



(10) **DE 10 2019 212 839 B4** 2020.12.10

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 212 839.4**
(22) Anmeldetag: **27.08.2019**
(43) Offenlegungstag: **12.03.2020**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.12.2020**

(51) Int Cl.: **B25J 9/16 (2006.01)**
B25J 13/08 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2018-168920 10.09.2018 JP

(73) Patentinhaber:
KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA, Tokyo, JP;
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions
Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP

(74) Vertreter:
HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE

(72) Erfinder:
Oka, Yoshifumi, Tokyo, JP; Chiba, Yasunori,
Tokyo, JP

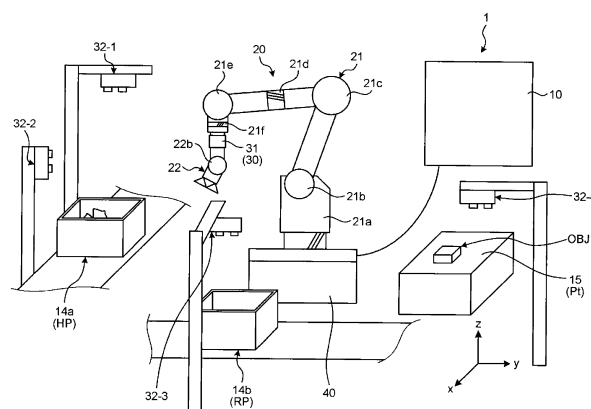
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2016 001 174	B4
DE	10 2017 002 354	A1
DE	11 2011 105 151	T5
US	2017 / 0 246 744	A1
US	2018 / 0 065 818	A1
EP	2 314 425	A2

KAWASHIMA, Hiroki: Efficient bottom-left method for 3D packing. In: Suri-Kaiseki-Kenkyusho-Kokyuroku, Bd. 1726, 2011, S. 50-61. ISSN 1880-2818.

(54) Bezeichnung: **Objekthandhabungsvorrichtung und Computerprogrammprodukt**

(57) Hauptanspruch: Objekt-Handhabungsvorrichtung (10), die eine Hand (22) veranlasst, ein Objekt (OBJ) zu greifen und in einen Behälter (14b) zu transferieren, wobei die Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) einen oder mehrere Prozessoren umfasst, die konfiguriert sind:
eine Platzierungsposition des Objekts (OBJ) in dem Behälter (14b) zu berechnen, auf Basis von Information zu einem Hindernis im Behälter, einer Interferenzregion (ARI2) der Hand (22), die mit einem anderen Objekt in dem Behälter interferiert, und einer Interferenzregion (ARI1) des gegriffenen Objekts (OBJ), das mit dem anderen Objekt interferiert; und
als eine Freigabeposition (RP) des gegriffenen Objekts (OBJ) eine Position vertikal über der Platzierungsposition innerhalb einer gegebenen Distanz zu berechnen, wobei die Prozessoren die Freigabeposition (RP) so einstellen, dass das gegriffene Objekt (OBJ) vertikal direkt über der Platzierungsposition platziert wird, und
die Prozessoren die Freigabeposition (RP) so berechnen, dass die Interferenzregion (ARI2) der Hand (22) nicht mit dem Behälter (14b) oder dem Hindernis im Behälter interferiert.



Beschreibung**GEBIET**

[0001] Hierin beschriebene Ausführungsformen beziehen sich allgemein auf eine Objekt-Handhabungsvorrichtung und ein Computerprogrammprodukt.

HINTERGRUND

[0002] Um die Automatisierung bei Logistik und Fertigungseinrichtungen auszuweiten, werden zunehmend Handhabungssysteme, die einen Roboterarm verwenden, eingeführt. Zur Verwendung einer Roboterhand beispielsweise zum Greifen und Tragen eines Objekts zu einem Behälter wird es bevorzugt, dass nicht nur das Objekt, sondern auch die Roboterhand nicht mit peripheren Hindernissen interferiert.

[0003] Verfahren zum Prüfen von Interferenz im Bewegungspfad eines Robotermodells aus CAD-Daten des Robotermodells werden vorgeschlagen. Solche Verfahren erfordern jedoch hohe Implementierungskosten für die Modellerzeugung und eine längere Verarbeitungszeit aufgrund der Suche nach Interferenz.

[0004] DE 10 2017 002 354 A1 beschreibt ein Verfahren zum Transportieren von Objekten, insbesondere zum Kommissionieren von Waren, mithilfe wenigstens eines, insbesondere redundanten, Roboters, umfasst die automatisierten, insbesondere wenigstens teilweise wiederholten und/oder parallelen, Schritte:- Ermitteln einer Soll-Kontaktpose eines durch den Roboter geführten Greifers und/oder- Auswählen einer von mehreren vorgegebenen Greifarten zum Aufheben eines Objekts, insbesondere einer zu kommissionierenden Ware, von einem, insbesondere angelieferten, Vorratsmittel, insbesondere in einem Vorratsbehälter, in Abhängigkeit voneiner, insbesondere räumlichen, Bildverarbeitung eines aufgenommenen Bildes des Vorratsmittels mit dem Objekt und/oder- einer abgespeicherten Geometrie des Vorratsmittels und/oder Greifers und/oder- abgespeicherten objektartspezifischen Daten; und- Versuchen, diese Soll-Kontaktpose mit dem Greifer anzufahren und/oder ein Objekt mit dem Greifer, insbesondere der ausgewählten Greifart, aufzuheben; wobei im Falle eines, insbesondere mehrfachen, Fehlschlags dieses Versuchs und/oder dieser Soll-Kontaktposen-Ermittlung automatisiert ein Fehlersignal an eine Bedienperson ausgegeben und/oder versucht wird,- eine ermittelte alternative Soll-Kontaktpose anzufahren und/oder ein Objekt, insbesondere mit einer ausgewählten alternativen Greifart, aufzuheben; und/oder das Objekt mithilfe des Greifers, insbesondere reib- oder formschlüssig, in eine vorgegebene Richtung, insbesondere von einem Rand des Vorratsmittels weg, zu bewegen.

[0005] DE 10 2016 001 174 B4 beschreibt ein Robotersystem zum Entnehmen von Werkstücken zum Entnehmen einer Vielzahl von zufällig angeordneten Werkstücken, von denen jedes eine säulenförmige Gestalt aufweist, wobei das Robotersystem zum Entnehmen von Werkstücken Folgendes umfasst: einen Bildverarbeitungssensor, der Informationen über eine Höhenverteilung der Vielzahl von Werkstücken erzielt; einen Roboter, der eine Hand aufweist, die konfiguriert ist, um das Werkstück festzuhalten; eine arithmetische Einheit, die eine Funktion zum Berechnen eines ersten Erfassungskoordinatensystems, das auf einer Oberfläche des Werkstücks definiert wird, basierend auf den Informationen über die Höhenverteilung, die durch den Bildverarbeitungssensor erzielt werden, und zum Bestimmen einer Bewegung des Roboters zum Entnehmen des Werkstücks durch die Hand basierend auf dem ersten Erfassungskoordinatensystem aufweist; und einen Roboter-Controller, der den Roboter derart steuert, dass die Hand basierend auf der Bewegung des Roboters bewegt wird, die durch die arithmetische Einheit bestimmt wird, um ein mit der Hand zu entnehmendes Werkstück zu entnehmen, wobei die arithmetische Einheit eine Funktion zum Umwandeln des ersten Erfassungskoordinatensystems in ein zweites Erfassungskoordinatensystem durch drehen des ersten Erfassungskoordinatensystems um eine Mittelachse des Werkstücks basierend auf Orientierungs-Umwandlungsinformationen aufweist, und wobei die arithmetische Einheit die Bewegung des Roboters, um das Werkstück mit der Hand zu entnehmen, basierend auf dem zweiten Erfassungskoordinatensystem bestimmt, wenn das erste Erfassungskoordinatensystem in das zweite Erfassungskoordinatensystem umgewandelt wird, und wobei die Orientierungs-Umwandlungsinformationen einen Radius des Werkstücks und einen Drehwinkel um die Mittelachse des Werkstücks umfassen und unter Verwendung eines numerischen Werts beschreibbar oder eingebbar sind.

[0006] DE 11 2011 105 151 T5 beschreibt eine Speichereinheit, die speichert, als einen Parameter, jeden von einem Nicht-Störungsbereich, in welchem keine Störung zwischen einer Hand und einer umliegenden Umgebung auftritt, und einen Arbeitsbereich, durch welchen sich die Hand potentiell bewegt während des Greifens eines Werkstücks. Eine Kontrolleinheit führt ein Betriebsbeschreibungsprogramm aus, das eine Sequenz von Instruktionen beinhaltet, entsprechend Prozeduren von einem Aufnahmevorgang zum Bewirken, dass ein Roboter einen Arm antreibt, die Hand zu bewegen, liest die Parameter betreffend den Arbeitsbereich von der

Speichereinheit zum Berechnen, basierend auf einer Position und einer Haltung von dem Werkstück, erhalten von einem dreidimensionalen Vision-Sensor, eine Position und eine Orientierung von dem Arbeitsbereich, liest die Parameter betreffend den Nicht-Störungsbereich von der Speichereinheit zum Berechnen eines Überlapps zwischen einem umliegenden Umgebungsbereich und dem Arbeitsbereich, aufweisend die berechnete Position und Orientierung, und führt aus, wenn es den Überlapp zwischen dem umliegenden Umgebungsbereich und dem Arbeitsbereich gibt, einen Betrieb als einen Störungsbegleitungs-Betrieb, wenn die Hand in den Arbeitsbereich geht.

[0007] EP 2 314 425 A2 beschreibt ein Robotersystem und ein Werkstückauswahlverfahren derart konfiguriert, dass Forminformationen über mehrere Werkstücke in einem Behälter von einem Formsensor erfasst werden; das Vorhandensein oder Fehlen eines greifbaren Werkstücks wird auf der Grundlage eines Ergebnisses der vom Formsensor durchgeführten Erfassung erfasst. Wenn kein greifbares Werkstück erkannt wird, wird ein Roboter veranlasst, eine Verteilung der Werkstücke im Behälter zu stören, und wenn ein greifbares Werkstück erfasst wird, wird der Roboter veranlasst, das erfasste Werkstück zu erfassen.

[0008] US 2018 / 0 065 818 A1 beschreibt eine Steuereinheit, die eine erste Ladekontrolle durchführt, die durchgeführt werden soll, wenn ein Zielartikel, der von einer Bestimmungseinheit als ein Artikel mit einer geeigneten Ausrichtung bestimmt wurde, auf ein erstes Stützelement in der geeigneten Ausrichtung geladen werden soll, und eine zweite Ladekontrolle, die durchgeführt werden soll, wenn ein Zielartikel, der von der Bestimmungseinheit als Artikel mit unangemessener Ausrichtung bestimmt wurde, in der entsprechenden Ausrichtung auf das erste Stützelement geladen werden soll. Die erste Ladekontrolle wird durchgeführt, um eine Ladeoperationseinheit zu steuern, um eine erste Saugzieloberfläche eines Zielartikels zu saugen und zu stützen, die von dem zweiten Stützelement von oben getragen wird, dann einen Saugabschnitt zu bewegen und danach den Zielartikel freizugeben aus dem Zustand des Saugens durch den Saugabschnitt, und die zweite Ladekontrolle wird durchgeführt, um die Ladeoperationseinheit zu steuern, um einen Orientierungsänderungsvorgang durchzuführen, und danach den Zielgegenstand aus dem Zustand des Saugens durch den Saugabschnitt freizugeben, wenn das Ziel Der Artikel befindet sich unmittelbar über dem ersten Stützelement und die erste Saugzielfläche zeigt nach oben.

[0009] US 2017 / 0 246 744 A1 beschreibt Techniken, die es Roboter-Kommissioniersystemen ermöglichen, Kisten von einer unstrukturierten Palette mithilfe von Computervision und/oder einem oder mehreren „Erkundungspicks“ zu lokalisieren und zu kommissionieren, um die Größe und Position von Kisten auf der Palette zu bestimmen.

[0010] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Objekt-Handhabungsvorrichtung und ein Computerprogrammprodukt bereitzustellen, die ein Objekt greifen und handhaben können, durch ein leicht durchführbares schnelleres Verfahren ohne Interferenz mit peripheren Hindernissen.

[0011] Es wird somit bevorzugt, eine Objekt-Handhabungsvorrichtung und ein Computerprogrammprodukt bereitzustellen, die ein Objekt greifen und handhaben können, durch ein leicht durchführbares schnelleres Verfahren ohne Interferenz mit peripheren Hindernissen.

[0012] Die obige Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst, wobei die abhängigen Ansprüche vorteilhafte Ausgestaltungen angeben.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine schematische Struktur eines Objekt-Handhabungssystems;

Fig. 2 ist ein schematisches Konfigurationsblockdiagramm einer Steuervorrichtung;

Fig. 3 ist ein Flussdiagramm eines Handhabungsprozesses der Steuervorrichtung einschließlich Greifen, Bewegen und Freigeben eines beabsichtigten Objekts;

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm des Verarbeitens durch einen Einstellobjekt-Informationsgenerator;

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm des Erzeugens von Einstellobjekt-Information;

Fig. 6A und **Fig. 6B** illustrieren die Verwendung von kombinierter Einstellobjekt-Information mittels Beispiel;

Fig. 7 ist ein Flussdiagramm eines Verpackungs-Rechenprozesses und eines Container-Überlaufschätzprozesses;

- Fig. 8** ist eine erläuternde Ansicht eines Packungsstellungsmusters eines beabsichtigten Objektes von kubischer Form;
- Fig. 9** ist eine erläuternde Ansicht von Mustern von Richtungen, in welchen die Objekte in den Behälter gepackt sind;
- Fig. 10** ist ein Flussdiagramm der Verarbeitung durch einen Frageplan-Generator;
- Fig. 11** ist ein Flussdiagramm eines Rechenprozesses einer prozessierbaren Position in einem Packungsplan;
- Fig. 12** illustriert ein Beispiel einer Beziehung zwischen einem vorher eingestellten Objekt und zweidimensionalen Ebenen;
- Fig. 13** illustriert ein anderes Beispiel einer Beziehung zwischen vorher eingestellten Objekten und zweidimensionalen Ebenen;
- Fig. 14** ist ein beispielhaftes Flussdiagramm der Berechnung einer zweidimensionalen unten links (BL) Position;
- Fig. 15A, Fig. 15B und Fig. 15C** illustrieren Operationen zum Berechnen der zweidimensionalen BL-Position;
- Fig. 16A, Fig. 16B, Fig. 16C und Fig. 16D** illustrieren Beispiele der platzierbaren Position;
- Fig. 17A, Fig. 17B, Fig. 17C und Fig. 17D** illustrieren Beispiele von Verarbeitungssteuerung unter Kraftsteuerung;
- Fig. 18A und Fig. 18B** illustrieren Beispiele, dass eine Drucksteuerung nicht machbar ist;
- Fig. 19** ist eine erläuternde Ansicht zum Einstellen einer Bestimmungsregion bei der Annäherungsrichtungsberechnung;
- Fig. 20A, Fig. 20B und Fig. 20C** illustrieren die Ansatzrichtungsrechnung;
- Fig. 21** illustriert ein Beispiel des Bestimmens einer Druckoberfläche;
- Fig. 22A, Fig. 22B, Fig. 22C und Fig. 22D** illustrieren ein anderes Beispiel des Bestimmens einer Druckoberfläche;
- Fig. 23** ist eine Tabelle zum Einstellen einer Druckrichtung und einer Annäherungsrichtung;
- Fig. 24** ist eine andere Tabelle zum Einstellen einer Druckrichtung und einer Annäherungsrichtung;
- Fig. 25** illustriert ein Beispiel, dass das Objekt über eine Relais-Freigabeposition freigegeben wird;
- Fig. 26** ist eine erläuternde Ansicht einer Basis zum Berücksichtigen der physikalischen Stabilität des Objekts;
- Fig. 27** ist eine erläuternde Ansicht eines Beispiels, dass eine Hand angetrieben wird, aber daran scheitert, die Freigabeposition zu erreichen;
- Fig. 28** ist eine erläuternde Ansicht einer expandierten Interferenz-Region;
- Fig. 29** ist eine erläuternde Ansicht eines Beispiels, dass die Hand angetrieben wird und die Freigabeposition erreichen kann;
- Fig. 30A, Fig. 30B und Fig. 30C** illustrieren einen Bestimmungsprozess dembezüglich, ob Hand und Hindernisse in der expandierten Interferenzregion miteinander interferieren;
- Fig. 31A, Fig. 31B und Fig. 31C** illustrieren einen Prozess des Auflösens eines Ausfalls in der expandierten Interferenzregion;
- Fig. 32A und Fig. 32B** illustrieren einen Prozess des Ausrichtens der Richtungen von identischen Objekten;
- Fig. 33** ist eine erläuternde Ansicht eines Freiraumrangs;
- Fig. 34** illustriert eine beispielhafte Einstellung von Platzier-Positionen von unterschiedlichen Objekten, und
- Fig. 35A und Fig. 35B** illustrieren eine beispielhafte Einstellung der Platzier-Positionen, die Position des Schwerpunkts berücksichtigend.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0013] Gemäß einer Ausführungsform veranlasst im Allgemeinen eine Objekt-Handhabungsvorrichtung eine Hand, ein Objekt in einem Behälter zu greifen, zu transportieren und zu platzieren und beinhaltet einen oder mehrere Prozessoren, die konfiguriert sind, eine expandierte Interferenzregion zu berechnen, durch Kombinieren einer Interferenzregion der mit einem anderen Objekt interferierenden Hand und einer Interferenzregion des mit dem anderen Objekt interferierenden, gegriffenen Objekts; Berechnen zumindest einer Platzier-Position zwischen der Platzier-Position und einer Platzierhaltung des Objekts im Behälter gemäß Information zu einem Hindernis im Behälter und der expandierten Interferenzregion; und Berechnen einer Freigabeposition, an welcher die Hand das Objekt freigibt, auf Basis der Platzier-Position des Objekts.

[0014] Beispielhafte Ausführungsformen werden unten unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Gesamtsystem-Konfiguration

[0015] **Fig. 1** ist eine schematische Struktur eines Objekt-Handhabungssystems. Ein Objekt-Handhabungssystem **1** beinhaltet eine Steuervorrichtung **10**, einen Manipulator (Roboterarm) **20**, einen Sensor **30** und ein Gehäuse **40**. Das Objekt-Handhabungssystem **1** greift ein intendiertes Objekt **OBJ** an einer Greifposition HP und trägt und gibt es an einer Freigabeposition RP frei. Diese Bewegung wird als Entnahme oder Beförderung des Objekts **OBJ** bezeichnet.

[0016] Der Manipulator **20** beinhaltet einen Arm **21** und eine Hand (Endeffektor) **22**. Der Arm **21** repräsentiert einen artikulierten Roboter, der Rotationsteile **21a** bis **21f** enthält, die beispielsweise durch eine Vielzahl (zum Beispiel sechs) von Servomotoren rotiert werden. Der Manipulator **20** kann eine ersetzbare Hand **22** beinhalten. Ein Mechanismus wie etwa ein Werkzeugwechsler (nicht illustriert) kann verwendet werden, um die Hand **22** zu ersetzen. Der Arm **21** ist nicht auf einen artikulierten Roboter beschränkt und kann ein selektiver Compliance-Montage-Roboterarm SCARA (selective compliance assembly robot arm) oder ein Linearbewegungs-Roboter sein. Der Arm **21** kann eine Kombination von einem artikulierten Roboter, einem SCARA-Roboter und/oder einem Linearbewegungs-Roboter sein.

[0017] Im in **Fig. 1** illustrierten Beispiel beinhaltet die Hand **22** ein Saug-Pad **22a**, das als ein Saugmechanismus zum Greifen des Objekts **OBJ** dient, und einen Drucksensor (nicht illustriert). Spezifikationen des Saug-Pads **22a**, die Anzahl, Position, Form und Größe beinhalten, können angemessen verändert werden.

[0018] Der Greifmechanismus für das Objekt **OBJ** ist nicht auf einen Saugmechanismus beschränkt und die Hand **22** kann beispielsweise einen Klemm-Mechanismus, einen Klammer-Mechanismus oder einen Mehrfinger-Mechanismus enthalten. Die Hand **22** kann zumindest zwei von einem Saugmechanismus, einem Klemm-Mechanismus, einem Klammer-Mechanismus und einem Mehrfinger-Mechanismus beinhalten.

[0019] Die Hand **22** beinhaltet eine Flexion **22b**. Die Hand **22** kann ein bewegliches Element, wie etwa ein Rotationselement oder ein extendierbares Element enthalten, zusätzlich zur Flexion **22b**. Die Hand **22** beinhaltet einen Kraftsensor **31** als den Sensor **30**. Die Position des Kraftsensors **31** ist nicht auf die in **Fig. 1** illustrierte Position beschränkt. Die Hand **22** kann jegliche Art von Sensor oder Sensoren außer dem Kraftsensor **31** enthalten.

[0020] Der Sensor **30** ist nicht auf den Kraftsensor **31** beschränkt und kann Drehmomentsensoren, Rotationssensoren oder Stromsensoren sein, die in den Motoren der Drehteile **21a** bis **21f** enthalten sind (**Fig. 1**). In diesem Fall kann die Steuervorrichtung **10** eine auf die Hand **22** wirkende Kraft vom detektierten Wert des Kraftsensors **31** ableiten oder sie aus den Stromwerten und/oder den Rotationswerten (detektierte Werte der Rotationssensoren) der entsprechenden Motoren berechnen.

[0021] Das Objekt-Handhabungssystem **1** beinhaltet eine Vielzahl von Kameras **32-1** bis **32-4**. Die Kameras **32-1** bis **32-4** repräsentieren beispielsweise RGB-Kameras, Bereichs-Kameras, Laserbereichssucher oder Laser-Bildgebungs-Detektions- und Bereichsfindung (LiDAR) und erfassen Bildinformation und Distanzinformation als dreidimensionale Information.

[0022] Das Objekt-Handhabungssystem **1** beinhaltet beispielsweise die Kamera **32-1** zum Aufnehmen, die Kamera **32-2** zum Überprüfen eines Greifzustands oder zur Kalibrierung, die Kamera **32-3** für Freigabe und die Kamera **32-4** für zeitweilige Platzierung.

[0023] Die Greifkamera **32-1** erfasst ein Bild des Objekts **OBJ** und detektiert das Objekt **OBJ** an und um die Greifposition HP herum, wo das Objekt **OBJ** zugreifen oder herauszuführen ist, in der Greifposition HP wird das Objekt **OBJ** in einem Behälter **14a** zum Greifen untergebracht, wie etwa einem Gehäuse oder einer Palette. Die Greifkamera **32-1** erfasst ein Bild des Inneren des Behälters **14a** und detektiert innerhalb des Behälters **14a** partiell oder vollständig. Die Greifposition HP kann auch als eine Übertragungs-Startposition oder eine Aufbruchposition des Objekts **OBJ** bezeichnet werden. Obwohl **Fig. 1** illustriert, dass der Behälter **14a** auf einem Fördermechanismus, wie etwa einem Bandförderer platziert ist, ist die Platzierung des Behälters **14a** nicht darauf beschränkt.

[0024] Die Kalibrierungskammer **32-2** erfasst ein Bild des Objekts **OBJ** und detektiert das Objekt **OBJ** an einer Kalibrierungsposition, die über der Greifposition HP und außerhalb des Behälters **14a** eingestellt ist.

[0025] Die Freigabekamera **32-3** erfasst das Bild des Objekts **OBJ** und detektiert das Objekt **OBJ** an und um die Freigabeposition RP herum, wo das Objekt **OBJ** freigegeben oder hineingeführt wird. In der Freigabeposition RP ist das Objekt **OBJ** in einem Behälter **14** zur Freigabe untergebracht, wie etwa einem Gehäuse oder einer Palette. Die Freigabekamera **32-1** erfasst ein Bild des Inneren des Behälters **14b** und detektiert das Innere des Behälters **14b** partiell oder vollständig, um Sensordaten zu erzeugen. Die Freigabeposition RP kann auch als eine Übertragungs-Endposition oder eine Ankunftsposition des Objekts **OBJ** bezeichnet werden. Obwohl **Fig. 1** illustriert, dass der Behälter **14b** auf einem Fördermechanismus wie etwa einem Bandförderer platziert ist, ist die Platzierung des Behälters **14b** nicht darauf beschränkt.

[0026] Die zeitweilig-Platzierungs-Kamera **32-4** erfasst ein Bild des Objekts **OBJ** und detektiert das Objekt **OBJ** an und um eine temporäre Platzierposition Pt herum, wo das Objekt **OBJ** zeitweilig zwischen der Greifposition HP und der Freigabeposition RP platziert ist. In der zeitweiligen Platzierposition Pt ist das Objekt **OBJ** auf einer Oberfläche **15** für zeitweilige Platzierung platziert, wie etwa ein Tisch und eine Bühne. Die Zeitweilig-Platzierungs-Kamera **32-4** erfasst ein Bild eines Teils oder des Gesamten der zeitweiligen Platzieroberfläche **15** und detektiert den Teil oder das Gesamte der zeitweiligen Platzieroberfläche **15**. Die Zeitweilig-Platzierposition Pt kann auch als eine Halbwegposition oder eine Durchgangsposition des Objekts **OBJ** bezeichnet werden. Die Temporär-Platzierposition Pt ist nicht notwendigerweise auf eine Platzieroberfläche eingestellt.

