

(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
2020年7月30日(30.07.2020)



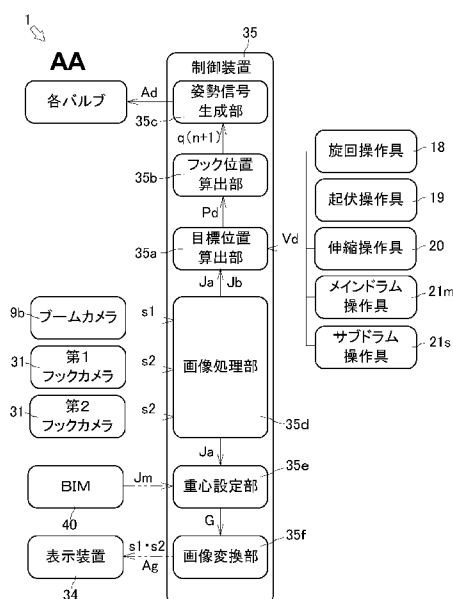
(10) 国際公開番号

WO 2020/153325 A1

- (51) 国際特許分類:
B66C 13/00 (2006.01) *B66C 13/48* (2006.01)
B66C 13/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/001847
- (22) 国際出願日: 2020年1月21日(21.01.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-009724 2019年1月23日(23.01.2019) JP
- (71) 出願人: 株式会社タダノ (TADANO LTD.)
[JP/JP]; 〒7610185 香川県高松市新田町甲 3 4 番地 Kagawa (JP).
- (72) 発明者: 南 佳 成 (MINAMI Yoshimasa);
〒7610185 香川県高松市新田町甲 3 4 番地
株式会社タダノ内 Kagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人矢野内外国特許事務所 (YANO INTERNATIONAL PATENT ATTORNEYS OFFICE, P.C.); 〒5410054 大阪府大阪市中央区南本町二丁目 2 番 9 号 辰野南本町ビル 8 階 Osaka (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: CRANE

(54) 発明の名称: クレーン



- 9b Boom camera
18 Swivel operation tool
19 Derricking operation tool
20 Telescopic operation tool
21m Main drum operation tool
21s Sub-drum operation tool
31 First hook camera, second hook camera
34 Display device
35 Control device
35a Target location calculation unit
35b Hook location calculation unit
35c Orientation signal generation unit
35d Image processing unit
35e Center-of-gravity setting unit
35f Image conversion unit
AA Valves

(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing a crane capable of detecting a suspension location of a payload, in order to enable accurate positioning of a hook at the suspension location of the payload. This crane (1) comprises: a freely derricking boom (9) provided to a swivel (7); and a sub-hook block (11) and a sub-hook (11a) suspendedly provided from the boom (9). The crane also comprises: a boom camera (9b) capable of imaging a payload (W) that is to be carried by the crane (1); hook cameras (31) capable of imaging the payload (W) from different viewpoints

KN, KP, KR, KW, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

than the boom camera (9b); and a control device (35) for controlling the crane (1). The control device (35) acquires images (s1)/(s2) obtained by imaging the payload (W) with the boom camera (9b) and the hook cameras (31), runs image processing on the images (s1)/(s2), and calculates a suspension location (Ag) of the payload (W).

(57) 要約：荷物の吊り位置にフックを精度よく位置決めすることを可能にするべく、荷物の吊り位置を検出することができるクレーンを提供することを課題とする。クレーン（１）は、旋回台（７）に起伏自在のブーム（９）が設けられるとともに、ブーム（９）から吊下げられているサブフックブロック（１１）およびサブフック（１１ａ）が設けられており、クレーン（１）による搬送対象である荷物（Ｗ）を撮影可能なブームカメラ（９ｂ）と、ブームカメラ（９ｂ）とは異なる視点から荷物（Ｗ）を撮影可能なフックカメラ（３１）と、クレーン（１）を制御する制御装置（３５）と、を備え、制御装置（３５）が、荷物（Ｗ）をブームカメラ（９ｂ）とフックカメラ（３１）により撮影した画像（ｓ１）・（ｓ２）を取得し、画像（ｓ１）・（ｓ２）を画像処理して荷物（Ｗ）の吊り位置（Ａｇ）を算出する。

明 細 書

発明の名称：クレーン

技術分野

[0001] 本発明は、クレーンに関する。

背景技術

[0002] 従来、クレーンにおいて、吊り上げた荷物を所望の設置位置まで自動運転で搬送する技術が知られている。例えば、特許文献１の如くである。

[0003] 特許文献１に記載のクレーンでは、ブーム又はジブの先端に物体の占有領域を検出するセンサを設け、所定の走査範囲に存在する物体を検出することによって、自動運転により既に据え付けてある複数の柱や構造物の間に荷物を差し込んで据え付けることを可能にしており、荷物を障害物に接触させることなく所望の設置位置に精度よく位置決めしつつ搬送することを可能にしている。

[0004] 昨今、クレーン作業の更なる自動化が期待されているが、現状のクレーンでは、荷物の吊り上げに適した位置（以下、吊り位置と呼ぶ）を検出することができないため、荷物をフックに玉掛けするときには、操縦者の操作によって荷物の近傍までフックを移動させている。即ち、特許文献１に記載されているような従来のクレーンでは、荷物の吊り位置を検出することができないため、自動的に荷物の吊り位置にフックを位置決めすることができなかった。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開２０１８－０３０６９２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明の目的は、荷物の吊り位置にフックを自動的に位置決めすることを可能にするべく、荷物の吊り位置を検出することができるクレーンを提供す

ることである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段を説明する。

[0008] 即ち、本発明に係るクレーンは、旋回台に起伏自在のブームが設けられるとともに、前記ブームから吊下げられているフックブロックおよびフックが設けられるクレーンであって、前記クレーンによる搬送対象である荷物を撮影可能な第1カメラと、前記第1カメラとは異なる視点から前記荷物を撮影可能な第2カメラと、前記クレーンを制御する制御装置と、を備え、前記制御装置が、前記荷物を前記第1カメラと前記第2カメラにより撮影した画像を取得し、前記画像を画像処理して前記荷物の吊り位置を算出することを特徴とする。

[0009] また、本発明に係るクレーンは、前記第1カメラが、前記ブームに設けられており、前記第2カメラが、前記フックブロックに設けられていることを特徴とする。

[0010] また、本発明に係るクレーンは、前記制御装置によって、算出した前記吊り位置まで前記フックを自動的に移動させることを特徴とする。

[0011] また、本発明に係るクレーンは、前記吊り位置が、前記荷物に設けた吊り具の位置であることを特徴とする。

[0012] また、本発明に係るクレーンは、前記吊り位置が、前記荷物の重心位置を通る鉛直線上において該荷物より上方に設定した位置であることを特徴とする。

[0013] また、本発明に係るクレーンは、前記制御装置が、前記画像を画像処理して前記荷物の重心位置を算出することを特徴とする。

[0014] また、本発明に係るクレーンは、前記制御装置が、前記荷物の形状情報が記憶された記憶装置と通信可能であり、前記記憶装置から前記荷物の形状情報を取得し、前記画像を画像処理した情報と前記荷物の形状情報に基づいて前記重心位置を算出することを特徴とする。

[0015] また、本発明に係るクレーンは、前記荷物が、複数の前記荷物を組み合わせて構成された複合体であることを特徴とする。

[0016] また、本発明に係るクレーンは、前記制御装置が、逆動力学モデルに基づく制御により、前記吊り位置まで前記フックを自動的に移動させることを特徴とする。

発明の効果

[0017] 本発明は、以下に示すような効果を奏する。

[0018] 本発明に係るクレーンによれば、クレーンによって荷物の吊り位置を検出することができる。これにより、検出した荷物の吊り位置にフックを自動的に位置決めすることができる。

[0019] また、本発明に係るクレーンによれば、クレーンによって荷物の吊り具を検出することができ、検出した吊り具の位置にフックを自動的に位置決めすることができる。

[0020] また、本発明に係るクレーンによれば、クレーンによって荷物の重心位置を算出し、その重心位置の情報に基づいて吊り位置を設定することができ、設定した吊り位置にフックを自動的に位置決めすることができる。

[0021] また、本発明に係るクレーンによれば、荷物が、複数の荷物を組み合わせて構成された複合体である場合に、クレーンによって荷物の重心位置を算出し、その重心位置の情報に基づいて吊り位置を設定することができ、設定した吊り位置にフックを自動的に位置決めすることができる。

[0022] また、本発明に係るクレーンによれば、フックの揺れを抑えつつ、吊り位置までフックを自動的に移動させることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]クレーンの全体構成を示す側面図である。

[図2]クレーン全体の制御構成を示すブロック図である。

[図3]クレーンの画像処理に関する制御装置の構成を示すブロック図である。

[図4]ブームカメラとフックカメラによる荷物（マーカなし）の撮影状況と撮影した映像の表示状況を示す図であり、図4Aは、ブームカメラとフック

カメラによる荷物の撮影状況を示す図、図 4 B は、表示装置における画像の表示状況を示す図である。

[図5]ブームカメラとフックカメラによる荷物（マーカーあり）の撮影状況と撮影した映像の表示状況を示す図であり、図 5 A は、ブームカメラとフックカメラによる荷物の撮影状況を示す図、図 5 B は、表示装置における画像の表示状況を示す図である。

[図6]カメラ画像の画像処理結果に基づくクレーンの自動運転の制御方法を示すフローチャートである。

[図7]クレーンの逆動力学モデルを示す図である。

[図8]クレーンの逆動力学モデルに基づく制御工程を示すフローチャートである。

[図9]複合体たる荷物の重心位置の算出方法を示す模式図である。

[図10]ブームカメラとフックカメラによる複合体たる荷物（マーカーなし）の撮影状況と撮影した映像の表示状況を示す図であり、図 10 A は、ブームカメラとフックカメラによる荷物の撮影状況を示す図、図 10 B は、表示装置における画像の表示状況を示す図である。

[図11]ブームカメラとフックカメラによる複合体たる荷物（マーカーあり）の撮影状況と撮影した映像の表示状況を示す図であり、図 11 A は、ブームカメラとフックカメラによる荷物の撮影状況を示す図、図 11 B は、表示装置における画像の表示状況を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下に、図 1 と図 2 とを用いて、本発明の一実施形態に係るクレーン（ラフテレーンクレーン）であるクレーン 1 について説明する。なお、本実施形態においてはラフテレーンクレーンを例示して説明を行うが、本発明の一実施形態に係るクレーンは、オールテレーンクレーン、トラッククレーン、積載型トラッククレーン等のその他の形態のクレーンであってもよい。

[0025] 図 1 に示すように、クレーン 1 は、不特定の場所に移動可能な移動式クレーンである。クレーン 1 は、車両 2、クレーン装置 6 を有する。

- [0026] 車両 2 は、クレーン装置 6 を搬送する走行体である。車両 2 は、複数の車輪 3 を有し、エンジン 4 を動力源として走行する。車両 2 にはアウトリガ 5 が設けられている。アウトリガ 5 は、車両 2 の幅方向両側に油圧によって延伸可能な張り出しビームと地面に垂直な方向に延伸可能な油圧式のジャッキシリンダとから構成されている。
- [0027] クレーン装置 6 は、例えば地上に置かれている荷物 W をワイヤロープに吊持されているフックにより引掛けて吊り上げることができる作業装置である。クレーン装置 6 は、旋回台 7、ブーム 9、メインフックブロック 10、サブフックブロック 11、起伏用油圧シリンダ 12、メインウインチ 13、メインワイヤロープ 14、サブウインチ 15、サブワイヤロープ 16 およびキャビン 17 等を備えている。
- [0028] 旋回台 7 は、車両 2 上でクレーン装置 6 を旋回可能に構成する回転装置である。旋回台 7 は、円環状の軸受を介して車両 2 のフレーム上に設けられる。旋回台 7 は、円環状の軸受の中心を回転中心として回転自在に構成されている。旋回台 7 には、アクチュエータである油圧式の旋回用油圧モータ 8 が設けられている。旋回台 7 は、旋回用油圧モータ 8 によって前記軸受を中心に一方向と他方向とに旋回可能に構成されている。
- [0029] 図 1 および図 2 に示すように、アクチュエータである旋回用油圧モータ 8 は、電磁比例切換弁である旋回用バルブ 23 によって回転操作される。旋回用バルブ 23 は、旋回用油圧モータ 8 に供給される作動油の流量を任意の流量に制御することができる。つまり、旋回台 7 は、旋回用バルブ 23 によって回転操作される旋回用油圧モータ 8 を介して任意の旋回速度に制御可能に構成されている。旋回台 7 には、旋回用センサ 27 が設けられている。
- [0030] ブーム 9 は、荷物 W を吊り上げ可能な状態にワイヤロープを支持する可動支柱である。ブーム 9 は、複数のブーム部材から構成されている。ブーム 9 は、ベースブーム部材の基端が旋回台 7 の略中央に揺動可能に設けられている。ブーム 9 は、各ブーム部材をアクチュエータである図示しない伸縮用油圧シリンダで移動させることで軸方向に伸縮自在に構成されている。また、

