

(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
2018年2月1日(01.02.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/020691 A1

(51) 国際特許分類:

G01C 15/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/072453

(22) 国際出願日: 2016年7月29日(29.07.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社 ニコン・トリンブル(NIKON-TRIMBLE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1440035 東京都大田区南蒲田2丁目16番2号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 大橋 徹也 (OHHASHI, Tetsuya); 〒1440035 東京都大田区南蒲田2丁目16番2号 株式会社 ニコン・トリンブル内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 恩田 誠, 外 (ONDA, Makoto et al.); 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目1番地1 Gifu (JP).

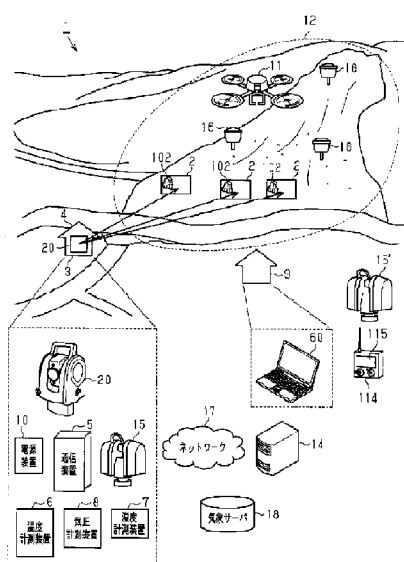
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, KN, KP, KR, 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).

(54) Title: MONITORING METHOD, MONITORING SYSTEM, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: モニタリング方法、モニタリングシステム及びプログラム



- 5 Communication device
- 6 Temperature measuring device
- 7 Humidity measuring device
- 8 Atmospheric pressure measuring device
- 10 Power supply device
- 17 Network
- 18 Weather information server

(57) Abstract: Disclosed is a monitoring method wherein: a target is prepared using terrain model data including terrain location information; at a first time, an image of the target is picked up by means of an image pickup unit of a surveying device, and first image data is generated; at a second time after the first time, an image of the target is picked by means of the image pickup unit of the surveying device, and second image data is generated; and displacement of the target is detected using a first image based on the first image data, and a second image based on the second image data.

(57) 要約: モニタリング方法は、地形の位置情報を含む地形モデルデータを用いてターゲットを用意し、第1時刻において、測量装置の撮像部によりターゲットを撮像して第1画像データを生成し、第1時刻より後の第2時刻において、測量装置の撮像部によりターゲットを撮像して第2画像データを生成し、第1画像データに基づく第1画像と第2画像データに基づく第2画像とを用いて、ターゲットの変位を検出する。

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：

モニタリング方法、モニタリングシステム及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、モニタリング方法、モニタリングシステム及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、地形等の変位を監視する測量装置を用いた観測装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5623226号公報

発明の概要

[0004] 本発明の一態様によれば、地形の位置情報を含む地形モデルデータを用いてターゲットを用意し、第1時刻において、測量装置の撮像部により前記ターゲットを撮像して第1画像データを生成し、第1時刻より後の第2時刻において、前記測量装置の前記撮像部により前記ターゲットを撮像して第2画像データを生成し、前記第1画像データに基づく第1画像と前記第2画像データに基づく第2画像とを用いて、前記ターゲットの変位を検出するモニタリング方法が提供される。

[0005] 本発明の他の態様によれば、制御装置と飛翔体と測量装置を備えるモニタリングシステムであって、前記制御装置は、地形の位置情報を含む地形モデルデータに基づいて、作業者により選択されたターゲット位置を設定する設定部と、前記設定部により設定された前記ターゲット位置へ前記ターゲットを用意するよう前記飛翔体に指示する制御部とを備え、前記飛翔体は、前記ターゲットを保持する保持部と、前記保持部により保持した前記ターゲットを前記制御装置の前記制御部から指示された前記ターゲット位置へ用意する

制御部とを備え、前記測量装置は、前記ターゲットを撮像して画像データを生成する撮像部と、第1時刻において、前記ターゲット位置に用意された前記ターゲットを撮像して第1画像データを生成し、前記第1時刻より後の第2時刻において、前記ターゲットを撮像して第2画像データを生成し、前記第1画像データ及び前記第2画像データを前記制御装置へ送信する制御部とを備え、前記制御装置は、前記測量装置から送信された前記第1画像データ及び前記第2画像データを用いて、前記第1時刻と前記第2時刻の間における前記ターゲットの変位を検出するモニタリングシステムが提供される。

[0006] 本発明の他の態様によれば、地形の位置情報を含む地形モデルデータを用いてターゲットを用意するステップと、第1時刻において、測量装置の撮像部により前記ターゲットを撮像して第1画像データを生成するステップと、第1時刻より後の第2時刻において、前記測量装置の前記撮像部により前記ターゲットを撮像して第2画像データを生成するステップと、前記第1画像データに基づく第1画像と前記第2画像データに基づく第2画像とを用いて、前記ターゲットの変位を検出するステップとをコンピュータに実行させるプログラムが提供される。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]地形変位を検出する観測システムの使用状態を示す図。

[図2]測量装置の正面図。

[図3]測量装置の背面図。

[図4]測量装置の底面図。

[図5]測量装置のシステム構成を示すブロック図。

[図6]観測制御装置のブロック図。

[図7]第1モニタリング方法の手順を示すフローチャート。

[図8]第1モニタリング方法において、測量装置が観測対象を撮像した観測画像を示す図。

[図9]第1モニタリング方法において、特徴領域を画角の中央に位置させた基準観測画像を示す図。

[図10]第1モニタリング方法において、特徴領域が画角の中央から何れかの方向に変位したときの比較観測画像を示す図。

[図11]第1モニタリング方法において、観測対象の観測対象周辺を説明する図。

[図12]観測対象に飛翔体を誘導し観測用塗料でターゲットを設けた第2モニタリング方法を示す図。

[図13]第2モニタリング方法の手順を示すフローチャート。

[図14]第2モニタリング方法において、測量装置が観測対象を撮像した観測画像を示す図。

[図15]第2モニタリング方法において、特徴領域を画角の中央に位置させた基準観測画像を示す図。

[図16]第2モニタリング方法において、特徴領域が画角の中央から何れかの方向に変位したときの比較観測画像を示す図。

[図17]観測対象に飛翔体を誘導し観測用ターゲットでターゲットを設けた第3モニタリング方法を示す図。

[図18] (a) ~ (c) は、観測用ターゲットを示す図。

[図19]第3モニタリング方法の手順を示すフローチャート。

[図20]第3モニタリング方法において、測量装置が観測対象を撮像した観測画像を示す図。

[図21]第3モニタリング方法において、特徴領域を画角の中央に位置させた基準観測画像を示す図。

[図22]第3モニタリング方法において、特徴領域が画角の中央から何れかの方向に変位したときの比較観測画像を示す図。

[図23]第4モニタリング方法の手順を示すフローチャート。

[図24]第4モニタリング方法において、測量装置の撮像部が撮像している観測画像に対して正方メッシュデータを重畳している状態を示す図。

[図25]第4モニタリング方法において、測量装置の撮像部が撮像している観測画像に対してT i nデータを重畳している状態を示す図。

[図26]第4 モニタリング方法において、特徴領域を画角の中央に位置させた、正方メッシュデータが重畳している基準観測画像を示す図。

[図27]第4 モニタリング方法において、特徴領域を画角の中央に位置させた、T i nデータが重畳している基準観測画像を示す図。

[図28]第4 モニタリング方法において、特徴領域が画角の中央から何れかの方向に変位した、正方メッシュデータが重畳している比較観測画像を示す図。

[図29]第4 モニタリング方法において、特徴領域が画角の中央から何れかの方向に変位した、T i nデータが重畳している比較観測画像を示す図。

[図30]基準観測画像の特徴領域を比較観測画像に重畳した画像を示す図。

[図31]特徴領域が変位する過程を表示した画像を示す図。

[図32]G N S S受信装置での変位を検出した場合におけるモニタリングの処理手順を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本発明が適用された地形変動を観測する観測システムについて説明する。

〔概要〕

図1に示すように、観測システム1は、観測対象となる地形を撮像する撮像装置としての測量装置20と、測量装置20を制御する観測制御装置60とを備えている。一例として、観測システム1は、地震、豪雨等によって地すべり等の地形変動が発生する可能性が高い観測対象2を定点観測し、当該観測対象2の地形の変位を検出する。一例として、既に地すべりが発生した地域の復旧工事を行う際に、工事箇所や工事箇所の近くであって、地すべり等の地形変動が発生する可能性が高い場所を観測対象2に設定し、当該観測対象2をモニタリングし変位を検出する。観測対象2は、一箇所でもよいし、複数箇所であってもよい。一例として、観測対象2は、変位が想定される領域、変位した場合に被害が想定される領域、他の点の変位内容を把握するために参照とする領域等を含む観測範囲である。一例として、観測対象2は

、撮像装置の画角に対応した撮像範囲である。図 1 の例では、図中最も左側の観測対象 2 は、岩を含む領域を捉えている。

[0009] 地形変動の発生する可能性の高い観測対象 2 及びその周辺領域は、実際に作業者が赴いて調査することが困難な場所である。そこで、一例として、撮像装置として測量装置 20 を用い、各観測対象 2 から離れた撮像位置 3 に測量装置 20 を設置し、当該撮像位置 3 から観測対象 2 を観測する。測量装置 20 が設置される撮像位置 3 は地すべりが発生しても、測量装置 20 が土砂等により飲み込まれない場所である。また、一例として、撮像位置 3 は、観測対象 2 で地すべりが発生しても被害を受ける可能性の低い場所である。複数の観測対象 2 を観測する場合は、1 台の測量装置 20 で複数の観測対象 2 を観測してもよいし、各観測対象 2 を 1 台の測量装置 20 で観測するようにしてもよい。一例では、観測対象 2 が複数存在する場合、複数台の測量装置 20 で分担して観測する。

[0010] 一例として、地形変動を観測する各測量装置 20 は、長期間に亘って設置される。このため、一例として、測量装置 20 は、風雨等から保護するため、観測小屋 4 等の建物の中に設置される。観測小屋 4 には、一例として、測量装置 20 を遠隔操作するための通信装置 5 等が設置される。観測小屋 4 には、一例として、観測条件を取得するために、外部装置としての温度計測装置 6 や湿度計測装置 7 や気圧計測装置 8 等が設置される。一例として、観測小屋 4 には、外部から送電したり、二次電池等のバッテリーや発電機等を設置して電源装置 10 を設けたりすることで、測量装置 20 等に対して長期間に亘って電力を供給し、長期間に亘ってモニタリングをできるようにする。観測小屋 4 としては、一例として、組み立て式家屋やテントである。

[0011] 測量装置 20 は、一例として、観測小屋 4 からさらに離れた場所に建てられた作業小屋 9 に設置された観測装置としての観測制御装置 60 によって制御される。作業小屋 9 としては、一例として、組み立て式家屋やテントである。測量装置 20 と観測制御装置 60 とは、有線または無線によりネットワーク 17 を介して接続される。測量装置 20 は、一例として、定期的に観測

対象 2 を観測する。一例として、測量装置 20 は、地形変動を検出するため、数分から数時間程度の間隔で観測対象 2 を撮像し、撮像により生成された画像データを、ネットワーク 17 を介して接続された記憶装置 14 等に保存する。勿論、画像データは、測量装置 20 の記憶部、観測制御装置 60 の記憶部等に保存されてもよい。以上のようにして、測量装置 20 は、観測対象 2 をモニタリングする。

[0012] 一例として、測量装置 20 は、GNSS（全地球測位システム（Global Navigation Satellite System））によって観測対象 2 の変位が検出された場合、観測する間隔を短くする。一例として 5 分間隔で観測していたところ、3 分間隔や 1 分間隔に変更する。一例として、観測対象 2 の変位が検出されない場合、観測する間隔を長くする。一例として、5 分間隔で観測していたところ、10 分間隔に変更する。

[0013] 一例として、複数の観測対象 2 を観測している場合において、特定の観測対象 2 で変位を検出したとき、測量装置 20 は、変位を検出した観測対象 2 を他の変位を観測しなかった観測対象 2 より優先して観測する。一例として、変位を検出しなかった観測対象 2 より変位を検出した観測対象 2 を短い周期で観測する。一例として、複数の観測対象 2 で変位が検出された場合、測量装置 20 は、検出された変位量が大きい観測対象 2 から順に観測する。

[0014] 一例として、観測対象となっている広域観測対象 12 に設置されている GNSS 受信装置 16 の位置が変わった場合、変位が検出された GNSS 受信装置 16 に近い観測対象 2 から順に観測する。

[0015] 測量装置 20 でモニタリングを行うまでの手順について概略説明すると、先ず、観測システム 1 では、観測対象 2 を選定し、次いで、測量装置 20 を設置する撮像位置 3 を選定する必要がある。そこで、モニタリングを開始する前には、有人航空機、無人航空機（Unmanned Aerial Vehicle（UAV）、（ドローン））、マルチコプタ等の飛翔体 11 を飛行させて、飛翔体 11 が備えたカメラ等によって、観測対象となっている広域観測対象 12 を撮像する。そして、写真撮影した航空写真等から地形モデ

ルデータを生成し、地形モデルデータを用いて広域観測対象 1 2 の中から 1 つ又は複数の観測対象 2 を選定する。観測対象 2 が選定されると、次いで、測量装置 2 0 を設置する撮像位置 3 を選定する。この後、撮像位置 3 において、測量装置 2 0 を器械設置する。これにより、測量装置 2 0 がグローバル座標、ローカル座標等の座標上に設置される。

[0016] 観測対象 2 の選定や測量装置 2 0 の撮像位置 3 の選定は、一例として、3 次元計測装置 1 5 によって広域観測対象 1 2 をスキャンして、記憶装置 1 4 等に保存された地形モデルデータに従ってするようにしてもよい。3 次元計測装置 1 5 は、一例として、観測小屋 4 やその他の場所に設置される。

[0017] 一例として、広域観測対象 1 2 を複数エリアに分割してそれぞれ計測した複数の分割地形モデルデータを合成することで地形モデルデータを作成してもよい。一例として、第 1 位置に設置した 3 次元計測装置 1 5 で広域観測対象 1 2 のうち第 1 分割エリアを計測して第 1 分割地形モデルデータを作成する。一例として、第 1 分割地形モデルデータを作成したら、3 次元計測装置 1 5 を第 1 位置から第 2 位置へ移動して設置する。第 2 位置に設置した 3 次元計測装置 1 5 で広域観測対象 1 2 のうち第 2 分割エリアを計測して第 2 分割地形モデルデータを作成する。なお、第 2 分割地形モデルデータを作成する場合、第 2 位置に設置した 3 次元計測装置 1 5 では、第 1 分割地形モデルデータを作成するときに 3 次元計測装置 1 5 で計測する点のうち少なくとも 2 点以上が含まれるように計測する。それぞれ作成した第 1 分割地形モデルデータと第 2 分割地形モデルデータを合成することで、広域観測対象 1 2 の地形モデルデータとする。なお、1 台の 3 次元計測装置 1 5 で複数の分割地形モデルデータを作成したが、これに限るものではなく、複数台の 3 次元計測装置 1 5 を用いて複数の分割地形モデルデータを作成しても良い。例えば、第 1 位置に 3 次元計測装置 1 5 を設置して第 1 分割地形モデルデータを作成し、第 2 位置に 3 次元計測装置 1 5 ' を設置して第 2 分割地形モデルデータを作成するようにしても良い。なお、3 次元計測装置 1 5 と 3 次元計測装置 1 5 ' とをまとめて 3 次元計測装置 1 5 とも言う。

[0018] 次いで、器械設置された測量装置 20 で観測対象 2 を観測するとともに撮像し、地形の変位を検出する際の特徴領域を含む観測画像の画像データを記憶装置 14 や観測制御装置 60 の記憶部や測量装置 20 の記憶部等に保存する。この観測は、後述する測量装置 20 の測距部 33 での測距及び水平角測角部 51 及び鉛直角測角部 52 による測角をいう。画像データは、測距部 33 が測距した測距データと水平角測角部 51 及び鉛直角測角部 52 が測角した測角データとターゲット 102 の位置情報（一例として座標データ）とともに記憶装置 14 や観測制御装置 60 の記憶部や測量装置 20 の記憶部等に保存される。

[0019] 特徴領域は、観測対象 2 に存在する特徴的なターゲット 102 が観測画像上に現れた領域である。ターゲット 102 は、一例として、特徴的な自然物である。特徴的な自然物としては、一例として、観測対象 2 に存在する上述のような岩や大木等の樹木等である。一例として、ターゲット 102 は、飛翔体 11 を観測対象 2 まで飛行させ、飛翔体 11 によって設けた人工の部位であり、例えば、観測用塗料が塗布された領域であり、観測用ターゲットである。このようなターゲット 102 に対応した特徴領域は、作業者が実際に観測場所に赴く必要のないこのような手段によって設定されるものとなっている。このような特徴領域を設けることにより、観測制御装置 60 は、測量装置 20 が観測対象 2 を撮像することで、特徴領域の変位を検出することが可能となり、特徴領域の変位をモニタリングによって検出することができる。すなわち、観測システム 1 では、測量装置 20 で撮像して生成した画像データ及びターゲット 102 の位置情報を観測制御装置 60 へ送信し、観測制御装置 60 が画像データ及び位置情報に基づいて変位を検出する。勿論、定時に行うモニタリング以外にも、撮像位置 3 に作業者が赴いて、又は、観測制御装置 60 からの遠隔操作によって、任意のタイミングで観測対象 2 を撮像することも可能である。

[0020] 一例として、モニタリング開始当初において、変位が見られない期間は定時に観測を行う。一例として、変位が見られた場合には、測量装置 20 によ

る撮像間隔を変更する。なお、定時に行うモニタリングにおいて、撮像間隔が5分に対して4分59秒や5分1秒となっても、このような多少の時間差をもって行われるモニタリングは、定時のモニタリングに含まれる。

[0021] 観測対象2のモニタリングにおいて、観測制御装置60は、測量装置20を代表位置に視準させ、特徴領域を含む観測対象2を撮像し、撮像により生成された画像データを記憶装置14等に保存する。観測制御装置60は、基準観測画像で設定された特徴領域とモニタリングの比較観測画像の特徴領域に対応する比較画像とを比較し、基準画像に対する比較画像の変位を検出する。

[0022] 以上のようなモニタリングにおいて、観測制御装置60は、特徴領域の変位を検出したとき、警告データを生成する。一例として、観測制御装置60は、電子メールシステムに登録された作業者の端末に対して、変位があったことを知らせる電子メールを送信し、作業者に変位があったことを知らせる。なお、電子メールに限るものではなく、作業者に対して文字で配信できればよい。作業者等に知らせる手段としては、その他に、市町村の防災無線等の屋外スピーカから当該内容を報知するようにしてもよいし、電光掲示板などで報知するようにしてもよい。一例として、電子掲示板、SNS (Social Networking Service) 等の投稿を共有するサービスを用いて作業者等に知らせるようにしてもよい。一例として、警告灯など光で報知するようにしてもよい。一例として、作業者の位置をGNSS等で把握できていれば、観測制御装置60は、変位が検出された特徴領域に近い場所にいると判断した作業者にのみ変位があったことを報知し、変位が検出された特徴領域から遠い場所にいると判断した作業者には変位があったことを報知しないようにしてもよいし、作業者全員に報知するようにしてもよい。

[0023] また、観測制御装置60では、特定の時刻の観測画像や特定の観測対象2の観測画像を検索することができる。一例として、観測制御装置60は、特

定の撮像領域の撮像画像を検索キーとしたとき、複数の時刻における特徴領域を表示部に表示させる。特徴領域の画像が選択されたときには、例えば1つの観測画像上に、複数の特徴領域が表示され、特徴領域の変位の過程を確認できるようにする。

[0024] 観測システム1は、一例として、GNSSと接続されていてもよい。例えば、測量装置20がGNSS受信部58を備え、測量装置20は、撮像時の時刻情報をGNSSから取得する。これにより、モニタリングにおいて、観測対象2を撮像する時刻をGNSSに従ったものとするすることで、より正確な時刻に観測対象2を撮像することができる。一例として、時刻情報は、外部装置であるNTP (Network Time Protocol) サーバから測量装置20や観測制御装置60が取得するようにしてもよい。

[0025] また、広域観測対象12には、外部装置としてのGNSS受信装置16を設置するようにしてもよい。GNSS受信装置16は、複数の人工衛星がそれぞれ送信する信号を比較し、電波を受信した時間差を計算してGNSS受信装置16の位置情報を算出する。観測対象2と離れた複数場所にGNSS受信装置16を設置したときには、GNSS受信装置16によって当該場所での変位も検出することができる。そして、GNSS受信装置16で変位を検出したときには、測量装置20を用いて観測する時刻の間隔を短くすることによって、観測対象2での変位の開始時点や変位の最中の状態をきめ細かに観測することができる。一例として、GNSS受信装置16の位置が変わった場合、変位が検出されたGNSS受信装置16に近い観測対象2から順に観測する。

[0026] 測量装置20は、撮像時刻を含むある期間のみ電源をオンにし、その他の時刻は電源をオフにするように制御し、省電力化を図るようにしてもよい。観測対象2の変位を検出可能な画像データが得られるとおもわれる日中（昼間）は測量装置20の電源をオンにし、観測対象2の変位を検出できない若しくは難しい画像データが得られると思われる夜間は測量装置20の電源をオフにするように制御して、省電力化を図るようにしてもよい。

[0027] 一例として、観測システム１において、観測制御装置６０は、観測対象２を撮像した際における観測条件を観測画像の画像データと関連付けて記憶装置１４等に保存するようにしてもよい。観測条件とは、一例として、観測小屋４の温度計測装置６で計測した温度データや湿度計測装置７が計測した湿度データや気圧計測装置８が計測した気圧データである。また、測量装置２０における撮像部の撮像条件や明るさ等である。これにより、モニタリング時等の撮像時において、観測対象２を撮像したときの観測条件を記憶装置１４等に保存することができる。

[0028] 一例として、観測制御装置６０は、インターネット等のネットワーク１７を介して外部装置としての気象サーバ１８から観測対象２を撮像したときの観測対象２を含むエリアの気象情報を取得するようにしてもよい。これにより、モニタリングにおいて、観測対象２を撮像したときの気象情報を記憶装置１４等に保存することができる。

[0029] 〔測量装置の構成〕

図２に示すように、測量装置２０は、整準部２２と、本体部２６と、撮像部２７とを備えている。整準部２２は、例えば整準台である。整準部２２は、底板２３と、上板２４と、整準ねじ２５とを含んでいる。底板２３は、三脚に固定される部材である。底板２３は、例えば、ねじ等で三脚の脚頭に固定される。上板２４は、整準ねじ２５を用いることで、底板２３に対する傾きが変更可能に構成されている。上板２４には、本体部２６が取り付けられている。測量装置２０の第１軸である鉛直軸Ｏ１の傾きは、整準ねじ２５を用いることで変更可能である。

[0030] 整準とは、測量装置２０の鉛直軸を鉛直にすることである。整準した測量装置２０は、鉛直軸Ｏ１が鉛直方向に沿った状態である。整準した測量装置２０は、鉛直軸Ｏ１が鉛直方向に沿った状態であり、且つ、測量装置２０の第２軸である水平軸Ｏ２が鉛直軸Ｏ１に対して直角の状態である。整準は、レベルリング（leveling）と表現することがある。

[0031] 求心とは、測量装置２０の鉛直中心を第２ターゲット（測標）の中心に一

致させることである。求心とは、地上の測量基準位置（基準点）等の測点の鉛直線上に測量装置 20 の機械中心を一致させることである。求心は、致心やセンタリング（centering）と表現することがある。求心した測量装置 20 は、鉛直軸 O1 が第 2 ターゲットの中心を通過する状態である。第 2 ターゲットは、例えば器械高計測用ターゲットや測量鋺である。

[0032] 図 2 及び図 3 に示すように、本体部 26 は、整準部 22 により鉛直軸周りに回転可能に支持されている。そのため、本体部 26 は、整準部 22 に対して鉛直軸周りに回転可能である。本体部 26 は、整準部 22 の上方に位置している。本体部 26 は、撮像部 27 を水平軸周りに回転可能に支持している。本体部 26 は、支柱部である。本体部 26 は、托架部である。本体部 26 は、第 1 表示部 38 と、第 2 表示部 39 と、水平角操作部 43 と、鉛直角操作部 44 と、把持部 45 と、第 3 撮像部 34（図 4 参照）とを含んでいる。

[0033] 第 1 表示部 38 及び第 2 表示部 39 は、画像やオブジェクトを表示する表示機能を有している。一例として、第 1 表示部 38 及び第 2 表示部 39 は、各表示部の表示面に、撮像部 27 が生成した画像データに基づく画像や観測データに基づく情報を表示する。一例として、第 1 表示部 38 及び第 2 表示部 39 は、液晶ディスプレイ、有機 EL ディスプレイである。一例として、第 1 表示部 38 は、反側に配置されている。一例として、第 1 表示部 38 は、例えば反観測を行う場合に利用される。第 2 表示部 39 は、正側に配置されている。一例として、第 2 表示部 39 は、正観測を行う場合に利用される。一例として、第 1 表示部 38 及び第 2 表示部 39 は、ユーザによる操作を受け付ける操作部としての機能を有している。この場合、第 1 表示部 38 及び第 2 表示部 39 は、静電容量式のタッチパネルや感圧式のタッチパネル等により構成されている。一例として、第 1 表示部 38 は、水平軸周り又は鉛直軸周りに回転可能である。一例として、第 2 表示部 39 は、水平軸周り又は鉛直軸周りに回転可能である。一例として、第 2 表示部 39 は、鉛直方向の傾斜変更が可能なチルト機能付き表示部としてもよい。

