の組における両端の2つの受波器の加算出力に0.5を乗算した結果を y_1 とし、中央の受波器出力を y_2 とする。適合処理器における各々の受波器の組についての適合処理出力 z は

$$z = W_1 y_1 + W_2 y_2 \quad \dots(8)$$

ここで、 W_1 と W_2 は適合処理アルゴリズム(LMSアルゴリズムを用いる)におけるタップ重みであり、 W_1 と W_2 の和が1となるように選択する。つまり、両端の2つの受波器の加算出力に0.5を乗算した結果(= y_1)に対するタップ重み W_1 と中央の受波器出力(= y_2)に対するタップ重み W_2 の和を常に1に保つことによって、目標からの受信信号に対する利得を常に1に保つようにする。

50 【0047】適合処理アルゴリズムにおける誤差信号

を適合処理計算の出力 z が最小になるように設定して式 (9) とすれば、

$$= -z \quad \dots(9)$$

$$W_{k+1, j} = |W_{k, j} + 2\mu_k y_{k, j}| \quad \dots(10a)$$

$$W_{k+1, j} = W_{k, j} + 2\mu_k y_{k, j} \quad \dots(10b)$$

但し、式(10a)はタップ重みを全て正の数を採用するようにした場合、式(10b)はタップ重みを正負いずれの場合でも採用する場合で、タップ重み W_1 を求めるとき $j = 1$ 、タップ重み W_2 を求めるとき $j = 2$ である。なお、式(10b)のタップ重みを正負いずれの場合でも採用する場合で、当該タップ重みが負になったときは当該タップ重みの絶対値の上限値を定め、タップ重みが発散しないように設定するとよい。

【0048】このように計算したタップ重み W_1, W_2

$$W'_{k+1, j} = W_{k+1, j} / (W_{k+1, 1} + W_{k+1, 2}) \quad \dots(11)$$

ここで、 $W'_{k+1, j}$ は割り戻し後の値、 $W_{k+1, j}$ は割り戻し前のである(但し、 $j = 1, 2$)。

【0049】このように、サイドローブ方向の雑音を低減するように最適値に設定したタップ重み W_1, W_2 を用いて適合処理器 56 で各受波器の組を適合整相することで、従来の加算整相に比べて、サイドローブを低減できる。

【0050】なお、サイドローブ方向からの音波が定常的なものであれば、タップ重みは最適値に設定後一定となるが、定常的でなければタップ重みは最適値を求めて変化する。

【0051】この実施の形態によれば、次の通りの効果を得ることができる。

【0052】(1) 水中又は空中において、音波を発信し目標からの反響音を受信するか或いは目標からの放射音を受信する受波器出力を整相する場合において、等間隔に配置された両端及び中央の合計 3 個の受波器からなる組を複数設け、各受波器の組における両端の 2 つの受波器の加算出力と中央の受波器の出力の受信指向性の差並びに位相の差に適合処理計算を適用し、サイドローブ方向から到来する雑音を低減可能である。

【0053】(2) 前記受波器の組を複数本の直線上に面状配置することで、多様な方向のサイドローブに対して抑圧機能を持たせることができる。

【0054】(3) 前記受波器の組における両端の 2 つの受波器出力の和の 0.5 倍の値と中央の受波器出力との和が最小になるように、適合処理計算を行えばよく、構成が複雑化することがない。

【0055】(4) 前記適合処理計算は、請求項 16, 17 及び 18 又は 19 による計算方法やフロストの適合処理を用いて行うことができる。

【0056】(5) 前記適合処理計算を、請求項 16, 17 及び 18 又は 19 による計算方法を用いて行う場合

タップ重み W_1, W_2 は次式(10a)又は式(10b)で計算することができる。

(LMS アルゴリズムにより求められたそれぞれの収束値) に対して、音波入射方向がメインローブ方向となって到来した目標からの受信信号が低減されないように、 W_1 と W_2 の和を常に 1 にするための拘束条件として次式(11)を用いて再度タップ重みを計算し直す。つまり、適合処理計算毎にタップ重みの和を求め、それぞれのタップ重みをこの和で割り戻してタップ重みの合計を常に 1 に保つ計算を式(11)によって行う。

に、前記受波器の組における両端の 2 つの受波器の加算出力に対するタップ重みと中央の受波器出力に対するタップ重みの和を常に 1 に保つことによって、目標からの受信信号に対する利得を常に 1 に保つことができる。具体的には、前記受波器の組における両端の 2 つの受波器の加算出力に対するタップ重みと中央の受波器出力に対するタップ重みの和を常に 1 に保つために、適合処理計算毎にタップ重みの和を求め、それぞれのタップ重みをこの和で割り戻してタップ重みの合計を常に 1 に保つ。

