

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6844803号
(P6844803)

(45) 発行日 令和3年3月17日(2021.3.17)

(24) 登録日 令和3年3月1日(2021.3.1)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J 13/08 A
G 0 6 T 7/00 (2017.01)	G 0 6 T 7/00 3 0 0 D
G 0 6 T 7/40 (2017.01)	G 0 6 T 7/40

請求項の数 19 外国語出願 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2020-181951 (P2020-181951)	(73) 特許権者	515182347
(22) 出願日	令和2年10月30日 (2020.10.30)		株式会社M U J I N
審査請求日	令和2年11月12日 (2020.11.12)		東京都江東区辰巳3-8-5
(31) 優先権主張番号	62/959,182	(74) 代理人	100079108
(32) 優先日	令和2年1月10日 (2020.1.10)		弁理士 稲葉 良幸
(33) 優先権主張国・地域又は機関		(74) 代理人	100109346
	米国 (US)		弁理士 大貫 敏史
(31) 優先権主張番号	16/991,466	(74) 代理人	100117189
(32) 優先日	令和2年8月12日 (2020.8.12)		弁理士 江口 昭彦
(33) 優先権主張国・地域又は機関		(74) 代理人	100134120
	米国 (US)		弁理士 内藤 和彦
早期審査対象出願		(74) 代理人	100134371
			弁理士 中塚 隆志
		(72) 発明者	ユ, ジンゼ
			東京都江東区辰巳3-8-5
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像分類に基づく物体認識または物体登録のための方法および計算システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロボットおよび画像取り込み装置と通信するように構成される通信インターフェースと

、

少なくとも一つの処理回路と、を備え

前記少なくとも一つの処理回路は、一つ以上の物体が前記画像取り込み装置の視野の中にあるまたはあったとき、

前記一つ以上の物体を表すための画像を取得することであって、前記画像は前記画像取り込み装置によって生成されることと、

前記画像からターゲット画像部分を生成することであって、前記ターゲット画像部分は、前記一つ以上の物体のうちの物体に関連付けられた前記画像の一部分であることと、

前記ターゲット画像部分を、テクスチャありの分類を有するものまたはテクスチャなしの分類を有するもののどちらに分類するかを決定することであって、前記テクスチャありの分類は、前記ターゲット画像部分に少なくとも閾値レベルの視覚テクスチャがあることを指し、前記テクスチャなしの分類は、前記ターゲット画像部分に少なくとも前記閾値レベルの視覚テクスチャがないことを指していることと、

前記ターゲット画像部分が前記テクスチャありの分類を有するものまたは前記テクスチャなしの分類を有するもののどちらに分類されるかに基づいて、第一のテンプレート記憶空間および第二のテンプレート記憶空間の中からテンプレート記憶空間を選択することであって、前記第一のテンプレート記憶空間は、前記第二のテンプレート記憶空間と比べ

10

20

てより頻繁に消去され、前記第一のテンプレート記憶空間は、前記ターゲット画像部分を前記テクスチャなしの分類を有するものに分類する決定に応じて、前記テンプレート記憶空間として選択され、前記第二のテンプレート記憶空間は、前記ターゲット画像部分を前記テクスチャありの分類を有するものに分類する決定に応じて、前記テンプレート記憶空間として選択されることと、

前記ターゲット画像部分および前記選択されたテンプレート記憶空間に基づいて、物体認識を行うことと、

少なくとも前記物体とのロボット相互作用を引き起こすための移動指令を生成することであって、前記移動指令は、前記物体認識からの結果に基づいて生成されることと、を行うように構成される、計算システム。

10

【請求項 2】

前記少なくとも一つの処理回路は、

前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致するテンプレートを含まかどうかを判定することによって、前記物体認識を行うように構成される、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 3】

前記少なくとも一つの処理回路は、

前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致する視覚的特徴の記述を有する一つ以上のテンプレートを含むかどうかを判定することによって、前記物体認識を行うように構成される、請求項 2 に記載の計算システム。

20

【請求項 4】

前記通信インターフェースは、空間構造感知装置と通信するように構成され、前記少なくとも一つの処理回路は、前記物体に関連付けられた物体構造を記述するために、感知された構造情報を受信するように構成され、前記感知された構造情報は、前記空間構造感知装置によって生成され、

前記少なくとも一つの処理回路は、

前記ターゲット画像部分を前記テクスチャなしの分類を有するものに分類する決定に応じて、前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記感知された構造情報に合致する物体構造の記述を有する一つ以上のテンプレートを含むかどうかをさらに判定することによって、前記物体認識を行うように構成される、請求項 3 に記載の計算システム。

30

【請求項 5】

前記少なくとも一つの処理回路は、

前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致する前記テンプレートを含むという判定に応じて、

前記テンプレートに基づいて、前記移動指令を生成するように構成される、請求項 2 に記載の計算システム。

【請求項 6】

前記少なくとも一つの処理回路は、

前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致する前記テンプレートを含まないという判定に応じて、

40

前記ターゲット画像部分に基づいて、新しいテンプレートを生成することによって物体登録を行い、前記新しいテンプレートを、前記選択されたテンプレート記憶空間に記憶させるように構成される、請求項 2 に記載の計算システム。

【請求項 7】

前記少なくとも一つの処理回路は、前記新しいテンプレートに基づいて、前記移動指令を生成するように構成される、請求項 6 に記載の計算システム。

【請求項 8】

前記少なくとも一つの処理回路は、さらに

前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致する前記テンプレートを含まないという前記判定に応じて、前記ターゲット画像部分の中にコーナー

50

またはエッジのうちの少なくとも一つを検出することと、

前記ターゲット画像部分の中に、少なくとも前記コーナーまたはエッジによって画定される領域を決定することと、

によって、前記物体登録を行うように構成され、

前記少なくとも一つの処理回路は、前記決定された領域に基づいて、前記新しいテンプレートを生成するように構成される、請求項 6 に記載の計算システム。

【請求項 9】

前記少なくとも一つの処理回路は、

前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致する前記テンプレートを含まないとき、前記決定された領域に基づいて、前記移動指令を生成するように構成される、請求項 8 に記載の計算システム。

10

【請求項 10】

前記ターゲット画像部分の中に前記コーナーまたはエッジのうちの前記少なくとも一つを前記検出することは、前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致する前記テンプレートを含まないという前記判定、および前記ターゲット画像部分を前記テクスチャありの分類を有するものに分類する前記決定の両方に応じてなされ、

前記ターゲット画像部分が前記テクスチャありの分類を有するものに分類されるとき、前記少なくとも一つの処理回路は、前記新しいテンプレートを、前記第二のテンプレート記憶空間に記憶させるように構成される、請求項 8 に記載の計算システム。

【請求項 11】

20

前記通信インターフェースは、空間構造感知装置と通信するように構成され、

前記少なくとも一つの処理回路は、前記物体に関連付けられた物体構造を記述するために、感知された構造情報を受信するように構成され、前記感知された構造情報は、前記空間構造感知装置によって生成され、

前記ターゲット画像部分が前記テクスチャなしの分類を有するものに分類されるとき、前記少なくとも一つの処理回路は、

前記感知された構造情報を含むか、または前記感知された構造情報に基づく、物体構造の記述を有するように前記新しいテンプレートを生成し、

前記新しいテンプレートを前記第一のテンプレート記憶空間の中に記憶させるように構成される、請求項 6 に記載の計算システム。

30

【請求項 12】

前記ターゲット画像部分が前記テクスチャありの分類を有するものまたは前記テクスチャなしの分類を有するもののどちらに分類されるかにさらに基づいて、前記少なくとも一つの処理回路は、前記移動指令を生成するように構成される、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 13】

前記少なくとも一つの処理回路は、

前記一つ以上の物体に関連付けられたロボットのタスクが完了したかどうかを判定し、

前記ロボットのタスクが完了したという判定に応じて、前記第二のテンプレート記憶空間を消去することなく、前記第一のテンプレート記憶空間を消去させる、ように構成される、請求項 1 に記載の計算システム。

40

【請求項 14】

前記少なくとも一つの処理回路は、

当該少なくとも一つの処理回路が、前記移動指令を生成した後、前記ロボットとのロボット相互作用について、現在残っている物体はないと判定するとき、

前記ロボットのタスクが完了したと判定するように構成される、請求項 13 に記載の計算システム。

【請求項 15】

前記少なくとも一つの処理回路は、前記選択されたテンプレート記憶空間に複数のテンプレートを追加するように構成されており、

50

複数の物体が前記画像取り込み装置の前記視野の中にあるとき、前記少なくとも一つの処理回路は、前記選択されたテンプレート記憶空間に追加される前記複数のテンプレートのそれぞれを、前記複数の物体のうちの対応する物体に関連付けられた、それぞれのターゲット画像部分に基づかせるように構成される、請求項 1 に記載の計算システム。

【請求項 16】

命令を有する非一時的コンピュータ可読媒体であって、

前記命令は、計算システムの少なくとも一つの処理回路によって実行されるとき、前記少なくとも一つの処理回路に、

画像を取得することであって、前記計算システムは、画像取り込み装置およびロボットと通信するように構成され、前記画像は、前記画像取り込み装置によって生成され、かつ、前記画像取り込み装置の視野の中にある一つ以上の物体を表すためのものであることと、

前記画像からターゲット画像部分を生成することであって、前記ターゲット画像部分は、前記一つ以上の物体のうちの物体に関連付けられた前記画像の一部分であることと、

前記ターゲット画像部分を、テクスチャありの分類を有するものまたはテクスチャなしの分類を有するもののどちらに分類するかを決定することであって、前記テクスチャありの分類は、前記ターゲット画像部分に少なくとも閾値レベルの視覚テクスチャがあることを指し、前記テクスチャなしの分類は、前記ターゲット画像部分に少なくとも前記閾値レベルの視覚テクスチャがないことを指していることと、

前記ターゲット画像部分が前記テクスチャありの分類を有するものまたは前記テクスチャなしの分類を有するもののどちらに分類されるかに基づいて、第一のテンプレート記憶空間および第二のテンプレート記憶空間の中からテンプレート記憶空間を選択することであって、前記第一のテンプレート記憶空間は、前記第二のテンプレート記憶空間と比べてより頻繁に消去され、前記第一のテンプレート記憶空間は、前記ターゲット画像部分を前記テクスチャなしの分類を有するものに分類する決定に応じて、前記テンプレート記憶空間として選択され、前記第二のテンプレート記憶空間は、前記ターゲット画像部分を前記テクスチャありの分類を有するものに分類する決定に応じて、前記テンプレート記憶空間として選択されることと、

前記ターゲット画像部分および前記選択されたテンプレート記憶空間に基づいて、物体認識を行うことと、

前記物体とのロボット相互作用を引き起こすための移動指令を生成することであって、前記移動指令は、前記物体認識からの結果に基づいて生成されることと、
を行わせる、非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項 17】

前記少なくとも一つの処理回路により実行されるとき、前記命令は、前記少なくとも一つの処理回路に、

前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致するテンプレートを含むかどうかを判定することにより、前記物体認識を行うことと、

前記選択されたテンプレート記憶空間が、前記ターゲット画像部分に合致する前記テンプレートを含まないという判定に応じて、前記ターゲット画像部分に基づいて新しいテンプレートを生成することにより、かつ前記新しいテンプレートを前記選択されたテンプレート記憶空間に記憶させることにより、物体登録を行うことと、
を行わせる、請求項 16 に記載の非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項 18】

前記少なくとも一つの処理回路により実行されるとき、前記命令は、前記少なくとも一つの処理回路に、

前記一つ以上の物体に関連付けられたロボットのタスクが完了したかどうかを判定することと、

前記ロボットのタスクが完了したという判定に応じて、前記第二のテンプレート記憶空間を消去することなく、前記第一のテンプレート記憶空間を消去することと、

を行わせる、請求項 1 6 に記載の非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項 1 9】

計算システムによって行われる方法であって、

前記計算システムによって画像を取得することであって、前記計算システムは、画像取り込み装置およびロボットと通信するように構成され、前記画像は、前記画像取り込み装置によって生成され、かつ、前記画像取り込み装置の視野の中にある一つ以上の物体を表すためのものであることと、

前記画像からターゲット画像部分を生成することであって、前記ターゲット画像部分は、前記一つ以上の物体のうちの物体に関連付けられた前記画像の一部分であることと、

前記ターゲット画像部分を、テクスチャありの分類を有するものまたはテクスチャなしの分類を有するもののどちらに分類するかを決定することであって、前記テクスチャありの分類は、前記ターゲット画像部分に少なくとも閾値レベルの視覚テクスチャがあることを指し、前記テクスチャなしの分類は、前記ターゲット画像部分に少なくとも前記閾値レベルの視覚テクスチャがないことを指していることと、

前記ターゲット画像部分が前記テクスチャありの分類を有するものまたは前記テクスチャなしの分類を有するもののどちらに分類されるかに基づいて、第一のテンプレート記憶空間および第二のテンプレート記憶空間の中から、テンプレート記憶空間を選択することであって、前記第一のテンプレート記憶空間は、前記第二のテンプレート記憶空間と比べてより頻繁に消去され、前記第一のテンプレート記憶空間は、前記ターゲット画像部分を前記テクスチャなしの分類を有するものに分類する決定に応じて、前記テンプレート記憶空間として選択され、前記第二のテンプレート記憶空間は、前記ターゲット画像部分を前記テクスチャありの分類を有するものに分類する決定に応じて、前記テンプレート記憶空間として選択されることと、

前記ターゲット画像部分に基づいて、かつ、前記選択されたテンプレート記憶空間に基づいて、物体認識を行うことと、

前記物体とのロボット相互作用を引き起こすための移動指令を生成することであって、前記移動指令は、前記物体認識からの結果に基づいて生成されることと、を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、「物体検出を備えたロボットシステム」と題する2020年1月10日付け出願の米国仮特許出願第62/959,182号の利益を請求し、その全体の内容は参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示は、画像またはその一部分が、どのように分類されたかに基づいて、すなわち、より具体的には、画像またはその一部分が、テクスチャありまたはテクスチャなしのどちらに分類されたかに基づいて、物体認識または物体登録を行うための計算システムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0003】

自動化がより一般的になると、物体を表す画像を使用して、倉庫、工場、もしくは小売空間の中にある箱または他の包装品などの物体についての情報を、自動的に抽出する場合がある。画像によって、包装品の自動追跡、在庫管理、または物体とのロボット相互作用などのタスクを容易にしうる。

【発明の概要】

【0004】

実施形態では、非一時的コンピュータ可読媒体および少なくとも一つの処理回路を含む計算システムを提供する。通信インターフェースは、ロボットおよび画像取り込み装置と

10

20

30

40

50

通信するように構成されてもよい。少なくとも一つの処理回路は、一つ以上の物体が、画像取り込み装置の視野の中にある、またはあったとき、以下の方法、すなわち、一つ以上の物体を表すための画像を取得することであって、画像は画像取り込み装置によって生成されることと、画像からターゲット画像部分を生成することであって、ターゲット画像部分は一つ以上の物体のうちの物体に関連付けられた画像の一部分であることと、ターゲット画像部分を、テクスチャありまたはテクスチャなしのどちらに分類するかを決定することとを行うように構成される。方法はまた、ターゲット画像部分がテクスチャありまたはテクスチャなしのどちらに分類されるかに基づいて、第一のテンプレート記憶空間および第二のテンプレート記憶空間の中から、テンプレート記憶空間を選択することを含み、第一のテンプレート記憶空間は、第二のテンプレート記憶空間と比べてより頻繁に消去され、第一のテンプレート記憶空間は、ターゲット画像部分をテクスチャなしに分類する決定に応じて、テンプレート記憶空間として選択され、第二のテンプレート記憶空間は、ターゲット画像部分をテクスチャありに分類する決定に応じて、テンプレート記憶空間として選択される。方法はさらに、ターゲット画像部分および選択されたテンプレート記憶空間に基づいて、物体認識を行うことを含む。方法はさらに、少なくとも物体とのロボット相互作用を引き起こすための移動指令を生成することを含み、移動指令は、物体認識からの結果に基づいて生成される。一部の事例では、方法は、少なくとも一つの処理回路が非一時的コンピュータ可読媒体上で複数の命令を実行するときに行われてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1A】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うためのシステムを示す。

【図1B】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うためのシステムを示す。

【図1C】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うためのシステムを示す。

【図1D】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うためのシステムを示す。

【図1E】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うためのシステムを示す。

【図1F】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うためのシステムを示す。

【図1G】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うためのシステムを示す。

【図1H】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うためのシステムを示す。

【0006】

【図2A】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うように構成された計算システムを示す、ブロック図を提供する。

【図2B】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うように構成された計算システムを示す、ブロック図を提供する。

【図2C】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うように構成された計算システムを示す、ブロック図を提供する。

【図2D】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うように構成された計算システムを示す、ブロック図を提供する。

【図2E】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うように構成された計算システムを示す、ブロック図を提供する。

【図2F】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を行うように構成された計算システムを示す、ブロック図を提供する。

【0007】

【図 3】本明細書の実施形態による、画像分類に基づいて、物体認識を行う方法を示す、フロー図を提供する。

【0008】

【図 4 A】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録が行われうる、例示的な環境およびシステムを示す。

【図 4 B】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録が行われうる、例示的な環境およびシステムを示す。

【図 4 C】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録が行われうる、例示的な環境およびシステムを示す。

【0009】

【図 5 A】本明細書の実施形態による、画像の一部分に対する分類に基づいて、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 5 B】本明細書の実施形態による、画像の一部分に対する分類に基づいて、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 5 C】本明細書の実施形態による、画像の一部分に対する分類に基づいて、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 5 D】本明細書の実施形態による、画像の一部分に対する分類に基づいて、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 5 E】本明細書の実施形態による、画像の一部分に対する分類に基づいて、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【0010】

【図 6 A】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 6 B】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 6 C】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 6 D】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 6 E】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 6 F】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 6 G】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 6 H】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【図 6 I】本明細書の実施形態による、物体認識または物体登録を行う態様を示す。

【0011】

【図 7 A】本明細書の実施形態による、物体認識を行う態様を示す。

【図 7 B】本明細書の実施形態による、物体認識を行う態様を示す。

【図 7 C】本明細書の実施形態による、物体認識を行う態様を示す。

【0012】

【図 8 A】本明細書の実施形態による、物体認識を行う態様を示す。

【図 8 B】本明細書の実施形態による、物体認識を行う態様を示す。

【図 8 C】本明細書の実施形態による、物体認識を行う態様を示す。

【図 8 D】本明細書の実施形態による、物体認識を行う態様を示す。

【図 8 E】本明細書の実施形態による、物体認識を行う態様を示す。

【0013】

【図 9 A】本明細書の実施形態による、テクスチャなしテンプレートの消去を示す。

【図 9 B】本明細書の実施形態による、テクスチャなしテンプレートの消去を示す。

【図 9 C】本明細書の実施形態による、テクスチャなしテンプレートの消去を示す。

【図 9 D】本明細書の実施形態による、テクスチャなしテンプレートの消去を示す。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本開示の一態様によって、画像もしくはその一部分が、テクスチャありまたはテクスチャなしのどちらであるかの分類など、画像分類に基づいて、物体認識または物体登録を自動的に行うためのシステムおよび方法を提供する。画像は、パレット上の箱など、一つ以