[0034] 水平角操作部 43 は、本体部 26 を鉛直軸 O1 周りに回転するためにユー

ザにより操作される部材である。ユーザにより水平角操作部43が操作されると、本体部26及び撮像部27はともに鉛直軸O1周りに回転する。鉛直角操作部44は、撮像部27を水平軸O2周りに回転するためにユーザにより操作される部材である。水平角操作部43及び鉛直角操作部44は、例えばノブである。把持部45は、例えば測量装置20を持ち運ぶ際にユーザが把持するための部材である。把持部45は、例えばキャリングハンドルである。把持部45は、例えば本体部26の上面に固定されている。

[0035] 図4に示すように、第3撮像部34は、第3対物レンズ30を含む第3光学系と、第3撮像素子とを含んでいる。第3光学系は、第2ターゲットからの光を第3撮像素子に導く。第3撮像素子は、第2ターゲットを撮像して、画像データを生成する。第3撮像部34は、測量装置20の下方を撮像して、画像データを生成する。第3撮像部34は、鉛直軸O1を含む下方を撮像して、画像データを生成する。一例として、第3撮像素子は、CCDやCMOSで構成されている。第3撮像部34で生成された画像データは、画像処理部53に出力される。一例として、第3撮像部34は、ユーザが測量装置20を整準したり求心したりする場合に、測量装置20の下方の画像を第1表示部38や第2表示部39に表示させるための画像データを生成する。第3撮像部34は、本体部26に固定されている。一例として、第3撮像部34は、求心カメラである。一例として、第3撮像部34は、求心望遠鏡である。

[0036] 撮像部27は、本体部26によって水平軸周りに回転可能に支持されている。撮像部27は、水平軸O2周りに回転可能に構成されている。撮像部27は、整準部22に対して鉛直軸O1周りに回転可能に構成されている。撮像部27は、鉛直軸O1周りに回転可能であり、且つ、水平軸O2周りに回転可能である。撮像部27は、ユーザにより水平角操作部43が操作された操作量に応じて、水平方向に回転する。撮像部27は、ユーザにより鉛直角操作部44が操作された操作量に応じて、鉛直方向に回転する。

[0037] 撮像部27は、第1撮像部31と、第2撮像部32とを備えている。一例

として、第1撮像部31及び第2撮像部32は、CCDやCMOSで構成されている。第1撮像部31及び第2撮像部32で生成された画像データは、画像処理部53に出力される。一例として、第1撮像部31及び第2撮像部32は、視準する場合に、第1ターゲットを含む視野の画像を第1表示部38や第2表示部39に表示させるための画像データを生成する。一例として、プリズム方式の場合、第1撮像部31及び第2撮像部32は、測量対象物である第1ターゲットを撮像する。一例として、ノンプリズム方式の場合、第1撮像部31及び第2撮像部32は、観測対象2等の測定面を測定する。第1撮像部31及び第2撮像部32が撮像する視野は、第3撮像部34が撮像する視野とは異なり、第3撮像部34が撮像する視野とは重複しない。

[0038] 第1撮像部31は、第1対物レンズ28を含む第1光学系と、第1撮像素子とを含んでいる。第1光学系は、撮像視野内の光（例えば第1ターゲットからの光を含む）を第1撮像素子に導く。一例として、第1撮像部31は、望遠カメラである。一例として、第1撮像部31は、視準カメラである。一例として、第1撮像部31は、視準望遠鏡である。一例として、第1撮像部31は、第1画角を有する。一例として、第1撮像部31は、第1視野を有する。

[0039] 第2撮像部32は、第2対物レンズ29を含む第2光学系と、第2撮像素子とを含んでいる。第2光学系は、撮像視野内の光（例えば第1ターゲットからの光を含む）を第2撮像素子に導く。第2対物レンズ29は、第1対物レンズ28とは別個に備えている。一例として、第2対物レンズ29は、撮像部27において第1対物レンズ28が配置されている面と同じ面に配置されている。一例として、第2対物レンズ29は、第1対物レンズ28と鉛直方向に並んで配置されている。一例として、第2対物レンズ29の光軸は、第1対物レンズ28の光軸と平行である。第2撮像部32は、第1撮像部31の第1画角より広い第2画角を有する。第1撮像部31の第1画角は、第2撮像部32の第2画角より狭い。第2撮像部32の第2視野角は、第1撮像部31の第1視野角より広い。第1撮像部31の第1視野角は、第2撮像

部 3 2 の第 2 視野角より狭い。一例として、第 2 撮像部 3 2 は、視準する場合に第 1 ターゲットを含み第 1 視野よりも広い第 2 視野の画像を第 1 表示部 3 8 や第 2 表示部 3 9 に表示させるための画像データを生成する。一例として、第 2 撮像部 3 2 は、広角カメラである。一例として、第 2 撮像部 3 2 は、広角望遠鏡である。

[0040] 視準とは、対物レンズをターゲットに向けて、視準軸をターゲットの中心に一致させることである。視準軸は、対物レンズの光学的な中心点を通り、水平軸に直角（ 90° ）に交差する軸である。視準軸は、第 1 撮像部 3 1 の第 1 対物レンズ 2 8 の光学的な中心点を通り、水平軸 O 2 に直角（ 90° ）に交差する軸である。視準軸は、セオドライトの対物レンズの中心を通り水平軸と直交する軸である。視準軸は、第 1 対物レンズ 2 8 の光軸と一致している。視準した測量装置 2 0 は、第 1 対物レンズ 2 8 を第 1 ターゲットに向けて、測量装置 2 0 の第 3 軸である視準軸 O 3 が第 1 ターゲットの中心に一致した状態である。視準軸において測量装置 2 0 内部から測量装置 2 0 外部に向かう方向を視準方向と呼ぶ場合がある。

[0041] [測量装置のシステム構成]

図 5 は、測量装置 2 0 のシステム構成を示すブロック図である。

測量装置 2 0 は、第 1 撮像部 3 1 及び第 2 撮像部 3 2 を含む撮像部 2 7 と第 3 撮像部 3 4 とを備えている。また、測量装置 2 0 は、測距部 3 3 と、水平角駆動部 3 5 と、送光部 3 6 と、鉛直角駆動部 3 7 と、第 1 表示部 3 8 と、第 2 表示部 3 9 と、通信部 4 0 と、水平角操作部用エンコーダ 4 1 と、鉛直角操作部用エンコーダ 4 2 と、水平角操作部 4 3 と、鉛直角操作部 4 4 と、水平角測角部 5 1 と、鉛直角測角部 5 2 と、画像処理部 5 3 と、一時記憶部 5 4 と、記憶部 5 5 と、操作部 5 6 と、制御部 5 7 と、GNSS 受信部 5 8 とを備えている。

[0042] 第 1 撮像部 3 1 及び第 2 撮像部 3 2 は、制御部 5 7 により設定された撮像条件（ゲイン、蓄積時間（シャッタ速度）等）に基づいて撮像して生成した第 1 画像データおよび第 2 画像データを画像処理部 5 3 に出力する。第 1 撮

像部 3 1 及び第 2 撮像部 3 2 は、撮像して生成した画像データに基づく画像の明るさが適正となるよう制御部 5 7 により適正露出が自動的に設定される。第 1 撮像部 3 1 及び第 2 撮像部 3 2 は、制御部 5 7 により自動露出機能が実行される。第 1 撮像部 3 1 における第 1 光学系は、制御部 5 7 によるフォーカス調節指示に応じてフォーカスレンズ駆動部がフォーカスレンズの位置を光軸方向に沿って変更可能に構成されている。第 3 撮像部 3 4 は、制御部 5 7 により設定された撮像条件（ゲイン、蓄積時間（シャッタ速度）等）に基づいて撮像して生成した第 3 画像データを画像処理部 5 3 に出力する。第 1 撮像部 3 1 は、オートフォーカス部 3 1 a を備えている。

[0043] 画像処理部 5 3 は、第 1 撮像部 3 1、第 2 撮像部 3 2 及び第 3 撮像部 3 4 から出力された画像データに対して画像処理を施す。画像処理部 5 3 で画像処理が施された画像データは、一時記憶部 5 4 に記憶される。例えばライブビュー動作時において、第 1 撮像部 3 1 や第 2 撮像部 3 2、第 3 撮像部 3 4 が連続して撮像した場合、順次出力される画像データは、一時記憶部 5 4 に順次記憶される。

[0044] 一時記憶部 5 4 は、画像データを一時的に記憶する。一例として、一時記憶部 5 4 は、揮発性メモリである。一例として、一時記憶部 5 4 は、R A M (R a n d o m A c c e s s M e m o r y) である。

[0045] 画像処理部 5 3 で施される画像処理は、表示用画像データを生成する処理、圧縮した画像データを生成する処理、記録用画像データを生成する処理、画像データに基づく画像から一部切り出すことで電子的に画像を拡大する（デジタルズーム）処理等が挙げられる。画像処理部 5 3 により生成された表示用画像データは、制御部 5 7 の制御により第 1 表示部 3 8 や第 2 表示部 3 9 に表示される。

[0046] なお、測量装置 2 0 は、視準用接眼光学系や求心用接眼光学系を備えていてもよいし、備えていなくてもよい。

画像処理部 5 3 により生成された記録用画像データは、通信部 4 0 を介して外部メモリに記録される。一例として、外部メモリは、不揮発性メモリで

ある。一例として、外部メモリは、フラッシュメモリやハードディスクや光ディスクである。

[0047] 測距部33は、測量部であり、一例として、発光素子とダイクロイックミラーと受光素子とを備える光波距離計として構成されている。一例として、発光素子は、パルスレーザダイオード（PLD）等のレーザダイオード、赤外発光ダイオード等の発光ダイオードである。一例として、測距部33は、発光素子が出射する測距光を、ダイクロイックミラーによって第1対物レンズ28と同軸の光線として測量対象物である第1ターゲット（例えば反射プリズムや構造物の測定面）に向けて送光する。測量対象物で反射された光は、再び第1対物レンズ28に戻り、ダイクロイックプリズムで測距光と分離され、受光素子へ入射する。測量対象物までの距離は、発光素子から測距部33内部で受光素子に入射する参照光と、測量対象物からの測距光との時間差から算出される。なお、測距部33は、位相差に基づいて測量対象物までの距離を算出する位相差測距方式であってもよい。

[0048] 送光部36は、第1ターゲットに対して送光し第1ターゲットを照射する。一例として、送光部36は、測距部33の発光ダイオードである。一例として、送光部36と測距部33は、同一の発光ダイオードを兼用する。送光部36は、第1対物レンズ28と同軸の光線を第1ターゲットに向けて送光する。一例として、送光部36は、測距部33とは別に設けられた発光ダイオードである。

[0049] 水平角測角部51は、視準軸O3の水平方向の回転角度（鉛直軸O1周りの角度）を検出する。水平角測角部51は、検出した回転角度に対応する信号を制御部57に出力する。水平角測角部51は、一例として、エンコーダにより構成されている。水平角測角部51は、一例として、光学式アブソリュート形ロータリエンコーダにより構成されている。水平角測角部51は、水平角を検出する角度検出部である。

[0050] 鉛直角測角部52は、視準軸O3の鉛直（高低）方向の回転角度（水平軸O2周りの角度）を検出する。鉛直角測角部52は、検出した角度に対応す

る検出信号を制御部 5 7 に出力する。鉛直角測角部 5 2 は、一例として、エンコーダにより構成されている。鉛直角測角部 5 2 は、一例として、光学式アブソリュート形ロータリエンコーダにより構成されている。鉛直角測角部 5 2 は、鉛直角を検出する角度検出部である。

[0051] 水平角操作部用エンコーダ 4 1 は、水平角操作部 4 3 の回転角度を検出する。水平角操作部用エンコーダ 4 1 は、検出した回転角度に対応する信号を制御部 5 7 に出力する。

水平角駆動部 3 5 は、整準部 2 2 に対して本体部 2 6 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動する。水平角駆動部 3 5 が整準部 2 2 に対して本体部 2 6 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動することで、撮像部 2 7 は、整準部 2 2 に対して鉛直軸 O 1 周りに回転する。一例として、水平角駆動部 3 5 は、モータで構成されている。

[0052] 一例として、水平角駆動部 3 5 は、ユーザにより第 1 表示部 3 8 や第 2 表示部 3 9 のタッチパネルがタッチされた位置に基づき制御部 5 7 が算出した駆動量に応じて、整準部 2 2 に対して本体部 2 6 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動する。

[0053] 一例として、水平角駆動部 3 5 は、観測制御装置 6 0 等の外部装置から回転駆動指示を受け付けた場合、外部装置から受け付けた回転駆動指示に基づき制御部 5 7 が算出した駆動量に応じて、整準部 2 2 に対して本体部 2 6 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動する。

[0054] 一例として、水平角駆動部 3 5 は、水平角操作部 4 3 が操作された場合、整準部 2 2 に対して本体部 2 6 を測量装置 2 0 の鉛直軸 O 1 周りに回転駆動する。

鉛直角操作部用エンコーダ 4 2 は、鉛直角操作部 4 4 の回転角度を検出する。鉛直角操作部用エンコーダ 4 2 は、検出した回転角度に対応する信号を制御部 5 7 に出力する。

[0055] 鉛直角駆動部 3 7 は、本体部 2 6 に対して撮像部 2 7 を水平軸 O 2 周りに回転駆動する。鉛直角駆動部 3 7 は、例えばモータで構成されている。

一例として、鉛直角駆動部 37 は、ユーザにより第 1 表示部 38 や第 2 表示部 39 のタッチパネルがタッチされた位置に基づき制御部 57 が算出した駆動量に応じて、本体部 26 に対して撮像部 27 を水平軸 O2 周りに回転駆動する。

[0056] 一例として、鉛直角駆動部 37 は、外部装置から回転駆動指示を受け付けた場合、外部装置から受け付けた回転駆動指示に基づき制御部 57 が算出した駆動量に応じて、本体部 26 に対して撮像部 27 を水平軸 O2 周りに回転駆動する。

[0057] 一例として、鉛直角駆動部 37 は、鉛直角操作部 44 が操作された場合、本体部 26 に対して撮像部 27 を水平軸 O2 周りに回転駆動する。

通信部 40 は、外部装置である観測制御装置 60 との通信を行う。通信部 40 は、外部装置とのデータ入出力を行うインタフェースである。通信部 40 として、例えば、ActiveSync 規格の通信用インタフェースや、USB (Universal Serial Bus) 規格の通信用インタフェースや、Bluetooth (登録商標) 規格の無線通信用インタフェースや、RS-232C シリアル通信規格の通信用インタフェースが挙げられる。通信部 40 は、測量装置 20 で撮像された観測対象 2 の画像データや代表位置情報を観測制御装置 60 に対して送信し、また、観測制御装置 60 から送信された測量装置 20 を制御する指示信号を受信する。

[0058] 記憶部 55 は、測量装置 20 の動作に必要なプログラムやパラメータ等を記憶する。記憶部 55 は、プログラム及びパラメータを測量装置 20 の非動作時にも失われないように格納する。記憶部 55 は、一例として、不揮発性メモリやハードディスクである。一例として、記憶部 55 は、ROM (Read Only Memory) である。一例として、記憶部 55 は、測量装置 20 が撮像した画像の画像データを保存する。一例として、記憶部 55 は、広域観測対象 12 の地形モデルデータを保存する。

[0059] 操作部 56 は、一例として、筐体に配置された押ボタン、ボリュームスイッチ、スライドスイッチ等の機械的な操作部材である。操作部 56 は、一例

として、第1表示部38や第2表示部39の表示部の表示面に配置されたタッチパネルである。機械的な操作部材は、ユーザにより操作されると、各操作部材に関連付けられた機能を実行する指示信号を制御部57に出力する。また、タッチパネルは、表示されたオブジェクトがタッチされたとき、オブジェクトに定義づけられた機能を実行する指示信号を制御部57に出力する。

[0060] 制御部57は、測量装置20の全体の動作を制御する。

一例として、制御部57は、操作部56や外部装置からの指示信号に従って、整準部22に対して本体部26を鉛直軸O1周りに回転駆動する。一例として、制御部57は、ユーザにより水平角操作部43が操作されたことに応じて、整準部22に対して本体部26を鉛直軸O1周りに回転駆動する。一例として、制御部57は、操作部56や外部装置からの指示に従って、本体部26に対して撮像部27を水平軸O2周りに回転駆動する。一例として、制御部57は、ユーザにより鉛直角操作部44が操作されたことに応じて、本体部26に対して撮像部27を水平軸O2周りに回転駆動する。

[0061] 一例として、制御部57は、第1撮像部31及び第2撮像部32を動作して、設定された撮像条件に基づいて、観測対象2を撮像し、撮像して生成した画像データを画像処理部53に出力する。

[0062] 一例として、制御部57は、観測制御装置60から駆動指示信号が入力されると、指示信号に従って、第1撮像部31（オートフォーカス部31aを含む）、第2撮像部32、第3撮像部34、撮像部27、水平角駆動部35、鉛直角駆動部37等を駆動する。

[0063] 一例として、制御部57は、観測制御装置60に対して撮像部27が生成した画像データや観測データを通信部40から出力する。

GNSS受信部58は、モニタリングにおいて、観測対象2を撮像する時刻をGNSSに従ったものとするすることで、より正確な時刻に観測対象2を撮像することができる。また、GNSS受信部58は、複数の人工衛星がそれぞれ送信する信号を比較し、電波を受信した時間差を計算して測量装置20

の位置情報を算出する。

[0064] 〔観測制御装置のシステム構成〕

図6は、観測制御装置60のシステム構成を示すブロック図である。

観測制御装置60は、制御部61と、表示部62と、操作部63と、記憶部64と、通信部65とを備えている。

[0065] 制御部61は、コンピュータと同様な構成を有しており、CPU61a、ROM61b及びRAM61cがバスを介して相互に接続されている。一例として、制御部61は、記憶部64を構成するハードディスク等にインストールされた観測プログラム64aを実行する。観測プログラム64aは、撮像領域をモニタリングするために測量装置20の動作を制御するプログラムである。また、一例として、制御部61は、表示部62に画像等を表示させる表示制御部として機能する。制御部61は、撮像部27が生成した画像データに基づく画像を表示部62に表示させる。一例として、制御部61は、観測対象2の画像を表示部62に表示させる。一例として、制御部61は、観測対象2における異なる時刻に撮像された画像を比較し、観測対象2における特徴領域の変位を検出する検出部として機能する。一例として、制御部61は、地形モデルデータに基づいて撮像部27が撮像する観測対象2や測量装置20の撮像位置3を設定する設定部として機能する。一例として、ターゲット102が設置されるターゲット位置を含む観測対象2にターゲット102を用意するとき、飛翔体11の飛行ルートにターゲット位置を設定する。そして、制御部61は、飛翔体11に対し指示信号を送信し遠隔操作する。一例として、制御部61は、測量装置20に対して、第1撮像部31、第2撮像部32、第3撮像部34、撮像部27、水平角駆動部35、鉛直角駆動部37等を駆動する指示信号を通信部65を介して出力する。

[0066] 表示部62は、画像やオブジェクトを表示する表示機能を有している。一例として、表示部62は、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、CRTである。一例として、表示部62は、表示部の表示面に、第1撮像部31や第2撮像部32が生成した画像データに基づく画像を表示する。

- [0067] 操作部 6 3 は、一例として、キーボードであり、マウスであり、表示部 6 2 の表示面に配置されたタッチパネルである。操作部 6 3 は、表示部 6 2 に表示されたオブジェクトを選択することによって、オブジェクトに定義づけられた機能を実行する指示を制御部 6 1 に出力する。
- [0068] 記憶部 6 4 は、プログラムやパラメータ等を測量装置 2 0 の非動作時にも失われないように格納する。一例として、記憶部 6 4 は、不揮発性メモリやハードディスクである。一例として、記憶部 6 4 は、観測プログラム 6 4 a 、電子メールを送受信する電子メールプログラム 6 4 b を格納している。一例として、記憶部 6 4 には、観測プログラム 6 4 a に従って撮像された観測対象 2 を撮像した画像の画像データ等が保存される。一例として、記憶部 6 4 には、飛翔体 1 1 の遠隔操作プログラムが格納されている。
- [0069] 通信部 6 5 は、測量装置 2 0 の通信部 4 0 と通信をする。一例として、通信部 6 5 は、測量装置 2 0 で撮像され画像の画像データや位置情報を受信し、また、測量装置 2 0 を制御する指示信号を出力する。一例として、通信部 6 5 は、ワイドエリアネットワークやローカルエリアネットワーク等のネットワーク 1 7 を介して外部装置と通信する。一例として、通信部 6 5 は、外部装置であるサーバ装置と通信する。一例として、通信部 6 5 は、時刻取得部となって、測量装置 2 0 から観測対象 2 の撮像時の時刻情報を取得する。一例として、通信部 6 5 は、GNSS 受信装置 1 6 から時刻情報を受信する。一例として、通信部 6 5 は、GNSS 受信装置 1 6 から当該 GNSS 受信装置 1 6 が設置された場所の位置情報を受信する。一例として、通信部 6 5 は、観測条件取得部となって、観測条件としての観測小屋の温度計測装置 6 で計測した温度データや湿度計測装置 7 が計測した湿度データや気圧計測装置 8 が計測した気圧データを取得する。一例として、通信部 6 5 は、気象情報取得部となって、気象サーバ 1 8 から観測対象を撮像したときの観測対象 2 を含むエリアの気象情報を取得する。一例として、通信部 6 5 は、電子メールプログラム 6 4 b によって、アドレス帳に登録された作業者の端末に対して電子メールを送信し、また、作業者の端末から送信された電子メールを

受信する。また、電子掲示板、SNS等にアクセスする。

[0070] 〔第1モニタリング方法〕

地滑り等の地形の変位を監視するには、広域観測対象12の中から所定の観測対象2を選定し、選定した観測対象2を撮像する測量装置20を設置する撮像位置3を選定する必要がある。そこで、図7に示すように、先ず、ステップS1において、地形モデルデータを生成する。一例として、地形モデルデータを作成するには次の2つがある。

(1) 飛翔体11を飛行させる。飛行している飛翔体11のカメラにより広域観測対象12を撮像して写真測量用の画像データを生成し(広域観測対象12をすべてカバーするように、一回又は場所を変えて複数回撮像して画像データを生成)、標定することで、地形モデルデータを作成する。

(2) 3次元計測装置15で広域観測対象12を直接計測することで、地形モデルデータを作成する。

[0071] 一例として、(1)の方法だけで地形モデルデータを作成してもよいし、(2)の方法だけで地形モデルデータを作成してもよいし、(1)及び(2)の方法で地形モデルデータを作成してもよい。また、一例として、(1)、(2)の何れの場合であっても、広域観測対象12の全域の地形モデルデータを作成するようにしてもよいし、1つ又は複数の観測対象2又は撮像位置3となりそうな領域の地形モデルデータを作成してもよい。すなわち、後述のステップで説明するように、広域観測対象12の全域でなくても、観測対象2や撮像位置3を選定することができる広域観測対象12の一部の地形モデルデータが作成されればよい。

[0072] (1)の方法で飛翔体11を用いる場合、一例として、飛翔体11は、無人航空機であり、マルチコプタである。また、ここでの写真撮影は、有人航空機によって行ってもよい。

[0073] 地形モデルデータは、一例として、直交座標で表現された3D点群データであり、3D点群データから作成される地表面を三角形の集合で表現するデジタルデータ構造であるTin (triangulated irregu

lar network) や、地表面を一定のルールに従い、多数の正方形等に分割した正方メッシュデータである。一例として、地形モデルデータは、グローバル座標、ローカル座標等の座標系に合わせて作成される。

[0074] ステップS2において、一例として、写真撮影した航空写真や地形モデルデータを参照して、1つ又は複数の観測対象2を選定し座標上で位置を特定する。選定する観測対象2は、実際に作業者が赴いて調査することは困難な場所であり、変位が想定される領域、変位した場合に被害が想定される領域、他の点の変位内容を把握するために参照とする領域等である。

[0075] ステップS3において、観測対象2を撮像するため、測量装置20を設置する1つ又は複数の撮像位置3を選定する。一例として、写真撮影した航空写真や地形モデルデータを参照して、1つ又は複数の撮像位置3を選定し座標上で位置を特定する。また、一例として、航空写真から1つ又は複数の撮像位置3を選定する。選定する撮像位置3は、観測対象2から離れ、地すべりが発生しても、測量装置20が土砂等により飲み込まれない安全な場所である。なお、実際に現場に赴いて観測対象2や撮像位置3を選定する選定作業を行ってもよい。

[0076] ステップS4において、撮像位置3が選定されると、測量装置20は、撮像位置3にまで運搬され、撮像位置3に設置され、測量装置20は器械設置される。器械設置では、測量装置20を整準及び求心し、少なくとも既知点2点それぞれを測角及び測距することにより、測量装置20がグローバル座標、ローカル座標等の座標上に設置される。器械設置の作業は、現場で作業者によって行われてもよいし、観測制御装置60による遠隔操作で行ってもよい。

