

(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)



(10) 国際公開番号
WO 2017/179344 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/95 (2006.01) G01W 1/00 (2006.01)
G01C 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/009496
- (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 2016-079175 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 5 2 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 森垣 亮祐 (MORIGAKI, Ryosuke); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 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 5 2 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 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). トラン ミン (TRAN TRONG MINH); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 焼山 祐也 (YAKIYAMA, Yuya); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原

町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 中島 陵 (NAKAJIMA, Ryo); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 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.

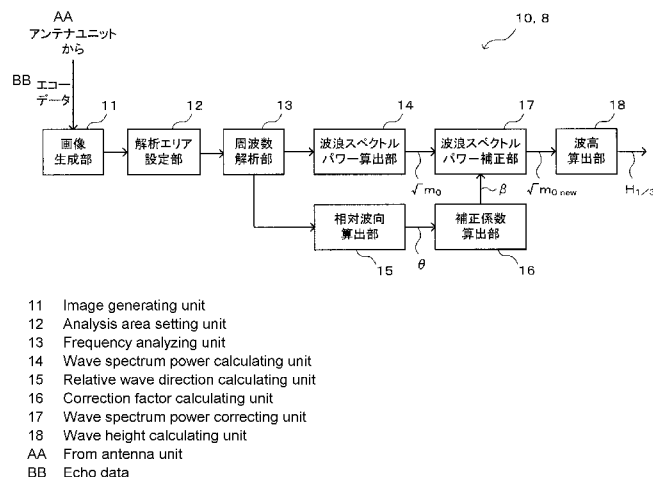
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

[続葉有]

(54) Title: WAVE HEIGHT CALCULATING DEVICE, RADAR DEVICE, AND WAVE HEIGHT CALCULATING METHOD

(54) 発明の名称: 波高算出装置、レーダ装置、及び波高算出方法

[図2]



(57) Abstract: [Problem] To calculate a wave height accurately irrespective of the direction of progress of the wave of which the wave height is being calculated. [Solution] The present invention provides a wave height calculating device 10 provided with: a wave spectrum power calculating unit 14 which calculates a wave spectrum power $\sqrt{m_0}$ within an analysis area included in a detection area; a wave spectrum power correcting unit 17 which corrects the wave spectrum power $\sqrt{m_0}$ on the basis of a relative wave direction θ , which is the direction of progress of waves in the analysis area relative to a direction from the analysis area toward a wave receiver; and a wave height calculating unit 18 which calculates a wave height $H_{1/3}$ of waves in the analysis area on the basis of the corrected wave spectrum power $\sqrt{m_{0_new}}$.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/179344 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】波高が算出される波浪の進行方向に関係なく、波高を正確に算出する。【解決手段】探知エリア内に含まれる解析エリア内の波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を算出する波浪スペクトルパワー算出部 14 と、解析エリアから受波器に向かう方向を基準とした解析エリア内の波浪の進行方向である相対波向 θ 、に基づいて、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正する波浪スペクトルパワー補正部 17 と、補正された前記波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_{0_n.w}}$ に基づいて解析エリア内の波浪の波高 $H_{1/3}$ を算出する波高算出部 18 と、を備えた波高算出装置 10 を構成する。

明 細 書

発明の名称：波高算出装置、レーダ装置、及び波高算出方法

技術分野

[0001] 本発明は、水面に生じる波の高さを算出する波高算出装置、この波高算出装置を備えたレーダ装置、及び波高算出方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から知られている波高算出装置では、波浪の高さである波高 $H_{1/3}$ を、所定の算出式 ($H_{1/3} = \alpha \sqrt{m_0}$) に基づいて算出している。但し、 m_0 は波浪スペクトルの0次モーメントであり、 α は固定係数である。

[0003] なお、上述した波高 $H_{1/3}$ とは、いわゆる有義波高である。有義波高とは、有義波の波高を平均したものである。有義波とは、非特許文献1に記載されるように、ある地点で連続する波を観測したとき、波高の高さが、観測された波の数を母数とした上位3分の1に含まれる波（例えば20分間で100個の波が観測されれば、大きい方の33個の波）のことである。一般的に、上述のように定義される有義波高は、目視で監視される波高と概ね一致することが知られている。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：金沢地方気象台、「お天気まめ知識」、[online]、[平成28年2月24日検索]、インターネット〈<http://www.jma-net.go.jp/kanazawa/mame/nami/nami.html>〉

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、波峰線のエコーの映り方には方位依存性がある。具体的には、波浪の進行方向に向かって送信波が送波される場合、すなわち、波高算出対象となる波浪が含まれる解析エリアから受波器に向かう方向を基準とした前記波浪の進行方向で定義される相対波向が0度付近である場合には、波浪ス

ペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が大きくなり易く、波峰線のエコーが明瞭に映りやすい。同様に、波浪の進行方向に沿って送信波が送波される場合、すなわち、相対波向が180度付近である場合にも、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が大きくなり易く、波峰線のエコーが明瞭に映りやすい。一方、波浪の進行方向に対して垂直な方向に送信波が送波される場合、すなわち、相対波向が90度付近又は270度付近である場合には、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が小さくなり易く、波峰線のエコーが映りにくい。このように、波峰線の映り方には方位依存性があるため、波浪の高さが同じ場合であっても、解析エリアの方位によって $\sqrt{m_0}$ の値が変動してしまう。すなわち、従来の手法では、方位による波高計測誤差が生じてしまう。

[0006] 本発明は、上記課題を解決するためのものであり、その目的は、波高算出対象となる波浪の相対波向によらず、波高を正確に算出することである。

課題を解決するための手段

[0007] (1) 上記課題を解決するため、本発明のある局面に係る波高算出装置は、送信波が探知エリア内の水面に生じる波浪で反射して帰来するエコーを受波する受波器から得られるエコー信号に基づいて、波浪の波高を算出する波高算出装置であって、前記探知エリア内に含まれる解析エリア内の波浪スペクトルパワーを算出する波浪スペクトルパワー算出部と、前記解析エリアから前記受波器に向かう方向を基準とした前記解析エリア内の波浪の進行方向である相対波向、に基づいて、前記波浪スペクトルパワーを補正する波浪スペクトルパワー補正部と、補正された前記波浪スペクトルパワーに基づいて前記解析エリア内の波浪の波高を算出する波高算出部と、を備えている。

[0008] (2) 前記波浪スペクトルパワー補正部は、前記相対波向が0度となる場合に最小値をとる前記相対波向の関数である第1補正係数算出式に、前記波浪スペクトルパワーの算出が行われた前記解析エリア内の波浪の前記相対波向を代入することにより得られる第1補正係数を用いて、前記波浪スペクトルパワーを補正する。

[0009] (3) 前記第1補正係数算出式は、前記相対波向が180度となる場合に

極小値をとる。

[0010] (4) 前記波浪スペクトルパワー補正部は、以下の式(1)で表される前記第1補正係数算出式により得られた前記第1補正係数を前記波浪スペクトルパワーに乗算することにより、前記波浪スペクトルパワーを補正する。

[0011] [数1]

$$\beta(\theta) = 1 / (A + B \cos \theta + C \cos 2\theta) \quad \dots (1)$$

[0012] 但し、 β は前記第1補正係数、 θ は前記相対波向、A、B、Cは、それぞれ、補正係数用パラメータである。

[0013] (5) 前記波浪スペクトルパワー補正部は、以下の式(2)で表される前記第1補正係数算出式により得られた前記第1補正係数、に基づいて得られた第2補正係数を前記波浪スペクトルパワーに乗算することにより、前記波浪スペクトルパワーを補正する。

[0014] [数2]

$$\beta_i(\theta_i) = 1 / (A + B \cos \theta_i + C \cos 2\theta_i) \quad \dots (2)$$

[0015] 但し、 i は方位に対応して付される自然数、 β_i は波浪の方位に対応して算出される前記第1補正係数、 θ_i は波浪の方位に対応して算出される前記相対波向、A、B、Cは、それぞれ、補正係数用パラメータである。

[0016] (6) 前記補正係数用パラメータは、波浪が到来する方位に応じて設定される。

[0017] (7) 前記補正係数用パラメータは、波浪の周期に応じて設定される。

[0018] (8) 前記波高算出装置は、複数の前記補正係数用パラメータを記憶する記憶部を更に備えている。

[0019] (9) 前記波高算出装置は、複数の前記補正係数用パラメータの算出を行う補正係数用パラメータ算出処理部を更に備えている。

[0020] (10) 前記補正係数用パラメータ算出処理部は、前記探知エリア内に設定される複数のデータ取得用エリアのそれぞれに含まれる波浪スペクトルパワーであるエリア毎波浪スペクトルパワー、を算出するエリア毎波浪スペクトルパワー算出部と、各前記データ取得用エリアから前記受波器に向かう方

向を基準とした各前記データ取得用エリア内の波浪の進行方向であるエリア毎相対波向、を算出するエリア毎相対波向算出部と、前記エリア毎波浪スペクトルパワーと、前記エリア毎相対波向とで特定されるサンプル点を、前記エリア毎波浪スペクトルパワーに対応する第1軸と前記エリア毎相対波向に対応する第2軸とを有する座標にプロットして相対波向別波浪スペクトルパワーグラフを生成するグラフ生成部と、前記相対波向別波浪スペクトルパワーグラフに基づいて前記補正係数用パラメータを算出する補正係数用パラメータ算出部と、を有している。

[0021] (11) 前記受波器が水平面に沿って360度回転する間に得られる複数の前記エリア毎波浪スペクトルパワーは、それぞれが、それらのうち最も値が大きいエリア毎波浪スペクトルパワーで除算されて正規化され、前記グラフ生成部は、正規化された前記エリア毎波浪スペクトルパワーと前記エリア毎相対波向とで特定されるサンプルを、前記座標にプロットして前記相対波向別波浪スペクトルパワーグラフを生成する。

[0022] (12) 上記課題を解決するため、本発明のある局面に係るレーダ装置は、送信波を送波する送波器と、前記送信波が探知エリア内の水面に生じる波浪で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前記エコーから得られるエコー信号に基づいて波浪の波高を算出する上述したいずれかの波高算出装置と、を備えている。

[0023] (13) 上記課題を解決するため、本発明のある局面に係る波高算出方法は、送信波が探知エリア内の水面に生じる波浪で反射して帰来するエコーを受波する受波器から得られるエコー信号に基づいて、波浪の波高を算出する波高算出方法であって、前記探知エリア内に含まれる解析エリア内の波浪スペクトルパワーを算出するステップと、前記解析エリアから前記受波器に向かう方向を基準とした前記解析エリア内の波浪の進行方向である相対波向、に基づいて、前記波浪スペクトルパワーを補正するステップと、補正された前記波浪スペクトルパワーに基づいて前記解析エリア内の波浪の波高を算出するステップと、を含む。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、波高算出対象となる波浪の相対波向によらず、波高を正確に算出できる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明の実施形態に係るレーダ装置のブロック図である。

