

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7686888号
(P7686888)

(45)発行日 令和7年6月2日(2025.6.2)

(24)登録日 令和7年5月23日(2025.5.23)

(51)国際特許分類	F I			
G 0 6 Q 50/10 (2012.01)	G 0 6 Q	50/10		
G 0 6 T 7/00 (2017.01)	G 0 6 T	7/00	3 5 0 B	
G 0 6 T 7/70 (2017.01)	G 0 6 T	7/70	A	
B 6 5 G 1/04 (2006.01)	B 6 5 G	1/04	5 5 5 Z	

請求項の数 21 (全39頁)

(21)出願番号	特願2024-531347(P2024-531347)	(73)特許権者	515134368
(86)(22)出願日	令和4年11月25日(2022.11.25)		オカド・イノベーション・リミテッド
(65)公表番号	特表2024-545611(P2024-545611 A)		イギリス国、エーエル1 0・9ユーエル、ハートフォードシャー、ハットフィールド、モスキート・ウェイ、ビルディング・ワン・アンド・トゥー・トリデント・プレイス、ザ・アイビー・デパートメント気付
(43)公表日	令和6年12月10日(2024.12.10)	(74)代理人	110003708
(86)国際出願番号	PCT/EP2022/083364		弁理士法人鈴榮特許総合事務所
(87)国際公開番号	WO2023/094634	(72)発明者	ピアマン、クリストファー
(87)国際公開日	令和5年6月1日(2023.6.1)		イギリス国、エーエル1 0・9ユーエル、ハートフォードシャー、ハットフィールド、モスキート・ウェイ、トリデント・プレイス 1、ザ・リーガル・デパー
審査請求日	令和6年7月17日(2024.7.17)		最終頁に続く
(31)優先権主張番号	2117095.6		
(32)優先日	令和3年11月26日(2021.11.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	英国(GB)		

(54)【発明の名称】 搬送デバイスの作業空間中の除外ゾーンを決定すること

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

作業空間中で動作する 1 つまたは複数の搬送デバイスの移動の制御を支援するためのコンピュータ実装方法であって、前記方法は、

1 つまたは複数の画像センサーによってキャプチャされた前記作業空間の画像表現を取得することと、

インターフェースにおいて、前記作業空間の前記画像表現のターゲット画像部分を取得することと、

前記ターゲット画像部分を前記作業空間中のターゲットロケーションにマッピングすることと、

前記マッピングに基づいて、前記 1 つまたは複数の搬送デバイスが入るのを禁止されることになる、前記ターゲットロケーションを備える、前記作業空間中の除外ゾーンを決定することと、

前記作業空間中の前記除外ゾーンを実装するために、前記除外ゾーンを表現する除外ゾーンデータを、制御システムに出力することと

を備える、コンピュータ実装方法。

【請求項 2】

前記ターゲット画像部分が、前記インターフェースを介して、前記作業空間の前記画像表現を閲覧するユーザによって選択される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ターゲット画像部分が、前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記作業空間がセルのグリッドを備え、前記 1 つまたは複数の搬送デバイスが、前記グリッド上の前記セル間で移動するように配置され、ここにおいて、前記ターゲット画像部分が、セルの前記グリッド中の所与のセルを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ターゲット画像部分が、前記作業空間を表現する画像データに基づいて前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスを検出するように構成された物体検出システムから取得される、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記ターゲット画像部分が、前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記方法は、

前記物体検出システムにおいて、前記 1 つまたは複数の画像センサーによってキャプチャされた前記作業空間を表現する前記画像データを取得することと、

物体分類モデルを使用して、前記欠陥のある搬送デバイスが前記画像データ中に存在すると決定することと、

前記作業空間中で検出された前記欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える前記ターゲット画像部分を出力することとを備える、請求項 6 に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記作業空間が、X 方向に延在する平行なトラックの第 1 のセットと、実質的に水平な平面において前記第 1 のセットに直交する、Y 方向に延在する平行なトラックの第 2 のセットとによって形成された、グリッドを備え、前記グリッドが、複数のグリッド空間を備え、

前記搬送デバイスが、前記トラック上で前記 X 方向または前記 Y 方向のうちの少なくとも 1 つにおいて選択的に移動することと、単一のグリッド空間のフットプリント内で前記トラックの下にスタックされたコンテナを取り扱うこととを行うように配置される、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の方法。

30

【請求項 9】

前記 1 つまたは複数の搬送デバイスは、1 つのグリッド空間を占有する所与の搬送デバイスが、隣接するグリッド空間を占有するかまたは横断する別の搬送デバイスを妨害しないように、各々、単一のグリッド空間のみを占有するフットプリントを有する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記除外ゾーンが、離散数のグリッド空間を備える、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記 1 つまたは複数の搬送デバイスが前記除外ゾーンに入るのを禁止されるように、前記制御システムにおいて前記除外ゾーンを実装することを備える、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の方法。

40

【請求項 12】

前記マッピングが、前記作業空間の前記画像表現のひずみを逆にすることを備える、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 13】

作業空間中の搬送デバイス移動を制御するための制御システムを支援するための支援システムであって、前記支援システムが、

前記作業空間の画像表現をキャプチャするための画像センサーと、

前記作業空間の前記画像表現のターゲット画像部分を取得するためのインターフェースと

50

を備え、

ここにおいて、前記支援システムは、

前記ターゲット画像部分を前記作業空間中のターゲットロケーションにマッピングすることと、

前記マッピングに基づいて、1つまたは複数の搬送デバイスが入るのを禁止される、前記ターゲットロケーションを備える、前記作業空間中の除外ゾーンを決定することと、

前記作業空間中の前記除外ゾーンを実装するために、前記除外ゾーンを表現する除外ゾーンデータを、前記制御システムに出力することと
を行うように構成された、支援システム。

【請求項14】

10

前記インターフェースは、前記作業空間の前記画像表現を閲覧するユーザが前記ターゲット画像部分を選択するためのものである、請求項13に記載の支援システム。

【請求項15】

前記作業空間を表現する画像データに基づいて前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスを検出するように構成された物体検出システムを備え、

ここにおいて、前記インターフェースが、前記物体検出システムから前記ターゲット画像部分を取得する、

請求項13に記載の支援システム。

【請求項16】

前記ターゲット画像部分が、前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える、請求項15に記載の支援システム。

20

【請求項17】

前記物体検出システムは、

前記画像センサーによってキャプチャされた前記作業空間を表現する前記画像データを取得することと、

物体分類モデルを使用して、前記欠陥のある搬送デバイスが前記画像データ中に存在すると決定することと、

前記作業空間中で検出された前記欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える前記ターゲット画像部分を出力することと

を行うように構成された、請求項15に記載の支援システム。

30

【請求項18】

作業空間と、

請求項13から17のいずれか一項に記載の支援システムと、

前記作業空間中の搬送デバイス移動を制御するための制御システムと
を備える、保管システムであって、

ここにおいて、前記作業空間が、X方向に延在する平行なトラックの第1のセットと、実質的に水平な平面において前記第1のセットに直交する、Y方向に延在する平行なトラックの第2のセットとによって形成された、グリッドを備え、前記グリッドが、複数のグリッド空間を備え、

ここにおいて、1つまたは複数の搬送デバイスが、前記トラック上で前記X方向または前記Y方向のうちの少なくとも1つにおいて選択的に移動することと、単一のグリッド空間のフットプリント内で前記トラックの下にスタックされたコンテナを取り扱うこととを行うように配置される、保管システム。

40

【請求項19】

前記1つまたは複数の搬送デバイスは、1つのグリッド空間を占有する所与の搬送デバイスが、隣接するグリッド空間を占有するかまたは横断する別の搬送デバイスを妨害しないように、各々、単一のグリッド空間のみを占有するフットプリントを有する、請求項18に記載の保管システム。

【請求項20】

除外ゾーンが、離散数のグリッド空間を備える、請求項18に記載の保管システム。

50

【請求項 2 1】

前記制御システムは、前記支援システムから除外ゾーンデータを受信することと、前記 1 つまたは複数の搬送デバイスが前記除外ゾーンに入るのを禁止されるように、前記作業空間中の前記除外ゾーンを実装することとを行うように構成された、請求項 1 8 に記載の保管システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、一般に、ピンまたはコンテナのスタックがグリッドフレームワーク構造内に配置された、保管またはフルフィルメントシステムの分野に関し、より詳細には、保管またはフルフィルメントシステムの作業空間中で動作する 1 つまたは複数の搬送デバイスの移動を制御することに関する。

10

【背景技術】

【0 0 0 2】

オンライン食料雑貨店およびスーパーマーケットなど、複数の製品ラインを販売するオンライン小売ビジネスは、数十または数十万もの異なる製品ラインを保管することができるシステムを必要とする。そのような場合、単一製品のスタックの使用は、必要とされるスタックのすべてを収容するために莫大な床面積が必要とされることになるので、实际的でないことがある。さらに、腐りやすいものまたはまれに注文される商品など、少量のいくつかのアイテムを保管することが望ましいことがあり、これは、単一製品のスタックを非効率的なソリューションにする。

20

【0 0 0 3】

その内容が参照により本明細書に組み込まれる、国際特許出願第 WO 9 8 / 0 4 9 0 7 6 A 号 (Auto store) は、コンテナの複数製品のスタックがフレーム構造内に配置されるシステムについて説明する。

【0 0 0 4】

PCT 公開番号第 WO 2 0 1 5 / 1 8 5 6 2 8 A 号 (Ocado) は、コンテナのスタックがグリッドフレームワーク構造内に配置される、さらなる知られている保管およびフルフィルメントシステムについて説明する。コンテナは、グリッドフレームワーク構造の上部にあるトラック上で動作可能な、場合によっては「ボット」として知られる、1 つまたは複数の積荷取扱デバイス (load handling device) によってアクセスされる。このタイプのシステムが、添付の図面の図 1 ~ 図 3 に概略的に示されている。

30

【0 0 0 5】

図 1 および図 2 に示されているように、「ピン」としても知られる、スタック可能なコンテナ 1 0 が、互いの上部にスタックされて、スタック 1 2 を形成する。スタック 1 2 は、たとえば、倉庫保管環境または製造環境において、グリッドフレームワーク構造 1 4 において配置される。グリッドフレームワーク構造 1 4 は、複数の保管列またはグリッド列からなる。グリッドフレームワーク構造における各グリッドが、コンテナのスタックを保管するための少なくとも 1 つのグリッド列を有する。図 1 は、グリッドフレームワーク構造 1 4 の概略斜視図であり、図 2 は、フレームワーク構造 1 4 内に配置されたピン 1 0 のスタック 1 2 を示す概略トップダウン図である。各ピン 1 0 が、一般に、複数の製品アイテム (図示せず) を保持する。ピン 1 0 内の製品アイテムは、適用例に応じて、同等のまたは異なる製品タイプであり得る。

40

【0 0 0 6】

グリッドフレームワーク構造 1 4 は、水平部材 1 8、2 0 を支持する複数の直立部材 1 6 を備える。平行な水平グリッド部材 1 8 の第 1 のセットが、直立部材 1 6 によって支持された水平グリッド構造 1 5 を形成するように、平行な水平部材 2 0 の第 2 のセットに直角に、グリッドパターンにおいて配置される。部材 1 6、1 8、2 0 は、一般に金属から製造される。ピン 1 0 は、グリッドフレームワーク構造 1 4 が、ピン 1 0 のスタック 1 2 の水平移動に対してガードし、ピン 1 0 の垂直移動を誘導するように、グリッドフレーム

50

ワーク構造 14 の部材 16、18、20 の間にスタックされる。

【0007】

グリッドフレームワーク構造 14 の最上レベルは、スタック 12 の上部にわたってグリッドパターンにおいて配置されたレール 22 を含む、グリッドまたはグリッド構造 15 を備える。図 3 を参照すると、レールまたはトラック 22 は、複数の積荷取扱デバイス 30 を誘導する。平行なレール 22 の第 1 のセット 22a が、グリッドフレームワーク構造 14 の上部にわたって、第 1 の方向（たとえば、X 方向）においてロボット積荷取扱デバイス 30 の移動を誘導する。第 1 のセット 22a に直角に配置された、平行なレール 22 の第 2 のセット 22b が、第 1 の方向に直角な、第 2 の方向（たとえば、Y 方向）において積荷取扱デバイス 30 の移動を誘導する。このようにして、レール 22 は、ロボット積荷取扱デバイス 30 が、水平 X - Y 平面における 2 つの次元において横方向に移動することを可能にする。積荷取扱デバイス 30 は、スタック 12 のいずれかの上の位置に移動され得る。

10

【0008】

図 4、図 5、図 6A および図 6B に示されている、積荷取扱デバイス 30 の知られている形態が、参照により本明細書に組み込まれる、PCT 特許公報第 WO 2015/019055 号 (Ocado) において説明され、各積荷取扱デバイス 30 が、グリッドフレームワーク構造 14 の単一のグリッド空間 17 をカバーする。この構成は、積荷ハンドラにより高い密度、したがって、所与のサイズの保管システムについてのより高いスループットを可能にする。

20

【0009】

例示的な積荷取扱デバイス 30 は車両 32 を備え、車両 32 は、フレーム構造 14 のレール 22 上で進むように配置される。車両 32 の前面におけるホイール 34 のペアと車両 32 の背面におけるホイール 34 のペアとからなる、ホイール 34 の第 1 のセットが、レール 22 の第 1 のセット 22a の 2 つの隣接するレールと係合するように配置される。同様に、車両 32 の各側におけるホイール 36 のペアからなる、ホイール 36 の第 2 のセットが、レール 22 の第 2 のセット 22b の 2 つの隣接するレールと係合するように配置される。積荷取扱デバイス 30 の移動中いつでも、ホイール 34 の第 1 のセットまたはホイール 36 の第 2 のセットのいずれかがレールのそれぞれのセット 22a、22b と係合されるように、ホイール 34、36 の各セットが持ち上げられおよび降ろされ得る。たとえば、ホイール 34 の第 1 のセットがレールの第 1 のセット 22a と係合され、ホイール 36 の第 2 のセットがレール 22 から離れて持ち上げられたとき、ホイール 34 の第 1 のセットは、X 方向において積荷取扱デバイス 30 を移動させるように、車両 32 中に格納された駆動機構（図示せず）によって、駆動され得る。Y 方向における移動を達成するために、ホイール 34 の第 1 のセットは、レール 22 から離れて持ち上げられ、ホイール 36 の第 2 のセットは降ろされて、レール 22 の第 2 のセット 22b と係合する。駆動機構は、次いで、Y 方向において積荷取扱デバイス 30 を移動させるようにホイール 36 の第 2 のセットを駆動するために使用され得る。

30

【0010】

積荷取扱デバイス 30 は、上から保管コンテナを持ち上げるための持ち上げ機構、たとえば、クレーン機構を装備している。持ち上げ機構は、スプールまたはリール（図示せず）に巻かれたウインチテザーまたはケーブル 38 と、グリッパーデバイス 39 とを備える。図 5 に示されている持ち上げ機構は、垂直方向に延在する 4 つの持ち上げテザー 38 のセットを備える。テザー 38 は、保管コンテナ 10 への解放可能な接続のために、グリッパーデバイス 39、たとえば、持ち上げフレームの、それぞれの 4 つのコーナーにおいてまたはその近くで接続される。たとえば、それぞれのテザー 38 が、持ち上げフレーム 39 の 4 つのコーナーの各々においてまたはその近くに配置される。グリッパーデバイス 39 は、保管コンテナ 10 の上部を解放可能に把持して、図 1 および図 2 に示されているタイプの保管システム 1 におけるコンテナのスタックからそれを持ち上げるように、構成される。たとえば、持ち上げフレーム 39 は、ピン 10 の上面を形成するリム中の対応する

40

50

ホール（図示せず）と嵌合するピン（図示せず）と、ピン 10 を把持するためにリムと係合可能である摺動クリップ（図示せず）とを含み得る。クリップは、持ち上げフレーム 39 内に格納され、ケーブル 38 自体または別個の制御ケーブル（図示せず）を通して運ばれる信号によって電力供給および制御される、好適な駆動機構によって、ピン 10 と係合するように駆動される。

【0011】

スタック 12 の上部からピン 10 を除去するために、積荷取扱デバイス 30 は、最初に、スタック 12 の上にグリッパーデバイス 39 を位置決めするように X 方向および Y 方向において移動される。グリッパーデバイス 39 は、次いで、図 4 および図 6 B に示されているように、スタック 12 の上部のピン 10 と係合するように Z 方向において垂直方向に降ろされる。グリッパーデバイス 39 は、ピン 10 を把持し、次いで、ピン 10 が取り付けられた状態で、ケーブル 38 によって上方に引かれる。その垂直方向進行の上部において、ピン 10 は、車両本体 32 内に収容されたレール 22 の上に保持される。このようにして、積荷取扱デバイス 30 は、それとともにピン 10 を運んで、ピン 10 を別のロケーションに搬送するために、X - Y 平面において異なる位置に移動され得る。ターゲットロケーション（たとえば、別のスタック 12、保管システム中のアクセスポイント、またはコンベヤベルト）に到着すると、ピンまたはコンテナ 10 は、コンテナ受入部分から降ろされ、グラッパーデバイス 39 から解放され得る。ケーブル 38 は、たとえば、フロアレベルを含む、スタック 12 の任意のレベルから、積荷取扱デバイス 30 がピンを取り出し、置くことを可能にするのに十分に長い。