[0077] ステップS5において、観測制御装置60は、測量装置20を用いて、観測対象2を撮像するとともに、レチクルが示す観測点を観測（測距及び測角）する。具体的に、ここでの観測では、観測対象2のレチクルが示す代表的な観測点の観測データ（測距データと測角データと観測位置情報（一例として観測座標データ））を算出する。そして、観測制御装置60は、測量装置

20が算出したこれらのデータを記憶装置14等に保存する。これにより、観測対象2を座標上で特定することができ、観測対象2に含まれる特徴領域を選定することができるようになる。

[0078] 図8に示すように、第1観測方法では、観測対象2を撮像した観測画像101における特徴領域102'を観測対象2におけるターゲット102の対応領域とし、この特徴領域102'を含む指定領域103を作業者が指定することができる。これにより、作業者が観測対象2に赴くことなしに、特徴領域102'を含む範囲を変位検出のための範囲を設定できるようにしている。なお、ここで観測対象2の撮像は、第1撮像部31、第2撮像部32の何れを用いてもよい。以下、単に撮像部27という。

[0079] ステップS6において、観測制御装置60の制御部61は、記憶装置14等からステップS5で観測した観測位置情報の示す位置に測量装置20を視準させ、測量装置20が現在視準している観測対象2を撮像することで得られた観測画像を表示部62に表示する。図8は、測量装置20が観測対象2を撮像した観測画像101を示す。ここで、作業者は、表示部62に表示された観測画像101を見て、特徴領域102'を選定する。一例として、観測画像101の中で観測対象2におけるターゲット102に対応する領域が特徴領域102'である。一例として、特徴領域102'は、ターゲット102となる岩や大木等の樹木等の自然物であって、通常の風雨等によっては形状が変位しない自然物に対応した観測画像101上の領域である。観測制御装置60では、マウス等の操作部63を用いて特徴領域102'を含む指定領域103を指定する。指定領域103は、特徴領域102'を囲む閉領域であり、一例として四角形状、三角形状、五角形状等の多角形状である。また、自由曲線で囲まれた領域である。また、指定領域103は、一例として、特徴領域102'の外形をなぞった形状である。以下、指定領域103は、四角形状を例に説明する。そして、指定領域103を、基準画像とし、変位を検出する際の基準とする。また、基準画像は、観測対象2のターゲット102と対応する領域であるから、検索時のインデックスとしても使用さ

れ、表示部 6 2 に検索結果が一覧表示される際の画像となる。

[0080] ステップ S 7 において、制御部 6 1 は、指定領域 1 0 3 の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置 2 0 を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。なお、代表位置は重心位置に限定されるものではない。測量装置 2 0 は、観測のため、撮像部 2 7 を、当該代表位置が画角の中心位置となるように鉛直軸回り及び水平軸回りに回転させる。図 9 に示すように、これにより、指定領域 1 0 3 の重心が画角の中心に位置する基準観測画像 1 0 1 a が生成される。指定領域 1 0 3 の外周は、一例として、重心位置からの距離や座標で特定される。また、この指定領域 1 0 3 で囲まれた領域の画像は、変位を検出する際の基準画像となる。基準観測画像 1 0 1 a では、基準画像（指定領域 1 0 3）が画角の中央に位置することで、変位が発生しターゲット 1 0 2 の位置が何れかの方向に変位して特徴領域 1 0 2 ' も同方向に変位したとしても、画角の中の何れかの位置に特徴領域 1 0 2 ' が含まれるようにすることができる。そして、制御部 6 1 は、撮像部 2 7 が撮像した基準観測画像 1 0 1 a の画像データとともに、基準観測データを記憶装置 1 4 等に保存する。ここでの基準観測データは、測量装置 2 0 から代表位置までの測距データ及び測角データであり、さらに代表位置の基準位置情報（一例として座標データ）である。

[0081] 一例として、制御部 6 1 は、基準観測画像 1 0 1 a の画像データ及び基準観測データを記憶装置 1 4 等に保存するときに、GNSS 受信装置 1 6 や測量装置 2 0 や NTP サーバ等の外部装置から正確な時刻情報を取得し記憶装置 1 4 等に保存する。また、一例として、観測条件として、温度計測装置 6 で計測した温度データや湿度計測装置 7 が計測した湿度データや気圧計測装置 8 が計測した気圧データや測量装置 2 0 における撮像部の撮像条件や明るさ等を取得し記憶装置 1 4 等に保存する。さらに、一例として、気象サーバ 1 8 から気象情報を取得し記憶装置 1 4 等に保存する。

[0082] ステップ S 8 において、制御部 6 1 は、観測対象 2 のモニタリングを開始

する。具体的に、変位を観測できるように、制御部 61 は、観測プログラム 64 a に従って 1 日から数日に 1 回といった長い間隔ではなく、変位の開始時点や変位の途中を把握できるように、数分から数時間程度の短い周期（一例として、5 分周期や 10 分周期）で観測対象 2 を撮像する。なお、ここでは観測対象 2 を撮像する撮像時刻を「 i 」（ i は 1 以上の整数）とし、第 i 時刻に撮像された画像を第 i 比較観測画像という。制御部 61 は、最初の第 1 時刻に観測対象 2 を撮像できるように、 $i = 1$ を設定する。

[0083] ステップ S 9 において、制御部 61 は、第 1 時刻になると、基準位置情報の示す位置を視準して観測（測距及び測角）し、観測対象 2 を撮像し、第 1 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置 14 等に保存する。ここでの比較観測データは、測量装置 20 から代表位置までの測距データ及び測角データであり、さらに代表位置の基準位置情報（一例として座標データ）である。但し、比較観測データに含まれる測距データは、基準位置情報が示す位置に地形が発生しているときには、基準観測画像 101 a を撮像したときと異なる値となる。

[0084] ステップ S 10 において、制御部 61 は、「 i 」に「1」を加算し、ステップ S 9 からの処理を繰り返す。一例として、制御部 61 は、第 2 時刻になると、再度、基準位置情報が示す位置を視準して観測（測距及び測角）し、観測対象 2 を撮像し、第 2 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置 14 等に保存する。一例として、制御部 61 は、第 i 時刻になると、基準位置情報が示す位置を視準して観測（測距及び測角）し、観測対象 2 を撮像し、第 i 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置 14 等に保存する。第 1 モニタリング方法では、指定領域 103 をモニタリングし、基準観測画像 101 a の特徴領域 102' の変位を、基準観測画像 101 a の指定領域 103 と第 i 比較観測画像 101 b の比較指定領域 103' と比較することで検出する（図 10 参照）。

[0085] 1 つの測量装置 20 が複数の観測対象 2 をモニタリングする場合、測量装置 20 は、第 i 時刻と第 $i + 1$ 時刻との間に、撮像部 27 を鉛直軸回り及び

水平軸回り回転し、次の観測対象 2 の基準位置情報が示す位置を視準し撮像することになる。

[0086] 一例として、制御部 61 は、第 i 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置 14 等に保存するときに、上述した正確な時刻情報や観測条件の各種データや気象情報のデータを外部装置から取得し、記憶装置 14 等に保存する。

[0087] ステップ S 11 において、制御部 61 は、モニタリングにおいて撮像した第 i 比較観測画像から、ステップ S 7 で設定した指定領域 103 と同じ位置の比較指定領域 103' を画像認識により抽出し（図 10 参照）、この画像を基準画像と比較するための比較画像とする。そして、制御部 61 は、順次、観測対象 2 が撮像され、比較観測画像 101b が生成されると、基準画像と比較画像とを比較する。ターゲット 102 が変位していれば、比較画像は、基準画像と異なる画像となる。ステップ S 12 において、制御部 61 は、各基準観測画像 101a の基準画像に対する比較画像の差が閾値以上であるかどうかを判断する。閾値は、基準画像と比較画像との変位が例えばターゲット 102 の変位のような大きな変位ではなく、草木の揺らぎといった小さな変位までも変位として検出してしまうことを抑制するような値に設定する。そして、制御部 61 は、基準画像に対する比較画像の差が閾値以上であり、基準画像と比較画像との間で変位を検出したとき、ステップ S 13 に進み、変位を検出しなかったとき、処理を終了する。

[0088] 図 10 は、ターゲット 102 が基準観測画像 101a の中心から変位したときの比較観測画像 101b を示している。

ところで、ステップ S 12 では、指定領域 103 の変位を検出しても、どの程度、ターゲット 102 が変位しているかは不明である。場合によっては、基準観測画像 101a から外れている可能性もある。そこで、図 11 に示すように、ステップ S 13 において、制御部 61 は、観測対象 2 より更に広範囲を撮像すべく、測量装置 20 を介して現在の観測対象 2 の周囲の観測対象周辺 2a を撮像する。観測対象周辺 2a とは、一例として、観測対象 2 を

中央にして、上下左右の4つの領域と右上、左上、右下、左下の4つの領域を合わせた合計8つの領域である。各領域は、撮像部27の撮像範囲に対応した大きさである。制御部61は、観測対象周辺2aを構成する各周辺撮像領域2bの代表位置を視準して観測（測距及び測角）し、各周辺撮像領域2bの画像データと関連付けて観測データを保存する。ここでの観測データは、測量装置20から各周辺撮像領域2bの視準位置までの測距データ及び測角データであり、さらに視準位置情報（一例として座標データ）である。これにより、中心に位置する観測対象2の観測対象周辺2aの状態も把握することができる。なお、制御部61は、一例として、観測対象2を撮像した比較観測画像101bと観測対象周辺2aの観測画像とを繋ぎ合わせたスティッチング画像を生成してもよい。

[0089] 変位を検出したときには、ステップS14において、制御部61は、指定領域103の再設定を行う。すなわち、変位後における特徴領域102'を含む指定領域103をマウス等の操作部63を用いて再度指定する。そして、制御部61は、指定領域103の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置20を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。そして、撮像部27で撮像し、撮像により生成された画像データとともに当該代表位置の観測データを記憶装置14等に保存する。これが、変位検出後における新たな基準観測画像101aとなり、制御部61は、図7に示すステップS9からのモニタリングの処理を繰り返す。すなわち、変位後の状態を基準観測画像101aしたモニタリングが行われる。これにより、さらに変位が発生し、最初の比較観測画像101bから特徴領域102'が外れてしまう、すなわち写らなくなってしまうことを防ぐことができる。

[0090] 一例として、変位を検出したときは、一例として以降のモニタリングを5分間隔から3分間隔や1分間隔に変更する。一例として、変位を所定期間以上検出しなかったときは、5分間隔で観測していたところを、これより長くし、一例として10分間隔としてもよい。

[0091] なお、基準観測画像101aにおける基準画像（指定領域103）中の特徴領域102'を画像認識により輪郭を検出することによって抽出し、特徴領域102'の重心位置を示す基準位置情報を求めるようにする。一例として、基準観測画像101aにおける基準画像（指定領域103）中の特徴領域102'を画像認識により輪郭を検出することによって抽出し、特徴領域102'の重心位置を示す基準位置座標データを求めるようにする。また、比較観測画像101bにおける比較画像中の特徴領域102'を画像認識により輪郭を検出することによって抽出し、特徴領域102'の重心位置を示す変位後位置情報を求めるようにする。この場合、基準観測画像101aにおける特徴領域102'の位置と比較観測画像101bにおける特徴領域102'の位置とが分かっている。したがって、基準観測画像101a及び比較観測画像101bの中の何れか1つの観測画像に、基準観測画像101aから抽出した特徴領域102'と比較観測画像101bから抽出した特徴領域102'とを表示することができる。また、基準位置情報と変位後位置情報の差分を求めることにより、特徴領域102'が何れの方にどれだけ変位したかを求めることができる。一例として、基準位置座標データと変位後位置座標データの差分を求めることにより、特徴領域102'が何れの方にどれだけ変位したかを求めることができる。

[0092] ステップS15において、制御部61は、変位があったことを作業者に知らせる文面の電子メールを生成し、出力部としての電子メールプログラム64bのアドレス帳に登録されている電子メールアドレスに対して電子メールを送信する。一例として、電子メールには、変位の前後を撮像した基準観測画像101a及び比較観測画像101bの画像データを添付する。また、一例として、送信する電子メールに、基準観測データと比較観測データ、特に基準観測データに含まれる測距データと比較観測データに含まれる測距データを含ませる。例えば、基準画像において存在している特徴領域102'が比較画像では存在しなくなり指定領域103に変位が認められるときは、基準観測データに含まれる測距データと比較観測データに含まれる測距データ

とは異なるデータとなり、地形に変位が発生していることになる。そこで、電子メールに測距データを含ませることで、測距データの変化を作業者に知らせることもできる。また、一例として、観測対象周辺 2 a の各周辺撮像領域 2 b の画像データを電子メールに添付する。また、一例として、電子メールを受信した作業者の端末では、この観測制御装置 6 0 からの電子メールを受信したとき、スピーカから警告音を作業者が直ちに気づくよう出力する。一例として、制御部 6 1 は、市町村の防災無線等の屋外スピーカから当該内容を報知する。作業者等に知らせる手段としては、その他に、電光掲示板などで報知するようにしてもよいし、電子掲示板、SNS 等の投稿を共有するサービスを用いて作業者等に知らせるようにしてもよい。

[0093] なお、モニタリングが夜間に行われるとき、制御部 6 1 は、基準観測画像 1 0 1 a を撮像したときの基準観測データに含まれる測距データと比較観測画像 1 0 1 b を撮像したときの比較観測データに含まれる測距データとを比較する。そして、2 つの測距データの差が閾値以上であるときに、指定領域 1 0 3 に変位があると判断する。夜間に撮像された比較観測画像 1 0 1 b は、画角全体が一様に暗く、特徴領域の変位を画像上で検出することが困難だからである。

[0094] また、モニタリングを行っている間に、測量装置 2 0 と観測対象 2 との間に障害物が介在してしまい、測距データが異なる場合もある。このような場合は、障害物を除去する作業を行うか、又は、観測対象 2 の位置変更の作業を行うことができる。

[0095] [第 2 モニタリング方法]

図 1 2 に示すように、第 2 モニタリング方法では、飛翔体 1 1 によって観測対象 2 におけるターゲット 1 0 2 として観測用塗料 1 1 1 a が塗布された塗布領域を用いる。これにより、観測対象 2 におけるターゲット 1 0 2 を、測量装置 2 0 によって第 1 モニタリング方法での自然物よりも確実に検出できる。また、観測用塗料 1 1 1 a を塗布した場合には、観測対象 2 にターゲットとしやすい自然物が地表に存在しない場合であっても、ターゲット 1 0

2を人工的に設けることができる。一例として、観測用塗料111aは、測距部33の距離測定用光波に対して反射率の優れた塗料である。一例として、観測用塗料111aは、水性塗料である。一例として、観測用塗料111aは、有害化学物質を含まない塗料である。観測用塗料111aは、観測対象2に自然物（例えば岩や木）が存在するときは当該自然物に塗布するようにしてもよいし、観測対象2に自然物が存在しないときは当該土砂や砂地の地面に塗布するようにしてもよい。

[0096] なお、後述の第3モニタリング方法では、人工的なターゲット102として、観測用ターゲット111bを用い、保持部11bで観測用ターゲット111bを保持するようにしている。

[0097] 第2モニタリング方法においても、図13に示すように、ステップS21において、地形モデルデータを生成する。ここでの地形モデルデータは、第1モニタリング方法と同様に、飛翔体11のカメラにより広域観測対象12を撮像して写真測量用の画像データを生成し、標定することで、地形モデルデータを作成する。また、3次元計測装置15で広域観測対象12を直接計測することで、地形モデルデータを作成する。

[0098] ステップS22において、一例として、写真撮影した航空写真や地形モデルデータを参照して、1つ又は複数の観測対象2を選定し座標上で位置を特定する。ステップS23において、観測対象2を撮像するため、測量装置20を設置する1つ又は複数の撮像位置3を選定する。ステップS24において、撮像位置3が選定されると、測量装置20は、撮像位置3にまで運搬され、撮像位置3に設置され、測量装置20は器械設置される。

[0099] ステップS25において、観測制御装置60は、測量装置20を用いて、観測対象2を撮像するとともに、レチクルが示す観測点を観測（測距及び測角）する。具体的に、ここでの観測では、観測対象2のレチクルが示す代表的な観測点の観測データ（測距データと測角データと観測位置情報（一例として観測座標データ））を算出する。そして、観測制御装置60は、測量装置20が算出したこれらのデータを記憶装置14等に保存する。これにより

、観測対象２を座標上で特定することができ、観測対象２に飛翔体１１を誘導できるようになる。

[0100] ステップＳ２６において、観測制御装置６０の制御部６１は、ターゲット１０２を観測対象２に設けるため、飛翔体１１に観測用塗料１１１ａを搭載し、選定された観測対象２に向けて飛翔体１１を誘導する。飛翔体１１は、観測用塗料１１１ａを観測対象２における目標位置に塗布する。

[0101] 図１２に示すように、観測対象２に観測用塗料１１１ａを塗布して形成されたターゲット１０２を設けるには、マルチコプタ等の無人航空機である飛翔体１１を用意する。飛翔体１１は、例えば下方を撮像可能なカメラ１１ａと、観測用塗料１１１ａを保持する保持体１１１を保持する保持部１１ｂとを備えている。飛翔体１１は、地形モデルデータを用いて作業者が指定した観測位置情報の示す位置に誘導される。一例として、飛翔体１１は、観測位置情報の示す位置まで遠隔操作装置１１４により遠隔操作されて誘導される。一例として、飛翔体１１は、ＧＮＳＳ受信部を備えることで自身の位置を特定できる場合、観測位置情報をプログラムに設定することで、自動的に（遠隔操作装置１１４で飛翔体１１を操作することなく）観測位置情報の示す位置まで飛行される。そして、観測対象２において、観測用塗料１１１ａを塗布する。カメラ１１ａで撮像して生成された画像データに基づく静止画像や動画画は、遠隔操作装置１１４のモニタ１１５や観測制御装置６０の表示部６２に表示され、作業者は、モニタ１１５や表示部６２の表示を見ながら、塗布作業の指示を行い、観測用塗料１１１ａの塗布作業を行う。塗布作業を行うとき、作業者は、カメラ１１ａの画像がモニタ１１５や表示部６２に表示されることで、飛翔体１１より下方の様子を見ることができる。また、測量装置２０が撮像した静止画像や動画画がモニタ１１５や表示部６２に表示されることで、測量装置２０の方向から見た飛翔体１１や観測対象２の様子を見ることができる。モニタ１１５や表示部６２には、カメラ１１ａにより得られた画像と測量装置２０により得られた画像を切り替えて表示するようにしてもよいし、カメラ１１ａにより得られた画像と測量装置２０により

得られた画像を画面に並べて表示するようにしてもよい。

[0102] また、目標位置に観測用塗料 1 1 1 a を正確に塗布することができなかつたときは、一例として、作業者は追加指示として、飛翔体 1 1 の位置修正指示を遠隔操作装置 1 1 4 を用いて行う。

[0103] 飛翔体 1 1 の保持部 1 1 b は、一例として、飛翔体 1 1 のジンバルに固定されたかご等の保持体 1 1 1 を保持する。保持体 1 1 1 は、観測用塗料 1 1 1 a が含浸させたカラーボールや観測用塗料 1 1 1 a が貯留された風船等を保持する。飛翔体 1 1 が観測対象 2 に到達すると、作業者はカメラ 1 1 a や測量装置 2 0 で撮像された画像を見ながら、保持体 1 1 1 を遠隔操作により回転又は傾けてカラーボールや水風船を落下させる。そして、落下の衝撃で、カラーボールに含浸された観測用塗料 1 1 1 a を飛散させ、また、風船を破裂させることによって観測用塗料 1 1 1 a を地面等に飛散させる。これにより、観測対象 2 の中には、観測用塗料 1 1 1 a が濡れ広がった特徴領域 1 0 2 ' が設けられる。

[0104] 保持部 1 1 b は、一例として、飛翔体 1 1 のジンバルに装着され底部が開閉するかごで構成された保持体 1 1 1 を保持する。この保持体 1 1 1 は、閉じた状態において、観測用塗料 1 1 1 a が含浸させたカラーボールや観測用塗料 1 1 1 a が貯留された風船等を保持する。飛翔体 1 1 は、観測対象 2 に到達すると、カメラ 1 1 a や測量装置 2 0 で撮像された画像を見ながら、遠隔操作により保持体 1 1 1 を開き、カラーボールや水風船を落下させる。

[0105] 以上の例では、高所から観測用塗料 1 1 1 a が含浸させたカラーボールや観測用塗料 1 1 1 a が貯留された風船を落下させることになる。正確な位置に観測用塗料 1 1 1 a を塗布するためには、より低い場所からカラーボールや風船を落下させることが好ましい。

[0106] 保持部 1 1 b は、一例として、飛翔体 1 1 のジンバルに、観測用塗料 1 1 1 a を貯留した容器で構成された保持体 1 1 1 を保持する。この保持体 1 1 1 は、地面に接触した際の押圧力や衝撃によって、保持体 1 1 1 の底面が開く機構を有する。飛翔体 1 1 は、観測対象 2 において、カメラ 1 1 a や測量

装置 20 で撮像された画像を見ながら降下し、保持体 111 を地面等に接触させ、そのときの押圧力や衝撃によって、保持体 111 の底面が開け、観測用塗料 111 a を地面等に塗布する。この方法は、地面と近い場所から観測用塗料 111 a を塗布できることから、上述した観測用塗料 111 a を高所から落下させる場合より、より正確な位置に観測用塗料 111 a を塗布することができる。

[0107] 保持部 11 b は、一例として、飛翔体 11 のジンバルに、観測用塗料 111 a のスプレー缶を備える。この場合、観測対象 2 において降下し、カメラ 11 a や測量装置 20 で撮像された画像を見ながら、地面等の近くで、スプレー缶から観測用塗料 111 a を噴霧することによって塗布する。

[0108] 観測用塗料 111 a が塗布された後、飛翔体 11 は、上昇し、カメラ 11 a や測量装置 20 で撮像した画像によって、正しい位置に観測用塗料 111 a が塗布されターゲット 102 が設けられたかを確認することができる。正しい場所に観測用塗料 111 a が塗布されていないときには、再度、観測用塗料 111 a の塗布作業を繰り返す再試行の処理を行う。正しく観測用塗料 111 a が塗布されているときには、次の観測対象 2 へ誘導される。

[0109] 一例として、選定された観測対象 2 が複数ある場合、飛翔体 11 は、1 つの観測対象 2 に観測用塗料 111 a を塗布し、ターゲット 102 を設けると、続けて、次の観測対象 2 に誘導され、当該観測対象 2 に観測用塗料 111 a を塗布し、ターゲット 102 を設ける。複数の観測対象 2 に連続して観測用塗料 111 a を塗布しターゲット 102 を設けるときは、最短ルートで飛翔体 11 を飛行させることが好ましい。

[0110] また、飛翔体 11 は、遠隔操作装置 114 や観測制御装置 60 の指示信号に従って、カメラ 11 a や駆動部を構成するモータやエンジンを制御する制御部 116 を備えている。制御部 116 は、遠隔操作装置 114 や観測制御装置 60 に基づいて、保持部 11 b を駆動し、カラーボールや風船を落下させる制御を行う。また、制御部 116 は、駆動部を制御して、飛翔体 11 を飛行ルートに沿って飛行させ、ターゲット位置にカラーボールや風船を落下

させる制御を行う。

[0111] ステップS26において、制御部61は、記憶装置14からステップS25で観測した観測位置情報の示す位置に測量装置20を視準させ、図14に示すように、測量装置20が現在視準している観測対象2を撮像することで得られた観測画像101を表示部62に表示する。制御部61は、観測画像101の中から画像認識により観測用塗料111aの塗布領域によって構成されたターゲット102の輪郭を検出することによって特徴領域102'を抽出する。一例として、ステップS27において、制御部61は、特徴領域102'の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置20を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。なお、代表位置は、重心位置に限定されるものではなく、例えば、ターゲット102における特徴的な形状の部分が現れた特徴領域102'の対応部分としてもよい。そして、図15に示すように、これを基準観測画像101aとし、撮像部27で撮像した基準観測画像101aの画像データとともに当該代表位置の基準観測データを記憶装置14等に保存する。これにより、特徴領域102'の重心が画角の中心に位置する基準観測画像101aとなる。そして、基準観測画像101aにおける特徴領域102'が基準画像となる。基準観測画像101aでは、基準画像（特徴領域102'）が画角の中央に位置することで、変位が発生しターゲット102の位置が何れかの方向に変位して特徴領域102'も同方向に変位したとしても、画角の中の何れかの位置に特徴領域102'が含まれるようにすることができる。そして、制御部61は、撮像部27が撮像した基準観測画像101aの画像データとともに、基準観測データを記憶装置14等に保存する。

[0112] 一例として、制御部61は、基準観測画像101aの画像データ及び基準観測データを記憶装置14等に保存するときに、上述した正確な時刻情報や観測条件の各種データや気象情報のデータを外部装置から取得し、記憶装置14等に保存するようにしてもよい。

[0113] ステップS28において、制御部61は、観測対象2のモニタリングを開始する。具体的に、制御部61は、最初の第1時刻に観測対象2を撮像できるように、 $i = 1$ を設定する。第1時刻になると、ステップS29において、制御部61は、基準位置情報の示す位置を視準して観測（測距及び測角）し、観測対象2を撮像し、第1比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置14等に保存する。

