

(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2017-156148
(P2017-156148A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
GO1S	7/292	(2006.01)	GO1S	7/292	200	2G105
GO1S	7/527	(2006.01)	GO1S	7/527		5J070
GO1V	3/12	(2006.01)	GO1V	3/12	A	5J083
GO1V	1/00	(2006.01)	GO1V	1/00	A	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-37757 (P2016-37757)
(22) 出願日 平成28年2月29日 (2016.2.29)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人 110001737
特許業務法人スズエ国際特許事務所
(72) 発明者 古川 英俊
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
Fターム(参考) 2G105 AA01 BB02 BB11 CC01 DD02
EE01 GG02 HH04
5J070 AB01 AH14 AH19 AK40
5J083 AC40 BA01 BE19 BE60

(54) 【発明の名称】 信号検出装置、信号検出方法及び信号検出プログラム

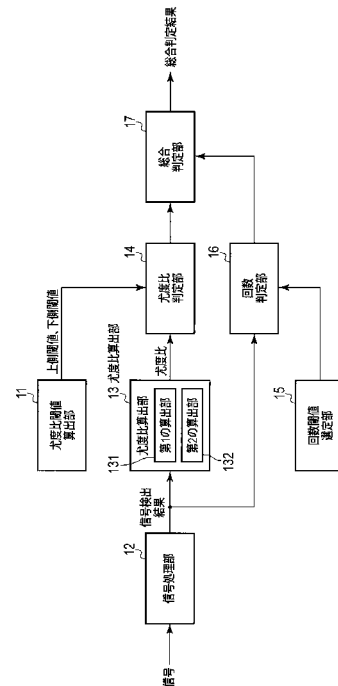
(57) 【要約】

【課題】パルス状ではない所望信号の検出確率を向上させる。

【解決手段】本実施形態の信号検出装置では、信号処理部が信号処理結果として外部装置からの入力信号の信号振幅が閾値以上か否かを表す情報を出力すると共に、閾値以上の場合にその信号振幅を出力するとき、信号処理結果が閾値以上を表す場合に、信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデルの信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、信号処理結果が閾値未満であったことを表す場合に、雑音モデルの信号不検出確率、信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出し、その評価値について上側閾値と下側閾値に基づく判定を行い、信号処理結果に基づく閾値以上回数と閾値未満回数をそれぞれの閾値と比較して判定を行い、評価値、回数による各判定結果に基づき総合判定を行って「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

外部装置から信号を入力し、信号処理結果として、その入力信号の信号振幅が閾値以上であったか否かを表す情報を出力すると共に、少なくともその入力信号の信号振幅が閾値以上の場合に前記信号振幅を出力する信号処理部の信号処理結果を入力して、その信号処理結果から所望信号を検出する信号検出装置であって、

前記信号処理部の信号処理結果を入力し、前記信号処理結果が閾値以上であったことを表す情報の場合に、前記信号処理部から出力される信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデルの信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、前記信号処理結果が閾値未満であったことを表す情報の場合に、前記雑音モデルの信号不検出確率、前記信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出する評価値算出部と、

前記評価値算出部で算出される評価値について、前記評価値の上側閾値と下側閾値に基づいて判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する評価値判定部と、

前記信号処理結果に基づく閾値以上回数と閾値未満回数をそれぞれの閾値と比較して判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する回数判定部と、

前記評価値判定部による判定の結果と前記回数判定部による判定の結果に基づいて総合的に判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する総合判定部と
を具備する信号検出装置。

【請求項 2】

外部装置から信号を入力し、信号処理結果として、その入力信号の信号振幅が閾値以上であったか否かを表す情報を出力すると共に、少なくともその入力信号の信号振幅が閾値以上の場合に前記信号振幅を出力する信号処理部の信号処理結果を入力して、その信号処理結果から所望信号を検出する信号検出装置であって、

前記信号処理部の信号処理結果を入力し、前記信号処理結果が閾値以上であったことを表す情報の場合に、前記信号処理部から出力される信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデルの信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、前記信号処理結果が閾値未満であったことを表す情報の場合に、前記雑音モデルの信号不検出確率、前記信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出する評価値算出部と、

前記評価値算出部で算出される評価値について、前記評価値の上側閾値と下側閾値に基づいて判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する評価値判定部と、

前記信号処理結果に基づく閾値以上回数又は閾値未満回数と判定保留回数（閾値以上回数と閾値未満回数の和）をそれぞれの閾値と比較して判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する回数判定部と、

前記評価値判定部による判定の結果と前記回数判定部による判定の結果に基づいて総合的に判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する総合判定部と
を具備する信号検出装置。

【請求項 3】

前記信号処理部をさらに備える請求項 1 又は 2 記載の信号検出装置。

【請求項 4】

外部装置から信号を入力し、信号処理結果として、その入力信号の信号振幅が閾値以上であったか否かを表す情報を出力すると共に、少なくともその入力信号の信号振幅が閾値以上の場合に前記信号振幅を出力する信号処理による信号処理結果を入力して、その信号処理結果から所望信号を検出する信号検出方法であって、

