(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2012-193022
(P2012-193022A)
(43)公開日　平成24年10月11日(2012.10.11)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
B66C 13/22	(2006.01)	B66C 13/22	M	3F204

審査請求 有　請求項の数 4　OL　（全 12 頁）

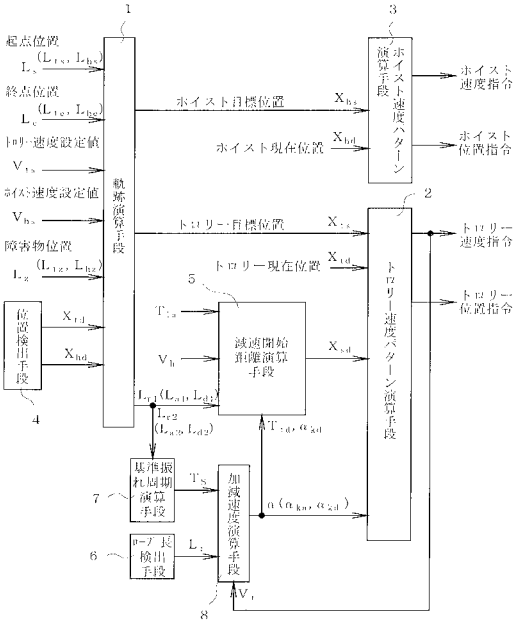
(21)出願番号　特願2011-58751 (P2011-58751)
(22)出願日　平成23年3月17日 (2011.3.17)

(71)出願人　000005234
富士電機株式会社
神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号
(74)代理人　100091281
弁理士　森田　雄一
(72)発明者　上田　秀寿
東京都品川区大崎一丁目１１番２号　富士電機システムズ株式会社内
(72)発明者　金子　貴之
東京都品川区大崎一丁目１１番２号　富士電機システムズ株式会社内
(72)発明者　吉崎　久之
東京都品川区大崎一丁目１１番２号　富士電機システムズ株式会社内

Fターム(参考)　3F204 AA02　BA02　CA03　DB02　EA02
EA05　EA11　EB08

(54)【発明の名称】クレーンの振れ止め制御方法及び振れ止め制御装置

(57)【要約】
【課題】吊り荷を支持するロープ長が変化する場合でも、比較的簡単な演算により所定の速度パターンを生成して吊り荷の振れ止めを行う。トロリーの目標位置と移動量との位置偏差が減速開始距離に等しくなった時点からトロリーの減速を開始し、高精度な位置決めを可能にする。
【解決手段】トロリーが移動する際の吊り荷の振れ角に関する運動方程式に基づいてトロリーの加減速時の速度パターンを求め、この速度パターンに従ってトロリーを駆動することにより吊り荷の振れ止めを行う制御方法に関する。前記運動方程式をトロリー加速度について解くことにより数式２に示す加減速度を求め、この加減速度に応じた速度パターンに従ってトロリーを駆動し、トロリーの加減速が終了した時点の吊り荷の振れ角が零となるように制御する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ロープによって吊り下げられた吊り荷を巻き上げまたは巻き下げるホイストと、前記ホイストを支持して軌道上を移動するトロリーと、を備えたクレーンの制御方法であって、
前記トロリーが移動する際の吊り荷の振れ角に関する数式１の運動方程式に基づいて前記トロリーの加減速時の速度パターンを求め、この速度パターンに従ってトロリーを駆動することにより吊り荷の振れ止めを行う振れ止め制御方法において、
数式１をトロリー加速度について解くことにより数式２に示す加減速度を求め、この加減速度に応じた速度パターンに従ってトロリーを駆動し、トロリーの加減速が終了した時点の吊り荷の振れ角が零となるように制御することを特徴とするクレーンの振れ止め制御方法。
【数１】

$$L_r \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + 2 \cdot \frac{dL_r}{dt} \cdot \frac{d\theta}{dt} + g\theta = -\alpha$$

（L_r：ロープ長，θ：吊り荷（ロープ）の振れ角，g：重力加速度，α：トロリー加速度）
【数２】

$$\alpha(t) = \left[\frac{L_r}{g}\left(\frac{2\pi}{T_S}\right)^2 - 1\right]\alpha_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_S}\right)t + \alpha_k + \frac{\alpha_k}{g} \cdot 2V_h \cdot \left(\frac{2\pi}{T_S}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_S}\right)t$$

