

明 細 書

発明の名称： ロボット

技術分野

[0001] 本実施形態は、ロボットに関する。

背景技術

[0002] 従来より、例えば、複数の鉄筋上を自律的に走行した上で、当該複数の鉄筋が交差する交差部をワイヤ等により結束する鉄筋結束作業を自動化する鉄筋結束ロボットが提案されている。例えば、特許文献 1 には、鉄筋工事に使用できる自走型の作業用ロボットが開示されている。特許文献 1 に開示される作業用ロボットにおいては、左右の車輪の接地面が V 字状に形成されており、当該 V 字の谷部分に縦方向の鉄筋を接触させることにより、脱輪を防止しつつ当該縦方向の鉄筋に沿って鉄筋上を移動可能に構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：日本国特開 2 0 1 9 — 0 3 9 1 7 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 に開示された技術では、車輪の接地面を V 字状に形成することから走行中は車輪が V 字の谷部分において鉄筋に係合するため、例えば左右の鉄筋が平行でない場合などには走行が極めて困難になり得る。この点につき、車輪の接地面を平坦な形状等にすることにより、旋回等も可能に構成することが考えられる。しかしながら、左右の駆動機構に回転速度差を設けることのみによって旋回を実現しようとする場合、旋回性能の向上には限界がある。例えば、左右の駆動機構間の寸法を小さくすることによる旋回性能の向上などが考えられるが、鉄筋結束機などでは、重量の大きな結束機等を搭載する必要があり、装置全体の重量バランスが悪化する場合がある。

[0005] 本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、簡易な構成により旋回

性能を向上させることの可能なロボットを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様は、ロボットであって、本体部と、本体部の第1方向の前方に設けられた、ロボットを第1方向に駆動する前方駆動部と、本体部の第1方向の後方に設けられた、ロボットを第1方向に駆動する後方駆動部と、を備え、前方駆動部及び後方駆動部は、第1方向に垂直な第2方向に沿って相対的に移動可能に構成されるロボットを提供する。

発明の効果

[0007] 本開示により、簡易な構成により旋回性能を向上させることの可能なロボットが提供される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボット100の斜め上方向から見た全体斜視図である。

[図2]図2は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボットの斜め下方向から見た全体斜視図である。

[図3A]図3Aは、鉄筋結束ロボット100を上方向（Z方向における上方）から見た平面図である。

[図3B]図3Bは、前方走行ユニット12Aが後方走行ユニット12Bに対して相対的に右側に移動した状態における鉄筋結束ロボット100を上方向（Z方向における上方）から見た平面図である。

[図4A]図4Aは、鉄筋結束ロボット100を下方向（Z方向における下方）から見た平面図である。

[図4B]図4Bは、前方走行ユニット12Aが後方走行ユニット12Bに対して相対的に右側に移動した状態における鉄筋結束ロボット100を下方向（Z方向における下方）から見た平面図である。

[図5]図5は、前方走行ユニット12Aの構成を説明するための図である。

[図6]図6は、鉄筋結束ロボット100の鉄筋結束ユニット110を外した状態を斜め上方向から見た斜視図である。

[図7]図7は、鉄筋結束ロボット100の鉄筋結束ユニット110を外した状態を斜め上方向から見た斜視図である。

[図8]図8は、鉄筋結束ロボット100の機能ブロック構成を説明する図である。

[図9]図9は、第1鉄筋R10に沿って走行中の鉄筋結束ロボット100をY方向から見た図である。

[図10]図10は、第1鉄筋R10に沿って走行中の鉄筋結束ロボット100をX方向から見た図である。

[図11]図11は、走行を停止し結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をY方向から見た図である。

[図12]図12は、結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をX方向から見た図である。

[図13]図13は、結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をZ方向下側から見た図である。

[図14A]図14Aは3D距離カメラにより撮影された第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所付近の画像を示す。

[図14B]図14Bは、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所付近の画像を模式的に示す。

[図15A]図15Aは、鉄筋結束ロボット100を水平方向（X方向）から見た模式的な側面図である。

[図15B]図15Bは、鉄筋結束ロボット100を上方向（Z方向上側）から見た模式的な上面図である。

[図16]図16は、第1センサ130aによる撮像画像を模式的に示す図である。

[図17]図17は、テンプレートマッチングを説明するための模式的な図である。

[図18]図18は、交差箇所の推定方法を説明するための、鉄筋結束ロボット100を模式的に示す図である。

[図19]図19は、本開示の実施形態における交差箇所c12の推定方法のフローチャートである。

[図20]図20は、鉄筋結束ロボット100の横移動に関するフローチャートである。

[図21]図21は、鉄筋結束ロボット100の第1鉄筋に沿った移動の方法のフローチャートである。

[図22A]図22Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図22B]図22Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図23A]図23Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図23B]図23Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図24A]図24Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図24B]図24Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図25A]図25Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図25B]図25Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図26A]図26Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図26B]図26Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図27A]図27Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図27B]図27Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図28]図28は、本開示の他の実施形態に係る鉄筋結束ロボット200のZ方向下方から見た模式的な図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照しながら本実施形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

[0010] 以下、本開示の実施形態に係る結束装置100の構成について説明する。なお、本実施形態においては、結束装置は、互いに交差して配置された複数の鉄筋を結束する鉄筋結束装置であり、例えば、鉄筋結束ロボット（「ロボット」の一例）であってもよい。以下では、結束装置100として、鉄筋結束ロボットである場合を例に説明し、結束装置100は、鉄筋結束ロボット100とも称される。なお、各図面には、X軸、Y軸及びZ軸を示すことがある。X軸、Y軸及びZ軸は、右手系の3次元の直交座標を形成する。以下、X軸の矢印方向をX軸前方、+X方向、X方向の右側またはX軸右側、矢印とは逆方向をX軸後方、-X方向、X方向の左側またはX軸左側と呼ぶことがある。その他の軸についても同様である。なお、Z軸前方及びZ軸後方を、それぞれ「上側」乃至「上方」及び「下側」乃至「下方」と呼ぶこともある。また、X軸、Y軸又はZ軸にそれぞれ直交する面を、YZ面、ZX面又はXY面と呼ぶことがある。ただしこれら方向等は相対的位置関係を説明するために便宜的に用いられているものである。従ってこれら方向等は絶対的位置関係を規定するものではない。

[0011] 図1は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボット100の斜め上方向から見た全体斜視図である。図2は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボットの斜め下方向から見た全体斜視図である。図1及び図2に示すように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、鉄筋結束ユニット110（「鉄筋結束機」の一例）と、走行ユニット121と、センサユニット13

0（「検出部」の一例）と、を備える。鉄筋結束ロボット100は、さらに、本体ユニット140（「本体部」の一例）、支持バー150、制御ユニット160、リール180（第1リール180a及び第2リール180b）、バッテリー182（第1バッテリー182a及び第2バッテリー182b）、及び記憶装置198（不図示）等、他の構成を備えていてもよい。図1において、+Y方向を鉄筋結束ロボット100の前側と、Y軸負方向を鉄筋結束ロボット100の後側と、+X方向を鉄筋結束ロボット100の右側と、X軸負方向を鉄筋結束ロボット100の左側と、それぞれ称する場合がある。

[0012] 図1及び図2には、Y方向に延伸する複数の鉄筋R10（本実施形態において「第1鉄筋」、または「縦鉄筋」ともいう。）を含む鉄筋群Rも併せて示す。図1及び図2に示すように、鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R10に沿って走行するように鉄筋群R上に配置されている。鉄筋群Rは、複数の鉄筋R10に加え、X方向に延伸する複数の鉄筋（本実施形態において「第2鉄筋R20」、または「横鉄筋」ともいう。）を含んでもよい。

[0013] 本開示の実施形態においては、第1鉄筋R10は、その延伸する方向である第1の方向がY方向と平行となるように配置される。また、第2鉄筋R20は、その延伸する方向である第2の方向がX方向と平行となるように配置される。従って、本開示の例示の実施形態においては、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、互いに直交するように配置されている。また、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が形成する平面（本実施形態において「鉄筋面」ともいう。）がXY面と平行となるように配置されている。従って、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が形成する平面は、本実施形態においては水平面である。なお、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の配置についてはこれに限られない。例えば、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、互いに非直交となるように配置されてもよい。例えば、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、第1鉄筋R10と第2鉄筋R20とがなす角度が、例えば30°、45°、60°、または他の角度と

なるように配置されてもよい。また、本開示の実施形態においては、第1鉄筋R10と第2鉄筋R20とは、互いに直交するように配置されているが、例えば交差する箇所によっては必ずしも直交の関係となっていなくてもよく、例えば85°以上90°未満の角度をなすように配置されていてもよい。

- [0014] また、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、有限の長さを有しており、複数の第1鉄筋R10または複数の第2鉄筋R20は、それぞれ、第1の方向または第2の方向に継ぎ目を介して接続されていてもよい。さらに、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、端部を有していてもよく、例えば第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、それぞれ第1の方向及び第2の方向における一端及び他端に端部R10e及びR20eを有していてもよい。
- [0015] 鉄筋結束ユニット110は、第1鉄筋R10と第2鉄筋R20との交差箇所c12（図7）を結束するように構成されている。鉄筋結束ユニット110による第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の結束動作については後に詳述する。
- [0016] 図1及び図2に示すように、走行ユニット121は、前側に設けられた前方走行ユニット12A（「前方駆動部」の一例）、及び後側に設けられた後方走行ユニット12B（「後方駆動部」の一例）を有していてもよい。前方走行ユニット12Aは、左右方向（「第2方向」の一例）に延在するように本体ユニット140に設けられた連結部30A（「前方基部」の一例）、鉄筋結束ロボット100の左側において連結部30Aに設けられた走行ユニット121a（「第1走行ユニット」ともいう。「左側前方駆動部」の一例）、及び鉄筋結束ロボット100の右側において連結部30Aに設けられた走行ユニット121b（「第2走行ユニット」ともいう。「右側前方駆動部」の一例）を有していてもよい。後方走行ユニット12Bは、左右方向に延在するように本体ユニット140に設けられた連結部30B（「後方基部」の一例）、鉄筋結束ロボット100の左側において連結部30Bに設けられた走行ユニット121c（「第3走行ユニット」ともいう。「左側後方駆動部」

」の一例)、及び鉄筋結束ロボット100の右側において連結部30Bに設けられた走行ユニット121d(「第4走行ユニット」ともいう。「右側後方駆動部」の一例)を有していてもよい。

[0017] 前方走行ユニット12A及び後方走行ユニット12Bは、鉄筋結束ロボット100の左右方向に沿って、互いに相対的に移動可能に構成される。特に、前方走行ユニット12A及び後方走行ユニット12Bは、前方走行ユニット12A及び／又は後方走行ユニット12Bが鉄筋結束ロボット100を前後方向(「第1方向」の一例)に駆動しているときに、左右方向に沿って相対的に移動可能に構成される。例えば、前方走行ユニット12A及び後方走行ユニット12Bは、鉄筋結束ロボット100を前後方向に対する右側に操舵する制御信号に応じて、前方走行ユニット121aが後方走行ユニット12Bに対して相対的に前後方向に対する左側へ移動してもよい。また、例えば、前方走行ユニット12A及び後方走行ユニット12Bは、鉄筋結束ロボット100を前後方向に対する左側に操舵する制御信号に応じて、前方走行ユニット121aが後方走行ユニット12Bに対して相対的に前後方向に対する右側へ移動してもよい。

[0018] 本開示の実施形態においては、走行ユニット121は、鉄筋結束ロボット100がY方向に進行するように鉄筋群R上に配置されている。第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、それぞれ、第1ローラ部122a、第2ローラ部122b、第3ローラ部122c、及び第4ローラ部122dを有し、第1ローラ部122a、第2ローラ部122b、第3ローラ部122c、及び第4ローラ部122dが第1鉄筋R10の延伸方向であるY方向(第1の方向)に沿って、複数の第1鉄筋R10のいずれかの第1鉄筋R10上を走行するように構成されている。

[0019] なお、本実施形態においては、走行ユニット121は、移動ユニット(移動ユニット120)の一例である。移動ユニット120は、走行ユニット121に替えて、または走行ユニット121に加えて、走行ユニット121以

外の移動ユニットの構成を有していてもよい。

[0020] 本開示の実施形態においては、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、Y方向に進行するように構成される場合を例に説明するが、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、Y方向以外の方向に進行するように構成されていてもよい。

[0021] 例えば、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、Y方向から数度〜数十度の角度傾く方向に進行してもよい。例えば、Y方向から数度〜数十度の角度で+X方向または-X方向に傾く方向に進行してもよい。例えば、走行する第1鉄筋R10上に異物が存在する等により鉄筋結束ロボット100の向きがY方向から傾いた場合、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dが進行する方向はY方向から少なくとも一時的に+X方向または-X方向に傾く。その場合でも、例えば、鉄筋結束ロボット100の向きの傾きをY方向に戻す方向（-X方向または+X方向に）に第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dが進行する等により、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R10上をほぼ追従するように進行させてもよい。これにより、鉄筋結束ロボット100の鉄筋結束ユニット110による第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の結束動作を継続して実行することが可能である。

[0022] また、例えば第1鉄筋R10が曲線を描くように配置された建設現場においても、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、曲線状の第1鉄筋R10に追従するように、曲線を描くように進行するように構成されていてもよく、この場合、第1鉄筋R10の延伸方向である第1の方向は、曲線を構成する点ごとに異なってもよい。

[0023] 図1及び図2並びに図3Aに示すように、センサユニット130（「検出ユニット」の一例）は、センサ130a、センサ130b、センサ130c、及びセンサ130d（本実施形態において、それぞれ、「第1センサ」、「第2センサ」、「第3センサ」、及び「第4センサ」、ともいう。）を有する。第1センサ130a及び第2センサ130bは、互いに、図1及び図2においてY方向（本実施形態において第1センサ130a及び第2センサ130bを結ぶ直線の延伸する方向を「第3の方向」ともいう）に沿って離間して配置されている。また、第4センサ130dは鉄筋結束ロボット100の第3センサ130cが設けられる側面の反対側の側面（図1及び図2において紙面奥側の側面）に配置されており、第3センサ130c及び第4センサ130dは、互いに図1及び図2においてY方向に交差する方向（図1及び図2に示す例においてはX方向、本実施形態において第3センサ130c及び第4センサ130dを結ぶ直線の延伸する方向を「第4の方向」ともいう。）に沿って離間するように配置されている。

