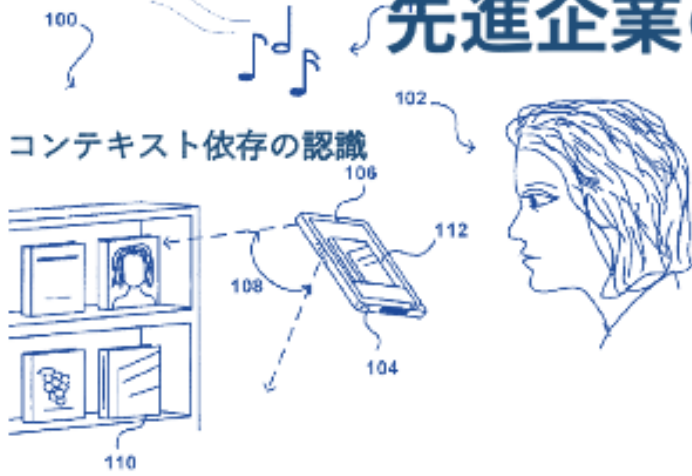


SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

先進企業のテクノロジー/サービスと特許



日本IT特許組合
Japan IT Patent Association

KOHNO & KOHNO
河野特許事務所

講師紹介



1996年立命館大学工学部電気電子工学科卒業。

1998年立命館大学大学院理工学研究科情報システム学博士前期課程修了。

1999年弁理士登録。

2003年Birch,Stewart,Kolasch,&Birch,LLP(米国Virginia州)勤務。

2005年Franklin Pierce Law Center (米国New Hampshire州)知的財産権法修士修了。

2007年特定侵害訴訟代理人登録、清華大学法学院（北京）留学。中国知的財産権法夏期講習修了。

2009年～日本国際知的財産権保護協会(AIPPI)「コンピュータ・ソフトウェア関連およびビジネス分野等における保護」に関する研究会委員。

2010年北京同達信恒知識産権代理有限公司にて実務研修。

2011年～東京都知的財産総合センター専門相談員。

2012年～日本IT特許組合パートナー

2016年MIT(マサチューセッツ工科大学) Fintechコース受講

2018年MITコンピュータ科学・AI研究所 AIコース修了

言語：英語、中国語

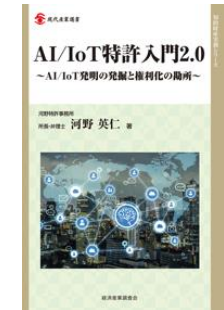
著書



中国特許法と実務
経済産業調査会



FinTech特許入門
経済産業調査会



AI/IoT特許入門2.0
経済産業調査会



世界のソフトウェア
特許改訂版(共著)
発明推進協会



AI (1)



AI (2)



blockchain



cyber security



AIビジネス戦略
～効果的な知財戦略・新規事業の立て方・実用化への筋道～
情報機構

パテントダイジェスト
(Kindle版)
AI編、ブロックチェーン
編、サイバーセキュリティ

ご紹介特許のタイトルと権利者

搬送ロボット	Locus
ドローン速度検出アルゴリズム	Parrot Drones
AI掃除ロボット	iRobot
搬送ロボット	Clearpath Robotics
飛行体を用いたMAP生成	Amazon

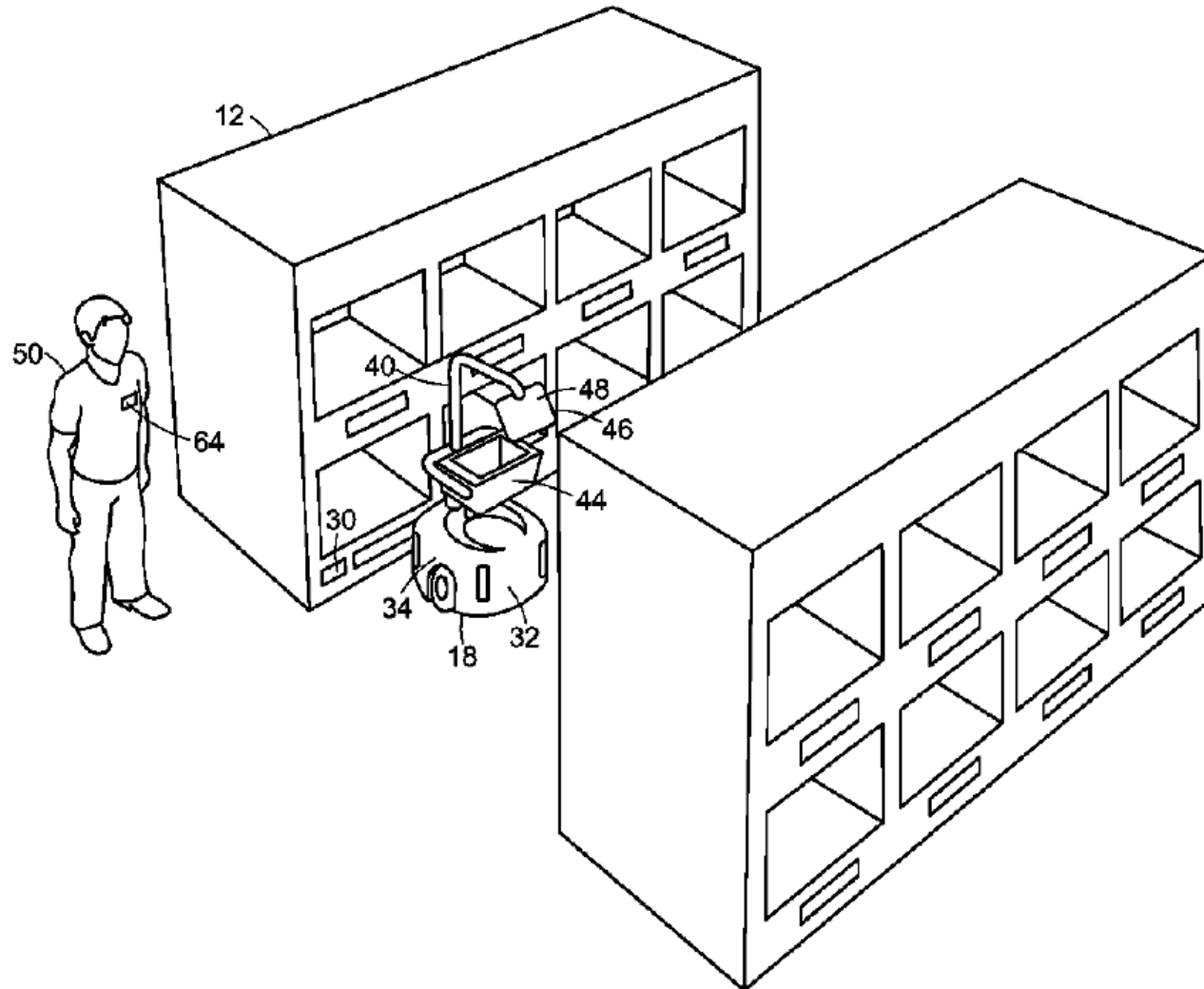
SLAMとは、自己位置推定と環境地図作成を同時に行うことを言う。正式名称は、Simultaneous Localization and Mapping。位置の推定やマップ作成にはレーザーレンジスキャナー、カメラ、エンコーダ、マイクロフォンアレイなどが利用されることが多い。 <ウィキペディア>