（α（ｔ）：トロリー加減速度，L_r：ロープ長，g：重力加速度，T_S：吊り荷の基準振れ周期，α_k：トロリー基準加減速度，V_h：ホイスト速度，ｔ：加減速開始からの時間）
【請求項２】
請求項１に記載したクレーンの振れ止め制御方法において、
前記トロリーが加減速を開始してから終了するまで前記ホイストが一定速度で動作しているものとして、前記数式１における振れ角θが零となる条件から、前記基準振れ周期を求めることを特徴とするクレーンの振れ止め制御方法。
【請求項３】
請求項２に記載したクレーンの振れ止め制御方法において、
前記トロリーの加速時には、前記トロリーの加速時間をT_{ta}、前記トロリーの加速開始時のロープ長をL_{a1}、ホイスト速度をV_hとして、前記トロリーの加速終了時のロープ長L_{a2}を数式３により表すと共に、前記トロリー加速時の最適な前記基準振れ周期を数式４により求め、
前記トロリーの減速時には、前記トロリーの加速時間をT_{td}、前記トロリーの減速開始時のロープ長をL_{d1}、ホイスト速度をV_hとして、前記トロリーの減速終了時のロープ長をL_{d2}として、前記トロリー減速時の最適な前記基準振れ周期を数式５により求めることを特徴とするクレーンの振れ止め制御方法。
【数３】

$$L_{a2} = L_{a1} + V_h \cdot T_{ta}$$

【数４】

$$T_{as}=T_{ta}=\frac{\frac{V_h(n\pi)^2}{g}+\sqrt{\left(\frac{V_h(n\pi)^2}{g}\right)^2+\frac{4L_{a1}}{g}(n\pi)^2}}{2}$$

【数５】

$$T_{ds}=T_{td}=\frac{\frac{V_h(n\pi)^2}{g}+\sqrt{\left(\frac{V_h(n\pi)^2}{g}\right)^2+\frac{4L_{d2}}{g}(n\pi)^2}}{2}$$

（数式４，５において、ｎは整数）

【請求項４】

請求項１～３のいずれか１項に記載した振れ止め制御方法を実施するためのクレーンの振れ止め制御装置であって、

トロリー及びホイストの起点位置、トロリー及びホイストの終点位置、トロリー速度設定値、ホイスト速度設定値が少なくとも入力され、これらの入力情報からトロリー及びホイストの移動軌跡を演算してトロリー目標位置及びホイスト目標位置を出力する軌跡演算手段と、

前記ホイスト目標位置及びホイスト現在位置に基づいてホイスト速度指令及びホイスト位置指令を出力するホイスト速度パターン演算手段と、

前記トロリー目標位置、トロリー現在位置、トロリー加減速度及び減速開始距離に基づいてトロリー速度指令及びトロリー位置指令を出力するトロリー速度パターン演算手段と、

トロリー減速度α_{kd}、トロリー減速開始時のロープ長L_{d1}、トロリー減速終了時のロープ長L_{d2}、ホイスト速度V_h、吊り荷の基準振れ周期T_S、トロリー減速時間T_{td}、トロリー減速開始時間t_1、トロリー減速終了時間t_2、トロリーの減速の周期ω_0、減速開始からの時間ｔを用いて、数式６により減速開始距離X_{sd}を演算する減速開始距離演算手段と、を備え、

前記移動軌跡に沿って前記トロリーを前記目標位置に移動させる際に請求項１～３のいずれかに記載された振れ止め制御を行うと共に、前記トロリー速度パターン演算手段は、前記トロリーの目標位置と移動量との位置偏差が前記減速開始距離X_{sd}と一致したときに前記トロリーの減速を開始する速度パターンを演算することを特徴とするクレーンの振れ止め制御装置。

【数６】

$$X_{sd}=\frac{\alpha_{kd}}{g}(L_{d1}-L_{d2})-\frac{\alpha_{kd}}{2}\left\{\int_{t1}^{t2}V_h\cdot\cos\left(\frac{2\pi}{T_S}\right)\omega_0 t\,dt-2\int_{t1}^{t2}V_h\,dt\right\}+\frac{\alpha_{kd}}{2}\cdot T_{td}^{\,2}$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、港湾、製鉄所、各種工場などで荷役作業に使用される懸垂式クレーンにおいて、トロリーにより吊り荷を目標位置まで搬送した際の吊り荷の振れ止めを行うための振れ止め制御方法及び制御装置に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

一般に、懸垂式クレーンによる荷役作業では、吊り荷を短時間内に目標位置へ正確に到達させる位置決め制御だけでなく、サイクルタイムを減少させて荷役効率を向上させる観点から、目標位置まで搬送した際の吊り荷の振れ角を零にする振れ止め制御が求められている。このような振れ止め制御を実現するために、従来から各種の制御方法が提案されている。

