

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5989719号
(P5989719)

(45) 発行日 平成28年9月7日(2016.9.7)

(24) 登録日 平成28年8月19日(2016.8.19)

(51) Int.Cl.	F 1	
GO 1 C 11/06 (2006.01)	GO 1 C 11/06	
GO 1 C 13/00 (2006.01)	GO 1 C 13/00	D
AO 1 G 7/00 (2006.01)	AO 1 G 7/00	GO 3
GO 3 B 15/00 (2006.01)	GO 3 B 15/00	H
GO 3 B 19/07 (2006.01)	GO 3 B 19/07	
請求項の数 2 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2014-153239 (P2014-153239)
 (22) 出願日 平成26年7月28日(2014.7.28)
 (65) 公開番号 特開2015-42976 (P2015-42976A)
 (43) 公開日 平成27年3月5日(2015.3.5)
 審査請求日 平成27年1月19日(2015.1.19)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-155686 (P2013-155686)
 (32) 優先日 平成25年7月26日(2013.7.26)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

前置審査

(73) 特許権者 501273886
 国立研究開発法人国立環境研究所
 茨城県つくば市小野川16-2
 (73) 特許権者 000213909
 朝日航洋株式会社
 東京都江東区新木場四丁目7番41号
 (74) 代理人 100078031
 弁理士 大石 皓一
 (72) 発明者 渋谷 研一
 東京都江東区新木場四丁目7番41号 朝
 日航洋株式会社内
 (72) 発明者 河端 智樹
 東京都江東区新木場四丁目7番41号 朝
 日航洋株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 浅水域観測システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

観測器材を水上移動可能に搭載支持する移動支持浮体と、
 前記移動支持浮体に搭載された可視光を検出する複数の水中カメラと、
 前記複数の水中カメラの姿勢を検出し、前記複数の水中カメラの撮影位置を検出する姿
 勢 / G P S センサとを備え、

前記複数の水中カメラによって撮影された撮影画像と前記姿勢 / G P S センサによっ
 て検出された前記複数の水中カメラの姿勢および撮影位置とを同期記録する収録手段と、
 前記収録手段の記録画像を処理する画像処理部を備え、

前記画像処理部が、前記水中カメラによって撮影された複数の撮影画像の重複範囲につ
 いて、それぞれの撮影条件に基づく画像処理によって地理座標を付与された D S M データ
 と、正射投影写真図を作成可能に構成されたことを特徴とする浅海底観測システム。

【請求項2】

前記複数の水中カメラがシャッター制御可能なビデオカメラにより構成され、前記複数の
 のビデオカメラが左右に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の浅海底観測シ
 ステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、湖沼や沿岸部の浅水域、たとえば、珊瑚礁を中心とする浅水域などの水底画

像情報を取得して、画像処理する浅水域観測システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

珊瑚礁のような浅水域の生態系は、地球環境の変化を反映する環境指標として重要視されている。

【0003】

浅水域の生態系の観測方法として、たとえば、特開2003-4845号公報(特許文献1)は、水面を走行移動可能に支持した音響測深機による観測方法を開示しており(特許文献1の図1参照)、かかる観測方法によれば、水深観測による広範囲の海底地形等の地図情報を得ることが可能になる。

10

【0004】

また、特許第4173027号公報(特許文献2)は、水中移動可能に曳航支持したビデオカメラによる観測方法を開示しており(特許文献2の図1参照)、かかる観測方法によれば、水中の広範囲にわたって映像観察をすることが可能になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2003-4845号公報

【特許文献2】特許第4173027号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、音響測深機によって観測する場合に得られる情報は、魚群探知機、シングルビーム、ナローマルチビームなどの超音波反射による水深情報に限られるため、可視光域を含む色彩などの光学的性状に関する情報を反映することができないという問題がある。

【0007】

一方、ビデオカメラによって得られる水中映像は、水中における動的観測により光学的性状を把握することが可能になるが、一過性の映像情報で、地理座標を持たないため、水底の態様に関する光学的性状全般に及ぶ定量解析の基礎となり得ないという問題があった。

30

【0008】

したがって、本発明は、浅水域の水底情報によって、広範囲の水底態様の光学的性状全般に及ぶ定量解析を可能とする浅海底観測システムを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のかかる目的は、

観測器材を水上移動可能に搭載支持する移動支持浮体と、

前記移動支持浮体に搭載された可視光を検出する複数の水中カメラと、

前記複数の水中カメラの姿勢を検出し、前記複数の水中カメラの撮影位置を検出する姿勢/GPSセンサとを備え、

40

前記複数の水中カメラによって撮影された撮影画像と前記姿勢/GPSセンサによって検出された前記複数の水中カメラの姿勢および撮影位置とを同期記録する収録手段と、

前記収録手段の記録画像を処理する画像処理部を備え、

前記画像処理部が、前記水中カメラによって撮影された複数の撮影画像の重複範囲について、それぞれの撮影条件に基づく画像処理によって地理座標を付与されたDSMデータと、正射投影写真図を作成可能に構成されたことを特徴とする浅海底観測システムによって達成される。

【0010】

50

本明細書において、D S MはDigital Surface Modelの略語であり、数値表層モデルをいう。

【0011】

本発明によれば、移動支持浮体は水上移動可能に観測器材を搭載支持し、水中カメラは移動支持浮体に支持されて水底を撮影し、姿勢/GPSセンサにより、水中カメラの姿勢および撮影位置を検出し、収録手段により水中カメラによって撮影された撮影画像および水中カメラの姿勢および撮影位置を同期して記録し、画像処理部により、撮影画像データの画像処理が実行され、水中カメラによる複数の撮影画像の重複範囲につき、それぞれの撮影条件に基づく正射投影処理をすることによって、正射投影画像が出力され、この正射投影画像によって広範囲の水底態様の光学的性状全般に及ぶ定量解析を可能とし、また、

