

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6205465号
(P6205465)

(45) 発行日 平成29年9月27日(2017.9.27)

(24) 登録日 平成29年9月8日(2017.9.8)

(51) Int.Cl.

F 1

G01C 13/00 (2006.01)

G01C 11/06 (2006.01)

A01G 7/00 (2006.01)

G03B 15/00 (2006.01)

GO 1 C 13/00

GO 1 C 11/06

AO 1 G 7/00

GO 3 B 15/00

D

H

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-137487 (P2016-137487)
 (22) 出願日 平成28年7月12日 (2016.7.12)
 (62) 分割の表示 特願2014-153239 (P2014-153239)
 の分割
 原出願日 平成26年7月28日 (2014.7.28)
 (65) 公開番号 特開2017-3593 (P2017-3593A)
 (43) 公開日 平成29年1月5日 (2017.1.5)
 審査請求日 平成29年4月14日 (2017.4.14)
 (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)

早期審査対象出願

(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 小熊宏之
 茨城県つくば市小野川16-2 国立研究
 開発法人国立環境研究所内
 (72) 発明者 山野博哉
 茨城県つくば市小野川16-2 国立研究
 開発法人国立環境研究所内

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一对の水中カメラと、
 水底までの距離を計測可能な測距装置と、
 前記複数の水中カメラの姿勢を検出し、前記一对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、
 さらに、前記一对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一对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と、

前記測距装置によって生成された距離データを処理する距離データ処理部と
 を備えた浅海底観測システムであって、

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データを生成可能であり、

前記距離データ処理部が、前記姿勢/GPSセンサによって測定された姿勢データを用いて、前記距離データ処理部が、前記測距装置によって生成された距離データを水深データに変換し、前記水深データに基づいて、補完用のDSMデータを生成可能であり、

前記画像処理部が、前記一对の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

損している場合に、前記距離データ処理部によって生成された補完用のDSMデータによつて、前記DSMデータを補完することによって、撮影対象の前記浅海底領域のDSMデータを生成し、得られた前記浅海底領域のDSMデータに基づいて、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つて構成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。

【請求項3】

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ことを特徴とする請求項2に記載の浅海底観測システム。

10

【請求項4】

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ことを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項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】

20

【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。

【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。

30

【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】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

40

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。

【0008】

50

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水域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一対の水中カメラと、

水底までの距離を計測可能な測距装置と、

前記複数の水中カメラの姿勢を検出し、前記一対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、10

さらに、前記一対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一対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と、

前記測距装置によって生成された距離データを処理する距離データ処理部とを備えた浅海底観測システムであって、

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データを生成可能であり、20

前記距離データ処理部が、前記姿勢/GPSセンサによって測定された姿勢データを用いて、前記距離データ処理部が、前記測距装置によって生成された距離データを水深データに変換し、前記水深データに基づいて、補完用のDSMデータを生成可能であり、

前記画像処理部が、前記一対の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に、前記距離データ処理部によって生成された補完用のDSMデータによって、前記DSMデータを補完することによって、撮影対象の前記浅海底領域のDSMデータを生成し、得られた前記浅海底領域のDSMデータに基づいて、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水域観測システムによって達成される。

【0010】

本明細書において、DSMはDigital Surface Modelの略語であり、数値表層モデルをいう。30

【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、撮影条件検出部材により水中カメラの撮影条件を検出し、収録部材により撮影画像および撮影条件を同期して記録し、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、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。40

【0012】

さらに、本発明によれば、浅水域観測システムは、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、さらには、

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。

【0013】

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。

【0014】

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。 10

【0015】

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。

【0016】

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。

【0017】

本発明のさらに好ましい実施態様においては、記移動支持浮体が、観測器材専用の浮体によって構成されている。 20

【発明の効果】

【0018】

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ぶ定量解析を可能とする浅水域観測システムを提供することが可能になる。

【0019】

また、本発明によれば、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、さらには、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おいても、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

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】図1は、本発明の好ましい実施態様にかかる浅水域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水域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3】図3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4】図4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5】図5は、受光センサ47の略縦断面図である。

【図6】図6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7】図7は、図1ないし図6に示された本発明の好ましい実施態様にかかる浅水域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。 50

【発明を実施するための形態】**【0021】**

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

【0022】

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水域観測システム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撮影が可能なビデオカメラ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である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ビデオレコーダよりなる収録部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。
10

【0023】

本実施態様において、移動支持浮体2は、アウトリガー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、一対のビデオカメラ3、3とGPS/ジャイロ装置(姿勢計測装置)4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、水底観測が行われる。
20

