

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4138825号  
(P4138825)

(45) 発行日 平成20年8月27日(2008.8.27)

(24) 登録日 平成20年6月13日(2008.6.13)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 S 7/32 (2006.01)** GO 1 S 7/32 Z  
**GO 1 S 7/02 (2006.01)** GO 1 S 7/02 F

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-203692 (P2006-203692)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成18年7月26日 (2006.7.26)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2008-32438 (P2008-32438A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成20年2月14日 (2008.2.14)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成20年2月4日 (2008.2.4)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウェイト算出方法、ウェイト算出装置、アダプティブアレーアンテナ、及びレーダ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アンテナを介して受信されるレーダパルスの目標反射信号を、時間軸上で所定距離相当の長さからなる複数の処理レンジセルに対して受信タイミングに沿った対応セル位置に記憶し、

前記複数の処理レンジセルに記憶された値を用いて前記目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向が零になるように受信合成ビームを形成するための前記受信信号の位相及び振幅に対するウェイトを複数の処理ステージで段階的に算出し、

前記ウェイトの算出過程で、各処理ステージにおいて算出され、ステージ間の所望信号の相関値を示す特定の変数の変化を監視し、その変数が基準値を下回った時点で次の処理ステージへの移行を停止することを特徴とするウェイト算出方法。

【請求項 2】

前記ウェイトの算出は、マルチステージ・ウィナー・フィルタ (MWF: Multistage Wiener Filter) 方式であり、不要波のみから形成されると想定されるセルのデータから共分散行列を演算し、この共分散行列に基づいて適応ウェイトを算出するもので、前記共分散行列に用いられ、前記特定の変数について、処理ステージごとに変化を監視するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のウェイト算出方法。

【請求項 3】

アンテナを介して受信されるレーダパルスの目標反射信号を、時間軸上で所定距離相当の長さからなる複数の処理レンジセルに対して受信タイミングに沿った対応セル位置に記

憶する記憶手段と、

前記複数の処理レンジセルに記憶された値を用いて前記目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向が零になるように受信合成ビームを形成するための前記受信信号の位相及び振幅に対するウェイトを複数の処理ステージで段階的に算出する算出手段とを具備し、

前記算出手段は、前記ウェイトの算出過程で、各処理ステージにおいて算出され、ステージ間の所望信号の相関値を示す特定の変数の変化を監視し、その変数が基準値を下回った時点で次の処理ステージへの移行を停止することを特徴とするウェイト算出装置。

【請求項 4】

前記算出手段は、マルチステージ・ウィナー・フィルタ (MWF: Multistage Wiener Filter) 方式を採用し、不要波のみから形成されると想定されるセルのデータから共分散行列を演算し、この共分散行列に基づいて適応ウェイトを算出するもので、前記共分散行列に用いられ、前記特定の変数について、処理ステージごとに変化を監視するようにしたことを特徴とする請求項 3 記載のウェイト算出装置。

【請求項 5】

前記算出手段は、前記目標反射信号に対応したリファレンス信号または推定リファレンス信号を用いて前記ウェイトを算出することを特徴とする請求項 3 に記載のウェイト算出装置。

【請求項 6】

複数の素子アンテナをアレー状に配列し、任意の方向に指向制御されてレーダパルスの目標反射信号を受信するアダプティブアレーアンテナであって、

前記目標反射信号を、時間軸上で所定距離相当の長さからなる複数の処理レンジセルに対して受信タイミングに沿った対応セル位置に記憶し、前記複数の処理レンジセルに記憶された値を用いて前記目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向が零になるように受信合成ビームを形成するための前記受信信号の位相及び振幅に対するウェイトを複数の処理ステージで段階的に算出し、前記ウェイトの算出過程で、各処理ステージにおいて算出され、ステージ間の所望信号の相関値を示す特定の変数の変化を監視し、その変数が基準値を下回った時点で次の処理ステージへの移行を停止することで得られる適応ウェイトを取り込み、前記適応ウェイトにより前記目標反射信号に対するウェイト制御を行って受信合成ビームを形成することを特徴とするアダプティブアレーアンテナ。

【請求項 7】

複数の素子アンテナをアレー状に配列し、任意の方向に指向制御されてレーダパルスの目標反射信号を受信し、与えられた適応ウェイトにより前記目標反射信号に対するウェイト制御を行って受信合成ビームを形成するアダプティブアレーアンテナと、