10

後における同様の対比観測によって得られる同一範囲の正射投影画像との比較による経時

的变化を定量的に把握することが可能になる。

【0012】

本発明の好ましい実施態様においては、前記水中カメラがシャッター制御可能なビデオカメラであり、前記複数のビデオカメラは左右に配置されている。

【0013】

本発明のこの好ましい実施態様によれば、ビデオカメラが左右に配置されているから、10mに満たない近接距離の水底画像について80%の重複範囲を確保して、効率よく撮影することができ、また、シャッター制御により、波浪による急激な視点変動があっても、明瞭な水底画像を撮影することができるので、画像処理精度の向上を図ることができる。

20

【0014】

本発明の好ましい実施態様においては、浅海底観測システムはさらに、水底までの距離を計測可能な測距装置を備えている。

【0015】

本発明の好ましい実施態様においては、前記測距装置が、レーザを用いて、水底までの距離を計測可能なレーザ測距装置によって構成されている。

【0016】

本発明の好ましい実施態様によれば、浅海底観測システムは、可視光を検出する複数の水中カメラに加えて、水底までの距離を計測可能なレーザ測距装置を備えているから、水質が汚濁しているために、可視光を検出する水中カメラによって、精度よく、水底表面データを作成することができず、可視光を検出する水中カメラによって得られる水底表面データの一部が欠損している場合や、可視光を検出する水中カメラによって水底を撮影するときに、陰になってしまい、精度よく、水底表面データを作成することができず、可視光を検出する水中カメラによって得られる水底表面データの一部が欠損している場合、太陽光線の陰りや夜明け/薄暮時、あるいは、コントラストがきわめて高く、そのために明るさが不足して十分な露光が得られない部分ができ、水底表面データの一部が欠損している場合、左右に配置されたビデオカメラによって得られる水底表面画像の結合処理(画像マッチング処理)がうまく出来ずに、水底表面データの一部が欠損している場合にも、レーザや超音波等を利用したレーザ測距装置によって水底までの距離を測定し、可視光を検出する水中カメラによって得られる水底表面データの欠損を補完することが可能になる。

30

40

【0017】

本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記レーザ測距装置が、前記移動支持浮体の下面に取り付けられている。

【0018】

本発明のさらに好ましい実施態様においては、可視光を検出する前記複数の水中カメラが前記移動支持浮体の左右の両外側またはその一方に配置されている。

【0019】

本発明のこの好ましい実施態様によれば、移動支持浮体の左右の両外側またはその一方に水中カメラを配置することにより、左右または前後の視差画像を収録することができる

50

。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、浅水域の水底情報によって、広範囲の水底態様の光学的性状全般に及び定量解析を可能とする浅海底観測システムを提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】図1は、本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システムの機能構成図である。

【図2】図2は、図1に示された本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システムにおける正射投影画像データ処理部のブロック構成図である。

10

【図3】図3は、本発明の別の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システムの略斜視図である。

【図4】図4は、図3に示された本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システムの構成要素を示すブロックダイアグラムである。

【図5】図5は、レーザ測距装置のレーザビーム放出部の略斜視図である。

【図6】図6は、レーザ測距装置のレーザビーム受光部の略斜視図である。

【図7】図7は、受光センサ47の略縦断面図である。

【図8】図8は、レーザ測距装置の制御系および検出系のブロックダイアグラムである。

【図9】図9は、図3ないし図8に示された本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システムによって、浅海底を観測する処理を示すフローチャートである。

20

【発明を実施するための形態】

【0023】

図1は、本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システムの機能構成図である。

【0024】

図1に示されるように、本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システム1は、水上移動可能に観測器材を搭載支持する移動支持浮体2と、移動支持浮体2に支持されて水底画像を撮影する一対の水中ビデオ（ビデオカメラ）3、3と、一対のビデオカメラ3、3の撮影位置と撮影時の姿勢を検出する撮影条件検出部材（GPS/ジャイロ装置（姿勢計測装置））4と、一対のビデオカメラ3、3によって撮影された水底画像および特定された撮影条件を同期して記録する収録部（ビデオレコーダ）5と、収録部5に記録された水底画像および撮影条件に基づいて、移動支持浮体2上でリアルタイムに水底画像を画像処理し、あるいは、撮影作業終了後に水底画像の画像処理をする画像処理部6を備えたパーソナルコンピュータ7を備えている。

30

【0025】

本実施態様において、移動支持浮体2は、アウトリガタイプの小型ボート、ゴムボート、漁船等の専用または汎用の浮体と、カメラとジャイロを支持し、浅海域に幅広く適用でき、かつ、安定撮影を可能とする架台である専用支持体とによって構成されている。移動支持浮体2は、曳航または自走により、計画の撮影行程線に沿って水上移動され、水底観測を行われる。

40

【0026】

各ビデオカメラ3としては、ハウジング内に収納され、電子制御可能な高速シャッターを備えた水中撮影可能なビデオカメラが用いられている。ビデオカメラ3としては、それぞれ、10mに満たないような近接距離の水底画像の80%を重ねた撮影を可能とし、波浪による揺れを受けた場合でも、高速シャッターによって鮮明画像を収録可能なものが用いられ、浅海域の移動のために、移動支持浮体2に支持されている。

【0027】

一対のビデオカメラ3、3は、移動支持浮体2の左右両側に配置されている。

【0028】

GPS/ジャイロ装置（姿勢計測装置）4は、ビデオカメラ3、3の位置とビデオカメ

50

ラ 3、3 の光軸方向の姿勢データを検出し、高精度の D G P S を適用可能に構成されている。

【 0 0 2 9 】

収録部（ビデオレコーダ）5 は、各ビデオカメラ 3、3 によって撮影された水底画像と撮影条件とを同期して記録メディアに収録し、これを移動支持浮体 2 上に搭載されたパーソナルコンピュータ 7 の画像処理部 6 に入力し、あるいは、可搬メディアまたは無線伝送によって、地上に位置したパーソナルコンピュータ 7 の画像処理部 6 に入力可能に構成されている。