10

20

30

40

50

上の物体を取り込むか、または他の方法で表してもよく、物体登録（行われる場合）を使用して、一つ以上の物体の視覚的特性または他の特性を判定し、それらの特性を記述する一つ以上のテンプレートを生成してもよい。一部の事例では、一つ以上のテンプレートを使用して、物体認識を行ってもよい。物体認識の結果は、例えば、在庫管理を行うか、一つ以上の物体とのロボット相互作用を容易にするか、または何らかの他の目的を達成するために使用されうる。一部の事例では、生成されるテンプレートは、テクスチャありまたはテクスチャなしに分類されてもよい。テクスチャありテンプレートは、テクスチャありに分類される、画像または画像の一部分（画像部分とも呼ぶ）に基づいて生成される、テンプレートであってもよく、一方、テクスチャなしテンプレートは、テクスチャなしに分類される、画像または画像部分に基づいて生成される、テンプレートであってもよい。一部の事例では、テクスチャありまたはテクスチャなしの分類は、画像または画像部分の中の視覚テクスチャ、すなわち、より具体的には、画像または画像部分が、一定レベルの視覚テクスチャを有するかを指しうる。一部の事例では、視覚テクスチャは、物体の視覚的特徴と、テンプレートに記述される一つ以上の視覚的特徴との照合に基づき、ロバストに物体認識を行うことができるかに影響を与えうる。

【0015】

実施形態では、テクスチャなしテンプレートは一時的に使用されてもよく、一方、テクスチャありテンプレートはより長期的に使用されうる。例えば、テクスチャなしテンプレートは、積み重ねられた箱をパレットから降ろすロボットに關与するタスクなど、特定のロボットのタスクを容易にするように使用されうる。こうした事例では、テクスチャなしテンプレートは、積み重ねられた中のある特定の箱の外観および／または物理構造に基づいて生成されうる。一部のシナリオでは、箱の表面上に視覚的マーキングがほとんどまたは全くない場合がある。テクスチャなしテンプレートによって、箱のデザイン、またはより広くは、箱に関連付けられた物体デザインを記述することができる。例えば、テクスチャなしテンプレートによって、箱のデザインを形成する視覚的なデザインおよび／または物理的設計を記述しうる。テクスチャなしテンプレートは、積み重ねられた中にある他の箱、特に、同じ箱のデザインを有し、そのためテクスチャなしテンプレートに合致しうる、他の箱をパレットから降ろすのを容易にするために使用されうる。この実施形態では、テクスチャなしテンプレートは、パレットから降ろすタスクの完了後に削除されてもよく、または他の方法で消去されてもよい。例えば、テクスチャなしテンプレートが、キャッシュまたは他の短期テンプレート記憶空間に記憶されてもよく、キャッシュは、パレットから降ろすタスクの完了時に消去されてもよい。一部の事例では、テクスチャなしテンプレートは、テクスチャなしフラグを含んでもよい。パレットから降ろすタスクが完了すると、テクスチャなしフラグによって、テクスチャなしテンプレートを消去させうる。したがって、本明細書の実施形態の一態様は、物体のグループ（例えば、パレット上の箱）に關与する、ある特定のロボットのタスクに対して、テクスチャなしテンプレートを使用することに関し、テクスチャなしテンプレートが、そのグループ内の物体に基づいて生成されてもよいが、別のグループの物体に關与する、後続する別のタスクに対しては、そのテクスチャなしテンプレートを再使用しない。テクスチャなしテンプレートは、例えば、前者のグループの中にあつた物体について物体認識を行うのに有用でありうるが、後者のグループの中にある物体にとって関わりが少ない場合がある。

【0016】

実施形態では、テクスチャありテンプレートはまた、ロボットのタスクまたは任意の他のタスクを容易にするように使用されてもよく、他の後続するタスクにさらに再使用されてもよい。したがって、テクスチャありテンプレートは、テクスチャなしテンプレートよりも永続的でありうる。一部の事例では、テクスチャありテンプレートは、長期データベースまたは他の長期テンプレート記憶空間に記憶されてもよい。以下でより詳細に論じるように、一時的にテクスチャなしテンプレートを使用し、より長期的にテクスチャありテンプレートを使用することによって、テンプレートを記憶するのに必要な記憶資源の削減、および／または物体認識を行う速度の改善などの技術的利点を提供しうる。

【 0 0 1 7 】

図 1 A は、自動物体認識もしくは物体登録を行うか、または容易にするためのシステム 1 0 0 を示す（「または」「もしくは」という用語は、「および/または」「および/もしくは」を指すように本明細書で使用される）。システム 1 0 0 は、計算システム 1 0 1 および画像取り込み装置 1 4 1（画像感知装置とも呼ぶ）を含みうる。画像取り込み装置 1 4 1（例えば、2 D カメラ）は、画像取り込み装置 1 4 1 の視野の中にある環境を表す画像を取り込むか、または他の方法で生成するように構成されてもよい。一部の事例では、環境は、例えば、倉庫または工場であってもよい。このような場合、画像は、ロボット相互作用を受ける、一つ以上の箱または他の容器など、倉庫または工場の中にある一つ以上の物体を表しうる。計算システム 1 0 1 は、画像取り込み装置 1 4 1 から直接または間接的に画像を受信し、画像を処理して、例えば、物体認識を行うことができる。以下でより詳細に論じるように、物体認識は、画像取り込み装置 1 4 1 が遭遇した、すなわち、より具体的には、装置の視野の中にあった物体を識別することを伴いうる。物体認識はさらに、物体の外観が、テンプレート記憶空間に記憶されている、いずれか既存のテンプレートに合致するか、および/または物体の構造が、テンプレート記憶空間の中にある、いずれか既存のテンプレートに合致するかの判定を伴ってもよい。一部の状況では、物体認識操作で、物体の外観が、テンプレート記憶空間の中にあるいずれの既存のテンプレートにも合致しないとき、および/または物体の構造が、テンプレート記憶空間の中にあるいずれの既存のテンプレートにも合致しないときなどに、物体を認識できない場合がある。一部の実施では、物体認識操作で物体を認識できない場合、計算システム 1 0 1 が物体登録を行うように構成されてもよい。物体登録は、例えば、物体の外観（物体の視覚的外観とも呼ぶ）に関する、物体の物理構造（物体構造または物体の構造とも呼ぶ）に関する、および/または物体の任意の他の特性に関する情報を記憶することと、その情報をテンプレート記憶空間の中に新しいテンプレートとして記憶することとを伴いうる。新しいテンプレートは、後続する物体認識操作に使用してもよい。一部の事例では、計算システム 1 0 1 および画像取り込み装置 1 4 1 は、倉庫または工場など、同じ施設の中に位置してもよい。一部の事例では、計算システム 1 0 1 および画像取り込み装置 1 4 1 は、互いに遠隔であってもよい。例えば、計算システム 1 0 1 は、クラウドコンピューティングプラットフォームを提供する、データセンターに位置してもよい。

【 0 0 1 8 】

実施形態では、システム 1 0 0 は、3 D カメラなどの空間構造感知装置を含みうる。より具体的には、図 1 B は、計算システム 1 0 1、画像取り込み装置 1 4 1 を含み、空間構造感知装置 1 4 2 をさらに含む、システム 1 0 0 A（システム 1 0 0 の実施形態であってもよい）を示す。空間構造感知装置 1 4 2 は、その視野の中にある物体の物理構造を感知し、および/または物体が 3 D 空間の中でどのように配設されているかを感知するように構成されてもよい。例えば、空間構造感知装置 1 4 2 は、奥行き感知カメラ（例えば、飛行時間（TOF）カメラまたは構造化光カメラ）、またはいかなる他の 3 D カメラをも含みうる。実施形態では、空間構造感知装置 1 4 2 は、点群などの感知された構造情報（空間構造情報とも呼ぶ）を生成するように構成されてもよい。より具体的には、感知された構造情報は、物体の表面上の様々な位置の奥行きを記述する、奥行きマップの中の奥行き値のセットなど、奥行き情報を含みうる。奥行きは、空間構造感知装置 1 4 2 または何らかの他の基準フレームに対してであってもよい。一部の事例では、感知された構造情報（例えば、点群）は、 $[X \ Y \ Z]^T$ 座標など、物体の一つ以上の表面上のそれぞれの位置を識別するか、または他の方法で記述する、3 D 座標を含みうる。一部の事例では、感知された構造情報は、物体の物理構造を記述しうる。例えば、点群（または感知された構造情報の他の形態）の奥行き情報は、物体のサイズまたは物体の形状を記述しうる。物体のサイズ（物体サイズとも呼ぶ）は、例えば、容器もしくは他の物体の長さおよび幅の組み合わせ、または容器の長さ、幅、および高さの組み合わせなど、物体の寸法を記述しうる。物体の形状（物体形状とも呼ぶ）は、以下でより詳細に論じるように、例えば、物体の物理的外形を記述しうる。

【 0 0 1 9 】

上述のように、物体認識操作は、テンプレート記憶空間に記憶されている既存のテンプレート（存在する場合）に、物体が合致するかを判定するために行われてもよい。物体が、テンプレート記憶空間の中にあるいずれの既存のテンプレートにも合致しない場合（またはテンプレート記憶空間の中にテンプレートがない場合）、物体登録操作を行って、物体の外観および／または他の特性に基づいて新しいテンプレートを生成してもよい。例えば、図 1 C は、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 を有する、システム 1 0 0 B（システム 1 0 0 / 1 0 0 A の実施形態でありうる）を示す。実施形態では、テンプレート記憶空間 1 8 1、1 8 2 の各々は、記憶装置または他の非一時的コンピュータ可読媒体の中の空間であってもよく、空間は、物体認識用に一つ以上のテンプレートを記憶するように割り当てられるか、またはそうでなければ使用される。一部の事例では、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および／または第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 は、テンプレートまたは他のテンプレート情報を記憶するためのコンピュータファイルを含んでもよい。一部の事例では、テンプレート記憶空間 1 8 1 / 1 8 2 は、テンプレートまたは他のテンプレート情報を記憶するために割り当てられるか、もしくはそうでなければ使用される、メモリアドレスの一つまたは複数の範囲を含みうる。上記の場合、コンピュータファイルまたはメモリアドレスの範囲は、記憶装置の中の異なる物理的位置へマッピングできる、メモリの中の仮想位置でありうるため、テンプレート記憶空間 1 8 1 / 1 8 2 は、仮想空間を指してもよい。一部の事例では、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および／または第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 は、記憶装置上の物理空間を指してもよい。

10

20

【 0 0 2 0 】

以下でより詳細に論じるように、テンプレート記憶空間 1 8 1 / 1 8 2 の中のテンプレートによって、物体または物体のグループに関連付けられた、特定の物体デザインを描写しうる。例えば、物体のグループが、箱または他の容器である場合、物体デザインは、箱のデザイン、または容器と関連付けられた他の容器のデザインを指しうる。一部の事例では、物体デザインは、例えば、物体の一つ以上の表面の外観の一部を定義するか、もしくは他の方法で形成するか、もしくは物体の何らかの他の視覚的特性を定義する、視覚的なデザインまたは視覚的マーキングを指しうる。一部の事例では、物体デザインは、例えば、物体に関連付けられた物理構造もしくは他の物理的特性を定義するか、またはそうでなければ記述する、物理的設計を指しうる。実施形態では、テンプレートは、視覚的なデザインを記述する情報を含みうる、視覚的特徴の記述を含んでもよい。例えば、視覚的特徴の記述は、物体の外観を表すか、もしくは他の方法で関連付けられる、画像もしくは画像部分を含んでもよく、または画像もしくは画像部分の中の視覚的特徴を要約するか、もしくは他の方法で記述する、情報（例えば、記述子のリスト）を含んでもよい。実施形態では、テンプレートは、物理的設計を記述する情報を含みうる、物体構造の記述を含んでもよい。例えば、物体構造の記述は、物体デザインに関連付けられた物体サイズを記述する値を含んでもよく、および／または物体デザインに関連付けられた物体形状を記述する、点群もしくはコンピュータ支援設計（C A D）モデルを含みうる。

30

【 0 0 2 1 】

実施形態では、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および／または第二のテンプレート記憶空間は、計算システム 1 0 1 上にホストされてもよく、またはそうでなければ位置してもよい。例えば、図 1 C の実施形態は、計算システム 1 0 1 が、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 の両方をホストするか、または他の方法でそれらを含む、実装を描写する。より具体的には、二つのテンプレート記憶空間 1 8 1、1 8 2 は、図 2 E に関して以下でより詳細に論じるように、計算システム 1 0 1 の記憶装置もしくは他の非一時的コンピュータ可読媒体上にホストされてもよく、またはそうでなければ位置してもよい。さらに、図 1 D は、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 または第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 のうちの一方が、計算システム 1 0 1 上にホストされ、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 または第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 の

40

50

他方が、計算システム 101 から分離している非一時的コンピュータ可読媒体 198 上にホストされる、システム 100C (システム 100 / 100A の実施形態でありうる) を示す。実施形態では、図 1E に示すように、第一のテンプレート記憶空間 181 および第二のテンプレート記憶空間 182 の両方が、計算システム 101 上ではなく、非一時的コンピュータ可読媒体 198 上にホストされてもよく、またはそうでなければ位置してもよい。

【0022】

実施形態では、非一時的コンピュータ可読媒体 198 は、単一の記憶装置を含んでもよく、または記憶装置のグループを含んでもよい。計算システム 101 および非一時的コンピュータ可読媒体 198 は、同じ施設に位置してもよく、または互いに遠隔に位置してもよい。非一時的コンピュータ可読媒体 198 には、例えば、コンピュータディスク、ハードディスク、ランダムアクセスメモリ (RAM)、読み取り専用メモリ (ROM)、消却可能プログラム可能読み取り専用メモリ (EPROM またはフラッシュメモリ)、ソリッドステートドライブ、スタティックランダムアクセスメモリ (SRAM)、携帯型コンパクトディスク読み取り専用メモリ (CD-ROM)、デジタル多目的ディスク (DVD)、および / またはメモリスティックなど、電子記憶装置、磁気記憶装置、光記憶装置、電磁記憶装置、半導体記憶装置、またはそれらのいかなる適切な組み合わせが挙げられうるが、これらに限定されない。一部の事例では、図 1C ~ 1E の非一時的コンピュータ可読媒体 198 および / または計算システム 101 によって、第一のテンプレート記憶空間 181 および / もしくは第二のテンプレート記憶空間 182 の中のテンプレート (存在する場合) にアクセスするための、データベースまたはデータベース管理システムを提供しうる。

【0023】

実施形態では、第一のテンプレート記憶空間 181 は、第二のテンプレート記憶空間 182 に比べて、より頻繁に消去されうる。例えば、第一のテンプレート記憶空間 181 は、特定のテンプレートもしくは特定タイプの複数のテンプレートを一時的に記憶するのに使用される、キャッシュまたは他の短期テンプレート記憶空間として作用してもよい。以下でより詳細に論じるように、キャッシュまたは他の短期テンプレート記憶空間を使用して、テキストチャなしに分類されたテンプレート (テキストチャなしテンプレートとも呼ぶ) を記憶してもよい。一部の事例では、第一のテンプレート記憶空間 181 はまた、一時的にテキストチャなしテンプレートを記憶するのに使用される、キャッシュまたは他の短期テンプレート記憶空間として作用するとき、テキストチャなしテンプレート記憶空間 181 と呼んでもよい。一部の事例では、第一のテンプレート記憶空間 181 は、積み重ねられた箱または他の容器をパレットから降ろすことを伴う、ロボットのタスクなど、ある特定のタスクが行われている間、記憶されたテンプレート (存在する場合) を保持してもよく、第一のテンプレート記憶空間 181 の中のテンプレートは、タスクの完了後に消去されてもよい。こうした例では、特定のタスクのために生成される、テキストチャなしテンプレートは、後続するタスクには再使用されない。

【0024】

実施形態では、第二のテンプレート記憶空間 182 は、長期テンプレート記憶空間 (例えば、長期テンプレートデータベース) として作用してもよい。一部の事例では、第二のテンプレート記憶空間 182 が、以下でより詳細に論じるように、テキストチャありに分類されたテンプレート (テキストチャありテンプレートとも呼ぶ) など、特定のテンプレートまたは特定タイプの複数のテンプレート用に確保されていてもよい。一部の事例では、第二のテンプレート記憶空間 182 はまた、テキストチャありテンプレートを記憶するのに使用される、長期テンプレート記憶空間として作用するとき、テキストチャありテンプレート記憶空間 182 と呼んでもよい。第二のテンプレート記憶空間 182 の中のテンプレートまたは他のコンテンツは、第一のテンプレート記憶空間 182 の中のテンプレートまたは他のコンテンツよりも永続的でありうる。例えば、第二のテンプレート記憶空間 182 は、上で論じたロボットのタスクを含む、多くのタスクの範囲に渡って、その記憶され

るテンプレート（存在する場合）を保持してもよい。言い換えれば、ある特定のタスク用に生成されるテクスチャありテンプレートは、後続するタスクに対する物体認識を容易にするために、その後続するタスクに再使用してもよい。実施形態では、第一のテンプレート記憶空間 181 を短期テンプレート記憶空間として使用し、第二のテンプレート記憶空間 182 を長期テンプレート記憶空間として使用することによって、以下でより詳細に論じるように、物体認識用のテンプレートを記憶するのに必要な記憶資源を削減する技術的優位性、および／または物体認識が行われる速度を向上させる技術的優位性を提供することができる。

【0025】

実施形態では、図 1D および 1E の非一時的コンピュータ可読媒体 198 は、さらに、
画像取り込み装置 141 によって生成される画像、および／または空間構造感知装置 142 によって生成される感知された構造情報を記憶しうる。こうした実施形態では、計算システム 101 は、非一時的コンピュータ可読媒体 198 から、画像および／または感知された構造情報を受信してもよい。一部の事例では、図 1A ~ 1E のシステム 100 / 100A / 100B / 100C / 100D の様々なコンポーネントは、ネットワークを介して通信してもよい。例えば、図 1F は、システム 100 / 100A / 100B / 100C / 100D のうちのいずれかの実施形態であってもよい、ネットワーク 199 を含むシステム 100E を描写する。より具体的には、計算システム 101 は、画像取り込み装置 141 によって生成された画像を、ネットワーク 199 を介して受信してもよい。ネットワーク 199 によって、計算システム 101 が、本明細書の実施形態と一致する画像データを
受信可能となるように、個々のネットワーク接続または一連のネットワーク接続が提供されてもよい。実施形態では、ネットワーク 199 に、有線または無線リンクを介して接続してもよい。有線リンクには、デジタル加入者回線（DSL）、同軸ケーブル回線、または光ファイバ回線が含まれてもよい。無線リンクには、Bluetooth（登録商標）、Bluetooth Low Energy（BLE）、ANT / ANT+、ZigBee、Z-Wave、Thread、Wi-Fi（登録商標）、Worldwide Interoperability for Microwave Access（WiMAX（登録商標））、モバイル WiMAX（登録商標）、WiMAX（登録商標）- Advanced、NFC、SigFox、LoRa、Random Phase Multiple Access（RPMA）、Weightless-N / P / W、赤外線チャ
ネル、または衛星バンドが含まれてもよい。無線リンクはまた、2G、3G、4G、または 5G の資格がある規格を含む、モバイル機器間を通信する、いかなるセルラーネットワーク規格が含まれてもよい。無線規格は、例えば、FDMA、TDMA、CDMA、または SDMA といった、様々なチャネルアクセス方法を使用してもよい。ネットワーク通信は、例えば、HTTP、TCP / IP、UDP、イーサネット、ATM などを含む、いかなる適切なプロトコルによって実施されてもよい。

【0026】

実施形態では、計算システム 101、ならびに画像取り込み装置 141 および／または空間構造感知装置 142 は、ネットワーク接続ではなく直接接続によって通信しうる。例えば、こうした実施形態の計算システム 101 は、RS-232 インターフェースなどの
専用通信インターフェース、ユニバーサルシリアルバス（USB）インターフェース、および／もしくは周辺構成要素相互接続（PCI）バスなどのローカルコンピュータバスを介して、画像を画像取り込み装置 141 から、ならびに／または感知された構造情報を空間構造装置 142 から受信するように構成されてもよい。

【0027】

実施形態では、画像取り込み装置 141 によって生成される画像を使用して、ロボットの制御を容易にしうる。例えば、図 1G は、計算システム 101、画像取り込み装置 141、およびロボット 161 を含む、ロボット操作システム 100F（システム 100 / 100A / 100B / 100C / 100D / 100E の実施形態である）を示す。画像取り込み装置 141 は、例えば、倉庫または他の環境の中にある物体を表す画像を生成するよ

