

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-7103

(P2020-7103A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

|                                |               |             |
|--------------------------------|---------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                   | F 1           | テーマコード (参考) |
| <b>B 6 6 C 13/22 (2006.01)</b> | B 6 6 C 13/22 | R 3 F 2 0 4 |
| <b>B 6 6 C 23/42 (2006.01)</b> | B 6 6 C 23/42 | A 3 F 2 0 5 |

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 16 頁)

|           |                              |          |                                |
|-----------|------------------------------|----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2018-129966 (P2018-129966) | (71) 出願人 | 000148759                      |
| (22) 出願日  | 平成30年7月9日(2018.7.9)          |          | 株式会社タダノ                        |
|           |                              |          | 香川県高松市新田町甲34番地                 |
|           |                              | (74) 代理人 | 110002217                      |
|           |                              |          | 特許業務法人矢野内外国特許事務所               |
|           |                              | (72) 発明者 | 南 佳成                           |
|           |                              |          | 香川県高松市新田町甲34番地 株式会社            |
|           |                              |          | タダノ内                           |
|           |                              | Fターム(参考) | 3F204 AA04 BA02 CA03 EA03 EA11 |
|           |                              |          | EA17 EB05                      |
|           |                              |          | 3F205 AA05 AA06 CA03 CB02 DA04 |

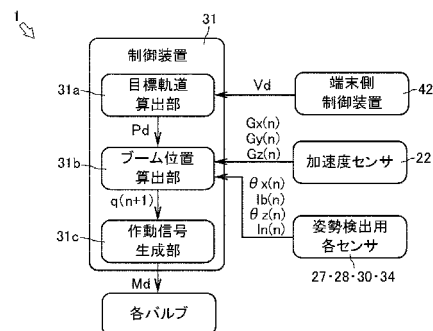
(54) 【発明の名称】 クレーンおよびクレーンの制御方法

(57) 【要約】

【課題】 荷物を基準としてアクチュエータを制御する際に、荷物の揺れを抑制しつつ目標軌道に沿って移動させることができるクレーンおよびクレーンの制御方法を提供する。

【解決手段】 荷物Wの加速度を検出する加速度センサ22を備え、目標速度信号Vdを荷物Wの目標位置座標p(n+1)に変換し、旋回角度 $\theta_z(n)$ 、起伏角度 $\theta_x(n)$ および伸縮長さlb(n)から、ブーム9の現在位置座標q(n)を算出し、既に算出している単位時間t前の荷物Wの位置と、ブーム9の現在位置座標(n)と、加速度センサ22が検出した現在の荷物Wの加速度Gx(n)、Gy(n)、Gz(n)とからワイヤロープのばね定数kf(n)を算出し、加速度Gx(n)、Gy(n)、Gz(n)とばね定数kf(n)と、荷物Wの目標位置座標(n+1)とからブーム9の目標位置座標q(n+1)を算出し、アクチュエータの作動信号Mdを生成する。

【選択図】 図6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ブームからワイヤロープで吊り下げられている荷物の移動方向と速さに関する目標速度信号に基づいて前記ブームのアクチュエータを制御するクレーンであって、

前記ブームの旋回角度検出手段と、

前記ブームの起伏角度検出手段と、

前記ブームの伸縮長さ検出手段と、

吊り具または荷物の加速度を検出する加速度検出手段と、を備え、

所定の単位時間毎に、前記目標速度信号を基準位置に対する荷物の目標位置に変換し、

前記単位時間毎に、前記旋回角度検出手段が検出した旋回角度、前記起伏角度検出手段が検出した起伏角度および前記伸縮長さ検出手段が検出した伸縮長さから前記基準位置に対するブーム先端の現在位置を算出し、

前記単位時間毎に、既に算出している前記単位時間前の荷物の位置と、前記ブーム先端の現在位置と、前記単位時間毎に前記加速度検出手段が検出した現在の吊り具または荷物の加速度とからワイヤロープのばね定数を算出し、

前記単位時間毎に、前記現在の吊り具または荷物の加速度と、前記ワイヤロープのばね定数と、前記荷物の目標位置とから前記荷物の目標位置におけるブーム先端の目標位置を算出し、

前記単位時間毎に、前記ブーム先端の目標位置に基づいて前記アクチュエータの作動信号を生成するクレーン。

## 【請求項 2】

前記ブーム先端の目標位置と前記荷物の目標位置との関係が、前記荷物の加速度と前記荷物の重量と前記ワイヤロープのばね定数と前記荷物の目標位置とから式(1)によって表され、既に算出している所定の単位時間前の荷物の位置と前記ブーム先端の現在位置と前記現在の吊り具または荷物の加速度とから式(1)を用いて前記単位時間毎にワイヤロープのばね定数を算出し、前記現在の吊り具または荷物の加速度と、前記ワイヤロープのばね定数と、前記荷物の目標位置とから式(1)を用いて前記単位時間毎に前記荷物の目標位置におけるブーム先端の目標位置を算出する請求項 1 に記載のクレーン。

## 【数 1】

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

$f$  : ワイヤロープの張力、 $k_f$  : ばね定数、 $m$  : 荷物の質量、 $q$  : ブームの先端の現在位置または目標位置、 $p$  : 荷物の現在位置または目標位置、 $g$  : 重力加速度

## 【請求項 3】

ブームからワイヤロープで吊り下げられている荷物の移動方向と速さに関する目標速度信号に基づいて前記ブームのアクチュエータを制御するクレーンの制御方法であって、

所定の単位時間毎に、前記目標速度信号を基準位置に対する荷物の目標位置に変換する目標軌道算出工程と、

前記単位時間毎に、既に算出している所定の単位時間前の荷物の位置と、基準位置に対するブーム先端の現在位置と、前記単位時間毎に前記加速度検出手段が検出した現在の吊り具または荷物の加速度とからワイヤロープのばね定数を算出し、前記単位時間毎に、前記現在の吊り具または荷物の加速度と、前記ワイヤロープのばね定数と、前記荷物の目標位置とから前記荷物の目標位置におけるブーム先端の目標位置を算出するブーム位置算出工程と、