【０００３】

例えば、特許文献１には、トロリーの加速度を連続的に変化させてトロリーの速度を滑らかに変化させるクレーン運転制御方法において、加速度パターンを、一定速度区間を挟んで正負の三角波状または台形波状に設定することにより、トロリー速度の急変に起因したトロリー車輪とレールとの間のスリップを防止し、トロリーの位置決め精度及び振れ止め精度を向上させることが記載されている。

【０００４】

また、特許文献２には、吊り荷の巻上げまたは巻下げとトロリーの横行とを同時に行う場合のように、吊り荷を支持するロープ長が変化する場合の振れ止め制御方法が開示されている。すなわち、この制御方法は、吊り荷の振れ角に関する運動方程式において、ロープ長に応じて変化する減衰係数及び固有振動数の代表値を用いて吊り荷の振れ周期を求め、この振れ周期の途中の時点（半周期の時点など）でトロリーの加速度を補正することにより残留振れを低減するような速度パターンを生成するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特許第３０１９６６１号公報（段落［００１１］～［００１５］、図３、図５、図７等）

【特許文献２】特開平７－２５７８７６号公報（段落［０００９］～［００１３］、図５等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

特許文献１に係る従来技術では、トロリーの横行の途中でロープ長が変化する場合を想定しておらず、加速度パターンを一定のロープ長から求めた吊り荷の振れ周期に基づいて作成しているので、ロープ長が変化した場合にはそのまま適用することができない。

特許文献２に係る従来技術では、トロリーを加減速する途中で速度が変化するような速度パターンを作成するために、複雑な加速度補正演算が必要であるという問題があった。

また、一般に、クレーンの吊り荷を単振り子に見立てて振れ止め制御を行う場合には、予め設定される基準の振れ周期によって吊り荷の振れ状態が変化してしまい、振れ周期を最適値に設定することが困難である。

【０００７】

そこで、本発明の目的は、吊り荷を支持するロープ長が変化する場合でも、比較的簡単な演算により所定の速度パターンを生成して吊り荷の高精度な振れ止めを可能にした、クレーンの振れ止め制御方法及び振れ止め制御装置を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、トロリーの適切な減速開始距離を演算し、トロリーの目標位置と移動量との位置偏差が減速開始距離に等しくなった時点でトロリーの減速を開始することにより、高精度な位置決めを可能にすることにある。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記課題を解決するため、本発明の振れ止め制御方法は、トロリーが移動する際の吊り荷（ロープ）の振れ角に関する運動方程式に基づいてトロリー加減速時の速度パターンを求め、この速度パターンに従ってトロリーを駆動するものである。詳しくは、上記運動方程式をトロリー加速度について解くことにより、吊り荷を支持するロープ長、吊り荷の基準振れ周期、トロリー基準加減速度、ホイスト速度、トロリーの加減速開始からの時間等の関数としてトロリーの加減速度を求め、この加減速度に応じた速度パターンに従ってトロリーを駆動する。これにより、トロリーの加減速が終了した時点の吊り荷の振れ角が零となるように振れ止め制御を行う。

ここで、前記基準振れ周期は、トロリーが加減速を開始してから終了するまでホイストが一定速度で動作しているものとして、吊り荷の振れ角が零となる条件から求めることが望ましい。

更に、本発明の振れ止め制御方法では、トロリーの加減速時における最適な基準振れ周期を、トロリーの加減速時間、トロリーの加減速開始時または終了時のロープ長、ホイスト速度等を用いて求めることが望ましい。

【０００９】

また、本発明の振れ止め制御装置は、上記振れ止め制御方法を実施するために、軌跡演算手段、ホイスト速度パターン演算手段、トロリー速度パターン演算手段、及び、減速開始距離演算手段を備えている。

ここで、軌跡演算手段は、吊り荷の起点位置から終点位置に至るまでのトロリー及びホイストの移動軌跡を演算し、トロリー目標位置及びホイスト目標位置を出力する。また、ホイスト速度パターン演算手段は、ホイスト目標位置及びホイスト現在位置に基づいてホイスト速度指令及びホイスト位置指令を出力し、トロリー速度パターン演算手段は、トロリー目標位置、トロリー現在位置、トロリー加減速度及び減速開始距離に基づいてトロリー速度指令及びトロリー位置指令を出力する。

更に、減速開始距離演算手段は、トロリー減速度、トロリー減速開始時及び減速終了時のロープ長、ホイスト速度、吊り荷の基準振れ周期、トロリー減速時間、トロリー減速開始時間及び減速終了時間等を用いて、トロリーの減速開始距離を演算する。