前記信号処理結果を入力し、前記信号処理結果が閾値以上であったことを表す情報の場合に、前記信号処理結果の信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデル

10

20

30

40

50

の信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、前記信号処理結果が閾値未満であったことを表す情報の場合に、前記雑音モデルの信号不検出確率、前記信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出し、

前記評価値について上側閾値と下側閾値に基づいて判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択し、

前記信号処理結果に基づく閾値以上回数と閾値未満回数をそれぞれの閾値と比較して判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択し、

前記評価値について判定を行った結果と前記閾値以上回数と前記閾値未満回数について判定を行った結果に基づいて総合的に判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する信号検出方法。

10

【請求項 5】

外部装置から信号を入力し、信号処理結果として、その入力信号の信号振幅が閾値以上であったか否かを表す情報を出力すると共に、少なくともその入力信号の信号振幅が閾値以上の場合に前記信号振幅を出力する信号処理による信号処理結果を入力して、その信号処理結果から所望信号を検出する信号検出方法であって、

前記信号処理結果を入力し、前記信号処理結果が閾値以上であったことを表す情報の場合に、前記信号処理結果の信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデルの信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、前記信号処理結果が閾値未満であったことを表す情報の場合に、前記雑音モデルの信号不検出確率、前記信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出し、

20

前記評価値について上側閾値と下側閾値に基づいて判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択し、

前記信号処理結果に基づく閾値以上回数又は閾値未満回数と判定保留回数（閾値以上回数と閾値未満回数の和）をそれぞれの閾値と比較して判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択し、

前記評価値について判定を行った結果と前記閾値以上回数又は前記閾値未満回数と前記判定保留回数について判定を行った結果に基づいて総合的に判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する信号検出方法。

30

【請求項 6】

外部装置から信号を入力し、信号処理結果として、その入力信号の信号振幅が閾値以上であったか否かを表す情報を出力すると共に、少なくともその入力信号の信号振幅が閾値以上の場合に前記信号振幅を出力する信号処理による信号処理結果を入力して、その信号処理結果から所望信号を検出する処理をコンピュータに実行させるための信号検出プログラムであって、

前記信号処理結果を入力し、前記信号処理結果が閾値以上であったことを表す情報の場合に、前記信号処理結果の信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデルの信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、前記信号処理結果が閾値未満であったことを表す情報の場合に、前記雑音モデルの信号不検出確率、前記信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出する評価値算出ステップと、

40

前記評価値算出ステップで算出される評価値について上側閾値と下側閾値に基づいて判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する評価値判定ステップと、

前記信号処理結果に基づく閾値以上回数と閾値未満回数をそれぞれの閾値と比較して判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する回数判定ステップと、

前記評価値判定ステップによる判定の結果と前記回数判定ステップによる判定の結果に基づいて総合的に判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する総合判定ステップと

50

を具備する信号検出プログラム。

【請求項 7】

外部装置から信号を入力し、信号処理結果として、その入力信号の信号振幅が閾値以上であったか否かを表す情報を出力すると共に、少なくともその入力信号の信号振幅が閾値以上の場合に前記信号振幅を出力する信号処理による信号処理結果を入力して、その信号処理結果から所望信号を検出する処理をコンピュータに実行させるための信号検出プログラムであって、

前記信号処理結果を入力し、前記信号処理結果が閾値以上であったことを表す情報の場合に、前記信号処理結果の信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデルの信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、前記信号処理結果が閾値未満であったことを表す情報の場合に、前記雑音モデルの信号不検出確率、前記信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出する評価値算出ステップと、

前記評価値算出ステップで算出される評価値について上側閾値と下側閾値に基づいて判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する評価値判定ステップと、

前記信号処理結果に基づく閾値以上回数又は閾値未満回数と判定保留回数（閾値以上回数と閾値未満回数の和）をそれぞれの閾値と比較して判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する回数判定ステップと

、
前記評価値判定ステップによる判定の結果と前記回数判定ステップによる判定の結果に基づいて総合的に判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する総合判定ステップと
を具備する信号検出プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本実施形態は、外部装置からの信号（又は信号処理結果）に基づいて、所望信号を検出する信号検出装置、信号検出方法及び信号検出プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来のレーダ装置における信号検出装置にあっては、目標信号が航空機のように持続時間の短い、パルス状の信号である場合の信号検出方法がある（非特許文献 1 参照）。この方法による信号検出装置は、背景雑音と比較して信号強度の大きなパルス状の信号を目標信号として検出するもので、このために、信号が所定の閾値以上であるか否か判定することを特徴とする。

【0003】

一方、S P R T（Sequential Probability Ratio Test：逐次確率比検定）を用い、レーダ装置からの信号検出結果に基づいて、目標を検出する目標検出処理方法もある（非特許文献 2、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 43132 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】電子情報通信学会知識ベース、11 群 2 編 5 章、5 - 2 - 1 検出技術

【非特許文献 2】Samuel S. Blackman, Multiple-Target Tracking with Radar Applications, Artech House, 1986.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0006】

