明　細　書

発明の名称 ： 結束システム及び結束プログラム

技術分野

[0001]　本発明は、鉄筋を結束する結束システム及び結束プログラムに関する。

背景技術

[0002]　従来、複数の鉄筋が組み合わされたワークに対し、交差する鉄筋の交点をワイヤで順次自動で結束する結束システムが知られている。この種の結束システムでは、鉄筋の交点である結束ポイントの情報を、センサやカメラによって取得する場合がある。

例えば特許文献１に記載の技術は、平面上に組まれた鉄筋上を走行しながら結束する自走式の結束装置に適用したもので、距離センサを用いて上下方向の点群情報を取得し、当該点群情報を直線モデル化することで、鉄筋の交点を検出している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開２０２２－１１０５５６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　しかしながら、上記特許文献１に記載の技術では、交点の検出精度が低く、例えば鉄筋径等の鉄筋の形状を把握することが難しい。

[0005]　本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、鉄筋の形状を好適に検出することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006]　上述した課題を解決するため、本発明は、

配設された複数の鉄筋に関する信号情報に基づいて結束装置で鉄筋を結束する結束システムにおいて、

前記信号情報を取得する情報取得部と、

前記信号情報に含まれるコントラスト情報に基づいて、前記鉄筋の形状を検出する検出部と、

を備える。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、鉄筋の信号情報に含まれるコントラスト情報に基づいて、鉄筋の輪郭が抽出される。そして、この輪郭の位置から、鉄筋の直径等の形状を求めることができる。したがって、鉄筋の形状を好適に検出することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施形態に係る結束システムの装置本体の斜視図である。

[図2]実施形態に係る結束システムの概略の制御構成を示すブロック図である。

[図3]実施形態に係る結束装置の側面図である。

[図4]実施形態に係る結束処理の手順を示すフローチャートである。

[図5]実施形態に係る結束処理の手順を示すフローチャートである。

[図6]第１カメラで取得された画像データ例を示す図である。

[図7]ワークを結束エリアに移動させた状態の装置本体の斜視図である。

[図8A]第２カメラで取得された画像データ例を示す図である。

[図8B]図８Ａの画像データに鉄筋やそれ以外の各位置の高さ情報を付与した画像データ例を示す図である。

[図9]画像データから検出した鉄筋の形状を説明するための図である。

[図10]実施形態に係る結束処理の変形例の手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

[0010] ［結束システムの構成］

図１は、本実施形態に係る結束システム１が備える装置本体１０の斜視図であり、図２は、結束システム１の概略の制御構成を示すブロック図である

。

これらの図に示すように、結束システム１は、複数の鉄筋Ｓが格子状に配列されてなるワークＢを、当該複数の鉄筋Ｓが交差する交点で結束するものである。

具体的に、結束システム１は、装置本体１０と制御装置７を備える。

[0011] 装置本体１０は、ワーク保持部２、全体撮影部３、ロボットアーム４、個別撮影部５、結束装置６を備える。このうち、ワーク保持部２は、装置本体１０の架台１１の内側に配置され、全体撮影部３、ロボットアーム４、個別撮影部５及び結束装置６は、架台１１上に搭載される。

なお、以下の説明において、ＸＹＺの各方向は図１に示す向きをいう。ＸＹＺの各方向は互いに直交し、ＸＹ平面が略水平面であり、Ｚ方向が鉛直に略沿った方向である。

[0012] 架台１１は、Ｘ方向に長尺な直方体状に形成されており、Ｘ方向及びＹ方向の四隅に立設された４本の支柱１２と、支柱１２の上端においてＸ方向及びＹ方向に架け渡された４本の梁１３を備える。

架台１１内側の領域のうち、Ｘ方向の一方側（図１の右側）の略半部が、全体撮影部３による撮影が実行される撮影エリアＥ１であり、他方側（図１の左側）の半部が、ロボットアーム４及び結束装置６による結束作業が実行される結束エリアＥ２である。

[0013] ＜ワーク保持部＞

ワーク保持部２は、ワークＢを保持するとともに、保持したワークＢを撮影エリアＥ１と結束エリアＥ２の間で移動させる。具体的に、ワーク保持部２は、ワークＢを保持する保持台２１と、保持台２１を移動可能に支持するレール２２と、レール２２を駆動する駆動モータ２３とを備える。

保持台２１は、四辺がＸ方向及びＹ方向に沿った矩形板状に形成されている。保持台２１の四辺には、ワークＢを構成する複数の鉄筋Ｓを支持する支持板２１１が立設されている。支持板２１１は、上方に開口する複数のＵ字溝２１１ａを有し、当該Ｕ字溝２１１ａに鉄筋Ｓが挿入される。複数の鉄筋

Ｓは、支持板２１１のＵ字溝２１１ａに端部が挿入された状態で、Ｘ方向及びＹ方向に沿って格子状に配列される。

レール２２は、Ｘ方向に沿って敷設され、保持台２１をＸ方向に案内する。本実施形態のレール２２は、保持台２１（ワークＢ）を少なくとも撮影エリアＥ１と結束エリアＥ２との間を移動可能なように敷設されている。ただし、レール２２を架台１１の外部まで延在させ、ワークＢを結束前後の作業工程まで移動可能に構成してもよい。

駆動モータ２３は、保持台２１を移動させる駆動源である。駆動モータ２３は、制御装置７からの駆動指令に基づいて、保持台２１を撮影エリアＥ１と結束エリアＥ２とに移動させる。

なお、ワーク保持部２は、少なくとも、保持台２１（ワークＢ）を撮影エリアＥ１から結束エリアＥ２へ移動させることができればよい。

[0014] ＜全体撮影部＞

全体撮影部３は、撮影エリアＥ１においてワークＢ全体を撮影する。具体的に、全体撮影部３は、撮影エリアＥ１の上部に配置された第１カメラ３１と、第１カメラ３１を移動可能に支持する移動機構３２とを備える。