そして、トロリーを目標位置に移動させる際に振れ止め制御を行う一方で、トロリー速度パターン演算手段は、トロリーの目標位置と移動量との位置偏差が減速開始距離と一致したときにトロリーの減速を開始するような速度パターンを演算するものである。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によれば、吊り荷を支持するロープ長が変化する場合でも、比較的簡単な演算式によりトロリー加減速度を演算し、この加減速度に基づいた速度パターンに従ってトロリーを駆動することにより、吊り荷の振れ角を減少させて高精度な振れ止め制御を行うことができる。

また、トロリーの目標位置と移動量との位置偏差が減速開始距離に等しくなった時点からトロリーの減速を開始することにより、位置決め精度も向上する。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明の実施形態に係る振れ止め制御装置を含むクレーンの駆動制御システムのブロック図である。

【図２】図１の軌跡演算手段により演算される移動軌跡の一例を示す図である。

【図３】図２の移動軌跡に対応したトロリー及びホイストの起動・停止タイミングと目標位置、並びに、トロリー速度及びホイスト速度の説明図である。

【図４】クレーンの主要部を概略的に示した図である。

【図５】減速開始距離を演算するためのトロリー速度及びホイスト速度の説明図である。

【図６】トロリー減速開始距離演算時におけるパターン分けされたホイスト速度の説明図である。

【図７】本発明によるシミュレーション結果を示す波形図である。

【図８】シミュレーション時における吊り荷の移動軌跡を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。
まず、図１は、本実施形態に係る振れ止め制御装置を含むクレーンの駆動制御システムのブロック図であり、例えばＣＰＵとその実行プログラムによって実現されるものである。
【００１３】
図１において、軌跡演算手段１は、クレーン起点位置L_s、クレーン終点位置L_e、トロリー速度設定値V_{ts}、ホイスト速度設定値V_{hs}、障害物位置L_z、トロリー現在位置X_{td}及びホイスト現在位置X_{hd}に基づき、移動経路上の障害物を回避しながら吊り荷を起点位置から終点位置まで搬送するための最適な移動軌跡をトロリー目標位置X_{ts}及びホイスト目標位置X_{hs}として演算し、出力する。
位置検出手段４は、適宜なセンサを用いてトロリー現在位置X_{td}及びホイスト現在位置X_{hd}を検出し、軌跡演算手段１に出力している。
【００１４】
軌跡演算手段１に入力される情報として、クレーン起点位置L_sは、トロリー起点位置L_{ts}及びホイスト起点位置L_{hs}を含み、クレーン終点位置L_eは、トロリー終点位置L_{te}及びホイスト起点位置L_{he}を含む。
更に、障害物位置L_zは、トロリーの移動方向に沿った水平方向の位置L_{te}及びホイストの移動方向に沿った垂直方向の位置L_{he}を含んでいる。
【００１５】
また、軌跡演算手段１からは、加減速開始時ロープ長L_{r1}及び加減速終了時ロープ長L_{r2}も出力されている。
加減速開始時ロープ長L_{r1}は、トロリーの加減速を開始するときのロープ長であり、加速開始時ロープ長L_{a1}及び減速開始時ロープ長L_{d1}を含む。また、加減速終了時ロープ長L_{r2}は、トロリーの加減速を終了するときのロープ長であり、加速終了時ロープ長L_{a2}及び減速終了時ロープ長L_{d2}を含む。
【００１６】
図２は、軌跡演算手段１により演算される移動軌跡の一例を示している。なお、トロリーは図２のＸ軸に沿って直線的に移動し、ホイストはＹ軸に沿って吊り荷を巻き上げ、または巻き下げるものとする。
図１の軌跡演算手段１は、前述した入力情報を用いて、図２に示す如く、起点Ｓ（クレーン起点位置L_s）からＡ点，Ｂ点，Ｃ点，Ｄ点を順次通過して終点Ｅ（クレーン終点位置L_e）に至る移動軌跡を演算し、トロリー及びホイストは互いの位置を参照しながら各点に到達するたびにトロリー目標位置X_{ts}及びホイスト目標位置X_{hs}を次の点に切り替える。図２において、Ｚは障害物位置を示す。
ここで、起点Ｓは巻き上げのためにホイストが起動する位置、Ａ点はトロリーが起動する位置、Ｂ点はホイストが停止する位置、Ｃ点は巻き下げのためにホイストが起動する位置、Ｄ点はトロリーが停止する位置、終点Ｅはホイストが停止する位置に相当する。
なお、図３は、図２の移動軌跡を設定した場合のトロリー及びホイストの起動・停止タイミング並びに各タイミングにおける目標位置と、トロリー速度及びホイスト速度との関係を示している。
【００１７】
次に、図４は、クレーンの主要部を概略的に示した図であり、１００はトロリー、１０１はトロリー１００が直線的に移動する軌道、１１０はトロリー駆動装置、２００はホイスト、２１０はホイスト駆動装置、３００は吊り荷４００を支持するロープ、θは吊り荷４００（ロープ３００）の振れ角である。
【００１８】
再び図１において、トロリー速度パターン演算手段２は、軌跡演算手段１から出力され