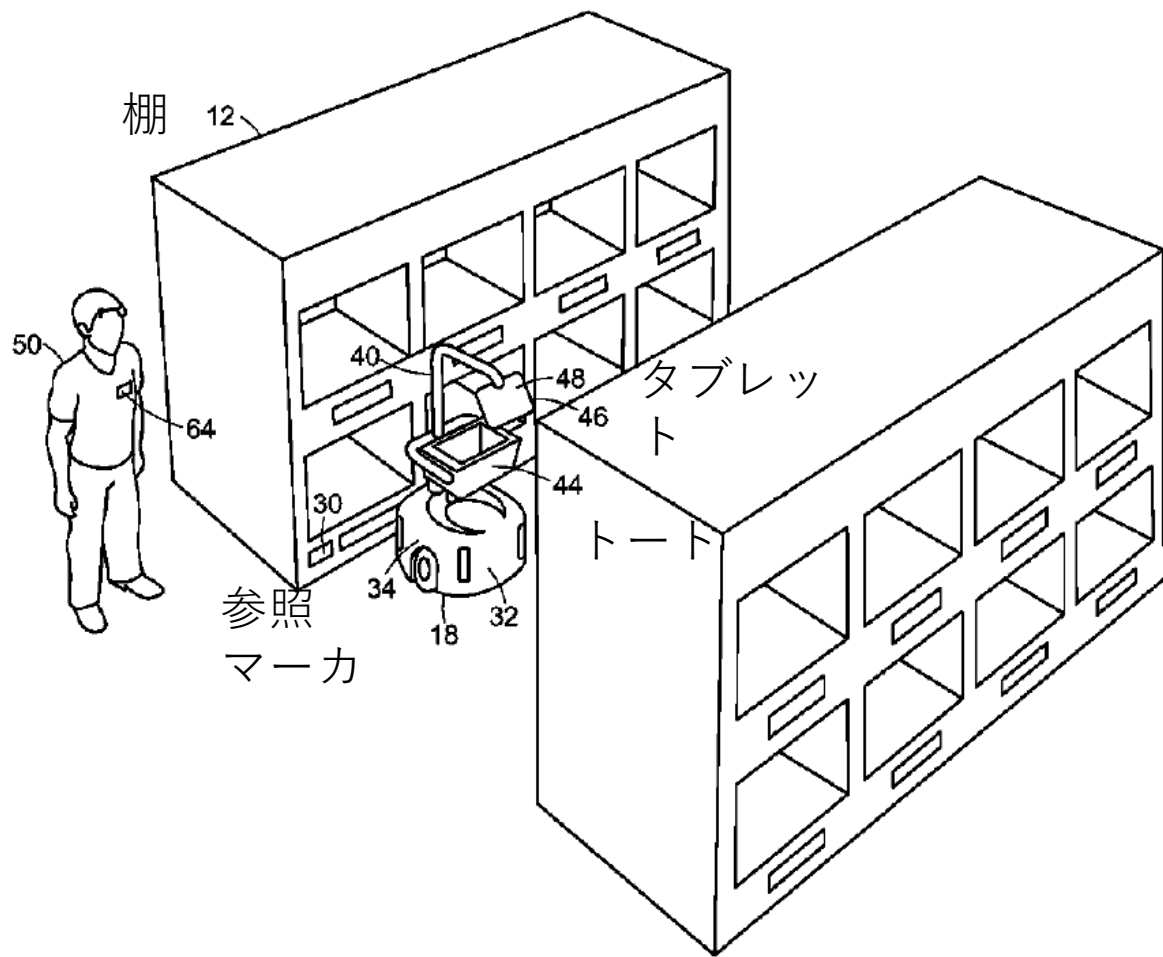
【セマンティックマッピングを利用した ロボットナビゲーション】

Locus Robotics
出願日 2015年7月31日
登録日 2017年9月12日
登録番号 US9758305

大規模倉庫の場合、人の作業量が増加する。

参照マーカ30及びSLAM(Simultaneous Localization and Mapping)を活用してロボットにMAPを生成させ、商品の搬送を支援するアイデア