[図2]図1に示す波高算出処理部の構成を示すブロック図である。

[図3]画像生成部によって生成されるエコー画像の一例を模式的に示す図である。

[図4]補正係数を算出するための補正係数用パラメータを決定するための予備実験を行う際に実施される各工程を説明するためのフローチャートである。

[図5]予備実験において波浪スペクトルパワーが算出されるデータ取得用エリアの自船に対する位置を示す図である。

[図6]予備実験で得られた散布図と、該散布図から得られた補正係数算出式を示すグラフとを重ねて示す図である。

[図7]変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部のブロック図である。

[図8]図7に示す補正係数用パラメータ算出処理部を示すブロック図である。

[図9]変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部のブロック図である。

[図10]変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部の構成を示すブロック図である。

[図11]変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明の実施形態に係る波高算出装置としての波高算出処理部10、この波高算出処理部10を備えたレーダ装置1、及び波高算出方法について図面を参照しつつ説明する。本発明は、水面に生じる波の高さを算出する波高算出装置、この波高算出装置を備えたレーダ装置、及び波高算出方法に広く適用することができる。

[0027] 図1は、本発明の実施形態に係るレーダ装置1のブロック図である。本実

施形態のレーダ装置 1 は、例えば、漁船等の船舶としての自船に備えられている。このレーダ装置 1 によれば、以下で詳しく説明するように、水面に生じる波浪の高さである波高を正確に算出することができる。

[0028] 図 1 に示すように、レーダ装置 1 は、アンテナユニット 2 と、風速計 3 と、波高算出装置としての波高算出処理部 10 と、表示器 4 と、を備えている。

[0029] アンテナユニット 2 は、アンテナ 5 と、受信部 6 と、A/D 変換部 7 と、を含んでいる。

[0030] アンテナ 5 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 5 は、物標（本実施形態の場合、波浪）からの反射波を受波するように構成されている。すなわち、アンテナ 5 は、送信波を送波する送波器、及び送波された送信波の反射波を受信波として受波する受波器として機能する。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 5 は、水平面上で 360° 回転可能に構成されている。アンテナ 5 は、パルス状電波の送波方向を変えながら（例えば、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。

[0031] 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、電波の送受波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。

[0032] 受信部 6 は、アンテナ 5 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 6 は、増幅したエコー信号を、A/D 変換部 7 へ出力する。A/D 変換部 7 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 5 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 7 は、エ

コーデータを、波高算出処理部 10 へ出力する。

[0033] 風速計 3 は、海上の風速（海上風速、水上風速）を計測するものであって、自船に装備されている。風速計 3 は、計測された風速に関するデータを、波高算出処理部 10 へ出力する。

[0034] 波高算出処理部 10 は、アンテナユニット 2 から出力されたエコーデータに基づき、波浪の高さ（波高）を算出する。波高算出処理部 10 は、算出した波高に関するデータを、表示器 4 へ出力する。なお、波高算出処理部 10 は、風速計 3 で得られた風速が所定値以下の場合には、波高の算出を行わない。これは、風速が小さい場合には波高が小さくなり易く、正確な波高を算出しにくくなるためである。波高算出処理部 10 の構成及び動作については、詳しくは後述する。

[0035] 表示器 4 では、波高算出処理部 10 から出力された波高に関するデータ（例えば、波高の数値）が表示される。これにより、ユーザは、海上の波高を知ることができる。

[0036] [波高算出処理部の構成]

図 2 は、図 1 に示す波高算出処理部 10 の構成を示すブロック図である。波高算出処理部 10 は、画像生成部 11 と、解析エリア設定部 12 と、周波数解析部 13 と、波浪スペクトルパワー算出部 14 と、相対波向算出部 15 と、補正係数算出部 16 と、波浪スペクトルパワー補正部 17 と、波高算出部 18 とを備えている。

[0037] 波高算出処理部 10 は、ハードウェア・プロセッサ 8（例えば、CPU、FPGA 等）及び不揮発性メモリ等のデバイスで構成される。例えば、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、波高算出処理部 10 を、画像生成部 11、解析エリア設定部 12、周波数解析部 13、波浪スペクトルパワー算出部 14 等として機能させることができる。

[0038] 図 3 は、画像生成部 11 によって生成されるエコー画像 P の一例を模式的に示す図である。画像生成部 11 は、アンテナユニット 2 から出力されたエコーデータに基づき、エコー画像 P を生成する。エコー画像 P は、アンテナ

5 が 360° 回転する毎に（すなわち、スキャン毎に）生成される。なお、図 3 に示す例では、波峰線 w が比較的是っきりと映っている例を示している。

[0039] 解析エリア設定部 12 は、エコー画像 P に対して解析エリア Z を設定する（図 3 参照）。この解析エリア Z は、ユーザによって随時、設定されてもよく、或いは、装置の出荷時において予め設定されていてもよい。本実施形態では、例えば一例として、図 3 に示すように解析エリア Z が自船 S_0 の前方に設定される。なお、解析エリア Z が設定される領域は、自船 S_0 後方以外の領域が好ましい。これは、自船後方の領域では、自船 S_0 の引き波により正確な波浪解析が困難となるためである。

[0040] 周波数解析部 13 は、スキャン毎に得られる、解析エリア Z 内のエコー画像である解析エリア内エコー画像、をフーリエ変換し、周波数スペクトル $S(f)$ を算出する。また、周波数解析部 13 は、フーリエ変換により得られた周波数スペクトル $S(f)$ に基づき、波浪の波向を算出する。なお、波向の算出手法は周知であるため、その説明を省略する。

[0041] 波浪スペクトルパワー算出部 14 は、解析エリア内エコー画像から得られた周波数スペクトル $S(f)$ に基づき、以下の式 (3) を用いて、解析エリア Z における波浪スペクトルの 0 次モーメント m_0 を算出する。そして、波浪スペクトルパワー算出部 14 は、その 0 次モーメント m_0 の平方根をとることにより、解析エリア Z 内の波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を算出する。

[0042] [数 3]

$$m_0 = \int_0^{\infty} S(f) df \quad \dots (3)$$

[0043] 相対波向算出部 15 は、図 3 を参照して、解析エリア Z から自船 S_0 に向かう方向 d_s を基準とした、周波数解析部 13 によって算出された解析エリア Z 内の波浪の波向 d_w 、で定義される相対波向 θ を算出する。相対波向算出部 15 は、図 3 における反時計回り方向を正方向として、相対波向 θ を算出する。

[0044] 補正係数算出部 16 は、相対波向算出部 15 で算出された相対波向 θ を、以下に示す式 (4) に代入することにより、波浪スペクトルパワー算出部 14 によって算出された波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正するための補正係数 β (第 1 補正係数) を算出する。

[0045] [数 4]

$$\beta = 1 / (A + B \cos \theta + C \cos^2 \theta) \quad \cdots (4)$$

但し、A、B、及びCは、予め行われた実験によって決定されたパラメータ (補正係数用パラメータ) であって、それらの値は、補正係数算出部 16 に記憶されている。すなわち、補正係数算出部 16 は、補正係数用パラメータ A、B、C を記憶する記憶部としての機能も有する。この式 (4) は、第 1 補正係数算出式である。

[0046] 波浪スペクトルパワー補正部 17 は、波浪スペクトルパワー算出部 14 によって算出された波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ に、補正係数算出部 16 によって算出された補正係数 β を乗算することにより波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正して、補正後波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_{0_new}}$ を算出する。

[0047] 波高算出部 18 は、波浪スペクトルパワー補正部 17 によって算出された補正後波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_{0_new}}$ に固定係数 α を乗算することにより、解析エリア Z 内の波浪の波高 $H_{1/3}$ を算出する。具体的には、波高算出部 18 は、以下の式 (5) に基づいて、波高 $H_{1/3}$ を算出する。

[0048] [数 5]

$$H_{1/3} = \alpha \sqrt{m_{0_new}} \quad \cdots (5)$$

[0049] [式 (4) について]

以下では、式 (4) を用いて得ることができる補正係数 β によって波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正すると正確な波高 $H_{1/3}$ を得ることができる理由について説明する。しかし、その前に、相対波向 θ と波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ との関係について説明する。

[0050] 相対波向 θ が 0 度の場合 (具体的には、図 3 を参照して、ds と dw とが同じ向きである場合)、又は 180 度の場合 (ds と dw とが反対向きであ

る場合)とは、レーダ装置1からの送信波が波峰線wに向かって垂直に送波される場合である。この場合、波浪における比較的広範囲に送信波が当たるため、波浪スペクトルパワーが比較的強くなる。そうすると、該波浪スペクトルパワーを用いて従来のように波高を算出しても、波高を比較的正確に算出することができる。

[0051] 一方、相対波向 θ が90度又は270度の場合とは、レーダ装置1からの送信波が波峰線wの側方に送波される場合である。この場合、波浪における比較的狭い範囲にしか送信波が当たらず、波浪スペクトルパワーが弱めに算出される。そうすると、相対波向が0度又は180度の場合よりも、波高が低めに算出される傾向が高くなり、波高を正確に算出できなくなる。

[0052] この点につき、式(4)を用いて波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正することにより補正後波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_{0_new}}$ を算出すると、解析エリアZ内に含まれる波浪の相対波向に関わらず、波浪スペクトルパワーを正確に算出できる。

[0053] 具体的には、式(4)を参照して、相対波向 θ が0度付近、又は180度付近の場合、補正係数 β は比較的小さな値となる。一方、相対波向 θ が90度付近、又は270度付近の場合、補正係数 β は、相対波向が0度付近又は180度付近の場合と比べて、大きくなる。すなわち、式(4)を用いれば、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が弱めに算出されても、その波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が高くなるように、補正係数 β によって補正される。

[0054] [補正係数パラメータについて]

図4は、式(4)に示す補正係数 β を算出するための補正係数用パラメータA、B、Cを決定するための予備実験を行う際に実施される各工程を説明するためのフローチャートである。以下では、図4を用いて、補正係数用パラメータA、B、Cを決定するための予備実験の各工程について説明する。

[0055] 図5は、予備実験において波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が算出されるデータ取得用エリアZ1～Z7の自船S₀に対する位置を示す図である。まず、ステップS1では、図5に示す複数のデータ取得用エリアZ1～Z7のそれぞれ

から得られるエコーに基づき、各データ取得用エリアZ1～Z7内に含まれるエコー信号の周波数解析が行われる。具体的には、ステップS1では、各データ取得用エリアZ1～Z7内に含まれるエコー画像がフーリエ変換されることにより、各エコー画像が周波数スペクトルに変換される。

[0056] 次に、ステップS2では、ステップS1によって生成された周波数スペクトルに基づき、各データ取得用エリアZ1～Z7内の波浪の波向が算出される。そして、ステップS2では、各データ取得用エリアZ1～Z7から自船S₀に向かう方向を基準とした、各データ取得用エリアZ1～Z7内の波浪の波向を、各データ取得用エリアZ1～Z7内の波浪の相対波向として算出する。

