

(19)日本国特許庁 ( J P )

# (12)特許公報 ( B 1 )

(11)特許番号

## 特許第3005680号

( P 3 0 0 5 6 8 0 )

(45)発行日 平成12年 1月31日(2000.1.31)

(24)登録日 平成11年11月26日(1999.11.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I
G01S 7/526		G01S 7/52 J
7/527		7/66
7/536		

請求項の数10 (全6頁)

(21)出願番号	特願平10 - 341164	(73)特許権者	390014306 防衛庁技術研究本部長 東京都世田谷区池尻 1丁目 2番24号
(22)出願日	平成10年11月16日(1998.11.16)	(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
審査請求日	平成10年11月16日(1998.11.16)	(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	長浜 義憲
		(56)参考文献	特開 昭52 - 119256 ( J P , A )

最終頁に続く

### (54)【発明の名称】 3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】 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の出力の整相方法において、等間隔に配置された3チャンネルの受波器を選択し、両端の2つの受波器の加算出力の0.5倍と中央の受波器出力とを用いて適合処理計算を適用し、サイドビームの受信感度を下げ雑音を低減させることを特徴とする3チャンネル適合整相方法。

【請求項 2】 前記両端の2つの受波器の加算出力の0.5倍と前記中央の受波器出力とに適合処理計算の個別のタップ重みをそれぞれ掛ける請求項 1記載の3チャンネル適合整相方法。

【請求項 3】 雑音に対する前記両端の2つの受波器の加算出力の0.5倍と前記中央の受波器出力の和が最小

2

になるように、適合処理計算を行う請求項 1又は2記載の3チャンネル適合整相方法。

【請求項 4】 前記適合処理計算に L M S (Least Mean Square) アルゴリズムを用いる請求項 3記載の3チャンネル適合整相方法。

【請求項 5】 前記 L M S アルゴリズムによる適合処理計算において、誤差信号として直前の3チャンネル適合処理出力を用いる請求項 4記載の3チャンネル適合整相方法。

10 【請求項 6】 前記 L M S アルゴリズムのタップ重みの計算において、タップ重みを全て正の数を採用する請求項 4記載の3チャンネル適合整相方法。

【請求項 7】 前記 L M S アルゴリズムのタップ重みの計算において、タップ重みを正負いずれの場合でも採用する請求項 4記載の3チャンネル適合整相方法。

【請求項 8】 前記タップ重みの計算において、前記両端の 2 つの受波器の加算出力に対するタップ重みと前記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 に保つ請求項 2 , 6 又は 7 記載の 3 チャンネル適合整相方法。

【請求項 9】 前記両端の 2 つの受波器の加算出力に対するタップ重みと前記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 2 つの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 8 記載の 3 チャンネル適合整相方法。

【請求項 10】 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の出力の整相装置において、等間隔に配置された少なくとも 3 チャンネルの受波器と、各受波器出力を遅延させる遅延器と、選択された 3 チャンネルの受波器のうち両端の 2 つの受波器の遅延出力を加算する加算器と、該加算器出力に 0.5 を乗じる乗算器と、前記選択された 3 チャンネルの受波器のうち中央の受波器の遅延出力と前記乗算器出力とを受けて適合処理計算を行う適合処理計算器とを備え、該適合処理計算器の適合処理計算によりサイドビーム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 3 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を少なくとも 3 個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 3 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か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、受波器出力を整相して雑音レベルを低減させる必要がある。このため、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行っていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】前記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し、しかも全方位にわたって一様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、特定の方位に

偏ってい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、最適な整相が行われていなかった。

【0004】本発明は、上記の点に鑑み、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 3 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。

10 【0005】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。

【0006】

【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 の発明に係る 3 チャンネル適合整相方法は、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の出力の整相方法において、等間隔に配置された 3 チャンネルの受波器を選択し、両端の 2 つの受波器の加算出力の 0.5 倍と中央の受波器出力とを用いて適合