【0012】

図 3 に示されているように、複数の同等の積荷取扱デバイス 30 が、各積荷取扱デバイス 30 が、システムのスループットを増加させるために同時に動作することができるように、提供される。図 3 に示されているシステムは、ピン 10 が、そこにおいてシステム中にまたはシステムの中から移され得る、ポートとして知られる、特定のロケーションを含み得る。追加のコンベヤシステム（図示せず）が、積荷取扱デバイス 30 によってポートに搬送されたピン 10 が、ピッキングステーション（図示せず）など、別のロケーションにそのコンベヤシステムによって移され得るように、各ポートに関連する。同様に、ピン 10 は、外部ロケーションからポートに、たとえば、ピン充填ステーション（図示せず）に、コンベヤシステムによって移動され、システム中のストックを補充するために、積荷取扱デバイス 30 によってスタック 12 に搬送され得る。

【0013】

各積荷取扱デバイス 30 は、一度に、1 つのピン 10 を持ち上げ、移動させることができる。積荷取扱デバイス 30 は、その下側部分に、コンテナ受入キャビティまたはリセス 40 を有する。リセス 40 は、図 6 A および図 6 B に示されているように、持ち上げ機構 38、39 によって持ち上げられたとき、コンテナ 10 を収容するようにサイズ決定される。リセス中にあるときに、コンテナ 10 は、車両 32 が、異なるグリッドロケーションに横方向に移動することができるように、下のレール 22 から離れて持ち上げられる。

【0014】

スタック 12 の上部にないピン 10 b（「ターゲットピン」）を取り出すことが必要である場合、上にあるピン 10 a（「非ターゲットピン」）は、ターゲットピン 10 b へのアクセスを可能にするために、最初に移動されなければならない。これは、以下、「掘り出し（digging）」と呼ばれる動作によって達成される。図 3 を参照すると、掘り出し動作中に、積荷取扱デバイス 30 のうちの 1 つが、ターゲットピン 10 b を含んでいるスタック 12 から各非ターゲットピン 10 a を連続的に持ち上げ、それを別のスタック 12 内の空いている位置に置く。ターゲットピン 10 b は、次いで、積荷取扱デバイス 30 によってアクセスされ、さらなる搬送のためのポートに移動され得る。

【0015】

各積荷取扱デバイス 30 は、中央コンピュータ、たとえば、マスタコントローラの制御下でリモートで動作可能である。また、システム中の各個々のピン 10 は、適切なピン 1

0 が、必要に応じて取り出され、搬送され、交換され得るように、追跡される。たとえば、掘り出し動作中に、各非ターゲットピンロケーションが、非ターゲットピン 10 a が追跡され得るように、ロギングされる。

【0016】

ワイヤレス通信およびネットワークが、マスタコントローラから、たとえば、1つまたは複数の基地局を介して、グリッド構造 15 上で動作可能な1つまたは複数の積荷取扱デバイス 30 に通信インフラストラクチャを提供するために使用され得る。マスタコントローラから命令を受信することに応答して、積荷取扱デバイス 30 中のコントローラが、積荷取扱デバイスの移動を制御するように様々な駆動機構を制御するように構成される。たとえば、積荷取扱デバイス 30 は、グリッド構造 15 上の特定のロケーションにおいてターゲット保管列からコンテナを取り出すように命令され得る。命令は、グリッド構造 15 の X - Y 平面における様々な移動を含むことができる。前に説明されたように、ターゲット保管列に着くと、持ち上げ機構 38、39 は、保管コンテナ 10 を把持し、持ち上げるように動作され得る。コンテナ 10 が積荷取扱デバイス 30 のコンテナ受入空間 40 中に収容されると、コンテナ 10 は、その後、グリッド構造 15 上の別のロケーション、たとえば、「ドロップオフ (drop-off) ポート」に搬送される。ドロップオフポートにおいて、コンテナ 10 は、保管コンテナ中の任意のアイテムの取出しを可能にするために、好適なピックアップステーションに降ろされる。グリッド構造 15 上での積荷取扱デバイス 30 の移動は、積荷取扱デバイス 30 が、通常、グリッド構造 15 の周辺にある、充電ステーションに移動するように命令されることをも伴い得る。

【0017】

グリッド構造 15 上で積荷取扱デバイス 30 を動かすために、積荷取扱デバイス 30 の各々が、ホイール 34、36 を駆動するためのモーターを装備している。ホイール 34、36 は、ホイールに接続された1つまたは複数のベルトを介して駆動されるか、またはホイールに組み込まれたモーターによって個々に駆動され得る。単一セル積荷取扱デバイスの場合 (積荷取扱デバイス 30 のフットプリントが単一のグリッドセル 17 を占有する場合)、ホイールを駆動するためのモーターは、車両本体内の空間の限られた利用可能性により、ホイールに組み込まれ得る。たとえば、単一セル積荷取扱デバイス 30 のホイールは、それぞれのハブモーターによって駆動される。各ハブモーターが、内側固定子を形成するコイルを備えるホイールハブを中心として回転するように配置された複数の永久磁石をもつ外側回転子を備える。

【0018】

図 1 ~ 図 6 B を参照しながら説明されたシステムは、多くの利点を有し、広範囲の保管および取出し動作に好適である。特に、それは、製品の極めて高密度の保管を可能にし、ピン 10 中に広範囲の異なるアイテムを保管する極めて経済的な方法を提供しながら、ピッキングのために必要とされるときにピン 10 のすべてへの適度に経済的なアクセスをも可能にする。

【0019】

しかしながら、本開示の目的は、保管システムにおいてリモートで動作される積荷取扱デバイスの正しいロケーションを確実に決定するための方法およびシステムを提供することである。

【発明の概要】

【0020】

作業空間中で動作する1つまたは複数の搬送デバイスの移動の制御を支援する方法であって、本方法は、1つまたは複数の画像センサーによってキャプチャされた作業空間の画像表現を取得することと、インターフェースにおいて、作業空間の画像表現のターゲット画像部分を取得することと、ターゲット画像部分を作業空間中のターゲットロケーションにマッピングすることと、マッピングに基づいて、1つまたは複数の搬送デバイスが入るのを禁止されることになる、ターゲットロケーションを備える、作業空間中の除外ゾーン (exclusion zone) を決定することと、作業空間中の除外ゾーンを実装するために、除外

ゾーンを表現する除外ゾーンデータを、制御システムに出力することとを備える、方法が提供される。

【 0 0 2 1 】

さらに、本方法を実施するように構成されたプロセッサを備えるデータ処理装置が、提供される。また、コンピュータプログラムであって、上記プログラムがコンピュータによって実行されたとき、コンピュータに本方法を行わせる命令を備えるコンピュータプログラムが、提供される。同様に、コンピュータによって実行されたとき、コンピュータに本方法を行わせる命令を備える、コンピュータ可読記憶媒体が、提供される。

【 0 0 2 2 】

さらに、作業空間中の搬送デバイス移動を制御するための制御システムを支援するためのシステムであって、支援システムが、作業空間の画像表現をキャプチャするための画像センサーと、作業空間の画像表現のターゲット画像部分を取得するためのインターフェースとを備え、ここにおいて、本システムは、ターゲット画像部分を作業空間中のターゲットロケーションにマッピングすることと、マッピングに基づいて、1つまたは複数の搬送デバイスが入るのを禁止される、ターゲットロケーションを備える、作業空間中の除外ゾーンを決定することと、作業空間中の除外ゾーンを実装するために、除外ゾーンを表現する除外ゾーンデータを、制御システムに出力することとを行うように構成された、システムが提供される。

10

【 0 0 2 3 】

さらに、上述の作業空間と、支援システムと、作業空間中の搬送デバイス移動を制御するための制御システムとを備える、保管システムであって、ここにおいて、作業空間が、X方向に延在する平行なトラックの第1のセットと、実質的に水平な平面において第1のセットに直交する、Y方向に延在する平行なトラックの第2のセットとによって形成された、グリッドを備え、グリッドが、複数のグリッド空間を備え、ここにおいて、1つまたは複数の搬送デバイスが、トラック上でX方向またはY方向のうちの少なくとも1つにおいて選択的に移動することと、単一のグリッド空間のフットプリント内でトラックの下にスタックされたコンテナを取り扱うこととを行うように配置される、保管システムが提供される。

20

【 0 0 2 4 】

大まかに言えば、この説明は、1つまたは複数の搬送デバイスが動作する作業空間中での実装のための除外ゾーンを決定するためのシステムおよび方法を紹介する。除外ゾーンは、搬送デバイスのマスタコントローラによって実装され得、たとえば、作業空間中で動作する搬送デバイスが除外ゾーンに入るのを禁止するように機能する。除外ゾーンは、たとえば、倒れた、および/またはマスタコントローラとの通信を失った、欠陥のある搬送デバイスの周りで決定され得、したがって、欠陥のある搬送デバイスは、たとえば、後で、注意を払われ、たとえば作業空間から取り出され得る。これは、他の搬送デバイスが欠陥のある搬送デバイスと衝突するリスクを低下させながら、作業空間が使用可能なままであることを可能にする。

30

【 0 0 2 5 】

次に、同様の参照番号が同じまたは対応する部分を指定する、添付の図面を参照しながら、実施形態が単に例として説明される。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図1】知られているシステムによる、グリッドフレームワーク構造の概略図。

【図2】図1のフレームワーク構造内に配置されたピンのスタックを示すトップダウン図の概略図。

【図3】グリッドフレームワーク構造上で動作可能な積荷取扱デバイスを示す知られている保管システムの概略図。

【図4】グリッドフレームワーク構造の一部分上の積荷取扱デバイスの概略斜視図。

【図5】上からコンテナを把持する持ち上げ機構を示す積荷取扱デバイスの概略斜視図。

50

【図 6 A】積荷取扱デバイスのコンテナ受入空間と、それが使用中にコンテナをどのように収容するかとを示す、図 5 の積荷取扱デバイスの概略斜視破断図。

【図 6 B】積荷取扱デバイスのコンテナ受入空間と、それが使用中にコンテナをどのように収容するかとを示す、図 5 の積荷取扱デバイスの概略斜視破断図。

【図 7】実施形態による、グリッドフレームワーク構造上で動作可能な積荷取扱デバイスを、グリッドフレームワーク構造の上に位置するカメラとともに示す、保管システムの概略図。

【図 8 A】実施形態による、グリッドフレームワーク構造の上に位置するカメラによってキャプチャされた画像の概略表現の図。

【図 8 B】実施形態による、グリッドフレームワーク構造の上に位置するカメラによってキャプチャされた画像の概略表現の図。

【図 9】実施形態による、ニューラルネットワークの概略図。

【図 10 A】実施形態による、グリッドフレームワーク構造のトラックの生成されたモデルの概略図。

【図 10 B】実施形態による、グリッドフレームワーク構造のトラックの生成されたモデルの概略図。

【図 11】実施形態による、グリッドフレームワーク構造のキャプチャされた画像の平坦化を示す概略図。

【図 12】実施形態による、グリッドフレームワーク構造のキャプチャされた画像の修正を示す概略図。

【図 13】実施形態による、保管システムのグリッドの上に配設された超広角カメラを校正する方法を示すフローチャート。

【図 14】実施形態による、グリッドを備える作業空間中の搬送デバイスを検出する方法を示すフローチャート。

【図 15】実施形態による、グリッドを備える作業空間中の搬送デバイス上の識別マーカを検出する方法を示すフローチャート。

【図 16】作業空間中で動作する 1 つまたは複数の搬送デバイスの移動の制御を支援するための方法を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図 1 ~ 図 3 に示されているタイプの保管システムでは、マスタコントローラから独立してグリッド構造 15 上で動作する所与の積荷取扱デバイス 30 の位置を決定することが有用である。各積荷取扱デバイス 30 が、グリッド構造上のあるロケーションから別のロケーションに所定の経路に沿って移動するように、マスタコントローラから制御信号を送られる。たとえば、所与の積荷取扱デバイス 30 が、グリッド構造 15 上の特定のロケーションに移動して、その特定のロケーションにおいてコンテナのスタックからターゲットコンテナを持ち上げるように、命令され得る。複数のそのようなデバイス 30 がグリッド構造 15 上でそれぞれの軌道に沿って移動する場合、たとえば、所与の積荷取扱デバイスとマスタコントローラとの間の通信が失われた場合に、グリッド構造 15 に対する所与の積荷取扱デバイス 30 の正確な位置を決定することが可能であることが有用である。たとえば、グリッド構造上でのまたはその周りでの、積荷取扱デバイスと別の物体、たとえば別の積荷取扱デバイスとの間の衝突が、その積荷取扱デバイス、または各積荷取扱デバイスが、マスタコントローラからの通信に無反応になることを、たとえば、それへの接続の喪失、および / またはグリッド構造 15 のトラック 22 からの係合解除によって、引き起こし得る。衝突は、たとえば、1 つまたは複数の積荷取扱デバイスが、トラック 22 と不整合すること、またはグリッド構造上で倒れることを生じ得る。

【0028】

グリッド構造 15 とその上で移動する積荷取扱デバイス 30 とをモニタすることが、複数の積荷取扱デバイスの動作を解決するために検出および / または作用されることとなるような、積荷取扱デバイスの無反応のインスタンス (instance) を可能にすることができ

10

20

30

40

50

る。グリッド構造 15 に対する所与の積荷取扱デバイス 30 の位置の独立した評価を有することが、他の技術目的、たとえば、グリッド構造 15 上の積荷取扱デバイス 30 のあらかじめ決定された軌道をその真の位置に対してモニタすることのためにも、有用であり得る。

【0029】

図 7 は、前に説明された、保管システムのグリッド構造（または単に「グリッド」）15 を示す。グリッドは、X 方向に延在する平行なトラックの第 1 のセット 22 a と、実質的に水平な平面において第 1 のセットに直交する、Y 方向に延在する平行なトラックの第 2 のセット 22 b とによって形成される。グリッド 15 は、複数のグリッド空間 17 を有する。1 つまたは複数の積荷取扱デバイス、または「搬送デバイス」30 は、トラック 22 上で X 方向または Y 方向のうちの少なくとも 1 つにおいて選択的に移動することと、単一のグリッド空間 17 のフットプリント内でトラック 22 の下にスタックされたコンテナ 10 を取り扱うこととを行うように配置される。例では、1 つまたは複数の搬送デバイス 30 は、1 つのグリッド空間を占有する所与の搬送デバイスが、隣接するグリッド空間を占有するかまたは横断する別の搬送デバイスを妨害しないように、各々、同じく単一のグリッド空間のみを占有するフットプリントを有する。

【0030】

グリッド 15 の上に、カメラ 71 が配設される。例では、カメラ 71 は、超広角カメラであり、すなわち、「スーパー広角 (super wide-angle)」レンズまたは「魚眼」レンズとも呼ばれる) 超広角レンズを備える。カメラ 71 は、レンズ、たとえば、魚眼レンズを通して集束される入射光を受けるための画像センサーを含む。カメラ 71 は、グリッド 15 の少なくともセクションを含む視野 72 を有する。複数のカメラが、グリッド 15 全体を観測するために使用され得、たとえば、各カメラ 71 が、グリッド 15 のセクションをカバーするそれぞれの視野 72 を有する。超広角レンズは、他のレンズタイプと比較して、たとえば、180 度立体角までの、その比較的大きい視野 72 のために選択され得、これは、グリッド 15 をカバーするためにより少数のカメラが必要とされることを意味する。また、空間は、グリッド 15 の上部と、周囲構造、たとえば倉庫屋根との間で限られており、したがって、グリッド 15 の上のカメラ 71 の高さを制約し得る。超広角カメラが、他のカメラタイプと比較してグリッド 15 の上の比較的低い高さにおいて比較的大きい視野を提供することができる。

【0031】

1 つまたは複数のカメラ 71 は、搬送デバイス 30 の作業空間をモニタするために使用され得、作業空間は、グリッド構造 15 を含む。たとえば、1 つまたは複数のカメラ 71 からの画像供給が、欠陥のある、たとえば、無反応な、搬送デバイスのインスタンスを監視するために、グリッド 15 からリモートにある 1 つまたは複数のコンピュータモニタ上に表示され得る。したがって、オペレータは、そのようなインスタンスを検出し、たとえば、搬送デバイスとマスタコントローラとの間の通信リンクをリセットすること、または機械的問題に対する手動介入を要求することによって、問題点を解決するように作用し得る。