[0024] 第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20を検出可能に構成されている。例えば、第1センサ130a及び第2センサ130bは第1鉄筋R10を検出可能に構成され、第3センサ130c及び第4センサ130dは第2鉄筋R20を検出可能に構成されていてもよい。あるいは、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、いずれも、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20を検出可能に構成されていてもよい。

[0025] 第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130d（「障害物検出ユニット」の一例）は、障害物を検出することが可能に構成されてもよい。或いは、鉄筋結束ロボット100は、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dとは別に、障害物を検出することが可能なセンサ（「障害物検出ユニット」の一例）を備えてもよい。

[0026] 図3 A及び図3 Bは、鉄筋結束ロボット100を上方向（Z方向における上方）から見た平面図を示す。また、図4 A及び図4 Bは、鉄筋結束ロボット100を下方向（Z方向における下方）から見た平面図を示す。特に、図3 B及び図4 Bは、前方走行ユニット12 Aが後方走行ユニット12 Bに対して相対的に右側に移動した状態を示す。

[0027] 図3 A及び図4 Aからわかるように、第1走行ユニット121 a及び第2走行ユニット121 bは、第1センサ130 aに対して第4の方向（X方向）の一方及び他方（図3 Aにおいて、それぞれX方向の左側及び右側）に配置されていてもよい。また、第3走行ユニット121 c及び第4走行ユニット121 dは、第2センサ130 bに対して第4の方向（X方向）の一方及び他方に配置されていてもよい。言い換えると、第1センサ130 aは、第4の方向において第1走行ユニット121 a及び第2走行ユニット121 bの間に配置されてもよい。同様に、第2センサ130 bは、第4の方向において第3走行ユニット121 c及び第4走行ユニット121 dの間に配置されてもよい。

[0028] さらに、図3 A及び図4 Aに示すように、第3センサ130 cは、第3の方向（図3 A及び図4 AにおいてY方向）において第1走行ユニット121 a及び第3走行ユニット121 cの間に配置されてもよく、同様に、第4センサ130 dは、第3の方向（Y方向）において第2走行ユニット121 b及び第4走行ユニット121 dの間に配置されてもよい。

[0029] また、例えば図4 Aに示すように、第1センサ130 aは、下面視において、第1走行ユニット121 aを構成する第1ローラ部122 aの回転軸128 aと、第2走行ユニット121 bを構成する第2ローラ部122 bの回転軸128 bとを通過する直線上、または回転軸128 aと回転軸128 bとを通過する直線よりも後方（図4 Aにおいて-Y方向）に配置されてもよい。同様に、第2センサ130 bは、下面視において、第3走行ユニット121 cを構成する第3ローラ部122 cの回転軸128 cと、第4走行ユニット121 dを構成する第4ローラ部122 dの回転軸128 dとを通過す

る直線上、または回転軸 128c と回転軸 128d とを通過する直線よりも前方（図 4A において +Y 方向）に配置されてもよい。なお、センサユニット 130 の具体例は後述する。

[0030] また、図 3A や図 4A 等にも示されるように、第 1 センサ 130a は、本体ユニット 140 の Y 軸方向の前方（+Y 方向）に配置される。同様に、第 2 センサ 130b は、本体ユニット 140 の Y 軸方向の後方（-Y 方向）に配置される。第 3 センサ 130c 及び第 4 センサ 130d は、それぞれ、本体ユニット 140 の図 3A において上面視で X 方向の左側及び右側に配置される。すなわち、例えば図 4A 等からわかるように、本実施形態においては、第 1 センサ 130a、第 2 センサ 130b、第 3 センサ 130c、及び第 4 センサ 130d は、鉄筋結束ロボット 100 についての平面視において、第 1 走行ユニット 121a、第 2 走行ユニット 121b、第 3 走行ユニット 121c、及び第 4 走行ユニット 121d のほぼ中心付近を接続して仮想的に形成される長方形の外縁上またはその外縁の内側となるように配置される。なお、第 1 走行ユニット 121a～第 4 走行ユニット 121d により仮想的に形成される長方形は、例えば各走行ユニット間の X 方向及び Y 方向の間隔が略等しい場合等には、正方形となることがあってもよく、この場合には、第 1 センサ 130a～第 4 センサ 130d は、仮想的な正方形の外縁上またはその内側となるように配置されていてもよい。また、第 1 走行ユニット 121a～第 4 走行ユニット 121d の配置構成によっては、第 1 走行ユニット 121a～第 4 走行ユニット 121d により、仮想的に、長方形及び正方形以外の四角形が形成されてもよく、その場合においても、第 1 センサ 130a～第 4 センサ 130d は、仮想的な四角形の外縁上またはその内側となるように配置されていてもよい。

[0031] 図 3B 及び図 4B は、前方走行ユニット 12A が後方走行ユニット 12B に対して相対的に右側に移動した状態を示す。例えば、走行ユニット 121 によって前側へ移動している鉄筋結束ロボット 100 において、図 3A 及び図 4A に示す状態から図 3B 及び図 4B に示す状態のように、前方走行ユニ

ット12Aが後方走行ユニット12Bに対して相対的に右側へ移動した場合、各ローラ部122と各鉄筋との間に生じる摩擦力により、各ローラ部122の進行方向は左側を向き、これに伴い、鉄筋結束ロボット100の方向が進行方向に対して左側へ向く。その結果、鉄筋結束ロボット100は、進行方向に対して左側へと旋回することが可能である。これとは反対に、例えば、走行ユニット121によって前側へ移動している鉄筋結束ロボット100において、前方走行ユニット12Aが後方走行ユニット12Bに対して相対的に左側へ移動した場合、各ローラ部122と各鉄筋との間に生じる摩擦力により、各ローラ部122の進行方向は右側を向き、これに伴い、鉄筋結束ロボット100の方向が進行方向に対して右側へ向く。その結果、鉄筋結束ロボット100は、進行方向に対して右側へと旋回することが可能である。

[0032] 第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、上述の第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dのほぼ中心付近を接続して仮想的に形成される長方形の外縁上またはその外縁の内側となるように配置される場合を例に説明したが、これに限られない。例えば、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの配置構成、及び／または本体ユニット140の形状等に応じて、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、異なる配置構成であってもよい。例えば、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、鉄筋結束ロボット100についての平面視において、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dのほぼ中心付近を接続して仮想的に形成される長方形の外縁上またはその外縁の外側となるように配置されてもよい。

[0033] 図1及び図3Aに示すように、本体ユニット140は、本体上面142を備えていてもよい。本体上面142は、中央部付近に、例えば円形の穴部1

4 4 が形成されていてもよく、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が、穴部 1 4 4 を貫通するように配置されていてもよい。

[0034] 本実施形態において、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、例えば 2 本の支持バー 1 5 0（それぞれ、第 1 支持バー 1 5 0 a 及び第 2 支持バー 1 5 0 b）を備えてもよい。第 1 支持バー 1 5 0 a 及び第 2 支持バー 1 5 0 b は、一方向に延伸するバーであり、例えば第 4 の方向（図 1、図 2、図 3 A、及び図 4 A において X 方向）に平行に設けられている。従って、本開示の実施形態においては、第 1 支持バー 1 5 0 a 及び第 2 支持バー 1 5 0 b は、例えば水平方向に平行となるように設けられている。また、図 1、図 2、図 3 A、及び図 4 A に示すように、第 1 支持バー 1 5 0 a 及び第 2 支持バー 1 5 0 b は、互いに Y 方向（第 3 の方向）に離間するように設けられていてもよい。後に詳述するように、第 1 支持バー 1 5 0 a 及び第 2 支持バー 1 5 0 b は、例えば、鉄筋結束ロボット 1 0 0 が横方向（図 1、図 2、図 3 A、及び図 4 A において X 方向、鉄筋結束ロボット 1 0 0 において第 4 の方向）に移動する際に、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の本体ユニット 1 4 0 等を支持するように構成されていてもよい。

[0035] 次に、図 5 を参照して、前方走行ユニット 1 2 A の構成について説明する。なお、後方走行ユニット 1 2 B は、前方走行ユニット 1 2 A と基本的に共通の構成を有している。そのため、以下の説明では、前方走行ユニット 1 2 A の構成について説明し、後方走行ユニット 1 2 B の説明は省略する。

[0036] 前方走行ユニット 1 2 A は、例えば、本体ユニット 1 4 0 に連結され、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の左右方向に延在する連結部 3 0 A、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の左側において連結部 3 0 A に設けられた走行ユニット 1 2 1 a、及び鉄筋結束ロボット 1 0 0 の右側において連結部 3 0 A に設けられた走行ユニット 1 2 1 b を有している。連結部 3 0 A は、例えば、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の左右方向に延伸するバー形状をなしている。連結部 3 0 A の長手方向の中央部分には、横移動ローラ 3 3 が設けられている。横移動ローラ 3 3 は、例えば、本体ユニット 1 4 0 に設けられた駆動ラック 1 1（図 2 参照

）に対して噛合している。本体ユニット１４０に設けられた駆動ラック１１は、例えば、横移動ローラ３３の外歯に噛み合う複数の歯が鉄筋結束ロボット１００の左右方向に直線状に並列されている。横移動ローラ３３は、前方横移動モータ１４６ａから伝達される駆動力に基づいて回転する。横移動ローラ３３が回転すると、横移動ローラ３３が駆動ラック１１に対して相対移動し、本体ユニット１４０と前方走行ユニット１２Ａとが鉄筋結束ロボット１００における左右方向において相対移動する。

[0037] 図６は、鉄筋結束ロボット１００の鉄筋結束ユニット１１０を外した状態を右斜め後ろ方向から見た斜視図である。また、図７は、鉄筋結束ロボット１００の鉄筋結束ユニット１１０を外した状態を右斜め前方向から見た斜視図である。図６及び図７に示されるように、鉄筋結束ユニット１１０は、穴部１４４に貫通した状態で上下方向（図６においてＺ方向）に移動可能に設けられていてもよい。これにより、例えば、鉄筋結束ユニット１１０を下降させ、鉄筋結束ロボット１００が第１鉄筋Ｒ１０及び第２鉄筋Ｒ２０の交差箇所ｃ１２に到達した際に、第１鉄筋Ｒ１０及び第２鉄筋Ｒ２０の交差箇所ｃ１２を結束するように構成される。図６及び図７に示すように、鉄筋結束ロボット１００は、リール１８０ａ及び１８０ｂを有する。リール１８０ａ及びリール１８０ｂには、鉄筋の結束に用いられるワイヤが収容されており、鉄筋結束ユニット１１０が第１鉄筋Ｒ１０及び第２鉄筋Ｒ２０の交差箇所ｃ１２を結束する際にリール１８０ａ及び／またはリール１８０ｂに収容されるワイヤが引き出され、交差箇所ｃ１２の結束が行われるように構成されている。また、詳細な説明は省略するが、鉄筋結束ユニット１１０は、鉄筋結束ユニット１１０の一端（図６においてＺ方向の下側の端部）には、ワイヤガイド等を有し、鉄筋結束作業を実行するように構成されるワイヤ振り部１１４（図６）が設けられている。ワイヤ振り部１１４の鉄筋結束作業は、例えば公知の鉄筋結束機と同様の機能により実現されてもよい。

[0038] 図８は、鉄筋結束ロボット１００の機能ブロック構成を説明する図である。図８に示すように、鉄筋結束ロボット１００は、上述した鉄筋結束ユニッ

ト 110、走行ユニット 121、及びセンサユニット 130等の構成のほか、制御ユニット 160と、横移動モータ 146と、記憶装置 198と、を備えていてもよい。

[0039] 制御ユニット 160は、鉄筋結束ロボット 100により実行される移動（走行）や結束作業を制御するように構成される。制御ユニット 160は、センサ検出結果取得部 162と、判定部 164と、交差箇所算出部 166（本実施形態において、「交差箇所推定部」や「交差箇所推定ユニット」ともいう。）と、鉄筋結束ユニット制御部 168と、走行制御部 170（本実施形態において、「走行制御ユニット」ともいう。）と、停止制御部 172と、移動量算出部 174と、姿勢制御部 176と、モータ制御部 178と、異物迂回制御部 188と、を備えていてもよい。

[0040] なお、本実施形態の鉄筋結束ロボット 100においては、図 1 に示されるように、制御ユニット 160は、Y 方向において、鉄筋結束ユニット 110 に対してリール 180a 及びリール 180b と反対側に配置されている。より具体的には、図 1 に示されるようにリール 180a 及びリール 180b は鉄筋結束ユニット 110 の－Y 方向に配置されているのに対し、制御ユニット 160 は鉄筋結束ユニット 110 の＋Y 方向に配置されている。特にワイヤーリール（リール 180a 及び／またはリール 180b）の交換直後においては、ワイヤが巻かれたリールは比較的重くなるが、鉄筋結束ユニット 110 の反対側に制御ユニット 160 を配置することにより、重さのバランスをとることが可能となる。

[0041] 記憶装置 198 は、例えば、制御ユニット 160 において実行される 1 つまたは複数のコンピュータ・プログラムや、鉄筋結束ロボット 100 の制御に用いられるデータ等を非一時的（non-transitory）に格納する記憶媒体（例えば半導体記憶素子）その他のメディアを備えてもよい。記憶装置 198 は、例えばテンプレートデータベース 198t を備えていてもよい。テンプレートデータベース 198t は、例えば、センサユニット 130 による検出結果に基づき、テンプレートマッチングを用いて第 1 鉄筋 R10 及び／また

は第2鉄筋R20の検出や、第1鉄筋R10の端部R10e及び／または第2鉄筋R20の端部R20eの検出を行う際に用いられるテンプレートの画像やテンプレートの画像に周波数分析等の画像処理を施して得られたデータ等を格納してもよい。また、制御ユニット160が、さらにテンプレートデータ作成部を有していてもよく、例えば、鉄筋結束作業を行う対象となる現場に応じてセンサユニット130を用いて撮像された画像を基にテンプレートデータを作成し、テンプレートデータベース198tに格納するように構成されていてもよい。テンプレートデータベース198tに格納されるテンプレートデータは、例えば、新たなテンプレートデータが作成されるタイミングで蓄積されてもよいし、各建設現場での結束作業の終了のタイミングで消去されてもよい。あるいは、作成されたテンプレートデータは、記憶装置198のテンプレートデータベース198tに一定期間保持された後、例えば定期的に削除されるように構成されていてもよい。