従来のレーダ装置等のセンサに適用される信号検出装置では、背景雑音と比較して信号強度の大きなパルス状の信号を所望信号として検出するように構成されている。このため、信号強度が大きくても所望信号の持続時間が長くなってパルス状でなくなるにつれ、所望信号が混入した背景雑音と所望信号の信号強度の差異も小さくなってしまい、所望信号の検出確率が低下するという課題がある。

【0007】

本実施形態は上記課題に鑑みなされたもので、パルス状ではない所望信号の検出確率を向上させることのできる信号検出装置、信号検出方法及び信号検出プログラムを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

実施形態によれば、外部装置から信号を入力し、信号処理結果として、その入力信号の信号振幅が閾値以上であったか否かを表す情報を出力すると共に、少なくともその入力信号の信号振幅が閾値以上の場合に前記信号振幅を出力する信号処理部の信号処理結果を入力して、その信号処理結果から所望信号を検出する信号検出装置であって、評価値算出部と、評価値判定部と、回数判定部と、総合判定部とを備える。前記評価値算出部は、前記信号処理部の信号処理結果を入力し、前記信号処理結果が閾値以上であったことを表す情報の場合に、前記信号処理部から出力される信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデルの信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、前記信号処理結果が閾値未満であったことを表す情報の場合に、前記雑音モデルの信号不検出確率、前記信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出する。前記評価値判定部は、前記評価値算出部で算出される評価値について、前記評価値の上側閾値と下側閾値に基づいて判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する。前記回数判定部は、前記信号処理結果に基づく閾値以上回数と閾値未満回数をそれぞれの閾値と比較して判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する。前記総合判定部は、前記評価値判定部による判定の結果と前記回数判定部による判定の結果に基づいて総合的に判定を行い、その判定の結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する。

20

【図面の簡単な説明】

30

【0009】

【図1】実施形態に係る信号検出装置の構成を示すブロック図。

【図2A】実施形態に係る信号検出装置において、第1の実施例の処理の流れの具体例を示すフローチャート。

【図2B】実施形態に係る信号検出装置において、第1の実施例の処理の流れの具体例を示すフローチャート。

【図3A】実施形態に係る信号検出装置において、第2の実施例の処理の流れの具体例を示すフローチャート。

【図3B】実施形態に係る信号検出装置において、第2の実施例の処理の流れの具体例を示すフローチャート。

40

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明に係る実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0011】

ここで、本実施形態に係る信号検出装置は、「所望信号が存在しない」とする仮説 H_0 と、「所望信号が存在する」とする仮説 H_1 を設定し、仮説検定により「所望信号が存在する」とする仮説 H_1 が採択された場合、「信号検出」と判定するものとする。

【0012】

なお、以下の説明では、外部装置（レーダ装置、ソナー装置等のセンサ）からの信号に対し、その信号に基づいて「信号検出」を判定するものとし、その例として、外部装置か

50

らの信号を、その信号の絶対値を取るなどして信号振幅（背景技術の「信号強度」と同じ意味）に変換し、その信号振幅に基づいて「信号検出」を判定する構成の場合について述べる。

【0013】

図1は、本実施形態に係る信号検出装置の構成を示すブロック図である。この信号検出装置は、尤度比閾値算出部11、信号処理部12、尤度比算出部13、尤度比判定部14、回数閾値選定部15、回数判定部16、総合判定部17を備える。なお、信号処理部12については、本実施形態に係る信号検出装置に含めず、外部装置としてもよい。

【0014】

上記尤度比閾値算出部11は、本実施形態の評価値である尤度比の上側閾値 T_U と下側閾値 T_L を算出する。

【0015】

上記信号処理部12は、外部装置からの信号として、 k サンプル目の信号 $x(k)$ （以下、単に信号 $x(k)$ と呼ぶ）を入力し、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 以上か閾値 T_a 未満かを判定する。そして、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 以上の場合には、 k サンプル目の信号処理結果 $y(k)$ （以下、単に信号処理結果 $y(k)$ と呼ぶ）として信号振幅 a を出力する。また、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 未満の場合には、信号処理結果 $y(k)$ として信号振幅 a が閾値未満であったことを表す情報（本実施形態では0とする）を出力する。

【0016】

上記尤度比算出部13は、確率密度関数に基づいて尤度比を算出する第1の算出部131と、信号不検出確率に基づいて尤度比を算出する第2の算出部132とを備え、信号処理部12からの信号処理結果 $y(k)$ を入力し、この信号処理結果 $y(k)$ が信号振幅 a が閾値未満であったことを表す情報0かを判定する。信号処理結果 $y(k)$ が信号振幅 a の場合には、第1の算出部131において、信号処理結果である信号振幅 a 、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数 $f(a|0)$ 、信号モデルの信号振幅の確率密度関数 $g(a|1)$ に基づいて評価値として k サンプル目の尤度比 $ST(k)$ （以下、単に尤度比 $ST(k)$ と呼ぶ）を算出する。また、信号処理結果 $y(k)$ が閾値未満であったことを表す情報0の場合、第2の算出部132において、雑音モデルの信号不検出確率 $(1 - P_F)$ 、信号モデルの信号不検出確率 $(1 - P_D)$ に基づいて評価値として尤度比 $ST(k)$ を算出する。