第１カメラ３１は、下方向きに配置され、撮影エリアＥ１においてワーク保持部２に保持されたワークＢを上方から撮影する。本実施形態の第１カメラ３１は、複眼（例えば４眼）のステレオカメラであり、ＸＹ平面の画像情報（モノクロ画像）とともに奥行き方向（上下方向）の距離情報を取得し、制御装置７に出力する。第１カメラ３１は、本発明に係る情報取得部の一例である。なお、第１カメラ３１は、画像情報とともに距離情報（深度情報）を取得できるものであれば、そのセンサ種別等は特に限定されず、例えばＴＯＦ（Time of Flight）センサ等であってもよい。

移動機構３２は、Ｙ方向に沿って延在するＹ方向スライダー３３を含む。Ｙ方向スライダー３３は、Ｘ方向に沿った梁１３上に架け渡され、Ｘ方向に移動可能に当該梁１３に支持されている。Ｙ方向スライダー３３には、第１カメラ３１がＹ方向に移動可能に吊支される。移動機構３２は、制御装置７

からの制御指令に基づいて、図示しない駆動源を駆動し、第１カメラ３１を所定の位置（ＸＹ座標）に移動させる。

なお、移動機構３２は、後述するように、所望の解像度のワークＢの画像を得るために、ワークＢ全体を複数回に分けて撮影するためのものである。そのため、第１カメラ３１の性能やワークＢの形状等によっては、移動機構３２は、第１カメラ３１をＸ及びＹのいずれか一方向のみに移動させるものであってもよいし、設けられなくてもよい。

[0015] ＜ロボットアーム＞

ロボットアーム４は、個別撮影部５と結束装置６を搭載し、結束エリアＥ２において個別撮影部５と結束装置６を所望の位置に移動させる。本実施形態のロボットアーム４は、移動機構４６と、ロボットアーム本体４０と、コントローラ４９とを備える。

[0016] 移動機構４６は、ロボットアーム本体４０を移動させる。本実施形態の移動機構４６は、架台１１の梁１３上に架け渡されたＹ方向スライダー４６１を含む。Ｙ方向スライダー４６１は、ロボットアーム本体４０をＹ方向に移動させる。

ただし、移動機構４６の具体構成は特に限定されず、例えばロボットアーム本体４０をＸ方向に移動させる機構を含んでもよい。また、移動機構４６に依らずにロボットアーム本体４０の動作範囲が結束エリアＥ２全体をカバーできる場合には、移動機構４６を設けなくてもよい。

[0017] ロボットアーム本体４０は、天吊り式の垂直多関節ロボットであり、結束エリアＥ２において梁１３上に架け渡されたＹ方向スライダー４６１に下向きに設置されている。

具体的に、ロボットアーム本体４０は、ベース部４１と、複数のアーム４２と、エンドエフェクタ４３と、複数の関節部４４とを備える。

なお、ロボットアーム本体４０は、搭載した個別撮影部５と結束装置６を移動可能なものであれば、垂直多関節ロボットに限定されない。

[0018] 複数のアーム４２は、ベース部４１を基端部として互いに直列に連結され

ている。

ベース部４１は、移動機構４６のＹ方向スライダー４６１に搭載され、Ｙ方向に移動可能に支持されている。

複数の関節部４４は、ベース部４１と、複数のアーム４２と、エンドエフェクタ４３とを回動可能に連結している。各関節部４４には、当該関節部４４の先端側に連結されたアーム４２（又はエンドエフェクタ４３）を駆動するモータ４４１と、このモータ４４１の位置（速度）を検出してコントローラ４９に出力するエンコーダ４４２とが設けられている。

エンドエフェクタ４３は、複数のアーム４２の先端に連結されている。エンドエフェクタ４３には、個別撮影部５と結束装置６が搭載されている。なお、ロボットアーム本体４０の先端は個別撮影部５と結束装置６を搭載していれば、その具体構成は特に限定されない。例えば、個別撮影部５が最も先端側の関節部４４に固定され、結束装置６がエンドエフェクタとしてツールチェンジャーを介して連結されていてもよい。

[0019] コントローラ４９は、制御装置７からの制御指令に基づいて、ロボットアーム４の各部の動作を制御する。具体的に、コントローラ４９は、各モータ４４１や移動機構４６を動作させたり、各エンコーダ４４２が取得した情報を制御装置７に出力したりする。

なお、コントローラ４９は、制御装置７からの制御指令に基づいて、搭載した個別撮影部５や結束装置６の動作をローカル制御してもよい。

[0020] ＜個別撮影部＞

個別撮影部５は、ロボットアーム本体４０の先端に搭載され、結束エリアＥ２において結束対象の鉄筋Ｓの交点Ｐを、全体撮影部３での撮影よりも高い解像度で個別に撮影する。具体的に、個別撮影部５は、第２カメラ５１と、昇降モータ５２と、照明ユニット５３とを備える。

第２カメラ５１は、ロボットアーム４のエンドエフェクタ４３に先端（下方）向きに取り付けられ、結束対象の鉄筋Ｓの交点Ｐを上方から撮影する。第２カメラ５１は、エンドエフェクタ４３に対して、先端方向（上下方向）

に移動可能に設けられている。本実施形態の第２カメラ５１は、例えばＲＧＢカメラであり、結束対象の交点Ｐの画像情報（カラー画像）を取得し、制御装置７に出力する。第２カメラ５１は、本発明に係る情報取得部の一例である。なお、第２カメラ５１は、少なくとも１つの交点Ｐの画像（信号情報）を取得可能であれば、そのセンサ種別等は特に限定されない。

昇降モータ５２は、エンドエフェクタ４３に対して第２カメラ５１を先端方向（上下方向）に移動（昇降）させる駆動源である。

照明ユニット５３は、第２カメラ５１のやや前方であって撮影範囲の周囲に配置され、第２カメラ５１の撮影対象を照明する。本実施形態の照明ユニット５３は、第２カメラ５１の撮影対象を互いに異なる角度から照明可能な複数の光源（投光器。図示省略）を有する。

[0021] ＜結束装置＞

図３は結束装置６の側面図である。

この図に示すように、結束装置６は、ロボットアーム本体４０の先端に搭載されている。結束装置６は、ワークＢを構成する鉄筋Ｓの交点ＰをワイヤＷで結束する鉄筋結束機６１と、リール６３からワイヤＷを引き出し、結束機６１とリール６３との間でワイヤＷに弛みを形成する弛み形成部６２と、制御装置７からの動作指令に従って鉄筋結束機６１の結束動作と弛み形成部６２のワイヤＷの弛み形成動作を実行させる制御部６４（図２参照）を備える。