[0042] センサ検出結果取得部162は、センサユニット130による検出結果を取得する。例えば、センサユニット130の第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果は、判定部164の第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2による第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置の判定に用いられてもよい。また、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果は、判定部164の第1鉄筋端部判定部164b1及び／または第2鉄筋端部判定部164b2による第1鉄筋R10の端部R10e及び／または第2鉄筋R20の端部R20eの位置の判定に用いられてもよい。

[0043] 判定部164は、第1鉄筋判定部164a1と、第2鉄筋判定部164a2と、第1鉄筋端部判定部164b1と、第2鉄筋端部判定部164b2と、障害物判定部164cと、姿勢判定部164dと、ロボット高さ算出部164eと、交差箇所判定部164fとを備えていてもよい。第1鉄筋判定部164a1及び第2鉄筋判定部164a2は、例えば、センサ検出結果取得

部162により取得された第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果を用いて、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を判定する。第1鉄筋判定部164a1及び第2鉄筋判定部164a2は、第1センサ130a～第4センサ130dの検出結果である撮像画像に基づき、テンプレートマッチングを行うことにより、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を判定してもよい。

[0044] 第1鉄筋端部判定部164b1及び第2鉄筋端部判定部164b2は、例えば、センサ検出結果取得部162により取得された第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果を用いて、第1鉄筋R10の端部R10e及び／または第2鉄筋R20の端部R20eを判定する。第1鉄筋端部判定部164b1及び第2鉄筋端部判定部164b2も、第1鉄筋判定部164a1及び第2鉄筋判定部164a2と同様に、テンプレートマッチングに基づき第1鉄筋R10の端部R10e及び／または第2鉄筋R20の端部R20eの位置を判定してもよい。

[0045] ロボット高さ算出部164eは、例えば、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さを算出してもよい。例えば、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dにより、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20が撮像される場合（例えば、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20を含む範囲が撮像される場合）に、ロボット高さ算出部164eは、撮像された第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の撮像画像内における第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の相対的な大きさに基づき、鉄筋結束ロボット100の、鉄筋群Rからの距離を算出することにより、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さを算出してもよい。

[0046] 鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さは、例えば、走行ユニット

121の角度に基づいて算出されてもよい。走行ユニット121aは、図5に示されるように、本体部140に接続される第1本体側リンク部125aと、第1ローラ部122aに接続される第1ローラ側リンク部123aとを有しており、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとがリンク機構を構成してもよい。このとき、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが為す角度であるリンク角度をセンサユニット130の第1リンク角度検出センサ134a（図8）により検出し、リンク角度に基づき、第1走行ユニット121aの高さが算出されてもよい。

[0047] 同様に図2に示されるように、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第3ローラ側リンク部123c、及び第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123d、を有し、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第3ローラ側リンク部123c、及び第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123dが為すリンク角度を、それぞれ、第2リンク角度検出センサ134b、第3リンク角度検出センサ134c、及び第4リンク角度検出センサ134dにより検出することにより、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの高さが算出されてもよい。

[0048] ロボット高さ算出部164eは、こうして算出された第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの高さ（鉄筋群Rからの高さ）に基づき、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さを算出してもよい。例えば、算出された第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの高さの一部または全部の平均値により鉄筋結束ロボット100の高さを算出してもよい。また、例えば鉄筋結束ロボット100が鉄筋群Rが構成する仮想的な平面と平行、あるいはほ

ば平行に位置する場合には、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの高さのうちのいずれか一つにより鉄筋結束ロボット100の高さとしてもよい。

[0049] センサユニット130は、図8に示すように、上述の第1センサ130a～第4センサ130dに加えて、傾斜度検出センサ132を備えていてもよい。傾斜度検出センサ132としては、例えば公知の傾斜センサや水平センサ等、鉄筋結束ロボット100の傾斜角度を検出可能なセンサが用いられてもよい。センサ検出結果取得部162は、傾斜度検出センサ132の検出結果も取得してもよい。傾斜度検出センサ132の検出結果に基づき、例えば、判定部164の姿勢判定部164dにより鉄筋結束ロボット100の姿勢を判定し、姿勢判定部164dの判定結果に基づき、姿勢制御部176により、走行ユニット121の高さ変更モータ126（第1走行ユニット121aの第1高さ変更モータ126a、第2走行ユニット121bの第2高さ変更モータ126b、第3走行ユニット121cの第3高さ変更モータ126c、及び／または第4走行ユニット121dの高さ変更モータ126d）を駆動し、鉄筋結束ロボット100の姿勢を調整してもよい。

[0050] 鉄筋結束ロボット100は、例えば、本体ユニット140が、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20により形成される面（本実施形態において、「鉄筋面」ともいう。）に平行となるように傾斜度検出センサ132の検出結果に基づき、高さ変更モータ126を駆動してもよい。例えば、鉄筋面が水平方向に延びるように第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が配置されている場合に、鉄筋結束ロボット100がX方向に傾いている場合には、第1走行ユニット121a～第4走行ユニット121dのうち、第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121c、または第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dの高さを変更し、鉄筋結束ロボット100の姿勢を調整してもよい。

[0051] 交差箇所算出部166は、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所

c 1 2 を算出することにより推定する。交差箇所算出部 1 6 6 は、例えば、第 1 鉄筋判定部 1 6 4 a 1 及び第 2 鉄筋判定部 1 6 4 a 2 により判定された第 1 鉄筋 R 1 0 の位置及び第 2 鉄筋 R 2 0 の位置に基づき、交差箇所 c 1 2 の位置を算出してもよい。算出された交差箇所 c 1 2 の位置に基づき、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、鉄筋結束ユニット 1 1 0 による結束作業を行ってもよい。推定された交差箇所 c 1 2 の位置に基づき、モータ制御部 1 7 8 は、第 1 走行ユニット 1 2 1 a、第 2 走行ユニット 1 2 1 b、第 3 走行ユニット 1 2 1 c、及び／または第 4 走行ユニット 1 2 1 d により鉄筋結束ロボット 1 0 0 の位置を鉄筋結束ユニット 1 1 0 が交差箇所 c 1 2 上となるように調整してもよい。

[0052] 鉄筋結束ユニット制御部 1 6 8 は、鉄筋結束ユニット移動部 1 6 8 m を制御することにより、鉄筋結束ユニット 1 1 0 の移動を制御する。鉄筋結束ユニット 1 1 0 は、第 1 鉄筋 R 1 0 と第 2 鉄筋 R 2 0 とが交差する交差箇所 c 1 2 を結束する結束動作を実行する結束位置と、結束動作が完了した後、次の結束動作を実行する交差箇所 c 1 2 に移動する間に退避する退避位置と、を採り得る。鉄筋結束ユニット 1 1 0 は、退避位置から結束位置に向かう場合、−Z 方向に移動し、結束位置から退避位置に向かう場合に＋Z 方向に移動する。このような鉄筋結束ユニット 1 1 0 の Z 方向の移動は、例えばモータ等により構成される鉄筋結束ユニット移動部 1 6 8 m により実現される。また、鉄筋結束ユニット移動部 1 6 8 m による鉄筋結束ユニット 1 1 0 の Z 方向の昇降動作は、鉄筋結束ユニット制御部 1 6 8 により制御される。

[0053] 鉄筋結束ユニット制御部 1 6 8 は、また、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が結束位置に移動した後、鉄筋結束ユニット 1 1 0 による交差箇所 c 1 2 の結束動作を制御する。例えば、ワイヤ引き出し部によりワイヤのリール 1 8 0 から引き出されたワイヤを用いて実行される鉄筋結束ユニット 1 1 0 による結束作業は、鉄筋結束ユニット制御部 1 6 8 により制御される。例えば、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が交差箇所 c 1 2 の上方に位置するように、第 1 走行ユニット 1 2 1 a、第 2 走行ユニット 1 2 1 b、第 3 走行ユニット 1 2 1 c、及

び／または第4走行ユニット121dにより鉄筋結束ロボット100を移動した後、鉄筋結束ユニット制御部168は、鉄筋結束ユニット移動部168mを制御し、鉄筋結束ユニット110を交差箇所c12に近付くように結束位置まで下降させ、交差箇所c12の結束を行ってもよい。

[0054] 走行制御部170は、鉄筋結束ロボット100の走行を制御する。走行制御部170は、例えば、第1鉄筋判定部164a1により判定された第1鉄筋R10の位置等の情報に基づき、鉄筋結束ロボット100が走行中の第1鉄筋R10を追従するように走行ユニット121を、モータ制御部178により制御してもよい。例えば、図6に示されるように、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14を走行する場合、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14から離脱しないように、走行ユニット121の駆動モータ（第1ローラ部122aを駆動する第1車輪駆動モータ124a、第2ローラ部122bを駆動する第2車輪駆動モータ124b、第3ローラ部122cを駆動する第3車輪駆動モータ124c、及び／または第4ローラ部122dを駆動する第4車輪駆動モータ124d）を駆動させてもよい。

[0055] 例えば、第1車輪駆動モータ124a、第2車輪駆動モータ124b、第3車輪駆動モータ124c、及び第4車輪駆動モータ124dのうち、X方向において同じ位置、またはほぼ同じ位置に配置される第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121cの駆動モータである第1車輪駆動モータ124a及び第3車輪駆動モータ124cを、X方向の他方に配置される第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dの駆動モータである第2車輪駆動モータ124b及び第4車輪駆動モータ124dに対し加速または減速することにより、鉄筋結束ロボット100の位置を調整し、鉄筋結束ロボット100を第1鉄筋R10に追従するように走行させてもよい。

[0056] あるいは、走行制御部170は、例えば、第1車輪駆動モータ124a、第2車輪駆動モータ124b、第3車輪駆動モータ124c、及び／または第4車輪駆動モータ124dの回転速度を調整することにより、鉄筋結束ロ

ボット100を第1鉄筋R10に追従するように走行させてもよい。例えば、第1車輪駆動モータ124a、第2車輪駆動モータ124b、第3車輪駆動モータ124c、及び第4車輪駆動モータ124dのうちの一つまたは複数の回転速度を、その他の車輪駆動モータの回転速度と異なる回転速度に設定することにより、あるいは、第1車輪駆動モータ124a、第2車輪駆動モータ124b、第3車輪駆動モータ124c、及び第4車輪駆動モータ124d全ての回転速度を互いに異なる回転速度に設定することにより、鉄筋結束ロボット100を第1鉄筋R10に柔軟に追従させることが可能となる。

[0057] 停止制御部172は、鉄筋結束ロボット100の停止動作を制御するように構成される。例えば、停止制御部172は、上述の交差箇所算出部166により、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12を算出した場合に、交差箇所c12を鉄筋結束ユニット110により結束するため、鉄筋結束ロボット100を停止させてもよい。

[0058] また、例えば、停止制御部172は、第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14を走行してきた鉄筋結束ロボット100が、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、第1鉄筋端部判定部164b1及び／または第2鉄筋端部判定部164b2により第1鉄筋R13の端部R13e付近にある、または端部R13eに接近しつつあると判定された場合に、モータ制御部178により、第1車輪駆動モータ124a～第4車輪駆動モータ124dを駆動及び停止させるように制御し、鉄筋結束ロボット100を停止させてもよい。なお、第1鉄筋R13の端部R13eに限らず、端部R13eに替えて、あるいは端部R13eに加えて、第1鉄筋R12の端部R12e及び／または第1鉄筋R14の端部R14e付近に鉄筋結束ロボット100がある、あるいは鉄筋結束ロボット100が、端部R12e及び／または端部R14eに近づきつつあると判定された場合に、鉄筋結束ロボット100を停止させてもよい。

- [0059] 移動量算出部 174 は、例えば、鉄筋結束ロボット 100 が横移動（X 方向への移動）をする場合の移動量を算出するように構成されていてもよい。例えば、上記のように、鉄筋結束ロボット 100 について、第 1 鉄筋端部判定部 164 b 1 及び／または第 2 鉄筋端部判定部 164 b 2 により第 1 鉄筋 R 12 の端部 R 12 e 及び第 1 鉄筋 R 14 の端部 R 14 e 付近にある、または接近しつつあると判定された場合に、鉄筋結束ロボット 100 は第 1 鉄筋 R 12 と第 1 鉄筋 R 14 との間に配置されている第 1 鉄筋 R 13 上の交差箇所 c 12 の鉄筋結束作業を完了し、別の第 1 鉄筋 R 10 に移動し、交差箇所 c 12 の鉄筋結束作業を開始する。
- [0060] 例えば、鉄筋結束ロボット 100 が、第 1 鉄筋 R 13 上の交差箇所 c 12 の鉄筋結束作業を完了し、次に第 1 鉄筋 R 14 上の交差箇所 c 12 の鉄筋結束作業を行う場合、鉄筋結束ロボット 100 は、第 1 鉄筋 R 10 の X 方向の間隔について、1 つの間隔分、X 方向に移動する。このとき、移動量算出部 174 は、第 1 鉄筋判定部 164 a 1 により判定された第 1 鉄筋 R 10 の位置の情報に基づき、隣り合う第 1 鉄筋 R 10 同士の X 方向の間隔に基づき移動量を算出してもよい。鉄筋結束ロボット 100 が、X 方向に 2 つ以上離間する第 1 鉄筋 R 10 上の交差箇所 c 12 の鉄筋結束作業を行う場合にも同様に、第 1 鉄筋 R 10 同士の間隔に基づき移動量を算出してもよい。また、算出された移動量に基づき、横移動の際の横移動モータ 146 による本体ユニット 140 の横移動（例えば水平移動）を行ってもよい。なお、移動量算出部 174 は、横移動量以外の他の方向の移動量の算出を実行してもよい。例えば、移動量算出部 174 は、鉄筋結束ロボット 100 の縦移動（第 1 の方向、Y 方向の移動）の移動量を、各センサ 130 の検出結果や、鉄筋端部判定部 164 b 1 及び／または鉄筋端部判定部 164 b 2 による判定結果等に基づいて算出してもよい。
- [0061] センサユニット 130 としては、例えば 2 次元画像または 3 次元画像の撮影が可能なカメラが用いられてもよく、センサユニット 130 の検出結果に基づき、例えば判定部 164 の障害物判定部 164 c により、異物の位置が