【0017】

上記尤度比判定部14は、尤度比閾値算出部11からの上側閾値 T_U と下側閾値 T_L 、尤度比算出部13からの尤度比 $ST(k)$ に基づいて尤度比による判定を行う。すなわち、その尤度比が上側閾値以上 $(ST(k) \geq T_U)$ か、下側閾値以下 $(ST(k) < T_L)$ かを判定し、尤度比による判定の結果（以下、尤度比判定結果）として、上側閾値以上の場合には「信号検出」、下側閾値以下の場合には「信号不検出」、いずれでもない場合は「判定保留」を選択する。

【0018】

上記回数閾値選定部15は、第1の実施例では、閾値以上回数閾値 T_m と閾値未満回数閾値 T_n を選定する。第2の実施例では、閾値以上回数閾値 T_m と判定保留回数閾値 T_r を選定する。

【0019】

上記回数判定部16は、第1の実施例では、信号処理部12からの信号処理結果に基づいて閾値以上回数 m （後述の尤度比の初期化以降、信号処理結果が閾値以上となった回数）と閾値未満回数 n （後述の尤度比の初期化以降、信号処理結果が閾値未満となった回数）をカウントし、閾値以上回数 m と閾値未満回数 n 、それぞれの回数閾値である上記回数閾値選定部15からの閾値以上回数閾値 T_m と閾値未満回数閾値 T_n に基づいて回数による判定を行う。すなわち、閾値以上回数 m がその閾値以上回数閾値 T_m 以上 $(m \geq T_m)$ か、閾値未満回数 n がその閾値未満回数閾値 T_n 以上 $(n \geq T_n)$ かを判定し、回数によ

10

20

30

40

50

る判定の結果（以下、回数判定結果）として、閾値以上回数 m がその閾値 T_m 以上の場合は「信号検出」、閾値未満回数 n がその閾値 T_n 以上の場合は「信号不検出」、いずれでもない場合は「判定保留」を選択する。第2の実施例では、信号処理部12からの信号処理結果に基づいて閾値以上回数 m と閾値未満回数 n をカウントし、閾値以上回数 m と閾値未満回数 n から判定保留回数 $o (= m + n)$ を算出し、閾値以上回数 m と判定保留回数 o 、それぞれの回数閾値である上記回数閾値選定部15からの閾値以上回数閾値 T_m と判定保留回数閾値 T_o に基づいて回数による判定を行う。すなわち、閾値以上回数 m がその閾値以上回数閾値 T_m 以上 ($m \geq T_m$) か、判定保留回数 o がその判定保留回数閾値 T_o 以上 ($o \geq T_o$) かを判定し、その回数判定結果として、閾値以上回数 m がその閾値 T_m 以上の場合は「信号検出」、判定保留回数 o がその閾値 T_o 以上の場合は「信号不検出」、いずれでもない場合は「判定保留」を選択する。

10

【0020】

上記総合判定部17は、尤度比判定部14からの尤度比判定結果と回数判定部16からの回数判定結果に基づいて、総合的な判定の結果（以下、総合判定結果）として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する。総合判定結果の具体例を表1に示す。

【表1】

尤度比判定結果	回数判定結果	総合判定結果
信号検出	信号検出	信号検出
信号検出	信号不検出	信号検出
信号検出	判定保留	信号検出
信号不検出	信号検出	信号検出
信号不検出	信号不検出	信号不検出
信号不検出	判定保留	信号不検出
判定保留	信号検出	信号検出
判定保留	信号不検出	信号不検出
判定保留	判定保留	判定保留

20

【0021】

なお、上記表1に示す具体例では、尤度比判定部14からの尤度比判定結果と回数判定部16からの回数判定結果の一方が「信号検出」であり、他方が「信号不検出」の場合に総合判定結果を「信号検出」とする例を示したが、総合判定結果を「信号不検出」とするよう構成することもできる。また、上記以外の対応関係に設定することもできる。

30

【0022】

（第1の実施例）

図2A及び図2Bは、本実施形態に係る信号検出装置において、第1の実施例の処理の流れの具体例を示すフローチャートである。同図に沿って、第1の実施例に係る信号検出装置の処理の流れを説明する。

【0023】

最初に、上記尤度比算出部13において、尤度比の初期値である尤度比 $S_T(k-1)$ を初期化する（ステップS101）。

40

【0024】

次に、上記尤度比閾値算出部11において、第一種の過誤率 α と第二種の過誤率 β に基づいて、尤度比 $S_T(k)$ の上側閾値 T_U と下側閾値 T_L を算出する（ステップS102）。上側閾値 T_U と下側閾値 T_L の概略値は、以下の(1)式で算出される。

【数 1】

$$T_U \approx \frac{1-\beta}{\alpha}$$

$$T_L \approx \frac{\beta}{1-\alpha} \quad (1)$$

【0025】

次に、上記信号処理部12において、外部装置から信号 $x(k)$ を入力し、信号 $x(k)$ の信号振幅 a と閾値 T_a とを比較する。そして、以下の(2)式に示すように、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 以上($a \geq T_a$)の場合には、信号処理結果 $y(k)$ として信号振幅 a (すなわち、 $y(k) = a$)を出力する。また、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 未満($a < T_a$)の場合には、信号処理結果 $y(k)$ として信号振幅 a が閾値未満であったことを表す情報として信号振幅0(すなわち、 $y(k) = 0$)を出力する(ステップS103)。

