(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 10 月 19 日(19.10.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/179342 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 13/95 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/009494

(22) 国際出願日: 2017 年 3 月 9 日(09.03.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-079168 2016 年 4 月 11 日(11.04.2016) JP

(71) 出願人: 古野電気株式会社(**FURUNO ELECTRIC CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 Hyogo (JP).

(72) 発明者: 魚留 篤(**UODOME, Atsushi**); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 川浪 敏志(**KAWANAMI, Satoshi**); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 井芹 健介(**ISERI, Kensuke**); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町９番５２号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

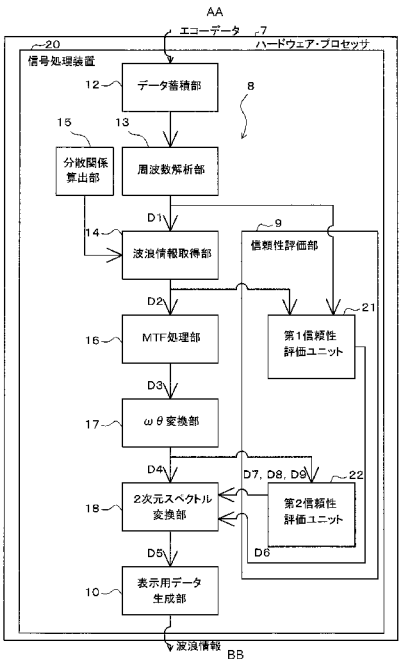
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

WO 2017/179342 A1

(54) **Title**: SIGNAL PROCESSING DEVICE, RADAR DEVICE, AND SIGNAL PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称 : 信号処理装置、レーダ装置、および、信号処理方法



7 Hardware processor
9 Reliability evaluating unit
10 Display data generating unit
12 Data accumulating unit
13 Frequency analyzing unit
14 Wave information acquiring unit
15 Dispersion relation calculating unit
16 MTF processing unit
17 ωθ converting unit
18 Two-dimensional spectrum converting unit
20 Signal processing device
21 First reliability evaluating unit
22 Second reliability evaluating unit
AA Echo data
BB Wave information

(57) **Abstract**: [Problem] To provide a signal processing device, a radar device and a signal processing method configured to evaluate with improved certainty whether or not wave information is reliable. [Solution] A signal processing device (20) is provided with: a frequency analyzing unit (13) which, on the basis of observed data obtained by observing waves in a prescribed region around a host ship, acquires wavenumber data (D1) including a relationship between wavenumber and frequency; a wave information acquiring unit (14) which detects wave data (D2) included in the wavenumber data (D1) by subjecting the wavenumber data (D1) to a prescribed filtering process; and a reliability evaluating unit (9) which evaluates the reliability of wave information specified by the wave data (D2) for a prescribed analysis region, which is part of the region around the host ship.

(57) 要約: 【課題】波浪情報を信頼できるか否かについて、より確実に評価するための構成を有する信号処理装置、レーダ装置、および、信号処理方法を提供する。【解決手段】信号処理装置（２０）は、所定の自船周囲領域における波浪を観測することで得られた観測データに基づいて、波数と周波数との関係を含む波数データ（Ｄ１）を取得する周波数解析部（１３）と、波数データ（Ｄ１）に所定のフィルタ処理を施すことで波数データ（Ｄ１）に含まれる波浪データ（Ｄ２）を検出する波浪情報取得部（１４）と、自船周囲領域の一部である所定の解析領域について、波浪データ（Ｄ２）で特定される波浪情報の信頼性を評価する、信頼性評価部（９）と、を備えている。

明　細　書

発明の名称 ： 信号処理装置、レーダ装置、および、信号処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、波浪からのエコーを処理して波向などの波浪情報を算出する信号処理装置、この信号処理装置を備えたレーダ装置、および、信号処理方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、波浪に関する情報としての波浪情報を得るための装置として、特許文献１に開示される波浪観測レーダ（すなわち、レーダ装置）が知られている。このレーダ装置では、特許文献１の図２を参照して、海上における所定範囲からのエコーから得られたエコー信号が２次元ＦＦＴ処理されることにより、特許文献１の図３を参照して、２次元フーリエ変換信号Ｓｆが導出される。そして、このレーダ装置では、その２次元フーリエ変換信号Ｓｆに基づき、波浪情報（波向、波長など）が算出される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平３－２６２９９０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、波浪観測レーダからユーザに示される波浪情報について、実際の波浪状態を正確に示しているか否か、ユーザが判断し難い場合がある。すなわち、ユーザなどにおいて、波浪情報の信頼性を判断し難い場合がある。

[0005] 本発明は、上記課題に鑑みてなされており、その目的の１つは、波浪情報を信頼できるか否かについて、より確実に評価するための構成を有する信号処理装置、レーダ装置、および、信号処理方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するため、本発明のある局面に係る信号処理装置は、所定

の観測エリアにおける波浪を観測することで得られた観測データに基づいて、波数と周波数との関係を含む波数データを取得する波数データ取得部と、前記波数データに所定のフィルタ処理を施すことで前記波数データに含まれる波浪データを検出する波浪情報取得部と、前記観測エリアの一部である所定の解析領域について、前記波浪データで特定される波浪情報の信頼性を評価する、信頼性評価部と、を備えている。

[0007] また、上記課題を解決するため、本発明のある局面に係る信号処理方法は、所定の観測エリアにおける波浪を観測することで得られた観測データに基づいて、波数と周波数との関係を含む波数データを取得し、前記波数データに所定のフィルタ処理を施すことで前記波数データに含まれる波浪データを検出し、前記観測エリアの一部である所定の解析領域について、前記波浪データで特定される波浪情報の信頼性を評価する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、波浪情報を信頼できるか否かについて、より確実に評価するための構成を実現できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施形態に係るレーダ装置の信号処理装置の模式的な構成を示すブロック図である。

[図2]レーダ装置の模式的な構成を示すブロック図である。

[図3]信号処理装置の第１信頼性評価ユニットの模式的な構成を示すブロック図である。

[図4]レーダ装置に備えられる信号処理装置の第２信頼性評価ユニットの模式的な構成を示すブロック図である。

[図5]自船の周囲における波浪の一例を示す海上の模式的な平面図である。

[図6]エコーデータを３ＤＦＦＴ処理した結果を示すグラフである。

[図7]周波数解析部の処理結果を示すグラフである。

[図8]ωθ変換部によって生成されたωθスペクトルの一例を示す図である。

[図9]波浪スペクトルの一例を示す模式的な図である。

[図10]第１評価エリアについて説明するための概念図である。

[図11]ωθスペクトルにおける第１評価用エリアが置換処理された状態を示す模式図である。

[図12]第２評価エリアについて説明するための概念図である。

[図13]表示器の表示画面の一例を示す図である。

[図14]信号処理装置における処理の流れの一例を説明するためのフローチャートである。

[図15]信号処理装置の信頼性評価部における処理の流れの一例を説明するためのフローチャートである。

[図16]変形例に係るレーダ装置の表示器の表示画面の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明に係る信号処理装置、およびこの信号処理装置を備えたレーダ装置の実施形態について図面を参照しつつ説明する。本発明は、波浪情報を処理するための信号処理装置、この信号処理装置を備えたレーダ装置、および、波浪情報を処理するための信号処理方法に広く適用することができる。

[0011] 図１は、本発明の実施形態に係るレーダ装置１の信号処理装置２０の模式的な構成を示すブロック図である。図２は、レーダ装置１の模式的な構成を示すブロック図である。図３は、信号処理装置２０の第１信頼性評価ユニット２１の模式的な構成を示すブロック図である。図４は、レーダ装置１に備えられる信号処理装置２０の第２信頼性評価ユニット２２の模式的な構成を示すブロック図である。

[0012] 図２を参照して、本実施形態に係るレーダ装置１は、送波した送信波が波浪に反射して帰来するエコーに基づいて、波浪に関する情報である波浪情報（具体的には、波向など）を算出する。本実施形態のレーダ装置１は、たとえば、漁船などの船舶としての自船に備えられている。なお、レーダ装置１は、自船の周囲に存在する船舶を探知可能に構成されていてもよい。

[0013] レーダ装置１は、アンテナユニット２と、信号処理装置２０と、表示器３

と、を備えている。

[0014] アンテナユニット２は、送波器および受波器の双方として機能するアンテナ４と、受信部５と、Ａ／Ｄ変換部６と、を含んでいる。

[0015] アンテナ４は、指向性の強い送信波としてのパルス状電波を送波可能なレーダアンテナである。また、アンテナ４は、当該アンテナ４から送波されたパルス状電波が物標（本実施形態の場合、波浪）に反射して帰来する反射波（すなわち、エコー）を受波するように構成されている。レーダ装置１は、パルス状電波を送波してから反射波を受波するまでの時間を測定する。これにより、レーダ装置１は、物標までの距離ｒを検出することができる。アンテナ４は、水平面上で３６０°回転可能に構成されている。アンテナ４は、パルス状電波の送波方向を変えながら（たとえば、アンテナ角度を変えながら）、電波の送受波を繰り返し行うように構成されている。以上の構成で、レーダ装置１は、自船周囲の平面上の物標を、３６０°にわたり探知することができる。

[0016] なお、以下の説明では、パルス状電波を送波してから次のパルス状電波を送波するまでの動作を「スイープ」という。また、電波の送受信を行いながらアンテナを３６０°回転させる動作を「スキャン」と呼ぶ。

[0017] 受信部５は、アンテナ４で受波したエコーから得られるエコー信号を検波して増幅する。受信部５は、増幅したエコー信号を、Ａ／Ｄ変換部６へ出力する。Ａ／Ｄ変換部６は、アナログ形式のエコー信号をサンプリングし、複数ビットからなるデジタルデータに変換する。このデジタルデータは、エコーデータである。エコーデータは、アンテナ４が受波した反射波から得られたエコー信号の強度を特定するデータを含んでいる。Ａ／Ｄ変換部６は、エコーデータを、信号処理装置２０へ出力する。

[0018] 図１を参照して、信号処理装置２０は、周波数領域スペクトル生成部８と、信頼性評価部９と、表示用データ生成部１０と、を有している。

[0019] 信号処理装置２０は、ハードウェア・プロセッサ７（たとえば、ＣＰＵ、ＦＰＧＡなど）および不揮発性メモリなどのデバイスで構成される。たとえ

ば、ＣＰＵが不揮発性メモリからプログラムを読み出して実行することにより、信号処理装置２０を、周波数領域スペクトル生成部８、信頼性評価部９、および、表示用データ生成部１０として機能させることができる。

[0020] 信号処理装置２０は、アンテナ４で受波されたエコーを処理する。

[0021] 図５は、自船１００の周囲における波浪の一例を示す海上の模式的な平面図である。図５では、自船１００の周囲において自船１００に向かう２種類の波１０１，１０２が存在している様子を示している。図５では、たとえば、自船１００の右舷前方における波１０１が、自船１００の周囲で最も強い波である状態を示している。また、図５では、自船１００の右舷後方における波１０２が、波１０１の次に強い波である状態を示している。図５では、波１０１，１０２について、明瞭な波峰線ｗが表示されている。なお、自船１００の周囲には、波１０１，１０２以外にも、比較的波高が低い波浪が存在しているけれども、それらの波浪については図示を省略している。

[0022] 図１および図５を参照して、周波数領域スペクトル生成部８は、自船１００の周囲の所定の観測エリアとしての自船周囲領域Ｚ１における所定の解析領域Ｚ１０内に含まれる波浪から得られたエコーを周波数解析する。自船周囲領域Ｚ１は、レーダ装置１によって探知可能な領域である。周波数領域スペクトル生成部８は、解析領域Ｚ１０における方向周波数スペクトル（周波数領域スペクトル）を生成する。なお、本実施形態では、図５に示すように、解析領域Ｚ１０が自船の右舷前方に設定されている。

[0023] 周波数領域スペクトル生成部８は、データ蓄積部１２と、周波数解析部１３と、波浪情報取得部１４と、分散関係算出部１５と、ＭＴＦ処理部１６と、ωθ変換部１７と、２次元スペクトル変換部１８と、を有している。

[0024] データ蓄積部１２は、自船周囲領域Ｚ１内に含まれるエコーデータを蓄積する。データ蓄積部１２は、１回のスキャンで得られる自船周囲領域Ｚ１における解析領域Ｚ１０内のエコー画像に含まれるエコーデータを、スキャン毎に抽出する。これにより、データ蓄積部１２は解析領域Ｚ１０について、複数スキャン分（たとえば３２枚分）のエコーデータを蓄積する。

[0025] 周波数解析部１３は、本発明の「波数データ取得部」の一例である。周波数解析部１３は、解析領域Ｚ１０における波浪を観測することで得られた観測データ（すなわち、エコーデータ）に基づいて、波数と当該波数における周波数との関係を含む波数データＤ１を取得する。

[0026] 本実施形態では、周波数解析部１３は、解析領域Ｚ１０について、複数スキャン分のエコーデータを用いて周波数解析する。具体的には、周波数解析部１３は、解析領域Ｚ１０について、複数スキャン分のエコーデータを用いて３次元の高速フーリエ変換（３ＤＦＦＴ、Three Dimensional Fast Fourier Transform）処理を行う。これにより、解析領域Ｚ１０について、図６に示すように、ｘ軸およびｙ軸の単位をそれぞれｒａｄ／ｍ、ｚ軸の単位をｒａｄ／ｓｅｃとした３次元データである波数データＤ１を生成する。

[0027] 図６は、エコーデータを３ＤＦＦＴ処理した結果を示すグラフである。この３次元の波数データＤ１の処理結果を示すグラフにおけるｘ軸は、たとえば、東西方向における波数ｋｘであり、ｙ軸は、南北方向における波数ｋｙであり、ｚ軸は、角周波数ωである。３次元グラフを特定する波数データＤ１において、同一のエコーを示す結果が、周波数の正方向および負方向に対称的に表れる。

[0028] 図１を参照して、周波数解析部１３は、得られた３次元の波数データＤ１を、波浪情報取得部１４および信頼性評価部９に出力する。波浪情報取得部１４は、本発明の「波浪情報取得部」の一例である。波浪情報取得部１４は、周波数解析部１３によって得られた３次元の波数データＤ１の中から、波浪に起因する成分である波浪成分を抽出することで、波浪データＤ２を取得する。具体的には、波浪情報取得部１４は、３次元の波数データＤ１に対して、分散関係算出部１５で算出された波浪の分散関係を用いるフィルタ処理を施す。これにより、波浪情報取得部１４は、波浪成分、すなわち、波数データＤ１に含まれる波浪成分データを検出する。分散関係算出部１５は、波浪成分に関する分散関係を算出する部分として設けられている。分散関係算出部１５は、たとえば、以下の（１）式で表わされる分散関係式を算出する

。

[0029] $\omega^2 = g k \cdots (1)$

[0030] 但し、ωは角周波数、ｋは波数、ｇは重力加速度である。この分散関係式の算出結果は、重力波を示す内容となる。

[0031] 波浪情報取得部１４は、周波数解析部１３によって得られた３次元データのうち、上記式（１）に近接するスペクトルのデータを抽出するというフィルタ処理を施すことにより、波浪成分を抽出する。これにより、周波数解析部１３は、図７に示す、２次元のスペクトルデータである波浪データを生成する。図７は、周波数解析部１３の処理結果を示すグラフである。この２次元データにおけるｘ軸およびｙ軸は、図６の３次元データの次元と同じである。

[0032] 図７において一例として示すｋｘｋｙスペクトルは、座標の各地点を構成するサンプル点のスペクトル強度を、情報として有している。なお、図７から後述する図１２までの各図においては、各サンプル点のスペクトル強度を、ハッチングの濃さに対応させて図示している。すなわち、ハッチングが濃い部分を構成するサンプル点のエコー強度は、ハッチングが薄い部分を構成するサンプル点のエコー強度よりも高い。波浪情報取得部１４は、波浪成分を特定する波浪データＤ２を、信頼性評価部９およびＭＴＦ処理部１６に出力する。