前記単位時間毎に、前記ブーム先端の目標位置に基づいて前記アクチュエータの作動信号を生成する動作信号生成工程と、からなるクレーンの制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、クレーンおよびクレーンの制御方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、移動式クレーン等において、各アクチュエータが遠隔操作されるクレーンが提案されている。このようなクレーンにおいて、クレーンと遠隔操作端末との相対的な位置関係は、作業状況に応じて変化する。このため、作業者は、クレーンとの相対的な位置関係を常に考慮しながら遠隔操作端末の操作具を操作する必要があった。そこで、クレーンと遠隔操作端末との相対的な位置関係に関わらず、遠隔操作端末の操作具の操作方向とクレーンの作動方向とを一致させて、クレーンの操作を容易かつ簡単に行うことができる遠隔操作端末およびクレーンが知られている。例えば、特許文献1の如くである。

10

## 【0003】

特許文献1に記載の遠隔操作装置（遠隔操作端末）は、基準信号として直進性の高いレーザ光等を基準信号としてクレーンに発信する。クレーン側の制御装置31は、遠隔操作装置からの基準信号を受信することで遠隔操作装置の方向を特定し、クレーンの座標系を遠隔操作装置の座標系に一致させる。これにより、クレーンは、遠隔操作装置からの荷物を基準とした操作指令信号によって操作される。つまり、クレーンは、荷物の移動方向と移動速度に関する指令に基づいて各アクチュエータが制御されるので、各アクチュエータの作動速度、作動量、作動タイミング等を意識することなく直観的に操作することができる。

20

## 【0004】

遠隔操作装置は、操作部の操作指令信号に基づいて操作速度に関する速度信号と操作方向に関する方向信号とをクレーンに送信する。このため、クレーンは、遠隔操作装置からの速度信号がステップ関数の態様で入力される移動開始時や停止時に不連続な加速度が荷物に加わり揺れが発生する場合があった。また、クレーンは、ブームの先端が常に荷物の鉛直上方にあるものとして遠隔操作装置からの速度信号と方向信号とをブームの先端の速度信号と方向信号として制御するため、ワイヤロープの影響によって生じる荷物の位置ずれや揺れの発生を抑制することができない。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

30

## 【0005】

【特許文献1】特開2010-228905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、荷物を基準としてアクチュエータを制御する際に、荷物の揺れを抑制しつつ目標軌道に沿って移動させることができるクレーンおよびクレーンの制御方法の提供を目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

40

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、第1の発明は、ブームからワイヤロープで吊り下げられている荷物の移動方向と速さに関する目標速度信号に基づいて前記ブームのアクチュエータを制御するクレーンであって、前記ブームの旋回角度検出手段と、前記ブームの起伏角度検出手段と、前記ブームの伸縮長さ検出手段と、吊り具または荷物の加速度を検出する加速度検出手段と、を備え、所定の単位時間毎に、前記目標速度信号を基準位置に対する荷物の目標位置に変換し、前記単位時間毎に、前記旋回角度検出手段が検出した旋回角度、前記起伏角度検出手段が検出した起伏角度および前記伸縮長さ検出手段が検出した伸縮長さから前記基準位置に

50

対するブーム先端の現在位置を算出し、前記単位時間毎に、既に算出している前記単位時間前の荷物の位置と、前記ブーム先端の現在位置と、前記単位時間毎に前記加速度検出手段が検出した現在の吊り具または荷物の加速度とからワイヤロープのばね定数を算出し、前記単位時間毎に、前記現在の吊り具または荷物の加速度と、前記ワイヤロープのばね定数と、前記荷物の目標位置とから前記荷物の目標位置におけるブーム先端の目標位置を算出し、前記単位時間毎に、前記ブーム先端の目標位置に基づいて前記アクチュエータの作動信号を生成するクレーンである。

#### 【0009】

第2の発明は、前記ブーム先端の目標位置と前記荷物の目標位置との関係が、前記荷物の加速度と前記荷物の重量と前記ワイヤロープのばね定数と前記荷物の目標位置とから式(1)によって表され、既に算出している所定の単位時間前の荷物の位置と前記ブーム先端の現在位置と前記現在の吊り具または荷物の加速度とから式(1)を用いて前記単位時間毎にワイヤロープのばね定数を算出し、前記現在の吊り具または荷物の加速度と、前記ワイヤロープのばね定数と、前記荷物の目標位置とから式(1)を用いて前記単位時間毎に前記荷物の目標位置におけるブーム先端の目標位置を算出するクレーンである。

#### 【数1】

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

$f$  : ワイヤロープの張力、 $k_f$  : ばね定数、 $m$  : 荷物の質量、 $q$  : ブームの先端の現在位置または目標位置、 $p$  : 荷物の現在位置または目標位置、 $g$  : 重力加速度

#### 【0010】

第3の発明は、ブームからワイヤロープで吊り下げられている荷物の移動方向と速さに関する目標速度信号に基づいて前記ブームのアクチュエータを制御するクレーンの制御方法であって、所定の単位時間毎に、前記目標速度信号を基準位置に対する荷物の目標位置に変換する目標軌道算出工程と、前記単位時間毎に、既に算出している所定の単位時間前の荷物の位置と、基準位置に対するブーム先端の現在位置と、前記単位時間毎に前記加速度検出手段が検出した現在の吊り具または荷物の加速度とからワイヤロープのばね定数を算出し、前記単位時間毎に、前記現在の吊り具または荷物の加速度と、前記ワイヤロープのばね定数と、前記荷物の目標位置とから前記荷物の目標位置におけるブーム先端の目標位置を算出するブーム位置算出工程と、前記単位時間毎に、前記ブーム先端の目標位置に基づいて前記アクチュエータの作動信号を生成する動作信号生成工程と、からなるクレーンの制御方法である。

