

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7421788号
(P7421788)

(45)発行日 令和6年1月25日(2024.1.25)

(24)登録日 令和6年1月17日(2024.1.17)

(51)国際特許分類

G 0 1 S 19/28 (2010.01)

F I

G 0 1 S 19/28

請求項の数 12 (全20頁)

(21)出願番号 特願2019-226852(P2019-226852)
 (22)出願日 令和1年12月16日(2019.12.16)
 (65)公開番号 特開2021-96129(P2021-96129A)
 (43)公開日 令和3年6月24日(2021.6.24)
 審査請求日 令和4年12月15日(2022.12.15)
 (出願人による申告) 平成30年度～平成31年度、
 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
 、「次世代人工知能・ロボットの中核となるインテグレ
 ート技術開発／人工知能技術の社会実装に向けた研究開
 発・実証／ロボット技術と人工知能を活用した地方中小
 建設現場の土砂運搬の自動化に関する研究開発」委託研
 究、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願

(73)特許権者 504157024
 国立大学法人東北大学
 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
 (74)代理人 100106909
 弁理士 棚井 澄雄
 (74)代理人 100188558
 弁理士 飯田 雅人
 (74)代理人 100141139
 弁理士 及川 周
 (72)発明者 大野 和則
 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
 国立大学法人東北大学内
 審査官 梶田 真也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 衛星測位方法、衛星測位装置、衛星測位システム及び建設機械

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

人工衛星から発射される信号を用いて対象物の位置を決定するにあたり、前記対象物の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を、前記対象物の形状モデルと前記人工衛星の位置情報とに基づいて推定し、推定された前記不可視衛星から発射される信号を用いずに、前記対象物の位置を決定する、衛星測位方法。

【請求項2】

前記対象物の姿勢の変化を計測し、
 前記計測された前記対象物の姿勢の変化が反映された前記対象物の形状モデルと前記人工衛星の位置情報とに基づいて、前記不可視衛星を推定する、
 請求項1に記載の衛星測位方法。

【請求項3】

前記対象物の動作計画に基づいて、前記対象物の姿勢の変化を特定し、
 前記特定された前記対象物の姿勢の変化が反映された前記対象物の形状モデルと前記人工衛星の位置情報とに基づいて、前記不可視衛星を推定する、
 請求項1に記載の衛星測位方法。

【請求項4】

前記対象物の姿勢の変化を特定可能な画像と前記人工衛星の位置情報とに基づいて、前記不可視衛星を推定する、
 請求項1に記載の衛星測位方法。

【請求項 5】

前記対象物に設けられた撮像装置を用いて前記対象物の姿勢の変化を特定可能な画像を撮像し、

前記撮像された画像と前記人工衛星の位置情報とに基づいて、前記不可視衛星を推定する。

請求項4に記載の衛星測位方法。

【請求項 6】

前記対象物の姿勢の変化を特定可能な距離の情報と前記人工衛星の位置情報とに基づいて、前記不可視衛星を推定する、

請求項1に記載の衛星測位方法。

10

【請求項 7】

前記対象物に設けられた測距装置を用いて前記対象物の姿勢の変化を特定可能な距離を計測し、

前記計測された距離と前記人工衛星の位置情報とに基づいて、前記不可視衛星を推定する。

請求項6に記載の衛星測位方法。

【請求項 8】

前記対象物の周囲の地形の形状モデルに基づいて、前記不可視衛星を推定する、

請求項1から7のいずれか一項に記載の衛星測位方法。

20

【請求項 9】

前記人工衛星から発射される信号の信号強度に基づいて、前記不可視衛星を推定する、
請求項1から8のいずれか一項に記載の衛星測位方法。

【請求項 10】

人工衛星から発射される信号を用いて対象物の位置を決定する衛星測位部、を備え、

前記衛星測位部は、前記対象物の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を、前記対象物の形状モデルと前記人工衛星の位置情報とに基づいて推定し、推定された前記不可視衛星から発射される信号を用いずに前記対象物の位置を決定する、衛星測位装置。

【請求項 11】

人工衛星から発射される信号を用いて対象物の位置を決定する衛星測位装置、を備え、

前記衛星測位装置は、前記対象物の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を、前記対象物の形状モデルと前記人工衛星の位置情報とに基づいて推定し、推定された前記不可視衛星から発射される信号を用いずに前記対象物の位置を決定する、衛星測位システム。

30

【請求項 12】

人工衛星から発射される信号を用いて建設機械の位置を決定する衛星測位装置、を備え、

前記衛星測位装置は、前記建設機械の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を、対象物の形状モデルと前記人工衛星の位置情報とに基づいて推定し、推定された前記不可視衛星から発射される信号を用いずに前記建設機械の位置を決定する、建設機械。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、衛星測位方法、衛星測位装置、衛星測位システム及び建設機械に関する。

【背景技術】**【0002】**

人工衛星から発射される信号を用いて対象物の位置を決定する衛星測位方法が知られている（例えば、非特許文献1参照）。

【先行技術文献】**【非特許文献】**

50

【0003】

【文献】山崎将史、竹内栄二朗、大野和則、田所諭、「三次元地形情報およびGPSを用いたパーティクルフィルタによるマルチパスを考慮した自己位置推定」、学術・技術論文、日本ロボット学会誌、2011年10月、29巻、8号、p. 42-49

【文献】鈴木太郎、「赤外全周カメラを用いたマルチパス削減によるGPS/GLONASS複合測位の高精度化」、ROBOMECH、1A1-D19、2010

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

対象物の姿勢が変化するときに対象物の位置を決定する処理を継続できなくなってしまう可能性を低減することが望ましい。

10

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本発明の第1の態様によれば、衛星測位方法が提供される。衛星測位方法は、人工衛星から発射される信号を用いて対象物の位置を決定するにあたり、上記対象物の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星から発射される信号を用いずに、上記対象物の位置を決定してよい。

【0006】

上記衛星測位方法は、上記対象物の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定してよい。上記衛星測位方法は、上記推定された不可視衛星から発射される信号を用いずに、上記対象物の位置を決定してよい。

20

【0007】

上記衛星測位方法は、上記対象物の形状モデルと上記人工衛星の位置情報とに基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

【0008】

上記衛星測位方法は、上記対象物の姿勢の変化を計測してよい。上記衛星測位方法は、上記計測された上記対象物の姿勢の変化が反映された上記対象物の形状モデルと上記人工衛星の位置情報とに基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

【0009】

上記衛星測位方法は、上記対象物の動作計画に基づいて、上記対象物の姿勢の変化を特定してよい。上記衛星測位方法は、上記特定された上記対象物の姿勢の変化が反映された上記対象物の形状モデルと上記人工衛星の位置情報とに基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

30

【0010】

上記衛星測位方法は、上記対象物の姿勢の変化を特定可能な画像と上記人工衛星の位置情報とに基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

【0011】

上記衛星測位方法は、上記対象物に設けられた撮像装置を用いて上記対象物の姿勢の変化を特定可能な画像を撮像してよい。上記衛星測位方法は、上記撮像された画像と上記人工衛星の位置情報とに基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

40

【0012】

上記衛星測位方法は、上記対象物の姿勢の変化を特定可能な距離の情報と上記人工衛星の位置情報とに基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

【0013】

上記衛星測位方法は、上記対象物に設けられた測距装置を用いて上記対象物の姿勢の変化を特定可能な距離を計測してよい。上記衛星測位方法は、上記計測された距離と上記人工衛星の位置情報とに基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

【0014】

上記衛星測位方法は、上記対象物の周囲の地形の形状モデルに基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

