

(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2017-182113

(P2017-182113A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
G 0 6 T	7/00	(2017.01)	G 0 6 T	7/00	3 C 7 0 7
B 2 5 J	19/04	(2006.01)	B 2 5 J	19/04	5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2016-63152 (P2016-63152)	(71) 出願人	390014672
(22) 出願日	平成28年3月28日 (2016. 3. 28)		株式会社アマダホールディングス
		(74) 代理人	100083806
			弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄
		(72) 発明者	三浦 尚史
			神奈川県伊勢原市石田200番地
		Fターム(参考)	3C707 AS02 AS05 BS10 KS03 KS04
			KT01 KT11

最終頁に続く

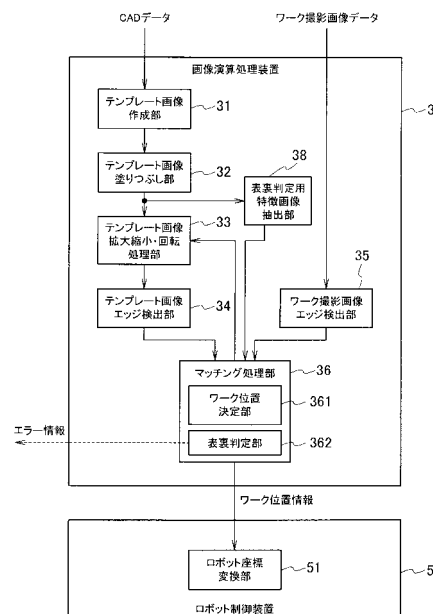
(54) 【発明の名称】 ワーク判定装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】ワークが載置場所に表裏が正しい状態で配置されているかを判定することができるワーク判定装置を提供する。

【解決手段】テンプレート画像エッジ検出部34は、載置場所に配置されているワークとパターンマッチングさせるためのテンプレートエッジ画像を生成する。ワーク撮影画像エッジ検出部35は、ワークを撮影したワーク撮影画像データのワーク撮影エッジ画像を生成する。ワーク位置検出部361は、テンプレートエッジ画像とワーク撮影エッジ画像とをマッチングさせて、ワークの位置を検出する。表裏判定用特徴画像抽出部38はテンプレート裏画像を生成し、テンプレート画像から、テンプレート画像とテンプレート裏画像とが重なり合うエッジを差し引いて表裏判定用特徴画像を抽出する。表裏判定部362は、表裏判定用特徴画像をワークの位置に移動させ、ワーク撮影エッジ画像と表裏判定用特徴画像との類似度を算出して、ワークの表裏を判定する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

載置場所に配置されているワークとパターンマッチングさせるためのテンプレート画像のエッジを検出して、テンプレートエッジ画像を生成するテンプレート画像エッジ検出部と、

前記載置場所に配置されているワークを撮影したワーク撮影画像データのエッジを検出して、ワーク撮影エッジ画像を生成するワーク撮影画像エッジ検出部と、

前記テンプレートエッジ画像と前記ワーク撮影エッジ画像とをマッチングさせて、前記載置場所に配置されている前記ワークの位置を検出するワーク位置検出部と、

前記テンプレート画像の表裏を反転させて前記ワークの裏面を示すテンプレート裏画像を生成し、前記テンプレート画像から、前記テンプレート画像と前記テンプレート裏画像とが重なり合うエッジを差し引くことにより、前記ワークの表裏を判定するための表裏判定用特徴画像を抽出する表裏判定用特徴画像抽出部と、

前記表裏判定用特徴画像を前記ワーク位置検出部によって検出された前記ワークの位置に移動させ、前記ワーク撮影エッジ画像と前記表裏判定用特徴画像との類似度を算出して、類似度に基づいて前記載置場所に配置されている前記ワークの表裏を判定する表裏判定部と、

を備えることを特徴とするワーク判定装置。

【請求項 2】

前記テンプレート画像を所定の大きさの範囲で複数の大きさに拡大または縮小し、複数の角度に回転させるテンプレート画像拡大縮小・回転処理部をさらに備え、

前記テンプレート画像エッジ検出部は、前記テンプレート画像の複数の大きさ及び複数の角度のそれぞれで、前記テンプレート画像のエッジを検出して、複数のテンプレートエッジ画像を生成し、

前記ワーク位置検出部は、前記テンプレートエッジ画像の複数の大きさ及び複数の角度における大きさと角度の複数の組それぞれで、前記ワーク撮影エッジ画像に対する前記テンプレートエッジ画像の位置をずらしながら前記テンプレートエッジ画像と前記ワーク撮影エッジ画像とをマッチングさせたとき、前記テンプレートエッジ画像と前記ワーク撮影エッジ画像との類似度が最も高い前記テンプレートエッジ画像の位置であり、前記複数の組のうち類似度が最も高い組における前記テンプレートエッジ画像の位置を、前記載置場所に配置されている前記ワークの位置であると検出する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のワーク判定装置。

【請求項 3】

前記表裏判定部は、前記表裏判定用特徴画像を、前記類似度が最も高い組の前記テンプレートエッジ画像の大きさに対応するように拡大または縮小し、前記類似度が最も高い組の前記テンプレートエッジ画像の角度だけ回転させ、拡大または縮小及び回転させた前記表裏判定用特徴画像を、前記類似度が最も高い組の前記テンプレートエッジ画像の位置に移動させることを特徴とする請求項 2 に記載のワーク判定装置。

【請求項 4】

前記ワークの形状を示す C A D データに基づいて、前記ワークの外形線を線画像で示すテンプレート画像を作成するテンプレート画像作成部と、

前記外形線の内部を所定の色で塗りつぶして、塗りつぶしテンプレート画像を作成するテンプレート画像塗りつぶし部と、

をさらに備え、

前記テンプレート画像エッジ検出部は、前記塗りつぶしテンプレート画像のエッジを検出して、前記塗りつぶしテンプレート画像のエッジを前記テンプレートエッジ画像として用いる

ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のワーク判定装置。

【請求項 5】

載置場所に配置されているワークとパターンマッチングさせるためのテンプレート画像

10

20

30

40

50

のエッジを検出して、テンプレートエッジ画像を生成するテンプレート画像エッジ検出工程と、

前記載置場所に配置されているワークを撮影したワーク撮影画像データのエッジを検出して、ワーク撮影エッジ画像を生成するワーク撮影画像エッジ検出工程と、

前記テンプレートエッジ画像と前記ワーク撮影エッジ画像とをマッチングさせて、前記載置場所に配置されている前記ワークの位置を検出するワーク位置検出工程と、

前記テンプレート画像の表裏を反転させて前記ワークの裏面を示すテンプレート裏画像を生成し、前記テンプレート画像から、前記テンプレート画像と前記テンプレート裏画像とが重なり合うエッジを差し引くことにより、前記ワークの表裏を判定するための表裏判定用特徴画像を抽出する表裏判定用特徴画像抽出工程と、

前記表裏判定用特徴画像を前記ワーク位置検出工程にて検出された前記ワークの位置に移動させ、前記ワーク撮影エッジ画像と前記表裏判定用特徴画像との類似度を算出して、類似度に基づいて前記載置場所に配置されている前記ワークの表裏を判定する表裏判定工程と、

を含むことを特徴とするワーク判定方法。

【請求項 6】

前記テンプレート画像を所定の大きさの範囲で複数の大きさに拡大または縮小し、複数の角度に回転させるテンプレート画像拡大縮小・回転工程をさらに含み、

前記テンプレート画像エッジ検出工程にて、前記テンプレート画像の複数の大きさ及び複数の角度のそれぞれで、前記テンプレート画像のエッジを検出して、複数のテンプレートエッジ画像を生成し、

前記ワーク位置検出工程にて、前記テンプレートエッジ画像の複数の大きさ及び複数の角度における大きさと角度の複数の組それぞれで、前記ワーク撮影エッジ画像に対する前記テンプレートエッジ画像の位置をずらしながら前記テンプレートエッジ画像と前記ワーク撮影エッジ画像とをマッチングさせたとき、前記テンプレートエッジ画像と前記ワーク撮影エッジ画像との類似度が最も高い前記テンプレートエッジ画像の位置であり、前記複数の組のうち類似度が最も高い組における前記テンプレートエッジ画像の位置を、前記載置場所に配置されている前記ワークの位置であると検出する

ことを特徴とする請求項 5 に記載のワーク判定方法。

【請求項 7】

前記表裏判定工程にて、前記表裏判定用特徴画像を、前記類似度が最も高い組の前記テンプレートエッジ画像の大きさに対応するように拡大または縮小し、前記類似度が最も高い組の前記テンプレートエッジ画像の角度だけ回転させ、拡大または縮小及び回転させた前記表裏判定用特徴画像を、前記類似度が最も高い組の前記テンプレートエッジ画像の位置に移動させることを特徴とする請求項 6 に記載のワーク判定方法。

【請求項 8】

前記ワークの形状を示す C A D データに基づいて、前記ワークの外形線を線画像で示すテンプレート画像を作成するテンプレート画像作成工程と、

前記外形線の内部を所定の色で塗りつぶして、塗りつぶしテンプレート画像を作成する塗りつぶしテンプレート画像作成工程と、

をさらに含み、

前記テンプレート画像エッジ検出工程にて、前記塗りつぶしテンプレート画像のエッジを検出して、前記塗りつぶしテンプレート画像のエッジを前記テンプレートエッジ画像として用いる

ことを特徴とする請求項 5 ～ 7 のいずれか 1 項に記載のワーク判定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワークが載置場所に表裏が正しい状態で配置されているかを判定することができるワーク判定装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ベンディングマシン等の加工機で金属のワークを加工する際に、所定の載置場所に配置されているワークをワーク保持用ロボットで保持させて、加工機に搬入することがある。この場合、画像演算処理装置が、パターンマッチング用のテンプレート画像と、載置場所に配置されているワークをカメラによって撮影した撮影画像とをパターンマッチングさせることによって、ワークが載置場所内のどこにどのような向きで配置されているかを検出することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0003】

【特許文献1】特開平7-319525号公報

【特許文献2】特開2000-288974号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

作業者が誤って載置場所にワークを裏向きに配置してしまうことがある。ワークの表面と裏面とで特徴差が小さいと、表向きに配置されたワークと裏向きに配置されたワークとで、画像演算処理装置によるテンプレート画像とワークの撮影画像とのパターンマッチングによる合致率に大差が出ないことがある。