#### 【発明の効果】

#### 【0011】

本発明は、以下に示すような効果を奏する。

#### 【0012】

第1の発明および第3の発明においては、現在の吊り具または荷物の加速度と、前記ワイヤロープのばね定数と、前記荷物の目標位置とから前記荷物の目標位置におけるブーム先端の目標位置を算出するので、荷物を基準としてクレーンを操作しつつ、吊り具また荷物に加わる加速度に基づいて荷物が目標軌道に沿って移動するようにブームが制御される。これにより、荷物を基準としてアクチュエータを制御する際に、荷物の揺れを抑制しつつ目標軌道に沿って移動させることができる。

#### 【0013】

第2の発明においては、吊り具または荷物の加速度が検出されることで、式(1)のワイヤロープのばね定数を算出し、吊り具または荷物の加速度と、ブーム先端の現在位置と、荷物の目標位置とから荷物の加速度に基づいたブーム先端の目標位置が算出される。これにより、荷物を基準としてアクチュエータを制御する際に、簡易な計測装置で荷物の揺れを抑制しつつ目標軌道に沿って移動させることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0014】

【図1】クレーンの全体構成を示す側面図。

【図2】クレーンの制御構成を示すブロック図。

【図3】遠隔操作端末の概略構成を示す平面図。

【図4】遠隔操作端末の制御構成を示すブロック図。

【図5】吊り荷移動操作具が操作されている遠隔操作端末を示す図。

【図6】クレーンの制御装置の制御構成を示すブロック図。

【図7】クレーンの逆動力学モデルを示す図。

【図8】クレーンの制御方法の制御工程を示すフローチャートを表す図。

【図9】目標軌道算出工程を示すフローチャートを表す図。

【図10】ブーム位置算出工程を示すフローチャートを表す図。

【図11】作動信号生成工程を示すフローチャートを表す図。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0015】

以下に、図1から図4を用いて、本発明の一実施形態に係る作業車両として移動式クレーン（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、作業車両としてクレーン（ラフテレーンクレーン）について説明を行うが、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、高所作業車等でもよい。

## 【0016】

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、作業装置であるクレーン装置6を有する。

## 【0017】

車両2は、クレーン装置6を搬送するものである。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。車両2は、アウトリガ5を車両2の幅方向に延伸させるとともにジャッキシリンダを接地させることにより、クレーン1の作業可能範囲を広げることができる。

## 【0018】

クレーン装置6は、荷物Wをワイヤロープによって吊り上げる作業装置である。クレーン装置6は、旋回台7、ブーム9、ジブ9a、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、キャビン17、制御装置31および操作端末32等を具備する。

## 【0019】

旋回台7は、クレーン装置6を旋回させる旋回台である。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、周辺を監視する複数の旋回台カメラ7aが設けられている。また、旋回台7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によって一方向と他方向とに旋回可能に構成されている。

## 【0020】

図1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（図3参照）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、旋回台7の旋回角度 $\theta_z$ （角度）と旋回速度 $\dot{\theta}_z$ を検出する旋回角度検出手段である旋回用センサ27（図3参照）が設

けられている。

#### 【0021】

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9aが設けられている。

#### 【0022】

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（図3参照）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長さ検出手段である伸縮用センサ28と、ブーム9の先端を中心とする方位を検出する方位センサ29とが設けられている。

#### 【0023】

検知装置であるブームカメラ9bは、荷物Wおよび荷物W周辺の地物を撮影する画像取得手段である。ブームカメラ9bは、ブーム9の先端部に設けられている。ブームカメラ9bは、荷物Wの鉛直上方から荷物Wおよびクレーン1周辺の地物や地形を撮影可能に構成されている。

#### 【0024】

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が吊られる部材である。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10a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11aが設けられている。メインフックブロック10とサブフックブロック11とは、三軸方向の加速度 $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$ を検出する加速度センサ22が設けられている。加速度センサ22は、搬送中の荷物Wに加わる加速度 $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$ を間接的に検出することができる。加速度センサ22は、有線または無線で制御装置31に検出値を送信可能に構成されている。なお、加速度センサ22は、メインフックブロック10またはサブフックブロック11に吊られている荷物Wに直接設置する構成でもよい。

#### 【0025】

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（図3参照）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、起伏角度 $\theta_x$ を検出する起伏角度検出手段である起伏用センサ30（図3参照）が設けられている。

#### 【0026】

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）を行うアクチュエータである。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。

#### 【0027】

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26m（図3参照）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26m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26s（図3参照）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

10

20

30

40

50

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 1 をそれぞれ検出する巻回用センサ 34（図 3 参照）が設けられている。

#### 【0028】

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 に搭載されている。キャビン 17 には、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 21m、サブドラム操作具 21s、操作端末 32 等が設けられている（図 3 参照）。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 21m 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 21s は、サブ用油圧モータを操作することができる。

#### 【0029】

図 2 に示すように、制御装置 31 は、各操作弁を介してクレーン装置 6 のアクチュエータを制御する。制御装置 31 は、キャビン 17 内に設けられている。制御装置 31 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 31 は、各アクチュエータや切換バルブ、センサ等の動作を制御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。

#### 【0030】

制御装置 31 は、ブームカメラ 9b、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、ブームカメラ 9b からの映像 i2 を取得し、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することができる。

#### 【0031】

制御装置 31 は、操作端末 32 からの制御信号を取得し、クレーン装置 6 からの制御情報、旋回台カメラ 7b からの映像 i1、ブームカメラ 9b からの映像 i2 等を送信することができる。

#### 【0032】

制御装置 31 は、操作端末 32 の端末側制御装置 41（図参照）に接続され、操作端末 32 からの制御信号を取得することができる。

#### 【0033】

制御装置 31 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 およびサブ用バルブ 26s に接続され、旋回用バルブ 23、起伏用バルブ 25、メイン用バルブ 26m およびサブ用バルブ 26s に作動信号 Md を伝達することができる。