50

【0015】

上記衛星測位方法は、上記人工衛星から発射される信号の信号強度に基づいて、上記不可視衛星を推定してよい。

【0016】

本発明の第2の態様によれば、衛星測位装置が提供される。衛星測位装置は、人工衛星から発射される信号を用いて対象物の位置を決定する衛星測位部、を備えてよい。上記衛星測位部は、上記対象物の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星から発射される信号を用いずに上記対象物の位置を決定してよい。

【0017】

本発明の第3の態様によれば、衛星測位システムが提供される。衛星測位システムは、人工衛星から発射される信号を用いて対象物の位置を決定する衛星測位装置、を備えてよい。上記衛星測位装置は、上記対象物の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星から発射される信号を用いずに上記対象物の位置を決定してよい。

10

【0018】

本発明の第4の態様によれば、建設機械が提供される。建設機械は、人工衛星から発射される信号を用いて建設機械の位置を決定する衛星測位装置、を備えてよい。上記衛星測位装置は、上記建設機械の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星から発射される信号を用いずに上記建設機械の位置を決定してよい。

【0019】

なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となり得る。

20

【発明の効果】**【0020】**

本発明の上記の態様によれば、対象物の姿勢が変化しても対象物の位置を決定する処理を継続することができる。

【図面の簡単な説明】**【0021】**

【図1】衛星測位システム100の一例を概略的に示す。

【図2】バックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星の一例を概略的に示す。

30

【図3】バックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星の一例を概略的に示す。

【図4】不可視衛星推定装置110の機能構成の一例を概略的に示す。

【図5】バックホウ300の3DAモデル600の情報構成の一例を概略的に示す。

【図6】不可視衛星推定装置110及びRTK-GNSS受信機120による処理の流れの一例を概略的に示す。

【図7】不可視衛星推定処理の流れの一例を概略的に示す。

【図8】不可視衛星推定装置110として機能するコンピュータ1000の一例を概略的に示す。

40

【発明を実施するための形態】**【0022】**

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施の形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施の形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0023】

図1は、衛星測位システム100の一例を概略的に示す。衛星測位システム100は、人工衛星200から発射される信号を用いてバックホウ300の位置を決定するシステムである。バックホウ300は、対象物及び建設機械の一例である。対象物及び建設機械の他の具体例としては、例えばダンプトラックがある。このように、本実施形態における対象物及び建設機械は、自装置の位置及び姿勢が変化する装置である。例えばダンプトラッ

50

クは、荷台の角度が変化することに応じて姿勢が変化する。このように位置及び姿勢が変化する建設機器であれば、どのような機器が本実施形態の対象物及び建設機器として適用されてもよい。

【0024】

バックホウ300は、本体310にバックホウアタッチメント320を装備し、バケット324を手前に引きながら対象物を掘削する油圧ショベルである。バックホウ300は、例えば地面を掘削してもよいし、崖や構造物などを掘削してもよい。

【0025】

本体310は、下部走行体311に上部旋回体312を取り付けたものである。下部走行体311は、機械に移動性を持たせるための走行機能と、上部旋回体312を支持する機能を備えたバックホウ300の下部機構である。上部旋回体312は、旋回フレーム312A、及びその上部に架装されているキャブ312B等の諸機構からなるバックホウ300の一部分である。上部旋回体312は、旋回装置によって旋回される。旋回フレーム312Aは、上部旋回体312を構成する諸装置を搭載するフレームである。キャブ312Bは、上部旋回体312に付いている運転室である。

10

【0026】

バックホウアタッチメント320は、ブーム321、アーム322、バケットリンク323及びバケット324からなり、本体310に架装されてバケット324を手前に引きながら対象物を掘削する作業装置の一種である。ブーム321は、旋回フレーム312Aの前部にピンで取り付ける、アーム322、バケット324等を支える支柱である。アーム322は、バケット324とブーム321の先端を連結する腕である。バケットリンク323は、バケット324をバケットシリンドラ325で作動させるためのリンク機構である。バケットシリンドラ325は、バケット324を作動させるための油圧シリンドラである。バケット324は、土砂等を直接掘削又は積み込みをするための切刃等を付けた容器である。

20

【0027】

衛星測位システム100は、不可視衛星推定装置110、RTK-GNSS(Real Time Kinematic - Global Navigation System)受信機120、アンテナ130L、アンテナ130R、慣性計測装置140A、慣性計測装置140B、慣性計測装置140C及びフットスイッチ150を備える。RTK-GNSS受信機120は、衛星測位装置の一例である。

30

【0028】

RTK-GNSS受信機120は、人工衛星200から発射される信号を用いてバックホウ300の位置を決定する、RTK対応のGNSS受信機である。RTK-GNSS受信機120は、バックホウ300に設けられ、アンテナ130L及びアンテナ130R(以下、アンテナ130と総称する)と通信接続される。RTK-GNSS受信機120は、基準局400から発信される衛星受信データを無線で受信して干渉測位計算を行い、測位結果を出力する。

【0029】

例えば、バックホウ300の搭乗者がバックホウ300の位置を知りたい場合、RTK-GNSS受信機120は、搭乗者が視認可能なディスプレイと接続された装置に測位結果を出力する。

40

【0030】

例えば、バックホウ300の遠隔操作者がバックホウ300の位置を知りたい場合、RTK-GNSS受信機120は、遠隔操作者が視認可能なディスプレイと接続された装置に測位結果を出力する。

【0031】

例えば、バックホウ300の自動運転を行うためにバックホウ300の位置情報を利用する場合、RTK-GNSS受信機120は、バックホウ300の自動運転を行う装置に測位結果を出力する。

50

【 0 0 3 2 】

例えば、他の建設機械の搭乗者がバックホウ 300 の位置を知りたい場合、RTK-GNSS 受信機 120 は、他の建設機械の搭乗者が視認可能なディスプレイと接続された装置に測位結果を出力する。

【 0 0 3 3 】

例えば、他の建設機械の遠隔操作者がバックホウ 300 の位置を知りたい場合、RTK-GNSS 受信機 120 は、他の建設機械の遠隔操作者が視認可能なディスプレイと接続された装置に測位結果を出力する。

【 0 0 3 4 】

例えば、バックホウ 300 の自動運転を行うためにバックホウ 300 の位置情報を利用する場合、RTK-GNSS 受信機 120 は、他の建設機械の自動運転を行う装置に測位結果を出力する。 10

【 0 0 3 5 】

アンテナ 130 は、人工衛星 200 から発射される信号を受信する装置である。アンテナ 130L は、上部旋回体 312 の左後部に設けられる。アンテナ 130R は、上部旋回体 312 の右後部に設けられる。アンテナ 130 は、人工衛星 200 から発射される信号を受信すると、受信した信号を RTK-GNSS 受信機 120 に出力する。

【 0 0 3 6 】

慣性計測装置 140A、慣性計測装置 140B 及び慣性計測装置 140C（以下、慣性計測装置 140 と総称する）は、ジャイロスコープ、加速度センサ及び磁気センサを含むセンサ装置である。ジャイロスコープは、角速度を測定する。加速度センサは、直線加速度を測定する。磁気センサは、磁界強度を測定する。 20

【 0 0 3 7 】

慣性計測装置 140A は、キャブ 312B の天面に設けられ、不可視衛星推定装置 110 と通信接続される。慣性計測装置 140A は、上部旋回体 312 が旋回するときの角速度、直線加速度及び磁界強度を検出すると、検出した角速度、直線加速度及び磁界強度を示す情報を不可視衛星推定装置 110 に送信する。