10

【数 2】

$$y(k) = \begin{cases} a & a \geq T_a \text{ の場合} \\ 0 & a < T_a \text{ の場合} \end{cases} \quad (2)$$

20

【0026】

次に、上記尤度比算出部13において、まず、信号処理結果 $y(k)$ が0以外であるか0であることを判定する(ステップS104)。ここで、信号処理結果 $y(k)$ が0以外の場合(ステップS104: YES)には、信号処理結果である信号振幅 a 、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数 $f(a | \theta_0)$ 、信号モデルの信号振幅の確率密度関数 $g(a | \theta_1)$ に基づいて評価値として尤度比 $ST(k)$ を算出する(ステップS105)。また、信号処理結果 $y(k)$ が0の場合(ステップS104: NO)には、雑音モデルの信号不検出確率($1 - P_F$)、信号モデルの信号不検出確率($1 - P_D$)に基づいて評価値として尤度比 $ST(k)$ を算出する(ステップS106)。尤度比 $ST(k)$ は、以下の(3)式で算出される。

30

【数 3】

$$ST(k) = \begin{cases} ST(k-1) \cdot \frac{g(a | \theta_1)}{f(a | \theta_0)} & y(k) \neq 0 \text{ の場合} \\ ST(k-1) \cdot \frac{(1-P_D)}{(1-P_F)} & y(k) = 0 \text{ の場合} \end{cases} \quad (3)$$

【0027】

ここで、 θ_0 は、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数 $f(\cdot)$ のパラメータ又は複数のパラメータからなるパラメータ群を表し、 θ_1 は、信号モデルの信号振幅の確率密度関数 $g(\cdot)$ のパラメータ又は複数のパラメータからなるパラメータ群を表す。また、雑音モデルの信号不検出確率($1 - P_F$)は、雑音モデルの信号振幅が閾値 T_a 未満である確率に対応しており、雑音モデルの信号振幅変数 x の確率密度関数 $f(x | \theta_0)$ の0から閾値 T_a までの積分値として算出することができる。同様に、信号モデルの信号不検出確率($1 - P_D$)は、信号モデルの信号振幅が閾値 T_a 未満である確率に対応しており、信号モデルの信号振幅変数 x の確率密度関数 $g(x | \theta_1)$ の0から閾値 T_a までの積分値として算出することができる。

40

【0028】

なお、信号モデルの信号振幅の確率分布が、雑音モデルの信号振幅の確率分布と同じ確

50

率分布に属する場合、信号モデルの信号振幅の確率密度関数は、 $f(a | \theta_1)$ で表すことができる。

【0029】

次に、上記尤度比判定部14において、尤度比算出部13からの尤度比 $ST(k)$ と尤度比閾値算出部11からの上側閾値 T_U とを比較し(ステップS107)、尤度比 $ST(k)$ が上側閾値 T_U 以上($ST(k) \geq T_U$)の場合(ステップS107: YES)には、尤度比判定結果を「信号検出」とする(ステップS108)。尤度比 $ST(k)$ が上側閾値 T_U よりも小さい($ST(k) < T_U$)場合(ステップS107: NO)、尤度比 $ST(k)$ と尤度比閾値算出部11からの下側閾値 T_L とを比較し(ステップS109)、尤度比 $ST(k)$ が下側閾値 T_L 以下($ST(k) \leq T_L$)の場合(ステップS109: YES)には、尤度比判定結果を「信号不検出」とする(ステップS110)。上記以外(尤度比 $ST(k)$ が下側閾値 T_L よりも大きく、上側閾値 T_U よりも小さい($T_L < ST(k) < T_U$))の場合(ステップS109: NO)には、尤度比判定結果を「判定保留」とする(ステップS111)。

10

【0030】

このようにして、上記尤度比判定部14では、尤度比閾値算出部11からの上側閾値 T_U と下側閾値 T_L 、尤度比算出部13からの尤度比 $ST(k)$ に基づいて、以下の(4)式により判定を行い、尤度比判定結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する。

【数4】

20

$$\begin{cases} ST(k) \geq T_U & \text{信号検出} \\ ST(k) \leq T_L & \text{信号不検出} \\ T_L < ST(k) < T_U & \text{判定保留} \end{cases} \quad (4)$$