20 処理計算を適用し、サイドビームの受信感度を下げて雑音を低減させることを特徴としている。

【0007】本願請求項 2 の発明は、前記請求項 1 の発明において、前記両端の 2 つの受波器の加算出力の 0.5 倍と前記中央の受波器出力とに適合処理計算の個別のタップ重みをそれぞれ掛けることを特徴としている。

30 【0008】本願請求項 3 の発明は、前記請求項 1 又は 2 の発明において、雑音に対する前記両端の 2 つの受波器の加算出力の 0.5 倍と前記中央の受波器出力の和が最小になるように、適合処理計算を行うことを特徴としている。

【0009】本願請求項 4 の発明は、前記請求項 3 の発明において、前記適合処理計算に LMS (Least Mean Square) アルゴリズムを用いることを特徴としている。

【0010】本願請求項 5 の発明は、前記請求項 4 の発明において、前記 LMS アルゴリズムによる適合処理計算の誤差信号として直前の 3 チャンネル適合処理出力を用いることを特徴としている。

40 【0011】本願請求項 6 の発明は、前記請求項 4 の発明において、前記 LMS アルゴリズムのタップ重みの計算について、タップ重みを全て正の数を採用することを特徴としている。

【0012】本願請求項 7 の発明は、前記請求項 4 の発明において、前記 LMS アルゴリズムのタップ重みの計算について、タップ重みを正負いずれの場合でも採用することを特徴としている。

50 【0013】本願請求項 8 の発明は、前記請求項 2 , 6 又は 7 の発明において、前記タップ重みの計算について、前記両端の 2 つの受波器の加算出力に対するタップ重みと前記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 に保つことを特徴としている。

【 0 0 1 4 】本願請求項 9 の発明は、前記請求項 8 の発明において、前記両端の 2 つの受波器の加算出力に対するタップ重みと前記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 2 つの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 に保つことを特徴としている。

【 0 0 1 5 】本願請求項 1 0 の発明に係る 3 チャンネル適合整相装置は、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の出力の整相装置において、等間隔に配置された少なくとも 3 チャンネルの受波器と、各受波器出力を遅延させる遅延器と、選択された 3 チャンネルの受波器のうち両端の 2 つの受波器の遅延出力を加算する加算器と、該加算器出力を 0.5 倍する乗算器と、前記選択された 3 チャンネルの受波器のうち中央の受波器の遅延出力と前記乗算器出力とを受けて適合処理計算を行う適合処理計算器とを備え、該適合処理計算器の適合処理計算によりサイドビームの受信感度を下げて雑音を低減させることを特徴としている。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る 3 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。

【 0 0 1 7 】図 1 は発明の実施の形態であって、受波器 1 1 , 1 2 , 1 3 が等間隔で配列され、受波器 1 1 , 1 2 , 1 3 の出力にそれぞれ遅延をかけるために遅延器 2 1 , 2 2 , 2 3 が設けられており、さらに両端の 2 つの受波器 1 1 , 1 3 の遅延出力を加算する加算器 4 と、この加算器 4 の加算値を 0.5 倍する乗算器 5 と、乗算器 5 を経た加算器出力と中央の受波器 1 2 の遅延器 2 2 を経た遅延出力とを受けて適合処理計算を行う適合処理計算器 6 とが設けられている。

【 0 0 1 8 】前記受波器 1 1 , 1 2 , 1 3 は、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もの或いは目標からの放射音を受信するものである。音波 1 が入射したときの各受波器 1 1 , 1 2 , 1 3 の受波出力に前記遅延器 2 1 , 2 2 , 2 3 はそれぞれ所要量の遅延を加えて所望方向にメインビーム 2 を形成する。メインビーム 2 の方向と各遅延器の遅延量との関係は周知であるための省略し、ここでは説明を簡単にするために各遅延器の遅延時間が零の場合について述べる。すなわち、音波入射角度が零の方向（受波器配列方向に直交する向き）をメインビーム 2 の方向とし、音波入射角度が 9 0 度に近づく方向をサイドビーム 3 の方向とする。