【 0 0 3 8 】

慣性計測装置 140B は、ブーム 321 の側面に設けられ、不可視衛星推定装置 110 と通信接続される。慣性計測装置 140B は、ブーム 321 が上昇するとき、及びブーム 321 が下降するときの角速度、直線加速度及び磁界強度を検出すると、検出した角速度、直線加速度及び磁界強度を示す情報を不可視衛星推定装置 110 に送信する。 30

【 0 0 3 9 】

慣性計測装置 140C は、アーム 322 の側面に設けられ、不可視衛星推定装置 110 と通信接続される。慣性計測装置 140C は、アーム 322 が押し出されるとき、及びアーム 322 が引き戻されるときの角速度、直線加速度及び磁界強度を検出すると、検出した角速度、直線加速度及び磁界強度を示す情報を不可視衛星推定装置 110 に送信する。

【 0 0 4 0 】

フットスイッチ 150 は、足の動作により信号の送信をオンオフさせるスイッチである。フットスイッチ 150 は、キャブ 312B の床面に設けられ、不可視衛星推定装置 110 と通信接続される。フットスイッチ 150 は、ペダルを備え、ペダルが踏まれたときに、信号の送信のオンとオフとを切り替える。 40

【 0 0 4 1 】

不可視衛星推定装置 110 は、バックホウ 300 に設けられ、バックホウ 300 の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定する装置である。不可視衛星推定装置 110 は、RTK-GNSS 受信機 120、慣性計測装置 140 及びフットスイッチ 150 と無線通信可能な範囲において、バックホウ 300 と異なる位置に設けられていてもよい。

【 0 0 4 2 】

バックホウ 300 は、土砂を掘削しているとき、ダンプトラックに土砂を積み込んでい 50

るとき等に、上部旋回体 312、ブーム 321、アーム 322 等が動作することで姿勢が変化する。

【0043】

図2及び図3は、バックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星の一例を概略的に示す。なお、図2及び図3においては、方位の北を図面の上としている。

【0044】

図2に示すバックホウ300は、上部旋回体312が北を向いており、バックホウ300の北側にある掘削ポイント500Aの土砂を掘削している。このとき、バックホウ300は、ブーム321を上昇させた状態でアーム322を押し出していることがある。そのため、アンテナ130Lは、人工衛星200Aから発射される直接波210Aをアーム322に遮断されて受信できない可能性がある。また、アンテナ130Lは、人工衛星200Bから発射される直接波210Bをブーム321に遮断されて受信できない可能性がある。10

【0045】

バックホウ300は、掘削ポイント500Aの土砂を掘削した後、積み込みポイント500Bに位置するダンプトラックに土砂を積み込むために上部旋回体312を旋回させる。

【0046】

図3に示すバックホウ300は、上部旋回体312が東を向いており、バックホウ300の東側にある積み込みポイント500Bに位置するダンプトラックに土砂を積み込んでいる。このとき、バックホウ300は、ブーム321を上昇させた状態でアーム322を押し出していることがある。そのため、アンテナ130Lは、人工衛星200Cから発射される直接波210Cをアーム322に遮断されて受信できない可能性がある。また、このとき、アンテナ130Lは、人工衛星200Dから発射される直接波210Dをブーム321に遮断されて受信できない可能性がある。20

【0047】

このように、人工衛星200A～人工衛星200Dは、バックホウ300が土砂を掘削してダンプトラックに土砂を積み込むまでの間に、アンテナ130Lが直接波を受信できない可能性がある不可視衛星となり得る。

【0048】

前述のとおり、RTK-GNSS受信機120は、RTK対応のGNSS受信機である。RTK-GNSSは、GNSSの測位手法の中でも実時間に高精度測位が可能である。しかしながら、RTK-GNSSは、可視衛星数の減少、及びデータ通信の途絶により精度が劣化し、再び観測条件が改善しても高精度測位に復帰するのに時間がかかる。RTK-GNSS受信機120は、精度劣化した状態から再び高精度測位に復帰するときに初期化を行う。30

【0049】

前述のとおり、RTK-GNSS受信機120は、基準局400から発信される衛星受信データを無線で受信して干渉測位計算を行う。干渉測位では、人工衛星200からアンテナ130までの距離は波数に波長を乗じて求める。アンテナ130が最初に波を受信したとき、それが連続波のどの部分であるか波数の小数部は分かるが、波数小数部を除いた整数部の波数は不明である。この未知数を整数値バイアスと呼び、これを確定することを初期化という。40

【0050】

なお、バイアスを整数値で求めた解を F_{ix} 解と呼び、実数値で求めた解を F_{loat} 解と呼ぶ。電波受信が中断するとバイアス値が失われ F_{loat} 解となり、再初期化が必要となる。

【0051】

実際の作業現場では、バックホウ300の姿勢が頻繁に変化するため、バックホウ300の姿勢が変化する度に再初期化が行われると、バックホウ300の位置を決定する処理50

を継続できなくなってしまう。

【0052】

そこで、RTK-GNSS受信機120は、バックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星から発射される信号を用いずに、バックホウ300の位置を決定する。

【0053】

図4は、不可視衛星推定装置110の機能構成の一例を概略的に示す。不可視衛星推定装置110は、スイッチ信号受信部111、位置情報要求部112、位置情報受信部113、計測情報要求部114、計測情報受信部115、不可視衛星推定部116、推定情報送信部117及び格納部118を備える。

10

【0054】

スイッチ信号受信部111は、フットスイッチ150から送信される信号を受信する。

【0055】

位置情報要求部112は、バックホウ300の位置と方位の情報をRTK-GNSS受信機120に要求する。

【0056】

位置情報受信部113は、RTK-GNSS受信機120から送信されるバックホウ300の位置と方位の情報を受信する。

20

【0057】

計測情報要求部114は、角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を慣性測位装置140に要求する。

【0058】

計測情報受信部115は、慣性計測装置140から送信される角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を受信する。

【0059】

不可視衛星推定部116は、バックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定する。不可視衛星推定部116は、例えば、バックホウ300の形状モデルと人工衛星200の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定する。不可視衛星推定部116は、例えば、慣性計測装置140によって計測されたバックホウ300の姿勢の変化が反映されたバックホウ300の形状モデルと人工衛星200の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定する。

30

【0060】

推定情報送信部117は、不可視衛星推定部115が推定した不可視衛星の情報をRTK-GNSS受信機120に送信する。

【0061】

格納部118には、各種情報が格納される。格納部118には、例えば、バックホウ300の3DA(3D Annotated Model)モデル、及び人工衛星200の位置情報が格納される。また、格納部118には、例えば、バックホウ300が実作業を開始する前のバックホウ300の位置と方位の情報が初期の位置情報として格納される。また、格納部118には、例えば、バックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性があると推定された不可視衛星の情報を格納される。

40

【0062】

図5は、バックホウ300の3DAモデル600の情報構成の一例を概略的に示す。バックホウ300の3DAモデル600は、3DCAD(3D Computer Aided Design)等を用いて作成されたバックホウ300の形状モデル610に、構造特性620、2次元図面630及びモデル管理情報640を加えたモデルである。2次元図面630は、必要な場合にだけ構成する。

【0063】

バックホウ300の形状モデル610は、3DCAD等を用いて作成されたモデル幾何形状611及び補足幾何形状612で構成される。モデル幾何形状611は、点、線及び

50

面を表す幾何要素である。補足幾何形状 612 は、点、線及び面を表す幾何要素であり、設計要求事項をより詳細且つ正確に伝えるために補足的に作成されたものである。但し、補足幾何形状 612 は、要求事項に応じて作成されるため、構成内容に含まれない場合もある。