ブーム 9 には、ジブ 9 a が設けられている。

[0031] アクチュエータである図示しない伸縮用油圧シリンダは、電磁比例切換弁である伸縮用バルブ 24 によって伸縮操作される。伸縮用バルブ 24 は、伸縮用油圧シリンダに供給される作動油の流量を任意の流量に制御することができる。ブーム 9 には、ブーム 9 の長さを検出する伸縮用センサ 28 が設けられている。

[0032] 検知装置であるブームカメラ 9 b は、荷物 W および荷物 W 周辺の地物等を撮影するものである。ブームカメラ 9 b は、ブーム 9 の先端部に設けられている。ブームカメラ 9 b は、上方から地上を撮影可能であり、地上の状況（クレーン 1 周辺の地物や地形）や地上に置かれた荷物 W を撮影した画像 s 1 を取得可能に構成されている。

[0033] メインフックブロック 10 とサブフックブロック 11 とは、荷物 W を吊るものである。メインフックブロック 10 には、メインワイヤロープ 14 が巻き掛けられる複数のフックシーブと、荷物 W を吊るメインフック 10 a とが設けられている。サブフックブロック 11 には、荷物 W を吊るサブフック 11 a が設けられている。

[0034] 起伏用油圧シリンダ 12 は、ブーム 9 を起立および倒伏させ、ブーム 9 の姿勢を保持するアクチュエータである。起伏用油圧シリンダ 12 は、シリンダ部の端部が旋回台 7 に揺動自在に連結され、ロッド部の端部がブーム 9 のベースブーム部材に揺動自在に連結されている。起伏用油圧シリンダ 12 は、電磁比例切換弁である起伏用バルブ 25 によって伸縮操作される。起伏用バルブ 25 は、起伏用油圧シリンダ 12 に供給される作動油の流量を任意の流量に制御することができる。ブーム 9 には、起伏用センサ 29 が設けられている。

[0035] メインウインチ 13 とサブウインチ 15 とは、メインワイヤロープ 14 とサブワイヤロープ 16 との繰り入れ（巻き上げ）および繰り出し（巻き下げ）を行うものである。メインウインチ 13 は、メインワイヤロープ 14 が巻きつけられるメインドラムがアクチュエータである図示しないメイン用油圧

モータによって回転され、サブウインチ 15 は、サブワイヤロープ 16 が巻きつけられるサブドラムがアクチュエータである図示しないサブ用油圧モータによって回転されるように構成されている。

[0036] メイン用油圧モータは、電磁比例切換弁であるメイン用バルブ 26 m によって回転操作される。メインウインチ 13 は、メイン用バルブ 26 m によってメイン用油圧モータを制御し、任意の繰り入れおよび繰り出し速度に操作可能に構成されている。同様に、サブウインチ 15 は、電磁比例切換弁であるサブ用バルブ 26 s によってサブ用油圧モータを制御し、任意の繰り入れおよび繰り出し速度に操作可能に構成されている。メインウインチ 13 とサブウインチ 15 とには、メインワイヤロープ 14 とサブワイヤロープ 16 の繰り出し量 I をそれぞれ検出する巻回用センサ 30 が設けられている。

[0037] キャビン 17 は、操縦席を覆う筐体である。キャビン 17 は、旋回台 7 に搭載されており、図示しない操縦席が設けられている。操縦席には、車両 2 を走行操作するための操作具やクレーン装置 6 を操作するための旋回操作具 18、起伏操作具 19、伸縮操作具 20、メインドラム操作具 21 m、サブドラム操作具 21 s 等が設けられている。旋回操作具 18 は、旋回用油圧モータ 8 を操作することができる。起伏操作具 19 は、起伏用油圧シリンダ 12 を操作することができる。伸縮操作具 20 は、伸縮用油圧シリンダを操作することができる。メインドラム操作具 21 m は、メイン用油圧モータを操作することができる。サブドラム操作具 21 s は、サブ用油圧モータを操作することができる。

[0038] GNSS 受信機 22 は、全球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System) を構成する受信機であって、衛星から測距電波を受信し、受信機の位置座標である緯度、経度、標高を算出するものである。GNSS 受信機 22 は、ブーム 9 の先端とキャビン 17 とに設けられている (以下、ブーム 9 の先端とキャビン 17 とに設けられている GNSS 受信機 22 を総称して、「GNSS 受信機 22」と記す)。つまり、クレーン 1 は、クレーン 1 側 GNSS 受信機 22 によって、ブ

ーム9の先端の位置座標とキャビン17の位置座標を取得することができる。

[0039] フックカメラ31は、荷物Wの画像を撮影する機器である。フックカメラ31は、磁石等によりメインフックブロック10とサブフックブロック11とのうち、使用するフックブロックに着脱自在に設けられている。図1においては、一对のフックカメラ31・31を、メインフックブロック10に設けた場合を例示している。また、図4A及び図4B、図5A及び図5B、図7、図8においては、フックカメラ31を、サブフックブロック11に設けた場合を例示している。フックカメラ31は、クレーン装置6の制御信号によって撮影方向を変更可能に構成されている。なお、本実施形態では、メインフックブロック10の向きと荷物Wの位置関係によっては荷物Wを撮影できない場合があることを考慮して2個以上のフックカメラ31・31を設ける構成としているが、メインフックブロック10によって視界を妨げられない位置にフックカメラ31を1個設ける構成としてもよい。また、本実施形態では、ブームカメラ9b以外のカメラとして、メインフックブロック10に設けたカメラ（フックカメラ31）を例示しているが、異なる視点から荷物Wの画像を取得できる構成であればよく、メインフックブロック10に設けるフックカメラ31に代えて、例えば、キャビン17前方の荷物Wを視認できる位置にカメラを設ける構成としてもよい。

[0040] なお、複数のフックカメラ31・31のうち一のフックカメラ31は、メインフックブロック10の一側の側面に配置され、地表面の荷物Wを撮影できる第1フックカメラ31として構成されている。複数のフックカメラのうち他のフックカメラ31は、メインフックブロック10の他側の側面に配置され、地表面の荷物Wを撮影できる第2フックカメラ31として構成されている。各フックカメラ31・31は、撮影した画像s2を無線通信等によって送信することができる。

[0041] 即ち、クレーン1は、荷物Wを撮影するカメラとして、ブームカメラ9bとフックカメラ31を備えており、荷物Wを異なる方向から同時に撮影した

画像 $s_1 \cdot s_2$ を取得可能に構成されている。

[0042] 図2に示すように、通信機33は、フックカメラ31からの画像 s_2 のデータを受信する。また、通信機33は、外部サーバ等で運用されている記憶装置たるBIM (Building Information Modeling) 40から荷物Wの情報や構造物の3次元データを取得することができる。通信機33は、画像 s_2 を受信すると図示しない通信線を介して制御装置35に転送するように構成されている。通信機33は、キャビン17に設けられている。

[0043] BIM40は、コンピュータにて作成された3次元デジタルモデルについて、建築物を構成する各資材の3次元形状、材質、重量などの属性データを追加したデータベースであり、建築物の設計、施工から維持管理に至るあらゆる工程で、そのデータベース情報を活用することができる。荷物Wは、前記「建築物を構成する各資材」に含まれる。BIM40は、リアルタイムにアクセス可能な外部サーバ等により構成され、前記データベース情報が登録されている。なお、本実施形態では、荷物Wの情報が記憶されている記憶装置として、外部サーバにより構成されるBIM40を用いる場合を例示しているが、クレーン1に荷物W等の情報が予め記憶されている記憶装置を搭載し、外部との通信を行わずに、荷物Wの情報や構造物の3次元データを取得することができる構成としてもよい。

[0044] 表示装置34は、ブームカメラ9bで撮影した画像 s_1 、およびフックカメラ31で撮影した画像 s_2 を表示するとともに、これらの画像 $s_1 \cdot s_2$ を画像処理して算出した情報を重畳して表示可能に構成された出力装置である。また、表示装置34は、吊り位置を取得したい（即ち、画像処理の対象たる）荷物を操縦者が指示するための入力装置としての機能を有している。表示装置34は、画面上に表示された荷物の画像をタップすることで、画像処理の対象たる荷物を指示することができるタッチパネルや、図示しないマウス等の操作具を備えている。表示装置34は、キャビン17内に設けられている。

- [0045] 制御装置35は、各操作弁を介してクレーン1の各アクチュエータを制御する。また、制御装置35は、ブームカメラ9bやフックカメラ31で撮影した画像s1・s2の画像処理を行う。制御装置35は、キャビン17内に設けられている。制御装置35は、実体的には、CPU、ROM、RAM、HDD等がバスで接続される構成であってもよく、あるいはワンチップのLSI等からなる構成であってもよい。制御装置35は、各アクチュエータや切換え弁、センサ等の動作を制御したり画像データを処理したりするために種々のプログラムやデータが格納されている。
- [0046] 制御装置35は、旋回用センサ27、伸縮用センサ28、起伏用センサ29、起伏用センサ29および巻回用センサ30に接続され、旋回台7の旋回角度 θ_z 、伸縮長さLb、起伏角度 θ_x およびワイヤロープの繰り出し量lを取得することができる。
- [0047] 制御装置35は、図3に示すように、ブームカメラ9bに接続され、ブームカメラ9bで撮影した画像s1を取得し、表示装置34に画像s1を表示することができる。また、制御装置35は、通信機33、表示装置34に接続され、フックカメラ31で撮影した画像s2を取得し、表示装置34に画像s2を表示することができる。
- [0048] また、制御装置35は、旋回操作具18、起伏操作具19、伸縮操作具20、メインドラム操作具21mおよびサブドラム操作具21sに接続されている。そして、操縦者の手動操作によってクレーン1を運転する場合、制御装置35は、旋回操作具18、起伏操作具19、メインドラム操作具21mおよびサブドラム操作具21sのそれぞれの操作量を取得し、各種操作具の操作により生成されるサブフック11aの目標速度信号Vdを生成する。
- [0049] そして、制御装置35は、旋回操作具18、起伏操作具19、メインドラム操作具21mおよびサブドラム操作具21sの操作量（即ち、上記目標速度信号Vd）に基づいて各操作具に対応したアクチュエータ姿勢信号Adを生成する。さらに、制御装置35は、ブームカメラ9bで撮影した画像s1と、フックカメラ31で撮影した画像s2の画像処理結果に基づいて、アク

チュエータ姿勢信号 A d を生成する。

[0050] 制御装置 3 5 は、旋回用バルブ 2 3、伸縮用バルブ 2 4、起伏用バルブ 2 5、メイン用バルブ 2 6 m およびサブ用バルブ 2 6 s に接続され、旋回用バルブ 2 3、起伏用バルブ 2 5、メイン用バルブ 2 6 m およびサブ用バルブ 2 6 s にアクチュエータ姿勢信号 A d を伝達することができる。

[0051] 制御装置 3 5 は、目標位置算出部 3 5 a、フック位置算出部 3 5 b、姿勢信号生成部 3 5 c を有している。

[0052] 目標位置算出部 3 5 a は、制御装置 3 5 の一部であり、画像 s 1・s 2 を画像処理してサブフック 1 1 a の移動目標である目標位置 P d を算出する。また、フック位置算出部 3 5 b は、制御装置 3 5 の一部であり、ブームカメラ 9 b で撮影した映像の画像処理結果より、サブフック 1 1 a の現在位置情報であるフック位置 P を算出する。また、姿勢信号生成部 3 5 c は、クレーン 1 への指令信号であるアクチュエータ姿勢信号 A d を算出する。

[0053] このように構成されるクレーン 1 は、車両 2 を走行させることで任意の位置にクレーン装置 6 を移動させることができる。また、クレーン 1 は、起伏操作具 1 9 の操作によって起伏用油圧シリンダ 1 2 でブーム 9 を任意の起伏角度 $\theta \times$ に起立させて、伸縮操作具 2 0 の操作によってブーム 9 を任意のブーム 9 長さに延伸させたりすることでクレーン装置 6 の揚程や作業半径を拡大することができる。また、クレーン 1 は、サブドラム操作具 2 1 s 等によってサブフック 1 1 a を上下に移動させ、旋回操作具 1 8 の操作によって旋回台 7 を旋回させることで、サブフック 1 1 a を任意の位置に移動させることができる。

[0054] また、クレーン 1 は、各操作具の操作によらず、制御装置 3 5 によって、サブフック 1 1 a を所定位置に自動的に移動させることができる。ここでいう所定位置は、荷物 W を玉掛けするのに適したサブフック 1 1 a の位置であり、例えば、荷物 W に付設された吊り具の位置や、荷物 W の重心の上方の位置である。以下では、このような所定位置を、吊り位置 A g と呼ぶ。そして、クレーン 1 は、荷物 W を搬送する前の時点で、自動運転によって、サブフ