[0022] 鉄筋結束機６１は、筐体の外部から二本のワイヤＷが図示の送り方向Ｆに沿って送り込まれる入口部６１１を有し、入口部６１１から内部に送り込まれた二本のワイヤＷを鉄筋Ｓの周囲に巻き回し、鉄筋Ｓの周囲に巻き回された二本のワイヤＷを逆送り方向Ｒに送って鉄筋Ｓに巻き付けて切断した後、ワイヤＷを捩じり、鉄筋ＳをワイヤＷで結束する。

[0023] このため、結束機６１は、ワイヤＷを送るワイヤ送り部と、ワイヤＷをガイドするワイヤガイド６１２と、ワイヤＷを鉄筋Ｓの周囲に巻き回すカールガイド６１３及び誘導ガイド６１４と、鉄筋Ｓに巻き付けられたワイヤＷを

切断する切断部と、鉄筋Ｓに巻き付けられたワイヤＷを捩じる結束部とを備えている。

[0024] ワイヤガイド６１２は、入口部６１１の手前に設けられ、入口部６１１に対して二本のワイヤＷが送り方向Ｆに沿って進入するようにガイドする。

[0025] ワイヤ送り部は、入口部６１１の内側にあり、二本のワイヤＷを一対の送りギアで挟持して送り方向Ｆに沿って送る。ワイヤ送り部は、駆動源となる送りモータ６１５（図２参照）を備えている。この送りモータ６１５は、正回転の駆動により二本のワイヤＷを送り方向Ｆに向かって送ることで、その先にあるカールガイド６１３及び誘導ガイド６１４によってワイヤＷを鉄筋Ｓの周囲に巻き回すことができる。また、送りモータ６１５は、逆回転の駆動により、二本のワイヤＷを逆送り方向Ｒに向かって送り、鉄筋ＳをワイヤＷによって締め付けることができる。

[0026] 切断部は、入口部６１１の内側であって、ワイヤ送り部のさらに奥に位置している。切断部は、図示しない可動刃と固定刃とを有し、可動刃の駆動源を結束部と共用している。可動刃は、結束部の駆動源である捩じりモータ６１６（図２参照）によって固定刃側に移動して二本のワイヤを切断することができる。

なお、切断部の駆動源は別途独立して備える構成としてもよい。

[0027] 図３の結束装置６は、ロボットアーム４の先端部におけるエンドエフェクタ４３に支持され、エンドエフェクタ４３における旋回軸Ｚｒが前述したＺ方向（鉛直上下方向）に平行となる状態で結束動作を実行する。また、結束装置６は、鉄筋Ｓに対してワイヤＷの結束を行う位置が旋回軸Ｚｒの軸線上に位置するように設定されており、結束の際に、ロボットアーム４は、鉄筋Ｓの交点Ｐが旋回軸Ｚｒの軸線上となるように結束装置６の位置決めを行う。

[0028] カールガイド６１３及び誘導ガイド６１４は、結束機６１の先端部（結束動作時における下端部）に位置し、前述した旋回軸Ｚｒを挟んでその両側にそれぞれが配置されている。

カールガイド６１３は、その基端部が入口部６１１から送り方向Ｆに向かった先に配置され、カールガイド６１３の基端部から先端部に向かう過程でワイヤＷをカールさせるガイド経路が内側に形成されている。

[0029] 誘導ガイド６１４は、カールガイド６１３に対向して配置され、カールガイド６１３によってカールしたワイヤＷを先端部から受け入れて、カール状態を維持しつつワイヤＷを基端部側まで案内するガイド経路が内側に形成されている。

これらカールガイド６１３及び誘導ガイド６１４の協働により、ワイヤＷをループ状に変形させて鉄筋Ｓの周囲に巻き回すことができる。

[0030] 結束部は、誘導ガイド６１４の基端部とカールガイド６１３の基端部との間で鉄筋Ｓの周囲に巻き回された状態でワイヤＷを捕捉する係止部材を有する。係止部材は、結束機６１の内部において、前述した旋回軸Ｚｒと同心の回転軸線回りに回転可能に支持されており、前述した捩じりモータ６１６によって回転駆動を行うためのトルクが付与される。係止部材は、切断部によってワイヤＷが切断された後に捩じりモータ６１６によって回転駆動され、ワイヤＷの両端部を捩じって鉄筋Ｓを結束することができる。

[0031] 結束機６１の旋回軸Ｚｒに沿った方向の片側（結束動作時における上側）には、ワイヤＷのリール６３が二つ並んで回転可能に支持されている。二つのリール６３は、図３における紙面垂直方向に沿った軸回りにそれぞれ回転可能であり、かつ、当該軸上に並んで配置されている。

[0032] 弛み形成部６２は、結束機６１及び二つのリール６３に対して、旋回軸Ｚｒに直交する直交方向Ｘｗにおける片側に配置されている。

弛み形成部６２は、互いにすれ違い動作を行う第１の弛み形成部６２１及び第２の弛み形成部６２２と、これらのすれ違い動作の駆動源となる弛み形成モータ６２３とを有する。

[0033] 前述したワイヤＷの送り方向Ｆは、旋回軸Ｚｒ及び直交方向Ｘｗに平行となる平面に概ね平行である。さらに、ワイヤＷの送り方向Ｆは、上流側が上記の直交方向Ｘｗに対して幾分、図３の紙面上側に傾斜している。

第１の弛み形成部６２１及び第２の弛み形成部６２２は、いずれも二本のワイヤＷが掛け渡されるローラを保持している。

[0034] そして、第１の弛み形成部６２１及び第２の弛み形成部６２２は、概ね送り方向Ｆに沿ってすれ違い動作を行うことで、リール６３から結束機６１の入口部６１１に至るワイヤＷの経路長を伸長してリール６３からワイヤＷの引き出しを行う。また、第１の弛み形成部６２１及び第２の弛み形成部６２２は、すれ違い動作後に復帰動作を行うことで、ワイヤＷにリール６３から引き出した分の弛みを付与することができる。