判定されてもよい。鉄筋を組み上げる建設現場等においては、例えば、鉄筋面上に工具等が放置されている、あるいは、作業員が作業を行っていることがある。これらをセンサユニット 130 による検出結果に基づいて異物として検出し、異物の検出結果に基づき、異物迂回制御部 188 は、モータ制御部 178 により第 1 車輪駆動モータ 124 a、第 2 車輪駆動モータ 124 b、第 3 車輪駆動モータ 124 c、及び／または第 4 車輪駆動モータ 124 d を駆動して異物を迂回するように構成されていてもよい。あるいは、鉄筋結束ロボット 100 が横移動を行うことにより、異物を迂回するように構成されていてもよい。

[0062] 制御ユニット 160 は、例えば、演算部に相当する CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサであり、記憶装置 198 に記憶されたコンピュータ・プログラムの実行に関する制御やデータの演算、加工を行う制御部である。プロセッサは、各検出データ等を用いて鉄筋結束ロボット 100 の動作（鉄筋追従及び走行、横移動（例えば水平移動）、鉄筋結束作業、等）を実行するプログラムを実行する演算部である。記憶装置 198 に記憶されたコンピュータ・プログラムをプロセッサが実行することにより、制御ユニットの各ユニット（例えば、センサ検出結果取得部 162 等）が実現される。

[0063] 記憶装置 198 は、例えば RAM (Random Access Memory) と、ROM (Read only Memory) とを有していてもよい。RAM は、記憶部のうちデータの書き換えが可能なものであり、例えば半導体記憶素子で構成されてよい。RAM は、プロセッサが実行するプログラムやプログラムの実行に必要なデータ（例えば、センサユニット 130 の検出結果に基づき鉄筋の位置の判定に用いられるテンプレートのデータ等）を記憶してもよい。なお、これらは例示であって、RAM には、これら以外のデータが記憶されていてもよいし、これらの一部が記憶されていなくてもよい。

[0064] ROM は、記憶部のうちデータの読み出しが可能なものであり、例えば半導体記憶素子で構成されていてもよい。ROM は、例えば制御ユニット 160 が実行するプログラムや、書き換えが行われないデータを記憶してもよい。

。

[0065] 制御ユニット160により実行されるプログラムは、記憶装置198（例えばRAMやROM）等のコンピュータによって読み取り可能な記憶媒体に記憶されて提供されてもよいし、本実施形態に係る鉄筋結束ロボット100が不図示の通信部を有する場合には、通信部により接続される通信ネットワークを介してプログラムが提供されてもよい。

[0066] 上記の物理的な構成は例示であって、本開示の実施形態による鉄筋結束ロボット100においては、制御ユニット160及び記憶装置198が必ずしも独立した構成でなくてもよい。例えば、鉄筋結束ロボット100は、プロセッサとメモリとが一体化したLSI（Large-Scale Integration）を備えていてもよい。また、鉄筋結束ロボット100は、制御ユニット160としてGPU（Graphical Processing Unit）を備えていてもよく、GPUがプログラムを実行することにより、上記で説明した様々な動作が実現されてもよい。

[0067] 次に、図9及び図10を参照して、鉄筋結束ロボット100による鉄筋上の走行動作について説明する。図9は、第1鉄筋R10に沿って走行中の鉄筋結束ロボット100をY方向（-Y方向）から見た図である。図10は、第1鉄筋R10に沿って走行中の鉄筋結束ロボット100をX方向（+X方向）から見た図である。図9及び図10において、鉄筋結束ロボット100は、第1の方向（Y方向）に走行する。図9及び図10に示すように、鉄筋結束ロボット100は、走行中において、第3走行ユニット121cの第3ローラ部122cが第1鉄筋R12上にあり、第4走行ユニット121dの第4ローラ部122dが第1鉄筋R14上にあるように走行する。図10に示すように、第2走行ユニット121bの第2ローラ部122bも第4走行ユニット121dの第4ローラ部122dと同様に、第1鉄筋R14上を走行する。図9及び図10には図示されていないが、第1走行ユニット121aの第1ローラ部122aも、第3走行ユニット121cの第3ローラ部122c同様に第1鉄筋R12上を走行する。このように、本開示の実施形態

に係る鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R10に沿って走行する際に、例えば、ある第1鉄筋R10（第1鉄筋R12）と、ある第1鉄筋R12の2つ隣に配置された第1鉄筋R10（第1鉄筋R14）とを走行し、走行する第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14との間に存在する第1鉄筋R10である第1鉄筋R13上に存在する、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12を結束する。

[0068] 次に、図11、図12、及び図13を参照して、鉄筋結束作業時の鉄筋結束ロボット100について説明する。図11は、走行を停止し結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をY方向（-Y方向）から見た図である。図12は、結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をX方向（+X方向）から見た図である。図13は、結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をZ方向下側（-Z方向）から見た図である。図11、図12、及び図13は、鉄筋結束ロボット100が、第1鉄筋R13及び第2鉄筋R20の交差箇所c12を結束する例を示している。結束作業にあたり、鉄筋結束ロボット100は、走行を停止し（図11）、鉄筋結束ユニット110を下降させて結束を行う（図12及び図13）。

[0069] 次に本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100による鉄筋群R（第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20）の位置を算出する構成について説明する。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、延伸方向がY方向（第1の方向）である複数の第1鉄筋R1と、延伸方向がY方向（第1の方向）に交差するX方向（第2の方向）であり第1鉄筋R1と交差するように配置される複数の第2鉄筋R2と、を含む鉄筋群R上を走行可能に構成される走行ユニット121と、少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20を検出可能に構成されるセンサユニット130と、センサユニット130の検出結果により生成される二次元画像を構成する複数の画素の画素値に基づき、センサユニット130により検出される少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20の位置を算出するように構成される第1鉄筋判定部164a1及び／また

は第2鉄筋判定部164a2（本実施形態において、「鉄筋位置算出ユニット」ともいう。）を備える。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、センサユニット130の検出結果により生成される二次元画像に基づき第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出することにより、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置の算出プロセスを効率化することができる。例えば、センサユニットの検出結果として、3次元データを用いて鉄筋の位置を算出する場合に比べ、二次元画像に基づいた計算を行うことにより、計算負荷を軽減することができる。

[0070] 本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100において、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置の算出に用いられる二次元画像は、濃淡画像であってもよい。このとき、鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の部分画像を含む少なくとも一つのテンプレート画像の情報を格納する記憶装置198を備え、上記二次元画像は、濃淡画像を含み、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、濃淡画像を、テンプレート画像と照合することにより、少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20の位置を算出するように構成されていてもよい。

[0071] また、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100では、濃淡画像において、画素の濃度値が所定の閾値以上である場合に、当該画素が第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20に対応すると判断してもよい。このとき、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、濃淡画像を構成する画素の濃度値が、所定の閾値（第1閾値）以上である場合に、所定の閾値以上の濃度値を有する画素に対応する位置に第1鉄筋R1の少なくとも一部及び／または第2鉄筋R2の少なくとも一部が存在すると判断してもよい。あるいは、二次元画像として濃淡画像を用いる場合に、対象物が存在する領域の画像濃度を低くし、対象物が存在しない領域の画像濃度を高くすることにより濃淡画像を生成してもよく、この場合、画素の濃度値が所定の閾値未満である場合に、当該画素が第1

鉄筋 R 1 0 及び／または第 2 鉄筋 R 2 0 に対応すると判断してもよい。

- [0072] 本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット 1 0 0 においては、濃淡画像は 3 次元センサの検出結果により生成されてもよい。このとき、センサユニット 1 3 0 は、検出対象物の表面の複数の点の x 座標、y 座標、及び z 座標を検出可能な 3 次元センサを含み、3 次元センサにより検出される z 座標値は、z 座標値の大きさに応じて異なる画像濃度に変換され、濃淡画像は、x 座標と、y 座標と、画像濃度とに基づき 2 次元画像を構成することにより生成されてもよい。
- [0073] あるいは、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、センサユニット 1 3 0 が濃淡画像を撮像するように構成されていてもよい。このとき、センサユニット 1 3 0 は、撮像装置を含んでいてもよく、濃淡画像は、撮像装置により撮像された画像に基づき生成されてもよい。
- [0074] また、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、マッチング度により第 1 鉄筋 R 1 0 及び／または第 2 鉄筋 R 2 0 の位置を算出してもよい。このとき、第 1 鉄筋判定部 1 6 4 a 1 及び／または第 2 鉄筋判定部 1 6 4 a 2（鉄筋位置算出ユニット）は、濃淡画像と、テンプレート画像とのマッチング度に基づき、少なくとも一つの第 1 鉄筋 R 1 0 及び／または少なくとも一つの第 2 鉄筋 R 2 0 の位置を算出するように構成されていてもよい。
- [0075] 本開示の実施形態においては、マッチング度は、例えば、センサユニット 1 3 0 による検出結果、センサユニット 1 3 0 による検出結果に基づき生成される二次元画像と、またはテンプレート画像とを比較することにより算出されてもよい。例えば、センサユニット 1 3 0 による検出結果に基づき生成される二次元画像のうちの比較対象となる部分画像における全画素の画素値と、テンプレート画像における全画素の画素値とを比較し、比較される 2 つの画像の互いに対応する各画素の画素値が一致するか否かに基づき、一致する画素の割合を百分率で表す等によりマッチング度として算出してもよい。例えば、テンプレート画像が 5 0, 0 0 0 個の画素を含み、比較対象とする濃淡画像における 5 0, 0 0 0 個の画素と比較し、4 0, 0 0 0 個の画素の

濃度が一致、あるいはほぼ一致していた（例えば両者の差異が10%以内等）場合に、マッチング度は80%と算出されてもよい。

[0076] このとき、マッチング度の基準値を用いて第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出してもよい。このとき、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、マッチング度が所定の基準値以上か判断し、マッチング度が所定の基準値以上である場合に、センサユニット130による検出範囲内に第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20が存在すると判断してもよい、

[0077] 本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100においては、マッチング度の基準値として、高さごとに異なる値が設定されていてもよい。このとき、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さを算出するロボット高さ算出部164e（本実施形態において、「ロボット高さ算出ユニット」ともいう）を備え、所定の基準値は、鉄筋結束ロボット100の異なる高さに応じた複数の基準値を含み、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、複数の基準値に、ロボット高さ算出部164e（ロボット高さ算出ユニット）により算出された鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さに対応する基準値が存在するか判断し、複数の基準値に、鉄筋結束ロボット100の高さに対応する基準値が存在すると判断される場合、この基準値に基づき、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出し、複数の基準値に、鉄筋結束ロボット100の高さに対応する基準値が存在しないと判断される場合、複数の基準値のうちの少なくとも2つの基準値に基づき、測定された鉄筋結束ロボット100の高さに対応する新たな基準値を算出するように構成されていてもよい。

[0078] 本開示の実施形態においては、例えば、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さが所定の大きさごとに複数の基準値が設定されていてもよい。例えば、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さが10cmから5cmごとに30cmまでの5つの基準値が設定されていてもよい。このとき、

例えば、ロボット高さ算出部164eにより、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さが20cmであると判断された場合に、高さが20cmについて基準値が60%と設定されていた場合に、60%が基準値として用いられてもよい。また、例えば、ロボット高さ算出部164eにより、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さが23cmと判断された場合に、23cmに対する基準値が設定されていないときは、例えば20cmの基準値と25cmの基準値とに基づいて新たな基準値が設定されてもよい。例えば、高さが20cmの基準値が60%であり、高さが25cmの基準値が50%であった場合に、23cmでの基準値を、 $50\% + ((60\% - 50\%) * ((25\text{cm} - 23\text{cm}) / (25\text{cm} - 20\text{cm}))) = 54\%$ と線形補間による内挿により算出されてもよい。新たに算出された基準値は、例えば記憶装置198に格納され、以降の作業において必要に応じて利用されてもよい。なお、上記の高さ、基準値、また、新たな基準値の算出方法は例示であり、これに限られない。例えば、さらに多くの基準値が設定されてもよいし、例えば、高さが10cm未満、あるいは30cm超についても基準値が設定されてもよい。

[0079] 以下、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボットによる鉄筋の位置の算出プロセスについて説明する。

[0080] まず、鉄筋結束ロボット100で用いられるセンサユニット130の具体例について詳述する。センサユニット130としては、例えば、ToF (Time of Flight) カメラ等の3D距離カメラを用いることができる（例えばESPROS Photonics社製のTOFcam-635）。3D距離カメラにより、例えば、被写物体ごとにカメラからの離間距離に応じて濃淡が異なる画像が出力され、画素ごとに対象となる被写物体までの距離を取得し、比較的近い物体は濃度を高く（黒に近く）、比較的遠い物体ほど濃度を淡く（白に近く）なるように表すことができる。本開示の実施形態においては、鉄筋結束ロボット100が鉄筋群Rを走行中は、鉄筋結束ロボット100と鉄筋群Rとの距離は概ね変わらないので、比較的黒く近い物体を鉄筋（第1鉄筋R10及び／または第

2鉄筋R20)として認識することにより、鉄筋を検出してもよい。

- [0081] 図14A及び図14Bは、3D距離カメラにより出力された画像を示す。図14Aは3D距離カメラにより撮影された第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所付近の画像を示す。図14Bは、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所付近の画像を模式的に示す。図14Aに示されるように、3D距離カメラにより撮像される画像には、濃淡が現れ、本開示の実施形態においては、濃度が高い部分を第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20であると認識することが可能である。図14Bに模式的に示されるように、画素ごとに濃度の濃淡の異なる画像が取得される。
- [0082] センサユニット130としては、上記で例示してきたカメラ等の撮像装置に限らず、他のセンサが用いられてもよい。例えば、深さ方向または高さ方向の情報を取得可能なレーザ等が用いられてもよい。例えばレーザにより取得された深さ方向の情報に基づき、上記同様の画像濃度を用いた二次元画像を生成してもよい。
- [0083] 続いて、センサユニット130により撮像され、取得された画像（本実施形態においては濃淡画像）に基づき鉄筋を検出するプロセスについて説明する。まず、図15A及び図15Bを参照して、センサ130の第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dの配置について説明する。図15A及び図15Bは、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dの配置を模式的に示す図である。図15Aは、鉄筋結束ロボット100を水平方向(X方向)から見た模式的な側面図である。図15Bは、鉄筋結束ロボット100を上方向(Z方向上側)から見た模式的な上面図である。図15Aには、第1センサ130a、第2センサ130b、及び第3センサ130cと共に、第1センサ130a、第2センサ130b、及び第3センサ130cによる撮像範囲も併せて模式的に示す。
- [0084] 図15A及び図15Bに模式的に示されるように、Y方向に互いに離間して配置される第1センサ130a及び第2センサ130bは、斜め下向きに