【 0 0 3 0 】

画像処理部 6 には、一对のビデオカメラ 3、3 によって生成された海底の映像データ、
一对のビデオカメラ 3、3 の姿勢データおよび一对のビデオカメラ 3、3 の位置データが
入力され、画像処理部 6 は、これらのデータに基づいて、ステレオマッチングにより、地理座標上で表現される数値地表モデルである D S M モデルを作成するように構成されている。

10

【 0 0 3 1 】

図 2 は、図 1 に示された本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システム 1 における D S M 作成部と正射写真図作成部のブロックダイアグラムである。

【 0 0 3 2 】

図 2 に示されるように、D S M 作成部 1 1 は、レンズ補正を含む前処理を経た映像データ、
一对のビデオカメラ 3、3 の姿勢データとカメラ位置データから、海底表面形状を表す
数値地表モデルである地理座標上で示される D S M データを出力するように構成され、
正射写真図作成部 1 2 は、D S M 作成部 1 1 から D S M データを受けて、正射投影写真画像
を作成するように構成されており、これらによって、浅海底の正射投影写真図を作成可能に構成されている。

20

【 0 0 3 3 】

より詳細には、左右一对のビデオカメラ 3、3 が用いられた本実施態様にかかる浅海底
観測システム 1 においては、D S M 作成部 1 1 により、左右一对のビデオカメラ 3、3 によって
撮像された海底画像データにつき、それぞれ、姿勢データにより縦視差を除去後に、
画像マッチングにより横視差を算出し、同期して観測した一对のビデオカメラ 3、3 の
位置データおよび姿勢データと、別途観測したカメラパラメータを用いて、写真測量で
用いられる共線条件式により地理座標上で海底表面形状の D S M データが算出される。

30

【 0 0 3 4 】

また、左右一对のビデオカメラ 3、3 のうち、一方のビデオカメラ 3 の映像から、
レンズ歪み等が除去され、進行方向に 8 0 % ラップしたペア画像が作成され、姿勢データによる
横視差の除去後に、画像マッチングにより縦視差が算出され、同期して観測されたカメラ
位置・姿勢データと、別途観測したカメラパラメータを用い、写真測量で用いられる共
線条件式によって、地理座標上で海底表面形状の D S M データが算出される。

【 0 0 3 5 】

これら 2 つの D S M データを合成し、あるいは、D S M データの一方を単独で使用する
ことにより、ある地理座標上で示された D S M データが作成される。

40

【 0 0 3 6 】

また、正射写真図作成部 1 2 は、左右一对のビデオカメラ 3、3 の映像から 1 / 3 0 秒
毎の画像を作成し、カメラパラメータを用いて、レンズ歪みを除去した後に、同期して観
測した一对のビデオカメラ 3、3 の位置データおよび姿勢データを用いて、上述の D S M
データに画像の流れの少ない画像を投影する。流れの少ない画像は、1 / 3 0 秒毎の画像
同士の差分を取った動きの少ない画像で、かつ、エッジがシャープな画像とする。

【 0 0 3 7 】

なお、カメラパラメータの観測については、別途水槽内に設置したターゲットを水中ビ
デオカメラで撮影し、写真測量式を用いて焦点距離・レンズ歪みの補正を行う。

【 0 0 3 8 】

50

以上のように構成された本実施態様にかかる浅海底観測システム 1 においては、移動支持浮体 2 を観測水域まで移送した上で、観測初期値取得のための水深検出と移動支持浮体 2 に搭載された一对のビデオカメラ 3、3 の下降とによって観測を開始する。

【0039】

観測は、移動支持浮体 2 を曳航又は自走によって、観測計画線に沿って移動させつつ、一对のビデオカメラ 3、3 によって海底画像を撮影するとともに、GPS / ジャイロ装置 4 によって、一对のビデオカメラ 3、3 の撮影条件である視点位置と光軸方向を検出し、収録部 (ビデオレコーダ) 5 によって、両者を同期記録する。

【0040】

観測の終了後に、記録メディアに収録されたデータは、移動支持浮体 2 上に搭載されたパーソナルコンピュータ 7 の画像処理部 6 に入力され、あるいは、可搬メディアまたは無線伝送によって、地上に位置したパーソナルコンピュータ 7 の画像処理部 6 に入力されて、正射投影画像処理が実行される。

10

【0041】

この画像処理出力は、従来の等深線や符号で示されていた浅海域の珊瑚礁や浅瀬をカラーで視覚的に表すことによって、浅海域の珊瑚礁や浅瀬の状況を視覚的に分りやすく示すことができる。

【0042】

したがって、本実施態様によれば、浅海域の珊瑚礁や浅瀬の水中環境をカラーで面的に捉えることができるから、色の違いによる珊瑚礁や浅瀬の植生 (藻) の生育状況を把握することが可能となる。

20

【0043】

また、本実施態様によれば、短時間の観測によって、広範囲の浅海底について高精度の写真地図情報の取得が可能となるから、珊瑚や植生の分布範囲の量的な把握に加え、可視光域を中心とする光学的性状全般に及ぶ定量解析により、珊瑚の生育白化状況等の質的な把握ができるとともに、後の対比観測により、同じ地理座標位置におけるその間の経時的な変化の捕捉が可能となる。

