

【書類名】 明細書

【発明の名称】 クレーンの自動運転装置

【技術分野】

【０００１】

本開示は、クレーンの自動運転装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

特開２０１９－１１２１７８号公報には、タワークレーンの自動運転システムが開示されている。この自動運転システムでは、建造物の設計図と移送時間を演算する座標とを用いて、タワークレーンのジブ先端の位置と、建築部材（吊り荷）の設置位置とを座標上で読み込み、両者の位置関係（距離）を算出して、必要な動作が巻上・巻下か、ジブの起・伏か、回転体の右旋回・左旋回かを判別すると同時に、それらの動作に要する時間も算出して移動速度を決定し、自動運転開始信号を出力する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

ところで、特開２０１９－１１２１７８号公報に記載のようなタワークレーンの自動運転においては、クレーン操作量を制御する制御パラメータの設定は、安全性や精度に影響するので重要である。

【０００４】

クレーンの自動運転のための制御パラメータを決定するときは、実際にクレーンを用いて荷ぶれ（吊荷の揺動）やオーバーラップをできるだけ抑えるような範囲でクレーン操作量を調整し、その際の制御パラメータをもとに自動運転のための制御パラメータを算出することが考えられる。

【０００５】

しかし、吊荷の重量には多くのパターンが存在し、それぞれに対し巻上下・旋回・起伏など様々な動作の制御パラメータを調整する必要があるため、手間が掛かる。また、建設現場の風速などの外的要因によって、制御パラメータの精度が低下する可能性がある。一方で、荷ぶれやオーバーラップの度合いが分からない状態で、実際に吊荷の揚重を行うと、吊荷が周囲に衝突するおそれがあり、安全性を確保することが難しい。

【０００６】

本開示の目的は、クレーンの自動運転のための制御パラメータの精度を高めることが可能なクレーンの自動運転装置の提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

第1の態様では、吊荷を支持可能な前記クレーンの吊荷支持部を移動させるようにクレーンの駆動装置を自動制御するクレーンの自動運転装置を提供する。前記自動運転装置は、前記吊荷の始点位置及び終点位置を設定する位置条件設定手段と、前記吊荷の大きさ及び吊荷重量を含む吊荷条件を設定する吊荷条件設定手段と、風向き及び風速を含む天候条件を設定する天候条件設定手段と、前記クレーンの撓み情報を含むクレーン条件を設定するクレーン条件設定手段と、前記吊荷の揺動の最大許容量を設定する吊荷揺動量設定手段と、前記始点位置から前記終点位置までの前記吊荷の搬送時間の最大許容量を設定する搬送時間設定手段と、前記移動始点位置及び前記移動終点位置と、前記吊荷条件と、前記天候条件と、前記クレーン条件と、前記吊荷の揺動の最大許容量と、前記搬送時間の最大許容量とに基づいて、前記クレーンの前記吊荷支持部の移動のシミュレーションを行い、前記吊荷支持部の経路を作成し、前記クレーンの前記駆動装置を自動制御するための制御パラメータを算出するシミュレーション手段と、前記経路と、前記制御パラメータとに基づいて前記クレーンの前記吊荷支持部を移動させるように前記クレーンの前記駆動装置を自動制御するクレーン制御手段と、を備える。

【0008】

一実施形態では、前記自動運転装置は、表示部と、前記シミュレーション手段が行った前記吊荷支持部の移動の前記シミュレーションの結果を前記表示部に表示させる表示処理手段と、さらにを備えてよく、前記シミュレーション手段は、三次元モデルを利用して前記シミュレーションを行ってよく、前記表示処理手段は、前記三次元モデル及び前記吊荷支持部の移動軌跡を前記表示部に表示させるてよい。

【0009】

一実施形態では、前記シミュレーション手段は、前記搬送時間が最短となる前記制御パラメータを算出してよい。

【0010】

一実施形態では、前記シミュレーション手段は、前記吊荷の揺動量が最小となる前記制御パラメータを算出してよい。

【図面の簡単な説明】

【0011】

図1は、一実施形態に係るクレーンの自動運転装置で自動運転するクレーンの模式的な全体構成図である。

図2は、クレーンの自動運転装置のブロック図である。

図3は、ハードウェア構成の一例を示す説明図である。

図４は、条件設定部の詳細を示すブロック図である。

図５は、表示部に表示されるシミュレーション結果の画面の一例を示す説明図である。

図６は、クレーンの自動運転装置の処理のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて説明する。

【００１３】

本発明の一実施形態に係るクレーンの自動運転装置１００（以下、単に「自動運転装置１００」という。）は、クレーン１の駆動装置を自動制御して、吊荷○を支持可能なクレーン１の吊荷支持部２を移動させる自動運転装置１００である。なお、以下では、クレーン１の駆動装置を自動制御してクレーン１の吊荷支持部２を移動させることを、単に「クレーン１を自動制御する」という場合がある。