10

20

30

40

50

うに構成されてもよく、ロボット161は、画像に基づいて物体と相互作用するよう制御されてもよい。例えば、計算システム101は、画像を受信し、画像に基づいて物体認識および/または物体登録を行うように構成されてもよい。物体認識は、例えば、物体のサイズまたは形状、および物体のサイズまたは形状が、既存のテンプレートに合致するかの判定を伴いうる。この例では、物体とのロボット161の相互作用は、物体の判定されたサイズもしくは形状に基づいて、および/または合致するテンプレート（存在する場合）に基づいて制御されうる。

【0028】

実施形態では、計算システム101は、ロボット161の移動もしくは他の操作を制御するように構成される、ロボット制御システム（ロボットコントローラとも呼ぶ）を形成しても、またはその一部であってもよい。例えば、こうした実施形態の計算システム101は、画像取り込み装置141によって生成される画像に基づいて、ロボット161に対する動作計画作成を行い、動作計画作成に基づいて一つ以上の移動指令（例えば、運動指令）を生成するように構成されうる。こうした例の計算システム101は、ロボット161の移動を制御するために、一つ以上の移動指令をロボット161に出力しうる。

【0029】

実施形態では、計算システム101は、ロボット制御システムから分離していてもよく、ロボット制御システムによってロボットを制御するのを可能にするために、ロボット制御システムに情報を伝達するように構成されてもよい。例えば、図1Hは、計算システム101と、計算システム101から分離しているロボット制御システム162とを含む、ロボット操作システム100G（システム100から100Fのうちのいずれかの実施形態である）を描写する。この例の計算システム101および画像取り込み装置141によって、ロボット161の環境について、より具体的には、その環境の中にある物体についての情報を、ロボット制御システム162へ提供するように構成される、視覚システム150を形成してもよい。計算システム101は、画像取り込み装置141によって生成された画像を処理して、ロボット161の環境についての情報を判定するように構成される、視覚コントローラとして機能してもよい。計算システム101は、判定した情報をロボット制御システム162へ伝達するように構成されてもよく、ロボット制御システム162は、計算システム101から受信した情報に基づいて、ロボット161に対する動作計画作成を行うように構成されうる。

【0030】

上述のように、図1Aから1Hの画像取り込み装置141は、画像取り込み装置141の環境の中にある一つ以上の物体を表す画像を取り込むか、または形成する画像データを生成するように構成されうる。より具体的には、画像取り込み装置141は、装置視野を有してもよく、装置視野の中にある一つ以上の物体を表す画像を生成するように構成されてもよい。本明細書で使用する場合、画像データは、一つ以上の物体（一つ以上の物理的物体とも呼ぶ）の外観を記述する、いかなるタイプのデータ（情報とも呼ぶ）をも指す。実施形態では、画像取り込み装置141は、2次元（2D）画像を生成するよう構成されたカメラなどのカメラであってもよく、またはカメラを含んでもよい。2D画像は、例えば、グレースケール画像またはカラー画像であってもよい。

【0031】

さらに上で言及したように、画像取り込み装置141によって生成される画像は、計算システム101によって処理されてもよい。実施形態では、計算システム101は、サーバ（例えば、一つ以上のサーバブレード、プロセッサなどを有する）、パーソナルコンピュータ（例えば、デスクトップコンピュータ、ノートパソコンなど）、スマートフォン、タブレットコンピューティング装置、および/もしくは他のいかなる他の計算システムを含んでもよく、またはそれらとして構成されてもよい。実施形態では、計算システム101の機能性のすべては、クラウドコンピューティングプラットフォームの一部として行われてもよい。計算システム101は、単一の計算装置（例えば、デスクトップコンピュータまたはサーバ）であってもよく、または複数の計算装置を含んでもよい。

【 0 0 3 2 】

図 2 A は、計算システム 1 0 1 の実施形態を示す、ブロック図を提供する。計算システム 1 0 1 は、少なくとも一つの処理回路 1 1 0 および非一時的コンピュータ可読媒体（または複数の媒体）1 2 0 を含む。実施形態では、処理回路 1 1 0 は、一つ以上のプロセッサ、一つ以上の処理コア、プログラマブルロジックコントローラ（「PLC」）、特定用途向け集積回路（「ASIC」）、プログラマブルゲートアレイ（「PGA」）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（「FPGA」）、それらのいかなる組み合わせ、またはいかなる他の処理回路も含む。

【 0 0 3 3 】

実施形態では、非一時的コンピュータ可読媒体 1 2 0 は、電子記憶装置、磁気記憶装置、光記憶装置、電磁記憶装置、半導体記憶装置、またはそれらのいかなる適切な組み合わせなどの記憶装置であり、例えば、コンピュータディスクレット、ハードディスク、ソリッドステートドライブ（SSD）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み取り専用メモリ（ROM）、消却可能プログラム可能読み取り専用メモリ（EPROMまたはフラッシュメモリ）、スタティックランダムアクセスメモリ（SRAM）、携帯型コンパクトディスク読み取り専用メモリ（CD-ROM）、デジタル多目的ディスク（DVD）、メモリスティック、それらのいかなる組み合わせ、またはいかなる他の記憶装置などであってもよい。一部の事例では、非一時的コンピュータ可読媒体 1 2 0 は、複数の記憶装置を含む。特定の事例では、非一時的コンピュータ可読媒体 1 2 0 は、画像取り込み装置 1 4 1 から受信した画像データ、および/または空間構造感知装置 1 4 2 から受信した、感知された構造情報を記憶するように構成される。特定の事例では、非一時的コンピュータ可読媒体 1 2 0 はさらに、処理回路 1 1 0 によって実行されるとき、処理回路 1 1 0 に、図 3 に関連して記載する方法など、本明細書に記載する一つ以上の方法を行わせる、コンピュータ可読プログラム命令を記憶する。

【 0 0 3 4 】

図 2 B は、計算システム 1 0 1 の実施形態であり、通信インターフェース 1 3 0 を含む、計算システム 1 0 1 A を描写する。通信インターフェース 1 3 0 は、例えば、画像、またはより広くは、画像データを、画像取り込み装置 1 4 1 から、図 1 D もしくは 1 E の非一時的コンピュータ可読媒体 1 9 8、図 1 F のネットワーク 1 9 9 を介して、またはより直接的な接続によってなどで受信するように構成されてもよい。実施形態では、通信インターフェース 1 3 0 は、図 1 G のロボット 1 6 1 または図 1 H のロボット制御システム 1 6 2 と通信するように構成されうる。通信インターフェース 1 3 0 は、例えば、有線または無線プロトコルによって通信を行うように構成される通信回路を含みうる。例として、通信回路は、RS-232ポートコントローラ、USBコントローラ、イーサネットコントローラ、Bluetooth（登録商標）コントローラ、PCIバスコントローラ、いかなる他の通信回路、またはそれらの組み合わせを含んでもよい。

【 0 0 3 5 】

実施形態では、上で論じた第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および/または第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 が、図 1 E および 1 D の非一時的コンピュータ可読媒体 1 9 8 上にホストされるか、または他の方法で位置する場合、通信インターフェース 1 3 0 は、非一時的コンピュータ可読媒体 1 9 8 と（例えば、直接、またはネットワークを介して）通信するように構成されてもよい。通信は、テンプレート記憶空間 1 8 1 / 1 8 2 からテンプレートを受信するか、またはテンプレートを中に記憶するためにテンプレート記憶空間 1 8 1 / 1 8 2 へ送信するように行われてもよい。一部の事例では、上述のように、計算システム 1 0 1 が、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および/または第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 をホストしてもよく、または他の方法で含んでもよい。例えば、図 2 C、2 D、および 2 E は、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および/または第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 が、計算システム 1 0 1 の非一時的コンピュータ可読媒体 1 2 0 上に位置する実施形態を描写する。

【 0 0 3 6 】

実施形態では、処理回路 110 は、非一時的コンピュータ可読媒体 120 に記憶される、一つ以上のコンピュータ可読プログラム命令によってプログラムされてもよい。例えば、図 2 F は、計算システム 101 / 101 A の実施形態でありうる、計算システム 101 B を示し、その中で、処理回路 110 は、画像アクセスモジュール 202、画像分類モジュール 204、物体登録モジュール 206、物体認識モジュール 207、および動作計画作成モジュール 208 によってプログラムされるか、またはそれらを実行するように構成される。本明細書で論じる様々なモジュールの機能性は、代表的なものであり、限定ではないことは理解されるであろう。

【0037】

実施形態では、画像アクセスモジュール 202 は、計算システム 101 B 上で動作するソフトウェアプロトコルであってもよく、画像、またはより広くは、画像データを取得（例えば、受信）するように構成されてもよい。例えば、画像アクセスモジュール 202 は、非一時的コンピュータ可読媒体 120 もしくは 198 の中に、またはネットワーク 199 および / もしくは図 2 B の通信インターフェース 130 を介して記憶される、画像データにアクセスするように構成されてもよい。一部の事例では、画像アクセスモジュール 202 は、画像取り込み装置 141 から直接または間接的に、画像データを受信するように構成されてもよい。画像データは、画像取り込み装置 141 の視野の中にある、一つ以上の物体を表すためのものであってもよい。実施形態では、画像分類モジュール 204 は、以下でより詳細に論じるように、画像もしくは画像部分を、テキストチャありまたはテキストチャなしに分類するように構成されてもよく、画像は、画像アクセスモジュール 202 が取得する画像データによって表わされてもよい。

【0038】

実施形態では、物体登録モジュール 206 は、視覚的特性、物理的特性、および / または物体の任意の他の特性を判定し、物体の特性を記述するテンプレートを生成するように構成されてもよい。一部の事例では、物体認識モジュール 207 は、例えば、物体の外観または物体の他の視覚的特性に基づいて物体認識を行って、その物体に対応するテンプレートが、既に存在するかを判定するように構成されてもよい。より具体的には、物体認識は、図 2 C ~ 2 E の第一のテンプレート記憶空間 181 または第二のテンプレート記憶空間 182 の中のテンプレートなど、一つ以上のテンプレートに基づいてもよい。物体認識は、例えば、物体の外観が、一つ以上のテンプレートのうちのいずれかのテンプレートに合致するかの判定を伴いうる。一部の事例では、物体認識モジュール 207 によって、こうした合致がないと判定する場合、物体登録モジュール 206 によって物体の外観を使用して、物体登録プロセス一部として、新しいテンプレートを作成してもよい。実施形態では、動作計画作成モジュール 208 は、以下でより詳細に論じるように、例えば、画像分類モジュール 204 によって行われる分類に基づいて、および / または物体認識モジュール 207 の結果に基づいて、物体とのロボット相互作用を制御するための、動作計画作成を行うように構成されてもよい。

【0039】

様々な実施形態では、「ソフトウェアプロトコル」、「ソフトウェア命令」、「コンピュータ命令」、「コンピュータ可読命令」、および「コンピュータ可読プログラム命令」という用語は、様々なタスクおよび動作を遂行するように構成される、ソフトウェア命令またはコンピュータコードを記述するために使用される。本明細書で使用する場合、「モジュール」という用語は、処理回路 110 に一つ以上の機能タスクを行わせるように構成される、ソフトウェア命令またはコードの集まりを広く指す。便宜上、実際には、様々なモジュール、コンピュータ命令、およびソフトウェアプロトコルによって、様々な動作およびタスクを行うようにハードウェアプロセッサをプログラムするとき、モジュール、管理部、コンピュータ命令、およびソフトウェアプロトコルは、それらの動作またはタスクを行っている」と記載されるであろう。様々な箇所に「ソフトウェア」として記載するものの、「モジュール」、「ソフトウェアプロトコル」、および「コンピュータ命令」によって行われる機能性は、より広くは、ファームウェア、ソフトウェア、ハードウェア、また

はそれらのいかなる組み合わせとして実装されてもよいことは理解される。さらに、本明細書の実施形態は、方法ステップ、機能ステップ、およびその他のタイプの発生に関して記載する。実施形態では、これらのアクションは、計算システム 101 の処理回路 110 によって実行される、コンピュータ命令またはソフトウェアプロトコルに従って発生する。

【0040】

図3は、物体認識および/または物体登録を行う、方法300のための例示的な操作を図示する、フローチャートである。一例では、方法300によって、積み重ねられた物体（例えば、パレット上の箱または他の包装品）が降ろされる、パレットから降ろすタスクの一部が容易になってもよく、または方法300がそのタスクの一部であってもよい。一部の事例では、物体認識によって、積み重なりの中にある物体の構造（物体構造とも呼ぶ）の判定を容易にすることができ、これにより、パレットから降ろすタスクを支援しうる。一部の事例では、物体認識および/または物体登録によって、どの物体もしくはどのタイプの物体が、ロボット操作システム（例えば、図1Gの100F）により降ろされたか、または他の方法で処理されたかの追跡が容易になってもよく、これにより、在庫管理タスクまたは何らかの他のタスクを支援しうる。実施形態では、方法300が、処理回路110によってなど、図1Aから2Fの計算システム101によって行われてもよい。例えば、計算システム101の非一時的コンピュータ可読媒体120が、複数の命令（例えば、コンピュータプログラム命令）を記憶してもよく、処理回路100が、命令の実行によって方法300を行ってもよい。

【0041】

図4A~4Cは、方法300が行われうる、例示的な環境を示す。より具体的には、図4Aは、計算システム101、画像取り込み装置441（画像取り込み装置141の実施形態でありうる）、およびロボット461（図1Gまたは1Hのロボット161の実施形態でありうる）を含む、システム400（システム100から100Gのうちのいずれか一つの実施形態でありうる）を描写する。図4Bは、システム400のコンポーネントを含み、さらに、空間構造感知装置442（空間構造感知装置142の実施形態でありうる）を含む、システム400Aを描写する。加えて、図4Cは、システム400Aのコンポーネントを含み、さらに、一つ以上の追加の画像取り込み装置、または空間構造感知装置446、448などの空間構造感知装置を含む、システム400Bを描写する。

【0042】

図4A~4Cに描写するように、システム400/400A/400Bは、物体411~414および421~424など、一つ以上の物体に対する物体認識および/もしくは物体登録を行い、ならびに/またはロボット461を制御して、一つ以上の物体と相互作用するように使用されうる。一部のシナリオでは、一つ以上の物体（例えば、箱または他の容器）によって、パレット430などの台の上に配置される積み重なりが形成されうる。ロボット相互作用は、例えば、一つ以上の物体を拾い上げ、それらをパレット430からコンベヤベルトへなど、望ましい目的地へ移動させることを伴いうる。積み重なりには、図4A~4Cに示す第一の層410および第二の層420など、複数の層があってもよい。第一の層410は物体411~414によって形成されてもよく、一方、第二の層420は物体421~424によって形成されてもよい。一部の事例では、視覚的マーキングは、物体の一つ以上の表面上に現れうる。例えば、図4A~4Cは、物体411の表面（例えば、上表面）上に印刷されるか、または他の方法で配置される絵柄401A、および物体412の表面上に印刷されるか、もしくは他の方法で配置されるロゴ412Aまたは他の視覚的マーキングを描写する。視覚的マーキングが、物体411/412の視覚的なデザインの少なくとも一部を形成しうる。一部の事例では、物体411/412が商品を収容する箱である場合、視覚的なデザインは、商品のブランド名、商品の製造業者もしくは販売業者を示してもよく、または商品の図もしくは絵であってもよい。一部の状況では、一片のテープ414Aなどの物理的な品物が、物体414の上表面など、物体の表面上に配置されてもよい。一部の状況では、物体のうちの少なくとも一つに、一つ以上の表

面上に視覚的マーキングがない場合がある。例えば、物体 4 1 3 の上表面が空白であってもよい。

【 0 0 4 3 】

実施形態では、物体 4 1 1 ~ 4 1 4、4 2 1 ~ 4 2 4 が、同じ物体デザインを有する物体を含みうる。例として、物体 4 1 1 が物体 4 2 4 (図 8 A により詳細に示す) と同じ物体デザインを有してもよく、一方、物体 4 1 2 が物体 4 2 2 (同様に図 8 A に示す) と同じ物体デザインを有してもよい。より具体的には、上述のように、物体デザインは、視覚的なデザインおよび/または物理的設計を含んでもよい。実施形態では、物体の物理的設計は、物体のサイズまたは形状など、その物理構造を指してもよい。この例では、物体 4 1 1 が物体 4 2 4 と同じ視覚的なデザインを有してもよく、一方、物体 4 1 2 が物体 4 2 2 と同じ視覚的なデザインを有してもよい。物体 4 1 1 ~ 4 1 4、4 2 1 ~ 4 2 4 が、商品を収容する箱または他の容器である場合、物体 4 1 1 と 4 2 4 と、および物体 4 1 2 と 4 2 2 とに共通する視覚的なデザインによって、これらの物体が、同じ商品もしくは商品の同じ型式を収容している、および/または同じ製造業者もしくは販売業者からのものでありうる可能性を示しうる。一部の事例では、物体 4 1 1 と 4 2 4 と (または物体 4 1 2 と 4 2 2 と) に共通する視覚的なデザインによって、これらの物体が、同じ物体デザインに属し、それゆえ、共通する物体サイズおよび/または共通する物体形状など、共通する物理的設計も有する可能性を示しうる。

10

【 0 0 4 4 】

実施形態では、物体登録を行って、システム 1 0 0 / 4 0 0 が遭遇した様々な物体デザインを記述する、テンプレートを生成することができる。より具体的には、画像取り込み装置 4 4 1 によって感知されるか、または空間構造感知装置 4 4 2 によって感知される情報は、以下でより詳細に論じるように、物体 4 1 1 ~ 4 1 4、4 2 1 ~ 4 2 4 のうちの一つ以上など、物体の物体デザインを記述するテンプレートを生成するために使用されうる。

20

【 0 0 4 5 】

上述のように、テンプレートは、一部の事例では、物体または物体のグループの外観、すなわち、より具体的には、物体のグループの各々の表面上に現れる、視覚的マーキング (存在する場合) を記述する、視覚的特徴の記述を含みうる。絵柄、パターン、またはロゴなどの視覚的マーキングは、物体のグループに共通する視覚的なデザインを形成してもよく、画像取り込み装置 4 4 1 によって生成される画像または他の情報の中に表されてもよい。一部の事例では、テンプレートは、画像取り込み装置 4 4 1 によって生成される画像の中に表されうる絵柄、パターン、もしくはロゴなど、視覚的マーキング自体を記憶するか、または他の方法で含みうる。一部の事例では、テンプレートは、絵柄、パターン、ロゴ、または他の視覚的マーキングをコード化する、情報を記憶しうる。例えば、テンプレートは、視覚的マーキングを記述するように、すなわち、より具体的には、視覚的マーキング (例えば、絵柄またはロゴ) によって形成される特定の特徴を記述するように生成される、記述子を記憶しうる。

30

【 0 0 4 6 】

一部の事例では、テンプレートは、物体または物体のグループの物体構造 (物理構造とも呼ぶ) を記述しうる、物体構造の記述を含んでもよい。例えば、物体構造の記述は、物体のグループに共通する物理的設計を形成する、物体サイズおよび/または物体形状を記述しうる。一部の事例では、物体サイズは、物体のグループに関連付けられた、またはより広くは、物理的設計に関連付けられた物体寸法を記述しうる。一部の事例では、物体形状は、物体のグループの各々によって形成される物理的外形、またはより広くは、物体のグループに関連付けられた物理的設計に関連付けられた物理的外形を記述しうる。物体の物理的外形は、例えば、物体の一つ以上の表面の形状によって、かつ表面が互いに対してどのように配設されているかによって画定されてもよい、物体の輪郭 (例えば、3D 輪郭) を指す場合がある。例えば、正方形の箱の物理的外形は、互いに対して直交する平坦な表面を有する、物理的設計によって画定されうる。一部の事例では、物理的外形は、物体