前記目標反射信号を、時間軸上で所定距離相当の長さからなる複数の処理レンジセルに対して受信タイミングに沿った対応セル位置に記憶し、前記複数の処理レンジセルに記憶された値を用いて前記目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向が零になるように受信合成ビームを形成するための前記受信信号の位相及び振幅に対するウェイトを複数の処理ステージで段階的に算出し、前記ウェイトの算出過程で、各処理ステージにおいて算出され、ステージ間の所望信号の相関値を示す特定の変数の変化を監視し、その変数が基準値を下回った時点で次の処理ステージへの移行を停止することで前記適応ウェイトを生成するウェイト算出装置と、

前記アダプティブアレーアンテナでウェイト制御が施された目標反射信号から目標を検出する信号処理装置とを具備することを特徴とするレーダ装置。

【請求項 8】

前記信号処理装置は、目標の形状を検出することを特徴とする請求項 7 記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【0001】

本発明は、ウェイト制御により、不要波を抑圧して目標からの反射信号を検出するのに好適なウェイト算出方法、そのウェイト算出方法を用いたウェイト算出装置、そのウェイト算出装置を採用したアダプティブアレーアンテナ、及びそのアダプティブアレーアンテナを組み込んだレーダ装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、パルスレーダ装置では、より目標検出精度を向上させるために、アダプティブアレーアンテナを組み込んで、いわゆるアダプティブヌルステアリングを行うようになってきている。このアダプティブヌルステアリングは、アダプティブアレーアンテナにおいて受信信号の位相及び振幅にウェイト制御を施すことで、妨害波等の不要波が到来する方向の指向性が零（ヌル）になるように受信合成ビームを形成する処理である。このような用途に用いられるアダプティブアレーアンテナには、多数の遅延信号が到来する環境下やクラッタ及び妨害波等の不要波が存在する環境下においても、上記の受信合成ビームの形成が適正に行われるようにウェイト制御を行うことが求められている。

10

## 【0003】

そこで、アダプティブアレーアンテナにおいて、時空間適応信号処理（STAP：Space Time Adaptive Processing）方式を採用したウェイト制御方法が注目されている。この時空間適応信号処理（STAP）方式は、SINR（Signal to Interference plus Noise Ratio）をより改善し、不要波の到来方向での指向性が零（ヌル）に近い良好なビーム形成を行い得るという特徴を有する。

20

## 【0004】

時空間適応信号処理（STAP）方式では、以下のような処理が行われる。まず、複数（M）本、アレー状に配列されたアンテナ（素子アンテナ、すなわちチャンネル）により目標反射信号を受信し、その受信信号を、受信パルス幅に対応した幅のレンジ（距離）セル（range cell）が時間軸上に所定の長さで連なるように形成された、全処理レンジセルの対応セル位置に記憶する。そして、その記憶されたデータから、目標信号を含むと想定されるレンジセル（処理適用レンジセルという）を除いたレンジセル、すなわち不要波のみから形成されると想定されるセルのデータから共分散行列を演算する。最終的に、ビーム合成回路において、その共分散行列に基づき算出された適応ウェイトを用いて、アンテナ受信信号にウェイト制御を施す。

30

## 【0005】

この時空間適応信号処理方式におけるウェイト制御では、適応ウェイトを算出するために、レンジセル毎のウェイト演算がウェイト算出回路において行われる。このウェイト演算には、その一手法としてマルチステージ・ウィナー・フィルタ（MWF：Multistage Wiener Filter）方式が知られている（非特許文献1参照）。

## 【0006】

ところが、上記非特許文献1には、不要波方向を零にするためのウェイト算出方法が記載されているものの、その方法を適用した場合の処理ステージ数の決定方法に関しては記述がない。このため、従来では、得られたデータから算出した共分散行列を、固有値分解することにより得た固有値の大きさから判断して処理ステージを決定する方式が用いられるため、余分な演算が必要であった。

40

【非特許文献1】IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, VOL. 44, NO. 7, NOVEMBER 1998 "A Multistage Representation of the Wiener Filter Based on Orthogonal Projections"