[0027] Das Gehäuse **40** kann verschiedene Teile, Komponenten und Vorrichtungen des Antwortbestimmungssystems **1** unterbringen, wie etwa eine Stromversorgungseinheit zum Betreiben eines elektrischen Aktuators als einem Motor, einem Zylinder, einem Tank und einem Kompressor zum Antreiben eines Fluid-Aktuators und verschiedene Arten von Sicherheitsmechanismen. Die Steuervorrichtung **10** kann in dem Gehäuse **40** untergebracht sein.

Steuervorrichtung

[0028] **Fig. 2** ist ein schematisches Konfigurationsblockdiagramm der Steuervorrichtung. Die Steuervorrichtung **10** beinhaltet beispielsweise einen Integrator **51**, einen Bildprozessor **52**, einen Signalprozessor **53**, einen Greifplan-Generator **54** einen Freigabeplan-Generator **55**, einen Bewegungsplan-Generator **56**, eine Robotersteuerung **57**, Peripherie- und Eingabe/Ausgabe-(E/A)-Steuerung **58**, eine Lernsteuerung **59**, einen Federdetektor **60** und eine interne Datenbank (DB) **61**.

[0029] Der Integrator **51** erzeugt, exekutiert und verwaltet einen Bewegungsplan des Antwortbestimmungssystems **1** auf Basis von Anwender-Eingabeinformation aus einer externen Schnittstelle (I/F) **71**, dem Status des Antwortbestimmungssystems **1** und dem detektierten Wert des Sensors **30**.

[0030] Der Bildprozessor **52** verarbeitet Bilder und Information (detektierte Werte) aus den Kameras **32**, um beispielsweise notwendige Information für Bewegungspläne, Bewegungssteuerung, Fehlerdetektion und Lernen zu erzeugen.

[0031] Der Signalprozessor **53** verarbeitet beispielsweise Information oder detektierte Werte aus dem Sensor **30**, um notwendige Information für Bewegungspläne, Bewegungssteuerung und Fehlerdetektion zu erzeugen. Der Signalprozessor **53** ist ein beispielhafter Detektionswerterfasser.

[0032] Der Greifplan-Generator **54** berechnet ein Greifverfahren des Objekts **OBJ** für den Manipulator **20**, die Greifposition HP und die Greifstellung und eine Route und Zwischenpunkte, durch welche der Manipulator **20** zur Greifposition HP und der Greifstellung beweglich ist, ohne mit einer umgebenden Umwelt zu interferieren.

Der Erzeugungserlaubnis-Greifplan-Generator **54** ist ein beispielhafter Plangenerator und ein beispielhafter Greifstellungsbestimmer.

[0033] Der Freigabeplan-Generator **55** berechnet ein Verfahren für den Manipulator **20**, um das Objekt **OBJ** an einem Ort zu platzieren (zum Beispiel Drücken), zu greifen und freizugeben, wo der Manipulator **20** das Objekt **OBJ** in den Behälter **14b** packt oder platziert, die Freigabeposition RP und eine Freigabestellung und eine Route uns Zwischenpunkte, durch welche der Manipulator **20** zur Freigabeposition RP und der Freigabestellung ohne Interferieren mit einer Umgebungsumwelt beweglich ist. Der Freigabeplan-Generator **55** ist ein beispielhafter Plangenerator.

[0034] Entsprechend Anweisungen aus dem Integrator **51** berechnet der Bewegungsplan-Generator **56** Roboter-Bewegungsinformation einschließlich einem Bewegungsverfahren, einer Bewegungsgeschwindigkeit und einem Bewegungspfad, um dem Manipulator **20** zu gestatten, sich beispielsweise aus der vorliegenden Position zur Greifposition HP, der Zeitweilig-Platzierposition Pt und der Freigabeposition RP durch den Pfeil oder Zwischenpunkte zu bewegen. Der Bewegungsplan-Generator **56** ist ein beispielhafter Plangenerator.

[0035] Die Robotersteuerung **57** steuert das den Manipulator **20** enthaltende Objekt-Handhabungssystem **1** auf Basis der durch den Greifplan-Generator **54**, den Freigabeplan-Generator **55** oder den Bewegungsplan-Generator **56** erzeugten Roboter-Bewegungsinformation und beispielsweise in Beantwortung auf Bewegungsschaltanweisungen aus dem Integrator **51**. Die Robotersteuerung **57** steuert auch den Manipulator **20** auf Basis verschiedener Arten von Stellungsinformation und Trajektorien-Planinformation aus dem Integrator **51** beispielsweise. Die Robotersteuerung **57** ist eine beispielhafte Bewegungssteuerung.

[0036] Der Peripherie- und E/A-Controller **58** führt beispielsweise Eingabe/Ausgabe-(E/A)-Steuerung über verschiedene Fördervorrichtungen, Peripherien **70** einschließlich einer Sicherheitstür, die Sensoren zum Erfassen verschiedener Arten von Information und Beleuchtungssteuerung durch.

[0037] Die Lernsteuerung **59** steuert die Lernfunktionen einschließlich Robotermodell-Lernen zum Verbessern von Bewegungsgenauigkeit des Manipulators **20**, wie etwa Vibrations-Unterdrückung, Greifsteuerparameter-Lernen für das Verbessern der Greifbarkeit des Manipulators **20**, Greifdatenbank-Lernen und Fehlerdetektions-Lernen zum Verbessern der Leistungsfähigkeit des Manipulators beim Ausführen eines Bewegungsplans. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wählt die Lernsteuerung **59** optimale Parameterwerte unter Kraftsteuerung, wie später im Detail beschrieben, entsprechend einer Situation durch. Solche Werte können durch eine Person aus seinen oder ihren empirischen Werten eingestellt werden, jedoch ermöglicht das Anwenden der Ergebnisse von Maschinenlernen ein Stromsparen und effizientere Verarbeitung.

[0038] Der Fehlerdetektor **60** detektiert einen Fehler während der Überwachung der Bewegungssteuerung über das Objekt-Handhabungssystem **1** und den Zustand des Objekt-Handhabungssystems **1**, welche beispielsweise den Bewegungsplan einschließlich Greifen und Fördern des Objekts **OBJ** überwacht. Für die Fehlerdetektion werden die Ausgaben des Kraftsensors **31** in Werte im Hand-Koordinatensystem umgewandelt und die Werte werden beispielsweise durch einen Tiefpassfilter passieren gelassen. Der Fehlerdetektor **60** überwacht diese Werte zum Bestimmen eines Fehlers, falls die Werte einen gewissen Wert übersteigen. Dadurch kann das Objekt-Handhabungssystem **1** eine im Fortgang befindliche Arbeit unterbrechen und sich dann beispielsweise zu einer Wiedergewinnungsbewegung verschieben.

[0039] Die interne Datenbank (DB) **61** beinhaltet beispielsweise eine Roboter-DB, eine Hand-DB, eine Artikel-DB, ein Greif-DB und eine Umgebungs-DB, die nicht illustriert sind.

[0040] Die Roboter-DB speichert darin beispielsweise die Struktur und Konfiguration des Objekt-Handhabungssystems **1**, Größe, Gewicht und Trägheitsmoment der entsprechenden Elemente und Bewegungsbereich, Geschwindigkeit und Drehmoment-Leistungsfähigkeit entsprechender Treiber.

[0041] Die Hand-DB speichert darin beispielsweise Information zu Funktionen und greift Charakteristika der Hand **22**.

[0042] Die Artikel-DB speichert darin Information zum Objekt **OBJ** einschließlich Namen, Identifikations-Nummer, Kategorie, Bildinformation der Gesamtoberfläche, CAD-Modell-Information, Gewichts-Information und Greif-Charakteristik-Information wie etwa weich, zerbrechlich und formveränderlich.

[0043] Die Greif-DB speichert darin für jedes Greifverfahren der Hand **22** Greifinformation zum Objekt **OBJ** einschließlich Ranginformation wie etwa greifbare Position, greifbare Stellung und Greifbarkeit, möglicher Druckbetrag zum Zeitpunkt des Greifens, Schwellenwert für die Greifbestimmung und Schwellenwert für die Fehlerdetektion. Die Greifverfahren beinhalten beispielsweise Saugen, parallel Zwei-Finger, parallel Vier-Finger und Mehr-Gelenk.

[0044] Die Umgebungs-DB speichert darin beispielsweise Information zu Werktschen, die für das Objekt-Handhabungssystem **1** geeignet sind, und Umgebungsumwelt-Information, welche den Bewegungsbereich des Objekt-Handhabungssystems **1** und eines Hindernisses **0** in der Peripherie repräsentieren.

[0045] Die externe I/F **71** sendet und empfängt Daten zwischen dem Integrator **51** (Steuervorrichtung **10**) und einer (nicht illustrierten) externen Vorrichtung.

Handhabungs-Prozedere

[0046] **Fig. 3** ist ein Flussdiagramm eines Handhabungs-Prozedere der Steuervorrichtung einschließlich Greifen, Bewegen und Freigeben eines intendierten Objekts.

[0047] Der Integrator **51** empfängt eine Beförderungsanweisung, zum Beispiel Handhabungsanweisung für das Objekt **OBJ** aus der externen Vorrichtung über die externe I/F **71** (Schritt **S1**).

[0048] Der Integrator **51** detektiert die Ankunft des Objekts **OBJ** oder des Behälters **14a**, der das Objekt **OBJ** aufgenommen hat, an der Greifposition HP aus einem durch die Kamera **32-1** erzeugten Bild und/oder einen detektierten Wert eines anderen Sensors **300**, wie etwa einem photoelektrischen Sensor oder einem Mikroschalter (Schritt **S2**).

[0049] Der Integrator **51** steuert die Kamera **32-1** zur Bildaufnahme des Objekts **OBJ** an und um die Greifposition HP herum, wie etwa das Innere des Behälters **14a**, in dem das Objekt **OBJ** untergebracht ist (Schritt **S3**).

[0050] Nachfolgend bestimmt der Bildprozessor **52** aus dem durch die Kamera **32-1** erzeugten Bild, ob das Objekt **OBJ** vorhanden ist, um eine greifbare Oberfläche des Objekts **OBJ**, falls vorhanden, zu identifizieren. Der Bildprozessor **52** berechnet Greifoberflächen-Information einschließlich der Form, Größe und Position und Stellung der greifbaren Oberfläche des Objekts **OBJ** in einem dreidimensionalen Raum (Schritt **S4**).

[0051] Der Greifplan-Generator **54** berechnet Peripherie-Information der Greifposition HP, wie etwa einen Artikel oder eine andere periphere Komponente als das Objekt **OBJ** im Behälter **14a** aus der Greifoberflächen-Information. Der Greifplan-Generator **54** berechnet auch Zusatzinformation wie etwa Bewegungsrichtung der Hand **22**, die Größe der Druckkraft und einen zusätzlichen Bewegungsbereich unter Kraftsteuerung auf Basis der Greifoberflächen-Information und der in der Artikel-DB enthaltenen Information (Schritt **S5**).

[0052] Der Greifplan-Generator **54** berechnet auf Basis der Greifoberflächen-Information eine Vielzahl von Elementen von Greifinformation, um dem Manipulator **20** zu gestatten, die greifbare Oberfläche des Objekts **OBJ** zu greifen. Entsprechend der berechneten Greifinformation wählt der Greifplan-Generator **54** das Objekt **OBJ** als das Greifobjekt aus oder stellt es ein, und die Greifposition HP und die Greifstellung des Objekts **OBJ**. Der Bewegungsplan-Generator **56** erzeugt die Roboter-Bewegungsinformation zum Manipulator **20**, der sich von der aktuellen Position zur Greifposition HP und der Greifstellung bewegt (Schritt **S6**). Die Greifinformation enthält die Peripherie-Information und die Zusatzinformation, die im Schritt **S5** berechnet ist, zusätzlich zur Greifpositions-Information und Greifstellungs-Information.

[0053] Um die Greifinformation und die Roboter-Bewegungsinformation im Schritt **S6** zu erzeugen, wählt der Integrator **51** eine Hochgeschwindigkeitsbewegung in einer Region aus, wo es nicht möglich oder weniger wahrscheinlich ist, dass der Manipulator **20** beispielsweise mit einem anderen Objekt als dem Objekt **OBJ** interferiert oder kollidiert. Derweil wählt der Integrator **51** eine Niedergeschwindigkeitsbewegung in einer Region aus, wo es möglich oder relativ hochwahrscheinlich ist, dass die Hand **22** oder das Objekt **OBJ** mit einem anderen Objekt als dem Objekt **OBJ** interferieren oder kollidieren, wie beispielsweise in der Situation, bei der sich die Hand **22** dem Behälter **14a** nähert oder in ihn eindringt. Der Bewegungsplan-Generator **56** stellt einen Kraftzielwert zum Agieren an der Hand **22** in dieser Region ein.

[0054] Nachfolgend arbeitet der Roboter-Controller **57** gemäß der erzeugten Roboter-Bewegungsinformation und steuert den Manipulator **20** und die Hand **22**, um das Objekt **OBJ** an der Greifposition HP in der Greifstel-

lung zu ergreifen. In der Peripherie der Greifposition HP des Objekts **OBJ** steuert der Roboter-Controller **57** die Hand **22** zum Durchführen einer Pressbewegung unter der Kraftsteuerung alleine. Beispielsweise veranlasst der Roboter-Controller **57** die Hand **22**, eine Greifbewegung einschließlich Saugen durchzuführen, während das Saug-Pad **22a** ausreichend in Kontakt mit dem Objekt **OBJ** ist (Schritt **S7**).

[0055] In dem Fall, bei dem die Hand **22** ein Hindernis trifft, wie etwa ein anderes Objekt als das Objekt **OBJ** um die Greifposition HP herum, steuert der Roboter-Controller **57** die Hand **22**, so dass sie sich von dem Hindernis wegbewegt, beispielsweise entsprechend einem gegebenen Bewegungsverfahren und einem Kraftzielwert. Falls die Greifoberfläche des Objekts **OBJ** relativ stark verkippt ist, steuert der Roboter-Controller **57** die Hand **22**, um längs und in engen Kontakt mit der Greifoberfläche des Objekts **OBJ** zu stehen, gemäß einem gegebenen Druckverfahren und einer gegebenen Druckkraft.

[0056] Der Integrator **51** oder der Roboter-Controller **57** überwacht die Bewegung und den Greifzustand des Manipulators **20** und der Hand **22**, um zu bestimmen, ob das Objekt **OBJ** erfolgreich ergriffen ist (Schritt **S8**).

[0057] Bei einem Ausfall beim Greifen, bestimmt im Schritt **S8** (Nein im Schritt **S8**), gestattet der Integrator **51** dem Manipulator **20**, eine Rückzugsbewegung und eine Neuversuch-Vorbereitung durchzuführen, einschließlich Registrierung von Information, welche das Greifversagen repräsentiert, in der Artikel-DB (Schritt **S9**). Der Integrator **51** kehrt zu Schritt **S3** zum Neuversuch einer Greifbewegung zurück.

[0058] Bei einem Erfolg beim Greifen, bestimmt im Schritt **S8** (Ja im Schritt **S8**), steuert der Roboter-Controller **57** den Manipulator **20**, sich zu einer Position zu bewegen, wo der Zustand der Hand **22**, die das Objekt **OBJ** ergreift, aufgenommen werden kann. Der Integrator **51** steuert die Kamera **32-2** zum Erfassen eines Bildes der Hand **22** beim Greifen des Objekts **OBJ** an der Position (Schritt **S10**).

[0059] Der Bildprozessor **52** erzeugt Objektinformationen aus dem durch die Kamera **32-2** erzeugten Bild (Schritt **S11**). Beispiele der Ortsinformation beinhalten, sind aber nicht beschränkt auf eine Position des Objekts **OBJ** in Bezug auf die Hand **22**, eine Stellung des Objekts **OBJ** in Bezug auf die Hand **22** und Zustand und Form des Objekts **OBJ**.

[0060] Nachfolgend steuert der Integrator **51** die Kamera **32-3** zum Erfassen des Bildes des Objekts **OBJ** an und um die Freigabeposition RP herum, wie etwa das Innere des Behälters **14b**, in welchem das gegriffene Objekt **OBJ** freizugeben und unterzubringen ist (Schritt **S12**).

[0061] Der Bildprozessor **52** erzeugt Peripherie-Information aus dem durch die Kamera **32-3** erzeugten Bild in Kooperation mit dem Integrator **51** (Schritt **S13**). Beispiele der Peripherie-Information beinhalten, sind aber nicht darauf beschränkt auf Anwesenheit oder Abwesenheit eines anderen zuvor eingestellten Objektes als dem Objekt **OBJ** an und um die Freigabeposition RP herum, der Größe, Position und Oberflächenposition des zuvor eingestellten Objekts. Die Peripherie-Information zur Freigabeposition RP wird auch als Hindernisinformation bezeichnet. Der Bildprozessor **52** und der Integrator **51** dienen als ein Einstellobjekt-Informationsgenerator.

[0062] Fig. 4 ist ein Flussdiagramm des Verarbeitens durch den Einstellobjekt-Informationsgenerator. Bei Empfang von Behälterbilddaten (Stereo-Bilddaten) des Behälters **14b**, welche durch die Kamera **32-3** erzeugt werden (Schritt **S21**), erzeugt der Bildprozessor **52** Einstellobjektinformation als Verlaufsinformation aus dem Bild der Innenseite des Behälters **14b** (Schritt **S22**). Beispiele der Einstellobjektinformation beinhalten, sind aber nicht beschränkt auf die Platzierposition, Größe und Richtung des zuvor eingestellten Objekts (Schritt **S23**).

[0063] Fig. 5 ist ein Flussdiagramm des Erzeugens der Einstellobjektinformation. Der Bildprozessor **52** erzeugt dreidimensionale Daten **D3D** aus den Behälter-Bilddaten, die Stereo-Bilddaten sind, und erzeugt Einstellobjektinformation **DPOBJ**, wie etwa Platzierposition, Größe und Richtung des zuvor eingestellten Objektes aus den erzeugten dreidimensionalen Daten (Schritt **S31**).

[0064] Parallel zur Erzeugung der Einstellobjektinformation **DPOBJ** erfasst der Integrator **51** Freigabe-Objektinformation **DROBJ** (Schritt **S32**). Beispiele der Freigabe-Objektinformation **DROBJ** beinhalten, sind aber nicht beschränkt auf Typ, Platzierposition und Richtung des Objekts **OBJ**, das für Platzierung an einer intendierten Position freigegeben worden ist, gemäß dem Freigabeplan, welcher durch den Freigabeplan-Generator **55** erzeugt wird, wie später beschrieben.

[0065] Folglich kombiniert der Integrator **51** die Einstellobjektinformation **DPOBJ** und die Freigabe-Objektinformation **DROBJ** des Objekts **OBJ**, das tatsächlich in den Behälter **14b** durch die Freigabeoperation der Steuervorrichtung **10** freigegeben worden ist (Schritt **S32**). Der Integrator **51** erzeugt somit kombinierte Einstellobjektinformationen **DTPOBJ** (Schritt **S33**).

[0066] **Fig. 6A** und **Fig. 6B** illustrieren Verwendungsbeispiele der kombinierten Einstellobjektinformation. Um die kombinierte Einstellobjektinformation **DTPOBJ** der Einstellobjektinformation **DPOBJ** und der Freigabe-Objektinformation **DROBJ** zu erzeugen, wie in **Fig. 6A** illustriert, kann die Steuervorrichtung **10** aus der Einstellobjektinformation **DPOBJ** Information zu einem Objekt **POBJN**, das anhand der Einstellobjektinformation **DPOBJ** vorhanden ist, aber anhand der Freigabeobjektinformation **DROBJ** abwesend ist, entfernen. Mit einer Differenz in der Größe des zuvor eingestellten Objekts **POBJS** zwischen der Einstellobjektinformation **DPOBJ** und der Freigabeobjektinformation **DROBJ** kann die Steuervorrichtung **10** die in der Einstellobjektinformation **DPOBJ** enthaltene Größe auf die Größe, die auf der Freigabeobjektinformation **DROBJ** basiert, aktualisieren.

[0067] Wie in **Fig. 6B** illustriert, schätzt im Falle des Identifizierens nur eines zuvor eingestellten Objekts **POBJT**, das am nächsten an der Freigabekamera **32-3** lokalisiert ist, aus der Einstellobjektinformation **DPOBJ** die Steuervorrichtung **10** Positionen eines zuvor eingestellten Objekts **POBJU1** und eines zuvor eingestellten Objekts **POBJU2** unter dem zuvor eingestellten Objekt **POBJT** auf Basis der Freigabeobjektinformation **DROBJ** ab, um in der Lage zu sein, zu bestimmen, ob Kollaps einer Last auftritt.

[0068] Rückbezug nehmend auf **Fig. 3** erzeugt der Freigabeplan-Generator **55** Freigabeinformation zum Objekt **OBJ**, das durch den Manipulator **20** gegriffen ist, beispielsweise auf Basis der Objektinformation, der in der Greif-DB enthaltenen Information und der Peripherie-Information (Schritt **S14**). Die Freigabeinformation enthält beispielsweise Freigabe-Positionsinformation, Freigabe-Stellungsinformation, Durchgangspunkt-Positionsinformation und Durchgangspunkt-Stellungsinformation. Der Freigabeplan-Generator **55** erzeugt Zusatzinformation wie etwa Druckrichtung und Größe und den zusätzlichen Bewegungsbereich der Hand **22** unter der Kraftsteuerung beispielsweise und fügt die Information zur Freigabeinformation hinzu.

[0069] Vor der Erzeugung des Freigabeplans führt der Freigabeplan-Generator **55** Verpackungsberechnung und Behälterüberlauf-Abschätzung durch.

[0070] Das Folgende beschreibt einen Verpackungs-Rechenprozess und einen Behälterüberlauf-Schätzprozess. **Fig. 7** ist ein Flussdiagramm der Verpackungsberechnung und Behälterüberlauf-Abschätzung. Der Freigabeplan-Generator **55** bestimmt, ob ein nächstes Objekt **OBJ** zu greifen ist, das heißt ein neues Objekt **OBJ** in dem Behälter **14b** platziert ist, oder bestimmt vorab, ob ein Behälterüberlauf auftreten wird.

[0071] Zum Platzieren eines neuen Objekts **OBJ** im Behälter **14b** in Reaktion auf eine Anfrage für Behälterüberlauf-Abschätzung (Schritt **S41**) erzeugt der Freigabeplan-Generator **55** sechs Packungsstellungsmuster des Objekts **OBJ** (Schritt **S42**).

[0072] **Fig. 8** ist eine erläuternde Ansicht von Verpackungsstellungsmustern eines intendierten Objektes einer kubischen Form. In der vorliegenden Ausführungsform gibt es insgesamt sechs Muster des kubischen Objekts **OBJ** mit drei Flächen **A1**, **A2** und **A3**, das heißt drei Muster, in welchen jede der Flächen **A1**, **A2** und **A3** aufwärts weist und drei Muster, in welchen drei Flächen **A1r**, **A2r** und **A3r** entsprechend den Flächen **A1**, **A2** und **A3**, rotiert um 90 Grad, aufwärts weisen.

[0073] **Fig. 9** ist eine erläuternde Ansicht von Packungsrichtungsmustern der Objekte im Behälter. Wie durch die Pfeile **D1** bis **D8** in **Fig. 9** angegeben, gibt es in der vorliegenden Ausführungsform acht Richtungsmuster, in welchen die Objekte **OBJ** im Behälter **14b** wie folgt gepackt sind.

D1: Beginnen am oberen rechten Ende, die Objekte **OBJ** in Abfolge packend, rückkehrend zum rechten Ende nach Packen am linken Ende und Packen der Objekte **OBJ** links in Abfolge, und graduelles Bewegen abwärts;

D2: Starten am oberen rechten Ende, Packen der Objekte **OBJ** abwärts in Abfolge, rückkehrend nach oben nach Packen am Boden und Packen der Objekte **OBJ** abwärts in Abfolge, und graduelles Bewegen nach links;

D3: Starten ab dem unteren rechten Ende, Packen der Objekte **OBJ** nach links in Abfolge, rückkehrend zum rechten Ende nach Packen am linken Ende und Packen der Objekte **OBJ** nach links in Abfolge und graduelles Bewegen nach oben;

D4: Starten ab dem unteren rechten Ende, Packen der Objekte **OBJ** nach oben in Abfolge, rückkehrend zum Boden nach Packen oben und Packen der Objekte **OBJ** zum oberen Ende in Abfolge, und graduelles Bewegen nach links;

D5: Starten ab dem oberen linken Ende, Packen der Objekte **OBJ** nach rechts in Abfolge, rückkehrend zum linken Ende nach Packen am rechten Ende und Packen der Objekte **OBJ** nach rechts in Abfolge, und graduelles Bewegen abwärts;

D6: Starten ab dem oberen linken Ende, Packen der Objekte **OBJ** nach unten in Abfolge, rückkehrend nach oben nach Packen am Boden und Packen der Objekte **OBJ** abwärts in Abfolge, und graduelles Bewegen nach rechts;

D7: Starten ab dem unteren linken Ende, Packen der Objekte **OBJ** nach rechts in Abfolge, rückkehrend zum linken Ende nach Packen am rechten Ende und Packen der Objekte **OBJ** nach rechts in Abfolge, und graduelles Bewegen zur Spitze hin; und

D8: Starten ab dem unteren linken Ende, Packen der Objekte **OBJ** nach oben in Abfolge, rückkehrend zum Boden nach Packen oben und Packen der Objekte **OBJ** nach oben hin in Abfolge, und graduelles Bewegen nach rechts.