#### 【0034】

制御装置 31 は、加速度センサ 22、旋回用センサ 27、伸縮用センサ 28、方位センサ 29、起伏用センサ 30 および巻回用センサ 34 に接続され、旋回台 7 の旋回角度  $\theta_z$ 、ブーム 9 の伸縮長さ  $L_b$  および起伏角度  $\theta_x$ 、メインフックブロック 10 またはサブフックブロック 11 の三軸の加速度  $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$ 、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 1(n) および方位を取得することができる。

#### 【0035】

制御装置 31 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 の操作量に基づいて各操作具に対応した作動信号 Md を生成する。

#### 【0036】

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

10

20

30

40

50

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  $\theta x$  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 等によって荷物 W を吊り上げて、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荷物 W を搬送することができる。

#### 【0037】

図 3 と図 4 とに示すように、操作端末 3 2 は、荷物 W を移動させる方向と速さに関する目標速度信号 V d を入力する端末である。操作端末 3 2 は、筐体 3 3、筐体 3 3 の操作面に設けられる吊り荷移動操作具 3 5、端末側旋回操作具 3 6、端末側伸縮操作具 3 7、端末側メインドラム操作具 3 8 m、端末側サブドラム操作具 3 8 s、端末側起伏操作具 3 9、端末側表示装置 4 0 および端末側制御装置 4 1（図 2、図 4 参照）等を具備する。操作端末 3 2 は、吊り荷移動操作具 3 5 または各種操作具の操作により生成される荷物 W の目標速度信号 V d をクレーン 1（クレーン装置 6）の制御装置 3 1 に送信する。

#### 【0038】

図 3 に示すように、筐体 3 3 は、操作端末 3 2 の主たる構成部材である。筐体 3 3 は、操縦者が手で保持可能な大きさの筐体に構成されている。筐体 3 3 には、操作面に吊り荷移動操作具 3 5、端末側旋回操作具 3 6、端末側伸縮操作具 3 7、端末側メインドラム操作具 3 8 m、端末側サブドラム操作具 3 8 s、端末側起伏操作具 3 9 および端末側表示装置 4 0 が設けられている。

#### 【0039】

図 3 と図 4 とに示すように、吊り荷移動操作具 3 5 は、水平面において荷物 W の移動方向と速さについての指示を入力する操作具である。吊り荷移動操作具 3 5 は、筐体 3 3 の操作面から略垂直に起立した操作スティックおよび操作スティックの傾倒方向および傾倒量を検出する図示しないセンサから構成されている。吊り荷移動操作具 3 5 は、操作スティックが任意の方向に傾倒操作可能に構成されている。吊り荷移動操作具 3 5 は、操作面に向かって上方向（以下、単に「上方向」と記す）をブーム 9 の延伸方向として図示しないセンサで検出した操作スティックの傾倒方向とその傾倒量についての操作信号を端末側制御装置 4 1 に伝達するように構成されている。

#### 【0040】

端末側旋回操作具 3 6 は、クレーン装置 6 の旋回方向と速さについての指示が入力される操作具である。端末側伸縮操作具 3 7 は、ブーム 9 の伸縮と速さについての指示を入力する操作具である。端末側メインドラム操作具 3 8 m（端末側サブドラム操作具 3 8 s）は、メインウインチ 1 3 の回転方向と速さについての指示を入力する操作具である。端末側起伏操作具 3 9 は、ブーム 9 の起伏と速さについての指示を入力する操作具である。各操作具は、筐体 3 3 の操作面から略垂直に起立した操作スティックおよび操作スティックの傾倒方向および傾倒量を検出する図示しないセンサから構成されている。各操作具は、一側および他側に傾倒可能に構成されている。

#### 【0041】

端末側表示装置 4 0 は、クレーン 1 の姿勢情報や荷物 W の情報等の様々な情報を表示する。端末側表示装置 4 0 は、液晶画面等の画像表示装置から構成されている。端末側表示装置 4 0 は筐体 3 3 の操作面に設けられている。端末側表示装置 4 0 には、ブーム 9 の延伸方向を端末側表示装置 4 0 に向かって上方向とし、その方位が表示されている。

#### 【0042】

図 4 に示すように、制御部である端末側制御装置 4 1 は、操作端末 3 2 を制御する。端末側制御装置 4 1 は、操作端末 3 2 の筐体 3 3 内に設けられている。端末側制御装置 4 1 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。端末側制御装置 4 1 は、吊り荷移動操作具 3 5、端末側旋回操作具 3 6、端末側伸縮操作具 3 7、端末側メインドラム操作具 3 8 m、端末側サブドラム操作具 3 8 s、端末側起伏操作具 3 9 および端

末側表示装置 40 等の動作を制御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。

#### 【0043】

端末側制御装置 41 は、吊り荷移動操作具 35、端末側旋回操作具 36、端末側伸縮操作具 37、端末側メインドラム操作具 38m、端末側サブドラム操作具 38s および端末側起伏操作具 39 に接続され、各操作具の操作スティックの傾倒方向および傾倒量からなる操作信号を取得することができる。

#### 【0044】

端末側制御装置 41 は、端末側旋回操作具 36、端末側伸縮操作具 37、端末側メインドラム操作具 38m、端末側サブドラム操作具 38s および端末側起伏操作具 39 の各センサから取得した各操作スティックの操作信号から、単位時間  $t$  毎に荷物  $W$  の目標速度信号  $Vd$  を生成することができる。また、端末側制御装置 41 は、クレーン装置 6 の制御装置 31 に有線または無線で接続され、生成した荷物  $W$  の目標速度信号  $Vd$  をクレーン装置 6 の制御装置 31 に送信することができる。本実施形態において、吊り荷移動操作具 35 が傾倒操作されてから  $n$  回目の計算周期に当たる単位時間  $t$  を単位時間  $t(n)$  とし、 $n$  回目から 1 周期後の単位時間  $t$  を単位時間  $t(n+1)$  とする。