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

以上述べたように、従来のレーダ装置に用いられるアダプティブアレーアンテナのウェイト制御による時空間適応信号処理方式において、不要波方向を零にするためのウェイト

50

算出に際し、演算量を増加させずに処理ステージ数を決定する有効な手段がなかった。

【0008】

本発明は上記の課題に鑑みてなされたもので、ウェイト制御による時空間適応信号処理方式において、不要波方向を零にするためのウェイト算出に際し、演算量が増加せず、かつ処理ステージ数を自動的に決定することのできるウェイト算出方法、ウェイト算出装置、アダプティブアレーアンテナ、レーダ装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記問題を解決するために、本発明に係るウェイト演算方法は、アンテナを介して受信されるレーダパルスの目標反射信号を、時間軸上で所定距離相当の長さからなる複数の処理レンジセルに対して受信タイミングに沿った対応セル位置に記憶し、前記複数の処理レンジセルに記憶された値を用いて前記目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向が零になるように受信合成ビームを形成するための前記受信信号の位相及び振幅に対するウェイトを複数の処理ステージで段階的に算出し、前記ウェイトの算出過程で、各処理ステージにおいて算出され、誤差を表現する変数と反比例の関係にある特定の変数の変化を監視し、その変数が基準値を越えた時点で次の処理ステージへの移行を停止することを特徴とする。

10

【0010】

また、本発明に係るウェイト演算装置は、アンテナを介して受信されるレーダパルスの目標反射信号を、時間軸上で所定距離相当の長さからなる複数の処理レンジセルに対して受信タイミングに沿った対応セル位置に記憶する記憶手段と、前記複数の処理レンジセルに記憶された値を用いて前記目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向が零になるように受信合成ビームを形成するための前記受信信号の位相及び振幅に対するウェイトを複数の処理ステージで段階的に算出する算出手段とを具備し、前記算出手段は、前記ウェイトの算出過程で、各処理ステージにおいて算出され、誤差を表現する変数と反比例の関係にある特定の変数の変化を監視し、その変数が基準値を越えた時点で次の処理ステージへの移行を停止することを特徴とする。

20

【0011】

また、本発明に係るアダプティブアレーアンテナは、複数の素子アンテナをアレー状に配列し、任意の方向に指向制御されてレーダパルスの目標反射信号を受信するアダプティブアレーアンテナであって、前記目標反射信号を、時間軸上で所定距離相当の長さからなる複数の処理レンジセルに対して受信タイミングに沿った対応セル位置に記憶し、前記複数の処理レンジセルに記憶された値を用いて前記目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向が零になるように受信合成ビームを形成するための前記受信信号の位相及び振幅に対するウェイトを複数の処理ステージで段階的に算出し、前記ウェイトの算出過程で、各処理ステージにおいて算出され、誤差を表現する変数と反比例の関係にある特定の変数の変化を監視し、その変数が基準値を越えた時点で次の処理ステージへの移行を停止することで得られる適応ウェイトを取り込み、前記適応ウェイトにより前記目標反射信号に対するウェイト制御を行って受信合成ビームを形成することを特徴とする。

30

【0012】

また、本発明に係るレーダ装置は、複数の素子アンテナをアレー状に配列し、任意の方向に指向制御されてレーダパルスの目標反射信号を受信し、与えられた適応ウェイトにより前記目標反射信号に対するウェイト制御を行って受信合成ビームを形成するアダプティブアレーアンテナと、前記目標反射信号を、時間軸上で所定距離相当の長さからなる複数の処理レンジセルに対して受信タイミングに沿った対応セル位置に記憶し、前記複数の処理レンジセルに記憶された値を用いて前記目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向が零になるように受信合成ビームを形成するための前記受信信号の位相及び振幅に対するウェイトを複数の処理ステージで段階的に算出し、前記ウェイトの算出過程で、各処理ステージにおいて算出され、誤差を表現する変数と反比例の関係にある特定の変数の変化を監視し、その変数が基準値を越えた時点で次の処理ステージへの移行を停止すること

40

50

で前記適応ウェイトを生成するウェイト算出装置と、前記アダプティブアレーアンテナでウェイト制御が施された目標反射信号から目標を検出する信号処理装置とを具備することを特徴とする。

【0013】

すなわち、本発明に係るウェイト算出方法では、目標反射信号の到来方向に対して不要波の到来方向を零になるようにするためのウェイト算出方式における処理ステージ数が、ウェイト導出過程で算出される変数により自動的に決定されるため、演算時間の高速化を図り、かつ処理ステージ数を自動的に決定することができる。