[0074] Wie oben beschrieben, gibt es insgesamt 48 (= 6 x 8) Packungsmuster durch Multiplizieren von sechs Richtungsmustern und acht Packungsrichtungsmustern des Objekts **OBJ** (Schritt **S43**). Der Freigabeplan-Generator **55** bestimmt kein Auftreten eines Behälterüberlaufs und gibt ein Ergebnis der Behälterüberlauf-Abschätzung, die OK angibt, aus. Beim Bestimmen, dass ein Packen in irgendeinem der Muster nicht machbar ist, gibt der Freigabeplan-Generator **55** ein Ergebnis der Behälterüberlauf-Abschätzung, die nicht gut (NG) angibt, aus (Schritt **S45**).

[0075] Das Nachfolgende beschreibt die Erzeugung der Freigabeinformation im Detail. **Fig. 10** ist ein Flussdiagramm des Verarbeitens durch den Freigabeplan-Generator. Der Freigabeplan-Generator **55** erzeugt einen Packungsplan für das Objekt **OBJ** allein, um das Objekt **OBJ** im Behälter **14b** freizugeben und zu platzieren, ohne Interferenz der das Objekt **OBJ** greifenden Hand **22** mit den Umgebungen und einem Peripher-Objekt zu berücksichtigen (Schritt **S51**).

[0076] Der Freigabeplan-Generator **55** berechnet eine Freigabeposition RP als eine platzierbare Position (Schritt **S52**). **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm des Berechnens der platzierbaren Position im Packungsplan. Es wird angenommen, dass der Freigabeplan-Generator **55** die Größe des Behälters **14b**, die Größe des zu platzierenden Objekts **OBJ** und die Positionen und Größe des zuvor eingestellten Objekts im Behälter **14b** empfängt.

[0077] Der Freigabeplan-Generator **55** projiziert das zuvor eingestellte Objekt auf eine zweidimensionale Ebene (Schritt **S71**). Die zweidimensionale Ebene bezieht sich auf ein oder mehrere Ebenen, welche die innere Bodenfläche des Behälters **14b** und die obere Fläche des zuvor eingestellten Objekts beinhalten.

[0078] **Fig. 12** illustriert ein Beispiel einer Beziehung zwischen dem zuvor eingestellten Objekt und den zweidimensionalen Ebenen. Wie in (a) von **Fig. 12** illustriert, ist ein zuvor eingestelltes Objekt **POBJ1** in einer Ecke des Behälters **14b** lokalisiert. In (b) von **Fig. 12** beinhaltet eine zweidimensionale Ebene **PL1** die oberen Flächen des zuvor eingestellten Objekts **POBJ1** und wird durch die Form (rechteckig) der inneren Bodenfläche des Behälters **14b** definiert. In (c) von **Fig. 12** entspricht eine zweidimensionale Ebene **PL2** der inneren Bodenfläche des Behälters **14b**. Das zuvor eingestellte Objekt **POBJ1** wird auf den zweidimensionalen Ebenen **PL1** und **PL2** von oben ab projiziert.

[0079] Wie in (b) von **Fig. 12** illustriert, ist das zuvor eingestellte Objekt **POBJ1** nicht im oberen Teil der zweidimensionalen Ebene **PL1** lokalisiert, daher wird es nicht auf die zweidimensionale Ebene **PL1** projiziert. Derweil, wie in (c) von **Fig. 12** illustriert, ist das zuvor eingestellte Objekt **POBJ1** im oberen Teil der zweidimensionalen Ebene **PL2** lokalisiert, weshalb es auf die zweidimensionale Ebene **PL2** projiziert wird.

[0080] **Fig. 13** illustriert ein anderes Beispiel einer Beziehung zwischen zuvor eingestellten Objekten und zweidimensionalen Ebenen. Wie in (a) von **Fig. 13** illustriert, sind zwei zuvor eingestellte Objekte **POBJ11** und **POBJ12** in einer Ecke des Behälters **14b** lokalisiert. In (b) von **Fig. 13** entspricht eine zweidimensionale Ebene **PL11** der oberen Fläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ12** und wird durch die Form (rechteckig) der inneren Bodenfläche des Behälters **14b** definiert. In (c) von **Fig. 13** entspricht eine zweidimensionale Ebene **PL12** der oberen Fläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ11** und wird durch die Form (rechteckig) der

inneren Bodenfläche des Behälters **14b** definiert. In (d) von **Fig. 13** entspricht eine zweidimensionale Ebene **PL13** der inneren Bodenfläche des Behälters **14b**.

[0081] In diesem Fall, wie in (b) von **Fig. 13** illustriert, ist weder das zuvor eingestellte Objekt **POBJ11** noch das zuvor eingestellte Objekt **POBJ12** im oberen Teil der „zweidimensionalen Ebene **PL11** lokalisiert, weshalb sie nicht auf die zweidimensionale Ebene **PL11** projiziert werden.

[0082] Derweil, wie in (c) von **Fig. 13** illustriert, ist das zuvor eingestellte Objekt **POBJ12** im oberen Teil der zweidimensionalen Ebene **PL12** lokalisiert, weshalb es auf die zweidimensionale Ebene **PL12** projiziert wird.

[0083] Wie in (d) von **Fig. 13** illustriert, sind das zuvor eingestellte Objekt **POBJ11** und das zuvor eingestellte Objekt **POBJ12** im oberen Teil der zweidimensionalen Ebene **PL13** lokalisiert, weshalb sie auf die zweidimensionale Ebene **PL13** projiziert werden.

[0084] Die Berechnung der platzierbaren Position in **Fig. 11** wird nunmehr beziehend auf die Beispiele (a) bis (c) von **Fig. 12** beschrieben. Hierin ist die Tiefe des Behälters **14b** (Schnitttrichtung relativ zur Zeichnung (a)) als eine x-Achse definiert. Die Breite des Behälters **14** (horizontale Richtung in der Zeichnung a)) ist als eine y-Achse definiert. Die Höhe des Behälters **14b** (vertikale Richtung in der Zeichnung a)) ist als eine z-Achse definiert. Der Freigabeplan-Generator **55** stellt die kleinste der z-Koordinaten der Projektionsflächen **PL1** und **PL2** als eine Koordinate pz ein (Schritt **S72**). In diesem Fall wird die z-Koordinate der Projektionsebene **PL2** eingestellt. Der Freigabeplan-Generator **55** berechnet dann eine zweidimensionale untere linke (BL, bottom left) Position (Schritt **S73**).

[0085] Hier bezieht sich die zweidimensionale BL-Position auf eine „platzierbare Position“, die in Kawashima et al., „An Efficient Bottom-left Method for Three-dimensional Packing“, Forschungsbericht durch das Forschungsinstitut für Mathematische Wissenschaften, Band 1726, 2011, Seiten 50-61 offenbart ist. Die zweidimensionale BL-Position wird als eine Position auf einer gewissen zweidimensionalen Ebene definiert.

[0086] Die platzierbare Position ist so definiert, dass sie aus Positionen ist, wo ein kuboides Objekt auf einem zuvor eingestellten Objekt ohne Überlappung platzierbar ist und welche zumindest eine der nachfolgenden drei Bedingungen erfüllt.

- (1) Position an einer z-Koordinate kleiner als an jeglichen anderen Positionen
- (2) Position an der kleinsten z-Koordinate und einer x-Koordinate kleiner als an jeglichen anderen Positionen
- (3) Position an der kleinsten z- und x-Koordinaten und einer y-Koordinate kleiner als an jeglichen anderen Positionen.

[0087] Somit repräsentiert beispielsweise die zweidimensionale BL-Position eine durch eine x-Koordinate und eine y-Koordinate auf der zur z-Achse rechtwinkligen x-y-Ebene ausgedrückte platzierbare Position.

[0088] Das Nachfolgende beschreibt eine beispielhafte Berechnung der zweidimensionalen BL-Position. **Fig. 14** ist ein Flussdiagramm einer beispielhaften Berechnung der zweidimensionalen BL-Position. **Fig. 15A**, **Fig. 15B** und **Fig. 15C** illustrieren den Betrieb zum Berechnen der zweidimensionalen BL-Position. Wie in **Fig. 15A** illustriert, ist die obere linke Koordinate des rechteckigen Objekts **OBJ** in einer Aufsicht definiert als (px, py). Der Anfangswert der x-Koordinate px wird auf Null eingestellt. Ein Inkrementparameter der x-Achsenlänge wird auf Eins eingestellt. In Reaktion auf eine Anweisung zur Berechnung einer zweidimensionalen BL-Position wiederholt der Freigabeplan-Generator **55** die Berechnung, bis die x-Koordinate px mit einem Wert koinzidiert, welcher berechnet wird durch: x-Achsenlänge von Behälter - x-Achsenlänge von Objekt **OBJ** (Schritt **S81** bis Schritt **S85**).

[0089] Ähnlich wird der Anfangswert der y-Koordinate py auf Null eingestellt. Ein Inkrementparameter der y-Achsenlänge wird auf Eins eingestellt. Der Freigabeplan-Generator **55** wiederholt die Berechnung, bis die y-Koordinate py mit einem Wert koinzidiert, welcher berechnet wird durch: Y-Achsenlänge von Behälter - Y-Achsenlänge von Objekt **OBJ** (Schritt **S82** bis Schritt **S84**). Nach Abschluss des Betriebs im Schritt **S82** bestimmt der Freigabeplan-Generator **55**, ob das Objekt **OBJ** in einer vorbestimmten Platzierposition das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** überlappt (Schritt **S83**).

[0090] Nach Bestimmung, dass das Objekt **OBJ** in der vorbestimmten Platzierposition das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** überlappt, im Schritt **S83**, wie in **Fig. 15B** illustriert (Ja im Schritt **S83**), inkrementiert der Frei-

gabeplan-Generator **55** die y-Koordinate py um 1 ($py = py + 1$) (Schritt **S84**). Der Freigabeplan-Generator **55** kehrt dann zu Schritt **S82** zurück.

[0091] Nach Bestimmung, dass das Objekt **OBJ** in der vorbestimmten Platzierposition nicht mit dem zuvor eingestellten Objekt **POBJ** im Schritt **S83** überlappt (Nein im Schritt **S83**), gibt der Freigabeplan-Generator **55** die Koordinaten (px, py) als die zweidimensionale BL-Position (Schritt **S86**) aus und beendet die Verarbeitung.

[0092] Derweil, falls das Objekt **OBJ** in der vorbestimmten Platzierposition das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** an allen Koordinaten (px, py) im Behälter **14b** überlappt, wie in **Fig. 15B** illustriert, bestimmt der Freigabeplan-Generator **55**, dass keine zweidimensionale BL-Position gefunden wird (Schritt **S87**) und beendet die Verarbeitung.

[0093] **Fig. 16A, Fig. 16B, Fig. 16C** und **Fig. 16D** illustrieren Beispiele der platzierbaren Position. Während x-Achse, y-Achse und z-Achse wie in **Fig. 16A** illustriert definiert sind, ohne Anwesenheit des zuvor eingestellten Objekts, wird eine Position an den kleinsten x-, y- und z-Koordinaten, die alle Bedingungen (1) bis (3) erfüllen, als eine platzierbare Position **PP1** eingestellt, wie in **Fig. 16B** illustriert. Mit Anwesenheit einer zuvor eingestellten Objekts **POBJ**, wie in **Fig. 16C** illustriert, wird eine Position an den kleinsten z- und x-Koordinaten und einer y-Koordinate kleiner als irgendwelche anderen Positionen, die der Bedingung (3) genügt, auf eine platzierbare Position **PP2** eingestellt.

[0094] Bei Anwesenheit zuvor eingestellter Objekte **POBJ1** bis **POBJ3**, wie in **Fig. 16D** illustriert, wird eine Position an den kleinsten z- und x-Koordinaten und der kleinsten y-Koordinate, welche die Bedingung (3) erfüllt, auf eine platzierbare Position **PP3** eingestellt.

[0095] Rückkehrend zu **Fig. 11**, bestimmt der Freigabeplan-Generator **55**, ob es eine zweidimensionale BL-Position (px, py) auf einer Ebene an der z-Koordinate pz gibt (Schritt **S74**). Nach Bestimmen, dass es eine zweidimensionale BL-Position (px, py) gibt, im Schritt **S74**, erzeugt der Freigabeplan-Generator **55** die Koordinaten (px, py, pz) als die platzierbare Position (Schritt **S76**) und beendet die Verarbeitung.

[0096] Nach Bestimmen, dass es keine zweidimensionale BL-Position gibt (px, py) , im Schritt **S74**, kehrt der Freigabeplan-Generator **55** zum Schritt **S72** zurück. Der Freigabeplan-Generator **55** berechnet die zweidimensionale PL-Position, das heißt die platzierbare Position auf der nächsten Projektionsebene an der zweitkleinsten z-Koordinate pz (Schritt **S75**). Wenn keine platzierbare Position an allen Projektionsebenen gefunden wird, bestimmt der Freigabeplan-Generator **55**, dass es keine platzierbare Position gibt (Schritt **S77**) und beendet die Verarbeitung.

[0097] Nach Berechnen der Freigabeposition **RP** als der platzierbaren Position bestimmt der Freigabeplan-Generator **55**, ob die Hand **22**, während sie das Objekt **OBJ** greift, zur Freigabeposition **RP** bewegbar ist (Schritt **S53** in **Fig. 10**).

[0098] Nach Bestimmen, dass die Hand **22** zu der Freigabeposition **RP** bewegbar ist, während sie das Objekt **OBJ** greift (Ja im Schritt **S53**), fügt der Freigabeplan-Generator **55** die Freigabeposition **RP** der Freigabepositionsliste für das Objekt **OBJ** hinzu (Schritt **S54**). Nachfolgend stellt der Freigabeplan-Generator **55** eine Kraftsteuerdruck-Oberfläche und eine Annäherungsrichtung ein (Schritt **S55**).

[0099] Das Nachfolgende beschreibt die Einstellung der Kraftsteuerdruck-Oberfläche. Der Freigabeplan-Generator **55** der Steuervorrichtung **10** führt, wenn die Wand (einschließlich der inneren Bodenfläche) des Behälters **14b** oder ein zuvor eingestelltes Objekt um die Freigabeposition herum gefunden wird, Kraftsteuerung über ein neues Objekt **OBJ** durch, um die Wand des Behälters **14b** oder das zuvor eingestellte Objekt zur Platzierung zu drücken.

[0100] **Fig. 17A, Fig. 17B, Fig. 17C** und **Fig. 17D** illustrieren beispielhafte Drucksteuerung unter der Kraftsteuerung. In **Fig. 17A** ist die innere Bodenfläche des Behälters **14b** unter der Bodenoberfläche des neuen Objekts **OBJ** lokalisiert und sind die Wände des Behälters **14b** in der x-Richtung und der y-Richtung des Objekts **OBJ** lokalisiert. In diesem Fall führt die Steuervorrichtung **10** eine Kraftsteuerung über die Hand **22** durch, um das Objekt **OBJ** in sowohl der x-Richtung als auch der y-Richtung und der z-Richtung zu drücken.

[0101] In **Fig. 17B** ist die innere Bodenfläche des Behälters **14b** unter der Bodenoberfläche des neuen Objekts **OBJ** lokalisiert, ist das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** in der y-Richtung des Objekts **OBJ** lokalisiert und ist die Wand des Behälters **14b** in der x-Richtung des Objekts **OBJ** lokalisiert. In diesem Fall führt die Steuervor-

richtung **10** eine Kraftsteuerung über die Hand **22** durch, um das Objekt **OBJ** in sowohl der x-Richtung, als auch der y-Richtung und der z-Richtung zu drücken.

[0102] In **Fig. 17C** ist das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** unter dem neuen Objekt **OBJ** lokalisiert, ist die Wand des Behälters **14b** in der x-Richtung des Objekts **OBJ** lokalisiert und ist weder die Wand des Behälters **14b** noch das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** in der y-Richtung des Objekts **OBJ** lokalisiert. In diesem Fall führt die Steuervorrichtung **10** eine Kraftsteuerung über die Hand **22** durch, um das Objekt **OBJ** in der x-Richtung und der z-Richtung zu drücken.

[0103] In **Fig. 17D** ist das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** unter dem neuen Objekt **OBJ** lokalisiert, und weder die Wand des Behälters **14b** noch das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** ist in der x-Richtung und der y-Richtung des Objekts **OBJ** lokalisiert. In diesem Fall führt die Steuervorrichtung **10** eine Kraftsteuerung über die Hand **22** durch, um das Objekt **OBJ** in nur der z-Richtung zu drücken.

[0104] **Fig. 18A** und **Fig. 18B** illustrieren Beispiele, dass die Drucksteuerung undurchführbar ist. In der Drucksteuerung unter der Kraftsteuerung, in dem Fall, dass das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** kleiner in der Größe ist als das neue Objekt **OBJ**, wie in **Fig. 18A** illustriert, oder dass die gedrückte Oberfläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ** kleiner von der Fläche her ist als das neue Objekt **OBJ**, wie in **Fig. 18B** illustriert, können die Objekte kollabieren oder kann das neue Objekt **OBJ** auf das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** fallen. In solchen Fällen jedoch bestimmt die Steuervorrichtung **10** in einer anderen Operation, wie später beschrieben, dass das neue Objekt **OBJ** nicht platzierbar ist, so dass keine Probleme auftreten.

[0105] Das Nachfolgende beschreibt die Berechnung der Kraftsteuerdruck-Oberfläche und der Annäherungsrichtung des neuen Objekts **OBJ** an die Platzierposition. **Fig. 19** illustriert die Einstellung einer Bestimmungsregion im Rechenprozess der Annäherungsrichtung.

[0106] Die Steuervorrichtung **10** stellt eine erste Bestimmungsregion **DA1** (**DA11** bis **DA14**) einer gegebenen Breite **W1** und eine zweite Bestimmungsregion **DA2** (**DA21** bis **DA24**) der Breite **W1** um eine vorbestimmte Platzier-Position **OLR** des neuen Objekts **OBJ** ein. Die erste Bestimmungsregion **DA1** wird parallel zu den Seitenflächen des Objekts **OBJ** eingestellt. Die zweite Bestimmungsregion **DA2** wird in den diagonalen Richtungen des Objekts **OBJ** eingestellt. Die gegebene Breite **W1** wird bei einer Distanz eingestellt, bei der das Objekt **OBJ** bei Platzierung nicht allgemein weg von der angrenzenden Wand des Behälters **14b** oder dem zuvor eingestellten Objekt ist. Mit anderen Worten wird die Breite **W1** auf eine Distanz eingestellt, in welcher die Detektion der Wand des Behälters **14b** oder des zuvor eingestellten Objekts sichergestellt werden kann.

[0107] **Fig. 20A**, **Fig. 20B** und **Fig. 20C** illustrieren die Annäherungsrichtungsrechnung. Wie in **Fig. 20A** illustriert, ohne dass die Wand des Behälters **14b** oder des zuvor eingestellte Objekt ein Hindernis in der zweiten Bestimmungsregion **DA22** ist, welche die zweite Bestimmungsregion **DA2** ist und den ersten Bestimmungsregionen **DA11** und **DA12**, welche die erste Bestimmungsregion **DA1** angrenzend an der zweiten Bestimmungsregion **DA22** sind, bestimmt die Steuervorrichtung **10**, dass das Objekt **OBJ** sich schräg der vorbestimmten Platzierposition **OLR** nähern kann, wie durch den Pfeil in **Fig. 20A** angegeben.

[0108] Beim Bestimmen, dass das Objekt **OBJ** sich nicht schräg nähern kann, und weder die Wand des Behälters **14** noch das zuvor eingestellte Objekt, das ein Hindernis ist, in der ersten Bestimmungsregion **DA11** der ersten Bestimmungsregion **DA1** lokalisiert ist, wie in **Fig. 20B** illustriert, bestimmt die Steuervorrichtung **10**, dass das Objekt **OBJ** sich der vorbestimmten Platzier-Position **OLR** seitlich annähern kann, wie durch den Pfeil in **Fig. 22B** angegeben.

[0109] Beim Bestimmen, dass das Objekt **OBJ** sich nicht schräg oder seitlich nähern kann und die Wände des Behälters **14b** und die zuvor eingestellten Objekte als Hindernisse seiend, in der gesamten ersten Bestimmungsregion **DA1** lokalisiert sind, wie in **Fig. 20C** illustriert, bestimmt die Steuervorrichtung **10**, dass das Objekt **OBJ** sich direkt von oben nähern kann.

[0110] Bei der Annäherungsrichtungsberechnung wird die Priorität der Annäherungsrichtung so eingestellt, dass die geneigte Annäherung am höchsten ist, die seitliche Annäherung am zweithöchsten ist und die Überkopf-Annäherung am niedrigsten ist.

[0111] Das Nachfolgende beschreibt ein Beispiel des Bestimmens auf einer drückenden empfangbaren Oberfläche. **Fig. 21** illustriert ein Beispiel der Bestimmung auf einer drückenden empfangbaren Oberfläche. Wie in **Fig. 21** illustriert, sucht die Steuervorrichtung **10** nach der Wandoberfläche des Behälters **14b** auf der Ober-

fläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ**, das in der ersten Bestimmungsregion **DA1** (**DA11** bis **DA14**) lokalisiert ist, die in **Fig. 19** illustriert ist. Eine andere, sich in der Breite von der ersten Bestimmungsregion **DA1** unterscheidende Bestimmungsregion kann für die Suche verwendet werden. Die Steuervorrichtung **10** stellt ein Druckzentrum **TCP** auf einer Linie ein, die sich vertikal von der Freigabeposition **RP** erstreckt, und deren vertikale Position mit der vertikalen Position des Zentrums des neuen Objekts **OBJ** koinzidiert.

[0112] **Fig. 22A, Fig. 22B, Fig. 22C** und **Fig. 22D** illustrieren ein anderes Beispiel der Bestimmung auf der Druck-empfangbaren Oberfläche. Die Steuervorrichtung **10** bestimmt, ob die Wandoberfläche des Behälters **14b** oder die Oberfläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ** auf beiden Seiten des Druckzentrums **TCP** in der horizontalen Richtung lokalisiert ist (laterale Richtung in **Fig. 22A** bis **Fig. 22D**) längs der Druckebene. Nach Bestimmen, dass die Wandoberfläche des Behälters **14b** oder die Oberfläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ** auf beiden horizontalen Seiten längs der Druckebene vorhanden ist, bestimmt die Steuervorrichtung **10**, dass es eine druckempfangbare Oberfläche gibt, oder dass ein Drücken möglich ist.

[0113] Im in **Fig. 22B** illustrierten Beispiel ist die Oberfläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ** auf beiden horizontalen Seiten des Druckzentrums **TCP** längs der Druckebene lokalisiert, weshalb die Steuervorrichtung **10** bestimmt, dass es eine druckempfangbare Oberfläche gibt oder das Drücken möglich ist.

[0114] Im in **Fig. 22C** illustrierten Beispiel ist die Oberfläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ1** auf einer horizontalen Seite des Druckzentrums **TCP** längs der Druckebene lokalisiert und ist die Oberfläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ2** auf der anderen horizontalen Seite lokalisiert. Folglich bestimmt die Steuervorrichtung **10** auch, dass es eine druckempfangbare Oberfläche gibt oder dass ein Drücken möglich ist.

[0115] Derweil ist im **Fig. 22D** illustrierten Beispiel die Oberfläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ** auf einer horizontalen Seite längs der Druckebene lokalisiert, aber ist weder die Wandoberfläche des Behälters **14b** noch die Oberfläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ** auf der anderen horizontalen Seite längs der Druckebene lokalisiert. Folglich bestimmt die Steuervorrichtung **10**, dass es keine druckempfangbare Oberfläche gibt oder dass ein Drücken unmöglich ist.

[0116] Das Folgende beschreibt ein Verfahren des Bestimmens einer Druckrichtung und einer Annäherungsrichtung. **Fig. 23** ist eine Tabelle zum Bestimmen der Druckrichtung und der Annäherungsrichtung.

[0117] Die Bestimmung zur Druckrichtung wird nun beschrieben. Beim Bestimmen, dass eine schräge Annäherung möglich ist und dass die druckempfangbare Oberfläche auf zwei Oberflächen eines sich angenäherten Objektes gefunden wird, durch die obige Verarbeitung, stellt die Steuervorrichtung **10** die Druckrichtung auf eine schräge Richtung ein.

[0118] Beim Bestimmen, dass eine seitliche Annäherung möglich ist und dass die druckempfangbare Oberfläche auf einer Oberfläche des sich nähernden Objektes durch die obige Verarbeitung gefunden wird, stellt die Steuervorrichtung **10** die Verarbeitungsrichtung auf eine seitliche Richtung ein. Beim Bestimmen, dass die Annäherung möglich ist und dass keine druckempfangbare Oberfläche des sich annähernden Objektes durch die obige Verarbeitung gefunden wird, stellt die Steuervorrichtung **10** die Druckrichtung auf eine Überkopfrichtung ein.

[0119] Die Bestimmung zur Annäherungsrichtung wird als Nächstes beschrieben. Nach Einstellen der Druckrichtung auf eine schräge Richtung, wie oben beschrieben, bestimmt die Steuervorrichtung **10** die Annäherungsrichtung, geneigt zu sein. Nach Bestimmen der Druckrichtung, eine seitliche Richtung zu sein, wie oben beschrieben, bestimmt die Steuervorrichtung **10** die Annäherungsrichtung, schräg oder seitlich zu sein.