【0044】

図 3 は、本発明の別の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システムの略斜視図である。

30

【0045】

図 3 に示されるように、本実施態様にかかる浅海底観測システム 20 においては、図 1 および図 2 に示された浅海底観測システム 1 と同様に、水上移動可能に観測器材を搭載支持する移動支持浮体 2 と、移動支持浮体 2 に支持されて水底画像を撮影する一对のビデオカメラ 3、3 と、移動支持浮体 2 の下面に取り付けられ、海底面をレーザビームによって走査するレーザ測距装置 8 を備えている。

【0046】

図 3 において、参照符号 52、52 で示されているのは、一对のビデオカメラ 3、3 によって撮影された海底面の撮影領域であり、図 3 に示されるように、一对のビデオカメラ 3、3 の撮影領域 52、52 は、重複領域 53 において、重複している。

40

【0047】

図 4 は、図 3 に示された本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システム 20 の構成要素を示すブロックダイアグラムである。

【0048】

図 4 に示されるように、浅海底観測システム 20 は、パーソナルコンピュータ 30 と、同期信号発生装置 31 と、一对のビデオカメラ 3、3 と、ビデオレコーダ 33、33 と、ビデオ編集機 34、34 と、GPS / ジャイロ装置 4 と、レーザ測距装置 8 を備えている。図示されていないが、パーソナルコンピュータ 30 は、画像処理部 6 を備えている。

【0049】

図 4 に示されるように、浅海底観測システム 20 は、さらに、DSM データを生成する

50

D S M生成部 1 1 と、D S Mデータに基づいて、正射写真図作成部 1 2 を備えている。

【 0 0 5 0 】

図 5 は、レーザ測距装置 8 のレーザビーム放出部の略斜視図である。

【 0 0 5 1 】

図 5 に示されるように、レーザ測距装置 8 は、レーザビーム 4 0 をパルス状に放出する L E Dレーザ光源 4 1 を備え、L E Dレーザ光源 4 1 から放出されたレーザビーム 4 0 は、コリメータレンズ 4 2 に入射して、平行なビームに変換される。コリメータレンズ 4 2 によって平行なビームに変換されたレーザビーム 4 0 は拡散部材 4 3 に入射し、レーザビーム 4 0 は、拡散部材 4 3 によって、多数のレーザビーム 4 5 に分割されて、たとえば、 128×128 のマトリックス状に海底面に照射される。

10

【 0 0 5 2 】

拡散部材 4 3 としては、たとえば、Advanced Scientific Concepts, Inc. によって製造販売されている「3 D Flash Lidar」(登録商標)に使われている拡散部材が好ましく使用される。

【 0 0 5 3 】

図 6 は、レーザ測距装置 8 のレーザビーム受光部の略斜視図である。

【 0 0 5 4 】

図 6 に示されるように、拡散部材 4 3 によって分割され、海底面によって反射されたレーザビーム 4 5 は、集光レンズ 4 6 によって集光されて、受光センサ 4 7 によって、光電的に検出される。

20

【 0 0 5 5 】

図 7 は、受光センサ 4 7 の略縦断面図であり、図 7 に示されるように、受光センサ 4 7 は、海底面によって反射されたレーザビーム 4 5 の検出時間を感知するフォトセンサ 4 8 と海底面によって反射されたレーザビーム 4 5 の強度を検出する C C Dセンサ 4 9 を備えている。

【 0 0 5 6 】

図 8 は、レーザ測距装置 8 の制御系および検出系のブロックダイアグラムである。

【 0 0 5 7 】

図 8 に示されるように、レーザ測距装置 8 は、L E Dレーザ光源 4 1 からパルス状にレーザビーム 4 0 を放出した時間と、そのレーザビーム 4 0 が海底面によって反射されて生成されたレーザビーム 4 5 が、フォトセンサ 4 8 によって受光された時間を記憶する第一のメモリ 5 0 A と、L E Dレーザ光源 4 1 から放出されたレーザビーム 4 0 の強度と C C Dセンサ 4 9 が検出したレーザビーム 4 5 の強度を記憶する第二のメモリ領域 5 0 B を備えた R A M 5 0 を有している。

30

【 0 0 5 8 】

さらに、レーザ測距装置 8 は、R A M 5 0 の第一のメモリ 5 0 A に記憶された L E Dレーザ光源 4 1 からレーザビーム 4 0 が放出された時間およびフォトセンサ 4 8 によって受光された時間と海底面によって反射されたレーザビーム 4 5 をフォトセンサ 4 8 が受光した時間ならびに L E Dレーザ光源 4 1 から放出されたレーザビーム 4 0 の強度および C C Dセンサ 4 9 が検出したレーザビーム 4 5 の強度に基づいて、海底面までの距離を算出するコントローラ 5 1 を備えている。

40

【 0 0 5 9 】

また、図 8 に示されるように、レーザ測距装置 8 は、レーザビーム 4 0 の照射によって得られたデータを処理するレーザデータ処理部 1 0 を備えている。

【 0 0 6 0 】

レーザビーム 4 0 が拡散部材 4 3 によって分割されて、 128×128 のマトリックス状に海底面に照射された場合には、 128×128 のマトリックスの要素によって反射されたレーザビーム 4 5 をフォトセンサ 4 8 および C C Dセンサ 4 9 により光電検出することによって、その要素と L E Dレーザ光源 4 1 との距離を正確に算出することができ、したがって、 128×128 のマトリックスのすべての要素と L E Dレーザ光源 4 1 との距

50

離を正確に算出することが可能になる。

【 0 0 6 1 】

図 9 は、図 3 ないし図 8 に示された本発明の好ましい実施態様にかかる浅海底観測システム 2 0 によって、浅海底を観測する処理を示すフローチャートである。