【0064】

構造特性 620 は、バックホウ 300 の特性を表す情報である。構造特性 620 は、属性情報 621 で構成される。属性情報 621 は、バックホウ 300 に備えられた各パーツの属性に関する情報である。例えば、属性情報 621 は、各パーツの大きさや形状を示す情報を有してもよい。構造特性 630 は、バックホウ 300 の特性を示すことができれば、必ずしも属性情報 621 として構成されていなくてもよい。

10

【0065】

2 次元図面 630 は、3DA 平面図で作成できない図面について、補足的に形成された 2 次元図面データであり、必要に応じて作成する。3DA 平面図は、モデル空間内に作成された属性情報 621 の中から、図面毎に必要となる情報を、投影図又は断面図として表示したものである。3DA 平面図は、別途、設計ソフトウェア等で作成されたバックホウ 300 の形状モデル 610 の基となる 2 次元図面データを表示してもよい。投影図は、投影法によって描いた図である。投影図は、立面図、正面図、平面図、側面図、下面図及び背面図からなる。断面図は、バックホウ 300 を仮に切断し、その手前側を取り除いて描いた図である。断面図は、切り口に加えて、切断面の向こう側の外形を示す。

【0066】

モデル管理情報 640 は、3DA モデル 600 を確実に管理した状態にするための情報である。モデル管理情報 640 は、必要に応じて更に構造特性 620 の情報も含む。

20

【0067】

図 6 は、不可視衛星推定装置 110 及び RTK - GNSS 受信機 120 による処理の流れの一例を概略的に示す。ここでは、RTK - GNSS 受信機 120 が、初期化してから、推定された不可視衛星を用いずに測位を開始するまでの処理の流れを説明する。

【0068】

例えば、バックホウ 300 の搭乗者は、予め定められたバックホウ 300 の初期姿勢を保った状態で、不可視衛星推定装置 110 及び RTK - GNSS 受信機 120 の電源を投入する。バックホウ 300 の初期姿勢は、人工衛星 200 から発射される直接波をアンテナ 130 が好適に受信し得る姿勢である。バックホウ 300 の初期姿勢は、例えば、アーム 322 を押し出し、ブーム 321 を下降させた状態である。

30

【0069】

RTK - GNSS 受信機 120 は、電源が投入されると、初期化を行う（ステップ S101）。ステップ S101において、RTK - GNSS 受信機 120 は、整数値バイアスを確定する。この例では、バックホウ 300 は、図 2 に示す位置において初期姿勢を保っているものとする。その場合、アンテナ 130 は、人工衛星 200A ~ 人工衛星 200H の直接波を受信可能である。したがって、RTK - GNSS 受信機 120 は、人工衛星 200A ~ 人工衛星 200H から発射される信号を用いて初期化を行う。

【0070】

RTK - GNSS 受信機 120 は、初期化が終了すると、測位を開始する（ステップ S102）。ステップ S102において、RTK - GNSS 受信機 120 は、アンテナ 130L の位置に対応する測位解と、アンテナ 130R の位置に対応する測位解と、を算出する。そして、RTK - GNSS 受信機 120 は、アンテナ 130L の位置に対応する測位解と、アンテナ 130R の位置に対応する測位解と、に基づいて、バックホウ 300 の位置と方位とを算出する。バックホウ 300 の位置は、例えば、上部旋回体 312 を旋回させる旋回装置の軸線上の位置である。バックホウ 300 の向きは、例えば、上部旋回体 312 の正面が向いている方向である。

40

【0071】

前述のとおり、人工衛星 200 は、バックホウ 300 の姿勢が変化するときに、アンテ

50

ナ 1 3 0 が直接波を受信できない可能性がある不可視衛星となり得る。そこで、バックホウ 3 0 0 の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定するため、バックホウ 3 0 0 の搭乗者は、実作業と同じバックホウ 3 0 0 の動作を教示するための教示作業を行う。バックホウ 3 0 0 の搭乗者は、教示作業を開始する前に、フットスイッチ 1 5 0 のペダルを踏む。フットスイッチ 1 5 0 は、ペダルが踏まれると信号の送信を開始する。

【 0 0 7 2 】

不可視衛星推定装置 1 1 0 のスイッチ信号受信部 1 1 1 は、フットスイッチ 1 5 0 からの信号がオンになると（ステップ S 1 0 3）、フットスイッチ 1 5 0 からの信号がオンになったことを位置情報要求部 1 1 2 に通知する。

10

【 0 0 7 3 】

不可視衛星推定装置 1 1 0 の位置情報要求部 1 1 2 は、スイッチ信号受信部 1 1 1 から通知を受けると、バックホウ 3 0 0 の位置と方位の情報を RTK - GNSS 受信機 1 2 0 に要求する（ステップ S 1 0 4）。

【 0 0 7 4 】

RTK - GNSS 受信機 1 2 0 は、不可視衛星推定装置 1 1 0 から要求を受けると、バックホウ 3 0 0 の位置と方位の情報を、不可視衛星推定装置 1 1 0 に送信する（ステップ S 1 0 5）。

【 0 0 7 5 】

不可視衛星推定装置 1 1 0 の位置情報受信部 1 1 3 は、RTK - GNSS 受信機 1 2 0 から送信されたバックホウ 3 0 0 の位置と方位の情報を受信すると、受信したバックホウ 3 0 0 の位置と方位の情報を、バックホウ 3 0 0 の初期の位置情報として格納部 1 1 8 に格納する（ステップ S 1 0 6）。そして、位置情報受信部 1 1 3 は、バックホウ 3 0 0 の初期の位置情報を格納部 1 1 8 に格納したことを不可視衛星推定部 1 1 6 に通知する。

20

【 0 0 7 6 】

不可視衛星推定装置 1 1 0 は、位置情報受信部 1 1 3 から通知を受けると、バックホウ 3 0 0 の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定する不可視衛星推定処理を実行する（ステップ S 1 0 7）。

【 0 0 7 7 】

図 7 は、図 6 のステップ S 1 0 7 において実行される不可視衛星推定処理の流れの一例を概略的に示す。ここでは、不可視衛星推定装置 1 1 0 が不可視衛星推定処理を開始してから、不可視衛星推定処理を終了するまでの処理の流れを説明する。

30

【 0 0 7 8 】

まず、不可視衛星推定装置 1 1 0 の不可視衛星推定部 1 1 6 は、3DA モデル 6 0 0 の空間上にバックホウ 3 0 0 の形状モデル 6 1 0 を配置する（ステップ S 1 1 1）。ステップ S 1 1 1 において、不可視衛星推定部 1 1 6 は、格納部 1 1 8 に格納されているバックホウ 3 0 0 の初期の位置情報を読み出す。そして、不可視衛星推定部 1 1 6 は、読み出したバックホウ 3 0 0 の初期の位置情報に基づいて、バックホウ 3 0 0 の位置に対応する位置となるように、3DA モデル 6 0 0 の空間上にバックホウ 3 0 0 の形状モデル 6 1 0 を配置する。なお、ステップ S 1 1 1 の処理が実行されるとき、バックホウ 3 0 0 は、初期姿勢を保っている。したがって、不可視衛星推定部 1 1 6 は、形状モデル 6 1 0 を配置するにあたり、バックホウ 3 0 0 の初期姿勢と同じ姿勢の形状モデル 6 1 0 を配置する。また、不可視衛星推定部 1 1 6 は、読み出した初期の位置情報に基づいて、バックホウ 3 0 0 の向きに対応する向きとなるように、バックホウ 3 0 0 の形状モデル 6 1 0 の向きを変更する。