撮像するように配置されている。第3センサ130c、及び不図示の第4センサ130dも同様に、斜め下向きに撮像するように配置される。第1センサ130a及び第2センサ130bは、例えば、撮像範囲を規定する画角が例えば80°以上100°以下となるように設定される。また、第3センサ130c及び第4センサ130dは、例えば、画角が例えば50°以上70°以下となるように設定される。いずれのセンサ130も、他の画角となるように設定されてもよい。上述のように、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、異物の判定を行う場合には、例えば、各センサの角度を上向きにする等、各センサの撮像範囲を変更してもよい。

[0085] 図16は、第1センサ130aによる撮像画像を模式的に示す。図16に示されるように本開示の実施形態においては、第1センサ130aは斜め下方向を撮像するように配置されているので、手前から奥に向かって隣り合う第1鉄筋R10同士の間隔が狭くなる。本開示の実施形態においては、こうして得られた画像に基づき、例えばテンプレートマッチングを行うことにより、鉄筋群Rを構成する各鉄筋（複数の第1鉄筋R10及び複数の第2鉄筋R20）の位置を検出することができる。本開示の実施形態においては、テンプレートマッチングにより、例えば、撮像した画像と、予め用意した画像との類似度（本実施形態において、「マッチング度」ともいう。）に基づき、鉄筋（第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20）を検出し、鉄筋に対応する濃淡部分を含む濃淡画像をテンプレートとして用意し、各センサユニット130により撮像された画像を走査し、走査方向に類似度を算出する。

[0086] 図17を参照して、本開示の実施形態において実施されるテンプレートマッチングについて説明する。図17は、本実施形態に係るテンプレートマッチングを説明するための模式的な図である。図17には、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12付近の撮像画像と、X方向及びY方向に走査するためのテンプレート画像T110及びT120とを併せて示す。また、図17には、テンプレート画像T110及びT120、それぞれの走査

に応じて算出された類似度の模式的なグラフG10及びG20も併せて示す。テンプレート画像T110及びT120を、それぞれ、Y方向及びX方向に走査し、テンプレート画像T110及びT120との類似度を算出することにより、撮像された画像上において、算出された類似度の最大値が閾値を超えた箇所は、鉄筋が存在する位置に対応すると判断する。グラフG10及びG20に示されるように、Y方向及びX方向に沿った類似度の分布においては、閾値TH10及び閾値TH20を超える部分が確認され、これらが鉄筋の存在する位置に対応する。なお、類似度（マッチング度）は例えば、撮像された画像の各画素の色濃度と、テンプレート画像を構成する各画素の色濃度とを比較することにより算出してもよい。例えば、まず、撮像された画像の各画素の対象物までの距離を色濃度として抽出する。次に、撮像された画像全体の色濃度の合計値又は平均値が、薄い場合（例えば所定の閾値より低い場合）は、撮像された画像内に鉄筋が無いと判断する。一方、色濃度が濃い場合（例えば、所定の閾値より高い場合）は、抽出した色濃度とテンプレート画像を構成する各画素の色濃度との差を画素毎に比較する。撮像された画像の画素のうち、撮像された画素の色濃度と、テンプレート画像を構成する画素の色濃度との差の絶対値の合計が最も低い位置を鉄筋位置として抽出してもよい。このように、撮像画像に対しテンプレート画像を走査し算出された類似度に基づき、テンプレートマッチングによる第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の検出が可能である。

[0087] 図16を参照して上述したように、本開示の実施形態においては、第1センサ130aにより撮像される画像においては、X方向に隣り合う第1鉄筋R10同士の間隔がY方向に沿って変化する。同様に、第2センサ130bにより撮像される画像についても、第1鉄筋R10のX方向の間隔がY方向に変化し、また、第3センサ130c及び第4センサ130dにより撮像される画像についても、撮像される第2鉄筋R20同士のY方向の間隔がX方向に沿って変化する。従って、例えば、撮像される画像に対し正射変換を行うことにより、撮像画像上の鉄筋同士の間隔が略等しくなるように画像を補

正してからテンプレートマッチングを行ってもよい。なお、正射変換等の画像の変換を行わず、テンプレートとして図16のような鉄筋同士の間隔が変化する画像を用意することによっても、テンプレートマッチングに基づく鉄筋の検出を行うことができる。

[0088] 本開示の実施形態に係るテンプレートマッチングにおいては、例えば、各画像に対し周波数分析を行い、位相相関法を用いることにより撮像画像とテンプレート画像との間の関連性を評価してもよい。

[0089] 第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の位置は、例えば、3次元センサ等を用いることにより、検出範囲内の対象物のXYZの3次元データを取得し、推定することも可能である。上述のように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100においては、Z方向の第3次元のデータを画素の濃度の情報として扱うテンプレートマッチングを行うことにより、交差箇所c12の位置の算出の計算量を、例えば3次元のXYZのデータに基づき計算を行う場合に比べ、比較的小さくすることができる。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100のように、走行しながら交差箇所c12の結束作業を行う場合には、計算量を小さくすることができるテンプレートマッチングによる鉄筋の位置の判定方法が好適に用いられる。

[0090] 次に、本開示の実施形態における第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所の判定方法について説明する。本開示の実施形態においては、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の判定を行う場合には、上述のように、第1センサ130a及び第2センサ130bが第1鉄筋R10を検出するように構成されていてもよい。すなわち、鉄筋結束ロボット100は、上述のように、鉄筋群Rの第1鉄筋R10と第2鉄筋R20との交差箇所c12を結束するように構成される鉄筋結束ユニット110を備え、センサユニット130は、互いに第3の方向に沿って離間して配置され、少なくとも第1鉄筋R10を検出可能に構成される第1センサ130a及び第2センサ130bを含み、上述の少なくとも一つのテンプレート画像は、第1鉄筋R10の部分画像を含むテンプレート画像T1

10（第1テンプレート画像）を含み、鉄筋結束ロボット100は、走行ユニット121がY方向（第1の方向）に進行し、且つ、第1センサ130a及び第2センサ130bが配置される方向（第3の方向）がY方向（第1の方向）と平行となるように配置され、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、第1センサ130a及び／または第2センサ130bの検出結果と、第1テンプレート画像とを照合することにより第1鉄筋R10の位置を算出し、鉄筋結束ユニット110は、位置が算出された第1鉄筋R10上の交差箇所c12を結束してもよい。

[0091] また、このとき、鉄筋結束ロボット100は、さらに、第3センサ130c及び第4センサ130dが、第1鉄筋R10に加え第2鉄筋R20も検出し交差箇所c12を推定するように構成されていてもよい。すなわち、鉄筋結束ロボット100は、交差箇所c12を推定する交差箇所算出部166（本実施形態において、「交差箇所推定ユニット」ともいう。）をさらに備え、センサユニット130は、互いに上記第3の方向に交差する第4の方向に沿って離間して配置され、少なくとも第2鉄筋R20を検出可能に構成される第3センサ130c及び第4センサ130dを含み、少なくとも一つのテンプレート画像は、第2鉄筋R20の部分画像を含むテンプレート画像T120（第2テンプレート画像）を含み、鉄筋結束ロボット100は、第4の方向がX方向（第2の方向）と平行となるように配置され、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、第3センサ130c及び／または第4センサ130dの検出結果と、第2テンプレート画像とを照合することにより第2鉄筋R20の位置を算出し、交差箇所推定部（交差箇所推定ユニット）は、算出された第1鉄筋R10と、算出された第2鉄筋R20との交点を交差箇所c12と推定し、鉄筋結束ユニット110は、推定された交差箇所c12を結束するように構成されていてもよい。

[0092] また、鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R10の端部R10eを検出

した場合、第3センサ130c及び／または第4センサ130dに第1鉄筋R10を検出させ、第3センサ130c及び／または第4センサ130dに検出される第1鉄筋R10に基づき、鉄筋結束ロボット100の横移動量の算出に用いられてもよい。すなわち、鉄筋結束ロボット100は、走行ユニット121が進行する第1鉄筋R10から他の第1鉄筋R10に移動する場合に、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）により算出される第1鉄筋R10の位置情報に基づき、走行ユニット121の移動量を算出する移動量算出部174（移動量算出ユニット）を備え、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、第1センサ130a及び／または第2センサ130bの検出結果に基づき、走行ユニット121が進行する第1鉄筋R10の位置を算出し、第1センサ130aの検出結果のマッチング度が所定の基準値未満である場合に、マッチング度が、所定の端部基準値以上であるか判断し、マッチング度が所定の端部基準値以上であると判断される場合に、第1センサ130aの検出範囲内に第1鉄筋R10の端部R10eが存在すると判断し、第1センサ130aの検出範囲内に第1鉄筋R10の端部R10eが存在すると判断される場合に、第3センサ130c及び／または第4センサ130dは、第1鉄筋R10を検出するように設定され、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、第3センサ130c及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、走行ユニット121が進行する第1鉄筋R10からX方向（第2の方向）に離間する他の第1鉄筋R10の位置を算出し、移動量算出部174（移動量算出ユニット）は、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）により算出される他の第1鉄筋R10の位置と、走行ユニット121が進行する第1鉄筋R10の位置とに基づき走行ユニット121のX方向（第2の方向）の移動量を算出し、走行ユニット121は、算出されたX方向（第2の方向）の移動量に基づき、X方向（第2の方向）に移動するように構成されていてもよい。

い。

[0093] 図18を参照して、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所の推定方法について説明する。図18は、交差箇所の推定方法を説明するための、Z方向下側（-Z方向）から見た鉄筋結束ロボット100を模式的に示す図である。図18に示すように、例えば、本開示の実施形態においては、鉄筋結束ロボット100は、上述のように、2本の第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14を走行し、第1センサ130a及び第2センサ130bが第1鉄筋R13を検出し、第3センサ130c及び第4センサ130dが第2鉄筋R20を検出するように構成されている。図18に示す例においては、第3センサ130c及び第4センサ130dが例えば第2鉄筋R23を検出する。このとき、第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果に基づき、第1センサ130aと第2センサ130bとの間に延伸する第1鉄筋R13を推定し、また、第3センサ130c及び第4センサ130dの検出結果に基づき、第3センサ130cと第4センサ130dとの間に延伸する第2鉄筋R23を推定する。推定された第1センサ130aと第2センサ130bとの間に延伸する第1鉄筋R13と、第3センサ130cと第4センサ130dとの間に延伸する第2鉄筋R23とが交差する箇所を交差箇所c12と推定する。

[0094] 図19を用いて、本開示の実施形態における交差箇所c12の推定方法について説明する。図19は本開示の実施形態における交差箇所c12の推定方法のフローチャートである。当該処理は、例えば、上述したステップS1710において実行される。

[0095] まず、第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果を取得する（S1902）。

[0096] 次に、第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果に基づき、テンプレートマッチングを実行することにより、第1センサ130a及び第2センサ130bにより検出された第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20を確認する（S1904）。

- [0097] 第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果に基づき第1鉄筋R13の位置を推定する(S1906)。
- [0098] 続いて、第3センサ130c及び第4センサ130dの検出結果を取得する(S1908)。
- [0099] 次に、第3センサ130c及び第4センサ130dの検出結果に基づき第2鉄筋R20の位置を推定する(S1910)。
- [0100] 続いて、推定された第1鉄筋R13及び推定された第2鉄筋R20の位置に基づき交差箇所を推定する(S1912)。
- [0101] このように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、第1センサ130a及び第2センサ130bが配置される第3の方向(Y方向)が、第1鉄筋R10の延伸する方向である第1の方向と平行となり、且つ第3センサ130c及び第4センサ130dが配置される方向である第4の方向が第2鉄筋R20の延伸する方向である第2の方向と平行となるように、鉄筋群R上に配置されており、交差箇所c12を推定する交差箇所推定部である交差箇所算出部166を備え、第1センサ130a及び第2センサ130bは、第1鉄筋R10を検出可能に構成されており、第3センサ130c及び第4センサ130dは、第2鉄筋R20を検出可能に構成されており、交差箇所推定部である交差箇所算出部166は、第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果に基づき、第1センサ130a及び第2センサ130bのいずれにもより検出される第1鉄筋R10(第1鉄筋R13)の位置を推定し、第3センサ130c及び第4センサ130dの検出結果に基づき、第3センサ130c及び第4センサ130dのいずれにもより検出される第2鉄筋R20(第2鉄筋R23)の位置を推定し、第1センサ130a及び第2センサ130bにより検出された第1鉄筋R13と、第3センサ130c及び第4センサ130dにより検出された第2鉄筋R23との交点を、交差箇所c12と推定するように構成されていてもよい。
- [0102] 鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R13上の第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の位置を算出する場合、例えば第1センサ130

aは、交差する点（交差部c p 1 2）を通過している可能性がある。このとき、例えば、第1センサ1 3 0 aにより撮像された交差部c p 1 2の情報に基づき、算出される交差箇所c 1 2の位置の調整を行ってもよい。すなわち、鉄筋結束ロボット1 0 0は、第1センサ1 3 0 a及び第2センサ1 3 0 bが第1鉄筋R 1 0を検出しながら第1の方向（Y方向）に進行するように構成され、鉄筋結束ロボット1 0 0が進行中に、第1センサ1 3 0 aが、第1鉄筋R 1 0が第2鉄筋R 2 0と交差する交差部c p 1 2を検出した場合、交差部c p 1 2と、推定された交差箇所c 1 2とが一致するか否かを判定し、交差部c p 1 2と、推定された交差箇所c 1 2とが一致しないとき、推定された交差箇所c 1 2の位置の調整を実行するように構成されていてもよい。検出した交差部c p 1 2の位置と、推定された交差箇所c 1 2の位置とが一致しない場合には、例えば、鉄筋結束ロボット1 0 0を第1鉄筋R 1 0に追従させる方法について上述したのと同様に、走行ユニット1 2 1の第1走行ユニット1 2 1 a、第2走行ユニット1 2 1 b、第3走行ユニット1 2 1 c、及び／または第4走行ユニット1 2 1 dを、それぞれ、加速または減速する、あるいは、第1車輪駆動モータ1 2 4 a、第2車輪駆動モータ1 2 4 b、第3車輪駆動モータ1 2 4 c、及び第4車輪駆動モータ1 2 4 dの回転速度を制御することにより、鉄筋結束ロボット1 0 0の位置を調整してもよい。