【 0 0 6 2 】

オペレータによって、スタート信号がパーソナルコンピュータ 3 0 に入力されると、パーソナルコンピュータ 3 0 から同期信号発生装置 3 1 に駆動信号が出力されて、同期信号発生装置 3 1 から、一对のビデオカメラ 3、3 と、レーザ測距装置 8 と、GPS / ジャイロ装置 4 およびコンパートソフトウェア 5 5 に同期信号が出力される。このとき、パーソナルコンピュータ 3 0 は LED レーザ光源 4 1 からレーザビーム 4 0 が放出された時間をレーザ測距装置 8 の RAM 5 0 内の第一のメモリ領域 5 0 A 内に格納するとともに、LED レーザ光源 4 1 から放出されたレーザビーム 4 0 の強度をレーザ測距装置 8 の RAM 5 0 内の第二のメモリ領域 5 0 B 内に格納する。

10

【 0 0 6 3 】

同期信号を受けると、一对のビデオカメラ 3、3 は、撮影を開始し、海底面の撮影領域 5 2、5 2 のカラー画像が撮影される。

【 0 0 6 4 】

一方、レーザ測距装置 8 は、LED レーザ光源 4 1 からパルス状にレーザビーム 4 0 を放出させ、コリメータレンズ 4 2 によって平行なビームに変換した後に、拡散部材 4 3 に入射させる。拡散部材 4 3 を通過させることによって、レーザビーム 4 0 は多数のレーザビーム 4 5、たとえば、1 2 8 × 1 2 8 に分割されて、一对のビデオカメラ 3、3 の海底面の撮影領域 5 2、5 2 が重複している重複撮影領域 5 3 に照射され、重複撮影領域 5 3 内に 1 2 8 × 1 2 8 のマトリックス状照射部 5 3 A が形成される。

20

【 0 0 6 5 】

海底面の 1 2 8 × 1 2 8 のマトリックス状照射部 5 3 A の各々によって反射されたレーザビーム 4 5 は、集光レンズ 4 6 によって集光されて、受光センサ 4 7 によって、光電的に検出される。

【 0 0 6 6 】

上述のように、受光センサ 4 7 は、海底面によって反射されたレーザビーム 4 5 の検出時間を感知するフォトセンサ 4 8 と海底面によって反射されたレーザビーム 4 5 の強度を検出する CCD センサ 4 9 とによって構成されている。

30

【 0 0 6 7 】

フォトセンサ 4 8 は、海底面の 1 2 8 × 1 2 8 のマトリックス状照射部 5 3 A の各々によって反射されたレーザビーム 4 5 を検出したときに、レーザビーム 4 5 を検出した時間を RAM 5 0 内の第一のメモリ領域 5 0 A 内に格納する。ここに、第一のメモリ領域 5 0 A 内は 1 2 8 × 1 2 8 のマトリックス状照射部 5 3 A に対応して、1 2 8 × 1 2 8 のマトリックス状メモリ領域に分割されており、フォトセンサ 4 8 は、海底面の 1 2 8 × 1 2 8 のマトリックス状照射部 5 3 A の各々によって反射されたレーザビーム 4 5 の検出時間を、第一のメモリ領域 5 0 A 内の対応するマトリックス状メモリ領域内に格納する。

【 0 0 6 8 】

一方、CCD センサ 4 9 は、海底面の 1 2 8 × 1 2 8 のマトリックス状照射部 5 3 A の各々によって反射されたレーザビーム 4 5 の強度を検出し、海底面の 1 2 8 × 1 2 8 のマトリックス状照射部 5 3 A の各々によって反射されたレーザビーム 4 5 の強度を、第二のメモリ領域 5 0 B 内の対応するマトリックス状メモリ領域内に格納する。

40

【 0 0 6 9 】

次いで、コントローラ 5 1 が RAM 5 0 にアクセスして、第一のメモリ領域 5 0 A 内のマトリックス状メモリ領域の各々に記憶された LED レーザ光源 4 1 からレーザビーム 4 0 が放出された時間およびフォトセンサ 4 8 によってレーザビーム 4 5 が検出された時間、ならびに、第二のメモリ領域 5 0 B 内のマトリックス状メモリ領域の各々に記憶された LED レーザ光源 4 1 から放出されたレーザビーム 4 0 の強度および CCD センサ 4 9 が

50

検出したレーザビーム45の強度に基づいて、海底面の128×128のマトリックス状照射部53Aの各々の水深データを算出する。

【0070】

同期信号に応答して、GPS/ジャイロ装置4は、一对のビデオカメラ3、3の姿勢データを生成し、コンバートソフトウェア55が起動し、写真測量における外部評定要素が算出される。

【0071】

同期信号に応答して、一对のビデオカメラ3、3によって撮影された海底面の画像に対応する画像データはビデオレコーダ33、33に出力され、さらに、ビデオ編集機34、34によって、連番画像が生成される。次いで、別途観測したカメラパラメータを用いて、焦点距離・レンズ歪みの補正が行われ、補正済みの連番画像(1/30秒毎のペア画像)が生成される。

10

【0072】

ここに、カメラパラメータは、別途水槽内に設置したターゲットを水中ビデオカメラ3で撮影し、写真測量式を用いて、焦点距離・レンズ歪みを求めることによって、観測される。

【0073】

一对のビデオカメラ3、3で撮影された画像から生成された歪み補正済みの連番画像から、まず同連番の左右画像に対し、たとえば、テンプレートマッチングを実行して、横視差を算出する。こうして得られた横視差から水深データが算出され、その水深データをもとに標高値A(x, y, z)が算出される。