【0031】

次に、上記回数閾値選定部15において、閾値以上回数閾値 T_m と閾値未満回数閾値 T_n を選定する(ステップS112)。

【0032】

30

次に、上記回数判定部16において、信号処理部12からの信号処理結果に基づいてカウントした閾値以上回数 m と閾値以上回数閾値 T_m とを比較し(ステップS113)、閾値以上回数 m が閾値以上回数閾値 T_m 以上($m \geq T_m$)の場合(ステップS113: YES)、回数判定結果を「信号検出」とする(ステップS114)。閾値以上回数 m が閾値以上回数閾値 T_m よりも小さい($m < T_m$)場合(ステップS113: NO)、信号処理部12からの信号処理結果に基づいてカウントした閾値未満回数 n と閾値未満回数閾値 T_n とを比較し(ステップS115)、閾値未満回数 n が閾値未満回数閾値 T_n 以上($n \geq T_n$)の場合(ステップS115: YES)、回数判定結果を「信号不検出」とする(ステップS116)。上記以外($m < T_m, n < T_n$)の場合(ステップS115: NO)、回数判定結果を「判定保留」とする(ステップS117)。

40

【0033】

このようにして、上記回数判定部16では、閾値以上回数 m と閾値未満回数 n 、それぞれの回数閾値である回数閾値選定部15からの閾値以上回数閾値 T_m と閾値未満回数閾値 T_n に基づいて、以下の(5)式により判定を行い、回数判定結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する。

【数 5】

$$\begin{cases} m \geq T_m & \text{信号検出} \\ n \geq T_n & \text{信号不検出} \\ \text{上記以外} & \text{判定保留} \end{cases} \quad (5)$$

【0034】

10

最後に、上記総合判定部17において、尤度比判定部14からの尤度比判定結果と回数判定部16からの回数判定結果に基づいて、総合判定結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する(ステップS118)。総合判定部17の総合判定結果が「判定保留」の場合、(k+1)サンプル目の信号x(k+1)に基づいて、ステップS102からの処理が繰り返される。総合判定部17の総合判定結果が「信号検出」又は「信号不検出」の場合、判定結果を外部に出力する(ステップS120)。その後、新たな信号検出を行うため、ステップS101からの処理が繰り返される。

【0035】

(第2の実施例)

図3A及び図3Bは、本実施形態に係る信号検出装置において、第2の実施例の処理の流れの具体例を示すフローチャートである。同図に沿って、第2の実施例に係る信号検出装置の処理の流れを説明する。

20

【0036】

図3A及び図3Bは、図2A及び図2BのステップS112がステップS121に、ステップS115がステップS122に変更されていることを除き、図2A及び図2Bと同じである。また、本実施例では、回数閾値選定部15において、閾値未満回数閾値 T_n の代わりに判定保留回数閾値 T_o を選定し、回数判定部16において、閾値未満回数 n の代わりに判定保留回数 o を用いるものとする。

【0037】

第2の実施例では、ステップS121で閾値以上回数閾値 T_m と判定保留回数閾値 T_o を選定し、ステップS113において、閾値以上回数 m が閾値以上回数閾値 T_m よりも小さい($m < T_m$)場合に、閾値以上回数 m と閾値未満回数 n から算出した判定保留回数 $o (= m + n)$ と判定保留回数閾値 T_o とを比較し(ステップS122)、判定保留回数 o が判定保留回数閾値 T_o 以上($o \geq T_o$)の場合に回数判定結果を「信号不検出」とする(ステップS116)。上記以外の場合($m < T_m, o < T_o$)には、回数判定結果を「判定保留」とする(ステップS117)。

30

【0038】

このようにして、上記回数判定部16では、閾値以上回数 m と判定保留回数 o 、それぞれの回数閾値である回数閾値選定部15からの閾値以上回数閾値 T_m と判定保留回数閾値 T_o に基づいて、以下の(6)式により判定を行い、回数判定結果として「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択する。

40

【数 6】

$$\begin{cases} m \geq T_m & \text{信号検出} \\ o \geq T_o & \text{信号不検出} \\ \text{上記以外} & \text{判定保留} \end{cases} \quad (6)$$

【0039】

なお、上記の第2の実施例の回数判定部16では、閾値以上回数 m と判定保留回数 o に

50

基づいて、回数判定を行う例を示したが、閾値未満回数 n と判定保留回数 o に基づいて、回数判定を行うように構成することもできる。

【0040】

また、上記では、信号処理結果 $y(k)$ が信号振幅 a の場合、信号処理結果である信号振幅 a 、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数 $f(a|\theta_0)$ 、信号モデルの信号振幅の確率密度関数 $g(a|\theta_1)$ に基づいて評価値として尤度比 $ST(k)$ を算出する例を示した。これについては、信号処理結果である信号振幅 a 、雑音モデルの信号振幅の尤度関数 $L_0(a)$ 、信号モデルの信号振幅の尤度関数 $L_1(a)$ に基づいて評価値として尤度比 $ST(k)$ を算出することもできる。また、信号処理結果である信号振幅 a 、雑音モデルの信号振幅の尤度関数 $L_0(a)$ と信号モデルの信号振幅の尤度関数 $L_1(a)$ の尤度比 $LR(a)$ ($=L_1(a)/L_0(a)$) に基づいて評価値として尤度比 $ST(k)$ を算出することもできる。

10

【0041】

また、上記では、評価値として尤度比を用いる例を示したが、それぞれの値を対数変換した尤度比（より正確には対数尤度比）を用いて処理を行うように構成することができる。この場合、上側閾値 T_U と下側閾値 T_L の概略値は、以下の(7)式で算出される。