ック 11 a を荷物 W の吊り位置 A g まで移動させることができる。

[0055] 制御装置 35 は、図 3 に示すように、ブームカメラ 9 b およびフックカメラ 31 で撮影した画像 s 1・s 2 を画像処理部 35 d が取得し画像処理を行うことで、画像処理部 35 d が、荷物 W の 3 次元形状に係る情報である 3 次元形状情報 J a を生成する。制御装置 35 は、生成した 3 次元形状情報 J a に基づいて、荷物 W の状態（重心位置、設置位置、姿勢等）に対応したアクチュエータ姿勢信号 A d を生成する。

[0056] このように構成されるクレーン 1 は、制御装置 35 による荷物 W に係る画像 s 1・s 2 の画像処理結果に基づいて、自動的に起伏用油圧シリンダ 12 でブーム 9 を任意の起伏角度 $\theta \times$ に起立させるとともに、自動的にブーム 9 を任意のブーム 9 長さに延伸させたりすることができる。また、クレーン 1 は、制御装置 35 による荷物 W に係る画像の画像処理結果に基づいて、自動的にサブフック 11 a を上下の任意の位置に移動させたり、自動的に旋回台 7 を任意の旋回角度に旋回させたりすることで、自動的にサブフック 11 a を任意の位置に移動させることができる。

[0057] なお、クレーン 1 は、自動運転によって、荷物 W を所定の位置に設置したときの該荷物 W の直上の位置にサブフック 11 a を移動させることによって、荷物 W を自動運転で所定位置に設置する用途にも活用できる。B I M 40 に登録されている荷物 W の情報に、荷物 W の設置位置に係る情報が含まれている場合には、クレーン 1 は、荷物 W の設置位置まで、自動的に荷物 W を搬送することも可能になる。

[0058] 次に、クレーン 1 の自動運転を実現するための構成について、さらに詳細に説明する。ここではまず、クレーン 1 における荷物 W を検出するための構成について説明する。

[0059] 制御装置 35 は、荷物 W をブームカメラ 9 b で撮影した画像 s 1 と、それと同時に同じ荷物 W をフックカメラ 31 で撮影した画像 s 2 を画像処理部 35 d で取得する。画像処理部 35 d は、各画像 s 1・s 2 からステレオカメラの原理に基づいて画像処理を行い、サブフック 11 a と荷物 W との距離の

情報や、荷物Wの3次元形状に係る情報（以下、3次元形状情報J aと呼ぶ）を算出する。3次元形状情報J aは、荷物Wの外形形状に係る情報であり、寸法情報を含んでいる。

[0060] 制御装置35は、重心設定部35eによって、算出した3次元形状情報J aと、BIM40に登録されている荷物Wの3次元形状に係る情報（以下、マスター情報J mと呼ぶ）とを照合し、3次元形状情報J aに外形形状および寸法が一致するマスター情報J mを探索する。そして、重心設定部35eは、3次元形状情報J aに一致するマスター情報J mを検出したときに、そのマスター情報J mを、画像s1・s2に係る荷物Wの情報として紐付ける。

[0061] マスター情報J mは、BIM40に登録されている情報であり、荷物Wの3次元形状、重量、重心位置、等に関する情報が、荷物Wの種類ごとに準備されている。マスター情報J mは、クレーン1によって搬送することが予定されている各荷物Wについて、BIM40に予め入力しておくことにより準備される。

[0062] 次に、検出した荷物Wを表示する表示装置34の構成について、さらに詳細に説明する。

[0063] 図3に示すように、クレーン1は、表示装置34を備えている。表示装置34は、ブームカメラ9bで撮影した画像s1を表示可能なディスプレイ34a（図4B参照）を備えており、各カメラ9b・31によって荷物Wを上方からリアルタイムで撮影した画像s1・s2を表示することができる。また、表示装置34は、重心設定部35eで設定した荷物Wの重心位置Gに係る情報を画像変換部35fで画像に変換し、画像s1・s2に重畳させて表示することができる。このような構成により、操縦者は、荷物Wの重心位置Gを表示装置34のディスプレイ34a上で確認することができる。

[0064] 図4Bに示すように、クレーン1では、表示装置34に、荷物Wの画像s1・s2および重心位置Gが表示されている。制御装置35は、算出した荷物Wの重心位置Gに基づいて、荷物Wの吊り位置A gを設定する。制御装置

35は、図4Bに示すように、設定した吊り位置A_gとサブフック11aのフック位置Pを、マーカーMを含む画像s₁・s₂に重畳させて表示装置34のディスプレイ34aに表示する。操縦者は、表示装置34によって、サブフック11aのフック位置Pと吊り位置A_gとの位置関係を的確に把握することができる。また、操縦者は、ディスプレイ34aに表示されている画像を見ながら、吊り位置A_g（重心位置G）にサブフック11aの位置が一致するように操作を行って、サブフック11aを吊り位置A_gに配置することも可能である。

[0065] また、表示装置34は、図4Bに示すように、ディスプレイ34a上に吊り位置A_gに対するサブフック11aの距離が、XYZの各軸方向の距離として数値で表示されるように構成されており、操縦者がこの数値を見ることで、例えば、高さ方向におけるサブフック11aと吊り位置A_gとの距離を把握することができるように構成されている。

[0066] なお、表示装置34は、フックカメラ31が荷物Wに対して所定の距離未満に接近したときには、ブームカメラ9bが撮影した画像s₁に代えて、フックカメラ31で撮影した画像s₂を表示することができるように構成されている。フックカメラ31は、ブームカメラ9bに比して、荷物Wにより接近した位置で該荷物Wを撮影でき、荷物Wのより詳細（高精細）な画像を取得することができる。このため、各カメラ9b・31と荷物Wとの距離に応じて、表示するカメラ画像を切り替えることで、フックカメラ31が荷物Wに接近するほど画像処理による重心位置Gの算出精度が向上し、ひいては、サブフック11aの位置決め精度を向上させることができる。

[0067] 次に、クレーン1における荷物Wの重心位置Gを検出するための構成について説明する。

[0068] 制御装置35は、算出した3次元形状情報J_aから、荷物Wの姿勢に係る情報（以下、姿勢情報J_bと呼ぶ）を特定する。姿勢情報J_bは、荷物Wの姿勢（どのような向きで配置されているか）に係る情報である。また、制御装置35は、紐付けされたマスター情報J_mから、荷物Wの重心位置Gを取

得し、姿勢情報 J b と重心位置 G とに基づいて、荷物 W の重心位置 G の 3 次元座標を特定する。

[0069] なお、上記説明は、図 4 A 及び図 4 B に示すように、制御装置 3 5 によって、荷物 W をブームカメラ 9 b で撮影した画像 s 1 と、それと同時に同じ荷物 W をフックカメラ 3 1 で撮影した画像 s 2 から、ステレオカメラの原理に基づいて画像処理を行い荷物 W の 3 次元形状情報 J a を算出する構成を示したが、荷物 W の 3 次元形状情報 J a の算出方法はこれに限定されない。

[0070] あるいは、クレーン 1 は、図 5 A に示すように、荷物 W の表面に複数のマーカ M を設けて、ブームカメラ 9 b とフックカメラ 3 1 でマーカ M を読み取ることによって、荷物 W の 3 次元形状情報 J a および姿勢情報 J b を取得する構成としてもよい。例えば、荷物 W の各側面（例えば各コーナー部）に、それぞれ種類（色・形状・模様等）が異なるマーカ M を配置しておき、3 個以上のマーカ M をブームカメラ 9 b およびフックカメラ 3 1 で撮影することによって、その 3 個以上のマーカ M の相対的な位置関係から姿勢情報 J b を取得する。クレーン 1 は、マーカ M より荷物 W のマスター情報 J m を特定して、3 次元形状情報 J a を取得することができ、さらに、各マーカ M の位置関係より姿勢情報 J b を取得することができる。なお、荷物 W に対してどのようなマーカ M をどのような配置で設けているかに係る情報は、B I M 4 0 あるいは制御装置 3 5 に予め登録しておく。

[0071] 次に、クレーン 1 における荷物 W の吊り位置 A g を設定するための構成について説明する。

[0072] 制御装置 3 5 は特定した重心位置 G に基づいて、その直上に吊り位置 A g を設定する。吊り位置 A g は、荷物 W の重心位置 G を通る鉛直線上の位置であり、図 4 A に示すように、重心位置 G から鉛直上方に所定の距離 H だけ離間した位置である。距離 H は、荷物 W の大きさや玉掛けに用いる吊ワイヤーの長さ等を考慮して設定される。吊り位置 A g は、3 次元座標として設定される。

[0073] なお、例えば、アイボルト等の吊り具が荷物 W に付設されており、当該ア

イボルトが荷物Wの吊り位置A_gとなる場合には、画像s₁・s₂に基づく画像処理結果によって、吊り具の存在およびその吊り具位置を特定して吊り位置A_gを設定したり、あるいは、荷物Wに係る吊り具の情報を予めBIM40に登録しておき、BIM40に登録されている吊り具の情報（吊り具位置）から吊り位置A_gを設定したりすることができる。

[0074] あるいは、制御装置35は、図5Bに示すように、設定した吊り位置A_gとサブフック11aのフック位置Pを、マーカーMを含む画像s₁・s₂に重畳させて表示装置34のディスプレイ34aに表示する。操縦者は、表示装置34によって、サブフック11aのフック位置Pと吊り位置A_gとの位置関係を的確に把握することができる。

[0075] 次に、サブフック11aを吊り位置A_gに移動させる制御方法について説明する。ここではまず、サブフック11aを吊り位置A_gに移動させる第1の制御方法について説明する。

[0076] 第1の制御方法による吊り位置A_gへのサブフック11aの自動移動方法では、まず、クレーン1の操縦者が、表示装置34のディスプレイ34aの表示を見ながら、搬送対象たる荷物Wをブームカメラ9bによって撮影できる状態とするようにクレーン1を操作する。そして、操縦者は、ディスプレイ34aに表示されている荷物Wのうち、搬送対象の荷物Wを指定する（例えば、画面をタップする）。クレーン1は、操縦者によって、搬送対象たる荷物Wを指定する操作を行うことによって、以下の自動運転が開始される。

[0077] 自動運転が開始されると、図6に示すように、制御装置35の目標位置算出部35aは、各カメラ9b・31から画像s₁・s₂を単位時間t毎に取得し、画像s₁・s₂を画像処理して得た3次元形状情報J_aおよび姿勢情報J_bから荷物Wの種類を特定するとともに、目標位置P_dを算出する。そして、目標位置算出部35aは、BIM40に登録されている荷物Wのマスター情報J_mに基づいて目標位置P_dを算出する。目標位置P_dは、荷物Wの重心位置Gおよび吊り位置A_gに係る情報を含んでいる。

[0078] 次に、フック位置算出部35bは、ブームカメラ9bで撮影した画像s₁

の画像処理結果より、サブフック 11a の現在位置情報であるフック位置 P を算出する。

[0079] 次に、姿勢信号生成部 35c は、現在のフック位置 P と設定した目標位置 P d との相対距離 D p を算出する。ここで、姿勢信号生成部 35c は、ブームカメラ 9b とフックカメラ 31 によって撮影した画像の画像処理結果から相対距離 D p を算出する。

[0080] 次に、姿勢信号生成部 35c は、算出した相対距離 D p に基づいて逆モデル計算を行い、フック位置 P を目標位置 P d に一致させるためのブーム姿勢角（旋回角度 θ_z 、伸縮長さ l b、起伏角度 θ_x ）とワイヤロープの繰り出し量 l のフィードフォワード量（F F 量とも呼ぶ）を算出する。なお、逆モデル計算とは、望ましい運動結果から、それを実現するために必要な運動司令を計算するものである。

[0081] これと同時に、姿勢信号生成部 35c は、各センサが検出したクレーン情報より現在のフック位置 P をフィードバックして、目標位置 P d との差分に基づいて逆モデル計算を行い、フック位置 P を目標位置 P d に一致させるためのブーム姿勢角（旋回角度 θ_z 、伸縮長さ l b、起伏角度 θ_x ）とワイヤロープの繰り出し量 l のフィードバック量（F B 量とも呼ぶ）を算出する。

[0082] 次に、姿勢信号生成部 35c は、F F 量と F B 量を合算して、クレーン 1 への指令信号であるアクチュエータ姿勢信号 A d を算出する。

[0083] このように構成される制御装置 35 を備えたクレーン 1 では、制御装置 35 によって、算出したアクチュエータ姿勢信号 A d を各バルブに出力することによって、フック位置 P を目標位置 P d に近づけていく。そして、制御装置 35 は、フック位置 P と目標位置 P d が一致するまで、所定の周期にてアクチュエータ姿勢信号 A d の算出を繰り返し実行する。なお、制御装置 35 は、フック位置 P と目標位置 P d との距離が所定の閾値以下となったときにフック位置 P と目標位置 P d が一致したものと判断する。最終的なフック位置 P は、アクチュエータ姿勢信号 A d に基づくクレーン 1 の動作に、外乱 D の影響が加わった結果として定められる。