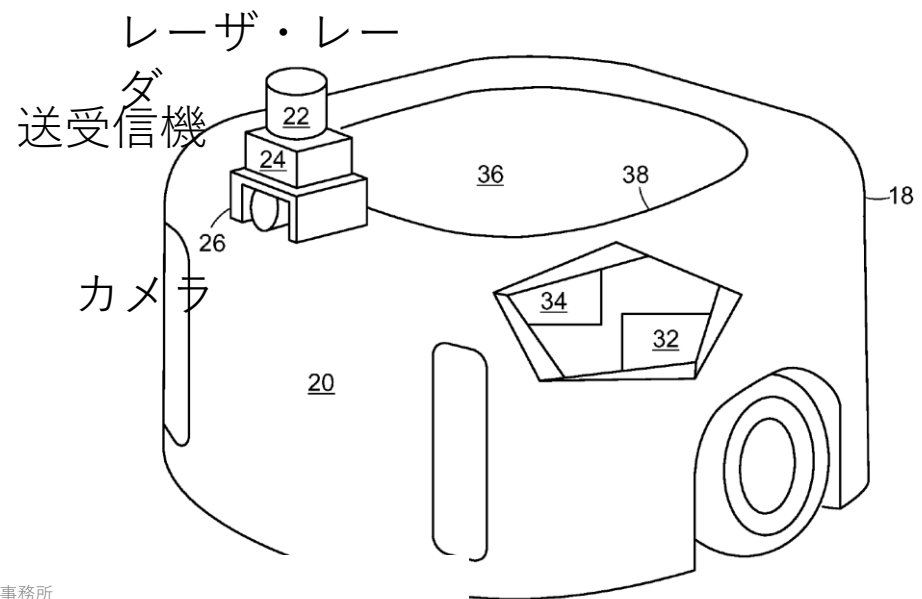




ロボット18の構成
 レーザ・レーダ22
 送受信機24
 カメラ26

トート44(かご)
 タブレット48

各棚12には参照マーカ30(2次元バーコード)が取り付けられている。
 各棚・トート44への出し入れは作業者50が行う。

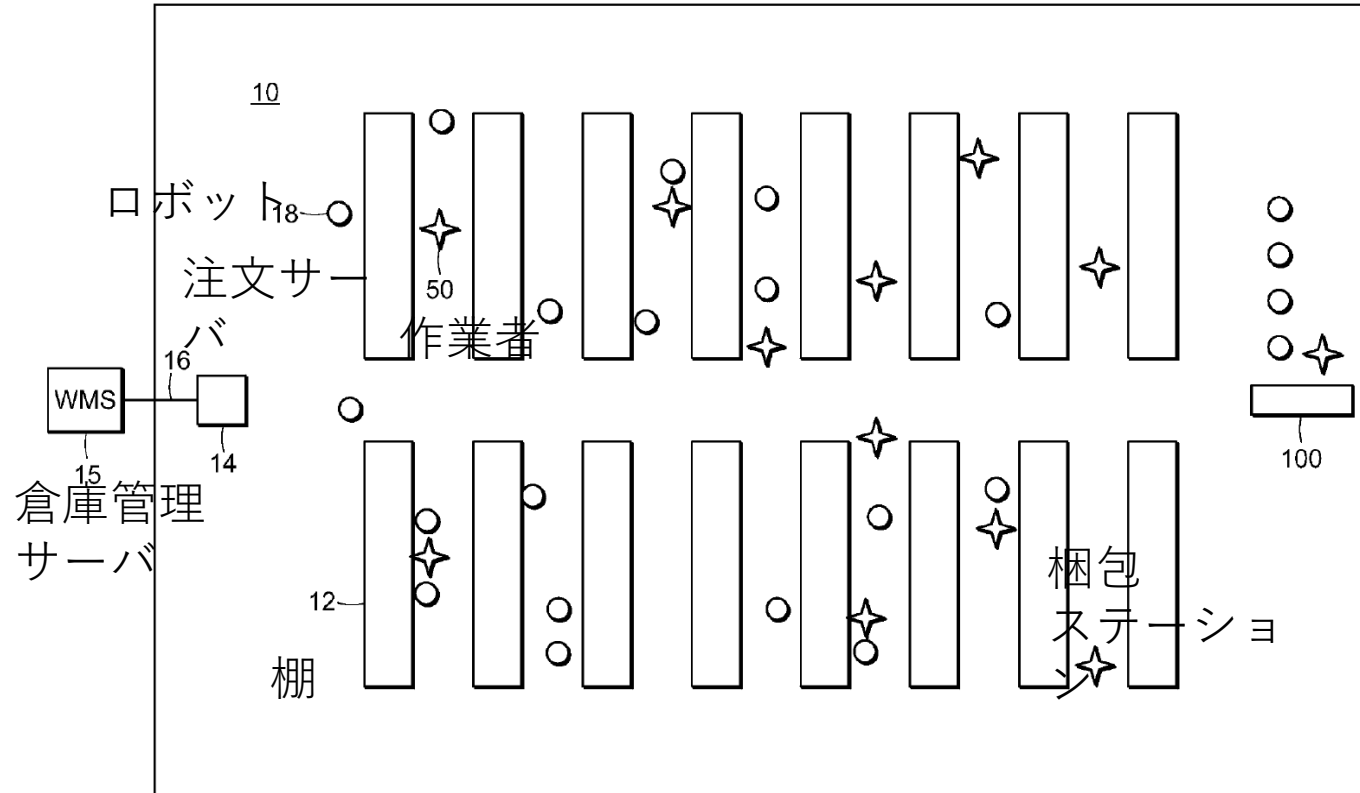


倉庫管理サーバ(WMS:Warehouse Management Server)15から倉庫の注文サーバ14に注文16が入る

注文サーバ14はロボット18に注文を伝え、ロボット18は注文内容に応じて、参照マーカ30及び生成したMAPを参照し、棚12へ移動する

作業員50はロボット18のトート44に商品を入れる

ロボット18は梱包ステーション100へ移動する