#### 【0045】

次に、図 5 を用いて、操作端末 32 によるクレーン装置 6 の制御について説明する。

#### 【0046】

図 5 に示すように、ブーム 9 の先端が北を向いている状態において操作端末 32 の吊り荷移動操作具 35 が上方向に対して左方向に傾倒角度  $\theta_2 = 45^\circ$  の方向に任意の傾倒量だけ傾倒操作された場合、端末側制御装置 41 は、ブーム 9 の延伸方向である北から傾倒角度  $\theta_2 = 45^\circ$  の方向である北西への傾倒方向と傾倒量についての操作信号を吊り荷移動操作具 35 の図示しないセンサから取得する。さらに、端末側制御装置 41 は、取得した操作信号から、北西に向かって傾倒量に応じた速さで荷物  $W$  を移動させる目標速度信号  $Vd$  を単位時間  $t$  毎に算出する。操作端末 32 は、算出した目標速度信号  $Vd$  を単位時間  $t$  毎にクレーン装置 6 の制御装置 31 に送信する。

#### 【0047】

制御装置 31 は、操作端末 32 から目標速度信号  $Vd$  を単位時間  $t$  毎に受信すると、方位センサ 29 が取得したブーム 9 の先端の方位に基づいて、荷物  $W$  の目標軌道信号  $Pd$  を算出する。さらに、制御装置 31 は、目標軌道信号  $Pd$  から荷物  $W$  の目標位置である荷物  $W$  の目標位置座標  $p(n+1)$  を算出する。制御装置 31 は、目標位置座標  $p(n+1)$  に荷物  $W$  を移動させる旋回用バルブ 23、伸縮用バルブ 24、起伏用バルブ 25、メイン用バルブ 26m およびサブ用バルブ 26s の作動信号  $Md$  を生成する（図 7 参照）。クレーン 1 は、吊り荷移動操作具 35 の傾倒方向である北西に向けて傾倒量に応じた速さで荷物  $W$  を移動させる。この際、クレーン 1 は、旋回用油圧モータ 8、縮用油圧シリンダ、起伏用油圧シリンダ 12 およびメイン用油圧モータ等を作動信号  $Md$  によって制御する。

#### 【0048】

このように構成することで、クレーン 1 は、操作端末 32 からブーム 9 の延伸方向を基準として、吊り荷移動操作具 35 の操作方向に基づいた移動方向と速さの目標速度信号  $Vd$  を単位時間  $t$  毎に取得し、荷物  $W$  の目標位置座標  $p(n+1)$  を決定するので、操縦者が吊り荷移動操作具 35 の操作方向に対するクレーン装置 6 の作動方向の認識を喪失することがない。つまり、吊り荷移動操作具 35 の操作方向と荷物  $W$  の移動方向とが共通の基準であるブーム 9 の延伸方向に基づいて算出されている。これにより、クレーン装置 6 の操作を容易かつ簡単に行うことができる。なお、本実施形態において、操作端末 32 は、キャビン 17 の内部に設けられているが、端末側無線機を設けてキャビン 17 の外部から遠隔操作可能な遠隔操作端末として構成してもよい。

#### 【0049】

次に、図 6 から図 11 を用いて、クレーン装置 6 の制御装置 31 における作動信号  $Md$  を生成するための荷物  $W$  の目標軌道信号  $Pd$ 、およびブーム 9 の先端の目標位置座標  $q$  (

$n + 1$ ) を算出する制御工程の第一実施形態について説明する。制御装置 31 は、目標軌道算出部 31a、ブーム位置算出部 31b、作動信号生成部 31c を有している。

#### 【0050】

図 6 に示すように、目標軌道算出部 31a は、制御装置 31 の一部であり、荷物 W の目標速度信号  $V_d$  を荷物 W の目標軌道信号  $P_d$  に変換する。目標軌道算出部 31a は、荷物 W の移動方向および速さから構成されている荷物 W の目標速度信号  $V_d$  を操作端末 32 の端末側制御装置 42 から単位時間  $t$  毎に取得することができる。また、目標軌道算出部 31a は、取得した目標速度信号  $V_d$  を積分して荷物 W の目標位置情報を算出することができる。また、目標軌道算出部 31a は、荷物 W の目標位置情報にローパスフィルタ  $L_p$  を適用して単位時間  $t$  毎に荷物 W の目標位置情報である目標軌道信号  $P_d$  に変換するように構成されている。

10

#### 【0051】

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。目標軌道算出部 31a は、目標軌道信号  $P_d$  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  $k_f(n)$  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 (2) における  $a$ 、 $b$  は係数である。

#### 【0052】

##### 【数 2】

20

$$G(s) = \frac{a}{(s+b)^4} \cdots (2)$$

#### 【0053】

図 7 に示すように、クレーン 1 の逆動力モデルを定める。逆動力モデルは、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。 $q$  は、例えば現在位置座標  $q(n)$  を示し、 $p$  は、例えば荷物 W の現在位置座標  $p(n)$  を示す。 $l_b$  は、例えばブーム 9 の伸縮長さ  $l_b(n)$  を示し、 $\theta_x$  は、例えば起伏角度  $\theta_x(n)$  を示し、 $\theta_z$  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  $f$  を示す。

30

#### 【0054】

図 6 と図 7 に示すように、ブーム位置算出部 31b は、制御装置 31 の一部であり、ブーム 9 の姿勢情報と荷物 W の目標軌道信号  $P_d$  からブーム 9 の先端の位置座標を算出する。ブーム位置算出部 31b は、目標軌道算出部 31a から目標軌道信号  $P_d$  を取得することができる。ブーム位置算出部 31b 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 30 から起伏角度  $\theta_x(n)$  を取得し、巻回用センサ 34 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、加速度センサ 22 から三軸の加速度  $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$  を取得することができる。