るトロリー目標位置X_{ts}と、トロリー現在位置X_{td}と、加減速度演算手段８から出力されるトロリー加減速度αと、減速開始距離演算手段５から出力されるトロリー減速開始距離X_{sd}とを用いて、トロリー速度指令を演算し、このトロリー速度指令を積分することによりトロリー位置指令を演算して出力する。そして、これらのトロリー速度指令及びトロリー位置指令をトロリー速度パターンとして前記トロリー駆動装置１１０に出力する。

なお、減速開始距離演算手段５の機能については後述する。

【００１９】

ホイスト速度パターン演算手段３は、軌跡演算手段１から出力されるホイスト目標位置X_{hs}と、ホイスト現在位置X_{hd}とを用いてホイスト速度指令を演算し、このホイスト速度指令を積分することによりホイスト位置指令を演算して出力する。そして、これらのホイスト速度指令及びホイスト位置指令をホイスト速度パターンとして前記ホイスト駆動装置２１０に出力する。

トロリー駆動装置１１０はトロリー速度指令及びトロリー位置指令に従ってトロリー１００を駆動し、かつ、ホイスト駆動装置２１０はホイスト速度指令及びホイスト位置指令に従ってホイスト２００を駆動することにより、トロリー１００及びホイスト２００は、図２に示した移動軌跡に従って駆動されることになる。

【００２０】

図１における基準振れ周期演算手段７は、トロリーが加速または減速の開始時点から終了時点まで、ホイストが一定速度で動作していると仮定したうえで、吊り荷の振れ角θに関する数式１の運動方程式（単振り子の運動方程式）に基づき、振れ角θが零になる条件から吊り荷の基準振れ周期T_Sを演算する。

【数１】

$$L_r \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + 2 \cdot \frac{dL_r}{dt} \cdot \frac{d\theta}{dt} + g\theta = -\alpha$$

（L_r：ロープ長，θ：吊り荷の振れ角，ｇ：重力加速度，α：トロリー加速度）

【００２１】

図１のロープ長検出手段６は、ホイストに連動して変化する実際のロープ長L_rを適宜なセンサを用いて検出し、出力する。

【００２２】

加減速度演算手段８は、数式１をトロリー加速度について解くことにより数式２に示す加減速度α（加速度α_{ka}，減速度α_{kd}）を求め、この加減速度αをトロリー速度パターン演算手段２に送ってトロリー速度指令を生成する。

【数２】

$$\alpha(t) = \left[\frac{L_r}{g}\left(\frac{2\pi}{T_S}\right)^2 - 1\right]\alpha_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_S}\right)t + \alpha_k + \frac{\alpha_k}{g} \cdot 2V_h \cdot \left(\frac{2\pi}{T_S}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_S}\right)t$$

（α（ｔ）：トロリー加減速度，L_r：ロープ長，ｇ：重力加速度，T_S：吊り荷の基準振れ周期，α_k：トロリー基準加減速度，V_h：ホイスト速度，ｔ：加減速開始からの時間）

【００２３】

ここで、基準振れ周期演算手段７では、以下のような方法によりトロリー加速時の基準振れ周期T_{as}及びトロリー減速時の基準振れ周期T_{ds}を求めてもよい。この場合、加

減速度演算手段８は、これらの基準振れ周期T_{as}，T_{ds}を用いて加速度α_{ka}，減速度α_{kd}を求めればよい。

【００２４】

すなわち、ホイスト速度V_h、トロリーの加速時間T_{ta}、トロリー加速開始時のロープ長L_{a1}を用いて、トロリー加速終了時のロープ長L_{a2}を数式３により表し、トロリー加速時の最適な基準振れ周期T_{as}を数式４により求める。

【数３】

$$L_{a2} = L_{a1} + V_h \cdot T_{ta}$$

【数４】

$$T_{as} = T_{ta} = \frac{\frac{V_h (n\pi)^2}{g} + \sqrt{\left(\frac{V_h (n\pi)^2}{g}\right)^2 + \frac{4 L_{a1}}{g}(n\pi)^2}}{2}$$