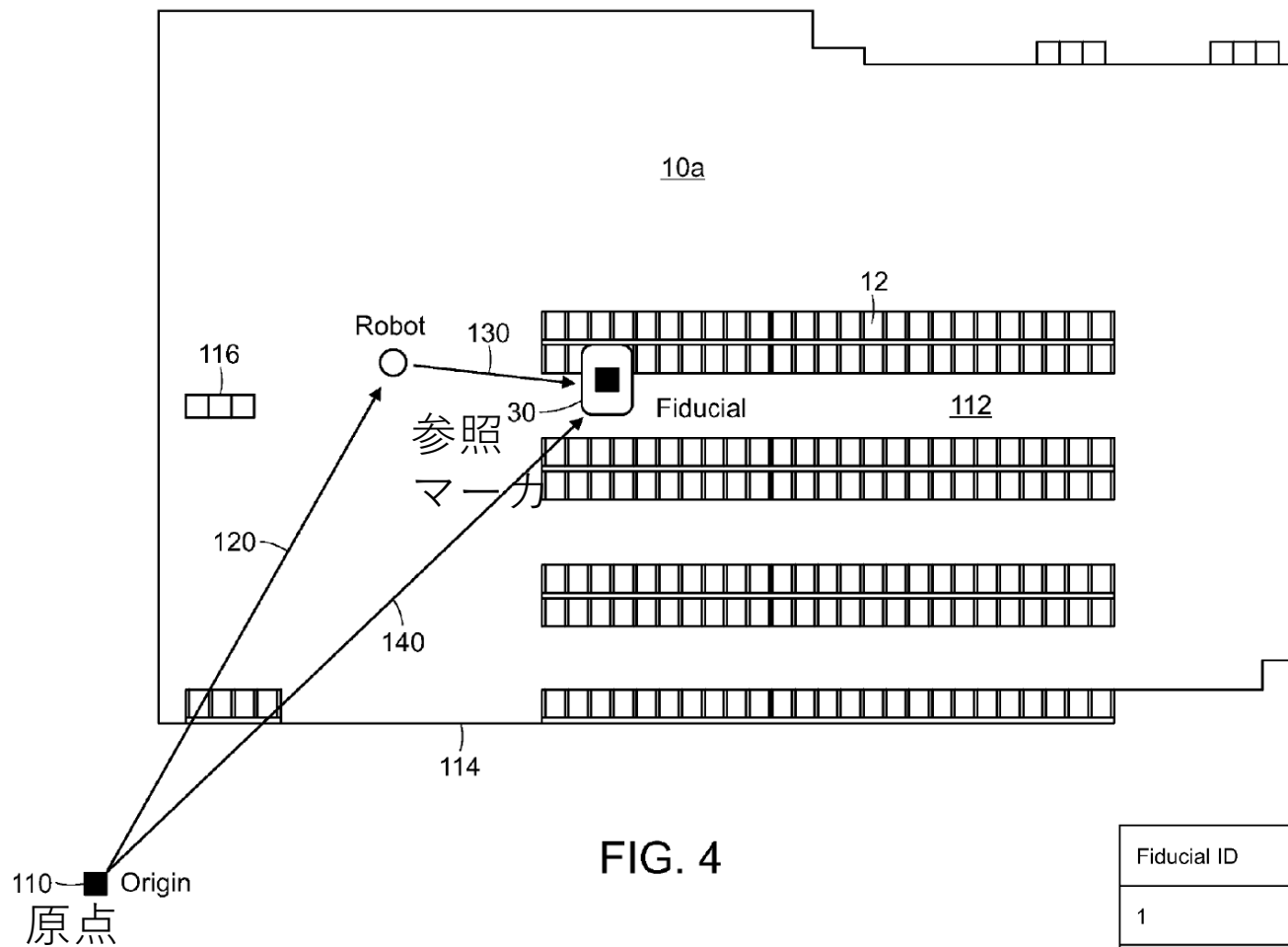
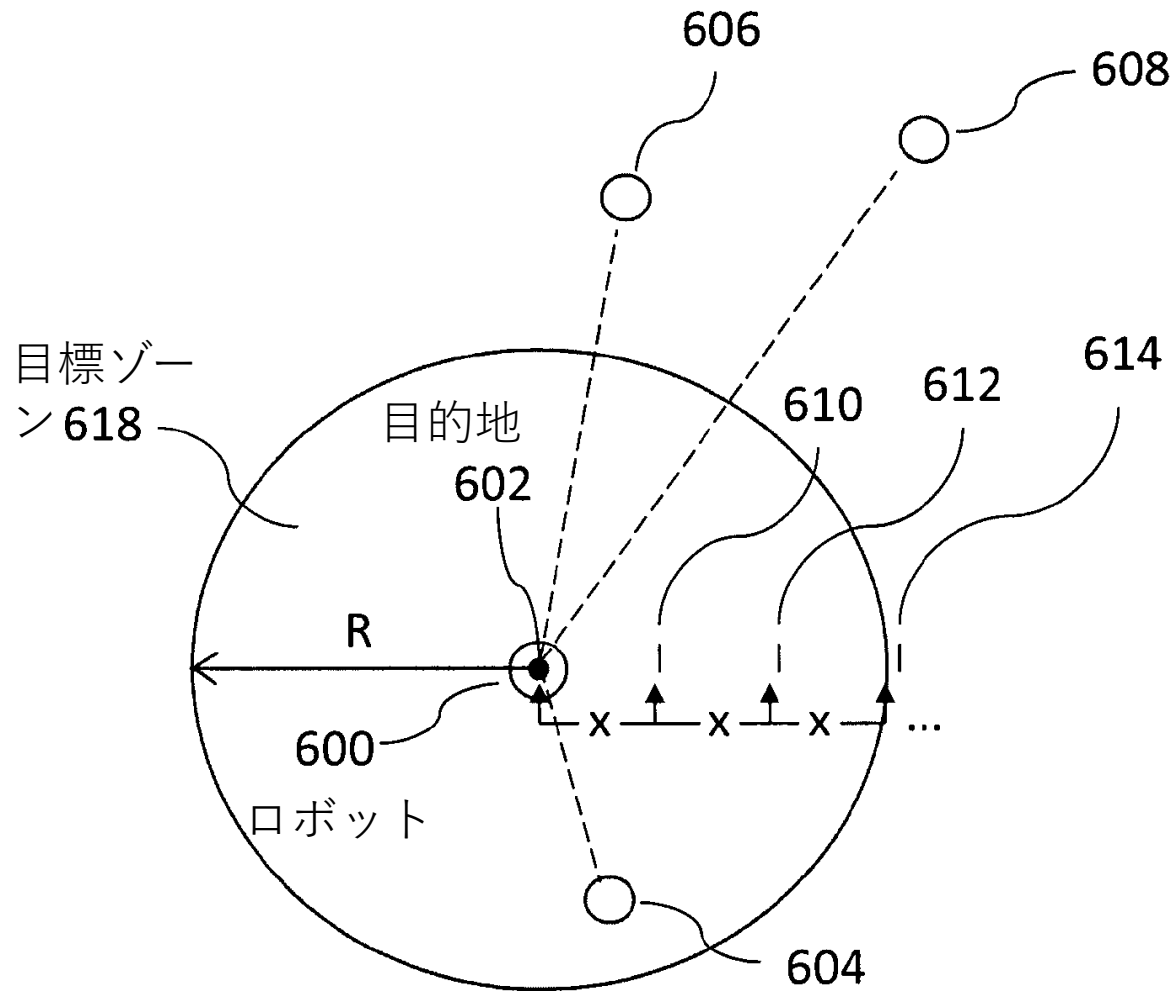


FIG. 4

ロボット18が移動し、倉庫内のMAPを生成する
 原点110を設定する
 原点と各参照マーカー30とのベクトル140
 原点とロボット18とのベクトル120
 ロボットと18と参照マーカー30とのベクトル130を
 求める
 各参照マーカー30の座標値、向きを求める
 求めた各参照マーカー30の座標値、向き、MAPに基づき、
 ロボット18を制御する

Fiducial ID	x	y	z	quaternion.x	quaternion.y	quaternion.z	quaternion.w
1	-10.2	2.3	0	0	0	0	1
2	23.1	15.8	0	0	0	0	1
3	45.3	3.3	0	0	0	-1	0