40

50

の一つ以上の表面上に形成される、いかなる物理的特徴も含みうる。例として、物体が容器である場合、物理的特徴は、容器の一つ以上の表面上に形成される、容器のへりまたは容器のハンドル（存在する場合）を含みうる。この例では、物体サイズおよび／または物体形状が、空間構造感知装置 442 により（および／または図 4C の空間構造感知装置 446、448 により）生成される感知された構造情報によって記述されうる。一部の事例では、物体構造の記述は、点群など、感知された構造情報自体を含みうる。一部の事例では、物体構造の記述には、物体サイズを記述する情報（例えば、上表面の長さおよび幅、または長さとのアスペクト比）など、感知された構造情報に由来する情報、物体構造を記述する CAD ファイル、または何らかの他の情報を含みうる。

【0047】

図 3 に戻ると、方法 300 は、図 4A ~ 4C の物体 411 ~ 414、421 ~ 424 など、一つ以上の物体が、画像取り込み装置 441 の視野 443 など、画像取り込み装置の視野中にあるとき、計算システム 101 が行うように構成されうる、ステップ 302 から始まってよく、またはそうでなければステップ 302 を含んでもよい。一部の事例では、方法 300 が空間構造感知装置（例えば、442）の使用を伴う場合、一つ以上の物体（例えば、411 ~ 414、421 ~ 424）がさらに、空間構造感知装置（例えば、442）の視野（例えば、444）の中にあってもよい。ステップ 302 中、計算システム 101 の処理回路 110 によって、一つ以上の物体（例えば、411 ~ 414 および／または 421 ~ 424）を表すための画像を取得しても、またはそうでなければ受信してもよく、画像は画像取り込み装置（例えば、441）によって生成されてもよい。一部の事例では、操作 302 は、図 2F の画像アクセスモジュール 202 によって行われてもよい。

【0048】

ステップ 302 の例として、図 5A は、図 4A ~ 4C の積み重ねられた物体 411 ~ 414、421 ~ 424 のうちの少なくとも物体 411 ~ 414 を表すか、またはそうでなければそれらと関連付けられる、取得した画像 501 を描写する。上述のように、物体 411 ~ 414 は、一例では、パレット 430 上の箱または他の容器であってもよい。この例では、画像 501 によって表される物体 411 ~ 414 は、層 410 など、パレットの一層に属しうる。画像 501 は、この例では、物体 411 ~ 414、421 ~ 424 の真上に位置付けられうる、画像取り込み装置 441 によって生成されてもよい。より具体的には、画像 501 は、物体 411 ~ 414 のそれぞれの上表面の、すなわち、より具体的には、上表面の遮蔽されていない部分の外観を表しうる。言い換えれば、この例の画像 501 は、物体 411 ~ 414 の上表面を取り込む、上面斜視図を表してもよい。一部の事例では、画像 501 は、より具体的には、物体 411 ~ 414 の一つ以上の表面上に印刷されるか、または他の方法で配置される視覚的マーキング（存在する場合）の外観を表しうる。視覚的マーキングは、例えば、物体 411 の表面に印刷された絵柄 411A、および物体 412 の表面に印刷されたロゴ 412A または他のパターンを含みうる。一部の事例では、画像 501 は、物体 414 の表面上に配置された一片のテープ 414A など、一つ以上の表面上に配置された物理的な品物の外観を表す場合がある。実施形態では、画像 501 は、物体 411 ~ 414 のそれぞれの表面（例えば、上表面）に反射する光の強度など、画像取り込み装置 441 によって感知されている信号の強度に関連付けられる、それぞれのピクセル値（ピクセル強度値とも呼ぶ）を有しうる、ピクセルの 2 次元（2D）配列であってもよく、またはこれを含んでもよい。一部の事例では、画像 501 はグレースケール画像であってもよい。一部の事例では、画像 501 はカラー画像であってもよい。

【0049】

実施形態では、受信した画像（例えば、501）は、計算システム 101 によって、画像取り込み装置（例えば、441）から取得されてもよい。実施形態では、受信した画像（例えば、501）は、非一時的コンピュータ可読媒体（例えば、図 2C ~ 2E の 120 または 198）上に記憶されていてもよく、ステップ 302 で画像を取得することは、非

10

20

30

40

50

一時的コンピュータ可読媒体（例えば、120または198）から、または任意の他の資源から、画像（例えば、501）を読み出す（またはより広くは、受信する）ことを伴いうる。一部の状況では、画像（例えば、501）は、画像取り込み装置（例えば、441）から、図2Bの通信インターフェース130を介してなど、計算システム101によって受信されていてもよく、画像（例えば、501）に記憶空間を提供しうる、計算システム101の非一時的コンピュータ可読媒体（例えば、120）に記憶されていてもよい。例えば、画像（例えば、501）は、画像取り込み装置（例えば、図4A/4Bの441）から受信されてもよく、非一時的コンピュータ可読媒体（例えば、120）に記憶されてもよい。次いで画像（例えば、501）は、ステップ302で、計算システム101の処理回路110によって、非一時的コンピュータ可読媒体（例えば、120）から取得されてもよい。

10

【0050】

一部の状況では、受信した画像（例えば、501）は、計算システム101の非一時的コンピュータ可読媒体（例えば、120）に記憶されてもよく、画像取り込み装置（例えば、441）から受信する情報に基づいて、計算システム101の処理回路110によって事前に生成されていてもよい。例えば、処理回路110は、画像取り込み装置（例えば、441）から受信する未加工のカメラデータに基づいて、画像（例えば、501）を生成するように構成されてもよく、計算システム101の非一時的コンピュータ可読媒体（例えば、120）に、生成された画像を記憶するように構成されてもよい。次いで画像は、ステップ302で処理回路110によって受信されてもよい（例えば、非一時的コンピュータ可読媒体120から画像を読み出すことによって）。以下でより詳細に論じるように、計算システム101は、物体の外観が、様々な物体デザインの既存のテンプレートに合致するかの判定によってなど、画像（例えば、501）の中に表される物体（例えば、411/412/413/414）を認識するかを判定するように構成されてもよく、計算システム101が物体を認識しない場合、物体の外観および/または物体の物理構造に基づいて、新しいテンプレートを生成するように構成されてもよい。新しいテンプレートの生成は、計算システム101が、新しく遭遇した物体について記述する情報を判定および記憶する、物体登録プロセスの一部であってもよい。

20

【0051】

実施形態では、方法300は、計算システム101の処理回路110によって、画像（例えば、501）からターゲット画像部分を生成する、ステップ304を含んでもよく、ターゲット画像部分が、画像（例えば、501）によって表される一つ以上の物体のうちの物体（例えば、図4A~4Cの411）に関連付けられた、画像の一部分であってもよい。例えば、ターゲット画像部分が、物体（例えば、411）を表す画像（画像部分とも呼ぶ）の一部分であってもよい。一部の事例では、ステップ304もまた、画像アクセスモジュール202によって行われてもよい。

30

【0052】

一部の事例では、ステップ304は、ステップ302で取得される画像からの、ターゲット画像部分の抽出を伴いうる。例えば、図5Bは、物体411を表すターゲット画像部分511が、画像501から抽出される例を描写する。一部の事例では、ステップ304は、ステップ302で取得される画像が、積み重ねられた箱の中で一層を形成する複数の箱など、複数の物体を表す状況で行われてもよい。例えば、図5Aおよび5Bの受信した画像501全体が、複数の物体、すなわち、物体411~414を表しうる。この例では、物体411~414の各々が、画像501の特定部分によって表されてもよい。一部の事例では、物体は、計算システム101によって識別される個々の物体（例えば、411）であってもよく、物体認識もしくは物体登録を行うためのターゲット、および/またはロボット相互作用（例えば、ロボット161によってパレットから降ろされる）のターゲットであってもよい。したがって、物体はまたターゲットの物体と呼んでもよい。このような場合、ターゲットの物体を表す画像部分は、ターゲット画像部分と呼ばれうる。一部の事例では、ターゲット画像部分（例えば、511）は、矩形の領域（例えば、正方形の

40

50

領域)または任意の他の形状を有する領域など、受信した画像(例えば、501)のピクセルの領域であってもよい。上述のように、図5Bは、物体411を表すターゲット画像部分511を描写する。一部の実施形態では、ターゲット画像部分511は、画像取り込み装置(例えば、図4B~4Cの441)に面している、および/もしくは空間構造感知装置(例えば、図4B~4Cの442)に面している、物体表面(例えば、ターゲットの物体411の上表面)を表すことができるか、またはその表面の一部分を表すことができる。こうした実施形態では、ターゲット画像部分511は、物体411の上面図など、特定の図を表してもよい。以下でより詳細に論じるように、図6Aはさらに、物体412、413、および414をそれぞれ表すターゲット画像部分512、513、および514を描写する。

10

【0053】

実施形態では、ターゲット画像部分(例えば、511)は、線、コーナー、パターン、またはそれらの組み合わせなど、一つ以上の視覚的詳細を含みうる。ターゲット画像部分(例えば、511)の中にある一つ以上の視覚的詳細は、ターゲット画像部分によって表される物体(例えば、411)上に印刷されるか、または他の方法で配置される視覚的マーキング(存在する場合)を表しうる。実施形態では、ターゲット画像部分(例えば、513)が、視覚的詳細をほとんどまたは全く有さない場合があり、実質的に空白または均一に現れてもよい。一部の状況では、こうしたターゲット画像部分が、表面上に全く視覚的マーキングがないか、またはほとんど視覚的マーキングがない物体を表しうる。

【0054】

20

実施形態では、ステップ304が、物体(例えば、411)を表すターゲット画像部分(例えば、511)の、受信した画像(例えば、501)からの抽出を伴う場合、抽出は、物体(例えば、411)のエッジが現れる、画像(例えば、501)内における位置の識別と、識別された位置によって囲まれた、画像(例えば、501)の領域の抽出とに基づいてもよく、位置はまた、画像位置と呼んでもよい。一部の事例では、画像(例えば、501)によって表される一つ以上の物体(例えば、411~414)がまた、空間構造感知装置(例えば、図4Bの442)の視野の中にある場合も、計算システム101は、空間構造感知装置(例えば、442)によって生成される空間構造情報を受信し、空間構造情報の助けを受けてターゲット画像部分(例えば、511)を抽出するように構成されうる。例えば、空間構造情報は奥行き情報を含んでもよく、計算システム101は、奥行き情報に基づいて、エッジ位置とも呼ぶ、物体(例えば、411)のエッジの位置を決定するように構成されてもよい。例として、エッジ位置は、奥行きに急激な変化または不連続性がある位置を検出することによって、決定されうる。計算システム101は、この例では、これらのエッジ位置を画像(例えば、501)内の画像位置へマッピングし、画像位置によって囲まれた画像の領域を抽出するように構成されてもよく、抽出された領域が、ターゲット画像部分(例えば、501)であってもよい。一部の事例では、画像位置は、例えば、2Dピクセル座標であってもよく、一方、エッジ位置は3D座標であってもよい。計算システム101は、3D座標に基づいて2D座標を決定するように構成されうる。こうした決定については、「METHOD AND COMPUTING SYSTEM FOR PROCESSING CANDIDATE EDGES」と題する、米国出願第16/791,024号(弁理士整理番号0077-0009US1/MJ0049-US)でより詳細に論じ、その全体の内容は参照により本明細書に組み込まれる。

30

40

【0055】

上述のように、ステップ302で受信した画像(例えば、画像501)は、一部の事例では、複数の物体を表しうる。他の事例では、ステップ302で受信される画像は、一つの物体のみ(例えば、一箱のみ)を表す場合がある。例えば、画像は、計算システム101によって受信される前に、特定の物体(例えば、物体411)のみを表し、画像取り込み装置(例えば、441)の視野(例えば、443)の中に、任意の他の物体を表すいかなる画像部分も除去するために、画像取り込み装置(例えば、441)によって、または別の装置によって処理(例えば、クロップ)されていてもよい。こうした例では、ステッ

50

プ 3 0 2 で受信した画像は、その特定の物体（例えば、物体 4 1 1）のみを表してもよく、ステップ 3 0 4 で抽出したターゲット画像部分は、画像自体と同じ、または実質的に同じであってもよい。

【 0 0 5 6 】

実施形態では、図 3 の方法 3 0 0 はさらに、計算システム 1 0 1 の処理回路 1 1 0 によって、ターゲット画像部分（例えば、5 1 1）をテクスチャありまたはテクスチャなしのどちらに分類するかを決定する、操作 3 0 6 を含む。こうした分類は、例えば、ターゲット画像部分に少なくとも閾値レベルの視覚テクスチャがあるか、または外観が実質的に空白もしくは均一であることなどによって、ターゲット画像部分に閾値レベルの視覚テクスチャが欠けているか、もしくは視覚テクスチャがないかを指してもよい。例として、図 5 B のターゲット画像部分 5 1 1 は、テクスチャありに分類されてもよく、一方、図 6 A のターゲット画像部分 5 1 2 ~ 5 1 4 は、テクスチャなしに分類されてもよい。以下でより詳細に論じるように、ターゲット画像部分は、物体認識および/または物体登録に使用される。ステップ 3 0 6 の分類は、分類が、どのくらいの視覚テクスチャ（存在する場合）がターゲット画像部分（例えば、5 1 1）に存在するのかを示しうるため、物体認識に関連してもよく、視覚テクスチャによって、物体の視覚的外観に少なくとも一部基づく、物体認識操作を容易にしうる。したがって、ステップ 3 0 6 の分類は、物体認識がどのように行われるかに影響を与える場合がある。また以下にも論じるように、分類は、テンプレートが記憶される場所に影響を与えることによってなど、物体登録がどのように行われるかに影響を与える場合がある。一部の事例では、ステップ 3 0 6 は、画像分類モジュール 2 0 4 によって行われてもよい。

【 0 0 5 7 】

実施形態では、画像もしくは画像部分を、テクスチャありまたはテクスチャなしに分類することでは、「METHOD AND SYSTEM FOR PERFORMING IMAGE CLASSIFICATION FOR OBJECT RECOGNITION」と題する、米国特許出願第 _____ 号（弁理士整理番号 M J 0 0 5 1 - U S / 0 0 7 7 - 0 0 1 1 U S 1）で論じる一つ以上の技術を用いてもよく、その全体の内容は参照により本明細書に組み込まれる。例えば、分類の実施は、ターゲット画像部分に基づく、一つ以上のビットマップ（マスクとも呼ぶ）の生成を伴ってもよく、一つ以上のビットマップは、ターゲット画像部分が特徴検出用の視覚的特徴を有するか、またはターゲット画像部分のピクセル強度値の間に空間的変動があるかを示しうる。一例では、一つ以上のビットマップは、例えば、記述子ビットマップ、エッジビットマップ、および/または標準偏差ビットマップを含みうる。

【 0 0 5 8 】

一部の実施では、記述子ビットマップによって、ターゲット画像部分のどの領域が、一つ以上の記述子（一つ以上の記述子領域とも呼ぶ）によって占められるかを識別するための、もしくは一つ以上の記述子が、ターゲット画像部分の中に存在するか、もしくはターゲット画像部分から検出されるかを示すための、ヒートマップまたは確率マップを提供しうる。記述子ビットマップは、例えば、ターゲット画像部分における記述子キーポイント（存在する場合）の検出に基づいて、計算システム 1 0 1 によって生成されてもよく、記述子キーポイントによって、記述子領域の中心位置または他の位置を示しうる。一部の事例では、キーポイントの検出は、ハリスコーナー検出アルゴリズム、スケール不変特徴変換（SIFT: scale-invariant feature transform）アルゴリズム、高速化ロバスト特徴（SURF: speeded up robust features）アルゴリズム、加速セグメントテストからの特徴（FAST: feature from accelerated segment test）検出アルゴリズム、および/または配向 FAST および回転二値ロバスト独立基本特徴（ORB: oriented FAST and rotated binary robust independent elementary features）アルゴリズムなどの技術を使用して行われてもよい。計算システム 1 0 1 はさらに、記述子キーポイントの

検出に関連付けられたスケールパラメータ値に基づいて、存在する場合、記述子領域のそれぞれのサイズを判定するように構成されてもよい。一部の事例では、計算システムにより、記述子ビットマップによって識別される記述子の数量に基づいて、分類を行ってもよい。

【0059】

一部の実施では、エッジビットマップは、ターゲット画像部分のどの領域が、一つ以上のエッジを包含するのかを示すための、もしくは一つ以上のエッジが、ターゲット画像部分の中に存在するか、もしくはターゲット画像部分から検出されるかを示すための、ヒートマップまたは確率マップであってもよい。計算システム101によって、ソーベル(Sobel)エッジ検出アルゴリズム、プレウィット(Prewitt)エッジ検出アルゴリズム、ラプラシアン(Laplacian)エッジ検出アルゴリズム、キャニー(Canny)エッジ検出アルゴリズム、または任意の他のエッジ検出技術などの技術を使用して、ターゲット画像部分の中でエッジを検出してもよい(いくつかのエッジが存在する場合)。

【0060】

いくつかの実施形態では、標準偏差ビットマップは、ターゲット画像部分のピクセルの周りのピクセル強度値の局所的変動を記述しうるか、またはターゲット画像部分のピクセルの周りのピクセル強度値の変動の欠如を示しうる。例えば、計算システム101は、ターゲット画像部分の各ピクセルについて、そのピクセルを囲む画像領域のピクセル強度値間の標準偏差を決定することによって、標準偏差ビットマップを生成しうる。一部の事例では、計算システム101は、その最大値、最小値、または平均値など、標準偏差ビットマップの特性に基づいて分類を実行しうる。

【0061】

いくつかの実施態様では、計算システム101は、一つ以上のビットマップに基づいて、ステップ306で分類を実行しうる。例えば、計算システム101は、記述子ビットマップ、エッジビットマップ、および/または標準偏差ビットマップを組み合わせて融合ビットマップおよび/またはテクスチャビットマップを生成しうる。一部の事例では、融合ビットマップまたはテクスチャビットマップは、ターゲット画像部分(例えば、511)の一つ以上の領域に対する照明状態の影響をさらに考慮した方法で生成されうる。融合ビットマップまたはテクスチャビットマップは、ターゲット画像部分の一つ以上のテクスチャあり領域または一つ以上のテクスチャなし領域を識別しうる。こうした場合、計算システム101は、ターゲット画像部分の一つ以上のテクスチャあり領域(ある場合)の総面積および/またはターゲット画像部分の一つ以上のテクスチャなし領域(ある場合)の総面積に基づいて、ターゲット画像部分(例えば、511)を、テクスチャありまたはテクスチャなしであると分類するように構成されうる。

【0062】

図3を振り返ると、方法300は、計算システム101の処理回路110がテンプレート記憶空間を選択するステップ308をさらに含む。より具体的には、テンプレート記憶空間は、上で論じた、第一のテンプレート記憶空間181と第二のテンプレート記憶空間182(感知された構造情報を選択されたテンプレート記憶空間とも称する)から選択されてもよく、その選択は、ターゲット画像部分がテクスチャありまたはテクスチャなしに分類されるかに基づきうる。上述したように、第一のテンプレート記憶空間181は、第二のテンプレート記憶空間182に比べて、より頻繁に消去されうる。例えば、第一のテンプレート記憶空間181は、キャッシュまたは他の短期テンプレート記憶空間として機能してもよく、一方、第二のテンプレート記憶空間182は、テンプレートが永久的に保存される、または削除される前に長期間(例えば、数か月または数年)にわたって保存されるテンプレート記憶空間などの長期テンプレート記憶空間として機能しうる。この実施形態では、第一のテンプレート記憶空間181の情報またはその他の内容は、第二のテンプレート記憶空間182の情報またはその他の内容よりも一時的でありうる。例として、第一のテンプレート記憶空間181に保存されているテンプレートは、現在パレット