[0057] 一方、ステップS3では、ステップS2の前又は後に、又はステップS2と並行して、各データ取得用エリアZ1～Z7内の波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が算出される。波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ の算出手法は、波浪スペクトルパワー算出部14の場合と同様である。

[0058] 次に、ステップS4では、各データ取得用エリアZ1～Z7内の波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が正規化される。具体的には、各データ取得用エリアZ1～Z7内の波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が、7つのデータ取得用エリアZ1～Z7のうち最も波浪スペクトルパワーが高いデータ取得用エリアの波浪スペクトルパワーで除算される。これにより、各データ取得用エリアZ1～Z7のうち最も波浪スペクトルパワーが高いエリアの波浪スペクトルパワーが1となるように、各データ取得用エリアZ1～Z7の波浪スペクトルパワーが正規化される。なお、このように正規化された波浪スペクトルパワーを、以下では、正規化波浪スペクトルパワーと称する。

[0059] 次に、ステップS5では、ステップS1からステップS4のステップを行うことにより取得される7つの正規化波浪スペクトルパワーが、複数のタイミング（すなわち、複数のスキャン）のそれぞれで算出される。

[0060] 次に、ステップS6では、ステップS5によって算出された正規化波浪スペクトルパワーを情報として有する多数のサンプル点が、それぞれ、図6に

示すように、相対波向 θ を x 軸とし且つ正規化波浪スペクトルパワーを y 軸とした直交座標上にプロットされる。これにより、相対波向別正規化波浪スペクトルパワーグラフが生成される。以下では、この相対波向別正規化波浪スペクトルパワーグラフを、単に散布図SPと称する。

[0061] なお、図6において丸印で示されるサンプル点は、風速計によって得られた風速の風力階級が5のときに得られたサンプル点である。また、四角印で示されるサンプル点は、風速計によって得られた風速の風力階級が6のときに得られたサンプル点である。また、三角印で示されるサンプル点は、風速計によって得られた風速の風力階級が7のときに得られたサンプル点である。また、×印で示されるサンプル点は、風速計によって得られた風速の風力階級が8以上のときに得られたサンプル点である。

[0062] 次に、ステップS7では、ステップS6によって生成された散布図SPに基づき、補正係数用パラメータA, B, Cが算出される。具体的には、ステップS6では、上述した式(4)右辺の分母($A + B \cos \theta + C \cos^2 \theta$)で表される式と、散布図SPを構成する各サンプル点との残差の二乗和が最小となるように、補正係数用パラメータA, B, Cが算出される。すなわち、ステップS6では、最小二乗法により、 $A + B \cos \theta + C \cos^2 \theta$ における補正係数用パラメータA, B, Cが算出される。これにより、実際に得られた各データ取得用エリアでの波浪スペクトルパワーに基づき、補正係数用パラメータを算出することができる。なお、図6では、最小二乗法により補正係数用パラメータA, B, Cが算出された数式($A + B \cos \theta + C \cos^2 \theta$)を示すグラフが、散布図SPに重ねて表示されている。

[0063] [効果]

以上のように、本実施形態に係るレーダ装置1の波高算出処理部10は、相対波向 θ に基づいて波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正して補正後波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_{0_new}}$ を算出し、その補正後波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_{0_new}}$ に固定係数 α を乗算して波高 $H_{1/3}$ を算出している。上述のように、波高が同じ場合であっても、相対波向 θ によって波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ の大小

が異なってくる。よって、本実施形態の波高算出処理部10のように、相対波向 θ に基づいて波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正することで、波高 $H_{1/3}$ を正確に算出することができる。

[0064] 従って、波高算出処理部10によれば、波高算出対象となる波浪の相対波向 θ によらず、波高を正確に算出できる。

[0065] また、波高算出処理部10で用いられる、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正するための補正係数算出式としては、相対波向 θ が0度のときに最小値をとる式が採用されている。相対波向 θ が0度のときには、解析エリアZ内の波浪が自船に向かって進行しているため、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が大きくなり易い。従って、このように波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が大きくなり易い場合に補正係数が小さくなるような補正係数算出式を採用することで、補正係数 β を適切に設定することができる。

[0066] また、波高算出処理部10で用いられる、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正するための補正係数算出式としては、相対波向 θ が180度のときに極小値をとる式が採用されている。相対波向 θ が180度のときには、解析エリアZ内の波浪が自船から離れる方向に向かって進行しているため、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が大きくなり易い。従って、このように波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が大きくなり易い場合に補正係数が小さくなるような補正係数算出式を採用することで、補正係数 β を適切に設定することができる。

[0067] また、波高算出処理部10で用いられる、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正するための補正係数算出式としては、式(4)が採用されている。式(4)によれば、波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ が小さくなり易い状況下、具体的には、相対波向 θ が90度付近、又は270度付近の場合に、補正係数 β が大きくなる。従って、波高算出処理部10によれば、補正係数 β をより適切に設定することができる。

[0068] また、波高算出処理部10では、補正係数 β を算出するための補正係数用パラメータA、B、Cが、波高算出部18での波高 $H_{1/3}$ の算出が行われる前に予備実験によって予め設定され、それらの値が補正係数算出部16に記憶

されている。これにより、波高算出部 18 による波高算出と並行して補正係数用パラメータ A, B, C を算出する必要がなくなるため、波高算出処理部 10 にかかる演算負荷を軽減できる。

[0069] また、本実施形態に係るレーダ装置 1 によれば、波高 $H_{1/3}$ が算出される波浪の進行方向に関係なく波高を正確に算出できる波高算出処理部を備えたレーダ装置を提供できる。

[0070] [変形例]

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、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。

[0071] (1) 図 7 は、変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部 10a のブロック図である。上述した実施形態では、予め実施された予備実験に基づいて算出された補正係数用パラメータ A, B, C を用いて補正係数 β を算出した。これに対して、本変形例では、波高算出部 18 による波高の算出と並行して、補正係数用パラメータ A, B, C が随時、算出される。波高算出処理部 10a は、上述した実施形態の波高算出処理部 10 が有する各構成要件の他に、補正係数用パラメータ算出処理部 20 を備えている。

[0072] 図 8 は、図 7 に示す補正係数用パラメータ算出処理部 20 を示すブロック図である。補正係数用パラメータ算出処理部 20 は、データ取得用エリア設定部 21 と、エリア毎周波数解析部 22 と、エリア毎波浪スペクトルパワー算出部 23 と、正規化部 24 と、エリア毎相対波向算出部 25 と、グラフ生成部 26 と、補正係数用パラメータ算出部 27 とを有している。

[0073] データ取得用エリア設定部 21 は、波浪スペクトルパワーが算出されるエリアであるデータ取得用エリアを複数、設定する。例えば、データ取得用エリア設定部 21 は、図 5 に示す各データ取得用エリア Z1～Z7 を、データ取得用エリアとして設定する。

[0074] エリア毎周波数解析部 22 は、スキャン毎に得られる、各データ取得用エリア Z1～Z7 内のエコー画像、をフーリエ変換し、周波数スペクトルを算

出する。また、エリア毎周波数解析部 22 は、フーリエ変換により得られた周波数スペクトルに基づき、各データ取得用エリア Z1～Z7 における波浪の波向を算出する。

[0075] エリア毎波浪スペクトルパワー算出部 23 は、各データ取得用エリアに対応して得られた周波数スペクトルに基づき、各データ取得用エリアにおけるエリア毎波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を算出する。なお、エリア毎波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ は、上記実施形態の場合と同様に算出される。

[0076] 正規化部 24 は、エリア毎波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を正規化する。具体的には、正規化部 24 は、1 スキャンで得られる複数のエリア毎波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を、それぞれ、それらのうち最も値が大きいエリア毎波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ で除算することにより、エリア毎波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を正規化する。これにより、複数のエリアのうち最も波浪スペクトルパワーが高いエリアの波浪スペクトルパワーが 1 となるように、エリア毎波浪スペクトルパワーが正規化される。正規化部 24 は、スキャン毎に、エリア毎波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ の正規化を行う。

[0077] エリア毎相対波向算出部 25 は、各データ取得用エリアに対応して算出された波浪の波向と、各データ取得用エリアから自船に向かう方向とに基づき、各データ取得用エリア内の波浪の相対波向を算出する。相対波向の算出手法については、上記実施形態の相対波向算出部 15 の場合と同様である。

[0078] グラフ生成部 26 は、該グラフ生成部 26 が記憶している散布図に、直近で得られた正規化後のエリア毎波浪スペクトルパワーとエリア毎相対波向とで特定されるサンプル点をプロットしてその散布図を更新し、新たな散布図を生成する。グラフ生成部 26 によって生成される散布図は、図 6 に示すものと同様である。

[0079] 補正係数用パラメータ算出部 27 は、グラフ生成部 26 によって新たな散布図が生成される毎に、補正係数用パラメータ A, B, C を算出する。具体的には、補正係数用パラメータ算出部 27 は、 $A + B \cos \theta + C \cos 2\theta$ で表される式と、更新された散布図を構成する各サンプル点との残差の二

乗和が最小となるように、補正係数用パラメータ A, B, C を算出する。

- [0080] そして、本変形例では、波浪スペクトルパワー補正部 17 が、直近のタイミングで得られた正規化後の波浪スペクトルパワーも加味された上で算出された補正係数用パラメータ A, B, C を用いて得られた補正係数 β に基づいて、解析エリア Z 内の波浪スペクトルパワーを補正する。そして、波高算出部 18 は、その補正された波浪スペクトルパワーに基づいて、解析エリア Z 内の波高を算出する。
- [0081] 以上のように、本変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部 10a によれば、直近のタイミングで得られた正規化後の波浪スペクトルパワーも加味された上で算出された補正係数用パラメータ A, B, C を用いて得られた補正係数 β に基づいて解析エリア Z 内の波浪スペクトルパワーが補正され、その補正された波浪スペクトルパワーに基づき、解析エリア Z 内の波高 $H_{1/3}$ が算出される。すなわち、本変形例の波高算出処理部 10a によれば、最新のデータに基づいて解析エリア Z 内の波高 $H_{1/3}$ を算出することができるため、波高 $H_{1/3}$ をより正確に算出できる。
- [0082] また、波高算出処理部 10a では、補正係数用パラメータ算出処理部 20 の構成要件として、エリア毎波浪スペクトルパワー算出部 23、エリア毎相対波向算出部 25、グラフ生成部 26、及び補正係数用パラメータ算出部 27 が設けられている。これにより、波高算出処理部 10a によれば、最新のデータに基づいて解析エリア Z 内の波高 $H_{1/3}$ を算出するための具体的な構成を提供できる。
- [0083] また、波高算出処理部 10a では、スキャン毎に得られた複数の波浪スペクトルパワーをスキャン毎に正規化し、その正規化した波浪スペクトルパワーに基づき、補正係数用パラメータ A, B, C を算出するための散布図を生成している。
- [0084] ところで、波浪スペクトルパワーの正規化を行わずに散布図を生成する場合、波浪スペクトルパワーが風速の影響を大きく受けるため、補正係数用パラメータ A, B, C を正確に算出するために、例えば風速毎に（一例として