[0033] ＭＴＦ処理部１６は、波数ｋに応じた所定の係数を、波浪データＤ２で特定される値に乗じることで、波浪データＤ３を生成する。

[0034] ωθ変換部１７は、波浪情報取得部１４によって抽出されＭＴＦ処理部１６で係数を乗じられた波浪データＤ３で特定されるスペクトルを、極座標（ωθ座標）に変換することで、ωθスペクトルを生成する。このωθ座標は、横軸が自船１００を基準とした波浪の方向θ（方位方向）に対応し且つ縦軸が角周波数ωに対応する座標である。ωθスペクトルは、波浪データＤ３で特定されるスペクトルの、極座標における、方位方向θと周波数方向ωの２次元スペクトルである。このωθスペクトルは、方位方向θのスペクトル

成分としての方位スペクトルと、周波数方向ωのスペクトル成分としての周波数スペクトルと、を含んでいる。なお、ωθスペクトルは、スムージング処理を施されてもよい。

[0035] 図８は、ωθ変換部１７によって生成されたωθスペクトルの一例を示す図である。図１、図５および図８を参照して、一例として示すωθスペクトルは、極座標の各地点を構成するサンプル点のスペクトル強度を、情報として有している。図８では、一例として、解析領域Ｚ１０に含まれる波１０１に対応する第１ピーク領域３１と、解析領域Ｚ１０に含まれる波１０２に対応する第２ピーク領域３２と、が示されている。本実施形態では、第１ピーク領域３１におけるスペクトルのピーク値Ｐ１は、第２ピーク領域３２におけるスペクトルのピーク値Ｐ２よりも大きい。

[0036] ωθ変換部１７は、ωθスペクトルを特定するデータとしてのωθスペクトルデータＤ４を、２次元スペクトル変換部１８および信頼性評価部９へ出力する。

[0037] ２次元スペクトル変換部１８は、ωθスペクトルをｘ－ｙ直交座標に変換することで、図９に示す波浪スペクトルを特定するデータとしての波浪スペクトルデータＤ５を生成する。図９は、波浪スペクトルの一例を示す模式的な図である。なお、この直交座標において、ｘ軸は、たとえば、東西方向を示し、ｙ軸は、たとえば、南北方向を示す。

[0038] ωｘ－ωｙ直交座標において、原点からの向きは、波向を示している。また、原点からの波浪スペクトルの距離は、波周期を示している。また、各サンプル点のスペクトル強度を、ハッチングの濃さに対応させて図示している。この波浪スペクトルは、解析領域Ｚ１０内に最も大きな波１０１が存在するとともに、解析領域Ｚ１０内に２番目に大きな波１０２が存在する状態を示している。２次元スペクトル変換部１８は、波浪スペクトルデータＤ５を、表示用データ生成部１０へ出力する。

[0039] 次に、信頼性評価部９の構成を、より具体的に説明する。図１、図３および図４を参照して、信頼性評価部９は、波浪スペクトルで特定される波浪情

報について、実際の波浪の状態を示しているか否かの信頼性（換言すれば、波浪情報の信頼度）を評価するために設けられている。

[0040] 信頼性評価部９は、第１信頼性評価ユニット２１と、第２信頼性評価ユニット２２と、を有している。

[0041] 第１信頼性評価ユニット２１は、フィルタ前パワー算出部２３と、フィルタ後パワー算出部２４と、パワー比算出部２５と、指標判定部２６と、を有している。

[0042] フィルタ前パワー算出部２３は、周波数解析部１３で生成された３次元データ（すなわち、波数データＤ１）で特定される３次元の各成分のパワーを、フィルタ前パワーＰＷ１として算出する。具体的には、３次元データで特定される３次元座標での配列（３次元配列）における全ての要素の和が、フィルタ前パワーＰＷ１として算出される。なお、３次元配列における全ての要素の「要素」とは、各波数、周波数におけるエコー強度を意味する。フィルタ前パワー算出部２３は、算出したフィルタ前パワーＰＷ１の値を、パワー比算出部２５へ出力する。

[0043] フィルタ後パワー算出部２４は、波浪データＤ２で特定される２次元の各成分のパワーを、フィルタ後パワーＰＷ２として算出する。具体的には、波浪情報取得部１４のおける分散関係フィルタリング（換言すれば、重力波曲面上にある成分が抽出された）後の２次元データである、波浪成分データ（２次元配列）における全て要素の和を２倍した値を、フィルタ後パワーＰＷ２として算出する。なお、２次元配列における全ての要素の「要素」とは、各波数におけるエコー強度を意味する。

[0044] また、波浪成分データ（２次元配列）における全て要素の和を２倍している理由は、分散関係は周波数の正方向および負方向のうちの正方向のみをみているため、フィルタリング後の要素を２倍する必要があるからである。フィルタ後パワー算出部２４は、算出したフィルタ後パワーＰＷ２の値を、パワー比算出部２５へ出力する。

[0045] パワー比算出部２５は、フィルタ後パワーＰＷ２とフィルタ前パワーＰＷ

１との比ＰＷ２／ＰＷ１を算出し、算出したパワー比ＰＷ２／ＰＷ１の値を、パワー比指標判定部２６に出力する。

[0046] パワー比指標判定部２６は、パワー比ＰＷ２／ＰＷ１が所定のしきい値Ｐｗｔｈ以上であるか否かを判定する。しきい値Ｐｗｔｈは、所定値に設定されている。なお、エコーデータに含まれる波浪成分が多いほど、パワー比ＰＷ２／ＰＷ１は大きくなる。一方、エコーデータにおいて、波浪成分以外の成分（たとえば、陸地からのエコーによる成分）が大きければ、パワー比ＰＷ２／ＰＷ１は小さくなる。

[0047] つまり、パワー比ＰＷ２／ＰＷ１が大きければ大きいほど、エコーデータに含まれる波浪成分が多いこととなり、エコーデータについて、実際の波浪をより正確に示すデータであるといえる。パワー比指標判定部２６は、パワー比ＰＷ２／ＰＷ１がしきい値Ｐｗｔｈ以上であれば、エコーデータの信頼性が高いと判定する。一方、パワー比指標判定部２６は、パワー比ＰＷ２／ＰＷ１がしきい値Ｐｗｔｈ未満であれば、エコーデータの信頼性が低いと判定する。パワー比指標判定部２６は、判定結果を示すデータとしてのパワー比判定結果データＤ６を、２次元スペクトル変換部１８へ出力する。

[0048] 次に、第２信頼性評価ユニット２２の構成を、より具体的に説明する。

[0049] 図１、図４、図５および図８を参照して、信頼性評価部９は、後述する第１評価用エリアＡＲ１０および第２評価用エリアＡＲ２０について、波浪データＤ３で特定される波浪情報の信頼性を評価する。

[0050] 信頼性評価部９は、第１評価用スペクトル算出部４１と、第２評価用スペクトル算出部４２と、第１スペクトル評価部４３と、第２スペクトル評価部４４と、ピーク比算出部４５と、ピーク比評価部４６と、を有している。

[0051] 第１評価用スペクトル算出部４１は、ωθスペクトルにおけるピーク値が最大である領域を含む領域としての第１評価用エリアＡＲ１０に関して、波浪データＤ２に基づいて、波浪に関するスペクトルである第１評価用スペクトルＳＰ１０の算出処理を行う。

[0052] 第１評価用スペクトル算出部４１は、第１ピーク検出部４７と、第１評価

用エリア設定部４８と、第１評価用スペクトル抽出部４９と、を有している。

[0053] 第１ピーク検出部４７は、解析領域Ｚ１０に含まれるエコー画像から得られたωθスペクトルのうち、ピーク値（エコー強度）が最も高い点としての第１ピーク点ＰＴ１を検出する。なお、ωθスペクトルは、解析領域Ｚ１０内に含まれる波浪から得られたエコーに基づいて算出された、波浪の角周波数と波浪の到来方向とで特定されるωθ座標の各位置に該波浪のエコー強度が表示されたωθスペクトルであるといえる。本実施形態では、第１ピーク検出部４７は、たとえば、図８のうち、色の最も濃い点、すなわち、ピーク値Ｐ１を有する点としての第１ピーク点Ｐ１を検出する。

[0054] 図１０は、第１評価用エリアＡＲ１０について説明するための概念図である。図４および図１０を参照して、第１評価用エリア設定部４８は、第１評価用エリアＡＲ１０を設定する。第１評価用エリア設定部４８は、第１ピーク点ＰＴ１を含む、所定の第１評価用エリアＡＲ１０を設定する。第１評価用エリアＡＲ１０は、第１ピーク点ＰＴ１を中心として、方位方向θおよび周波数方向ωのそれぞれに、所定の範囲に亘って設定される。なお、本明細書では、第１評価用エリアＡＲ１０および第２評価用エリアＡＲ２０は、方位方向θおよび周波数方向ωのそれぞれについて、誇張して示している。

[0055] なお、第１ピーク点ＰＴ１がθ＝０ｄｅｇ付近、または、３６０ｄｅｇ付近に存在する場合、第１評価用エリア設定部４８は、ωθスペクトルのθ＝０ｄｅｇの部分とθ＝３６０ｄｅｇの部分とが連続していると扱うことで、ピーク値が不連続に変化する不自然な第１評価用エリアＡＲ１０の生成を抑制できる。同様に、周波数方向ωにおいて、第１ピーク点ＰＴ１が下限（たとえば、０ｒａｄ／ｓ）または上限付近に存在する場合、第１評価用エリア設定部４８は、ωθスペクトルのうち、周波数方向ωにおいて、ωθスペクトルの外側の領域について、ωθスペクトルにおける最小の信号強度と同じ強度のスペクトルを補完する。これにより、ピーク値が不連続に変化する不自然な第１評価用エリアＡＲ１０の生成を抑制できる。

[0056] 第１評価用スペクトル抽出部４９は、第１評価用スペクトルＳＰ１０を抽出する。第１評価用スペクトルＳＰ１０は、第１評価用エリアＡＲ１０におけるスペクトルで特定される波浪情報が実際の波浪状態を正確に示しているか否かについての、信頼性を評価するために用いられるスペクトルである。第１評価用スペクトルＳＰ１０は、第１評価用エリアＡＲ１０において最も大きいピーク値Ｐ１を有するスペクトルである。

[0057] 第１評価用スペクトル抽出部４９が抽出する第１評価用スペクトルＳＰ１０の成分は、第１方位スペクトルＳＰ１１と、第１周波数スペクトルＳＰ１２と、を含んでいる。第１方位スペクトルＳＰ１１は、第１評価用エリアＡＲ１０における、方位方向θに沿う強度のスペクトルを示す。第１方位スペクトルＳＰ１１の抽出方法として、２種類例示することができる。より具体的には、（１）積分法と、（２）中心抽出法と、を例示することができる。

[0058] 上記（１）の積分法では、方位方向θの任意の１点において、方位方向θの座標が同じスペクトルの強度を周波数方向ωに積分した積分値が、当該１点における第１方位スペクトルＳＰ１の強度となる。そして、この積分値を方位方向θに沿ってプロットする処理を行うことで、第１方位スペクトルＳＰ１１を抽出することができる。なお、図１０では、一例としてこの積分法で抽出された第１方位スペクトルＳＰ１１を示している。

[0059] 上記（２）の中心抽出法では、ωθスペクトルにおいて、第１ピーク点ＰＴ１を通過し且つ方位方向θに延びる基準線Ｌ１上での方位θと強度との関係を示すスペクトル（すなわち、１次元配列スペクトル）が、第１方位スペクトルＳＰ１１として抽出される。

[0060] 第１周波数スペクトルＳＰ１２は、第１評価用エリアＡＲ１０における、周波数方向ωに沿う強度のスペクトルを示す。第１周波数スペクトルＳＰ１２の抽出方法として、上記した２種類を例示することができる。

[0061] 上記（１）の積分法では、周波数方向ωの任意の１点において、周波数方向ωの座標が同じスペクトルの強度を方位方向θに積分した積分値が、当該１点における第１周波数スペクトルＳＰ１２の強度となる。そして、この積

分値を周波数方向ωに沿ってプロットする処理を行うことで、第１周波数スペクトルＳＰ１２を抽出することができる。なお、図１０では、一例としてこの積分法で抽出された第１周波数スペクトルＳＰ１２を示している。

[0062] 上記（２）の中心抽出法では、ωθスペクトルにおいて、第１ピーク点ＰＴ１を通過し且つ周波数方向ωに延びる基準線Ｌ２上での周波数ωと強度との関係を示すスペクトル（すなわち、１次元配列スペクトル）が、第１周波数スペクトルＳＰ１２として抽出される。

[0063] 図４および図８を参照して、第２評価用スペクトル算出部４２は、図８に示すωθ座標に含まれる領域である評価対象エリアＡＲ１のうち、第１評価用エリアＡＲ１０を除くエリアについて、ωθスペクトルにおけるピーク値（エコー強度）が最も大きい領域を含む領域としての第２評価用エリアＡＲ２０に関して、波浪データＤ２に基づいて波浪に関するスペクトルである第２評価用スペクトルＳＰ２０の算出処理を行う。

[0064] 第２評価用スペクトル算出部４２は、第１評価用エリア置換部５６と、第２ピーク検出部５７と、第２評価用エリア設定部５８と、第２評価用スペクトル抽出部５９と、を有している。

[0065] 第１評価用エリア置換部５６は、ωθスペクトルのうち、第１評価用エリアＡＲ１０の各座標における第１評価用スペクトルＳＰ１０の強さを低減させる処理（すなわち、置換処理）を行う。具体的には、第１評価用エリア置換部５６は、ωθスペクトルのうち、第１評価用エリアＡＲ１０の各座標における信号強度を、ωθスペクトルにおける最小強度またはゼロに置換する。これにより、図１１に示すように、第１ピーク点ＰＴ１を含む第１評価用エリアＡＲ１０の信号強度は、ノイズ程度の小さな値となる。図１１は、ωθスペクトルにおける第１評価用エリアＡＲ１０が置換処理された状態を示す模式図である。

[0066] 再び図４および図８を参照して、第２ピーク検出部５７は、評価対象エリアＡＲ１のうち、第１評価用エリアＡＲ１０を除くエリアにおいて、ωθスペクトルのうち、ピーク値（エコー強度）が最も高い点としての第２ピーク

点ＰＴ２を抽出する。本実施形態では、第２ピーク検出部５７は、たとえば、図１１におけるωθスペクトルのうち、色の最も濃い点を検出する。

[0067] 図１２は、第２評価エリアＡＲ２０について説明するための概念図である。図４および図１２を参照して、第２評価用エリア設定部５８は、図８に示すωθスペクトルにおいて、第２ピーク点ＰＴ２を含む、所定の第２評価用エリアＡＲ２０を設定する。第２評価用エリア設定部５８による第２評価エリアＡＲ２０の設定方法は、第１評価用エリア設定部４８による第１評価用エリアＡＲ１０の設定方法と同様である。

[0068] 具体的には、第２評価用エリアＡＲ２０は、評価対象エリアＡＲ１のうち、第１評価用エリアＡＲ１０を除くエリアにおいて最も強いエコー強度が観測された第２ピーク点ＰＴ２を中心として、方位方向θおよび周波数方向ωのそれぞれに、所定の範囲に亘って設定される。

[0069] 前述したように、第２評価エリアＡＲ２０の設定に用いられるωθスペクトルは、第１評価用エリアＡＲ１０が置換処理される前の当該ωθスペクトルであり、図８に示すωθスペクトルである。なお、第１評価用エリアＡＲ１０が置換処理された後の当該ωθスペクトル（図１１に示すωθスペクトル）を基に第２評価用エリアＡＲ２０が設定される場合、第１評価用エリアＡＲ１０と第２評価用エリアとの重複部分において、強度に不自然なエッジが生じてしまうことが考えられる。よって、第２評価エリアＡＲ２０の設定に用いられるωθスペクトルを、第１評価用エリアＡＲ１０が置換処理される前の当該ωθスペクトル（図８に示すωθスペクトル）とすることで、このような不自然なエッジを抑制できる。