上にある積み重ねられた箱をパレットから降ろすなど、現在のタスク特有であってもよく、そのタスクの完了後に第一のテンプレート記憶空間 181 から削除されうる。こうした例では、第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレートは、現在のタスクだけでなく、後続するタスクにも関連すると考えられうる。したがって、第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレートは、第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレートがまだ後続のタスクの間に物体認識を容易にするのに利用可能なように、現在のタスク完了後にそのままそこに残りうる。言い換えれば、第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレートは、他のタスクに再使用されてもよく、一方、第一のテンプレート記憶空間 181 のテンプレートは特定のタスクに固有であり、他のタスクに再使用されなくてもよい。

【0063】

実施形態では、ステップ 308 で選択されるテンプレート記憶空間は、ターゲット画像部分（例えば、512 / 513 / 514）がテクスチャなしであると分類する、計算システム 101 による決定に回答して、第一のテンプレート記憶空間 181 であってもよく、ターゲット画像部分（例えば 511）がテクスチャありであると分類する、計算システム 101 による決定に回答して、第二のテンプレート記憶空間 182 であってもよい。第一のテンプレート記憶空間 181 がキャッシュまたは他の短期テンプレート記憶空間として使用され、第二のテンプレート記憶空間 182 が長期テンプレート記憶空間として使用される場合、ステップ 308 での選択は、短期テンプレート記憶空間と長期テンプレート記憶空間との間でありうる。一例では、ターゲット画像部分がテクスチャなしであると分類された場合、物体認識を実行することは、ターゲット画像部分を短期テンプレート記憶空間の既存のテンプレートと比較することを含みうる。この例では、物体登録を実行することは（実行された場合）、ターゲット画像部分に基づいて新しいテクスチャなしテンプレートを生成すること、およびテクスチャなしテンプレートを短期テンプレート記憶空間に保存することを含みうる。この例では、ターゲット画像部分がテクスチャありであると分類された場合、物体認識を実行することは、ターゲット画像部分を長期テンプレート記憶空間の既存テンプレートと比較することを含んでもよく、物体登録を実行することは（実行された場合）、ターゲット画像部分に基づいて新しいテクスチャありテンプレートを生成すること、およびテクスチャありテンプレートを長期テンプレート記憶空間に保存することを含みうる。

【0064】

上述のように、短期テンプレート記憶空間と長期テンプレート記憶空間の組み合わせを使用することにより、物体認識動作で使用されるテンプレートを保存するために必要な記憶資源を低減すること、および高速かつ効率的な方法で物体認識動作を実行することを容易にするという技術的利点が提供される。実施形態では、物体認識は、画像取り込み装置によって取り込まれた視覚的詳細またはその他の視覚的情報を、テンプレートによって記述された視覚的詳細またはその他の視覚的情報と合致させようとする試みに基づきうる。一部の事例では、ターゲット画像部分の視覚テクスチャの存在または視覚テクスチャのレベルは、物体認識を実行するために使用可能な視覚的情報のレベルを示しうる。高レベルの視覚テクスチャは、物体認識を実行するための高レベルの視覚的情報を示してもよく、一方、低レベルの視覚テクスチャまたは視覚テクスチャの欠如は、物体認識を実行するための低レベルの視覚的情報を示しうる。したがって、テクスチャありのターゲット画像部分は、物体認識を実行するのに有益でありうるが、それは物体認識を実行するために高レベルの視覚的情報を提供しうるからである。一部の事例では、テクスチャなしのターゲット画像部分は、物体認識を実行するために、テクスチャあり画像部分ほど有益ではないかもしれないが、物体認識を実行するためのいくらかの有用性を有しうる。例えば、パレットからの積み重ねられた箱を降ろすことなどのタスク中に物体認識が実行される場合、パレット上の箱の一部または全ては、同じ小売業者または製造業者による同じ商品を保持している場合があり、したがって同じ視覚的なデザイン、またはより一般的には同じ物体デザインを有する場合がある。例えば、図 4 B の物体 412 は、図 7 A の物体 422 と同じ物体デザイン、より具体的には同じ視覚的なデザインおよび物理的設計を有しうる。した

10

20

30

40

50

がって、箱のうちの一つを表すターゲット画像部分に基づいてテンプレートを生成することは、そのターゲット画像部分がテクスチャなしであると分類されたとしても、テクスチャなしテンプレートが同じパレット上の他の箱の外観と合致しうるため依然として有用でありうる。一部の事例では、テクスチャなしテンプレートは、視覚的特徴の記述および物体構造の記述の両方を含んでもよく、その結果、両方のタイプの情報は、物体認識の精度を改善するために物体認識操作中にチェックされうる。しかしながら、テクスチャありおよびテクスチャなしターゲット画像部分の両方のテンプレートを生成することは、物体認識を実行することおよび／または物体登録を実行することに対して費用を追加することとなりうる。一部の事例では、追加費用は、テクスチャなしテンプレートが保存されるテンプレートの総数を増加させるため、テンプレートを保存するために必要な記憶資源の増大を含みうる。一部の事例では、追加費用は、計算システム 101 が、特定のオブジェクトの外観と合致するテンプレートを検索しようと、より多くの数のテンプレートを検索しなければならない場合があるため、パフォーマンスの遅延をもたらしうる。多数のテクスチャなしテンプレートが生成されるとき、特にテクスチャなしテンプレートが類似した視覚的特徴の記述またはその他の視覚的情報を含む場合、テクスチャなしテンプレートの一つが特定の物体の外観に誤って合致する可能性が高くなりうる。

【0065】

実施形態では、本開示の一つの態様は、特にテクスチャなしテンプレートを保存するための第一のテンプレート記憶空間 181 を使用すること、および特にテクスチャありテンプレートを保存するための第二のテンプレート記憶空間 182 を使用することによって上記の問題に対処することに関する。第一のテンプレート記憶空間 181 は、キャッシュまたは他の短期テンプレート記憶空間として使用されてもよく、第二のテンプレート記憶空間は、長期テンプレート記憶空間として使用されてもよい。上述のように、テクスチャなしであると分類されたターゲット画像部分は、第一のテンプレート記憶空間 181 に保存される新しいテクスチャなしテンプレートを生成するため、および／または第一のテンプレート記憶空間 181 の既存のテクスチャなしテンプレートと比較するために使用されうる。同様に、テクスチャありであると分類されたターゲット画像部分は、第二のテンプレート記憶空間 182 に保存される新しいテクスチャありテンプレートを生成するため、および／または第二のテンプレート記憶空間 182 の既存のテクスチャありテンプレートと比較するために使用されうる。いくつかの実施形態では、計算システム 101 は、テクスチャなしフラグをテクスチャなしテンプレートのそれぞれと関連付け、それらをテクスチャなしであるとタグ付けするように構成されうる。この実施形態では、第二のテンプレート記憶空間 182 は、テクスチャありテンプレートを保存するために確保されてもよいが、これはその中のテンプレートの総数を制限しうる。このような結果により、テクスチャありテンプレートを保存するために必要な記憶資源が制限されうる。第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレートの総数が限定されることにより、計算システム 101 が物体の外観の合致を見つけるために検索が必要なテンプレートの数がさらに制限されうるため、物体認識動作のより速いパフォーマンスをもたらしうる。

【0066】

さらに上で言及したように、第一のテンプレート記憶空間 181 は、第二のテンプレート記憶空間 182 よりも頻繁に消去される短期記憶空間でありうる。例えば、第一のテンプレート記憶空間 181 は、特定のパレットから降ろすタスクに関与する箱など、特定のタスクに関与する物体に基づいて生成されるテクスチャなしテンプレートを保存しうる。パレットから降ろすタスクがすべての容器またはその他の物体をパレットから所望の目的地へと移動させることを含む場合、そのタスクはパレットから降ろすサイクルと称されうる。このような例では、テクスチャなしテンプレートは、パレットから降ろすサイクルの完了後、第一のテンプレート記憶空間 181 から消去されうる。上述のように、テクスチャなしテンプレートは、例えば、箱または他の物体の一部または全てが共通の視覚的なデザイン、またはより一般的には共通の箱設計を有する可能性があるため、同じパレットから降ろすサイクルに関与するパレットから降ろされる物体に対して有用でありうる。これ

らのテクスチャなしテンプレートは、二つの異なるパレットから降ろすサイクルからの箱が共通する視覚的なデザインを共有する可能性が低いと、あるパレットから降ろすサイクル中に、別の積み重ねられた箱をパレットから降ろすなど、後続のタスクに対して、有益性または関連性が低くなりうる。したがって、テクスチャなしテンプレートは、先のタスクの完了後に、第一のテンプレート記憶空間 181、またはその他の任意のテンプレート記憶空間から消去されうる。第一のテンプレート記憶空間 181 からテンプレートを消去することは、テンプレートに対するポインターまたは参照を削除すること、またはテンプレートが上書きできるように、テンプレートによって占有された第一のテンプレート記憶空間 181 の一部分を割当解除することなどによって、テンプレートを削除することを含みうる。一部の事例では、後続のパレットから降ろすサイクルまたはその他のタスクが開始したとき、第一のテンプレート記憶空間 181 は空または空であるとマークされる場合があり、後続のパレットから降ろすサイクル中に第一のテンプレート記憶空間 181 に保存された任意のテクスチャなしテンプレートはそのサイクルに参与する物体に特定でありうる。第一のテンプレート記憶空間 181 を消去することは、その中のテンプレートの総数を制限することによって、第一のテンプレート記憶空間 181 に必要な記憶資源を減少させうる。第一のテンプレート記憶空間 181 を消去することは、計算システム 101 がテキストなしターゲット画像部分またはその他のターゲット画像部分との合致を見つけようと試みるときに、検索せねばならないテクスチャなしテンプレートの数を低減させることによって、物体認識動作のより速いパフォーマンスをさらにもたらしうる。一部の事例では、テクスチャなしフラグに関連付けられた全てのテンプレートが、第一のテンプレート記憶空間 181 にあるかどうかに関わらず、消去されうる。いくつかの例では、第一のテンプレート記憶空間 181 は、一度に多くても数個のテンプレートが保存されうる。第一のテンプレート記憶空間 181 の少数のテンプレートは、計算システム 101 が特定のターゲット画像部分に合致するとしてテンプレートの一つを誤って識別する可能性をさらに低減しうる。

【0067】

実施形態では、図3の方法300は、計算システム101の処理回路110が物体認識を実行するステップ310を含んでもよく、これは、ステップ304で生成されたターゲット画像部分およびステップ308で選択されたテンプレート記憶空間に基づきうる。一部の事例では、ステップ310は、物体認識モジュール207によって実行されうる。物体認識の結果は、例えば、ターゲット画像部分（例えば、物体411）によって表される物体とのロボット相互作用を制御するため、またはより詳細に以下で述べるように、例えば、在庫管理を実行するための物体登録を実行するかどうかを決定するために使用されうる。

【0068】

一部の事例では、ステップ310を実行することは、選択されたテンプレート記憶空間が既にターゲット画像部分と合致するテンプレートを含むかどうかを判断することを含みうる。選択されたテンプレート記憶空間にターゲット画像部分と合致するテンプレートがない場合、計算システム101は、ターゲット画像部分に基づいてテンプレートを生成することにより物体登録動作を実行しうる。一部の事例では、テンプレートは合致に失敗した場合にのみ生成される。例えば、図5Cは、テクスチャありであるとステップ306で分類されたターゲット画像部分511一例を図示し、第二のテンプレート記憶空間182がステップ308で選択される。この例では、ターゲット画像部分511は、テクスチャありテンプレートを保存する長期テンプレート記憶空間として使用されうる第二のテンプレート記憶空間182の既存テンプレートと比較される。いくつかの実施では、テンプレート記憶空間182（および/または第一のテンプレート記憶空間181）内のテンプレートは、特定の視覚的なデザイン、またはより一般的には特定の物体デザインと関連付けられた一つ以上の視覚的特徴（ある場合）を記述する視覚的特徴の記述を含みうる。一つ以上の視覚的特徴は、視覚的なデザインに関連付けられた視覚的詳細または視覚的マーキングの存在、または視覚的詳細または視覚的マーキングの特徴を意味しうる。一部の事例

では、視覚的特徴の記述は、こうした視覚的詳細を再現する画像情報を含んでもよく、またはこうした視覚的詳細をコードする一つ以上の記述子を含んでもよい。このような実施では、計算システム 101 は、テンプレートに含まれた視覚的特徴の記述が、ターゲット画像部分（例えば、511）において、有る場合、視覚的詳細と合致するかどうかを判断することによって、物体認識動作を実行しうる。例えば、計算システム 101 は、ターゲット画像部分（例えば、511）を記述する記述子を生成するように、およびその記述子が選択されたテンプレート記憶空間（例えば、182）のテンプレートのいずれかの視覚的特徴の記述に合致するかどうかを判定するように構成されうる。一部の事例では、ターゲット画像部分が、既存のテンプレートの一つと合致する場合、合致するテンプレートは、何の物体、オブジェクトのタイプ、またはターゲット画像部分によって表される物体デザインに関する仮説でありうる検出仮説を生成するために使用されうる。

10

【0069】

図 5C に図示するように、計算システム 101 は、ターゲット画像部分 511 がテクスチャありであると分類されるため、ターゲット画像部分 511 を第二のテンプレート記憶空間 182 のテクスチャありテンプレートと比較しうる。実施形態では、ターゲット画像部分 511 は、第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレートのみと比較されうる。別の実施形態では、図 5D に図示するように、計算システム 101 は、第二のテンプレート記憶空間 182 のテクスチャありテンプレートおよび第一のテンプレート記憶空間 181 のテクスチャなしテンプレート（存在する場合）を含む既存の保存されたテンプレート全てとターゲット画像部分 511 を比較しうる。

20

【0070】

一部の事例では、ターゲット画像部分が、選択されたテンプレート記憶空間 182 の既存のテンプレートの一つと合致する場合、合致するテンプレートは、ターゲット画像部分（例えば、511）によって表される物体の物理構造を記述する物体構造の記述を含みうる。例えば、物体構造の記述は、物体（例えば、411）の物体サイズまたは物体形状を記述しうる。一部の事例では、合致するテンプレートの物体構造の記述を使用して、以下により詳細に述べるように、物体とロボットとの相互作用を計画および/または制御しうる。

【0071】

一部の事例では、計算システム 101 の処理回路 111 が、選択されたテンプレート記憶空間がターゲット画像部分（例えば、511）と合致するテンプレートを有しないと決定した場合、計算システム 101 は、ターゲット画像部分（例えば、511）に基づいて新しいテンプレートを生成し、新しいテンプレートを選択されたテンプレート記憶空間に保存させることによって物体登録を実行してもよい。一部の事例では、新しいテンプレートは、第一のテンプレート記憶空間 181 および/または第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレートのいずれも、ターゲット画像部分（例えば、511）と合致しないという決定に回答して生成されうる。図 5C ~ 5E は、ターゲット画像部分 511 が、第二のテンプレート記憶空間 182 の既存のテンプレート（テンプレート 1 ~ n）いずれとも合致しない、または（第一のテンプレート記憶空間 181 および第二のテンプレート記憶空間 182 を含む）既存の保存されたテンプレートのいずれとも合致しない、例を図示する。図 5E に図示するように、計算システム 101 は、ターゲット画像部分 511 と関連する視覚的なデザイン、およびより一般的にはターゲット画像部分 511 によって表される物体 411 の物体デザインを記述する、新しいテクスチャありテンプレート、すなわちテンプレート n+1 を生成しうる。例えば、テンプレート n+1 は、物体 411 の上表面に印刷された絵柄 411A を記述しうる。より具体的には、新しいテンプレートは、絵柄 411A またはターゲット画像部分 511 に現われるその他の視覚的マーキングを再現、または絵柄 411A の様々な視覚的特徴を記述する記述子を含みうる。新しいテンプレートは、長期テンプレート記憶空間として作用しうる、第二のテンプレート記憶空間 182 に保存されうる。一部の事例では、空間構造感知装置（例えば、442）が、物体 411 と関連付けられた物体を記述する感知された構造情報を生成するために方法 300 で使

30

40

50

用される場合、計算システム 101 は、感知された構造情報に基づいて物体構造の記述を生成し、新しいテンプレートに物体構造の記述を含みうる。物体構造の記述は、物体 411 の例えば物体サイズまたは物体形状を記述しうる。

【0072】

一部の事例では、計算システム 111 は、計算システム 101 が、選択されたテンプレート記憶空間がターゲット画像部分（例えば 511）と合致するテンプレートを有しないと決定した場合、または計算システム 101 が、テンプレート記憶空間 181、182 のいずれもターゲット画像部分と合致するテンプレートを有しないと決定した場合、最小実行可能領域（MVR）の検出を試みるように構成されうる。最小実行可能領域は、その内容全体が参照により本明細書に組み込まれる「AUTOMATED PACKAGE REGISTRATION SYSTEMS, DEVICES, AND METHODS」と題された米国特許出願第 16/443,743 号により詳細に記載される。一部の事例では、MVR 検出は、ターゲット画像部分（例えば、511）がテクスチャありであると分類され、選択されたテンプレート記憶空間（例えば、182）に合致するテンプレートがないという決定、またはテンプレート記憶空間 181、182 の全てに合致するテンプレートがないという決定の両方に応答して実行されうる。MVR 検出は、物体のエッジまたはコーナーの位置を推定するために、ターゲット画像部分上実行されてもよく、例えば、物体とロボットとの相互作用を制御する、および/または上述の新しいテンプレートを生成するために、その位置を使用しうる。より具体的には、計算システム 101 は、一実施形態において、ターゲット画像部分（例えば、511）のコーナーまたはエッジのうちの少なくとも一つを検出し、少なくともコーナーまたはエッジによって画定される領域を決定しうる。例えば、計算システム 101 は、コーナーまたはエッジがターゲット画像部分（例えば、511）または受信した画像（例えば、501）に表示されるピクセル座標を決定し、エッジまたはコーナーによって囲まれたターゲット画像部分または画像の領域を決定しうる。決定された領域は、上述の新しいテンプレートを生成するため、および/または、ロボット動作を制御するための移動指令を決定することによってなど、物体とロボットとの相互作用を計画するために使用されうる。

【0073】

上述のように、ターゲット画像部分 511 は、一部のシナリオでは、画像取り込み装置（例えば、441）の視野（例えば、443）の複数の物体のうちの一つを表しうる。一部の事例では、計算システム 101 は、第一のテンプレート記憶空間 181 または第二のテンプレート記憶空間 182 のいずれかに追加されたそれぞれの新しいテンプレートを、複数の物体の対応する物体のそれぞれのターゲット画像部分に基づかせるように構成されうる。実施形態では、本明細書に記載の様々なステップ（例えば、304 ~ 310）は、ステップ 302 で受信される各画像（例えば、501）に対して複数回実行されうる。例えば、ステップ 304 ~ 310 は、物体 411 ~ 414 を表す、受信した画像 501 で表される複数の物体のそれぞれの物体に対して実行されうる。

【0074】

より具体的には、図 5A ~ 5E に関与する上述は、物体 411 を表す、ターゲット画像部分 511 に対するステップ 304 ~ 310 の実行に関連する。図 6A は、それぞれ物体 412、413、および 414 を表す、ターゲット画像部分 512、513、および 514 を生成するために適用されるステップ 304 を図示する。ターゲット画像部分 512 ~ 514 は、ステップ 304 のいくつかの反復にわたって生成されてもよく、または一回の反復で生成されてもよい。一部の事例では、ターゲット画像部分 512 ~ 514 は、画像 501 から抽出されうる。計算システム 101 は、ターゲット画像部分 512 ~ 514 をテクスチャありまたはテクスチャなしであると分類することによって、それらに対してステップ 306 をさらに実行しうる。一部の実施では、計算システム 101 は、視覚テクスチャを有さない場合がある、または定義されたレベルの視覚テクスチャを有さない場合があるため、ターゲット画像部分 512 ~ 514 をテクスチャなしであると分類しうる。分類の結果、計算システム 101 は、ターゲット画像部分 512 ~ 514 のそれぞれに対し