[0120] Nach Bestimmen, dass die Druckrichtung eine Überkopfrichtung ist, wie oben beschrieben, bestimmt die Steuervorrichtung **10** die Annäherungsrichtung, schräg, seitlich oder über Kopf zu sein. Das heißt, dass es sechs Kombinationen der Druckrichtungen und der Annäherungsrichtungen gibt, wie in **Fig. 23** illustriert.

[0121] Das oben beschriebene Verfahren des Bestimmens der Druckrichtung und der Annäherungsrichtung wird angewendet, wenn es kein zuvor eingestelltes Objekt von größerer Höhe als das neue Objekt **OBJ** gibt, welches die Annäherung des Objekts **OBJ** in der Umgebung der vorbestimmten Platzierposition **OLR** beeinträchtigen würde. Das folgende Verfahren wird angewendet, falls es ein zuvor eingestelltes Objekt von größerer Höhe als das Soll-Objekt **OBJ** gibt, welches die Annäherung beeinträchtigen würde, in der Umgebung der bestimmten Platzierposition.

[0122] **Fig. 24** ist eine andere Tabelle zum Bestimmen der Druckrichtung und der Annäherungsrichtung. Differenzen gegenüber **Fig. 23** werden unten beschrieben. **Fig. 24** unterscheidet sich von **Fig. 23** darin, dass die Steuervorrichtung **10** die Druckrichtung als überkopf oder seitlich bestimmt, beim Bestimmen, dass die seitliche Richtung möglich ist und dass die druckempfangbare Oberfläche auf einer Oberfläche des sich annähernden Objektes durch die obige Verarbeitung gefunden wird.

[0123] In diesem Fall kann die Druckrichtung auf eine seitliche Richtung eingestellt sein und kann die Annäherungsrichtung auf eine Überkopfrichtung eingestellt sein, obwohl im obigen Beispiel die Annäherungsrichtung und die Druckrichtung beide auf die seitliche Richtung eingestellt sind.

[0124] Rückbezug nehmend auf **Fig. 10**, nachdem die Kraftsteuer-Verarbeitungsoberfläche und die Annäherungsrichtung eingestellt sind, berechnet der Freigabeplan-Generator **55** die Durchgangspunkte der Hand **22** bis zur Freigabeposition RP (Schritt **S56**). Nachfolgend stellt der Freigabeplan-Generator **55** die tatsächliche Freigabeposition RP und die Haltung der Hand **22** an der Freigabeposition RP unter Bezugnahme auf die Freigabepositionsliste ein und beendet die Verarbeitung (Schritt **S57**).

[0125] Beim Bestimmen, dass die Hand **22** nicht zur Freigabeposition RP beweglich ist, während das Objekt **OBJ** gegriffen wird (Nein in Schritt **S53**), berechnet der Freigabeplan-Generator **55** eine Freigabeposition RP für aufrechte Freigabe (Schritt **S58**).

[0126] Spezifisch, beim Greifen und Befördern eines neuen Objekts mit der Hand **22** zur Freigabeposition kann die Hand **22** in der Lage sein, das Objekt **OBJ** im Behälter **14b** zu platzieren, durch Freigeben des Objekts **OBJ** von außerhalb der Freigabeposition, unabhängig von Interferenz mit dem zuvor eingestellten Objekt **POBJ** oder der Wand des Behälters **14b**. **Fig. 25** illustriert die Freigabe des Objektes von oberhalb der Freigabeposition. In **Fig. 25** erreicht das an der Freigabeposition **ARL** freizugebende neue Objekt **OBJ** und die Bodenoberfläche der Hand **22** eine Freigabeposition URP über der Freigabeposition **ARL**, um das Objekt freizugeben. In einem solchen Fall steuert die Steuervorrichtung **10** die Hand **22**, damit sie eine aufrechte Freigabe durchführt, wenn eine aufrechte Freigabedistanz DUR, welche die Differenz zwischen der aufrechten Freigabeposition URP und der oberen Flächenposition **UFP** des Objekts **OBJ** sind, platziert an der Freigabeposition **ARL**, gleich oder kleiner als ein gewisser Einstellwert ist.

[0127] Weiterhin bestimmt der Freigabeplan-Generator **55**, ob eine Aufwärtsfreigabe durchzuführen ist, berücksichtigend die physikalische Stabilität des Objekts **OBJ**.

[0128] **Fig. 26** illustriert eine Basis zum Bestimmen der physikalischen Stabilität des Objekts. Wie in (a) und (b) von **Fig. 26** illustriert, ist das beabsichtigte Objekt **OBJ** ein Kuboid und ist an der Freigabeposition **ARL** zu platzieren. In solch einem Fall bestimmt der Freigabeplan-Generator **55** die physikalische Stabilität desselben auf Basis davon, ob ein Winkel θ (θ_1 und θ_2) zwischen einer diagonalen Linie **DGL** und einer vertikalen (zur z-Achse parallelen) Seite der Seitenoberfläche des Objekts **OBJ** größer als ein bestimmter Referenzwinkel θ_{ref} ist.

[0129] Spezifisch, wenn der Winkel θ_1 zwischen der diagonalen Linie **DGL** und der vertikalen Seite den gewissen Referenzwinkel θ_{ref} übersteigt, wie in (a) von **Fig. 26** illustriert, wird das Objekt **OBJ** in einer horizontalen langen Stellung platziert. Somit wird angenommen, dass das Objekt **OBJ** physikalisch stabil ist, ohne Möglichkeit des Herunterfallens bei Freigabe von oben. Somit kann das Objekt **OBJ** ein Subjekt von Aufwärts-Freigabe sein.

[0130] Im Gegensatz dazu, mit dem Winkel θ_2 zwischen der Diagonallinie **DGL** und der vertikalen Seite gleich oder kleiner als der gewisse Referenzwinkel θ_{ref} , wie in **Fig. 26B** illustriert, wird das Objekt **OBJ** in einer vertikalen langen Stellung platziert. Somit wird angenommen, dass das Objekt **OBJ** physikalisch instabil ist, mit der Möglichkeit des Herunterfallens bei Freigabe von oben. Folglich kann das Objekt **OBJ** nicht ein Subjekt einer Aufwärts-Freigabe sein.

[0131] Rückbezug nehmend zu **Fig. 10**, bestimmt der Freigabeplan-Generator **55**, ob es möglich ist, eine Aufwärts-Freigabe durchzuführen, durch bestimmen, ob die Aufwärts-Freigabedistanz DUR, welche die Differenz zwischen der Aufwärts-Freigabeposition URP und der Oberen Flächen-Position **UFP** des an der Freigabeposition **ARL** platzierten Objekts ist, gleich oder kleiner als ein gewisser Einstellwert ist (Schritt **S59**).

[0132] Beim Bestimmen, dass eine Aufwärts-Freigabe im Schritt **S59** nicht machbar ist (Nein im Schritt **S59**), schreitet der Freigabeplan-Generator **55** zu Schritt **S55** fort. Beim Bestimmen, dass eine Aufwärts-Freigabe

möglich ist, im Schritt **S59** (Ja im Schritt **S59**), fügt der Freigabeplan-Generator **55** die Freigabeposition RP als die Aufwärts-Freigabeposition zur Freigabepositionsliste für das Objekt **OBJ** hinzu (Schritt **S60**).

[0133] Der Freigabeplan-Generator **55** schreitet zu Schritt **S55** fort, um eine nachfolgende Verarbeitung durchzuführen, wie oben beschrieben (Schritte **S55** bis **S57**).

[0134] Es mag eine Situation geben, bei der das Objekt im Behälter platzierbar ist, jedoch die das Objekt fördernde Hand mit einem anderen Objekt interferieren kann, zum Beispiel der Wand des Behälters und/oder dem zuvor eingestellten Objekt, und unfähig sein kann, sich zu einer gewünschten Freigabeposition zu bewegen. Um dies anzugehen, berechnet in der vorliegenden Ausführungsform der Freigabeplan-Generator **55** die Freigabeposition RP auf solche Weise, dass die Hand **22** daran gehindert wird, mit anderen Objekten zu interferieren, parallel zur Verarbeitung in Schritten **S51** bis **S60**. Spezifisch berechnet der Freigabeplan-Generator **55** eine expandierte Region, in der die Hand **22** nicht mit anderen Objekten interferiert (Schritt **S61**). Der Freigabeplan-Generator **55** erzeugt einen Packungsplan für die Hand **22** in der expandierten Region (Schritt **S62**). Dann berechnet der Freigabeplan-Generator **55** die Freigabeposition RP (Schritt **S63**) und fügt die Freigabeposition RP zur Freigabepositionsliste hinzu (Schritt **S64**).

[0135] Fig. 27 illustriert ein Beispiel, dass die Hand **22** angetrieben wird, aber daran scheitert, die Freigabeposition zu erreichen. Das Objekt **POBJ** wird zuvor im Behälter **14b** eingestellt und das neue Objekt **OBJ** ist angrenzend an dem zuvor eingestellten Objekt **POBJ** zu platzieren. Die Hand **22** wird gesenkt, um das neue Objekt **OBJ** an der, auf der Bodenfläche des Behälters **14b** eingestellten Freigabeposition zu platzieren, wie in (a) von Fig. 27 platziert, und die Hand **22** gelangt in Kontakt mit der oberen Fläche des zuvor eingestellten Objekts **OBJ**, wie in Fig. 27(b) illustriert.

[0136] Somit kann die das neue Objekt **OBJ** greifende Hand **22** die Freigabeposition nicht erreichen.

[0137] Fig. 28 illustriert eine expandierte Interferenzregion. Wie in Fig. 28 illustriert, stellt der Freigabeplan-Generator **55** eine expandierte Interferenzregion **ARIC** mit einer rechteckigen Form ein. Die expandierte Interferenzregion **ARIC** wird eingestellt durch: Ableiten einer Form entsprechend einer logischen Disjunktion einer Interferenzregion **ARI2** der Hand **22** bei Sicht von oben (in der z-Achsenrichtung) und einer Interferenzregion **ARI1** des neuen Objekts **OBJ** bei Sicht von oben; und Bringen der Seiten der abgeleiteten Form dazu, parallel zu den entsprechenden Seiten der Interferenzregion **ARI1** des neuen Objekts **POBJ** zu sein, das heißt Platzieren des Objektes in einer gewünschten Richtung.

[0138] Im Falle eines neuen Objektes einer anderen Form als einem Rechteck bei Aufsicht wird die Interferenzregion **ARI1** des neuen Objektes auf eine rechteckige Form, die die Form des neuen Objektes umreißt, eingestellt.

[0139] Im Falle eines bei Aufsicht kreisförmigen neuen Objektes wird beispielsweise die Interferenzregion **ARI1** auf eine viereckige Region, die den Zirkel umschreibt, eingestellt. Im Falle eines bei Aufsicht neuen Ellipsen-Objektes wird die Interferenzregion **ARI1** auf eine rechteckige Region eingestellt, deren längere Seiten dieselbe Länge wie diejenige der Hauptachse der Ellipse haben und deren kurze Seiten dieselbe Länge wie diejenige der Nebenachse der Ellipse aufweisen.

[0140] Wie oben beschrieben, indem die expandierte Interferenzregion **ARIC** auf Basis der logischen Disjunktion der Interferenzregion **ARI1** und der Interferenzregion **ARI2** eingestellt wird, kann das Objekt-Handhabungssystem **1** das Fördern des neuen Objektes zur Freigabeposition ohne Interferenz zwischen sowohl der Hand **22** als auch dem neuen Objekt und anderen Objekten sicherstellen.

[0141] Fig. 29 illustriert ein Beispiel, dass die Hand **22** angetrieben wird und die Freigabeposition **ARL** erreichen kann. Spezifisch wird die Hand **22** abgesenkt, um das neue Objekt **OBJ** zur Freigabeposition **ARL** zu bewegen, die auf der Bodenfläche des Behälters **14b** eingestellt ist, wie in (a) von Fig. 29 illustriert. In diesem Fall interferiert die Hand **22** nicht mit dem zuvor eingestellten Objekt **POBJ** oder dem Behälter **14b** auf dem Weg zur Freigabeposition **ARL**.

[0142] Wie in (b) von Fig. 29 illustriert, kann die das neue Objekt **OBJ** greifende Hand die Freigabeposition **ARL** ohne Kontakt mit der oberen Fläche des zuvor eingestellten Objekts oder dem Behälter **14b** erreichen, die Platzierung abschließend.

[0143] Beim Handhaben eines Objektes unter Verwendung der expandierten Interferenzregion **ARIC** kann die Steuervorrichtung **10** das neue Objekt mit einem Spalt oder weg von dem zuvor eingestellten Objekt platzieren, selbst obwohl die Hand **22** das Objekt ohne Spalt zum zuvor eingestellten Objekt platzieren kann, ohne Interferieren mit der Wand des Behälters **14b** oder dem zuvor eingestellten Objekt. Im Hinblick auf einen solchen Fall bestimmt die Steuervorrichtung **10**, ob der Spalt reduziert werden kann.

[0144] Theoretisch, unter der Voraussetzung, dass das neue Objekt **OBJ** an einer gewissen Position platziert wird, bestimmt die Steuervorrichtung **10**, ob die Hand **22** auf der oberen Fläche des Objekts **OBJ** platziert werden kann, ohne mit einem Hindernis zu interferieren, wie etwa dem Behälter **14b** oder dem zuvor eingestellten Objekt. Beim Bestimmen, dass die Platzierung möglich ist, steuert die Steuervorrichtung **10** die Hand **22**, das Objekt **OBJ** ohne Spalt zu platzieren.

[0145] Das Nachfolgende beschreibt einen Prozess des Bestimmens, ob die Hand **22** mit Hindernissen interferiert, während ein Objekt gehandhabt wird, unter Verwendung der expandierten Interferenzregion **ARIC**. **Fig. 30A**, **Fig. 30B** und **Fig. 30C** illustrieren den Prozess des Bestimmens, ob die Hand **22** und Hindernisse miteinander interferieren unter Verwendung der expandierten Interferenzregion.

[0146] Wie in **Fig. 30A** illustriert, stellt die Steuervorrichtung **10** als eine extrahierte Region **EAR** einer kuboiden Form die Region über der oberen Fläche des neuen Objekts **OBJ** ein, wenn an einer vorbestimmten Platzierungsposition platziert, auf Basis der Information zu den zuvor eingestellten Objekten **POBJ1** und **POBJ2** und der Wand des Behälters **14b**. Nachfolgend, wie in **Fig. 30B** illustriert, extrahiert die Steuervorrichtung **10** die Umriss der zuvor eingestellten Objekten **POBJ1** und **POBJ2** und der Wand des Behälters **14b** in der extrahierten Region **EAR** bei Sicht von oben.

[0147] Die Steuervorrichtung **10** bestimmt dann, ob die Interferenzregion **ARI1** der Hand **22** schneidet oder eine gemeinsame Region mit den Umrissen der zuvor eingestellten Objekten **POBJ1** und **POBJ2** und der Wand des Behälters **14** aufweist. Beim Bestimmen, dass die in **Fig. 30C** illustrierte Situation nicht auftritt, das heißt die Interferenzregion **ARI1** der Hand **22** die Umriss der zuvor eingestellten Objekte **POBJ** unter die Wand des Behälters **14b** nicht schneidet, bestimmt die Steuervorrichtung **10**, dass die Hand **22** auf die obere Fläche des Objekts **OBJ** ohne Interferieren mit einem Hindernis, wie etwa dem Behälter **14b** oder dem zuvor eingestellten Objekt eingestellt werden kann. Folglich platziert die Steuervorrichtung **10** das Objekt mit einem verminderten Spalt.

[0148] **Fig. 31A**, **Fig. 31B** und **Fig. 31C** illustrieren einen Prozess des Auflösens eines Ausfalls im Falle der Verwendung der expandierten Interferenzregion. Um das Objekt **OBJ** unter Verwendung der expandierten Interferenzregion **ARIC** zu platzieren, wie in **Fig. 31A** illustriert, wird es einen Spalt zwischen dem Objekt **OBJ** und dem zuvor eingestellten Objekt **POBJ** geben, wie durch den Doppelkopfpfeil in **Fig. 31A** angezeigt.

[0149] In diesem Fall, unter der Voraussetzung, dass ein einzelnes Objekt **OBJ** angrenzend an das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** platziert wird, wie in **Fig. 31B** illustriert, bestimmt die Steuervorrichtung **10**, ob die Hand **22** auf die obere Fläche des Objekts **OBJ** eingestellt werden kann, wie in **Fig. 31C** illustriert.

[0150] Beim Bestimmen, dass die Hand **22** auf die obere Fläche des Objekts **OBJ** eingestellt werden kann, wie in **Fig. 31C** illustriert, berechnet die Steuervorrichtung **10** die Freigabeposition ohne Verwendung der expandierten Interferenzregion **ARIC** und eliminiert den Spalt.

[0151] Rückbezugnehmend auf **Fig. 3**, bestimmt der Freigabeplan-Generator **55** die Freigabeposition **RP** und die Freigabebehaltung des greifenden Objekts **OBJ** auf Basis der Freigabeinformation (Schritt **S15**).

[0152] Der Freigabeplan-Generator **55** berechnet Freigabepositionsränge zusammen mit der Platzierungsposition eines Objekts **OBJ**, um eine Platzierungsposition mit einem höchsten Freigabepositionsrang auf eine tatsächliche Platzierungsposition des Objekts **OBJ** einzustellen.

[0153] Der Freigabepositionsrang wird beispielsweise durch eine Funktion definiert, die einen Freigabemethodenrang und einen Unterrang als Parameter beinhaltet. Beispiele der Funktion beinhalten folgende Funktion:

Freigabepositionsrang = Freigabeverfahrensrank + 0,1 ×
Unterrang

[0154] Die Freigabeverfahren beinhalten eine einzelne Objektfreigabe, in der das einzelne Objekt **OBJ** ohne Berücksichtigung von Aufwärtsfreigabe oder der expandierten Interferenzregion gepackt werden kann, eine Aufwärtsfreigabe und eine Freigabe unter Verwendung der expandierten Interferenzregion. Die Ränge der jeweiligen Freigabeverfahren werden beispielsweise wie folgt eingestellt.

Einzelobjektfreigabe: ein Freigabeverfahrensrank von 0,3 (Punkt)

Aufwärtsfreigabe: ein Freigabeverfahrensrank von 0,2 (Punkt)

Freigabe unter Berücksichtigung der expandierten Interferenzregion: ein Freigabeverfahrensrank von 0,1 (Punkt)

[0155] Beispiele des Unterrangs beinhalten, sind aber nicht beschränkt auf einen natürlichen Haltungsrank, einen Druckebenenrank, und einen Freiraumrank, etc.. Der natürliche Haltungsrank ist so, dass, je natürlicher die Haltung der Hand **22** ist, desto höher der Rang ist. Der Druckebenenrank ist so, dass, je näher die Richtungen der Objekte ausgerichtet sind (das heißt die Objekte weisen in dieselbe Richtung), desto höher der Rang ist. Der Freiraumrank ist so, dass, je größer der Freiraum hinter dem platzierten Objekt ist, desto höher der Rang ist.

[0156] Der Druckebenenrank wird nunmehr beschrieben. Um identische Objekte im Objekt **OBJ** im Behälter **14b** zu platzieren, wird das Platzieren der Objekte **OBJ** in derselben Richtung die Füllrate verbessern. Im Hinblick darauf, um zwei oder mehr identische Objekte **OBJ** im selben Behälter **14b** zu platzieren, wählt die Steuervorrichtung **10** die Freigabeposition so aus, dass die Objekte **OBJ** in derselben Richtung platziert werden können.

[0157] **Fig. 32A** und **Fig. 32B** illustrieren den Prozess des Ausrichtens der Richtungen identischer Objekte. Die Steuervorrichtung **10** gemäß der vorliegenden Ausführungsform berechnet den Druckebenenrank zum Evaluieren der Freigabeposition, wie später beschrieben, und berechnet die Richtung des neuen Objekts **OBJ** auf Basis der Richtung des zuvor eingestellten Objekts **POBJ**, um so den Druckebenenrank zu vergrößern. Wie in **Fig. 32A** illustriert, wird das neue Objekt **OBJ** auf das zuvor eingestellte Objekt **OBJ** aus einer Druckrichtung **DRP** zur Platzierung gedrückt.

[0158] Die Steuervorrichtung **10** extrahiert eine Druckebene PPL, welche durch das in der Druckrichtung gedrückte Objekt **OBJ** definiert ist, auf Basis der Platzierinformation zu dem zuvor eingestellten Objekt **OBJ**. Unter Bezugnahme auf die extrahiert Verarbeitungsebene PPL berechnet die Steuervorrichtung **10** die Richtung des neuen Objekts **OBJ** durch die nachfolgende Verarbeitung.

[0159] Im Folgenden, wie in **Fig. 32B** illustriert, ist eine gedrückte Fläche **S_{To}** als die Fläche einer Oberfläche **PP1** des zuvor eingestellten Objekts **POBJ** definiert, gegen welches das neue Objekt **OBJ** gedrückt wird. Eine Druckfläche **S_{From}** wird als die Fläche einer Oberfläche **PB2** des neuen Objekts **OBJ** definiert, welches das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** drückt. Eine Druckseitenfläche **S_{Side}** wird als die Fläche einer Seitenoberfläche **PPS** des Objekts **OBJ** definiert, das in einer die Druckrichtung **DRP** schneidenden Richtung lokalisiert ist. Eine Kontaktfläche **S_{com}** ist als eine Kontaktfläche zwischen den zuvor eingestellten Objekt **POBJ** und dem neuen Objekt **OBJ** definiert. Die Steuervorrichtung **10** berechnet den Druckebenenrank SCR durch den nachfolgenden Ausdruck (1).

$$SCR = \frac{S_{Com}}{S_{From} + S_{Side}} \times \left(1 - \frac{|S_{From} - S_{To}|}{S_{From} + S_{To}} \right) \quad (1)$$

[0160] Im ersten Term des Ausdrucks (1) zum Berechnen des Druckebenenrangs SCR ist die Summe der drückenden Fläche **S_{From}** und der drückenden Seitenfläche **S_{Side}** des neuen Objekts **OBJ** ein fester Wert. Und mit der Voraussetzung, dass die Kontaktfläche **S_{com}** konstant sei, wird der Druckebenenrank SCR maximal sein, wenn der Nenner des Bruches (im zweiten Term des Ausdrucks (1) minimal ist, das heißt wenn die Differenz zwischen der Druckfläche **S_{From}** und der gedrückten Fläche **S_{To}** Null ist, das heißt wenn die Druckfläche **S_{From}** gleich der gedrückten Fläche **S_{To}** ist.

[0161] Mit anderen Worten wird der Druckflächenrang SCR maximal, wenn das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** und das neue Objekt **OBJ** in derselben Richtung orientiert sind. Die Kontaktfläche **S_{com}** zwischen dem zuvor eingestellten Objekt **POBJ** und dem neuen Objekt **OBJ** wird maximal, wenn der nachfolgende Ausdruck (2) erfüllt ist:

$$S_{\text{Com}} = S_{\text{From}} + S_{\text{to}} \quad (2)$$

[0162] Somit wird die Kontaktfläche S_{com} maximal, wenn das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** und das neue Objekt **OBJ** einander gegenübergestellt werden. Folglich ist der Druckebenenrang SCR im Wesentlichen maximal, wenn das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** und das neu eingestellte Objekt **OBJ** in derselben Richtung einander gegenübergestellt sind.

[0163] Im obigen Beispiel ist die Anzahl des zuvor eingestellten Objekts **POBJ1**. Im Falle von zwei zuvor eingestellten Objekten **POBJ** berechnet die Steuervorrichtung 10 den Druckebenenrang SCR für jede der Druckebenen. Mit einer größten Stromumwandlung der Druckebenenränge SCR kann das neue Objekt **OBJ** an einer optimalen Platzierposition platziert werden. Im obigen Beispiel sind das zuvor eingestellte Objekt **POBJ** und das neue Objekt **OBJ** identische Objekte, jedoch können das zuvor eingestellte Objekt **OBJ** und das neue Objekt **OBJ** unterschiedliche Objekte sein. Dasselbe Verfahren kann auf unterschiedliche Weise angewendet werden, solange wie die Platzierpositionen eingestellt werden, indem ein höherer Druckebenenrang SCR gefunden wird. Dies ermöglicht es, die Platzierposition so zu bestimmen, dass die Füllrate verbessert wird.

[0164] Das nachfolgende beschreibt den Freiraumrang. **Fig. 33** ist eine Ansicht zum Erläutern des Freiraumrangs. (a) von **Fig. 33** illustriert zuvor eingestellte Objekte im Behälter 14b zum Zeitpunkt des Planens, wie das neue Objekt **OBJ** zu platzieren ist.

[0165] Wie in (a) von **Fig. 33** illustriert, gibt es vier zuvor eingestellte Objekte **POBJ1** bis **POBJ4** im Behälter 14b. Um das Objekt **OBJ** auf der oberen Fläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ1** zu platzieren, extrahiert die Steuervorrichtung 10 einen kubischen Raum einer Höhe ESPH, die vom oberen Ende des Behälters 14b bis zur Bodenoberfläche des Objekts **OBJ** reicht (das heißt der oberen Fläche des zuvor eingestellten Objekts **POBJ1**), platziert von oberhalb des Behälters 14b. Die Steuervorrichtung 10 definiert den Raum als einen extrahierten Raum **ESP**. Die Steuervorrichtung 10 extrahiert dann die zuvor eingestellten Objekte aus dem extrahierten Raum **ESP**.