【００１４】

図１に示すように、本実施形態のクレーン１は、固定式のタワークレーンであって、基礎３に対して固定されて上下方向に延びるマスト４と、マスト４の上部に旋回可能に支持される旋回体５と、旋回体５に起伏可能に支持されるジブ６と、ジブ６の先端から吊り下げられた吊荷支持部２とを備える。なお、マスト４は、建設物に対して固定されていてもよい。また、クレーン１は、後述する自動制御運転に加えて、手動運転可能であってもよい。

【００１５】

旋回体５は、旋回装置（駆動装置）７を介してマスト４の上部に旋回可能に支持される。旋回体５は、上下方向に延びる軸（旋回軸）を中心として旋回可能である。なお、旋回体５は、マスト４に上下方向に昇降可能に支持されていてもよい。

【００１６】

旋回体５には、ジブ６を起伏可能にする起伏ウィンチ（駆動装置）８と、吊荷支持部２を昇降可能にする昇降ウィンチ（駆動装置）９と、旋回体５から起立する支持フレーム１０とが設けられる。

【００１７】

起伏ウィンチ８には、起伏ワイヤロープ１１が巻回される。起伏ワイヤロープ１１は、起伏ウィンチ８から支持フレーム１０を介してジブ６まで延びてジブ６の先端部に連結される。起伏ウィンチ８を駆動することによって、起伏ワイヤロープ１１が巻き取られ、又は送り出されて、ジブ６が基端側を支点に起伏可能となっている。

【0018】

昇降ウィンチ9には、昇降ワイヤロープ12が巻回される。昇降ワイヤロープ12は、昇降ウィンチ9から支持フレーム10及びジブ6の先端部を介して、ジブ6の先端部から下方へ延びる。昇降ワイヤロープ12の先端には、吊荷支持部2が連結される。昇降ウィンチ9を駆動することによって、昇降ワイヤロープ12が巻き取られ、又は送り出されて、吊荷支持部2が鉛直方向に昇降移動可能となっている。吊荷支持部2は、吊荷Oを支持可能であれば特に限定されるものではなく、例えば、フックブロックであってもよいし、或いはバケットであってもよい。

【0019】

図1及び図2に示すように、クレーン1には、クレーン1の各種状態量を取得する各種センサが設けられる。本実施形態では、旋回体5の旋回角を取得する旋回角エンコーダ13と、ジブ6の起伏角を取得する起伏角エンコーダ14と、吊荷支持部2の昇降位置を取得する昇降位置エンコーダ15とを有する。旋回角エンコーダ13は、旋回装置7の回転数から旋回体5の旋回角を取得する。これにより、ジブ6の旋回角を取得することができる。起伏角エンコーダ14は、起伏ウィンチ8の回転数からジブ6の起伏角を取得する。昇降位置エンコーダ15は、昇降ウィンチ9の回転数から吊荷支持部2の昇降位置を取得する。クレーン1は、固定式のタワークレーンであるので、その設置位置（緯度・経度・高度）は特定される。また、マスト4の高さ及びジブ6の長さも特定される。このため、クレーン1の所定の基準位置（例えば、マスト4の頂部の旋回軸中心位置）と、クレーン1の各種状態量とを取得することによって、その時のジブ6の先端の位置（緯度・経度・高度）を特定することができる。

【0020】

なお、本実施形態では、クレーン1の各種状態量を、旋回角エンコーダ13、起伏角エンコーダ14、及び昇降位置エンコーダ15からの情報によって取得したが、これに限定されるものではなく、種々の方法でクレーン1の各種状態量を取得することができる。例えば、クレーン1の各種状態量を、ジブ6の先端や吊荷支持部2に設けたGPS (Global Positioning System)、或いはGNSS (Global Navigation Satellite System) 等によって取得してもよい。