て第一のテンプレート記憶空間 181 を選択することにより、ステップ 308 を実行してもよく、選択されたテンプレート記憶空間、すなわち第一のテンプレート記憶空間 181 に基づいて、ステップ 310 で物体認識を実行しうる。

【0075】

図 6 B は、物体認識および / または物体登録がターゲット画像部分 512、またはより一般的にはターゲット画像部分 512 で表される物体 412 に対して実行される一例を図示する。実施形態では、物体認識動作は、選択された第一のテンプレート記憶空間 181 がターゲット画像部分 512 と合致するテンプレートを有するかどうかを決定する計算システム 101 を含みうる。この例では、計算システム 101 は、第一のテンプレート記憶空間 181 が空であり、従ってターゲット画像部分 512 と合致するテンプレートを持たないと決定する。図 6 B の第一のテンプレート記憶空間は、前のロボットのタスク（例えば、前のバレットから降ろすサイクル）の完了後に消去されている可能性があるため、空でありうる。一部の実施形態では、計算システム 101 は、第一のテンプレート記憶空間 181 のみにおいて、ターゲット画像部分 512 に対して合致するテンプレートを検索しうる。他の実施形態では、計算システム 101 は、第一のテンプレート記憶空間 181 および第二のテンプレート記憶空間 182 の両方において、ターゲット画像部分 512 に対して合致するテンプレートを検索しうる。図 6 B の例では、計算システム 101 は、ターゲット画像部分 512 に対応する合致テンプレートがないと決定し、図 6 C に示すように、ターゲット画像部分 512 に基づいて新しいテクスチャなしテンプレートを生成し、新しいテクスチャなしテンプレートをテンプレート 1 として第一のテンプレート記憶空間 181（例えば、テンプレートキャッシュに）に保存させることにより物体登録動作をさらに実行しうる。テンプレートは、例えば、物体 412 の外観を記述する、またはより具体的にはターゲット画像部分 512 を記述する視覚的特徴の記述を含みうる。例えば、視覚的特徴の記述は、ターゲット画像部分 512 自体を含んでもよく、またはターゲット画像部分 512 の視覚的詳細をコードする記述子を含んでもよい。一部の実施では、空間構造感知装置 442 が方法 300 で使用される場合、計算システム 101 は、ターゲット画像部分 512 によって表される物体 412（例えば、物体サイズまたは物体形状）の構造を記述する物体構造の記述を生成するために、空間構造感知装置 442 によって生成された空間構造情報を受信しうる。こうした実施における計算システム 101 は、新しいテンプレートの一部として物体構造の記述を含みうる。

【0076】

図 6 D は、ターゲット画像部分 513、またはより一般的にはターゲット画像部分 513 によって表される物体 413 に対して物体認識が実行される一例を図示する。図 6 D の例では、第一のテンプレート記憶空間 181 は、（ターゲット画像部分 512 に基づいて生成された）テンプレート 1 を含んでもよく、計算システム 101 は、例えば、テンプレート 1 の視覚的特徴の記述がターゲット画像部分 513 と合致するかどうかを決定するように構成されうる。上述のように、計算システム 101 は、第一のテンプレート記憶空間 181 のみから合致するテンプレートを見つける、または第一のテンプレート記憶空間 181 および第二のテンプレート記憶空間 182 から合致するテンプレートを見つける試みをしうる。この例では、計算システム 101 は、ターゲット画像部分 513 がテンプレート 1 と合致しない、またはより一般的には、合致するテンプレートがないと決定しうる。結果として、計算システム 101 は、図 6 E に示すように、ターゲット画像部分 513 に基づいて新しいテクスチャなしテンプレートを生成し、新しいテンプレートを第一のテンプレート記憶空間 181 にテンプレート 2 として保存することによって、物体登録を実行しうる。テンプレート 2 は視覚的詳細をほとんどまたは全く記述しないが、その対応する物体（例えば、413）に関連する一部の詳細を記述してもよく、それは後のその他の物体との比較に有用でありうる。例えば、テンプレート 2 は、対応する物体の上表面またはその他の表面に関連するアスペクト比を記述しうる。アスペクト比は、例えば、その表面の長さとの間の比を記述しうる。計算システムは、後でテンプレートに記載されたアスペクト比を、他の物体のアスペクト比と比較するように構成されうる。

【 0 0 7 7 】

同様に、図 6 F は、ターゲット画像部分 5 1 4、またはより一般的にはターゲット画像部分 5 1 4 によって表される物体 4 1 4 に対して物体認識が実行される一例を図示する。より具体的には、計算システム 1 0 1 は、ターゲット画像部分 5 1 4 が第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 内の既存のテンプレート 1 およびテンプレート 2 と合致するかどうかを決定することによってなど、ターゲット画像部分 5 1 4 に対して合致するテンプレートがあるかどうかを決定しうる。この例では、計算システム 1 0 1 は、いずれのテンプレートもターゲット画像部分 5 1 4 と合致しないと決定してもよい。結果として、計算システム 1 0 1 は、図 6 G に示すように、ターゲット画像部分 5 1 4 に基づいて新しいテクスチャなしテンプレートを生成し、新しいテンプレートを第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 にテンプレート 3 として保存することによって、物体登録をさらに実行しうる。

10

【 0 0 7 8 】

上述のように、計算システム 1 0 1 は、視覚的特徴の記述の代わりに、またはそれに加えて、図 6 G のテンプレート 1、2、または 3 など、テクスチャなしテンプレートの物体構造の記述を含みうる。一部の事例では、テクスチャなしであるターゲット画像部分（例えば、5 1 3 / 5 1 4）がテクスチャなしテンプレート（例えば、テンプレート 1 またはテンプレート 2）と合致するかどうかを決定することは、一部の場、構造における合致、またはより具体的には、対応する物体（例えば、4 1 3 / 4 1 4）の構造と粒子状テンプレートの物体構造の記述との間における合致があるかどうかを決定することを含みうる。例えば、計算システム 1 0 1 は、物体を表すターゲット画像部分（例えば、5 1 4）を抽出して、その物体（例えば、4 1 4）に関する感知された構造情報を受信しうる。こうした例では、計算システム 1 0 1 は、（感知された構造情報で記述される通りの）物体の構造がテンプレートの物体構造の記述と合致するかどうかを決定することによって、物体（例えば、4 1 4）がテンプレート（例えば、図 6 F のテンプレート 1 またはテンプレート 2）と合致するかどうかを決定しうる。一部の事例では、物体構造の記述に基づく合致を決定することにより、物体認識の頑健性または信頼性が改善されうる。より具体的には、テクスチャなしテンプレートが、比較的少ない視覚的詳細を有する画像部分に基づいて生成されているため、視覚的外観に基づいて物体認識を実行することのみでは、最適な頑健性または信頼性を欠く場合がある。したがって、物体認識は、物体（例えば、4 1 4）のターゲット画像部分（例えば、5 1 4）がテンプレートの視覚的特徴の記述と合致するかどうか、および物体（例えば、4 1 4）の検知された構造情報がテンプレートの物体構造の記述と合致するかどうかの両方を決定することなどにより、物体構造の記述に記述された物理構造に代替的または追加的に基づきうる。

20

30

【 0 0 7 9 】

実施形態では、計算システム 1 0 1 が、テクスチャありターゲット画像部分（例えば、5 1 1）によって表される物体（例えば、4 1 1）に対して合致するテンプレートを検索しよう試みている場合、計算システム 1 0 1 は、物体の外観および物体の物理構造の両方に合致するテクスチャありテンプレートを見つける、または合致する外観だけで十分であると決定することを試みうる。一部の事例では、テクスチャありターゲット画像部分（例えば、5 1 1）およびテクスチャありテンプレートは、物体の物理構造が考慮されていない時でさえも、物体の視覚的外観のみに基づいて正確な物体認識が実行されるように十分な視覚的詳細を含みうる。

40

【 0 0 8 0 】

実施形態では、計算システム 1 0 1 は、それらがテクスチャなしであると示す値にテンプレートのテンプレートパラメータを設定することなどにより、テクスチャなしテンプレートのそれぞれをテクスチャなしフラグと関連付けうる。一例として、図 6 H は、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 のテンプレート 1 からテンプレート 3 のそれぞれに含まれるテクスチャなしフラグを図示する。一部の事例では、パレットから降ろすサイクルまたは他のタスクが完了した時に、計算システム 1 0 1 は、テクスチャなしフラグを有する全てのテンプレートを検索および削除するように構成されうる。

50

【 0 0 8 1 】

図 6 I は、テクスチャなしフラグを含む別の実施形態を図示する。上記の実施形態が、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1（例えば、テンプレートキャッシュ）および第二のテンプレート記憶空間 1 8 2（例えば、長期テンプレートデータベース）を含む一方、図 6 I は、第一のテンプレート記憶空間 1 8 1 および第二のテンプレート記憶空間 1 8 2 が、単一のテンプレート記憶空間 1 8 3（例えば、単一ファイルまたは単一データベース）によって置き換えられた代替的实施形態を示す。この代替的实施形態では、方法 3 0 0 は、ステップ 3 0 8 の選択を省略するように修正されてもよく、テンプレート記憶空間 1 8 3 のテンプレートに基づいて、ステップ 3 1 0 の物体認識を実行してもよい。例えば、計算システム 1 0 1 は、ターゲット画像部分（例えば、5 1 1）に合致するテンプレートのテンプレート記憶空間 1 8 3 を検索しうる。図 6 I に図示するように、計算システム 1 0 1 は、物体登録中に、テンプレート記憶空間 1 8 3 に新しく生成されたテンプレートを保存し、テクスチャなしであるテンプレートにテクスチャなしフラグを含む。パレットから降ろすサイクルまたは他のタスクが完了した時に、計算システム 1 0 1 は、テクスチャなしフラグを有する、テンプレート記憶空間 1 8 3 の全てのテンプレートを検索および削除しうる。

10

【 0 0 8 2 】

図 3 に戻ると、方法 3 0 0 は、一実施形態において、計算システム 1 0 1 の処理回路 1 1 0 が、物体 4 1 1 ~ 4 1 4 のうちの一つなどのステップ 3 0 4 のターゲット画像部分によって表される少なくとも一つの物体とロボット相互作用を生じさせるための移動指令を生成するステップ 3 1 2 をさらに含む。一部の事例では、ステップ 3 1 2 は、動作計画作成モジュール 2 0 8 によって実行されうる。実施形態では、移動指令は、箱またはその他の物体をパレットから拾い上げ、物体を所望の目的地に移動させるなどの、ロボットのタスクの動作計画に使用されうる。移動指令は、物体認識の結果に基づいて生成される。例えば、物体認識の結果が、テンプレート記憶空間の既存のテンプレート（ある場合）と合致しないことを示し、物体の外観に基づいて新しいテンプレートを生成するように物体登録を実行する場合、移動指令は新しいテンプレートに基づきうる。一例として、物体 4 1 1 が、ロボット 4 6 1 が物体 4 1 1 を拾い上げることを含むパレットから降ろすタスクの一つのターゲットである場合、計算システム 1 0 1 は、物体 4 1 1 に基づいた、またさらに具体的には、その関連するターゲット画像部分 5 1 1 に基づいた、図 5 E のテンプレート $n + 1$ に基づく移動指令を生成しうる。計算システム 1 0 1 は、ロボット 4 6 1 によって受信されて物体 4 1 1 と相互作用しうる移動指令を出力しうる。別の例として、物体 4 1 2 が、パレットから降ろすタスクの別のターゲットである場合、計算システム 1 0 1 は、物体 4 1 2、またはさらに具体的には、その関連するターゲット画像部分 5 1 2 に基づいた、図 6 C ~ 6 I のテンプレート 1 に基づく移動指令を生成しうる。実施形態では、移動指令は、新しいテンプレートの物体構造の記述（ある場合）に基づいて生成されうる。一部の事例では、物体認識および/または物体登録が M V R 検出に基づく領域を識別する場合、移動指令は識別された領域に基づきうる。例えば、移動指令は、ロボットのエンドエフェクターを識別された領域に対応する位置に移動させるように生成されうる。

20

30

【 0 0 8 3 】

実施形態では、物体認識の結果が、選択されたテンプレート記憶空間（例えば、1 8 1 / 1 8 2）のテンプレートとオブジェクトの外観、またはより具体的にはターゲット画像部分との間の合致がある場合、計算システム 1 0 1 は、合致するテンプレートに基づいて移動指令を生成するように構成されうる。一部の事例では、移動指令は、合致するテンプレートの物体構造の記述に基づいて生成されうる。

40

【 0 0 8 4 】

実施形態では、計算システム 1 0 1 がロボット（例えば、4 6 1）をターゲット画像部分によって表される物体と相互作用させるための移動指令を生成する場合、移動指令は、ターゲット画像部分がテクスチャありまたはテクスチャなしであるかに基づきうる。例えば、ステップ 3 1 0 の物体認識がテクスチャなしであるターゲット画像部分に基づいて実

50

行される場合、物体認識の信頼レベルは、ターゲット画像部分がテクスチャありである状況と比較して低いと考えられうる。このような状況では、ステップ312の計算システム101は、ロボットが物体を拾い上げる、そうでなければ物体と相互作用しようと試みる時、ロボット（例えば461）の速度を制限する方法で移動指令を生成してもよく、その結果、ロボット相互作用はより高いレベルの注意を払いながら進められうる。

【0085】

実施形態では、画像取り込み装置（例えば、441）が、ステップ312で生成された移動指令の結果としてロボット（例えば461）によって物体が動かされた後に更新画像を生成する場合、計算システム301は、更新画像に基づいて、ステップ302～312の一部またはすべてを繰り返すように構成されうる。一部の事例では、更新画像は、物体が移動されるたびに生成されうる。例えば、図7Aは、（図4Aの）物体412がロボット461によって画像取り込み装置441の視野443の外側にある目的地に移動された一例を図示する。物体411が移動された後、画像取り込み装置441は、残りの物体、すなわち物体411、413、414、および421～424を表す図7Bに図示される更新画像502を生成しうる。

【0086】

実施形態では、計算システム101は、更新画像502を受信するため、物体422を表す画像502の一部でありうるターゲット画像部分522を生成するため、ステップ302および304を再び実行しうる。このような実施形態では、計算システム101は、ターゲット画像部分522をテクスチャありまたはテクスチャなしであると分類すること、その分類に基づいてテンプレート記憶空間を選択すること、およびその選択されたテンプレート記憶空間に基づいて物体認識を実行することによって、ステップ306～310を再び実行しうる。一例として、ターゲット画像部分522は、テクスチャなしであると分類されうる。結果として、計算システム101は、図6Gまたは6Hの三つのテンプレートを含みうる第一のテンプレート記憶空間181を選択しうる。図7Cに図示するように、計算システム101は、ターゲット画像部分522が第一のテンプレート記憶空間181のテンプレートの視覚的特徴の記述および/または物体構造の記述と合致するかどうかを決定する物体認識動作を実行するように構成されうる。一部の事例では、この決定は第一のテンプレート記憶空間181に限定されず、計算システム101は、ターゲット画像部分522が、第一のテンプレート記憶空間181のテンプレート、または第二のテンプレート記憶空間182のテンプレートと合致するかを決定しうる。図7Cの例では、計算システム101は、ターゲット画像部分522が、第一のテンプレート記憶空間181のテンプレート1と合致すると決定しうる。合致の結果、物体登録動作が省略されうるため、新しいテンプレートは生成されない。一部のシナリオでは、計算システム101は、物体認識の結果に基づいて移動指令を生成することによって、ステップ312を繰り返しうる。例えば、テンプレート1がターゲット画像部分522と合致し、特定の物体構造を記述する物体構造の記述を含む場合、移動指令は物体構造の記述に基づいて生成されうる。

【0087】

一部の事例では、上述の更新画像は、物体の層全体が移動されるたびに生成されうる。例えば、図8Aは、図4Aのスタックの層410の物体411～414がロボット461によって画像取り込み装置441の視野443の外側にある目的地に移動された一例を示す。図8Bは、視野443に残る層420の物体421～424を表す更新画像503を図示する。実施形態では、計算システム101は、ターゲット画像部分521～524などの一つ以上のターゲット画像部分を、更新画像503から抽出するように構成されうる。抽出されたターゲット画像部分521～524は、それぞれ物体421～424を表しうる。この実施形態では、計算システム101は、ターゲット画像部分521～524のそれぞれについて、ステップ304～312の一部またはすべてを繰り返すように構成されうる。例えば、図8Cは、ターゲット画像部分521～523のそれぞれがテクスチャなしであると分類される一例を示すが、これによって、計算システム101は、それらの

ターゲット画像部分に基づいて物体認識を実行するために、第一のテンプレート記憶空間 181 を選択しうる。一部のシナリオでは、物体認識は、計算システム 101 が、ターゲット画像部分 522 がテンプレート 1 と合致し、ターゲット画像部分 523 がテンプレート 3 と合致すると決定する結果をもたらしうる。一部の事例では、計算システム 101 は、ターゲット画像部分 521 から決定されたアスペクト比がテンプレート 2 に記述されたアスペクト比と合致すると決定することなどによって、ターゲット画像部分 521 がテンプレート 2 と合致すると決定しうる。

【0088】

図 8 D は、ターゲット画像部分 524 がテクスチャありであると分類される一例をさらに図示する。結果として、計算システム 101 は、物体認識を実行するための第二のテンプレート記憶空間 182 を選択しうる。この例では、物体認識は、計算システム 101 が、ターゲット画像部分 524 が第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレート $n+1$ と合致すると決定することをもたらしうる（これにより計算システム 101 はターゲット画像部分 524 に対する物体登録動作の実行をスキップしうる）。

【0089】

実施形態では、物体認識のための第一のテンプレート記憶空間 181 と第二のテンプレート記憶空間 182 との間の選択は、新規テンプレート（ある場合）が物体登録動作のために保存される場所、および / またはテクスチャなしフラグが新しいテンプレートに含まれているかどうかに影響を及ぼす。既存のテンプレートに基づいて実行される物体認識は、選択したテンプレート記憶空間のみを使用して実行されてもよく、または第一のテンプレート記憶空間 181 および第二のテンプレート記憶空間 182 の両方を使用して実施されてもよい。例えば、図 8 E は、ターゲット画像部分 521 ~ 524 に対する物体認識が、合致するテンプレートのために、第一のテンプレート記憶空間 181 および第二のテンプレート記憶空間 182 の両方を検索することを含む。

【0090】

上述のように、第一のテンプレート記憶空間 181 は、第二のテンプレート記憶空間 182 と比較してより頻繁に消去される短期テンプレート記憶空間でありうる。一部の事例では、計算システム 101 は、ロボットのタスクの完了時または完了後まもなく、第一のテンプレート記憶空間 181 のテンプレートを消去するように構成されうる。例えば、図 9 A は、パレットから降ろすサイクルが完了する状況を示す。図 9 B は、こうした状況において画像取り込み装置 441 によって生成された画像 504 を示す。この例では、物体のパレットに属する物体 411 ~ 414、421 ~ 424 のすべてが、ロボット 461 によって拾い上げられ、所望の目的地に移動されうる。図 9 A および 9 B に示すように、画像取り込み装置 441 の視野 443 に残る箱または他のターゲットの物体がない場合がある。一部の事例では、計算システム 101 は、ロボット 461 とのロボット相互作用のために残っている物体が現在ない場合に、パレットから降ろすタスクまたは他のロボットのタスクが完了したと決定するように構成されうる。このような決定にตอบสนองして、計算システム 101 は、第二のテンプレート記憶空間 182 を消去することなく、第一のテンプレート記憶空間 181 を消去するように構成されうる。例えば、図 9 C は、第二のテンプレート記憶空間 182 のテンプレート 1 からテンプレート $n+1$ がそのテンプレート記憶空間に残っている間、（図 8 C の）第一のテンプレート記憶空間 181 のテンプレート 1 からテンプレート 3 をそこから消去させる計算システム 101 を図示する。上述のように、テンプレートは、テンプレートへのポインターまたは参照を除去することによって消去されうるため、それ以上それらにアクセスすることができない。一部の事例では、テンプレートによって占有されていたテンプレート記憶空間 181 の一部分を割当解除することによってテンプレートを消去しうるため、割り当て解除された部分が他のデータで上書きできる。図 9 D は、テクスチャなしテンプレートが消去される別の例を示す。図 9 D の例は、第一のテンプレート記憶空間 181 および第二のテンプレート記憶空間 182 が単一のテンプレート記憶空間 183 によって置き換えられる代替的な実施形態に適用される。この例では、計算システム 101 は、テクスチャなしフラグ（図 6 I に示す）を含むテンプレ