20

【0005】

すると、裏向きに配置されたワークがワーク保持用ロボットで保持されて加工機によって加工されてしまう。裏向きに配置されたワークが加工された製品は不良品となってしまう。

【0006】

このような問題を解決するために、ワークの表面用及び裏面用それぞれのテンプレート画像を用意し、ワークの撮影画像と表面用及び裏面用それぞれのテンプレート画像とをパターンマッチングさせることが考えられる。ワークの撮影画像と表面用のテンプレート画像とのパターンマッチングによる合致率が、ワークの撮影画像と裏面用のテンプレート画像とのパターンマッチングによる合致率よりも高ければ、ワークは正しく表向きに配置されていると判定することができる。

30

【0007】

しかしながら、ワークの撮影画像と表面用及び裏面用それぞれのテンプレート画像とをパターンマッチングさせる方法では、パターンマッチングに要する処理時間が2倍必要となり、非効率的である。パターンマッチングに要する処理時間をさほど増大させることなく、効率的かつ的確にワークの表裏を判定する方法が求められる。

【0008】

本発明は、ワークが載置場所に表裏が正しい状態で配置されているかを効率的かつ的確に判定することができるワーク判定装置及び方法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】

40

【0009】

本発明は、上述した従来の技術の課題を解決するため、載置場所に配置されているワークとパターンマッチングさせるためのテンプレート画像のエッジを検出して、テンプレートエッジ画像を生成するテンプレート画像エッジ検出部と、前記載置場所に配置されているワークを撮影したワーク撮影画像データのエッジを検出して、ワーク撮影エッジ画像を生成するワーク撮影画像エッジ検出部と、前記テンプレートエッジ画像と前記ワーク撮影エッジ画像とをマッチングさせて、前記載置場所に配置されている前記ワークの位置を検出するワーク位置検出部と、前記テンプレート画像の表裏を反転させて前記ワークの裏面を示すテンプレート裏画像を生成し、前記テンプレート画像から、前記テンプレート画像と前記テンプレート裏画像とが重なり合うエッジを差し引くことにより、前記ワークの表

50

裏を判定するための表裏判定用特徴画像を抽出する表裏判定用特徴画像抽出部と、前記表裏判定用特徴画像を前記ワーク位置検出部によって検出された前記ワークの位置に移動させ、前記ワーク撮影エッジ画像と前記表裏判定用特徴画像との類似度を算出して、類似度に基づいて前記載置場所に配置されている前記ワークの表裏を判定する表裏判定部とを備えることを特徴とするワーク判定装置を提供する。

【0010】

また、本発明は、上述した従来の技術の課題を解決するため、載置場所に配置されているワークとパターンマッチングさせるためのテンプレート画像のエッジを検出して、テンプレートエッジ画像を生成するテンプレート画像エッジ検出工程と、前記載置場所に配置されているワークを撮影したワーク撮影画像データのエッジを検出して、ワーク撮影エッジ画像を生成するワーク撮影画像エッジ検出工程と、前記テンプレートエッジ画像と前記ワーク撮影エッジ画像とをマッチングさせて、前記載置場所に配置されている前記ワークの位置を検出するワーク位置検出工程と、前記テンプレート画像の表裏を反転させて前記ワークの裏面を示すテンプレート裏画像を生成し、前記テンプレート画像から、前記テンプレート画像と前記テンプレート裏画像とが重なり合うエッジを差し引くことにより、前記ワークの表裏を判定するための表裏判定用特徴画像を抽出する表裏判定用特徴画像抽出工程と、前記表裏判定用特徴画像を前記ワーク位置検出工程にて検出された前記ワークの位置に移動させ、前記ワーク撮影エッジ画像と前記表裏判定用特徴画像との類似度を算出して、類似度に基づいて前記載置場所に配置されている前記ワークの表裏を判定する表裏判定工程とを含むことを特徴とするワーク判定方法を提供する。

【発明の効果】

【0011】

本発明のワーク判定装置及び方法によれば、ワークが載置場所に表裏が正しい状態で配置されているかを効率的かつ的確に判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】加工システムの全体的な構成例を示す斜視図である。

【図2】加工システムで加工するワークの一例を示す斜視図である。

【図3】一実施形態のワーク判定装置及びワーク保持用ロボットの制御装置を含む加工システムの全体的な構成例を示すブロック図である。

【図4】図3の画像演算処理装置3及びロボット制御装置5の内部構成例を示すブロック図である。

【図5A】一実施形態のワーク判定装置の動作及び一実施形態のワーク判定方法を説明するための第1の部分的なフローチャートである。

【図5B】一実施形態のワーク判定装置の動作及び一実施形態のワーク判定方法を説明するための第2の部分的なフローチャートである。

【図5C】一実施形態のワーク判定装置の動作及び一実施形態のワーク判定方法を説明するための第3の部分的なフローチャートである。

【図5D】一実施形態のワーク判定装置の動作及び一実施形態のワーク判定方法を説明するための第4の部分的なフローチャートである。

【図6】一実施形態のワーク判定装置及び方法で用いるワーク撮影画像の一例を示す図である。

【図7】一実施形態のワーク判定装置及び方法で用いるテンプレート画像を示す図である。

【図8】一実施形態のワーク判定装置及び方法で用いる塗りつぶしテンプレート画像を示す図である。

【図9】一実施形態のワーク判定装置及び方法で用いるテンプレート裏画像を示す図である。

【図10】塗りつぶしテンプレート画像とテンプレート裏画像とをマッチング処理した状態を示す図である。

【図 1 1】塗りつぶしテンプレート画像とテンプレート裏画像との重なりエッジを示す図である。

【図 1 2】塗りつぶしテンプレート画像から重なりエッジを差し引くことによって抽出される表裏判定用特徴画像を示す図である。

【図 1 3】塗りつぶしテンプレート画像及びワーク撮影画像のエッジを検出するために用いる係数行列の一例を示す図である。

【図 1 4】塗りつぶしテンプレート画像またはワーク撮影画像のエッジのエッジ強度を説明するための図である。

【図 1 5】テンプレート画像と塗りつぶしテンプレート画像のそれぞれをソーベル (Sobel) 変換した状態を比較するための図である。

【図 1 6】テンプレートエッジ画像とワーク撮影エッジ画像とのマッチング処理を説明し、テンプレートエッジ画像の位置が、テンプレートエッジ画像とワーク撮影エッジ画像との類似度が比較的小さくなる位置にある状態を示す概念図である。

【図 1 7】テンプレートエッジ画像とワーク撮影エッジ画像とのマッチング処理を説明し、テンプレートエッジ画像の位置が、テンプレートエッジ画像とワーク撮影エッジ画像との類似度が比較的大きくなる位置にある状態を示す概念図である。

【図 1 8】ローディング台にワークが表向きに配置されているときのワーク撮影エッジ画像と、ローディング台にワークが裏向きに配置されているときのワーク撮影エッジ画像とを示す図である。

【図 1 9】表裏判定用特徴画像の拡大及び回転を示す図である。

【図 2 0】ローディング台にワークが表向きに配置されているときのワーク撮影エッジ画像と拡大及び回転させた表裏判定用特徴画像との類似度を算出する処理と、ローディング台にワークが裏向きに配置されているときのワーク撮影エッジ画像と拡大及び回転させた表裏判定用特徴画像との類似度を算出する処理とを説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、一実施形態のワーク判定装置及び方法について、添付図面を参照して説明する。

【0014】

まず、図 1 を用いて、載置場所に配置されているワークをワーク保持用ロボットで保持させて、加工機に搬入するように構成されている加工システムの全体的な構成例を説明する。図 1 に示す構成例において、加工機 10 はベンディングマシンであり、ワーク保持用ロボット 20 は、ワークを吸着または把持してベンディングマシンへと搬送するワーク搬送ロボットである。

【0015】

加工機はベンディングマシンに限定されることはなく、パンチングマシン、レーザマシン等の任意の加工機でよい。

【0016】

加工機 10 は、上下方向に移動自在の上部テーブル 101 と、固定されている下部テーブル 102 とを有する。上部テーブル 101 にはパンチ金型 Tp が装着され、下部テーブル 102 にはダイ金型 Td が装着されている。加工機 10 には、後述する NC 装置 2 (図 3 に図示) と接続された表示・操作部 21 (操作ペンダント) が装着されている。

【0017】

加工機 10 の前方には、多関節のワーク保持用ロボット 20 が設置されている。ワーク保持用ロボット 20 はガイドレール 201 上に配置されており、ガイドレール 201 に沿って移動自在に構成されている。

【0018】

ワーク保持用ロボット 20 の前方には、ワーク W の載置場所であるローディング台 30 が設置されている。ワーク W は、図 2 に示すような所定の形状を有する金属の板材である。ここでは、ワーク W は矩形状であり、部分的な切り起こし部 W0 を有する。切り起こし部 W0 は、細長く切り欠いた矩形状の穴 W01 と、穴 W01 の両端に連結し、穴 W01 の

10

20

30

40

50

長手方向と直交する方向に伸びた切り込みW 0 2 及びW 0 3 を有する。ローディング台 3 0 には、複数枚のワークW が積み重ねられている。

【0 0 1 9】

複数枚のワークW は、ローディング台 3 0 に、面方向の位置がずれないように正確に積み重ねられているとは限らず、図 1 に示すように、面方向の位置がずれた状態で積み重ねられていることがある。ワークW が図 1 に示すように配置されている状態が、ワークW が正しく表向きに配置されている状態であるとする。

【0 0 2 0】

ローディング台 3 0 の近傍には、ローディング台 3 0 の設置面に対して所定の高さまで延びる支柱 4 0 1 が配置されている。支柱 4 0 1 は、所定の高さまで垂直方向に延び、ローディング台 3 0 側に水平方向に折れ曲がり、さらに、加工機 1 0 の方向へと折れ曲がっている。支柱 4 0 1 の先端部には、カメラ 4 が装着されている。

10

【0 0 2 1】

カメラ 4 は、ローディング台 3 0 に置かれたワークW を撮影するように構成されている。ローディング台 3 0 上でのワークW の位置はずれることがあるから、カメラ 4 は、ローディング台 3 0 の全体を撮影するのがよい。例えば、ローディング台 3 0 の角部 P 0 の位置を、カメラ 4 がローディング台 3 0 を撮影した撮影画像の原点とする。ワーク保持用ロボット 2 0 の原点位置は、撮影画像の原点と一致するように設定されている。