[0070] また、第２ピーク点ＰＴ２がθ＝０ｄｅｇ付近、または、θ＝３６０ｄｅｇに存在する場合、第２評価用エリア設定部５８は、ωθスペクトルのθ＝０ｄｅｇの部分とθ＝３６０ｄｅｇの部分とが連続していると扱うことで、ピーク値が不連続に変化する不自然な第２評価用エリアＡＲ２０の生成を抑制できる。同様に、周波数方向ωにおいて、第２ピーク点ＰＴ２が下限（たとえば、０ｒａｄ／ｓ）または上限付近に存在する場合、第２評価用エリア

設定部５８は、ωθスペクトルのうち、周波数方向ωにおいて、ωθスペクトルの外側の領域について、ωθスペクトルにおける最小の信号強度と同じ強度のスペクトルを補完する。これにより、ピーク値が不連続に変化する不自然な第２評価用エリアＡＲ２０の生成を抑制できる。

[0071] 第２評価用スペクトル抽出部５９は、第２評価用スペクトルＳＰ２０を抽出する。第２評価用スペクトルＳＰ２０は、第２評価用エリアＡＲ２０におけるスペクトルで特定される波浪情報が実際の波浪状態を正確に示しているか否かについての、信頼性を評価するために用いられるスペクトルである。第２評価用スペクトルＳＰ２０は、第２評価用エリアＡＲ２０の中央において最も大きいピーク値Ｐ２を有するスペクトルである。

[0072] 第２評価用スペクトル抽出部５９が抽出する第２評価用スペクトルＳＰ２０の成分は、第２方位スペクトルＳＰ２１と、第２周波数スペクトルＳＰ２２と、を含んでいる。第２方位スペクトルＳＰ２１は、第２評価用エリアＡＲ２０における、方位方向θに沿う強度のスペクトルを示す。第２方位スペクトルＳＰ２１の抽出方法として、２種類例示することができる。より具体的には、前述した（１）積分法と、（２）中心抽出法と、を例示することができる。

[0073] よって、第２評価用スペクトルＳＰ２０についての積分法、および、中心抽出法についての詳細な説明は、省略する。なお、図１２では、一例として積分法で抽出された第２方位スペクトルＳＰ２１を示している。

[0074] 第２周波数スペクトルＳＰ２２は、第２評価用エリアＡＲ２０における、周波数方向ωに沿う強度のスペクトルを示す。第２周波数スペクトルＳＰ２２の抽出方法として、上記した２種類を例示することができる。なお、図１２では、一例として積分法で抽出された第２周波数スペクトルＳＰ２２を示している。

[0075] 図４および図１０を参照して、第１スペクトル評価部４３は、周波数解析によって生成されたωθスペクトルにおける第１評価用エリアＡＲ１０で特定される波浪情報が、実際の波浪状態を示しているか否かの信頼性を、第１

評価用スペクトルＳＰ１０を用いて判定する。

[0076] 具体的には、第１スペクトル評価部４３は、第１方位スペクトルＳＰ１１と第１周波数スペクトルＳＰ１２のそれぞれについて、強度の平均値ＰＡ１１，ＰＡ１２を算出する。そして、第１スペクトル評価部４３は、第１方位スペクトルＳＰ１１の基準値としての中央ピーク値Ｐ１１を平均値ＰＡ１１で除した値Ｐ１１／ＰＡ１１を、信頼性判定指標Ｂ１１として算出する。同様に、第１スペクトル評価部４３は、第１周波数スペクトルＳＰ１２の中央ピーク値Ｐ１２を平均値ＰＡ１２で除した値Ｐ１２／ＰＡ１２を、信頼性判定指標Ｂ１２として算出する。なお、中央ピーク値とは、対応する方位方向θまたは周波数方向ωにおける中央位置での信号強度をいう。

[0077] 第１スペクトル評価部４３は、各信頼性判定指標Ｂ１１，Ｂ１２が、所定のしきい値Ｂ１ｔｈ以上であるか否かを判定する。これは第１方位スペクトルＳＰ１１および第１周波数スペクトルＳＰ１２のそれぞれにおいて、対応する信頼性判定指標Ｂ１１，Ｂ１２が大きいと、スペクトルのピーク形状が鋭いこととなり、波浪成分が明確であることにより信頼性が高いと判定できるからである。

[0078] 第１スペクトル評価部４３は、各信頼性判定指標Ｂ１１，Ｂ１２が何れもしきい値Ｂ１ｔｈ以上である場合、第１評価用スペクトルＳＰ１０で特定される波浪情報の信頼性が高いと判定する。一方、第１スペクトル評価部４３は、各信頼性判定指標Ｂ１１，Ｂ１２の少なくとも一方がしきい値Ｂ１ｔｈ未満である場合、第１評価用スペクトルＳＰ１０で特定される波浪情報の信頼性が低いと判定する。

[0079] 図４および図１２を参照して、第２スペクトル評価部４４は、周波数解析によって生成されたωθスペクトルにおける第２評価用エリアＡＲ２０で特定される波浪情報が、実際の波浪状態を示しているか否かの信頼性を、第２評価用スペクトルＳＰ２０を用いて判定する。本実施形態では、第２スペクトル評価部４４における処理は、第１スペクトル評価部４３における処理と同様である。

[0080] 具体的には、第２スペクトル評価部４４は、第２方位スペクトルＳＰ２１と第２周波数スペクトルＳＰ２２のそれぞれについて、強度の平均値ＰＡ２１，ＰＡ２２を算出する。そして、第２スペクトル評価部４４は、第２方位スペクトルＳＰ２１の基準値としての中央ピーク値Ｐ２１を平均値ＰＡ１２で除した値Ｐ２１／ＰＡ２１を、信頼性判定指標Ｂ２１として算出する。同様に、第２スペクトル評価部４４は、第２周波数スペクトルＳＰ２２の中央ピーク値Ｐ２２を平均値ＰＡ２２で除した値Ｐ２２／ＰＡ２２を、信頼性判定指標Ｂ２２として算出する。

[0081] 第２スペクトル評価部４４は、各信頼性判定指標Ｂ２１，Ｂ２２が、所定のしきい値Ｂ２ｔｈ（たとえば、１．５）以上であるか否かを判定する。第２スペクトル評価部４４は、各信頼性判定指標Ｂ２１，Ｂ２２が何れもしきい値Ｂ２ｔｈ以上である場合、第２評価用スペクトルＳＰ２０で特定される波浪情報の信頼性が高いと判定する。一方、第２スペクトル評価部４４は、各信頼性判定指標Ｂ２１，Ｂ２２の少なくとも一方がしきい値Ｂ２ｔｈ未満である場合、第２評価用スペクトルＳＰ２０で特定される波浪情報の信頼性が低いと判定する。

[0082] 図４、図１０および図１２を参照して、ピーク比算出部４５は、第１評価用スペクトルＳＰ１０と第２評価用スペクトルＳＰ２０の比を算出する。具体的には、ピーク比算出部４５は、第２方位スペクトルＳＰ２１の中央ピーク値Ｐ２１を第１方位スペクトルＳＰ１１の中央ピーク値Ｐ１１で除した値Ｐ２１／Ｐ１１を、信頼性判定指標Ｂ３として算出する。同様に、ピーク比算出部４５は、第２周波数スペクトルＳＰ２２の中央ピーク値Ｐ２２を第１周波数スペクトルＳＰ１２の中央ピーク値Ｐ１２で除した値Ｐ２２／Ｐ１２を、信頼性判定指標Ｂ４として算出する。

[0083] ピーク比評価部４６は、各信頼性判定指標Ｂ３，Ｂ４が、所定のしきい値Ｂ３４ｔｈ以上であるか否かを判定する。ここで、第２評価用スペクトルＳＰ２０の中央ピーク値Ｐ２１，Ｐ２２が第１評価用スペクトルＳＰ１０の対応するピーク値Ｐ１１，Ｐ１２よりも十分に小さければ、第２評価用スペク

トルＳＰ２０で特定される波浪は、第１評価用スペクトルＳＰ１０で特定される波浪に対してノイズ程度の存在となり、信頼度が低いか、または、無視できると考えることができる。

[0084] ピーク比評価部４６は、各信頼性判定指標Ｂ３，Ｂ４が何れもしきい値Ｂ３４ｔｈ以上である場合、第２評価用スペクトルＳＰ２０で特定される波浪情報の信頼性が高いと判定する。一方、ピーク比評価部４６は、各信頼性判定指標Ｂ３，Ｂ４の少なくとも一方がしきい値Ｂ３４ｔｈ未満である場合、第２評価用スペクトルＳＰ２０で特定される波浪情報の信頼性が低いと判定する。

[0085] なお、信頼性評価部９の第１スペクトル評価部４３、第２スペクトル評価部４４、および、ピーク比評価部４６のぞれぞれの評価結果を示すデータＤ７，Ｄ８，Ｄ９は、図１に示す２次元スペクトル変換部１８に出力される。２次元スペクトル変換部１８は、各評価用エリアＡＲ１０，ＡＲ２０の座標について、ωθ座標からωｘ－ωｙ座標に変換する。２次元スペクトル変換部１８で処理されたデータは、表示用データ生成部１０へ出力される。なお、本実施形態では、波周期，波向など、波浪情報のうちの一部のみが出力される構成となっている。よって、２次元スペクトル変換部１８を省略し、ωθ変換部１７から出力されるデータＤ４、および、信頼性評価部９から出力されるデータＤ６～Ｄ９は、直接表示用データ生成部１０に出力されてもよい。これにより、信号処理装置２０の構成をより簡素にすることが可能である。

[0086] 表示用データ生成部１０は、２次元スペクトル変換部１８から出力された２次元の波浪スペクトルデータＤ５と、信頼性評価データＤ６～Ｄ９と、を用いて、表示器３に表示させる画像のためのデータを生成する。

[0087] 図１３は、表示器３の表示画面の一例を示す図である。図１、図５および図１３を参照して、表示器３は、たとえば、液晶ディスプレイ装置であり、表示用データに基づいて画像を表示する。図１３では、一例として、波１０１の検出結果についての信頼性が高く、波１０２の検出結果についての信頼

性が低いと判定された場合を示している。

[0088] 表示用データ生成部１０は、たとえば、波浪スペクトルデータＤ５で特定されるスペクトルのうち、第１評価用エリアＡＲ１０に相当する領域の座標および信号強度などから、自船周囲領域ＡＲ１における最も強い波１０１の波浪情報を検出する。この場合の波浪情報は、たとえば、波高、方位、および、波長である。さらに、表示用データ生成部１０は、第１スペクトル評価部４３の出力結果に基づいて、当該波１０１の検出結果が十分な信頼性を有しているか否かを示すデータを生成する。

[0089] 表示用データ生成部１０は、たとえば、波１０１の波浪情報が十分な信頼性を有している場合、波１０１について、波浪情報を表示させることを許可するデータを生成する。一方、表示用データ生成部１０は、たとえば、波１０１の波浪情報が十分な信頼性を有していない場合、波１０１について、波浪情報を表示することを許可しないデータを生成する。

[0090] 上記と同様に、表示用データ生成部１０は、たとえば、波浪スペクトルデータＤ５で特定されるスペクトルのうち、第２評価用エリアＡＲ２０に相当する領域の座標および信号強度などから、自船周囲領域ＡＲ１において２番目に強い波１０２の波浪情報を検出する。この場合の波浪情報は、たとえば、波高、方位、および、波長である。さらに、表示用データ生成部１０は、第２スペクトル評価部４４の出力結果に基づいて、当該波１０２の波浪情報が十分な信頼性を有しているか否かを示すデータを生成する。

[0091] 表示用データ生成部１０は、たとえば、波１０２の波浪情報が十分な信頼性を有している場合、波１０２について、波浪情報を表示させることを許可するデータを生成する。一方、表示用データ生成部１０は、たとえば、波１０２の波浪情報が十分な信頼性を有していない場合、波１０２について、波浪情報を表示することを許可しないデータを生成する。

[0092] 上記の処理によって生成された表示用データは、表示用データ生成部１０から表示器３へ出力される。

[0093] 表示器３は、たとえば、波１０１，１０２のそれぞれについて、表示用デ

ータによって特定される波浪情報を表示可能である。表示器３は、第１波用表示領域６１と、第２波用表示領域６２とを有している。

[0094] 波１０１に関する波浪情報の信頼性が高い場合、図１３に示すように、第１波用表示領域６１には、波１０１に関する波浪情報（本実施形態では、波高、方位、波長）がそれぞれ表示される。一方、波１０１に関する波浪情報の信頼性が低い場合、第１波用表示領域６１には、波１０１に関する波浪情報は表示されず、たとえば、横棒が表示される。

[0095] 上記と同様に、波１０２に関する波浪情報の信頼性が高い場合、第２波用表示領域６２には、波１０２に関する波浪情報（本実施形態では、波高、方位、波長）がそれぞれ表示される。一方、波１０２に関する波浪情報の信頼性が低い場合、図１３に示すように、第２波用表示領域６２には、波１０２に関する波浪情報は表示されず、たとえば、横棒が表示される。

[0096] 次に、信号処理装置２０における処理の流れの一例を説明する。図１４は、信号処理装置２０における処理の流れの一例を説明するためのフローチャートである。なお、以下では、フローチャートを参照して説明する場合、フローチャート以外の図も適宜参照しながら説明する。

[0097] 信号処理装置２０では、まず、データ蓄積部１２が、受信部５から出力されるエコーデータを、複数スキャン（本実施形態では、３２スキャン）分、蓄積する（ステップＳ１１）。

[0098] 次に、周波数解析部１３が、複数スキャン分のエコーデータを用いて、周波数解析をすることで、波数データＤ１を取得する（ステップＳ１２）。すなわち、所定の観測エリアとしての自船周囲領域ＡＲ１のうち解析領域Ｚ１０における波浪を観測することで得られた観測データに基づいて、波数と周波数との関係を含む３次元の波数データを取得する。

[0099] 次に、波浪情報取得部１４は、３次元の波数データＤ１に対して、分散関係算出部１５で算出された波浪の分散関係を用いるフィルタ処理を施す。これにより、波浪情報取得部１４は、波浪成分、すなわち、波数データＤ１に含まれる波浪データＤ２を検出する（ステップＳ１３）。

[0100] 次に、ＭＴＦ処理部１６は、波浪データＤ２に所定の係数を乗じる処理（ステップＳ１４）を行うことで、波浪データＤ３を生成する。

[0101] その後、ωθ変換部１７は、波浪データＤ３の座標をωθの極座標に変換する（ステップＳ１５）。

[0102] その後、信頼性評価部９は、周波数解析部１３から出力された波数データＤ１と、波浪データＤ２と、ωθ変換部１７から出力されたωθスペクトルデータＤ４と、を用いて、波浪データＤ３の信頼性を評価する（ステップＳ１６）。この際、信頼性評価部９は、ωθスペクトルデータＤ４を用いて、評価対象エリアＡＲ１の一部である第１評価用エリアＡＲ１０および、第２評価用エリアＡＲ２０について、波浪データＤ３で特定される波浪情報の信頼性を評価する。

[0103] ２次元スペクトル変換部１８は、ωθスペクトルから出力されたωθスペクトルデータＤ４と、信頼性評価部９から出力された、各評価用エリアＡＲ１０，ＡＲ２０の信頼性評価結果（本実施形態では、評価データＤ６～Ｄ９）と、について、ｋｙｋｙの２次元座標のデータに変換する（ステップＳ１７）。