【0032】

作業空間のための効果的なモニタリングまたは監視システムは、作業空間の上に位置する 1 つまたは複数の超広角カメラの較正を組み込む。超広角カメラの正確な較正は、超広角レンズによってひずんだ、超広角カメラによりキャプチャされた画像との対話が、作業空間に正しくマッピングされることを可能にする。したがって、オペレータは、ひずんだ画像中のピクセルのエリアを選択することができ、これは、たとえば、作業空間中のグリッド空間の対応するエリアにマッピングされる。他のシナリオでは、カメラ 71 からのひずんだ画像は、作業空間中の欠陥のある搬送デバイス 30 を検出し、作業空間中のそのロケーションと、さらには、一意の ID ラベルなど、検出された搬送デバイス 30 の識別情報とを出力するために、処理され得る。そのような例は、以下の実施形態において説明される。

【 0 0 3 3 】

較正プロセス

較正プロセス 1 3 0 は、図 1 3 に示されている例に従って、超広角カメラ 7 1 によってキャプチャされた、グリッド 1 5 のセクション、すなわちグリッドセクションの画像を取得すること 1 3 1 を含む。画像を取得することは、たとえば、プロセッサにおいて、画像を表現する画像データを取得すること、たとえば、受信することを含む。たとえば、画像データは、インターフェース、たとえば、カメラシリアルインターフェース (C S I) を介して、受信され得る。画像信号プロセッサ (I S P) が、画像データを表示のために準備するために、画像データの初期処理、たとえば、飽和補正、再正規化、ホワイトバランス調整および / またはデモザイキングを実施し得る。

10

【 0 0 3 4 】

超広角カメラ 7 1 に対応する複数のパラメータの初期値も取得される 1 3 2。それらのパラメータは、超広角カメラの焦点距離と、グリッドセクションの上の超広角カメラの位置を表現する並進ベクトルと、超広角カメラの傾きおよび回転を表現する回転ベクトルとを含む。これらのパラメータは、カメラ 7 1 の超広角レンズによってひずんだ画像中のピクセルを、保管システムの直交グリッド 1 5 に対して配向された平面にマッピングするための、マッピングアルゴリズムにおいて使用可能である。マッピングアルゴリズムは、以下でより詳細に説明される。

【 0 0 3 5 】

較正プロセス 1 3 0 は、画像を、超広角カメラによってキャプチャされたグリッドセクションの画像中のトラックを検出 / 予測するようにトレーニングされたニューラルネットワークを使用して、処理すること 1 3 3 を含む。

20

【 0 0 3 6 】

ニューラルネットワーク

図 9 は、ニューラルネットワークアーキテクチャの一例を示す。例示的なニューラルネットワーク 9 0 は、畳み込みニューラルネットワーク (C N N) である。C N N の一例は、フライブルク大学のコンピュータサイエンス学部によって開発された U - N e t アーキテクチャであるが、他の C N N、たとえば、V G G - 1 6 C N N が使用可能である。C N N 9 0 への入力 9 1 が、この例では画像データを備える。入力画像データ 9 1 は、所与の数のピクセル幅および所与の数のピクセル高さであり、1 つまたは複数の色チャネル (たとえば、赤色、緑色および青色チャネル) を含む。

30

【 0 0 3 7 】

C N N 9 0 の畳み込み層 9 2、9 4 が、一般に、特徴マップを作成するために、入力データ 9 1 から特定の特徴を抽出し、画像の小さい部分に対して動作し得る。全結合層 9 6 は、出力 9 7、たとえば、入力画像 9 1 中に存在することが予測される物体のクラスを指定する分類データを決定するために、特徴マップを使用する。

【 0 0 3 8 】

図 9 の例では、第 1 の畳み込み層 9 2 の出力は、第 2 の畳み込み層 9 4 に入力される前に、プーリング層 9 3 においてプーリングを受ける。プーリングは、たとえば、画像または特徴マップの領域のための値が、たとえば領域内の最も高い値をとることによって、アグリゲートされるかまたは組み合わせられることを可能にする。たとえば、 2×2 の最大プーリングでは、出力全体を移すのではなく、第 1 の畳み込み層 9 2 から出力された特徴マップの 2×2 ピクセルパッチ内の第 1 の畳み込み層 9 2 の出力の最も高い値が、第 2 の畳み込み層 9 4 への入力として使用される。したがって、プーリングは、ニューラルネットワーク 9 0 の後続の層のための算出量を低減することができる。プーリングの効果は、関係する層におけるフレームのサイズの低減として、図 9 に概略的に示されている。さらなるプーリングが、第 2 のプーリング層 9 5 において、第 2 の畳み込み層 9 4 と全結合層 9 6 との間で実施される。図 9 中のニューラルネットワーク 9 0 の概略表現が、説明しやういように大幅に簡略化されており、一般的なニューラルネットワークは、著しくより複雑であり得ることを諒解されたい。

40

50

【 0 0 3 9 】

概して、図 9 のニューラルネットワーク 9 0 などのニューラルネットワークは、そのニューラルネットワークが特定の目的のためにトレーニングされる、「トレーニングフェーズ」と呼ばれるものを受け得る。ニューラルネットワークは、一般に、グラフの（ニューロンに対応する）頂点または（結合に対応する）エッジが、それぞれ、重みに関連する、有向の、重み付けされたグラフを形成する相互結合された人工ニューロンの層を含む。重みは、トレーニング全体にわたって調整され得、個々のニューロンの、および、したがって、全体としてニューラルネットワークの出力を変更する。CNN では、全結合層 9 6 は、一般に、1 つの層中のあらゆるニューロンを別の層中のあらゆるニューロンに結合し、したがって、画像が、特定のクラスの物体、または特定のクラスに属する特定のインスタンスを含むかどうかなど、画像の全体的特性を識別するために使用され得る。

10

【 0 0 4 0 】

本コンテキストでは、ニューラルネットワーク 9 0 は、たとえば、所定のクラスの物体のうちのある物体が画像中に存在するかどうかを決定するために、画像データを処理することによって物体識別を実施するようにトレーニングされる（とはいえ、他の例では、代わりに、ニューラルネットワーク 9 0 が画像の他の画像特性を識別するようにトレーニングされていることがある）。たとえば、このようにしてニューラルネットワーク 9 0 をトレーニングすることは、画像データに適用されるべき重みを表現する重みデータを生成する（たとえば、異なる重みが、多層ニューラルネットワークアーキテクチャの異なるそれぞれの層に関連する）。これらの重みの各々が、たとえば、重みのカーネルを画像パッチと畳み込むために、画像パッチの対応するピクセル値を乗算される。

20

【 0 0 4 1 】

超広角カメラ校正のコンテキストに特有なことには、ニューラルネットワーク 9 0 は、グリッドセクションの所与の画像中のグリッド 1 5 のトラック 2 2 を検出するために、超広角カメラによってキャプチャされたグリッドセクションの入力画像のトレーニングセットを用いてトレーニングされる。例では、トレーニングセットは、入力画像に対応する、抽出されたトラック特徴のみを示す、マスク画像を含む。たとえば、マスク画像は、手動で作りに出される。したがって、マスク画像は、画像のトレーニングセットを使用することでトレーニングすべきニューラルネットワーク 9 0 についての所望の結果として働くことができる。トレーニングされると、ニューラルネットワーク 9 0 は、超広角カメラによってキャプチャされたグリッド構造 1 5 の少なくとも一部の画像中のトラック 2 2 を検出するために使用され得る。

30

【 0 0 4 2 】

校正プロセス 1 3 0 は、超広角カメラ 7 1 によってキャプチャされたグリッドセクションの画像を、画像中のトラック 2 2 を検出するために、トレーニングされたニューラルネットワーク 9 0 を用いて、処理すること 1 3 3 を含む。少なくとも 1 つのプロセッサ（たとえば、ニューラルネットワークアクセラレータ）が、処理 1 3 3 を行うために使用され得る。画像処理 1 3 3 は、グリッドセクションの画像中にキャプチャされた、トラック、特に、平行なトラックの第 1 のセットおよび第 2 のセットのモデルを生成する。たとえば、モデルは、ニューラルネットワーク 9 0 によって決定された、グリッドセクションのひずんだ画像中のトラックの予測の表現を備える。トラックのモデルは、例ではマスクまたは確率マップに対応する。

40

【 0 0 4 3 】

次いで、決定されたトラックモデル中の選択されたピクセルが、超広角カメラに対応する複数のパラメータを組み込むマッピング、たとえば、マッピングアルゴリズムを使用して、グリッド 1 5 上の対応するポイントにマッピングされる 1 3 4。取得された初期値は、マッピングアルゴリズムへの入力として使用される。

【 0 0 4 4 】

誤差関数（または「損失関数」）が、マッピングされたグリッド座標と、選択されたピクセルに対応するポイントの「真の」、たとえば知られている、グリッド座標との間の不

50

一致に基づいて、決定される 1 3 5。たとえば、X 方向トラック 2 2 a の中心にある選択されたピクセルが、Y 方向における半整数値をもつグリッド座標、たとえば $(x, y \cdot 5)$ に対応するべきであり、ここで、 x は知られていない数であり、 y は知られていない整数である。同様に、Y 方向トラック 2 2 b の中心にある選択されたピクセルが、X 方向における半整数値をもつグリッド座標、たとえば $(x' \cdot 5, y')$ に対応するべきであり、ここで、 x' は知られていない整数であり、 y' は知られていない数である。例では、グリッドセルの幅および長さ（またはその比）が、たとえば、キーポイントについてセル x, y 座標を計算し、それらがトラック上にある（たとえば、 $n \cdot 5$ の座標値、ここで、 n は整数である）かどうかを確認するために、損失関数において使用される。

【0 0 4 5】

10

超広角カメラに対応する複数のパラメータの初期値は、次いで、決定された誤差関数に基づいて、更新された値に更新される 1 3 6。たとえば、プロイデン - フレッチャー - ゴールドファープ - シャンノ (BFGS) アルゴリズムが、誤差関数と初期パラメータ値とを入力として使用して適用される。例では、複数のパラメータの更新された値は、反復的に決定され、誤差関数が各更新とともに再計算される。反復は、誤差関数が、たとえば、連続反復間で、または初期誤差関数と比較して、所定のしきい値未満だけ低減されるまで、あるいは誤差関数の絶対値が所定のしきい値を下回るまで、続き得る。他の反復アルゴリズム、たとえば、逐次 2 次計画法 (SQP: sequential quadratic programming) または逐次最小 2 乗 2 次計画法 (SLSQP: sequential least-squares quadratic programming) が、複数のパラメータについての近似解を改善するシーケンスを生成するために、初期値とともに使用され得、シーケンスにおける所与の近似が、前のものから導出される。場合によっては、反復アルゴリズムは、複数のパラメータの値を最適化するために使用される。たとえば、更新された値は、複数のパラメータの最適化された値である。

20

【0 0 4 6】

超広角カメラに対応する複数のパラメータの初期値を更新すること 1 3 6 は、複数のパラメータについて 1 つまたは複数のそれぞれの境界値を適用することを伴う。たとえば、回転ベクトルに関連する回転角についての境界値は、実質的に 0 度および実質的に + 5 度である。追加または代替として、並進ベクトルの平面成分についての境界値は、グリッドセルの長さの ± 0.6 である。追加または代替として、並進ベクトルの高さ成分についての境界値は、グリッドの 1 8 0 0 mm および 2 1 0 0 mm、または 1 9 5 0 mm および 2 5 5 0 mm、または 2 0 0 0 mm および 2 5 5 0 mm 上である。たとえば、カメラ高さについての下限が、1 8 0 0 ~ 2 0 0 0 mm の範囲内である。たとえば、カメラ高さについての上限が、2 1 0 0 ~ 2 6 0 0 mm の範囲内である。追加または代替として、カメラの焦点距離についての境界値は、0.23 および 0.26 cm である。複数のパラメータについて 1 つまたは複数のそれぞれの境界値を適用することは、更新、たとえば最適化、プロセスが、実現可能な領域または解空間、すなわち、1 つまたは複数の境界条件を満たすすべての可能な値のセットにおいて、実施されることを意味することができる。

30

【0 0 4 7】

複数のパラメータの更新された値は、マッピングアルゴリズムを介した、超広角カメラ 7 1 によってキャプチャされたグリッドセクション画像中のピクセルの、グリッド 1 5 上の対応するポイントへの将来のマッピングのために、電子的に記憶される 1 3 7。たとえば、複数のパラメータの記憶された値は、データストレージから取り出され、超広角カメラ 7 1 によってキャプチャされたグリッドセクションの所与の画像中の所与のピクセルに対応するグリッド座標を算出するために、マッピングアルゴリズムにおいて使用される。例では、更新された値は、超広角カメラ 7 1 に関連する保管ロケーション (storage location) において、たとえば、データベース中に、記憶される。たとえば、ルックアップ機能またはテーブルが、グリッド 1 5 の上で保管システム 1 において採用された任意の所与の超広角カメラに関連する記憶されたパラメータ値を見つけるためにデータベースとともに使用され得る。

40

【0 0 4 8】

50

グリッド 15 の上に配設された所与のカメラ 7 1 の較正に続いて、カメラ 7 1 によってキャプチャされたグリッドセクションの画像（たとえば、「スナップショット」）が、オペレータによる対話のために、平坦化され、すなわち、ひずんでいないようにされ得る。たとえば、説明される画像からグリッドへのマッピング（image-to-grid mapping）機能を使用して、グリッドセクションのひずんだ画像 8 1 は、図 11 の例に示されているように、グリッドセクションの平坦化された画像 111 にコンバートされ得る。平坦化は、ひずんだ画像 8 1 中で平坦化すべきグリッドセルのエリアを選択することと、それらのセルに対応するグリッド座標をマッピング機能に入力することとを伴い、マッピング機能は、ひずんだ画像 8 1 からのどのそれぞれのピクセル値が、それぞれのグリッド座標についての平坦化された画像 111 にコピーされるべきであるかを決定する。たとえば、グリッドセルごとのピクセルの、ターゲット解像度が、平坦化された画像 111 について設定され得、ターゲット解像度は、グリッドセル寸法の比に対応する比を有し得る。（ターゲット解像度とグリッドセルの選択された数とに従う）平坦化された画像中で必要とされるすべてのピクセル値が決定されると、平坦化された画像 111 が生成され得る。

10

【0049】

スナップショットは、所定の間隔において、たとえば 10 秒ごとに、カメラ 7 1 によってキャプチャされ、対応する平坦化された画像 111 にコンバートされ得る。直近の平坦化された画像 111 は、たとえば、カメラ 7 1 によってカバーされたグリッドセクションを閲覧することを望むオペレータによって、ディスプレイ上で閲覧するためにストレージに記憶される。オペレータは、代わりに、グリッドショットのスナップショットを撮り直し、それを平坦化させることを選定し得る。したがって、オペレータは、平坦化された画像 111 中の領域、たとえば、ピクセルを選択し、本明細書で説明される、画像からグリッドへのマッピング機能に基づいて、それらの選択された領域をグリッド座標にコンバートさせることができる。いくつかの場合には、平坦化された画像 111 は、平坦化された画像 111 中で閲覧可能なグリッド空間についてのグリッド座標のアノテーション（annotation）を含む。各カメラ 7 1 に対応する平坦化された画像 111 は、ひずんだ画像 8 1、8 2 と比較して、グリッド 15 をモニタするためによりユーザフレンドリであり得る。

20

【0050】

グリッドから画像へのマッピング（grid to image mapping）

グリッド 15 上の現実世界のポイントを、カメラによってキャプチャされた画像中のピクセルにマッピングすることが、算出アルゴリズムによって行われる。グリッドポイントは、最初に、超広角カメラ 7 1 に対応する平面上に投影される。たとえば、回転行列を使用する回転と、X 方向および Y 方向における平面並進とのうちの少なくとも 1 つが、グリッドフレームワーク構造 14 中の x、y、および z 座標を有するポイントに適用される。超広角カメラの焦点距離 f は、グリッド 15 に対する 3 次元座標をもつポイントを、超広角カメラ 7 1 に対する 2 次元平面上に投影するために使用され得る。たとえば、超広角カメラ 7 1 の平面におけるマッピングされたポイント q の座標は、 $q = f \cdot p_{[x,y]} \div p_z$ として計算され、ここで、 $p_{[x,y]}$ および p_z は、それぞれ、グリッド 15 に対するポイント p の平面 x - y 座標および第 3 の z 座標である。

30

【0051】

超広角カメラ平面上に投影されたポイント q は、ポイントの第 1 のデカルト座標を決定するために、その平面におけるデカルト座標系と整合され得る。たとえば、ポイントをデカルト座標系と整合させることは、ポイント、または平面におけるポイントの位置ベクトル（たとえば、原点からポイントへのベクトル）を回転させることを伴う。したがって、回転は、たとえば、カメラによってキャプチャされた画像中の典型的なグリッド配向と整合するためのものであるが、グリッドの X 方向および Y 方向が、キャプチャされた画像とすでに整合されている場合、必要でないことがある。回転は、例では実質的に 90 度である。図 8 A および図 8 B に示されているように、グリッドの X 方向および Y 方向は、画像の水平軸および垂直軸に関して 90 度だけオフセットされ、したがって、回転は、グリッドの X 方向および Y 方向が、キャプチャされた画像の水平軸および垂直軸と整合するよう