なお、弛み形成部６２は設けなくてもよい。

[0035] ところで、二本のワイヤＷは、結束機６１の入口部６１１に対して、送り方向Ｆに近い方向（つまり、送り方向Ｆに近い入射角度）から送り込むことが要求される。送り方向Ｆは、その進行方向の先にあるカールガイド６１３及び誘導ガイド６１４によってワイヤＷを適正なループ状に変形させるために適した方向である。

結束機６１の入口部６１１に対してワイヤＷを送り方向Ｆに沿わせて供給するために、弛み形成部６２は、下流側の第２の弛み形成部６２２から結束機６１の入口部６１１に至る経路が送り方向Ｆに沿うように配置されている。そして、第２の弛み形成部６２２は、すれ違い動作の際には、結束機６１の入口部６１１から送り方向Ｆに沿って遠ざかる方向に離隔移動を行う。

[0036] このため、結束装置６は、結束機６１（旋回軸Ｚｒ）に対して直交方向Ｘｗの片側（図３の紙面右側）に弛み形成部６２が大きく突出するように配置されている。

なお、結束装置６の結束機６１に対する図３の紙面左側には、個別撮影部５の第２カメラ５１及び照明ユニット５３が配置されている。

[0037] ＜制御装置＞

図２に示すように、制御装置７は、結束システム１を統合的に制御するコンピュータである。具体的に、制御装置７は、操作部７２と、表示部７３と、記憶部７６と、制御部７７とを備える。

操作部７２は、ユーザが制御装置７を動作させるための各種操作を行う操作手段であり、例えばマウス等のポインティングデバイスやキーボードを含む。

表示部７３は、例えば液晶ディスプレイ、有機ＥＬディスプレイその他のディスプレイで構成され、制御部７７からの表示信号に基づいて各種情報を表示する。なお、表示部７３は、操作部７２の一部を兼ねるタッチパネルであってもよいし、音声出力を行ってもよい。

[0038] 記憶部７６は、ＲＡＭ（Random Access Memory）やＲＯＭ（Read Only Memory）等により構成されるメモリであり、各種のプログラム及びデータを記憶するとともに、制御部７７の作業領域としても機能する。

本実施形態の記憶部７６には、後述の結束処理を実行するための結束プログラム７６１と鉄筋配列モデル７６４が予め記憶されているほか、結束処理で取得される画像データ７６２及び作業情報７６３が記憶される。

[0039] 画像データ７６２は、後述する結束処理の実行中に第１カメラ３１及び第２カメラ５１により取得されるワークＢ（鉄筋Ｓ）の画像情報である。

作業情報７６３は、結束作業に関する各種情報である。作業情報７６３の具体内容については後述する。

鉄筋配列モデル７６４は、作業対象のワークＢにおける複数の鉄筋Ｓの配列情報であり、例えば、ＸＹＺの各方向に配列された鉄筋Ｓの本数の情報を含む。その他、ＸＹＺの各方向における鉄筋Ｓ間の間隔等の情報や、鉄筋Ｓが傾斜している場合にはその角度の情報等を含んでもよい。

また、記憶部７６は、後述する結束処理の実行中に取得される上記以外の各種データが随時記憶されてもよい。

[0040] 制御部７７は、例えばＣＰＵ（Central Processing Unit）等により構成され、制御装置７の各部の動作を制御する。具体的に、制御部７７は、操作部７２の操作内容等に基づいて制御装置７の各部を動作させたり、記憶部７６に予め記憶されているプログラムを展開し、展開されたプログラムと協働して各種処理を実行したりする。

[0041] ［結束システムの動作］

続いて、ワークＢを結束する結束処理を実行するときの結束システム１の動作について説明する。

図４及び図５は、結束処理の手順を示すフローチャートであり、図６～図９は、結束処理を説明するための図であって、図６が第１カメラ３１で取得されたワークＢの画像データ例、図７がワークＢを結束エリアＥ２に移動させた状態の装置本体１０の斜視図、図８Ａが第２カメラ５１で取得された対象交点Ｐａの画像データ例、図８Ｂが図８Ａに鉄筋Ｓやそれ以外の各位置の高さ情報を付与した画像データ例、図９が画像データから検出した鉄筋Ｓの形状を説明するための図である。

[0042] 結束処理では、ＸＹの各方向に沿って格子状に配列された複数の鉄筋Ｓを、当該複数の鉄筋Ｓが交差する交点Ｐ（図６参照）で結束する。この結束処理は、制御装置７の制御部７７が記憶部７６から結束プログラム７６１を読み出して展開することで実行される。

ここでは、ワークＢが予め保持台２１上に載置された状態で撮影エリアＥ１に配置されているものとする（図１参照）。

なお、以下では、専ら制御装置７（の制御部７７）が各工程を実行するものとしたが、結束処理の制御主体は特に限定されない。例えば、結束システム１の各構成部（の制御部）が実行してもよいし、制御装置７と各構成部が協働して実行してもよい。

[0043] 図４に示すように、結束処理が実行されると、まず制御装置７の制御部７７は、撮影エリアＥ１において、全体撮影部３の第１カメラ３１によりワークＢを撮影する（ステップＳ１）。

ここでは、制御部７７は、ワークＢ全体について、ステレオカメラである第１カメラ３１により、距離情報を含むＸＹ平面の画像データ（モノクロ画像）を取得し、記憶部７６に記憶させる。

より詳しくは、制御部７７は、ワークＢのサイズや第１カメラ３１の画角等に応じて、移動機構３２を制御して第１カメラ３１をＸＹ平面内で移動さ

せ、ワークＢ全体を一部重複させつつ複数に分割（例えばＸＹの各方向で２×２の４分割）して撮影する。そして、制御部７７は、取得した複数の画像を結合させてワークＢ全体の画像を生成し、記憶部７６に記憶させる。

これにより、例えば図６に示すような、ワークＢ全体を含む画像データ７６２ａが取得される。

[0044] なお、ステップＳ１では、結束対象である複数の鉄筋Ｓに関する信号情報を取得できればよい。ここで、「鉄筋Ｓに関する信号情報」とは、鉄筋Ｓの位置情報、又は、鉄筋Ｓの結束を妨げ得る障害物の位置情報の少なくとも一方を含むデータである。また、信号情報のデータ形式は画像データに限定されず、光信号を含む電磁気的なデータ等を広く含む。