40

【 0 0 7 9 】

例えば、図 2 に示す位置においてバックホウ 3 0 0 が北を向いて初期姿勢を保っている場合、不可視衛星推定部 1 1 6 は、図 2 に示す位置に対応する位置となるように、3DA モデル 6 0 0 の空間上にバックホウ 3 0 0 の形状モデル 6 1 0 を配置する。また、不可視衛星推定部 1 1 6 は、バックホウ 3 0 0 が北を向いていることに対応する向きとなるよう

50

に、バックホウ 300 の形状モデル 610 の向きを変更する。

【0080】

次に、不可視衛星推定部 116 は、3DA モデル 600 の空間上に人工衛星 200 の位置をプロットする（ステップ S112）。ステップ S112において、不可視衛星推定部 116 は、格納部 118 に格納されている人工衛星の位置情報を読み出す。そして、不可視衛星推定部 116 は、読み出した人工衛星の位置情報に基づいて、人工衛星 200 の位置に対応する位置となるように、3DA モデル 600 の空間上に人工衛星 200 の位置をプロットする。そして、不可視衛星推定部 116 は、3DA モデル 600 の空間上に、バックホウ 300 の形状モデル 610 を配置し、人工衛星 200 の位置をプロットしたことを計測情報要求部 114 に通知する。

10

【0081】

例えば、バックホウ 300 が北を向いて初期姿勢を保っている場合、図 2 に示す例では、アンテナ 130 は、人工衛星 200A ~ 人工衛星 200H の直接波を受信可能である。したがって、不可視衛星推定部 116 は、人工衛星 200A ~ 人工衛星 200H の位置に対応する位置となるように、3DA モデル 600 の空間上に人工衛星 200A ~ 人工衛星 200H の位置をプロットする。

【0082】

不可視衛星推定装置 110 は、3DA モデル 600 の空間上に、バックホウ 300 の形状モデル 610 を配置し、人工衛星 200 の位置をプロットすると、教示作業を開始するよう、バックホウ 300 の搭乗者に促してもよい。不可視衛星推定装置 110 は、例えば、教示作業を開始するよう促す画像を、キャブ 312B 内に設けられたディスプレイに表示する。また、不可視衛星推定装置 110 は、例えば、教示作業を開始するよう促す音声を、キャブ 312B 内に設けられたスピーカから出力する。

20

【0083】

バックホウ 300 の搭乗者は、3DA モデル 600 の空間上に、バックホウ 300 の形状モデル 610 が配置され、人工衛星 200 の位置がプロットされると、教示作業を行うことが可能となる。バックホウ 300 の搭乗者は、例えば、教示作業を開始するよう促されると教示作業を開始する。

【0084】

不可視衛星推定装置 110 の計測情報要求部 114 は、不可視衛星推定部 116 から通知を受けると、角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を慣性計測装置 140 に要求する（ステップ S113）。

30

【0085】

慣性計測装置 140 は、不可視衛星推定装置 110 から要求を受けると、角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を不可視衛星推定装置 110 に送信する。

【0086】

不可視衛星推定装置 110 の計測情報受信部 115 は、慣性計測装置 140 から送信された角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を受信すると（ステップ S114）、受信した角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を不可視衛星推定部 116 に送る。

40

【0087】

不可視衛星推定部 116 は、計測情報受信部 115 から角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を受け取ると、バックホウ 300 の形状モデル 610 の姿勢を変更する（ステップ S116）。ステップ S116において、不可視衛星推定部 116 は、慣性計測装置 140 によって計測された角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を基づいて、バックホウ 300 の姿勢の変化量を算出する。そして、不可視衛星推定部 116 は、算出したバックホウの姿勢の変化量に基づいて、変化後の姿勢と同じ姿勢となるように、バックホウ 300 の形状モデル 610 の姿勢を変更する。

【0088】

例えば、不可視衛星推定部 116 は、慣性計測装置 140A によって計測された角速度、直線加速度及び磁界強度の情報を基づいて、上部旋回体 312 の旋回量を算出する。そ

50

して、不可視衛星推定部 116 は、算出した上部旋回体 312 の旋回量に基づいて、上部旋回体 312 の旋回後の姿勢と同じ姿勢となるように、バックホウ 300 の形状モデル 610 における上部旋回体 312 に対応するパートの姿勢を変更する。

【0089】

例えば、不可視衛星推定部 116 は、慣性計測装置 140B によって計測された角速度、直線加速度及び磁界強度の情報に基づいて、ブーム 321 の上昇量又は下降量を算出する。そして、不可視衛星推定部 116 は、算出したブーム 321 の上昇量又は下降量に基づいて、ブーム 321 の上昇後又は下降後の姿勢と同じ姿勢となるように、バックホウ 300 の形状モデル 610 におけるブーム 321 に対応するパートの姿勢を変更する。

【0090】

例えば、不可視衛星推定部 116 は、慣性計測装置 140C によって計測された角速度、直線加速度及び磁界強度の情報に基づいて、アーム 322 の押し出し量又は引き戻し量を算出する。そして、不可視衛星推定部 116 は、算出したアーム 322 の押し出し量又は引き戻し量に基づいて、アーム 322 の押し出し後又は引き戻し後の姿勢と同じ姿勢となるように、バックホウ 300 の形状モデル 610 におけるアーム 322 に対応するパートの姿勢を変更する。

10

【0091】

不可視衛星推定部 116 は、バックホウ 300 の形状モデル 610 の姿勢を変更すると、バックホウ 300 の姿勢が変更後の形状モデル 610 の姿勢に対応する姿勢であるときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定する（ステップ S117）。ステップ S117において、不可視衛星推定部 116 は、3DA モデル 600 の空間上にプロットした人工衛星 200 の位置とバックホウ 300 の形状モデル 610 の変更後の姿勢との関係に基づいて、直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定する。

20

【0092】

例えば、不可視衛星推定部 116 は、3DA モデル 600 の空間上にプロットした人工衛星 200 の位置に対応する衛星座標と、バックホウ 300 の形状モデル 610 におけるアンテナ 120 の位置に対応するアンテナ座標と、を直線で結ぶ。

【0093】

次に、不可視衛星推定部 116 は、衛星座標とアンテナ座標とを結ぶ直線がバックホウ 300 の形状モデル 610 のパートと重なっているかを判定する。

30

【0094】

衛星座標とアンテナ座標とを結ぶ直線がバックホウ 300 の形状モデル 610 のパートと重なっている場合、不可視衛星推定部 116 は、衛星座標に対応する位置にある人工衛星 200 を、バックホウ 300 の姿勢が変更後の形状モデル 610 の姿勢に対応する姿勢であるときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星であると決定する。

【0095】

衛星座標とアンテナ座標とを結ぶ直線がバックホウ 300 の形状モデル 610 のパートと重なっていない場合、不可視衛星推定部 116 は、衛星座標に対応する位置にある人工衛星 200 を、バックホウ 300 の姿勢が変更後の形状モデル 610 の姿勢に対応する姿勢であるときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星でないと決定する。

40

【0096】

例えば、バックホウ 300 が図 2 に示す姿勢のとき、人工衛星 200A とアンテナ 120L との関係に着目すると、衛星座標とアンテナ座標とを結ぶ直線は、バックホウ 300 の形状モデル 610 におけるアーム 322 に対応するパートと重なることになる。したがって、不可視衛星推定部 116 は、人工衛星 200A を、バックホウ 300 が図 2 に示す姿勢のときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星であると決定する。

【0097】

そして、フットスイッチ 150 からの信号がオフになっていなければ（ステップ S118；NO）、不可視衛星推定装置 110 は、再び、ステップ S113 からステップ S117 の処理を実行する。