[0104] 次に、表示用データ生成部１０は、２次元スペクトル変換部１８から出力されたωθスペクトルデータＤ５を用いて、最も大きな波１０１と２番目に大きな波１０２のそれぞれの波向、波高、周波数について、信頼性評価に合格した波の情報を表示するためのデータを生成する。このデータが用いられることで、表示器３に信頼性の高い波浪データが表示される。

[0105] 次に、信号処理装置２０の信頼性評価部９における処理（ステップＳ１６）の流れの一例を説明する。図１５は、信号処理装置２０の信頼性評価部９における処理の流れの一例を説明するためのフローチャートである。

[0106] 信頼性評価部９では、まず、第１信頼性評価ユニット２１において、パワー比信頼性を判定する。第１信頼性評価ユニット２１の指標判定部２６は、パワー比ＰＷ２／ＰＷが前述のしきい値Ｐｗｔｈ以上である場合、信号処理装置２０において十分な大きさの波浪成分が検出されていると判定し（ステ

ップＳ２１でＯＫ）、信頼性評価部９による信頼性評価（ステップＳ２２～Ｓ２８）を許可する。

[0107] 一方、第１信頼性評価ユニット２１の指標判定部２６は、パワー比ＰＷ２／ＰＷが前述のしきい値Ｐｗｔｈ未満である場合、信号処理装置２０において十分な大きさの波浪成分が検出されていないと判定する（ステップＳ２１でＮＧ）。この場合、第１信頼性評価ユニット２１の指標判定部２６は、波１０１，１０２のそれぞれについての波浪情報の信頼性が低いことを示すデータＤ６を、２次元スペクトル変換部１８に出力する（ステップＳ２３）。

[0108] 第１信頼性評価ユニット２１が、第２信頼性評価ユニット２２による信頼性評価を許可した場合（ステップＳ２１でＯＫ）、第２信頼性評価ユニット２２の第１スペクトル評価部４３は、第１評価用スペクトルＳＰ１０が信頼性を有する値を示しているか否かを判定する（ステップＳ２２）。

[0109] 第１方位スペクトルＳＰ１１および第１周波数スペクトルＳＰ１２の少なくとも一方において、対応する判定指標Ｂ１１，Ｂ１２がしきい値Ｂ１ｔｈ未満である場合（ステップＳ２２でＮＧ）、第１スペクトル評価部４３は、第１評価用エリアＡＲ１０における波１０１、すなわち、自船周囲領域ＡＲ１において最も強い波１０１に関して、波浪情報の信頼度が低いと判定する（ステップＳ２３）。

[0110] なお、波１０１に関して波浪情報の信頼度が低い場合、波１０２についての波浪情報の信頼度も当然に低いと考えられる。よって、この場合、第１スペクトル評価部４３は、第２評価用スペクトルＳＰ２０で特定される波１０２についても、波浪情報の信頼度が低いと判定する（ステップＳ２３）。この場合、第１スペクトル評価部４３は、この判定結果を示すデータＤ７を２次元スペクトル変換部１８へ出力する。

[0111] 一方、第１評価用スペクトルＳＰ１０の第１方位スペクトルＳＰ１１および第１周波数スペクトルＳＰ１２の何れにおいても、対応する判定指標Ｂ１１，Ｂ１２がしきい値Ｂ１ｔｈ以上である場合（ステップＳ２２でＯＫ）、第１スペクトル評価部４３は、第１評価用エリアＡＲ１０における波１０１

、すなわち、自船周囲領域ＡＲ１の解析エリアＺ１０において最も強い波１０１に関して、波浪情報の信頼度が高いと判定する（ステップＳ２４）。この場合、第１スペクトル評価部４３は、この判定結果を示すデータＤ７を２次元スペクトル変換部１８へ出力する。

[0112] 次に、波１０１に関する波浪情報の信頼性が高いと判定された場合、ピーク比評価部４６は、ピーク比Ｐ２１／Ｐ１１，Ｐ２２／Ｐ１２のそれぞれについての信頼性判定指標Ｂ３，Ｂ４がしきい値Ｂ３４ｔｈ以上であるか否かを判定する（ステップＳ２５）。

[0113] 信頼性判定指標Ｂ３，Ｂ４の少なくとも一方がしきい値Ｂ３４ｔｈ未満である場合（ステップＳ２５でＮＧ）、ピーク比評価部４６は、第２評価用スペクトルＳＰ２０で特定される波１０２の波浪情報について、信頼度が低いと判定する（ステップＳ２７）。ピーク比評価部４６は、この判定結果を示すデータＤ９を２次元スペクトル変換部１８へ出力する。

[0114] 一方、信頼性判定指標Ｂ３，Ｂ４の双方がしきい値Ｂ３４ｔｈ以上である場合（ステップＳ２５でＯＫ）、第２スペクトル評価部４４による、第２評価用スペクトルＳＰ２０の評価が行われる。より具体的には、第２スペクトル評価部４４は、第２評価用スペクトルＳＰ２０が信頼性を有する値を示しているか否かを判定する（ステップＳ２６）。

[0115] 第２方位スペクトルＳＰ２１および第２周波数スペクトルＳＰ２２の少なくとも一方において、対応する判定指標Ｂ２１，Ｂ２２がしきい値Ｂ２ｔｈ未満である場合（ステップＳ２６でＮＧ）、第２スペクトル評価部４４は、解析領域Ｚ１０における波１０２に関して、波浪情報の信頼度が低いと判定する（ステップＳ２７）。そして、第２スペクトル評価部４４は、この判定結果を示すデータＤ８を２次元スペクトル変換部１８へ出力する。

[0116] 一方、第２評価用スペクトルＳＰ２０の第２方位スペクトルＳＰ２１および第２周波数スペクトルＳＰ２２の何れにおいても、対応する判定指標Ｂ２１，Ｂ２２がしきい値Ｂ２ｔｈ以上である場合（ステップＳ２６でＯＫ）、第２スペクトル評価部４４は、解析領域Ａ１０（第２評価用エリアＡＲ２０

）における波１０２に関して、波浪情報の信頼度が高いと判定する（ステップＳ２８）。この場合、第２評価用スペクトル評価部４４は、この判定結果を示すデータＤ８を２次元スペクトル変換部１８へ出力する。

[0117] 以上の処理の流れによって、表示用データ生成部１０には、波１０１についての波浪情報が信頼性を有しているか否かについてのデータと、波１０２についての波浪情報が信頼性を有しているか否かについてのデータと、が与えられる。表示用データ生成部１０は、これらのデータ（すなわち、信頼性データ）に基づいて、表示器３に画像を表示させるためのデータを生成する。

[0118] 以上説明したように、本実施形態によると、信頼性評価部９は、自船周囲領域Ｚ１の一部である解析領域Ｚ１０について、波浪情報の信頼性を評価する。この構成によると、信頼性評価部９は、波浪データのうち、解析領域Ｚ１０において比較的大きな波が生じていることを示すデータに着目して、波浪情報の信頼性を評価することができる。このような構成により、信頼性評価部９は、波浪情報を信頼できるか否かについて、より確実に判定することが可能である。

[0119] また、本実施形態によると、信頼性評価部９は、解析領域Ｚ１０に関して、波浪データに基づいて波浪に関するスペクトルＳＰ１０，ＳＰ２０を算出する評価用スペクトル算出部４１，４２と、スペクトルＳＰ１０，ＳＰ２０に基づいて信頼性を評価するスペクトル評価部４３，４４と、を含んでいる。この構成によると、信頼性評価部９は、波浪に関するスペクトルＳＰ１０，ＳＰ２０を用いて、波浪情報の信頼性を評価できる。

[0120] また、本実施形態によると、スペクトル評価部４１，４２は、対応するスペクトルＳＰ１０，ＳＰ２０の強さの基準値としての中央ピーク値Ｐ１１，Ｐ１２，Ｐ２１，Ｐ２２と対応する平均値ＰＡ１１，ＰＡ１２，ＰＡ１２，ＰＡ２２との関係から信頼性の判定指標Ｂ１１，Ｂ１２，Ｂ２１，Ｂ２２を算出する。また、この判定指標Ｂ１１，Ｂ１２，Ｂ２１，Ｂ２２は、中央ピーク値Ｐ１１，Ｐ１２，Ｐ２１，Ｐ２２のそれぞれを対応する平均値ＰＡ１

１，ＰＡ１２，ＰＡ２１，ＰＡ２２で除した値である。また、スペクトル評価部４３，４４は、判定指標Ｂ１１，Ｂ１２，Ｂ２１，Ｂ２２が対応する所定のしきい値Ｂ１ｔｈ，Ｂ２ｔｈ以上であるか否かに基づいて、信頼性の有無を評価する。この構成によると、各成分スペクトルＳＰ１１，ＳＰ１２，ＳＰ２１，ＳＰ２２の形状の急峻さ（急峻度合）に基づいて、波浪情報の信頼性をより正確に評価できる。

[0121] また、本実施形態によると、信頼性評価部９の第１スペクトル抽出部４９は、第１評価用エリアＡＲ１０において、最も大きいピーク値を有する第１評価用スペクトルＳＰ１０を抽出する。そして、第１スペクトル評価部４３は、第１評価用スペクトルＳＰ１０に基づいて波浪情報の信頼性を判定する。この構成によると、信頼性評価部９は、解析領域Ｚ１０内の波に関するスペクトル形状を最も明確に評価し易い当該スペクトルを用いて、波浪情報の信頼性を評価できる。

[0122] また、本実施形態によると、信頼性評価部９の第２スペクトル抽出部５９は、評価対象エリアＡＲ１のうち第１評価用エリアＡＲ１０を除くエリアにおいて、最も強いエコー強度が観測された箇所を中央に含む第２評価用エリアＡＲ２０であって、ピーク値Ｐ２を有する第２評価用スペクトルＳＰ２０を、抽出する。そして、第２スペクトル評価部４４は、第２評価用スペクトルＳＰ２０に基づいて波浪情報の信頼性を判定する。この構成によると、信頼性評価部９は、解析領域Ｚ１０内の波に関するスペクトル形状を最も明確に評価し易い第１評価用スペクトルＳＰ１０に加えて、自船周囲領域ＡＲ１の波に関するスペクトル形状を２番目に評価し易い第２評価用スペクトルＳＰ２０を用いて、波浪情報の信頼性を評価できる。

[0123] また、本実施形態によると、第２評価用エリア設定部５８は、第１評価用エリアＡＲ１０における第１評価用スペクトルＳＰ１０の強さを低減させた状態で、第２評価用エリアＡＲ２０を設定する。この構成によると、第２評価用エリア設定部５８は、第１評価用エリアＡＲ１０におけるスペクトル強度に影響されることを抑制された状態で、より正確に第２評価用エリアＡＲ

２０を設定できる。

[0124] また、本実施形態によると、信頼性評価部９のピーク比算出部４５は、第１評価用スペクトルＳＰ１０の中央ピーク値Ｐ１１，Ｐ１２と第２評価用スペクトルＳＰ２０の対応する中央ピーク値Ｐ２１，Ｐ２２と、の比に基づいて、信頼性の判定指標Ｂ３，Ｂ４を算出する。そして、ピーク比評価部４６は、判定指標Ｂ３，Ｂ４が所定のしきい値Ｂ３４ｔｈ以上であるか否かに基づいて、波浪情報の信頼性を評価する。この構成によると、第２評価用スペクトルＳＰ２０の中央ピーク値Ｐ２が第１評価用スペクトルＳＰ１０の中央ピーク値Ｐ１と比べて十分に小さい場合、信頼性評価部９は、第２評価用スペクトルＳＰ２０で特定される、解析領域Ｚ１０内における２番目に大きな波について、ノイズ程度の小さなスペクトルデータであると判定することができる。

[0125] また、第１評価用スペクトルＳＰ１０および第２評価用スペクトルＳＰ２０は、それぞれ、極座標における方位方向θと周波数方向ωの２次元スペクトルである。そして、第１評価用スペクトルＳＰ１０および第２評価用スペクトルＳＰ２０は、それぞれ、方位方向θのスペクトル成分としての方位スペクトルＳＰ１１，ＳＰ２１および、周波数方向ωのスペクトル成分としての周波数スペクトルＳＰ１２，ＳＰ２２を含んでいる。この構成によると、信頼性評価部９は、スペクトルの成分毎に、波浪情報の信頼性評価を行うことができる。これにより、信頼性評価部９は、より正確に、波浪情報の信頼性を評価できる。

[0126] また、本実施形態によると、表示器３には、信頼性評価部９での評価結果に応じて、波浪情報が表示されたり、非表示となったりする。具体的には、信頼性評価部９において信頼性が高いと評価された波に関する波浪情報については、表示器３に表示される。一方、信頼性評価部９において信頼性が高いと評価された波に関する波浪情報については、表示器３に表示されない。これにより、ユーザに対して、信頼性が高い波浪情報のみを提供することができる。

[0127] 以上、本発明の実施形態について説明したけれども、本発明はこれらに限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

[0128] （１）上記実施形態では、図１５を参照して、第１スペクトルの信頼度が低い場合、具体的には、第１方位スペクトルＳＰ１１および第１周波数スペクトルＳＰ１２の少なくとも一方において、対応する判定指標Ｂ１１，Ｂ１２がしきい値Ｂ１ｔｈ未満である場合（ステップＳ２２でＮＧ）、第２スペクトルの信頼度の判定が行われないが、これに限らない。例えば、第１スペクトルの信頼度が低い場合であっても、第２スペクトルの信頼度の判定が行われてもよい。

[0129] （２）上記実施形態では、２つの波１０１，１０２に関する波浪情報の信頼度を判定する例を挙げて説明したが、これに限らず、３つ以上のｎ個（ｎは自然数）の波に関する波浪情報の信頼度が判定されてもよい。これにより、多数の波の波浪情報について、信頼性を評価できる。

[0130] （３）図１６は、変形例に係るレーダ装置の表示器の表示画面の一例を示す図である。上述した実施形態では、信頼性が高い波浪情報は表示器３に表示される一方、信頼性が低い波浪情報については表示器３に表示されないが、これに限らない。具体的には、例えば各波について算出された波浪情報が信頼性の高低に関わらず全て表示器に表示され、それとともに、各波に関する波浪情報に対応する位置にその波に関する信頼性の度合を示す指標が表示されてもよい。本変形例では、第１波用表示領域６１及び第２波用表示領域６２のそれぞれに、各波の信頼性の度合を示す指標として、インジケータ６３が表示される。図１６で示すインジケータ６３では、信頼性が高くなるにつれて、矩形状の指示部６４の長さが右側へ向かって延びて長くなる一方、信頼性が低くなるにつれて、指示部６４の長さが短くなる。

[0131] 以上のように、本変形例によれば、波浪情報が信頼性の度合（本変形例の場合、インジケータ６３）とともに表示されるため、ユーザは、その信頼性の度合を見ることにより、波浪情報として表示されている数値の確からしさ

を把握できる。

[0132] なお、本変形例では、インジケータとして、図１６に示すような棒グラフ状のインジケータを例に挙げたが、これに限らず、インジケータは、その他の表示方式であってもよい。例えば一例として、信頼性が低い場合には赤が表示され、信頼性が高くなるに連れて、橙、黄、緑、青と、徐々に色調が変化するインジケータを設けてもよい。この場合、波浪情報の文字色等をそのインジケータの色調に連動させてもよい。