[0084] このような制御方法を採用したクレーン1では、ブームカメラ9bとフックカメラ31で撮影した画像に基づいて目標位置Pdを算出しており、距離情報から位置制御を実施するようにしているため、速度制御による位置合わせに比べて、位置合わせの誤差を小さくすることができる。

[0085] 次に、サブフック11aを吊り位置Agに移動させるための第2の制御方法について説明する。なお、自動運転が開始されるまでの手順は、上述した第1の制御方法の場合と同様とすることができる。そして、自動運転が開始されると、以下に示す制御方法が実行される。

[0086] クレーン1において、サブフック11aを吊り位置Agに移動させるための第2の制御方法では、図8に示すように、クレーン1の逆動力学モデルを定める。逆動力学モデルは、グローバル座標系であるXYZ座標系に定義され、原点Oをクレーン1の旋回中心とする。原点Oのグローバル座標は、GNSS受信機22から取得するものとする。qは、例えばブーム9先端の現在位置座標q(n)を示し、pは、例えばサブフック11aの現在位置座標p(n)を示す。lbは、例えばブーム9の伸縮長さlb(n)を示し、 θ_x は、例えば起伏角度 $\theta_x(n)$ を示し、 θ_z は、例えば旋回角度 $\theta_z(n)$ を示す。lは、例えばワイヤロープの繰り出し量l(n)を示し、fはワイヤロープの張力fを示し、eは、例えばワイヤロープの方向ベクトルe(n)を示す。

[0087] このように定まる逆動力学モデルにおいてブーム9の先端の目標位置qとサブフック11aの目標位置pとの関係が、サブフック11aの目標位置pとサブフック11aの質量mとワイヤロープのばね定数kfとから式(1)によって表され、ブーム9の先端の目標位置qが、サブフック11aの時間の関数である式(2)によって算出される。

[数1]

$$m\ddot{p} = mg + f = mg + k_f(q - p) \cdots (1)$$

[数2]

$$q(t) = p(t) + l(t, \alpha) e(t) = q(p(t), \dot{p}(t), \alpha) \cdots (2)$$

f : ワイヤロープの張力、 k_f : バネ定数、 m : サブフック 11a の質量、 q : ブーム 9 の先端の現在位置または目標位置、 p : サブフック 11a の現在位置または目標位置、 l : ワイヤロープの繰り出し量、 e : 方向ベクトル、 g : 重力加速度

[0088] ローパスフィルタ L_p は、所定の周波数以上の周波数を減衰させるものである。目標位置算出部 35a は、目標位置 P_d の信号にローパスフィルタ L_p を適用することにより微分操作による特異点（急激な位置変動）の発生を防止している。本実施形態において、ローパスフィルタ L_p は、ばね定数 k_f の算出時における四階微分に対応するため四次のローパスフィルタ L_p を用いているが、所望する特性に合わせた次数のローパスフィルタ L_p を適用することができる。式（3）における a 、 b は係数である。

[0089] [数3]

$$G(s) = \frac{a}{(s+b)^4} \cdots (3)$$

[0090] ワイヤロープの繰り出し量 $l(n)$ は、以下の式（4）から算出される。

ワイヤロープの繰り出し量 $l(n)$ は、ブーム 9 の先端位置であるブーム 9 の現在位置座標 $q(n)$ とサブフック 11a の位置であるサブフック 11a の現在位置座標 $p(n)$ の距離で定義される。つまり、ワイヤロープの繰り出し量 $l(n)$ は、玉掛け具の長さを含んでいる。

[0091] [数4]

$$l(n)^2 = |q(n) - p(n)|^2 \cdots (4)$$

[0092] ワイヤロープの方向ベクトル $e(n)$ は、以下の式（5）から算出される。

ワイヤロープの方向ベクトル $e(n)$ は、ワイヤロープの張力 f (式(1)参照)の単位長さのベクトルである。ワイヤロープの張力 f は、サブフック 11a の現在位置座標 $p(n)$ と単位時間 t 経過後のサブフック 11a の目標位置座標 $p(n+1)$ から算出されるサブフック 11a の加速度から重力加速度を減算したものである。

[0093] [数5]

$$e(n) = \frac{f}{|f|} = \frac{\ddot{p}(n) - g}{|\ddot{p}(n) - g|} \cdots (5)$$

[0094] 単位時間 t 経過後のブーム 9 先端の目標位置であるブーム 9 の目標位置座標 $q(n+1)$ は、以下の式(1)を n の関数で表した式(6)から算出される。ここで、 α は、ブーム 9 の旋回角度 $\theta_z(n)$ を示している。

ブーム 9 の目標位置座標 $q(n+1)$ は、逆動力学を用いてワイヤロープの繰り出し量 $l(n)$ とサブフック 11a の目標位置座標 $p(n+1)$ と方向ベクトル $e(n+1)$ とから算出される。

[0095] [数6]

$$q(n+1) = p(n+1) + l(n, \alpha) e(t+1) = q(p(n+1), \ddot{p}(n+1), \alpha) \cdots (6)$$

[0096] ここで、上述した第 2 の制御方法を実現する制御装置 35 の構成について説明する。目標位置算出部 35a は、各カメラ 9b・31 から画像 $s_1 \cdot s_2$ を単位時間 t 毎に取得することができ、画像 $s_1 \cdot s_2$ を画像処理して得た 3 次元形状情報 J_a および姿勢情報 J_b から荷物 W の種類を特定するとともに、目標位置 P_d を算出する。

[0097] フック位置算出部 35b は、ブームカメラ 9b で撮影した画像 s_1 の画像処理結果より、サブフック 11a の現在位置情報であるフック位置 P を算出する。また、フック位置算出部 35b は、ブーム 9 の姿勢情報からブーム 9 の先端の位置座標を算出するとともに、巻回用センサ 30 からメインワイヤロープ 14 またはサブワイヤロープ 16 (以下、単に「ワイヤロープ」と記

す)の繰り出し量 $l(n)$ を取得し、サブフック11aの位置座標としてフック位置 P を算出してもよい。この場合、フック位置算出部35bは、旋回用センサ27から旋回台7の旋回角度 $\theta_z(n)$ を取得し、伸縮用センサ28から伸縮長さ $l_b(n)$ を取得し、起伏用センサ29から起伏角度 $\theta_x(n)$ を取得する。

[0098] そして、フック位置算出部35bは、取得した現在のフック位置 P であるサブフック11aの現在位置座標 $p(n)$ を算出し、取得した旋回角度 $\theta_z(n)$ 、伸縮長さ $l_b(n)$ 、起伏角度 $\theta_x(n)$ からブーム9先端の現在位置であるブーム9の先端(ワイヤロープの繰り出し位置)の現在位置座標 $q(n)$ (以下、単に「ブーム9の現在位置座標 $q(n)$ 」と記す)を算出することができる。

[0099] また、フック位置算出部35bは、サブフック11aの現在位置座標 $p(n)$ とブーム9の現在位置座標 $q(n)$ とからワイヤロープの繰り出し量 $l(n)$ を算出することができる。さらに、フック位置算出部35bは、サブフック11aの現在位置座標 $p(n)$ と単位時間 t 経過後のサブフック11aの目標位置であるサブフック11aの目標位置座標 $p(n+1)$ とからサブフック11aが吊り下げられているワイヤロープの方向ベクトル $e(n+1)$ を算出することができる。フック位置算出部35bは、逆動力学を用いてサブフック11aの目標位置座標 $p(n+1)$ と、ワイヤロープの方向ベクトル $e(n+1)$ とから単位時間 t 経過後のブーム9先端の目標位置であるブーム9の目標位置座標 $q(n+1)$ を算出するように構成されている。

[0100] 姿勢信号生成部35cは、単位時間 t 経過後のブーム9の目標位置座標 $q(n+1)$ からアクチュエータ姿勢信号 A_d を生成する。姿勢信号生成部35cは、フック位置算出部35bから単位時間 t 経過後のブーム9の目標位置座標 $q(n+1)$ を取得することができる。姿勢信号生成部35cは、旋回用バルブ23、伸縮用バルブ24、起伏用バルブ25、メイン用バルブ26mまたはサブ用バルブ26sへのアクチュエータ姿勢信号 A_d を生成するように構成されている。

- [0101] ここで、図8を用いて、制御装置35におけるアクチュエータ姿勢信号A_dを生成するためのサブフック11aの目標位置P_dの算出およびブーム9の先端の目標位置座標 $q(n+1)$ の算出工程について記載する。
- [0102] 図8に示すように、ステップS100において、制御装置35は、目標位置算出工程Aを開始する。制御装置35は、取得した荷物Wの重心位置Gより吊り位置A_gを単位時間 t 毎に算出して目標位置算出工程Aが終了するとステップをステップS200に移行させる。
- [0103] ステップ200において、制御装置35は、フック位置算出工程Bを開始する。制御装置35は、サブフック11aの現在位置座標 $p(n)$ 、ブーム9の現在位置座標 $q(n)$ からブーム9の目標位置座標 $q(n+1)$ を算出してフック位置算出工程Bが終了するとステップをステップS300に移行させる。
- [0104] ステップ300において、制御装置35は、作動信号生成工程Cを開始する。制御装置35は、旋回台7の旋回角度 $\theta_z(n+1)$ 、伸縮長さ $L_b(n+1)$ 、起伏角度 $\theta_x(n+1)$ 、ワイヤロープの繰り出し量 $l(n+1)$ から旋回用バルブ23、伸縮用バルブ24、起伏用バルブ25、メイン用バルブ26_mまたはサブ用バルブ26_sのアクチュエータ姿勢信号A_dをそれぞれ生成し、作動信号生成工程Cを終了してステップをステップS100に移行させる。
- [0105] 制御装置35は、目標位置算出工程Aとフック位置算出工程Bと作動信号生成工程Cとを繰り返すことで、ブーム9の目標位置座標 $q(n+1)$ を算出し、単位時間 t 経過後に、ワイヤロープの繰り出し量 $l(n+1)$ とサブフック11aの現在位置座標 $p(n+1)$ とサブフック11aの目標位置座標 $p(n+2)$ からワイヤロープの方向ベクトル $e(n+2)$ を算出し、ワイヤロープの繰り出し量 $l(n+1)$ とワイヤロープの方向ベクトル $e(n+2)$ とから、更に単位時間 t 経過後のブーム9の目標位置座標 $q(n+2)$ を算出する。つまり、制御装置35は、ワイヤロープの方向ベクトル $e(n)$ を算出し、逆動力学を用いてサブフック11aの現在位置座標 $p(n+1)$

1) とサブフック 11a の目標位置座標 $p(n+1)$ とワイヤロープの方向ベクトル $e(n)$ とから単位時間 t 後のブーム 9 の目標位置座標 $q(n+1)$ を順次算出する。制御装置 35 は、ブーム 9 の目標位置座標 $q(n+1)$ に基づいてアクチュエータ姿勢信号 A_d を生成するフィードフォワード制御によって各アクチュエータを制御している。

[0106] このような制御方法を採用することで、クレーン 1 は、ブームカメラ 9b とフックカメラ 31 で撮影した画像に基づいて目標位置 P_d を算出しているので、距離情報から位置制御を実施するようにしているため、従来行われていた速度制御による位置合わせに比べて、位置合わせの誤差を小さくすることができる。また、クレーン 1 は、目標位置 P_d とフック位置 P の距離を基準としてブーム 9 の制御信号を生成するとともに、操縦者の意図する目標軌道に基づいてブーム 9 の制御信号が生成されるフィードフォワード制御が適用されている。このため、クレーン 1 は、操作信号に対する応答遅れが小さく、応答遅れによる荷物 W の揺れを抑制している。また、逆動力学モデルを構築し、ワイヤロープの方向ベクトル $e(n)$ とサブフック 11a の現在位置座標 $p(n+1)$ とサブフック 11a の目標位置座標 $p(n+1)$ とからブーム 9 の目標位置座標 $q(n+1)$ が算出されるので加減速等による過渡状態の誤差が生じない。更に、ブーム 9 の目標位置座標 $q(n+1)$ を算出する際の微分操作によって生じる特異点を含む周波数成分が減衰されるので、ブーム 9 の制御が安定する。これにより、サブフック 11a を目標位置たる吊り位置 A_g に移動させる際に、サブフック 11a の揺れを抑制させることができる。

[0107] 次に、図 9 を用いて、荷物 W が複数の荷物を結合した複合体である場合の重心位置 G の算出方法について説明する。ここでは、荷物 W が、二つの荷物 W_a と荷物 W_a が地組みされた（結合された）複合体である場合の重心位置 G の算出方法を例示して説明する。

[0108] 荷物 W_a は、BIM40 に登録された情報により重量 A と重心位置 G_a が既知である。また、荷物 W_b は、BIM40 に登録された情報により重量 B