【 0 0 1 9 】前記適合処理計算器 6 は後述のする L M S

(Least Mean Square) アルゴリズムを用いた適合処理計算によりサイドビームの受信感度を下げて雑音を低減させる機能を有し、適合処理計算器 6 の出力として 3 チャンネル適合処理出力を得るものである。

【 0 0 2 0 】ここで、L M S アルゴリズムについて簡単に説明する。入力ベクトルを  $X_k$ 、タップ重みを  $W$  とすると、フィルタ出力  $Y_k$  は

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

10 となる。瞬時誤差信号  $e_k$  は希望応答  $d_k$  とフィルタ出力  $Y_k$  との差をとり次式で定義される。

$$e_k = d_k - Y_k = d_k - W^T X_k$$

次式で  $k + 1$  番目のタップ重みを求める計算を繰り返して行ってタップ重みの収束値を求める。

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

$\mu$  はステップパラメータであり、およそ 0.1 ~ 0.001 程度のオーダになることが多い。

【 0 0 2 1 】今、サイドビーム 3 方向から音波 1 が各受波器 1 1 , 1 2 , 1 3 に入射し、各受波器 1 1 , 1 2 , 1 3 による音波 1 の受波出力に対して遅延器 2 1 , 2 2 , 2 3 で所要の遅延をかけるが前述したように遅延時間を零としたので、音波入射角度が零の方向がメインビーム 2 方向、音波入射角度が 9 0 度に近づく方向がサイドビーム 3 方向となる。そして、遅延器 2 1 と遅延器 2 3 の出力（遅延時間は零であるので両端の受波器 1 1 , 1 3 の出力と同じ）を加算器 4 で加算する。加算器出力の受信指向性は周波数によって異なる。図 2 に指向性の計算例を示す。図 2 の（ア）は波長が受波器 1 1 , 1 3 の間隔の 2 倍の場合であり、図 2 の（イ）は波長が受波器 1 1 , 1 3 の間隔に等しい場合である。図 2 の（ア）はサイドビーム方向の受信感度が低下しており、図 2 の（イ）はサイドビーム方向の感度は下がってはいないが音波入射角度が 3 0 度付近から 9 0 度までは位相が反転している。

【 0 0 2 2 】この加算器 4 による加算値を乗算器 5 で 0.5 倍する。乗算器 5 の出力と遅延器 2 2 の出力（遅延時間は零であるので中央の受波器 1 2 の出力と同じ）を適合処理計算器 6 に入力し、適合処理計算器 6 で L M S アルゴリズムによる適合処理計算を実行する。適合処理計算器 6 は乗算器 5 の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が 1 という拘束条件のもとに、目標からの信号を低減させずにサイドビーム方向の雑音出力が最小となる適合計算を行う。適合処理計算方法は以下による。

【 0 0 2 3 】遅延器の出力を一般的に式(1)で表せば、

【数 1】

$$x_i = a_i \cos(\omega t + \phi_i) \quad \dots(1)$$

(但し、 $x_i$  は  $i$  番目の遅延器出力、 $a_i$  は  $i$  番目の振幅成分、 $\omega$  は音波の角周波数、 $\phi_i$  は  $i$  番目の位相成分、 $i = 1, 2, 3$ )

遅延器 2 1, 2 2, 2 3 の出力はそれぞれ  $x_1, x_2, x_3$  と表せ、加算器 4 の出力は  $x_1 + x_3$  となり、乗算器 5 の出力は式(2)となる。

$$y_1 = 0.5(x_1 + x_3) \quad \dots(2)$$

遅延器 2 2 の出力を式(3)で表す。

$$y_2 = x_2 \quad \dots(3)$$

適合処理計算器 6 の 3 チャンネル適合処理出力  $z$  を式(2)と式(3)を用いて式(4)で表す。

$$z = w_1 y_1 + w_2 y_2 \quad \dots(4)$$

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。

$$w_{k+1 j} = | w_{k j} + 2 \mu \epsilon_k y_j | \quad \dots(6a)$$

$$w_{k+1 j} = w_{k j} + 2 \mu \epsilon_k y_j \quad \dots(6b)$$

(但し、 $j = 1, 2$ )