10

20

30

40

50

レート記憶空間 1 8 3 のすべてのテンプレートを検索し、これらのテンプレートを削除し
うる。

【 0 0 9 1 】

実施形態では、図 3 の方法 3 0 0 は、その図のステップの一つ以上を省略することが
できる、および / または一つ以上の他のステップを加えることができる。例えば、方法 3 0
0 には、一部の場合、物体認識および / または物体登録が検証されるステップが含まれ
うる。こうした検証ステップは、ステップ 3 1 0 での物体認識の後、および / またはステッ
プ 3 1 2 での移動指令生成の前に実施されうる。一部の事例では、方法 3 0 0 は、ステッ
プ 3 1 2 を省略するように修正されうる。一部の事例では、方法 3 0 0 は、ステップ 3 1
0 での物体認識の結果に基づいて、および / または物体登録に基づいて、在庫管理を実行
するステップを含みうる。こうしたステップは、例えば、画像取り込み装置（例えば、4
4 1 ）および / または空間構造感知装置（例えば、4 4 2 ）の視野にある物体または物体
のタイプを追跡しうる。

10

【 0 0 9 2 】

様々な実施形態に関する追加の考察

【 0 0 9 3 】

実施形態 1 は、通信インターフェースおよび少なくとも一つの処理回路を含む計算シス
テムに関する。通信インターフェースは、ロボットおよび画像取り込み装置と通信するよ
うに構成される。少なくとも一つの処理回路は、一つ以上の物体が、画像取り込み装置の
視野の中にあるまたはあったとき、一つ以上の物体を表すための画像を取得することを含
む方法を行うように構成され、画像は、画像取り込み装置によって生成される。方法はさ
らに、画像から、一つ以上の物体のうちの物体に関連付けられた画像の一部分であるター
ゲット画像部分を生成することと、ターゲット画像部分をテクスチャありまたはテクスチャ
なしのどちらに分類するかを決定することと、を含む。方法はまた、ターゲット画像部
分がテクスチャありまたはテクスチャなしのどちらに分類されるかに基づいて、第一のテン
プレート記憶空間および第二のテンプレート記憶空間の中から、テンプレート記憶空間
を選択することを含み、第一のテンプレート記憶空間は、第二のテンプレート記憶空間と
比べてより頻繁に消去され、第一のテンプレート記憶空間は、ターゲット画像部分をテク
スチャなしに分類する決定に応じて、テンプレート記憶空間として選択され、第二のテン
プレート記憶空間は、ターゲット画像部分をテクスチャありに分類する決定に応じて、
テンプレート記憶空間として選択される。方法はさらに、ターゲット画像部分および選択さ
れたテンプレート記憶空間に基づいて、物体認識を行うことを含む。方法は加えて、少な
くとも物体とのロボット相互作用を引き起こすための移動指令を生成することを含み、移
動指令は、物体認識からの結果に基づいて生成される。

20

30

【 0 0 9 4 】

実施形態 2 は、実施形態 1 の計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つ
の処理回路は、選択されたテンプレート記憶空間が、ターゲット画像部分に合致するテン
プレートを含むかどうかを判定することによって、物体認識を行うように構成される。

【 0 0 9 5 】

実施形態 3 は、実施形態 1 または 2 の計算システムを含む。この実施形態では、少な
くとも一つの処理回路は、選択されたテンプレート記憶空間が、ターゲット画像部分に合致
する視覚的特徴の記述を有する一つ以上のテンプレートを含むかどうかを判定することによ
って、物体認識を行うように構成される。すなわち、処理回路によって、選択されたテン
プレート記憶空間が、合致する視覚的特徴の記述を有する任意のテンプレートを有する
かどうかを検出してよい。

40

【 0 0 9 6 】

実施形態 4 は、実施形態 1 ~ 3 のうちのいずれか一つの計算システムを含む。この実施
形態では、通信インターフェースは空間構造感知装置と通信するように構成され、少な
くとも一つの処理回路は、物体に関連付けられた物体構造を記述するために、感知された構
造情報を受信するように構成され、感知された構造情報は、空間構造感知装置によって生

50

成される。さらに、少なくとも一つの処理回路は、ターゲット画像部分をテクスチャなしに分類する決定に応じて、選択されたテンプレート記憶空間が、感知された構造情報に合致する物体構造の記述を有する任意のテンプレートを含むかどうかをさらに判定することによって、物体認識を行うように構成される。

【0097】

実施形態5は、実施形態1～4のうちのいずれか一つの計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、選択されたテンプレート記憶空間が、ターゲット画像部分に合致するテンプレートを含むという判定に応じて、テンプレートに基づいて、移動指令を生成するように構成される。

【0098】

実施形態6は、実施形態1～5のうちのいずれか一つの計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、選択されたテンプレート記憶空間が、ターゲット画像部分に合致する任意のテンプレートを含まないという判定に応じて、ターゲット画像部分に基づいて、新しいテンプレートを生成することによって物体登録を行い、新しいテンプレートを、選択されたテンプレート記憶空間に記憶させるように構成される。したがって、選択されたテンプレート記憶空間が、ターゲット画像部分に合致するテンプレートを有さない場合に、物体登録を行いうる。

【0099】

実施形態7は、実施形態6の計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、新しいテンプレートに基づいて、移動指令を生成するように構成される。

【0100】

実施形態8は、実施形態6または7の計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、さらに、選択されたテンプレート記憶空間が、ターゲット画像部分に合致する任意のテンプレートを含まないという判定に応じて、ターゲット画像部分の中にコーナーまたはエッジのうちの少なくとも一つを検出することと、ターゲット画像部分の中に少なくともコーナーまたはエッジによって画定される領域を決定することとによって、物体登録を行うように構成され、少なくとも一つの処理回路は、決定された領域に基づいて、新しいテンプレートを生成するように構成される。

【0101】

実施形態9は、実施形態8の計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、選択されたテンプレート記憶空間が、ターゲット画像部分に合致する任意のテンプレートを含まないとき、決定された領域に基づいて、移動指令を生成するように構成される。

【0102】

実施形態10は、実施形態8または9の計算システムを含む。この実施形態では、ターゲット画像部分の中にコーナーまたはエッジのうちの少なくとも一つを検出することは、選択されたテンプレート記憶空間が、ターゲット画像部分に合致する任意のテンプレートを含まないという判定、およびターゲット画像部分をテクスチャありに分類する決定の両方に応じてなされ、ターゲット画像部分がテクスチャありに分類されるとき、少なくとも一つの処理回路は、新しいテンプレートを、第二のテンプレート記憶空間に記憶させるように構成される。

【0103】

実施形態11は、実施形態6～10のうちのいずれか一つの計算システムを含む。この実施形態では、通信インターフェースは、空間構造感知装置と通信するように構成される。さらに、この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、物体に関連付けられた物体構造を記述するために、感知された構造情報を受信するように構成され、感知された構造情報が、空間構造装置によって生成され、ターゲット画像部分がテクスチャなしに分類されるとき、少なくとも一つの処理回路は、感知された構造情報を含むか、または感知された構造情報に基づく、物体構造の記述を有するように、新しいテンプレートを生成し、新しいテンプレートを、第一のテンプレート記憶空間の中に記憶させるように構成される。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 4 】

実施形態 1 2 は、実施形態 1 ~ 1 1 のうちのいずれか一つの計算システムを含む。この実施形態では、ターゲット画像部分がテクスチャありまたはテクスチャなしのどちらに分類されるかにさらに基づいて、少なくとも一つの処理回路は、移動指令を生成するように構成される。

【 0 1 0 5 】

実施形態 1 3 は、実施形態 1 ~ 1 2 の計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、一つ以上の物体に関連付けられたロボットのタスクが完了したかどうかを判定するように構成される。少なくとも一つの処理回路はさらに、ロボットのタスクが完了したという判定に応じて、第二のテンプレート記憶空間を消去することなく、第一のテンプレート記憶空間を消去させるように構成される。

10

【 0 1 0 6 】

実施形態 1 4 は、実施形態 1 3 の計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、当該少なくとも一つの処理回路が、移動指令を生成した後、ロボットとのロボット相互作用について、現在残っている物体はないと判定するとき、ロボットのタスクが完了したと判定するように構成される。

【 0 1 0 7 】

実施形態 1 5 は、実施形態 1 ~ 1 4 のうちのいずれか一つの計算システムを含む。この実施形態では、複数の物体が画像取り込み装置の視野の中にあるとき、少なくとも一つの処理回路は、選択されたテンプレート記憶空間に追加される各テンプレートを、複数の物体のうちの対応する物体に関連付けられた、それぞれのターゲット画像部分に基づかせるように構成される。

20

【 0 1 0 8 】

実施形態 1 6 は、実施形態 1 ~ 1 5 のうちのいずれか一つの計算システムを含む。この実施形態では、少なくとも一つの処理回路は、第一のビットマップおよび第二のビットマップを生成するように構成される。第一のビットマップは、ターゲット画像部分から検出された、一つ以上のそれぞれの記述子を含む、ターゲット画像部分のうちの一つ以上の領域を識別するための、または記述子がターゲット画像部分の中で検出されないことを示すための、記述子ビットマップである。第二のビットマップは、ターゲット画像部分から検出された、一つ以上のそれぞれのエッジを含む、ターゲット画像部分のうちの一つ以上の領域を識別するための、またはエッジが、ターゲット画像部分の中で検出されないことを示すための、エッジビットマップである。この実施形態では、ターゲット画像部分をテクスチャありまたはテクスチャなしのどちらに分類するかの決定は、第一のビットマップおよび第二のビットマップに基づく。

30

【 0 1 0 9 】

関連分野の当業者にとって、本明細書に記載する方法および用途への、その他の適切な修正ならびに適応が、実施形態のうちのいずれの範囲から逸脱することなく成すことができることは明らかであろう。上に記載する実施形態は、説明に役立つ実施例であり、本発明がこれらの特定の実施形態に限定されると解釈されるべきではない。本明細書に開示する様々な実施形態は、記載および添付の図に具体的に提示する組み合わせとは異なる組み合わせで、組み合わせてもよいことは理解されるべきである。実施例によって、本明細書に記載するプロセスもしくは方法のいずれのある特定の行為または事象は、異なる順番で行われてもよく、追加、統合、または完全に省略してもよいことも理解されるべきである（例えば、記載したすべての行為または事象は、方法またはプロセスを実施するのに必要ではない場合がある）。加えて、本明細書の実施形態のある特定の特徴を、明確にするために、単一の構成要素、モジュール、またはユニットにより行われていると記載しているものの、本明細書に記載する特徴および機能は、構成要素、モジュール、またはユニットのいかなる組み合わせによって行われてもよいことは理解されるべきである。したがって、添付の特許請求の範囲に定義するような、発明の精神または範囲から逸脱することなく、当業者によって様々な変更および修正に影響を与えうる。

40

50

【要約】 (修正有)

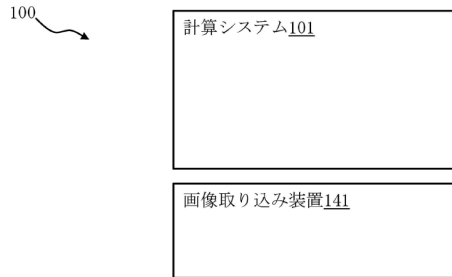
【課題】物体とロボットの相互作用などのタスクを容易にする計算システムを提供する。

【解決手段】計算システムが備える処理回路は、一つ以上の物体を表すための画像を取得するステップ302と、一つ以上の物体のうちの一つに関連付けられたターゲット画像部分を生成するステップ304と、ターゲット画像部分をテクスチャありまたはテクスチャなしのどちらに分類するかを決定するステップ306と、テクスチャなしの分類に応じて選択される第一のテンプレート記憶空間およびテクスチャありの分類に応じて選択される第二のテンプレート記憶空間の中から、テンプレート記憶空間を選択するステップ308と、選択されたテンプレート記憶空間に基づいて、物体認識を行うステップ310と、物体認識の結果に基づいて移動指令を生成するステップ312を行う。第一のテンプレート記憶空間は、第二のテンプレート記憶空間と比べてより頻繁に消去される。