20

【0074】

次に、一对のビデオカメラ3、3の左右どちらかで得られた歪み補正済みの連番画像は、GPS/ジャイロ装置4によって測定された姿勢データを用いて、横視差が除去される。

【0075】

横視差が除去された補正済みの連番画像(縦=時間軸)に対して、たとえば、テンプレートマッチングを実行して、縦視差を算出する。

【0076】

こうして得られた縦視差を利用して、標高値が算出され、水深データが算出され、その水深データをもとに、標高値B(x, y, z)が算出される。

30

【0077】

このように、標高値A(x, y, z)および標高値B(x, y, z)が算出され、標高値A(x, y, z)および標高値B(x, y, z)を合成した標高値を用いて、DSMデータが作成される。

【0078】

一方、レーザ測距装置8によって生成された距離データは、GPS/ジャイロ装置4によって測定された姿勢データを用いて、レーザデータ処理部10において、水深データに変換し、さらに、この水深データをもとに補完用の標高値のDSMデータが生成される。

【0079】

ここに、レーザ測距装置8によって生成された水深データは、たとえば、128×128のマトリックス状の領域53Aの水深データで、さらに、重複撮影領域53を分割して、256×256のマトリックス状の領域53Aを生成し、それぞれの水深データを求めると、各領域53Aの大きさは、一对のビデオカメラ3、3が撮影した画像の画素に比べて、はるかに大きいので、本実施態様においては、レーザ測距装置8によって生成したマトリックス状の領域53Aの水深データに基づいて、一对のビデオカメラ3、3によって撮影した画像によって生成されるDSMデータを補完するための補完用DSMデータが生成される。

40

【0080】

こうして、一对のビデオカメラ3、3が撮影した画像に基づいて生成されたDSMデー

50

タおよびレーザ測距装置 8 により生成された補完用 D S M データによって、撮影対象となる海底領域の D S M データが生成される。ここに、一対のビデオカメラ 3、3 によって撮影された画像から正常に生成された D S M データがある海底領域に対しては、レーザ測距装置 8 によって生成した補完用 D S M データは適用されない。

【 0 0 8 1 】

一方で、補正済み連番画像が D S M データ上に重畳して投影される。

【 0 0 8 2 】

次いで、オルソ画像作成ソフトウェアを起動させ、こうして得られた画像を、コンバートソフトウェアによって生成された外部評定要素を用いて、正射投影をし、正射投影写真画像データが作成される。

10

【 0 0 8 3 】

観測は、移動支持浮体 2 を曳航又は自走によって、観測計画線に沿って移動させつつ、以上のように、一対のビデオカメラ 3、3 によって水底画像を撮影し、レーザ距離装置 8 によって水底との距離を測定するとともに、GPS / ジャイロ装置 4 によって一対のビデオカメラ 3、3 の撮影条件である視点位置と光軸方向を検出し、ビデオレコーダ 3 3、3 3 によって、両者を同期記録することによって実行される。

【 0 0 8 4 】

観測の終了後に、正射投影写真画像データは、移動支持浮体 2 上に搭載されたパーソナルコンピュータ 3 0 の画像処理部 6 に入力され、あるいは、可搬メディアまたは無線伝送によって、地上に位置したパーソナルコンピュータ 7 の画像処理部 6 に入力されて、正射投影画像処理が実行される。

20

【 0 0 8 5 】

この画像処理出力は、従来の等深線や符号で示されていた浅海域の珊瑚礁や浅瀬をカラーで視覚的に表すことによって、浅海域の珊瑚礁や浅瀬の状況を視覚的に分かりやすく示すことができる。

【 0 0 8 6 】

したがって、本実施態様によれば、浅海域の珊瑚礁や浅瀬の水中環境をカラーで面的に捉えることができるから、色の違いによる珊瑚礁や浅瀬の植生（藻）の生育状況を把握することが可能となる。

【 0 0 8 7 】

また、本実施態様によれば、浅海底観測システム 2 0 は、可視光を検出する一対のビデオカメラに加えて、水底までの距離を計測可能なレーザ距離装置 8 を備えているから、水質が汚濁しているために、可視光を検出するビデオカメラ 3、3 によっては、精度よく、水底表面データを作成することができず、可視光を検出するビデオカメラ 3、3 によって得られる水底表面データの一部が欠損している場合や、可視光を検出するビデオカメラ 3、3 によって水底を撮影するときに、陰になってしまい、精度よく、水底表面データを作成することができず、可視光を検出する水中カメラによって得られる水底表面データの一部が欠損している場合、太陽光線の陰りや夜明け / 薄暮時、あるいは、コントラストがきわめて高く、そのために明るさが不足して十分な露光が得られない部分ができ、水底表面データの一部が欠損している場合、左右に配置された一対のビデオカメラ 3、3 によって得られる水底表面画像の結合処理（画像マッチング処理）がうまく出来ずに、水底表面データの一部が欠損している場合にも、レーザ距離装置 8 によって水底までの距離を測定し、可視光を検出するビデオカメラ 3、3 によって得られる水底表面データの欠損を補完することが可能になる。

30

40

【 0 0 8 8 】

本発明は、以上の実施態様に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

【 0 0 8 9 】

たとえば、前記実施態様においては、一対のビデオカメラが設けられているが、ビデオ

50

カメラの数は複数であればよく、2つに限定されるものではない。

【0090】

また、図3ないし図9に示された前記実施態様においては、水底までの距離を計測するレーザ測距装置8は、レーザビーム40を多数のレーザビーム45に分割する拡散部材43、好ましくは、Advanced Scientific Concepts, Inc.によって製造販売されている「3D Flash Lidar」(登録商標)を備えているが、この種の拡散部材43を備えたレーザ測距装置8を用いることは必ずしも必要ではなく、ファイバー式のレーザ測距装置や走査型のレーザ測距装置などを用いることもでき、さらには、レーザではなく、他の周波数の電磁波や超音波を含む音波などと用いてもよく、海底との距離が計測可能な距離計であれば、とくに限定されるものではない。