40

50

に、このオフセットを「補正」する。

【0052】

グリッドから画像へのマッピング (grid-to-image mapping) アルゴリズムは、標準的三角法を使用して、第1のデカルト座標を第1の極座標にコンバートすることを続ける。次いで、ひずみモデルが、第2の、たとえば「ひずんだ」極座標を生成するために、ポイントの第1の極座標に適用される。例では、ひずみモデルは、 $r' = f \cdot \arctan(r/f)$ によって与えられるひずみのタンジェントモデルを備え、ここで、 r および r' は、それぞれ、ポイントのひずんでいない半径方向座標およびひずんだ半径方向座標であり、 f は超広角カメラの焦点距離である。

【0053】

第2の極座標は、次いで、同じ標準的三角法を逆に使用して、(第2の)デカルト座標に逆にコンバートされる。次いで、第2のデカルト座標に基づいて、画像中のピクセルの画像座標が決定される。例では、この決定は、第2のデカルト座標をセンタリング解除する (de-center) ことまたは再スケーリングすることのうちの少なくとも1つを含む。追加または代替として、第2のデカルト座標の縦座標 (y 座標) は反転され、たとえば x 軸においてミラーリングされる。

【0054】

画像からグリッドへのマッピング

カメラ71によってキャプチャされた画像中のピクセルをグリッド15上の現実世界のポイントにマッピングすることが、異なる算出アルゴリズムによって行われる。たとえば、画像からグリッドへのマッピングアルゴリズムは、上記で説明されたグリッドから画像へのマッピングアルゴリズムの逆であり、各数学演算が反転される。

【0055】

画像中の所与のピクセルについて、画像中のピクセルの画像座標に基づいて、マッピングされたポイントの(第2の)デカルト座標が決定される。たとえば、この決定は、たとえば、画像座標をセンタリングすることまたは正規化することのうちの少なくとも1つを含む、画像中のピクセルを初期化することを伴う。前述のように、縦座標は、いくつかの例では反転される。第2のデカルト座標は、前述の標準的三角法を使用して第2の極座標にコンバートされる。ラベル「第2の」の使用は、説明されるグリッドから画像へのアルゴリズムにおいて行われるコンバージョンとの一貫性のために使用されるが、任意である。

【0056】

逆ひずみモデルが、第1の、たとえば「ひずんでいない」、極座標を生成するために第2の極座標に適用される。例では、逆ひずみモデルは、 $r = f \cdot \tan(r'/f)$ によって与えられるひずみのタンジェントモデルに基づき、ここで、この場合も、 r' はポイントのひずんだ半径方向座標であり、 r はポイントのひずんでいない半径方向座標であり、 f は超広角カメラの焦点距離である。したがって、例では、画像からグリッドへのマッピングにおいて使用される逆ひずみモデルは、グリッドから画像へのマッピングにおいて使用されるひずみモデルの逆関数、または「反関数 (anti-function)」である。

【0057】

画像からグリッドへのマッピングアルゴリズムは、第1の極座標を第1のデカルト座標にコンバートすることを続ける。第1のデカルト座標は、超広角カメラに対応する平面におけるデカルト座標系と、整合解除、または非整合され得る。たとえば、ポイントをデカルト座標系と整合解除させることは、ポイント、または平面におけるポイントの位置ベクトル (たとえば、原点からポイントへのベクトル) に回転変換を適用することを伴う。回転は、例では実質的に90度である。したがって、この回転は、グリッドから画像へのマッピングにおいて前に説明された、グリッドの X 方向および Y 方向と、キャプチャされた画像の水平軸および垂直軸との間のオフセットへの何らかの「補正」を「元に戻し」得る。

【0058】

最終的に、ポイントは、グリッドに対するポイントのグリッド座標を決定するために、カメラ71に対応する(第2の)平面から、グリッド15に対応する(第1の)平面上に

10

20

30

40

50

投影される。

【 0 0 5 9 】

例では、グリッド 1 5 に対応する平面上にポイントを投影することは、 $p = B^{-1} \cdot (f \cdot t - q \cdot z)$ を算出することを伴い、ここで、 $B = q \cdot R_{3,[1,2]} - f \cdot R_{[1,2],[1,2]}$ である。これらの方程式では、 p はグリッド平面におけるポイント座標を備え、 q はカメラ平面におけるデカルト座標を備え、 f は、前述のように超広角カメラの焦点距離である。さらに、 t は平面並進ベクトルであり、 z は、超広角カメラとグリッドとの間の距離（たとえば高さ）であり、 R は、回転ベクトルに関する 3 次元回転行列である。回転ベクトルは、回転の回転軸を表現する方向と回転の角度を表現する大きさを備える。角度 - 軸回転ベクトルに対応する回転行列 R は、たとえば、ロドリゲスの回転公式を使用して、ベクトルから決定され得る。

10

【 0 0 6 0 】

次に、カメラ平面からのひずんでいない 2 D ポイント q を投影するための機能の数学的導出が、完全のために提供される。上からの、グリッドから画像への投影から始めると、 $q = f \cdot p_{[x,y]} \div p_z$ であり、ここで、 p' は、回転および並進されたグリッドポイント p であり、すなわち、 $p' = R \cdot p + (t_x, t_y, z)^T$ であり、 q から p を導出することを目的としている。 p' について整理し、代入を行うと、以下のようになる。

【 0 0 6 1 】

【数 1】

$$p'_z \cdot q = f \cdot p'_{[x,y]}$$

20

【 0 0 6 2 】

【数 2】

$$\Leftrightarrow (R \cdot p + (t_x, t_y, z)^T)_z \cdot q = f \cdot (R \cdot p + (t_x, t_y, z)^T)_{[x,y]}$$

【 0 0 6 3 】

【数 3】

$$\Leftrightarrow ((R \cdot p)_z + z) \cdot q = f \cdot ((R \cdot p)_{[x,y]} + t)$$

30

【 0 0 6 4 】

【数 4】

$$\Leftrightarrow (R \cdot p)_z \cdot q + z \cdot q = f \cdot (R \cdot p)_{[x,y]} + f \cdot t$$

【 0 0 6 5 】

【数 5】

$$\Leftrightarrow (R \cdot p)_z \cdot q - f \cdot (R \cdot p)_{[x,y]} = f \cdot t - z \cdot q$$

【 0 0 6 6 】

カメラからのグリッド上のポイント p の所望の距離が高さパラメータ z によって与えられるので、ポイントの並進において、 $p_z = 0$ であると仮定され得る。したがって、すべての p_z 項が除去されて、以下のようになり得る。

40

【 0 0 6 7 】

【数 6】

$$(R_{3,[1,2]} \cdot p_{[x,y]}) \cdot q - f \cdot R_{[1,2],[1,2]} \cdot p_{[x,y]} = f \cdot t - z \cdot q$$

【 0 0 6 8 】

【数 7】

$$\Leftrightarrow (q \cdot R_{3,[1,2]} - f \cdot R) \cdot p_{[x,y]} = f \cdot t - z \cdot q$$

50

【 0 0 6 9 】

行列 $B = (q \cdot R_{3,[1,2]} - f \cdot R)$ を定義することによって、式は、 $B \cdot p_{[x,y]} = f \cdot t - z \cdot q$ にさらに簡略化され得、これは、逆行列 B^{-1} を使用することによって、ポイント p を算出するための上記の方程式として帰着する。

【 0 0 7 0 】

較正プロセス 130 に戻ると、いくつかの場合には、グリッド 15 に関して位置決めされた、グリッドセルマーカに符号化されたグリッドセル座標データが、キャプチャされた画像中のピクセルに対応する算出されたグリッド座標を較正するために使用され得る。たとえば、グリッドセルマーカは、たとえば所定のグリッドセル 17 中に置かれた、サインボードであり、対応するセル座標データが各サインボード上にマークされる。プロセス 130 は、たとえば、キャプチャされた画像を、画像中のグリッドセルマーカを検出するために、処理することと、次いで、マッピングされたグリッド座標を較正する際使用するために、グリッドセルマーカに符号化されたグリッドセル座標データを抽出することを含む。各グリッドセルマーカは、それぞれのグリッドセル中にあり、たとえば、それぞれのカメラ 71 の下に、その視野 72 内にある。

10

【 0 0 7 1 】

画像処理は、グリッドセクションの画像中のグリッドセルマーカのインスタンスを検出するようにトレーニングされた、物体検出モデル、たとえばニューラルネットワークを使用することを伴い得る。コンピュータビジョンプラットフォーム、たとえば、Google (登録商標) による Cloud Vision API (アプリケーションプログラミングインターフェース) が、物体検出モデルを実装するために使用され得る。物体検出モデルは、グリッドセルマーカを含むグリッドセクションの画像を用いてトレーニングされ得る。物体検出モデルが、ニューラルネットワーク、たとえば CNN を含む、例では、図 9 を参照する説明が、それに応じて適用される。

20

【 0 0 7 2 】

キャプチャされた画像中で表現されたグリッドセクション上のポイントへの画像中のピクセルのマッピングによって生成された、グリッド座標は、抽出されたセル座標データに基づいてグリッド全体に較正され得る。たとえば、所与のピクセルに対応するマッピングされたグリッドポイントは、グリッドセルの単位の座標、たとえば、X 方向におけるグリッドセルの数 x と Y 方向におけるグリッドセルの数 y とをもつ (x, y) を備える。しかしながら、カメラ 71 によってキャプチャされたグリッドセルは、グリッドセクション、すなわちグリッド 15 のセクションのものであり、したがって、必ずしもグリッド 15 全体であるとは限らない。したがって、画像中にキャプチャされたグリッドセクションに対するマッピングされたグリッド座標 (x, y) は、グリッド全体に関するグリッドセクションの相対ロケーションに基づいて、グリッド全体に対するグリッド座標 (x', y') に較正され得る。グリッド全体に対するグリッドセクションのロケーションは、説明されるように、画像中にキャプチャされたグリッドセルマーカに符号化されたグリッドセル座標データを抽出することによって決定され得る。

30

【 0 0 7 3 】

図 10 A は、超広角カメラ 71 によってキャプチャされた、グリッドセクションの画像 81 を、画像中のトラック 22 を検出するために、トレーニングされたニューラルネットワーク 90 を用いて、処理することによって生成された、トラックの例示的なモデル 101 を示す。モデル 101 は、ニューラルネットワーク 90 によって決定された、グリッドセクションのひずんだ画像中のトラック 22 a、22 b の予測の表現を備える。トラックモデル 101 からグリッド 15 上の対応するポイントにピクセルをマッピングすることが、説明されるようにカメラ 71 を較正するために行われ得る。たとえば、較正は、キャプチャされた画像 81、82 中のピクセルとグリッド 15 上のポイントとの間のマッピングのために使用される、カメラ 71 に関連する複数のパラメータを更新すること、たとえば最適化することを伴う。

40

【 0 0 7 4 】

50

例では、グリッドセクションのモデル 1 0 1 は、平行なトラックの第 1 のセット 2 2 a および第 2 のセット 2 2 b の中心線のみを表現するように改良され得る。したがって、トラックモデル 1 0 1 からグリッド 1 5 上の対応するポイントにマッピングされるべきピクセルは、たとえば、生成されたモデル 1 0 1 中の平行なトラックの第 1 のセット 2 2 a および第 2 のセット 2 2 b の中心線上にあるピクセルである。改良することは、たとえば、水平線および垂直線検出カーネルでモデルをフィルタ処理することを伴う。それらのカーネルは、たとえば、他のカーネルが、エッジ検出におけるエッジなど、画像の他の特徴を識別するために使用され得るのと同じようにして、トラックの中心線がモデル 1 0 1 中で識別されることを可能にする。各カーネルは、所与のサイズ、たとえば 3×3 行列であり、これは、所与のスライドでモデル 1 0 1 中の画像データと畳み込まれ得る。たとえば、水平線検出カーネルは、行列

【 0 0 7 5 】

【数 8】

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

【 0 0 7 6 】

として表現可能である。

【 0 0 7 7 】

同様に、垂直線検出カーネルは、たとえば、行列

【 0 0 7 8 】

【数 9】

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

【 0 0 7 9 】

として表現可能である。

【 0 0 8 0 】

例では、フィルタ処理することは、水平線および垂直線検出カーネルを使用してモデル 1 0 1 のピクセル値を収縮させる (erode) ことと膨張させる (dilate) こととのうちの少なくとも 1 つを伴う。たとえば、収縮 (erosion) 機能と膨張 (dilation) 機能とのうちの少なくとも 1 つが、カーネルを使用してモデル 1 0 1 に適用される。収縮機能は、カーネルをモデルと畳み込むことによって、前景物体、この場合、生成されたモデル 1 0 1 中のトラック 2 2 a、2 2 b の境界を効果的に「収縮させる」。収縮中に、カーネルの下で畳み込まれるすべてのピクセルが「1」に等しい場合のみ、元のモデル中のピクセル値 (「1」または「0」のいずれか) は、「1」の値に更新され、他の場合、それは収縮させられる (「0」の値に更新される)。事実上、モデル 1 0 1 中のトラック 2 2 a、2 2 b の境界の近くのすべてのピクセルが、トラック 2 2 a、2 2 b の各々の厚さが実質的にその中心線まで減少するように、収縮において使用されるカーネルのサイズに応じて、破棄されることになる。膨張機能は、収縮機能の反対であり、収縮の後に残る中心線を効果的に「膨張させる」または広げるために、収縮の後に適用され得る。この膨張は、改良されたモデル 1 0 1 中のトラック 2 2 a、2 2 b の中心線を安定させることができる。膨張中に、カーネルの下で畳み込まれる少なくとも 1 つのピクセルが「1」に等しい場合、ピクセル値は「1」の値に更新される。収縮機能および膨張機能は、それぞれ、元の生成されたモデル 1 0 1 に適用され、たとえば、得られた水平中心線および垂直中心線「骨格」が、改良されたモデルを作り出すために組み合わせられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

いくつかの場合には、生成されたモデル 1 0 1 は、たとえば、カメラ 7 1 によって閲覧可能なグリッドセクションの 1 つまたは複数の領域が不明瞭にされた、トラック 2 2 a、2 2 b の欠落したセクションを有し得る。搬送デバイス 3 0、ピラーまたは他の構造など、グリッド 1 5 上の物体が、キャプチャされた画像中のトラックの一部を不明瞭にし得る。したがって、生成されたモデル 1 0 1 は、トラックの同じ欠落した領域を有することがある。同様に、トラックのフォールスポジティブ予測が、生成されたモデル 1 0 1 中に存在し得る。

【 0 0 8 2 】

これらの問題を助けるために、生成されたモデル中に存在するトラック 2 2 a、2 2 b（たとえばその中心線）は、たとえば、トラック 2 2 a、2 2 b について 2 次軌道を作り出すために、それぞれの 2 次方程式に適合され得る。図 1 0 B は、モデル 1 0 1 中のトラックの第 1 のセット 2 2 a のうちのトラックが第 1 の 2 次軌道 1 0 2 に適合されることと、モデル 1 0 1 中のトラックの第 2 のセット 2 2 b のうちのトラックが第 2 の 2 次軌道 1 0 3 に適合されることとの一例を示す。次いで、2 次トラック中心線が、たとえば、モデル 1 0 1 中のギャップを埋めるかまたはフォールスポジティブを除去するように、2 次軌道に沿ってピクセル値を外挿することによって、2 次軌道に基づいて作り出され得る。たとえば、予測されたグリッドモデル 1 0 1 から生成されたサブ線（sub-line）が、少なくとも 1 つの他の線とともに所与の 2 次曲線に適合され得ない場合、そのサブ線は、グリッドの一部である可能性が極めて低く、除外されるべきである。

【 0 0 8 3 】

モデル 1 0 1 中のトラックを適合させるために使用される 2 次方程式、 $y = a x^2 + b x + c$ はまた、指定された境界条件、たとえば、

【 0 0 8 4 】

【 数 1 0 】

$$500 < \frac{-b}{2a} < 2500$$

【 0 0 8 5 】

、 $-9.9 \times 10^{-4} < a < 9.9 \times 10^{-4}$ 、 $-5 < b < 5$ 、および $0 < c < 3200$ を有し得る。

【 0 0 8 6 】

例では、所定の数のピクセルが、たとえば、モデルを記憶するためのストレージ要件を低減するために、トラックの改良されたモデル 1 0 1 から抽出される。たとえば、トラックの最終の改良されたモデル 1 0 1 を与えるために、ピクセルのランダムサブセットが抽出される。

【 0 0 8 7 】

本明細書で説明されるシステムおよび方法を使用して超広角カメラ 7 1 を校正することが、たとえば、グリッド 1 5 の広い視野をもつカメラ 7 1 によってキャプチャされた画像が、その上の搬送デバイスを検出し、そのロケーションを特定するために使用されることを可能にする。これは、他のカメラタイプのものと比較して、画像中に存在する比較的高いひずみにもかかわらずである。

【 0 0 8 8 】

上記で概説された自動校正プロセスはまた、それぞれのカメラ 7 1 に関連するパラメータをチューニングする手動方法と比較して、保管システムのグリッド 1 5 の上に設置された各カメラ 7 1 を校正するためにかかる時間を低減することができる。たとえば、説明された校正パイプラインを実装するために、ニューラルネットワークモデル、たとえば U-Net を、カスタマイズされた最適化機能と組み合わせることが、標準的校正方法と比較して誤差の 80 % 超を除去することができる。さらに、本明細書で説明される校正システムおよび方法は、たとえば、異なる寸法、スケール、およびレイアウトをもつ、複数の倉