【0021】

図3に示すように、自動運転装置100は、コンピュータ等の演算を行う装置であり、CPU31と、RAM32と、ROM33と、表示部34と、通信部35と、を備えており、それらがバス36でアクセス可能に接続されている。

。

【0022】

CPU (Central Processing Unit) 31は、ROM 33に記憶されているプログラムをRAM 32に展開し、プログラムに従った各種の制御、演算処理を司る中央処理演算装置である。

【0023】

RAM (Random Access Memory) 32は、各種のデータ、CPU 31による演算結果等を一時的に記憶する揮発性メモリである。

【0024】

ROM (Read Only Memory) 33は、プログラム等（例えば、本実施形態の自動運転装置100に対応したアプリケーション等）が記憶される不揮発性メモリである。

【0025】

表示部34は、各種の設定入力に対応できるタッチパネル式の表示装置である。表示部34は、表示機能に加えて、各種の入力を行う入力部としても機能する。なお、自動運転装置100は、表示部34とは別に入力部を備えていてもよい。

【0026】

通信部35は、外部の装置との通信を制御するための通信インターフェースであり、例えば、ネットワークインターフェースである。通信インターフェースは、有線又は無線のいずれであってもよい。

【0027】

図1及び図2に示すように、自動運転装置100は、三次元情報取得部（三次元情報取得手段）21と、条件設定部（条件設定手段）22と、シミュレーション部（シミュレーション手段）23と、表示処理部（表示処理手段）24と、クレーン制御部（クレーン制御手段）25と、を備える。自動運転装置100のCPU 31は、ROM 33に記憶されたプログラムなどのソフトウェアと協働して情報処理を実行することによって、三次元情報取得手段、条件設定手段、シミュレーション手段、表示処理手段、及びクレーン制御手段として機能する。なお、自動運転装置100のCPU 31の機能の一部を抽出して、抽出した機能を他の情報処理装置に設け、複数の情報処理装置を用いて処理を実行してもよい。

【0028】

三次元情報取得部21は、建設現場を仮想空間VSに再現して自動運転装置100の表示部34に三次元表示させるための三次元情報を所定の記憶手段から取得する。この三次元情報を記憶する上記所定の記憶手段は、自動運転装置100の所定の記憶部（ストレージ）であってもよいし、或いはデータベース

サーバに構築されてもよい。データベースサーバに構築される場合、当該データベースサーバをローカルネットワーク上に配置してもよいし、或いはインターネット経由で情報を保存するクラウドサーバとしてもよい。

【0029】

建設現場を仮想空間VSに再現して自動運転装置100の表示部34に三次元表示させるための三次元情報は、例えば、建設現場の点群データであってもよいし、建設現場の点群データに基づき生成されるデジタルツインであってもよいし、建設現場のデジタルツインに属性情報を付加したBIM（Building Information Modeling）モデルまたはCIM（Construction Information Modeling）モデル（以下、「BIM/CIMモデル」という。）であってもよい。点群データとは、例えば、三次元座標のそれぞれに対応付けられた点の集合を示すデータである。また、デジタルツインとは、例えば、物理空間から取得した情報をもとに、デジタル空間（仮想空間）に物理空間のコピーを再現したデータである。また、BIM/CIMモデルとは、建築物や建設工事現場に関する三次元モデルである。

【0030】

本実施形態では、三次元情報取得部21は、ネットワークを介して接続される図示しないクラウドサーバから、その時の施工進捗に応じた建設現場の状態を表す三次元情報を取得する。クラウドサーバに記憶される三次元情報は、例えば、クレーン1のジブ6の先端に設けた3D-LiDAR（Light Detection and Ranging）で取得した情報から求められる三次元情報であってもよい。3D-LiDARは、クレーン1の周囲の建設対象物を含む建設現場の情報を3次元点群データとして取得する。3D-LiDARが取得する点群データは、その時の施工進捗に応じた建設現場の状態を表すデータであり、例えば、施工進捗に応じて梁や柱等の躯体等が設置されると、点群データから新たに設置された梁や柱等の躯体等を検出できる。3D-LiDARで取得したデータは、ネットワークを介してクラウドサーバに送信される。

【0031】

クレーン1のジブ6の先端に3D-LiDARが設けられている場合、クレーン1のジブ6の先端の位置（緯度・経度・高度）に基づいて、3D-LiDARによるX、Y、Z座標で規定される3次元点群データを、緯度・経度・高度に変換することができる。これにより、施工進捗に応じて、どの位置（緯度・経度・高度）に構造物が出現したのかを求めることができ、その時の施工進捗に応じた建設現場の状態（三次元情報）を把握することができる。なお、3