40

#### 【0055】

ブーム位置算出部 31b は、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 の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。また、ブーム位置算出部 31b は、クレーン装置 6 の停止状態 ( $n = 1$ ) において、算出したブーム 9 の現在位置座標  $q(1)$  と取得したワイヤロープの繰り出し量  $l(1)$  から荷物 W の現在位置座標  $p(1)$  を算出し、荷物 W の現在位置座標  $p(1)$  と、単位時間  $t$  経過後 ( $n = 2$ ) の単位時間  $t(2)$  における加速度  $G_x(2)$ 、 $G_y(2)$ 、 $G_z(2)$  とブーム 9 の現在位置座標  $q(2)$  とから式 (1)

50

を用いてワイヤロープのばね定数  $k_f(2)$  を算出することができる。つまり、ブーム位置算出部 31b は、既に算出している単位時間  $t(n-1)$  経過時の荷物  $W$  の現在位置座標  $p(n-1)$  と、現在時間である単位時間  $t(n)$  における加速度  $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$  とブーム 9 の現在位置座標  $q(n)$  とから式 (1) を用いてワイヤロープのばね定数  $k_f(n)$  を算出することができる。

【0056】

そして、ブーム位置算出部 31b は、単位時間  $t$  毎に荷物  $W$  の三軸の加速度  $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$  と、ワイヤロープのばね定数  $k_f(n)$  と、荷物  $W$  の目標位置座標  $p(n+1)$  とから式 (1) を用いて荷物  $W$  の目標位置座標  $p(n+1)$  におけるブーム 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。

10

【0057】

作動信号生成部 31c は、制御装置 31 の一部であり、単位時間  $t(n+1)$  経過後のブーム 9 の目標位置座標  $q(n+1)$  から各アクチュエータの作動信号  $M_d$  を生成するものである。作動信号生成部 31c は、ブーム位置算出部 31b から単位時間  $t(n+1)$  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。作動信号生成部 31c 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 の作動信号  $M_d$  を生成するように構成されている。

【0058】

以下に、図 8 から図 11 を用いて、制御装置 31 における作動信号  $M_d$  を生成するための荷物  $W$  の目標軌道信号  $P_d$ 、およびブーム 9 の先端の目標位置座標  $q(n+1)$  を算出する制御工程を具体的に説明する。

20

【0059】

図 8 に示すように、ステップ  $S100$  において、制御装置 31 は、クレーン 1 の制御方法における目標軌道算出工程  $A$  を開始し、ステップをステップ  $S110$  に移行させる（図 9 参照）。そして、目標軌道算出工程  $A$  が終了するとステップをステップ  $S200$  に移行させる（図 8 参照）。

【0060】

ステップ  $200$  において、制御装置 31 は、クレーン 1 の制御方法におけるブーム位置算出工程  $B$  を開始し、ステップをステップ  $S210$  に移行させる（図 10 参照）。そして、ブーム位置算出工程  $B$  が終了するとステップをステップ  $S300$  に移行させる（図 8 参照）。

30

【0061】

ステップ  $300$  において、制御装置 31 は、クレーン 1 の制御方法における作動信号生成工程  $C$  を開始し、ステップをステップ  $S310$  に移行させる（図 11 参照）。そして、作動信号生成工程  $C$  が終了するとステップをステップ  $S100$  に移行させる（図 8 参照）。

【0062】

図 9 に示すように、ステップ  $S110$  において、制御装置 31 の目標軌道算出部 31a は、操作端末 32 から例えばステップ関数の態様で入力される荷物  $W$  の目標速度信号  $V_d$  を取得し、ステップをステップ  $S120$  に移行させる。

40

【0063】

ステップ  $S120$  において、目標軌道算出部 31a は、取得した荷物  $W$  の目標速度信号  $V_d$  を積分して荷物  $W$  の位置情報を算出し、ステップをステップ  $S130$  に移行させる。

【0064】

ステップ  $S130$  において、目標軌道算出部 31a は、算出した荷物  $W$  の位置情報に式 (2) の伝達関数  $G(s)$  で示されるローパスフィルタ  $L_p$  を適用して目標軌道信号  $P_d$  を単位時間  $t$  毎に算出し、目標軌道算出工程  $A$  を終了してステップをステップ  $S200$  に移行させる（図 8 参照）。

【0065】

図 10 に示すように、ステップ  $S210$  において、制御装置 31 のブーム位置算出部 3

50

1 b は、加速度センサ 2 2 から三軸の加速度  $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$  を取得し、ステップをステップ S 2 2 0 に移行させる。

【0066】

ステップ S 2 2 0 において、ブーム位置算出部 3 1 b は、取得した旋回台 7 の旋回角度  $\theta_z(n)$ 、伸縮長さ  $l_b(n)$  およびブーム 9 の起伏角度  $\theta_x(n)$  からブーム 9 の現在位置座標  $q(n)$  を算出し、ステップをステップ S 2 3 0 に移行させる。

【0067】

ステップ S 2 3 0 において、ブーム位置算出部 3 1 b は、既に算出している単位時間  $t(n-1)$  経過時の荷物 W の現在位置座標  $p(n-1)$  と、取得した加速度  $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$  とブーム 9 の現在位置座標  $q(n)$  とから式 (1) を用いてワイヤロープのばね定数  $k_f(n)$  を算出し、ステップをステップ S 2 4 0 に移行させる。

10

【0068】

ステップ S 2 4 0 において、ブーム位置算出部 3 1 b は、荷物 W の現在位置座標  $p(n)$  を基準として目標軌道信号  $P_d$  から、単位時間  $t$  経過後の荷物の目標位置である荷物 W の目標位置座標  $p(n+1)$  を算出し、ステップをステップ S 2 5 0 に移行させる。

【0069】

ステップ S 2 5 0 において、ブーム位置算出部 3 1 b は、荷物 W の三軸の加速度  $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$  と、ワイヤロープのばね定数  $k_f(n)$  と、荷物 W の目標位置座標  $p(n+1)$  とから荷物 W の目標位置座標  $p(n+1)$  におけるブーム 9 の目標位置座標  $q(n+1)$  を算出し、ブーム位置算出工程 B を終了してステップをステップ S 3 0 0 に移行させる (図 8 参照)。