10

【0091】

さらに、図3ないし図9に示された前記実施態様においては、CCDセンサ49を用いて、レーザビームの反射強度を測定しているが、CCDセンサ49を用いて、レーザビームの反射強度を測定することは必ずしも必要でなく、受光センサ47がフォトセンサ48のみによって構成されていてもよい。

【0092】

また、図3ないし図9に示された前記実施態様においては、レーザ測距装置8が移動支持浮体2の下面に取り付けられているが、レーザ測距装置8を移動支持浮体2の下面に取り付けることは必ずしも必要でなく、移動支持浮体2の上面に取り付けられていてもよく、すなわち、レーザ測距装置8は水上または水中に位置するように、移動支持浮体2に取り付けることができる。

20

【0093】

また、前記実施態様においては、浅海底が観測されているが、本発明は浅海底の観測に限定されるものではなく、湖沼や沿岸部の浅水域などの観測に広く用いることができる。

【符号の説明】

【0094】

- 1 浅海底観測システム
- 2 移動支持浮体
- 3 水中カメラ(ビデオカメラ)
- 4 GPS/ジャイロ装置
- 5 収録部(ビデオレコーダ)
- 6 画像処理部
- 7 パーソナルコンピュータ
- 8 レーザ測距装置
- 10 レーザデータ処理部
- 11 DSM作成部
- 12 正射写真図作成部
- 20 浅海底観測システム
- 30 パーソナルコンピュータ
- 31 同期信号発生装置
- 33 ビデオレコーダ
- 34 ビデオ編集機
- 40 レーザビーム
- 41 LEDレーザ光源
- 42 コリメータレンズ
- 43 拡散部材
- 45 レーザビーム
- 46 集光レンズ
- 47 受光センサ
- 48 フォトセンサ

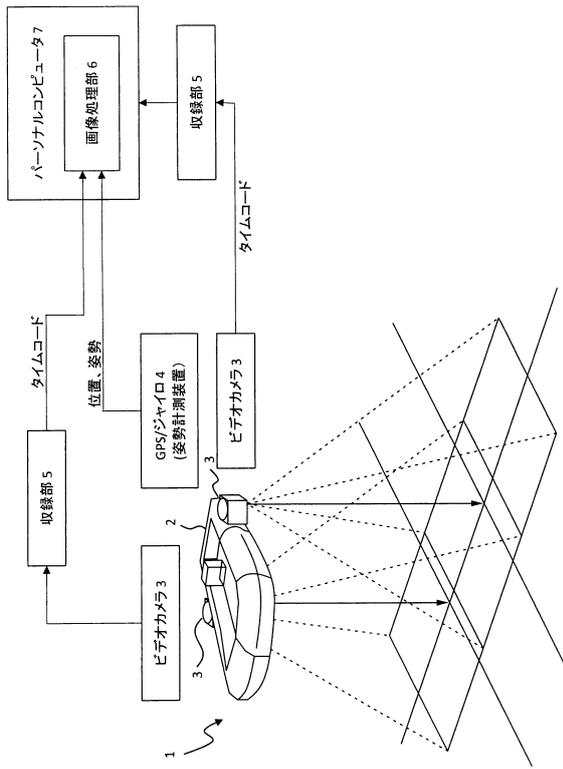
30

40

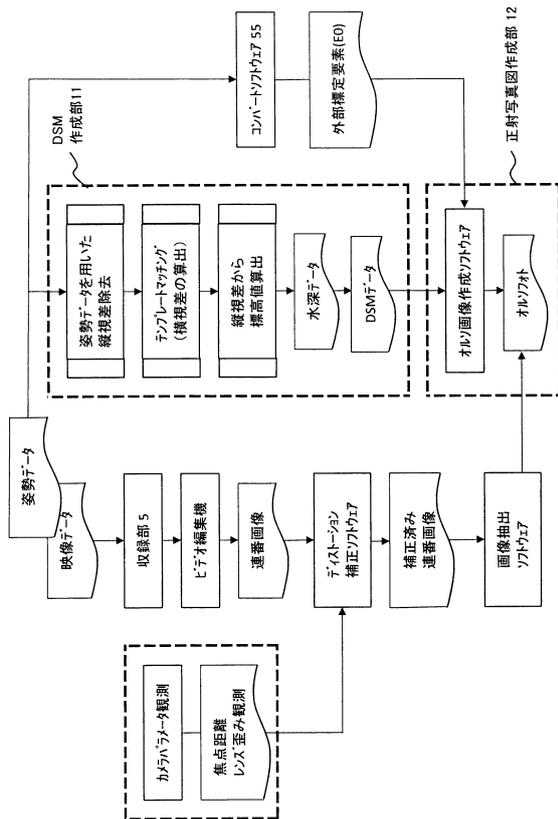
50

- 4 9 C C D センサ
- 5 0 R A M
- 5 0 A 第一のメモリ領域
- 5 0 B 第二のメモリ領域
- 5 1 コントローラ
- 5 2 一对のビデオカメラの撮影領域
- 5 3 重複撮影領域
- 5 3 A マトリックス状の領域
- 5 5 コンバートソフトウェア