[0103] なお、図1 9を参照して上述した交差箇所の推定方法は例示であり、上述の例に限られない。例えば、各センサによる検出結果の取得は、上記の順で実行されなくてもよく、また、検出結果に基づく鉄筋の位置の推定も上記の順で実行されなくてもよい。

[0104] 次に、本開示の実施形態における鉄筋結束ロボット1 0 0の移動量の算出方法について説明する。図1 8を参照し、鉄筋結束ロボット1 0 0が第1鉄筋R 1 0のY方向の端部R 1 0 e付近に到達し、横移動（X方向への移動）を行う場合を例に説明する。図1 8に示すように、鉄筋結束ロボット1 0 0が第1鉄筋R 1 2及び第1鉄筋R 1 4を走行し、第1鉄筋R 1 2と第1鉄筋

R 1 4 との間に存在する第 1 鉄筋 R 1 3 が第 2 鉄筋 R 2 0（例えば、第 2 鉄筋 R 2 1、R 2 2、R 2 3、R 2 4、及び R 2 5）と交差する箇所の結束を行い、端部 R 1 2 e、端部 R 1 3 e、及び端部 R 1 4 e 付近に到達している。このとき、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、次に、結束作業を実行してきた第 1 鉄筋 R 1 3 の X 方向（+ X 方向）の隣の鉄筋である第 1 鉄筋 R 1 4 の結束作業を実行することとなり、そのため、X 方向（+ X 方向、第 1 鉄筋 R 1 3 から第 1 鉄筋 R 1 4 に向かう方向）への移動を行う。

[0105] 図 2 0 を参照して、この場合の鉄筋結束ロボット 1 0 0 の横移動の方法について説明する。図 2 0 は、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の横移動に関するフローチャートである。

[0106] まず、第 1 センサ 1 3 0 a の検出結果を取得する（S 2 0 0 2）。

[0107] 次に、第 1 センサ 1 3 0 a の検出結果に対し、テンプレートマッチングを行う（S 2 0 0 4）。

[0108] 次に、テンプレートマッチングの結果により、第 1 センサ 1 3 0 a により検出される第 1 鉄筋 R 1 3 の端部 R 1 3 e が検出されたか判断する（S 2 0 0 6）。

[0109] 続いて、第 2 鉄筋 R 2 0 の端部 R 2 0 e が検出されたか判断する（S 2 0 0 8）。第 2 鉄筋 R 2 0 の端部 R 2 0 e としては、例えば、図 1 8 に示すように、第 2 鉄筋 R 2 1、R 2 2、R 2 3、R 2 4、及び R 2 5 の端部 R 2 1 e、R 2 2 e、R 2 3 e、R 2 4 e、及び R 2 5 e のうちのいずれかが検出されたか判断してもよい。

[0110] 例えば、第 3 センサ 1 3 0 c 及び／または第 4 センサ 1 3 0 d の検出結果に基づき、第 2 鉄筋 R 2 0 の端部 R 2 0 e が検出されたか判断してもよい。本開示の実施形態においては、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、Z 方向上方から見て、X 軸左側の第 1 鉄筋 R 1 0 から X 軸右側の第 1 鉄筋 R 1 0 に向かって第 1 鉄筋 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 の交差箇所の結束作業を行っていく。従って、Z 方向上方から見て、X 方向の右側に設けられた第 4 センサ 1 3 0 d の検出結果に基づき、第 2 鉄筋 R 2 0 の X 方向右側の端部 R 2 0 e が検出さ

れたかを判断してもよい。例えば、第4センサ130dにより、第2鉄筋R20のX方向右側の端部R20eが検出された場合には、最後の第1鉄筋R10の結束作業が完了した可能性があるので、作業対象である鉄筋群Rの結束作業を終了してもよい。

[0111] 端部R20eの検出については、これに限られず、例えば、他のセンサによる検出結果に基づいて判断されてもよく、X方向右側の第1鉄筋R10からX方向左側の第1鉄筋R10に向かって結束作業を行う場合には、第3センサ130cにより第2鉄筋R20のX方向左側の端部R20eを検出してもよい。また、端部R20eの検出以外の条件に基づき結束作業を終了させるように構成することも可能である。例えば、端部R20e以外の箇所において別の鉄筋の結束作業を開始するように条件を設定し鉄筋結束ロボット100を移動させるように構成することも可能であり、あるいは、異物検出等の要因の発生により結束位置を変更し結束作業を実行する対象となる鉄筋を替え鉄筋結束ロボット100を移動させるように構成することも可能である。また、第1センサ130a及び／または第2センサ130bによっても、例えば配置箇所、傾き、画角等を調整することにより第2鉄筋R20を検出することも可能であるので、第2鉄筋R20の端部R20eの検出を第1センサ130a及び／または第2センサ130bの検出結果を利用して実行してもよい。

[0112] 次に、第4センサ130dの検出結果を取得する（S2010）。

[0113] 続いて、第4センサ130dの検出結果に基づきテンプレートマッチングを行う（S2012）。

[0114] 次に、第4センサ130dにより検出された第1鉄筋R10の位置に基づき、鉄筋結束ロボット100の移動先の第1鉄筋R10を推定する（S2014）。本開示の実施形態においては、第4センサ130dは、複数の第1鉄筋R10を検出する。例えば、図18に示す例においては、第4センサ130dは、鉄筋結束ロボット100のX方向右側に存在する第1鉄筋R14を検出してもよい。また、第1鉄筋R13に沿った第1鉄筋R10及び第2

鉄筋R 2 0の交差箇所c 1 2の結束作業を実行してきたので、次に、第1鉄筋R 1 4に沿った交差箇所の結束作業を実行する場合、鉄筋結束ロボット1 0 0は、例えば第1鉄筋R 1 3及び第1鉄筋R 1 5上を走行するように横移動を行う。例えば、第1走行ユニット1 2 1 a及び第3走行ユニット1 2 1 cが第1鉄筋R 1 3上を走行し、第2走行ユニット1 2 1 b及び第4走行ユニット1 2 1 dが第1鉄筋R 1 5上を走行するように、鉄筋結束ロボット1 0 0をX方向に移動させる横移動を実行してもよい。

[0115] 続いて、横移動量を算出する(S 2 0 1 6)。鉄筋結束ロボット1 0 0の横移動量は、以下の方法により算出されてもよい。例えば、上述のように、鉄筋結束ロボット1 0 0が、Z方向上側から見てX方向右側(+X方向)に移動する場合、すなわち、第4センサ1 3 0 dが配置される方向に移動する場合、第4センサ1 3 0 dが鉄筋結束ロボット1 0 0のX方向の中心からX方向にどれだけ離れているか、及び、第4センサ1 3 0 dが検出する第1鉄筋R 1 4が第4センサ1 3 0 dからどれだけ離れているか、の2つの情報に基づき、鉄筋結束ロボット1 0 0の横移動量が算出されてもよい。

[0116] 第4センサ1 3 0 dが鉄筋結束ロボット1 0 0のX方向の中心からX方向にどれだけ離れているか算出する場合に、鉄筋結束ロボット1 0 0のX方向の中心は、例えば、鉄筋結束ユニット1 1 0が配置されている位置であってもよい。あるいは、鉄筋結束ユニット1 1 0による結束位置を鉄筋結束ロボット1 0 0のX方向の中心と見做してもよい。このとき、例えば、鉄筋結束ロボット1 0 0が結束作業を行う対象である第1鉄筋R 1 3のX方向の位置が、鉄筋結束ロボット1 0 0のX方向の中心位置と判断してもよい。なお、鉄筋結束ロボット1 0 0のX方向の中心位置及び、第4センサ1 3 0 dの鉄筋結束ロボット1 0 0のX方向の中心位置からの距離(X方向の距離)は予め算出され、記憶装置1 9 8に記憶されていてもよい。なお、センサユニット1 3 0の位置を変更可能とする構成において、例えば、第4センサ1 3 0 dの位置を、建設現場等に応じて変更する場合、どの方向にどれだけ第4センサ1 3 0 dが移動されたか算出し、第4センサ1 3 0 dの移動量を考慮し

て、第4センサ130dの鉄筋結束ロボット100のX方向の中心からのX方向における距離が算出されてもよい。また、第4センサ130dから第4センサ130dが検出する第1鉄筋R14がどれだけ離れているかについては、例えば、第4センサ130dにより撮像される画像に基づき算出されてもよい。

[0117] 例えば、第4センサ130dが鉄筋結束ロボット100のX方向の中心（例えば、第1鉄筋R13の位置）からX方向に100離れた位置に取り付けられ、第1鉄筋R14が第4センサ130dから鉄筋結束ロボット100のX方向の中心から遠ざかる方向に20離れた位置にある場合、第1鉄筋R10の間隔（第1鉄筋R13及び第1鉄筋R14の間隔）は121であると算出し、横移動量を121とする制御を行ってもよい。例えば、第4センサ130dが鉄筋結束ロボット100のX方向の中心（例えば、第1鉄筋R13の位置）からX方向に20cm離れた位置に取り付けられ、第1鉄筋R14が第4センサ130dから鉄筋結束ロボット100のX方向の中心から遠ざかる方向に4cm離れた位置にある場合、第1鉄筋R10の間隔（第1鉄筋R13及び第1鉄筋R14の間隔）は24cmであると算出し、横移動量を24cmとする制御を行ってもよい。また、第4センサ130dが鉄筋結束ロボット100のX方向の中心（例えば、第1鉄筋R13の位置）からX方向に20cm離れた位置に取り付けられ、第1鉄筋R14が第4センサ130dから鉄筋結束ロボット100のX方向の中心に向けて4cm近づいた位置にある場合、第1鉄筋R10の間隔（第1鉄筋R13及び第1鉄筋R14の間隔）は16cmであると算出し、横移動量を16cmとする制御を行ってもよい。

[0118] 鉄筋結束ロボット100の横移動量は、例えば、上述するように、鉄筋結束ロボット100を、次に第1鉄筋R14上の交差箇所の結束を行うように横移動させる場合、鉄筋結束ロボット100は、全体として隣り合う第1鉄筋R10の間隔に相当する横移動を行うように、横移動量を算出されてもよい。上述の例においては、第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット

1 2 1 c は、第 1 鉄筋 R 1 2 から第 1 鉄筋 R 1 3、第 2 走行ユニット 1 2 1 b 及び第 4 走行ユニット 1 2 1 d は、第 1 鉄筋 R 1 4 から第 1 鉄筋 R 1 5 に、それぞれ移動する。本開示の実施形態においては、第 1 鉄筋 R 1 0 はほぼ等間隔に、互いにほぼ平行となるように配置されているので、第 1 走行ユニット 1 2 1 a ~ 第 4 走行ユニット 1 2 1 d の X 方向への移動量は等しい。従って、横移動量は、例えば、第 4 センサ 1 3 0 d により検出される第 1 鉄筋 R 1 4 及び第 1 鉄筋 R 1 5 間の X 方向の間隔であってもよい。あるいは、第 1 鉄筋 R 1 0 同士の間隔はほぼ等しいので、他のセンサによる検出結果に基づき算出される隣り合う第 1 鉄筋 R 1 0 同士の間隔に基づき横移動量が算出されてもよい。また、複数（例えば 3 本以上）の第 1 鉄筋 R 1 0 の X 方向の距離を算出し、算出された複数の第 1 鉄筋 R 1 0 同士の X 方向の距離の平均値を求め、第 1 鉄筋 R 1 0 同士の間隔の平均値を横移動量としてもよい。平均値の算出により、例えば第 1 鉄筋 R 1 0 同士の間隔に誤差があった場合にも算出される横移動量への誤差の影響を小さくすることができる。

[0119] 次に、算出された横移動量に基づき鉄筋結束ロボット 1 0 0 の横移動を実行する（S 2 0 1 8）。

[0120] 横移動が完了した鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、例えば移動後に第 1 走行ユニット 1 2 1 a ~ 第 4 走行ユニット 1 2 1 d が位置する第 1 鉄筋 R 1 3 及び第 1 鉄筋 R 1 5 に沿って走行し（S 2 0 2 0）、第 1 鉄筋 R 1 4 上の交差箇所 c 1 2 の結束作業を開始してもよい。

[0121] 上述の第 1 鉄筋 R 1 0 の端部 R 1 0 e の検出は、例えば、端部 R 1 0 e の画像に対応するテンプレートを用意し、端部 R 1 0 e のテンプレートとのマッチング度に基づき、判断してもよい。例えば、端部 R 1 0 e 以外の部分について、図 1 7 を参照して例示したように一方向に延伸したテンプレート画像を用意する場合に、端部 R 1 0 e については、端部 R 1 0 e 以外の部分に比べ、鉄筋に対応する部分の Y 方向の長さが短いテンプレート画像を用意してもよい。

[0122] あるいは、マッチング度がある値の範囲である場合に端部 R 1 0 e に到達

しつつあると判定してもよい。例えば、第1鉄筋R10の端部R10e以外の部分においては、マッチング度が100%に比較的近く、75%以上の場合に第1鉄筋R10の端部R10e以外の部分の存在を判定し、マッチング度が比較的低い、例えば50%以上75%以下の場合に、第1鉄筋R10のうち端部R10eに近い部分を走行していると判定してもよい。端部R10e以外の部分についても端部R10eの近傍についても、ここでのマッチング度は例示であり、他の値が設定されてもよいし、鉄筋の配置状況やその他の環境等に応じて基準とする値が変更可能に構成されてもよい。

[0123] このように、鉄筋結束ロボット100が横移動をする場合、特に第3センサ130c及び／または第4センサ130dによる第1鉄筋R10の検出結果が用いられる。第3センサ130c及び第4センサ130dについては、上述のように、例えば第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の位置の算出にあたり、第3センサ130c及び第4センサ130dの第2鉄筋R20の位置の検出結果が用いられる、すなわち、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の位置の算出においては、第3センサ130c及び第4センサ130dによる第1鉄筋R10の位置の検出結果は用いられなくてもよいので、この場合は第3センサ130c及び第4センサ130dによって第1鉄筋R10は検出されなくてもよい。鉄筋結束ロボット100が鉄筋結束作業を進め、第1鉄筋R10の端部R10eに到達した場合に、例えば、鉄筋結束ロボット100が横移動を行い、そのため、移動量を算出できるように、第3センサ130c及び／または第4センサ130dにより第1鉄筋R10が検出できるように、例えば第3センサ130c及び／または第4センサ130dの向きを変更する等の方法により第3センサ130c及び／または第4センサ130dによる撮像範囲を変更してもよい。