【数7】

$$\begin{aligned} T_U &\approx \log\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right) \\ T_L &\approx \log\left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right) \end{aligned} \quad (7)$$

20

【0042】

対応する尤度比 $ST(k)$ は、以下の(8)式で算出される。

【数8】

$$ST(k) = \begin{cases} ST(k-1) + \log\left(\frac{g(a|\theta_1)}{f(a|\theta_0)}\right) & y(k) \neq 0 \text{ の場合} \\ ST(k-1) + \log\left(\frac{(1-P_D)}{(1-P_F)}\right) & y(k) = 0 \text{ の場合} \end{cases} \quad (8)$$

30

【0043】

また、上記の信号処理部12では、外部装置からの信号として信号 $x(k)$ を入力し、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 以上の場合、信号処理結果 $y(k)$ として信号振幅 a を出力し、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 未満の場合、信号処理結果 $y(k)$ として信号振幅 a が閾値未満であったことを表す情報を出力する例を示した。これについては、以下の(9)式に示すように、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 以上 ($a \geq T_a$) の場合、信号処理結果 $y(k)$ として信号振幅 a が閾値以上であったことを表す情報（(9)式では1とする）と信号振幅 a を出力し、信号 $x(k)$ の信号振幅 a が閾値 T_a 未満 ($a < T_a$) の場合、信号処理結果 $y(k)$ として信号振幅 a が閾値未満であったことを表す情報（(9)式では0とする）と信号振幅 a を出力する、すなわち、信号振幅 a を常時出力するように構成することもできる。

40

【数 9】

$$y(k) = \begin{cases} \{1, a\} & a \geq T_a \text{ の場合} \\ \{0, a\} & a < T_a \text{ の場合} \end{cases} \quad (9)$$

【0044】

また、上記の処理は、サンプリングされた信号が入力されるたびに処理を行う逐次処理の他に、複数サンプル（例えば、k サンプル目から (k + 2) サンプル目までの 3 サンプル分）の信号を纏めて処理を行うミニバッチ処理によって実施するように構成することができる。更に、ミニバッチ処理では、複数サンプルの信号を用いて、評価値として尤度比を算出し、算出された尤度比について、判定を行うように構成することができる。

【0045】

以上説明したように、実施形態に係る信号検出装置によれば、外部装置から信号を入力し、信号の信号振幅が閾値以上の場合、信号処理結果として信号振幅を出力し、信号の信号振幅が閾値未満の場合、信号処理結果として閾値未満であったことを表す情報を出力し、前記信号処理結果が信号振幅の場合、出力された信号振幅、雑音モデルの信号振幅の確率密度関数、信号モデルの信号振幅の確率密度関数に基づいて評価値を算出し、前記信号処理結果が閾値未満であったことを表す情報の場合、雑音モデルの信号不検出確率、信号モデルの信号不検出確率に基づいて評価値を算出し、前記評価値について、前記評価値の上側閾値と下側閾値に基づいて判定を行うと共に、回数による判定を行い、これらの判定に基づいて、総合的に「信号検出」、「信号不検出」、「判定保留」のいずれかを選択することで、パルス状ではない所望信号の検出確率を向上させることができる。

【0046】

なお、実施形態に係る信号検出処理は、尤度比閾値算出部 1 1、信号処理部 1 2、尤度比算出部 1 3、尤度比判定部 1 4、回数閾値選定部 1 5、回数判定部 1 6、総合判定部 1 7 の機能をコンピュータに実現させるプログラムとして構成することができる。

【0047】

上記実施形態は、いずれもレーダ装置、ソナー装置等の外部装置からの信号に基づいて、所望信号を検出する信号検出装置に適用可能である。

【0048】

その他、本実施形態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。

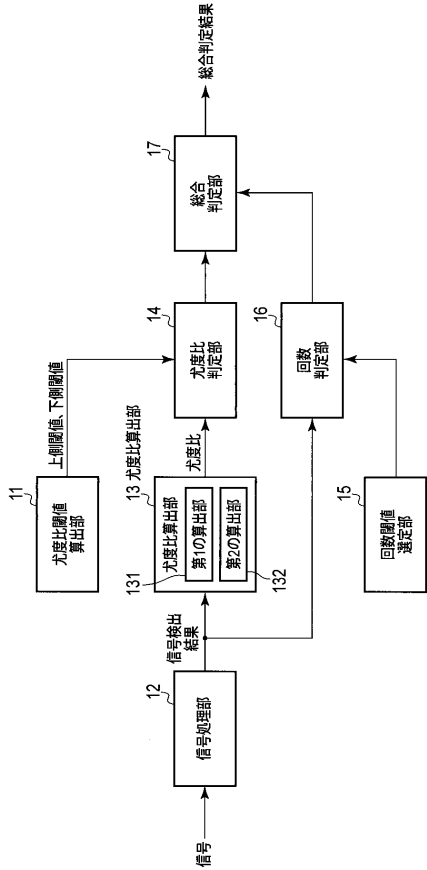
【符号の説明】

【0049】

- 1 1 ... 尤度比閾値算出部、
- 1 2 ... 信号処理部、
- 1 3 ... 尤度比算出部、 1 3 1 ... 第 1 の算出部、 1 3 2 ... 第 2 の算出部、
- 1 4 ... 尤度比判定部、
- 1 5 ... 回数閾値選定部、
- 1 6 ... 回数判定部、
- 1 7 ... 総合判定部。

