

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7697352号
(P7697352)

(45)発行日 令和7年6月24日(2025.6.24)

(24)登録日 令和7年6月16日(2025.6.16)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 V 3/08 (2006.01) G 0 1 V 3/08 A
G 0 1 N 17/00 (2006.01) G 0 1 N 17/00

請求項の数 11 (全23頁)

(21)出願番号	特願2021-185761(P2021-185761)	(73)特許権者	000001993 株式会社島津製作所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
(22)出願日	令和3年11月15日(2021.11.15)	(74)代理人	100104433 弁理士 宮園 博一
(65)公開番号	特開2023-72986(P2023-72986A)	(74)代理人	100155608 弁理士 大日方 崇
(43)公開日	令和5年5月25日(2023.5.25)	(72)発明者	富阪 正裕 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内
審査請求日	令和6年8月19日(2024.8.19)	審査官	福田 裕司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 海底構造物検出システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

海底に設けられた金属製の海底構造物の検知および前記海底構造物に設けられ、前記海底構造物を構成する金属とはイオン化傾向が異なる金属によって形成された防食層の損傷の有無を検知する海底構造物検出システムであって、

前記海底構造物と前記防食層との間に流れる電流に起因する電位差を検知する電位差センサと、

海中の磁気を検知する磁気センサと、

前記磁気センサによって出力された磁気信号に基づいて、前記海底構造物の有無を検知する海底構造物検知部と、

前記磁気信号と前記電位差センサによって出力された電界信号とに基づいて、前記防食層の損傷の有無を検知する損傷検知部と、を備える、海底構造物検出システム。

【請求項2】

前記損傷検知部は、前記海底構造物のうちの前記防食層の損傷が生じた箇所と前記防食層との間に流れる前記電流に起因する磁気成分と、前記電界信号に含まれる前記電流の成分とに基づいて、前記防食層の損傷の有無を検知するように構成されている、請求項1に記載の海底構造物検出システム。

【請求項3】

予め取得された基準磁気信号を記憶する記憶部をさらに備え、

前記損傷検知部は、前記基準磁気信号と前記磁気信号とに基づいて、前記電流に起因す

る前記磁気成分を取得するように構成されている、請求項 2 に記載の海底構造物検出システム。

【請求項 4】

前記損傷検知部は、前記磁気信号から前記基準磁気信号を差分して得られる信号である差分磁気信号の第 1 ピークと、前記電界信号の第 2 ピークとに基づいて、前記防食層の損傷の有無を検知するように構成されている、請求項 3 に記載の海底構造物検出システム。

【請求項 5】

前記損傷検知部は、前記第 1 ピークの取得位置である第 1 取得位置と、前記第 2 ピークの取得位置である第 2 取得位置とに基づいて、前記防食層の損傷の位置を検知するように構成されている、請求項 4 に記載の海底構造物検出システム。

10

【請求項 6】

前記記憶部は、前記基準磁気信号を取得した際の前記磁気センサと前記海底構造物との間の距離である基準距離を記憶するように構成されており、

前記海底構造物検知部は、前記基準磁気信号の波形の振幅と、前記基準距離と、前記磁気信号の振幅とに基づいて、前記海底構造物の深さ位置を検出するように構成されている、請求項 3 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の海底構造物検出システム。

【請求項 7】

前記磁気センサおよび前記電位差センサが設けられ、水中を移動可能な移動体をさらに備える、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の海底構造物検出システム。

【請求項 8】

20

前記電位差センサは、一对の電極を含み、
一对の前記電位差センサは、前記移動体において、所定の間隔で上下方向に並ぶように設けられ、

前記磁気センサは、一对の前記電極の間の位置に設けられている、請求項 7 に記載の海底構造物検出システム。

【請求項 9】

前記移動体の加速度および姿勢の情報を含む移動体情報を取得する移動体情報取得部と、前記移動体情報に基づいて、前記磁気信号および前記電界信号に対して前記移動体の姿勢の補正を行う信号補正部と、をさらに備え、

前記海底構造物検知部は、前記信号補正部によって姿勢の補正が行われた後の前記磁気信号である補正磁気信号に基づいて、前記海底構造物の有無を検知するように構成されており、

30

前記損傷検知部は、前記補正磁気信号と、前記信号補正部によって姿勢の補正が行われた後の前記電界信号である補正電界信号とに基づいて、前記防食層の損傷の有無を検知するように構成されている、請求項 7 または 8 に記載の海底構造物検出システム。

【請求項 10】

前記移動体には、前記磁気センサと、前記電位差センサと、前記移動体に対して推進力を与える推進機構とが設けられ、海中を走行可能に構成されている、請求項 7 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の海底構造物検出システム。

【請求項 11】

40

前記海底構造物は、海底に設けられたパイプラインであり、
前記海底構造物検知部は、前記パイプラインの有無を判定するように構成されており、
前記防食層の損傷は、前記防食層の腐食であり、
前記損傷検知部は、前記パイプラインの腐食の有無を検知するように構成されている、請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の海底構造物検出システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、海底構造物検出システムに関し、海底に沿って磁気センサを移動させながら海底に設けられた海底構造物を検出する海底構造物検出システムに関する。

50

【背景技術】

【0002】

従来、海底に沿って磁気センサを移動させながら、海底構造物を検出する海底構造物検出システムが知られている（たとえば、特許文献1参照）。

【0003】

上記特許文献1には、海底に沿って移動しながら、海底に設けられた海底構造物を磁気を用いて検出する磁気探査装置（海底構造物検出システム）が開示されている。上記特許文献1に開示されている磁気探査装置は、磁気センサが上下2段以上に組み合わされた組センサを備えている。上記特許文献1に開示されている磁気探査装置は、組センサを少なくとも1対互いに同一平面上で平行に対向するように配置される。また、上記特許文献1に開示されている磁気探査装置は、調査船によって曳航されることによって海底に沿って移動しながら海底に埋設された海底パイプラインから発せられる磁気を検出することにより、海底パイプラインを検出するように構成されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開昭62-148877号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、上記特許文献1には開示されていないが、海底パイプライン（海底構造物）は、鋼管（鉄）によって構成されていると考えられ、鋼管の外周面を覆うように錆びを防ぐための鉄以外の金属によって形成される防食層が設けられていると考えられる。防食層が損傷した場合、防食層の損傷部分において、海底構造物の表面が露出される。この場合、海底構造物が露出した部分から海底構造物の腐食が生じるという不都合がある。防食層に損傷が生じた場合、海底構造物を構成する金属と、防食層とのイオン化傾向の違いに起因して、海底構造物の露出した損傷箇所と防食層との間において電流が流れる。上記特許文献1のように、磁気センサを備える構成において、損傷箇所と防食層との間に流れる電流に起因して生じる磁界を検知することにより、損傷箇所の検出を行うことは可能である。しかしながら、地磁気などのノイズによって、損傷箇所と防食層との間に流れる電流に起因して生じる磁界の検知精度が低下する場合がある。したがって、上記特許文献1に開示されている構成では、海底構造物の有無を検知するとともに、防食層の損傷の有無を精度よく検知することが困難であるという問題点がある。

20

30

【0006】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、海底構造物の有無を検知可能であるとともに、海底構造物に設けられた防食層の損傷の有無を精度よく検知することが可能な海底構造物検出システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、この発明の一の局面における海底構造物検出システムは、海底に設けられた金属製の海底構造物の検知および海底構造物に設けられ、海底構造物を構成する金属とはイオン化傾向が異なる金属によって形成された防食層の損傷の有無を検知する海底構造物検出システムであって、海底構造物と防食層との間に流れる電流に起因する電位差を検知する電位差センサと、海中の磁気を検知する磁気センサと、磁気センサによって出力された磁気信号に基づいて、海底構造物の有無を検知する海底構造物検知部と、磁気信号と電位差センサによって出力された電界信号とに基づいて、防食層の損傷の有無を検知する損傷検知部と、を備える。

40

【発明の効果】

【0008】

上記第1の局面における海底構造物検出システムでは、磁気センサによって出力された

50

磁気信号によって海底構造物の有無の検知する海底構造物検知部を備える。これにより、磁気信号を取得することによって、海底構造物の有無を検知することができる。また、上記第1の局面における海底構造物検出システムでは、磁気センサによって出力された磁気信号、および、海底構造物と防食層との間に流れる電流に起因する電位差を検知する電位差センサによって出力された電界信号によって、防食層の損傷の有無を検知する損傷検知部を備える。これにより、磁気信号のみによって防食層の損傷の有無を検知する構成と異なり、海底構造物と防食層との間に流れる電流に起因して生じる磁気信号、および、海底構造物と防食層との間に流れる電流に起因する電位差に基づく電界信号の両方によって、防食層の損傷の有無を検知することができる。したがって、磁気信号のみによって防食層の損傷の有無を検知する構成と比較して、防食層の損傷の有無を精度よく検知することができる。その結果、海底構造物の有無を検知可能であるとともに、海底構造物に設けられた防食層の損傷の有無を精度よく検知することが可能な海底構造物検出システムを提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】一実施形態による海底構造物検出システムの全体構成を示した図である。