[0124] 上記、図20を参照して、第1センサ130a及び第4センサ130dの検出結果を用いる場合を例に説明したが、検出結果を参照するセンサはこれらに限られず、例えば、鉄筋結束ロボット100の進行する方向に応じてどのセンサを用いるか替えることも可能である。上述のように、第1センサ1

30aにより第1鉄筋R10の端部R10eが検出された場合に、鉄筋結束ロボット100は、第4センサ130dの方向に横移動を行う場合に限らず、例えば、第1センサ130aにより第1鉄筋R10の端部R10eが検出された場合に、鉄筋結束ロボット100は、第3センサ130cの方向に横移動を行ってもよい。また、例えば、第2センサ130bにより第1鉄筋R10の端部R10eが検出された場合に、鉄筋結束ロボット100は、第3センサ130cの方向に横移動を行ってもよいし、あるいは、第2センサ130bにより第1鉄筋R10の端部R10eが検出された場合に、鉄筋結束ロボット100は、第4センサ130dの方向に横移動を行ってもよい。

[0125] 図21を参照して、鉄筋結束ロボット100の第1鉄筋に沿った移動の方法について説明する。図21は、鉄筋結束ロボット100の第1鉄筋に沿った移動に関するフローチャートである。

[0126] まず、鉄筋結束ロボット100の旋回速度の目標値を示す旋回角速度目標値を算出する(S2102)。旋回角速度目標値は、例えば、PID制御、pure-pursuit制御、及びMPC制御(モデル予測制御)等の任意のアルゴリズムによって、鉄筋結束ロボット100の各種センサによる検出結果に基づいて算出してもよい。旋回角速度目標値は、例えば、基準位置と第1鉄筋との間の距離(偏差)に基づいて算出してもよい。基準位置は、特に限定されないが、例えば、鉄筋結束ロボット100における所定の位置であってよく、具体的には、第1センサ130aや第2センサ130b等のセンサ130の位置、鉄筋結束ロボット100の左右寸法の中心や重心等であってよい。また、旋回角速度目標値は、例えば、検出された交差箇所との間の距離(基準位置から交差箇所までの距離の他、基準位置から交差箇所までの第1鉄筋に沿った方向における距離を含む)に基づいて算出してもよい。また、旋回角速度目標値は、例えば、鉄筋結束ロボット100の方向と、第1鉄筋の方向との間の角度(ずれ量)に基づいて算出してもよい。また、旋回角速度目標値は、例えば、目標とする経路上に設定された目標点(前方注視点と称され得る)に基づいて算出してもよい。

[0127] 次に、旋回角速度目標値（当該目標値を示す信号は「制御信号」の一例である）に基づいて、各車輪駆動モータ 1 2 4 の回転速度を算出する（S 2 1 0 4）。具体的には、例えば、旋回角速度目標値における旋回方向が右の場合は、旋回の角速度の大きさが大きいほど、左側の駆動モータである第 1 車輪駆動モータ 1 2 4 a の回転速度（「左側前方速度」の一例）及び第 3 車輪駆動モータ 1 2 4 c の回転速度（「左側後方速度」の一例）が、右側の駆動モータである第 2 車輪駆動モータ 1 2 4 b の回転速度（「右側前方速度」の一例）及び第 4 車輪駆動モータ 1 2 4 d の回転速度（「右側後方速度」の一例）よりも大きくなるように、各回転速度を算出してもよい。同様に、例えば、旋回角速度目標値における旋回方向が左の場合は、旋回の角速度の大きさが大きいほど、右側の駆動モータである第 2 車輪駆動モータ 1 2 4 b 及び第 4 車輪駆動モータ 1 2 4 d のそれぞれの回転速度が、左側の駆動モータである第 1 車輪駆動モータ 1 2 4 a 及び第 3 車輪駆動モータ 1 2 4 c よりも大きくなるように、各回転速度を算出してもよい。

[0128] 次に、各横移動モータ 1 4 6 の回転速度を算出する（S 2 1 0 6）。各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、例えば、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の旋回速度の目標値を示す旋回角速度目標値（当該目標値を示す信号は「制御信号」の一例である）に基づいて算出されてもよい。

[0129] 例えば、旋回角速度目標値が右側への旋回を示す場合、各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に左側へ移動するような方向及び回転速度であってよい。ここで、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に左側へ移動するような方向及び回転速度は、例えば、前方横移動モータ 1 4 6 a については、方向は左側且つ回転速度は任意の回転速度であって、後方横移動モータ 1 4 6 b については、方向は左側且つ回転速度は前方横移動モータ 1 4 6 の回転速度よりも小さい回転速度であってよい。或いは、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に左側へ移動するような方向及び回転速度は、例えば、前方横移動モータ 1 4 6 a につ

いては、方向は左側且つ回転速度は任意の回転速度であって、後方横移動モータ 1 4 6 b については、方向は右側且つ回転速度は任意の回転速度であってよい。

[0130] 例えば、旋回角速度目標値が右側への旋回を示す場合、各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に右側へ移動するような方向及び回転速度であってよい。ここで、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に右側へ移動するような方向及び回転速度は、例えば、前方横移動モータ 1 4 6 a については、方向は右側且つ回転速度は任意の回転速度であって、後方横移動モータ 1 4 6 b については、方向は右側且つ回転速度は前方横移動モータ 1 4 6 の回転速度よりも小さい回転速度であってよい。或いは、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に右側へ移動するような方向及び回転速度は、例えば、前方横移動モータ 1 4 6 a については、方向は右側且つ回転速度は任意の回転速度であって、後方横移動モータ 1 4 6 b については、方向は右側且つ回転速度は任意の回転速度であってよい。

[0131] また、各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、例えば、第 1 車輪駆動モータ 1 2 4 a、第 2 車輪駆動モータ 1 2 4 b、第 3 車輪駆動モータ 1 2 4 c、及び第 4 車輪駆動モータ 1 2 4 d の回転速度に基づいて算出されてもよい。特に、各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、例えば、第 1 車輪駆動モータ 1 2 4 a の回転速度と第 2 車輪駆動モータ 1 2 4 b の回転速度との差分や、第 3 車輪駆動モータ 1 2 4 c の回転速度と第 4 車輪駆動モータ 1 2 4 d の回転速度との差分に基づいて算出されてもよい。

[0132] 例えば、第 1 車輪駆動モータ 1 2 4 a の回転速度が第 2 車輪駆動モータ 1 2 4 b の回転速度よりも所定量だけ大きい場合、各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、当該所定量に応じて、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に左側へ移動するような方向及び回転速度であってよい。例えば、第 3 車輪駆動モータ 1 2 4 c の回転速度が第 4 車輪

駆動モータ 1 2 4 d の回転速度よりも所定量だけ大きい場合、各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、当該所定量に応じて、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に左側へ移動するような方向及び回転速度であってよい。

[0133] 例えば、第 2 車輪駆動モータ 1 2 4 b の回転速度が第 1 車輪駆動モータ 1 2 4 a の回転速度よりも所定量だけ大きい場合、各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、当該所定量に応じて、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に右側へ移動するような方向及び回転速度であってよい。例えば、第 4 車輪駆動モータ 1 2 4 d の回転速度が第 3 車輪駆動モータ 1 2 4 c の回転速度よりも所定量だけ大きい場合、各横移動モータ 1 4 6 の方向及び回転速度は、当該所定量に応じて、前方走行ユニット 1 2 A が後方走行ユニット 1 2 B に対して相対的に右側へ移動するような方向及び回転速度であってよい。

[0134] 次に、各車輪駆動モータ 1 2 4 及び各横移動モータ 1 4 6 をそれぞれ、算出した回転速度に基づいて駆動する（S 2 1 0 8）。例えば、第 1 車輪駆動モータ 1 2 4 a、第 2 車輪駆動モータ 1 2 4 b、第 3 車輪駆動モータ 1 2 4 c、及び第 4 車輪駆動モータ 1 2 4 d のそれぞれを、ステップ S 2 1 0 2 で算出した回転速度に基づいて駆動してもよい。これにより、第 1 走行ユニット 1 2 1 a、第 2 走行ユニット 1 2 1 b、第 3 走行ユニット 1 2 1 c、及び第 4 走行ユニット 1 2 1 d が、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の前後方向に沿って駆動される。

[0135] また、例えば、前方横移動モータ 1 4 6 a、及び後方横移動モータ 1 4 6 b のそれぞれを、ステップ S 2 1 0 4 で算出した回転速度に基づいて駆動してもよい。これにより、前方走行ユニット 1 2 A、及び後方走行ユニット 1 2 B が、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の左右方向に沿って、相対的に移動するように駆動される。

[0136] このように、第 1 走行ユニット 1 2 1 a、第 2 走行ユニット 1 2 1 b、第 3 走行ユニット 1 2 1 c、及び第 4 走行ユニット 1 2 1 d、並びに前方走行

ユニット 1 2 A、及び後方走行ユニット 1 2 B がそれぞれ駆動することにより、鉄筋結束ロボット 1 0 0 が前後方向に移動しながら左右方向に旋回する。以上のステップ S 2 1 0 2 ~ S 2 1 0 8 の処理が、所定の終了条件が満たされるまで繰り返し実行される。

[0137] 以下、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の横移動の例について図 2 2 A ~ 図 2 7 B を参照して説明する。図 2 2 A ~ 図 2 7 B は、横移動中の鉄筋結束ロボット 1 0 0 の図であり、図 2 2 A、図 2 3 A、…、図 2 7 A は鉄筋結束ロボット 1 0 0 の背面から見た図であり、図 2 2 B、図 2 3 B、…、図 2 7 B は鉄筋結束ロボット 1 0 0 を斜め上方向から見た図である。

[0138] 図 2 2 A 及び図 2 2 B は、横移動を開始する前の鉄筋結束ロボット 1 0 0 を示す。図 2 2 A 及び図 2 2 B に示すように、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、第 1 鉄筋 R 1 2 及び R 1 4 上を走行する。

[0139] 次に、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、横移動を開始する。本開示の実施形態においては、上述したように、例えば第 1 センサ 1 3 0 a による検出結果に基づき第 1 鉄筋 R 1 0 の端部 R 1 0 e 近傍に到達した、あるいは到達しつつあると判断された場合に、横移動を開始すると判断する。図 2 3 A 及び図 2 3 B は、鉄筋結束ロボット 1 0 0 が横移動を開始したときの状態を示す。図 2 3 A 及び図 2 3 B に示すように、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、走行ユニット 1 2 1 は移動させず、本体ユニット 1 4 0 を移動する方向（X 方向）に移動する。図 2 3 A 及び図 2 3 B に示すように、このとき、第 1 走行ユニット 1 2 1 a 及び第 2 走行ユニット 1 2 1 b は、それぞれ、第 1 鉄筋 R 1 2 及び第 1 鉄筋 R 1 4 上に移動せずに存在する。このとき、支持バー 1 5 0 a 及び 1 5 0 b は、いずれの鉄筋にも接していない。

[0140] 次に、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、走行ユニット 1 2 1（走行ユニット 1 2 1 の下端）を第 1 鉄筋 R 1 0 に対して相対的に上方向に移動させる。図 2 4 A 及び図 2 4 B に示すように、走行ユニット 1 2 1 の - Z 方向の下端は、図 2 4 A 及び図 2 4 B において Z 方向上方（+ Z 方向）に上昇される。このとき、例えば、第 1 本体側リンク部 1 2 5 a と第 1 ローラ側リンク部 1 2 3

aとが相対的に互いに近づく（すなわち、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが閉じる）方向に移動する。すなわち、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとがなす角が小さくなるように、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが移動する。第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dについても同様に、それぞれ、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第1ローラ側リンク部123c、第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123d、が閉じる方向に移動する。

[0141] 本体側リンク部125とローラ側リンク部123が閉じ、走行ユニット121の下端が上昇すると、支持バー150a及び150bが相対的に下降する。走行ユニット121が第1鉄筋R10から離れると、支持バー150a及び150bが第1鉄筋R10に接する。例えば、走行ユニット121は、Z方向の長さが、モータ等（例えば、図7に示す第1車輪高さ変更モータ126a、第2車輪高さ変更モータ126b、第3車輪高さ変更モータ126c、及び第4車輪高さ変更モータ126d）により、ローラ（第1ローラ部122a、第2ローラ部122b、第3ローラ部122c、及び第4ローラ部122d）を支持する構成に相当する本体側リンク部125とローラ側リンク部123（第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123a、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第3ローラ側リンク部123c、第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123d）を閉じることにより変更可能に構成されていてもよい。本体側リンク部125とローラ側リンク部123を閉じることによりローラ部122を上昇させ、ローラ部122が第1鉄筋R10から離間するように構成されてもよい。

[0142] 図24A及び図24Bに示すように、支持バー150a及び150bは、例えば、第1鉄筋R11～R14に接する。こうして、支持バー150a及び150bにより鉄筋結束口ボット100全体が支持される。

- [0143] 次に、鉄筋結束ロボット100の走行ユニット121がX方向に移動する。図25A及び図25Bに示すように、第1鉄筋R12と、第1鉄筋R14とにそれぞれ接していた第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121cと、第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dとは、第1鉄筋R13と、第1鉄筋R15との上方に移動される。このとき、第1走行ユニット121a～第4走行ユニット121dのいずれもが第1鉄筋R10に接しておらず、支持バー150a及び150bが第1鉄筋R10（第1鉄筋R12～R15）に接し、鉄筋結束ロボット100を支持している。
- [0144] 続いて、走行ユニット121の本体側リンク部125とローラ側リンク部123とを開く。これにより、走行ユニット121の-Z方向の下端を第1鉄筋R10に対して相対的に下降させる。このとき、例えば、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが相対的に互いに遠ざかる（すなわち、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが開く）方向に移動する。すなわち、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとがなす角が大きくなるように、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが移動する。第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dについても同様に、それぞれ、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第1ローラ側リンク部123c、第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123d、が開く方向に移動する。
- [0145] 図26A及び図26Bに示すように、走行ユニット121の-Z方向の下端を、図26A及び図26BにおいてZ方向の下方（-Z方向）に下降させる。図26A及び図26Bに示されるように、第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121cは第1鉄筋R13に接し、第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dは第1鉄筋R15に接する。従って、支持バー150a及び150bは、第1鉄筋R10に対して相対的に上昇する。そのため、鉄筋結束ロボット100は、この状態において走行ユニット