50

【0098】

バックホウ300の搭乗者は、教示作業を終了するとき、再び、フットスイッチ150のペダルを踏む。フットスイッチ150は、ペダルが踏まれると信号の送信を終了する。

【0099】

一方、フットスイッチ150からの信号がオフになつていれば（ステップS118；YES）、不可視衛星推定装置110は、不可視衛星推定処理を終了する。

【0100】

前述のとおり、教示作業は、実作業と同じバックホウ300の動作を教示するための作業である。したがつて、図7に示す不可視衛星推定処理が実行されることにより、不可視衛星推定装置110は、実作業においてバックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定することができる。10

【0101】

例えば、図2及び図3に示すように、掘削ポイント500Aの土砂を掘削した後、上部旋回体312を旋回させて、積み込みポイント500Bに位置するダンプトラックに土砂を積み込む教示作業が行われた場合、不可視衛星推定装置110は、人工衛星200A～人工衛星200Dを、実作業においてバックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星であると推定する。

【0102】

図6の説明に戻り、不可視衛星推定装置110は、実作業においてバックホウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定すると、推定した不可視衛星の情報を、RTK-GNSS受信機120に送信する（ステップS108）。20

【0103】

RTK-GNSS受信機120は、不可視衛星推定装置110から送信された不可視衛星の情報を受信すると、受信した不可視衛星の情報を、NVRAM (Non-Volatile RAM)、フラッシュメモリ、EEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)等の不揮発性メモリに記憶し、再初期化を行う（ステップS109）。ステップS109において、RTK-GNSS受信機120は、不可視衛星推定装置110から受信した情報によって示される不可視衛星から発射される信号を用いずに再初期化を行う。30

【0104】

例えば、図2及び図3に示す人工衛星200A～人工衛星200Dを不可視衛星とする情報を不可視衛星推定装置110から受信した場合、RTK-GNSS受信機120は、人工衛星200A～人工衛星200Dから発射される信号を用いずに再初期化を行う。

【0105】

RTK-GNSS受信機120は、再初期化が終了すると、不可視衛星推定装置110から受信した情報によって示される不可視衛星から発射される信号を用いずに測位を再開する（ステップS110）。

【0106】

不可視衛星推定装置110は、RTK-GNSS受信機120が測位を再開すると、実作業を開始するようバックホウ300の搭乗者に促してもよい。不可視衛星推定装置110は、例えば、実作業を開始するよう促す画像を、キャブ312B内に設けられたディスプレイに表示する。また、不可視衛星推定装置110は、例えば、実作業を開始するよう促す音声を、キャブ312B内に設けられたスピーカから出力する。40

【0107】

バックホウ300の搭乗者は、RTK-GNSS受信機120による測位が再開されると、実作業を行うことが可能となる。バックホウ300の搭乗者は、例えば、実作業を開始するよう促されると実作業を開始する。

【0108】

以上、説明したように、本実施の形態では、人工衛星200から発射される信号を用い50

てバックハウ300の位置を決定するにあたり、バックハウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星から発射される信号を用いずに、バックハウ300の位置を決定する。

【0109】

このような構成によれば、実作業においてバックハウ300の姿勢が変化しても、バックハウ300の位置を決定する処理を継続することができる。

【0110】

また、本実施の形態では、バックハウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定し、推定された不可視衛星から発射される信号を用いずに、バックハウ300の位置を決定する。

10

【0111】

このような構成によれば、バックハウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星について特別な情報が用意されていなくても、好適にバックハウ300の位置を決定することができる。

【0112】

また、本実施の形態では、バックハウ300の形状モデル610と人工衛星200の位置情報に基づいて、不可視衛星を推定する。

【0113】

このような構成によれば、バックハウ300の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を正確に推定することができる。

20

【0114】

また、本実施の形態では、バックハウ300の姿勢の変化を計測し、計測されたバックハウ300の姿勢の変化が反映されたバックハウ300の形状モデル610と人工衛星200の位置情報に基づいて、不可視衛星を推定する。

【0115】

このような構成によれば、バックハウ300の形状モデル610と人工衛星200の位置情報に基づく不可視衛星の推定の精度を向上させることができる。

【0116】

図8は、不可視衛星推定装置110として機能するコンピュータ1000のハードウェア構成の一例を概略的に示す。本実施形態に係るコンピュータ1000は、ホストコントローラ1100により相互に接続されるCPU(Central Processing Unit)1200、RAM(Random Access Memory)1300及びグラフィックコントローラ1400を有するCPU周辺部と、入出力コントローラ1500によりホストコントローラ1100に接続されるROM(Read Only Memory)1600、通信I/F(interface)1700、ハードディスクドライブ1800及び入出力チップ1900を有する入出力部を備える。

30

【0117】

CPU1200は、ROM1600及びRAM1300に格納されたプログラムに基づいて動作し、各部の制御を行う。グラフィックコントローラ1400は、CPU1200等がRAM1300内に設けたフレーム・バッファ上に生成する画像データを取得し、ディスプレイ上に表示させる。これに代えて、グラフィックコントローラ1400は、CPU1200等が生成する画像データを格納するフレーム・バッファを、内部に含んでもよい。

40

【0118】

通信I/F1700は、有線又は無線によりネットワークを介して他の装置と通信する。また、通信I/F1700は、通信を行うハードウェアとして機能する。ハードディスクドライブ1800は、CPU1200が使用するプログラム及びデータを格納する。

【0119】

ROM1600は、コンピュータ1000が起動時に実行するブート・プログラム、及びコンピュータ1000のハードウェアに依存するプログラム等を格納する。入出力チッ

50

1900は、例えば、パラレル・ポート、シリアル・ポート、キーボード・ポート、マウス・ポート等を介して各種の入出力装置を入出力コントローラ1500へと接続する。

【0120】

RAM1300を介してハードディスクドライブ1800に提供されるプログラムは、IC(Integrated Circuit)カード等の記録媒体に格納されて利用者によって提供される。プログラムは、記録媒体から読み出され、RAM1300を介してハードディスクドライブ1800にインストールされ、CPU1200において実行される。

【0121】

コンピュータ1000にインストールされ、コンピュータ1000を不可視衛星推定装置110として機能させるプログラムは、CPU1200等に働きかけて、コンピュータ1000を、不可視衛星推定装置110の各部としてそれぞれ機能させてよい。これらのプログラムに記述された情報処理は、コンピュータ1000に読み込まれることにより、ソフトウェアと上述した各種のハードウェア資源とが協働した具体的手段であるスイッチ信号受信部111、位置情報要求部112、位置情報受信部113、計測情報要求部114、計測情報受信部115、不可視衛星推定部116、推定情報送信部117及び格納部118として機能する。そして、これらの具体的手段によって、本実施の形態におけるコンピュータ1000の使用目的に応じた情報の演算又は加工を実現することにより、使用目的に応じた特有の不可視衛星推定装置110が構築される。

10

【0122】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。そのような変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

20

【0123】

(変形例1)

上記実施の形態では、バックホウ300の姿勢の変化を計測し、計測されたバックホウ300の姿勢の変化が反映されたバックホウ300の形状モデル610と人工衛星200の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定する構成について説明した。このような構成に代えて、又はこのような構成に加えて、不可視衛星推定装置110は、バックホウ300の動作計画に基づいて、バックホウ300の姿勢の変化を特定してもよい。例えば、バックホウ300の動作計画には、バックホウ300の作業の種類と作業が行われる位置とが含まれていればよい。その場合、不可視衛星推定装置110は、バックホウ300の作業の種類の情報と、その種類の作業を行う場合に取り得るバックホウ300の姿勢の情報とを関連付けて格納部118に格納していればよい。そして、不可視衛星推定装置110は、格納部118に格納されている情報を参照して、バックホウ300の動作計画に基づいて、バックホウ300の姿勢の変化を特定すればよい。そして、不可視衛星推定装置110は、特定されたバックホウ300の姿勢の変化が反映されたバックホウ300の形状モデル610と人工衛星200の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定してもよい。