【図2】一実施形態による海底構造物検出システムの構成を示したブロック図である。

【図3】一実施形態による電位差センサおよび磁気センサの配置を説明するための模式図である。

【図4】一実施形態による海底構造物検出システムが基準磁気信号を取得する構成を説明するための模式図である。

20

【図5】一実施形態による判別部が海底構造物の有無、および、防食層の損傷の有無を検知する構成を説明するための機能ブロック図である。

【図6】一実施形態による海底構造物検知部が、海底構造物の深さ位置を取得する構成を説明するための模式図である。

【図7】基準磁気信号を説明するためのグラフ(A)、防食層に損傷がある場合の磁気信号を説明するためのグラフ(B)、および、差分磁気信号を説明するためのグラフ(C)である。

【図8】防食層に損傷がない場合の電界信号を説明するためのグラフ(A)、および、防食層に損傷がある場合の電界信号を説明するためのグラフ(B)である。

30

【図9】一実施形態による海底構造物検知部が、海底構造物の有無を検知する処理を説明するためのフローチャートである。

【図10】一実施形態による損傷検知部が、防食層の損傷の有無を検知する処理を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明を具体化した実施形態を図面に基づいて説明する。

【0011】

図1～図8を参照して、一実施形態による海底構造物検出システム100の構成について説明する。

40

【0012】

(海底構造物検出装置の構成)

まず、図1を参照して、一実施形態による海底構造物検出システム100の構成について説明する。

【0013】

海底構造物検出システム100は、海底80に設けられた金属製の海底構造物90を検出する海底構造物検出システムである。海底構造物90は、海底80に設けられたパイプラインである。すなわち、海底構造物検出システム100は、海底80に設けられたパイプラインの有無を検出するように構成されている。また、海底構造物検出システム100は、海底構造物90に設けられ、海底構造物90を構成する金属とはイオン化傾向が異な

50

る金属によって形成された防食層 6 の損傷 6 a の有無を検知する海底構造物検出システムである。すなわち、海底構造物検出システム 100 は、海底 80 に設けられたパイプラインの損傷の有無を検出するように構成されている。なお、海底構造物 90 は、たとえば、鋼材（鉄材）により形成される。

【0014】

パイプラインは、たとえば、錆びを防ぐための防食層 6 が外表面を覆うように設けられた鋼管を含む。防食層 6 は、たとえば、亜鉛合金によって形成される。防食層 6 に損傷 6 a が生じた場合、矢印 7 に示すように、海底構造物 90 を構成する金属と防食層 6 とのイオン化傾向の違いにより、損傷 6 a が生じた部分から防食層 6 に対して海水を介して電流が流れる。なお、パイプラインは、特許請求の範囲の「海底構造物」の一例である。図 1

10

【0015】

図 1 に示すように、海底構造物検出システム 100 は、電位差センサ 1 と、磁気センサ 2 と、コンピュータ 3 とを備える。また、本実施形態では、海底構造物検出システム 100 は、移動体 4 を備える。電位差センサ 1 と、磁気センサ 2 とは、移動体 4 に設けられている。また、コンピュータ 3 は、船舶 5 に設けられている。

【0016】

電位差センサ 1 は、海底構造物 90 と防食層 6 との間に流れる電流に起因する電位差を検知するように構成されている。電位差センサ 1 は、海底構造物 90 と防食層 6 との間の海中に流れる電流に起因する電位差に基づく電界信号 30（図 2 参照）を出力するように構成されている。本実施形態では、電位差センサ 1 は、移動体 4 によって移動されながら測定した電界信号 30 を出力するように構成されている。電位差センサ 1 は、たとえば、銀/塩化銀電極を含む。電位差センサ 1 が移動体 4 に設けられる位置などについては、後述する。

20

【0017】

磁気センサ 2 は、海中の磁気を検知するように構成されている。また、磁気センサ 2 は、海中の磁気に基づく磁気信号 31（図 2 参照）を出力するように構成されている。磁気センサ 2 は、移動体 4 に設けられている。本実施形態では、磁気センサ 2 は、移動体 4 によって移動されながら測定した磁気信号 31 を出力するように構成されている。磁気センサ 2 は、移動体 4 における上下方向と、上下方向と直交する平面内において互いに直交する 2 方向との磁気信号 31 を出力するように構成されている。磁気センサ 2 は、たとえば、3 軸の磁気計を含む。

30

【0018】

コンピュータ 3 は、磁気センサ 2 から出力される磁気信号 31 に基づいて、海底構造物 90 の検出を行うように構成されている。また、コンピュータ 3 は、磁気信号 31、および、電位差センサ 1 から出力される電界信号 30 に基づいて、防食層 6 の損傷 6 a の有無を検出するように構成されている。本実施形態では、防食層 6 の損傷 6 a は、たとえば、防食層 6 の腐食である。すなわち、本実施形態では、コンピュータ 3 は、防食層 6 の腐食の有無を検知するように構成されている。コンピュータ 3 は、防食層 6 が腐食することにより、海底構造物 90 の表面が露出し、海底構造物 90 と防食層 6 との間に電流（腐食電流）が流れるか否かを検知することにより、防食層 6 の損傷 6 a の有無を検知する。また、コンピュータ 3 は、移動体 4 を移動させる制御を行うように構成されている。コンピュータ 3 が海底構造物 90 の有無を検出する構成、および、防食層 6 の損傷 6 a の有無を検出する構成の詳細については、後述する。

40

【0019】

移動体 4 は、磁気センサ 2 および電位差センサ 1 が設けられ、水中を移動可能なように構成されている。本実施形態では、移動体 4 は、電位差センサ 1 および磁気センサ 2 の両方を、一体的に移動させるように構成されている。また、移動体 4 には、海中における移動体 4 の深さ情報を取得する深度計（図示せず）、および、移動体 4 から測定対象までの

50

距離を取得する距離センサ（図示せず）が設けられている。移動体 4 は、海中を走行可能に構成されている。また、移動体 4 は、無人で海中を移動可能に構成されている。移動体 4 は、いわゆる AUV（Autonomous Underwater Vehicle：自律型無人潜水機）である。移動体 4 の詳細な構成については、後述する。

【0020】

図 2 に示すように、コンピュータ 3 は、プロセッサ 10 と、記憶部 11 と、移動体情報取得部 12 と、信号取得部 13 と、報知部 14 とを備える。

【0021】

プロセッサ 10 は、海底構造物 90（図 1 参照）の有無を検知するように構成されている。また、プロセッサ 10 は、海底構造物 90 に設けられた防食層 6（図 1 参照）の損傷 6a（図 1 参照）の有無を検知するように構成されている。プロセッサ 10 は、たとえば、CPU（Central Processing Unit）、マイクロプロセッサ、海底構造物 90 の位置判定用に構成された FPGA（Field-Programmable Gate Array）などを含む。プロセッサ 10 が海底構造物 90 の有無を検知する構成、および、防食層 6 の損傷 6a の有無を検知する構成の詳細については、後述する。

10

【0022】

記憶部 11 は、予め取得された基準磁気信号 20 を記憶する。また、記憶部 11 は、基準磁気信号 20 を取得した際の磁気センサ 2 と海底構造物 90 との間の距離である基準距離 21 を記憶するように構成されている。また、記憶部 11 は、プロセッサ 10 が実行する各種プログラムを記憶する。記憶部 11 は、不揮発性記憶装置を含む。不揮発性記憶装置は、たとえば、ハードディスクドライブ、ソリッドステートドライブなどである。

20

【0023】

基準磁気信号 20 は、移動体 4 と海底構造物 90 との間の距離が基準距離 21 となる位置において磁気センサ 2 によって出力された磁気信号である。基準距離 21 は、基準磁気信号 20 を取得する際の移動体 4 と海底構造物 90 との間の距離である。基準磁気信号 20 および基準距離 21 は、予め取得され、記憶部 11 に記憶されている。なお、基準磁気信号 20 は、海底構造物 90 の有無の検知、および、防食層 6 の損傷 6a の有無の検知に用いられる。また、基準磁気信号 20 および基準距離 21 は、海底構造物 90 がある場合において、海底構造物 90 の深さ位置 25（図 6 参照）の取得に用いられる。なお、基準距離 21 は、防食層 6 の損傷 6a の有無の検知には用いられない。

30

【0024】

移動体情報取得部 12 は、移動体 4 の加速度および姿勢の情報を含む移動体情報 22 を取得するように構成されている。また、移動体情報取得部 12 は、取得した移動体情報 22 を、プロセッサ 10 に対して出力するように構成されている。移動体情報取得部 12 は、たとえば、無線通信装置および入出力インタフェースを含む。

【0025】

信号取得部 13 は、移動体 4 に設けられた電位差センサ 1 から、電界信号 30 を取得するように構成されている。また、信号取得部 13 は、磁気センサ 2 から、磁気信号 31 を取得するように構成されている。また、信号取得部 13 は、取得した電界信号 30 および磁気信号 31 を、プロセッサ 10 に対して出力するように構成されている。信号取得部 13 は、たとえば、無線通信装置および入出力インタフェースを含む。

40

【0026】

報知部 14 は、海底構造物検知部 10a の有無の検知結果である第 1 検知結果 40a（図 5 参照）を報知するように構成されている。また、報知部 14 は、防食層 6 の損傷 6a の有無の検知結果である第 2 検知結果 40b（図 5 参照）を報知するように構成されている。報知部 14 は、たとえば液晶表示装置である。報知部 14 は、エレクトロルミネッセンス表示装置、プロジェクタであってもよい。