[0114] ステップS30において、制御部61は、「 i 」に「1」を加算し、ステップS29からの処理を繰り返す。一例として、制御部61は、第 i 時刻になると、基準位置情報が示す位置を視準して観測（測距及び測角）し、観測対象2を撮像し、第 i 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置14等に保存する。すなわち、第2モニタリング方法では、観測用塗料111aにより形成されたターゲット102をモニタリングし、基準観測画像101aの特徴領域102'の変位を、基準観測画像101aの特徴領域102'と、第 i 比較観測画像101bの特徴領域102'と同じ比較領域102''（図16参照）を比較することで検出する。

[0115] 一例として、制御部61は、第 i 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置14等に保存するときに、上述した正確な時刻情報や観測条件の各種データや気象情報のデータを外部装置から取得し、記憶装置14等に保存する。

[0116] 1つの測量装置20が複数の観測対象2をモニタリングする場合、測量装置20は、第 i 時刻と第 $i + 1$ 時刻との間に、撮像部27を鉛直軸回り及び水平軸回り回転し、次の観測対象2の基準位置情報が示す位置を視準し撮像することになる。

[0117] 次に、特徴領域102'の変位検出について説明する。

ステップS31において、制御部61は、モニタリングにおいて撮像した第 i 比較観測画像101bから、ステップS27で設定した基準画像（特徴領域102'）と同じ位置の画像を画像認識により抽出し、この画像を基準画像（特徴領域102'）と比較するための比較画像102''とする（図

16参照)。そして、制御部61は、順次、観測対象2が撮像され比較観測画像101bが生成されると、基準画像（特徴領域102'）と比較画像102''とを比較する。基準画像（特徴領域102'）が変位していれば、比較画像102''は、基準画像（特徴領域102'）と異なる画像となる。

[0118] ステップS32において、制御部61は、基準画像（特徴領域102'）に対する比較画像102''の差が閾値以上であるかどうかを判断する。閾値は、基準画像（特徴領域102'）と比較画像102''との変位が例えば風雨によって地表の土砂がわずかに変位してしまったような小さな変位までも変位として検出してしまうことを抑制する値に設定する。そして、制御部61は、基準画像（特徴領域102'）に対する比較画像102''の差が閾値以上であり、基準画像と比較画像との間で変位を検出したとき、次の処理に進み、変位を検出なかったとき、処理を終了する。

[0119] また、図16に示すように、制御部61は、比較観測画像101bにおける変位後の特徴領域102'を画像認識によりターゲット102の輪郭を検出することによって抽出する。一例として、制御部61は、比較観測画像101bにおける特徴領域102'の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置20を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。ここでの変位後観測データは、測量装置20から代表位置までの測距データ及び測角データであり、さらに変位後の代表位置の変位後位置情報（一例として座標データ）である。そして、当該代表位置の変位後観測データを記憶装置14等に保存する。これにより、基準画像を構成する特徴領域102'の位置と比較観測画像101bにおける特徴領域102'とを比較することができる。一例として、基準観測画像101a及び比較観測画像101bの中の何れか1つの観測画像に、基準観測画像101aから抽出した特徴領域102'と比較観測画像101bから抽出した特徴領域102'とを表示することができる。また、基準位置情報と変位後位置情報の差分を求めることにより、特徴領域

102' が何れの方角にどれだけ変位したかを求めることができる。一例として、基準位置座標データと変位後位置座標データの差分を求めることにより、特徴領域102' が何れの方角にどれだけ変位したかを求めることができる。

[0120] この後、ステップS33において、上述したように、制御部61は、中心に位置する観測対象2の観測対象周辺2aの状態も把握するため、観測対象2より更に広範囲を撮像するように測量装置20を介して現在の観測対象2の周囲の観測対象周辺2aを撮像する。

[0121] 変位を検出したときには、ステップS34において、制御部61は、基準画像の再設定を行う。すなわち、制御部61は、比較観測画像101bから抽出した特徴領域102' の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置20を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。そして、撮像部27で観測画像101を撮像し、撮像により生成された画像データとともに当該代表位置の観測データを記憶装置14等に保存する。これが、変位検出後における新たな基準観測画像101aとなり、制御部61は、ステップS28からのモニタリングの処理を繰り返す。すなわち、変位後の状態を基準観測画像101aしたモニタリングが行われる。これにより、さらに変位が発生し、最初の比較観測画像101bから特徴領域102' が外れてしまう、すなわち写らなくなってしまうことを防ぐことができる。

[0122] 一例として、変位を検出したときは、一例として以降のモニタリングを5分間隔から3分間隔や1分間隔に変更する。一例として、変位を所定期間以上検出しなかったときは、5分間隔で観測していたところを、これより長くし、一例として10分間隔としてもよい。

[0123] ステップS35において、制御部61は、変位があったことを作業者に知らせる文面の電子メールを生成し、電子メールプログラム64bのアドレス帳に登録されている電子メールアドレスに対して電子メールを送信する。作

業者等に知らせる手段としては、その他に、電光掲示板などで報知するようにしてもよいし、電子掲示板、SNS等の投稿を共有するサービスを用いて作業等者に知らせるようにしてもよい。

[0124] 〔第3モニタリング方法〕

図17に示すように、第3モニタリング方法では、観測対象2領域におけるターゲット102を観測用ターゲット111bで構成する。これにより、観測対象2におけるターゲット102を、測量装置20によって第1モニタリング方法での岩等の自然物よりも確実に検出できる。また、観測用ターゲット111bで構成した場合には、自然物が存在しておらず、土砂等で一面が覆われてターゲットとし易い自然物が地表に存在しない場合であっても、ターゲット102を人工的に設けることができる。一例として、観測用ターゲット111bを用いた場合にも、観測用ターゲット111bは、飛翔体11によって、観測対象2の目的位置まで運搬されることになる。

[0125] 観測用ターゲット111bは、モニタリングを行うために、測量装置20が認識できるようにする構成を有している。そのため、観測用ターゲット111bに反射部分を設けるようにしている。一例として、ターゲット部112自体を反射材料で構成する。一例として、ターゲット部112に反射部材を固定する。反射部材は、接着や係合によってターゲット部112に固定することができる。反射部材は、例えば反射シートやプリズムである。ターゲット部112において、反射部分は、再帰性反射材料で構成してもよい。これにより、観測用ターゲット111bは、例えば測量装置20から射出された測距光を測量装置20に向けて反射することができる。したがって、測量装置20は、観測用ターゲット111bに対する測距をより行いやすくなる。このような反射部分は、ターゲット部112全体に亘って設けられてもよいし、一部に設けられているだけでもよい。

[0126] 図18(a)～(c)は、観測用ターゲット111bを模式的に示す。図18(a)に示す観測用ターゲット111bは、一例として、ターゲット部112と、複数の脚部113とを備えている。ターゲット部112は、一例

として、球体であり、一例として、表面全体が反射部材となっている。脚部 113 は、複数本である。脚が 3 本以上であるときには、ターゲット部 112 を安定して支持することができる。

[0127] 図 18 (b) に示す観測用ターゲット 111b は、一例として、脚部 113 が 1 本である。地表が軟質であるときには、脚部 113 を地表に突き刺してターゲット部 112 を支持することができる。この例では、反射部材 112a がターゲット部 112 に複数設けられている。反射部材 112a は、ターゲット部 112 に 1 つ設けられているだけでもよい。

[0128] ターゲット部 112 が球体である場合、仮に、観測用ターゲット 111b が脚部 113 に支持されず倒れた状態となっても、測量装置 20 でターゲット部 112 を検出することができる。

[0129] 図 18 (c) に示す観測用ターゲット 111b は、一例として、ターゲット部 112 が三角形の板体であり、両面、または、一方の面に反射部材 112a を備えている。反射部材 112a は、各面の全体に設けられていてもよいし、一部に設けられていてもよい。反射部材 112a は、測量装置 20 からの測距光を反射しやすい材質とする。反射部材 112a は、一例として、プリズムや再帰性反射材である。一例として、ターゲット部 112 は、測量装置 20 と正対していない場合にターゲットの傾き方向を識別できる正三角形である。ターゲット部 112 の一側縁部には、1 本の脚部 113 を備えている。脚部 113 としては、一側縁部に複数本の脚部を備えていてもよいし、各側縁部に 1 本又は複数本の脚部 113 を備えていてもよい。また、脚部 113 は、一方の主面（裏面）から斜め下方に向けて 1 本又は複数本の脚部 113 が延出している。

[0130] 第 3 モニタリング方法の処理手順について図 19 を参照して説明する。ステップ S41 において、地形モデルデータを生成する。ここでの地形モデルデータは、第 1 モニタリング方法及び第 2 モニタリング方法と同様に、飛翔体 11 のカメラにより広域観測対象 12 を撮像して写真測量用の画像データを生成し、標定することで、地形モデルデータを作成する。また、3次元計

測装置 15 で広域観測対象 12 を直接計測することで、地形モデルデータを作成する。

[0131] ステップ S 42 において、一例として、写真撮影した航空写真や地形モデルデータを参照して、1 つ又は複数の観測対象 2 を選定し座標上で位置を特定する。ステップ S 43 において、観測対象 2 を撮像するため、測量装置 20 を設置する 1 つ又は複数の撮像位置 3 を選定する。ステップ S 44 において、撮像位置 3 が選定されると、測量装置 20 は、撮像位置 3 にまで運搬され、撮像位置 3 に設置され、測量装置 20 は器械設置される。

[0132] ステップ S 45 において、観測制御装置 60 は、測量装置 20 を用いて、観測対象 2 を撮像するとともに、レチクルが示す観測点を観測（測距及び測角）する。具体的に、ここでの観測では、観測対象 2 のレチクルが示す代表的な観測点の観測データ（測距データと測角データと観測位置情報（一例として観測座標データ））を算出する。そして、観測制御装置 60 は、測量装置 20 が算出したこれらのデータを記憶装置 14 等に保存する。これにより、観測対象 2 を座標上で特定することができ、観測対象 2 に飛翔体 11 を誘導できるようになる。

[0133] ステップ S 46 において、観測制御装置 60 の制御部 61 は、観測用ターゲット 111b によって特徴領域 102' を観測対象 2 に設けるため、飛翔体 11 に観測用ターゲット 111b を搭載し、選定された観測対象 2 に向けて飛翔体 11 を誘導し、観測用ターゲット 111b を目標位置に設置する。観測用ターゲット 111b は、飛翔体 11 から落下させて目標位置に設置してもよいし、飛翔体 11 を地面に近接させて地面に置くように設置してもよい。飛翔体 11 は、地形モデルデータを用いて作業者が指定した観測位置情報の示す位置に誘導される。一例として、飛翔体 11 は、観測位置情報の示す位置まで遠隔操作装置 114 により誘導される。一例として、飛翔体 11 は、GNSS 受信部を備えることで自身の位置を特定できる場合、観測位置情報をプログラムに設定することで、自動的に（遠隔操作装置 114 で飛翔体 11 を操作することなく）観測位置情報の示す位置まで飛行される。そし

て、観測対象2において、観測用ターゲット111bが設置される。

[0134] 一例として、選定された観測対象2が複数ある場合、飛翔体11は、1つの観測対象2に観測用ターゲット111bを設置し、ターゲット102を設けると、続けて、次の観測対象2に誘導され、当該観測対象2に観測用ターゲット111bを設置し、ターゲット102を設ける。

[0135] ステップS47において、制御部61は、記憶装置14からステップS45で観測した観測位置情報の示す位置に測量装置20を視準させ、図20に示すように、測量装置20が現在視準している観測対象2を撮像することで得られた観測画像101を表示部62に表示する。制御部61は、観測画像101の中から画像認識により観測用ターゲット111bによって構成されたターゲット102の輪郭を検出することによって特徴領域102'を抽出する。一例として、制御部61は、特徴領域102'の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置20を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。なお、代表位置は、重心位置に限定されるものではなく、例えば、観測用ターゲット111bにおける特徴的な形状の部分が現れた特徴領域102'の当該部分としてもよい。そして、図21に示すように、これを基準観測画像101aとし、撮像部27で撮像した基準観測画像101aの画像データとともに当該代表位置の基準観測データを記憶装置14等に保存する。これにより、特徴領域102'の重心が画角の中心に位置する基準観測画像101aとなる。そして、基準観測画像101aにおける特徴領域102'が基準画像となる。基準観測画像101aでは、基準画像（特徴領域102'）が画角の中央に位置することで、変位が発生しターゲット102の位置が何れかの方向に変位して特徴領域102'も同方向に変位したとしても、画角の中の何れかの位置に特徴領域102'が含まれるようにすることができる。そして、制御部61は、撮像部27が撮像した基準観測画像101aの画像データとともに、基準観測データを記憶装置14等に保存する。

[0136] 一例として、制御部61は、基準観測画像101aの画像データ及び基準

観測データを記憶装置 14 等に保存するときに、上述した正確な時刻情報や観測条件の各種データや気象情報のデータを外部装置から取得し、記憶装置 14 等に保存するようにしてもよい。

[0137] ステップ S 48 において、制御部 61 は、観測対象 2 のモニタリングを開始する。具体的に、制御部 61 は、最初の第 1 時刻に観測対象 2 を撮像できるように、 $i = 1$ を設定する。第 1 時刻になると、ステップ S 49 において、制御部 61 は、基準位置情報の示す位置を視準して観測（測距及び測角）し、観測対象 2 を撮像し、第 1 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置 14 等に保存する。

[0138] ステップ S 50 において、制御部 61 は、「 i 」に「1」を加算し、ステップ S 49 からの処理を繰り返す。一例として、制御部 61 は、第 i 時刻になると、基準位置情報が示す位置を視準して観測（測距及び測角）し、観測対象 2 を撮像し、第 i 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置 14 等に保存する。すなわち、第 3 モニタリング方法では、観測用ターゲット 111b により形成されたターゲット 102 をモニタリングし、基準観測画像 101a の特徴領域 102' の変位を、基準観測画像 101a の特徴領域 102' と、第 i 比較観測画像 101b の特徴領域 102' と同じ比較領域 102'' を比較することで検出する。

[0139] 一例として、制御部 61 は、第 i 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置 14 等に保存するときに、上述した正確な時刻情報や観測条件の各種データや気象情報のデータを外部装置から取得し、記憶装置 14 等に保存する。

[0140] 1 つの測量装置 20 が複数の観測対象 2 をモニタリングする場合、測量装置 20 は、第 i 時刻と第 $i + 1$ 時刻との間に、撮像部 27 を鉛直軸回り及び水平軸回り回転し、次の観測対象 2 の基準位置情報が示す位置を視準し撮像することになる。

[0141] 次に、特徴領域 102' の変位検出について説明する。

ステップ S 51 において、制御部 61 は、モニタリングにおいて撮像した

第 i 比較観測画像 101b から、ステップ S47 で設定した基準画像（特徴領域 102'）と同じ位置の画像を画像認識により抽出し、この画像を基準画像（特徴領域 102'）と比較するための比較画像 102'' とする（図 22 参照）。そして、制御部 61 は、順次、観測対象 2 が撮像され比較観測画像 101b が生成されると、基準画像（特徴領域 102'）と比較画像 102'' とを比較する。基準画像（特徴領域 102'）が変位していれば、比較画像 102'' は、基準画像（特徴領域 102'）と異なる画像となる。

[0142] ステップ S52 において、制御部 61 は、基準画像（特徴領域 102'）に対する比較画像 102'' の差が閾値以上であるかどうかを判断する。閾値は、基準画像（特徴領域 102'）と比較画像 102'' との変位が例えば風雨によって地表の土砂がわずかに変位してしまったような小さな変位までも変位として検出してしまうことを抑制する値に設定する。そして、制御部 61 は、基準画像（特徴領域 102'）に対する比較画像 102'' の差が閾値以上であり、基準画像と比較画像との間で変位を検出したとき、次の処理に進み、変位を検出なかったとき、処理を終了する。

[0143] また、図 22 に示すように、制御部 61 は、比較観測画像 101b における変位後の特徴領域 102' を画像認識によりターゲット 102 の輪郭を検出することによって抽出する。一例として、制御部 61 は、比較観測画像 101b における特徴領域 102' の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置 20 を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。そして、当該代表位置の変位後観測データを記憶装置 14 等に保存する。これにより、基準画像を構成する特徴領域 102' の位置と比較観測画像 101b における特徴領域 102' とを比較することができる。一例として、基準観測画像 101a 及び比較観測画像 101b の中の何れか 1 つの観測画像に、基準観測画像 101a から抽出した特徴領域 102' と比較観測画像 101b から抽出した特徴領域 102' とを表示することができる。また、基準位置情報と変位

後位置情報の差分を求めることにより、特徴領域 102' が何れの方にどれだけ変位したかを求めることができる。一例として、基準位置座標データと変位後位置座標データの差分を求めることにより、特徴領域 102' が何れの方にどれだけ変位したかを求めることができる。

[0144] この後、ステップ S 53 において、上述したように、制御部 61 は、中心に位置する観測対象 2 の観測対象周辺 2a の状態も把握するため、観測対象 2 より更に広範囲を撮像するように測量装置 20 を介して現在の観測対象 2 の周囲の観測対象周辺 2a を撮像する。

[0145] 変位を検出したときには、ステップ S 54 において、制御部 61 は、基準画像の再設定を行う。すなわち、制御部 61 は、比較観測画像 101b から抽出した特徴領域 102' の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置 20 を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。そして、撮像部 27 で観測画像 101 を撮像し、撮像により生成された画像データとともに当該代表位置の観測データを記憶装置 14 等に保存する。これが、変位検出後における新たな基準観測画像 101a となり、制御部 61 は、ステップ S 48 からのモニタリングの処理を繰り返す。すなわち、変位後の状態を基準観測画像 101a したモニタリングが行われる。これにより、さらに変位が発生し、最初の比較観測画像 101b から特徴領域 102' が外れてしまう、すなわち写らなくなってしまうことを防ぐことができる。

[0146] 一例として、変位を検出したときは、一例として以降のモニタリングを 5 分間隔から 3 分間隔や 1 分間隔に変更する。一例として、変位を所定期間以上検出しなかったときは、5 分間隔で観測していたところを、これより長くし、一例として 10 分間隔としてもよい。

[0147] ステップ S 55 において、制御部 61 は、変位があったことを作業者に知らせる文面の電子メールを生成し、電子メールプログラム 64b のアドレス帳に登録されている電子メールアドレスに対して電子メールを送信する。作業等者に知らせる手段としては、その他に、電光掲示板などで報知するよう

にしてもよいし、電子掲示板、SNS等の投稿を共有するサービスを用いて作業等者に知らせるようにしてもよい。

[0148] 〔第4モニタリング方法〕

第4モニタリング方法では、測量装置20が撮像する観測画像101に対して、地形モデルデータである正方メッシュデータ（図24参照）、Tinデータ（図25参照）を重畳表示する。

[0149] 第4モニタリング方法の処理手順について図23を参照して説明する。ステップS61において、地形モデルデータを生成する。ここでの地形モデルデータは、第1モニタリング方法～第3モニタリング方法と同様に、飛翔体11のカメラにより広域観測対象12を撮像して写真測量用の画像データを生成し、標定することで、地形モデルデータを作成する。また、3次元計測装置15で広域観測対象12を直接計測することで、地形モデルデータを作成する。勿論、これ以外の方法で作成された地形モデルデータであってもよい。

[0150] ステップS62において、一例として、写真撮影した航空写真や地形モデルデータを参照して、1つ又は複数の観測対象2を選定し座標上で位置を特定する。ステップS63において、観測対象2を撮像するため、測量装置20を設置する1つ又は複数の撮像位置3を選定する。ステップS64において、撮像位置3が選定されると、測量装置20は、撮像位置3にまで運搬され、撮像位置3に設置され、測量装置20は器械設置される。

[0151] ステップS65において、観測制御装置60は、測量装置20を用いて、観測対象2を撮像するとともに、レチクルが示す観測点を観測（測距及び測角）する。具体的に、ここでの観測では、観測対象2のレチクルが示す代表的な観測点の観測データ（測距データと測角データと観測位置情報（一例として観測座標データ））を算出する。そして、観測制御装置60は、測量装置20が算出したこれらのデータを記憶装置14等に保存する。

[0152] ステップS66において、観測制御装置60の制御部61は、記憶部64等に地形モデルデータが読み込まれる。なお、測量装置20の一時記憶部5

4や記憶部55に読み込まれてもよい。ここで読み込まれる地形モデルデータは、ステップS61で作成された地形モデルデータである。また、他で作成された地形モデルデータであってもよい。ステップS67において、制御部61は、記憶装置14からステップS25で観測した観測位置情報の示す位置に測量装置20を視準させ、図24及び図25に示すように、測量装置20が現在視準している観測対象2を撮像することで得られた観測画像101を表示部62に表示する。そして、制御部61は、観測制御装置60の表示部62に、測量装置20の撮像部27が撮像している観測画像101に対して正方メッシュデータ142又はTinデータ141を重畳表示する。

[0153] 図24は、測量装置20の撮像部27が撮像している観測画像101に対して正方メッシュデータ142を重畳している状態を示している。図25は、測量装置20の撮像部27が撮像している観測画像101に対してTinデータ141を重畳している状態を示している。図24及び図25において、岩が観測対象2においてターゲット102であり、観測画像101において特徴領域102'である。また、正方メッシュデータ142では、矩形の各格子の頂点が三次元の座標データを備えており、Tinデータ141では、三角形の各格子の頂点が三次元の座標データを備えている。

[0154] ステップS68において、マウス等の操作部63を用いて特徴領域102'を指定する。制御部61は、観測画像101の中から画像認識によりターゲット102の輪郭を検出することによって特徴領域102'を抽出する。ステップS69において、一例として、制御部61は、特徴領域102'の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置20を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。そして、図26及び図27に示すように、これを基準観測画像101aとし、撮像部27で撮像した基準観測画像101aの画像データとともに当該代表位置の基準観測データを記憶装置14等に保存する。これにより、特徴領域102'の重心が画角の中心に位置する基準観測画像101aとなる。そして、基準観測画像101aにおける特徴領域102

ゝを囲む1つ又は複数の格子領域143が基準画像となる。基準観測画像101aでは、特徴領域102ゝが画角の中央に位置することで、変位が発生し特徴領域102ゝが何れかの方向に変位したとしても、画角の中の何れかの位置に特徴領域102ゝが含まれるようにすることができる。

[0155] なお、図26は、正方メッシュデータ142の例において、特徴領域102ゝが画角の中心位置に位置している状態を示す。図27は、Tinデータ141の例において、特徴領域102ゝが画角の中心位置に位置している状態を示す。

[0156] なお、測量装置20が代表位置を観測することができないときには、地形モデルデータの座標データが用いられる。

一例として、制御部61は、基準観測画像101aの画像データ及び基準観測データを記憶装置14等に保存するときに、上述した正確な時刻情報や観測条件の各種データや気象情報のデータを外部装置から取得し、記憶装置14等に保存する。

[0157] ステップS70において、制御部61は、観測対象2のモニタリングを開始する。具体的に、制御部61は、最初の第1時刻に観測対象2を撮像できるように、 $i = 1$ を設定し、ステップS71において、第1時刻になると、基準位置情報の示す位置を視準して観測し、観測対象2を撮像し、第1比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置14等に保存する。ステップS72において、制御部61は、「 i 」に「1」を加算し、ステップS71からの処理を繰り返す。すなわち、第4モニタリング方法では、特徴領域102ゝをモニタリングし、基準観測画像101aの特徴領域102ゝの変位を、格子領域143との比較において検出する。

[0158] 一例として、制御部61は、第 i 比較観測画像の画像データ及び比較観測データを記憶装置14等に保存するときに、上述した正確な時刻情報や観測条件の各種データや気象情報のデータを外部装置から取得し、記憶装置14等に保存する。

[0159] 1つの測量装置20が複数の観測対象2をモニタリングする場合、測量装

置 20 は、第 i 時刻と第 $i + 1$ 時刻との間に、撮像部 27 を鉛直軸回り及び水平軸回り回転し、次の観測対象 2 の基準位置情報が示す位置を視準し撮像することになる。

[0160] 次に、特徴領域 102' の変位検出について説明する。制御部 61 は、モニタリングにおいて撮像した第 i 比較観測画像から、ステップ S69 で設定した格子領域 143 と同じ位置の格子領域 143 の画像を画像認識により抽出し、この画像を基準画像と比較するための比較画像とする。そして、ステップ S73 において、制御部 61 は、順次、観測対象 2 が撮像され比較観測画像 101b が生成されると、基準画像と比較画像とを比較する。ステップ S74 において、制御部 61 は、基準画像に対する比較画像の差が閾値以上であるかどうかを判断する。そして、制御部 61 は、基準画像に対する比較画像の差が閾値以上であり、基準画像と比較画像との間で変位を検出したとき、次の処理に進み、変位を検出しなかったとき、処理を終了する。

[0161] なお、図 28 は、正方メッシュデータ 142 の例において、特徴領域 102' が画角の中心位置から変位した状態を示す。図 29 は、Tin データ 141 の例において、特徴領域 102' が画角の中心位置から変位した状態を示す。