と重心位置 G_b が既知である。荷物 W_a と荷物 W_b を結合して荷物 W を形成した場合、荷物 W の重量は $(A + B)$ である。また、荷物 W の重心位置 G は、重心位置 G_a と重心位置 G_b とを結ぶ直線 X_g 上に位置することとなる。そして、荷物 W の重心位置 G が直線 X_g 上のどの位置となるかは、荷物 W_a と荷物 W_b の重量比により定まる。

[0109] クレーン 1 では、各荷物 $W_a \cdot W_b$ に係る情報を B I M 4 0 から取得することができるため、制御装置 3 5 が、B I M 4 0 から各荷物 $W_a \cdot W_b$ の情報（重量、重心位置、姿勢、結合後の形状）を取得し、上記演算を行うことによって結合体たる荷物 W の重心位置 G を算出することができる。なお、荷物 W が 3 個以上の荷物からなる複合体である場合には、上記計算の応用により、荷物 W における重心位置 G を算出することができる。なお、荷物 W_a と荷物 W_b を地組みしてからクレーン 1 による揚重を行う予定が予め判っている場合には、B I M 4 0 に、複合体たる荷物 W の情報（重量、重心位置、姿勢、形状）を予め登録しておいて、この複合体たる荷物 W の情報を直接利用する構成としてもよい。

[0110] 次に、複合体たる荷物 W を検出するための構成について説明する。ここでは、荷物 W が、3 つの荷物 W_1 、 W_2 、 W_3 の複合体である場合を例示して説明する。

[0111] 制御装置 3 5 は、図 1 0 A に示すように、3 つの荷物 W_1 、 W_2 、 W_3 からなる荷物 W をブームカメラ 9 b で撮影した各画像 $s_1 \cdot s_1 \cdot s_1$ と、それと同時に同じ荷物 W をフックカメラ 3 1 で撮影した画像 $s_2 \cdot s_2 \cdot s_2$ を画像処理部 3 5 d で取得する。画像処理部 3 5 d は、各画像 $s_1 \cdot s_2$ からステレオカメラの原理に基づいて画像処理を行い、荷物 W の 3 次元形状情報 J_a を算出する。

[0112] 制御装置 3 5 は、3 次元形状情報 J_a に基づいて、荷物 W が 3 つの荷物 W_1 、 W_2 、 W_3 から構成されていることを検出する。そして、制御装置 3 5 は、3 つの荷物 W_1 、 W_2 、 W_3 のそれぞれについて、個別の 3 次元形状情報 J_{a1} 、 J_{a2} 、 J_{a3} を算出する。

[0113] 制御装置35は、重心設定部35eによって、算出した各3次元形状情報J a 1、J a 2、J a 3と、B I M 4 0に登録されているマスター情報J mとを照合し、各3次元形状情報J a 1、J a 2、J a 3に外形形状および寸法が一致するマスター情報J m 1、J m 2、J m 3を探索する。そして、重心設定部35eは、各3次元形状情報J a 1、J a 2、J a 3に一致する各マスター情報J m 1、J m 2、J m 3を検出したときに、その各マスター情報J m 1、J m 2、J m 3を、画像s 1・s 2に係る各荷物W 1、W 2、W 3の情報としてそれぞれに紐付けする。

[0114] 次に、複合体たる荷物Wの重心位置Gを検出するための構成について説明する。

[0115] 制御装置35は、算出した各3次元形状情報J a 1、J a 2、J a 3から、荷物Wを構成する各荷物W 1、W 2、W 3の姿勢に係る姿勢情報J b 1、J b 2、J b 3を特定する。また、制御装置35は、紐付けされたマスター情報J mから、各荷物Wの重心位置G 1、G 2、G 3を取得し、各姿勢情報J b 1、J b 2、J b 3と重心位置G 1、G 2、G 3とに基づいて、荷物Wの重心位置Gの3次元座標を特定する。

[0116] そして、制御装置35は、算出した荷物Wの重心位置Gに基づいて、荷物Wの吊り位置A gを設定する。制御装置35は、図10Bに示すように、荷物Wに設定した吊り位置A gとサブフック11aのフック位置Pを、画像s 1・s 2に重畳させて表示装置34のディスプレイ34aに表示する。操縦者は、表示装置34によって、サブフック11aのフック位置Pと吊り位置A gとの位置関係を的確に把握することができる。

[0117] なお、上記説明は、制御装置35によって、荷物W 1、W 2、W 3を個別に捉えて、複合体たる荷物Wの重心位置Gを算出する場合を例示しているが、複合体たる荷物Wとして3次元形状情報J aがB I M 4 0に登録されている場合には、荷物Wを一体として捉えて、B I M 4 0の3次元形状情報J aを利用して複合体たる荷物Wの姿勢情報J bを算出し、制御装置35によって、3次元形状情報J aと姿勢情報J bから複合体たる荷物Wの重心位置G

を直接算出する構成としてもよい。

[0118] あるいは、荷物Wが、3つの荷物W1、W2、W3の複合体である場合において、クレーン1は、各荷物W1、W2、W3に設けたマーカーMに基づいて、荷物Wの3次元形状情報J aや姿勢情報J bを取得して、荷物Wの重心位置Gを算出し、吊り位置A gを設定する構成としてもよい。

[0119] クレーン1は、図11Aに示すように、荷物Wの表面に設けた複数のマーカーMをブームカメラ9 bとフックカメラ31で読み取ることによって、荷物Wの3次元形状情報J aおよび姿勢情報J bを取得することができる。

[0120] この場合、制御装置35は、荷物W1、W2、W3を個別に捉えて、各重心位置G1、G2、G3を算出してから荷物Wの重心位置Gを算出してもよいし、複合体たる荷物Wの3次元形状情報J aがBIM40に登録されている場合には、荷物Wを一体として捉えて、制御装置35によって、マーカーMを読み取った情報に基づいて3次元形状情報J aと姿勢情報J bを取得し、複合体たる荷物Wの重心位置Gを直接算出してもよい。

[0121] そして、制御装置35は、算出した荷物Wの重心位置Gに基づいて、荷物Wの吊り位置A gを設定する。制御装置35は、図11Bに示すように、設定した吊り位置A gとサブフック11 aのフック位置Pを、マーカーMを含む画像s1・s2に重畳させて表示装置34のディスプレイ34 aに表示する。操縦者は、表示装置34によって、サブフック11 aのフック位置Pと吊り位置A gとの位置関係を的確に把握することができる。

[0122] なお、本実施形態においては、移動式クレーンであるクレーン1を例示して説明したが、本発明に係るフックの自動運転の手法は、荷物Wをフックで吊り上げるように構成した種々の装置に適用することが可能である。また、クレーン1は、荷物Wの移動方向を傾倒方向で指示し、荷物Wの移動速度を傾倒角度で指示する操作スティックを有る遠隔操作端末によって遠隔操作する構成でもよい。この際、クレーン1は、遠隔操作端末にフックカメラが撮影した画像を表示することで、操縦者が遠隔地からでも荷物Wの周辺の状況を的確に把握することができる。また、クレーン1は、フックカメラが撮影

した画像に基づく荷物Wの現在位置情報をフィードバックすることによりロバスト性を向上させることができる。このように、クレーン1は、荷物Wの重量や外乱による特性の変化を意識することなく荷物Wを安定して移動させることができる。

[0123] 上述の実施形態は、代表的な形態を示したに過ぎず、一実施形態の骨子を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。さらに種々なる形態で実施し得ることは勿論のことであり、本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲に記載の均等の意味、および範囲内のすべての変更を含む。

産業上の利用可能性

[0124] 本発明は、クレーンに利用可能である。

符号の説明

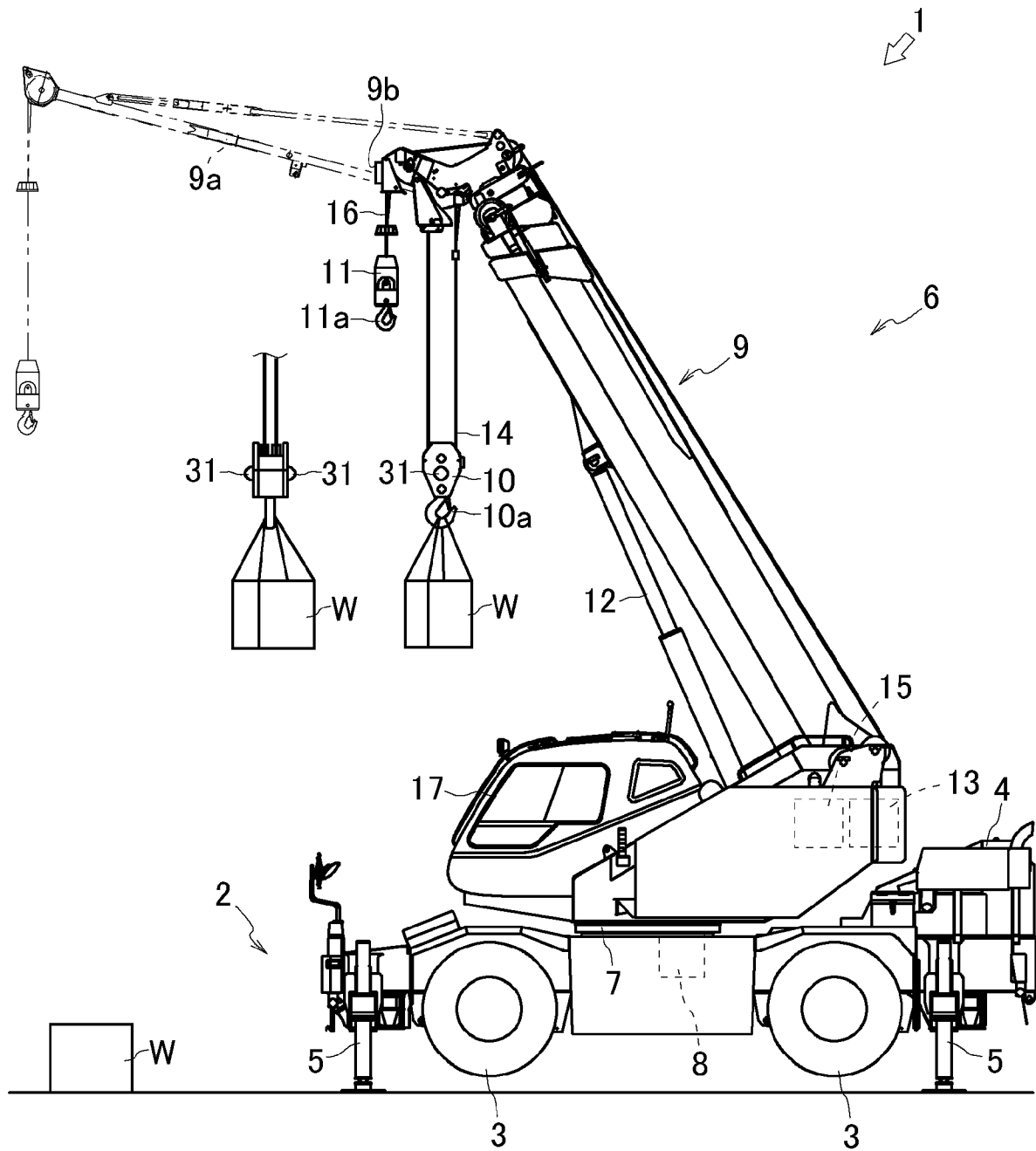
[0125] 1 クレーン
 7 旋回台
 9 ブーム
 9 b ブームカメラ（第1カメラ）
 1 0 メインフックブロック（フックブロック）
 1 0 a メインフック（フック）
 1 1 サブフックブロック（フックブロック）
 1 1 a サブフック（フック）
 3 1 フックカメラ（第2カメラ）
 3 5 制御装置
 s 1 （第1カメラの）画像
 s 2 （第2カメラの）画像
 W 荷物
 G （荷物の）重心位置