【0014】

本発明のウェイト算出装置は、上記のように、その処理量を短縮可能なウェイト算出方法を使用するので、ウェイト算出の時間短縮が可能である。

10

【0015】

本発明のアダプティブアレーアンテナは、上記のように、ウェイト算出の時間短縮が可能なウェイト算出回路を採用するので、良好な合成ビームを短時間に形成することができる。

【0016】

本発明のレーダ装置は、上記のように、合成ビームを短時間に形成することが可能なアダプティブアレーアンテナを組み込むので、目標を迅速に捕捉することができる。

【発明の効果】

【0017】

20

以上のように、本発明によれば、ウェイト制御による時空間適応信号処理方式において、不要波方向を零にするためのウェイト算出に際し、処理ステージ数を、ウェイト導出過程で算出され、誤差を表現する変数と反比例の関係にある変数により自動的に決定するため、演算時間を短縮することのできるウェイト算出方法、ウェイト算出装置、アダプティブアレーアンテナ、レーダ装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0019】

まず、前述の非特許文献1に記載されたウェイト演算の一手法としてのMWF (Multistage Wiener Filter) 方式について説明する。

30

【0020】

MWF方式では、受信信号Xの到来方向の方向行列をA、また複素振幅ベクトルをS、平均0、分散 $\sigma^2$ で与えられる熱雑音をnとしたとき、受信信号Xは次の(1)式で表される。

【数1】

$$X = A \cdot S + n$$

【0021】

40

また、間隔d xをなしてアレー状に配列されたM個の素子アンテナ#m (m: 1 ~ M)により目標信号を受信したとき、受信周波数信号の波長を( )、D個の到来目標信号d (d: 1 ~ D)の到来方向を決めるステアリングベクトルa(d)は、次の(2)式で表される。

【数 2】

$$a(\theta_d) = \begin{bmatrix} \exp\left(j\frac{2\pi}{\lambda} dx \cdot 0 \cdot \sin\theta_d\right) \\ \exp\left(j\frac{2\pi}{\lambda} dx \cdot 1 \cdot \sin\theta_d\right) \\ \vdots \\ \exp\left(j\frac{2\pi}{\lambda} dx \cdot (m-1) \cdot \sin\theta_d\right) \end{bmatrix} \quad 10$$

【0022】

また、空間系列に対する方向行列  $A$  は下記(3)式となる。

【数 3】

$$A_\theta = [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_D)]$$

20

【0023】

そこで、目標信号  $d$  の到来方向を決めるステアリングベクトル  $a(f_d)$  は次の(4)式で示される。

【数 4】

$$a(f_d) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi \cdot \frac{0}{T} \cdot f_d\right) \\ \exp\left(j2\pi \cdot \frac{1}{T} \cdot f_d\right) \\ \vdots \\ \exp\left(j2\pi \cdot \frac{(l-1)}{T} \cdot f_d\right) \end{bmatrix} \quad 30$$

【0024】

このことから、時系列に対する方向行列  $A_f$  は下記(5)式で表される。

【数 5】

$$A_f = [a(f_1), a(f_2), \dots, a(f_D)]$$

40

【0025】

よって、方向行列  $A(\quad, f)$  は、次の(6)式

【数 6】

$$a(\theta_d, f_d) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi \cdot \frac{0}{T} \cdot f_d\right) \cdot a(\theta_d) \\ \exp\left(j2\pi \cdot \frac{1}{T} \cdot f_d\right) \cdot a(\theta_d) \\ \vdots \\ \exp\left(j2\pi \cdot \frac{(l-1)}{T} \cdot f_d\right) \cdot a(\theta_d) \end{bmatrix} \quad 10$$

【0026】

で表される時空間ステアリングベクトル  $a(\theta_d, f_d)$  を用いて、下記(7)式で与えられる。

【数 7】

$$A_{\theta, f} = [a(\theta_1, f_1), a(\theta_2, f_2), \dots, a(\theta_D, f_D)] \quad 20$$