【0 0 2 2】

図 3 を用いて、加工機 1 0 及びワーク保持用ロボット 2 0 を制御する制御装置の構成及び動作を説明する。図 3 において、CAM 1 は、図示していない CAD で生成されたワークW を示す CAD データを保持している。NC 装置 2 は、加工機 1 0 を制御する。表示・操作部 2 1 は、NC 装置 2 に接続されている。

20

【0 0 2 3】

NC 装置 2 には、画像演算処理装置 3 とロボット制御装置 5 が接続されている。画像演算処理装置 3 は、本実施形態のワーク判定装置を構成する。画像演算処理装置 3 は、例えばパーソナルコンピュータで構成することができる。画像演算処理装置 3 には、カメラ 4 が接続されている。

【0 0 2 4】

後述するように、画像演算処理装置 3 は、ローディング台 3 0 に置かれたワークW の位置を検出し、検出した位置情報をロボット制御装置 5 に供給する。画像演算処理装置 3 は、ワークW の位置を検出するのに併せて、ワークW がローディング台 3 0 に表裏が正しい状態で配置されているかを判定する。ロボット制御装置 5 は、ワークW が表向きに配置されていれば、ワークW の位置情報に基づいてワーク保持用ロボット 2 0 を制御する。

30

【0 0 2 5】

図 3 に示す構成例では、加工機 1 0 を制御する NC 装置 2 と、ワーク判定装置を構成する画像演算処理装置 3 と、ワーク保持用ロボット 2 0 を制御するロボット制御装置 5 とを別々に設けているが、これは単なる一例である。

【0 0 2 6】

NC 装置 2 に画像演算処理装置 3 の機能を持たせることによって、NC 装置 2 がワーク判定装置を構成してもよい。NC 装置 2 とロボット制御装置 5 とが一体化されていてもよい。ロボット制御装置 5 に画像演算処理装置 3 の機能を持たせることによって、ロボット制御装置 5 がワーク判定装置を構成してもよい。

40

【0 0 2 7】

図 3 において、CAM 1 は、CAD データを NC 装置 2 に転送する。NC 装置 2 は、受け取った CAD データを画像演算処理装置 3 に転送する。

【0 0 2 8】

図 4 を用いて、画像演算処理装置 3 の機能的な内部構成を説明する。図 4 に示すように、画像演算処理装置 3 は、テンプレート画像作成部 3 1，テンプレート画像塗りつぶし部 3 2，テンプレート画像拡大縮小・回転処理部 3 3，テンプレート画像エッジ検出部 3 4

50

を有する。

【0029】

また、画像演算処理装置3は、ワーク撮影画像エッジ検出部35、マッチング処理部36、表裏判定用特徴画像抽出部38を有する。マッチング処理部36は、ワーク位置検出部361と表裏判定部362とを含む。

【0030】

テンプレート画像作成部31～マッチング処理部36、及び、表裏判定用特徴画像抽出部38のそれぞれは、ソフトウェアモジュールによって構成することができる。テンプレート画像作成部31～マッチング処理部36、及び、表裏判定用特徴画像抽出部38の少なくとも一部をハードウェアによって構成してもよい。ソフトウェアとハードウェアとを組み合わせてもよく、両者の使い分けは任意である。

10

【0031】

図4に示す画像演算処理装置3の動作を、図5A～図5Dのフローチャートを参照しながら説明する。図5Aにおいて、ワーク撮影画像エッジ検出部35は、ステップS10にて、カメラ4より出力されたワーク撮影画像データを取得する。ワーク撮影画像データは、カメラ4がローディング台30に置かれたワークWを撮影したデジタル静止画像データである。

【0032】

図6は、ワーク撮影画像データが示すワーク撮影画像W30を概念的に示している。ワーク撮影画像W30は、ローディング台30上で最上位に配置されたワークWの画像を含む。

20

【0033】

テンプレート画像作成部31は、ステップS21にて、NC装置2より転送されたCADデータを取得する。テンプレート画像作成部31は、ステップS22にて、CADデータを画像データに変換して、図7に示すようなテンプレート画像TWを作成する（テンプレート画像作成工程）。テンプレート画像TWは、ワークWを示すワーク線画像ImWを含む。図7～図12、図19及び図20において、一点鎖線で示す矩形はそれぞれの画像（画像データ）の外縁を示している。

【0034】

CADデータは、例えば、ワークWの形状の各点を示す座標がCSV形式で表されているデータである。テンプレート画像作成部31は、CSV形式のデータに基づいてワークWの形状を示すワーク線画像ImWを含むテンプレート画像TWを作成する。ワーク線画像ImWは、ワークWの外形線を示す画像である。ワークWは図2に示すように面内に切り起こし部W0を有するので、ワーク線画像ImWは、切り起こし部W0を示す切り起こし画像ImW0を含む。

30

【0035】

このときのワーク線画像ImWの大きさは、ワークWの実寸に即した大きさである必要がある。そこで、予め1画素当たりの長さを求めておけば、テンプレート画像作成部31は、ワークWの寸法を何画素で表現すればよいかを算出することができる。テンプレート画像作成部31は、算出した画素数となるようにワーク線画像ImWを描画する。

40

【0036】

具体的には、1画素の長さが0.5mmに相当し、ワークWの所定部分の長さが10cmであったとすれば、その部分を200画素で表現すればよい。

【0037】

テンプレート画像塗りつぶし部32は、ステップS23にて、ワーク線画像ImWの内部を例えば白で塗りつぶす（塗りつぶしテンプレート画像作成工程）。図8は、ワーク線画像ImWの外形線の内部を塗りつぶしたワーク塗りつぶし画像ImWwを含むテンプレート画像TWwを示している。図8におけるハッチングは、ワーク線画像ImWの内部を塗りつぶしていることを示す。以下、テンプレート画像TWwを塗りつぶしテンプレート画像TWwと称することとする。

50

【0038】

図8に示すように、切り起こし画像ImW0の内部は塗りつぶさないのがよい。テンプレート画像塗りつぶし部32は、ワーク線画像ImWの外形線の内部で、内部に存在する閉じた領域以外を所定の色で塗りつぶせばよい。ワーク線画像ImWの内部を塗りつぶしてワーク塗りつぶし画像ImWwとする理由については後述する。

【0039】

図5AにおけるステップS21～S23は、CADデータに基づいて、パターンマッチング用のテンプレート画像（塗りつぶしテンプレート画像TWw）を作成する塗りつぶしテンプレート画像作成処理を示している。

【0040】

ところで、CADデータに基づいてパターンマッチング用のテンプレート画像を作成するのではなく、予め、作業者が、カメラによってワークを撮影してパターンマッチング用のテンプレート画像を作成してもよい。但し、作業者が、ワークを撮影してパターンマッチング用のテンプレート画像を作成するのは煩雑である。よって、CADデータに基づいてパターンマッチング用のテンプレート画像を作成することが好ましい。

【0041】

表裏判定用特徴画像抽出部38には、テンプレート画像塗りつぶし部32によって生成された塗りつぶしテンプレート画像TWwが供給される。表裏判定用特徴画像抽出部38には、ステップS31にて、塗りつぶしテンプレート画像TWwをの表裏を反転させることによって、図9に示すテンプレート裏画像ITWwを作成する。テンプレート裏画像ITWwは、ワーク線画像ImWを反転した反転ワーク塗りつぶし画像ImIWwを含む。反転ワーク塗りつぶし画像ImIWwは、反転切り起こし画像ImIW0を含む。

【0042】

表裏判定用特徴画像抽出部38は、ステップS32にて、図8に示す塗りつぶしテンプレート画像TWwと、図9に示すテンプレート裏画像ITWwとをマッチングさせる。塗りつぶしテンプレート画像TWwとテンプレート裏画像ITWwとをマッチングさせると、図10に示すようになる。表裏判定用特徴画像抽出部38は、ステップS33にて、図11に示すように、重なり合ったエッジ（重なりエッジ）EOLを抽出する。

【0043】

表裏判定用特徴画像抽出部38は、ステップS34にて、塗りつぶしテンプレート画像TWwから重なりエッジEOLを差し引いて、図12に示す表裏判定用特徴画像FWを抽出する（表裏判定用特徴画像抽出工程）。表裏判定用特徴画像FWは、塗りつぶしテンプレート画像TWwから切り起こし画像ImW0のみを抽出した画像に相当する。

【0044】

図5AにおけるステップS31～S34は、塗りつぶしテンプレート画像TWwより表裏判定用特徴画像FWを抽出する表裏判定用特徴画像抽出処理を示している。

【0045】

テンプレート画像拡大縮小・回転処理部33は、図5BのステップS41にて、塗りつぶしテンプレート画像TWwを拡大または縮小する最低倍率をmin、最大倍率をmax、倍率の増分をkと設定する。

【0046】

ローディング台30上のワークWをカメラ4で撮影するとき、積み重ねられているワークWの枚数によって最上位のワークWの撮影画像の大きさは変化する。塗りつぶしテンプレート画像TWwを最低倍率minから最大倍率maxの範囲で増分kごとに拡大または縮小させれば、ワークWの撮影画像の大きさが変化しても、塗りつぶしテンプレート画像TWwをワークWの撮影画像の大きさとほぼ一致させることができる。

【0047】

テンプレート画像拡大縮小・回転処理部33は、ステップS42にて、倍率bをminと設定し、ステップS43にて、塗りつぶしテンプレート画像TWwをb倍する（テンプレート画像拡大縮小工程）。

10

20

30

40

50

【0048】

テンプレート画像拡大縮小・回転処理部33は、ステップS44にて、塗りつぶしテンプレート画像TWwの角度 i を 0° に初期化する。例えば、図8に示す塗りつぶしテンプレート画像TWwの左右方向の辺がワーク撮影画像W30の水平方向と平行となる角度を角度 0° とすればよい。

【0049】

テンプレート画像拡大縮小・回転処理部33は、ステップS45にて、塗りつぶしテンプレート画像TWwを角度 i だけ回転させる（テンプレート画像回転工程）。但し、ステップS44からステップS45に移行した場合、角度 i は 0° であるから、実質的には、テンプレート画像拡大縮小・回転処理部33は、塗りつぶしテンプレート画像TWwを回

10

【0050】

テンプレート画像エッジ検出部34は、図5CのステップS51にて、塗りつぶしテンプレート画像TWwのエッジを検出する（テンプレート画像エッジ検出工程）。テンプレート画像エッジ検出部34は、塗りつぶしテンプレート画像TWwのエッジを検出するために、ソーベル変換を用いるのが好適である。