【００２５】

また、トロリーの減速時には、トロリー減速時間T_{td}、トロリー減速開始時のロープ長L_{d1}、トロリー減速終了時のロープ長L_{d2}を用いて、トロリー減速時の最適な基準振れ周期T_{ds}を数式５により求める。

なお、数式４，数式５において、ｎは整数である。

【数５】

$$T_{ds} = T_{td} = \frac{\frac{V_h (n\pi)^2}{g} + \sqrt{\left(\frac{V_h (n\pi)^2}{g}\right)^2 + \frac{4 L_{d2}}{g}(n\pi)^2}}{2}$$

【００２６】

更に、図１の減速開始距離演算手段５は、トロリーを目標位置に高精度に位置決めするためのトロリーの減速開始距離を演算するものである。そして、前記トロリー速度パターン演算手段２は、目標位置とトロリーの移動量との位置偏差が減速開始距離に等しくなったときに減速を開始するような速度パターンを演算し、トロリー速度指令として出力する。

すなわち、減速開始距離演算手段５は、トロリー減速度α_{kd}、トロリー減速開始時のロープ長L_{d1}、トロリー減速終了時のロープ長L_{d2}、ホイスト速度V_h、吊り荷の基準振れ周期T_S、トロリー減速時間T_{td}、トロリー減速開始時間t_1、トロリー減速終了時間t_2、トロリーの減速の周期ω_0、減速開始からの時間ｔを用いて、数式６により減速開始距離X_{sd}を演算する。なお、減速開始距離演算手段５には、ロープ長加減速時間T_{la}も入力されている。

【数６】

$$X_{sd}=\frac{\alpha_{kd}}{g}(L_{d1}-L_{d2})-\frac{\alpha_{kd}}{2}\left\{\int_{t1}^{t2}V_h\cdot\cos\left(\frac{2\pi}{T_S}\right)\omega_0 t\,dt-2\int_{t1}^{t2}V_h\,dt\right\}+\frac{\alpha_{kd}}{2}\cdot T_{td}{}^2$$

【００２７】

なお、数式６は、例えば図５に示すようなトロリー速度及びホイスト速度のパターンを想定した場合のものである。ここで、ホイスト速度パターンは、トロリー減速開始時間t_1からトロリー減速終了時間t_2までの間に、ホイストの加速区間、等速区間、減速区間が含まれるような台形の速度パターンとなっている。

なお、実際にはホイスト速度V_hは一様に定まるものではないため、図６に示すように、トロリー速度V_tとホイスト速度V_hとの関係を９つのパターンに分けて数式６の演算を行い、減速開始距離X_{sd}を求めることが望ましい。前述した図５のパターンは、図６におけるパターン７に相当している。

【００２８】

次に、図７は、本発明によるトロリー駆動モータ速度（トロリー速度に相当）、ホイスト駆動モータ速度（ホイスト速度に相当）、ロープ（吊り荷）振れ角等のシミュレーション結果を示す波形図、図８は、シミュレーション時における吊り荷の移動軌跡を示しており、図２に対応している。

【００２９】

ここで、シミュレーションの条件は表１に示すとおりである。

【表１】

項目	数値
初期ロープ長	３０m
トロリー質量	１０００kg
吊り荷質量	４０００kg
トロリー速度	2.5m／s
ホイスト速度	2.0m／s

【００３０】

図７、図８から明らかなように、本発明によれば、トロリーの加減速終了時における吊り荷（ロープ）の振れ角は早期にほぼ零となっており、高精度に振れ止め制御が達成されている。