【0027】

移動体 4 は、制御部 4a と、通信部 4b と、移動体情報計測部 4c と、推進機構 4d とを含む。

50

【 0 0 2 8 】

制御部 4 a は、移動体 4 を制御するように構成されている。制御部 4 a は、たとえば、CPU を含む。

【 0 0 2 9 】

通信部 4 b は、制御部 4 a の制御の下、コンピュータ 3 と通信するように構成されている。具体的には、通信部 4 b は、コンピュータ 3 から、移動体 4 を移動させる方向の情報を受信したり、コンピュータ 3 に対して、電位差センサ 1 が出力する電界信号 3 0、磁気センサ 2 が出力する磁気信号 3 1、および、移動体情報 2 2 を送信したりするように構成されている。通信部 4 b は、たとえば、無線接続可能な送受信装置を含む。

【 0 0 3 0 】

移動体情報計測部 4 c は、移動体 4 の加速度および姿勢の情報を取得するように構成されている。姿勢の情報は、海中における移動体 4 の姿勢を表したベクトルである。移動体情報計測部 4 c は、たとえば、移動体 4 の上下方向、上下方向に直交する平面内において、互いに直交する 2 方向の 3 軸方向の加速度センサを含む。

【 0 0 3 1 】

推進機構 4 d は、制御部 4 a の制御の下、移動体 4 に対して推進力を与えるように構成されている。推進機構 4 d は、プロペラ（図示せず）と、プロペラを駆動する駆動源（図示せず）を含む。推進機構 4 d は、プロペラを回転させることによって水をかき推進力を得る、いわゆるスクリュウ構成であってもよいし、後方に高圧の水流を噴出することにより推進力を得る、いわゆるウォータージェット推進機構であってもよい。

【 0 0 3 2 】

電位差センサおよび磁気センサの配置

次に、図 3 を参照して、移動体 4 における電位差センサ 1 および磁気センサ 2 の配置について説明する。

【 0 0 3 3 】

図 3 に示すように、電位差センサ 1 は、一对の電極を含む。具体的には、電位差センサ 1 は、一对の電極として、第 1 電極 1 a および第 2 電極 1 b を含む。電位差センサ 1 は、第 1 電極 1 a と第 2 電極 1 b との間の電位差を検出するように構成されている。

【 0 0 3 4 】

また、一对の電位差センサ 1（第 1 電極 1 a および第 2 電極 1 b）は、移動体 4 において、所定の間隔で上下方向に並ぶように設けられている。磁気センサ 2 は、一对の電極間の位置に設けられている。すなわち、第 1 電極 1 a および第 2 電極 1 b と、磁気センサ 2 とは、所定の間隔で上下方向に並ぶように設けられている。言い換えると、第 1 電極 1 a および第 2 電極 1 b と、磁気センサ 2 とは、移動体 4 の進行方向における位置が、略等しくなるように移動体 4 に設けられている。

【 0 0 3 5 】

基準磁気信号の取得

次に、図 4 を参照して、海底構造物検出システム 1 0 0（図 1 参照）が、基準磁気信号 2 0（図 2 参照）を取得する構成について説明する。

【 0 0 3 6 】

海底構造物検出システム 1 0 0 は、たとえば、海底構造物 9 0 を敷設した際に、基準磁気信号 2 0 を取得するように構成されている。具体的には、海底構造物検出システム 1 0 0 は、海底構造物 9 0 から発せられる磁気を、移動体 4 を移動させながら検出することにより、基準磁気信号 2 0 を取得する。この際、移動体 4 に設けられた距離センサによって取得した距離を、基準距離 2 1 として基準磁気信号 2 0 とともに記憶部 1 1（図 2 参照）に記憶する。

【 0 0 3 7 】

また、海底構造物検出システム 1 0 0 は、海底構造物 9 0 が敷設された後において、海底構造物 9 0 の防食層 6 に損傷 6 a（図 1 参照）が生じる前に、基準磁気信号 2 0 を取得する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

海底構造物の検知および防食層の損傷の検知

次に、図 5 を参照して、プロセッサ 1 0 が海底構造物 9 0 (図 1 参照) の有無を検知する構成、および、防食層 6 (図 1 参照) の損傷 6 a (図 1 参照) の有無を検知する構成について説明する。

【 0 0 3 9 】

図 5 に示すように、プロセッサ 1 0 は、海底構造物検知部 1 0 a、損傷検知部 1 0 b、および、信号補正部 1 0 c を機能ブロックとして備える。言い換えると、プロセッサ 1 0 は、記憶部 1 1 に記憶されたプログラムを実行することにより、海底構造物検知部 1 0 a、損傷検知部 1 0 b、および、信号補正部 1 0 c として機能する。

10

【 0 0 4 0 】

本実施形態では、海底構造物検出システム 1 0 0 は、移動体 4 (図 1 参照) を移動させながら電界信号 3 0 および磁気信号 3 1 を取得する。したがって、移動体 4 の姿勢によって、電界信号 3 0 および磁気信号 3 1 に変化が生じる場合がある。そこで、本実施形態では、信号補正部 1 0 c は、移動体情報 2 2 に基づいて、磁気信号 3 1 および電界信号 3 0 に対して移動体 4 の姿勢の補正を行うように構成されている。具体的には、信号補正部 1 0 c は、移動体情報取得部 1 2 から移動体情報 2 2 を取得することにより、移動体 4 の加速度および姿勢の情報を取得する。そして、信号補正部 1 0 c は、取得した移動体 4 の加速度および姿勢の情報をを用いて、電界信号 3 0 に対してフィルタ処理および直交度補正処理を行うことにより、補正電界信号 3 0 a を取得する。すなわち、信号補正部 1 0 c は、電界信号 3 0 に対して補正処理を行うことにより、電位差センサ 1 の座標系から、水平および鉛直方向の絶対座標系に座標変換を行う。これにより、信号補正部 1 0 c は、鉛直方向、水平面内において互いに直交する 2 方向の補正電界信号 3 0 a を取得することができる。

20

【 0 0 4 1 】

また、信号補正部 1 0 c は、取得した移動体 4 の加速度および姿勢の情報をを用いて、磁気信号 3 1 に対してフィルタ処理および直交度補正処理を行うことにより、補正磁気信号 3 1 a を取得する。すなわち、信号補正部 1 0 c は、磁気信号 3 1 に対して補正処理を行うことにより、磁気センサ 2 の座標系から、水平および鉛直方向の絶対座標系に座標変換を行う。これにより、信号補正部 1 0 c は、鉛直方向、水平面内において互いに直交する 2 方向の補正磁気信号 3 1 a を取得することができる。信号補正部 1 0 c は、補正電界信号 3 0 a を、損傷検知部 1 0 b に対して出力する。また、信号補正部 1 0 c は、補正磁気信号 3 1 a を、海底構造物検知部 1 0 a および損傷検知部 1 0 b に対して出力する。

30

【 0 0 4 2 】

海底構造物検知部 1 0 a は、磁気センサ 2 によって出力された磁気信号 3 1 に基づいて、海底構造物 9 0 の有無を検知するように構成されている。本実施形態では、海底構造物検知部 1 0 a は、信号補正部 1 0 c によって姿勢の補正が行われた後の磁気信号 3 1 である補正磁気信号 3 1 a に基づいて、海底構造物 9 0 の有無を検知するように構成されている。

【 0 0 4 3 】

海底構造物検知部 1 0 a は、信号補正部 1 0 c によって取得された補正磁気信号 3 1 a を取得する。海底構造物検知部 1 0 a は、補正磁気信号 3 1 a の振幅 5 1 (図 7 (B) 参照) に基づいて、海底構造物 9 0 (図 1 参照) の有無を判別する。具体的には、海底構造物検知部 1 0 a は、補正磁気信号 3 1 a の振幅 5 1 が、所定の大きさ以上である場合に、海底構造物 9 0 があると判別する。また、海底構造物検知部 1 0 a は、補正磁気信号 3 1 a の振幅 5 1 が、所定の大きさよりも小さい場合に、海底構造物 9 0 がないと判別する。

40

【 0 0 4 4 】

また、海底構造物検知部 1 0 a は、海底構造物 9 0 があると判別した場合には、基準磁気信号 2 0 と磁気信号 3 1 とに基づいて、海底構造物 9 0 の深さ位置 2 5 (図 6 参照) を取得する。本実施形態では、海底構造物検知部 1 0 a は、記憶部 1 1 から、基準磁気信号

50

20 および基準距離 21 を取得する。海底構造物検知部 10 a は、基準磁気信号 20 と、基準距離 21 と、補正磁気信号 31 a と、を用いて、海底構造物 90 の深さ位置 25 を取得する。

【0045】

海底構造物の深さ位置の検知

次に、図 6 を参照して、海底構造物検知部 10 a (図 2 参照) が海底構造物 90 の深さ位置 25 を取得する構成について説明する。本実施形態では、海底構造物検知部 10 a は、磁気信号 31 (図 2 参照) の大きさに基づいて、海底構造物 90 の深さ位置 25 を検知するように構成されている。具体的には海底構造物検知部 10 a は、基準磁気信号 20 (図 2 参照) の波形の振幅 50 (図 7 (A) 参照) と、基準距離 21 (図 2 参照) と、磁気信号 31 の振幅 51 (図 7 (B) 参照) とに基づいて、海底構造物 90 の深さ位置 25 を検出するように構成されている。