1 2 1 により支持される。

- [0146] 次に、図 2 7 A 及び図 2 7 B に示されるように、本体ユニット 1 4 0 を X 方向に移動する。図 2 3 A 及び図 2 3 B を参照して上述したのと同様に、図 2 7 A 及び図 2 7 B に示される本体ユニット 1 4 0 の横移動（ここでは例えば水平方向への移動（X 方向への移動））は、例えば、図 2 5 A 及び図 2 5 B において不図示の前方横移動モータ 1 4 6 a 及び後方横移動モータ 1 4 6 b により横移動ローラ 3 3 を回転駆動することにより実行されてもよい。こうして、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の横移動が完了する。鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、例えば第 1 鉄筋 R 1 3 及び第 1 鉄筋 R 1 5 上の走行を開始し、第 1 鉄筋 R 1 4 上の第 1 鉄筋 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 の交差箇所 c 1 2 の結束作業を行う。
- [0147] 以上、鉄筋結束ロボット 1 0 0 が第 1 鉄筋 R 1 2 及び R 1 4 から第 1 鉄筋 R 1 3 及び第 1 鉄筋 R 1 5 に移動する場合を例に説明したが、例えば、複数の第 1 鉄筋 R 1 0 を隔てた先に移動することも可能である。この場合も、上記同様の方法により移動することができし、あるいは、上記の移動方法を繰り返すことによりさらに長い距離の移動も可能である。また、複数の第 1 鉄筋 R 1 0 を隔てた先に移動する場合にも同様の方法により、センサユニット 1 3 0 の検出結果に基づき移動量を算出してもよい。
- [0148] また、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、上記で説明した方法に限られず、他の方法により横移動を行ってもよく、その場合においても、本開示の実施形態における移動量の算出方法に従って、センサユニット 1 3 0 の検出結果に基づき鉄筋結束ロボット 1 0 0 の移動量を算出することが可能であり、本開示の実施形態における移動量の算出方法を用いることにより、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の移動を円滑に進めることが可能である。
- [0149] 上述してきたように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、延伸方向が第 1 の方向（Y 方向）である複数の第 1 鉄筋 R 1 と、延伸方向が第 1 の方向（Y 方向）に交差する第 2 の方向（X 方向）であり第 1 鉄筋 R 1 と交差するように配置される複数の第 2 鉄筋 R 2 と、を含む鉄筋群 R 上を

走行可能に構成される走行ユニット121と、少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20を検出可能に構成されるセンサユニット130と、センサユニット130の検出結果により生成される二次元画像を構成する複数の画素の画素値に基づき、センサユニット130により検出される少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20の位置を算出するように構成される第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（本実施形態において、「鉄筋位置算出ユニット」ともいう。）を備える。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、センサユニット130の検出結果により生成される二次元画像に基づき第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出することにより、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置の算出プロセスを効率化することができる。従って、鉄筋結束ロボット100の鉄筋血相作業における鉄筋検出プロセスを効率化することができる。例えば、センサユニットの検出結果として、3次元データを用いて鉄筋の位置を算出する場合に比べ、二次元画像に基づいた計算を行うことにより、計算負荷を軽減することができる。

[0150] 鉄筋結束ロボット100を構成する種々のユニットの技術レベルの向上により、鉄筋結束作業の高速化や効率化が可能となってきた。鉄筋結束作業の高速化を実現するためには、鉄筋の検出や鉄筋の結束が行われる鉄筋同士の間隔の検出プロセスの高速化が望まれると考えられる。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100により、鉄筋の検出プロセスの効率を向上することができるので、鉄筋結束作業の高速化に寄与できる。

[0151] また、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、例えば、延伸方向が第1の方向（Y方向）である複数の第1鉄筋R10と、延伸方向が第1の方向（Y方向）に交差する第2の方向（X方向）であり第1鉄筋R10と交差するように配置される複数の第2鉄筋R20と、を含む鉄筋群の第1鉄筋R10と第2鉄筋R20との交差点c12を結束するように構成される鉄筋結束ユニット110と、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20

上を走行可能に構成される走行ユニット121と、少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20を検出可能に構成され、互いに第3の方向（Y方向）に沿って離間して配置される第1センサ130a及び第2センサ130bと、少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20を検出可能に構成され、互いに第3の方向（Y方向）に交差する第4の方向（X方向）に沿って離間して配置される第3センサ130c及び第4センサ130dと、を備える。上述してきたように、鉄筋結束ロボット100は、4つのセンサ130（第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130d）を備えるので、例えば、上述のように、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の検出を効率良く行うことができる。交差箇所c12の位置は、例えば、鉄筋結束ユニット110の近傍にセンサを設けることにより確認することも可能であるが、鉄筋結束ユニット110が上下に移動するように構成されるので、近傍にセンサを設けにくいことがある。本開示の実施形態においては、鉄筋結束ユニット110の近傍にセンサを設けなくても、交差箇所c12の位置を、4つのセンサ130の検出結果に基づき推定することができる。

- [0152] また、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、例えば、延伸方向が第1の方向（Y方向）である複数の第1鉄筋R10と、延伸方向が第1の方向（Y方向）に交差する第2の方向（X方向）である複数の第2鉄筋R20と、を含む鉄筋群の第1鉄筋R10と第2鉄筋R20との交差箇所c12を結束するように構成された鉄筋結束ユニット110と、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20上を走行可能に構成される走行ユニット121と、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20を検出可能に構成されるセンサユニット130と、走行ユニット121が走行する第1鉄筋R10または第2鉄筋R20から他の第1鉄筋R10または他の第2鉄筋R20に移動する場合に、センサユニット130により検出される第1鉄筋R10または第2鉄筋R20の位置情報に基づき、走行ユニット121の移動量を算出

する移動量算出部174と、を備える。上述してきたように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、例えば、センサユニット130の検出結果に基づき鉄筋結束ロボット100の移動先の鉄筋の位置を判断し、鉄筋結束ロボット100の走行ユニット121が走行する鉄筋の位置と、移動先の鉄筋の位置とに基づき、鉄筋結束ロボット100の移動量を算出することができる。例えば、鉄筋結束ロボット100が、鉄筋結束作業を行っていた鉄筋の端部に達した場合に、次に鉄筋結束作業を行う鉄筋に移動する場合に、センサユニット130による検出結果に基づき移動量を算出することができる。

[0153] 上述してきた本開示の実施形態においては、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が、互いに直交するように配置された鉄筋群において鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の鉄筋結束作業を行う場合を例に説明したが、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が非直交の関係にある場合にも用いられてもよい。

[0154] 図28は、本開示の他の実施形態に係る鉄筋結束ロボット200のZ方向下方（-Z方向）から見た模式的な図である。図28に示すように、本実施形態においては、第1鉄筋R10に対して、第2鉄筋R20が30°程度の角度で配置されている。本実施形態に係る鉄筋結束ロボット200は、鉄筋結束ロボット100と、第3センサ130c及び第4センサ130dの位置が異なる。鉄筋結束ロボット200の第3センサ130c及び第4センサ130dは、X方向に対して30°の傾きとなる直線上に存在するように配置されている。鉄筋結束ロボット200においては、第3センサ130c及び第4センサ130dを、第2鉄筋R20に合わせ、X方向から傾く方向に配置することにより、鉄筋結束ロボット100と同様の方法により第2鉄筋R20の検出が可能である。

[0155] このように、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の配置構成に応じて、第1センサ130a～第4センサ130dの配置を変更してもよい。第1セン

サ１３０ a、第２センサ１３０ b、第３センサ１３０ c、及び／または第４センサ１３０ dの配置の変更は、例えば、結束作業の対象となる鉄筋群 R が配置された建設現場に応じて鉄筋結束作業を開始する前に手動または自動により調整してもよい。あるいは、鉄筋結束ロボット １００ が走行を開始した後であっても、センサユニット １３０ の検出結果に基づき第１鉄筋 R １０ 及び第２鉄筋 R ２０ の関係を判定し、判定結果に基づき第１センサ１３０ a、第２センサ１３０ b、第３センサ１３０ c、及び／または第４センサ１３０ d の配置を動的に変更してもよい。このとき、例えば、第１センサ１３０ a ～第４センサ１３０ d を駆動可能なモータ等が設けられ、第１センサ１３０ a ～第４センサ１３０ d の位置をモータの駆動により変更するように構成されていてもよい。

[0156] 以上、鉄筋結束ロボットを例に説明したが、本発明は、鉄筋結束ロボット以外のロボットに適用されてもよい。ロボットが有する工具は、鉄筋結束機に限らず、釘打ち機であってもよい。この場合、リールの部分は、釘を巻いたリールでもよい。また、ロボットが有する工具は、結束ポイントをマーキングするマーカとして構成されてもよい。この場合、リールの部分は、インクを補充するためのインクタンクとして構成されてもよい。

[0157] 以上、具体例を参照しつつ本実施形態について説明した。しかし、本開示はこれらの具体例に限定されるものではない。これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本開示の特徴を備えている限り、本開示の範囲に包含される。前述した各具体例が備える各要素およびその配置、条件、形状などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。前述した各具体例が備える各要素は、技術的な矛盾が生じない限り、適宜組み合わせを変えることができる。

[0158] 本出願は、２０２３年１月２０日出願の日本特許出願（特願２０２３－００７１７２）、２０２３年１月２０日出願の日本特許出願（特願２０２３－００７１７４）、２０２３年１月２０日出願の日本特許出願（特願２０２３－００７１７６）、２０２３年１月２０日出願の日本特許出願（特願２０２

3-007177)、2023年1月20日出願の日本特許出願(特願2023-007182)、2023年1月20日出願の日本特許出願(特願2023-007187)、および、2023年8月10日出願の日本特許出願(特願2023-131029)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

[0159] 本開示に係るロボットは、簡易な構成により旋回性能が向上している。

符号の説明

[0160] 100、200 鉄筋結束ロボット(ロボット)

30、30A、30B 連結部

12A 前方走行ユニット

12B 後方走行ユニット

110 鉄筋結束ユニット

120 移動ユニット

121 走行ユニット

121a 第1走行ユニット

121b 第2走行ユニット

121c 第3走行ユニット

121d 第4走行ユニット

130 センサユニット

130a 第1センサ

130b 第2センサ

130c 第3センサ

130d 第4センサ

140 本体ユニット

146 横移動モータ

150 支持バー

160 制御ユニット

- 1 6 2 センサ検出結果取得部
- 1 6 4 判定部
- 1 6 6 交差箇所算出部
- 1 6 8 鉄筋結束ユニット制御部
- 1 7 0 走行制御部
- 1 7 2 停止制御部
- 1 7 4 移動量算出部
- 1 7 6 姿勢制御部
- 1 7 8 モータ制御部
- 1 8 8 異物迂回制御部
- c 1 2 交差箇所
- c p 1 2 交差部
- R 1 0 第1鉄筋
- R 2 0 第2鉄筋

請求の範囲

- [請求項1] ロボットであって、
本体部と、
前記本体部の第１方向の前方に設けられた、前記ロボットを前記第
１方向に駆動する前方駆動部と、
前記本体部の前記第１方向の後方に設けられた、前記ロボットを前
記第１方向に駆動する後方駆動部と、を備え、
前記前方駆動部及び前記後方駆動部は、前記第１方向に垂直な第２
方向に沿って相対的に移動可能に構成される、ロボット。
- [請求項2] 前記前方駆動部及び前記後方駆動部は、前記前方駆動部及び／又は
前記後方駆動部が前記ロボットを前記第１方向に駆動しているときに
、前記第２方向に沿って相対的に移動可能に構成される、
請求項１に記載のロボット。
- [請求項3] 前記前方駆動部及び前記後方駆動部は、
前記ロボットを前記第１方向に対する右側に操舵する制御信号に応
じて、前記前方駆動部が前記後方駆動部に対して相対的に前記第１方
向に対する左側へ移動し、
前記ロボットを前記第１方向に対する左側に操舵する制御信号に応
じて、前記前方駆動部が前記後方駆動部に対して相対的に前記第１方
向に対する右側へ移動する、
請求項２に記載のロボット。
- [請求項4] 前記前方駆動部は、
前記第２方向に延在するように前記本体部に設けられた前方基部と
、
前記前方基部の前記第１方向に対する右側に設けられた右側前方駆
動部と、
前記前方基部の前記第１方向に対する左側に設けられた左側前方駆
動部と、を含み、

前記右側前方駆動部と前記左側前方駆動部とは前記第2方向に沿って配置される、

請求項1に記載のロボット。

[請求項5] 前記右側前方駆動部によって前記ロボットを駆動する右側前方速度と、前記左側前方駆動部によって前記ロボットを駆動する左側前方速度とは、互いに異なる、

請求項4に記載のロボット。

[請求項6] 前記前方駆動部及び前記後方駆動部は、
前記右側前方速度と、前記左側前方速度との差分に応じて、
前記第2方向に移動可能に構成される、
請求項5に記載のロボット。

[請求項7] 前記後方駆動部は、
前記第2方向に延在するように前記本体部に設けられた後方基部と、
前記後方基部の前記第1方向に対する右側に設けられた右側後方駆動部と、

前記後方基部の前記第1方向に対する左側に設けられた左側後方駆動部と、を含み、

前記右側後方駆動部と前記左側後方駆動部とは前記第2方向に沿って配置される、

請求項1から6のいずれか一項に記載のロボット。

[請求項8] 前記右側後方駆動部によって前記ロボットを駆動する右側後方速度と、前記左側後方駆動部によって前記ロボットを駆動する左側後方速度とは、互いに異なる、

請求項7に記載のロボット。

[請求項9] 前記前方駆動部及び前記後方駆動部は、
前記右側後方速度と、前記左側後方速度との差分に応じて、
前記第2方向に移動可能に構成される、

請求項 8 に記載のロボット。

[請求項10] 所定の検出領域内にある対象物を検出する検出部、を更に備え、
前記前方駆動部及び前記後方駆動部は、前記検出部の検出結果に基づいて、前記第 1 方向に垂直な第 2 方向に沿って相対的に移動可能に構成される、

請求項 1 に記載のロボット。

[請求項11] 前記本体部に設けられた工具、を更に備える、請求項 1 に記載のロボット。

[請求項12] 前記工具は、鉄筋を結束する鉄筋結束機である、請求項 11 に記載のロボット。