【0024】

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。

【0025】

図1において、参照符号52、52で示されているのは、一対のビデオカメラ3、3によって撮影された海底面の撮影領域であり、図1に示されるように、一対のビデオカメラ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。
30

【0026】

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。

【0027】

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

【0028】

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。
40

【0029】

画像処理部6には、一対のビデオカメラ3、3によって生成された海底の映像データ、一対のビデオカメラ3、3の姿勢データおよび一対のビデオカメラ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DSMモデルを作成するように構成されている。

【0030】

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水域観測システム1にお
50

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 1 】

図 2 に示されるように、浅水域観測システム 2 0は、パーソナルコンピュータ 3 0 と、同期信号発生装置 3 1 と、一対のビデオカメラ 3 、 3 と、ビデオレコーダ 3 3 、 3 3 と、ビデオ編集機 3 4 、 3 4 と、G P S / ジャイロ装置 4 と、レーザ測距装置 8 を備えている。

【 0 0 3 2 】

図 2 に示されるように、浅水域観測システム 2 0は、さらに、D S M データを生成する D S M データ生成部 1 1 と、D S M データに基づいて、正射写真図生成部 1 2 を備えている。

10

【 0 0 3 3 】

図 3 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 3 4 】

図 3 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、拡散部材 4 3 によって、レーザビーム 4 0 は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。

【 0 0 3 5 】

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。

20

【 0 0 3 6 】

図 4 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 3 7 】

図 4 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。

【 0 0 3 8 】

30

図 5 は、受光センサ 4 7 の略縦断面図であり、図 5 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 3 9 】

図 6 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 4 0 】

図 6 に示されるように、レーザ測距装置 8 は、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、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。

40

【 0 0 4 1 】

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。

50

【0042】

また、図6に示されるように、レーザ測距装置8は、レーザビーム40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10を備えている。

【0043】

レーザビーム40が拡散部材43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45をフォトセンサ48およびCCDセンサ49により光電検出することによって、その要素とレーザ光源41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レーザ光源41との距離を正確に算出することが可能になる。

10

【0044】

図7は、図1ないし図6に示された本発明の好ましい実施態様にかかる浅水域観測システム2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。

【0045】

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30に入力されると、パーソナルコンピュータ30から同期信号タイムコード発生装置31に駆動信号が出力されて、同期信号タイムコード発生装置31から、一対のビデオカメラ3、3と、レーザ測距装置8と、GPS/ジャイロ装置4およびコンバートソフトウェア55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30はレーザ光源41からレーザビーム40が放出された時間をレーザ測距装置8のRAM50内の第一のメモリ領域50A内に格納するとともに、レーザ光源41から放出されたレーザビーム40の強度をレーザ測距装置8のRAM50内の第二のメモリ領域50B内に格納する。

20

【0046】

同期信号を受けると、一対のビデオカメラ3、3は、撮影を開始し、海底面の撮影領域52、52のカラー画像が撮影される。

【0047】

一方、レーザ測距装置8は、レーザ光源41からパルス状にレーザビーム40を放出させ、コリメータレンズ42によって平行なビームに変換した後に、拡散部材43に入射させる。拡散部材43を通過させることによって、レーザビーム40は多数のレーザビーム45、たとえば、 128×128 に分割されて、一対のビデオカメラ3、3の海底面の撮影領域52、52が重複している重複撮影領域53に照射され、重複撮影領域53内に 128×128 のマトリックス状照射部53Aが形成される。

30

【0048】

海底面の 128×128 のマトリックス状照射部53Aの各々によって反射されたレーザビーム45は、集光レンズ46によって集光されて、受光センサ47によって、光電的に検出される。

【0049】

上述のように、受光センサ47は、海底面によって反射されたレーザビーム45の検出時間を感知するフォトセンサ48と海底面によって反射されたレーザビーム45の強度を検出するCCDセンサ49とによって構成されている。

40

【0050】

フォトセンサ48は、海底面の 128×128 のマトリックス状照射部53Aの各々によって反射されたレーザビーム45を検出したときに、レーザビーム45を検出した時間をRAM50内の第一のメモリ領域50A内に格納する。ここに、第一のメモリ領域50A内は 128×128 のマトリックス状照射部53Aに対応して、 128×128 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48は、海底面の 128×128 のマトリックス状照射部53Aの各々によって反射されたレーザビーム45の検出時間を、第一のメモリ領域50A内の対応するマトリックス状メモリ領域内に格納する。