10

【0046】

ここで、磁気信号 31 の大きさは、海底構造物 90 と移動体 4 との間の距離の三乗に反比例することが知られている。したがって、基準距離 21 の振幅 50 と、磁気信号 31 の振幅 51 とを比較することにより、基準距離 21 と海底構造物 90 と移動体 4 との間の距離 23 の比率を取得することが可能となるので、海底構造物 90 と移動体 4 との間の距離 23 を取得することができる。

【0047】

また、海底構造物検知部 10 a (図 2 参照) は、移動体 4 に設けられた深度計に基づいて、海面 81 から移動体 4 までの距離 24 を取得する。そして、海底構造物検知部 10 a は、海底構造物 90 と移動体 4 との間の距離 23、および、海面 81 から移動体 4 までの距離 24 を加算することにより、海底構造物 90 の深さ位置 25 を取得する。すなわち、海底構造物 90 の深さ位置 25 とは、海面 81 から海底構造物 90 までの距離である。

20

【0048】

再び図 5 を参照して、海底構造物検知部 10 a は、海底構造物 90 の有無の検知結果である第 1 検知結果 40 a を、報知部 14 に対して出力する。本実施形態では、海底構造物検知部 10 a は、海底構造物 90 があると判定した場合には、海底構造物 90 が検知された旨のメッセージを、第 1 検知結果 40 a として報知部 14 に対して出力する。また、海底構造物検知部 10 a は、海底構造物 90 がないと判定した場合には、海底構造物 90 が検知されなかった旨のメッセージを、第 1 検知結果 40 a として報知部 14 に対して出力する。なお、海底構造物 90 がある場合には、海底構造物検知部 10 a は、第 1 検知結果 40 a として、海底構造物 90 の深さ位置 25 も出力する。

30

【0049】

損傷検知部 10 b は、磁気信号 31 と電位差センサ 1 によって出力された電界信号 30 とに基づいて、防食層 6 (図 1 参照) の損傷 6 a (図 1 参照) の有無を検知するように構成されている。

【0050】

損傷検知部 10 b は、海底構造物 90 のうちの防食層 6 の損傷 6 a が生じた箇所と防食層 6 との間に流れる電流に起因する磁気成分と、電界信号 30 に含まれる電流の成分とに基づいて、防食層 6 の損傷 6 a の有無を検知するように構成されている。具体的には、損傷検知部 10 b は、基準磁気信号 20 と磁気信号 31 とに基づいて、電流に起因する磁気成分を取得するように構成されている。本実施形態では、損傷検知部 10 b は、信号補正部 10 c によって取得された補正電界信号 30 a および補正磁気信号 31 a を取得する。損傷検知部 10 b は、補正磁気信号 31 a と、信号補正部 10 c によって姿勢の補正が行われた後の電界信号 30 である補正電界信号 30 a とに基づいて、防食層 6 の損傷 6 a の有無を検知するように構成されている。

40

【0051】

損傷検知部 10 b は、海底構造物検知部 10 a によって海底構造物 90 があると判別された場合に、海底構造物 90 に設けられた防食層 6 において、損傷 6 a があるか否かを判

50

別する。具体的には、損傷検知部 10b は、信号補正部 10c によって出力された補正電界信号 30a と、信号補正部 10c によって出力された補正磁気信号 31a と、記憶部 11 に記憶された基準磁気信号 20 とに基づいて、損傷 6a の有無を検出する。

【0052】

本実施形態では、防食層 6 は、海底構造物 90 を構成する金属とは異なるイオン化傾向の金属で形成されている。したがって、防食層 6 に損傷 6a がある場合、イオン化傾向の違いに基づいて、矢印 7 (図 1 参照) に示すように、損傷 6a から防食層 6 に対して電流が流れる。この場合、損傷 6a から防食層 6 に流れる電流に起因して、磁気が生じる。磁気センサ 2 (図 1 参照) は、損傷 6a から防食層 6 に流れる電流に起因して生じた磁気を含む磁気信号 31 を出力する。

10

【0053】

ここで、磁気信号 31 には、損傷 6a から防食層 6 に流れる電流に起因して生じた磁気成分以外に、地磁気の成分などに起因するノイズを含む。ノイズを含んだ状態では、損傷 6a から防食層 6 に流れる電流に起因して生じた磁気の判別が困難である。そこで、本実施形態では、損傷検知部 10b は、磁気信号 31 から基準磁気信号 20 を差分して得られる信号である差分磁気信号 32 (図 7 (C) 参照) に基づいて、防食層 6 の損傷 6a の有無を検知するように構成されている。損傷検知部 10b は、補正磁気信号 31a と基準磁気信号 20 との差分である差分磁気信号 32 を取得する。

【0054】

本実施形態では、損傷検知部 10b は、差分磁気信号 32 の第 1 ピーク 60 (図 7 (C) 参照) と、電界信号 30 の第 2 ピーク 62 (図 8 (B) 参照) とに基づいて、防食層 6 の損傷 6a の有無を検知するように構成されている。具体的には、損傷検知部 10b は、差分磁気信号 32 において、損傷 6a から防食層 6 に流れる電流に起因して生じた磁気に基づく第 1 ピーク 60 が含まれるか否かに基づいて、損傷 6a があるか否かを判別する。

20

【0055】

また、本実施形態では、損傷検知部 10b は、第 1 ピーク 60 の取得位置である第 1 取得位置 61 (図 7 (C) 参照) と、第 2 ピーク 62 の取得位置である第 2 取得位置 63 (図 8 (B) 参照) とに基づいて、防食層 6 の損傷 6a の位置を検知するように構成されている。具体的には、損傷検知部 10b は、損傷 6a の検知を開始した時間と、第 1 ピーク 60 が取得された際の移動体 4 の移動距離とに基づいて、第 1 取得位置 61 を取得する。また、損傷検知部 10b は、損傷 6a の検知を開始した時間と、第 2 ピーク 62 が取得された際の移動体 4 の移動距離とに基づいて、第 2 取得位置 63 を取得する。

30

【0056】

損傷検知部 10b は、防食層 6 に損傷 6a がある場合には、防食層 6 に損傷 6a がある旨のメッセージを、第 2 検知結果 40b として取得する。また、損傷検知部 10b は、防食層 6 に損傷 6a がある場合には、損傷 6a の位置を、第 2 検知結果 40b として取得する。また、損傷検知部 10b は、防食層 6 に損傷 6a がない場合には、防食層 6 に損傷 6a がない旨のメッセージを、第 2 検知結果 40b として取得する。また、損傷検知部 10b は、取得した第 2 検知結果 40b を、報知部 14 に対して出力する。なお、損傷検知部 10b は、海底構造物 90 がない場合には、防食層 6 に損傷 6a があるか否かの判別を行わないため、第 2 検知結果 40b を取得しない。すなわち、海底構造物 90 がない場合には、損傷検知部 10b は、第 2 検知結果 40b を報知部 14 に対して出力しない。

40

【0057】

報知部 14 は、海底構造物検知部 10a から入力された第 1 検知結果 40a を表示する。また、報知部 14 は、損傷検知部 10b から第 2 検知結果 40b が入力された場合には、第 1 検知結果 40a とともに、第 2 検知結果 40b を表示する。

【0058】

各信号波形

次に、図 7 および図 8 を参照して、磁気センサ 2 が検知する磁気信号 31、および、電位差センサ 1 が検知する電界信号 30 について説明する。なお、図 7 に示す例は、概念図

50

であり、実際には、磁気信号 3 1 には、地磁気などのノイズを含む。また、図 8 に示す例も概念図であり、実際には、電界信号 3 0 には、周辺環境の電位差のなどのノイズを含む。

【 0 0 5 9 】

図 7 (A) は、予め取得され、記憶部 1 1 (図 2 参照) に記憶された基準磁気信号 2 0 を示すグラフ 7 0 である。グラフ 7 0 は、縦軸が磁力であり、横軸が移動体 4 (図 1 参照) の移動距離である。

【 0 0 6 0 】

グラフ 7 0 に示す基準磁気信号 2 0 は、基準距離 2 1 (図 2 参照) において磁気センサ 2 (図 1 参照) によって検知された磁気の信号である。すなわち、基準磁気信号 2 0 には、防食層 6 (図 1 参照) に損傷 6 a (図 1 参照) がない状態で取得された信号であるため、損傷 6 a に起因するピークが含まれない。

10

【 0 0 6 1 】

図 7 (B) は、磁気センサ 2 (図 1 参照) によって出力され、信号補正部 1 0 c (図 5 参照) によって補正された補正磁気信号 3 1 a を示すグラフ 7 1 である。グラフ 7 1 は、縦軸が磁力であり、横軸が移動体 4 (図 1 参照) の移動距離である。図 7 (B) に示す例は、防食層 6 (図 1 参照) に損傷 6 a (図 1 参照) がある場合の補正磁気信号 3 1 a である。したがって、図 7 (B) に示す補正磁気信号 3 1 a は、損傷 6 a から防食層 6 に流れる電流に起因する磁気成分である第 1 ピーク 6 0 を含んでいる。なお、第 1 ピーク 6 0 は、正の第 1 ピーク 6 0 a、および、負の第 1 ピーク 6 0 b を含む。正の第 1 ピーク 6 0 a は、損傷 6 a から防食層 6 に流れる電流の始点の位置に現れるピークである。また、負の第 1 ピーク 6 0 b は、損傷 6 a から防食層 6 に流れる電流の終点の位置に現れるピークである。