[0045] 次に、制御部７７は、ステップＳ１で取得した画像データに基づいて、ワークＢに含まれる全ての交点Ｐの位置を算出する（ステップＳ２）。

ここでは、制御部７７は、各交点Ｐについて、ＸＹＺの各座標を含む三次元の位置情報を算出する。

なお、このステップでは、ワークＢが有する全ての交点Ｐのうち、複数の交点Ｐの位置が算出されればよい。

またここでは、交点Ｐの位置の算出に際し、鉄筋配列モデル（交差する鉄筋の交点形状）を用いて位置を算出してもよい。この場合、鉄筋配列モデルに形状が合致したときに、交点Ｐとみなすため、位置の算出がしやすい。

[0046] 次に、制御部７７は、図７に示すように、ワーク保持部２の駆動モータ２３を駆動して保持台２１を動作させ、ワークＢを結束エリアＥ２に移動させる（ステップＳ３）。

[0047] 次に、制御部７７は、ワークＢに含まれる複数の交点Ｐのうち、結束を行う交点Ｐを選択する（ステップＳ４）。

ここでは、制御部７７は、例えば予め設定された結束順に基づいて、既に結束済みの（と認識された）交点Ｐを除く複数の交点Ｐから、次に結束を行ういずれか１つの交点Ｐを選択する。

以下、ここでの選択により次の結束対象とする交点Ｐを「対象交点Ｐａ」

という。

[0048] 次に、制御部７７は、結束エリアＥ２において、ロボットアーム４に搭載された個別撮影部５の第２カメラ５１を、ステップＳ４で選択した対象交点Ｐａに接近させる（ステップＳ５）。

ここでは、制御部７７は、ステップＳ２で算出した当該対象交点Ｐａの位置情報と、ステップＳ３で移動させたワークＢのＸ方向の移動量と、に基づいて、ロボットアーム４の動作を制御し、第２カメラ５１を対象交点Ｐａの直上まで移動させる。それから、制御部７７は、昇降モータ５２の動作を制御し、第２カメラ５１を下降させて対象交点Ｐａから所定の距離まで接近させる。これにより、対象交点Ｐａが下向きの第２カメラ５１の直前に位置し、例えば、当該対象交点Ｐａのみが第２カメラ５１の画角内に収まる（対象交点Ｐａ以外の交点Ｐは画角から外れる）状態となる。

[0049] 次に、制御部７７は、ステップＳ５で接近させた第２カメラ５１により、対象交点Ｐａを撮影し、その画像データを取得する（ステップＳ６）。

ここでは、制御部７７は、第２カメラ５１により、対象交点Ｐａの画像データ（カラー画像）を取得し、記憶部７６に記憶させる。

これにより、例えば図８Ａに示すように、ステップＳ１において第１カメラ３１で取得した画像データよりも高解像度の対象交点Ｐａの画像データ７６２ｂが得られる。

なお、このステップでは、複数の交点Ｐのうち、いずれか少なくとも１つの交点Ｐに関する信号情報を取得できればよい。より詳しくは、ステップＳ１で第１カメラ３１により信号情報が取得された複数の交点Ｐよりも少ない数量の交点Ｐに関する信号情報を取得できればよい。

また、このステップでは、制御部７７は、照明ユニット５３を制御し、異なる複数の照明パターンで対象交点Ｐａを撮影してもよい。これにより、投光と反射光のパターンの変化に基づいて三次元画像を生成し、距離情報を取得できる。

[0050] 次に、制御部７７は、ステップＳ６で取得した画像データに基づいて、対

象交点Ｐａの位置を算出する（ステップＳ７）。

[0051] この対象交点Ｐａの算出では、図５に示すように、まず制御部７７は、鉄筋Ｓの画像データに含まれるコントラスト情報に基づいて、鉄筋Ｓの画像における輪郭である鉄筋Ｓのエッジを検出する（ステップＳ７１）。ここで、輪郭（エッジ）とは、対象画像における、対象の鉄筋Ｓとそれ以外の部分との境界部分を示す。

このとき、制御部７７は、画像データを二値化し、そのうち白側（明るい部分）から黒側（暗い部分）に向かって（つまり、信号が弱い部分から強い部分に向かって）走査してエッジ検出を行う。ただし、画像データの処理は、完全な二値化でなく、所定の諧調数でグレースケール化されてもよい。

具体的には、例えば図９に示す画像データ７６２ｄの例の場合、制御部７７は、例えばＸ方向のいずれか一方側から他方側に向かってコントラスト値をみていく。そして、コントラストが所定の閾値よりも大きく変化する部分を鉄筋ＳのエッジＳｅとして検出（抽出）する。続いて、制御部７７は、Ｘ方向の他方側から一方側に向かって、同様にエッジＳｅの検出を行う。このとき、先に検出したエッジＳｅとのコントラスト変化の差分に基づいて、同じ鉄筋Ｓの両端であることを確認する。これにより、Ｙ方向に沿った２本のエッジＳｅが検出される。同様にして、制御部７７は、今度はＹ方向に沿ってエッジＳｅの検出を行い、Ｘ方向に沿った２本のエッジＳｅを検出する。

[0052] 次に、制御部７７は、エッジＳｅの位置情報に基づいて、鉄筋径（鉄筋Ｓの直径）及び鉄筋中心（鉄筋Ｓの長手方向に沿った中心軸）を算出する（ステップＳ７２）。

ここでは、制御部７７は、鉄筋Ｓが略円柱状であることから、エッジＳｅ間の距離を鉄筋径Ｄとし、同方向の２本のエッジＳｅに沿ってその中心を通る線を鉄筋中心Ａｘとする。またここでは、鉄筋Ｓの高さ方向（Ｚ方向）の詳細寸法も取得できる。

[0053] 次に、制御部７７は、対象交点Ｐａの位置を算出する（ステップＳ７３）。

ここでは、制御部７７は、例えば２本の鉄筋中心Ａｘの交差点として、対象交点Ｐａの位置（座標）を求める。またここでは、ＸＹの各方向における鉄筋Ｓの寸法から、対象交点Ｐａの寸法も取得できる。