【0025】このように計算したタップ重み  $w_1, w_2$  (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、音波入射角度が零度から到来した目標からの受波信号が低減されないように、 $w_1$  と  $w_2$  の和を

$$\begin{array}{ccc} \text{割り戻し後の値} & \text{割り戻し前の値} & \\ \downarrow & \downarrow & \\ w'_{k+1 j} = & w_{k+1 j} / (w_{k+1 1} + w_{k+1 2}) & \dots(7) \end{array}$$

(但し、 $j = 1, 2$ )

【0026】このように、サイドビーム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  $w_1, w_2$  を用いて適合処理計算器 6 で 3 チャンネル適合整相した場合の、図 1 の実施の形態における特定方位からの音波の入射に対する受信感度の計算例を図 3 に示す。図 3 の (ア) は波長が受波器 1 1 と 1 3 の間隔の 2 倍の場合であり、図 3 の (イ) は波長が受波器 1 1 と 1 3 の間隔に等しい場合である。比較のため、従来の加算整相方法による受信指向性の計算例を示した。従来の加算整相に比べてサイドビーム方向の雑音を低減するように整相されていることが判る。

【0027】なお、サイドビーム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

【0024】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器 6 の出力  $z$  が最小になるように設定して式(5)とすれば、

$$= -z \quad \dots(5)$$

10 タップ重み  $w_1, w_2$  は式(6a)又は式(6b)で計算することができる。但し、式(6a)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(6b)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。

【数 2】

常に 1 にするための拘束条件として式(7)を用いて再度タップ重みを計算し直す。

【数 3】

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。

40 【0028】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。

【0029】(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 3 チャンネルの受波器 1 1, 1 2, 1 3 を選択し、両端の 2 つの受波器 1 1, 1 3 の加算出力と中央の受波器 1 2 の出力とを用いて適合処理計算器 6 による適合処理計算を適用することにより、サイドビームの受信感度を下げて雑音を低減させることが可能である。

【 0 0 3 0 】(2) 両端の 2 つの受波器 1 1 , 1 3 の加算出力と中央の受波器 1 2 の出力とに、式(4)の如く適合処理計算の個別のタップ重み  $w_1$  ,  $w_2$  をそれぞれ掛けることで、雑音低減のための適合処理計算が可能である。このとき、両端の 2 つの受波器 1 1 , 1 3 の加算出力の受信指向性と中央の受波器 1 2 の出力の受信指向性の差並びに両端の 2 つの受波器 1 1 , 1 3 の加算出力の位相と中央の受波器 1 2 の出力の位相の差に注目して、サイドビーム方向の雑音に対する前記両端の 2 つの受波器の加算出力と前記中央の受波器出力の和が最小になるように、タップ重み  $w_1$  ,  $w_2$  を選定して適合処理計算を行えばよい。

【 0 0 3 1 】(3) 前記適合処理計算に L M S アルゴリズムを用いてタップ重み  $w_1$  ,  $w_2$  の収束値を求めることで、雑音低減のためのタップ重み  $w_1$  ,  $w_2$  の最適値を容易に得ることができる。その際、タップ重み  $w_1$  ,  $w_2$  として全て正の数を採用するようにしてもよいし、又はタップ重み  $w_1$  ,  $w_2$  として正負いずれの場合でも採用するようにしても差し支えない。

【 0 0 3 2 】(4) タップ重み  $w_1$  ,  $w_2$  の計算において、両端の 2 つの受波器 1 1 , 1 3 の加算出力に対するタップ重み  $w_1$  と中央の受波器 1 2 の出力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 に保つことが可能である。具体的には、前記両端の 2 つの受波器の加算出力に対するタップ重み  $w_1$  と前記中央の受波器出力に対するタップ重み  $w_2$  の和を常に 1 に保つために、式(7)のように適合処理計算毎(サンプリング値毎)に 2 つの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 に保つようにすればよい。