風力階級毎に) 散布図を生成する必要が生じる。

[0085] この点につき、本変形例の波高算出処理部 10a の場合、スキャン毎に得られた複数の波浪スペクトルパワーをスキャン毎に正規化し、その正規化した波浪スペクトルパワーに基づき、補正係数用パラメータ A, B, C を算出するための散布図を生成している。こうすると、風速に起因する波浪スペクトルパワーの大小を均一化できるため、風速毎に散布図を生成する必要がなくなる。これにより、補正係数用パラメータ A, B, C を算出するために波高算出処理部 10a にかかる演算負荷を軽減できる。

[0086] (2) 図 9 は、変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部 10b の構成を示すブロック図である。上記実施形態では、1 方向から到来する波浪の波高を算出する波高算出処理部 10 を例に挙げて説明したが、これに限らない。具体的には、以下で説明するように、複数方向から到来する各波浪の波高を正確に算出可能な波高算出処理部 10b を構成することもできる。

[0087] 本変形例の波高算出処理部 10b では、周波数解析部 13a、相対波向算出部 15a、補正係数算出部 16a の構成及び動作が、上記実施形態におけるそれらの構成及び動作と異なる。以下では、上記実施形態と異なる箇所について説明し、それ以外の箇所については説明を省略する。

[0088] 周波数解析部 13a は、上記実施形態の場合と同様にして周波数スペクトル $S(f)$ を算出した後、その周波数スペクトル $S(f)$ に基づき、複数方向から到来する各波浪の波向を算出する。

[0089] 相対波向算出部 15a は、各方向から到来する波浪の相対波向 θ_i を算出する。但し、 i は、各方向からの波浪に対応して付される数字であって、 $i = 1, 2, \dots, n$ 、である。

[0090] 補正係数算出部 16a は、各方向からの波浪ごとに、波浪毎補正係数 β_i (第 1 補正係数) を算出する。具体的には、補正係数算出部 16a は、以下の式 (6) に基づいて、各方向からの波浪に対応する波浪毎補正係数 β_i を算出する。そして、補正係数算出部 16a は、各方向に対応して得られた波浪毎補正係数 β_i を、以下の式 (7) に代入することにより、補正係数 β (第 2 補

正係数)を算出する。すなわち、式(6)は第1補正係数算出式であり、式(7)は、第2補正係数算出式である。

[0091] [数6]

$$\beta_i = 1 / (A + B \cos \theta_i + C \cos 2 \theta_i) \quad \dots (6)$$

[0092] [数7]

$$\beta = \prod_{i=1}^n \beta_i(\theta_i) = \beta_1(\theta_1) \times \dots \times \beta_n(\theta_n) \quad \dots (7)$$

[0093] そして、波浪スペクトルパワー補正部17は、波浪スペクトルパワー算出部14によって算出された波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ に、補正係数算出部16aによって算出された補正係数 β を乗算することにより波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正して、補正後波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_{0_new}}$ を算出する。

[0094] 以上のように、本変形例の波高算出処理部10bでも、上記実施形態の場合と同様、波高算出対象となる波浪の相対波向 θ によらず、波高を正確に算出できる。

[0095] 更に、本変形例によれば、複数の方向から波浪が到来する場合であっても、それら複数方向からの波浪を考慮に入れて補正係数 β を算出することができる。従って、本変形例によれば、波高をより正確に算出できる。

[0096] なお、本変形例において、式(7)の代わりに、以下の式(8)を用いることにより、各方向からの波浪の大きさ(例えば、波浪スペクトルパワーのピーク値)を考慮に入れた補正係数 β を算出することができる。これにより、波高をより一層正確に算出できる。

[0097] [数8]

$$\beta = \prod_{i=1}^n \gamma_i \cdot \beta_i(\theta_i) = \gamma_1 \cdot \beta_1(\theta_1) \times \dots \times \gamma_n \cdot \beta_n(\theta_n) \quad \dots (8)$$

[0098] 但し、 γ_i は重み付け係数であって、各方向からの波浪の大きさに対応して決定される数値であり、波浪が大きいほど大きな値が設定され、波浪が小さいほど小さな値が設定される。

[0099] (3) 図10は、変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部10cの構成

を示すブロック図である。図 9 を用いて説明した変形例では、波浪の到来方向に関わらず、同じ散布図 S P を用いて算出された補正係数用パラメータ A, B, C を用いて補正係数 β を算出する例を挙げて説明したが、これに限らない。

[0100] 本変形例では、波浪が到来する方位毎に生成された散布図 S P_i (図示省略) に基づいて算出された補正係数用パラメータ A_i, B_i, C_i が、補正係数算出部 16 b に記憶されている。そして、本変形例では、補正係数算出部 16 b は、以下の式 (9) に基づいて、各方向からの波浪に対応する波浪毎補正係数 β_i (第 1 補正係数) を算出する。その後、補正係数算出部 16 b は、図 9 を用いて説明した変形例の場合と同様、式 (7) を用いて補正係数 β (第 2 補正係数) を算出する。

[0101] [数 9]

$$\beta_i = 1 / (A_i + B_i \cos \theta_i + C_i \cos 2 \theta_i) \quad \cdots (9)$$

[0102] そして、波浪スペクトルパワー補正部 17 は、波浪スペクトルパワー算出部 14 によって算出された波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ に、補正係数算出部 16 b によって算出された補正係数 β を乗算することにより波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_0}$ を補正して、補正後波浪スペクトルパワー $\sqrt{m_{0_new}}$ を算出する。

[0103] 以上のように、本変形例の波高算出処理部 10 c でも、上記実施形態の場合と同様、波高算出対象となる波浪の相対波向 θ によらず、波高を正確に算出できる。

[0104] 更に、本変形例によれば、複数の方向から波浪が到来する場合であっても、それら複数方向からの波浪を考慮にいて補正係数 β を算出することができる。従って、本変形例によれば、波高をより正確に算出できる。しかも、本変形例によれば、方位毎に算出された補正係数用パラメータ A_i, B_i, C_i を用いて補正係数 β を算出できるため、波高をより一層正確に算出できる。

[0105] (4) 図 11 は、変形例に係るレーダ装置の波高算出処理部 10 d の構成を示すブロック図である。上述した実施形態では、波高算出対象となる波浪の周期に関わらず、同じ補正係数用パラメータ A, B, C に基づいて算出さ

れた補正係数 β を用いて波高を算出した。しかし、これに限らず、波浪の周期に応じて異なる補正係数用パラメータを用いてもよく、例えば一例として、補正係数算出部16cは、周期が8秒以下の波浪と、周期が8秒以上の波浪とで、異なる補正係数用パラメータを用いてもよい。

[0106] ところで、波浪には、風浪及びうねりが含まれ、これらの特性は互いに異なっている。例えば一例として、風浪の周期は概ね8秒以下であり、うねりの周期は概ね8秒以上である。すなわち、上述のように、波浪の周期に応じて異なる補正係数用パラメータを用いることで、互いに特性が異なる風浪及びうねりのそれぞれに対応した補正係数 β を算出することができる。これにより、異なる特性を有する波浪（例えば風浪及びうねり）のそれぞれに応じて適切な補正係数 β を算出できるため、波浪の種類に応じて波高をより正確に算出できる。なお、波高算出対象となる波浪の周期は、周波数解析部13で算出され、補正係数算出部16cは、周波数解析部13で算出された波浪の周期の値に応じて、いずれの補正係数用パラメータを用いるかを決定する。

符号の説明

[0107]	1	レーダ装置
	5	アンテナ（送波器、受波器）
	10, 10a～10d	波高算出処理部（波高算出装置）
	14	波浪スペクトルパワー算出部
	17	波浪スペクトルパワー補正部
	18	波高算出部

請求の範囲

- [請求項1] 送信波が探知エリア内の水面に生じる波浪で反射して帰来するエコーを受波する受波器から得られるエコー信号に基づいて、波浪の波高を算出する波高算出装置であって、
- 前記探知エリア内に含まれる解析エリア内の波浪スペクトルパワーを算出する波浪スペクトルパワー算出部と、
- 前記解析エリアから前記受波器に向かう方向を基準とした前記解析エリア内の波浪の進行方向である相対波向、に基づいて、前記波浪スペクトルパワーを補正する波浪スペクトルパワー補正部と、
- 補正された前記波浪スペクトルパワーに基づいて前記解析エリア内の波浪の波高を算出する波高算出部と、
- を備えていることを特徴とする、波高算出装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の波高算出装置において、
- 前記波浪スペクトルパワー補正部は、前記相対波向が0度となる場合に最小値をとる前記相対波向の関数である第1補正係数算出式に、前記波浪スペクトルパワーの算出が行われた前記解析エリア内の波浪の前記相対波向を代入することにより得られる第1補正係数を用いて、前記波浪スペクトルパワーを補正することを特徴とする、波高算出装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の波高算出装置において、
- 前記第1補正係数算出式は、前記相対波向が180度となる場合に極小値をとることを特徴とする、波高算出装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の波高算出装置において、
- 前記波浪スペクトルパワー補正部は、以下の式(1)で表される前記第1補正係数算出式により得られた前記第1補正係数を前記波浪スペクトルパワーに乗算することにより、前記波浪スペクトルパワーを補正することを特徴とする、波高算出装置。

[数1]

$$\beta(\theta) = 1 / (A + B \cos \theta + C \cos 2\theta) \quad \dots (1)$$

但し、 β は前記第1補正係数、 θ は前記相対波向、 A 、 B 、 C は、それぞれ、補正係数用パラメータである。

[請求項5]

請求項3に記載の波高算出装置であって、

前記波浪スペクトルパワー補正部は、以下の式(2)で表される前記第1補正係数算出式により得られた前記第1補正係数、に基づいて得られた第2補正係数を前記波浪スペクトルパワーに乗算することにより、前記波浪スペクトルパワーを補正することを特徴とする、波高算出装置。

[数2]

$$\beta_i(\theta_i) = 1 / (A + B \cos \theta_i + C \cos 2\theta_i) \quad \dots (2)$$

但し、 i は方位に対応して付される自然数、 β_i は波浪の方位に対応して算出される前記第1補正係数、 θ_i は波浪の方位に対応して算出される前記相対波向、 A 、 B 、 C は、それぞれ、補正係数用パラメータである。

[請求項6]

請求項4又は請求項5に記載の波高算出装置であって、

前記補正係数用パラメータは、波浪が到来する方位に応じて設定されることを特徴とする、波高算出装置。

[請求項7]

請求項4又は請求項5に記載の波高算出装置であって、

前記補正係数用パラメータは、波浪の周期に応じて設定されることを特徴とする、波高算出装置。

[請求項8]

請求項4から請求項7に記載の波高算出装置において、

複数の前記補正係数用パラメータを記憶する記憶部を更に備えていることを特徴とする、波高算出装置。

[請求項9]