[0162] 正方メッシュデータ 142 や Tin データ 141 を表示部 62 に重畳表示しているときには、第 i 比較観測画像において、特徴領域 102' が変位しているかどうかを、基準画像となる格子領域 143 に対して特徴領域 102' がどの程度ずれているか、基準とした格子を構成する辺又は格子点からの距離等を目安に変位しているかを確認することもできる。

[0163] また、制御部 61 は、比較観測画像 101b における特徴領域 102' を抽出する。制御部 61 は、特徴領域 102' の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置 20 を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。そして、当該代表位置の変位後観測データを記憶装置 14 等に保存する。これにより、基準画像を構成する特徴領域 102' の位置と比較観測画像 101b に

おける特徴領域 102' とを比較することができる。一例として、基準観測画像 101a 及び比較観測画像 101b の中の何れか 1 つの観測画像に、基準観測画像 101a から抽出した特徴領域 102' と比較観測画像 101b から抽出した特徴領域 102' とを表示することができる。また、基準位置情報と変位後位置情報の差分を求めることにより、特徴領域 102' が何れの方向にどれだけ変位したかを把握することができる。一例として、基準位置座標データと変位後位置座標データの差分を求めることにより、特徴領域 102' が何れの方向にどれだけ変位したかを求めることができる。

[0164] この後、ステップ S75 において、上述したように、制御部 61 は、中心に位置する観測対象 2 の観測対象周辺 2a の状態も把握するため、観測対象 2 より更に広範囲を撮像するように測量装置 20 を介して現在の観測対象 2 の周囲の観測対象周辺 2a を撮像する。

[0165] ステップ S76 において、制御部 61 は、基準画像の再設定を行う（ステップ S34 参照）。すなわち、制御部 61 は、比較観測画像 101b から抽出した特徴領域 102' の重心位置を算出し、この重心位置を代表位置とし、測量装置 20 を介して当該代表位置が画角の中心位置となるように視準し直し当該代表位置を観測（測距及び測角）する。そして、撮像部 27 で撮像した観測画像 101 の画像データとともに当該代表位置の観測データを記憶装置 14 等に保存する。これが、変位検出後における新たな基準観測画像 101a となり、制御部 61 は、ステップ S70 からのモニタリングの処理を繰り返す。すなわち、変位後の状態を基準観測画像 101a したモニタリングが行われる。これにより、さらに変位が発生し、最初の比較観測画像 101b から特徴領域 102' が外れてしまう、すなわち写らなくなってしまうことを防ぐことができる。

[0166] 一例として、変位を検出したときは、一例として以降のモニタリングを 5 分間隔から 3 分間隔や 1 分間隔に変更する。一例として、変位を所定期間以上検出しなかったときは、5 分間隔で観測していたところを、これより長くし、一例として 10 分間隔としてもよい。

[0167] ステップS 7 7において、制御部6 1は、変位があったことを作業者に知らせる文面の電子メールを生成し、電子メールプログラム6 4 bのアドレス帳に登録されている電子メールアドレスに対して電子メールを送信するようにしてもよい。作業者等に知らせる手段としては、その他に、電光掲示板などで報知するようにしてもよいし、電子掲示板、SNS等の投稿を共有するサービスを用いて作業者等に知らせるようにしてもよい。

[0168] 〔特徴領域の変位表示〕

上述した第1モニタリング方法から第4モニタリング方法によれば、観測制御装置6 0の制御部6 1は、何れも、基準観測画像1 0 1 aの基準観測データや比較観測画像1 0 1 bの比較観測データや特徴領域の変位後観測データを記憶装置1 4等に保存している。したがって、制御部6 1は、基準観測画像1 0 1 aの示す特徴領域の位置と比較観測画像1 0 1 bの特徴領域の位置を把握している。図3 0に示すように、そこで、制御部6 1は、一例として、特徴領域1 3 1の変位を検出したとき、変位前である基準観測画像1 0 1 aの特徴領域1 3 1'を、変位後の比較観測画像1 0 1 bに重畳して表示する。なお、変位後である比較観測画像1 0 1 bの特徴領域1 3 1を、変位前の基準観測画像1 0 1 aに重畳して表示してもよい。これにより、1つの観測画像に、変位前の特徴領域1 3 1'と変位後の特徴領域1 3 1が表示されることになる。すなわち、第1時刻と前記第2時刻の間でターゲット1 0 2が変位した場合、第1時刻を示すオブジェクトと第1時刻におけるターゲット1 0 2の位置を示すオブジェクトとを関連付け、第2時刻を示すオブジェクトと第2時刻におけるターゲット1 0 2の位置を示すオブジェクトとを関連付けて表示部6 2に表示する。これにより、観察者は、2つの時刻の間に、特徴領域1 3 1が何れの方向にどれだけ変位したのかを視覚的に把握することができる。なお、一例として、各特徴領域1 3 1, 1 3 1'の近傍には撮像時刻を示す時刻オブジェクト1 3 2を表示するようにしてもよい。また、変位方向を示す矢印で構成した変位方向オブジェクト1 3 3を表示するようにしてもよい。また、この変位方向オブジェクト1 3 3は、矢印の大き

さを異ならせることで、変位速度を表現することもできる。一例として、変位速度が速くなるほど矢印を大きく表示する。また、観測条件や気象情報を表示するオブジェクトを重畳して表示するようにしてもよい。なお、特徴領域 131 が何れの方向にどれだけ変位したのかを視覚的に把握することができれば、特徴領域 131 ではなく、他のオブジェクトを表示するようにしてもよい。

[0169] 図 31 に示すように、モニタリングのときではなく、事後的に、例えば変位の検証の際に、特徴領域 136 の変位を確認できるようにしてもよい。一例として、観測制御装置 60 では、特定の観測対象 2 を検索し、当該観測対象 2 における複数の時刻の画像を抽出する。検索結果画面では、基準画像が表示されることによって、視覚的に検索結果を確認することができる。そして、複数の時刻に撮像した基準観測画像 101a や比較観測画像 101b における特徴領域 131 の観測データに基づいて、1つの観測画像 101 上に、各時刻における特徴領域 136 を表示して、変位の履歴を視認できるようにしてもよい。図 31 の例では、3つの時刻における特徴領域 136 の変位履歴を表示している。これにより、最初の時刻と最終の時刻との間において、特徴領域 136 が何れの方向にどれだけ変位したのかを視覚的に把握することができる。なお、一例として、各特徴領域 136 の近傍には撮像時刻を示す時刻オブジェクト 132 を表示するようにしてもよい。また、変位方向を示す矢印で構成した変位方向オブジェクト 133 を表示するようにしてもよい。また、この変位方向オブジェクト 133 は、矢印の大きさを異ならせることで、変位速度を表現することもできる。一例として、変位速度が速くなるほど矢印を大きく表示する。また、観測条件や気象情報を表示するオブジェクトを重畳して表示するようにしてもよい。なお、特徴領域 131 が何れの方向にどれだけ変位したのかを視覚的に把握することができれば、特徴領域 131 ではなく、他のオブジェクトを表示するようにしてもよい。

[0170] なお、1つの観測画像上に表示される特徴領域 136 の数は、3つに限定されるものではなく、4つ以上であってもよい。

〔GNSS受信装置での変位検出〕

図1に示すように、観測対象2以外の場所には、GNSS受信装置16が設置されている。図32に示すように、ステップS81において、観測制御装置60の制御部61は、通信部65でGNSS受信装置16からネットワーク17を介して当該GNSS受信装置16の位置情報を受信し、記憶装置14等に保存する。ステップS82において、制御部61は、各GNSS受信装置16の位置情報について、先の時刻の位置情報に対して現在の時刻の位置情報が変化しているかを判断する。ステップS83において、制御部61は、位置情報の変化を検出したとき、測量装置20によるモニタリングの撮像間隔を短くする処理を行う。また、位置情報の変化を検出しなかったとき、制御部61は、例えば撮像時間間隔を変えることなく通常のモニタリングを続ける。

[0171] 一例として、GNSS受信装置16の位置情報の変化を検出するまでは、5分間隔（第1間隔）で観測対象2を撮像していたものを、位置情報の変化を検出したとき、観測対象2を撮像する間隔を3分や1分間隔（第2間隔）に変更する処理を行う。このように、観測対象2とは別の位置に設置されているGNSS受信装置16の位置情報が変化したときは、観測対象2で変位が発生する予兆と捉えることができる。そこで、制御部61は、GNSS受信装置16の位置情報の変化を検出したとき、モニタリングにおける観測対象2の撮像間隔を第1間隔から第2間隔に短くして、よりきめ細かに特徴領域の変化を検出できるようにしている。

[0172] 一例として、複数の観測対象2を観測している場合において、特定の観測対象2で変位を検出したとき、測量装置20は、変位を検出した観測対象2を他の変位を観測しなかった観測対象2より優先して観測する。一例として、変位を検出しなかった観測対象2より変位を検出した観測対象2を短い周期で観測する。一例として、複数の観測対象2で変位が検出された場合、測量装置20は、検出された変位量が大きい観測対象2から順に撮像間隔を短くして観測する。一例として、観測対象となっている広域観測対象12に設

置されているGNSS受信装置16の位置が変わった場合、変位が検出されたGNSS受信装置16に近い観測対象2から順に撮像間隔を短くして観測する。一例として、複数の観測対象2において変位量が異なっている場合において、変位量の大きい観測対象2ほど撮像間隔を短くする。

[0173] 以上のような観測制御装置60によれば、以下に列挙する効果が得られる。

(1) 基準観測画像101aの特徴領域と、基準観測画像の特徴領域に対応した比較観測画像101bの比較画像とを比較し、基準観測画像101aの特徴領域に対する比較画像の変位を検出することができる。これにより、特徴領域の変位を迅速かつ正確に検出することができる。

[0174] (2) 第1モニタリング方法によれば、観測画像の中から特徴的部分を閉領域で指定することで、実際に観測対象2に赴くことなく特徴領域を選定することができる。

(3) 第2モニタリング方法によれば、飛翔体11によって観測用塗料111aを観測対象2に塗布することで、実際に観測対象に赴くことなく特徴領域を設けることができる。

[0175] (4) 第3モニタリング方法によれば、飛翔体11によって観測用ターゲット111bを観測対象2に設置することで、実際に観測対象2に赴くことなく特徴領域を設けることができる。

[0176] (5) 第4モニタリング方法によれば、観測対象の表示に対して地形モデルデータが表示されることで、地形モデルデータに対する変位を視覚的に確認することができる。また、代表位置を測量装置20で観測できないときは、地形モデルデータの座標データで代表位置を特定することができる。

[0177] (6) 飛行している飛翔体11のカメラにより広域観測対象12を撮像して写真測量用の画像データを生成し、標定することで、地形モデルデータを作成することができる。地形モデルデータをグローバル座標、ローカル座標等の座標系に合わせることで、観測対象2や撮像位置3を座標系で特定することができる。そして、飛翔体11を観測対象2や撮像位置3の座標データ

に従って誘導することができる。そして、この座標データで特定される観測対象２まで飛翔体１１を誘導することで観測用塗料１１１aや観測用ターゲット１１１bによって特徴領域１０２'を設けることができる。

[0178] (７) 観測対象２は、広域観測対象１２の中において複数箇所に設定することができる。したがって、広域観測対象１２の中で複数の箇所の変位を観測することができる。

(８) 複数の時刻において、観測対象２を撮像することができる。各時刻における比較観測画像１０１bについて基準観測画像１０１aと比較することができる。

[0179] (９) 撮像装置として測量装置２０を使用することで、撮像位置の正確な観測を行うことができる。また、３次元計測装置１５等を用いる時よりも迅速に変位を見つけだすことができる。

[0180] (１０) １つの観測画像に複数の時刻における特徴領域を重畳して表示することができる。特徴領域の変位の経過を視覚的に容易に把握することができる。あわせて、時刻オブジェクト１３２や変位方向オブジェクト１３３を表示することで、特徴領域の変位を一層見やすくすることができる。

[0181] (１１) G N S S 受信装置１６を使用して広域観測対象１２の変位を観測することができる。そして、G N S S 受信装置１６で検出した変位を、観測対象２で発生する変位の予兆と捉えることで、モニタリングの撮像間隔を短くすることができ、これにより、変位が発生した際に、変位をしている最中の様子をきめ細かく観測することができる。

[0182] (１２) 変位を検出したことを出力して作業者に知らせることができる。

(１３) 外部装置から時刻情報を取得することで、撮像時刻をより正確なものとすることができる。

[0183] (１４) 外部装置から観測条件を取得することで、撮像時の観測条件を把握することができる。そして、変位が発生したときには、変位と観測条件との関係を把握することができる。

[0184] (１５) 外部装置から気象情報を取得することで、撮像時の気象情報を把

握することができる。そして、変位が発生したときには、変位の発生原因と天候との関係性を探ることもできる。

[0185] なお、上記観測システム 1 は、以下のように変更してもよい。

・観測制御装置 60 は、気象情報を観測対象 2 を撮像するたびに取得するようにしなくてもよい。例えば、1 日に 1 回、1 日に 2 回など 1 日の内で定時に気象情報を取得するようにしてもよい。また、観測制御装置 60 は、他から気象情報を取得できるのであれば、気象サーバ 18 と接続されていなくてもよい。

[0186] ・観測制御装置 60 は、観測条件のデータを観測対象 2 を撮像するたびに取得するようにしなくてもよい。例えば、他から取得可能であれば、観測小屋 4 に温度計測装置 6 や湿度計測装置 7 や気圧計測装置 8 を設置しなくてもよい。

[0187] ・時刻は、GNSS や NTP サーバから取得せず、測量装置 20 や観測制御装置 60 の内蔵時計から取得するようにしてもよい。

・変位を検出したとき関係者に出力、すなわち報知する方法は、電子メールに限定されるものではない。例えば、緊急速報等を、テレビジョン放送やラジオ放送で放送してもよい。また、大きな変位を検出するものでないとき等には、関係者に警告をする手段を割愛してもよい。

[0188] ・測量装置 20 を多数台設置し、多くの観測対象 2 を観測するときには、GNSS を利用して変位を検出することを割愛してもよい。

・時刻オブジェクト 132 や変位方向オブジェクト 133 は、表示画面が小さいときなどは、見にくくなることを抑制するため、表示を割愛してもよい。

[0189] ・基準観測画像 101a と比較する比較観測画像 101b は、少なくとも 1 つあればよい。

・観測対象 2 は、狭い場所を観測するのであれば 1 か所であってもよい。

[0190] ・観測制御装置 60 は、上述した第 1 モニタリング方法～第 4 モニタリング方法の機能を全て備えていなくてもよい。例えば、地形モデルデータを重

ねて表示する機能を割愛してもよい。また、観測用ターゲット 1 1 1 b や観測用塗料 1 1 1 a を用いて観測する機能を割愛してもよい。さらに、基準観測画像 1 0 1 a において閉領域を指定する機能を割愛してもよい。

[0191] ・第 4 モニタリング方法で観測画像に重畳される正方メッシュデータや T i n データは、第 1 モニタリング方法～第 3 モニタリング方法の観測画像に重畳させるようにしてもよい。これにより、目視によっても特徴領域の変位を確認しやすくなる。

[0192] ・モニタリングでプログラムされた時刻以外のタイミングで観測対象 2 を撮像するようにしてもよい。この場合にも、測量装置 2 0 の観測動作は、観測制御装置 6 0 によって遠隔操作される。また、観測対象 2 の観測は、実際に、作業者が撮像位置 3 に赴いて行ってもよい。

[0193] ・観測用塗料 1 1 1 a や観測用ターゲット 1 1 1 b は、飛翔体 1 1 を用いて設けるのではなく、地上を走行する走行ロボットによって設置するようにしてもよい。この場合にも、飛翔体 1 1 を用いたときと同様な効果を得ることができる。勿論、実際に作業者が赴いて設置してもよい。

[0194] ・撮像装置としては、一眼レフカメラ、コンパクトカメラ等のデジタルカメラであってもよい。また、撮像装置としては、測量装置 2 0 に代えて、又は、測量装置 2 0 の撮像部が赤外線カメラやサーモカメラであってもよい。赤外線カメラの場合、霧や雨でも撮影ができる。サーモカメラの場合、浸透・土砂への蓄水具合から崩落の危険の高い状況を予測することができる。また、撮像装置が撮像する画像は、カラー画像であってもよいし、白黒画像であってもよい。

[0195] ・変位を検出するにあたっては、基準観測画像の特徴領域が比較観測画像において変位しているか検出できればよいので、比較観測画像において特徴領域の比較観測データを取得しなくてもよいし、比較観測画像において特徴領域を画像認識により抽出しなくてもよい。

[0196] ・モニタリングにおいて、第 1 時刻において撮像した観測画像を基準観測画像とし、第 1 時刻に次ぐ第 2 時刻において撮像した観測画像を比較観測画

像としてもよい。すなわち、モニタリング開始前に撮像した観測画像を基準観測画像としなくてもよい。モニタリングにおいて、1つ前に撮像した観測画像を基準観測画像とすることで、常に1つ前に撮像した観測画像との比較をすることができる。

[0197] ・ 測量装置20は、観測制御装置60によって電源制御が行われるようにしてもよい。一例として、モニタリングにおいて、撮像時刻以外は、最低限の回路だけを動作状態としたスタンバイモード等省電力モードとすることで、消費電力を少なくすることができる。また、夜間は、電源を省電力モードとしてもよい。このように、電源管理することは、電源装置10に二次電池等を使用している場合に有効である。

[0198] ・ 特徴領域の観測は、特徴領域を視準して観測しなくてもよい。例えば、撮像範囲のレチクルの中心が示す観測点の角度を算出し、撮像した観測画像の画素のグローバル座標等の座標値を、観測中心の観測点Oからの角度を変換することにより算出する。これにより、画像認識により抽出した特徴領域を視準し直すことなく、画像認識により抽出した特徴領域の基準位置情報や変位後位置情報を算出することができる。

[0199] ・ 観測対象としては、ダムやトンネルの壁面等の構造物の変位を検出するものであってもよいし、地すべりだけでなく、地盤沈下などの地形変位であってもよい。

符号の説明

[0200] O1…鉛直軸、O2…水平軸、O3…視準軸、1…観測システム、2…観測対象、2a…観測対象周辺、2b…周辺撮像領域、3…撮像位置、4…観測小屋、5…通信装置、6…温度計測装置、7…湿度計測装置、8…気圧計測装置、9…作業小屋、10…電源装置、11…飛翔体、11a…カメラ、11b…保持部、12…広域観測対象、14…記憶装置、15…3次元計測装置、16…GNSS受信装置、17…ネットワーク、18…気象サーバ、20…測量装置、22…整準部、23…底板、24…上板、25…整準ねじ、26…本体部、27…撮像部、28…第1対物レンズ、29…第2対物レン

ズ、30…第3対物レンズ、31…第1撮像部、31a…オートフォーカス部、32…第2撮像部、33…測距部、34…第3撮像部、35…水平角駆動部、36…送光部、37…鉛直角駆動部、38…第1表示部、39…第2表示部、40…通信部、41…水平角操作部用エンコーダ、42…鉛直角操作部用エンコーダ、43…水平角操作部、44…鉛直角操作部、45…把持部、51…水平角測角部、52…鉛直角測角部、53…画像処理部、54…一時記憶部、55…記憶部、56…操作部、57…制御部、60…観測制御装置、61…制御部、61a…CPU、61b…ROM、61c…RAM、62…表示部、63…操作部、64…記憶部、64a…観測プログラム、64b…電子メールプログラム、65…通信部、101…観測画像、101a…基準観測画像、101b…比較観測画像、102…ターゲット、102'…特徴領域、103…指定領域、103'…比較指定領域、111…保持体、111a…観測用塗料、111b…観測用プリズム、112…ターゲット部、113…脚部、121…特徴領域、131…特徴領域、132…時刻オブジェクト、133…変位方向オブジェクト、141…Tinデータ、142…正方メッシュデータ。

請求の範囲

- [請求項1] 地形の位置情報を含む地形モデルデータを用いてターゲットを用意し、
- 第1時刻において、測量装置の撮像部により前記ターゲットを撮像して第1画像データを生成し、
- 第1時刻より後の第2時刻において、前記測量装置の前記撮像部により前記ターゲットを撮像して第2画像データを生成し、
- 前記第1画像データに基づく第1画像と前記第2画像データに基づく第2画像とを用いて、前記ターゲットの変位を検出する
- モニタリング方法。
- [請求項2] 前記地形モデルデータを用いて、前記ターゲットを用意すべきターゲット位置を選択し、
- 前記ターゲットを保持した飛翔体を飛行させ、前記飛翔体を用いて前記ターゲット位置に前記ターゲットを用意する
- 請求項1に記載のモニタリング方法。
- [請求項3] 前記ターゲットは塗料であり、
- 前記塗料を保持した前記飛翔体を飛行させ、前記ターゲット位置に前記塗料を塗布する
- 請求項2に記載のモニタリング方法。
- [請求項4] 前記飛翔体の撮像部で撮像した画像データを用いて、前記ターゲット位置に前記ターゲットを用意できたか否かを判断する
- 請求項2又は請求項3に記載のモニタリング方法。
- [請求項5] 前記測量装置の前記撮像部で撮像した画像データを用いて、前記ターゲット位置に前記ターゲットを用意できたか否かを判断する
- 請求項2から請求項4のいずれか一項に記載のモニタリング方法。
- [請求項6] 前記ターゲット位置に前記ターゲットを用意できていないと判断した場合、前記飛翔体を用いて前記ターゲット位置に前記ターゲットを用意するよう再試行する

請求項4又は請求項5に記載のモニタリング方法。

[請求項7] 前記第1時刻と前記第2時刻の間で前記ターゲットが変位した場合、前記第1時刻における前記ターゲットの位置を示すオブジェクトと、前記第2時刻における前記ターゲットの位置を示すオブジェクトとを表示部に表示する

請求項1から請求項6のいずれか一項に記載のモニタリング方法。

[請求項8] 前記第1時刻と前記第2時刻の間で前記ターゲットが変位した場合、前記第1時刻を示すオブジェクトと前記第1時刻における前記ターゲットの位置を示すオブジェクトとを関連付けて前記表示部に表示し、前記第2時刻を示すオブジェクトと前記第2時刻における前記ターゲットの位置を示すオブジェクトとを関連付けて前記表示部に表示する

請求項7に記載のモニタリング方法。

[請求項9] 前記第1時刻と前記第2時刻の間で前記ターゲットが変位した場合、前記第1時刻における前記ターゲットの位置から前記第2時刻における前記ターゲットの位置へ変位した方向を示すオブジェクトを前記表示部に表示する

請求項7又は請求項8に記載のモニタリング方法。

[請求項10] 前記測量装置の前記撮像部により前記ターゲットを撮像して生成した前記第1画像データに基づく前記第1画像と、前記地形モデルデータに基づく画像とを重ねて前記表示部に表示する

請求項7から請求項9のいずれか一項に記載のモニタリング方法。

[請求項11] 前記第1時刻と前記第2時刻の間で前記ターゲットが変位した場合、前記第2時刻より後であって、前記第1時刻と前記第2時刻の間隔より短い間隔を空けた第3時刻において、前記測量装置の前記撮像部により前記ターゲットを撮像して第3画像データを生成し、

前記第2画像データに基づく第2画像と前記第3画像データに基づく第3画像とを用いて、前記ターゲットの変位を検出する

請求項 1 から請求項 1 0 のいずれか一項に記載のモニタリング方法

。

[請求項12]

前記地形に G N S S 受信装置を用意し、

前記 G N S S 受信装置が変位した場合、前記第 2 時刻より後であって、前記第 1 時刻と前記第 2 時刻の間隔より短い間隔を空けた第 3 時刻において、前記測量装置の前記撮像部により前記ターゲットを撮像して第 3 画像データを生成し、

前記第 2 画像データに基づく第 2 画像と前記第 3 画像データに基づく第 3 画像とを用いて、前記ターゲットの変位を検出する

請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか一項に記載のモニタリング方法

。

[請求項13]

飛翔体を飛行させ、前記飛翔体の撮像部により前記地形を撮像することで生成した写真測量用の画像データを標定して前記地形モデルデータを作成する

請求項 1 から請求項 1 2 のいずれか一項に記載のモニタリング方法

。

[請求項14]

3 次元計測装置により地形を計測することで前記地形モデルデータを作成する

請求項 1 から請求項 1 2 のいずれか一項に記載のモニタリング方法

。

[請求項15]