【0057】なお、本発明は音波の反射又は放射を受波するソーナ装置等の整相処理に有用であり、魚群探知機にも適用可能である。

【0058】また、受波器の一部又は全部を振動センサーに置き換え、伝達関数(振動を音響に変換するためのもの)による処理を行い、適合処理計算を行う構成とすることも可能である。

【0059】また、受波器の全部を振動センサーに置き換え、振動に対して適合処理計算を行う構成とすることも可能である。

【0060】以上本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能なことは当業者には自明であろう。

【0061】
【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る面アレイマルチチャンネル適合整相方法及び装置によれば、中央の受波器と両端の 2 つの受波器からなる受波器の組を複数配置し、複数配置された前記センサーの組がすべて中央のセンサーを共有するようにし、前記受波器の組における中央の受波器と両端の受波器との指向性の差及び位相差を利用し、これに適合処理計算を適用することにより、雑音源がサイドビーム方向であれば、いずれの距離に存在しても、いずれの方向に存在しても、常に雑音レベルが最小になるような最適なシェーディング係数

の選択を行うことができる。この結果、雑音源の抑圧効果を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る面アレイマルチチャンネル適合整相方法及び装置の実施の形態の全体構成図（但し M = 3、N = 2 の場合）である。

【図 2】実施の形態における受波器配置を説明するための斜視図（但し M = 3、N = 2 の場合）である。

【図 3】実施の形態における受波器に入射する音波の音源の位置を説明するための斜視図である。

【図 4】実施の形態において、M = 2、N = 1 の場合に図 3 に示す音源から音波が入射したときの受信感度の計算結果の 1 例を説明するための特性図である。

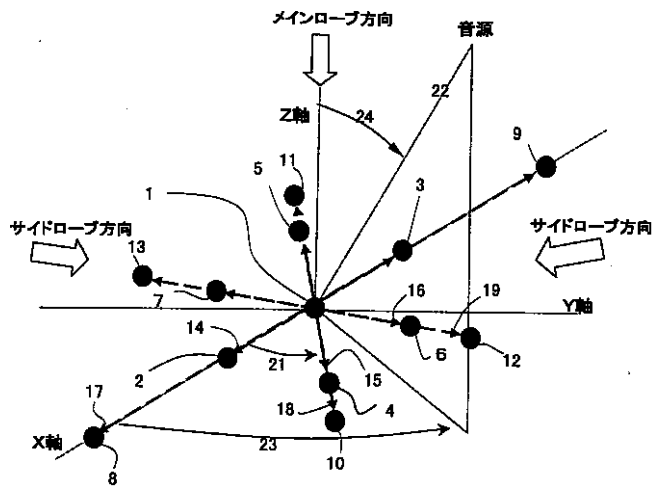
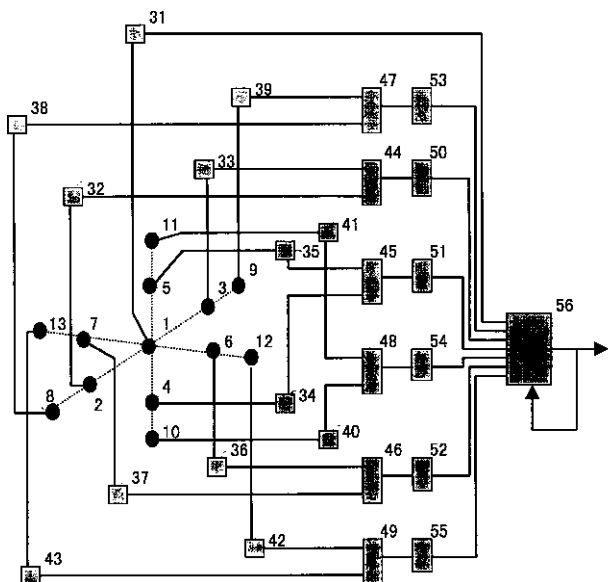
【符号の説明】

- 1 ~ 13 受波器
- 14 1 組目の両端の受波器の間隔
- 15 2 組目の両端の受波器の間隔
- 16 3 組目の両端の受波器の間隔
- 17 4 組目の両端の受波器の間隔
- 18 5 組目の両端の受波器の間隔
- 19 6 組目の両端の受波器の間隔
- 21 第 1 本目の直線と第 2 本目の直線のなす角
- 22 中心受波器と音源との距離