20

【0070】

図 1 1 に示すように、ステップ S 3 1 0 において、制御装置 3 1 の作動信号生成部 3 1 c は、ブーム 9 の目標位置座標  $q(n+1)$  から単位時間  $t$  経過後の旋回台 7 の旋回角度  $\theta_z(n+1)$ 、伸縮長さ  $L_b(n+1)$ 、起伏角度  $\theta_x(n+1)$  およびワイヤロープの繰り出し量  $l(n+1)$  を算出し、ステップをステップ S 3 2 0 に移行させる。

【0071】

ステップ S 3 2 0 において、作動信号生成部 3 1 c は、算出した旋回台 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 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 またはサブ用バルブ 2 6 s の作動信号  $M_d$  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 S 1 0 0 に移行させる (図 8 参照)。

30

【0072】

制御装置 3 1 は、単位時間  $t$  毎に目標軌道算出工程 A とブーム位置算出工程 B と作動信号生成工程 C とを繰り返すことで、単位時間  $t(n+1)$  の単位時間  $t$  前に算出した荷物 W の現在位置座標  $p(n)$  を順次用いることで単位時間  $t$  後のブーム 9 の目標位置座標  $q(n+2)$  を算出する。制御装置 3 1 は、ブーム 9 の目標位置座標  $q(n+2)$  に基づいて作動信号  $M_d$  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。

【0073】

このように構成することで、クレーン 1 は、操作端末 3 2 から任意に入力される荷物 W の目標速度信号  $V_d$  に基づいて目標軌道信号  $P_d$  を算出しているので、規定の速度パターンに限定されない。また、クレーン 1 は、荷物 W 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、クレーン 1 は、逆動力モデルを構築し、荷物 W の三軸の加速度  $G_x(n)$ 、 $G_y(n)$ 、 $G_z(n)$  と既に算出した単位時間  $t$  前の荷物 W の現在位置座標  $p(n-1)$  と目標軌道信号  $P_d$  から算出した荷物 W 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、クレーン 1 は、荷物 W

40

50

の現在位置座標を検出する必要がないので加速度センサ 22 を荷物 W またはメインフックブロック 10 とサブフックブロック 11 に設けるだけよい。これにより、クレーン 1 は、荷物 W を基準としてアクチュエータを制御する際に、荷物 W の揺れを抑制しつつ目標軌道に沿って移動させることができる。

#### 【0074】

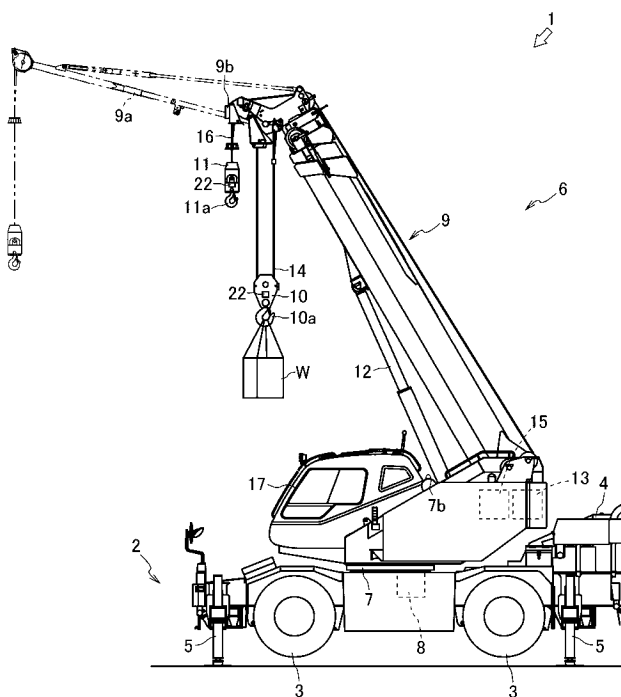
上述の実施形態は、代表的な形態を示したに過ぎず、一実施形態の骨子を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。さらに種々なる形態で実施し得ることは勿論のことであり、本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲に記載の均等の意味、および範囲内のすべての変更を含む。

#### 【符号の説明】

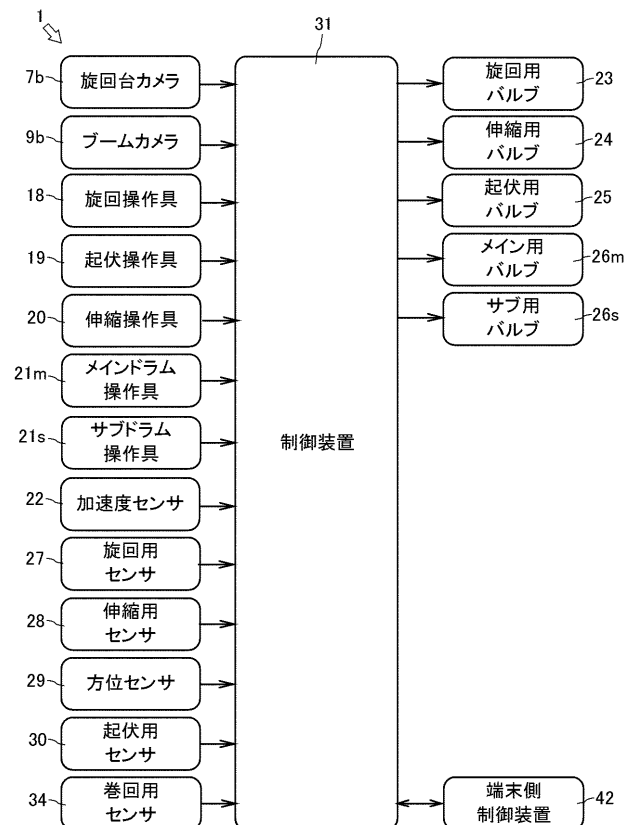
#### 【0075】

|        |            |
|--------|------------|
| 1      | クレーン       |
| 6      | クレーン装置     |
| 9      | ブーム        |
| 22     | 加速度センサ     |
| 27     | 旋回用センサ     |
| 28     | 伸縮用センサ     |
| 30     | 起伏用センサ     |
| 43     | 巻回用センサ     |
| O      | 基準位置       |
| Vd     | 目標速度信号     |
| P(n)   | 荷物の現在位置座標  |
| P(n+1) | 荷物の目標位置座標  |
| Q(n)   | ブームの現在位置座標 |
| Q(n+1) | ブームの目標位置座標 |