符号の説明

[0133] １　レーダ装置

４　アンテナ（送波器、受波器）

９　信頼性評価部

１３　周波数解析部（波数データ取得部）

１４　波浪情報取得部

２０　信号処理装置

４１　第１スペクトル算出部

４２　第２スペクトル算出部

４３　第１スペクトル評価部

４４　第２スペクトル評価部

４５　ピーク比算出部

４６　ピーク比評価部

４８　第１評価用エリア設定部

４９　第１スペクトル抽出部

５８　第２評価用エリア設定部

５９　第２スペクトル抽出部

ＡＲ１　評価対象エリア

ＡＲ１０，ＡＲ２０　評価用エリア

Ｂ１１，Ｂ１２，Ｂ２１，Ｂ２２，Ｂ３，Ｂ４　信頼性の判定指標

Ｂ１ｔｈ，Ｂ２ｔｈ，Ｂ３４ｔｈ　しきい値

Ｄ１　波数データ

Ｄ２　波浪データ

Ｐ１１，Ｐ１２，Ｐ２１，Ｐ２２　スペクトルの強さの中央ピーク値

ＰＡ１１，ＰＡ１２，ＰＡ１２，ＰＡ２２　スペクトルの強さの平均値

ＳＰ１０　第１評価用スペクトル

ＳＰ１１，ＳＰ２１　方位スペクトル

ＳＰ１２，ＳＰ２２　周波数スペクトル

ＳＰ２０　第２評価用スペクトル

Ｚ１　自船周囲領域（観測エリア）

Ｚ１０　解析領域

請求の範囲

[請求項1] 所定の観測エリアにおける波浪を観測することで得られた観測データに基づいて、波数と周波数との関係を含む波数データを取得する波数データ取得部と、

前記波数データに所定のフィルタ処理を施すことで前記波数データに含まれる波浪データを検出する波浪情報取得部と、

前記観測エリアの一部である所定の解析領域について、前記波浪データで特定される波浪情報の信頼性を評価する、信頼性評価部と、

を備えていることを特徴とする、信号処理装置。

[請求項2] 請求項１に記載の信号処理装置であって、

前記信頼性評価部は、前記解析領域に関して、前記波浪データに基づいて前記波浪に関するスペクトルを算出するスペクトル算出部と、前記スペクトルに基づいて前記信頼性を評価するスペクトル評価部と、を含んでいることを特徴とする、信号処理装置。

[請求項3] 請求項２に記載の信号処理装置であって、

前記スペクトル評価部は、前記スペクトルの急峻度合に基づいて前記信頼性を評価することを特徴とする、信号処理装置。

[請求項4] 請求項３に記載の信号処理装置であって、

前記スペクトル評価部は、前記スペクトルの強さの基準値と前記スペクトルの強さの平均値との関係から前記信頼性の判定指標を算出することを特徴とする、信号処理装置。

[請求項5] 請求項４に記載の信号処理装置であって、

前記判定指標は、前記基準値を前記平均値で除した値であることを特徴とする、信号処理装置。

[請求項6] 請求項４または請求項５に記載の信号処理装置であって、

前記スペクトル評価部は、前記判定指標が所定のしきい値以上であるか否かに基づいて、前記信頼性の有無を評価することを特徴とする、信号処理装置。

[請求項7] 請求項２～請求項６の何れか１項に記載の信号処理装置であって、

前記信頼性評価部は、

前記解析領域内に含まれる波浪から得られたエコーに基づいて算出された、該波浪の角周波数と波浪の到来方向とで特定されるω θ座標の各位置に該波浪のエコー強度が表示されたω θスペクトル、において、最も強いエコー強度が観測された箇所を含む所定の第１評価用エリアを前記評価用エリアとして設定する第１評価用エリア設定部と、

前記第１評価用エリアにおいて最も大きいピーク値を有する所定の第１評価用スペクトルを抽出する第１評価用スペクトル抽出部と、

前記第１評価用スペクトルに基づいて前記信頼性を判定する前記スペクトル評価部としての第１スペクトル評価部と、

を含んでいることを特徴とする、信号処理装置。

[請求項8] 請求項７に記載の信号処理装置であって、

前記信頼性評価部は、

前記ω θ座標に含まれる領域である評価対象エリアのうち前記第１評価用エリアを除くエリアにおいて、最も強いエコー強度が観測された箇所を中心に含む所定の第２評価用エリアを前記評価用エリアとして設定する第２評価用エリア設定部と、

前記第２評価用エリアの中央においてピーク値を有する所定の第２評価用スペクトルを抽出する第２評価用スペクトル抽出部と、

前記第２評価用スペクトルに基づいて前記信頼性を判定する前記スペクトル評価部としての第２スペクトル評価部と、

を含んでいることを特徴とする、信号処理装置。

[請求項9] 請求項８に記載の信号処理装置であって、

前記第２評価用エリア設定部は、前記第１評価用エリアにおける前記第１評価用スペクトルの強さを低減させた状態で、前記第２評価用エリアを設定することを特徴とする、信号処理装置。

[請求項10] 請求項８または請求項９に記載の信号処理装置であって、

前記信頼性評価部は、ピーク比算出部を含み、

前記ピーク比算出部は、前記第１評価用スペクトルの前記ピーク値と前記第２評価用スペクトルの前記中央におけるピーク値と、の比に基づいて、前記信頼性の判定指標を算出することを特徴とする、信号処理装置。

[請求項11] 請求項１０に記載の信号処理装置であって、

前記信頼性評価部は、ピーク比評価部を含み、

前記ピーク比評価部は、前記判定指標が所定のしきい値以上であるか否かに基づいて、前記信頼性を評価することを特徴とする、信号処理装置。

[請求項12] 請求項２～請求項６の何れか１項に記載の信号処理装置であって、

前記信頼性評価部は、

前記解析領域内に含まれる波浪から得られたエコーに基づいて算出された、該波浪の角周波数と波浪の到来方向とで特定されるωθ座標の各位置に該波浪のエコー強度が表示されたωθスペクトル、において、ｎ番目（ｎは自然数）に強いエコー強度が観測された箇所を含む第ｎ評価用エリアを設定する第ｎ評価用エリア設定部と、

前記第ｎ評価用エリアにおいて最も大きいピーク値を有する所定の第ｎ評価用スペクトルを抽出する第ｎ評価用スペクトル抽出部と、

前記第ｎ評価用スペクトルに基づいて前記信頼性を判定する前記スペクトル評価部としての第ｎスペクトル評価部と、

を含んでいることを特徴とする、信号処理装置。

[請求項13] 請求項２～請求項１２の何れか１項に記載の信号処理装置であって、

前記スペクトルは、極座標における方位方向と周波数方向の２次元スペクトルであり、前記方位方向のスペクトル成分としての方位スペクトル、および、前記周波数方向のスペクトル成分としての周波数スペクトルを含んでいることを特徴とする、信号処理装置。

[請求項14] 送信波を送波する送波器と、

前記送波器から送波された送信波が波浪に反射して帰来するエコーを受波する受波器と、

前記受波器で受波されたエコーを処理する請求項１から請求項１３の何れか１項に記載の信号処理装置と、

を備えていることを特徴とする、レーダ装置。

[請求項15] 請求項１４に記載のレーダ装置であって、

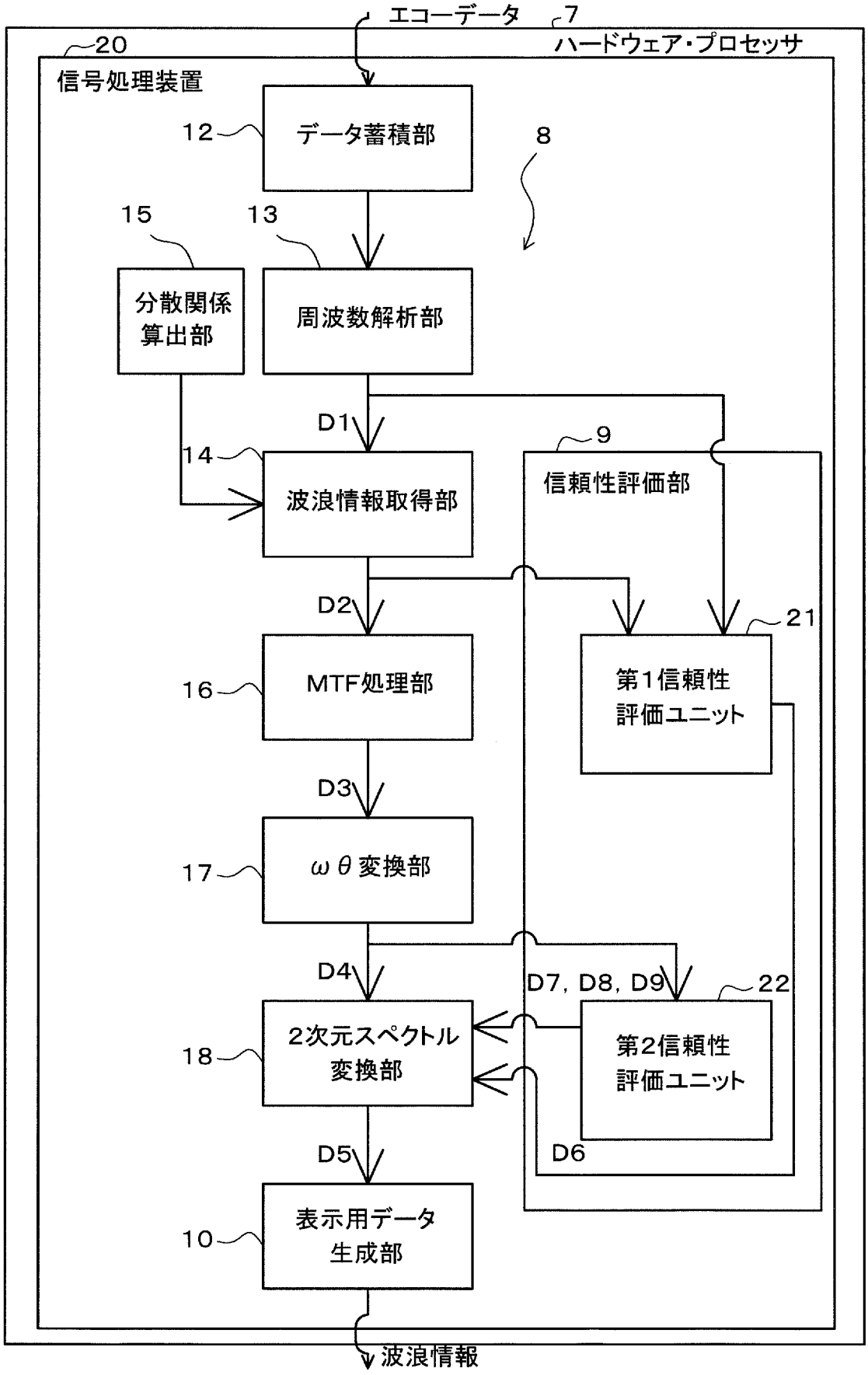
前記信頼性評価部での評価結果に応じて前記波浪情報の表示と非表示とが切り替えられる、又は前記信頼性評価部での評価結果を示す指標を表示する表示器、を更に備えていることを特徴とする、レーダ装置。

[請求項16] 所定の観測エリアにおける波浪を観測することで得られた観測データに基づいて、波数と周波数との関係を含む波数データを取得し、

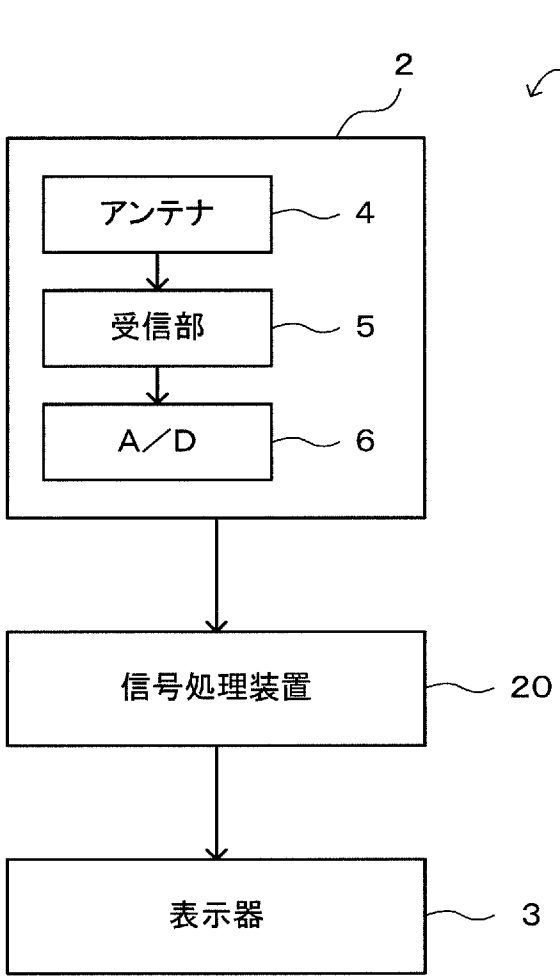
前記波数データに所定のフィルタ処理を施すことで前記波数データに含まれる波浪データを検出し、

前記観測エリアの一部である所定の解析領域について、前記波浪データで特定される波浪情報の信頼性を評価することを特徴とする、信号処理方法。

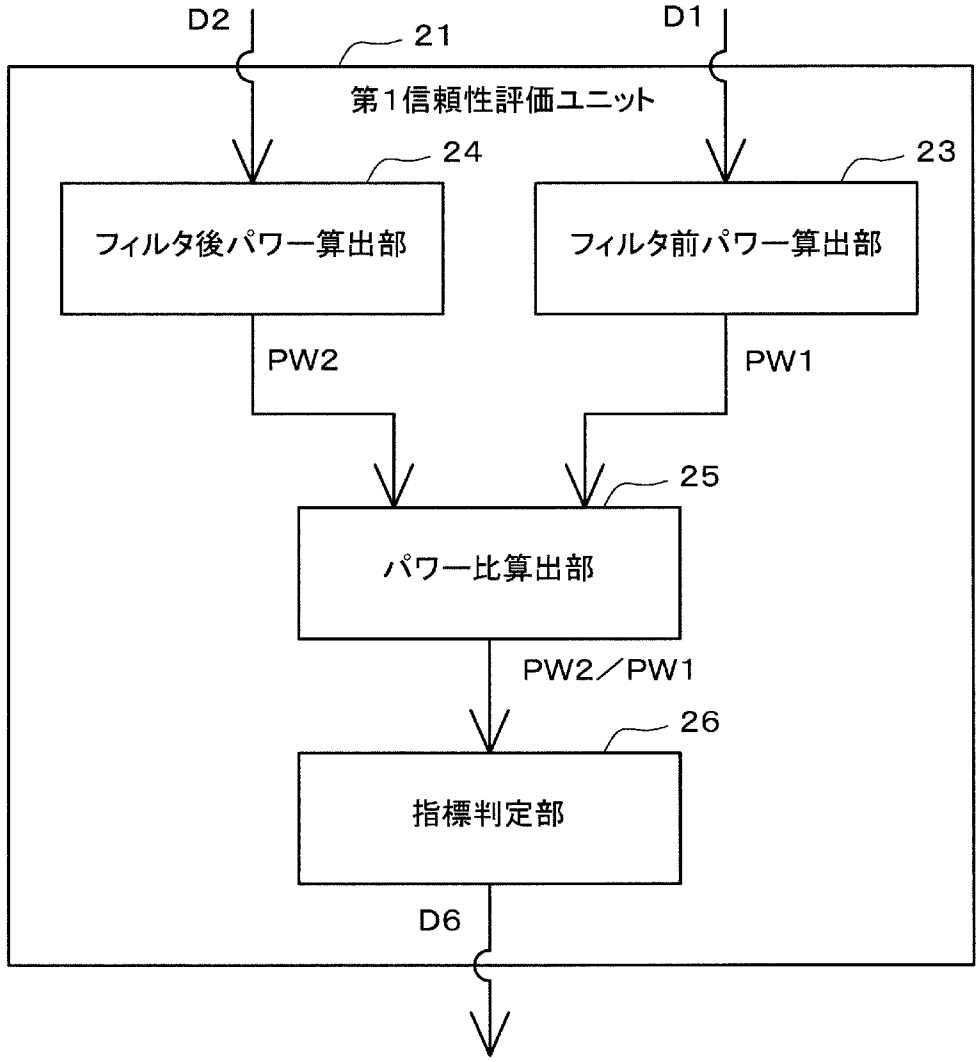
[図1]