次元点群データの緯度・経度・高度の基準となる座標を取得するために、クレーン 1（例えばジブ 6 の先端）に G N S S を設置してもよい。また、三次元情報取得部 2 1 が建設現場の状態を表す三次元情報を取得する方法は、上記に限定されるものではなく、施工進捗に応じた建設現場の状態を表す三次元情報を取得可能な他の様々な方法を適用することができる。

【0032】

条件設定部 2 2 は、後述するシミュレーション部 2 3 が実行するシミュレーションに必要な条件を設定する。条件設定部 2 2 による設定方法では、条件は、例えば、クレーン操作者等によって自動運転装置 1 0 0 の入力部から直接的に入力されてもよいし、或いは、外部装置から通信を介して入力されてもよい。

【0033】

図 4 に示すように、条件設定部 2 2 は、複数の条件設定部を含む。具体的には、条件設定部 2 2 は、位置条件設定部（位置条件設定手段）2 2 1 と、吊荷条件設定部（吊荷条件設定手段）2 2 2 と、天候条件設定部（天候条件設定手段）2 2 3 と、クレーン条件設定部（クレーン条件設定手段）2 2 4 と、吊荷揺動量設定部（吊荷揺動量設定手段）2 2 5 と、搬送時間設定部（搬送時間設定手段）2 2 6 とを含む。

【0034】

位置条件設定部 2 2 1 は、吊荷 O を移動する際の移動の始点位置及び終点位置を設定する。始点位置及び終点位置は、位置情報（以下、「吊荷位置情報」という。）として設定される。例えば、位置条件設定部 2 2 1 は、表示部 3 4 に表示される後述する仮想空間 V S 上の建設現場の三次元モデルで指定された（入力された）位置の位置情報を、始点位置及び終点位置の吊荷位置情報として設定する。

【0035】

吊荷位置情報は、その位置を特定可能な情報であればよく、例えば、三次元の座標情報（X 座標、Y 座標、Z 座標）であつてもよい。或いは、位置又はエリア毎に設定されたエリア I D と、その位置又はエリアの三次元座標情報とを対応付けて予め記憶している場合には、エリア I D を吊荷位置情報としてもよい。また、吊荷位置情報としての三次元座標情報は、ピンポイントの位置を表す三次元座標情報（X 座標、Y 座標、Z 座標）であつてもよいし、或いは、2 次元又は 3 次元の所定の範囲（エリア）を表す三次元座標情報（X 1－X 2 座標、Y 1－Y 2 座標、Z 1－Z 2 座標）であつてもよい。また、三次元座標情報は、緯度・経度・高度を示す情報であつてもよいし、或いは、後述する仮想

空間V S上の建設現場の三次元モデルに対応する座標情報（X座標、Y座標、Z座標）であってもよい。

【0036】

吊荷条件設定部222は、吊荷Oの大きさ、及び吊荷重量（吊荷Oの重量）を含む吊荷条件を設定する。吊荷条件を設定する場合、吊荷条件設定部222は、自動運転装置100の入力部から入力された値（例えば、吊荷Oの重量）を吊荷条件に設定してもよい。或いは、予め吊荷O毎に対応付けられているID番号等があり、ID番号等が分かればその吊荷Oの情報（吊荷重量等）が得られる場合には、吊荷条件設定部222は、自動運転装置100の入力部から入力されたID番号等から吊荷Oの吊荷重量等の値を特定し、特定した値を吊荷条件に設定してもよい。なお、吊荷条件は、吊荷重量に加えて、その他の情報（例えば吊荷Oの形状、種類など。）を含んでもよい。

【0037】

天候条件設定部223は、風向き及び風速を含む天候条件を設定する。天候条件設定部223は、自動運転装置100の入力部から入力された風向き及び風速を天候条件に設定してもよい。或いは、風向き及び風速を測定可能な風速センサをクレーン1に設けている場合には、天候条件設定部223は、リアルタイムの風向き及び風速を風速センサから取得して、天候条件に設定してもよい。なお、天候条件は、風向き及び風速に加えて、その他の情報（例えば気温、雨、雪など。）を含んでもよい。