[0166] Im in (a) von **Fig. 33** illustriertem Beispiel sind zwei zuvor eingestellte Objekte **POBJ2** und **POBJ3** im extrahierten Raum **ESP** lokalisiert. Wie in (b) von **Fig. 33** illustriert, bei Sicht des Behälters 14b von oben, extrahiert die Steuervorrichtung 10 eine Region, die keine zuvor eingestellten Objekte enthält und durch die extrahierten, zuvor eingestellten Objekte **POBJ2** und **POBJ3**, das Objekt **OBJ** und den Behälter 14b umgeben ist. Die Steuervorrichtung 10 definiert die extrahierte Region als eine vakante Region **VAR**.

[0167] Das Volumen des Freiraums kann durch Multiplizieren der Fläche der vakanten Region **VAR** mit der Höhe ESPH gefunden werden. Die Steuervorrichtung 10 berechnet den Freiraumrang aus dem Volumen des freien Raums und dem Innenvolumen des Behälters 14b, das heißt dem Gesamtvolumen eines objektplatzierbaren Teils des Behälters 14b, durch den nachfolgenden Ausdruck:

Freiraumrang = Volumen von freiem Raum/Innenvolumen von
Behälter 14b

[0168] Somit berechnet der Freigabeplan-Generator 55 den Freiraumrang und sucht nach der Platzierposition des Objekts **OBJ** mit einem höheren Freiraumrang. Wie oben beschrieben, um den Freiraumrang zu steigern, kann das Volumen des freien Raums einfach vergrößert werden. Folglich sucht die Steuervorrichtung 10 effektiv nach der Position des Objekts **OBJ**, um so eine vakante Region so groß wie möglich sicherzustellen, während die Platzierung des Objekts **OBJ** nahe dem Zentrum des Behälters 14b vermieden wird.

[0169] Um das Volumen des Freiraums zu steigern, wird das Objekt **OBJ** vorzugsweise in einer so niedrigen Lokalisation wie möglich platziert. Um das Objekt **OBJ** in einer niedrigen Lokalisation zu platzieren, sucht die Steuervorrichtung 10 effektiv nach der Platzierposition des Objekts **OBJ**, während vertikale Platzierung des Objekts **OBJ** auf einem anderen Objekt längs der Höhe vermieden wird.

[0170] Folglich kann der Freigabeplan-Generator 55 nach einer Platzierposition des Objekts **OBJ** suchen, um eine höhere Füllrate zu erzielen.

[0171] Nachdem der Freigabeplan-Generator 55 den Freigabeplan erzeugt, erzeugt der Bewegungsplan-Generator 56 die Roboter-Bewegungsinformation am Manipulator 20, der sich von der aktuellen Position zur Freigabeposition RP und der Freigabestellung bewegt. Beim Erzeugen der Roboter-Bewegungsinformation

wählt der Bewegungsplan-Generator eine Hochgeschwindigkeitsbewegung in einer Region aus, wo es nicht möglich ist oder weniger wahrscheinlich, dass der Manipulator **20** mit einem anderen Objekt als dem Objekt **OBJ** beispielsweise interferiert oder kollidiert. Derweil wählt der Bewegungsplan-Generator **56** eine Niedergeschwindigkeitsbewegung in einer Region aus, wo es möglich oder relativ wahrscheinlich ist, dass die Hand **22** oder das Objekt **OBJ** mit einem anderen Objekt als dem Objekt **OBJ** interferieren oder kollidieren, wie in der Situation, dass sich die Hand **22** dem Behälter **14b** beispielsweise nähert oder ihn betritt. Der Bewegungsplan-Generator **56** bestimmt dann einen Zielwert der Kraft, die auf die Hand **22** in dieser Region einwirkt.

[0172] Rückbezug nehmend auf **Fig. 3**, arbeitet der Roboter-Controller **57** gemäß der erzeugten Roboter-Bewegungsinformation und steuert den Manipulator **20** und die Hand **22**, um das Objekt **OBJ** zur Freigabeposition RP zu bewegen und es an der Freigabeposition RP freizugeben (Schritt **S16**). In der Peripherie der Freigabeposition RP des Objekts **OBJ** kann die Wand des Behälters **14b** oder ein Artikel einer ausreichenden Größe lokalisiert sein. In diesem Fall, um das Objekt **OBJ** im Behälter **14b** mit höherer Dichte zu platzieren, steuert der Roboter-Controller **57** die Hand **22**, das Objekt **OBJ** gegen die Oberfläche der Wand oder den Artikel zu drücken. In dem Falle der gedrückten Oberfläche, die relativ stark geneigt ist, gibt die Hand **22** das Objekt **OBJ** durch das angewendete Druckverfahren und drückt Kraft frei, während das Objekt **OBJ** in engen Kontakt mit der gedrückten Oberfläche gedrückt wird.

[0173] Nach Freigeben des Objekts **OBJ** steuert der Roboter-Controller **57** die Hand **22**, sich aus dem Behälter **14b** zu bewegen und steuert den Manipulator **20**, um in einer Bereitschaftshaltung platziert zu sein (Schritt **S17**).

[0174] Der Roboter-Controller **57** führt beispielsweise eine Schwerkraftkompensation zum Einstellen des detektierten Werts des Kraftsensors **31** durch (Schritt **S18**). Der detektierte Wert in diesem Zustand ist als Null definiert. In Reaktion auf die Bestimmung der Greifhaltung des nächsten Objekts **OBJ** steuert der Roboter-Controller **57** den Manipulator **20** und die Hand **22**, um die Hand **22** in einer Kalibrierungshaltung zu platzieren, welche im Wesentlichen die gleiche wie die Greifhaltung ist, und führt eine Schwerkraftkompensation durch.

[0175] Nachfolgend bestimmt der Integrator **51**, ob er eine Beförderungsanweisung oder Handhabungsanweisung für das nächste Objekt **OBJ** aus der externen Vorrichtung über die externe I/F **71** erhalten hat (Schritt **S19**).

[0176] Beim Bestimmen, eine Beförderungsanweisung oder Handhabungsanweisung für das nächste Objekt **OBJ** aus der externen Vorrichtung über die externe I/F **71** im Schritt **S19** empfangen zu haben (Ja im Schritt **S19**), kehrt der Integrator **51** zu Schritt **S2** zurück und startet eine Reihe von Steuerungen über das nächste Objekt **OBJ**. Beim Bestimmen, keine Beförderungsanweisung für das nächste Objekt **OBJ** im Schritt **S19** empfangen zu haben (Nein im Schritt **S19**), beendet der Integrator **51** die Steuerabfolge.

[0177] Wie oben beschrieben, kann das Objekt-Handhabungssystem **1** der vorliegenden Ausführungsform Objekte durch ein leicht durchführbares und schnelles Verfahren greifen und handhaben, um mit Hindernissen in der Umgebung zu interferieren.

[0178] Das Nachfolgende beschreibt eine Modifikation der Ausführungsform. **Fig. 34** illustriert ein Beispiel des Einstellens der Platzierpositionen unterschiedlicher Arten von Objekten.

[0179] Um unterschiedliche Arten von Objekten **OBJ1** und **OBJ2** zu platzieren, wie in **Fig. 34** illustriert, werden Freigabeposition **ARL1** und **ARL3** so eingestellt, dass die Objekte derselben Art in derselben Fläche platziert werden.

[0180] Spezifisch wird eine Fläche **DAR1** den Objekten **OBJ1** zugewiesen und wird eine Fläche **DAR2** den Objekten **OBJ2** zugewiesen.

[0181] Die Freigabeposition **ARL1** und **ARL2** der Objekte **OBJ1** werden in der Fläche **DAR1** eingestellt. Die Freigabeposition **ARL3** der Objekte **OBJ2** wird in der Fläche **DAR2** eingestellt.

[0182] Als Ergebnis werden die Objekte derselben Art an derselben Freigabeposition platziert. Diese Anordnung kann die Objektfüllrate des Behälters verbessern und das Auftreten eines Lastzusammenbruchs verhindern.

[0183] Falls es mehrere Positionen gibt, an welchen das neue Objekt **OBJ** platzieren werden kann, stellt die Steuervorrichtung **10** die Platzier-Position so ein, dass die Position des Schwerpunkts der Objekte im Behälter **14b** gesenkt wird.

[0184] **Fig. 35A** und **Fig. 35B** illustrieren ein Beispiel des Einstellens der Platzier-Position, wobei die Position des Schwerpunkts berücksichtigt wird. Um die Platzier-Position des neuen Objekts **OBJ** einzustellen, gibt es eine erste Freigabeposition **ARL11**, die an der Bodenfläche des Behälters **14b** lokalisiert ist, wie in **Fig. 35A** illustriert, und eine zweite Freigabeposition **ARL12**, die an der oberen Fläche des Objekts **POBJ** lokalisiert ist, das zuvor an der Bodenfläche des Behälters **14b** eingestellt ist, wie in **Fig. 35B** illustriert. In diesem Fall ist der Schwerpunkt aller Objekte im Behälter **14b** nach Platzierung des Objekts **OBJ** niedriger in Position in **Fig. 35A** (OK) als in **Fig. 35B** (NG).

[0185] Somit, um die Platzier-Position des neuen Objekts **OBJ** einzustellen, wählt die Steuervorrichtung **10** vorzugsweise die erste Freigabeposition **ARL11**, welche der Position des Schwerpunkts der Objekte im Behälter **14b** gestattet, niedriger zu sein, zur zweiten Freigabeposition **ARL12**. Platzieren des Objekts **OBJ** an der ausgewählten Position wie oben, kann die Stabilität des Behälters **14b** während des Förderns oder Transports verbessern und effizienter einen Lastkollaps verhindern.

[0186] Die Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform und Modifikation weist eine Hardware-Konfiguration eines typischen Computers auf, einschließlich einer Steuereinheit wie etwa einer Zentraleinheit (CPU) oder einem oder mehreren Prozessoren, eine Speichervorrichtung, wie etwa einen Nurlesespeicher (ROM) und einen Wahlfreizugriffsspeicher (RAM), eine externe Speichervorrichtung wie etwa ein Festplattenlaufwerk (HDD) und eine CD-Laufwerksvorrichtung, eine Anzeigevorrichtung wie etwa eine Anzeige und eine Eingabevorrichtung wie etwa eine Tastatur und eine Maus.

[0187] Durch die Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform und Modifikation ausgeführte Computerprogramme werden in einem installierbaren oder ausführbaren Dateiformat auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsmedium aufgezeichnet und bereitgestellt, wie etwa einem Compact-Disc-Nurlesespeicher (CD-ROM), einem Universal Serial Bus (USB)-Speicher, einer Halbleiterspeichervorrichtung wie etwa einer Solid State Drive (SSD) und einer Digital Versatile Disc (DVD).

[0188] Durch die Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform und Modifikation ausgeführte Computerprogramme können in einem mit einem Netzwerk, wie etwa dem Internet verbundenen Computer gespeichert und bereitgestellt werden, indem sie über das Netzwerk heruntergeladen werden. Weiter können die durch die Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform und Modifikation ausgeführten Computerprogramme über ein Netzwerk bereitgestellt und verteilt werden, wie etwa das Internet. Die durch die Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform und Modifikation ausgeführten Computerprogramme können in beispielsweise einem ROM inkorporiert und bereitgestellt sein.

[0189] Während gewisse Ausführungsformen beschrieben worden sind, sind diese Ausführungsformen nur exemplarisch präsentiert worden, und sollen den Schutzzumfang der Erfindungen nicht beschränken. Tatsächlich können die hierin beschriebenen neuen Ausführungsformen in einer Vielzahl anderer Formen ausgeführt werden, somit können verschiedene Weglassungen, Substitutionen und Änderungen in der Form der hierin beschriebenen Ausführungsformen gemacht werden, ohne vom Geist der Erfindung gemäß den Ansprüchen abzuweichen. Die beigefügten Ansprüche und ihre Äquivalente sollen solche Formen oder Modifikationen, die in den Schutzzumfang und Geist der Erfindung fallen würden, mit abdecken.

Patentansprüche

1. Objekt-Handhabungsvorrichtung (10), die eine Hand (22) veranlasst, ein Objekt (OBJ) zu greifen und in einen Behälter (14b) zu transferieren, wobei die Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) einen oder mehrere Prozessoren umfasst, die konfiguriert sind:
eine Platzierposition des Objekts (OBJ) in dem Behälter (14b) zu berechnen, auf Basis von Information zu einem Hindernis im Behälter, einer Interferenzregion (ARI2) der Hand (22), die mit einem anderen Objekt in dem Behälter interferiert, und ein Interferenzregion (ARI1) des gegriffenen Objekts (OBJ), das mit dem anderen Objekt interferiert; und
als eine Freigabeposition (RP) des gegriffenen Objekts (OBJ) eine Position vertikal über der Platzierposition innerhalb einer gegebenen Distanz zu berechnen, wobei
die Prozessoren die Freigabeposition (RP) so einstellen, dass das gegriffene Objekt (OBJ) vertikal direkt über der Platzierposition platziert wird, und

die Prozessoren die Freigabeposition (RP) so berechnen, dass die Interferenzregion (ARI2) der Hand (22) nicht mit dem Behälter (14b) oder dem Hindernis im Behälter interferiert.

2. Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) gemäß Anspruch 1, wobei die Prozessoren einen Betrag von geometrischen oder dynamischen Merkmalen des Objekts (OBJ) zur Freigabe berechnen, eine Distanz zwischen der Platzierposition und einer Position des Objekts (OBJ) bei Freigabe berechnen und eine Höhe der Freigabeposition (RP) zum Aufrechterhalten physikalischer Stabilität des Objekts nach Freigabe berechnen.

3. Objekt-Handhabungsvorrichtung (10), welche eine Hand (22) veranlasst, ein Objekt (OBJ) zu greifen und in einen Behälter (14b) zu transferieren, wobei die Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) einen oder mehrere Prozessoren umfasst, die konfiguriert sind:

um ein neues Objekt (OBJ) von kubusförmiger Form in dem Behälter (14b), der ein zuvor eingestelltes Objekt (POBJ) einer kubusförmigen Form enthält, zu platzieren, während das neue Objekt (OBJ) gegen das zuvor eingestellte Objekt gedrückt wird, auf Basis von Information zu einem Hindernis im Behälter (14b), nach zwei Oberflächen des zuvor eingestellten Objekts (POBJ) und des neuen Objekts (OBJ) zu suchen, damit sie eine Kontaktoberfläche so werden, dass eine Fläche der Kontaktoberfläche so groß wie möglich ist und dass eine Differenz bei der Fläche zwischen den zwei Oberflächen so klein wie möglich ist; und zumindest eine Platzier-Position zwischen der Platzier-Position und einer Platzierhaltung des Objekts (OBJ) im Behälter (14b) auf Basis eines Ergebnisses der Suche zu berechnen.

4. Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) gemäß Anspruch 1, wobei die Prozessoren einen pressebenen Rang (SCR) durch den nachfolgenden Ausdruck berechnet:

$$SCR = \frac{S_{Com}}{S_{From} + S_{Side}} \times \left(1 - \frac{|S_{From} - S_{To}|}{S_{From} + S_{To}} \right)$$

Wobei S_{To} eine Fläche einer gedrückten Oberfläche (PP1) des zuvor eingestellten Objekts (POBJ) repräsentieren, in welches das neue Objekt (OBJ) gedrückt wird, S_{From} eine Fläche einer drückenden Oberfläche (PP2) des neuen Objekts (OBJ) repräsentiert, welche das zuvor eingestellte Objekt (POBJ) drückt, S_{Side} eine Fläche einer Seitenoberfläche (PPS) des neuen Objekts (OBJ) repräsentiert, das in einer Richtung lokalisiert ist, die eine Drückrichtung (DRP) schneidet, und S_{Com} eine Fläche von Kontakt zwischen dem zuvor eingestellten Objekt (POBJ) und dem neuen Objekt (OBJ) repräsentiert, und die Prozessoren nach zwei Oberflächen mit einem höheren Druckebenen-Rang (SRC) suchen, die Kontaktflächen zu sein.

5. Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Prozessoren eine Vielzahl von Flächen in dem Behälter (14b) einstellen, um die Platzier-Position des Objekts (OBJ) in den Flächen einzustellen und die Flächen in Übereinstimmung mit einer Art des Objekts (OBJ) zum Transfer zuweisen.

6. Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Prozessoren die Platzier-Position des Objekts (OBJ) so berechnen, dass der Schwerpunkt des gesamten Behälters (14b) nach Platzierung des Objekts (OBJ) gegenüber der Platzierung des Objektes gesenkt wird.

7. Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Prozessoren Information zu einem Hindernis im Behälter (14b) durch Kombinieren von Verlaufsinformation zum Objekt (OBJ), das im Behälter platziert ist, und von Sensordaten zum Objekt (OBJ) an einer tatsächlichen Position im Behälter berechnen.

8. Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Prozessoren vorab eine Größe eines kubusförmigen Objektes (OBJ), das durch die Hand (22) zu greifen ist, erfassen und in Übereinstimmung mit der erfassten Größe bestimmen, welche eine von Oberflächen des kubusförmigen Objekts (OBJ) die Hand (22) zum Greifen hat, um so das Objekt im Behälter (14b) zu platzieren, und die Prozessoren die Hand veranlassen, die eine der Oberflächen des kubusförmigen Objekts (OBJ) auf Basis eines Bestimmungsergebnisses zu greifen.

9. Computerprogrammprodukt, das programmierte Anweisungen enthält, die ausgeführt sind in und gespeichert auf einem nicht transitorischen computerlesbaren Medium, wobei die Anweisungen einen Computer veranlassen, eine Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) zu steuern, die eine Hand (22) veranlasst, ein Objekt (OBJ) zu greifen und in einen Behälter (14b) zu transferieren, wobei die Anweisung bei der Ausführung durch den Computer, den Computer veranlassen, auszuführen:

Berechnen einer Platzier-Position des Objekts (OBJ) im Behälter (14b) auf Basis von Information zu einem Hindernis im Behälter, einer Interferenzregion (ARI2) der Hand (22), die mit einem anderen Objekt in dem Behälter interferiert, und einer Interferenzregion (ARI1) des gegriffenen Objekts (OBJ), das mit dem anderen Objekt interferiert; und

Berechnen, als einer Freigabeposition (RP) des gegriffenen Objekts (OBJ) einer Position vertikal über der Platzier-Position innerhalb einer gegebenen Distanz, wobei

die Freigabeposition (RP) so eingestellt ist, dass das gegriffene Objekt (OBJ) vertikal direkt über der Platzierposition platziert wird, und

die Freigabeposition (RP) so berechnet ist, dass die Interferenzregion (ARI2) der Hand (22) nicht mit dem Behälter (14b) oder dem Hindernis im Behälter interferiert.

10. Computerprogrammprodukt, das programmierte Anweisungen enthält, die ausgeführt sind in und gespeichert auf einem nicht transitorischen computerlesbaren Medium, wobei die Anweisungen einen Computer veranlassen, eine Objekt-Handhabungsvorrichtung (10) zu steuern, die eine Hand (22) veranlasst, ein Objekt (OBJ) zu greifen und in einen Behälter (14b) zu transferieren, wobei die Anweisungen bei Ausführung durch den Computer den Computer veranlassen, auszuführen:

Suchen nach, um ein neues Objekt (OBJ) einer kubusförmigen Form im Behälter (14b) zu platzieren, der ein zuvor eingestelltes Objekt (OBJ) einer kubusförmigen Form enthält, während das neue Objekt (OBJ) gegen das zuvor eingestellte Objekt (POBJ) gedrückt wird, auf Basis von Information zum Hindernis im Behälter, zwei Oberflächen des zuvor eingestellten Objekts (POBJ) und des neuen Objekts (OBJ), eine Kontaktoberfläche zu werden, so dass eine Fläche der Kontaktoberfläche so groß wie möglich ist und eine Differenz bei der Fläche zwischen zwei Oberflächen so klein wie möglich ist; und

Berechnen zumindest einer Platzier-Position zwischen der Platzier-Position und einer Platzierstellung des Objekts (OBJ) im Behälter (14b) auf Basis eines Ergebnisses der Suche.