請求項8に記載の波高算出装置において、

複数の前記補正係数用パラメータの算出を行う補正係数用パラメータ算出処理部を更に備えていることを特徴とする、波高算出装置。

- [請求項10] 請求項9に記載の波高算出装置において、
前記補正係数用パラメータ算出処理部は、
前記探知エリア内に設定される複数のデータ取得用エリアのそれぞれに含まれる波浪スペクトルパワーであるエリア毎波浪スペクトルパワー、を算出するエリア毎波浪スペクトルパワー算出部と、
各前記データ取得用エリアから前記受波器に向かう方向を基準とした各前記データ取得用エリア内の波浪の進行方向であるエリア毎相対波向、を算出するエリア毎相対波向算出部と、
前記エリア毎波浪スペクトルパワーと、前記エリア毎相対波向とで特定されるサンプル点を、前記エリア毎波浪スペクトルパワーに対応する第1軸と前記エリア毎相対波向に対応する第2軸とを有する座標にプロットして相対波向別波浪スペクトルパワーグラフを生成するグラフ生成部と、
前記相対波向別波浪スペクトルパワーグラフに基づいて前記補正係数用パラメータを算出する補正係数用パラメータ算出部と、
を有していることを特徴とする、波高算出装置。
- [請求項11] 請求項10に記載の波高算出装置において、
前記受波器が水平面に沿って360度回転する間に得られる複数の前記エリア毎波浪スペクトルパワーは、それぞれが、それらのうち最も値が大きいエリア毎波浪スペクトルパワーで除算されて正規化され、
前記グラフ生成部は、正規化された前記エリア毎波浪スペクトルパワーと前記エリア毎相対波向とで特定されるサンプルを、前記座標にプロットして前記相対波向別波浪スペクトルパワーグラフを生成することを特徴とする、波高算出装置。
- [請求項12] 送信波を送波する送波器と、
前記送信波が探知エリア内の水面に生じる波浪で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前記エコーから得られるエコー信号に基づいて波浪の波高を算出する請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の波高算出装置と、

を備えていることを特徴とする、レーダ装置。

[請求項13]

送信波が探知エリア内の水面に生じる波浪で反射して帰来するエコーを受波する受波器から得られるエコー信号に基づいて、波浪の波高を算出する波高算出方法であって、

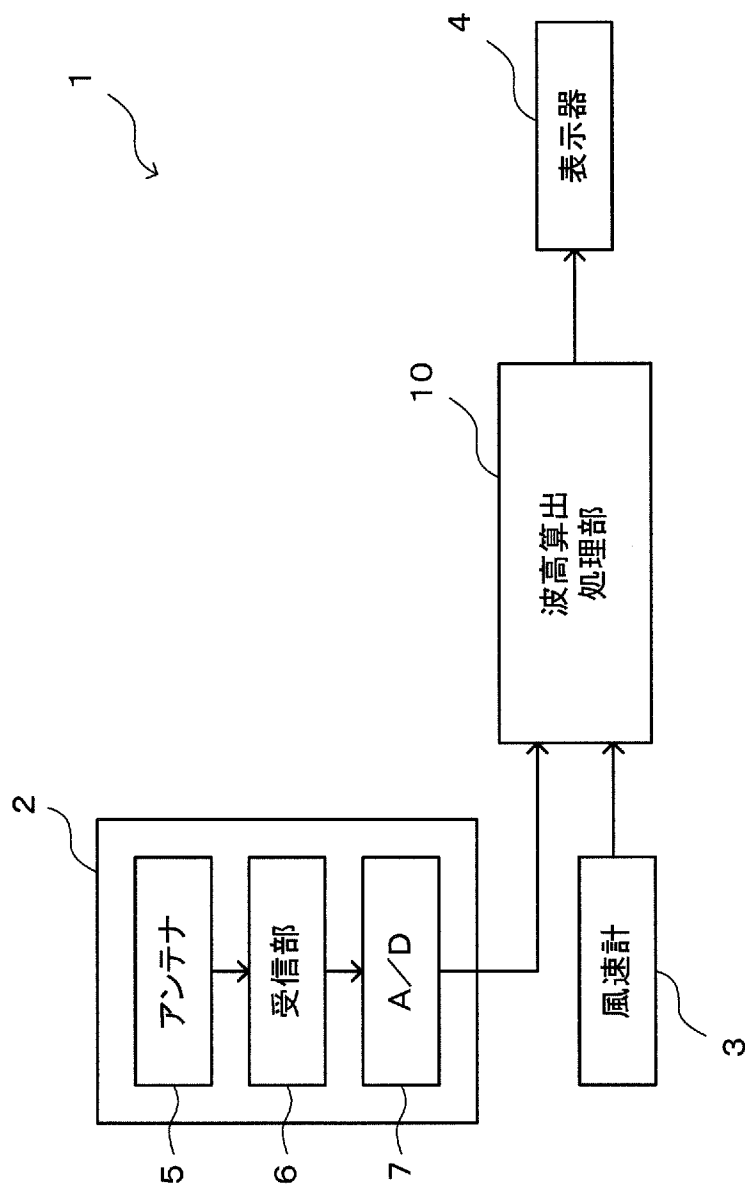
前記探知エリア内に含まれる解析エリア内の波浪スペクトルパワーを算出するステップと、

前記解析エリアから前記受波器に向かう方向を基準とした前記解析エリア内の波浪の進行方向である相対波向、に基づいて、前記波浪スペクトルパワーを補正するステップと、

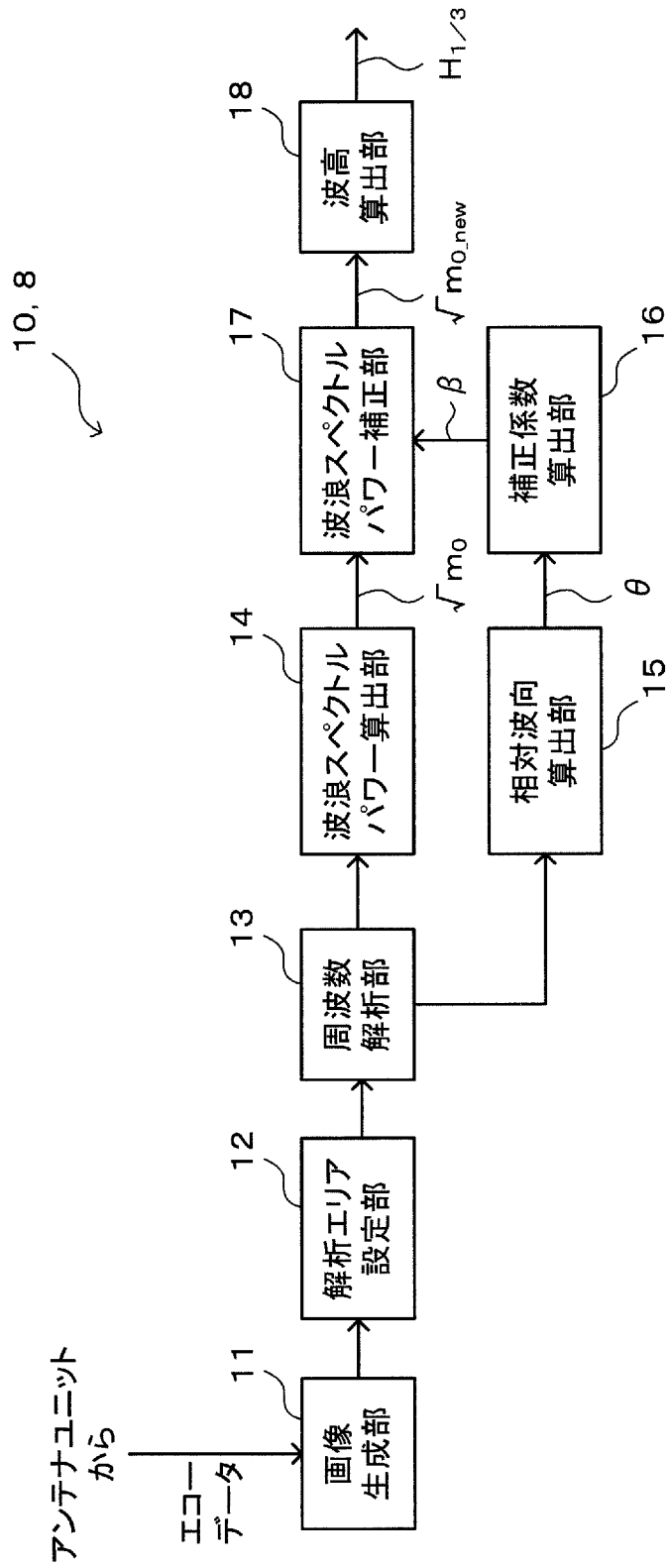
補正された前記波浪スペクトルパワーに基づいて前記解析エリア内の波浪の波高を算出するステップと、

を含むことを特徴とする、波高算出方法。

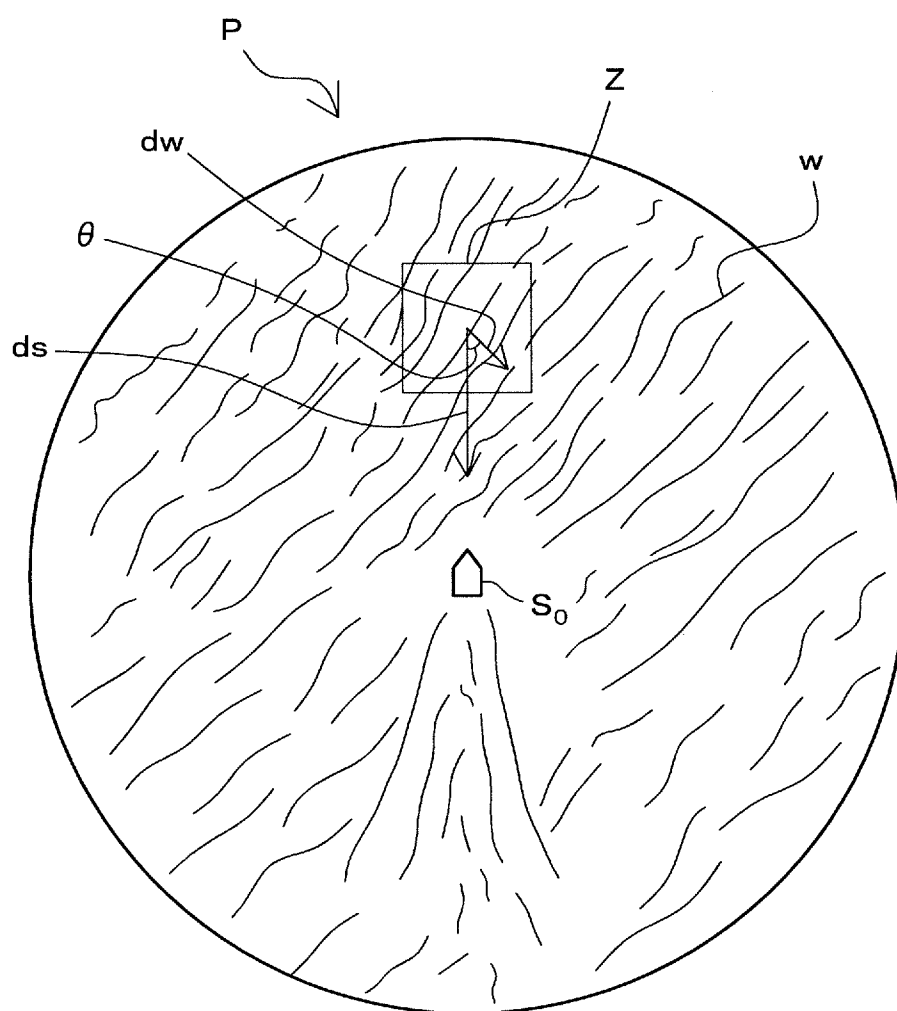
[図1]