20

【 0 0 6 2 】

図 7 (C) は、海底構造物検知部 1 0 a (図 5 参照) によって取得される差分磁気信号 3 2 を示すグラフ 7 2 である。グラフ 7 2 は、縦軸が磁力であり、横軸が移動体 4 (図 1 参照) の移動距離である。差分磁気信号 3 2 は、損傷 6 a (図 1 参照) から防食層 6 (図 1 参照) に流れる電流に起因する磁気成分である第 1 ピーク 6 0 を含んでいる。また、差分磁気信号 3 2 は、補正磁気信号 3 1 a (図 5 参照) から基準磁気信号 2 0 を差分した信号であるため、海底構造物 9 0 (図 1 参照) の周囲の地磁気などによるノイズが除去されている。すなわち、差分磁気信号 3 2 は、損傷 6 a から防食層 6 に流れる電流に起因する磁気成分 (第 1 ピーク 6 0) の SNR (Signal Noise Ratio) が高い信号である。

30

【 0 0 6 3 】

図 8 (A) は、防食層 6 (図 1 参照) に損傷 6 a (図 1 参照) がない場合の電界信号 3 0 b を示すグラフ 7 3 である。グラフ 7 3 は、縦軸が磁力であり、横軸が移動体 4 (図 1 参照) の移動距離である。損傷 6 a がない場合、海底構造物 9 0 から電流が流れない。そのため、グラフ 7 3 に示す電界信号 3 0 b は、ピークを含まない信号となる。

【 0 0 6 4 】

図 8 (B) は、防食層 6 (図 1 参照) に損傷 6 a (図 1 参照) がある場合の補正電界信号 3 0 a を示している。グラフ 7 4 は、縦軸が磁力であり、横軸が移動体 4 (図 1 参照) の移動距離である。損傷 6 a がある場合、損傷 6 a から防食層 6 に対して電流が流れる。そのため、電界信号 3 0 b には、損傷 6 a から防食層 6 に対して流れる電流に起因する第 2 ピーク 6 2 が含まれる。なお、第 2 ピーク 6 2 は、正の第 2 ピーク 6 2 a、および、負の第 2 ピーク 6 2 b を含む。正の第 2 ピーク 6 2 a は、損傷 6 a から防食層 6 に流れる電流の始点の位置に現れるピークである。また、負の第 2 ピーク 6 2 b は、損傷 6 a から防食層 6 に流れる電流の終点の位置に現れるピークである。

40

【 0 0 6 5 】

防食層 6 に損傷 6 a がある場合、損傷 6 a から防食層 6 に対して流れる電流に起因する第 1 ピーク 6 0 (図 7 (C) 参照) が検知されるとともに、第 2 ピーク 6 2 も検知される。電位差センサ 1 および磁気センサ 2 は、移動体 4 (図 1 参照) によって一体的に移動さ

50

れるため、第1ピーク60の位置(第1取得位置61(図7(C)参照))および第2ピーク62の位置(第2取得位置63)に基づいて、防食層6の損傷6aの位置を取得することができる。

【0066】

なお、第1取得位置61は、正の第1ピーク60aに対応する第1取得位置61aと、負の第1ピーク60bに対応する第1取得位置61bとを含む。したがって、損傷検知部10bは、正の第1ピーク60aに対応する第1取得位置61aおよび負の第1ピーク60bに対応する第1取得位置61bを取得することにより、防食層6と損傷6a(海底構造物90の表面)との間に流れる電流の始点および終点を取得することができる。

【0067】

また、第2取得位置63は、正の第2ピーク62aに対応する第2取得位置63aと、負の第2ピーク62bに対応する第2取得位置63bとを含む。したがって、損傷検知部10bは、正の第2ピーク62aに対応する第2取得位置63aおよび負の第2ピーク62bに対応する第2取得位置63bを取得することにより、防食層6と損傷6a(海底構造物90の表面)との間に流れる電流の始点および終点を取得することができる。

【0068】

海底構造物の検知処理

次に、図9を参照して、海底構造物検出システム100が、海底構造物90の有無を検知する処理について説明する。

【0069】

ステップ101において、海底構造物検知部10a(図5参照)は、磁気センサ2(図1参照)によって出力された磁気信号31(図2参照)を取得する。具体的には、海底構造物検知部10aは、信号補正部10c(図5参照)によって補正された補正磁気信号31a(図5参照)を取得する。

【0070】

ステップ102において、海底構造物検知部10a(図2参照)は、海底構造物90(図1参照)が検知されたか否かを判定する。具体的には、海底構造物検知部10aは、補正磁気信号31aの振幅51(図7(B)参照)の大きさが、所定の大きさ以上であるか否かに基づいて、海底構造物90が検知されたか否かを判定する。海底構造物90が検知された場合、処理は、ステップ103へ進む。海底構造物90が検知されなかった場合、

処理は、ステップ107へ進む。

【0071】

ステップ103において、海底構造物検知部10aは、海底構造物90が検知された旨のメッセージを、第1検知結果40a(図5参照)として取得する。

【0072】

ステップ104において、海底構造物検知部10aは、記憶部11(図2参照)に記憶された基準磁気信号20(図2参照)を取得する。

【0073】

ステップ105において、海底構造物検知部10aは、図6に示すように、海底構造物90の深さ位置25を取得する。

【0074】

ステップ106において、報知部14(図2参照)は、第1検知結果40aを報知する。具体的には、報知部14は、海底構造物90の深さ位置25および海底構造物90が検知された旨のメッセージを報知する。その後、処理は、終了する。

【0075】

また、ステップ102からステップ107へ処理が進んだ場合、ステップ107において、海底構造物検知部10aは、海底構造物90が検知されなかった旨のメッセージを、第1検知結果40aとして取得する。

【0076】

ステップ108において、報知部14は、第1検知結果40aを報知する。具体的には

10

20

30

40

50

、報知部 14 は、海底構造物 90 が検知されなかった旨のメッセージを報知する。その後、処理は、終了する。なお、海底構造物検知部 10 a は、所定の間隔で、上記ステップ 101 ~ ステップ 108 の処理を繰り返し行う。

【0077】

次に、図 10 を参照して、海底構造物検出システム 100 が、海底構造物 90 (図 1 参照) に設けられた防食層 6 (図 1 参照) の損傷 6 a (図 1 参照) の有無を検知する処理について説明する。なお、図 10 に示す処理は、図 9 に示す処理において、海底構造物 90 があると判別された場合に実行される。すなわち、図 10 に示す処理を開始する際には、プロセッサ 10 (図 2 参照) は、磁気信号 31 (図 2 参照) および基準磁気信号 20 (図 2 参照) を取得した状態である。

10

【0078】

ステップ 200 において、損傷検知部 10 b (図 5 参照) は、差分磁気信号 32 (図 7 (C) 参照) を取得する。具体的には、損傷検知部 10 b は、補正磁気信号 31 a (図 2 参照) と基準磁気信号 20 との差分により、差分磁気信号 32 を取得する。

【0079】

ステップ 201 において、損傷検知部 10 b は、第 1 ピーク 60 の位置 (第 1 取得位置 61 (図 7 (C) 参照)) を取得する。具体的には、損傷検知部 10 b は、第 1 ピーク 60 が検知された際の移動体 4 の移動距離に基づいて、第 1 取得位置 61 を取得する。

【0080】

ステップ 202 において、損傷検知部 10 b は、電界信号 30 (図 2 参照) を取得する。具体的には、損傷検知部 10 b は、信号補正部 10 c (図 5 参照) によって補正された補正電界信号 30 a (図 5 参照) を取得する。

20

【0081】

ステップ 203 において、損傷検知部 10 b は、第 2 ピーク 62 の位置 (第 2 取得位置 63 (図 8 (B) 参照)) を取得する。具体的には、損傷検知部 10 b は、第 2 ピーク 62 が検知された際の移動体 4 の移動距離に基づいて、第 2 取得位置 63 を取得する。なお、ステップ 200 およびステップ 201 の処理と、ステップ 202 およびステップ 203 の処理とは、どちらが先に行われてもよい。

【0082】

ステップ 204 において、損傷検知部 10 b は、第 1 ピーク 60 または第 2 ピーク 62 があるか否かを判定する。具体的には、損傷検知部 10 b は、差分磁気信号 32 において第 1 ピーク 60 が検知されるか否か、または、補正電界信号 30 a において第 2 ピーク 62 が検知されるか否かを判定する。第 1 ピーク 60 または第 2 ピーク 62 のいずれか一方が検知される場合、処理は、ステップ 205 へ進む。第 1 ピーク 60 および第 2 ピーク 62 の両方が検知されない場合、処理は、ステップ 208 へ進む。

30

【0083】

ステップ 205 において、損傷検知部 10 b は、ピークに基づいて、防食層 6 の損傷 6 a の位置を取得する。なお、第 1 ピーク 60 および第 2 ピーク 62 の両方が検知される場合には、損傷検知部 10 b は、第 1 取得位置 61 および第 2 取得位置 63 に基づいて、防食層 6 の損傷 6 a の位置を取得する。また、第 1 ピーク 60 および第 2 ピーク 62 のいずれか一方のみが検知される場合には、損傷検知部 10 b は、いずれかのピークの取得位置に基づいて、防食層 6 の損傷 6 a の位置を取得する。