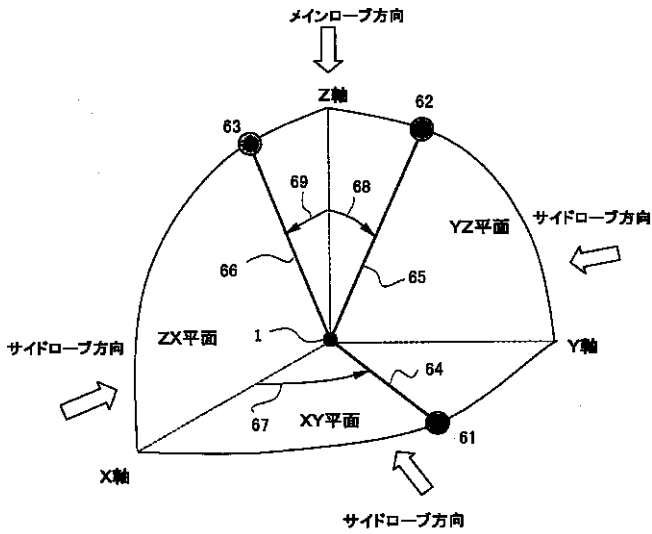
- 23 X Y 平面上への音源の投影位置と中心受波器の作る直線と X 軸のなす角
- 24 音源と中心受波器の作る直線と Z 軸のなす角
- 31 ~ 43 遅延器
- 44 ~ 49 加算器
- 50 ~ 55 乗算器
- 56 適合処理器
- 61 X Y 平面上にある音源
- 62 Y Z 平面上にある音源
- 63 Z X 平面上にある音源
- 64 受波器 1 と音源 6 1 との距離
- 65 受波器 1 と音源 6 2 との距離
- 66 受波器 1 と音源 6 3 との距離
- 67 X 軸と線 6 4 のなす角
- 68 Z 軸と線 6 5 のなす角
- 69 Z 軸と線 6 6 のなす角
- 71 音源が X Y 平面にある場合の入射角度別受信感度
- 72 音源が X Y 平面にある場合の入射角度別受信感度
- 73 音源が Y Z 平面にある場合の入射角度別受信感度
- 74 音源が Y Z 平面にある場合の入射角度別受信感度
- 75 音源が Z X 平面にある場合の入射角度別受信感度
- 76 音源が Z X 平面にある場合の入射角度別受信感度

【図 1】

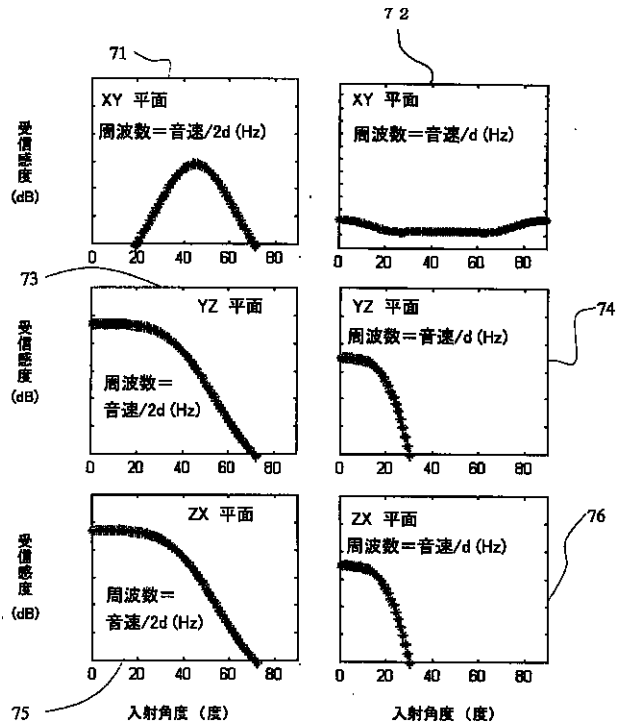
【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



d : 3つの受波器の組における両端の受波器の間隔

フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 平 6 - 18663 (J P , A)
 特開 平 10 - 207490 (J P , A)
 特許 2723865 (J P , B 2)
 特許 3005680 (J P , B 2)
 特許 2720845 (J P , B 2)

(58) 調査した分野 (Int.Cl.⁷, D B 名)
 G01S 3/80 - 3/86
 G01S 5/18 - 5/30
 G01S 7/52 - 7/64
 G01S 15/00 - 15/96