【0038】

クレーン条件設定部224は、クレーン1の撓み情報を含むクレーン条件を設定する。クレーン1で吊荷Oを吊った際には、マスト4及びジブ6の撓みや起伏ワイヤロープ11の伸び等からクレーン1に撓みが発生する。クレーン1の撓み情報とは、起伏角度とクレーン1の撓みと吊荷重量との関係を示す情報である。例えば、クレーン1の撓み情報は、起伏角度が43度で吊荷重量4tの吊荷を吊ると、吊荷を吊っていない場合に対してジブ6の先端の位置が前側（ジブ6が延びている方向）へ1.5度傾くなどの情報である。なお、クレーン条件は、クレーン1の撓み情報に加えて、その他の情報（例えばマスト及びジブの長さ、レバー操作（手動操作）におけるクレーンの能力（旋回・起伏・巻上下の能力）など。）を含んでもよい。

【0039】

吊荷揺動量設定部225は、吊荷Oの揺動の最大許容量を設定する。吊荷Oを吊った状態では、クレーン1の旋回又は起伏によって、或いは風等の外的要因によって、吊荷Oが揺動する。吊荷Oの揺動の最大許容量は、吊荷Oを吊った状態で吊荷Oを静止させた吊荷Oの基準位置に対して、どの程度まで揺動を

許容するか値である。揺動の最大許容量の入力は、揺動量の数値入力（例えば基準位置からの距離の入力）であってもよいし、表示部 3 4 に表示されるスライダーやプルダウンリスト等からの揺動量の選択入力であってもよい。

【0040】

搬送時間設定部 2 2 6 は、始点位置から終点位置までの吊荷 O の搬送時間の最大許容量を設定する。搬送時間の最大許容量の入力は、時間の数値入力であってもよいし、表示部 3 4 に表示されるスライダー S（図 5 参照）やプルダウンリスト等からの時間の選択入力であってもよい。

【0041】

シミュレーション部 2 3 は、条件設定部 2 2 で設定された各種の条件に基づいて、クレーン 1 の動作を模擬（シミュレーション）するためのプログラムを実行する。これにより、シミュレーション部 2 3 は、クレーン 1 の吊荷支持部 2 の移動のシミュレーションを行い、吊荷支持部 2 の経路を作成し、クレーン 1 の駆動装置（旋回装置 7、起伏ウィンチ 8、及び昇降ウィンチ 9）を自動制御するための制御パラメータ（加速度・減速度等）を算出する。なお、シミュレーション部 2 3 で実行するプログラムには、市販されている製品を含め従来用いられている種々のプログラムを採用することができる。

【0042】

シミュレーション部 2 3 に設定される条件は、始点位置及び終点位置と、吊荷条件と、天候条件と、クレーン条件と、吊荷 O の揺動の最大許容量と、搬送時間の最大許容量とを含む。これらの条件は、上述したように、位置条件設定部 2 2 1、吊荷条件設定部 2 2 2、天候条件設定部 2 2 3、クレーン条件設定部 2 2 4、吊荷揺動量設定部 2 2 5、及び搬送時間設定部 2 2 6 で設定される。

【0043】

シミュレーション部 2 3 は、例えば、三次元情報取得部 2 1 で取得した三次元情報から仮想空間 V S に再現可能な建設現場の 3 次元モデルを利用して、吊荷支持部 2 の経路を作成する。吊荷支持部 2 の経路は、設定された始点位置から終点位置までの搬送経路である。シミュレーション部 2 3 は、設定された吊荷 O の大きさに応じて、建設現場の 3 次元モデル上で、周囲の障害物（建設済みの建物等）に吊荷 O が接触しないように、始点位置から終点位置までの安全な経路を作成する。シミュレーション部 2 3 に設定される条件には、クレーン条件が含まれるので、このシミュレーション部 2 3 が作成する経路は、少なくともクレーン 1 の撓みを考慮した経路となる。また、シミュレーション部 2 3 に設定される条件には、天候条件が含まれるので、このシミュレーション部 2 3 が作成する経路は、少なくとも風向き及び風速を考慮した経路となる。