40

【0084】

ステップ 206 において、損傷検知部 10 b は、防食層 6 の損傷 6 a が検知された旨のメッセージを、第 2 検知結果 40 b (図 5 参照) として取得する。

【0085】

ステップ 207 において、報知部 14 (図 5 参照) は、第 2 検知結果 40 b を報知する。

【0086】

ステップ 204 からステップ 208 へ処理が進んだ場合、ステップ 208 において、損傷検知部 10 b は、防食層 6 の損傷 6 a が検知されなかった旨のメッセージを、第 2 検知

50

結果 40b として取得する。その後、処理は、ステップ 207 へ進む。

【0087】

すなわち、ステップ 206 からステップ 207 へ処理が進んだ場合、ステップ 207 において、防食層 6 の損傷 6a が検知された旨のメッセージが、第 2 検知結果 40b として報知される。また、ステップ 208 からステップ 207 へ処理が進んだ場合、ステップ 207 において、防食層 6 の損傷 6a が検知されなかった旨のメッセージが、第 2 検知結果 40b として報知される。

【0088】

(本実施形態の効果)

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

10

【0089】

本実施形態では、上記のように、海底構造物検出システム 100 は、海底 80 に設けられた金属製の海底構造物 90 の検知および海底構造物 90 に設けられ、海底構造物 90 とはイオン化傾向が異なる金属によって形成された防食層 6 の損傷 6a の有無を検知する海底構造物検出システムであって、海底構造物 90 と防食層 6 との間に流れる電流に起因する電位差を検知する電位差センサ 1 と、海中の磁気を検知する磁気センサ 2 と、磁気センサ 2 によって出力された磁気信号 31 に基づいて、海底構造物 90 の有無を検知する海底構造物検知部 10a と、磁気信号 31 と電位差センサ 1 によって出力された電界信号 30 とに基づいて、防食層 6 の損傷 6a の有無を検知する損傷検知部 10b と、を備える。

【0090】

20

これにより、海底構造物検出システム 100 は、磁気センサ 2 によって出力された磁気信号 31 によって海底構造物 90 の有無の検知する海底構造物検知部 10a を備えるので、磁気信号 31 を取得することによって、海底構造物 90 の有無を検知することができる。また、海底構造物検出システム 100 は、磁気センサ 2 によって出力された磁気信号 31、および、海底構造物 90 と防食層 6 との間に流れる電流に起因する電位差を検知する電位差センサ 1 によって出力された電界信号 30 によって、防食層 6 の損傷 6a の有無を検知する損傷検知部 10b を備える。これにより、磁気信号 31 のみによって防食層 6 の損傷 6a の有無を検知する構成と異なり、海底構造物 90 と防食層 6 との間に流れる電流に起因して生じる磁気信号 31、および、海底構造物 90 と防食層 6 との間に流れる電流に起因する電位差に基づく電界信号 30 の両方によって、防食層 6 の損傷 6a の有無を検知することができる。したがって、磁気信号 31 のみによって防食層 6 の損傷 6a の有無を検知する構成と比較して、防食層 6 の損傷 6a の有無を精度よく検知することができる。その結果、海底構造物 90 の有無を検知可能であるとともに、海底構造物 90 に設けられた防食層 6 の損傷 6a の有無を精度よく検知することが可能な海底構造物検出システム 100 を提供することができる。

30

【0091】

また、上記実施形態では、以下のように構成したことによって、下記のような更なる効果が得られる。

【0092】

すなわち、本実施形態では、上記のように、損傷検知部 10b は、海底構造物 90 のうちの防食層 6 の損傷 6a が生じた箇所と防食層 6 との間に流れる電流に起因する磁気成分と、電界信号 30 に含まれる電流の成分とに基づいて、防食層 6 の損傷 6a の有無を検知するように構成されている。これにより、損傷検知部 10b は、防食層 6 の損傷 6a が生じた箇所と防食層 6 との間に流れる電流に起因する磁気成分と、電界信号 30 に含まれる上記電流の成分とに基づいて防食層 6 の損傷 6a の有無を検知するため、磁気信号 31 および電界信号 30 のいずれか一方のみを用いて防食層 6 の損傷 6a を検知する構成と比較して、防食層 6 の損傷 6a の検知精度を向上させることができる。

40

【0093】

また、本実施形態では、上記のように、予め取得された基準磁気信号 20 を記憶する記憶部 11 をさらに備え、損傷検知部 10b は、基準磁気信号 20 と磁気信号 31 とに基づ

50

いて、上記電流に起因する磁気成分を取得するように構成されている。これにより、磁気信号31に地磁気などのノイズが含まれている場合でも、防食層6の損傷6aが生じた箇所と防食層6との間に流れる電流に起因する磁気成分を容易に取得することができる。その結果、地磁気などのノイズに起因して、防食層6の損傷6aの検知精度が低下することを抑制することができる。

【0094】

また、本実施形態では、上記のように、損傷検知部10bは、磁気信号31から基準磁気信号20を差分して得られる信号である差分磁気信号32の第1ピーク60と、電界信号30の第2ピーク62とに基づいて、防食層6の損傷6aの有無を検知するように構成されている。これにより、差分磁気信号32に第1ピーク60が含まれるか否か、および、電界信号30に第2ピーク62が含まれるか否かによって、防食層6の損傷6aの有無を検知することができる。その結果、防食層6の損傷6aの有無を容易に検知することができる。

10

【0095】

また、本実施形態では、上記のように、損傷検知部10bは、第1ピーク60の取得位置である第1取得位置61と、第2ピーク62の取得位置である第2取得位置63とに基づいて、防食層6の損傷6aの位置を検知するように構成されている。これにより、第1取得位置61と第2取得位置63とを取得することにより、防食層6の損傷6aの位置を容易に取得することができる。

【0096】

また、本実施形態では、上記のように、記憶部11は、基準磁気信号20を取得した際の磁気センサ2と海底構造物90との間の距離である基準距離21を記憶するように構成されており、海底構造物検知部10aは、基準磁気信号20の波形の振幅50と、基準距離21と、磁気信号31の振幅51とに基づいて、海底構造物90の深さ位置25を検出するように構成されている。これにより、たとえば、海底構造物90が海底80の砂などに埋まり、目視できない場合でも、海底構造物90の深さ位置25を取得することが可能となるので、海底構造物90の位置を精度よく取得することができる。

20

【0097】

また、本実施形態では、上記のように、磁気センサ2および電位差センサ1が設けられ、水中を移動可能な移動体4をさらに備える。これにより、磁気センサ2および電位差センサ1を一体的に移動させることができる。したがって、防食層6に損傷6aがある場合には、磁気信号31における第1ピーク60の検知タイミングと、電界信号30における第2ピーク62の検知タイミングとが、略等しくなる。その結果、たとえば、磁気センサ2と電位差センサ1とを別々に移動させる構成と比較して、第1ピーク60の位置と第2ピーク62の位置とに基づいて、防食層6の損傷6aの位置を容易に取得することができる。

30

【0098】

また、本実施形態では、上記のように、電位差センサ1は、一对の電極(第1電極1aおよび第2電極1b)を含み、一对の電位差センサ1は、移動体4において、所定の間隔で上下方向に並ぶように設けられ、磁気センサ2は、一对の電極の間の位置に設けられている。これにより、一对の電極、および、磁気センサ2を、移動体4の進行方向に対して直交する方向に配置することができる。したがって、たとえば、移動体4を海底構造物90が延びる方向に沿って移動させながら検知を行う場合に、一对の電極、および、磁気センサ2を、海底構造物90と直交する位置に容易に配置することができる。その結果、第1ピーク60の位置および第2ピーク62の位置を、略等しくすることが可能となるので、防食層6の損傷6aの位置をより一層容易に取得することができる。

40

【0099】

また、本実施形態では、上記のように、移動体4の加速度および姿勢の情報を含む移動体情報22を取得する移動体情報取得部12と、移動体情報22に基づいて、磁気信号31および電界信号30に対して移動体4の姿勢の補正を行う信号補正部10cと、をさら

50

に備え、海底構造物検知部 10 a は、信号補正部 10 c によって姿勢の補正が行われた後の磁気信号 31 である補正磁気信号 31 a に基づいて、海底構造物 90 の有無を検知するように構成されており、損傷検知部 10 b は、補正磁気信号 31 a と、信号補正部 10 c によって姿勢の補正が行われた後の電界信号 30 である補正電界信号 30 a とに基づいて、防食層 6 の損傷 6 a の有無を検知するように構成されている。これにより、移動体 4 の姿勢を補正することなく、海底構造物 90 の有無を検知、および、防食層 6 の損傷 6 a の有無の検知を行うことができる。したがって、移動体 4 の姿勢を補正しながら海底構造物 90 の有無の検知および防食層 6 の損傷 6 a の有無の検知を行う構成とは異なり、移動体 4 の姿勢制御を行うことなく海底構造物 90 の有無の検知および防食層 6 の損傷 6 a の有無の検知を行うことができる。その結果、移動体 4 の移動の自由度を向上させることが可能となるので、海底構造物 90 の有無を検知、および、防食層 6 の損傷 6 a の有無の検知の自由度を向上させることができる。