Es folgen 30 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

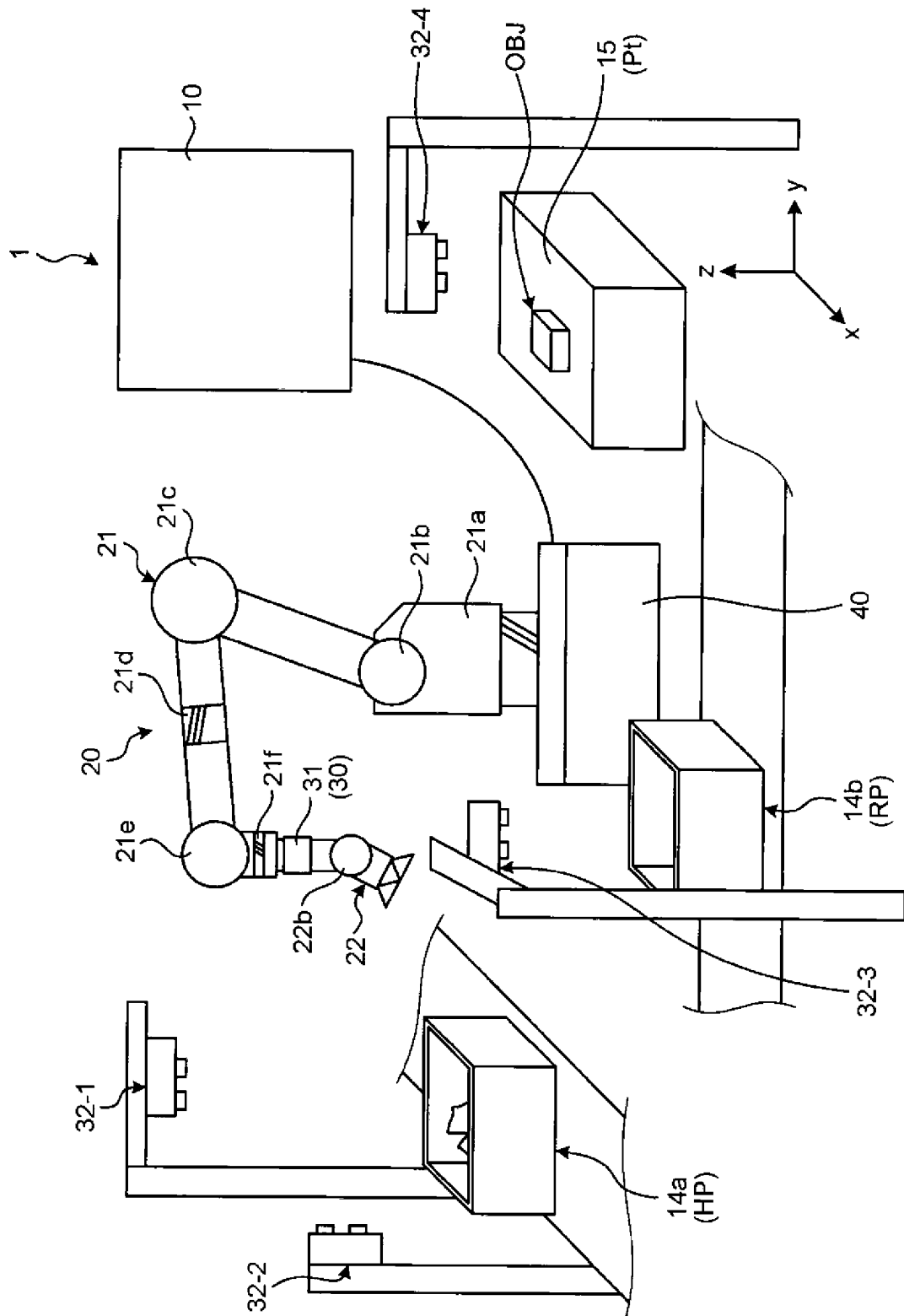


FIG.2

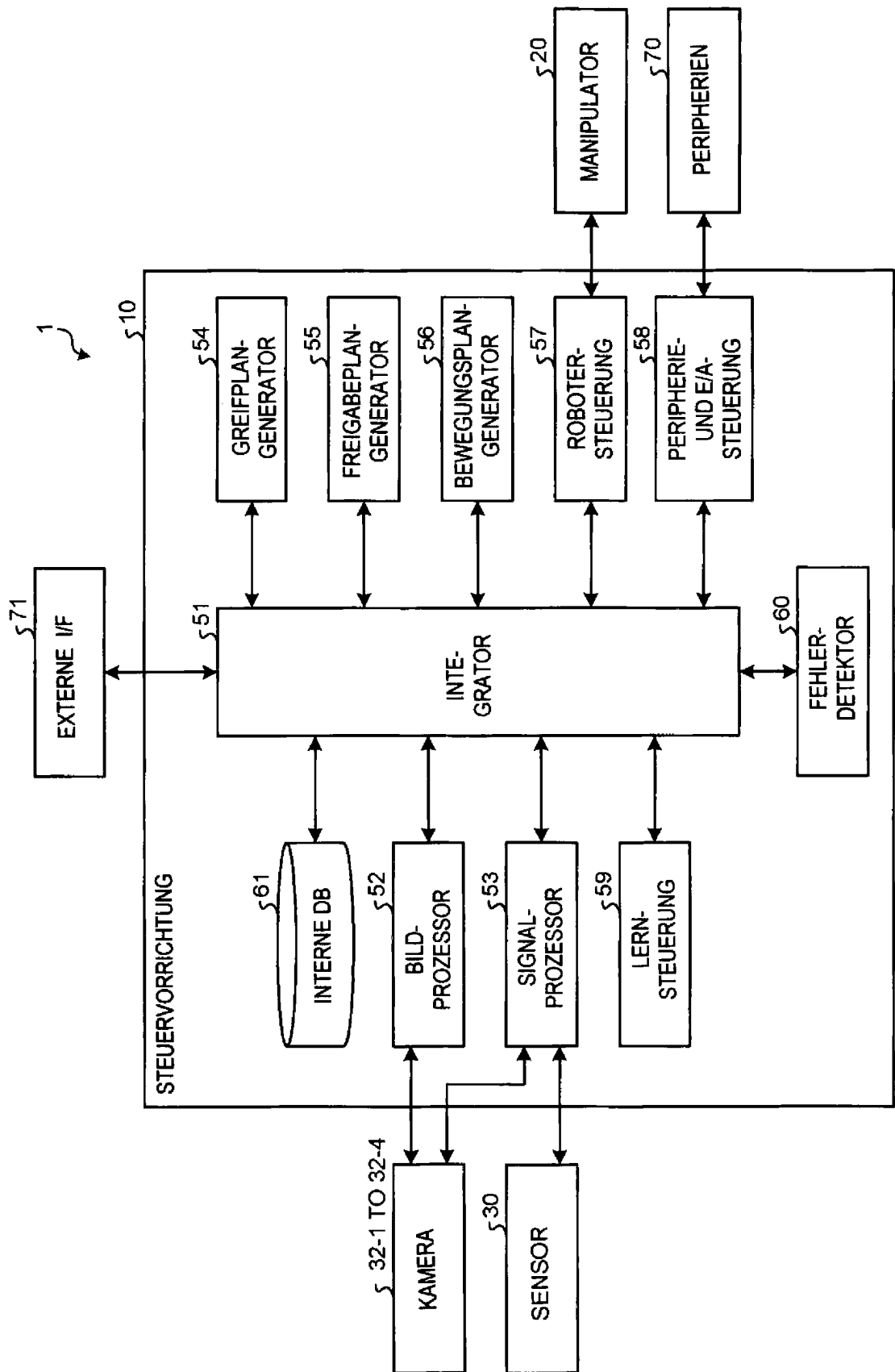


FIG.3

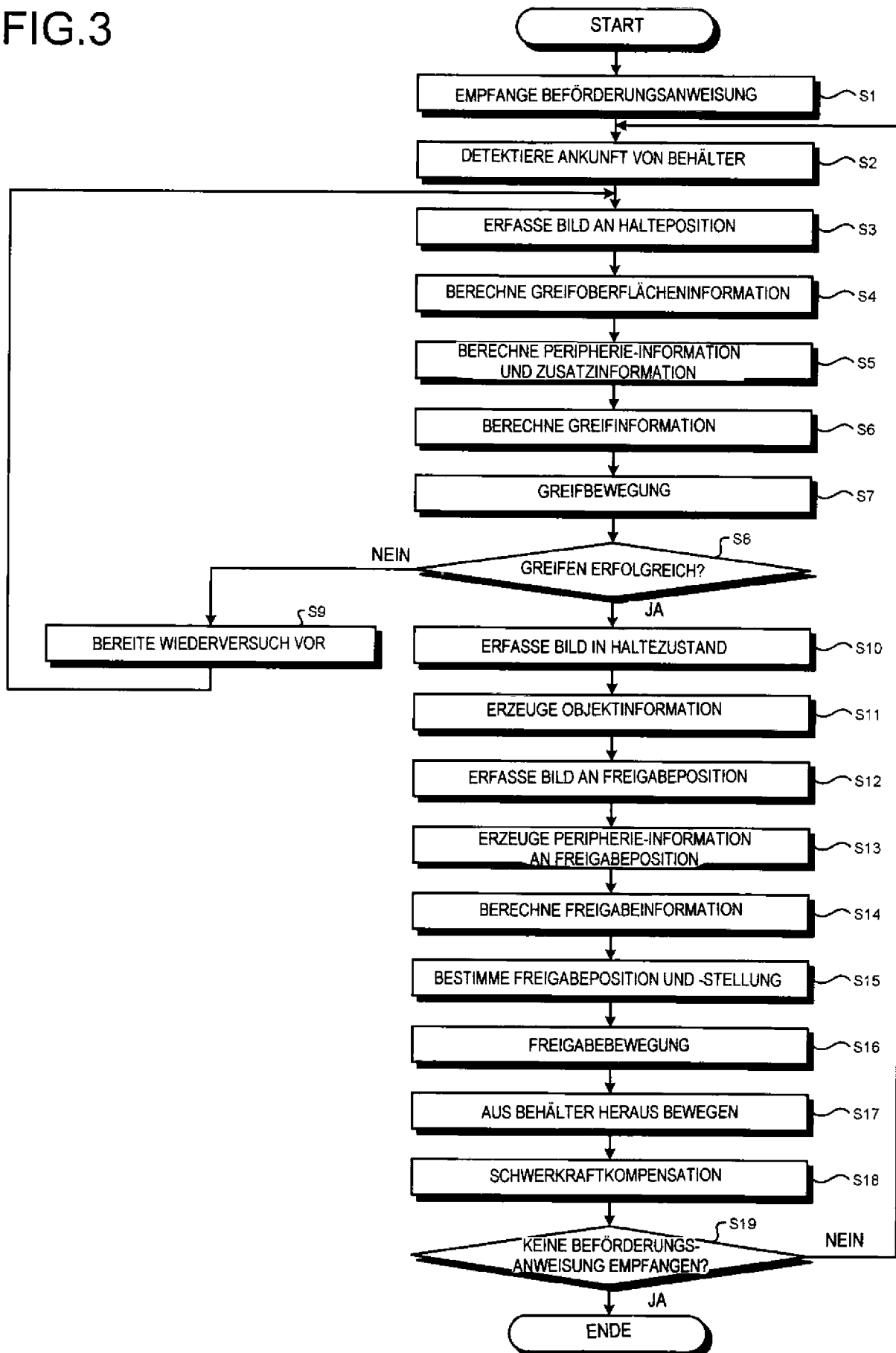


FIG.4

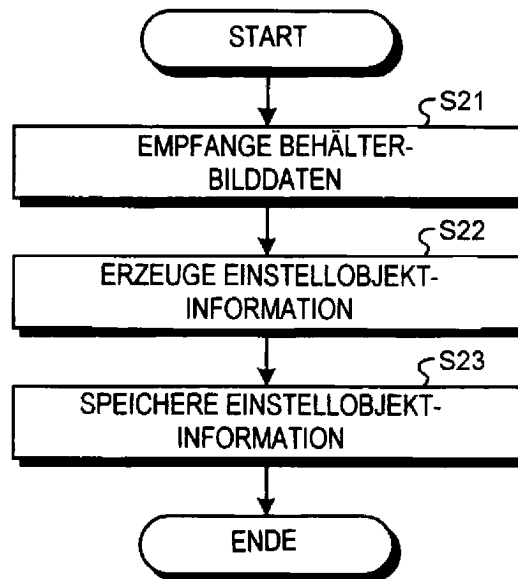


FIG.5

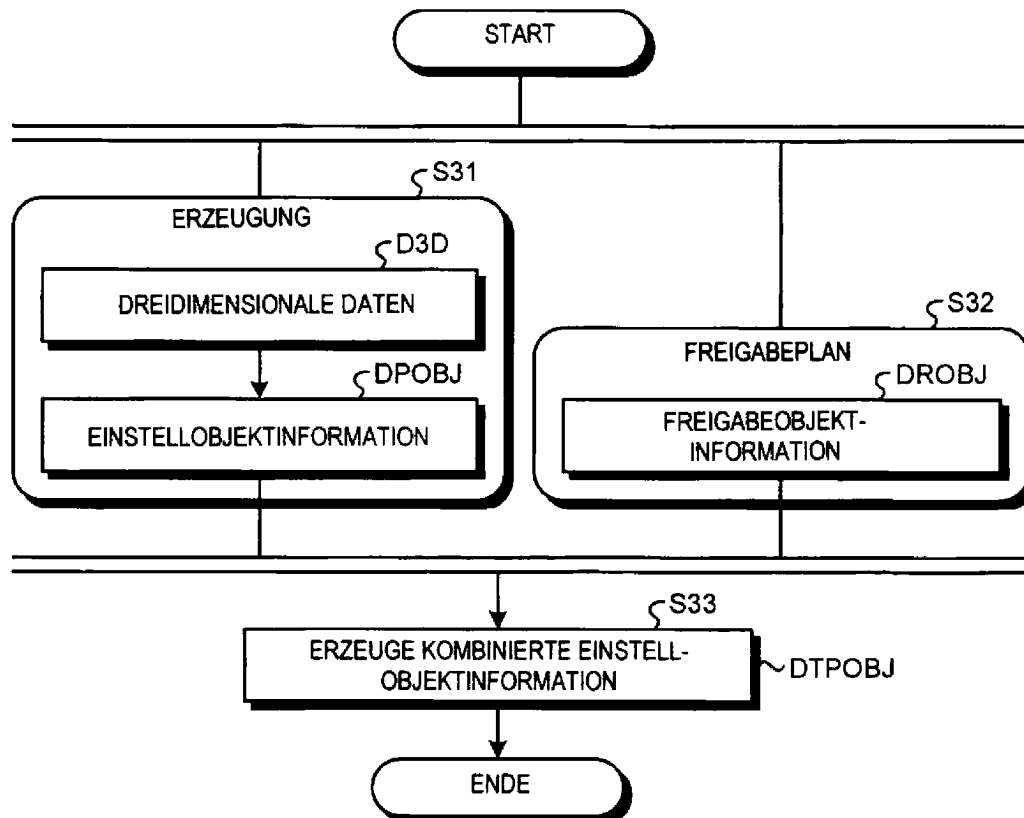


FIG.6A

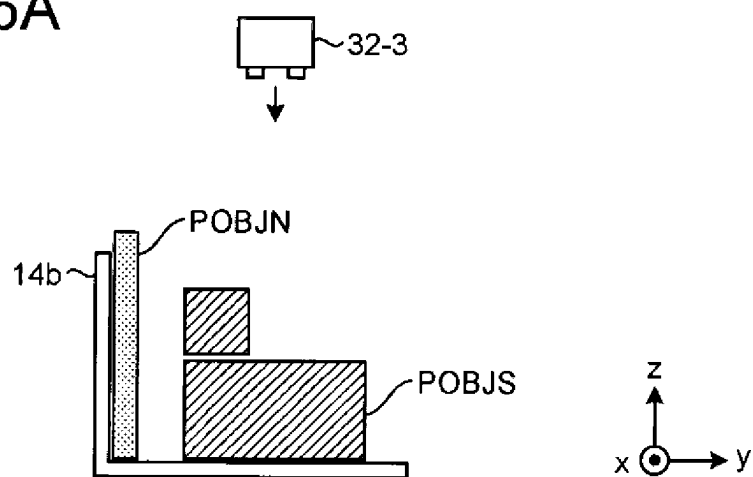


FIG.6B

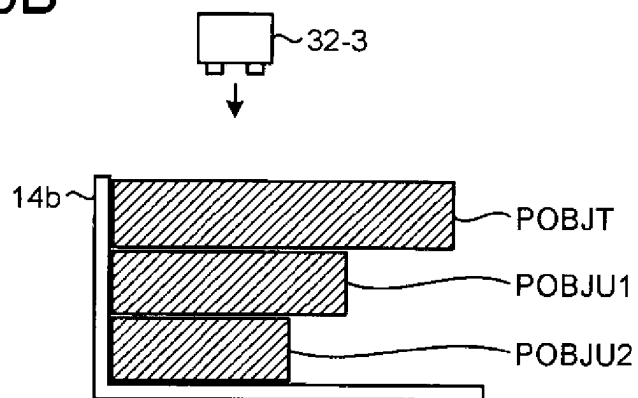


FIG.7

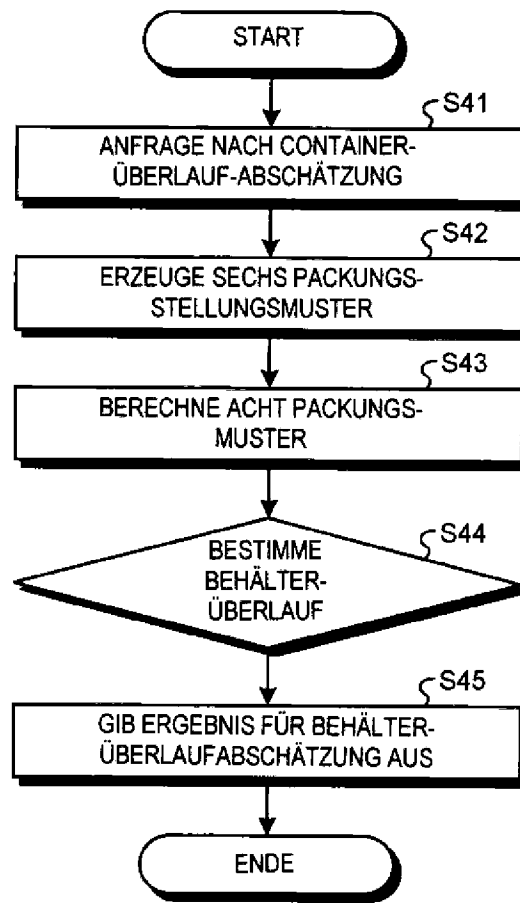


FIG.8

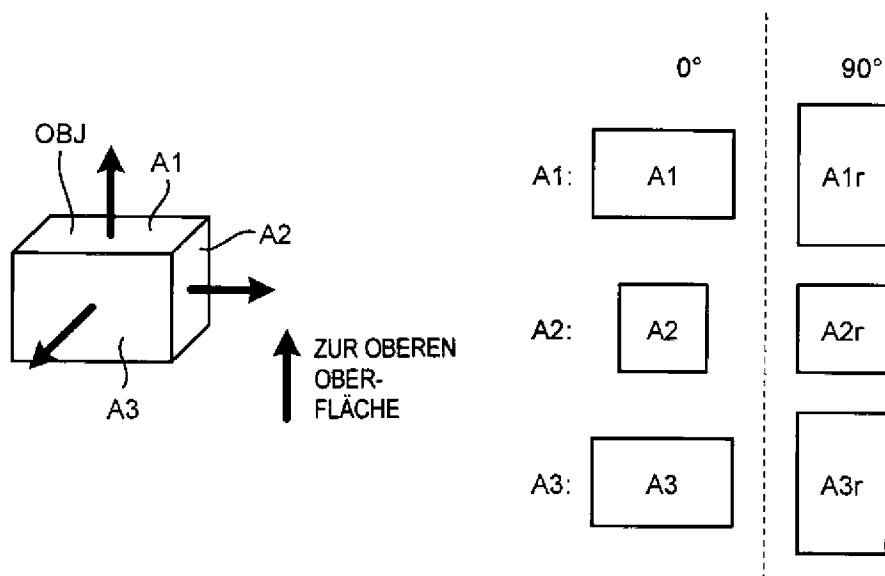
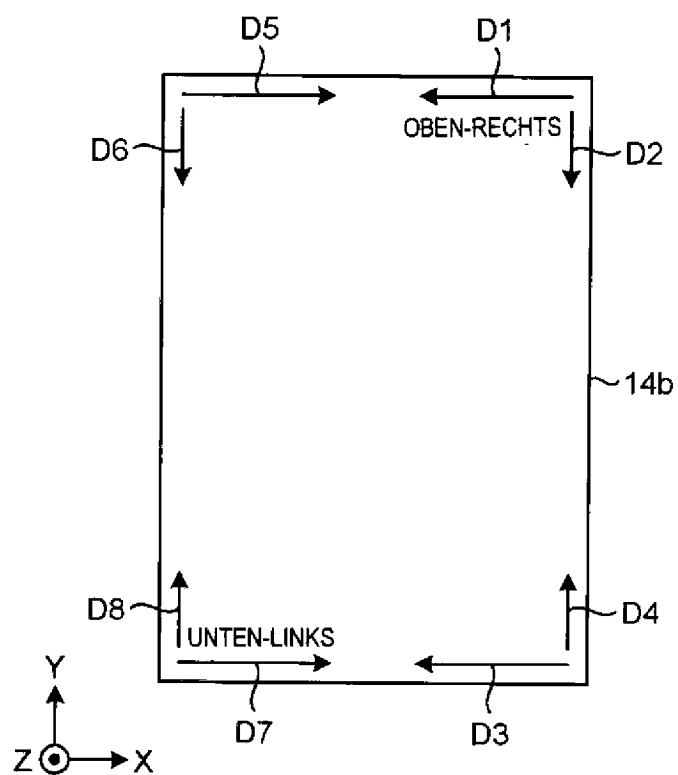