【0044】

シミュレーション部23は、設定された揺動の最大許容量及び搬送時間の最大許容量の範囲内で、設定された吊荷重量の吊荷Oを、作成した経路に沿って移動させるシミュレーションを行い、クレーン1の駆動装置を自動制御するための制御パラメータ（以下、単に「制御パラメータ」という場合がある。）を算出する。例えば、シミュレーション部23は、設定された揺動の最大許容量の範囲内で、搬送時間が最短となる制御パラメータを算出してもよい。又は、シミュレーション部23は、設定された搬送時間の最大許容量の範囲内で、吊荷Oの揺動量が最小となる制御パラメータを算出してもよい。

【0045】

なお、シミュレーション部23は、設定された天候条件が現実の天候と異なる場合であっても、シミュレーションを実行することができる。また、シミュレーション部23は、設定されたクレーン条件が自動操作の対象となっているクレーン1の諸元と異なる場合であっても、シミュレーションを実行することができる。

【0046】

表示処理部24は、シミュレーション部23が行った吊荷支持部2の移動のシミュレーションの結果を表示部34に表示させる処理を実行する。例えば、図5に示すように、表示処理部24は、三次元情報取得部21が取得した三次元情報に基づいて建設現場を仮想空間VSに再現して表示部34に表示させる。そして、表示処理部24は、始点位置Aから終点位置Bまでの吊荷支持部2（吊荷O）の経路P1と、決定された制御パラメータで自動制御した場合の吊荷Oの揺動を含む移動軌跡P2とを三次元モデル上に表示させる。すなわち、表示処理部24は、三次元モデル及び吊荷支持部2の移動軌跡P2を表示部34に表示させる。更に、表示処理部24は、決定された制御パラメータで自動制御した場合の搬送時間を表示させてもよい。なお、表示処理部24は、揺動の最大許容量の設定値が小さすぎ、搬送時間の最大許容量の範囲内に収まらない場合や、搬送時間の最大許容量の設定値が小さすぎ、揺動の最大許容量の範囲内に収まらない場合には、その旨の表示（範囲内に収まらない旨の表示）を行ってもよい。

【0047】

クレーン制御部25は、シミュレーション部23が作成した経路と、シミュレーション部23が算出した制御パラメータとに基づいてクレーン1を自動制御する。具体的には、クレーン制御部25は、旋回体5の旋回角、ジブ6の起伏角、及び吊荷支持部2の昇降位置を、旋回角エンコーダ13、起伏角エンコーダ14、及び昇降位置エンコーダ15から取得しつつ、クレーン1の旋回装

置7、起伏ウィンチ8、及び昇降ウィンチ9を自動制御して吊荷支持部2を移動させる。なお、クレーン制御部25は、外的要因（例えば、クレーン1に設けた風速センサからの情報や荷振れ等）に基づいて制御パラメータを補正しつつ、クレーン1の駆動装置を自動制御してもよい。

【0048】

なお、クレーン制御部25は、経路及び制御パラメータを決定した際のシミュレーション部23によるシミュレーションの吊荷条件、天候条件、及びクレーン条件のうち少なくとも1つの条件が現実の吊荷O、現実の天候、現実のクレーン1の諸元と異なる場合、クレーン1の自動制御を実行しなくてもよい。なお、現実の吊荷Oとは、自動運転で揺動対象となっている吊荷Oを意味する。また、現実のクレーン1とは、自動運転の対象となっているクレーンを意味する。現実の吊荷Oは、例えば、吊荷Oの重さを検出する荷重計等の荷重検出手段をクレーン1に設けたり、吊荷Oを撮像可能なカメラ等の撮像手段をクレーン1に設けたりすることによって検出することができる。また、現実の天候は、上述した風速センサをクレーン1に設けて検出したり、インターネットを介して天候の情報を取得したりすることができる。また、現実のクレーン1の諸元は、予め自動運転装置100に記憶しておくことができる。

【0049】

（自動運転処理）

次に、自動運転装置100が実行する自動運転処理について、図6に基づいて説明する。自動運転処理は、自動運転装置100が起動されてから停止されるまで、繰り返し実行される。

【0050】

図6に示すように、自動運転処理では、先ず、自動運転装置100は、シミュレーションに必要な全ての情報の入力を受け付ける（ステップS1）。

【0051】

例えば、自動運転装置100の表示部34には、仮想空間VS上の建設現場の三次元モデル（以下、単に「建設現場の三次元モデル」という。）が表示されている。クレーン操作者等（以下、単に「操作者」という。）は、表示部34の建設現場の三次元モデルにおいて、始点位置となる地点Aをタップする。これにより、位置条件設定部221は、地点Aを始点位置Aとして設定する。また、始点位置Aと同様に、操作者が表示部34の建設現場の三次元モデルにおいて、終点位置となる地点Bをタップすることによって、位置条件設定部221は、地点Bを終点位置Bとして設定する。更に、操作者は、吊荷条件と、天候条件と、クレーン条件と、吊荷Oの揺動の最大許容量と、搬送時間の最大許容量とを、表示部34から設定する。