請求の範囲

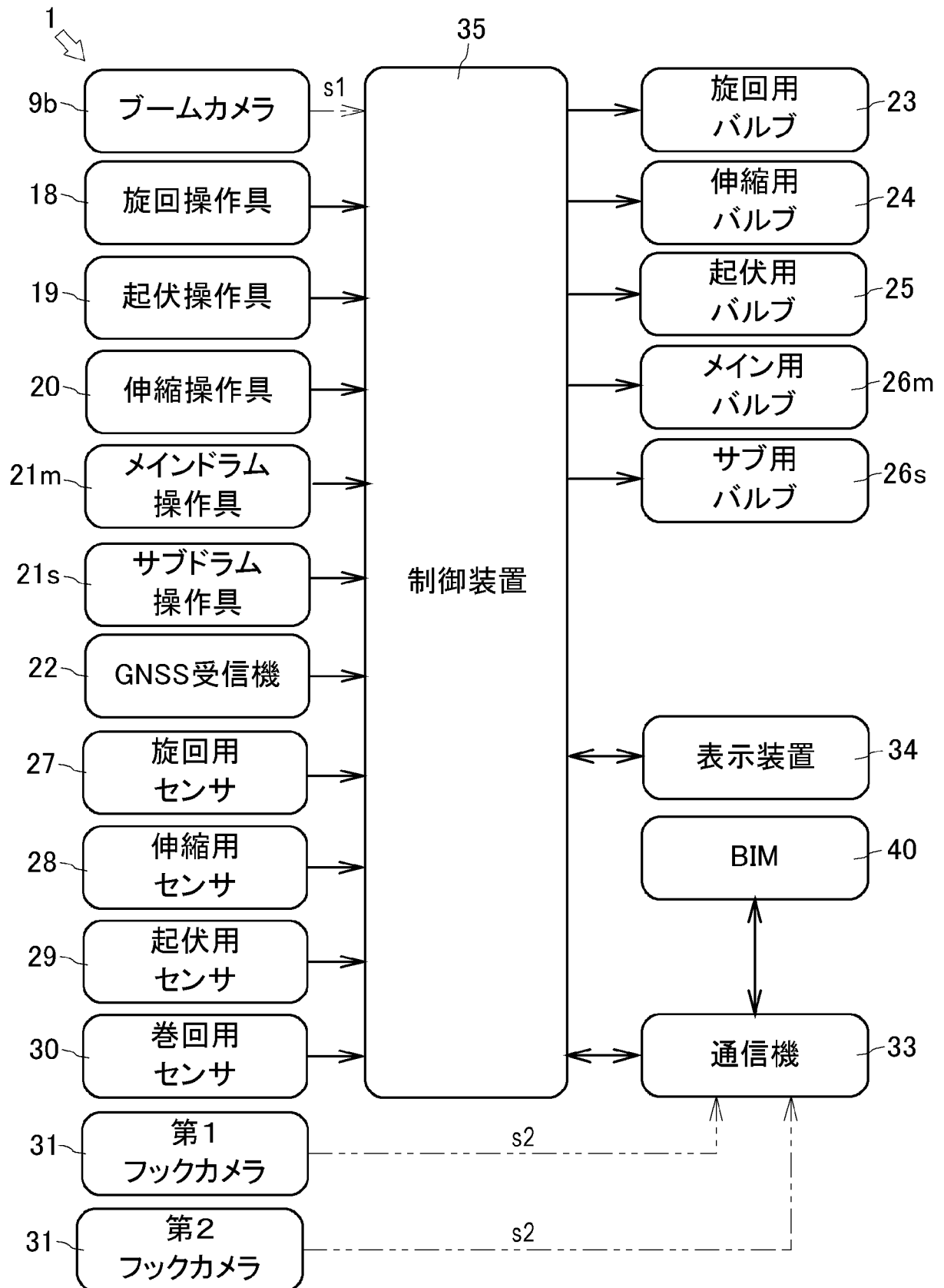
- [請求項1] 旋回台に起伏自在のブームが設けられるとともに、前記ブームから吊下げられているフックブロックおよびフックが設けられるクレーンであって、
- 前記クレーンによる搬送対象である荷物を撮影可能な第1カメラと、
- 前記第1カメラとは異なる視点から前記荷物を撮影可能な第2カメラと、
- 前記クレーンを制御する制御装置と、を備え、
- 前記制御装置が、前記荷物を前記第1カメラと前記第2カメラにより撮影した画像を取得し、前記画像を画像処理して前記荷物の吊り位置を算出するクレーン。
- [請求項2] 前記第1カメラが、前記ブームに設けられており、
- 前記第2カメラが、前記フックブロックに設けられている請求項1に記載のクレーン。
- [請求項3] 前記制御装置によって、算出した前記吊り位置まで前記フックを自動的に移動させる請求項1または請求項2に記載のクレーン。
- [請求項4] 前記吊り位置が、前記荷物に設けた吊り具の位置である請求項1～請求項3の何れか一項に記載のクレーン。
- [請求項5] 前記吊り位置が、前記荷物の重心位置を通る鉛直線上において該荷物より上方に設定した位置である請求項1～請求項3の何れか一項に記載のクレーン。
- [請求項6] 前記制御装置が、前記画像を画像処理して前記荷物の重心位置を算出する請求項5に記載のクレーン。
- [請求項7] 前記制御装置が、前記荷物の形状情報が記憶された記憶装置と通信可能であり、前記記憶装置から前記荷物の形状情報を取得し、前記画像を画像処理した情報と前記荷物の形状情報に基づいて前記重心位置を算出する請求項6に記載のクレーン。

- [請求項8] 前記荷物が、複数の前記荷物を組み合わせて構成された複合体である請求項1～請求項7の何れか一項に記載のクレーン。
- [請求項9] 前記制御装置が、逆動力学モデルに基づく制御により、前記吊り位置まで前記フックを自動的に移動させる請求項3～請求項8の何れか一項に記載のクレーン。

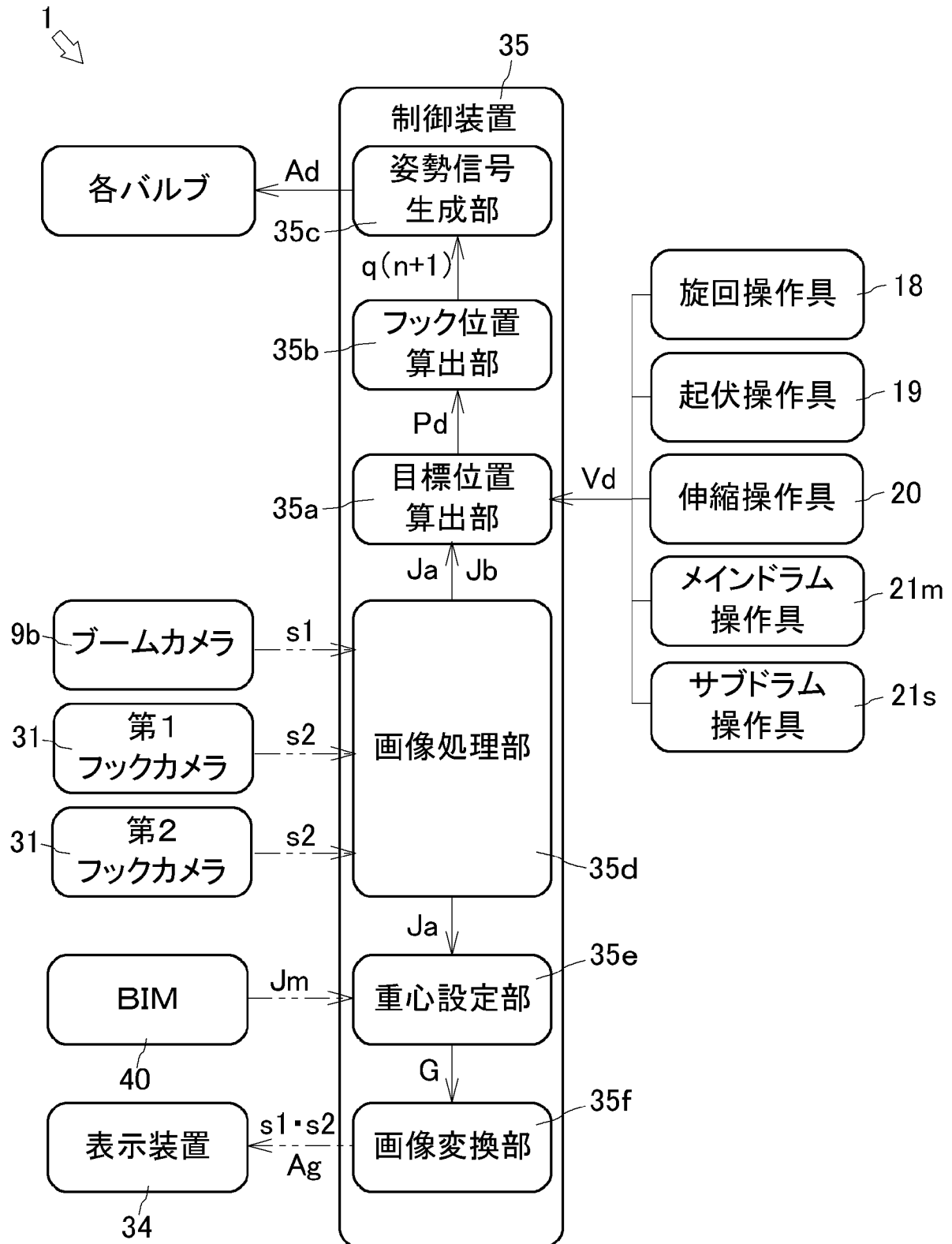
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

図 4 A

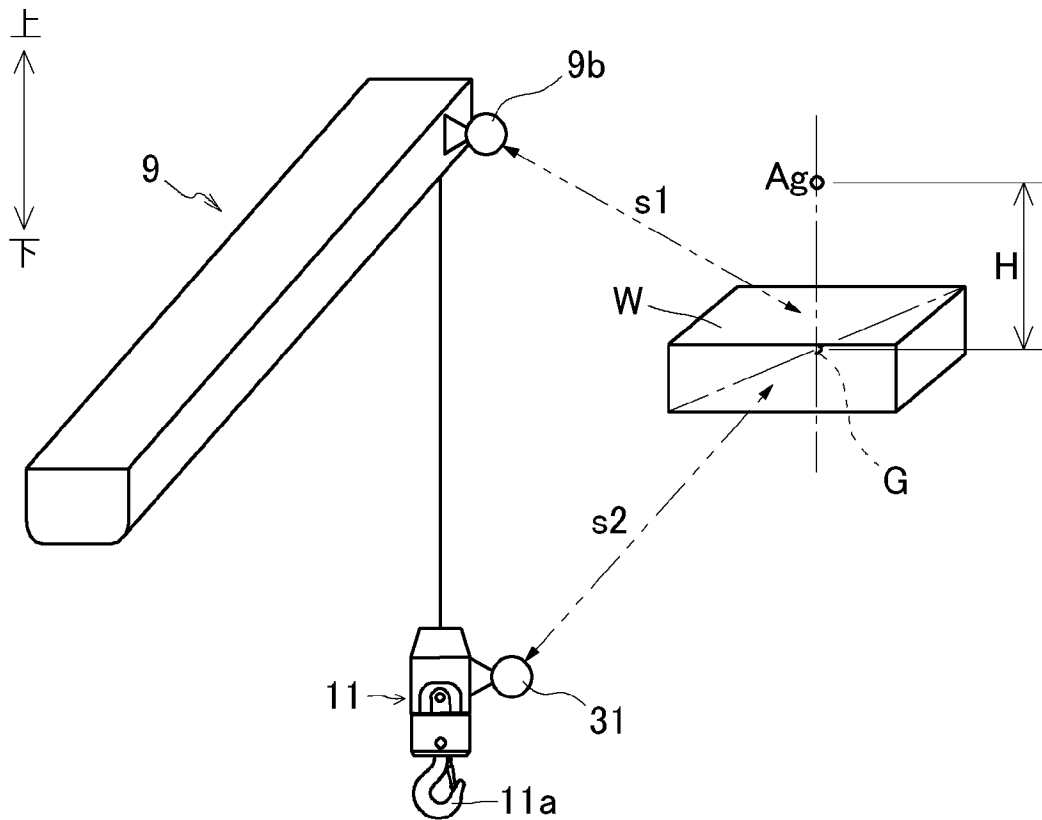
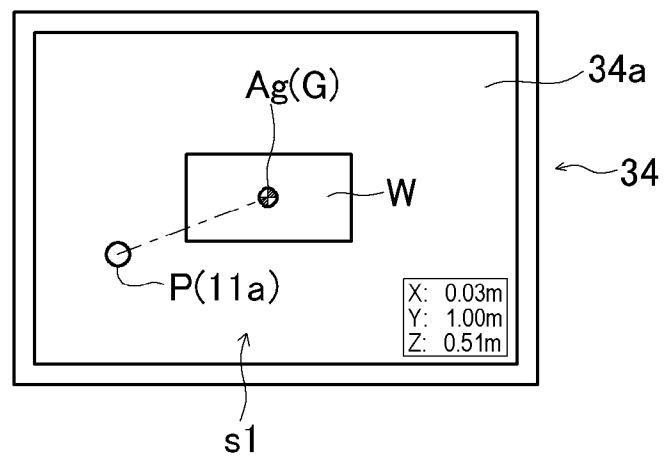


図 4 B



[図5]