同一の目的地に向かう複数のロボットの競合を防止する

ロボット600が目的地602を専有している場合、他のロボットが目標ゾーン618に存在するか否か判断する

ロボット604は目標ゾーン618内に進入している

この場合、待機場所610に他のロボットを待機配列させる

ロボット606及びロボット608も目標ゾーン618に進入した場合、優先順位に応じて待機場所606,608に待機させる



Locus Robotics社

2014年設立 本社米国マサチューセッツ州

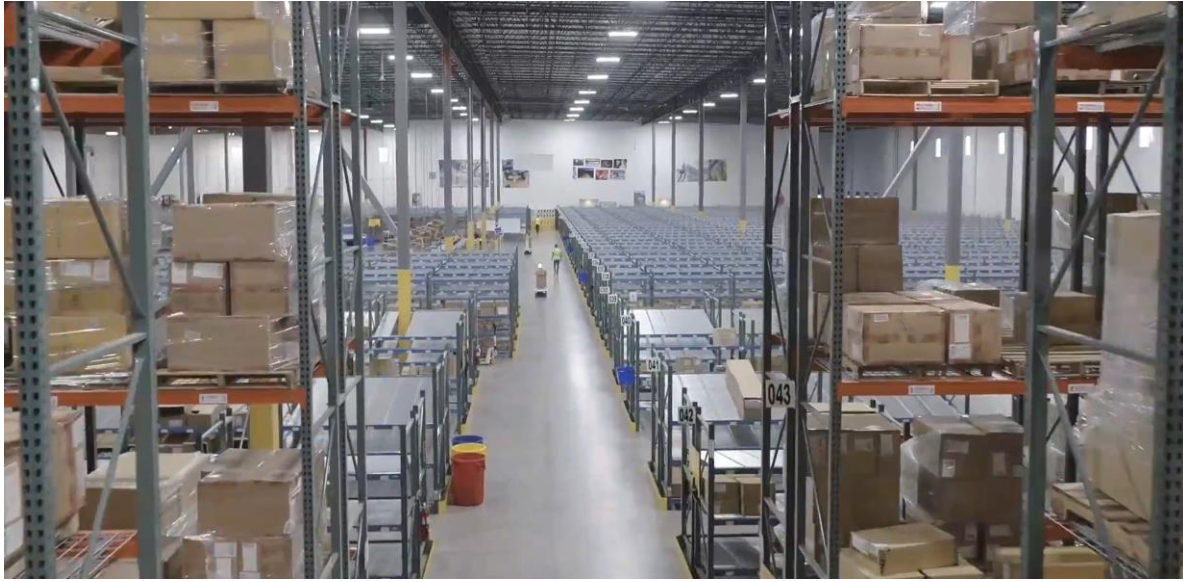
倉庫内の自動搬送ロボットを提供

米国配送大手DHLを中心に搬送ロボットを提供

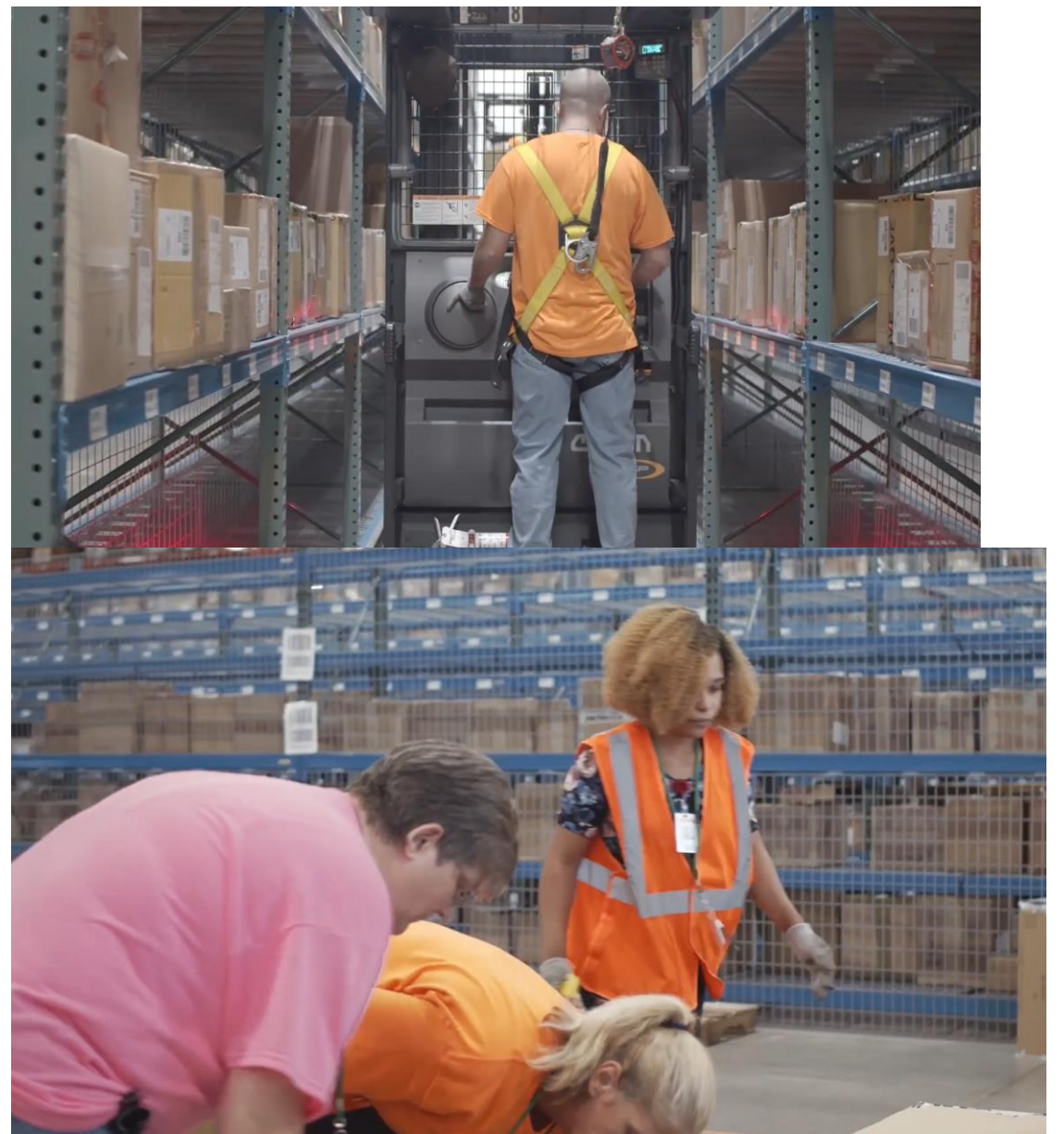
昨年、今年で110億円の資金調達。欧州へも展開

Locus Robotics社HPより2020年7月27日