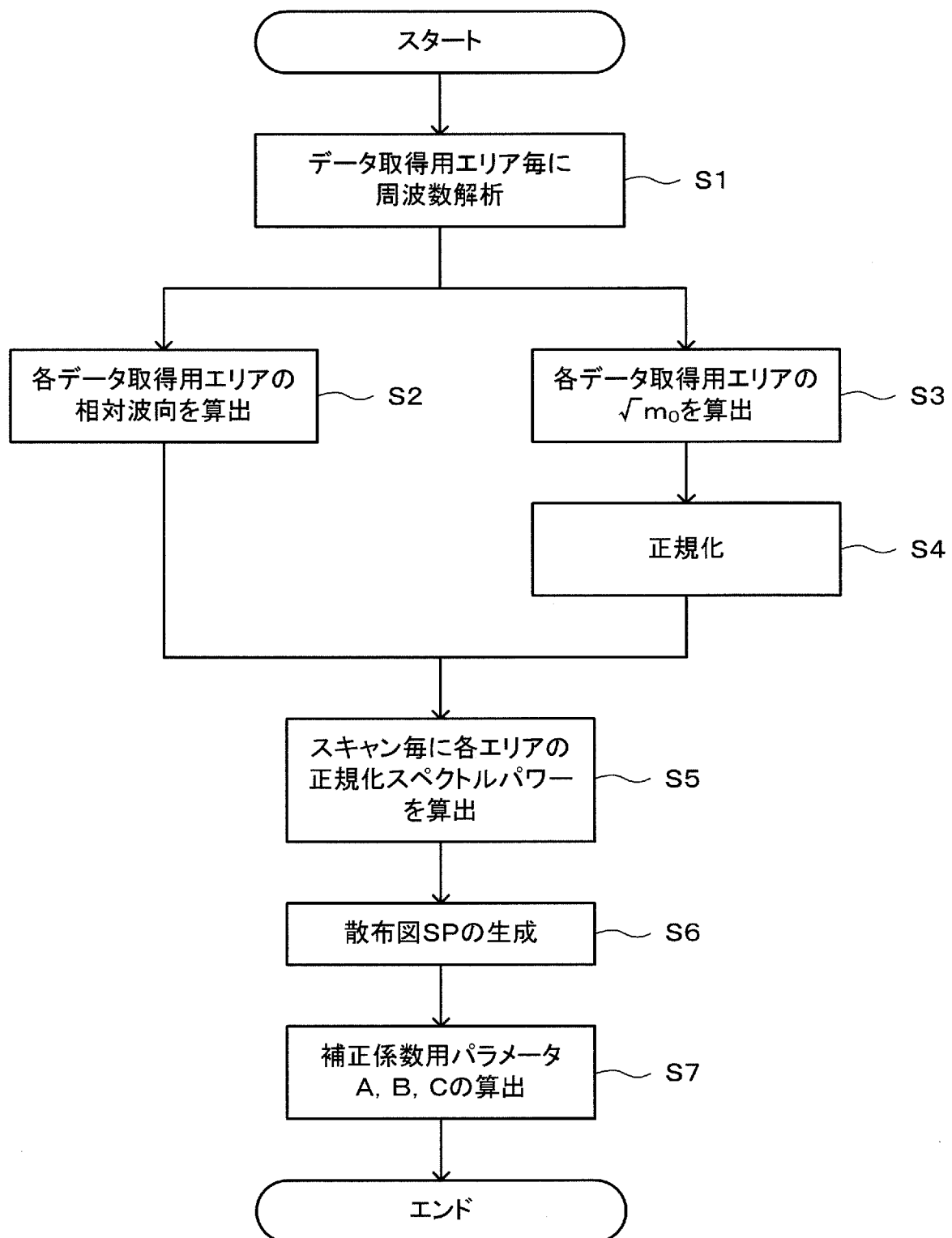
[図2]



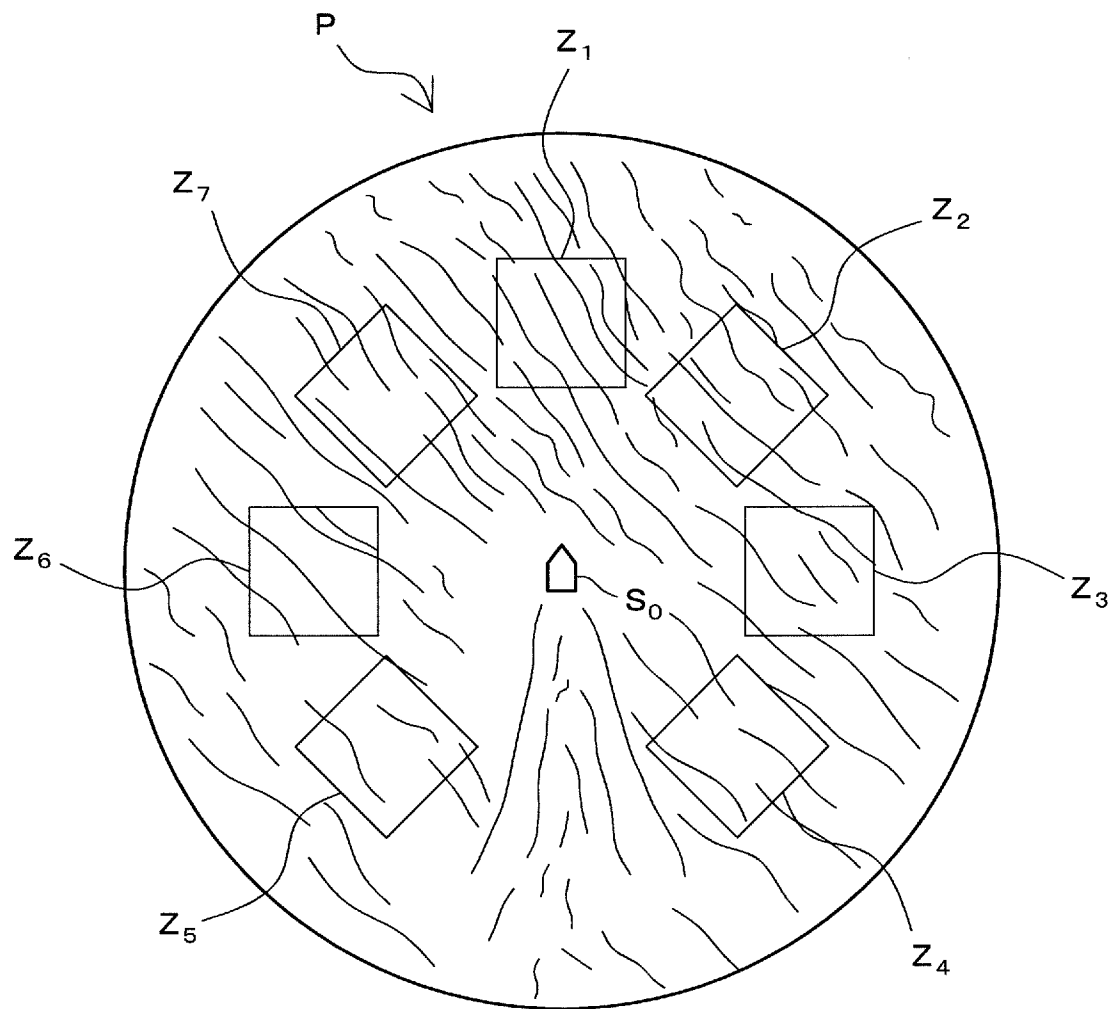
[図3]



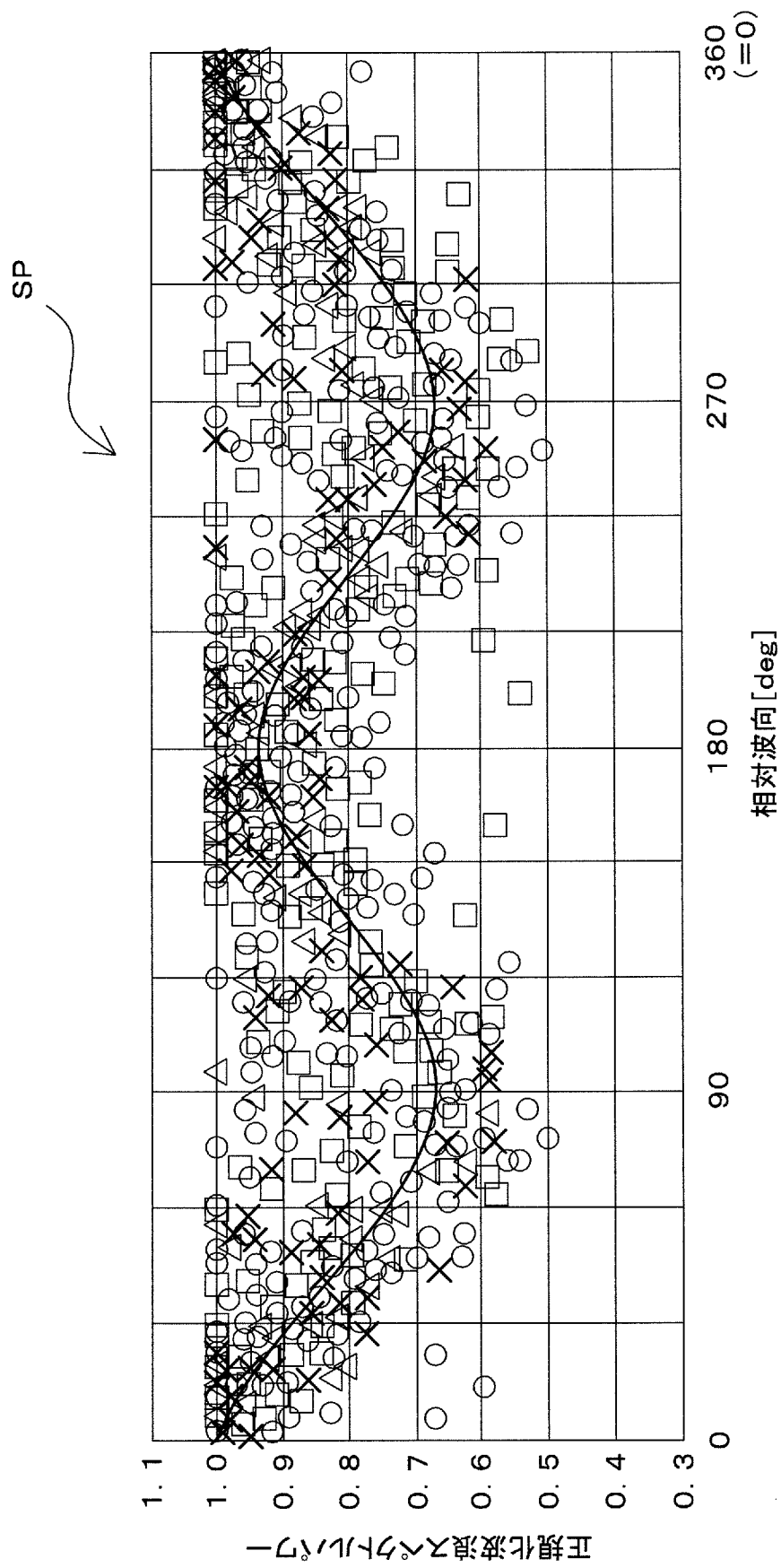
[図4]