【0051】

一方、CCDセンサ49は、海底面の 128×128 のマトリックス状照射部53Aの

50

各々によって反射されたレーザビーム45の強度を検出し、海底面の 128×128 のマトリックス状照射部53Aの各々によって反射されたレーザビーム45の強度を、第二のメモリ領域50B内の対応するマトリックス状メモリ領域内に格納する。

【0052】

次いで、コントローラ51がRAM50にアクセスして、第一のメモリ領域50A内のマトリックス状メモリ領域の各々に記憶されたレーザ光源41からレーザビーム40が放出された時間およびフォトセンサ48によってレーザビーム45が検出された時間、ならびに、第二のメモリ領域50B内のマトリックス状メモリ領域の各々に記憶されたレーザ光源41から放出されたレーザビーム40の強度およびCCDセンサ49が検出したレーザビーム45の強度を読み出し、これらに基づいて、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。10

【0053】

同期信号に応答して、GPS/ジャイロ装置4は、一対のビデオカメラ3、3の姿勢データを生成し、コンバートソフトウェアが起動し、写真測量における外部評定要素が算出される。

【0054】

同期信号に応答して、一対のビデオカメラ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。20

【0055】

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ことによって、観測される。

【0056】

一対のビデオカメラ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。30

【0057】

次に、一対のビデオカメラ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。

【0058】

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。

【0059】

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。40

【0060】

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。

【0061】

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。

【0062】

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、 128×12 50

8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て、各領域53Aの大きさは、一対のビデオカメラ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、一対のビデオカメラ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。

【0063】

こうして、一対のビデオカメラ3、3が撮影した画像に基づいて生成されたDSMデータおよびレーザ測距装置8により生成された補完用DSMデータによって、撮影対象となる海底領域のDSM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DSM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DSMデータは適用されない。10

【0064】

一方で、補正済み連番画像がDSMデータ上に重畳して投影される。

【0065】

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。

【0066】

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、レーザ距離計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33、33によって、両者を同期記録することによって実行される。20

【0067】

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。30

【0068】

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。

【0069】

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）の成育状況を把握することができる。

【0070】

また、本実施態様によれば、浅水域観測システム20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計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4050

の一部が欠損している場合にも、レーザ距離計 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。

【 0 0 7 1 】

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 7 2 】

たとえば、前記実施態様においては、一対のビデオカメラ 3、3 が設けられているが、ビデオ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。

【 0 0 7 3 】

また、前記実施態様においては、水底までの距離を計測する測距装置 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

20

【 0 0 7 4 】

さらに、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もよい。

【 0 0 7 5 】

また、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 のみを取り付けることができる。

30

【 0 0 7 6 】

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 】

【 0 0 7 7 】

- 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
- 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

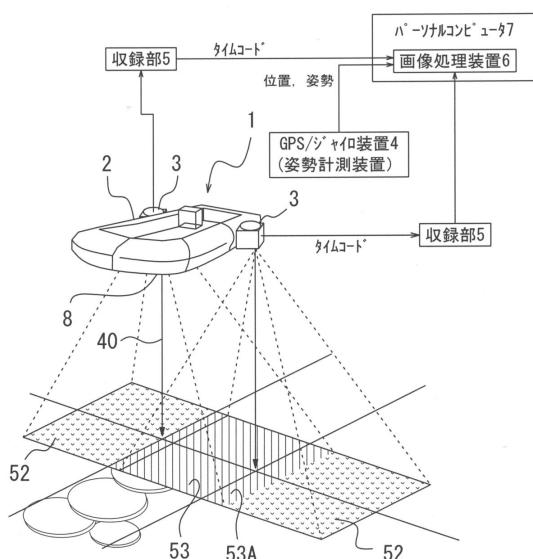
40

50

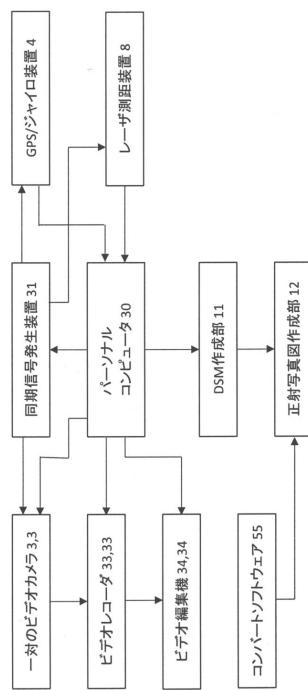
- 3 4 ビデオ編集機
 4 0 レーザビーム
 4 1 レーザ光源
 4 2 コリメータレンズ
 4 3 拡散部材
 4 5 レーザビーム
 4 6 集光レンズ
 4 7 受光センサ
 4 8 フォトセンサ
 4 9 C C D センサ
 5 0 R A M
 5 0 A 第一のメモリ領域
 5 0 B 第二のメモリ領域
 5 1 コントローラ
 5 2 一対のビデオカメラの撮影領域
 5 3 重複撮影領域
 5 3 A マトリックス状の領域
 5 5 コンバートソフトウェア