<https://locusrobotics.com/>

搬送ロボット

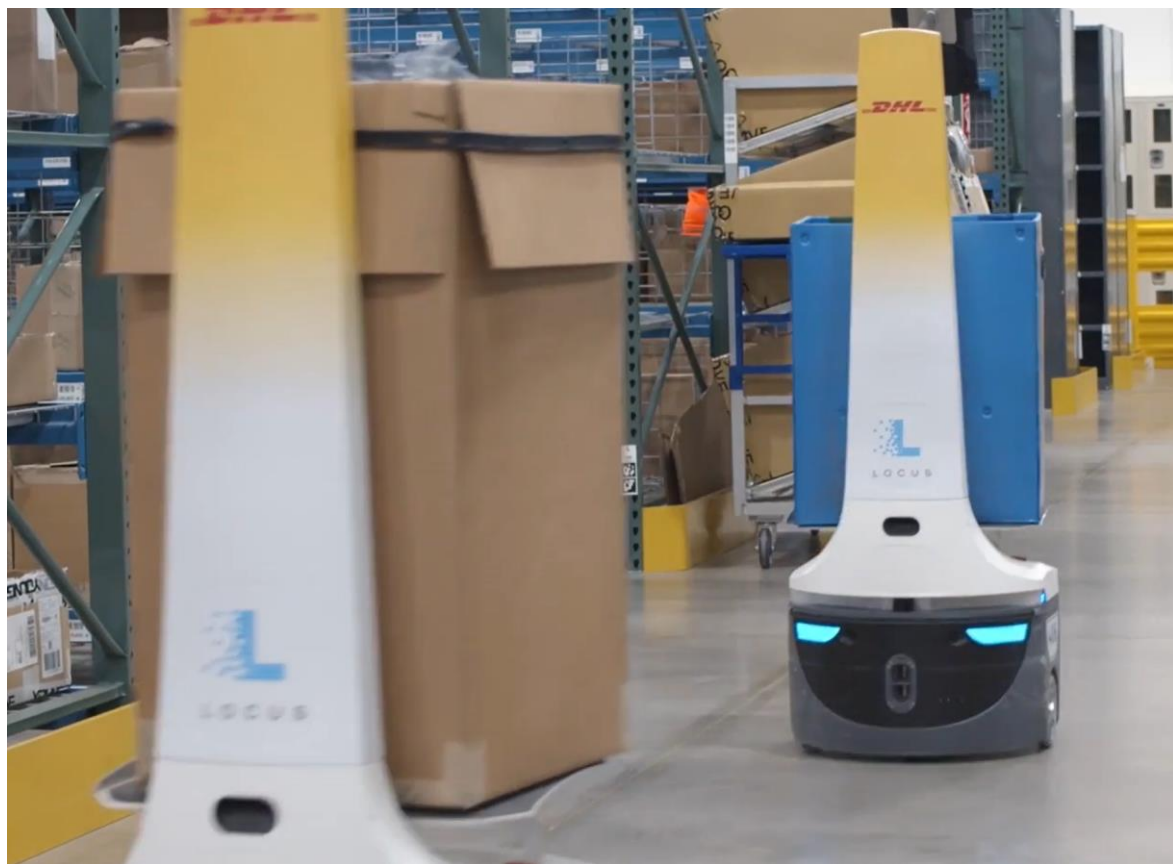


DHL 物流センター

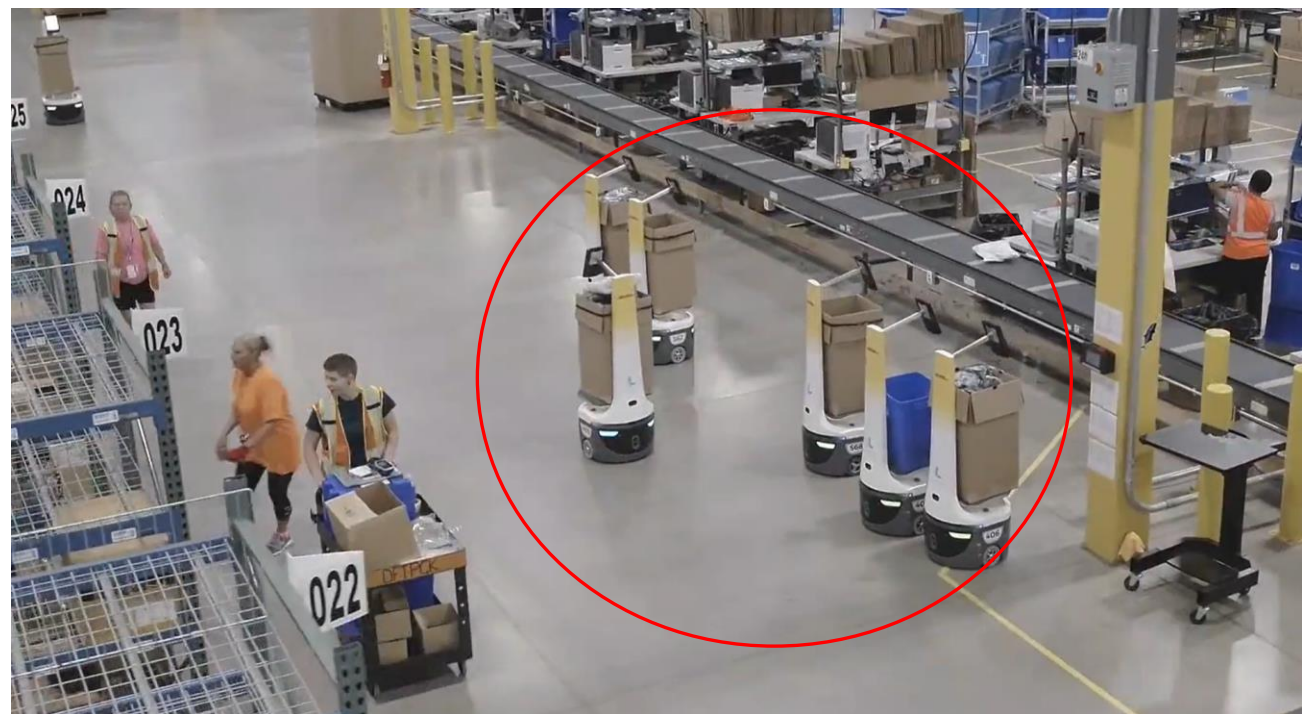


以前は手作業での搬送が多かった

搬送ロボット

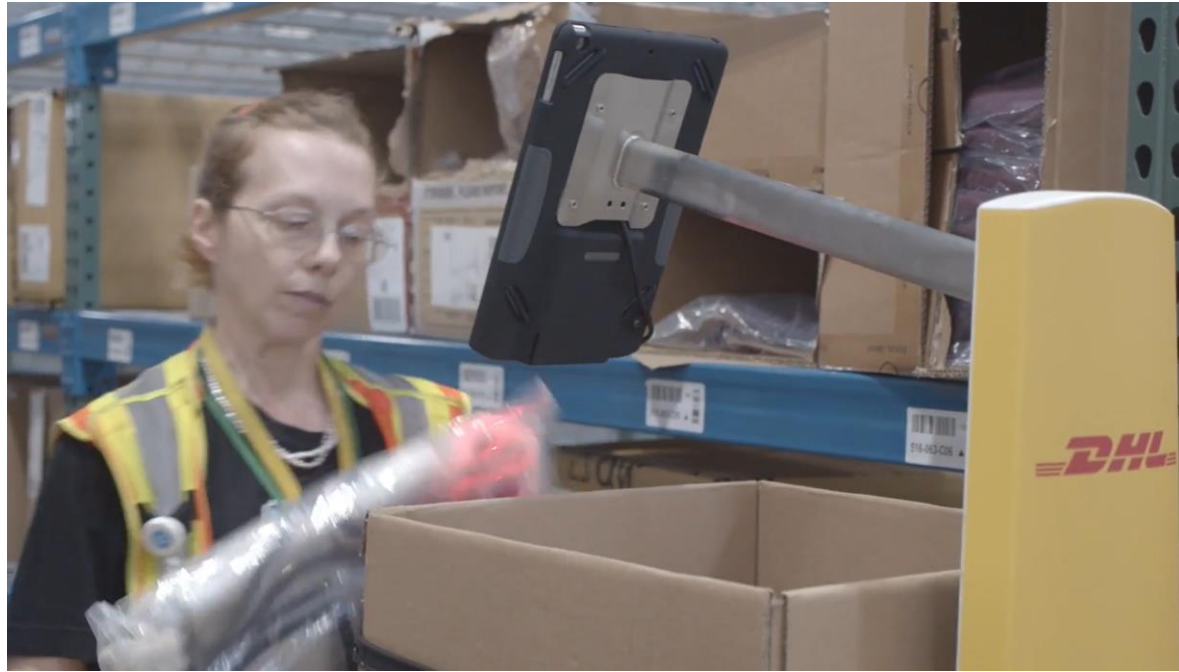


搬送ロボットを導入



複数の搬送ロボットが待機場所で待機

搬送ロボット



担当者が赤外線リーダーで商品を読み取る



タップすれば、搬送開始

搬送ロボット

ハードウェア構成

E-Stop
Used to stop the robot

Safety Beam
Projects a light on the floor
for increased visibility
at intersections