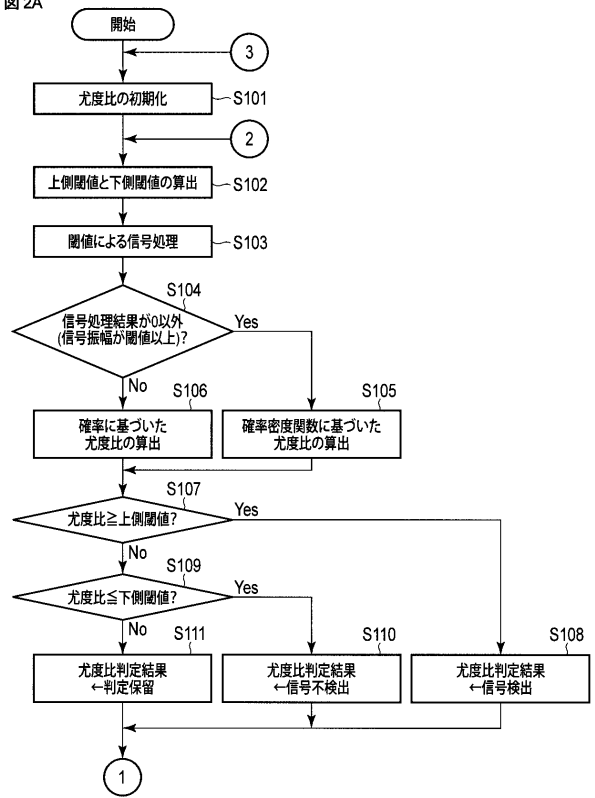
【図1】

図1



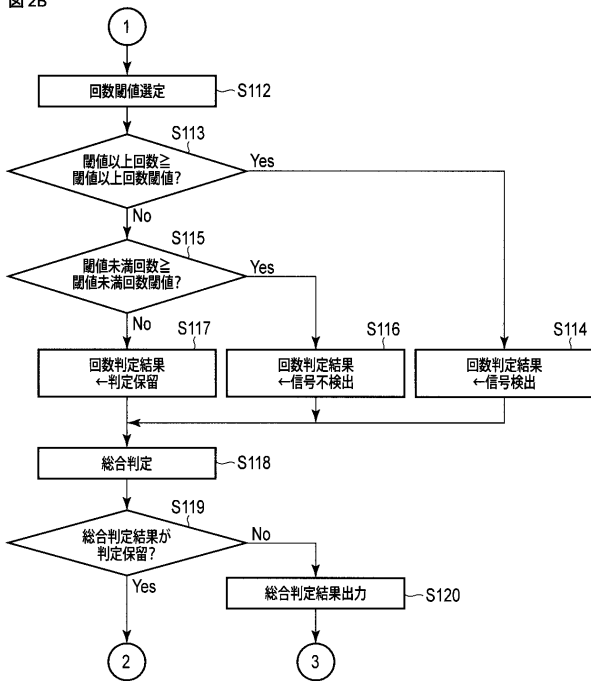
【図2A】

図2A



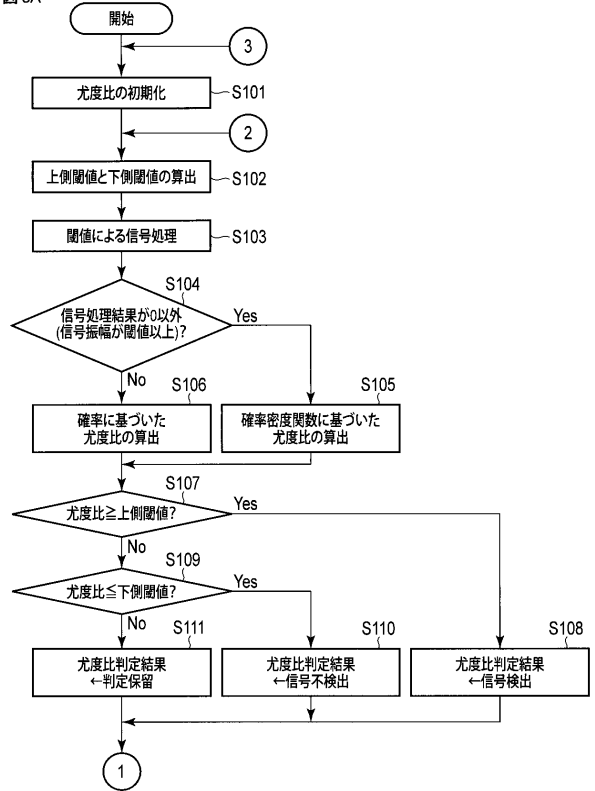
【図2B】

図2B



【図3A】

図3A



【 図 3 B 】

図 3B