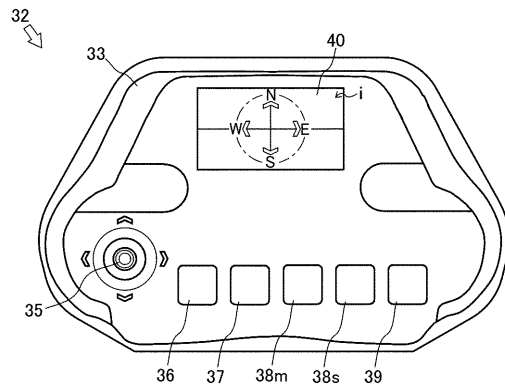
【図 1】



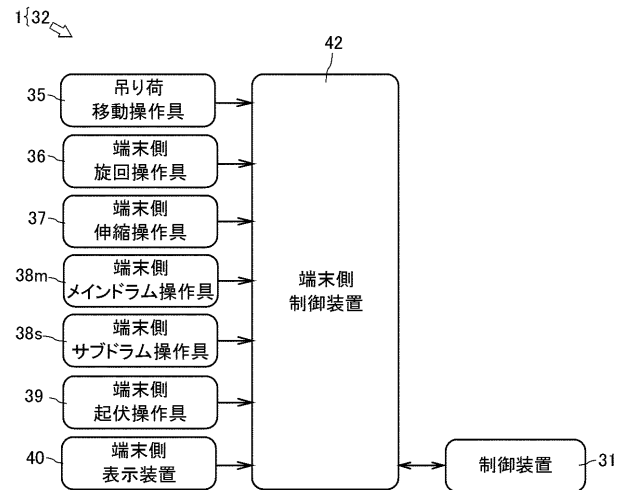
【図 2】



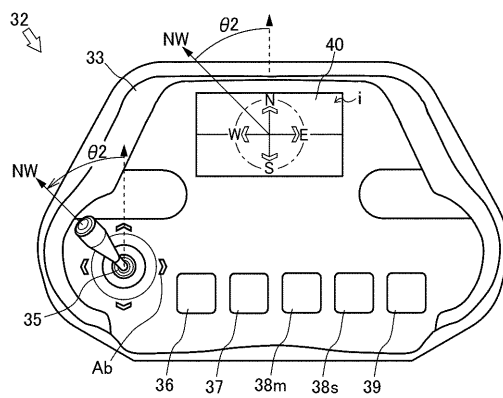
【図 3】



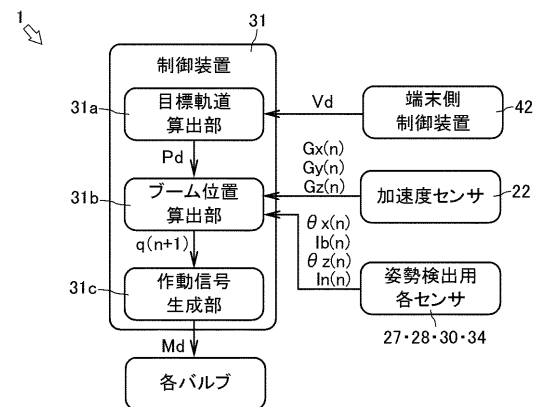
【図 4】



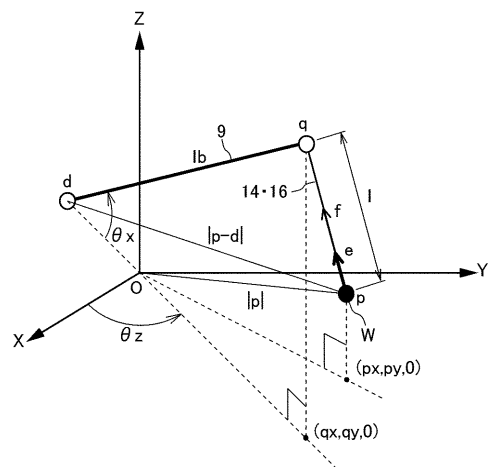
【図 5】



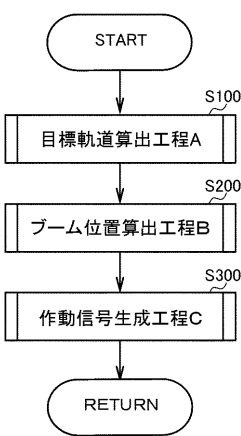
【図 6】



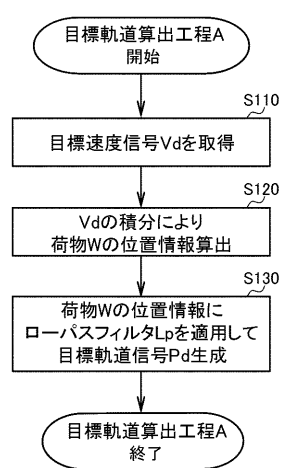
【図 7】



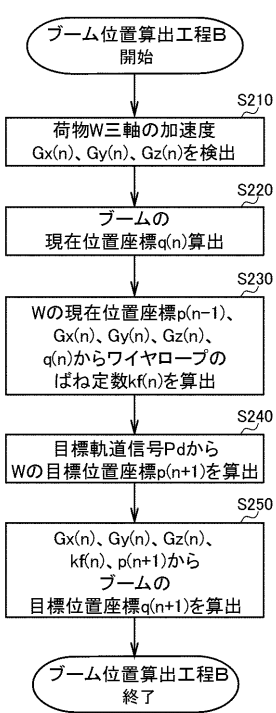
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