3D Time of Flight Camera

Mobile Base
Holds CPU, batteries,
motor & motor control

LIDAR
Planar view assists
with obstacle
avoidance & navigation

Charging Port

3D Depth Perception Cameras

MULTIPLE ORDERS

EXPANDED TRAY /
FLEXIBLE CAPACITY

様々なタイプのラックを搭載
可能

PICK VISUALIZER

Locus HeatMap



Active

Packing & Shipping

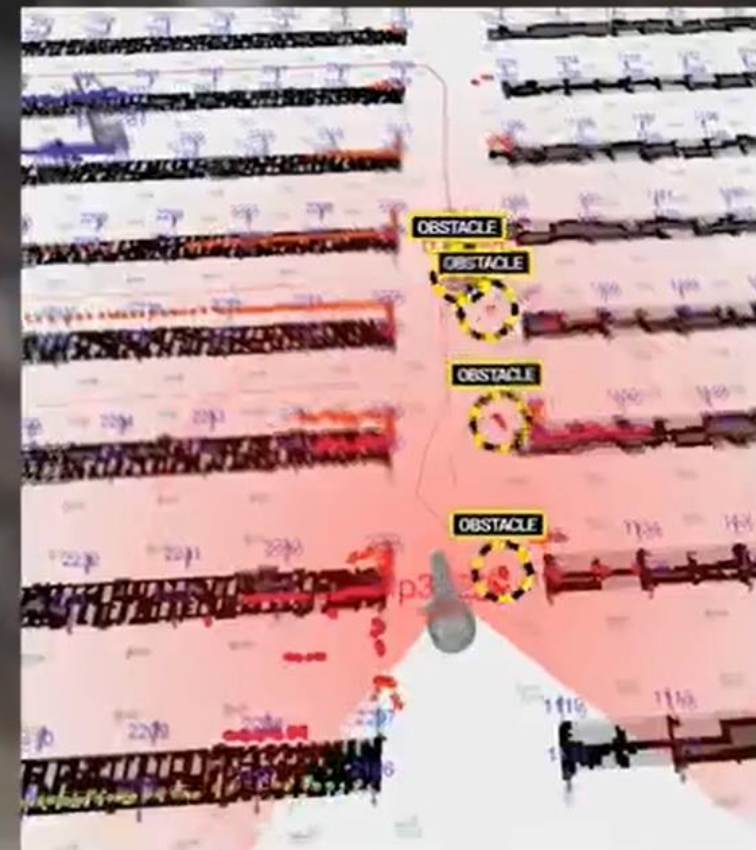
各搬送ロボットの動作状況を確認できる



搬送ロボットによるマッピング機能

障害物を回避して搬送

PRECISION NAVIGATION



The LocusBot™ “sees” obstacles and recalculates to find the optimal route.