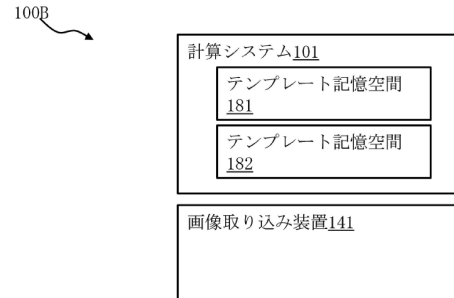
10

【選択図】図3

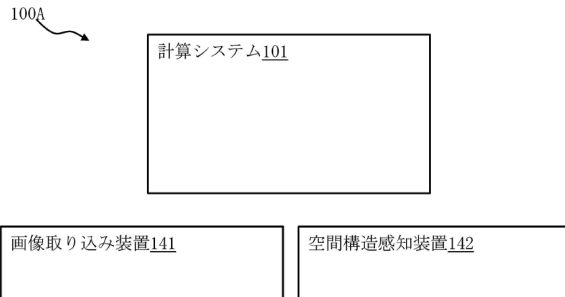
【図1A】



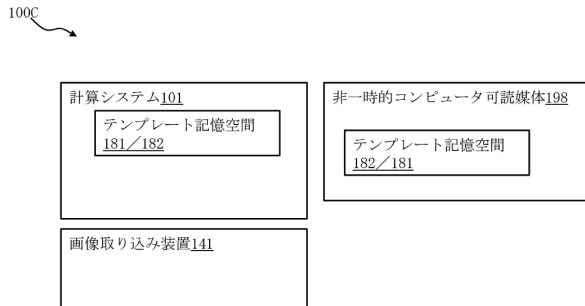
【図1C】



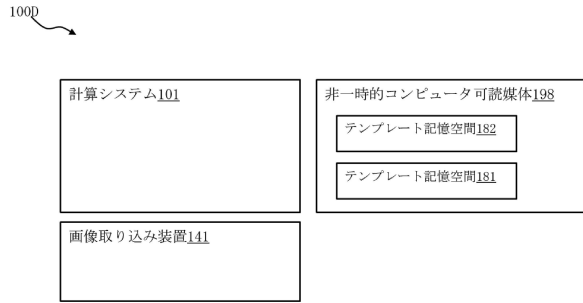
【図1B】



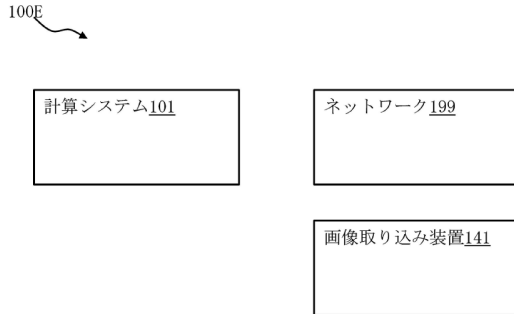
【図1D】



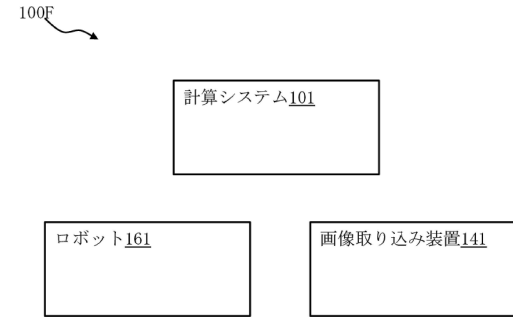
【図 1 E】



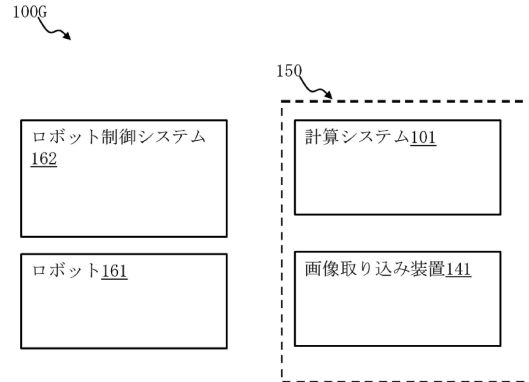
【図 1 F】



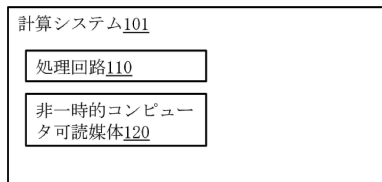
【図 1 G】



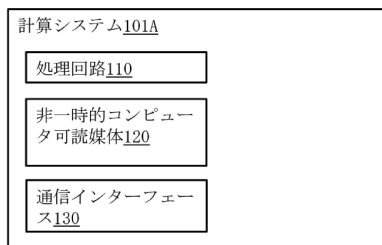
【図 1 H】



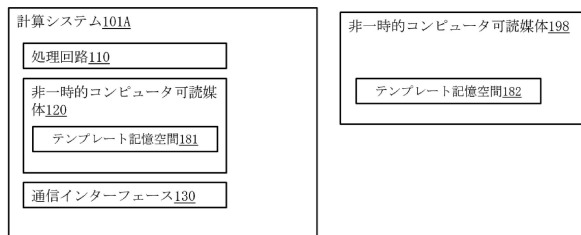
【図 2 A】



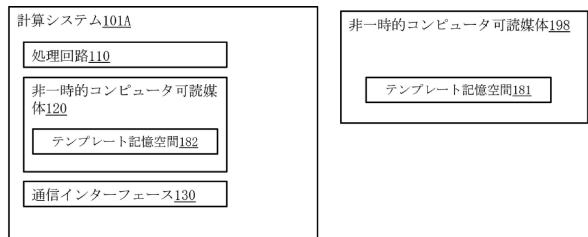
【図 2 B】



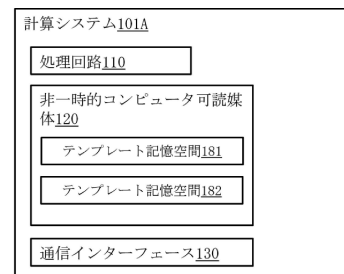
【図 2 C】



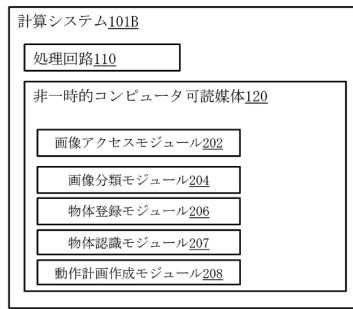
【図 2 D】



【図 2 E】

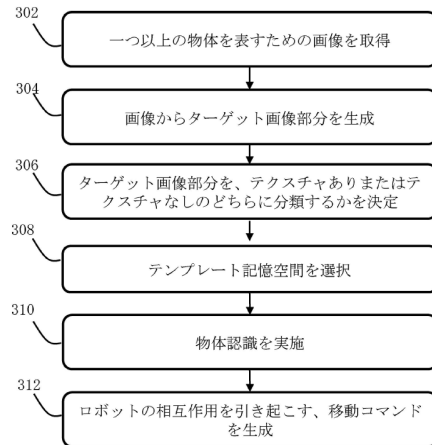


【図 2 F】

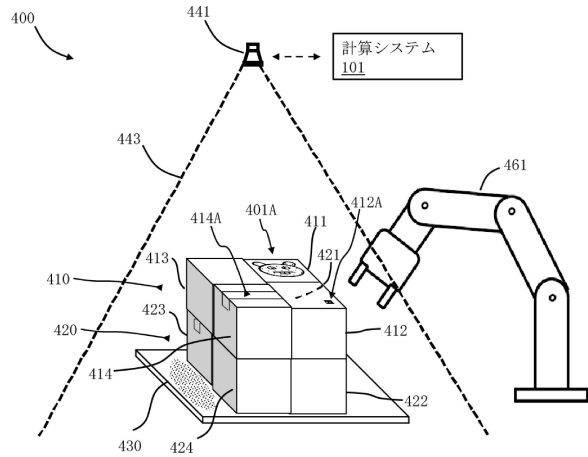


【図 3】

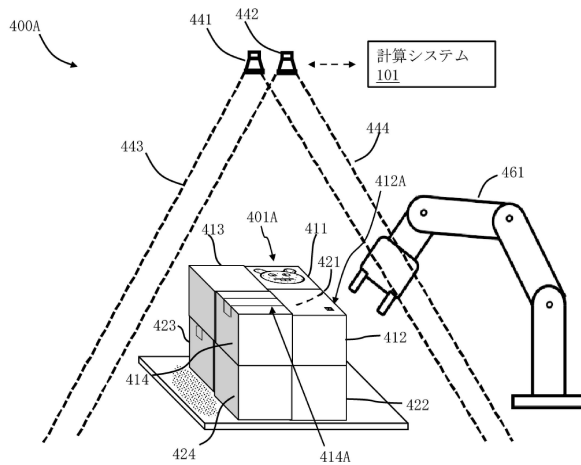
300



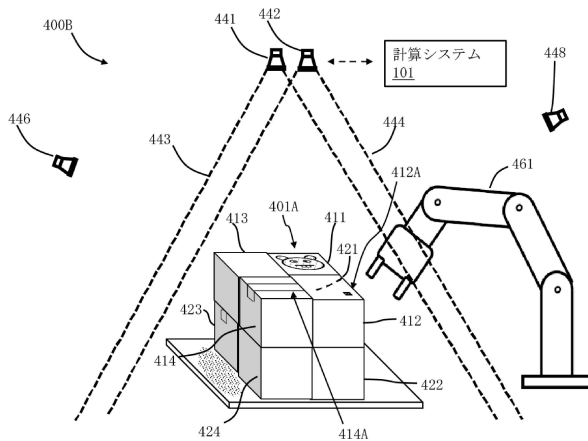
【図 4 A】



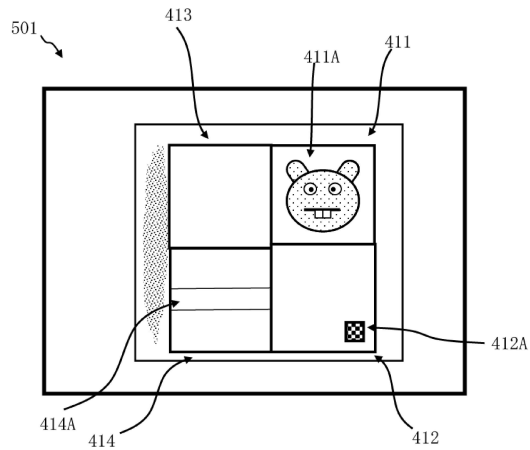
【図 4 B】



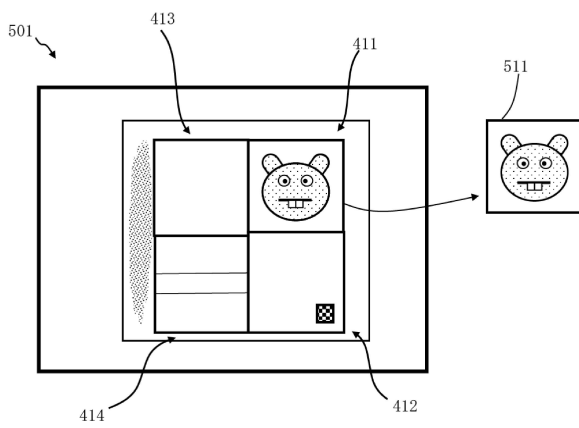
【図 4 C】



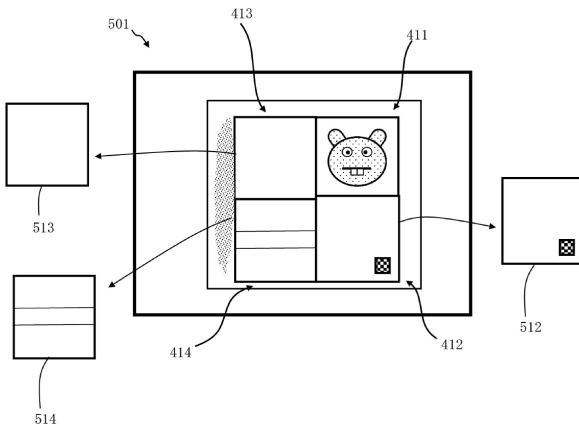
【図 5 A】



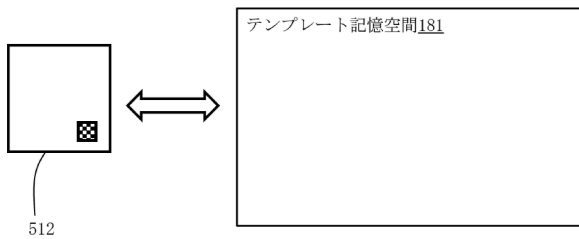
【図 5 B】



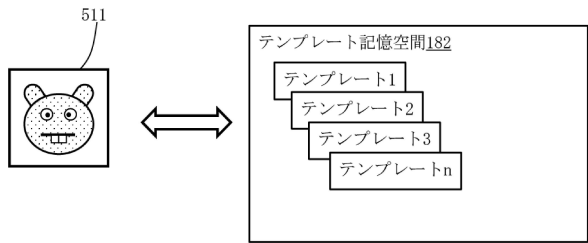
【図 6 A】



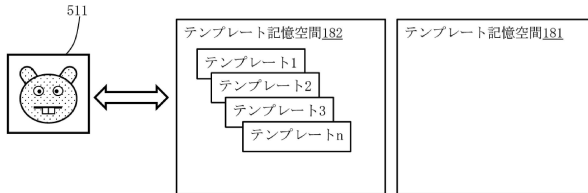
【図 6 B】



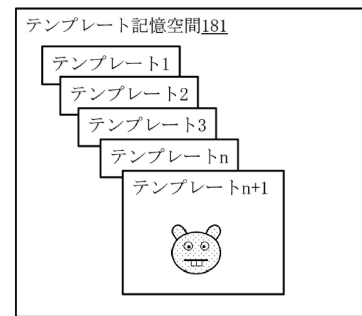
【図 5 C】



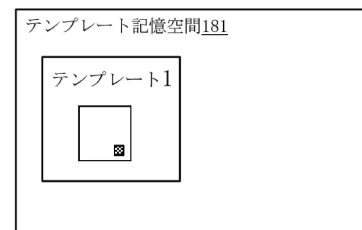
【図 5 D】



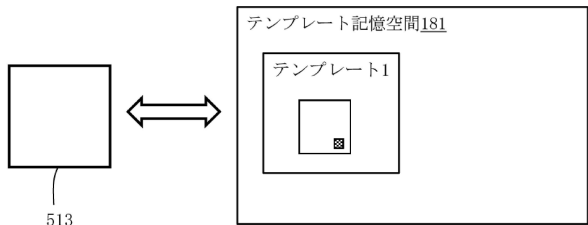
【図 5 E】



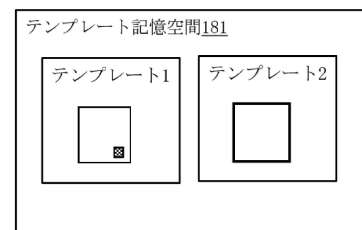
【図 6 C】



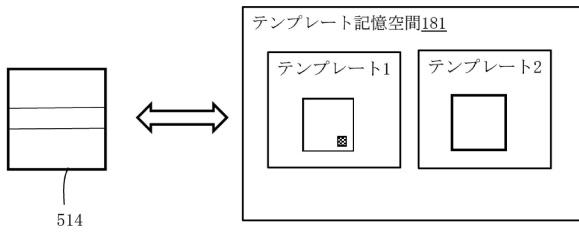
【図 6 D】



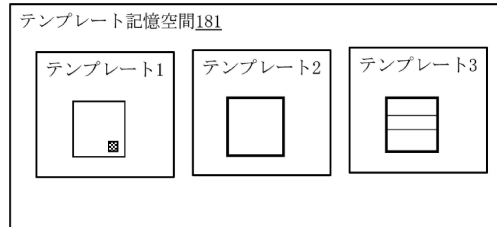
【図 6 E】



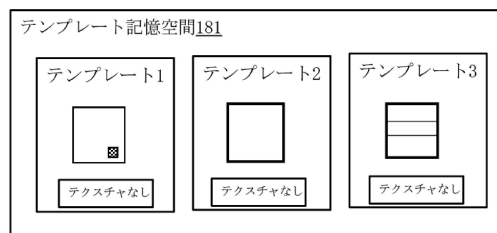
【図 6 F】



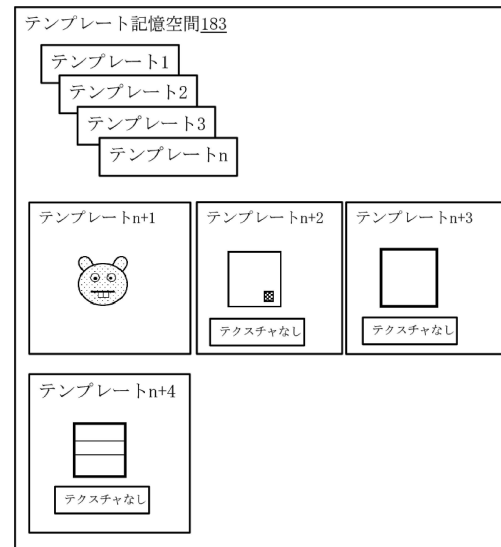
【図 6 G】



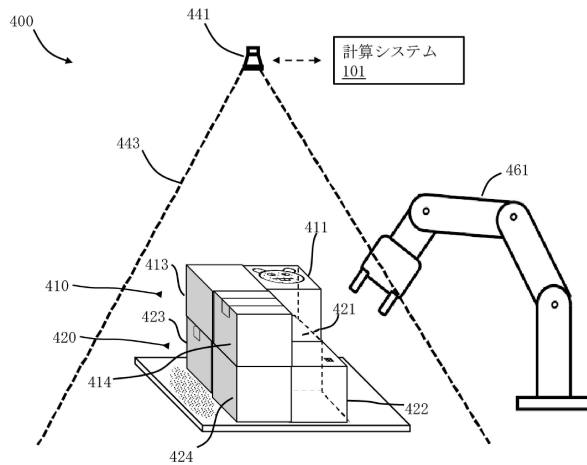
【図 6 H】



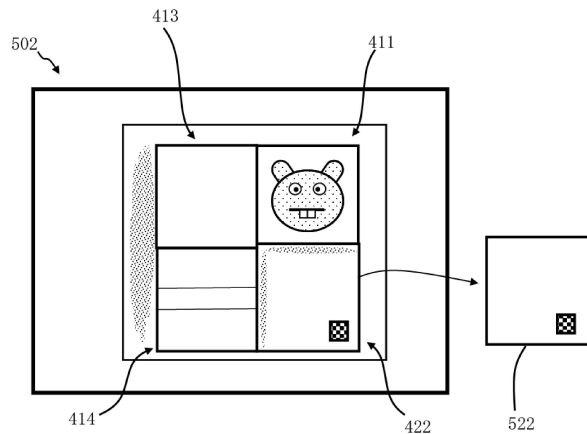
【図 6 I】



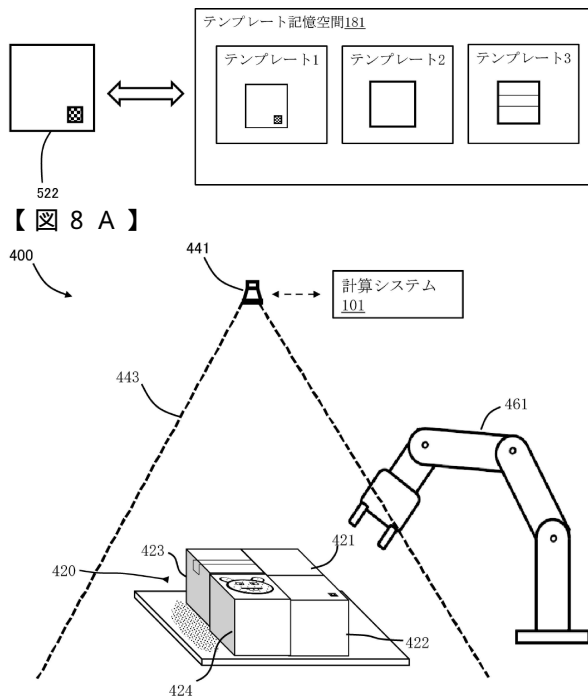
【図 7 A】



【図 7 B】

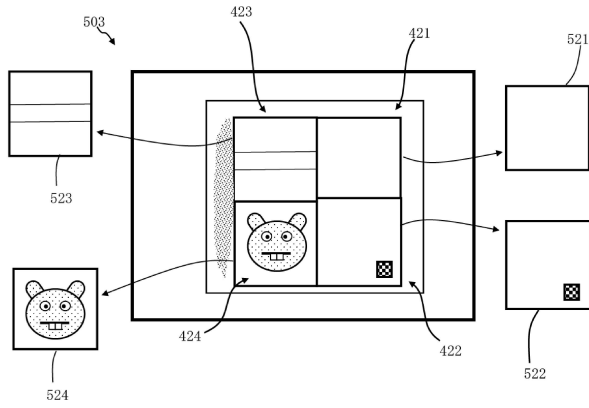


【図 7 C】

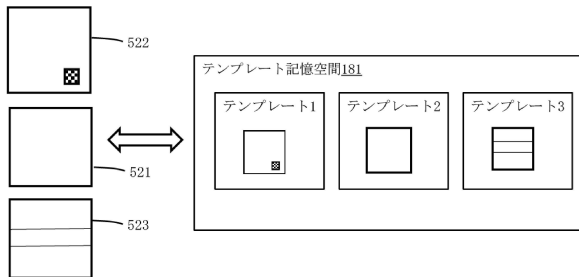


【図 8 A】

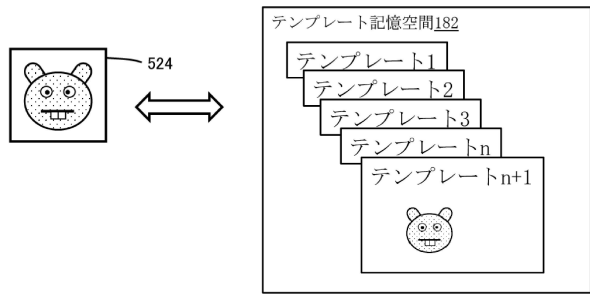
【図 8 B】



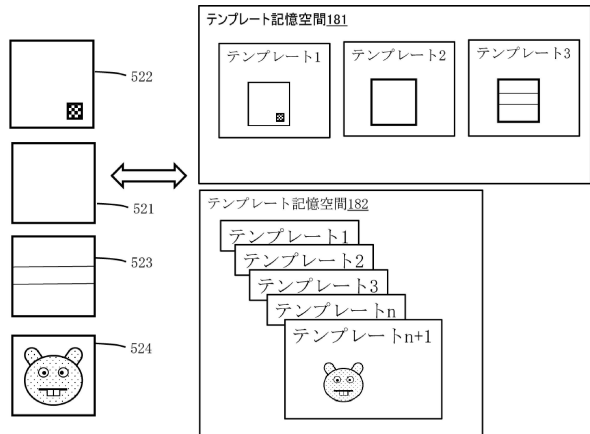
【図 8 C】



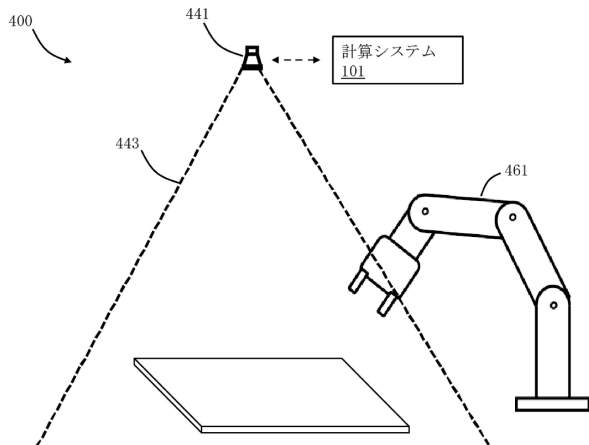
【図 8 D】



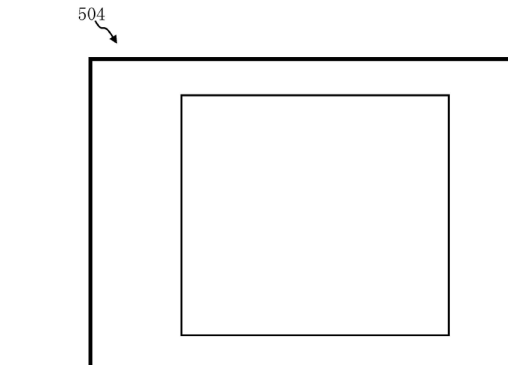
【図 8 E】



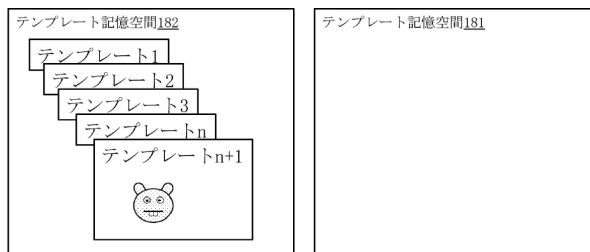
【図 9 A】



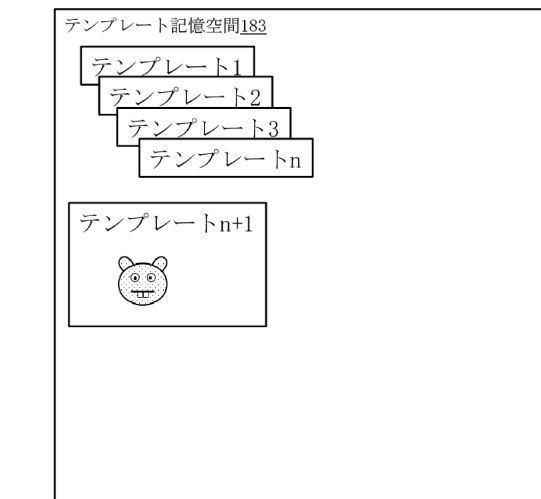
【図 9 B】



【図 9 C】



【図 9 D】



フロントページの続き

(72)発明者 モレイラ ロドリゲス, ホセ ジェロニモ
東京都江東区辰巳 3 - 8 - 5

審査官 貞光 大樹

(56)参考文献 特開平 7 - 8 8 7 9 1 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 2 9 6 6 4 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 6 3 9 8 4 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 3 3 7 7 0 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 1 4 5 4 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 5 J 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2
G 0 6 T 1 / 0 0 - 9 / 4 0