10

【0100】

また、本実施形態では、上記のように、移動体 4 には、磁気センサ 2 と、電位差センサ 1 と、移動体 4 に対して推進力を与える推進機構 4 d とが設けられ、海中を走行可能に構成されている。これにより、たとえば、船舶 5 によって移動体 4 を曳航することにより移動体 4 を移動させる構成と比較して、移動体 4 の移動の自由度を向上させることができる。

【0101】

また、本実施形態では、上記のように、海底構造物 90 は、海底 80 に設けられたパイプラインであり、海底構造物検知部 10 a は、パイプラインの有無を判定するように構成されており、防食層 6 の損傷 6 a は、防食層 6 の腐食であり、損傷検知部 10 b は、パイプラインの腐食の有無を検知するように構成されている。これにより、パイプラインの有無の検知、および、パイプラインの腐食の有無の検知に適した海底構造物検出システム 100 を提供することができる。

20

【0102】

(変形例)

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更(変形例)が含まれる。

30

【0103】

たとえば、上記実施形態では、損傷検知部 10 b が、基準磁気信号 20 と磁気信号 31 とに基づいて、電流に起因する磁気成分を取得し、防食層 6 の損傷 6 a の有無を検知する構成の例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、損傷検知部 10 b は、基準磁気信号 20 を用いることなく、防食層 6 の損傷 6 a の有無を検知するように構成されていてもよい。

【0104】

また、上記実施形態では、損傷検知部 10 b が、差分磁気信号 32 を取得する構成の例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、損傷検知部 10 b は、差分磁気信号 32 を取得しなくてもよい。しかしながら、損傷検知部 10 b が差分磁気信号 32 を取得しない場合、地磁気などのノイズに起因して、防食層 6 の損傷 6 a の有無の検知精度が低下する。したがって、損傷検知部 10 b は、差分磁気信号 32 を取得するように構成することが好ましい。

40

【0105】

また、上記実施形態では、海底構造物検知部 10 a が、海底構造物 90 の深さ位置 25 を取得する構成の例を示したが、本発明をこれに限られない。たとえば、海底構造物検知部 10 a は、海底構造物 90 の深さ位置 25 を取得しなくてもよい。

【0106】

また、上記実施形態では、移動体 4 が自律走行可能に構成される例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、移動体 4 は、船舶 5 によって曳航されることにより、海

50

中を移動するように構成されていてもよい。

【0107】

また、上記実施形態では、海底構造物検出システム100が、信号補正部10cを備える構成の例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、海底構造物検出システム100は、信号補正部10cを備えていなくてもよい。しかしながら、海底構造物検出システム100が信号補正部10cを備えていない場合、海底構造物90の有無の検知精度、および、防食層6の損傷6aの有無の検知精度が低下する。したがって、海底構造物検出システム100は、信号補正部10cを備えていることが好ましい。

【0108】

また、上記実施形態では、コンピュータ3と移動体4とが無線通信によって通信する構成の例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、コンピュータ3と移動体4とが有線接続されており、有線通信を行うように構成されていてもよい。

10

【0109】

また、上記実施形態では、損傷検知部10bが、第1ピーク60および第2ピーク62のいずれかが検知される場合に、防食層6に損傷6aがあると判定する構成の例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、損傷検知部10bは、第1ピーク60および第2ピーク62の両方が検知される場合に、防食層6に損傷6aがあると判定するように構成されていてもよい。

【0110】

また、上記実施形態では、説明の便宜上、海底構造物検知部10aの制御処理、および、損傷検知部10bの制御処理を、処理フローに沿って順番に処理を行うフロー駆動型のフローチャートを用いて説明した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、海底構造物検知部10aの制御処理、および、損傷検知部10bの制御処理を、イベント単位で処理を実行するイベント駆動型（イベントドリブン型）の処理により行ってもよい。この場合、完全なイベント駆動型で行ってもよいし、イベント駆動およびフロー駆動を組み合わせてもよい。

20

【0111】

[態様]

上記した例示的な実施形態は、以下の態様の具体例であることが当業者により理解される。

30

【0112】

(項目 1)

海底に設けられた金属製の海底構造物の検知および前記海底構造物に設けられ、前記海底構造物を構成する金属とはイオン化傾向が異なる金属によって形成された防食層の損傷の有無を検知する海底構造物検出システムであって、

前記海底構造物と前記防食層との間に流れる電流に起因する電位差を検知する電位差センサと、

海中の磁気を検知する磁気センサと、

前記磁気センサによって出力された磁気信号に基づいて、前記海底構造物の有無を検知する海底構造物検知部と、

40

前記磁気信号と前記電位差センサによって出力された電界信号とに基づいて、前記防食層の損傷の有無を検知する損傷検知部と、を備える、海底構造物検出システム。

【0113】

(項目 2)

前記損傷検知部は、前記海底構造物のうちの前記防食層の損傷が生じた箇所と前記防食層との間に流れる前記電流に起因する磁気成分と、前記電界信号に含まれる前記電流の成分とに基づいて、前記防食層の損傷の有無を検知するように構成されている、項目1に記載の海底構造物検出システム。

【0114】

(項目 3)

50

予め取得された基準磁気信号を記憶する記憶部をさらに備え、
前記損傷検知部は、前記基準磁気信号と前記磁気信号とに基づいて、前記電流に起因する前記磁気成分を取得するように構成されている、項目 2 に記載の海底構造物検出システム。

【 0 1 1 5 】

(項目 4)

前記損傷検知部は、前記磁気信号から前記基準磁気信号を差分して得られる信号である差分磁気信号の第 1 ピークと、前記電界信号の第 2 ピークとに基づいて、前記防食層の損傷の有無を検知するように構成されている、項目 3 に記載の海底構造物検出システム。

【 0 1 1 6 】

(項目 5)

前記損傷検知部は、前記第 1 ピークの取得位置である第 1 取得位置と、前記第 2 ピークの取得位置である第 2 取得位置とに基づいて、前記防食層の損傷の位置を検知するように構成されている、項目 4 に記載の海底構造物検出システム。

【 0 1 1 7 】

(項目 6)

前記記憶部は、前記基準磁気信号を取得した際の前記磁気センサと前記海底構造物との間の距離である基準距離を記憶するように構成されており、

前記海底構造物検知部は、前記基準磁気信号の波形の振幅と、前記基準距離と、前記磁気信号の振幅とに基づいて、前記海底構造物の深さ位置を検出するように構成されている、項目 3 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の海底構造物検出システム。

【 0 1 1 8 】

(項目 7)

前記磁気センサおよび前記電位差センサが設けられ、水中を移動可能な移動体をさらに備える、項目 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の海底構造物検出システム。

【 0 1 1 9 】

(項目 8)

前記電位差センサは、一对の電極を含み、
一对の前記電位差センサは、前記移動体において、所定の間隔で上下方向に並ぶように設けられ、

前記磁気センサは、一对の前記電極の間の位置に設けられている、項目 7 に記載の海底構造物検出システム。

【 0 1 2 0 】

(項目 9)

前記移動体の加速度および姿勢の情報を含む移動体情報を取得する移動体情報取得部と、
前記移動体情報に基づいて、前記磁気信号および前記電界信号に対して前記移動体の姿勢の補正を行う信号補正部と、をさらに備え、

前記海底構造物検知部は、前記信号補正部によって姿勢の補正が行われた後の前記磁気信号である補正磁気信号に基づいて、前記海底構造物の有無を検知するように構成されており、

前記損傷検知部は、前記補正磁気信号と、前記信号補正部によって姿勢の補正が行われた後の前記電界信号である補正電界信号とに基づいて、前記防食層の損傷の有無を検知するように構成されている、項目 7 または 8 に記載の海底構造物検出システム。

【 0 1 2 1 】

(項目 1 0)

前記移動体には、前記磁気センサと、前記電位差センサと、前記移動体に対して推進力を与える推進機構とが設けられ、海中を走行可能に構成されている、項目 7 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の海底構造物検出システム。

【 0 1 2 2 】

(項目 1 1)

10

20

30

40

50

前記海底構造物は、海底に設けられたパイプラインであり、
 前記海底構造物検知部は、前記パイプラインの有無を判定するように構成されており、
 前記防食層の損傷は、前記防食層の腐食であり、
 前記損傷検知部は、前記パイプラインの腐食の有無を検知するように構成されている、
 項目 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の海底構造物検出システム。

【符号の説明】

【0123】

- 1 電位差センサ
- 1 a 第 1 電極 (一对の電極)
- 1 b 第 2 電極 (一对の電極)
- 2 磁気センサ
- 4 移動体
- 4 d 推進機構
- 6 防食層
- 6 a 損傷
- 10 a 海底構造物検知部
- 10 b 損傷検知部
- 10 c 信号補正部
- 12 移動体情報取得部
- 20 基準磁気信号
- 21 基準距離
- 25 深さ位置
- 30 電界信号
- 30 a 補正電界信号
- 31 磁気信号
- 31 a 補正磁気信号
- 32 差分磁気信号
- 50 基準磁気信号の振幅
- 51 磁気信号の振幅
- 60、60 a、60 b 第 1 ピーク
- 61、61 a、61 b 第 1 取得位置
- 62、62 a、62 b 第 2 ピーク
- 63、63 a、63 b 第 2 取得位置
- 80 海底
- 90 海底構造物 (パイプライン)
- 100 海底構造物検出システム