エコーデータ
7
ハードウェア・プロセッサ
20
信号処理装置
12
データ蓄積部
8
15
13
分散関係
算出部
周波数解析部
D1
9
14
信頼性評価部
波浪情報取得部
D2
21
16
MTF処理部
第1信頼性
評価ユニット
D3
17
ωθ変換部
D4
D7, D8, D9
22
2次元スペクトル
変換部
18
第2信頼性
評価ユニット
D6
D5
表示用データ
生成部
10
波浪情報

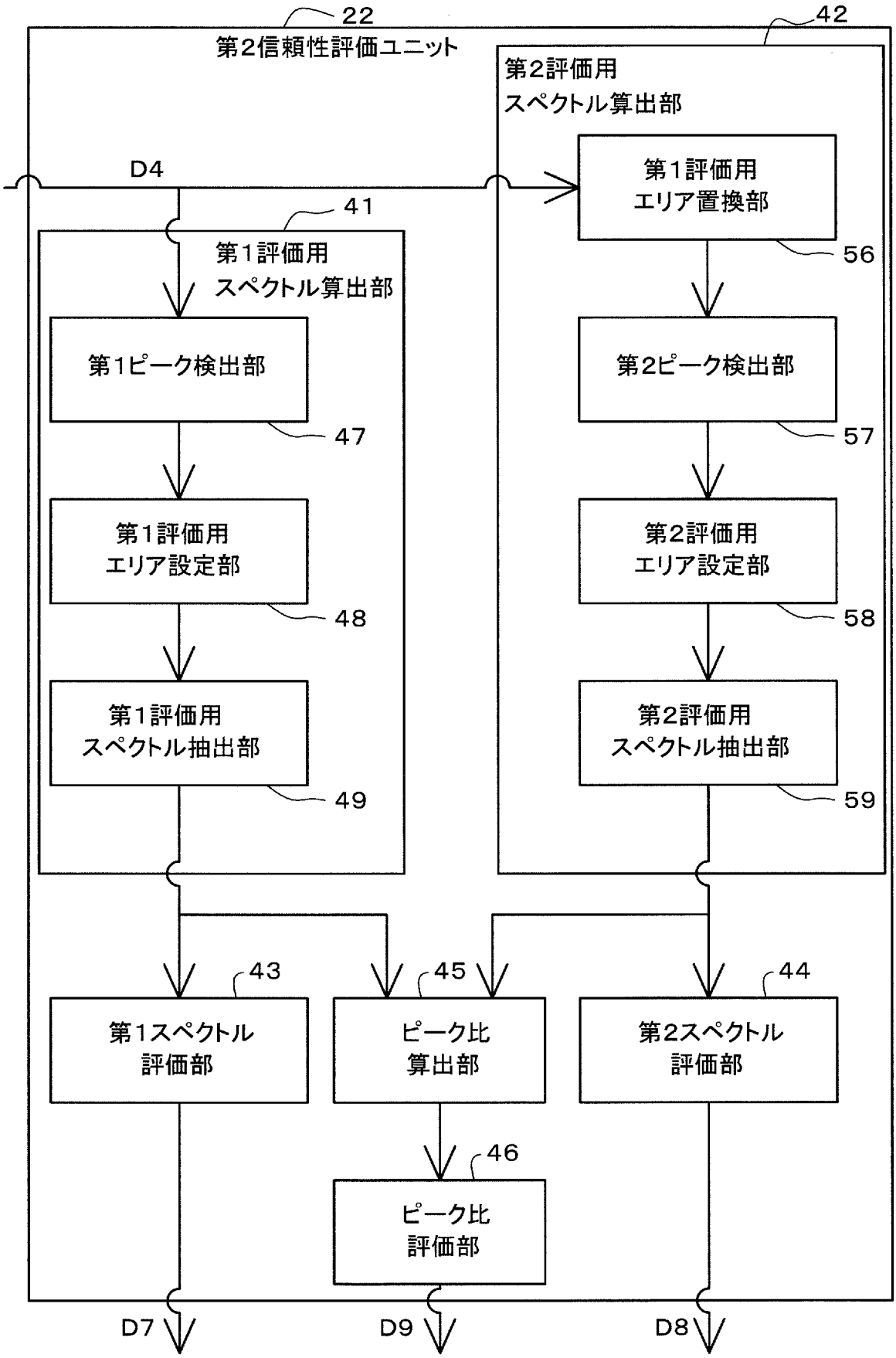
[図2]



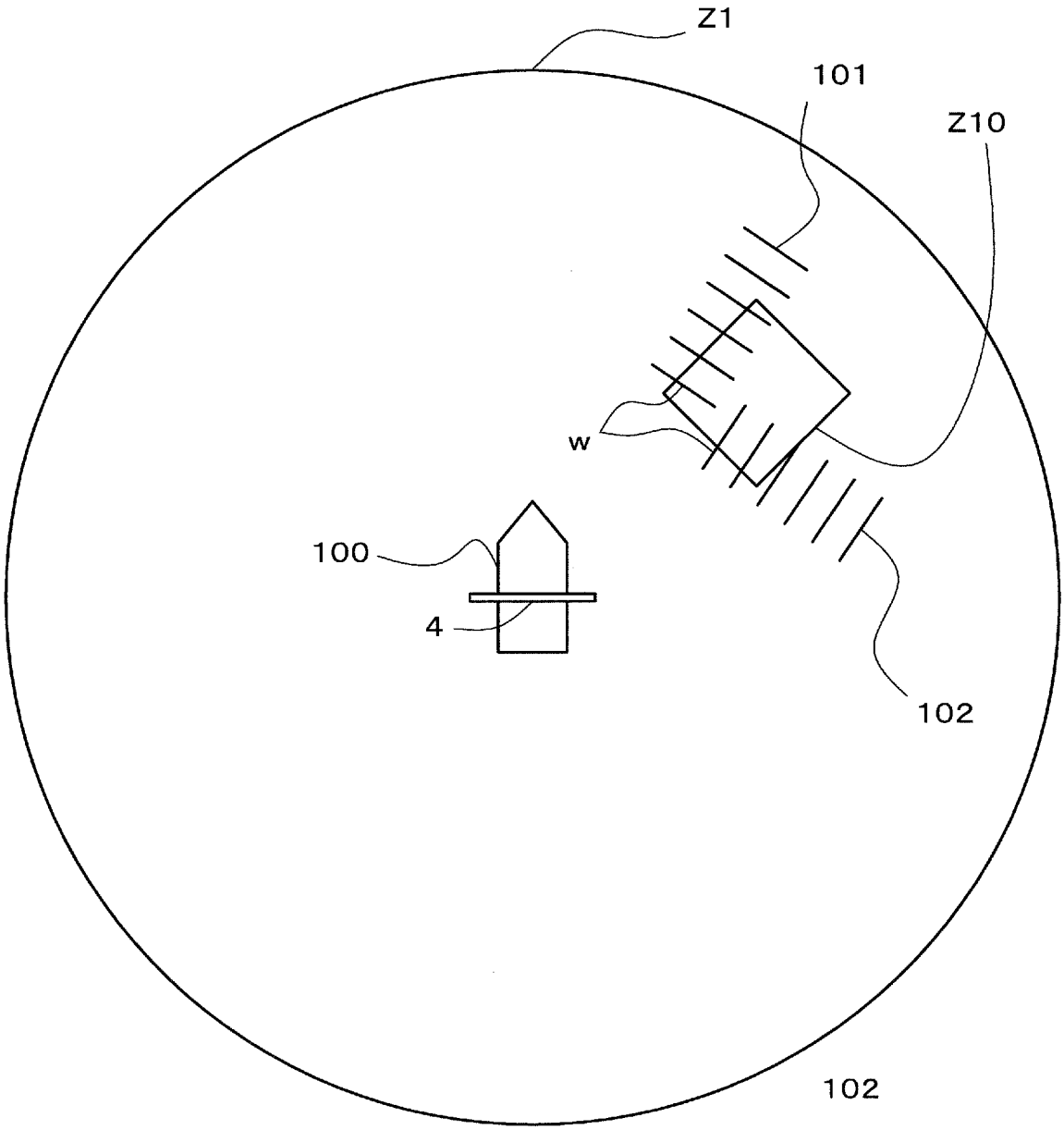
[図3]


D2
21
D1
第1信頼性評価ユニット
24
23
フィルタ後パワー算出部
フィルタ前パワー算出部
PW2
PW1
25
パワー比算出部
PW2／PW1
26
指標判定部
D6

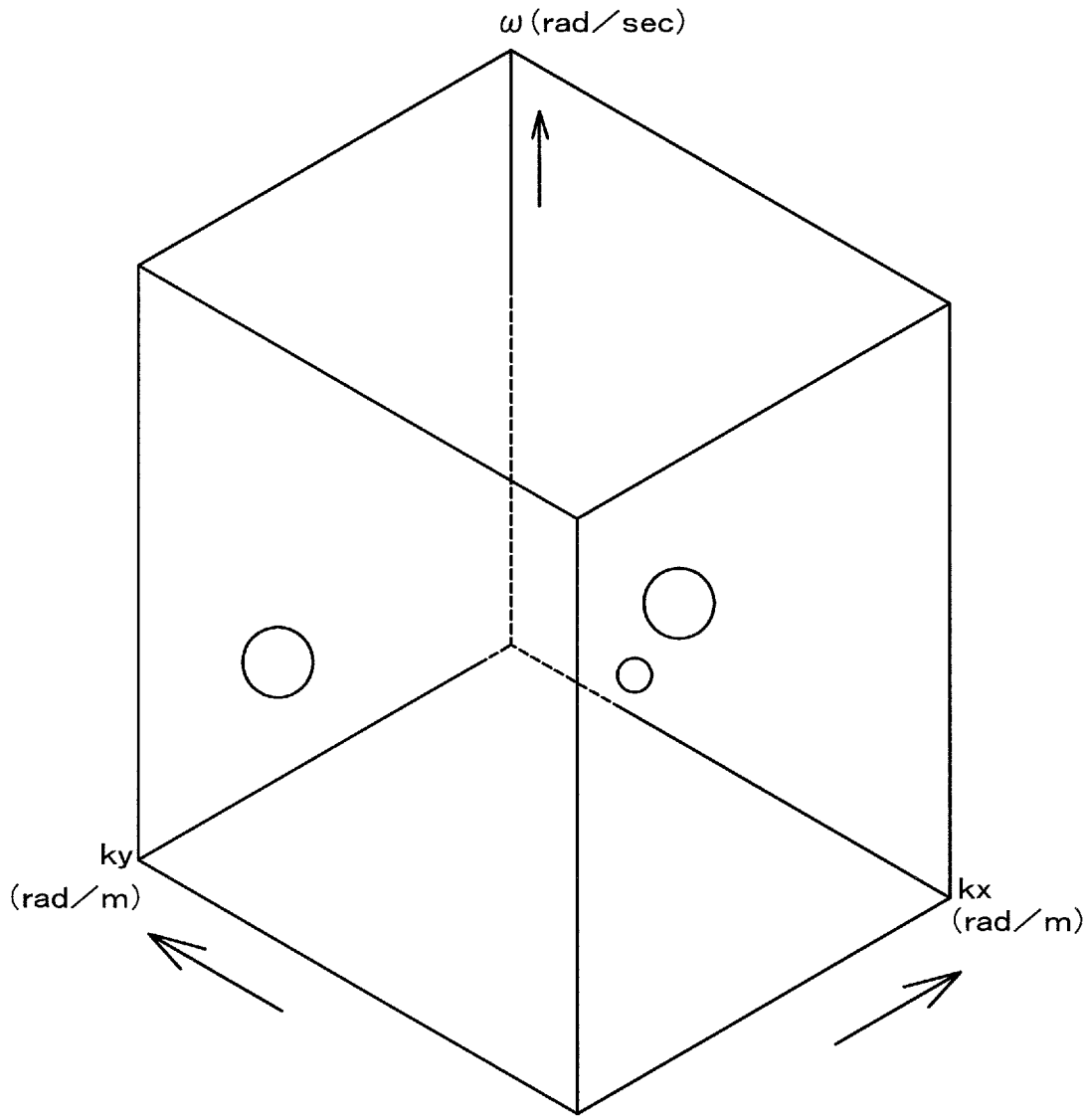
[図4]


22
第2信頼性評価ユニット
42
第2評価用
スペクトル算出部
D4
第1評価用
エリア置換部
56
41
第1評価用
スペクトル算出部
第1ピーク検出部
47
第2ピーク検出部
57
第1評価用
エリア設定部
48
第2評価用
エリア設定部
58
第1評価用
スペクトル抽出部
49
第2評価用
スペクトル抽出部
59
43
45
44
第1スペクトル
評価部
ピーク比
算出部
第2スペクトル
評価部
46
ピーク比
評価部
D7
D9
D8

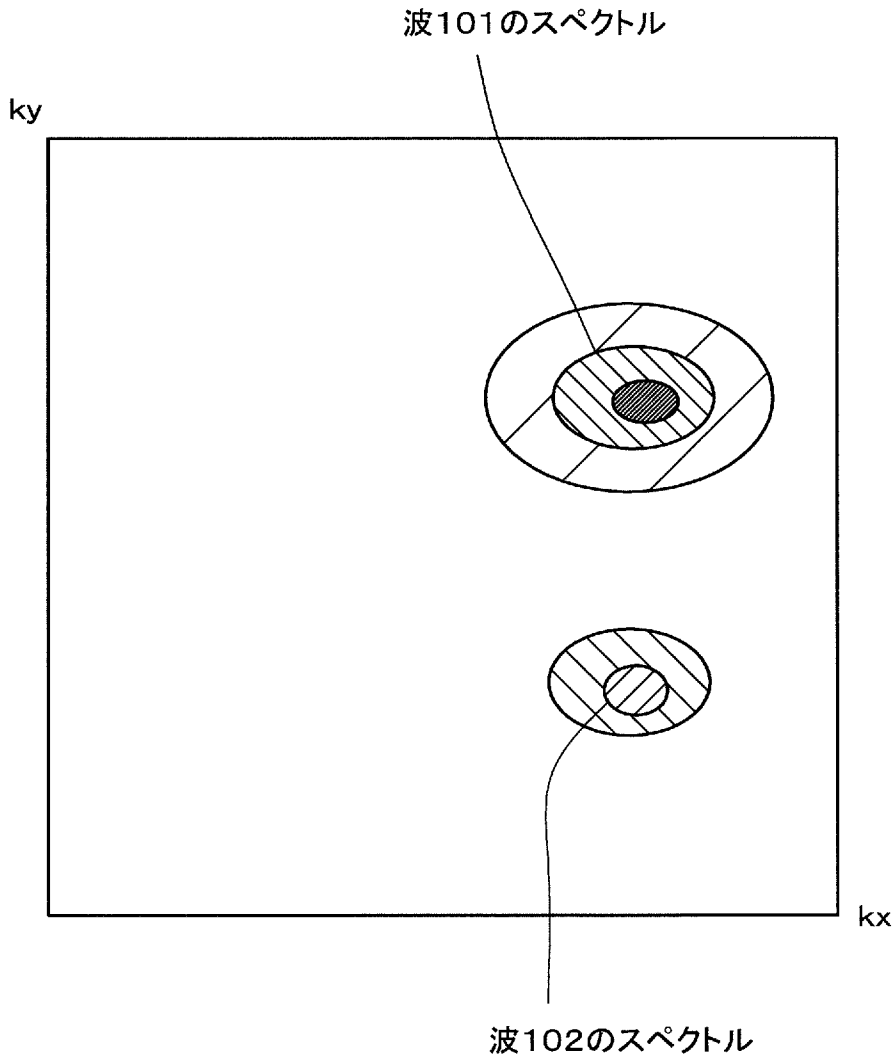
[図5]