庫保管システム中のカメラを較正するのに十分に汎用性があり、一貫性があることが判明した。

【 0 0 8 9 】

さらに、グリッドの、出力される平坦化された較正された画像 1 1 1 は、グリッド 1 5 とその上で移動する搬送デバイス 3 0 とをモニタするための、人間と機械の両方による、画像 1 1 1 とのより容易な対話を可能にする。したがって、グリッド上の所与の搬送デバイスの無反応のインスタンスが、搬送デバイス 3 0 の一団の動作を解決するために検出および/または作用されることが、より効率的であり得る。

【 0 0 9 0 】

作業空間中の搬送デバイスを検出すること

10

グリッド上の搬送デバイス 3 0 を検出するために、カメラ 7 1 によってキャプチャされたはずんだ画像 8 2 を処理するための方法およびシステムが、本明細書で提供される。たとえば、グリッド 1 5 に対する検出された搬送デバイス 3 0 のロケーションが、出力され得る。いくつかの例では、検出された搬送デバイス 3 0 の識別情報、たとえば一意の I D ラベルが、出力され得る。次に、そのような例がより詳細に説明される。

【 0 0 9 1 】

図 1 4 は、グリッド 1 5 を備える作業空間中の搬送デバイス 3 0 を検出するコンピュータ実装方法 1 4 0 を示す。方法 1 4 0 は、作業空間の少なくとも一部の画像を表現する画像データを取得すること 1 4 1 と、グリッド上の搬送デバイスのインスタンスを検出するようにトレーニングされた物体検出モデルにより、その画像データを処理すること 1 4 2 とを伴う。たとえば、画像は、作業空間の少なくとも一部をカバーする視野をもつカメラ 7 1 によってキャプチャされ、画像データは、検出方法 1 4 0 を実装するためのコンピュータに移される。画像データは、たとえば、コンピュータのインターフェース、たとえば C S I において、受信される。

20

【 0 0 9 2 】

物体検出モデルは、作業空間のグリッド 1 5 上の搬送デバイス 3 0 の物体検出を実施するようにトレーニングされたニューラルネットワーク、たとえば畳み込みニューラルネットワークであり得る。したがって、図 9 に関するニューラルネットワークの説明は、これらの特定の例において適用される。本コンテキストでは、物体検出モデル、たとえば C N N 9 0 は、所定のクラスの物体のうちのある物体（すなわち搬送デバイス）が画像中に存在するかどうかを決定するために、取得された画像データを処理することによって物体識別を実施するようにトレーニングされる。ニューラルネットワーク 9 0 をトレーニングすることは、たとえば、搬送デバイスが存在する作業空間セクションのトレーニング画像をニューラルネットワーク 9 0 に提供することを伴う。重みデータが、多層ニューラルネットワークアーキテクチャのそれぞれの（畳み込み）層 9 2、9 4 について生成され、トレーニングされたニューラルネットワークを実装する際に使用するために記憶される。例では、物体検出モデルは、C N N ベースアーキテクチャを有する、「Y o u O n l y L o o k O n c e」（Y O L O）物体検出モデル、たとえば Y O L O v 4 または S c a l e d - Y O L O v 4 を備える。他の例示的な物体検出モデルは、R e t i n a t N e t または R - C N N（C N N 特徴をもつ領域（Regions with CNN features））など、ニューラルベース手法と、決定された特徴、たとえば、H a a r - l i k e 特徴または配向勾配ヒストグラム（H O G）特徴に基づいて物体分類を行うためのサポートベクターマシン（S V M）など、非ニューラル手法とを含む。

30

40

【 0 0 9 3 】

方法 1 4 0 は、処理 1 4 2 に基づいて、画像が搬送デバイス 3 0 を含むかどうかを決定すること 1 4 3 を伴う。たとえば、物体検出モデルは、搬送デバイス 3 0 が作業空間のキャプチャされた画像中に存在するかどうかを検出するように、構成、たとえばトレーニングまたは学習される。例では、物体検出モデルは、画像が搬送デバイス 3 0 を含む可能性に対応する信頼性のレベル、たとえば確率スコアを用いて、決定 1 4 3 を行う。したがって、ポジティブ決定が、所定のしきい値、たとえば 9 0 % または 9 5 % を上回る、信頼性

50

レベルに対応し得る。画像が搬送デバイスを含むと決定すること 1 4 3 に応答して、画像中の予測された搬送デバイスを示すアノテーションデータ（たとえば予測データまたは推論データ）が、出力される 1 4 4。アノテーションデータを含む画像の更新されたバージョンが、たとえば、方法 1 4 0 の一部として出力され得る。

【 0 0 9 4 】

例では、アノテーションデータは、バウンディングボックスを備える。図 1 2 は、バウンディングボックス 1 2 0 a、1 2 0 b でアノテーションを付け（annotate）られた、超広角カメラ 7 1 によってキャプチャされた画像 8 2 の更新されたバージョン 8 3 の一例を示す。バウンディングボックス 1 2 0 a、1 2 0 b は、それぞれ、物体検出モデルによって検出された、第 1 の搬送デバイス 3 0 a および第 2 の搬送デバイス 3 0 b に対応する。所与のバウンディングボックスが、たとえば、検出された物体を囲む矩形を備え、位置と、識別されたクラス（たとえば搬送デバイス）と、信頼性スコア（たとえば、物体がボックス内に存在することになる可能性がどのくらいあるか）とのうちの 1 つまたは複数を指定し得る。所与のバウンディングボックスを定義するバウンディングボックスデータが、ボックスの 2 つのコーナーの座標、またはボックスについての幅および高さパラメータをもつ中心座標を含み得る。例では、検出方法 1 4 0 は、出力するためにアノテーションデータ 1 2 0 a、1 2 0 b を生成することを伴う。

10

【 0 0 9 5 】

いくつかの場合には、物体検出モデルは、さらに、作業空間中の欠陥のある搬送デバイス、たとえば、マスタコントローラからの通信に無反応な、および / またはグリッドと不整合な、および / または作動した（engaged）警告信号をもつ、搬送デバイス、のインスタンスを検出するようにトレーニングされる。

20

【 0 0 9 6 】

たとえば、方法 1 4 0 は、物体検出モデルにより画像データを処理して、その処理に基づいて、画像が、グリッドと不整合な搬送デバイスを含むかどうかを決定することを伴う。物体検出モデルは、搬送デバイスを検出するために使用された同じものであるか、または異なるものであり得る。物体検出モデルは、たとえば、たとえば、直交トラック 2 2 からオフセットされた角度における、グリッド 1 5 と不整合な搬送デバイスの画像のトレーニングセットを用いてトレーニングされる。画像が不整合な搬送デバイスを含むと決定することに応答して、方法は、アノテーションデータまたはアラートのうちの少なくとも 1 つを出力することを含み得る。アノテーションデータは、たとえば、画像中の予測された不整合な搬送デバイスを示す。前述のように、アノテーションは、グリッド上の予測された不整合な搬送デバイスを囲むバウンディングボックスを備え得る。出力されたアラートは、たとえば、画像が不整合な搬送デバイスを含むことをシグナリングする。

30

【 0 0 9 7 】

同様に、方法 1 4 0 は、物体検出モデルにより画像データを処理して、その処理に基づいて、画像が、作動した警告信号をもつ搬送デバイスを含むかどうかを決定することを伴い得る。搬送デバイスの警告信号は、発光ダイオード（LED）など、搬送デバイス上の光源によって放出される、所定の光、または光の色を備える。たとえば、搬送デバイスは、マスタコントローラからの通信に反応するときに光の第 1 の波長（色）を放出することと、マスタコントローラからの通信に反応しないときに光の第 2 の異なる色波長（色）を放出することを行うように構成された、LED を含む。搬送デバイスは、マスタコントローラとの通信が失われたとき、無反応状態になり得、たとえば、したがって、警告信号を作動させる。光源からの警告信号の他のタイプ、たとえば点滅などの放出の所定のパターンが、可能である。画像が不整合な搬送デバイスを含むと決定することに応答して、方法 1 4 0 は、アノテーションデータまたはアラートのうちの少なくとも 1 つを出力することを含み得る。アノテーションデータは、画像中の、作動した警告信号をもつ予測された搬送デバイスを示す。たとえば、アノテーションデータは、画像中の、作動した警告信号をもつ予測された搬送デバイスを囲むバウンディングボックスを備える。同様に、出力されたアラートは、画像が、作動した警告信号をもつ搬送デバイスを含むことをシグナリン

40

50

グする。出力されるアラートの例は、たとえば、オペレータによる閲覧のためのスクリーン上に、表示されるべきテキストまたは他の視覚メッセージを含む。

【0098】

搬送デバイスのロケーション特定 (localisation)

作業空間中の搬送デバイス30を検出する方法140は、画像82中の複数のそれぞれのグリッド空間17における複数の仮想搬送デバイスに対応するさらなるアノテーションデータを生成することを含むことができる。グリッド15上の検出された搬送デバイス30のロケーションは、次いで、画像中の検出された搬送デバイスを示すアノテーションデータを、複数の仮想の搬送するデバイスに対応するさらなるアノテーションデータと比較することによって、決定され得る。たとえば、比較は、アノテーションデータを使用して和集合の共通部分 (I o U : intersection over union) 値を計算することを含む。最高 I o U 値に関連するさらなるアノテーションデータに対応するグリッド空間は、次いで、検出された搬送デバイスのグリッドロケーションとして選択され得る。

10

【0099】

例では、さらなるアノテーションデータは、複数の仮想搬送デバイスに対応する複数のバウンディングボックスを備える。したがって、I o U 値を計算することは、2つのバウンディングボックス間の重複、または「共通部分」のエリアを、2つのバウンディングボックスの和集合のエリア (たとえば、2つのボックスによってカバーされた総エリア) で除算することを伴い得る。たとえば、検出された搬送デバイスのバウンディングボックスと所与の仮想搬送デバイスに対応する所与のバウンディングボックスとの間のエリア重複が、算出され、同じ2つのバウンディングボックスについての和集合のエリアで除算される。この計算は、I o U 値のセットを与えるために、検出された搬送デバイスのバウンディングボックスと、それぞれの仮想の搬送するデバイスに対応する各バウンディングボックスとについて繰り返される。次いで、I o U 値のセット中の最も高い I o U 値が選択され得、対応するバウンディングボックスのグリッドロケーションは、検出された搬送デバイスのグリッドロケーションとして推論される。

20

【0100】

検出システムが、本明細書で説明される検出方法のいずれかを実施するように構成され得る。たとえば、検出システムは、作業空間の少なくとも一部の画像をキャプチャするための画像センサーと、画像データを取得するためのインターフェースとを含む。検出システムは、搬送デバイス30を検出するコンピュータ実装方法140の処理および決定ステップを行うための、たとえば、グラフィックス処理ユニット (GPU) または専用ニューラル処理ユニット (NPU) 上で実装された、トレーニングされた物体検出モデルを含む。

30

【0101】

搬送デバイス上の識別マーカを検出すること

図15は、グリッド15を備える作業空間中の搬送デバイス上の識別マーカを検出するコンピュータ実装方法150を示す。方法は、搬送デバイスを含む画像部分を表現する画像データを取得すること151を伴う。画像部分は、たとえば図7に示されているように、グリッドの上に位置するカメラ71によってキャプチャされた、たとえば図8Bに示されている、画像82の部分、たとえばその少なくとも一部であり得る。

40

【0102】

図12は、それぞれの搬送デバイス30a、30bを含む例示的な画像部分121a、121bを示す。画像部分121a、121bは、画像82中の検出された搬送デバイス30a、30bに対応する、アノテーションデータ、たとえばバウンディングボックス120a、120bに基づいて、画像82から抽出され得る。たとえば、作業空間中の搬送デバイスを検出するための方法140の出力アノテーションデータは、画像82から画像部分121a、121bを取得、たとえば抽出するために、使用される。アノテーションデータが1つまたは複数のバウンディングボックスを表現する場合、たとえば、アノテーション付き画像83上にオーバーレイされた1つまたは複数のバウンディングボックス120a、120b中に含まれている画像データに対応する1つまたは複数の画像部分12

50

1 a、1 2 1 bが、画像8 2から抽出される。たとえば、方法1 5 0は、画像中の1つまたは複数の搬送デバイスを示すアノテーションデータ1 2 0 a、1 2 0 bを含む、アノテーション付き画像データ8 3を取得することと、それぞれの1つまたは複数の搬送デバイス3 0 a、3 0 bを含む1つまたは複数の画像部分1 2 1 a、1 2 1 bを作り出すために、アノテーション付き画像データ8 3をクロップすることとを伴う。

【0 1 0 3】

代替例では、画像部分は、カメラ7 1によってキャプチャされた画像8 2全体を備える。画像部分は、1つまたは複数の搬送デバイス3 0を含み得る。言い換えれば、画像部分は、たとえば、カメラ7 1によってキャプチャされた画像8 2の少なくとも一部を備える。

【0 1 0 4】

方法1 5 0は、第1のニューラルネットワークと第2のニューラルネットワークとを連続して用いて、取得された画像データを処理すること1 5 2をさらに伴う。第1のニューラルネットワークは、画像中の搬送デバイス上の識別マーカのインスタンスを検出するようにトレーニングされる。第2のニューラルネットワークは、画像中の、識別マーカに関連する、マーカ情報を認識するようにトレーニングされる。識別(「ID」)マーカは、たとえば、テキストラベル、または搬送デバイス上の(バーコード、QRコード(登録商標)またはそのようなものなどの)他のコードである。IDマーカは、そのマーカに関連するマーカ情報、たとえばテキストまたはQRコードを含む。マーカ情報は、搬送デバイスについてのID情報と対応し、たとえば、より広いシステムにおける搬送デバイスの、たとえば名前または他の記述子と対応する。マーカ情報は、IDマーカに、たとえばテキストまたは他のコードとして、符号化され、対応するID情報は、所与の搬送デバイスをシステム中で動作する他の搬送デバイスと区別するために使用され得る。

【0 1 0 5】

例では、第1のニューラルネットワークは、第1の入力データとして画像部分を受信し、たとえば、第2のニューラルネットワークへの入力としてそれに移すために、中間データとして特徴ベクトルを作り出すように構成、たとえばトレーニングまたは学習される。たとえば、第1のニューラルネットワークは、たとえば異なるサイズの、視覚特徴を抽出するために畳み込みを使用し、特徴ベクトルを作り出すように構成された、CNN 9 0を備える。「効率的なおよび正確なシーンテキスト」(EAST: Efficient and Accurate Scene Text)検出器が、搬送デバイス上の識別マーカ、たとえばテキストラベル、のインスタンスを識別するために、第1のニューラルネットワークとして使用され得る。

【0 1 0 6】

いくつかの場合には、第1のニューラルネットワークは、画像部分中の検出された識別マーカに対応する、たとえばバウンディングボックスを定義する、さらなるアノテーションデータを出力する。たとえば、処理1 5 2は、第1のニューラルネットワークを用いた処理に基づいて、画像部分が搬送デバイス上の識別マーカを含むかどうかを決定することとを伴う。決定がポジティブである場合、画像部分中の識別マーカのロケーションに対応するさらなるアノテーションデータが、方法1 5 0の一部として生成および出力される。さらなるアノテーションデータは、画像または画像部分に対する画像座標を備え得る。たとえば、画像座標は、画像部分中の識別マーカについてのバウンディングボックスの少なくとも2つのコーナーに対応する。バウンディングボックスは、たとえば、2つの反対コーナーの座標によって定義され得る。

【0 1 0 7】

例では、画像データを処理すること1 5 2は、画像部分のサブ部分を抽出することを伴い、サブ部分は、搬送デバイス上の検出された識別マーカに対応する。たとえば、画像部分は、識別マーカを含むサブ部分を生成するようにクロップされる。図1 2は、画像部分1 2 1 aから抽出された、搬送デバイス3 0 a上の検出された識別マーカに対応する例示的なサブ部分1 2 2を示す。サブ部分1 2 2は、図1 2の例に示されているように、識別マーカの長手方向軸がサブ部分1 2 2に対して実質的に水平になるように、回転

10

20

30

40

50

され得る。方法 1 5 0 は、次いで、画像中のマーカー情報を認識するように構成、たとえばトレーニングまたは学習された、第 2 のニューラルネットワークを用いて、サブ部分 1 2 2 を処理することを含むことができる。