【0051】

図13の(a)は、塗りつぶしテンプレート画像TWwの水平方向のエッジを検出するためのフィルタであり、図13の(b)は塗りつぶしテンプレート画像TWwの垂直方向のエッジを検出するためのフィルタである。それぞれのフィルタは3行3列の係数行列によって構成される。

20

【0052】

テンプレート画像エッジ検出部34は、ある注目画素を中心として、注目画素と、注目画素の上下左右及び斜め方向の8画素との合計9画素に対して、図13の(a)に示すフィルタのそれぞれ対応する位置の係数を乗算する。テンプレート画像エッジ検出部34は、9画素それぞれの乗算結果を加算して水平方向のエッジを検出する。

【0053】

また、テンプレート画像エッジ検出部34は、注目画素を中心とした9画素に対して、図13の(b)のフィルタのそれぞれ対応する位置の係数を乗算する。テンプレート画像エッジ検出部34は、9画素それぞれの乗算結果を加算して垂直方向のエッジを検出する。

30

【0054】

テンプレート画像エッジ検出部34は、検出した水平方向のエッジと垂直方向のエッジとを加算することによって、塗りつぶしテンプレート画像TWwのエッジを検出する。

【0055】

このとき、テンプレート画像エッジ検出部34は、エッジを構成するそれぞれの画素において、エッジの強度と勾配方向を算出するのがよい。図14において、それぞれの円は画素を示している。ハッチングを付して示す注目画素に対して、ソーベル変換によって水平方向のエッジの値（エッジ強度 E_h ）が5、垂直方向のエッジの値（エッジ強度 E_v ）が1と検出されたとする。

40

【0056】

図14に示すように、水平方向のエッジ強度 E_h と、垂直方向のエッジ強度 E_v は、それぞれ、水平方向のベクトル E_h 、垂直方向のベクトル E_v と考えることができる。

【0057】

水平方向のベクトル E_h と垂直方向のベクトル E_v との合成ベクトル E_{hv} の大きさはそれぞれの画素におけるエッジ強度、合成ベクトル E_{hv} の方向はエッジ勾配方向を示す。エッジ強度Emagnitudeは式(1)で、エッジ勾配方向Edirectionは式(2)で表すことができる。

【0058】

【数 1】

$$Emagnitude = \sqrt{Eh^2 + Ev^2} \quad \dots (1)$$

【0059】

【数 2】

$$Edirection = \tan^{-1}\left(\frac{Ev}{Eh}\right) \quad \dots (2)$$

10

【0060】

テンプレート画像エッジ検出部34は、塗りつぶしテンプレート画像TWwのエッジを構成する全ての画素において、エッジ強度Emagnitudeとエッジ勾配方向Edirectionとを求める。

【0061】

テンプレート画像エッジ検出部34は、エッジ強度Emagnitudeのみを求めてもよく、エッジ勾配方向Edirectionのみを求めてもよい。テンプレート画像エッジ検出部34は、少なくともエッジ強度Emagnitudeを求めるのがよく、エッジ強度Emagnitudeとエッジ勾配方向Edirectionとの双方を求めるとさらによい。

【0062】

図5Cに戻り、ワーク撮影画像エッジ検出部35は、ステップS52にて、ワーク撮影画像データに基づき、ワーク撮影画像W30のエッジを検出する（ワーク撮影画像エッジ検出工程）。ワーク撮影画像エッジ検出部35は、ワーク撮影画像W30のエッジを検出する前にノイズ低減処理を施してもよい。

20

【0063】

ワーク撮影画像エッジ検出部35は、テンプレート画像エッジ検出部34と同様に、図13の(a)及び(b)のフィルタを用いるソーベル変換によってワーク撮影画像W30のエッジを検出する。ワーク撮影画像エッジ検出部35は、テンプレート画像エッジ検出部34と同様に、ワーク撮影画像W30のエッジを構成する全ての画素において、エッジ強度Emagnitudeとエッジ勾配方向Edirectionとを求めるのがよい。

30

【0064】

ワーク撮影画像エッジ検出部35は、エッジ強度Emagnitudeのみを求めてもよく、エッジ勾配方向Edirectionのみを求めてもよい。ワーク撮影画像エッジ検出部35は、少なくともエッジ強度Emagnitudeを求めるのがよく、エッジ強度Emagnitudeとエッジ勾配方向Edirectionとの双方を求めるとさらによい。

【0065】

マッチング処理部36は、ステップS53にて、ワーク撮影画像W30のエッジと塗りつぶしテンプレート画像TWwのエッジとをマッチング処理する（マッチング処理工程）。

【0066】

ここで、テンプレート画像塗りつぶし部32がワーク線画像ImWの内部を塗りつぶして塗りつぶしテンプレート画像TWwとする理由を説明する。

40

【0067】

図15の(a)は、テンプレート画像TWのエッジ近傍の画素値を示している。図15の(a)の左方向がワーク線画像ImWの外側、右方向がワーク線画像ImWの内側である。テンプレート画像TWをソーベル変換すると、エッジが互いの間に間隔を有する2本線の状態で検出されてしまう。

【0068】

図15の(b)は、塗りつぶしテンプレート画像TWwのエッジ近傍の画素値を示している。同様に、図15の(b)の左方向がワーク塗りつぶし画像ImWwの外側、右方向

50

がワーク塗りつぶし画像 I_{mWw} の内側である。塗りつぶしテンプレート画像 T_{Ww} をソーベル変換することにより、エッジは太くはなるものの間隔を有さない 2 本線の状態、即ち、実質的に 1 本線の状態となり、エッジが適切に検出される。

【0069】

仮に、マッチング処理部 36 が、ワーク撮影画像 W_{30} のエッジとエッジが間隔を有する 2 本線の状態で検出されたテンプレート画像 T_W のエッジとをマッチング処理すると、誤差が発生して適切なマッチング処理が行われない。マッチング処理部 36 が、ワーク撮影画像 W_{30} のエッジと塗りつぶしテンプレート画像 T_{Ww} のエッジとをマッチング処理することによって、適切なマッチング処理が行われる。

【0070】

図 16 を用いて、マッチング処理部 36 によるマッチング処理の詳細を説明する。図 16 において、 E_{TW} は、テンプレート画像エッジ検出部 34 が塗りつぶしテンプレート画像 T_{Ww} をソーベル変換したテンプレートエッジ画像を概念的に示している。 E_{W30} は、ワーク撮影画像 W_{30} をソーベル変換したワーク撮影エッジ画像を概念的に示している。

【0071】

図 16 においては、理解を容易にするために、テンプレートエッジ画像 E_{TW} とワーク撮影エッジ画像 E_{W30} のそれぞれのエッジを構成する画素を拡大して概念的に示している。

【0072】

マッチング処理部 36 は、ワーク撮影エッジ画像 E_{W30} の所定位置にテンプレートエッジ画像 E_{TW} を配置して両者の類似度を算出し、テンプレートエッジ画像 E_{TW} を水平方向または垂直方向に 1 画素ずつずらしながら両者の類似度を算出する。

【0073】

図 16 に示すように、テンプレートエッジ画像 E_{TW} の画素 P_1 とワーク撮影エッジ画像 E_{W30} の画素 P_{32} とが対応する位置にあるとき、マッチング処理部 36 は、両者の類似度を算出する。マッチング処理部 36 は、テンプレートエッジ画像 E_{TW} のそれぞれのエッジの画素とワーク撮影エッジ画像 E_{W30} の画素との類似度を算出する。

【0074】

マッチング処理部 36 は、例えば、テンプレートエッジ画像 E_{TW} の画素とワーク撮影エッジ画像 E_{W30} の対応する位置の画素の値の差分値を求め、全ての画素について差分値を積分した積分値を、テンプレートエッジ画像 E_{TW} とワーク撮影エッジ画像 E_{W30} との全体の類似度とすることができる。この場合、積分値が小さいほど類似度が高くなる。

【0075】

図 16 の場合、ワーク撮影エッジ画像 E_{W30} のエッジとテンプレートエッジ画像 E_{TW} のエッジとは位置がずれているので、類似度は比較的小さくなる。

【0076】

図 17 は、マッチング処理部 36 がテンプレートエッジ画像 E_{TW} をずらして、テンプレートエッジ画像 E_{TW} の画素 P_1 とワーク撮影エッジ画像 E_{W30} の画素 P_{312} とが対応する位置にある状態を示している。図 17 の場合、ワーク撮影エッジ画像 E_{W30} のエッジとテンプレートエッジ画像 E_{TW} のエッジとは位置が近いので、類似度は比較的大きくなる。

【0077】

このように、マッチング処理部 36 は、テンプレートエッジ画像 E_{TW} を水平方向または垂直方向に 1 画素ずつずらしながら、テンプレートエッジ画像 E_{TW} とワーク撮影エッジ画像 E_{W30} とが最も類似するテンプレートエッジ画像 E_{TW} の位置を探索する。

【0078】

マッチング処理部 36 は、上述した水平方向のエッジ強度 E_h と垂直方向のエッジ強度 E_v とエッジ強度 $E_{magnitude}$ とを用いて、類似度を算出してもよい。テンプレートエッジ

10

20

30

40

50

画像 E T W における画素の水平方向のエッジ強度 E h 1、垂直方向のエッジ強度 E v 1、エッジ強度 Emagnitude を E m 1、ワーク撮影エッジ画像 E W 3 0 における画素の水平方向のエッジ強度 E h 3、垂直方向のエッジ強度 E v 3、エッジ強度 Emagnitude を E m 3 とすると、対応する位置の画素の類似度 D s は、式 (3) によって求めることができる。

【0079】

$$D s = (E h 1 \times E h 3 + E v 1 \times E v 3) / (E m 1 \times E m 3) \quad \cdots (3)$$

【0080】

マッチング処理部 3 6 は、テンプレートエッジ画像 E T W の全ての画素についてワーク撮影エッジ画像 E W 3 0 との類似度 D s を求める。マッチング処理部 3 6 は、全ての画素について求めた類似度 D s を積分した積分値を、テンプレートエッジ画像 E T W とワーク撮影エッジ画像 E W 3 0 との全体の類似度とすることができる。