30

【0124】

このような構成によれば、バックホウ300の形状モデル610と人工衛星200の位置情報とに基づく不可視衛星の推定の精度を向上させることができる。

40

【0125】

(変形例2)

上記実施の形態では、バックホウ300の形状モデル610と人工衛星200の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定する構成について説明した。このような構成に代えて、又はこのような構成に加えて、不可視衛星推定装置110は、バックホウ300の姿勢の変化を特定可能な画像と人工衛星200の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定してもよい。バックホウ300の姿勢の変化を特定可能な画像は、例えば、人工衛星200からの直接波を遮る領域を画角して撮像された画像であればよい。その場合、不可視衛星

50

推定装置 110 は、バックホウ 300 のブーム 321 又はアーム 322 が写っていれば、画像の画角内に位置する人工衛星 200 を、バックホウ 300 の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星であると推定してもよい。

【0126】

このような構成によれば、バックホウ 300 の形状モデル 610 を用意することができなくても、バックホウ 300 の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定することができる。

【0127】

(変形例 3)

変形例 2 の形態において、バックホウ 300 に設けられたデジタルカメラを用いてバックホウ 300 の姿勢の変化を特定可能な画像を撮像し、撮像された画像と人工衛星 200 の位置情報に基づいて、不可視衛星を推定してもよい。デジタルカメラは、撮像装置の一例である。デジタルカメラは、例えば、バックホウ 300 のブーム 321 とアーム 322 の可動領域のうち、人工衛星 200 からの直接波を遮る領域が画角となるように設けられていればよい。

10

【0128】

このような構成によれば、バックホウ 300 の姿勢の変化を特定可能な画像と人工衛星 200 の位置情報に基づく不可視衛星の推定の精度を向上させることができる。

【0129】

(変形例 4)

上記実施の形態では、バックホウ 300 の形状モデル 610 と人工衛星 200 の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定する構成について説明した。このような構成に代えて、又はこのような構成に加えて、不可視衛星推定装置 110 は、バックホウ 300 の姿勢の変化を特定可能な距離の情報と人工衛星 200 の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定してもよい。バックホウ 300 の姿勢の変化を特定可能な距離は、例えば、任意の点から見て、人工衛星 200 からの直接波を遮る領域における他の点までの距離の情報であればよい。任意の点から他の点までの距離は、人工衛星 200 からの直接波を遮る領域にバックホウ 300 のブーム 321 又はアーム 322 が位置しているときに測定可能であればよい。その場合、不可視衛星推定装置 110 は、測定された距離の情報があれば、任意の点と他の点とを結ぶ直線上に位置する人工衛星 200 を、バックホウ 300 の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星であると推定してもよい。

20

【0130】

このような構成によれば、バックホウ 300 の形状モデル 610 を用意することができなくても、バックホウ 300 の姿勢が変化するときに直接波を受信できない可能性がある不可視衛星を推定することができる。

【0131】

(変形例 5)

変形例 4 の形態において、バックホウ 300 に設けられたレーザレンジファインダを用いてバックホウ 300 の姿勢の変化を特定可能な距離を計測し、計測された距離と人工衛星 200 の位置情報とに基づいて、不可視衛星を推定してもよい。レーザレンジファインダは、方向を変えながらレーザ光をパルス状に照射し、物体に反射されて返ってくるまでの時間から対象物までの距離、方向等を測定するセンサである。レーザレンジファインダは、測距装置の一例である。レーザレンジファインダは、少なくとも人工衛星 200 からの直接波を遮る領域に、レーザ光を照射し得る位置に設けられていればよい。

40

【0132】

このような構成によれば、不可視衛星推定装置 110 は、バックホウ 300 の姿勢の変化を特定可能な距離の情報と人工衛星 200 の位置情報とに基づく不可視衛星の推定の精度を向上させることができる。

【0133】

(変形例 6)

50

上記実施の形態及び変形例において、バックホウ 300 の周囲の地形の形状モデルに基づいて、不可視衛星の推定をしてよい。バックホウ 300 の周囲の地形の形状モデルは、バックホウ 300 の形状モデルと同様に用意されればよい。その場合、不可視衛星推定装置 110 は、衛星座標とアンテナ座標とを結ぶ直線がバックホウ 300 の形状モデル 610 と重なっていなくても、バックホウ 300 の周囲の地形の形状モデルと重なっている場合、衛星座標に対応する位置にある人工衛星 200 を、直接波を受信できない可能性がある不可視衛星であると決定すればよい。

【0134】

このような構成によれば、不可視衛星の推定の精度を向上させることができる。

【0135】

(変形例 7)

上記実施の形態及び変形例において、人工衛星 200 から発射される信号の信号強度に基づいて、不可視衛星を推定してもよい。人工衛星 200 から発射される信号の信号強度は、バックホウ 300 が初期姿勢を保っているときに算出された信号強度であればよい。その場合、不可視衛星推定装置 110 は、衛星座標とアンテナ座標とを結ぶ直線がバックホウ 300 の形状モデル 610 と重なっていなくても、衛星座標に対応する位置にある人工衛星 200 から発射される信号の信号強度がしきい値未満である場合、衛星座標に対応する位置にある人工衛星 200 を、直接波を受信できない可能性がある不可視衛星であると決定すればよい。

【0136】

このような構成によれば、不可視衛星の推定の精度を向上させることができる。

【0137】

特許請求の範囲、明細書及び図面中において示した装置、システム、プログラム及び方法における動作、手順、ステップ及び段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現し得ることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書及び図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

【符号の説明】

【0138】

100 衛星測位システム、110 不可視衛星推定装置、111 スイッチ信号受信部、112 位置情報要求部、113 位置情報受信部、114 計測情報要求部、115 計測情報受信部、116 不可視衛星推定部、117 推定情報送信部、118 格納部、120 RTK-GNSS 受信機、130 アンテナ、130L アンテナ、130R アンテナ、140 慣性計測装置、140A 慣性計測装置、140B 慣性計測装置、140C 慣性計測装置、150 フットスイッチ、200 人工衛星、200A 人工衛星、200B 人工衛星、200C 人工衛星、200D 人工衛星、200E 人工衛星、200F 人工衛星、200G 人工衛星、200H 人工衛星、300 バックホウ、310 本体、311 下部走行体、312 上部旋回体、312A 旋回フレーム、312B キャブ、320 バックホウアタッチメント、321 ブーム、322 アーム、323 バケットリンク、324 バケット、325 バケットシリンド、400 基準局、500A 掘削ポイント、500B 積み込みポイント、600 3DA モデル、610 形状モデル、611 モデル幾何形状、612 補足幾何形状、620 構造特性、621 属性情報、630 2 次元図面、640 モデル管理情報、1000 コンピュータ、1100 ホストコントローラ、1200 CPU、1300 RAM、1400 グラフィックコントローラ、1500 入出力コントローラ、1600 ROM、1700 通信 I/F、1800 ハードディスクドライブ、1900 入出力チップ