こうして、第２カメラ５１で取得した高解像度の画像データに基づいて、ステップＳ２で算出した位置情報よりも高精度な対象交点Ｐａの位置情報が得られる。

[0054] 次に、制御部７７は、第２カメラ５１から鉄筋Ｓの対象交点Ｐａまでの距離を算出する（ステップＳ７４）。

ここでは、制御部７７は、画像データに基づいて、Ｚ方向に沿った高さ情報を取得し、第２カメラ５１と対象交点Ｐａとの距離を求める。距離について、図８Ａの画像データ７６２ｂに対し、対象交点Ｐａを含む、鉄筋やそれ以外の各位置の高さ情報を付与した画像データ７６２ｃを図８Ｂに示す。このように、求めた高さ情報により、結束装置６が対象交点Ｐａに対し、接近可能な距離を得ることができる。またここでは、対象交点Ｐａにおける２本の鉄筋Ｓ間のＺ方向の隙間量も取得できる。

[0055] 次に、制御部７７は、ここまでの工程で得られた鉄筋Ｓの形状情報を、ワークＢの鉄筋配列モデル７６４と照合する（ステップＳ７５）。

ここでは、制御部７７は、予め記憶部７６に記憶されたワークＢの鉄筋配列モデル７６４を読み出して、算出した鉄筋Ｓの形状情報と比較する。これにより、制御部７７は、結束対象である対象交点Ｐａの識別と、その鉄筋組合せ種別の確認を行うことができる。

また、上記に加え、ステップＳ１やステップＳ６で取得した他の交点Ｐの情報と対象交点Ｐａの情報とを比較し、対象交点Ｐａの識別を行ってもよい。これは例えば、ＸＹの各方向に沿った２本の鉄筋Ｓ同士が形成する交点において、画像データからでは１本の太い鉄筋Ｓ同士が交差する交点Ｐと誤認識されるおそれがあるが、対象交点Ｐａの隣の他の交点Ｐや、同一のワークＢに存在する他の交点Ｐの結果と比較して、対象交点Ｐａの識別をし、鉄筋組み合わせ種別の確認を行うこと等を示す。

[0056] 次に、制御部７７は、対象交点Ｐａの結束可否を判定する（ステップＳ７６）。

ここでは、制御部７７は、例えば２本の鉄筋Ｓの交差角度等に基づいて、結束装置６の要部（カールガイド６１３等）を上方から２本の鉄筋Ｓの間に挿入できるか否かを判定し、挿入できると判定した場合に結束可能と判定する。ここで結束可能と判定できなかった場合、制御部７７は、例えば作業の中断や警告の出力等を含む、他の処理へ移行する。あるいは、ロボットアーム４と結束装置６とを脱着可能に構成し、かつ、異なるサイズの挿入部（鉄筋Ｓ間へ挿入する部分）を有した複数の結束装置６を用意しておき、対象交点Ｐａに対応した結束装置６を選定してもよい。すなわち、この場合、制御部７７は、複数の結束装置６のなかから、結束対象の対象交点Ｐａを結束可能ないずれか１つの結束装置６を選定する。またこの場合、複数の結束装置６をロボットアーム４の移動範囲内の所定位置に配列しておき、ロボットアーム４による結束装置６の交換を自動化してもよい。

またここでは、制御部７７は、２本の鉄筋Ｓ間に要部を挿入可能な結束装置６の位置と姿勢等から、結束方向を決定する。

[0057] 次に、制御部７７は、対象交点Ｐａの結束に必要なワイヤ長さを算出する（ステップＳ７７）。

ここでは、制御部７７は、対象交点Ｐａを構成する２本の鉄筋Ｓの鉄筋径Ｄや交差角度等に基づいて、その結束に必要なワイヤWの長さ（引き戻し長さを含む）を算出する。

またここでは、制御部７７は、結束装置６によるワイヤWの結束（引き戻し）におけるワイヤ送り部の回転量（送りモータ６１５の動作量）を設定してもよい。

[0058] 次に、図４に示すように、制御部７７は、ステップＳ７（Ｓ７３）で算出した対象交点Ｐａの位置情報に基づいて、結束装置６を対象交点Ｐａに接近させる（ステップＳ８）。

ここでは、制御部７７は、ロボットアーム４の動作を制御し、第２カメラ

５１に代えて、エンドエフェクタ４３に搭載された結束装置６を対象交点Ｐａに接近させる。このとき、制御部７７は、ステップＳ７で求めたより高精度な対象交点Ｐａの位置情報に基づいて、高い位置精度で結束装置６の該当箇所を対象交点Ｐａに対向させることができる。

[0059] 次に、制御部７７は、結束装置６を動作させ、対象交点Ｐａをワイヤwで結束する（ステップＳ９）。

このとき、結束装置６は、十分に高い位置精度で対象交点Ｐａに対向配置されるため、対象交点Ｐａを好適に結束することができる。

またこのとき、対象交点Ｐａを結束したワイヤwの使用量を算出し、記憶部７６に記憶してもよい。ワイヤwの使用量は、ワイヤ送り部における（引戻し量を含まない実質の）ワイヤ送り量等から推定すればよい。また、上述のステップＳ７７で結束に先立って推定した、結束に必要なワイヤ長さを、ワイヤwの使用量としてもよい。

[0060] 次に、制御部７７は、結束処理を終了させるか否かを判定し（ステップＳ１０）、終了させないと判定した場合には（ステップＳ１０；Ｎｏ）、上述のステップＳ４へ処理を移行する。

これにより、例えば必要な全ての交点Ｐが結束されるまで、ステップＳ４～Ｓ１０の処理が繰り返される。つまり、次に結束を行う交点Ｐの選択（対象交点Ｐａの変更）と、当該対象交点Ｐａの撮影及び結束とが、順次実行される。

そして、ステップＳ１０において、例えば必要な全ての交点Ｐの結束完了等により結束処理を終了させると判定した場合には（ステップＳ１０；Ｙｅｓ）、制御部７７は、結束処理を終了させる。