10

【0081】

式 (3) を用いる場合、画素が類似しているほど、類似度 D s の値が大きくなり、類似度 D s の積分値も大きくなる。以下、式 (3) を用いて類似度 D s を求める場合を例として説明する。マッチング処理部 3 6 は、さらにエッジ勾配方向 E direction を比較して類似度を算出してもよい。

【0082】

図 5 C に戻り、マッチング処理部 3 6 は、ステップ S 5 4 にて、最も高い類似度を変数 score に保存する。マッチング処理部 3 6 内のワーク位置検出部 3 6 1 は、ステップ S 5 5 にて、ワーク撮影エッジ画像 E W 3 0 に対する最も類似度が高いテンプレートエッジ画像 E T W の位置を検出する。これによって、マッチング処理部 3 6 (ワーク位置検出部 3 6 1) は、ローディング台 3 0 に置かれた最上位のワーク W の位置を検出することができる。

20

【0083】

但し、ステップ S 5 5 では、1 つの選択した角度と大きさの塗りつぶしテンプレート画像 T W w に基づくテンプレートエッジ画像 E T W によって、ワーク W の大まかな位置が検出されているに過ぎない。ワーク W の位置が正確に検出されていないこともある。

【0084】

図 5 C におけるステップ S 5 1 ~ S 5 5 は、選択した角度と大きさの塗りつぶしテンプレート画像 T W w に基づくテンプレートエッジ画像 E T W を用いて、ワーク撮影エッジ画像 E W 3 0 の位置を探索するワーク撮影エッジ画像位置探索処理を示している。

30

【0085】

マッチング処理部 3 6 は、ステップ S 6 1 にて、最初のマッチング処理であるか否かを判定する。最初のマッチング処理であれば (YES)、即ち、塗りつぶしテンプレート画像 T W w の倍率 b を m i n、角度 i を 0 ° としたときのテンプレートエッジ画像 E T W を用いたマッチング処理であれば、マッチング処理部 3 6 は、ステップ S 6 2 にて、変数 score を最大類似度 Maxscore に設定して、処理を図 5 B のステップ S 4 6 に戻す。

【0086】

テンプレート画像拡大縮小・回転処理部 3 3 は、ステップ S 4 6 にて、角度 i を 1 ° 増大させ、ステップ S 4 7 にて、塗りつぶしテンプレート画像 T W w を 3 6 0 ° 回転させたか否かを判定する。角度 i の増分は 1 ° に限定されない。塗りつぶしテンプレート画像 T W w を回転させるのは、ローディング台 3 0 上のワーク W は種々の角度で配置されている可能性があるからである。

40

【0087】

塗りつぶしテンプレート画像 T W w を 3 6 0 ° 回転させていなければ (NO)、テンプレート画像拡大縮小・回転処理部 3 3 は、ステップ S 4 5 にて、塗りつぶしテンプレート画像 T W w を角度 i だけ回転させる。ステップ S 4 6 からステップ S 4 7 を経てステップ S 4 5 に移行した場合、塗りつぶしテンプレート画像 T W w は角度 i だけ回転される。

【0088】

ステップ S 4 5 の後、図 5 C のワーク撮影エッジ画像位置探索処理では、角度 i を 1 °

50

とした塗りつぶしテンプレート画像 TWw に基づくテンプレートエッジ画像 ETW によって最も高い類似度が変数 $score$ に保存される。また、ワーク撮影エッジ画像位置探索処理では、ワーク撮影エッジ画像 $EW30$ に対する最も類似度が高いテンプレートエッジ画像 ETW の位置が検出される。

【0089】

マッチング処理部 36 は、ステップ S 61 にて、最初のマッチング処理ではない (NO) と判定するので、ステップ S 63 にて、 $Maxscore < score$ であるか否かを判定する。 $Maxscore < score$ であれば (YES)、角度 i を 0° としたときに得られた変数 $score$ よりも角度 i を 1° としたときに得られた変数 $score$ の方が大きいということである。

【0090】

マッチング処理部 36 は、ステップ S 64 にて、変数 $score$ を最大類似度 $Maxscore$ に設定し、このときの倍率 b 、角度 i 、テンプレートエッジ画像 ETW の検出位置を記憶して、処理を図 5B のステップ S 46 に戻す。

【0091】

ステップ S 63 にて、 $Maxscore < score$ でなければ (NO)、マッチング処理部 36 は、処理を図 5B のステップ S 46 に戻す。

【0092】

テンプレート画像拡大縮小・回転処理部 33 は、ステップ S 46 にて、再び、角度 i を 1° 増大させ、ステップ S 47 にて、塗りつぶしテンプレート画像 TWw を 360° 回転させていなければ (NO)、同様に、図 5C のステップ S 51～S 55 及び S 61～S 64

【0093】

塗りつぶしテンプレート画像 TWw を 360° 回転させるまで図 5C のステップ S 51～S 55 及び S 61～S 64 を繰り返すことにより、それぞれの角度 i における変数 $score$ のうち、最大類似度 $Maxscore$ を示す角度 i が求められる。

【0094】

ステップ S 47 にて塗りつぶしテンプレート画像 TWw を 360° 回転させていれば (YES)、テンプレート画像拡大縮小・回転処理部 33 は、ステップ S 48 にて、倍率 b を k だけ増大させる。テンプレート画像拡大縮小・回転処理部 33 は、ステップ S 49 にて、倍率 b が最大倍率 max より大きくなったか否かを判定する。

【0095】

倍率 b が最大倍率 max より大きくなっていない (NO)、テンプレート画像拡大縮小・回転処理部 33 はステップ S 44 及び S 45 を繰り返し、マッチング処理部 36 はステップ S 51～S 55 及び S 61～S 64 を繰り返す。また、テンプレート画像拡大縮小・回転処理部 33 はステップ S 46～S 49 を繰り返す。

【0096】

倍率 b が最大倍率 max より大きくなってい (YES)、最大倍率 max までの全ての倍率 b で、塗りつぶしテンプレート画像 TWw を 360° 回転させるまでステップ S 51～S 55 及び S 61～S 64 が繰り返されたということである。

【0097】

このように、ワーク位置検出部 361 は、テンプレートエッジ画像 ETW の複数の大きさ及び複数の角度のうち、大きさと角度の組を 1 つ選択し、ワーク撮影エッジ画像 $EW30$ に対するテンプレートエッジ画像 ETW の位置をずらしながら、テンプレートエッジ画像 ETW とワーク撮影エッジ画像 $EW30$ とをマッチングさせる。ワーク位置検出部 361 は、マッチングの結果、テンプレートエッジ画像 ETW とワーク撮影エッジ画像 $EW30$ との類似度が最も高いテンプレートエッジ画像 ETW の位置を予備的にワーク W の位置を検出する。

【0098】

ワーク位置検出部 361 は、大きさと角度の組を順次異ならせて、大きさと角度の複数の組それぞれで、同様にテンプレートエッジ画像 ETW とワーク撮影エッジ画像 $EW30$

10

20

30

40

50

とをマッチングさせて、テンプレートエッジ画像 E T W とワーク撮影エッジ画像 E W 3 0 との類似度が最も高いテンプレートエッジ画像 E T W の位置を予備的にワーク W の位置を検出する。

【0099】

ワーク位置検出部 3 6 1 は、複数の組のうち類似度が最も高い組におけるテンプレートエッジ画像 E T W の位置を、最終的にローディング台 3 0 に置かれたワーク W の位置であると検出する（ワーク位置検出工程）。

【0100】

式（3）を用いる場合を例とすれば、ワーク位置検出部 3 6 1 は、全ての組のテンプレートエッジ画像 E T W によって算出された類似度 D s の積分値のうち、最も大きい値の積分値が得られたテンプレートエッジ画像 E T W の位置をワーク W の位置と決定すればよい。

10

【0101】

以上のようにして、ステップ S 6 4 では、全ての倍率 b と全ての角度 i との組み合わせのうち、最大類似度 Maxscore が得られたときの倍率 b、角度 i、テンプレートエッジ画像 E T W の検出位置が記憶されることになる。

【0102】

図 5 B におけるステップ S 4 1 ～ S 4 3、S 4 8 及び S 4 9 は、塗りつぶしテンプレート画像 T W w を最低倍率 m i n から最大倍率 m a x までの範囲で、増分 k ごとに拡大または縮小する塗りつぶしテンプレート画像拡大縮小処理を示している。図 5 C におけるステップ S 6 1 ～ S 6 4 は、最大類似度 Maxscore を示すときの倍率 b、角度 i、テンプレートエッジ画像 E T W の検出位置を検出して記憶する最大類似度条件記憶処理を示している。

20

【0103】

ステップ S 4 9 にて倍率 b が最大倍率 m a x より大きくなっていれば（YES）、マッチング処理部 3 6 内の表裏判定部 3 6 2 は、図 5 D のステップ S 7 1 にて、表裏判定用特徴画像抽出部 3 8 がステップ S 3 4 にて抽出した表裏判定用特徴画像 F W の画素数が 0 より大きいかなかを判定する。

【0104】

表裏判定用特徴画像 F W の画素数が 0 より大きければ（YES）、表裏判定部 3 6 2 は、ステップ S 7 2 にて、最大類似度 Maxscore となったマッチング処理で得られた倍率 b、角度 i、テンプレートエッジ画像 E T W の検出位置を読み出す。表裏判定部 3 6 2 は、ステップ S 7 3 にて、表裏判定用特徴画像 F W を倍率 b で拡大または縮小し、角度 i だけ回転させ、表裏判定用特徴画像 F W をテンプレートエッジ画像 E T W の検出位置へと移動させる。

30

【0105】

表裏判定用特徴画像 F W を最大類似度 Maxscore が得られたときの倍率 b で拡大または縮小し、角度 i だけ回転させることによって、表裏判定用特徴画像 F W はワーク撮影画像 W 3 0 内のワーク W の大きさ及び角度に対応した大きさ及び角度となる。テンプレートエッジ画像 E T W の検出位置は、ワーク撮影画像 W 3 0 内のワーク W の位置（ローディング台 3 0 上のワーク W の位置）を示す。よって、表裏判定用特徴画像 F W をテンプレートエッジ画像 E T W の検出位置へと移動させれば、表裏判定用特徴画像 F W はワーク W の位置に対応する位置へと移動する。

40

【0106】

表裏判定部 3 6 2 は、ステップ S 7 4 にて、ワーク撮影エッジ画像 E W 3 0 と表裏判定用特徴画像 F W との類似度を算出し、ステップ S 7 5 にて、類似度が所定の閾値以上であるかなかを判定する（表裏判定工程）。ここでも、ワーク撮影エッジ画像 E W 3 0 と表裏判定用特徴画像 F W とが類似すればするほど類似度を示す値が高くなるとする。