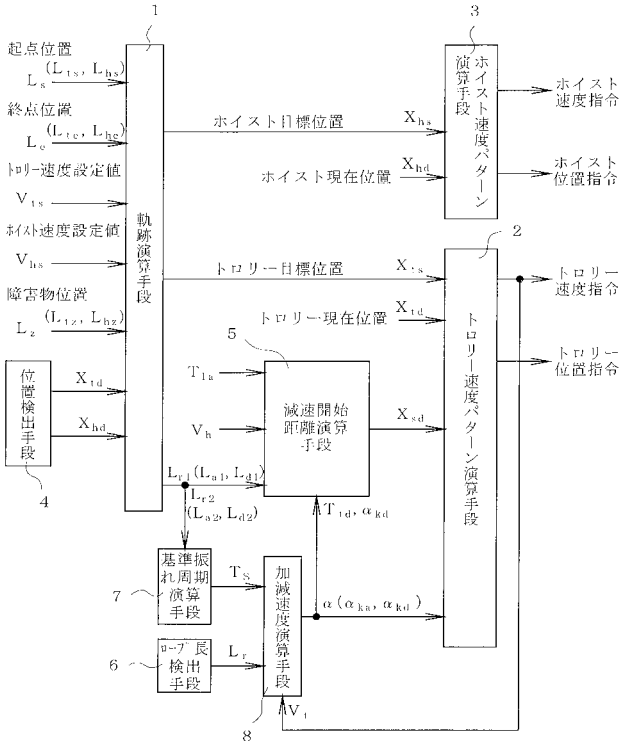
【符号の説明】

【００３１】

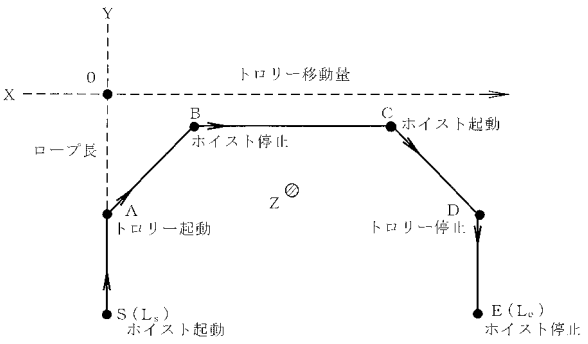
１　軌跡演算手段
２　トロリー速度パターン演算手段
３　ホイスト速度パターン演算手段
４　位置検出手段
５　減速開始距離演算手段

６　ロープ長検出手段
７　基準振れ周期演算手段
８　加減速演算手段
１００：トロリー
１１０：トロリー駆動装置
１０１：軌道
２００：ホイスト
２１０：ホイスト駆動装置
３００：ロープ
４００：吊り荷