【0027】

ここで、MWFにおけるウェイト演算は、非特許文献1に記載されている。図1に非特許文献1に記載されているMWFにおけるウェイト算出方法の処理の流れを示す。

【0028】

図1に示す処理は、前方回帰(Forward Recursion)、後方回帰(Backward Recursion)の演算処理を複数の処理ステージで実行している。

【0029】

前方回帰処理では、以下の処理が行われる。

【数 8】

$$\mathbf{r}_{\mathbf{x},d_i} = \mathbb{E}[\mathbf{x}_i(k)d_i^*(k)]$$

$$d_{i+1}(k) = \mathbf{h}_{i+1}^H \mathbf{x}_i(k)$$

$$\delta_{i+1} = \sqrt{\mathbf{r}_{\mathbf{x},d_i}^H \mathbf{r}_{\mathbf{x},d_i}}$$

$$\sigma_{d_i}^2 = \mathbb{E}[|d_i(k)|^2]$$

10

$$\mathbf{h}_{i+1} = \mathbf{r}_{\mathbf{x},d_i} / \delta_{i+1}$$

$$\mathbf{x}_{i+1}(k) = \mathbf{B}_{i+1} \mathbf{x}_i(k)$$

$$\mathbf{B}_i = \text{null}(\mathbf{h}_i)$$

但し、

$\mathbf{r}_{\mathbf{x},d_i}$  :  $i$  ステージ目の入力ベクトル  $\mathbf{x}_i(k)$  と所望信号  $d_i(k)$  の相関ベクトル

20

$\delta_{i+1}$  :  $(i+1)$  ステージ目の相関ベクトル  $\mathbf{r}_{\mathbf{x},d_i}$  の大きさを示す係数

$\mathbf{h}_{i+1}$  : 相関ベクトル  $\mathbf{r}_{\mathbf{x},d_i}$  の正規化ベクトル

$\sigma_{d_i}^2$  : 所望信号  $d_i(k)$  の分散

$\varepsilon_{i-1}(k)$  :  $(i-1)$  ステージ目における誤差信号

30

$\mathbf{B}_i \mathbf{h}_i = 0$  : 「null」の意味

【0030】

一方、後方回帰処理では、以下の処理が行われる。

【数 9】

$$w_i = \delta_i / \xi_i$$

$$\xi_i = \sigma_{d_{i-1}}^2 - w_i \delta_i$$

$$\xi_{i \max} = \sigma_{d_{\max}}^2$$

$$\varepsilon_{i-1}(k) = d_{i-1}^2 - w_i \varepsilon_i(k)$$

10

但し、

$w_i$  : MWF のステージ解析によって算出される  $i$  ステージ目の係数

$\delta_i$  :  $i - 1$  ステージ目における相関ベクトル  $r_{x d_i}$  の大きさを示す係数

$\xi_i$  :  $i$  ステージにおける最小二乗誤差 ( $E[|\varepsilon_i(k)|^2]$ )

【0031】

上記のようなウェイト算出時の処理ステージ数は、従来では、得られたデータから算出した共分散行列を、固有値分解することにより得た固有値の大きさから判断し、その判断結果に基づいて処理ステージを決定する方式が用いられる。このため、余分な演算が必要であった。

20

【0032】

一例として、固有値分解により処理ステージ数を決定する方式の、固有値分解により算出された固有値の大きさを図 2 に示す。ここで、クラッタエリアシングの大きさを示すは、機体速度を  $v_p$ 、素子間隔を  $d$ 、パルス繰り返し周波数を  $PRF$  とすると、

$$= 2 \cdot v_p / (d \cdot PRF)$$

で表される。

【0033】

この例において、例えば固有値の大きさ 30dB を判断基準とすれば、最適な処理ステージ数でウェイトを得られるが、全ての固有値の大きさが得られるまで処理ステージ数を決定することができない。このように、従来では余分な演算が余儀なくされていた。

30

【0034】

そこで、本発明に係る MWF ウェイト演算方法は、処理ステージ毎にウェイト導出過程で算出される変数  $n$  の大きさを判断することにより、自動的に処理ステージ数を決定してウェイトを得る。

【0035】

ここで、変数  $n$  は以下の式から決定される。まず、先に述べた前方回帰式から、

【数 10】

40

$$h_{i+1} = \frac{r_{x_i d_i}}{\delta_{i+1}}$$

【0036】

であるから、 $i$  は

【数 1 1】

$$\delta_i = \mathbf{h}_i^H \mathbf{r}_{x_{i-1}d_{i-1}}$$

【0037】

と表される。同様に前方回帰式より

【数 1 2】

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{x_i d_i} &= E[\mathbf{x}_i(k) d_i^*(k)] \\ d_{i+1}(k) &= \mathbf{h}_{i+1}^H \mathbf{x}_i(k) \end{aligned}$$