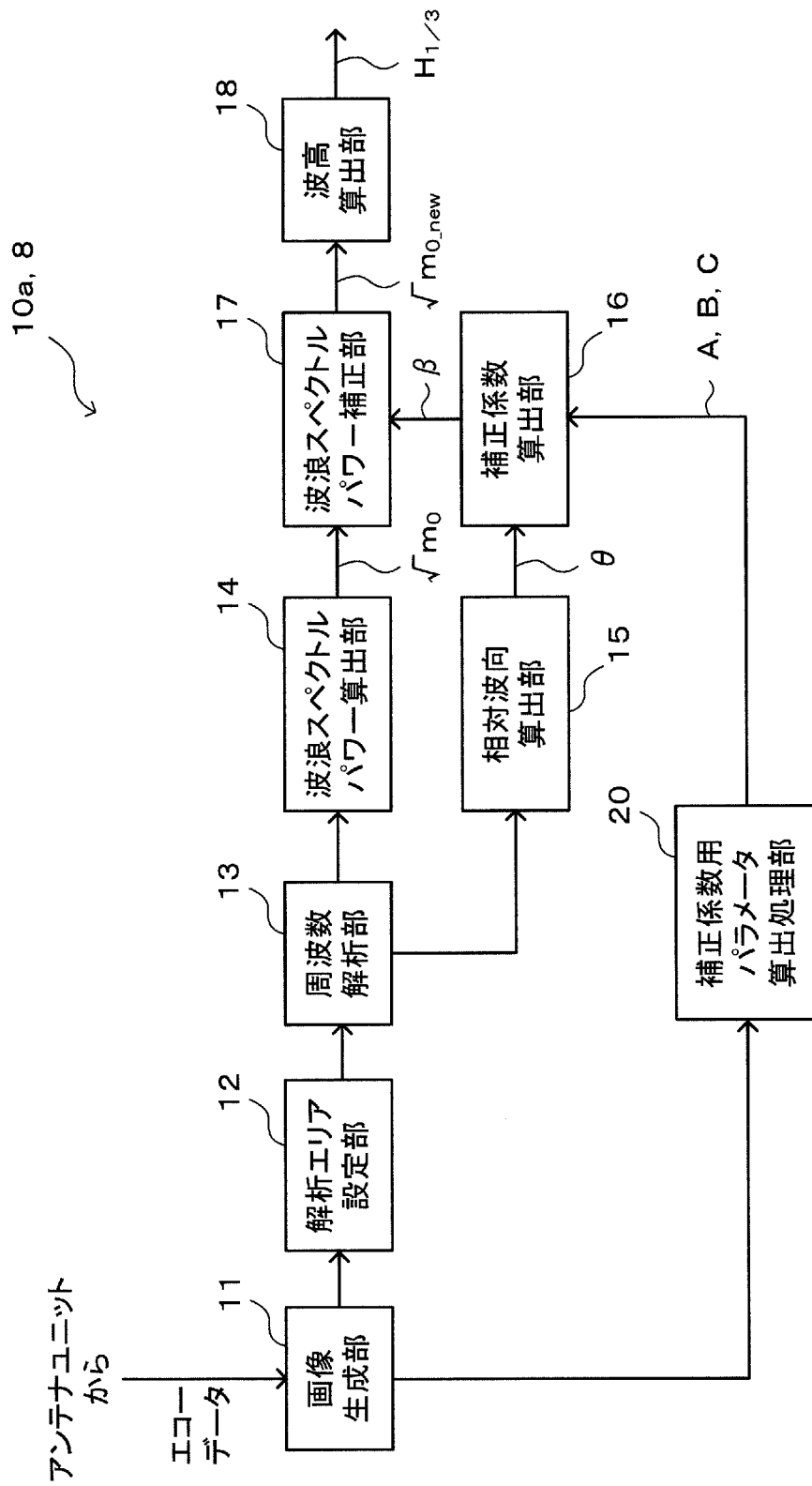
[図5]



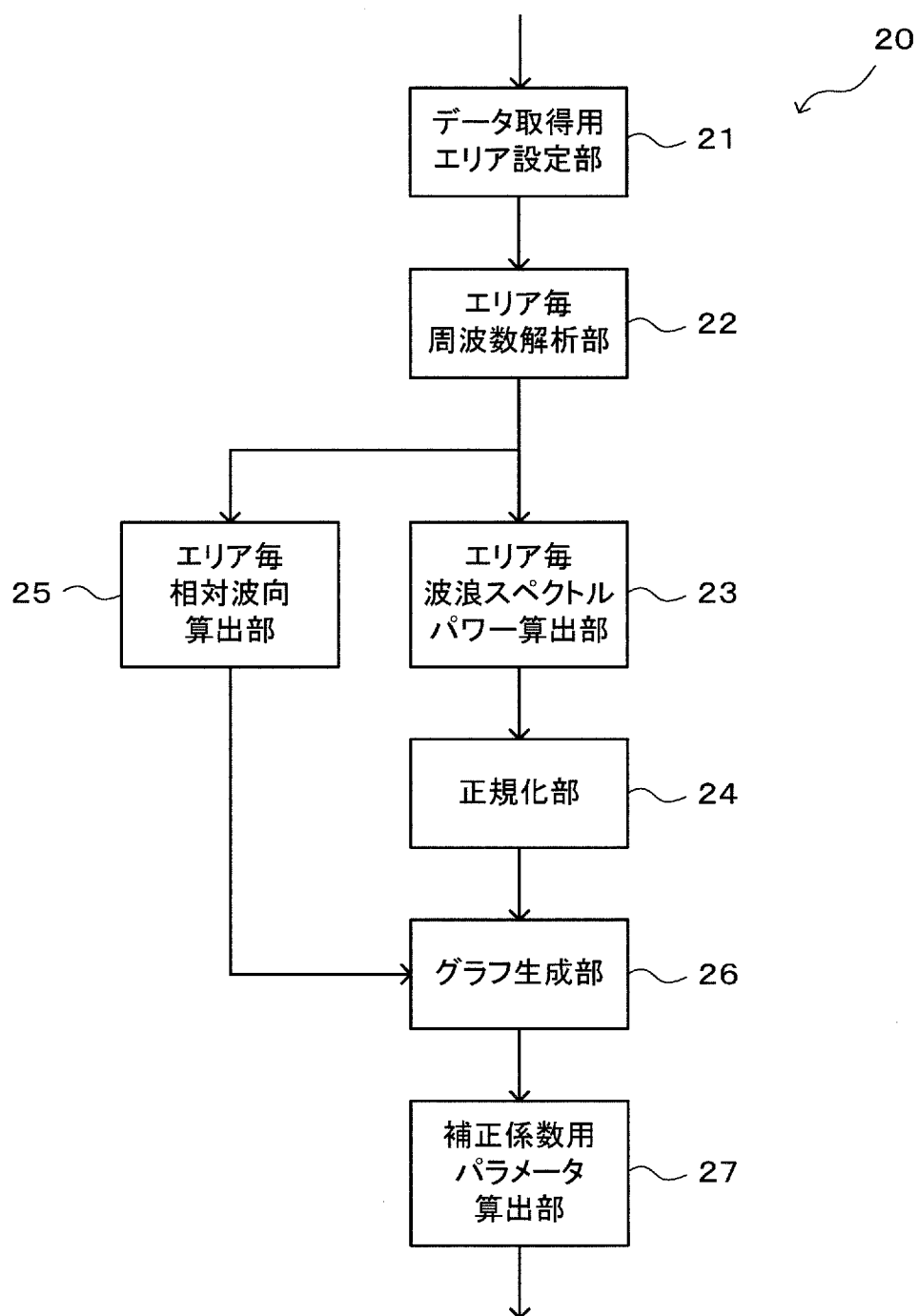
[図6]



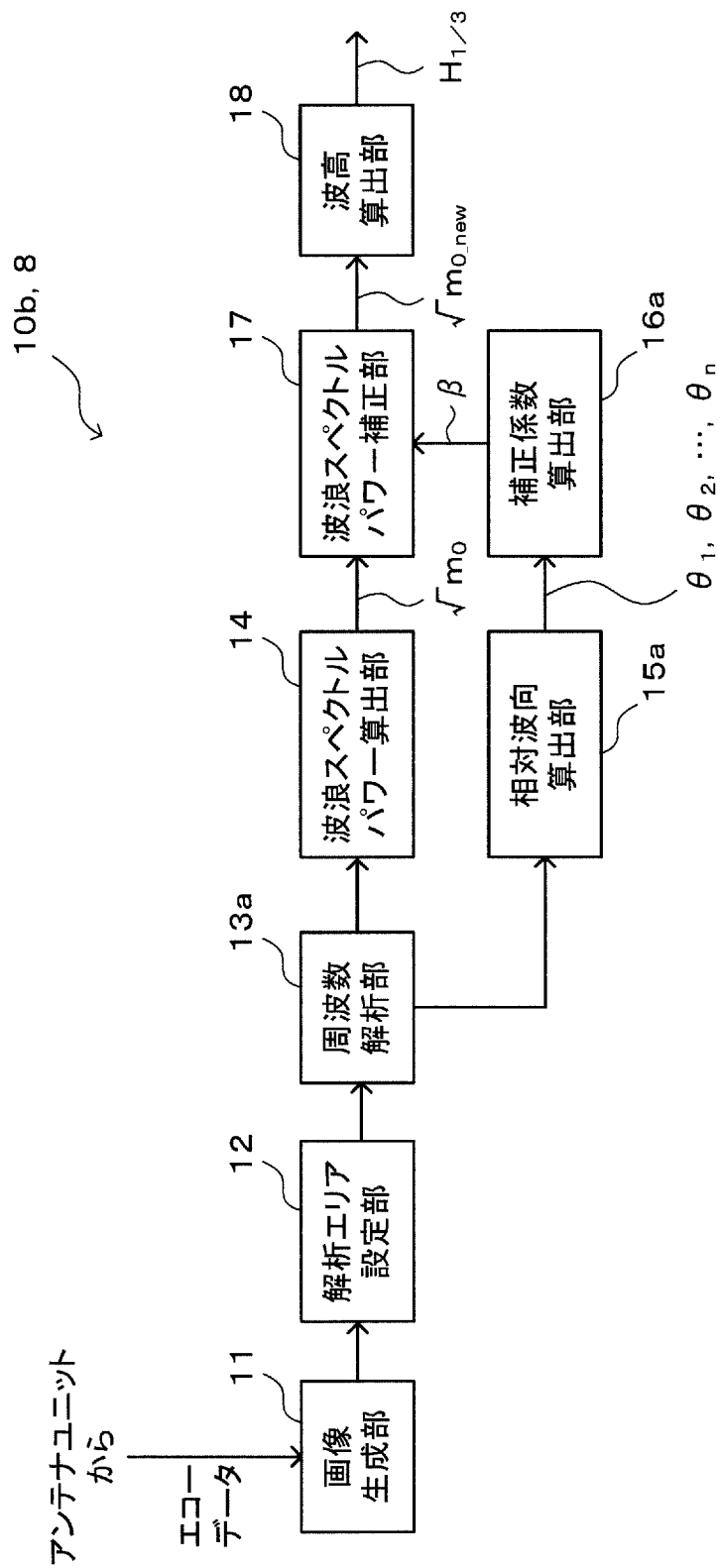
[図7]