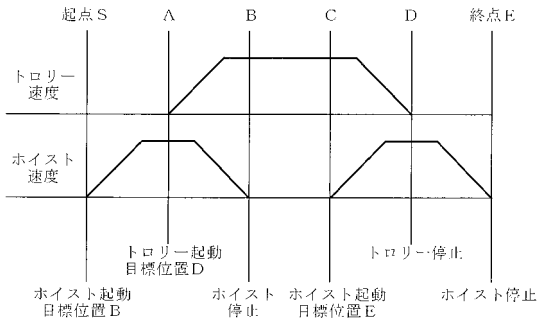
【図１】



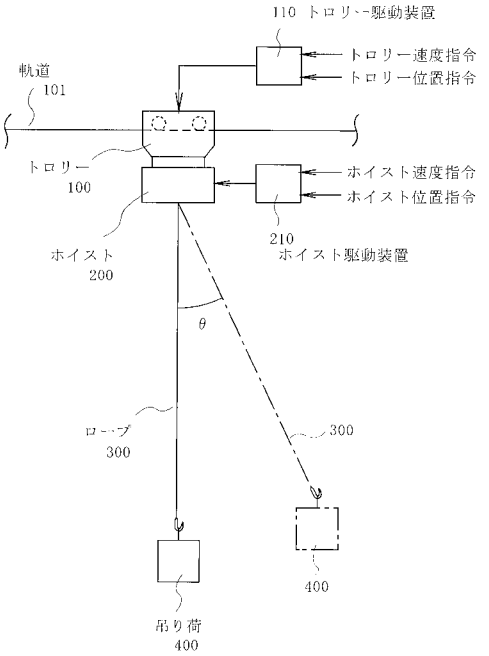
【図２】



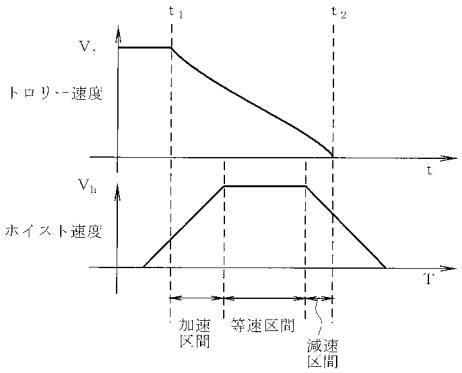
【図３】



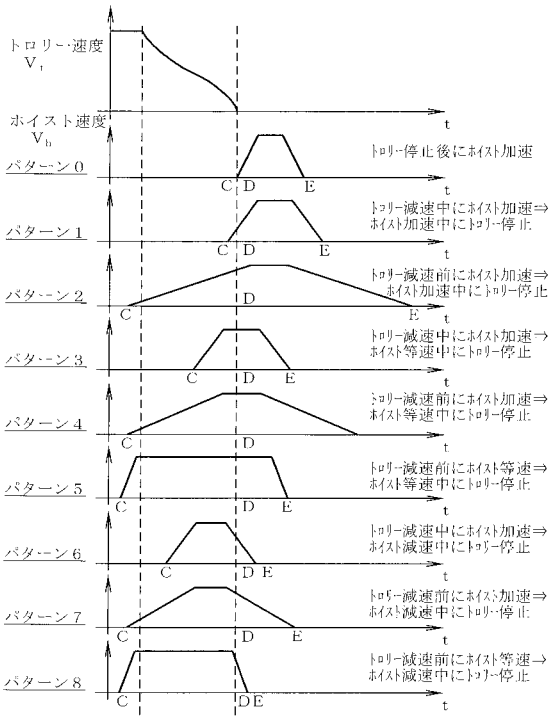
【図４】


110 トロリー駆動装置
トロリー速度指令
トロリー位置指令
軌道
101
トロリー
100
ホイスト速度指令
ホイスト位置指令
ホイスト
200
210
ホイスト駆動装置
θ
ロープ
300
300
400
吊り荷
400

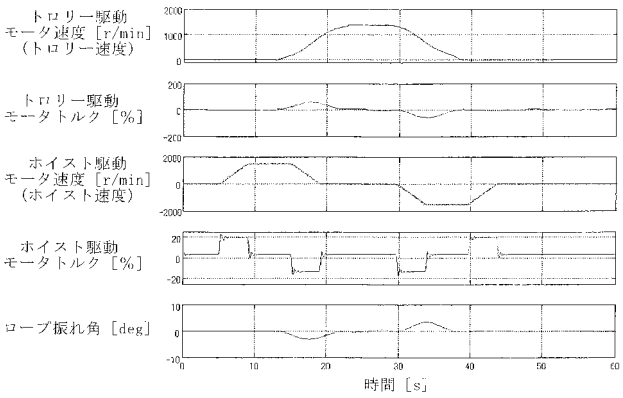
【図５】


t1
t2
V1
トロリー速度
t
Vh
ホイスト速度
T
加速
区間
等速区間
減速
区間

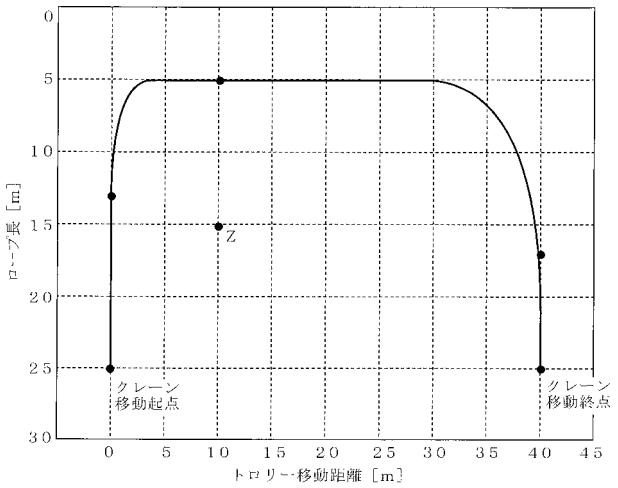
【図６】


トロリー速度
V1
ホイスト速度
Vh
パターン０
トロリー停止後にホイスト加速
パターン１
トロリー減速中にホイスト加速⇒
ホイスト加速中にトロリー停止
パターン２
トロリー減速前にホイスト加速⇒
ホイスト加速中にトロリー停止
パターン３
トロリー減速中にホイスト加速⇒
ホイスト等速中にトロリー停止
パターン４
トロリー減速前にホイスト加速⇒
ホイスト等速中にトロリー停止
パターン５
トロリー減速前にホイスト等速⇒
ホイスト等速中にトロリー停止
パターン６
トロリー減速中にホイスト加速⇒
ホイスト減速中にトロリー停止
パターン７
トロリー減速前にホイスト加速⇒
ホイスト減速中にトロリー停止
パターン８
トロリー減速前にホイスト等速⇒
ホイスト減速中にトロリー停止
C
D
E
t

【図７】


トロリー駆動
モータ速度［r/min］
（トロリー速度）
トロリー駆動
モータトルク［%］
ホイスト駆動
モータ速度［r/min］
（ホイスト速度）
ホイスト駆動
モータトルク［%］
ロープ振れ角［deg］
時間［s］

【図８】


0
5
10
15
20
25
30
ロープ長［m］
Z
クレーン
移動起点
クレーン
移動終点
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
トロリー移動距離［m］