【 0 1 0 8 】

方法 1 5 0 は、第 2 のニューラルネットワークによって決定されたマーカー情報を表現するマーカーデータを出力すること 1 5 3 で終わる。たとえば、第 2 のニューラルネットワークは、ID マーカーを含む画像サブ部分からマーカーデータを導出するように構成される。ID マーカーがテキストラベルを備える例では、第 2 のニューラルネットワークは、ラベルを含む画像サブ部分を、ラベルシーケンスデータ、たとえば、文字、数字、句読点、または他の記号のシーケンス（または「ストリング」）を備えるマーカーデータに転写するように構成され得る。図 1 2 に示されている例示的なサブ部分 1 2 2 について、第 2 のニューラルネットワークは、たとえば、搬送デバイス 3 0 a の識別ラベルについてのラベルシーケンスデータ「A A - Z 8 2」としてマーカーデータを出力することになる。代替例では、ID マーカーは、たとえば、ラベル上で搬送デバイスに適用された、搬送デバイス上のコード、たとえば QR（「クイックレスポンス」）コードまたはバーコードである。第 2 のニューラルネットワークは、たとえば、搬送デバイス上の ID マーカーの画像からコードを決定するように構成、たとえばトレーニングまたは学習される。コード、たとえばマーカーデータは、次いで、出力され得る。たとえば、コードは、そこに符号化された ID 情報を復号するためにさらに処理され得る。言い換えれば、検出された QR コードまたはバーコードは、たとえば、搬送デバイスの ID 情報、たとえば名前を決定するために復号される。

【 0 1 0 9 】

例では、第 2 のニューラルネットワークは、画像サブ部分から視覚特徴を抽出するために畳み込みを適用し、その特徴をシーケンスで配置するように構成された、畳み込みリカレントニューラルネットワーク（CRNN）を備える。CRNN は、2 つのニューラルネットワーク、たとえば、CNN およびさらなるニューラルネットワークを備える。いくつかの場合には、第 2 のニューラルネットワークは、双方向リカレントニューラルネットワーク（RNN）、たとえば双方向長短期記憶（LSTM）モデルを含む。たとえば、双方向 RNN は、たとえば、図 1 2 の例では、ID シーケンスが、文字「A」から開始し、数字で終了する可能性が極めて高いなど、特徴シーケンスにおけるパターンから学習されたシーケンシャルな手がかりを適用して、マーカーに符号化された ID シーケンスを予測するために、CNN の特徴シーケンス出力を処理するように構成される。したがって、第 2 のニューラルネットワークは、2 つ以上のニューラルネットワークのパイプライン、たとえば、深層双方向 LSTM にパイピングされた CNN を備え得、したがって、CNN の特徴シーケンス出力は、それを入力として受信するその bi LSTM にパスされる。他の例では、第 2 のニューラルネットワークは、異なるタイプの深層学習アーキテクチャ、たとえば深層ニューラルネットワークを備える。

【 0 1 1 0 】

検出システムが、本明細書で説明される検出方法のいずれかを実施するように構成され得る。たとえば、検出システムは、作業空間の少なくとも一部の画像をキャプチャするための画像センサーと、画像データを取得するためのインターフェースとを含む。検出システムは、搬送デバイス 3 0 上の識別マーカーを検出するコンピュータ実装方法 1 5 0 の処理および決定ステップを行うための、たとえば、グラフィックス処理ユニット（GPU）または専用ニューラル処理ユニット（NPU）上で実装された、トレーニングされた物体検出モデルを含む。

【 0 1 1 1 】

除外ゾーン（exclusion zone）を決定すること

作業空間中の除外ゾーンを決定するための方法およびシステムが、本明細書で提供される。除外ゾーンは、搬送デバイスのマスタコントローラによって実装され得、作業空間中で動作する搬送デバイスが除外ゾーンに入るのを禁止するように機能する。たとえば、除

10

20

30

40

50

外ゾーンは、たとえば、倒れた、および/またはマスタコントローラとの通信を失った、欠陥のある搬送デバイスの周りで決定され得、したがって、欠陥のある搬送デバイスは、後で、注意を払われ、たとえば作業空間から取り出され得る。これは、他の搬送デバイスが欠陥のある搬送デバイスと衝突するリスクを低下させながら、作業空間が使用可能なままであることを可能にする。いくつかの場合には、決定された除外ゾーンは、実装の前に、たとえばオペレータに、提案され得、これは、決定された除外ゾーンが、作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの実際の位置をカバーすることになることを保証するのを助けることができる。

【0112】

図16は、作業空間、たとえば、図7を参照しながら説明されたグリッド15を備える作業空間中で動作する1つまたは複数の搬送デバイス30の移動の制御を支援するためのコンピュータ実装方法160を示す。

10

【0113】

方法160は、1つまたは複数の画像センサーによってキャプチャされた作業空間の画像表現を取得すること161から開始する。たとえば、1つまたは複数の画像センサーは、作業空間のビューをもつ1つまたは複数のカメラ71の一部である。カメラ71は、図7に示されているように作業空間のグリッド15の上に配設され得る。作業空間の画像は、たとえば、1つまたは複数の画像センサーに通信可能に結合されたインターフェース、たとえばカメラインターフェースまたはC S Iにおいて受信される。

【0114】

20

作業空間の画像表現のターゲット画像部分が、インターフェース、たとえば、画像を受信するために使用されるものとは異なるインターフェースにおいて、取得される162。ターゲット画像部分は、作業空間中のターゲットロケーションにマッピングされる163。マッピング163に基づいて、1つまたは複数の搬送デバイスが入るのを禁止されることになる、作業空間中の除外ゾーンが決定される164。除外ゾーンは、ターゲット画像部分からマッピングされたターゲットロケーションを含む。除外ゾーンを表現する除外ゾーンデータが、作業空間中の除外ゾーンを実装するために制御システム、たとえばマスタコントローラに出力される165。

【0115】

たとえば、作業空間の画像表現を閲覧するユーザが、ターゲット画像部分を取得するように構成されたインターフェースを介してターゲット画像部分を選択する。インターフェースは、たとえば、ユーザが対話するためのユーザインターフェースであり得る。ユーザインターフェースは、画像センサーによってキャプチャされた作業空間の画像表現を表示するためのディスプレイスクリーンを含み得る。ユーザインターフェースは、ユーザがそれを用いてターゲット画像部分を選択することができる入力手段、たとえば、タッチスクリーンディスプレイ、キーボード、マウス、または他の好適な手段をも含み得る。

30

【0116】

例では、ターゲット画像部分は、作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を含む。たとえば、ターゲット画像部分は、画像センサーによってキャプチャされた作業空間の画像から選択された1つまたは複数のピクセルのサブセットである。1つまたは複数のピクセルは、作業空間の画像中に示された欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部に対応する。たとえば、ターゲット画像部分は、画像中に示された欠陥のある搬送デバイス全体を含む。他の例では、ターゲット画像部分は、画像中に示された欠陥のある搬送デバイスの一部に対応する単一のピクセルのみである。

40

【0117】

たとえば、作業空間がセル17のグリッド15を備える、他の例では、ターゲット画像部分は、セルのグリッド中の所与のセルに対応する。たとえば、ターゲット画像部分は、所与のセルの少なくとも一部に対応する1つまたは複数のピクセルのサブセットである。いくつかの場合には、ターゲット画像部分はセル全体を含み、他の場合には、ターゲット画像部分は、セルの一部に対応する単一のピクセルのみである。

50

【 0 1 1 8 】

上記で説明されたように、いくつかの例では、ユーザは、インターフェース、たとえばユーザインターフェースを介してターゲット画像部分を選択する。しかしながら、他の例では、ターゲット画像部分は、作業空間の画像から欠陥のある搬送デバイスを検出するように構成された物体検出システムから取得される。たとえば、方法 1 6 0 は、物体検出システムが、画像センサーによってキャプチャされた作業空間の画像を取得することと、物体分類モデルを使用して、欠陥のある搬送デバイスが画像データ中に存在することを決定することとを伴う。

【 0 1 1 9 】

物体分類モデル、たとえば物体分類器は、概して図 9 を参照しながら説明された、例におけるニューラルネットワークを備え、これは、相応に適用されると解釈される。たとえば、物体分類器は、画像センサーによってその後キャプチャされる画像を、作業空間中の欠陥のある搬送デバイスを含んでいるものまたは含んでいないものとして分類するように、作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの画像のトレーニングセットを用いてトレーニングされる。

10

【 0 1 2 0 】

トレーニングされた物体分類器によるポジティブ分類の場合、物体検出システムは、次いで、ターゲット画像部分を出力することができる。たとえば、物体検出システムは、たとえば、バウンディングボックスなどのアノテーションデータを使用して、画像センサーからの元の画像中のターゲット画像部分を示し得る。代替的に、物体検出システムは、画像センサーから受信された元の入力画像のクロップされたバージョンとしてターゲット画像部分を出力し、クロップされたバージョンは、作業空間中の識別された欠陥のある搬送デバイスを含む。

20

【 0 1 2 1 】

例では、物体検出システムは、画像データ中の欠陥のある搬送デバイスとそのロケーションとを検出するようにトレーニングされたニューラルネットワークを備える。たとえば、物体検出システムは、欠陥のある搬送デバイスが存在する入力画像の領域を決定する。その領域は、次いで、たとえば、ターゲット画像部分として出力され得る。そのような場合、ニューラルネットワークのトレーニングは、作業空間中の欠陥のある搬送デバイスを示す作業空間のアノテーション付き画像を使用することを伴う。したがって、ニューラルネットワークは、作業空間中の物体を欠陥のある搬送デバイスとして分類することと、欠陥のある搬送デバイスが画像中のどこにあるかを検出すること、すなわち、作業空間の画像に対する欠陥のある搬送デバイスのロケーションを特定することとの両方を行うようにトレーニングされる。

30

【 0 1 2 2 】

本明細書で説明されるように、物体検出システムによって出力されたターゲット画像部分は、作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を含み得る。たとえば、ターゲット画像部分は、画像センサーによってキャプチャされた画像から、たとえば、欠陥のある搬送デバイスのポジティブロケーション特定に基づいて、物体検出システムによって選択された 1 つまたは複数のピクセルのサブセットである。

40

【 0 1 2 3 】

例では、決定された除外ゾーンは、離散数 (discrete number) のグリッド空間を含む。たとえば、欠陥のある搬送デバイスがグリッド 1 5 上の単一のグリッド空間 1 7 内にいることが決定され得る。したがって、除外ゾーンは、たとえば、他の搬送デバイスがその単一のグリッド空間に入るのを禁止されるように、そのグリッド空間に延在すると決定される。したがって、他の搬送デバイスと欠陥のある搬送デバイスとの間の衝突が防がれ得る。代替的に、除外ゾーンは、欠陥のある搬送デバイスがあるグリッドセルを中心とするグリッドセルの領域、たとえば 3 × 3 セルエリアとして、設定され得る。したがって、除外ゾーンは、欠陥のある搬送デバイスがある、影響を受けるグリッドセルの周りのバッファエリアを含む。いくつかの場合には、欠陥のある搬送デバイスは、たとえば、それが、

50

グリッドセル間に位置するか、倒れたか、またはトラック 2 2 と不整合である場合、2 つ以上のグリッドセルにわたる。そのような場合、(ターゲットロケーションを含む) マッピングされたグリッドセルの周りのバッファエリアは、マッピングされたグリッドセルのみを除外することに対して除外ゾーンの有効性を改善することができる。バッファエリアのサイズは、たとえば、除外するためのマッピングされたグリッドセルが決定されると適用されることになる、グリッドセルの設定されたエリアとして、あらかじめ決定され得る。追加または代替として、バッファエリアのサイズは、制御システムにおいて除外ゾーンを実装するときの選択可能なパラメータである。

【0124】

作業空間中で動作する搬送デバイスの移動をリモートで制御する制御システム、たとえばマスタコントローラは、方法 160 の一部としての除外ゾーンデータ出力 165 に基づいて除外ゾーンを実装することができる。たとえば、1 つまたは複数の搬送デバイス 30 の各々が、制御システム、たとえば中央コンピュータの制御下でリモートで動作可能である。グリッド 15 上の 1 つまたは複数の搬送デバイス 30 の移動を制御するために、たとえば、1 つまたは複数の基地局を実装する、ワイヤレス通信ネットワークを介して、制御システムから 1 つまたは複数の搬送デバイス 30 に命令が送られ得る。

10

【0125】

各搬送デバイス 30 中のコントローラが、その移動を制御するために、搬送デバイス、たとえば車両 32 の様々な駆動機構を制御するように構成される。たとえば、命令は、所与の搬送デバイスについての定義された軌道にカプセル化され得る、グリッド構造 15 の X - Y 平面における様々な移動を含む。したがって、除外ゾーンは、定義された軌道が、除外ゾーンデータによって表現された除外ゾーンを回避するように、中央制御システム、たとえばマスタコントローラによって実装され得る。たとえば、除外ゾーンが実装されたとき、グリッド上の 1 つまたは複数の搬送デバイス 30 に対応する 1 つまたは複数のそれぞれの軌道が、除外ゾーンを回避するように更新される。

20

【0126】

例では、ターゲット画像部分(たとえば画像中の 1 つまたは複数のピクセル)をターゲットロケーション(たとえばグリッド構造上のポイント)にマッピングすることが、作業空間の画像のひずみを逆にすることを伴う。たとえば、画像センサーが超広角レンズと組み合わせて使用される場合、そのレンズは、作業空間のビューをひずませる。したがって、そのひずみは、たとえば、画像ピクセルとグリッドポイントとの間のマッピングの一部として、逆にされる。逆ひずみモデルが、この目的でターゲット画像部分に適用され得る。以前の例における画像からグリッドへのマッピングアルゴリズムの説明は、ここで相応に適用される。たとえば、ターゲット画像部分をターゲットグリッドロケーションにマッピングすることが、本明細書で説明される、画像からグリッドへのマッピングアルゴリズムを適用することを伴う。

30

【0127】

作業空間中の搬送デバイス移動を制御するための制御システムを支援する方法 160 は、実施形態では支援システムによって実装される。たとえば、支援システムは、作業空間の画像表現をキャプチャするための 1 つまたは複数の画像センサーと、画像のターゲット画像部分を取得するためのインターフェースとを含む。支援システムは、方法 160 の、マッピングすること 163、決定すること 164、および出力する 165 のステップを実施するように構成される。たとえば、支援システムは、制御システム、たとえばマスタコントローラが、入力として受信し、作業空間中で実装するために、除外ゾーンデータを出力する。除外ゾーンデータは、支援システムと制御システムとの間で直接移され得るか、または制御システムによってアクセス可能なストレージに支援システムによって記憶され得る。

40

【0128】

支援システムを採用する実施形態では、作業空間中の欠陥のある搬送デバイスを検出するように構成された物体検出システムは、たとえば、支援システムの一部である。支援シ

50

ステムのインターフェースは、例において説明されるように、物体検出システムからターゲット画像部分を取得し得る。

【0129】

支援システムは、作業空間と、作業空間中の搬送デバイス移動を制御するための制御システムとを含む、保管システム1、たとえば図7に示されている例に組み込まれ得る。図7を参照する例において説明されたように、作業空間は、X方向に延在する平行なトラックの第1のセット22aと、実質的に水平な平面において第1のセットに直交する、Y方向に延在する平行なトラックの第2のセット22bとによって形成された、グリッド15を含む。グリッド15は、複数のグリッド空間17を含み、1つまたは複数の搬送デバイス30は、単一のグリッド空間17のフットプリント内でトラック22の下にスタックされたコンテナ10を取り扱うために、トラック上で周辺を選択的に移動するように配置される。各搬送デバイス30は、1つのグリッド空間を占有する所与の搬送デバイスが、隣接するグリッド空間を占有するかまたは横断する別の搬送デバイスを妨害しないように、単一のグリッド空間17のみを占有するフットプリントを有し得る。

10

【0130】

例において説明されるように、除外ゾーンは、離散数のグリッド空間17に対応することができる。たとえば、支援システムは、グリッド15の上のカメラ71によってキャプチャされた画像中で検出された欠陥のある搬送デバイス30に対応する、グリッド15上のターゲットロケーションを決定する。ターゲットロケーションは、たとえば、前の例において説明された較正方法に基づいて、グリッド全体に対するグリッド空間座標にコンバートされ、除外ゾーンが、ターゲットロケーションのグリッド空間に基づいて決定される。たとえば、除外ゾーンは、ターゲットロケーションの少なくともグリッド空間を含むが、例において説明されるように、たとえばバッファエリアとして、さらなる周囲グリッド空間を含み得る。保管システムの制御システム、たとえばマスタコントローラは、作業空間中で動作する搬送デバイス30が除外ゾーンに入るのを禁止されるように、支援システムによって決定された除外ゾーンデータに基づいて、作業空間中の除外ゾーンを実装するように構成される。

20

【0131】

上記の例は、例示的な例として理解されるべきである。さらなる例が想定される。たとえば、グリッド15の上に配設されたカメラ71は、多くの例では超広角カメラとして説明された。しかしながら、カメラ71は広角カメラであり得、これは、超広角レンズよりも比較的長い焦点距離を有する広角レンズを含むが、人間観測者にとって「自然」に見える視野を再現する通常レンズと比較して、依然としてひずみをもたらす。