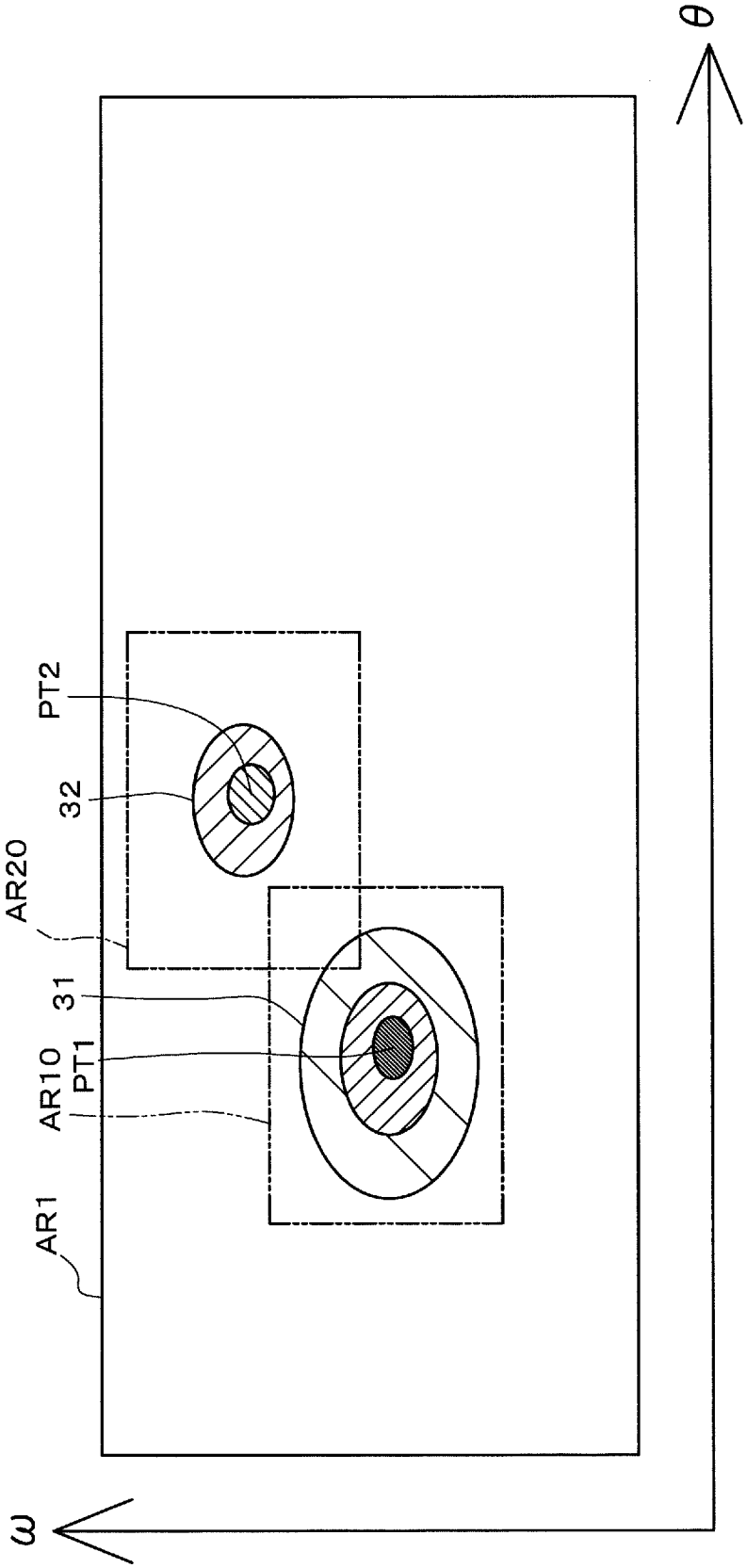
[図6]



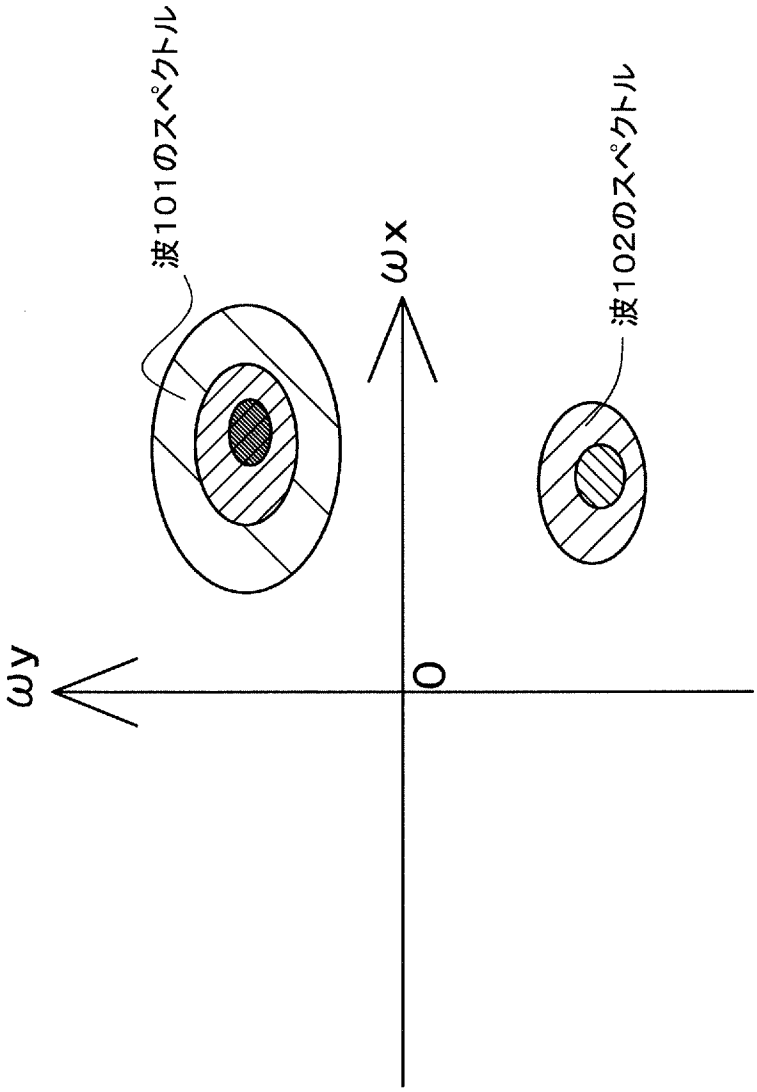
[図7]



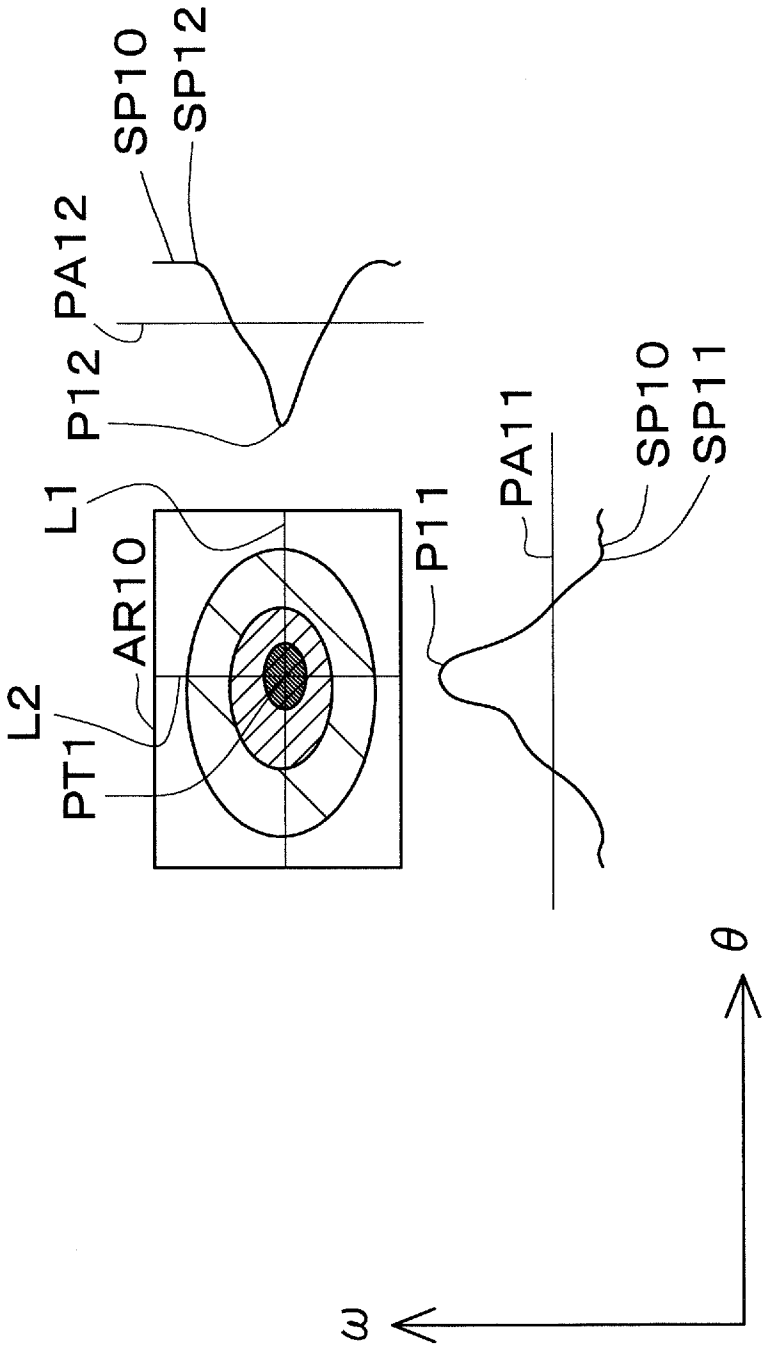
[図8]



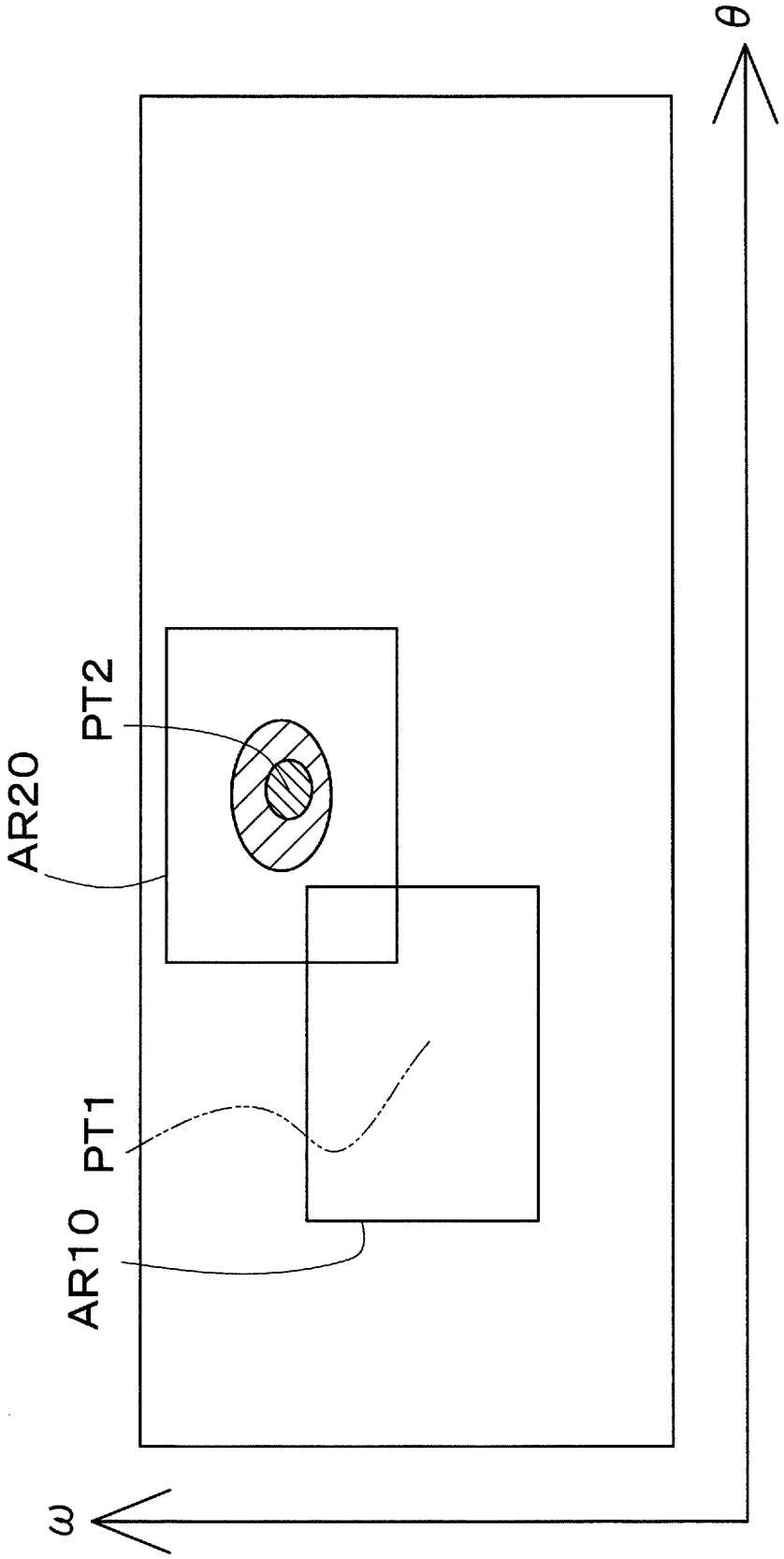
[図9]



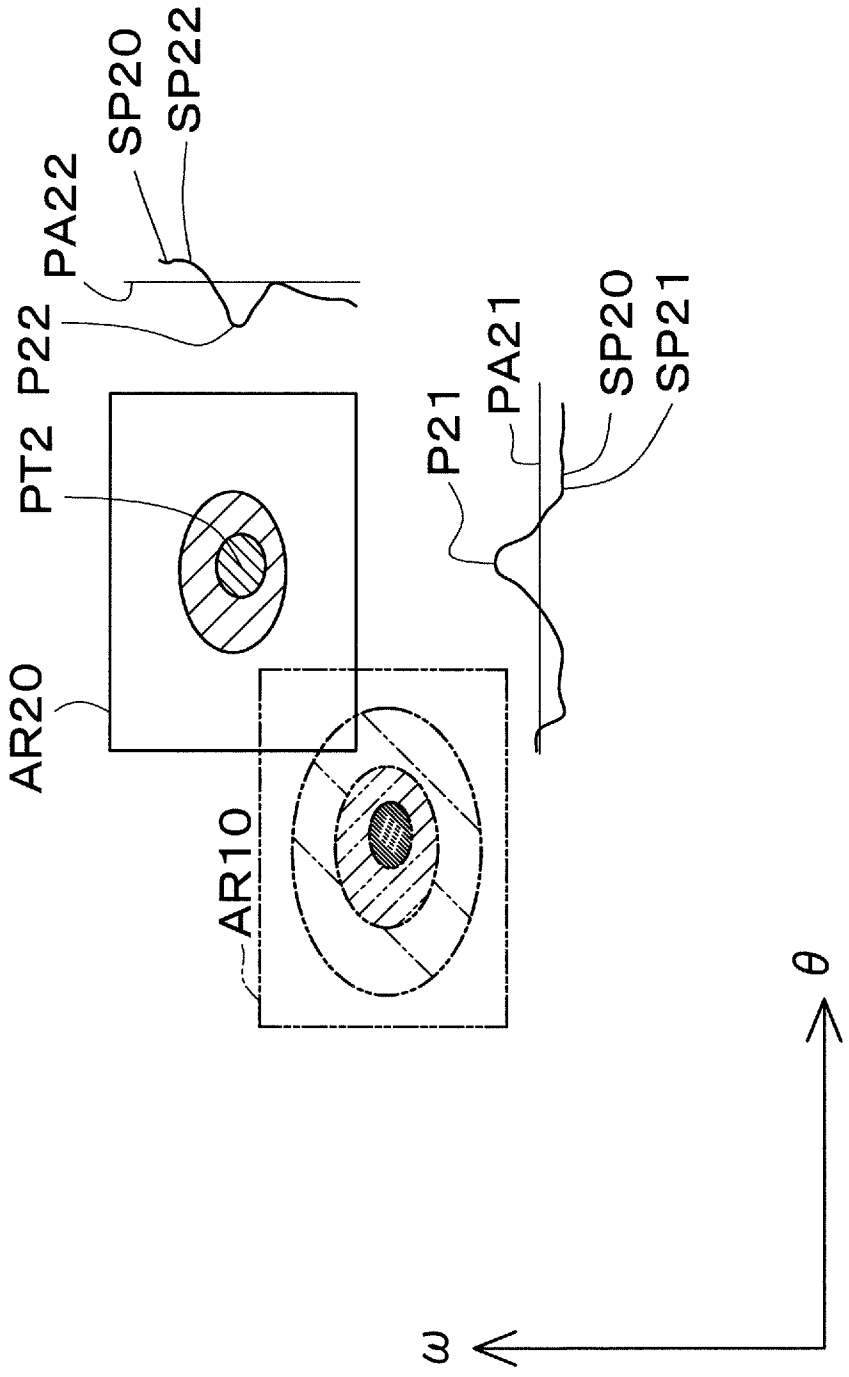
[図10]