10

【0038】

であるから、先の式に導入してまとめると、以下の式が得られる。

【数 1 3】

$$\begin{aligned} \delta_i &= E[\mathbf{h}_i^H \mathbf{x}_{i-1}(k) d_{i-1}^*(k)] \\ &= E[d_i(k) d_{i-1}^*(k)] \end{aligned}$$

20

【0039】

上式は、 $i$  番目のステージにおける所望信号と  $(i - 1)$  番目のステージにおける所望信号の相関値（1 に近いほど信号が似ている）を示している。さらに、後方回帰式から

【数 1 4】

$$w_i = \delta_i / \xi_i$$

30

【0040】

であるから、変数  $\eta_i$  は以下の式で表すことができる。

【数 1 5】

$$\eta_i = \xi_i \cdot w_i = \delta_i \leq 1$$

【0041】

前述のように、変数  $\eta_i$  (= 変数  $\eta_n$ ) は  $i$  番目のステージにおける所望信号と  $(i - 1)$  番目のステージにおける所望信号の相関値で表されるから、ステージ間の相関値が 1 以下になったとき、 $i$  番目以降のステージ解析はあまり意味を有さない。よって、停止させてもよいことは明らかである。

40

【0042】

図 3 は本発明に係るウェイト演算方法の処理手順を示すフローチャートである。図 3 において、まず  $i$  番目（初期値 = 1）のステージの前方回帰処理を行い（ステップ S 1）、続いてこの時点で変数  $\eta_i$  が閾値  $\eta_{th} = 1$  を下回ったかを判断し（ステップ S 2）、下回っていないならば  $i$  番目のステージの後方回帰処理を行い（ステップ S 3）、続いてステップ S 1 に戻って次のステージの処理に進む。ステップ S 2 で変数  $\eta_i$  が閾値  $\eta_{th} = 1$  より下回ったと判断された場合には、ウェイト算出処理を実行する（ステップ S 4）。

50

## 【0043】

ここで、固有値分解により算出した固有値と、ウェイト導出過程で算出された変数  $\alpha_n$  の変化 ( $M = 8$ 、 $N = 8$ 、サンプルデータ数 64) を図 4 に示す。図 4 から明らかなように、固有値分解により算出される固有値の変化とウェイト導出過程で算出される変数  $\alpha_n$  の変化とはほぼ一致している。そこで、本発明では、各ステージで変数  $\alpha_n$  を閾値 1 と比較してその変化を監視し、変数  $\alpha_n$  が閾値 1 を下回った時点で次ステージへの移行を停止するようにしている。このように、本発明を適用することで、変数固有値から判断して決定していた処理ステージ数を、自動的に決定することが可能となる。

## 【0044】

したがって、本発明のウェイト算出方法によれば、ウェイト導出過程で算出された変数により自動的にステージの段数を決定するため、演算時間の高速化を図ることができる。

10

## 【0045】

図 5 は本発明に係るウェイト算出装置の一実施形態を示すブロック図である。図 5 において、11 は CPU (演算処理装置) であり、この CPU 11 はバス 12 を通じてプログラム記憶用 ROM 13、データ入出力インターフェース (I/O) 14、データ時記憶用 RAM 15 に接続されている。ROM 13 には、図 3 に示したフローチャートに基づく MWF ウェイト算出プログラムが格納されており、処理開始が指示されると、CPU 11 は ROM 13 からプログラムをロードし、データ入出力インターフェース 14 を介してデータを取り込んで RAM 15 に一時格納し、当該 RAM 15 から適宜データを読み出して、図 3 に示した MWF ウェイト演算処理を実行し、得られたウェイト演算結果をインター

20

## 【0046】

上記構成による本発明のウェイト算出装置は、その処理量を短縮可能な上記本発明に係るウェイト算出方法を使用するので、ウェイト算出の時間短縮が可能である。そこで、このウェイト算出装置をアダプティブアレイアンテナに採用し、個々のアンテナ素子の入出力に対するウェイト算出を行わせる。これによれば、ウェイト算出の時間が短縮されるため、良好な合成ビームを短時間に形成することが可能となる。