[0061] ［本実施形態の技術的効果］

以上のように、本実施形態によれば、鉄筋Ｓの画像データ（信号情報）に含まれるコントラスト情報に基づいて、鉄筋Ｓの形状が検出される。

これにより、コントラストの変化に基づいて鉄筋Ｓの位置を把握でき、鉄筋径Ｄや鉄筋中心Ａｘといった鉄筋Ｓの形状情報を取得できる。

したがって、鉄筋Ｓの形状を好適に検出することができる。ひいては、例えば鉄筋径Ｄに基づいて最適な結束装置６を選択すること等もできる。

[0062] また、本実施形態によれば、画像データのコントラスト情報に基づいて、鉄筋Ｓのエッジ（輪郭）Ｓｅが検出される。

そのため、鉄筋Ｓの画像データから鉄筋Ｓの形状を好適に検出できる。ただし、コントラスト情報に基づいて鉄筋Ｓの形状を検出可能であれば、エッジＳｅ以外の部分を利用してもよい。

[0063] また、本実施形態によれば、鉄筋Ｓの画像データに基づいて第２カメラ５１から鉄筋Ｓまでの距離が算出される。

これにより、鉄筋Ｓ（対象交点Ｐａ）の結束作業に必要な結束装置６の移動量を確認できる。また、３Ｄセンサ等を利用する場合に比べ、二次元の画像データに対する簡便な処理で距離情報（高さ情報）を取得できる。さらに、対象交点Ｐａにおける２本の鉄筋Ｓ間の高さ方向の隙間も確認できる。

[0064] また、本実施形態によれば、画像データに基づいて、結束に必要なワイヤＷの長さが算出（推定）される。

これにより、例えば、ワイヤ残量との比較によって、実際の結束作業に先立って予めワイヤＷの不足を検出できる。

[0065] また、本実施形態によれば、鉄筋Ｓのエッジｓｅの検出は、鉄筋Ｓの画像データ（信号情報）のうち、明るい部分から暗い部分（信号が弱い部分から強い部分）に向かって行われる。

これにより、配筋の種類が異なる場合でも（例えば、太さの違い、配筋本数の違い等）、交点Ｐを検出しやすい。

[0066] また、本実施形態によれば、対象交点Ｐａを結束したワイヤＷの使用量を算出して記憶してもよい。

これにより、結束装置６のワイヤ残量を把握できる。

[0067] また、本実施形態によれば、結束後の鉄筋Ｓ（対象交点Ｐａ）の画像データ（信号情報）を取得し、当該画像データに基づいて結束状態を判定してもよい。撮影は第２カメラ５１でも第１カメラ３１でもよい。

具体的には、対象交点Ｐａのエッジ Ｓｅからのワイヤ Wの飛び出しを検出し、例えばこれが所定の閾値よりも長く飛び出している場合に、対象交点Ｐａの結束状態が良好でないと判定してもよい。

これにより、簡便に結束状態を判定することができる。

[0068] ［変形例］

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記の実施形態に限られない。

例えば、上記実施形態では、第２カメラ５１で取得した画像データに基づいて鉄筋Ｓの形状を求めることとした。しかし、対象が鉄筋Ｓの画像データであれば、第１カメラ３１で取得した画像データを用いてもよく、この場合でも上記実施形態と略同様に結束処理（ステップＳ７１～Ｓ７７）を実行できる。

ただしこの場合には、上記実施形態と異なり、画像データに複数の交点Ｐが含まれるため、主にこの点に基づき、図１０に示すように、ステップＳ７７の後にさらに以下の処理を実行してもよい。なお、この場合は、ステップＳ７１～Ｓ７７の処理が各交点Ｐに対して実行される。また、この場合におけるステップＳ７１～Ｓ７７の処理では、「対象交点Ｐａ」を単なる「交点Ｐ」と読み替える。

[0069] 具体的に、制御部７７は、ステップＳ７７の実行後に、複数の交点Ｐの位置情報を取得し（ステップＳ７８ａ）、その位置情報に基づいて、ワークＢ（複数の鉄筋Ｓ）の端部を検出する（ステップＳ７８ｂ）。

ここでは、制御部７７は、各交点Ｐが連続する（隣り合う交点Ｐが存在する）か否かを判定することで、複数の交点Ｐのうち端部に位置するものを検出する。

これにより、ワークＢの全体形状・全体サイズを把握でき、どこが作業対象の範囲であるかを判別できる。ひいては、例えばロボットアーム４等の移動経路を計画できる。

[0070] 次に、制御部７７は、鉄筋Ｓの画像データに基づいて、結束を妨げ得る障

害物を検出する（ステップＳ７９ａ）。

ここでは、制御部７７は、各交点Ｐの高さ（Ｚ方向）位置に基づいて、他の交点Ｐに対して所定の閾値以上に高さ位置が異なる場合、当該交点Ｐには障害物が存在すると判定する。

これにより、例えば、障害物を避けて移動する、障害物に干渉しないように結束方向を変えて結束する等の対応によって、障害物との接触を回避しつつ作業を続行できる。

[0071] 次に、制御部７７は、所定の選定条件に基づいて、複数の交点Ｐのうちいずれか１つの交点Ｐを選定する（ステップＳ８０ａ）。

ここでは、制御部７７は、予め記憶部７６に記憶された、例えば結束可能な交点Ｐの形状又は複数の交点Ｐの配列パターン等の選定条件に基づいて、当該選定条件に最もよく合致するものを好ましい交点Ｐとして選出する。選出したものを対象交点Ｐａとしてもよい。

これにより、結束対象の交点Ｐが様々なパターンであっても、好適にこれを結束できる。

またここでは、上記の選定条件に基づいて、交点Ｐの結束可否を判定してもよい。つまり、当該選定条件に合致しない交点Ｐを、結束不可と判定してもよい。

これにより、結束が難しい交点Ｐを予め選出でき、実際の作業時における結束不可のエラー発生を抑制できる。

[0072] なお、画像データに複数の交点Ｐが含まれる場合、ステップＳ７５での鉄筋配列モデル７６４との比較では、交点Ｐの凡その位置を特定して比較・判定するため、判定時間を短縮できる。また、鉄筋配列モデル７６４と比較することで、実際の交点箇所を捉えやすい。

[0073] ［他の変形例］

また、上記実施形態では、結束装置６による結束作業に関する作業情報を記憶部７６に記憶させてもよい。ここで、「作業情報」とは、結束エリアＥ２で実行された結束作業に関する情報であって、例えば、位置情報（ＸＹＺ