【0052】

なお、本実施形態では、始点位置及び終点位置を建設現場の三次元モデル上で指定したが、これに限定されるものではない。例えば、複数のエリアを予め準備し、各エリア名又はエリアID（以下、「エリアID等」という。）と、そのエリアの三次元座標情報等の位置情報とを対応付けて予め記憶しておき、エリアID等を表示部34から入力し又は選択することによって、始点位置及び終点位置を設定してもよい。

【0053】

次に、シミュレーションに必要な全ての情報の入力を受け付けた後、シミュレーション部23は、吊荷支持部2の経路を作成する（ステップS2）。例えば、シミュレーション部23は、表示部34に表示される「シミュレーション開始」のボタンがタップされると、吊荷支持部2の経路を作成する（ステップS2）。

【0054】

次に、シミュレーション部23は、設定された揺動の最大許容量及び搬送時間の最大許容量の範囲内で、設定された吊荷重量の吊荷Oを、作成した経路に沿って移動させるシミュレーションを行い、制御パラメータを算出する（ステップS3）。例えば、シミュレーション部23は、設定された揺動の最大許容量の範囲内で、搬送時間が最短となる制御パラメータを算出する。又は、シミュレーション部23は、設定された搬送時間の最大許容量の範囲内で、吊荷Oの揺動量が最小となる制御パラメータを算出する。

【0055】

次に、表示処理部24は、シミュレーション部23が行った吊荷支持部2の移動のシミュレーションの結果を表示部34に表示させる（ステップS4）。

【0056】

次に、クレーン制御部25は、自動運転開始の指示があったか否かを判定する（ステップS5）。例えば、クレーン制御部25は、表示部34に表示される「自動運転開始」のボタンBT（図5参照）がタップされたか否かを判定する（ステップS5）。自動運転開始の指示がない場合（ステップS5：NO）、ステップS1に戻り、条件変更等を受け付ける。一方、自動運転開始の指示があった場合（ステップS5：YES）、クレーン制御部25は、シミュレーション部23が作成した経路と、シミュレーション部23が算出した制御パラメータとに基づいてクレーン1を自動制御する（ステップS6）。クレーン1の自動運転が終了すると、本処理も終了する。

【0057】

なお、上述したように、クレーン制御部 25 は、自動運転開始の指示があった後（ステップ S5：YES）、シミュレーション部 23 によるシミュレーションの吊荷条件、天候条件、及びクレーン条件のうち少なくとも 1 つの条件が現実の吊荷 O、現実の天候、クレーン 1 の諸元と異なるか否かを判定してもよい。そして、シミュレーションにおける上記少なくとも 1 つの条件と、現実のものとは異なると判定した場合には、クレーン制御部 25 は、クレーン 1 の自動制御を実行しなくてもよい。このとき、自動運転装置 100 は、決定された経路及び制御パラメータを算出したシミュレーション時の条件が現実のものと異なることを操作者に認識させる警報（表示部 34 への表示や音による警報など）を行ってもよい。

【0058】

上記のように構成された自動運転装置 100 では、クレーン制御部 25 は、シミュレーション部 23 が作成した経路と、シミュレーション部 23 が算出した制御パラメータとに基づいてクレーン 1 を自動制御する。このように、クレーン 1 の自動制御を実行する前に、シミュレーション部 23 がシミュレーションを実行するので、吊荷 O の揺動やオーバーラップ（荷振れ量）を抑え、かつ作業時間（搬送時間）を抑えることが可能な制御パラメータを、様々な条件（吊荷重量や搬送距離等）に対して素早く算出することができる。これにより、例えば、クレーンの諸元値や吊荷情報の設定などの必要最低限の調整作業のみで、高精度なクレーン 1 の自動運転が可能となる。

【0059】

また、シミュレーション部 23 が算出する制御パラメータは、吊荷重量と搬送距離（始点位置及び終点位置）のみならず、クレーン 1 の撓み、天候（風速及び風向き）、吊荷 O の揺動、及び運搬時間を考慮して算出される。このため、クレーン 1 の自動運転のための制御パラメータの精度を高めることができる。