## 【0047】

ところで、アダプティブアレイアンテナは、目標を捕捉するための合成開口レーダ装置等のレーダ装置に採用されている。そこで、上記のようにアダプティブアレイアンテナに本発明のウェイト算出装置を採用することで、合成ビームを短時間に形成することが可能となるため、このアンテナを用いるレーダ装置にあっては、目標をより迅速に捕捉することができるようになる。特に、開口合成レーダ装置に適用した場合には、上記のように、アダプティブアレイアンテナにおいて合成ビームが短時間に形成されるようになるため、目標の形状を迅速に把握することができる。

30

## 【0048】

上記レーダ装置の一例として、図 6 に本発明を適用した時空間適応信号処理におけるウェイト算出装置が組み込まれたレーダ装置の概略ブロック構成図を示す。図 6 において、21 は M 個のアンテナ素子でレーダパルスの目標反射信号を受信するアダプティブアレイアンテナである。このアンテナ 21 の各素子出力は、それぞれ受信部 22 で受信検波されてデータ蓄積部 23 に送られる。データ蓄積部 23 では、予め所定距離相当の長さの処理レンジセルに対応する記憶領域が用意されており、入力データは受信タイミングに沿った対応セル位置の記憶領域に順次記憶される。

40

## 【0049】

ここで、一部のアンテナ素子出力はリファレンス信号推定部 24 に送られ、受信信号の振幅・位相の基準として用いられる。励振部 26 は、リファレンス信号推定部 24 及びリファレンス信号生成部 25 を定期的に励振させて、所定距離相当のレンジセルそれぞれのウェイト算出のためのリファレンス信号を推定し生成する。

## 【0050】

また、上記データ蓄積部 23 の蓄積データは、時空間適応信号処理部 27 に送られる。

50

この時空間適応信号処理部 27 は、ウェイト算出回路 271 において、目標信号を含むと想定されるレンジセルを除いたレンジセル、すなわち不要波のみから形成されると想定されるセルのデータから共分散行列を演算する。最終的に、ビーム合成回路 272 において、その共分散行列に基づき算出された適応ウェイトによりアンテナ受信信号にウェイト制御を施して出力データとする。

【0051】

上記構成の時空間適応信号処理方式におけるウェイト制御では、適応ウェイトを算出するために、ウェイト算出回路 271 において、レンジセル毎のウェイト演算が行われる。このウェイト算出回路 271 に先に述べたウェイト算出方法、すなわち処理ステージ数を、ウェイト算出過程で算出された変数  $n$  により自動的に決定する方法を採用する。これにより、演算時間の高速化を図ることが可能となる。

10

【0052】

尚、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】非特許文献1に記載されているMWFにおけるウェイト算出方法の処理の流れを示す図。

20

【図2】固有値分解により算出された固有値の大きさの変化を示す特性図。

【図3】本発明に係るウェイト演算方法の処理手順を示すフローチャート。

【図4】固有値分解により算出した固有値の大きさの変化と本発明による変数  $n$  の変化とを比較して示す特性図。

【図5】本発明に係るウェイト算出装置の一実施形態を示すブロック図。

【図6】本発明を適用した時空間適応信号処理におけるウェイト算出装置が組み込まれたレーダ装置の概略ブロック構成図。

【符号の説明】

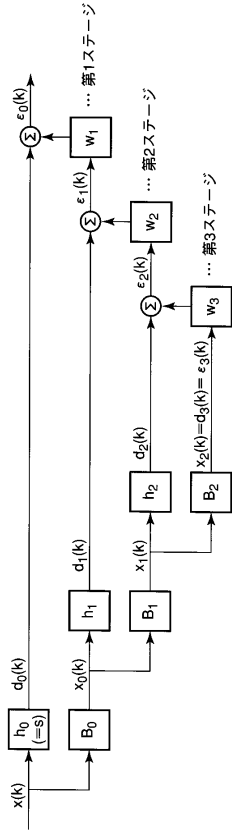
【0054】

11...CPU、12...バス、13...プログラム記憶用ROM、14...データ入出力インターフェース、15...データ一時格納用RAM、21...アダプティブアレーアンテナ、22...受信部、23...データ蓄積部、24...リファレンス信号推定部、25...リファレンス信号生成部、26...励振部、27...時空間適応信号処理部、271...ウェイト算出回路、272...ビーム合成回路。