10

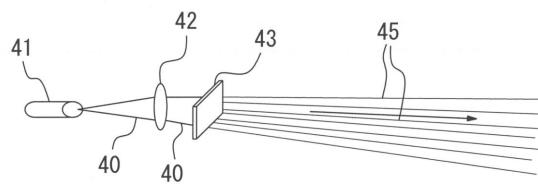
【図1】



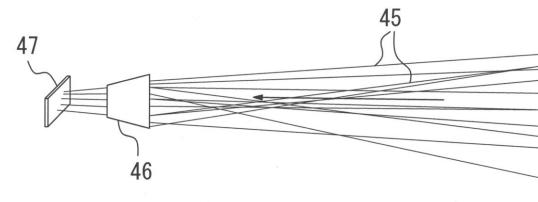
【図2】



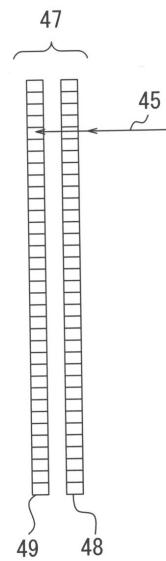
【図3】



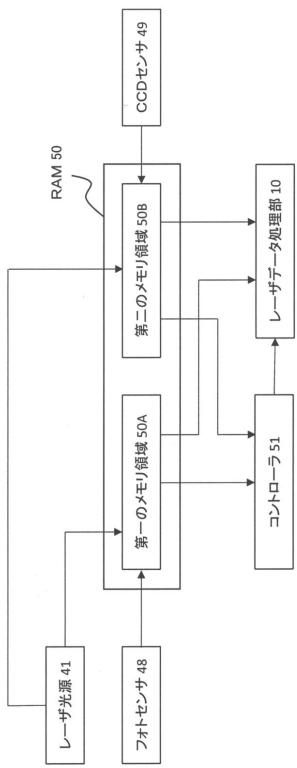
【図4】



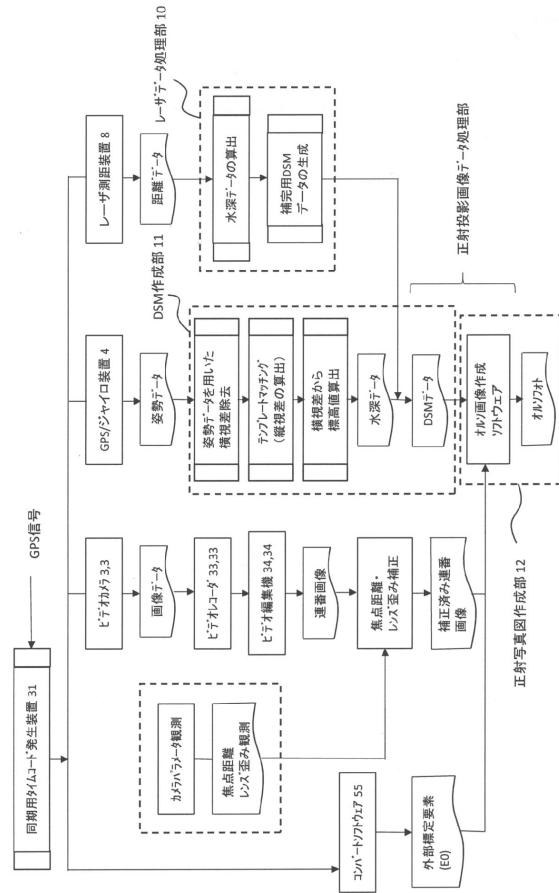
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(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
(72)発明者 江藤 雅佳子
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)
小熊宏之, ボート搭載型の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 monitoring, 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 01 C 13 / 00
G 01 C 11 / 06
A 01 G 7 / 00
G 03 B 15 / 00
J S T P l u s (J D r e a m I I I)