【 0 0 3 3 】なお、本発明は音波の反射又は放射を受波するソーナー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。

【 0 0 3 4 】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、変更が可能なのは当業者には自明であろう。

【 0 0 3 5 】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る 3 チ

ャンネル適合整相方法及び装置によれば、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であり、従来の加算整相に比べてサイドビーム方向の雑音の低減効果が大きい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る 3 チャンネル適合整相方法及び装置の実施の形態の構成と音波入射角度の座標系を説明するための構成図である。

【図 2】本発明の 3 チャンネル適合整相方法及び装置の原理を説明するための音波入射角度に対する受信感度特性図である。

【図 3】図 1 の実施の形態において、特定方位から音波が入射した場合の受信感度の計算例を説明するための音波入射角度に対する受信感度特性図である。

【符号の説明】

- 1 音波
- 2 メインビーム
- 3 サイドビーム
- 4 加算器
- 5 乗算器
- 6 適合処理計算器
- 1 1 , 1 2 , 1 3 受波器
- 2 1 , 2 2 , 2 3 遅延器

【要約】

【課題】 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、常に雑音レベルを最小にする最適な整相方法及び装置を得る。

【解決手段】 加算器 4 は 3 チャンネルの受波器 1 1 , 1 2 , 1 3 のうちの両端の 2 つの受波器 1 1 , 1 3 の出力を加算して両端の 2 つの受波器が作り出す指向性を取り出す。乗算器 5 は加算器 4 の出力に 0 . 5 を掛ける。適合処理計算器 6 は乗算器 5 の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が 1 という拘束条件のもとに、目標からの信号を低減させずにサイドビーム方向の雑音出力が最小となる適合処理計算を行う。

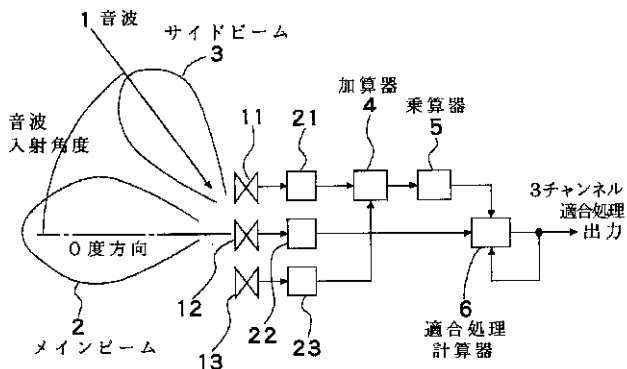
10

20

30

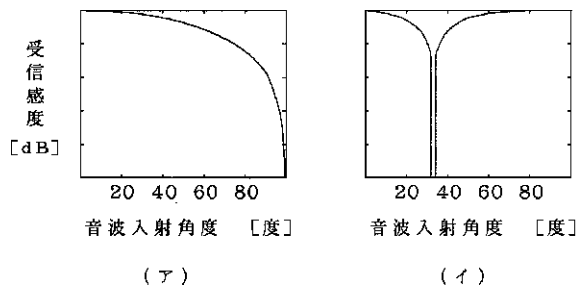
40

【図1】



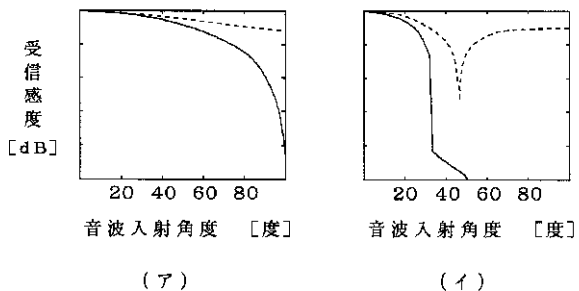
11, 12, 13: 受波器、 21, 22, 23: 遅延器

【図2】



【図3】

——: 3チャンネル適合整相(実施の形態)  
 - - - -: 加算整相の一例



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)

- G01S 7/526
- G01S 7/527
- G01S 7/536