【0107】

類似度が閾値以上であれば（YES）、ワーク W はローディング台 3 0 に表裏が正しい状態で配置されているということであり、マッチング処理部 3 6 は、処理をステップ S 8 1

50

に移行させる。閾値未満であれば（NO）、ワークWはローディング台30に表裏が正しい状態で配置されていないということであり、マッチング処理部36（表裏判定部362）は、処理をステップS82に移行させる。

【0108】

ステップS71にて表裏判定用特徴画像FWの画素数が0より大きくなければ（NO）、表裏判定部362は、ステップS76にて、表裏判定不可であると決定し、処理をステップS81に移行させる。表裏判定用特徴画像FWの画素数が0より大きくない（画素数が0である）ということは、図5AのステップS34にて、ワークWの表裏を判定するための特徴画像が抽出できなかったということである。表向きのワークWとの裏向きのワークWとで形状に差がなければ、表裏判定用特徴画像FWの画素数は0となる。

10

【0109】

図5DにおけるステップS71～S76は、ローディング台30に配置されているワークWが正しく表向きに配置されているか否か判定する表裏判定処理を示している。

【0110】

マッチング処理部36は、ステップS81にて、ワークWの位置情報（ワーク位置情報）をロボット制御装置5に転送して処理を終了させる。マッチング処理部36（表裏判定部362）は、ステップS82にて、NC装置2に、ワークWが正しく表向きに配置されていないことを示すエラー情報を送信して処理を終了させる。

【0111】

エラー情報を受信したNC装置2は、表示・操作部21にワークWが裏向きに配置されていることを表示させてもよいし、ワーク保持用ロボット20によってワークWを保持させないよう、ロボット制御装置5を制御してもよい。

20

【0112】

図18～図20を用いて、ステップS73～S75の処理を具体的に説明する。図18の（a）は、ローディング台30にワークWが正しく表向きに配置されているときのワーク撮影エッジ画像EW30を示している。図18の（a）及び（b）においては、簡略化のため、最上位のワークWのワーク撮影エッジ画像EW30のみが示されている。ワーク撮影エッジ画像EW30は、ワークWの外周部のエッジEWと切り起こし部W0のエッジEW0とを含む。

【0113】

ワークWは、ローディング台30の角部P0（図1参照）を原点（0，0）としたときワークWの左下角部が所定の座標（x，y）に位置して、反時計回りに30°回転しているとする。

30

【0114】

図18（b）は、ローディング台30にワークWが誤って裏向きに配置されているときのワーク撮影エッジ画像EW30を示している。ワーク撮影エッジ画像EW30は、ワークWの外周部のエッジEWと切り起こし部W0のエッジEW0とを含む。ここでのエッジEW0は切り起こし部W0をワークWの裏面から見たときのエッジである。同様に、ワークWは左下角部が座標位置（x，y）に位置して、反時計回りに30°回転しているとする。

40

【0115】

図18の（a）及び（b）の場合、最大類似度Maxscoreが得られたときの角度iは30°である。最大類似度Maxscoreが得られたときの倍率bは1.2であったとする。図19に示すように、表裏判定部362は、表裏判定用特徴画像FWを1.2倍し、反時計回りに30°回転させて、表裏判定用特徴画像FW'とする。表裏判定用特徴画像FWに含まれる切り起こし画像ImW0も1.2倍となり、反時計回りに30°回転して、切り起こし画像ImW0'となる。

【0116】

図18の（a）に図19に示す表裏判定用特徴画像FW'を重ねると、図20の（a）のような状態となる。切り起こし部W0のエッジEW0と切り起こし画像ImW0'とは

50

完全には重ならないこともあるが、ここでは便宜上、エッジE W 0と切り起こし画像I m W 0'とが完全に重なっているとする。

【0117】

表裏判定部362がワーク撮影エッジ画像E W 30と表裏判定用特徴画像F W'との類似度を算出すると、エッジE W 0と切り起こし画像I m W 0'とが重なっているため、類似度は比較的大きな値となり、所定の閾値以上となる。よって、表裏判定部362は、ワークWは表向きに配置されていると判定することができる。

【0118】

図18の(b)に図19に示す表裏判定用特徴画像F W'を重ねると、図20の(b)のような状態となる。表裏判定部362がワーク撮影エッジ画像E W 30と表裏判定用特徴画像F W'との類似度を算出すると、エッジE W 0と切り起こし画像I m W 0'とは完全にずれた位置にあるため、類似度は極めて小さい値となり、閾値未満となる。よって、表裏判定部362は、ワークWは裏向きに配置されていると判定することができる。

10

【0119】

図4において、ロボット制御装置5内のロボット座標変換部51は、入力されたワーク位置情報を、ワーク保持用ロボット20をどのように動かすかを定めるロボット座標に変換する。ロボット座標は、ワーク保持用ロボット20の回転角、ガイドレール201上の位置、関節の角度のうちの少なくとも1つである。

【0120】

ロボット制御装置5は、ロボット座標に基づいてワーク保持用ロボット20を動かし、ローディング台30上の最上位のワークWを保持させる。ワーク保持用ロボット20は、ワークWを加工機10へと搬送し、加工後のワークWを所定の位置に搬出する。

20

【0121】

前述のように、ワーク保持用ロボット20の原点位置は撮影画像の原点と一致しているから、上記のように検出したワークWの位置はそのままワーク保持用ロボット20がワークWを保持する位置となる。

【0122】

以上説明したように、本実施形態のワーク判定装置は、表裏判定用特徴画像抽出部38と、表裏判定部362とを備える。表裏判定用特徴画像抽出部38は、テンプレート画像(塗りつぶしテンプレート画像T W w)の表裏を反転させてワークの裏面を示すテンプレート裏画像I T W wを生成する。表裏判定用特徴画像抽出部38は、テンプレート画像から、テンプレート画像とテンプレート裏画像I T W wとの重なりエッジE O Lを差し引くことにより、ワークWの表裏を判定するための表裏判定用特徴画像F Wを抽出する。

30

【0123】

表裏判定部362は、表裏判定用特徴画像F W(またはF W')をワーク位置検出部361によって検出されたワークWの位置に移動させ、ワーク撮影エッジ画像E W 30と表裏判定用特徴画像F Wとの類似度を算出して、類似度に基づいてワークWの表裏を判定する。

【0124】

従って、本実施形態のワーク判定装置によれば、ワーク撮影画像W 30と表面用及び裏面用それぞれのテンプレート画像とをパターンマッチングさせる必要がないため、パターンマッチングに要する処理時間をさほど増大させることなく、効率的かつ的確にワークWの表裏を判定することができる。

40

【0125】

本実施形態のワーク判定方法は、ワークWの表裏を判定するための表裏判定用特徴画像F Wを抽出する表裏判定用特徴画像抽出工程と、ワーク撮影エッジ画像E W 30と表裏判定用特徴画像F W(またはF W')との類似度に基づいてワークWの表裏を判定する表裏判定工程とを含む。本実施形態のワーク判定方法によれば、効率的かつ的確にワークWの表裏を判定することができる。

【0126】

50

本実施形態のワーク判定装置は、テンプレート画像を所定の大きさの範囲で複数の大きさに拡大または縮小し、複数の角度に回転させるテンプレート画像拡大縮小・回転処理部33を備える構成とすることが好ましい。本実施形態のワーク位置検出方法は、テンプレート画像拡大縮小・回転工程を含む構成とすることが好ましい。

【0127】

このように構成すれば、積み重ねられているワークWの枚数によって最上位のワークWの撮影画像の大きさが変化しても、ワークWが任意の角度で配置されていても、ワークWの位置を的確に検出することができる。

【0128】

本実施形態のワーク判定装置及び方法は、表裏判定用特徴画像FWを、拡大または縮小したテンプレート画像の大きさに対応するように拡大または縮小し、テンプレート画像の角度に対応するように回転させる。従って、本実施形態のワーク判定装置及び方法によれば、テンプレート画像を拡大または縮小させても、テンプレート画像を回転させても、ワーク撮影エッジ画像EW30と表裏判定用特徴画像FWとの類似度を的確に算出でき、ワークWの表裏を判定することができる。

【0129】

ところで、載置場所に配置されているワークWとパターンマッチングさせるためのテンプレート画像としては、ワークWの形状を示すCADデータに基づいて作成されたワークWの外形線を線画像で示すテンプレート画像の内部を塗りつぶした塗りつぶしテンプレート画像TWwを用いるのがよい。

【0130】

塗りつぶしテンプレート画像TWwを用いれば、ワークWを撮影してテンプレート画像を作成するという煩雑な作業が不要となる。ワークWを撮影する場合、一般的には、撮影専用の作業台が用いられる。塗りつぶしテンプレート画像TWwを用いれば、撮影専用の作業台が不要となり、環境が変化しても、テンプレート画像を作成し直す必要はない。塗りつぶしテンプレート画像TWwを用いれば、エッジが適切に検出されるので、ワーク撮影画像W30のエッジと塗りつぶしテンプレート画像TWwのエッジとのマッチングが的確に行われる。

【0131】

本発明は以上説明した本実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。

【符号の説明】

【0132】

- 1 CAM
- 2 NC装置
- 3 画像演算処理装置
- 4 カメラ
- 5 ロボット制御装置
- 10 加工機
- 20 ワーク保持用ロボット
- 30 ローディング台（載置場所）
- 31 テンプレート画像作成部
- 32 テンプレート画像塗りつぶし部
- 33 テンプレート画像拡大縮小・回転処理部
- 34 テンプレート画像エッジ検出部
- 35 ワーク撮影画像エッジ検出部
- 36 マッチング処理部
- 38 表裏判定用特徴画像抽出部
- 361 ワーク位置検出部
- 362 表裏判定部