10

20

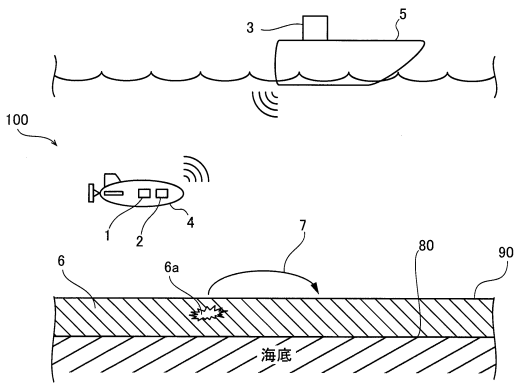
30

40

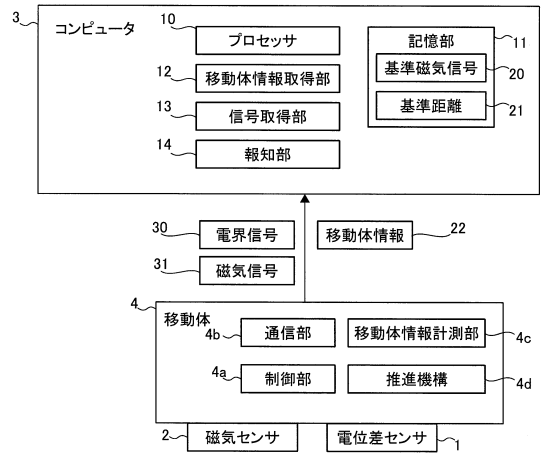
50

【図面】

【図 1】

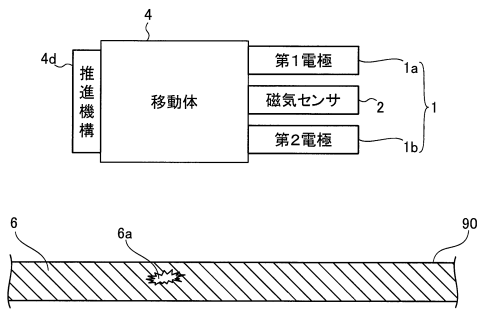


【図 2】

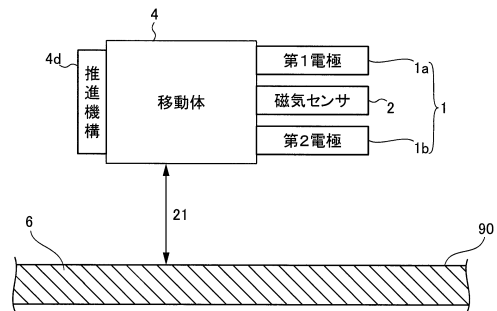


10

【図 3】



【図 4】



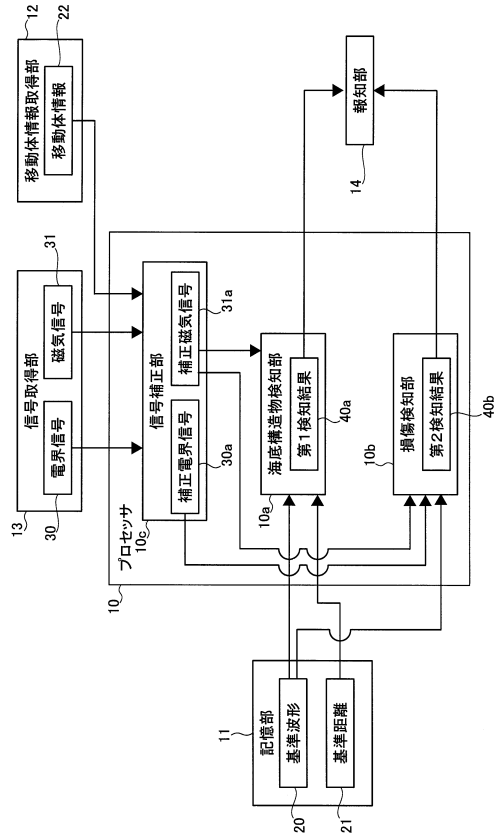
20

30

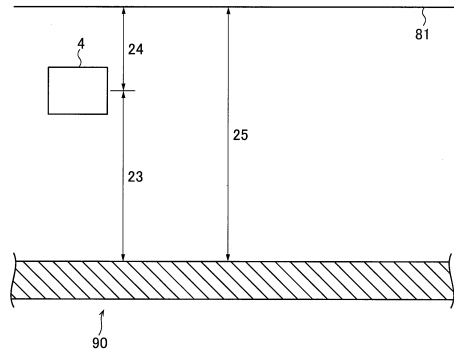
40

50

【図5】



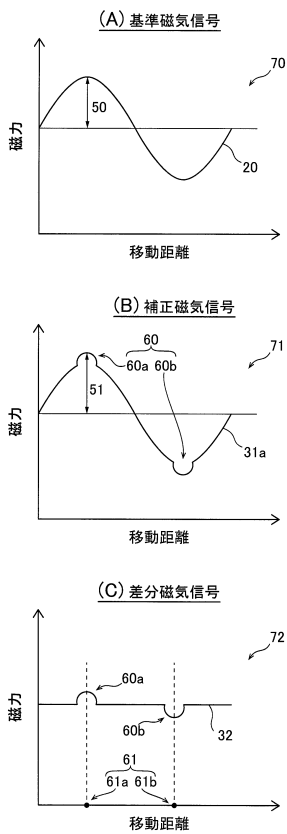
【図6】



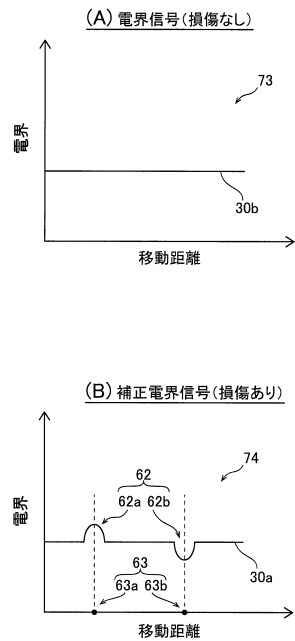
10

20

【図7】



【図8】



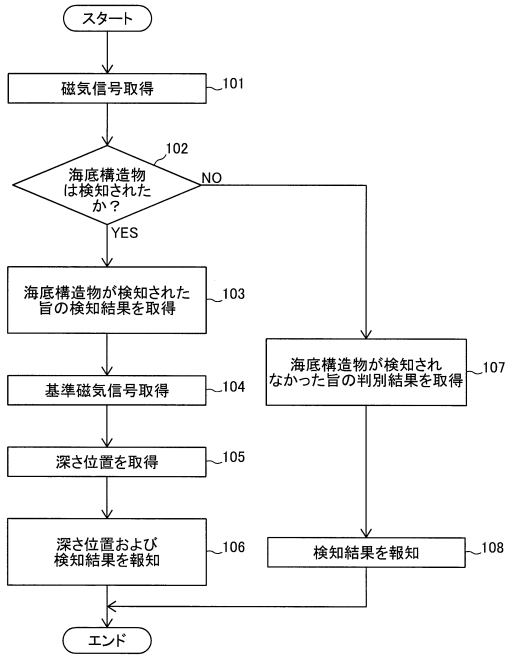
30

40

50

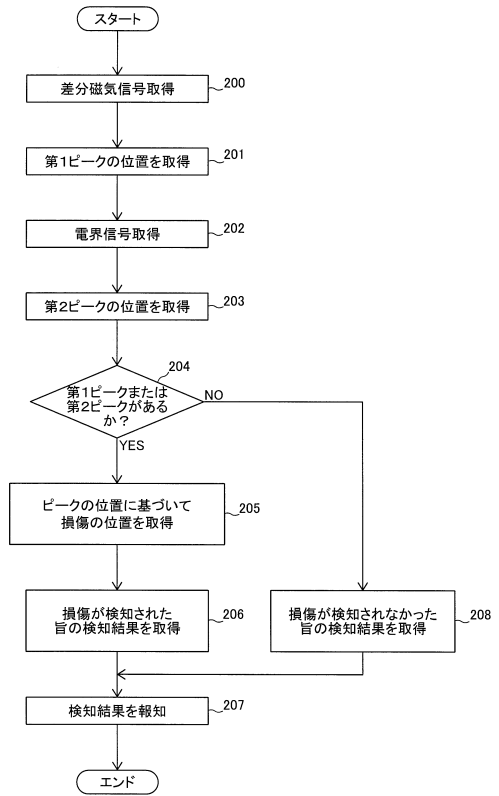
【 図 9 】

海底構造物の有無の検知処理



【 図 10 】

防食層の損傷の有無の検知処理



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭62-148877(JP,A)
特開平08-320308(JP,A)
特開2020-118605(JP,A)
国際公開第2017/126975(WO,A1)
米国特許出願公開第2018/0290717(US,A1)
中国特許出願公開第110763228(CN,A)
中国特許出願公開第113529092(CN,A)
中国特許出願公開第104962925(CN,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01V 3/08
G01N 17/00