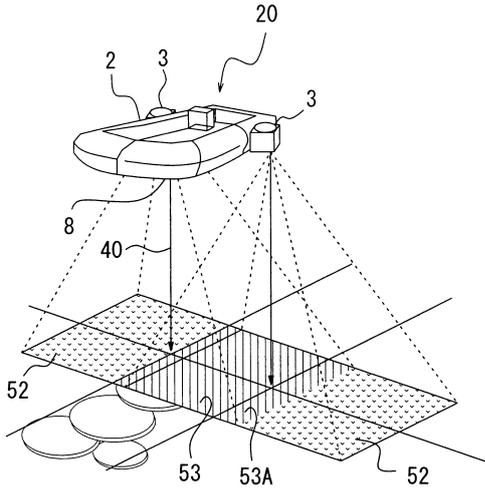
【 図 1 】



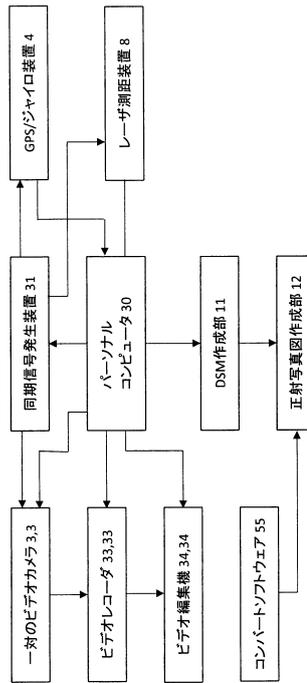
【 図 2 】



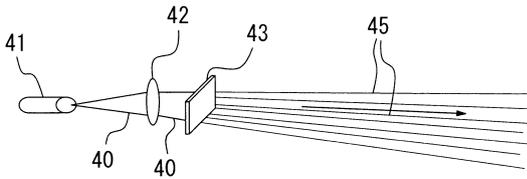
【図3】



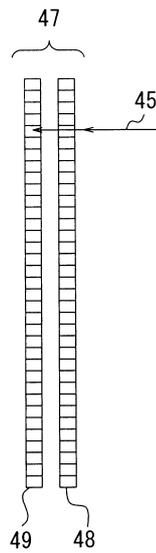
【図4】



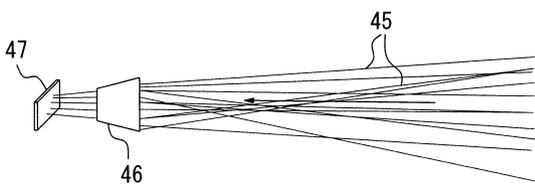
【図5】



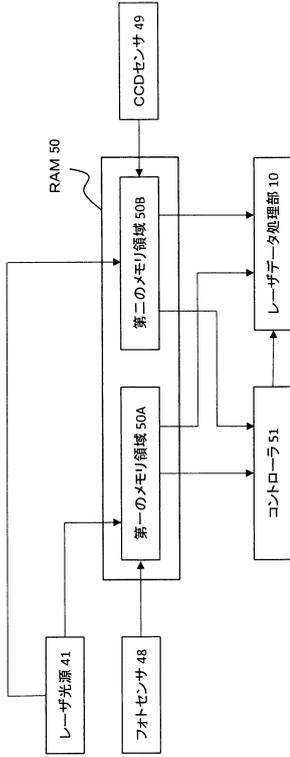
【図7】



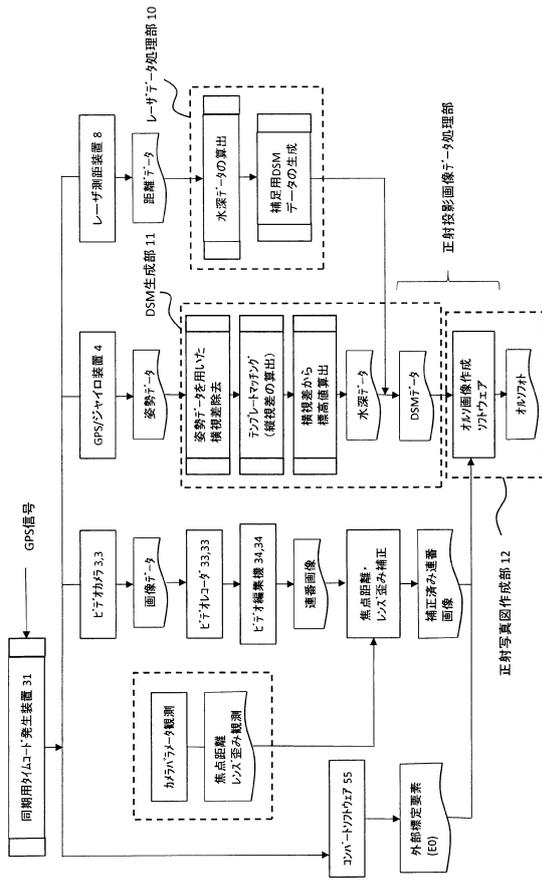
【図6】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 H 0 4 N 5/225 (2006.01) H 0 4 N 5/225 Z

(72)発明者 江藤 稚佳子
 東京都江東区新木場四丁目7番41号 朝日航洋株式会社内

(72)発明者 林 昌裕
 東京都江東区新木場四丁目7番41号 朝日航洋株式会社内

審査官 うし 田 真悟

(56)参考文献 特開2009-032063(JP,A)
 特開2006-194705(JP,A)
 国際公開第2011/143622(WO,A1)
 Hiroyuki Oguma,etc., BOAT-BASED MONITORING SYSTEM FOR SHALLOW-WATER BOTTOM FEATURES, P
 roceedings of ISRS 2013, The Remote Sensing Society of Japan, 2013年 5月15
 日, p.521
 小熊宏之, ボート搭載型的水中カメラを用いた浅海底観測システムの開発, 国立研究開発法人国
 立環境研究所, 国立研究開発法人国立環境研究所, 2014年 2月 6日
 Masahiko Sasano,etc., Development of boat-based fluorescence imaging lidar for coral m
 onitoring, Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, 2012年 7
 月 9日, 5A Remote sensing of reef environments

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 C 1 1 / 0 6
 G 0 1 C 1 3 / 0 0
 A 0 1 G 7 / 0 0
 G 0 3 B 1 5 / 0 0
 G 0 3 B 1 9 / 0 7
 H 0 4 N 5 / 2 2 5
 J S T P l u s (J D r e a m I I I)