10

20

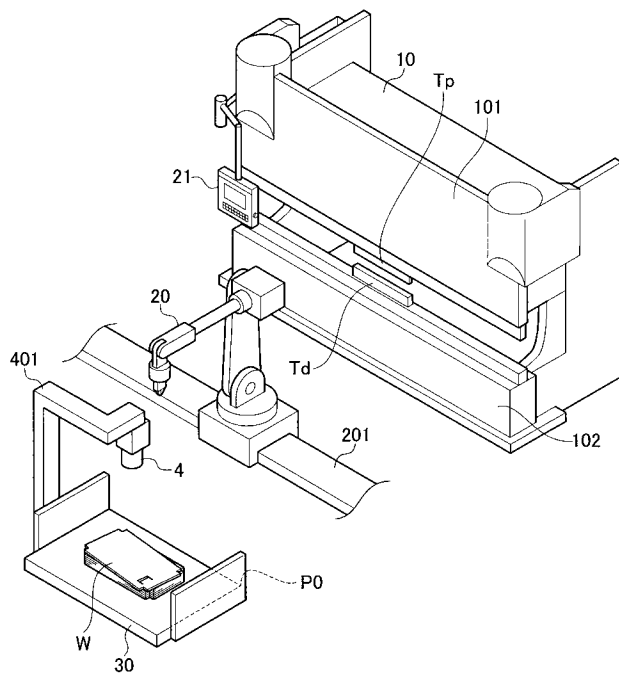
30

40

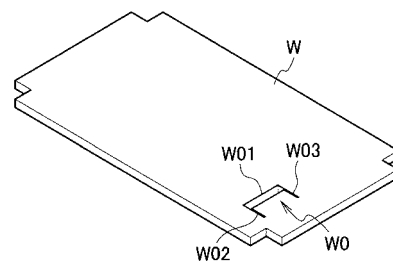
50

W ワーク

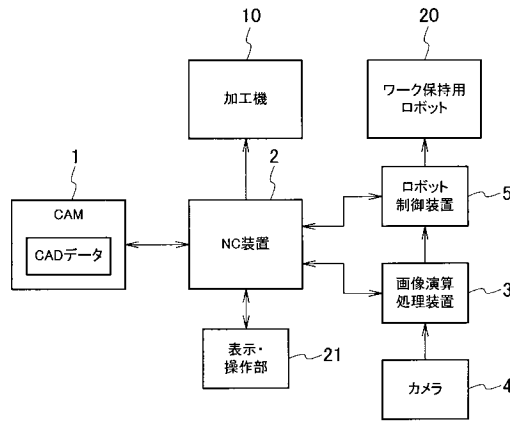
【図 1】



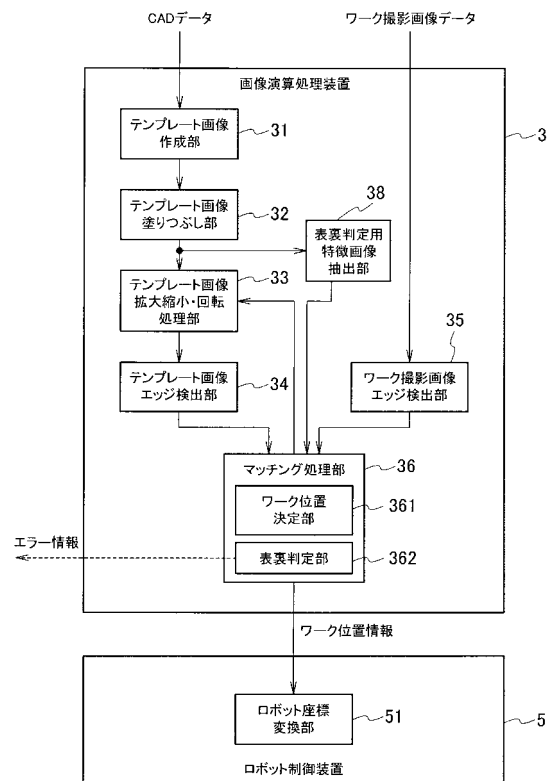
【図 2】



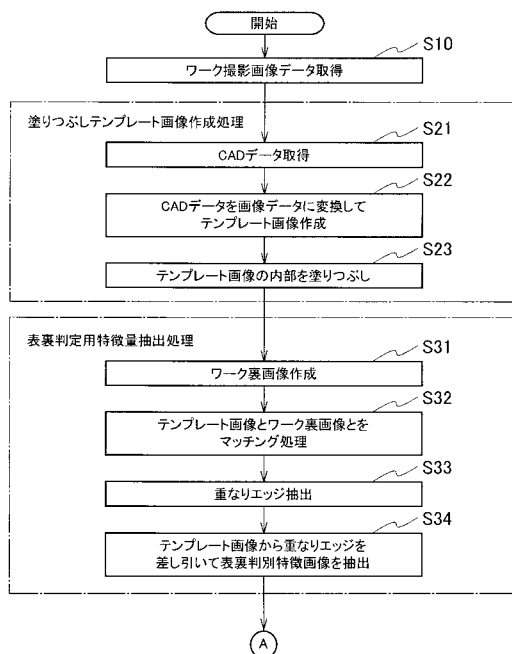
【図 3】



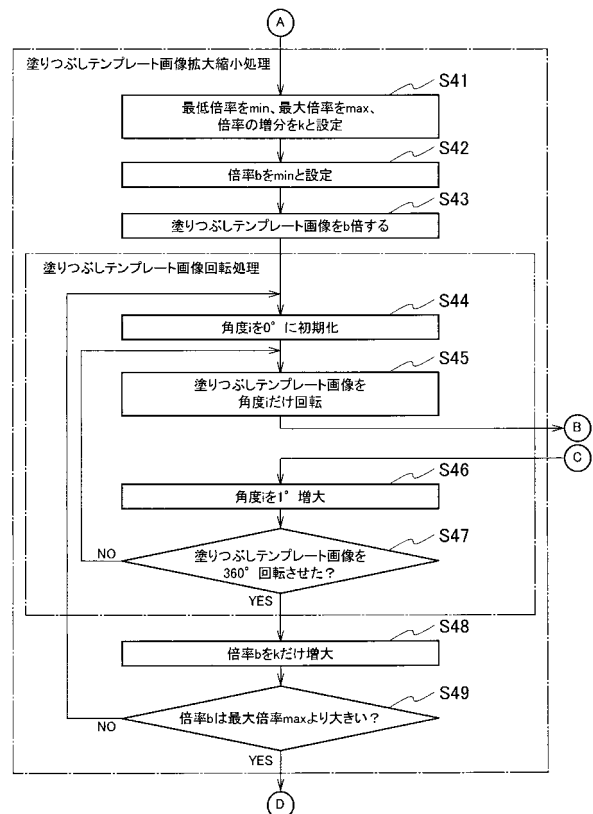
【図 4】



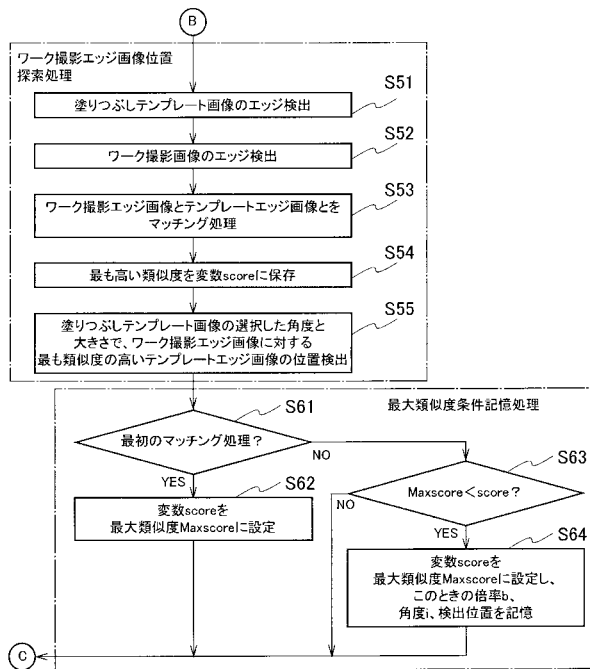
【図 5 A】



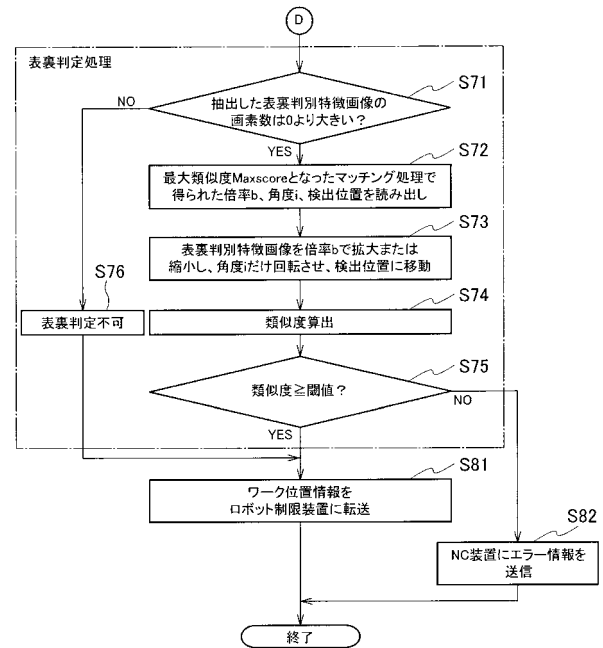
【図 5 B】



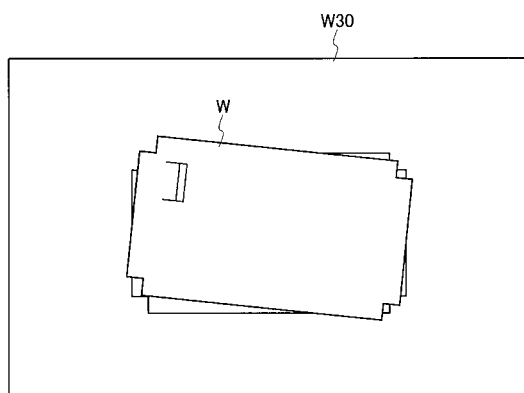
【図 5 C】



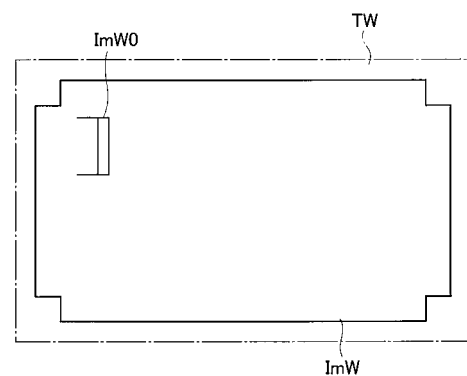
【図 5 D】



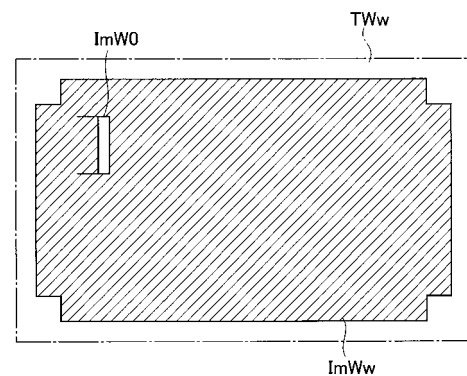
【図 6】



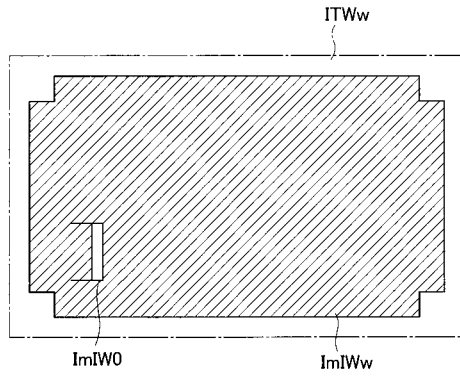
【図 7】



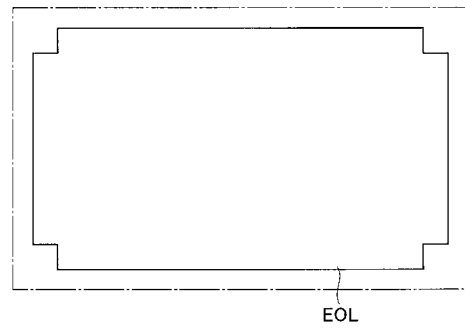
【図 8】



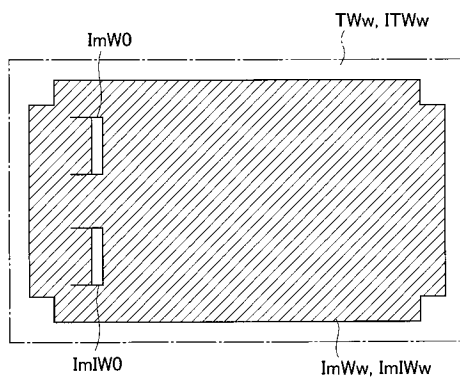
【図 9】