図 5 A

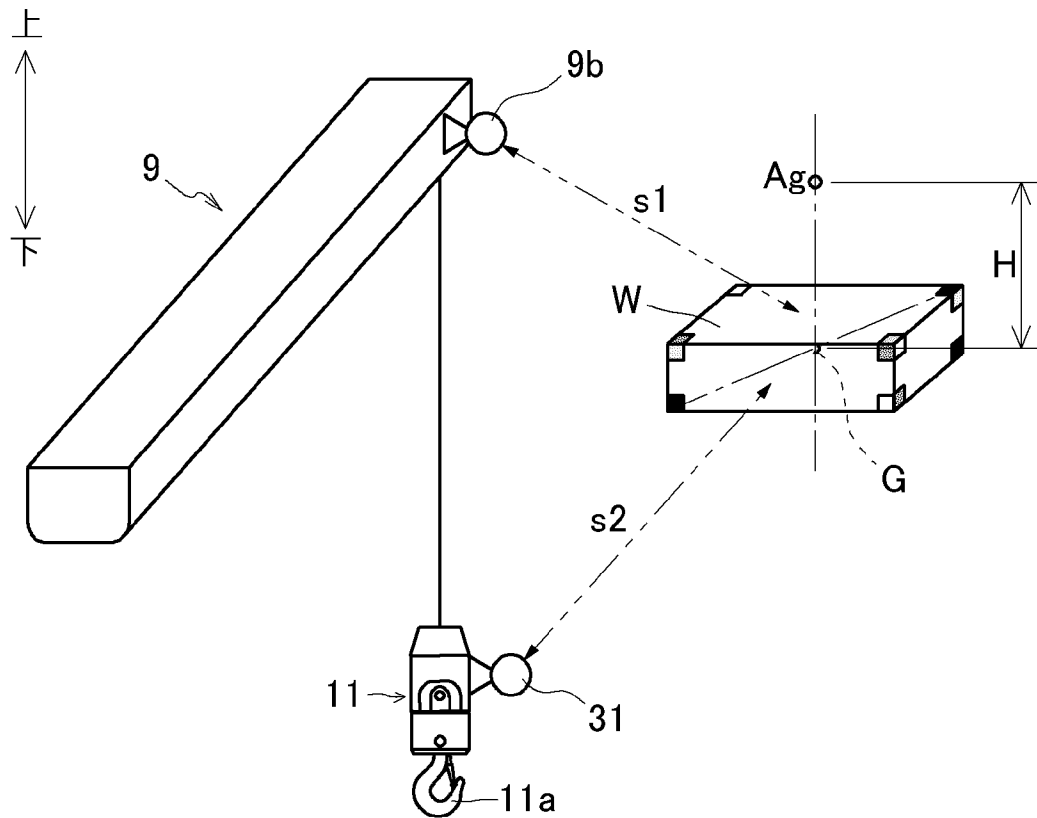
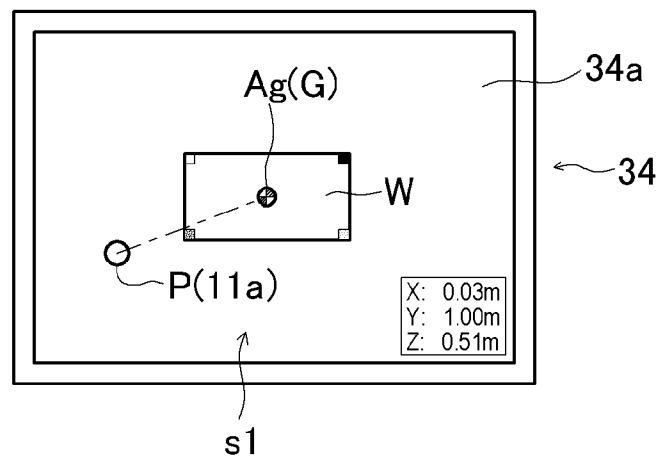
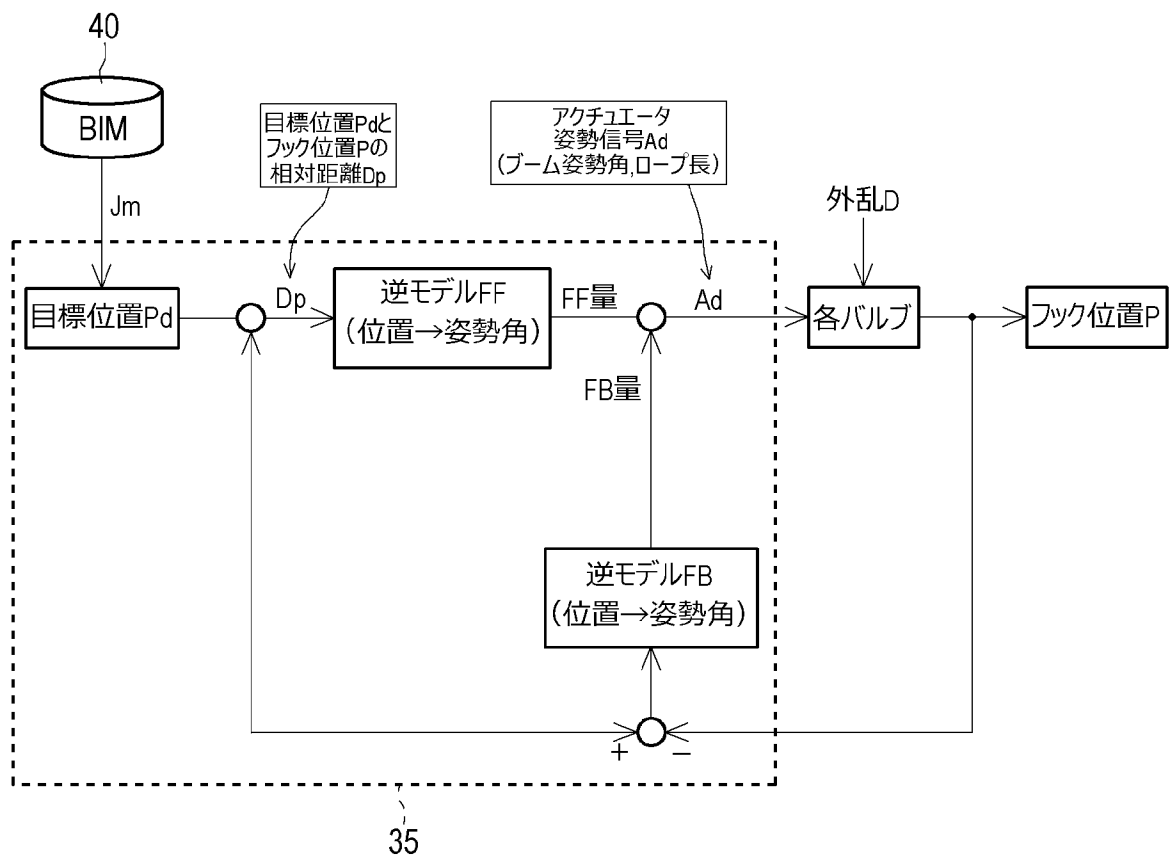


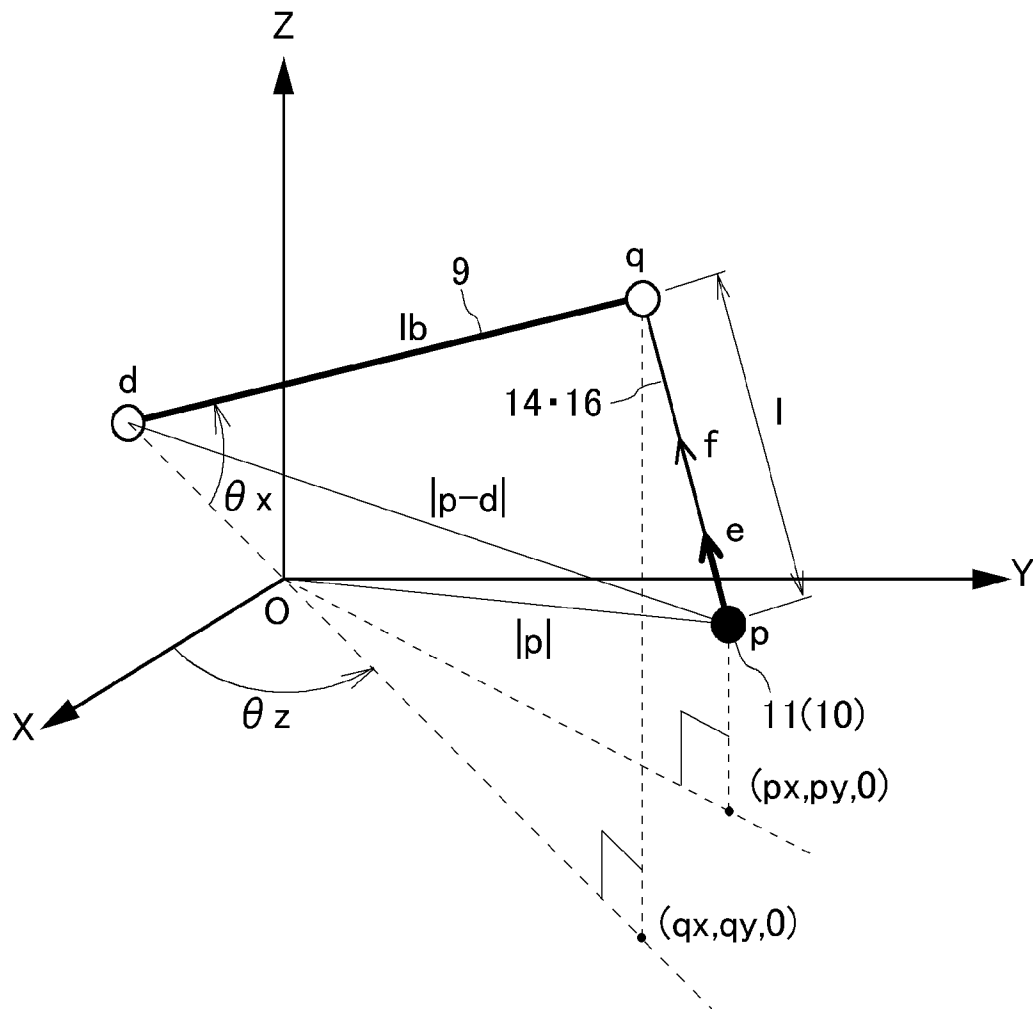
図 5 B



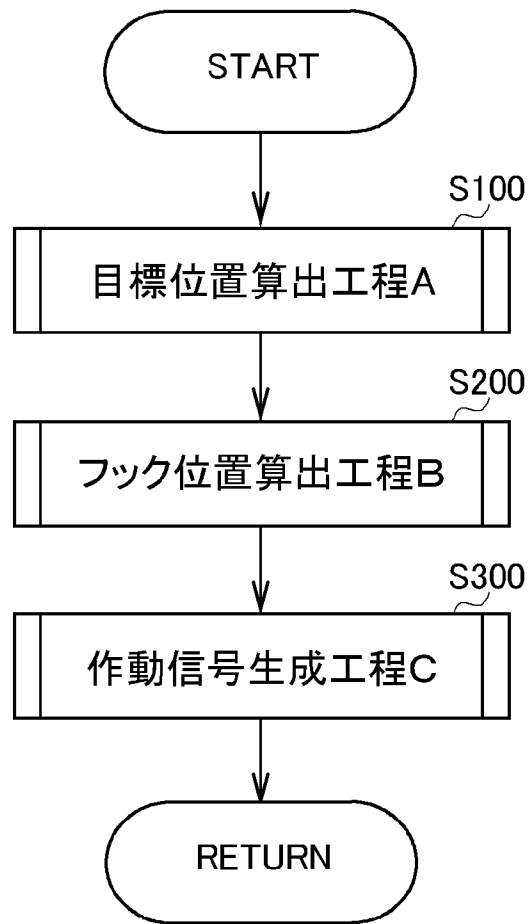
[図6]



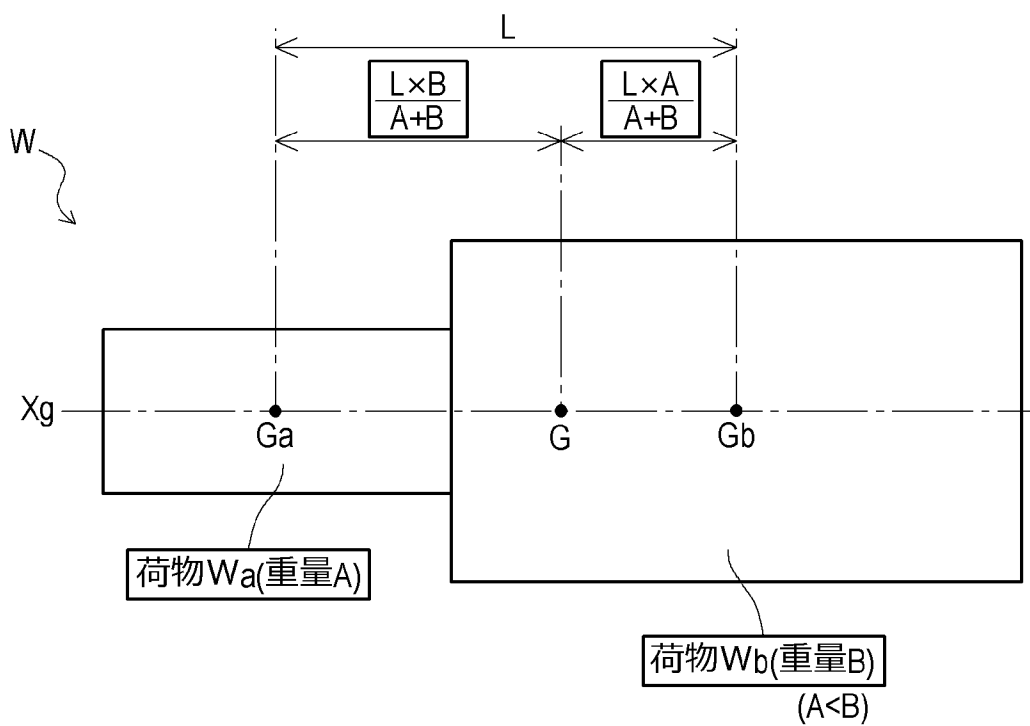
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