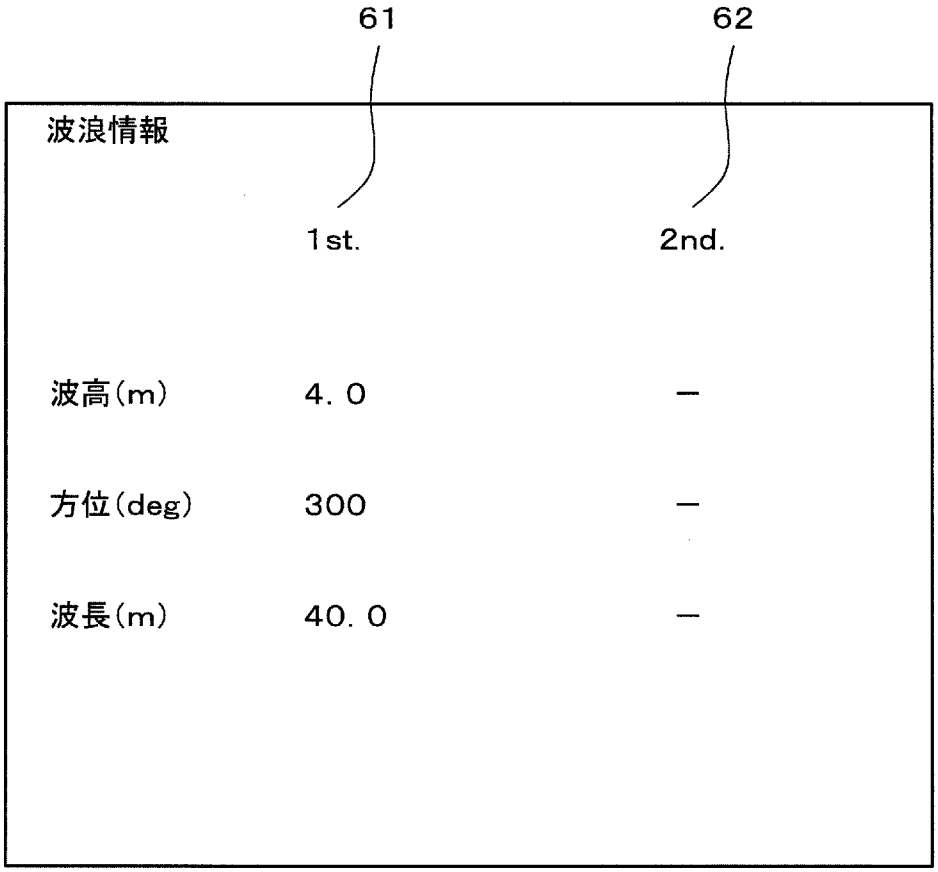
[図11]



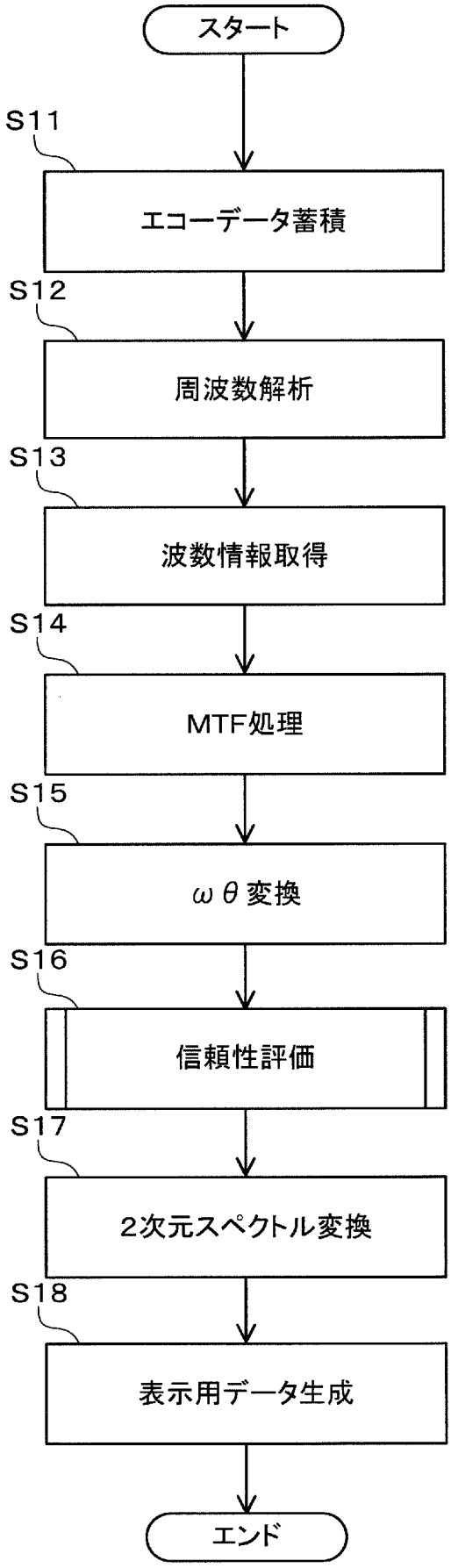
[図12]



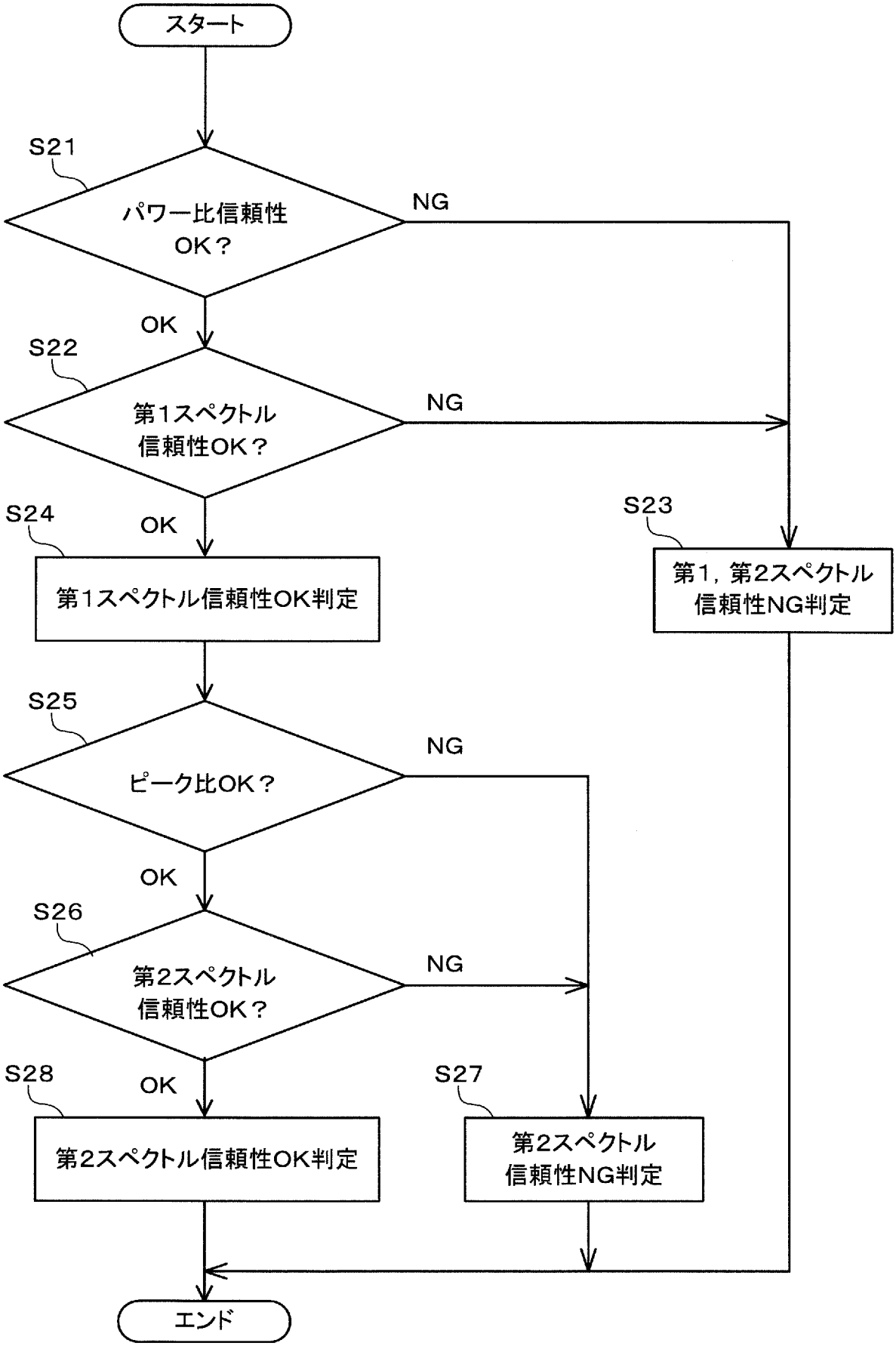
[図13]



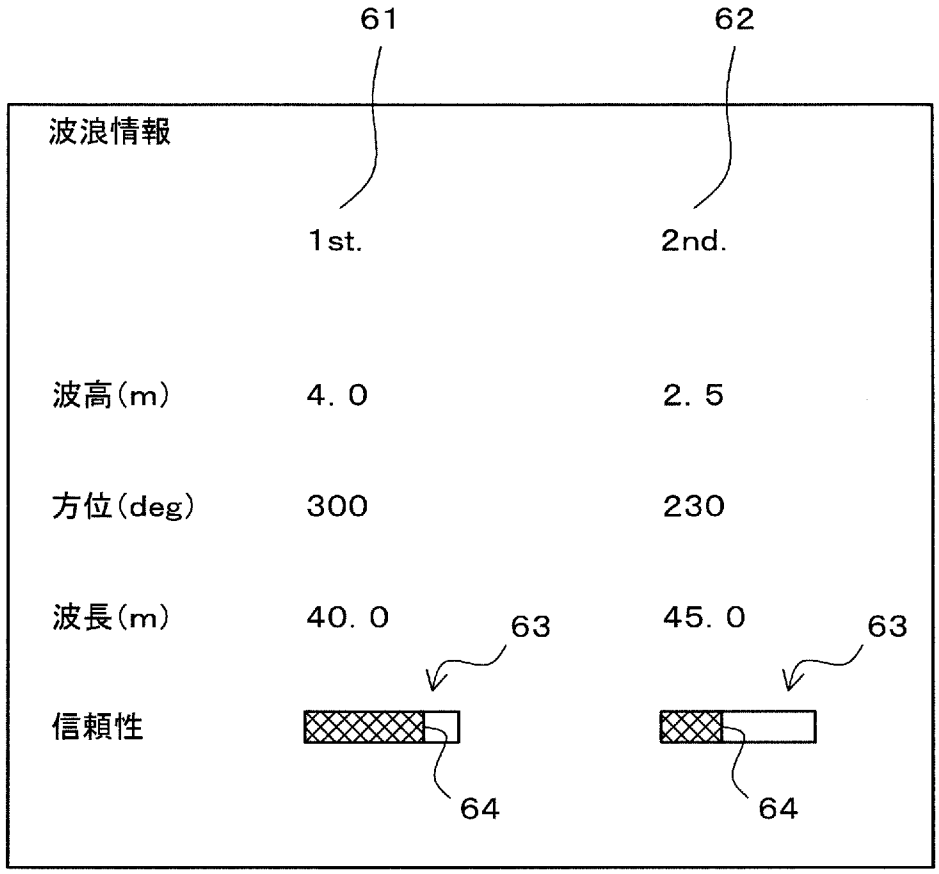
[図14]


スタート
S11
エコーデータ蓄積
S12
周波数解析
S13
波数情報取得
S14
MTF処理
S15
ωθ変換
S16
信頼性評価
S17
2次元スペクトル変換
S18
表示用データ生成
エンド

[図15]


スタート
S21
パワー比信頼性
OK？
NG
OK
S22
第1スペクトル
信頼性OK？
NG
S24
OK
第1スペクトル信頼性OK判定
S23
第1，第2スペクトル
信頼性NG判定
S25
ピーク比OK？
NG
OK
S26
第2スペクトル
信頼性OK？
NG
S28
OK
第2スペクトル信頼性OK判定
S27
第2スペクトル
信頼性NG判定
エンド

[図16]


61
62
波浪情報
1st.
2nd.
波高(m)
4.0
2.5
方位(deg)
300
230
波長(m)
40.0
45.0
63
63
信頼性
64
64

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/009494

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01S13/95(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S7/00-7/42, 13/00-13/95

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2005-003611 A (Japan Radio Co., Ltd.), 06 January 2005 (06.01.2005), paragraphs [0025] to [0060], [0107]; fig. 10 (Family: none)	1-6,14-16 7-9,12-13 10-11
Y A	JP 2003-185743 A (Yokohama TLO Co., Ltd.), 03 July 2003 (03.07.2003), paragraphs [0031] to [0035] (Family: none)	7-9,12-13 1-6,10-11, 14-16
A	JP 2013-234932 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 21 November 2013 (21.11.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 June 2017 (01.06.17)	13 June 2017 (13.06.17)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/009494

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-014472 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 22 January 2015 (22.01.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 2004-338580 A (Yokohama TLO Co., Ltd.), 02 December 2004 (02.12.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-16
A	US 2003/0167125 A1 (SEEMANN, Jorg et al.), 04 September 2003 (04.09.2003), entire text; all drawings & WO 2002/008786 A1	1-16

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００９４９４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S13/95(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S7/00-7/42, 13/00-13/95

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y A	JP 2005-003611 A（日本無線株式会社） 2005.01.06, 段落［００２５］～［００６０］、［０１０７］、図１０ （ファミリーなし）	1-6, 14-16 7-9, 12-13 10-11
Y A	JP 2003-185743 A（よこはまティーエルオー株式会社） 2003.07.03, 段落［００３１］～［００３５］ （ファミリーなし）	7-9, 12-13 1-6, 10-11, 14-16

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０１．０６．２０１７	１３．０６．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｓ　４７４４
請園　信博
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2013-234932 A (古野電気株式会社) 2013.11.21, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2015-014472 A (古野電気株式会社) 2015.01.22, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2004-338580 A (よこはまティーエルオー株式会社) 2004.12.02, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-16
A	US 2003/0167125 A1 (SEEMANN, Jorg et al.) 2003.09.04, 全文、全図 & WO 2002/008786 A1	1-16