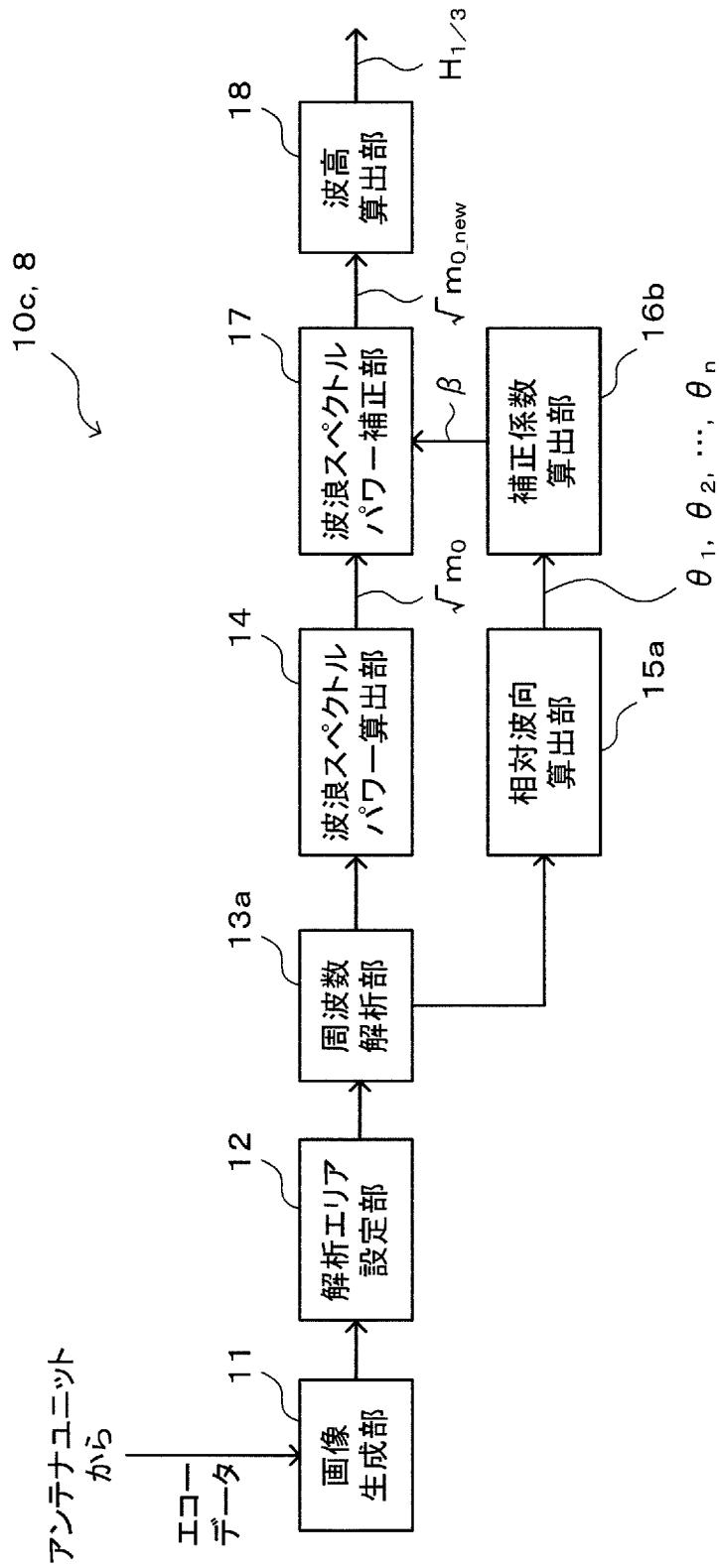
[図8]



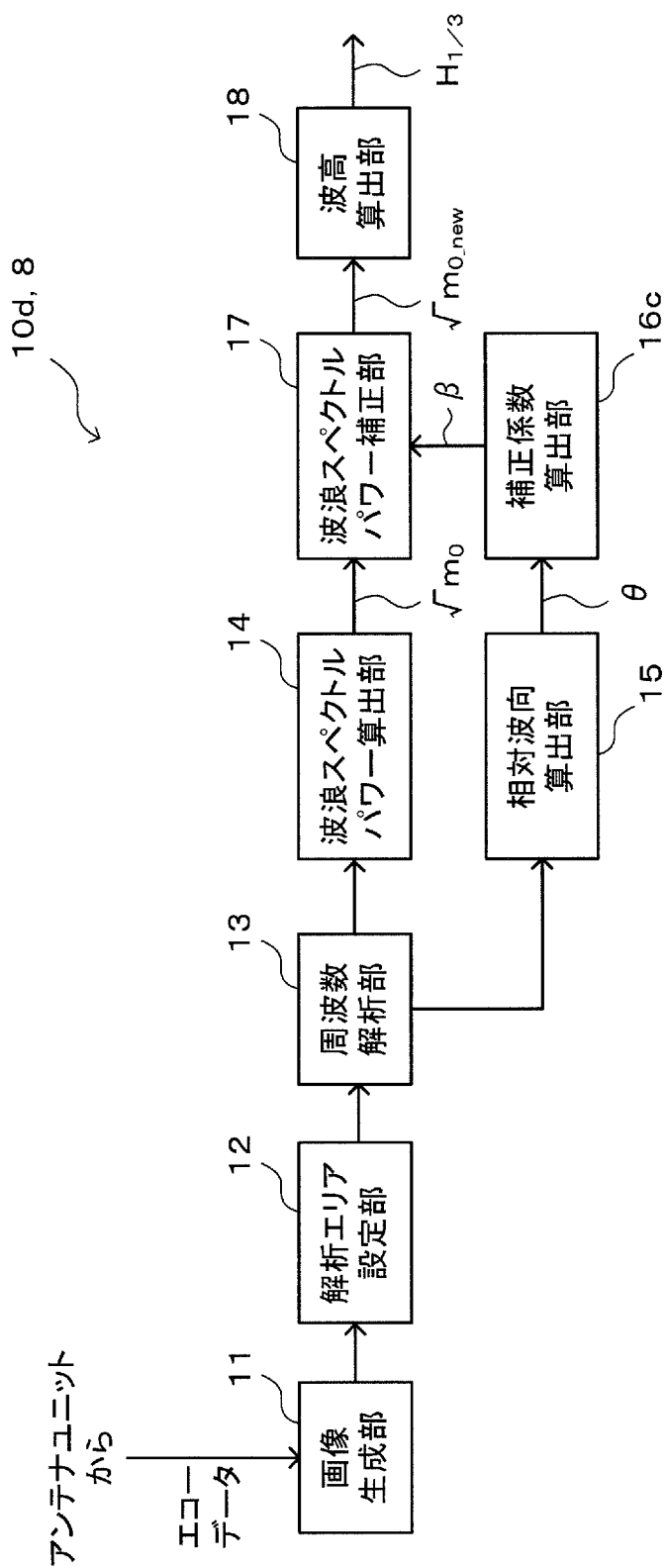
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/009496

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S13/95(2006.01)i, G01C13/00(2006.01)i, G01W1/00(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)

G01S13/95, G01C13/00, G01W1/00

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.
Y A	JP 2015-14472 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 22 January 2015 (22.01.2015), paragraphs [0018] to [0040], [0060], [0066]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-3, 12-13 4-11
Y A	JP 2003-185743 A (Yokohama TLO Co., Ltd.), 03 July 2003 (03.07.2003), paragraphs [0004] to [0006], [0027] (Family: none)	1-3, 12-13 4-11
Y A	Yukiharu HISAKI et al., "Observations of sea wave by HF Ocean Radar", Proceedings of the 12th Japanese Conference on Remote Sensing, 07 May 1992 (07.05.1992), pages 63 to 66, ISSN 09163611, particularly, 2., 3., 5-1., fig. 5	1-3, 12-13 4-11

☒ 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
19 May 2017 (19.05.17)

Date of mailing of the international search report
30 May 2017 (30.05.17)

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/JP2017/009496

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 2003-307563 A (Michio NOBEOKA), 31 October 2003 (31.10.2003), paragraphs [0002] to [0008] (Family: none)	1-13
A	US 2010/0315284 A1 (TRIZNA, Dennis, B.), 16 December 2010 (16.12.2010), entire text; all drawings & WO 2011/028637 A2 & CA 2770342 A1	1-13

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, G01C13/00(2006.01)i, G01W1/00(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. G01S13/95, G01C13/00, G01W1/00

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
Y A	JP 2015-14472 A（古野電気株式会社）2015.01.22, 段落 0018-0040, 0060, 0066, 図 1-5（ファミリーなし）	1-3, 12-13 4-11
Y A	JP 2003-185743 A（よこはまティールエルオー株式会社）2003.07.03, 段落 0004-0006, 0027（ファミリーなし）	1-3, 12-13 4-11

☒ 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

19.05.2017

国際調査報告の発送日

30.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

中村 説志

2S

3206

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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
Y A	久木幸治、外1名, “短波海洋レーダによる波浪観測”, 日本リモートセンシング学会第12回(平成4年度春季)学術講演会論文集, 1992.05.07, p.63-66, ISSN 09163611, 特に2., 3., 5-1., Fig.5 (HISAKI, Yukiharu, Observations of sea wave by HF Ocean Radar, Proceedings of the 12th Japanese Conference on Remote Sensing)	1-3, 12-13 4-11
A	JP 2003-307563 A (延岡 美智男) 2003.10.31, 段落 0002-0008 (ファミリーなし)	1-13
A	US 2010/0315284 A1 (TRIZNA, Dennis, B.) 2010.12.16, 全文、全図 & WO 2011/028637 A2 & CA 2770342 A1	1-13