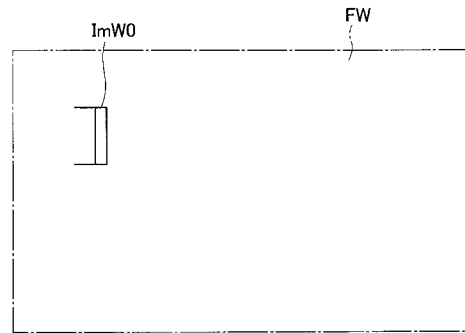
【図 11】



【図 10】



【図 12】



【図 13】

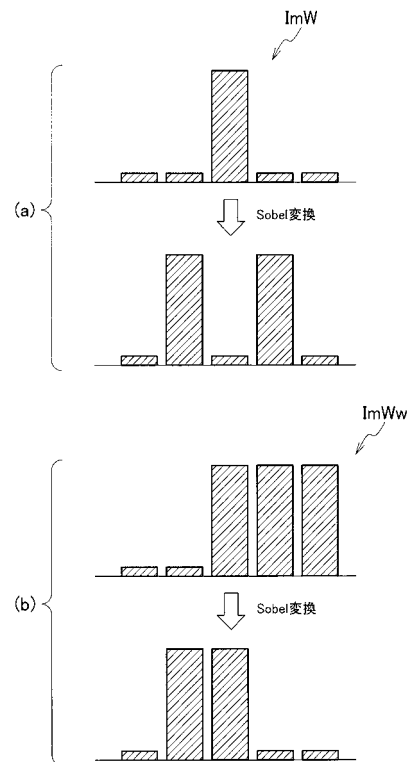
(a)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

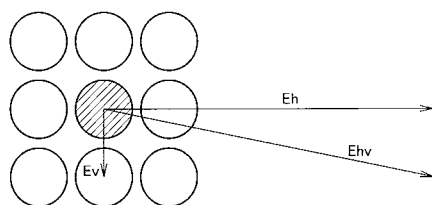
(b)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

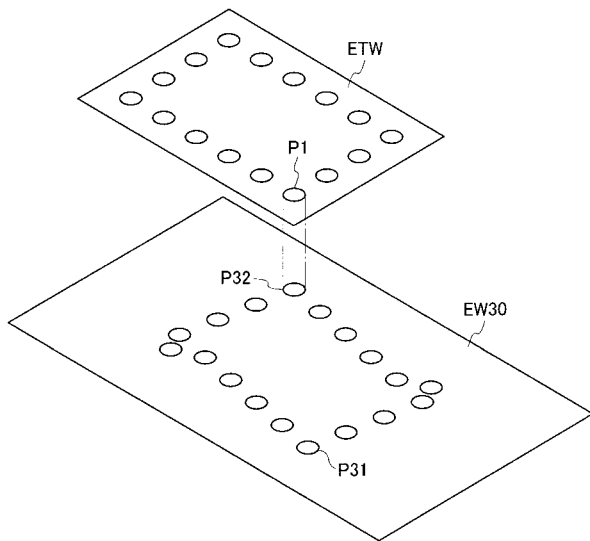
【図 15】



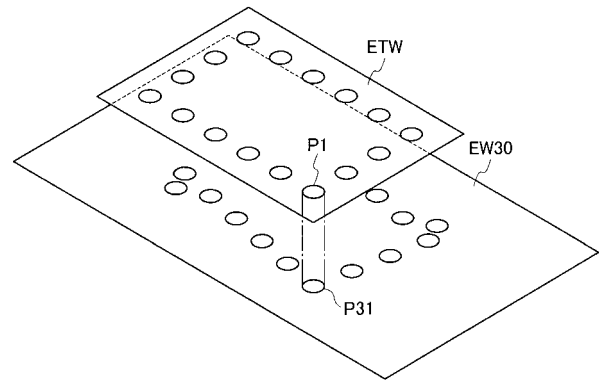
【図 14】



【図 16】

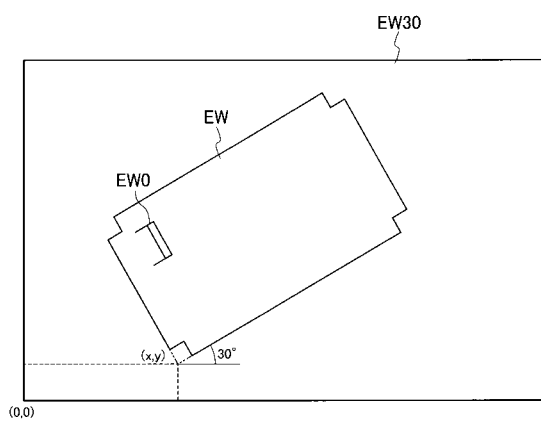


【図 17】

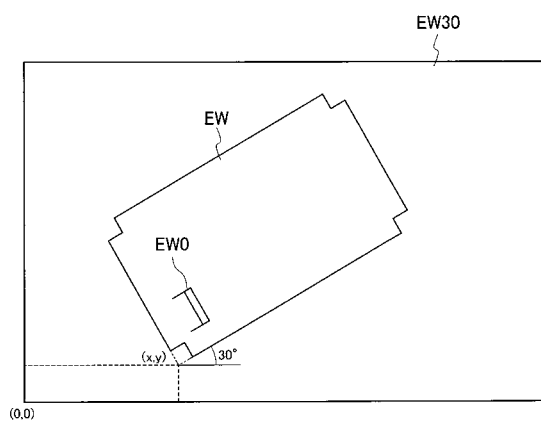


【図 18】

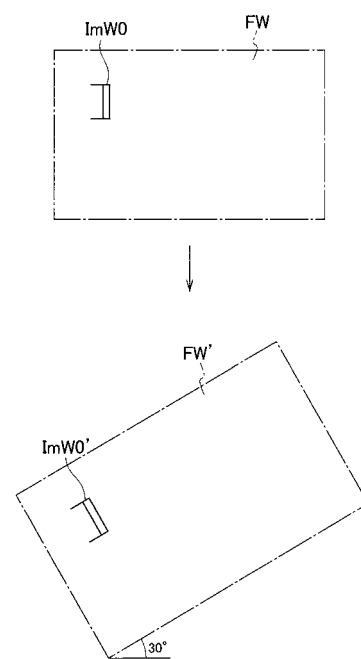
(a)



(b)

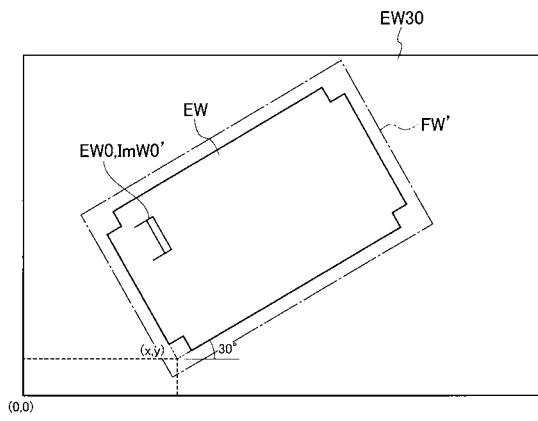


【図 19】

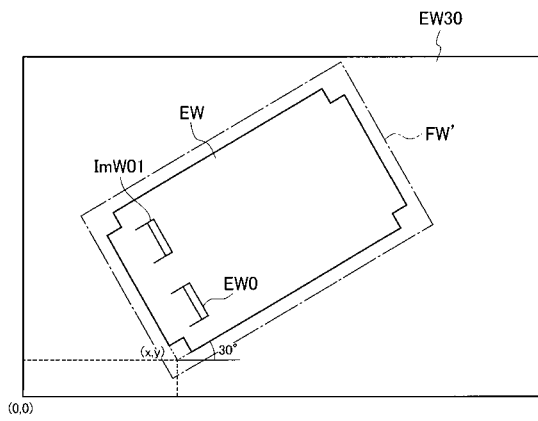


【図 20】

(a)



(b)



フロントページの続き

Fターム(参考) 5L096 AA06 BA05 CA02 EA03 EA16 FA06 FA67 FA69 JA03 JA09
JA11