【0060】

また、シミュレーション部 23 が実行するシミュレーションによって、経路（搬送経路）の他、吊荷 O の揺動の程度を把握することができる。

【0061】

このように、本開示によれば、クレーン 1 の自動運転のための制御パラメータの精度を高めることが可能なクレーンの自動運転装置 100 を提供することができる。

【0062】

また、表示処理部 24 は、決定された制御パラメータで自動制御した場合の吊荷 O の揺動を含む移動軌跡 P2 を三次元モデル上に表示させる。このため、

操作者は、シミュレーションの結果を三次元モデル上で視認することができるので、シミュレーションの結果を容易に把握することができる。特に、吊荷○の揺動の程度を可視化することができるので、揚重作業を行う前に揺動の程度を把握することができ、安全性を向上させることができる。

【００６３】

また、シミュレーション部２３が、吊荷揺動量設定部２２５で設定された揺動の最大許容量の範囲内で、搬送時間が最短となる制御パラメータを算出することによって、揺動を抑えた上で最短の搬送時間で吊荷○を自動運転で搬送することができる。

【００６４】

また、シミュレーション部２３が、搬送時間設定部２２６で設定された搬送時間の最大許容量の範囲内で、吊荷○の揺動量が最小となる制御パラメータを算出することによって、搬送時間を抑えた上で最小の揺動量で吊荷○を自動運転で搬送することができる。

【００６５】

なお、本実施形態では、自動運転装置１００をクレーン１の旋回体５上に配置した状態を図示しているが（図１）、自動運転装置１００の配置位置はこれに限定されるものではなく、クレーン１から離れた位置（例えば地上等）に配置してもよい。

【００６６】

以上、本発明について、上記実施形態に基づいて説明を行ったが、本発明は上記実施形態の内容に限定されるものではなく、当然に本発明を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。すなわち、この実施形態に基づいて当業者等によりなされる他の実施形態、実施例及び運用技術等は全て本発明の範疇に含まれることは勿論である。

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

吊荷を支持可能な前記クレーンの吊荷支持部を移動させるようにクレーンの駆動装置を自動制御するクレーンの自動運転装置であって、

前記吊荷の始点位置及び終点位置を設定する位置条件設定手段と、

前記吊荷の大きさ及び吊荷重量を含む吊荷条件を設定する吊荷条件設定手段と、

風向き及び風速を含む天候条件を設定する天候条件設定手段と、

前記クレーンの撓み情報を含むクレーン条件を設定するクレーン条件設定手段と、

前記吊荷の揺動の最大許容量を設定する吊荷揺動量設定手段と、

前記始点位置から前記終点位置までの前記吊荷の搬送時間の最大許容量を設定する搬送時間設定手段と、

前記始点位置及び前記終点位置と、前記吊荷条件と、前記天候条件と、前記クレーン条件と、前記吊荷の揺動の最大許容量と、前記搬送時間の最大許容量とに基づいて、前記クレーンの前記吊荷支持部の移動のシミュレーションを行い、前記吊荷支持部の経路を作成し、前記クレーンの前記駆動装置を自動制御するための制御パラメータを算出するシミュレーション手段と、

前記経路と、前記制御パラメータとに基づいて前記クレーンの前記吊荷支持部を移動させるように前記クレーンの前記駆動装置を自動制御するクレーン制御手段と、を備える

クレーンの自動運転装置。

【請求項 2】

表示部と、

前記シミュレーションの結果を前記表示部に表示させる表示処理手段と、をさらに備え、

前記シミュレーション手段は、三次元モデルを利用して前記シミュレーションを行うように構成されており、

前記表示処理手段は、前記三次元モデル及び前記吊荷支持部の移動軌跡を前記表示部に表示させるように構成されている

請求項 1 に記載のクレーンの自動運転装置。

【請求項 3】

前記シミュレーション手段は、前記搬送時間が最短となる前記制御パラメータを算出するように構成されている

請求項 1 又は 2 に記載のクレーンの自動運転装置。

【請求項 4】

前記シミュレーション手段は、前記吊荷の揺動量が最小となる前記制御パラメータを算出するように構成されている
請求項 1 又は 2 に記載のクレーンの自動運転装置。