図 10 A

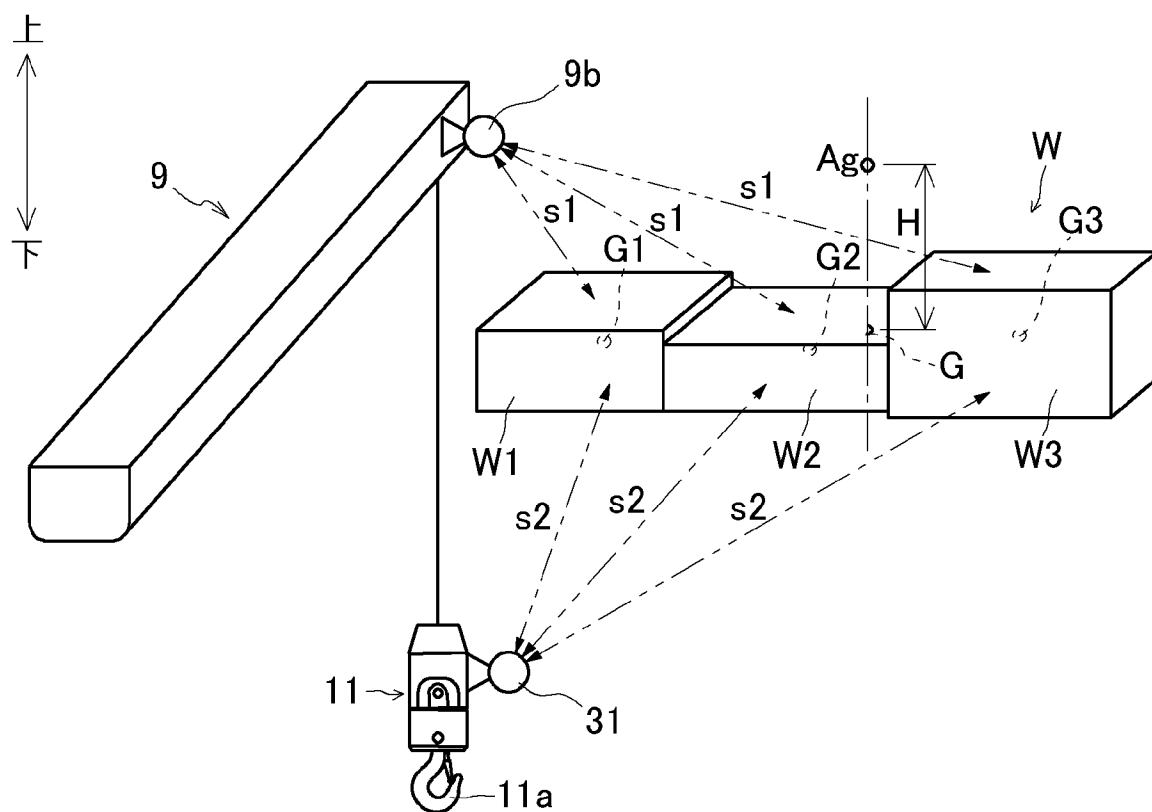
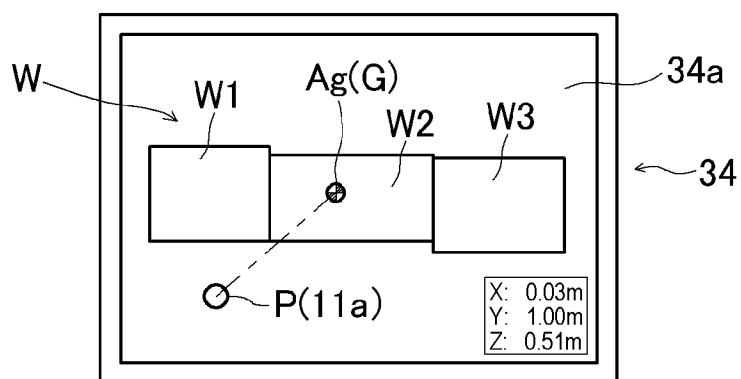


図 10 B



[図11]

図 1 1 A

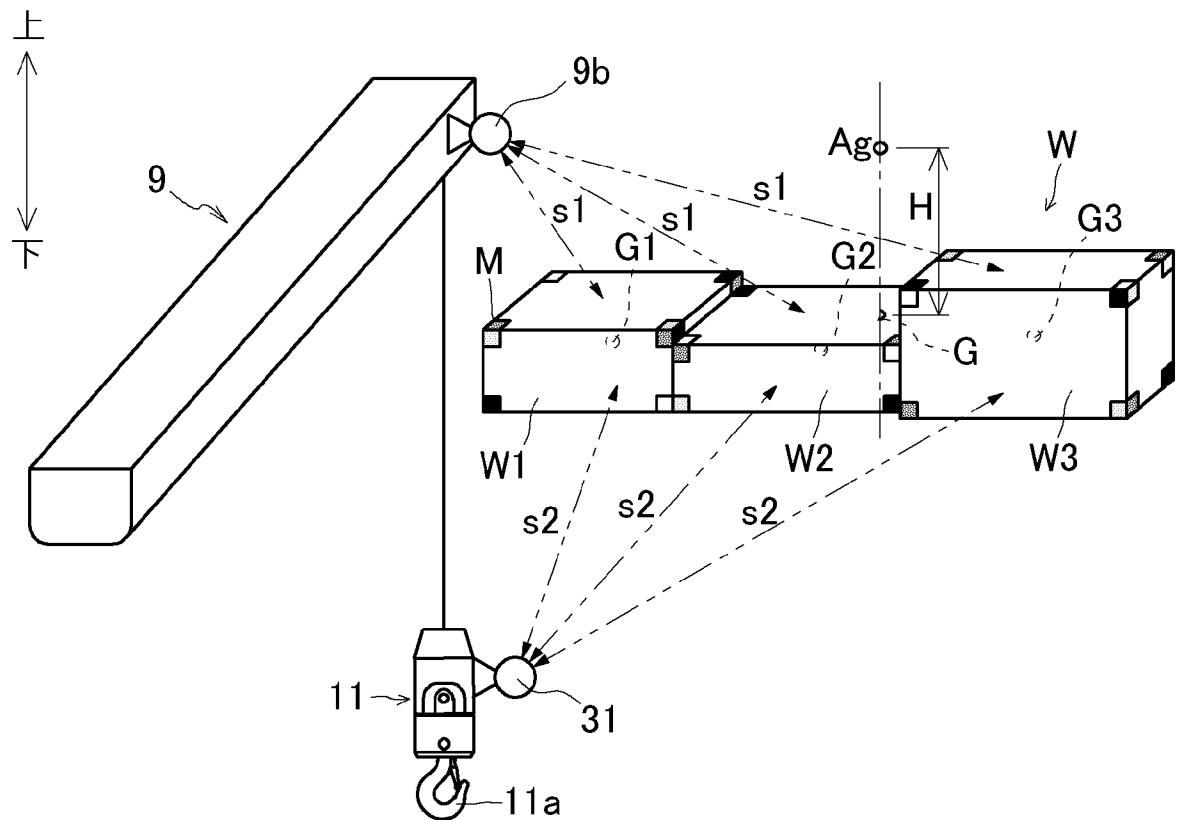
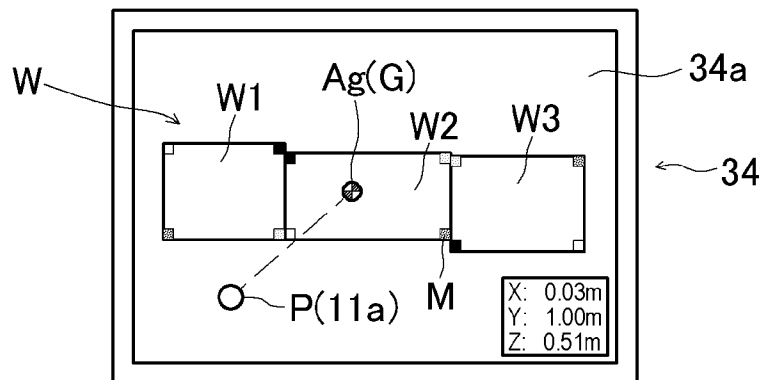


図 1 1 B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/001847

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B66C 13/00 (2006.01) i; B66C 13/22 (2006.01) i; B66C13/48 (2006.01) i
 FI: B66C13/22 Y; B66C13/48 G; B66C13/00 D

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)

B66C13/00-B66C15/06, B66C23/00-B66C23/94

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
X	JP 2018-95370 A (TADANO LTD.) 21.06.2018 (2018-06-21) paragraphs [0026]-[0093], fig. 4-12	1, 3, 8-9
A	paragraphs [0026]-[0093], fig. 4-12	2, 4-7
A	WO 2017/208435 A1 (MARITIME INNOVATION JAPAN CORPORATION) 07.12.2017 (2017-12-07) paragraphs [0034]-[0064], fig. 2	1-9
A	JP 8-333086 A (KOMATSU LTD.) 17.12.1996 (1996-12-17) paragraphs [0077]-[0079], fig. 1	1-9
A	JP 2000-86159 A (HOKKAIDO DEVELOPMENT BUREAU CONSTRUCTION MACHINERY ENGINEERING CENTER) 28.03.2000 (2000-03-28) paragraphs [0011]-[0015]	1-9
A	JP 2014-105091 A (TADANO LTD.) 09.06.2014 (2014-06-09) paragraphs [0016]-[0046], fig. 1	1-9
A	JP 2013-18580 A (TADANO LTD.) 31.01.2013 (2013-01-31) paragraphs [0032]-[0038], fig. 3	1-9



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

"I" 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
18 March 2020 (18.03.2020)

Date of mailing of the international search report
07 April 2020 (07.04.2020)

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/001847

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-95370 A	21 Jun. 2018	(Family: none)	
WO 2017/208435 A1	07 Dec. 2017	(Family: none)	
JP 8-333086 A	17 Dec. 0996	(Family: none)	
JP 2000-86159 A	28 Mar. 2000	(Family: none)	
JP 2014-105091 A	09 Jun. 2014	(Family: none)	
JP 2013-18580 A	31 Jan. 2013	US 2013/0013144 A1 paragraphs [0056]- [0063], fig. 3 EP 2543622 A1 CN 102862915 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B66C 13/00(2006.01)i; B66C 13/22(2006.01)i; B66C 13/48(2006.01)i FI: B66C13/22 Y; B66C13/48 G; B66C13/00 D		
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）） B66C13/00-B66C15/06, B66C23/00-B66C23/94		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
X	JP 2018-95370 A（株式会社タダノ） 21.06.2018（2018-06-21） 段落0026-0093, 図4-12	1,3,8-9
A	段落0026-0093, 図4-12	2,4-7
A	WO 2017/208435 A1（株式会社マリンタイムイノベーションズジャパン） 07.12.2017 （2017-12-07） 段落0034-0064, 図2	1-9
A	JP 8-333086 A（株式会社小松製作所） 17.12.1996（1996-12-17） 段落0077-0079, 図1	1-9
A	JP 2000-86159 A（北海道開発庁北海道開発局建設機械工作所長） 28.03.2000 （2000-03-28） 段落0011-0015	1-9
A	JP 2014-105091 A（株式会社タダノ） 09.06.2014（2014-06-09） 段落0016-0046, 図1	1-9
A	JP 2013-18580 A（株式会社タダノ） 31.01.2013（2013-01-31） 段落0032-0038, 図3	1-9
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 18.03.2020		国際調査報告の発送日 07.04.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 羽月 竜治 3F 7871 電話番号 03-3581-1101 内線 3351

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/001847

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-95370	A	21.06.2018	(ファミリーなし)	
WO	2017/208435	A1	07.12.2017	(ファミリーなし)	
JP	8-333086	A	17.12.1996	(ファミリーなし)	
JP	2000-86159	A	28.03.2000	(ファミリーなし)	
JP	2014-105091	A	09.06.2014	(ファミリーなし)	
JP	2013-18580	A	31.01.2013	US 2013/0013144 A1	
				段落0056-0063, 図3	
				EP 2543622 A1	
				CN 102862915 A	