制御装置と飛翔体と測量装置を備えるモニタリングシステムであって、

前記制御装置は、

地形の位置情報を含む地形モデルデータに基づいて、作業者により選択されたターゲット位置を設定する設定部と、

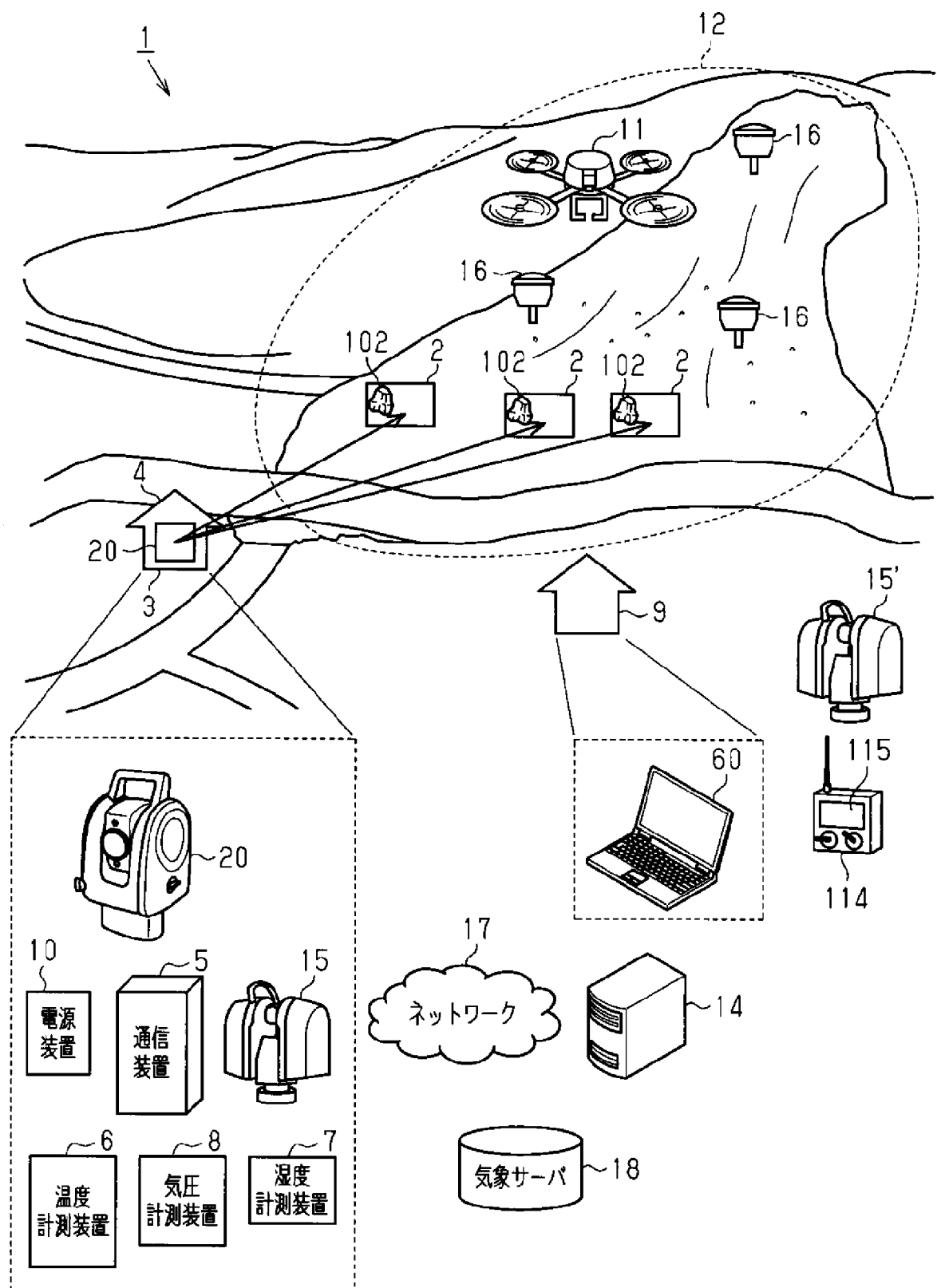
前記設定部により設定された前記ターゲット位置へ前記ターゲットを用意するよう前記飛翔体に指示する制御部とを備え、

前記飛翔体は、

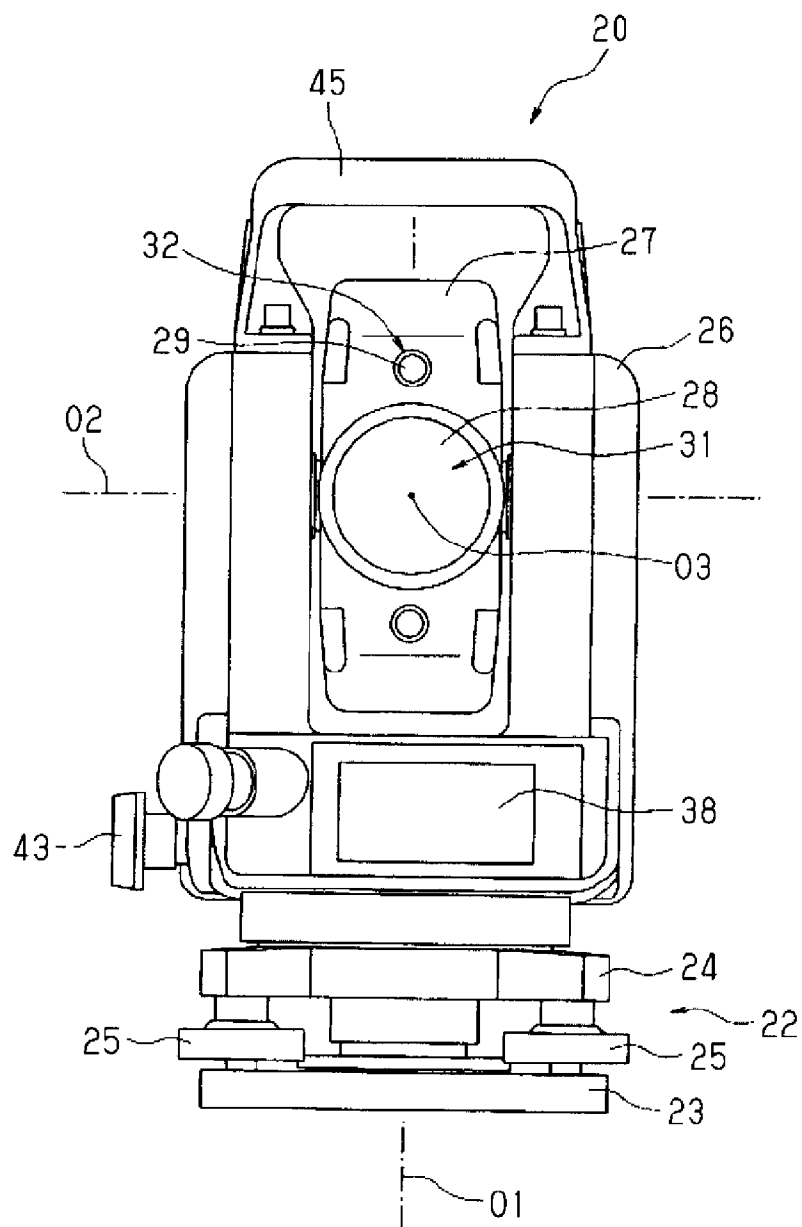
前記ターゲットを保持する保持部と、
前記保持部により保持した前記ターゲットを前記制御装置の前記制御部から指示された前記ターゲット位置へ用意する制御部とを備え、
前記測量装置は、
前記ターゲットを撮像して画像データを生成する撮像部と、
前記撮像部に、第1時刻において、前記ターゲット位置に用意された前記ターゲットを撮像して第1画像データを生成させ、前記第1時刻より後の第2時刻において、前記ターゲットを撮像して第2画像データを生成させるとともに、前記第1画像データ及び前記第2画像データを前記制御装置へ送信する制御部とを備え、
前記制御装置は、
前記測量装置から送信された前記第1画像データ及び前記第2画像データを用いて、前記第1時刻と前記第2時刻の間における前記ターゲットの変位を検出する
モニタリングシステム。

[請求項16] 地形の位置情報を含む地形モデルデータを用いてターゲットを用意するステップと、
第1時刻において、測量装置の撮像部により前記ターゲットを撮像して第1画像データを生成するステップと、
第1時刻より後の第2時刻において、前記測量装置の前記撮像部により前記ターゲットを撮像して第2画像データを生成するステップと、
、
前記第1画像データに基づく第1画像と前記第2画像データに基づく第2画像とを用いて、前記ターゲットの変位を検出するステップとをコンピュータに実行させるプログラム。

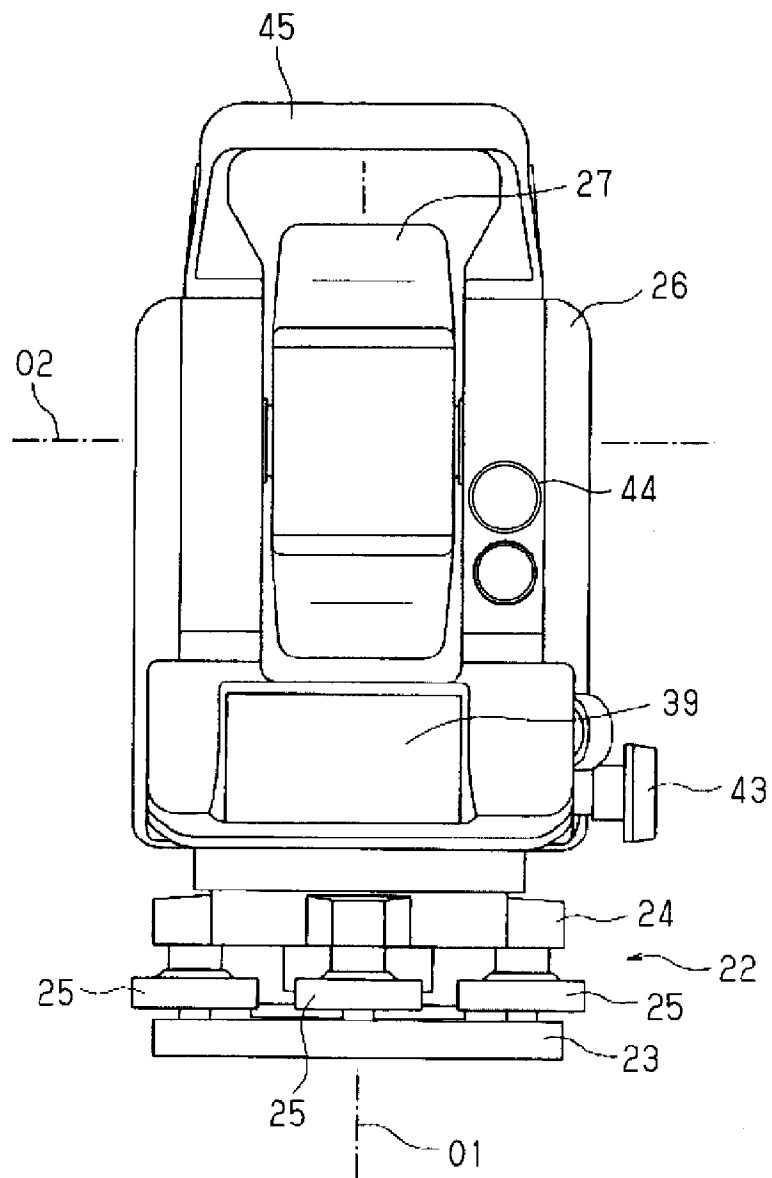
[図1]



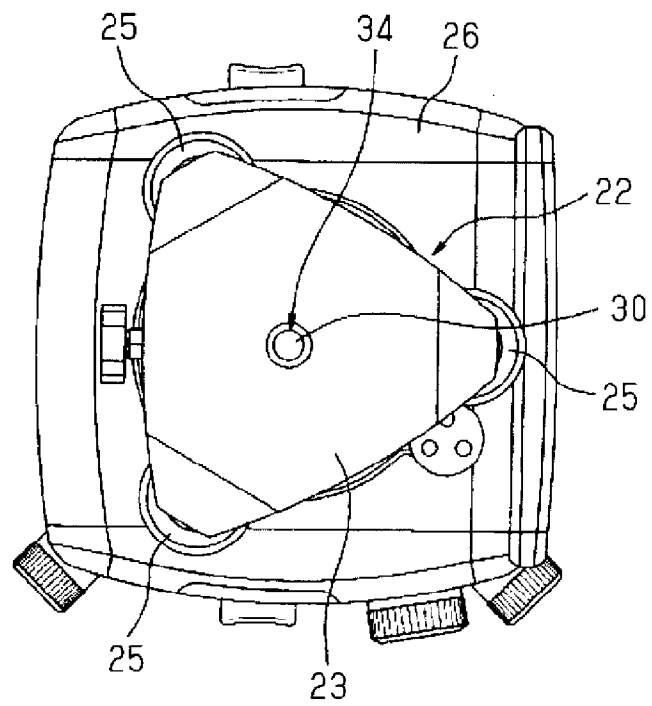
[図2]



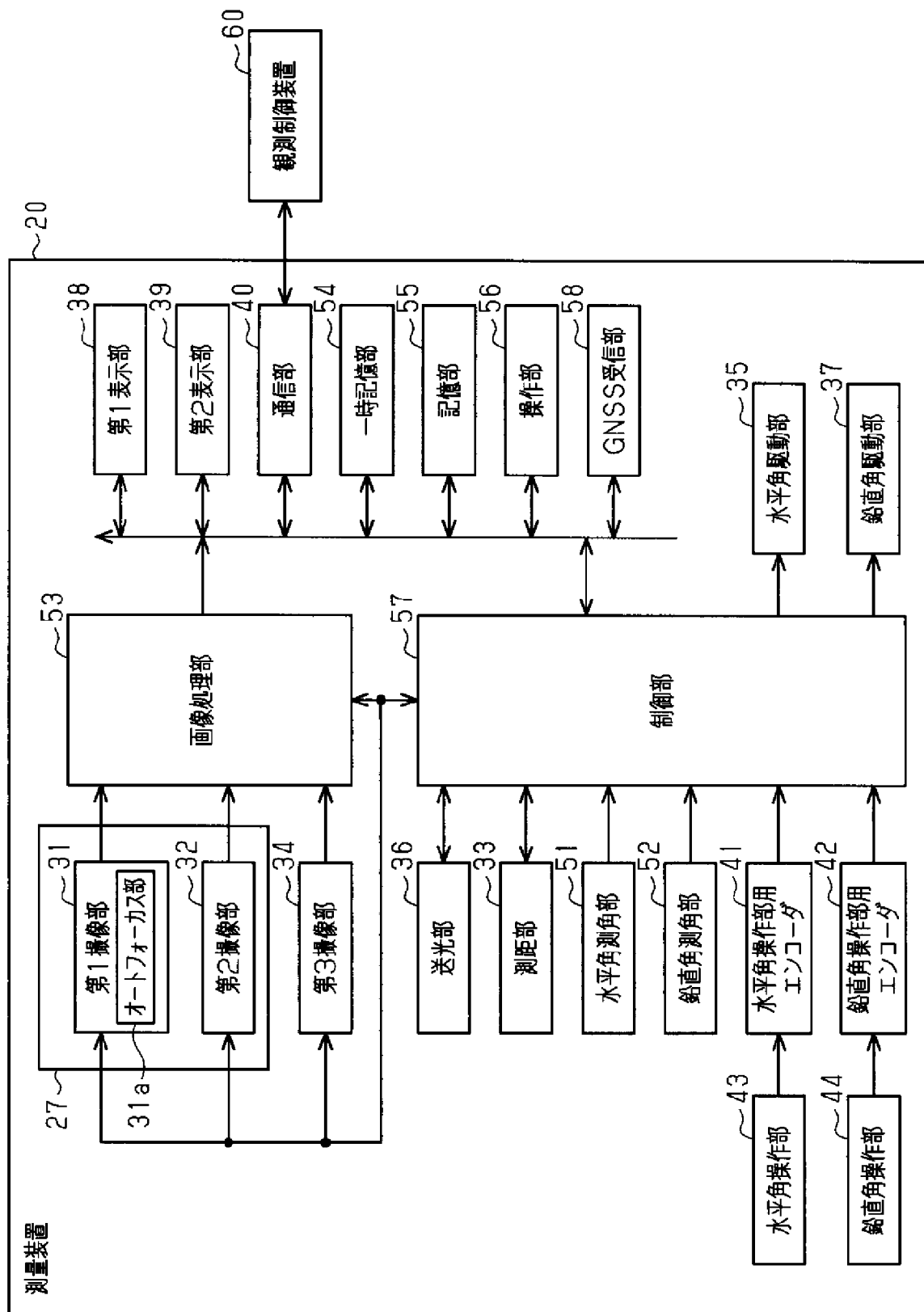
[図3]



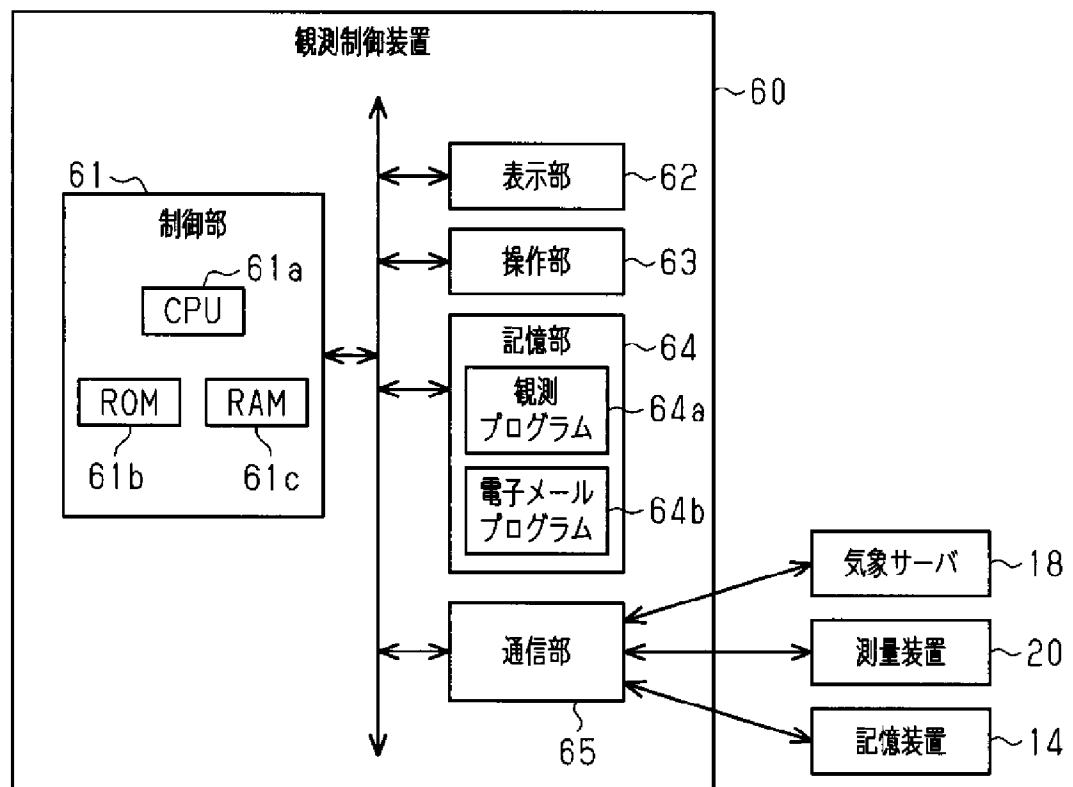
[図4]



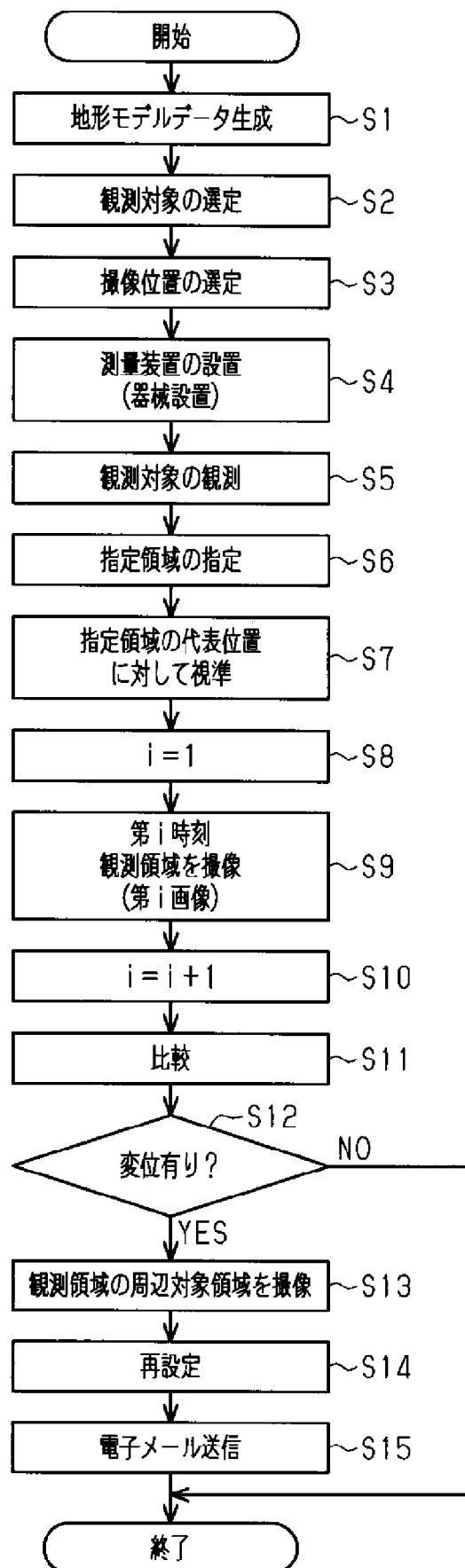
[図5]



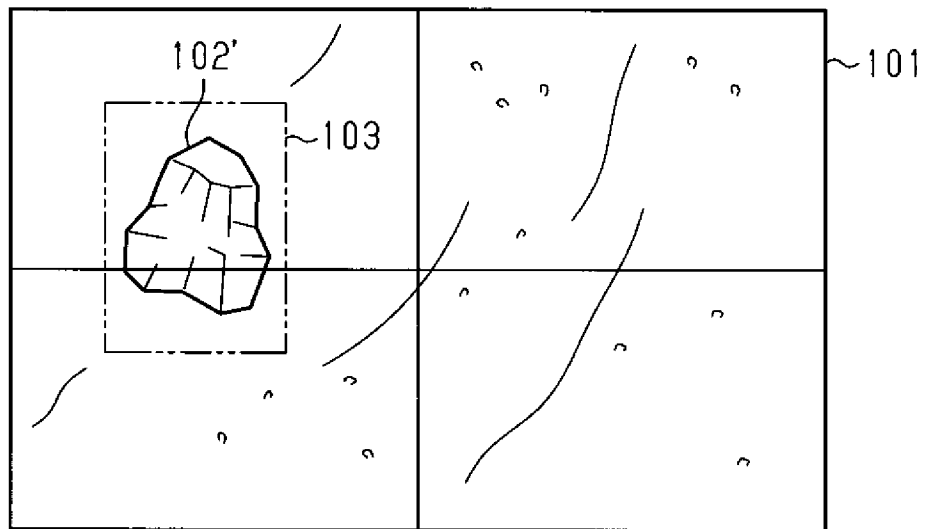
[図6]



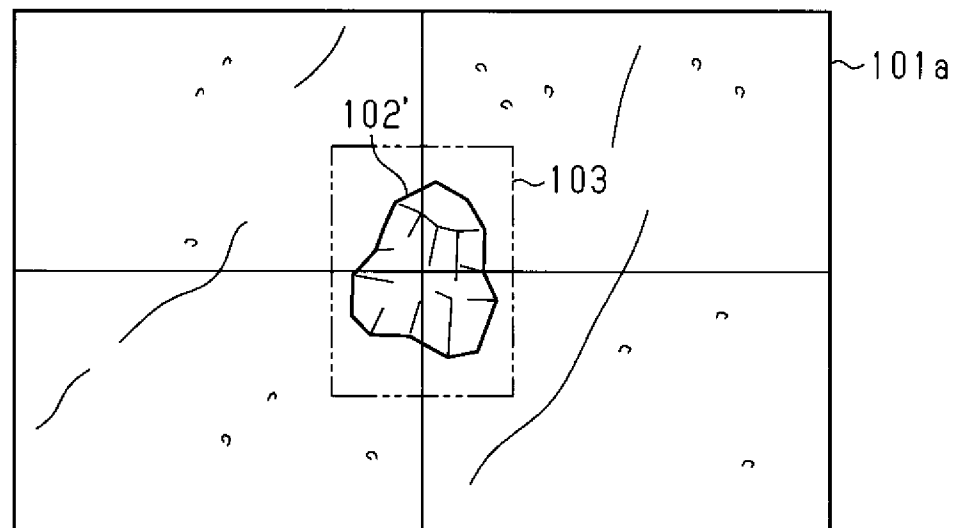
[図7]



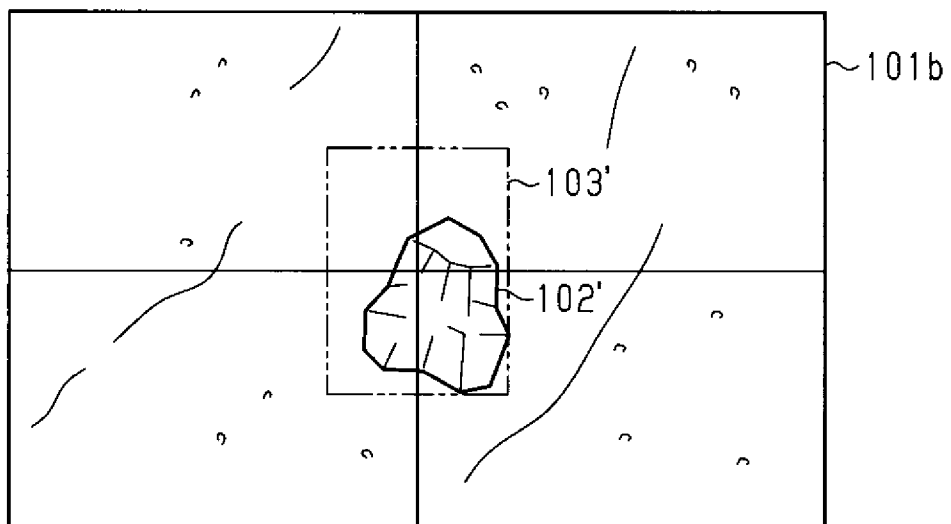
[図8]