FIG.9



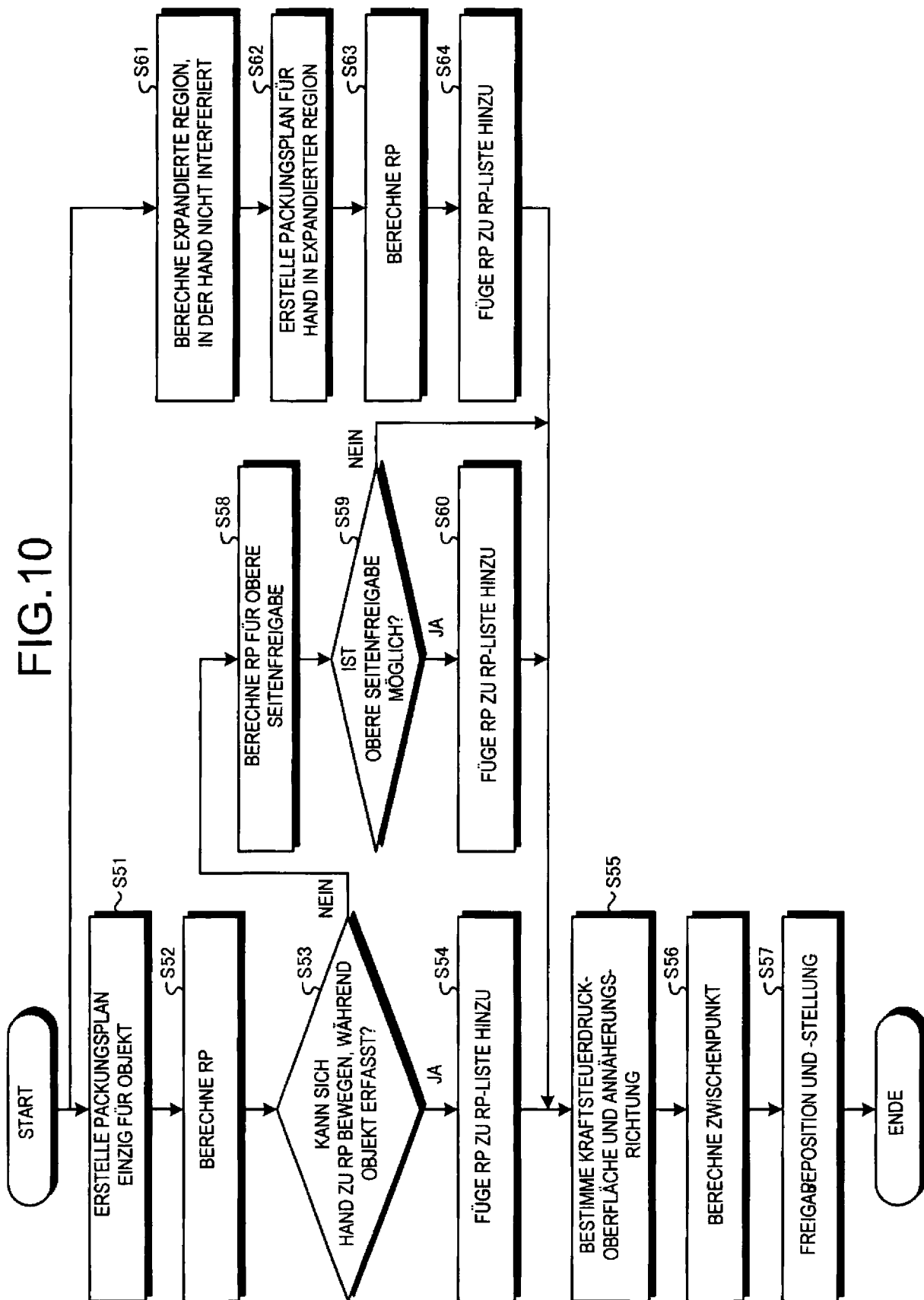


FIG.11

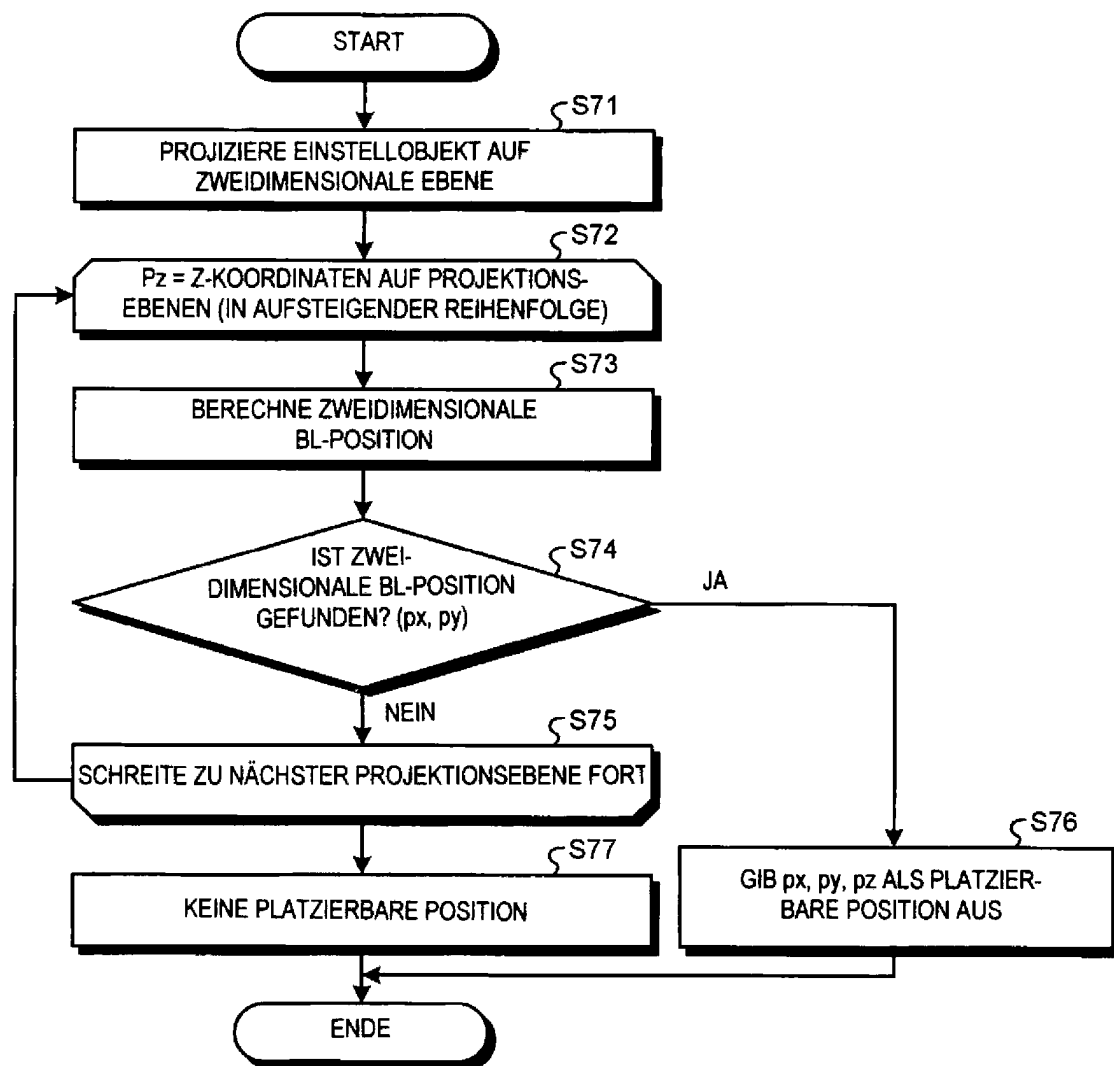


FIG.12

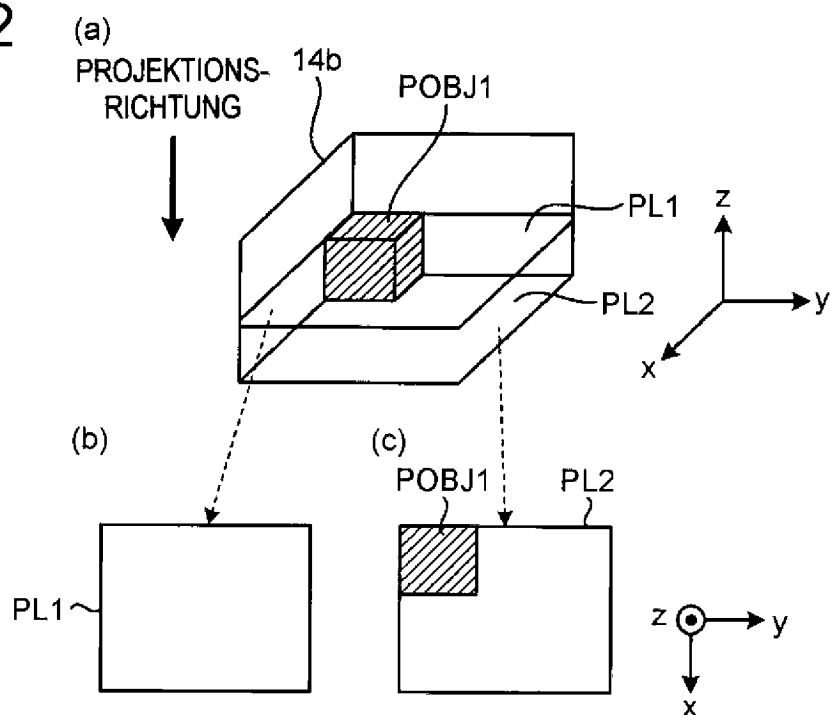


FIG.13

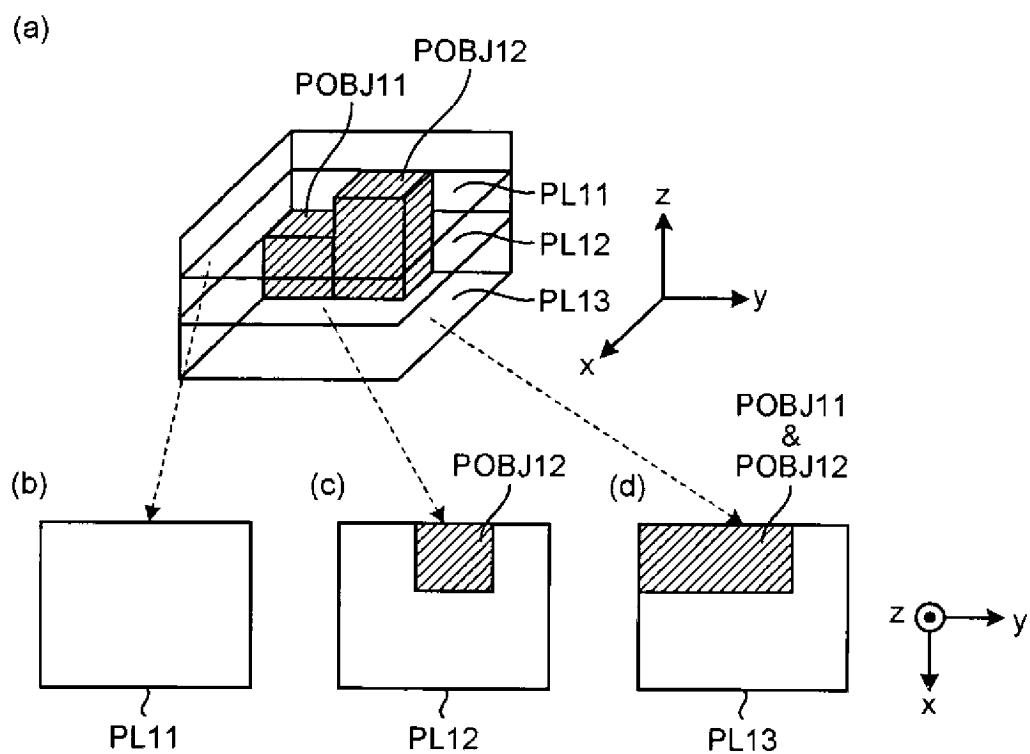


FIG.14

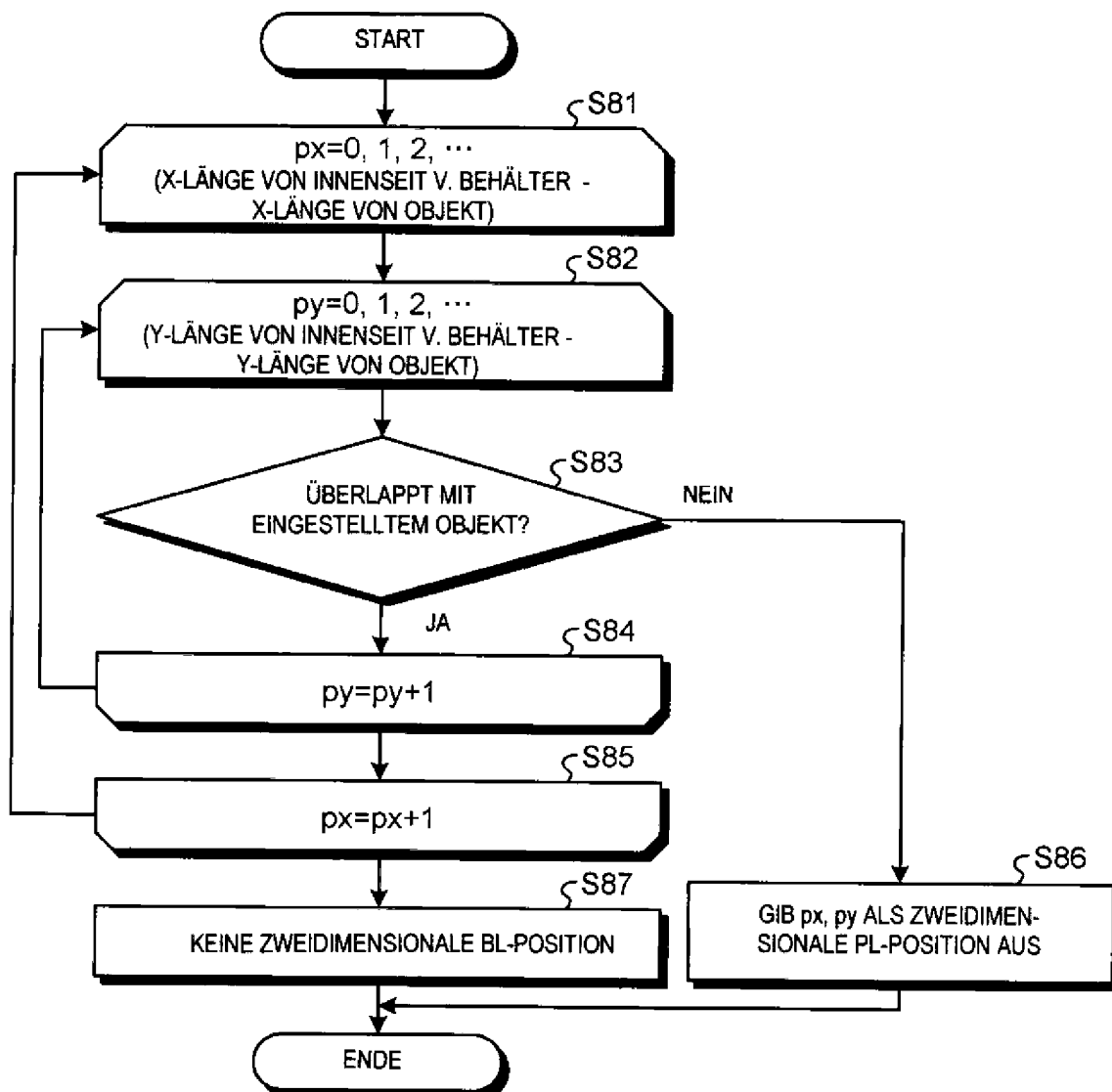


FIG.15A

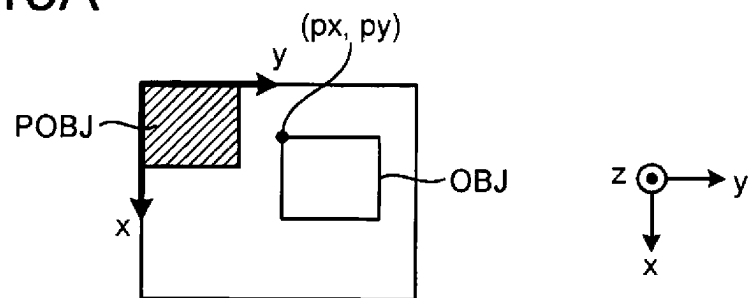


FIG.15B

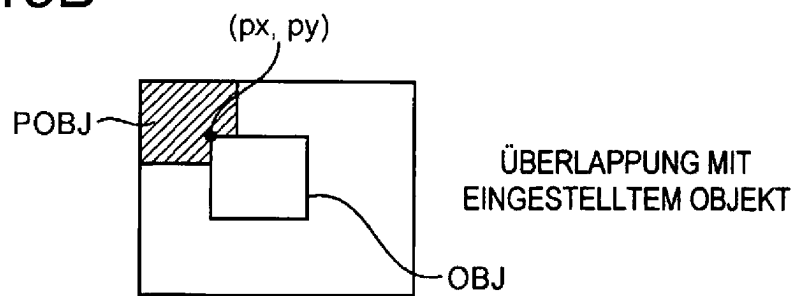


FIG.15C

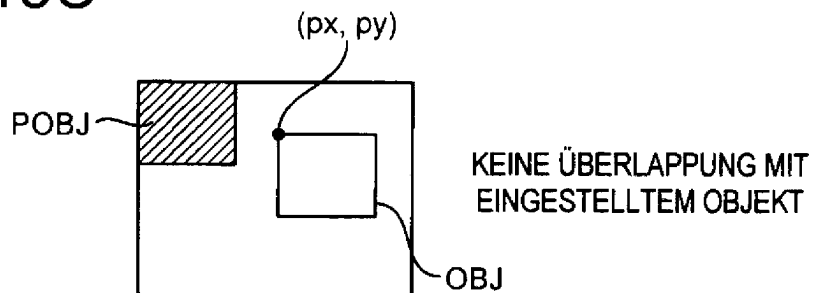


FIG.16A

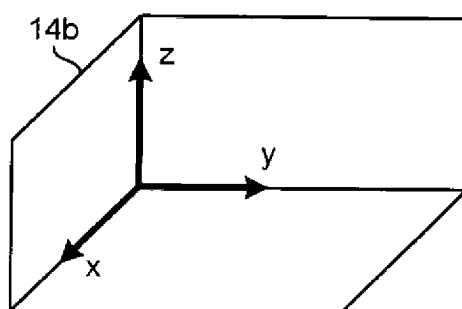


FIG.16B

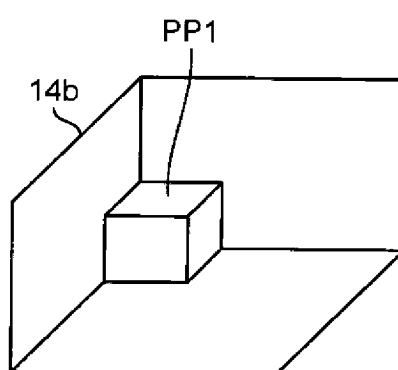


FIG.16C

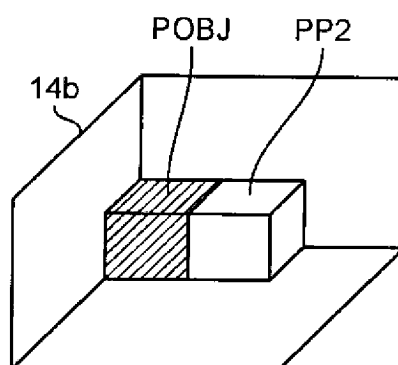


FIG.16D

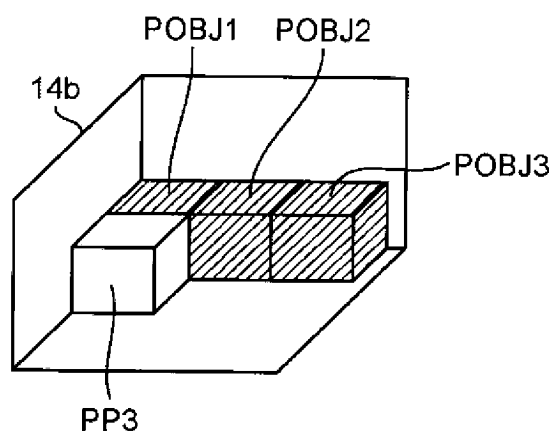


FIG.17A

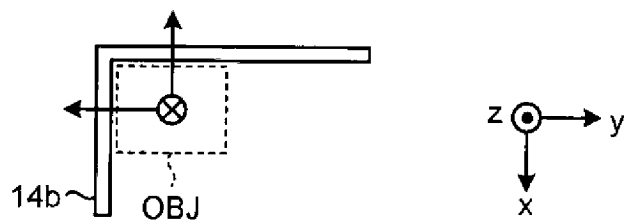


FIG.17B

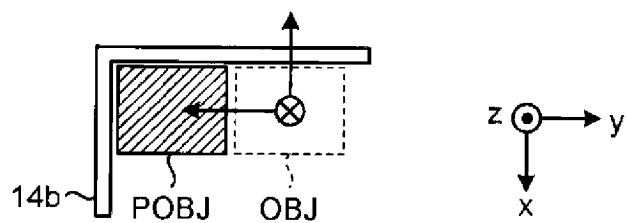


FIG.17C

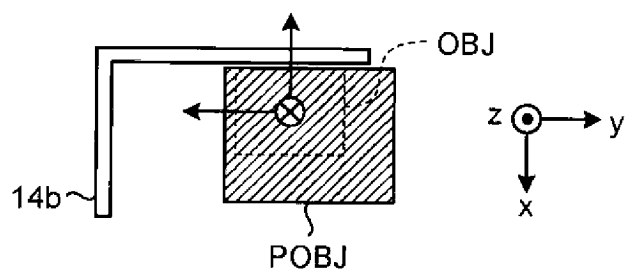


FIG.17D

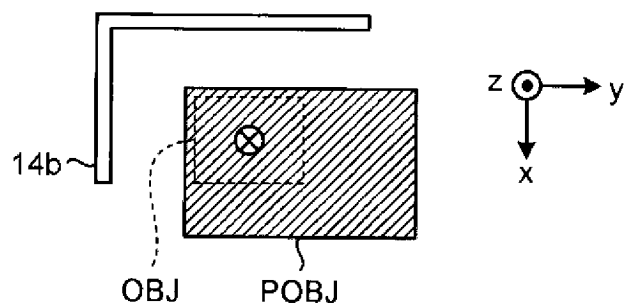


FIG.18A

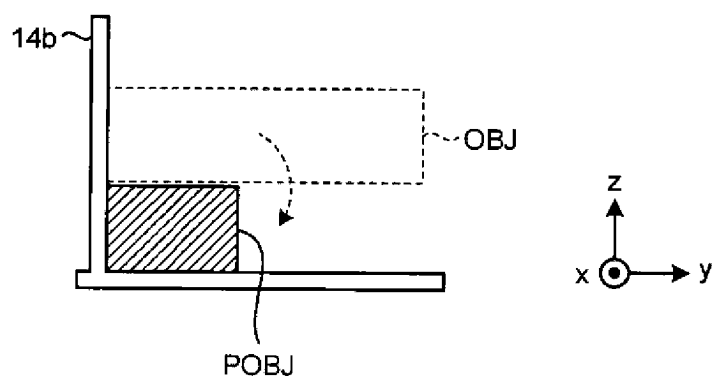


FIG.18B

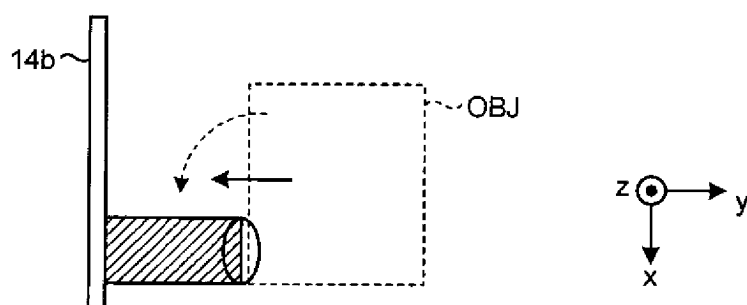


FIG.19

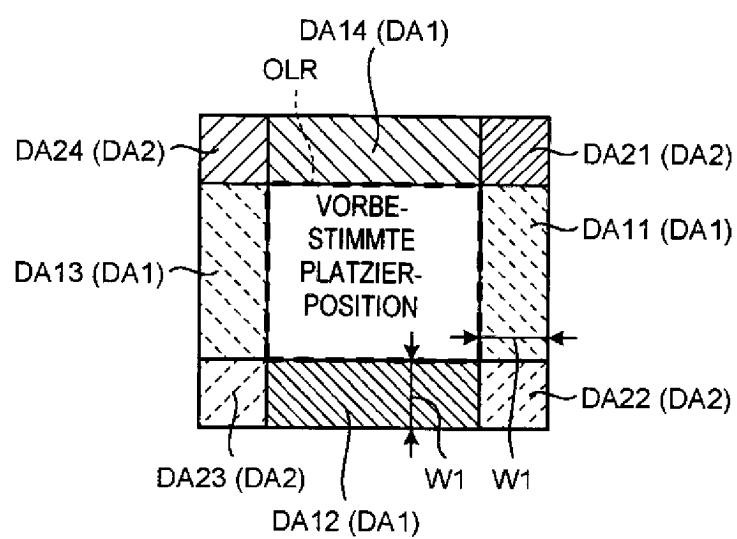


FIG.20A

SCHRÄGE ANNÄHERUNG

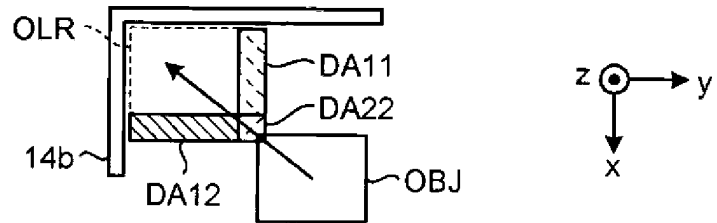


FIG.20B

SEITLICHE ANNÄHERUNG

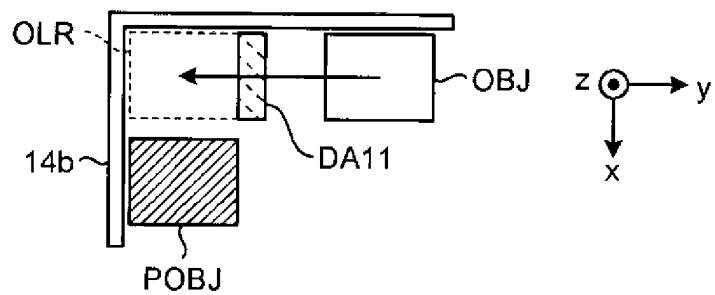


FIG.20C

ÜBERKOPF-ANNÄHERUNG

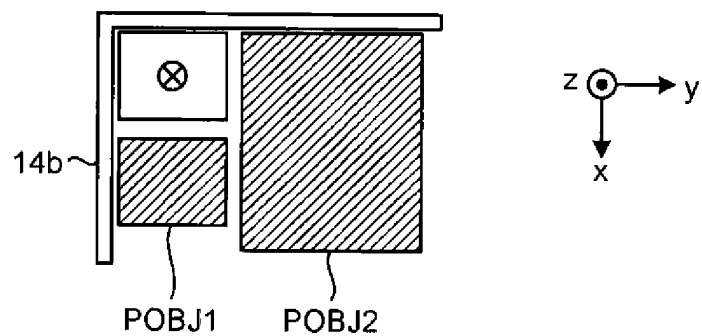


FIG.21

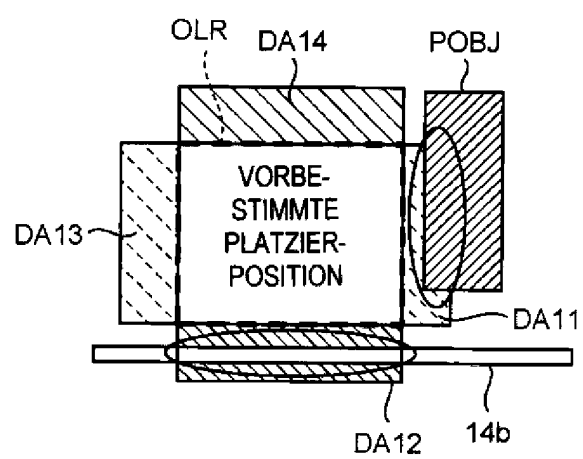


FIG.22A

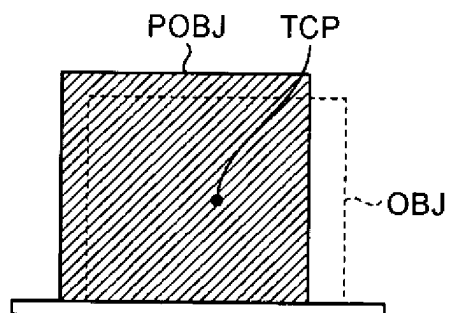


FIG.22B

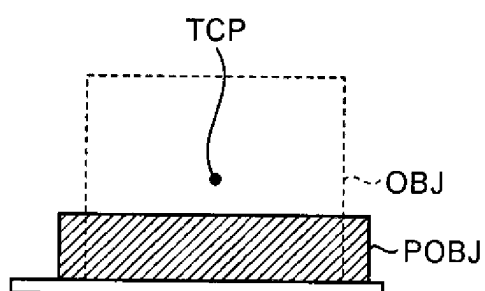


FIG.22C

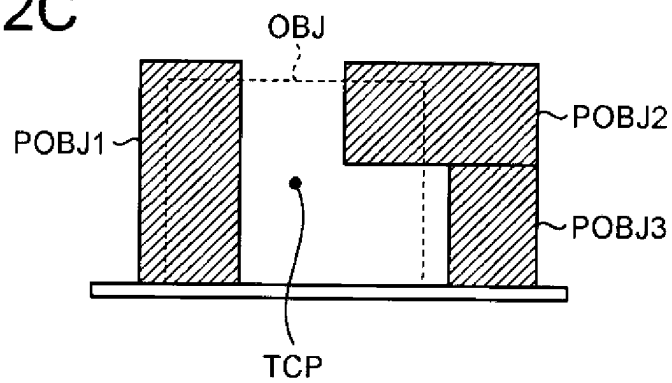


FIG.22D

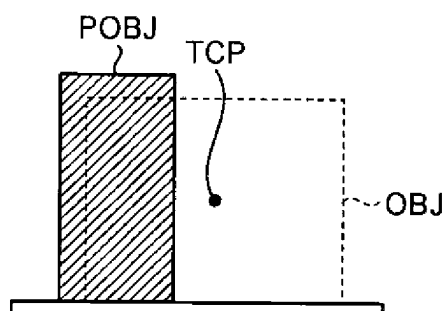


FIG.23

SCHRÄGE ANNÄHERUNG	SEITLICHE ANNÄHERUNG	SCHRÄGES DRÜCKEN	SEITLICHES DRÜCKEN	ANNÄHERUNGS- RICHTUNG	DRUCK- RICHTUNG
JA	JA / NEIN	JA	JA / NEIN	SCHRÄG	SCHRÄG
JA	JA / NEIN	NEIN	JA	SCHRÄG	SEITLICH
JA	JA / NEIN	NEIN	NEIN	SCHRÄG	ÜBERKOPF
NEIN	JA	JA / NEIN	JA	SEITLICH	SEITLICH
NEIN	JA	JA / NEIN	NEIN	SEITLICH	ÜBERKOPF
NEIN	NEIN	JA / NEIN	JA / NEIN	ÜBERKOPF	ÜBERKOPF

FIG.24

SCHRÄGE ANNÄHERUNG	SEITLICHE ANNÄHERUNG	SCHRÄGES DRÜCKEN	SEITLICHES DRÜCKEN	ANNÄHERUNGS- RICHTUNG	DRUCK- RICHTUNG
JA	JA / NEIN	JA	JA / NEIN	SCHRÄG	SCHRÄG
JA	JA / NEIN	NEIN	JA	SCHRÄG	SEITLICH
JA	JA / NEIN	NEIN	NEIN	SCHRÄG	ÜBERKOPF
NEIN	JA	JA / NEIN	JA	SEITLICH	ÜBERKOPF
NEIN	JA	JA / NEIN	NEIN	SEITLICH	ÜBERKOPF
NEIN	NEIN	JA / NEIN	JA / NEIN	ÜBERKOPF	ÜBERKOPF