10

20

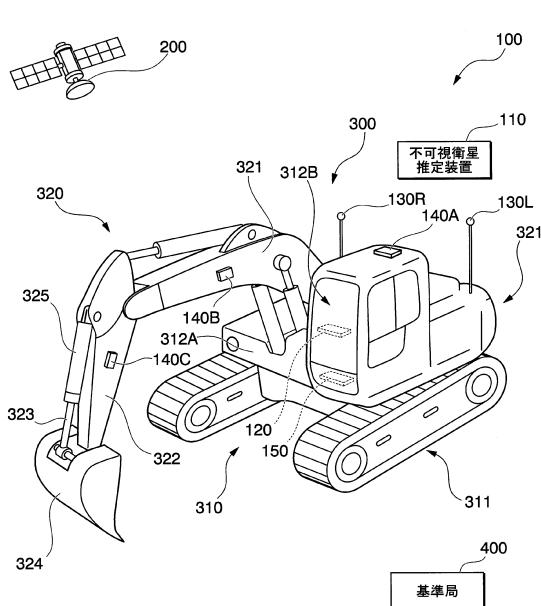
30

40

50

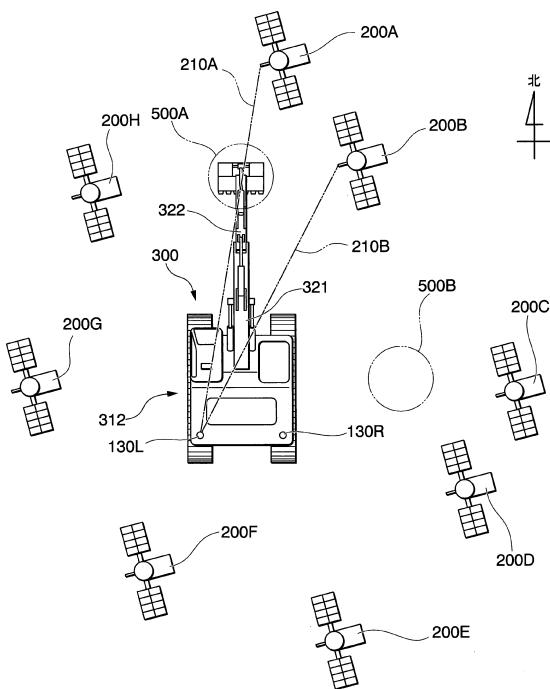
【 図面 】

【 四 1 】



1

【図2】



2

【 図 3 】

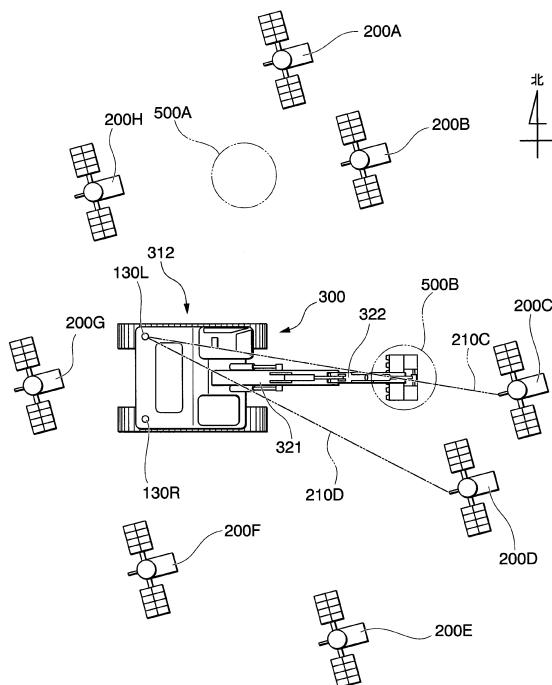


图 3

【図4】

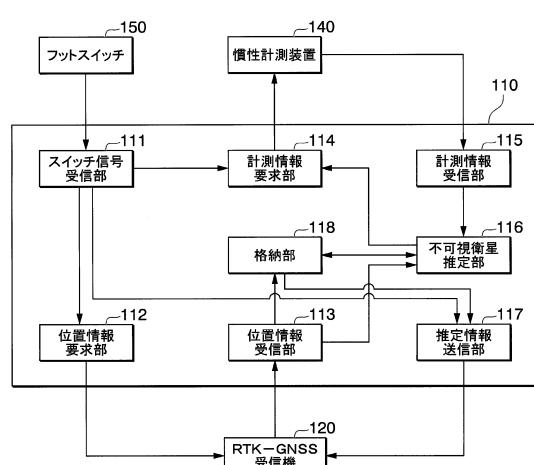
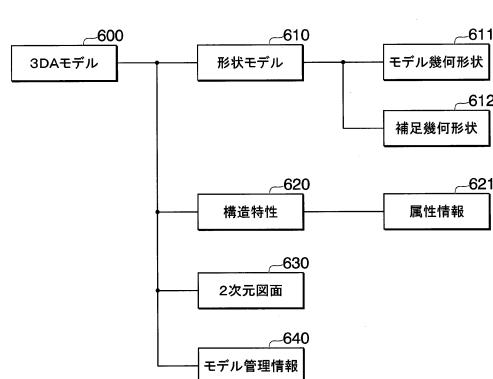
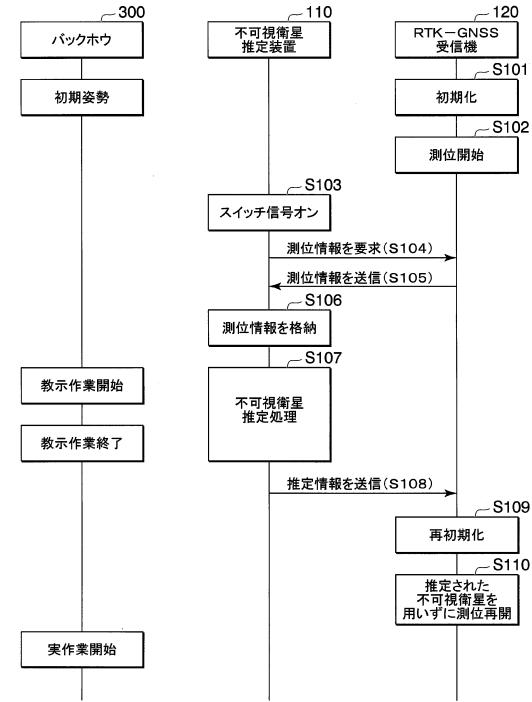


図4

【図 5】



【図 6】

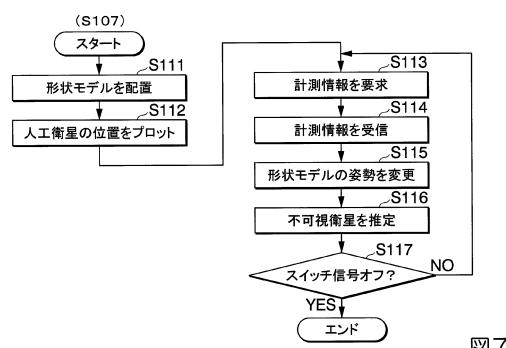


10

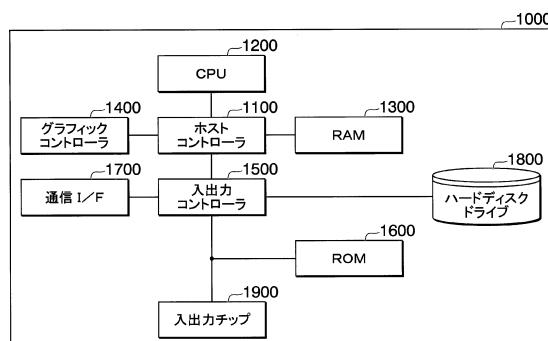
20

30

【図 7】



【図 8】



40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献
- 特開平06-213999(JP, A)
特開平10-253740(JP, A)
特開2015-002493(JP, A)
特開2014-085219(JP, A)
特開2018-054311(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- G01S 5/00 - 5/14
G01S 19/00 - 19/55
E02F 1/00 - 9/28