30

【0132】

同様に、説明される例は、「画像」または「画像データ」を取得および処理することを含む。そのような画像は、いくつかの場合には、たとえば、フレームのシーケンスを備えるビデオから選択された、ビデオフレームであり得る。ビデオは、本明細書で説明されるようにグリッドの上に位置するカメラによってキャプチャされ得る。したがって、画像を取得および処理することは、ビデオ、たとえばビデオストリームからのフレームを取得および処理することを含むと解釈されるべきである。たとえば、説明されるニューラルネットワークは、複数の画像を備えるビデオストリーム中の物体（たとえば、搬送デバイス、その上のIDマーカーなど）のインスタンスを検出するようにトレーニングされ得る。さらに、搬送デバイス上のIDマーカーを検出することを伴う説明される例では、画像データは、第1のニューラルネットワークと第2のニューラルネットワークとを連続して用いて処理される。しかしながら、代替例では、第1のニューラルネットワークと第2のニューラルネットワークとは、たとえば単一のニューラルネットワークとして、エンドツーエンドIDマーカー検出パイプラインまたはアーキテクチャにおいてマージされる。たとえば、X方向に延在する平行なトラックの第1のセットと、実質的に水平な平面において第1のセットに直交する、Y方向に延在する平行なトラックの第2のセットとによって形成された、グリッドを備える作業空間中の搬送デバイス上の識別マーカーを検出する方法で

40

50

あって、グリッドが、複数のグリッド空間を備え、ここにおいて、1つまたは複数の搬送デバイスが、トラック上でX方向またはY方向のうちの少なくとも1つにおいて選択的に移動することと、単一のグリッド空間のフットプリント内でトラックの下にスタックされたコンテナを取り扱うこととを行うように配置される、方法も提供される。本方法は、1つまたは複数の搬送デバイスのうちの搬送デバイスを含む画像部分を表現する画像データを取得することと、画像中の搬送デバイス上の識別マーカのインスタンスを検出すること、および画像中の、識別マーカに関連する、マーカ情報を認識することを行うようにトレーニングされた、少なくとも1つのニューラルネットワークを用いて画像データを処理することと、第2のニューラルネットワークによって決定されたマーカ情報を表現するマーカデータを出力することとを備える。この代替例による、検出システムのコンテキストでは、1つまたは複数のプロセッサは、画像中の搬送デバイス上の識別マーカのインスタンスを検出すること、および画像中の、識別マーカに関連する、マーカ情報を認識することを行うようにトレーニングされた、少なくとも1つのニューラルネットワークを実装するように構成される。検出システムは、搬送デバイス上の識別マーカ上に存在する（たとえばそれに符号化された）マーカ情報（たとえば搬送デバイスの記述子）を表現するマーカデータ（たとえばテキストストリングまたはコード）を生成するために、少なくとも1つのニューラルネットワークを用いて、取得された画像データを処理することと、マーカデータを出力することとを行うように構成される。

10

【0133】

さらに、搬送デバイスのロケーション特定に関する説明される例では、グリッド15上の検出された搬送デバイス30のロケーションは、画像中の検出された搬送デバイスを示すアノテーションデータを、複数の仮想の搬送するデバイスに対応するさらなるアノテーションデータと比較することによって、決定可能である。代替例では、グリッド15上の検出された搬送デバイス30のロケーションは、2つのステッププロセスにおいて決定され得る。第1に、複数の仮想搬送デバイスはフィルタ処理され、これは、たとえば、搬送デバイス30の予測/推論データと、複数の仮想搬送デバイスのすべての可能なロケーションのアノテーションデータとを使用して、和集合の共通部分（I o U）値を計算することを含む。たとえば、所定のしきい値よりも小さい計算されたI o U値をもつ仮想搬送デバイスが、フィルタで除去される。第2に、すべての残りの仮想搬送デバイスが、カメラの視野の中心に最も近い距離によって（たとえば昇順で）ソートされ、第1の（たとえば最も近い）仮想搬送デバイスが、マッピングとしてとられる。搬送デバイス30のグリッドロケーションは、次いで、たとえば、マッピングされた仮想搬送デバイスのアノテーションデータがそこから作成される、グリッドロケーションに設定される。

20

30

【0134】

データを記憶するためにストレージを採用する例では、ストレージは、DDR - SDRAM（ダブルデータレート同期ダイナミックランダムアクセスメモリ）などのランダムアクセスメモリ（RAM）であり得る。他の例では、ストレージ330は、読取り専用メモリ（ROM）などの不揮発性メモリ、またはフラッシュメモリなどのソリッドステートドライブ（SSD）を含み得る。ストレージは、いくつかの場合には、他の記憶媒体、たとえば、磁気、光またはテープ媒体、コンパクトディスク（CD）、デジタル多用途ディスク（DVD）または他のデータ記憶媒体を含む。ストレージは、関係するシステムから取外し可能であるか、または取外し不可能であり得る。

40

【0135】

データ処理を採用する例では、プロセッサが、関係するシステムの一部として採用され得る。プロセッサは、中央処理ユニット（CPU）、マイクロプロセッサ、グラフィックス処理ユニット（GPU）、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）または別のプログラマブル論理デバイス、個別ゲートまたはトランジスタ論理、個別ハードウェア構成要素、あるいは本明細書で説明されるデータ処理機能を実施するように設計されたそれらの任意の好適な組合せなど、汎用プロセッサであり得る。

50

【 0 1 3 6 】

ニューラルネットワークを伴う例では、専用プロセッサが、関係するシステムの一部として採用され得る。専用プロセッサは、N P U、ニューラルネットワークアクセラレータ (N N A)、またはニューラルネットワーク機能について専用化されたハードウェアアクセラレータの他のバージョンであり得る。追加または代替として、ニューラルネットワーク処理作業負荷は、1つまたは複数の標準プロセッサ、たとえばC P UまたはG P Uによって、少なくとも部分的に共有され得る。

【 0 1 3 7 】

「アイテム」という用語が説明全体にわたって使用されたが、それは、ケース、アセット、ユニット、パレット、機器など、他の用語を含むことが想定される。「アノテーションデータ」という用語が、説明全体にわたって同様に使用された。しかしながら、その用語は、代替の命名法では予測データまたは推論データと対応することが想定される。たとえば、(たとえばニューラルネットワークを備える)物体検出モデルは、モデルについてのグラントゥールス、たとえば、100%または正規化されたときに1の信頼性をもつ予測または推論として働く、アノテーション付き画像、たとえば、バウンディングボックスなどのアノテーションをもつ画像を使用して、トレーニングされ得る。これらのアノテーションは、たとえば、モデルをトレーニングする目的のために人間によって行われ得る。したがって、本開示の物体検出は、画像中の搬送デバイスの予測または推論を示すために、(たとえば「アノテーションデータ」の代わりに)予測データまたは推論データを出力することを伴うと解釈され得る。予測データまたは推論データは、画像に適用されるアノテーション、たとえばバウンディングボックスおよび/またはラベルとして表現され得る。予測データまたは推論データは、たとえば、画像中の搬送デバイスの予測または推論に関連する信頼性を含む。アノテーションは、たとえば、生成された予測データまたは推論データに基づいて画像に適用され得る。たとえば、画像は、たとえば、割合値、または0から1の間の正規化された値として、予測の信頼性レベルを示すラベルをもつ、予測された搬送デバイスを囲むバウンディングボックスを含むように更新され得る。

【 0 1 3 8 】

また、任意の一例に関して説明される特徴が、単独で、または説明される他の特徴と組み合わせ使用され得、また、例のうちの任意の他のものの1つまたは複数の特徴と組み合わせ使用され得、または例のうちの任意の他のものの任意の組合せで使用され得ることを理解されたい。さらに、上記で説明されない等価物および修正も、添付の特許請求の範囲の範囲から逸脱することなく採用され得る。

以下に本願の出願当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

【 C 1 】

作業空間中で動作する1つまたは複数の搬送デバイスの移動の制御を支援するためのコンピュータ実装方法であって、前記方法は、

1つまたは複数の画像センサーによってキャプチャされた前記作業空間の画像表現を取得することと、

インターフェースにおいて、前記作業空間の前記画像表現のターゲット画像部分を取得することと、

前記ターゲット画像部分を前記作業空間中のターゲットロケーションにマッピングすることと、

前記マッピングに基づいて、前記1つまたは複数の搬送デバイスが入るのを禁止されることになる、前記ターゲットロケーションを備える、前記作業空間中の除外ゾーンを決定することと、

前記作業空間中の前記除外ゾーンを実装するために、前記除外ゾーンを表現する除外ゾーンデータを、制御システムに出力することと
を備える、コンピュータ実装方法。

【 C 2 】

前記ターゲット画像部分が、前記インターフェースを介して、前記作業空間の前記画像

10

20

30

40

50

表現を閲覧するユーザによって選択される、C 1 に記載の方法。

— [C 3] —

前記ターゲット画像部分が、前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える、C 2 に記載の方法。

— [C 4] —

前記作業空間がセルのグリッドを備え、前記 1 つまたは複数の搬送デバイスが、前記グリッド上の前記セル間で移動するように配置され、ここにおいて、前記ターゲット画像部分が、セルの前記グリッド中の所与のセルを備える、C 1 または 2 に記載の方法。

— [C 5] —

前記ターゲット画像部分が、前記作業空間を表現する画像データに基づいて前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスを検出するように構成された物体検出システムから取得される、C 1 に記載の方法。

10

— [C 6] —

前記ターゲット画像部分が、前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える、C 5 に記載の方法。

— [C 7] —

前記方法は、

前記物体検出システムにおいて、前記 1 つまたは複数の画像センサーによってキャプチャされた前記作業空間を表現する前記画像データを取得することと、

物体分類モデルを使用して、前記欠陥のある搬送デバイスが前記画像データ中に存在すると決定することと、

20

前記作業空間中で検出された前記欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える前記ターゲット画像部分を出力することと

を備える、C 6 に記載の方法。

— [C 8] —

前記作業空間が、X 方向に延在する平行なトラックの第 1 のセットと、実質的に水平な平面において前記第 1 のセットに直交する、Y 方向に延在する平行なトラックの第 2 のセットとによって形成された、グリッドを備え、前記グリッドが、複数のグリッド空間を備え、

前記搬送デバイスが、前記トラック上で前記 X 方向または前記 Y 方向のうちの少なくとも 1 つにおいて選択的に移動することと、単一のグリッド空間のフットプリント内で前記トラックの下にスタックされたコンテナを取り扱うこととを行うように配置される、

30

C 1 から 7 のいずれかに記載の方法。

— [C 9] —

前記 1 つまたは複数の搬送デバイスは、1 つのグリッド空間を占有する所与の搬送デバイスが、隣接するグリッド空間を占有するかまたは横断する別の搬送デバイスを妨害しないように、各々、単一のグリッド空間のみを占有するフットプリントを有する、C 8 に記載の方法。

— [C 1 0] —

前記除外ゾーンが、離散数のグリッド空間を備える、C 8 または 9 に記載の方法。

40

— [C 1 1] —

前記 1 つまたは複数の搬送デバイスが前記除外ゾーンに入るのを禁止されるように、前記制御システムにおいて前記除外ゾーンを実装することを備える、C 1 から 1 0 のいずれかに記載の方法。

— [C 1 2] —

前記マッピングが、前記作業空間の前記画像表現のひずみを逆にすることを備える、C 1 から 1 1 のいずれかに記載の方法。

— [C 1 3] —

作業空間中の搬送デバイス移動を制御するための制御システムを支援するための支援システムであって、前記支援システムが、

50

前記作業空間の画像表現をキャプチャするための画像センサーと、
前記作業空間の前記画像表現のターゲット画像部分を取得するためのインターフェースとを備え、
ここにおいて、前記支援システムは、
前記ターゲット画像部分を前記作業空間中のターゲットロケーションにマッピングすることと、
前記マッピングに基づいて、1つまたは複数の搬送デバイスが入るのを禁止される、前記ターゲットロケーションを備える、前記作業空間中の除外ゾーンを決定することと、
前記作業空間中の前記除外ゾーンを実装するために、前記除外ゾーンを表現する除外ゾーンデータを、前記制御システムに出力することと
を行うように構成された、支援システム。

10

[C 1 4]
前記インターフェースは、前記作業空間の前記画像表現を閲覧するユーザが前記ターゲット画像部分を選択するためのものである、C 1 3 に記載の支援システム。

[C 1 5]
前記作業空間を表現する画像データに基づいて前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスを検出するように構成された物体検出システムを備え、
ここにおいて、前記インターフェースが、前記物体検出システムから前記ターゲット画像部分を取得する、
C 1 3 または 1 4 に記載の支援システム。

20

[C 1 6]
前記ターゲット画像部分が、前記作業空間中の欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える、C 1 5 に記載の支援システム。

[C 1 7]
前記物体検出システムは、
前記画像センサーによってキャプチャされた前記作業空間を表現する前記画像データを取得することと、
物体分類モデルを使用して、前記欠陥のある搬送デバイスが前記画像データ中に存在すると決定することと、
前記作業空間中で検出された前記欠陥のある搬送デバイスの少なくとも一部を備える前記ターゲット画像部分を出力することと
を行うように構成された、C 1 5 または 1 6 に記載の支援システム。

30

[C 1 8]
作業空間と、
C 1 3 から 1 7 のいずれか一項に記載の支援システムと、
前記作業空間中の搬送デバイス移動を制御するための制御システムとを備える、保管システムであって、

ここにおいて、前記作業空間が、X方向に延在する平行なトラックの第1のセットと、実質的に水平な平面において前記第1のセットに直交する、Y方向に延在する平行なトラックの第2のセットとによって形成された、グリッドを備え、前記グリッドが、複数のグリッド空間を備え、

40

ここにおいて、1つまたは複数の搬送デバイスが、前記トラック上で前記X方向または前記Y方向のうちの少なくとも1つにおいて選択的に移動することと、単一のグリッド空間のフットプリント内で前記トラックの下にスタックされたコンテナを取り扱うこととを行うように配置される、保管システム。

[C 1 9]
前記1つまたは複数の搬送デバイスは、1つのグリッド空間を占有する所与の搬送デバイスが、隣接するグリッド空間を占有するかまたは横断する別の搬送デバイスを妨害しないように、各々、単一のグリッド空間のみを占有するフットプリントを有する、C 1 8 に記載の保管システム。

50

[C 2 0]
除外ゾーンが、離散数のグリッド空間を備える、C 1 8 または 1 9 に記載の保管システム。

[C 2 1]
前記制御システムは、前記支援システムから除外ゾーンデータを受信することと、前記 1 つまたは複数の搬送デバイスが前記除外ゾーンに入るのを禁止されるように、前記作業空間中の前記除外ゾーンを実装することとを行うように構成された、C 1 8 から 2 0 のいずれか一項に記載の保管システム。

【図面】

【図 1】

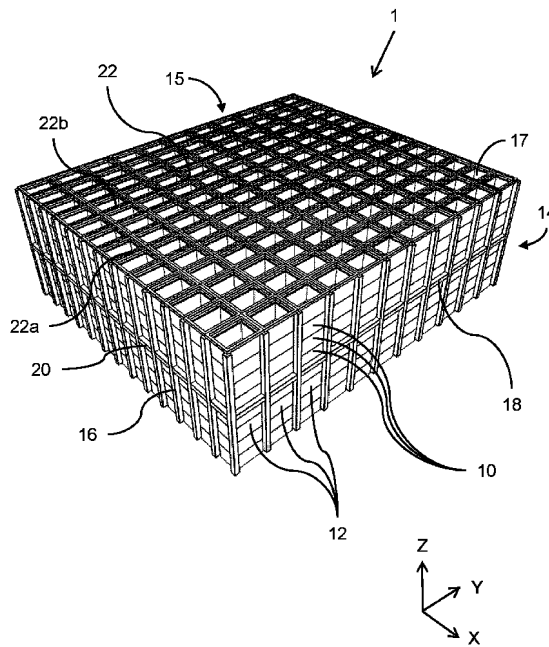


Figure 1
(PRIOR ART)

【図 2】

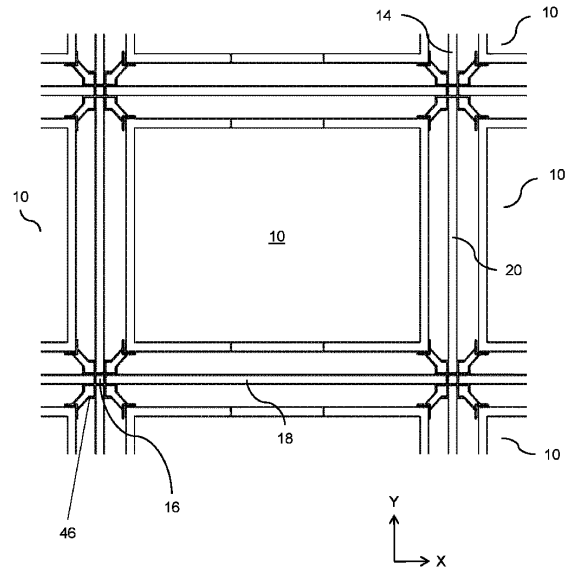


Figure 2
(PRIOR ART)