30

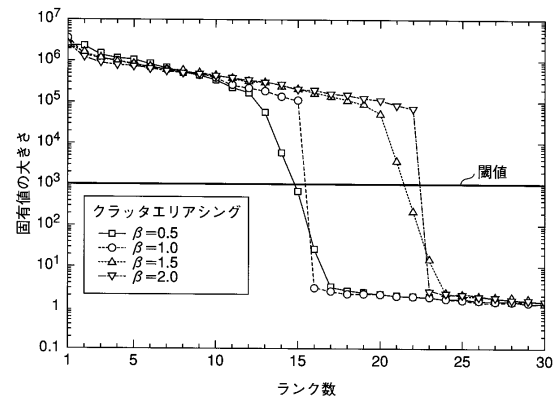
【図1】

図1



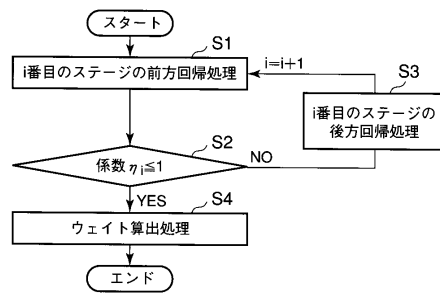
【図2】

図2



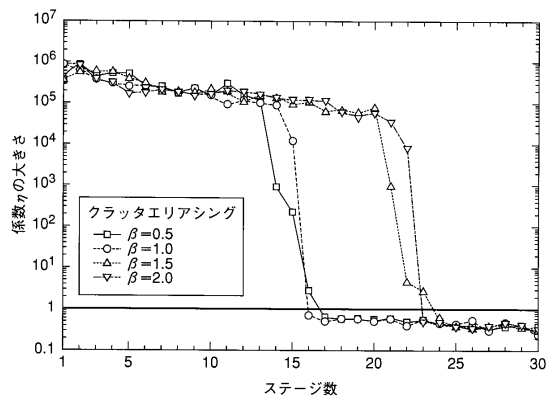
【図3】

図3



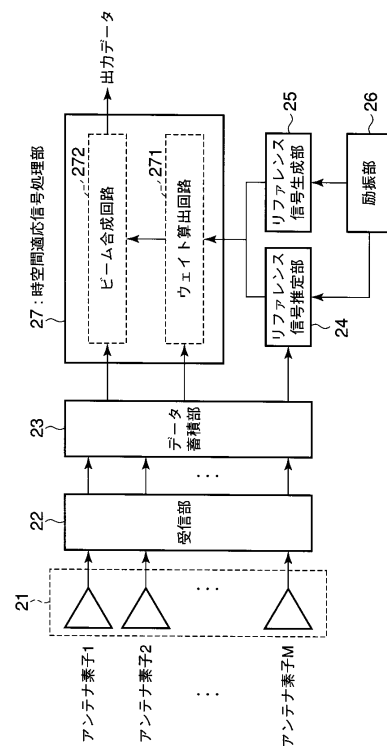
【図4】

図4



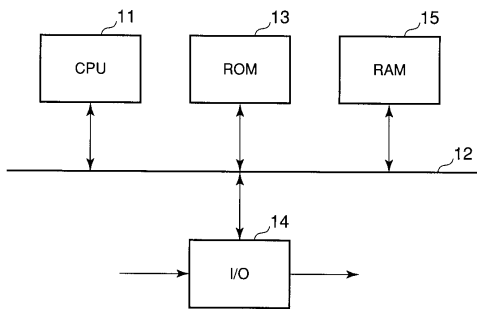
【図6】

図6



【図5】

図5



---

フロントページの続き

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 鈴木 潤一郎

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 川瀬 徹也

(56)参考文献 特開平06-196921(JP,A)

特開2005-189171(JP,A)

J. Scott Goldstein et al., A Multistage Representation of the Wiener Filter Based on Orthogonal Projections, IEEE Transactions on Information Theory, 米国, IEEE, 1998年11月, Vol.44, No.7, p.2943-2959

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00 - 7/42

G01S 13/00 - 13/95

IEEE