座標）、結束可否、結束方向（角度）、結束回数、結束強度、結束順等を含む。さらに、「作業情報」は、各結束動作におけるロボットアーム４及び結束装置６の動作内容等の作業ログ情報を含んでもよい。

これにより、結束作業に関する作業情報を随時記録でき、これを適宜出力することができる。

[0074] また、上記実施形態では、撮影エリアＥ１（第１領域）と結束エリアＥ２（第２領域）が異なることとした。しかし、撮影エリアＥ１と結束エリアＥ２は、一部が重複していてもよいし、一体（同一）であってもよい。

[0075] また、第１カメラ３１と第２カメラ５１のいずれで取得した信号情報に依っても、障害物の位置の把握と、障害物を考慮した結束装置６の挿入方向（交点Ｐへのアクセス経路）の設定と、を行えるのが好ましい。

また、第１カメラ３１と第２カメラ５１が取得する信号情報のデータ形式は、特に限定はされないが、画像データである場合には、一方がモノクロ画像、他方がカラー画像であるのが好ましい。

また、障害物の位置情報は、ＸＹＺいずれの方向についても取得できるのが好ましい。つまり、障害物の位置を三次元的に把握することにより、ロボットアーム４を障害物に接触させずに作業を実行できる。

[0076] また、上記実施形態では、ワーク保持部２がワークＢをＸ方向に移動させることとしたが、さらにワークＢを他の方向に移動させたり回転させたりできてもよい。例えば、ワーク保持部２がワークＢを水平軸回りに回転させて上下面を反転できると、配筋が上下二重のワークＢ等に好適に対応できる。

[0077] また、本発明に係る画像情報は、撮影対象である鉄筋のコントラスト情報を有する実質的な画像データであれば、そのデータ種別（データ形式）は特に限定されない。

[0078] また、上記実施形態では、本発明を、ロボットアームを利用したロボットアーム方式に適用した例について説明した。

しかし、本発明は、例えば、ワークを搬送させるワーク搬送方式や、装置をガントリーで移動させるガントリー方式、結束装置を含む装置全体をワー

ク上に自走させる自走方式等、ロボットアーム方式以外の結束方式に対しても好適に適用できる。

ただし、本発明は、上記実施形態のように、装置全体が例えば屋内に設置（固定）されてワークを移動させる方式に対し、より好適に適用できる。自走ロボット等の自在に動く移動体や屋外での作業等の場合、上記実施形態の構造を適用すると、情報取得部の衝突危険性が増加する、衝突等で取得信号（カメラ画像）が乱れる、装置全体が大型化する、情報取得部の防水化の必要性、といった問題が生じ得る。

[0079] その他、上記実施形態で示した細部は、発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

[0080] なお、本出願は、２０２４年０１月３１日出願の日本特許出願（特願２０２４－０１３０３９）に基づくものであり、その内容は本出願の中に参照として援用される。

産業上の利用可能性

[0081] 鉄筋の形状を好適に検出することができる結束システム及び結束プログラムを提供する。

符号の説明

[0082] １　結束システム
２　ワーク保持部
３　全体撮影部
３１　第１カメラ（情報取得部）
４　ロボットアーム
４０　ロボットアーム本体
５　個別撮影部
５１　第２カメラ（情報取得部）
６　結束装置
６１　鉄筋結束機
６１１　入口部

６１３　カールガイド

７　　制御装置

７６　記憶部

７６１　結束プログラム

７６２　画像データ（画像情報）

７６４　鉄筋配列モデル（配列情報）

７７　制御部（検出部、算出部、比較部、第２比較部、選定部、判定部）

Ｅ１　撮影エリア

Ｅ２　結束エリア

Ｂ　　ワーク

Ｓ　　鉄筋

Ｓｅ　エッジ

Ａｘ　鉄筋中心

Ｄ　　鉄筋径

Ｐ　　交点

Ｐａ　対象交点

Ｗ　　ワイヤ

請求の範囲

[請求項1] 配設された複数の鉄筋に関する信号情報に基づいて結束装置で鉄筋を結束する結束システムにおいて、

前記信号情報を取得する情報取得部と、

前記信号情報に含まれるコントラスト情報に基づいて、前記鉄筋の形状を検出する検出部と、

を備える結束システム。

[請求項2] 前記検出部は、前記コントラスト情報に基づいて、前記鉄筋の輪郭を検出する、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項3] 前記情報取得部は、前記信号情報に基づいて前記鉄筋までの距離を算出する、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項4] 前記信号情報に基づいて、結束に必要なワイヤ長さを算出する算出部を備える、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項5] 前記検出部は、前記信号情報に基づいて、交差する複数の前記鉄筋の複数の交点の位置情報を検出する、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項6] 前記検出部は、前記信号情報に基づいて、結束を妨げ得る障害物を検出する、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項7] 複数の前記鉄筋の配列情報を予め記憶する記憶部と、

前記信号情報と、前記記憶部に記憶された前記配列情報と、を比較する比較部と、

を備える、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項8] 前記検出部は、前記信号情報のうち、信号が弱い部分から強い部分

に向かって前記鉄筋の輪郭を検出する、

請求項２に記載の結束システム。

[請求項9] 交差する複数の前記鉄筋の複数の交点の前記信号情報と、前記交点の前記信号情報と、を比較する第２比較部を備える、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項10] 複数の結束装置を備え、結束対象に対し複数の前記結束装置から１つを選定する選定部を備える、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項11] 前記選定部は、前記信号情報に基づいて、結束対象の結束可否を判定する、

請求項１０に記載の結束システム。

[請求項12] 前記鉄筋をワイヤで結束する結束装置と、

前記ワイヤの使用量を記憶する記憶部と、

を備える、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項13] 前記情報取得部は、結束後の前記信号情報を取得し、

結束後の前記信号情報に基づいて、結束状態を判定する判定部を備える、

請求項１に記載の結束システム。

[請求項14] 配設された複数の鉄筋に関する信号情報を取得する情報取得部を備える結束システムを制御するコンピュータを、

前記信号情報に含まれるコントラスト情報に基づいて、前記鉄筋の形状を検出する検出部、

として機能させる結束プログラム。