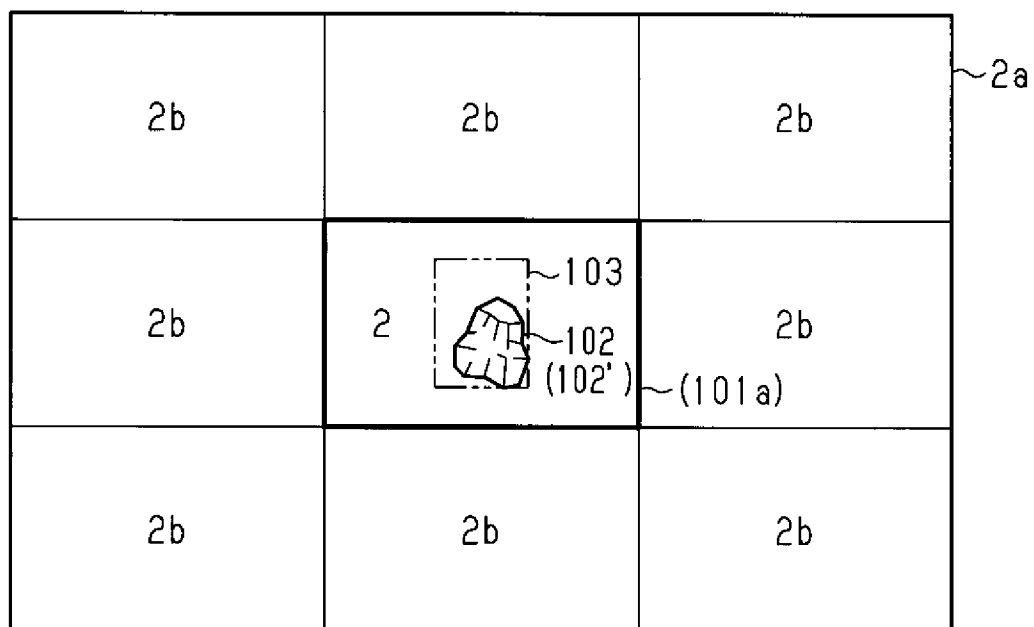
[図9]



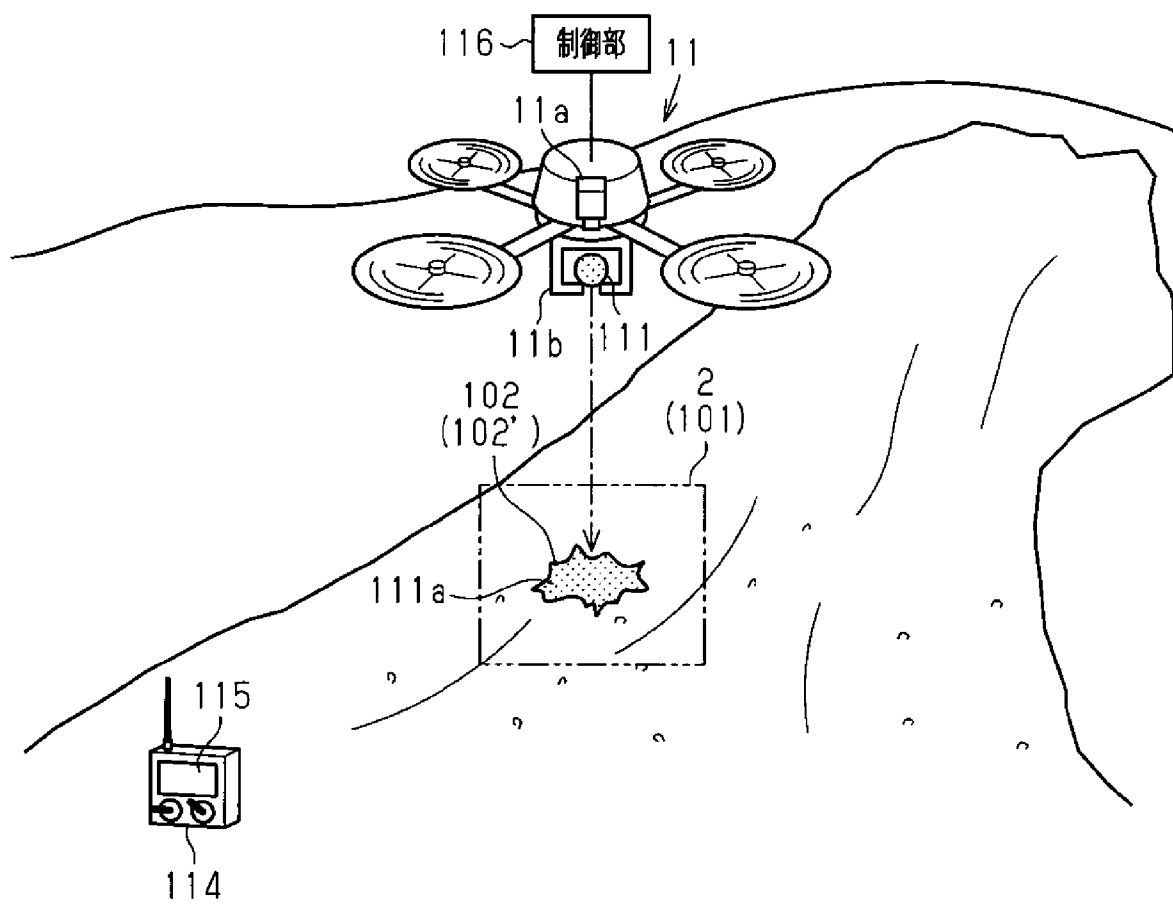
[図10]



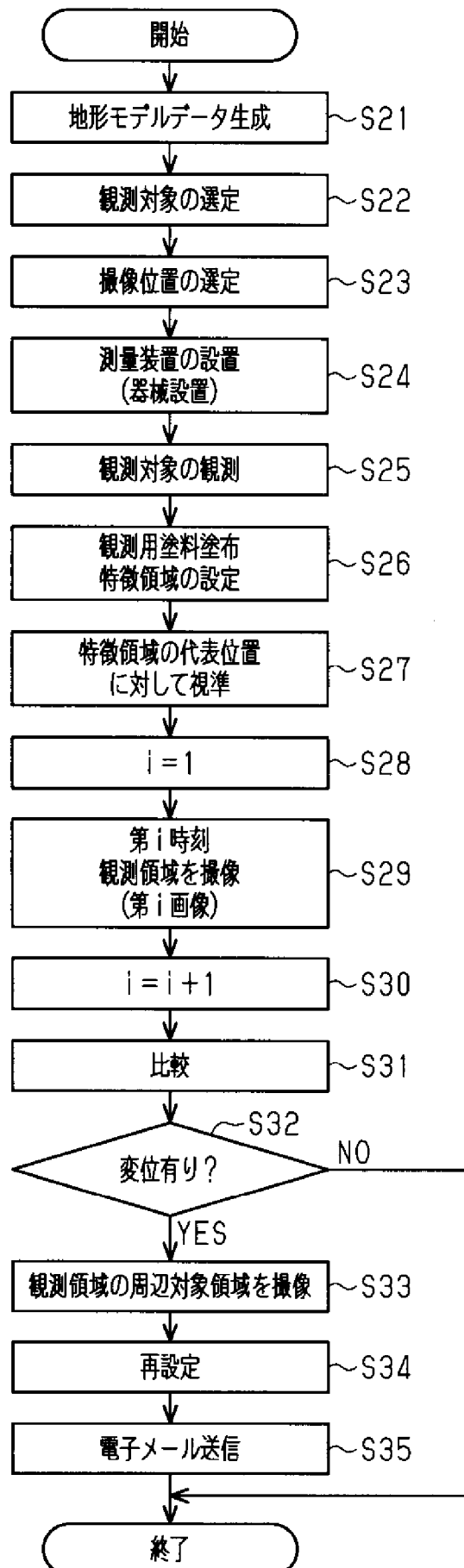
[図11]



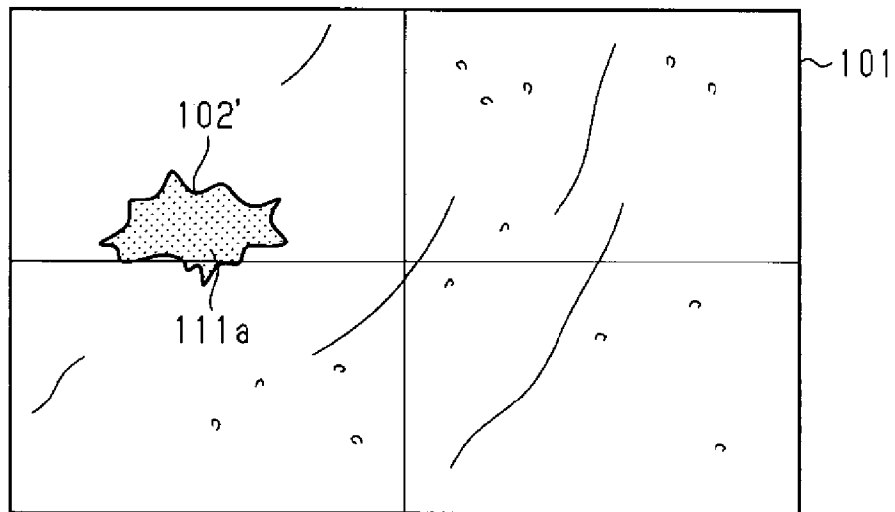
[図12]



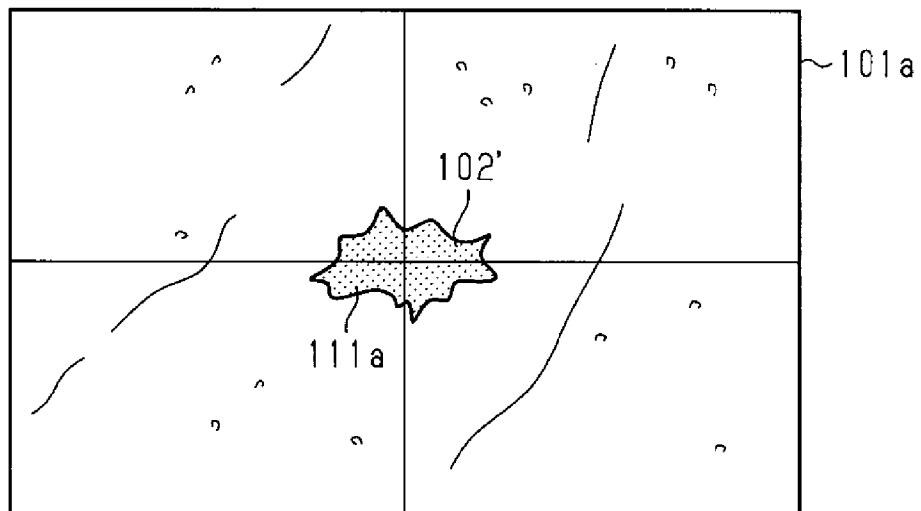
[図13]



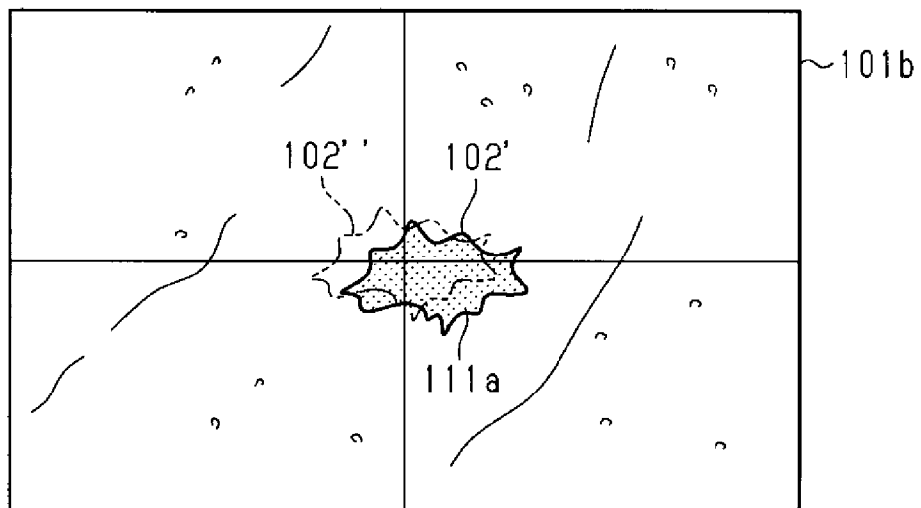
[図14]



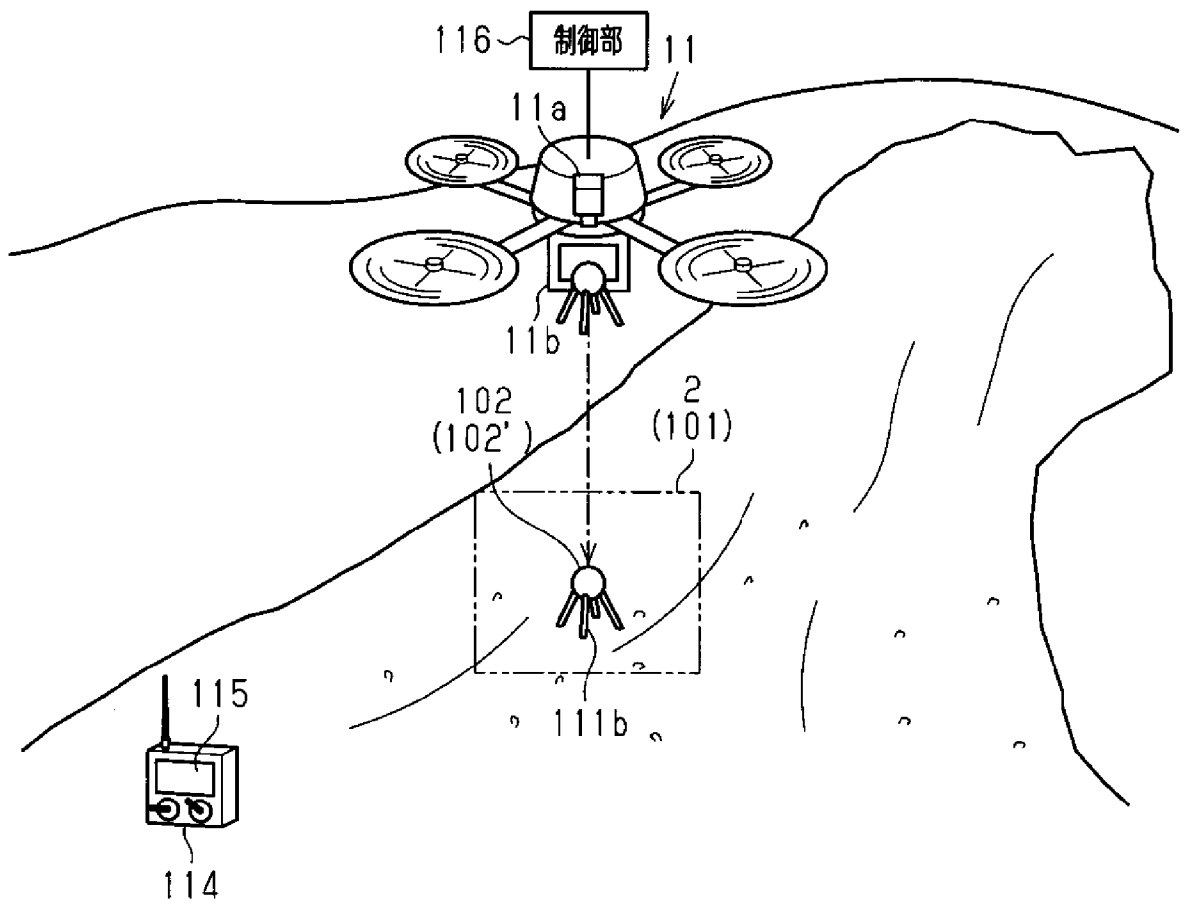
[図15]



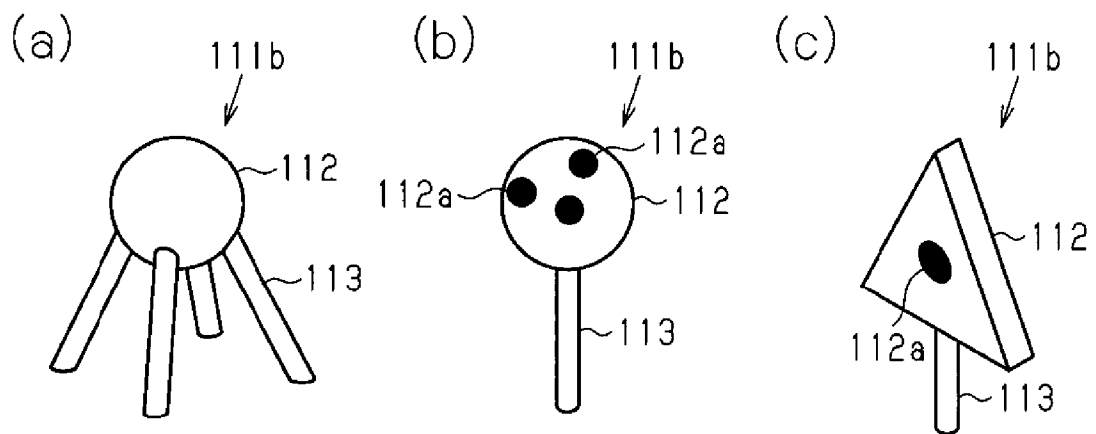
[図16]



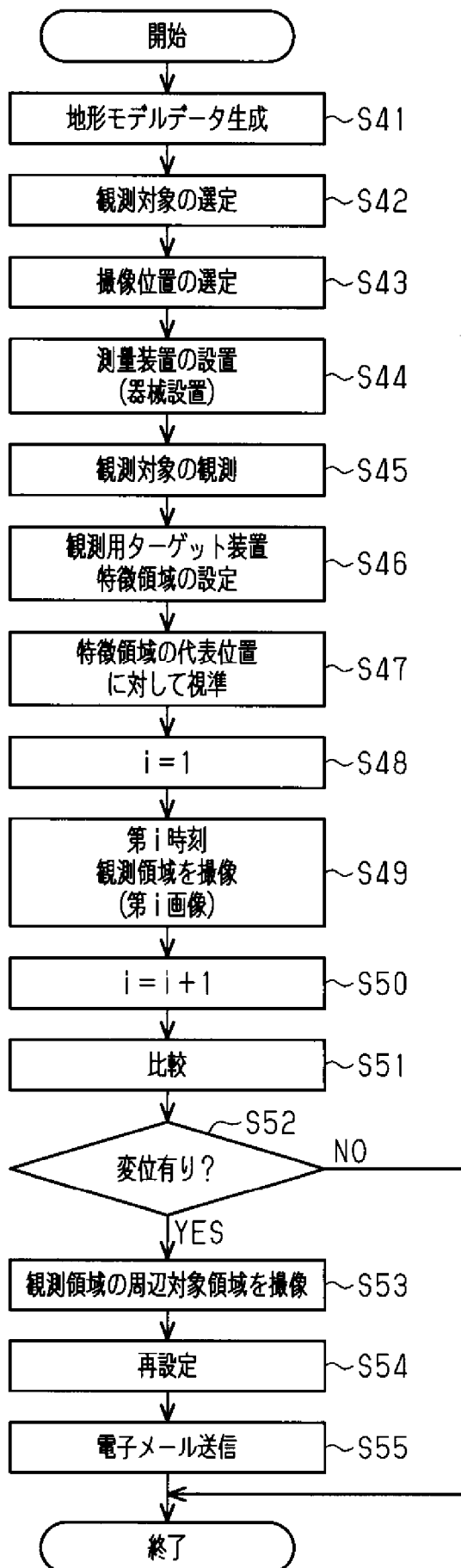
[図17]



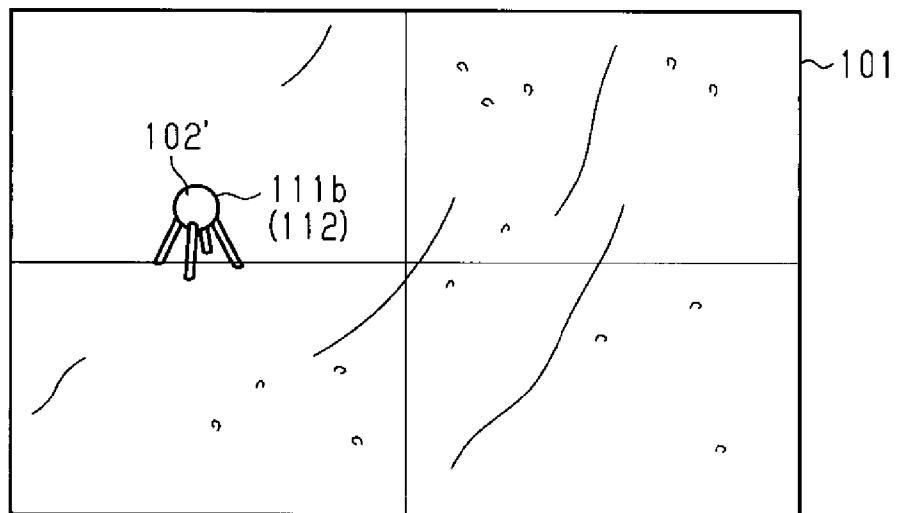
[図18]



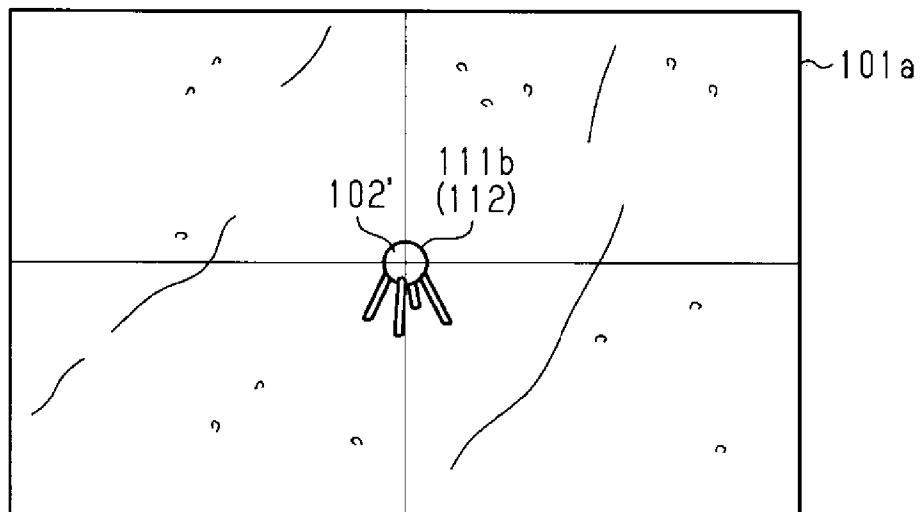
[図19]



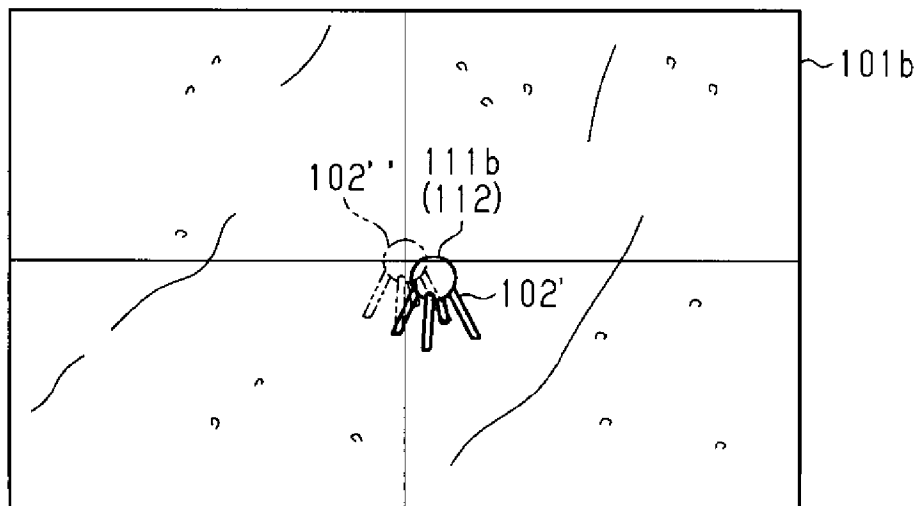
[図20]