FIG.25

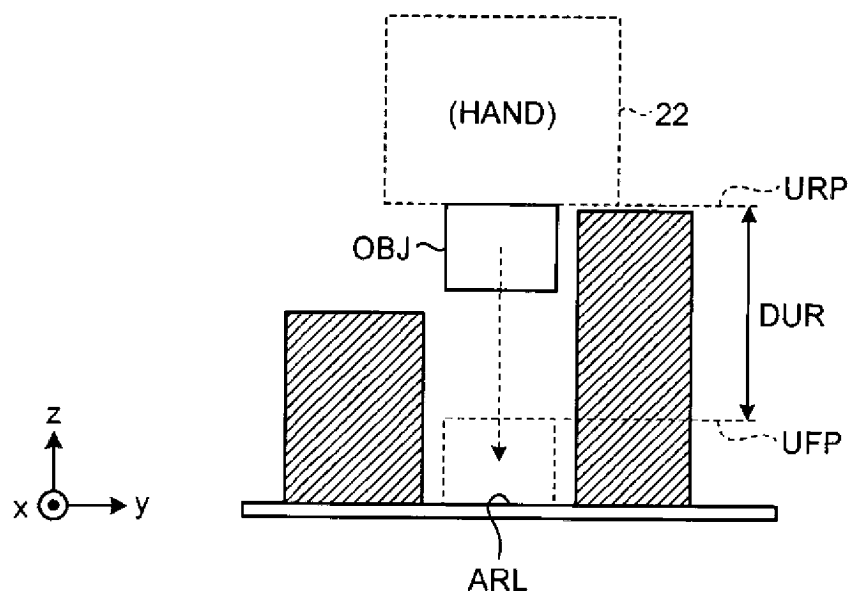
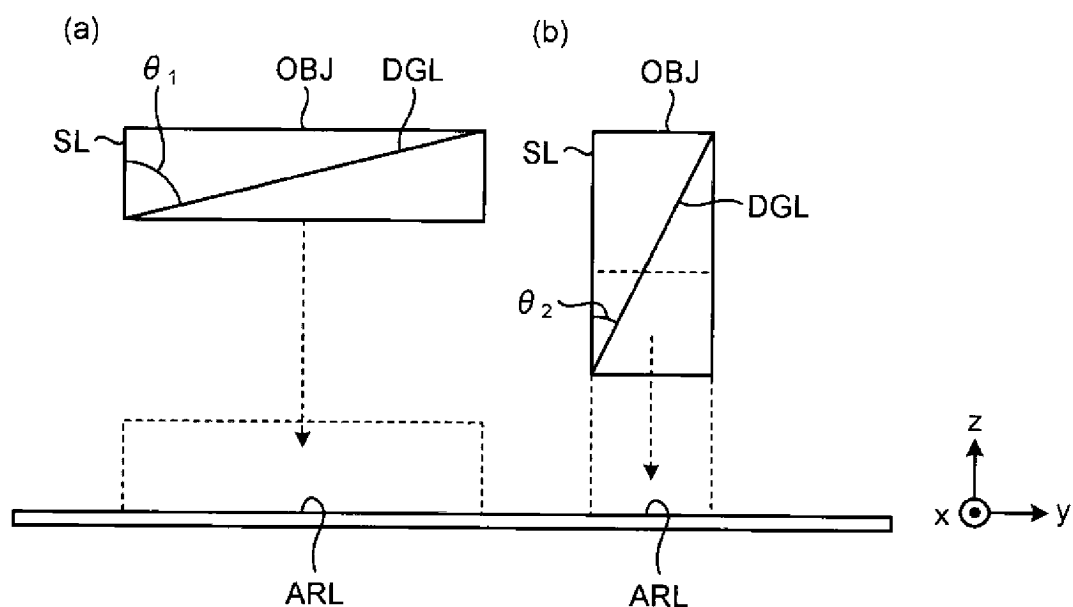


FIG.26



$$\theta_2 \leq \theta_{ref} < \theta_1$$

FIG.27

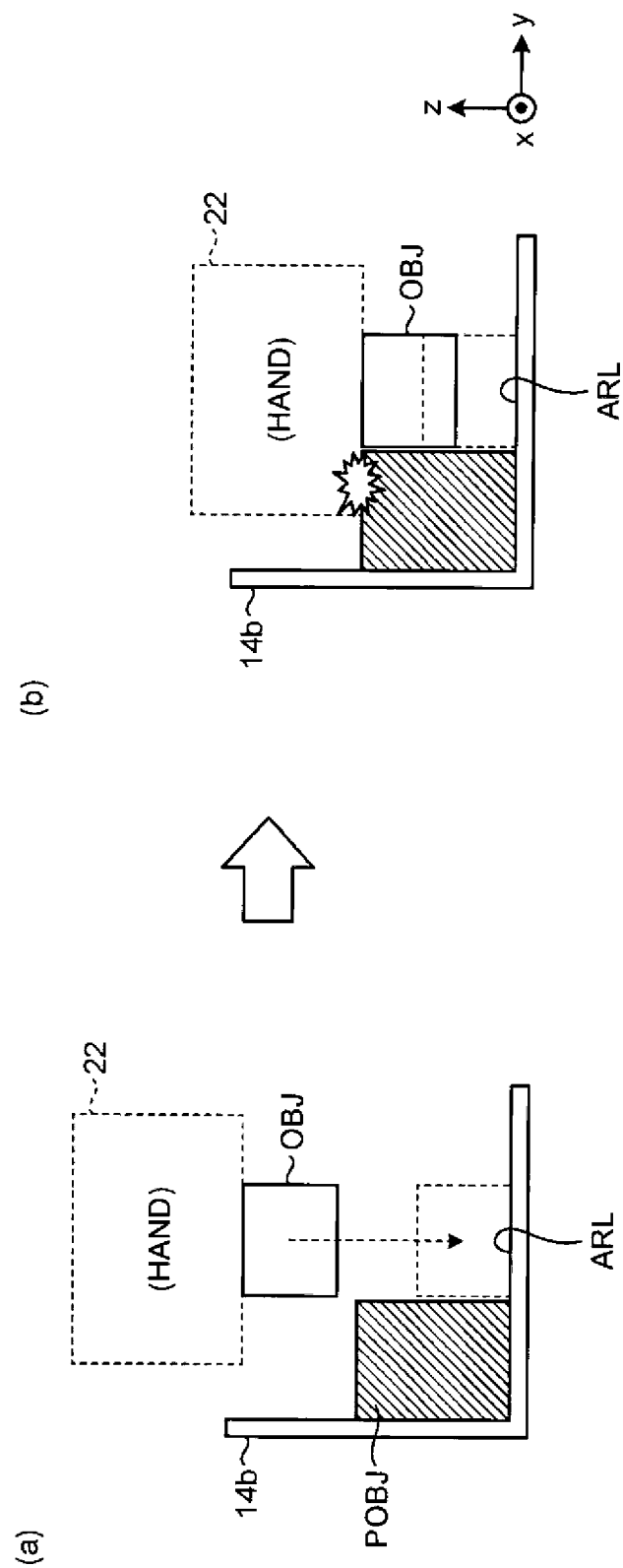


FIG.28

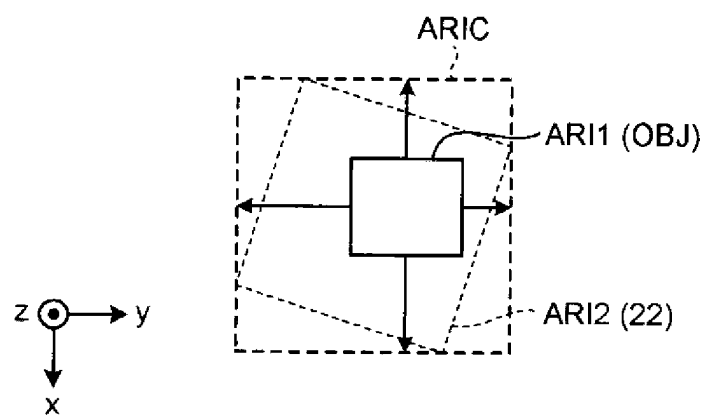


FIG. 29

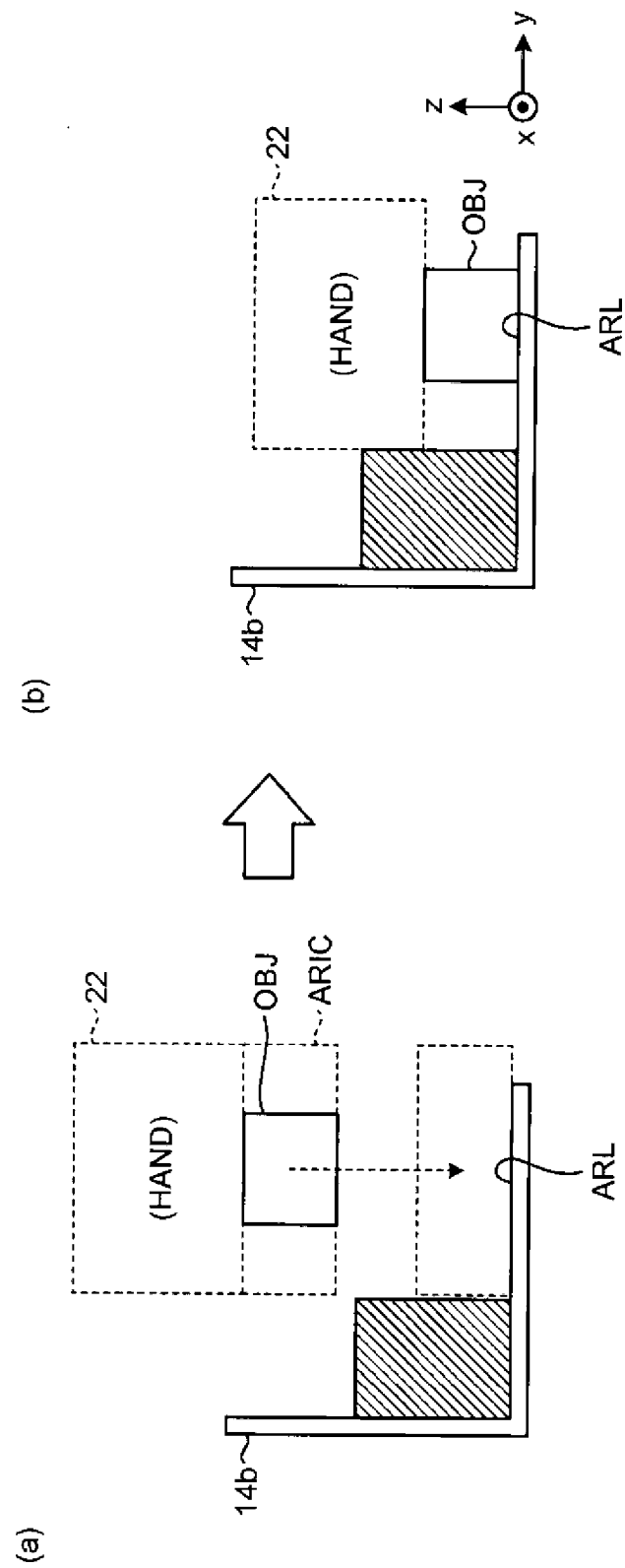


FIG.30A

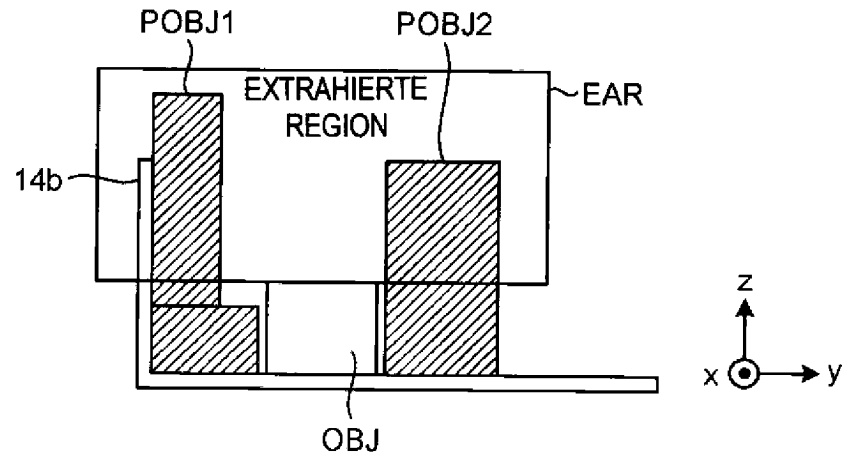


FIG.30B

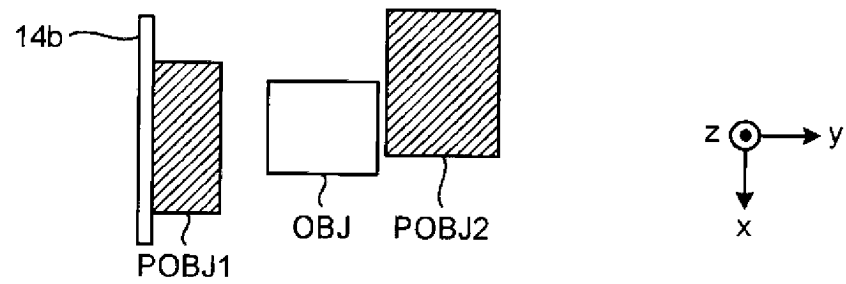


FIG.30C

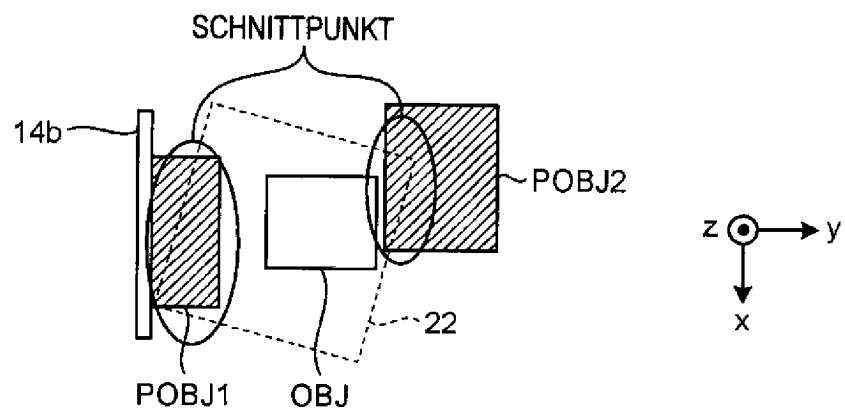


FIG.31A

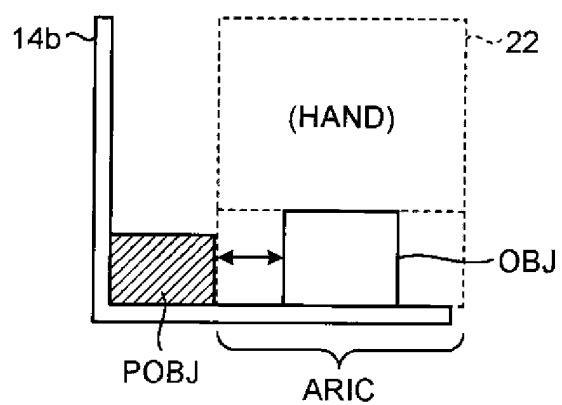


FIG.31B

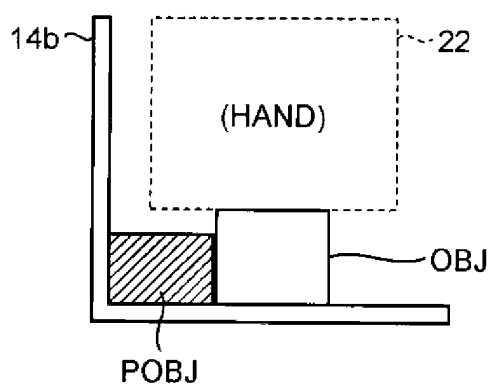


FIG.31C

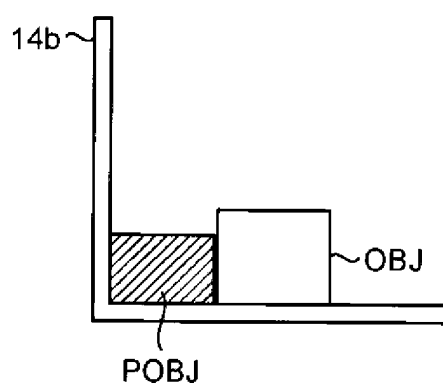


FIG.32A

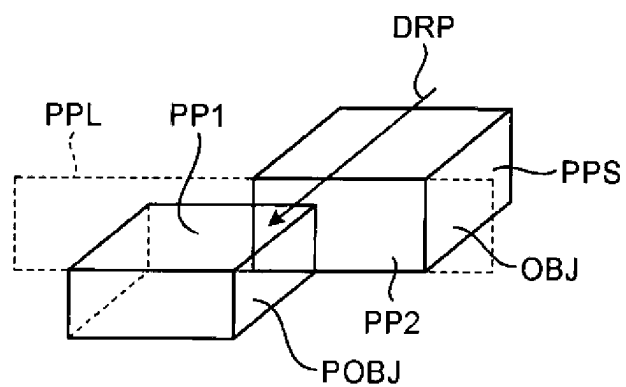


FIG.32B

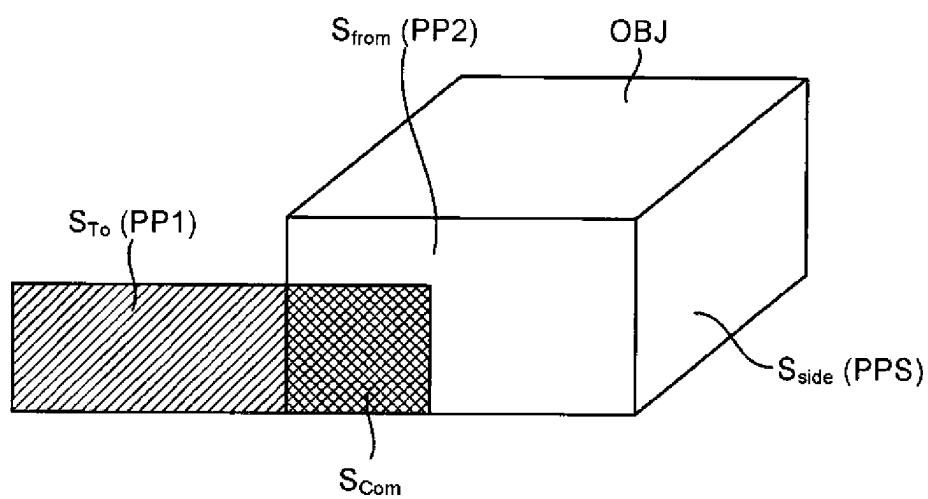
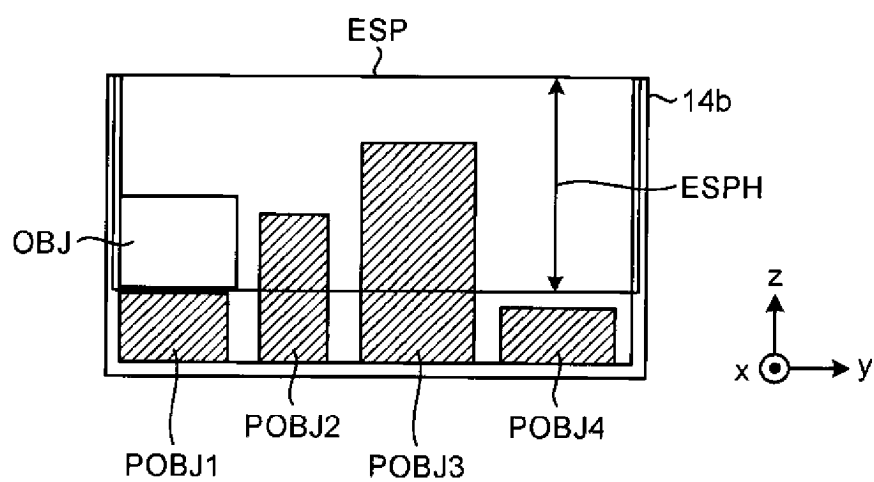


FIG.33

(a)



(b)

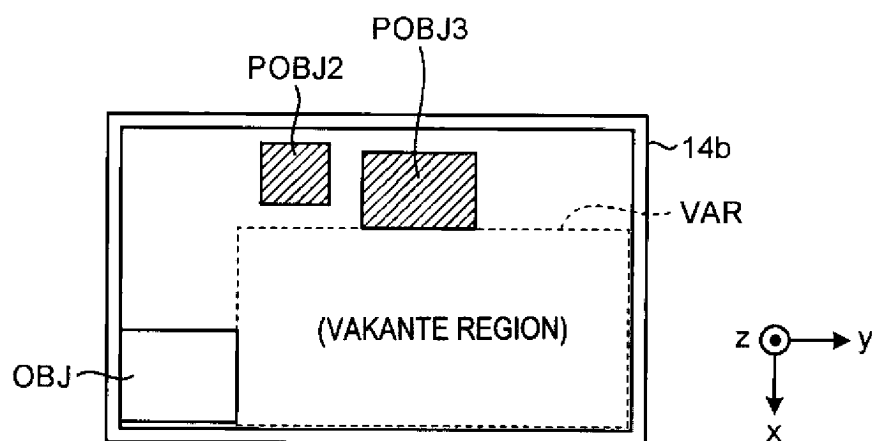


FIG.34

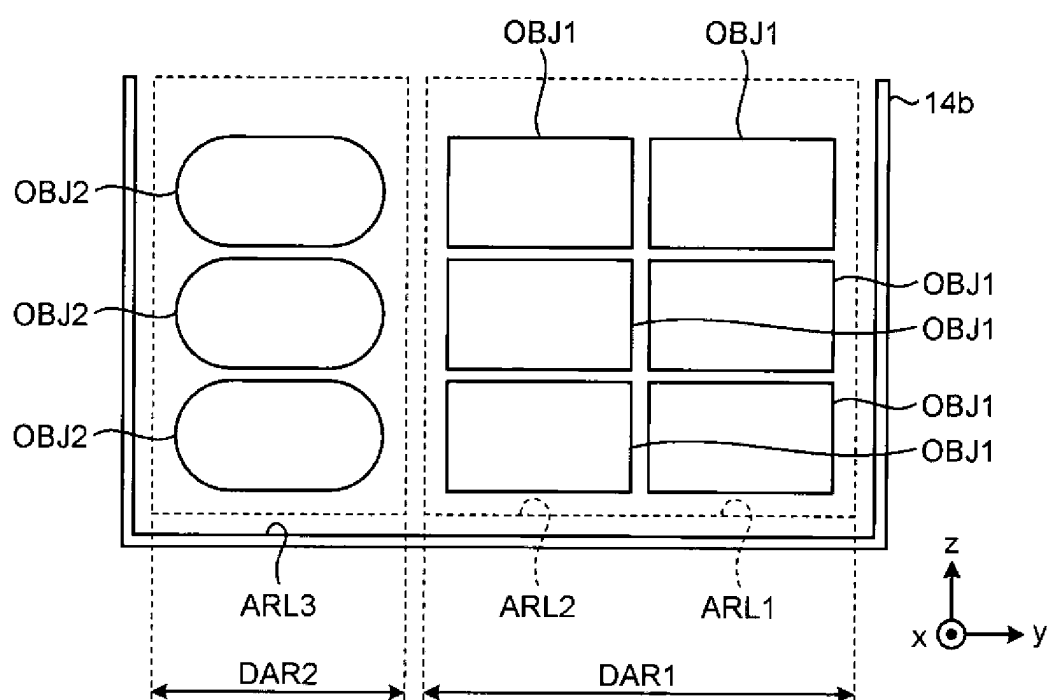


FIG.35A

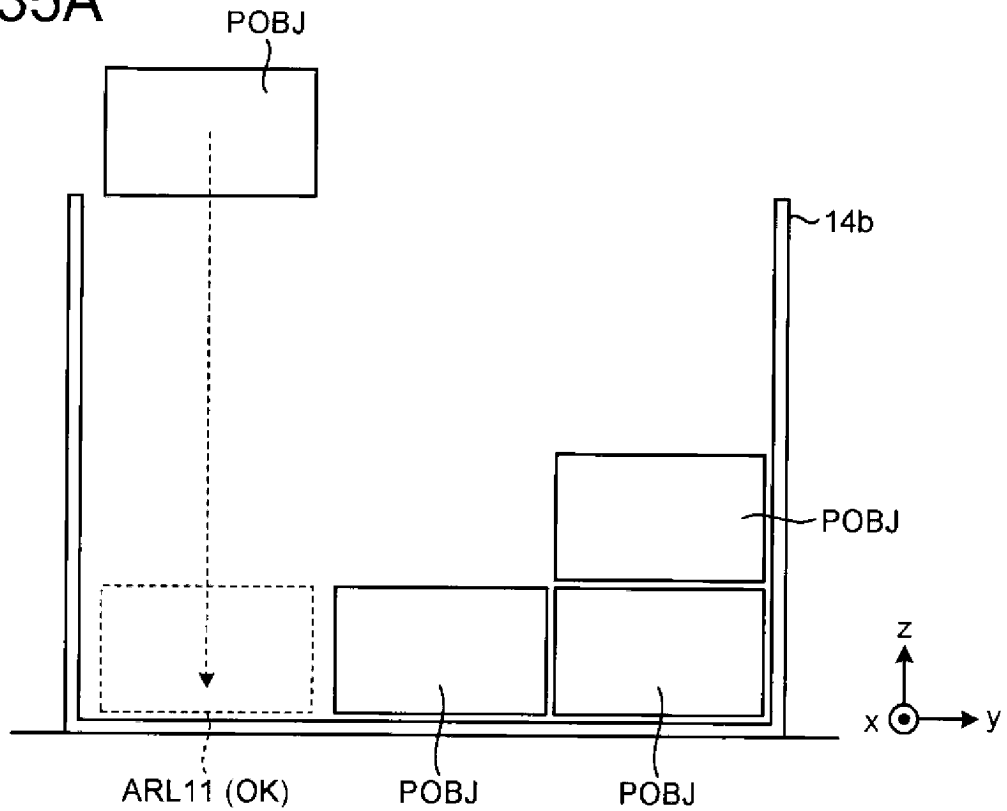


FIG.35B