【 図 3 】

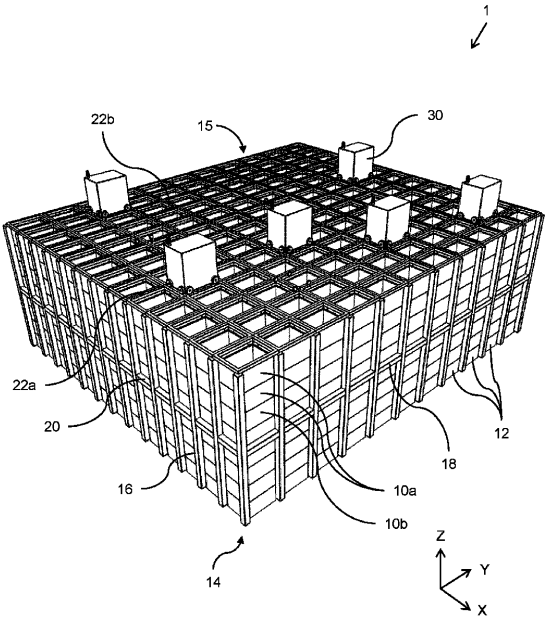


Figure 3
(PRIOR ART)

【 図 4 】

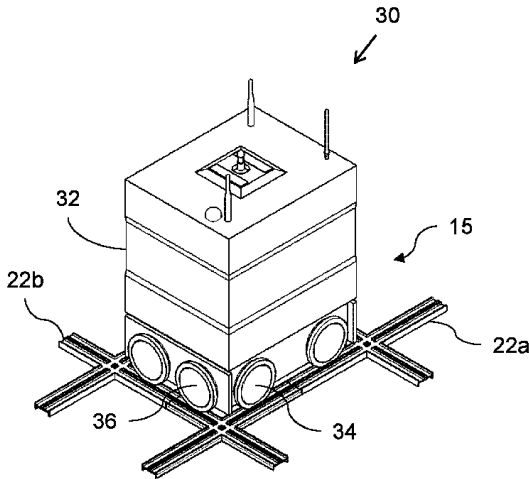


Figure 4
(PRIOR ART)

【 図 5 】

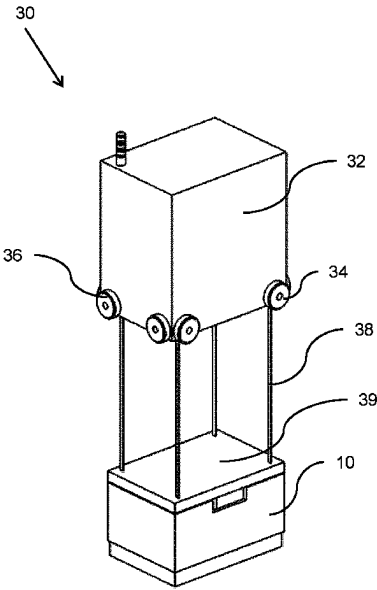


Figure 5
(PRIOR ART)

【 図 6 A 】

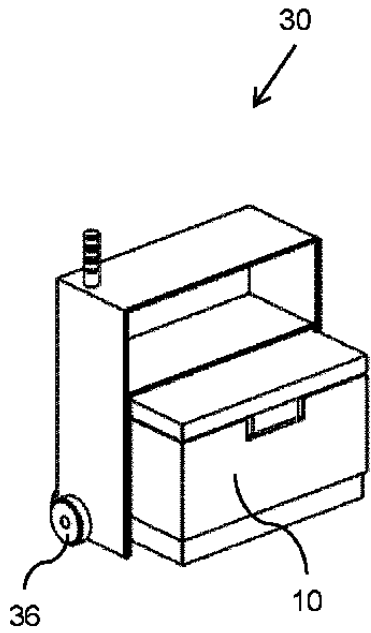


Figure 6A
(PRIOR ART)

10

20

30

40

50

【 図 6 B 】

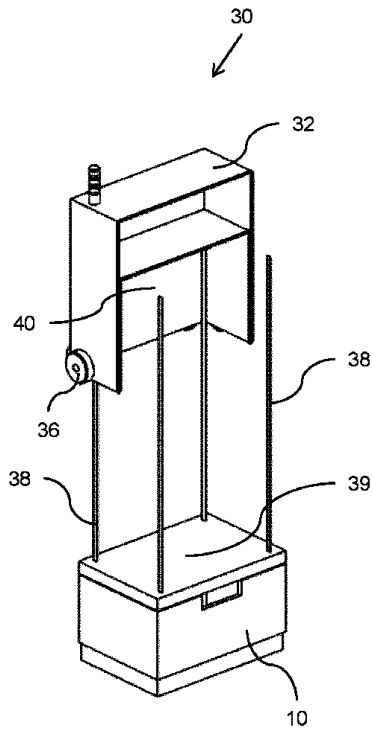


Figure 6B
(PRIOR ART)

【 図 7 】

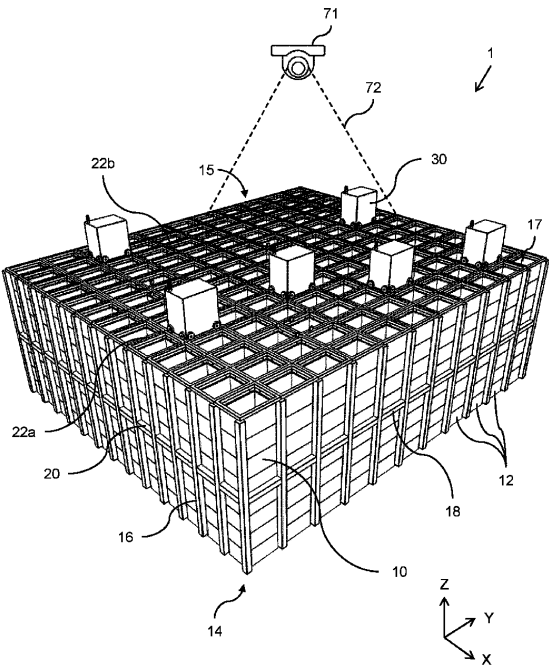


Figure 7

【 図 8 A 】

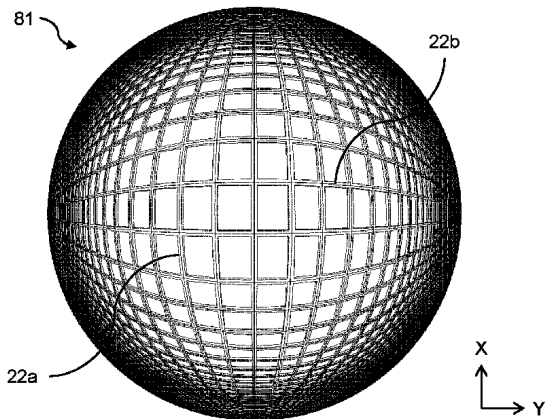


Figure 8A

【 図 8 B 】

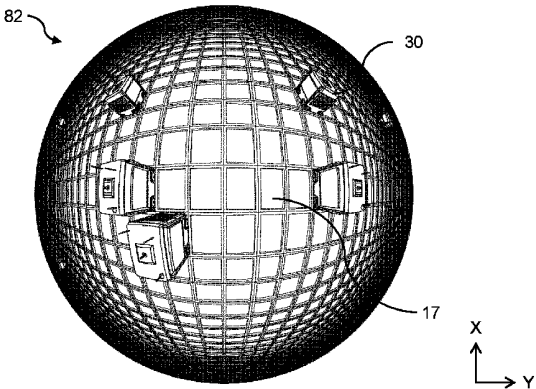


Figure 8B

10

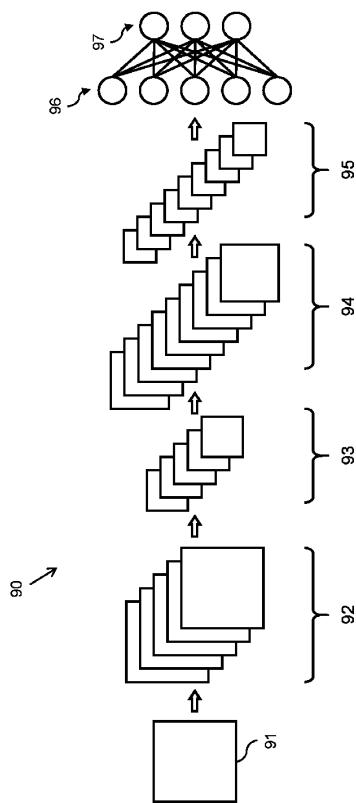
20

30

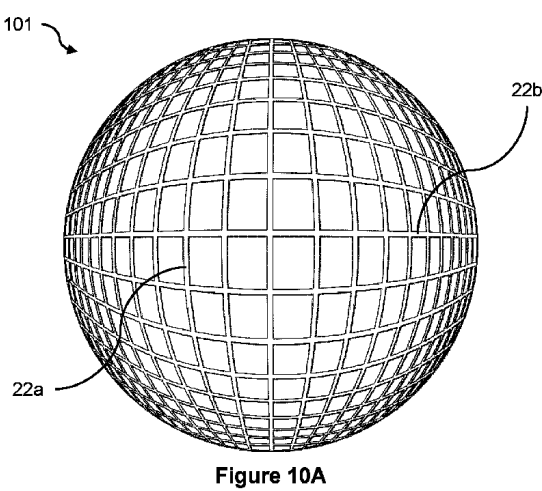
40

50

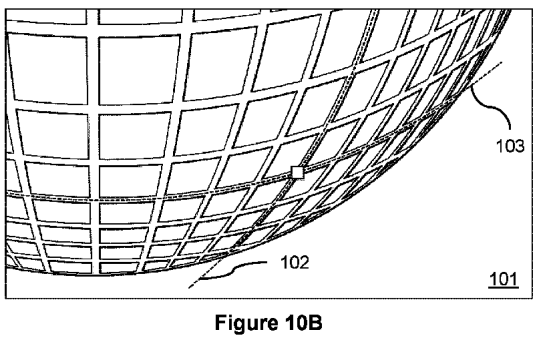
【図 9】



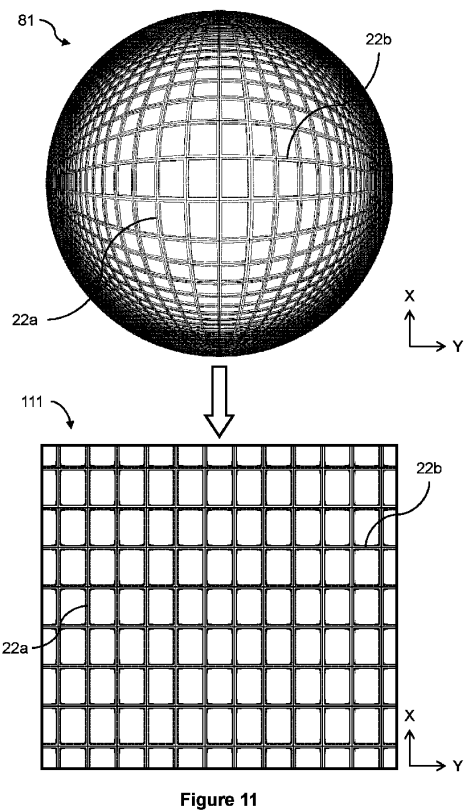
【図 10 A】



【図 10 B】



【図 11】



10

20

30

40

50

【図 12】

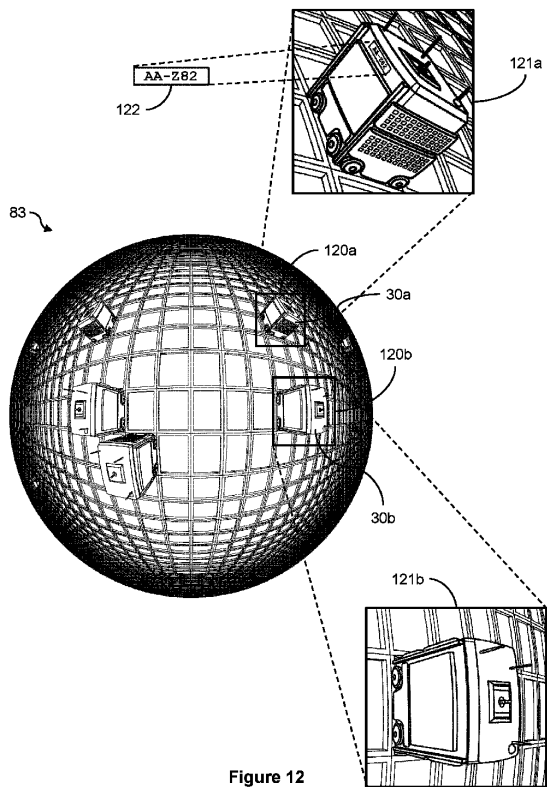


Figure 12

【図 13】

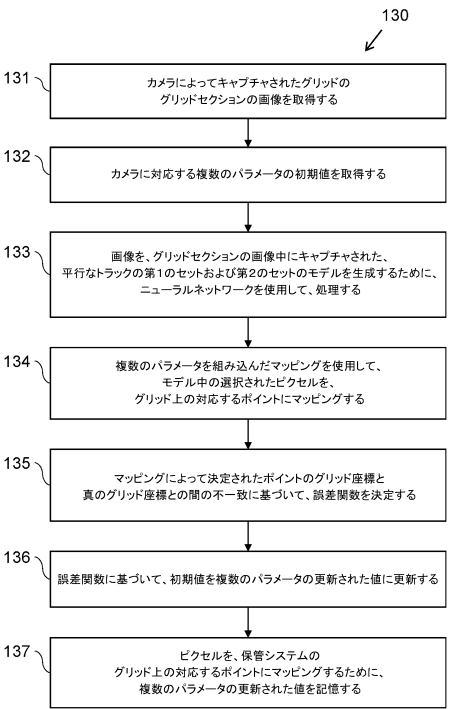


Figure 13

【図 14】

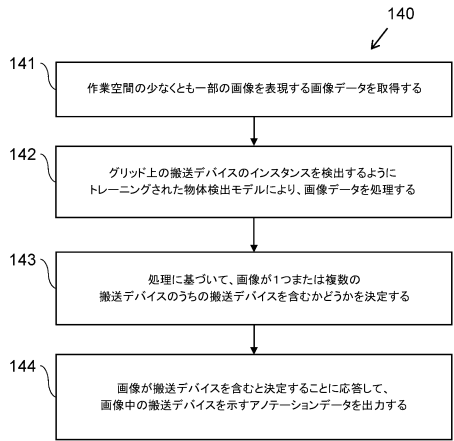


Figure 14

【図 15】

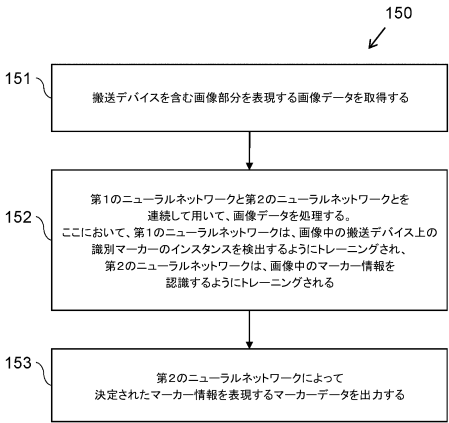


Figure 15

10

20

30

40

50

【 図 16 】

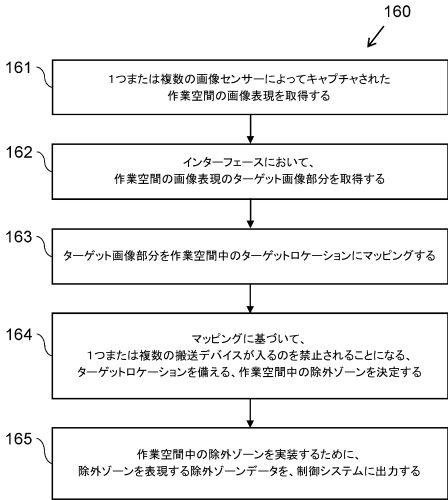


Figure 16

フロントページの続き

- トメント、オカド・イノベーション・リミテッド内
- (72)発明者 エルダー、トーマス
- イギリス国、エーエル１０・９ユーエル、ハートフォードシャー、ハットフィールド、モスキート・ウェイ、トリデント・プレイス １、ザ・リーガル・デパートメント、オカド・イノベーション・リミテッド内
- (72)発明者 シューハルト、ジョナサン
- イギリス国、エーエル１０・９ユーエル、ハートフォードシャー、ハットフィールド、モスキート・ウェイ、トリデント・プレイス １、ザ・リーガル・デパートメント、オカド・イノベーション・リミテッド内
- 審査官 塚田 肇
- (56)参考文献 特開２０２２－０５２４９４（ＪＰ，Ａ）
- 特表２０２１－５０９６５３（ＪＰ，Ａ）
- 特開２００５－３２８３３３（ＪＰ，Ａ）
- 特開２０１７－２１４１９７（ＪＰ，Ａ）
- 米国特許出願公開第２０２１／００９３１３４（ＵＳ，Ａ１）
- (58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
- G 0 6 Q １ ０ / ０ ０ - ９ ９ / ０ ０
- G 0 6 T ７ / ０ ０
- G 0 6 T ７ / ７ ０
- B 6 5 G １ / ０ ４