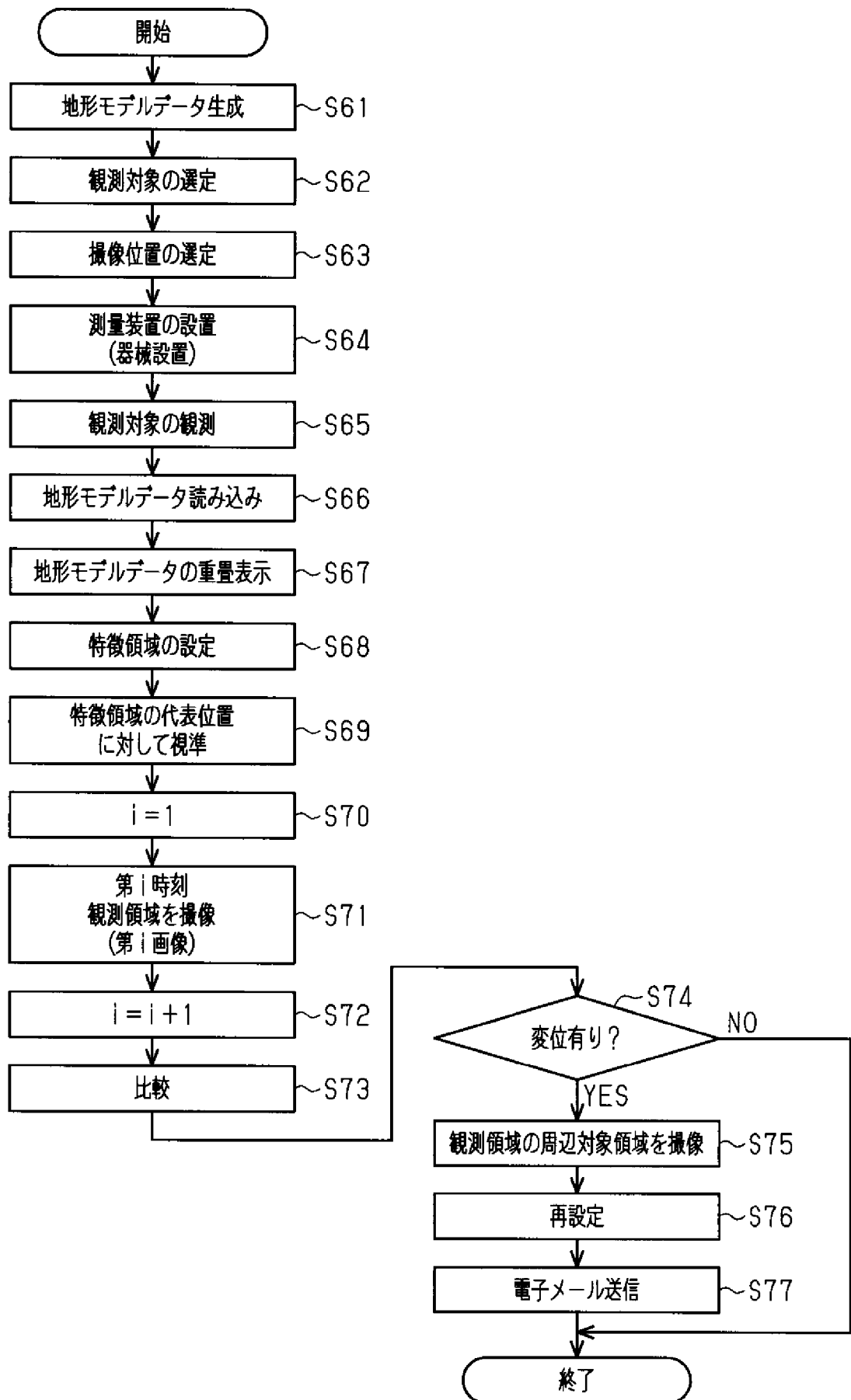
[図21]



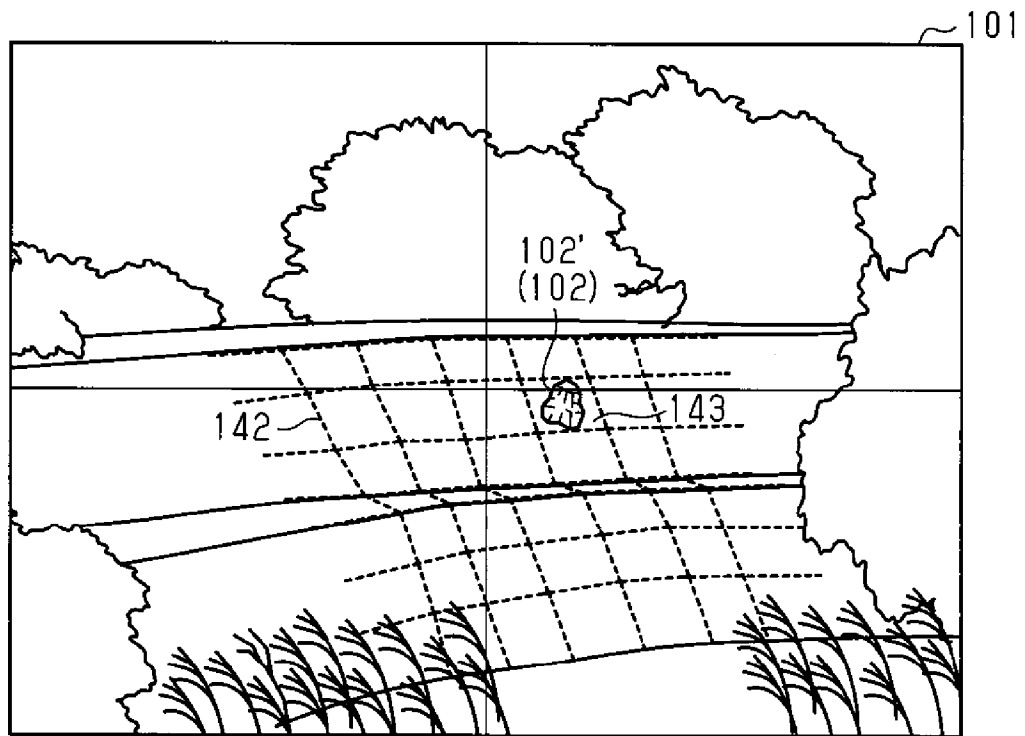
[図22]



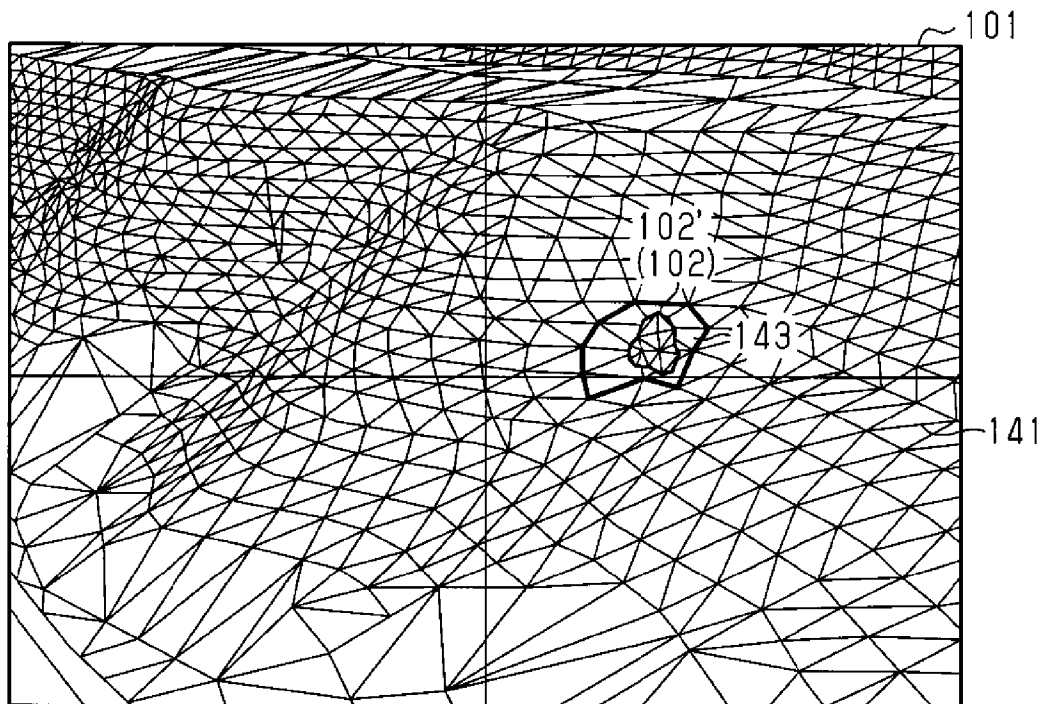
[図23]



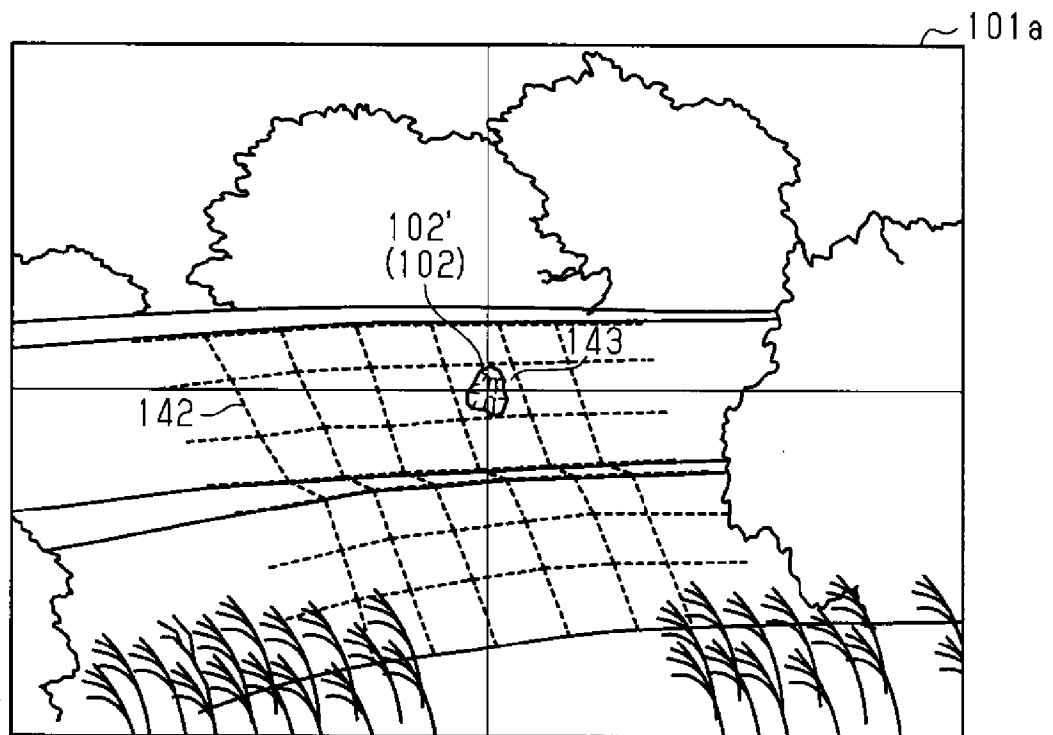
[図24]



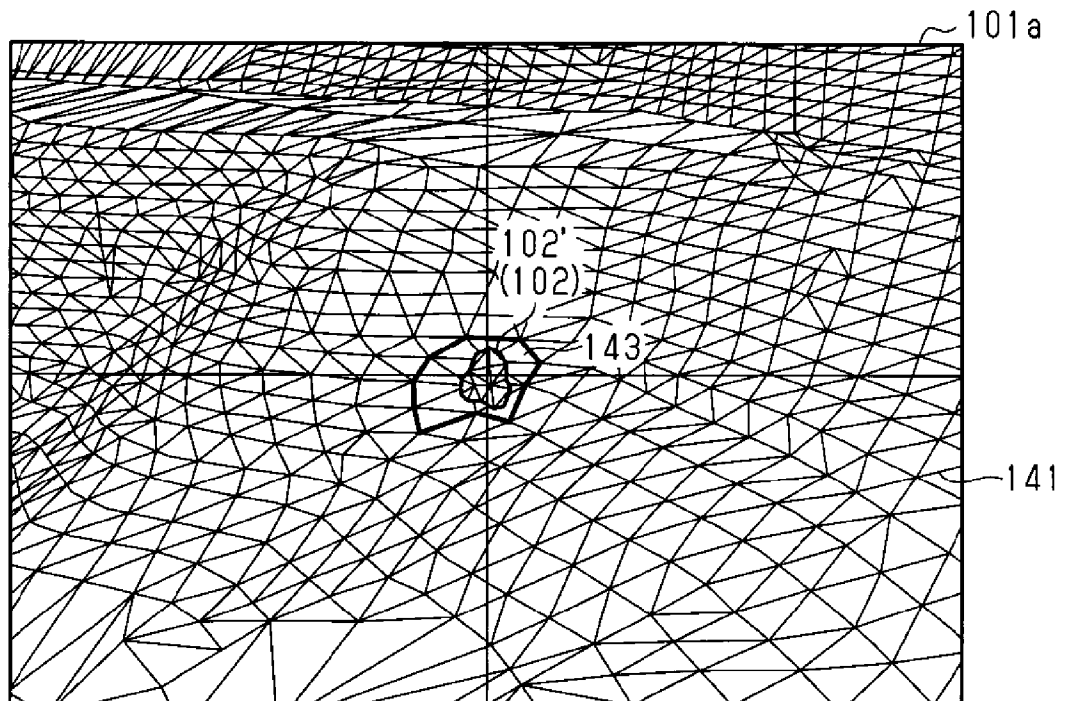
[図25]



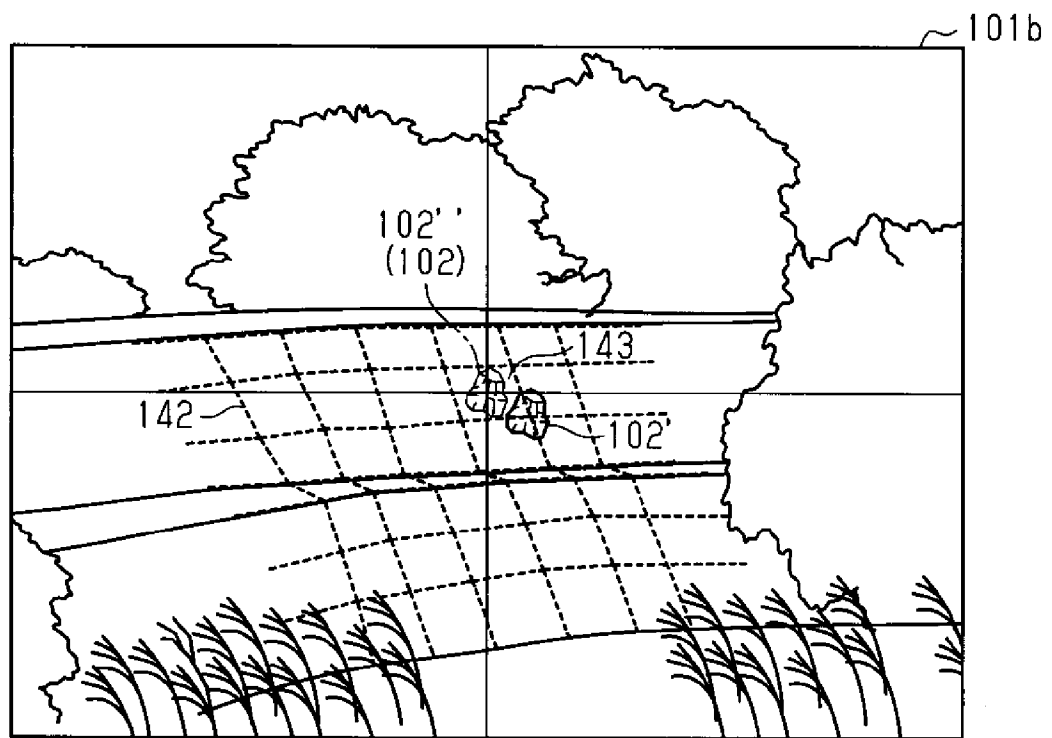
[図26]



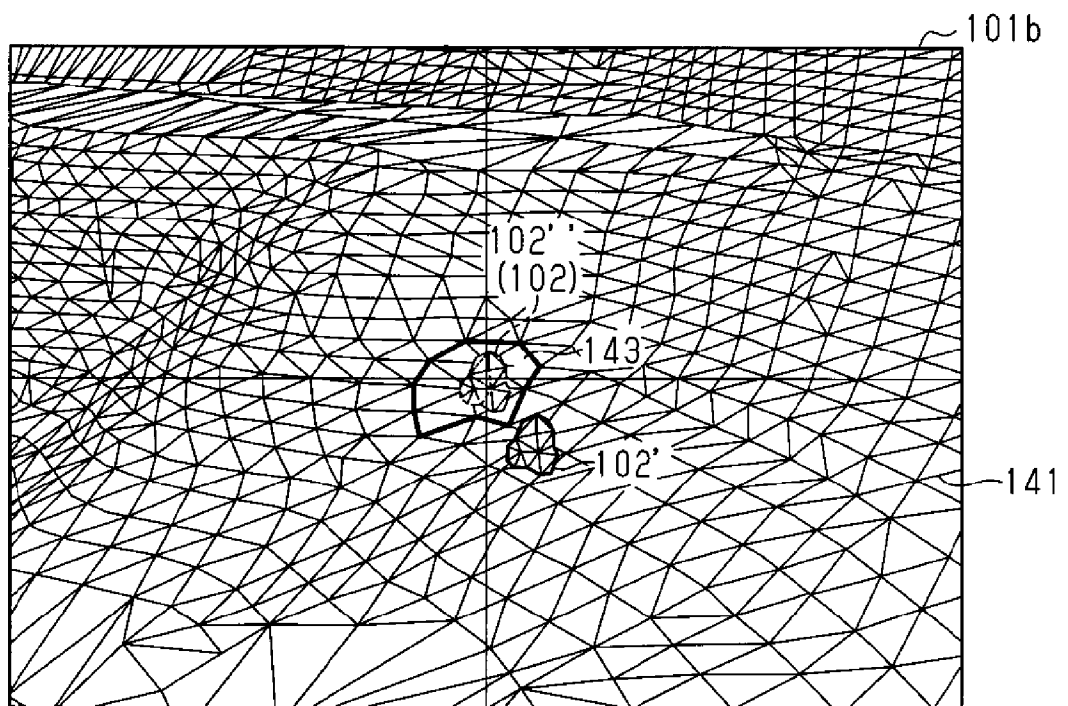
[図27]



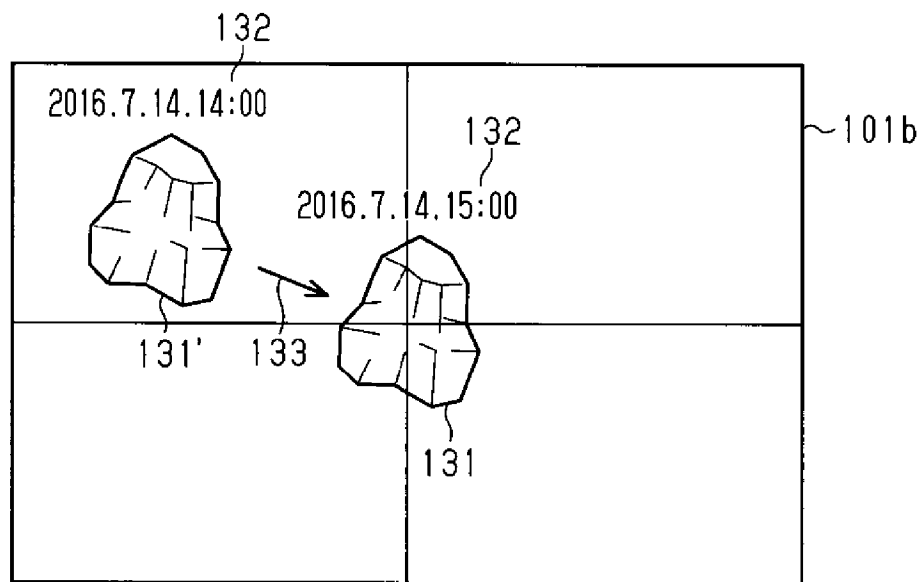
[図28]



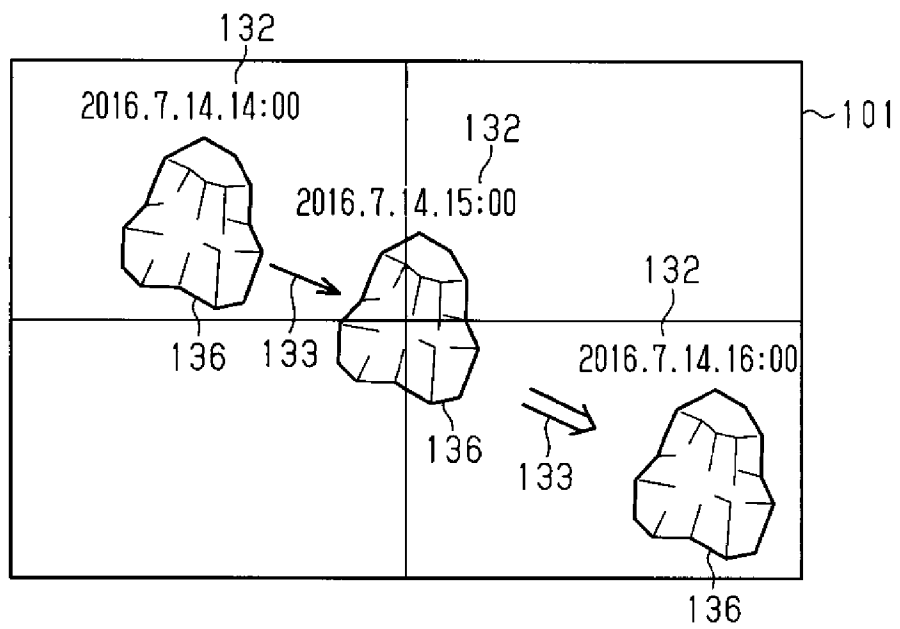
[図29]



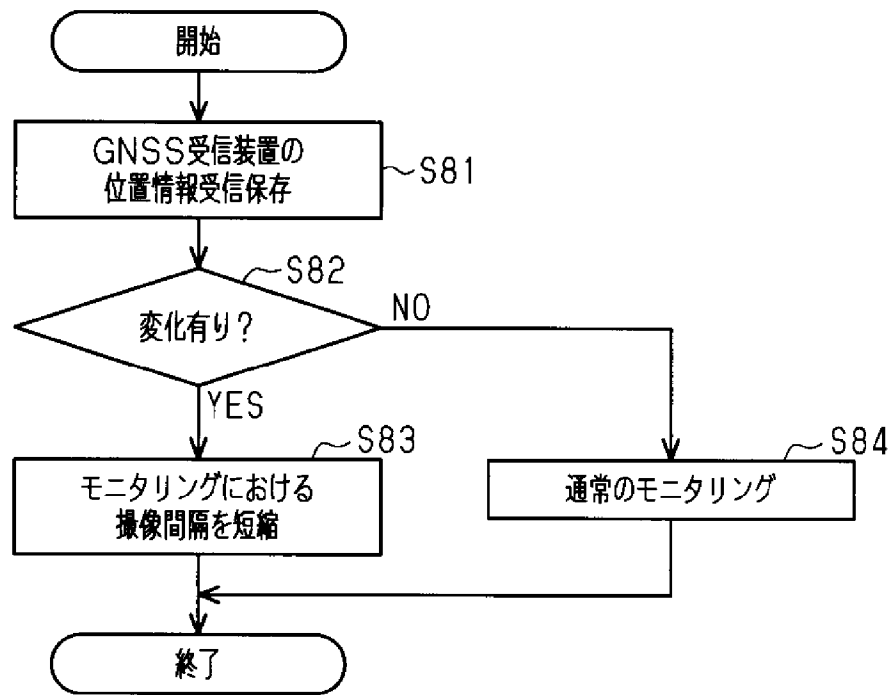
[図30]



[図31]



[図32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/072453

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C15/00(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)

G01C15/00-15/06, G01C7/00-7/06, G01C11/00-11/36

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 1996-2016

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

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.
A	JP 2011-069797 A (Saxa, Inc.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0015] to [0017]; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 2008-107175 A (Earth Watch Institute, Inc.), 08 May 2008 (08.05.2008), paragraphs [0008] to [0011]; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 2002-328021 A (Katsuyoshi HAYASHI), 15 November 2002 (15.11.2002), paragraphs [0040] to [0066]; all drawings (Family: none)	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 October 2016 (12.10.16)

Date of mailing of the international search report
25 October 2016 (25.10.16)

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/JP2016/072453

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 2001-264059 A (Taisei Corp.), 26 September 2001 (26.09.2001), paragraphs [0037] to [0054]; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 2015-010911 A (Railway Technical Research Institute), 19 January 2015 (19.01.2015), claim 1; fig. 5 (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01C15/00(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. G01C15/00-15/06, G01C7/00-7/06, G01C11/00-11/36

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
A	JP 2011-069797 A (サクサ株式会社) 2011.04.07, 段落【0015】-【0017】, 全図 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2008-107175 A (地球観測株式会社) 2008.05.08, 段落【0008】-【0011】, 全図 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2002-328021 A (林勝義) 2002.11.15, 段落【0040】-【0066】, 全図 (ファミリーなし)	1-16

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.10.2016

国際調査報告の発送日

25.10.2016

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)

丑田 真悟

2S

3100

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
A	JP 2001-264059 A (大成建設株式会社) 2001.09.26, 段落【0037】 - 【0054】, 全図 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2015-010911 A (公益財団法人鉄道総合技術研究所) 2015.01.19, 【請求項 1】, 図 5 (ファミリーなし)	1-16