【オートパイロットの下でホバリング飛行を実行できる ドローンの水平速度を評価する方法】

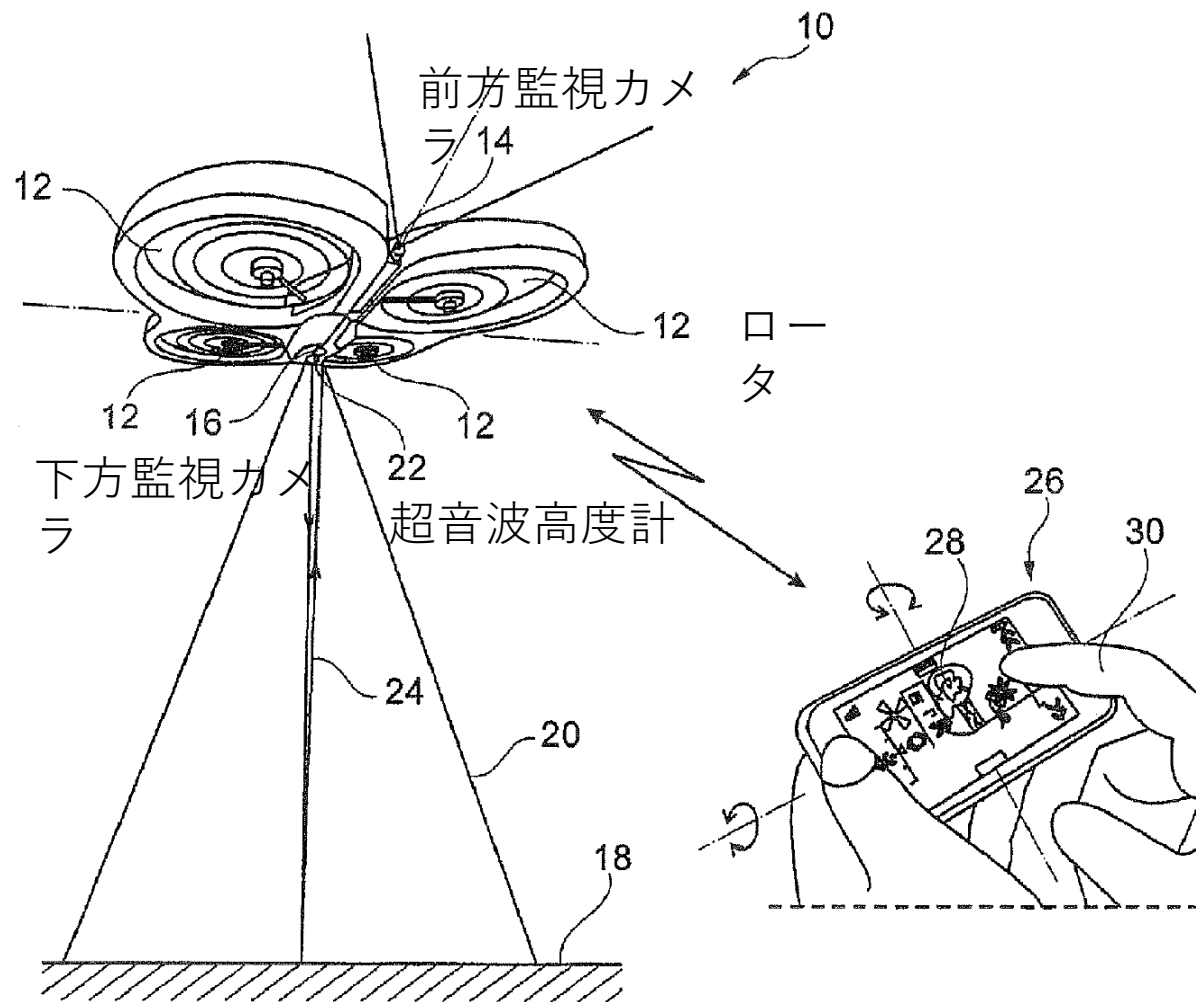
ドローン速度検出アルゴリズム

Parrot Drones

出願日 2011年6月8日

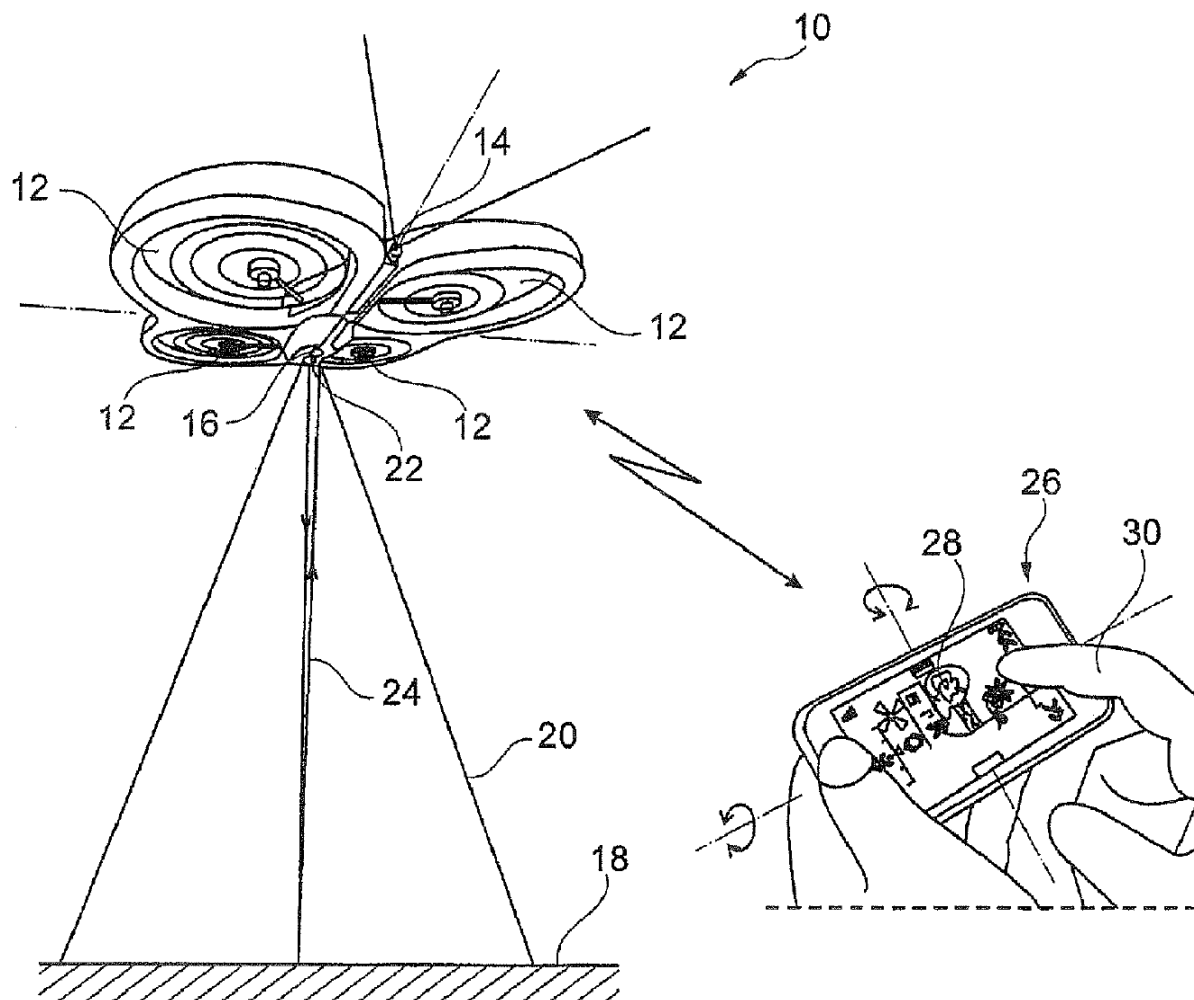
登録日 2013年7月30日

登録番号 US8498447



下側を撮影するカメラにより、精度良く移動速度を演算するアイデア

- 12:ロータ
- 14:前方監視カメラ
- 16:下方監視カメラ
- 22:超音波高度計



状況に応じて速度測定方法を
 オプティカルフロー法と
 コーナー検出法
 に切り替える

通常はオプティカルフロー法により速度を求める

オプティカルフロー：カメラの移動によって生じる隣接フレーム間の物体の動きの見え方のパターン

コーナー検出法：确实といえる特徴点（トラッカー）を抽出し画像の中身を推測する方法

オプティカルフロー
物体の速度ベクトルを求める

Lucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定
前提条件：移動量はごくわずかである
前提条件：近傍画素も同じ動きをする

画像ピラミッドを用いる
レベル0は原画像・・・レベル3粗い画像

オプティカルフローの精度はLevel 3では低下するが、算出速度は向上する

縮小画像は前提条件を共に満たす。大きな画像で移動量を推定する際に、直前の小さな画像での推定結果を利用する

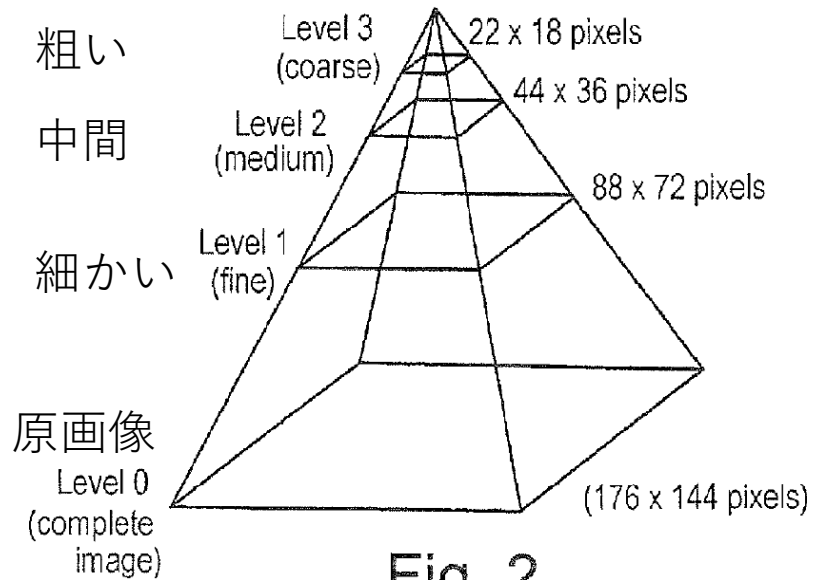


Fig. 2

Level3でオプティカルフローを推定する

推定値が適切であればLevel 3の結果を用いて、Level2のオプティカルフローを推定する。推定値が適切でない場合、予測値を用いてLevel 2のオプティカルフローを推定する

以上の処理を繰り返し、Level 1のオプティカルフローを速度に変換する

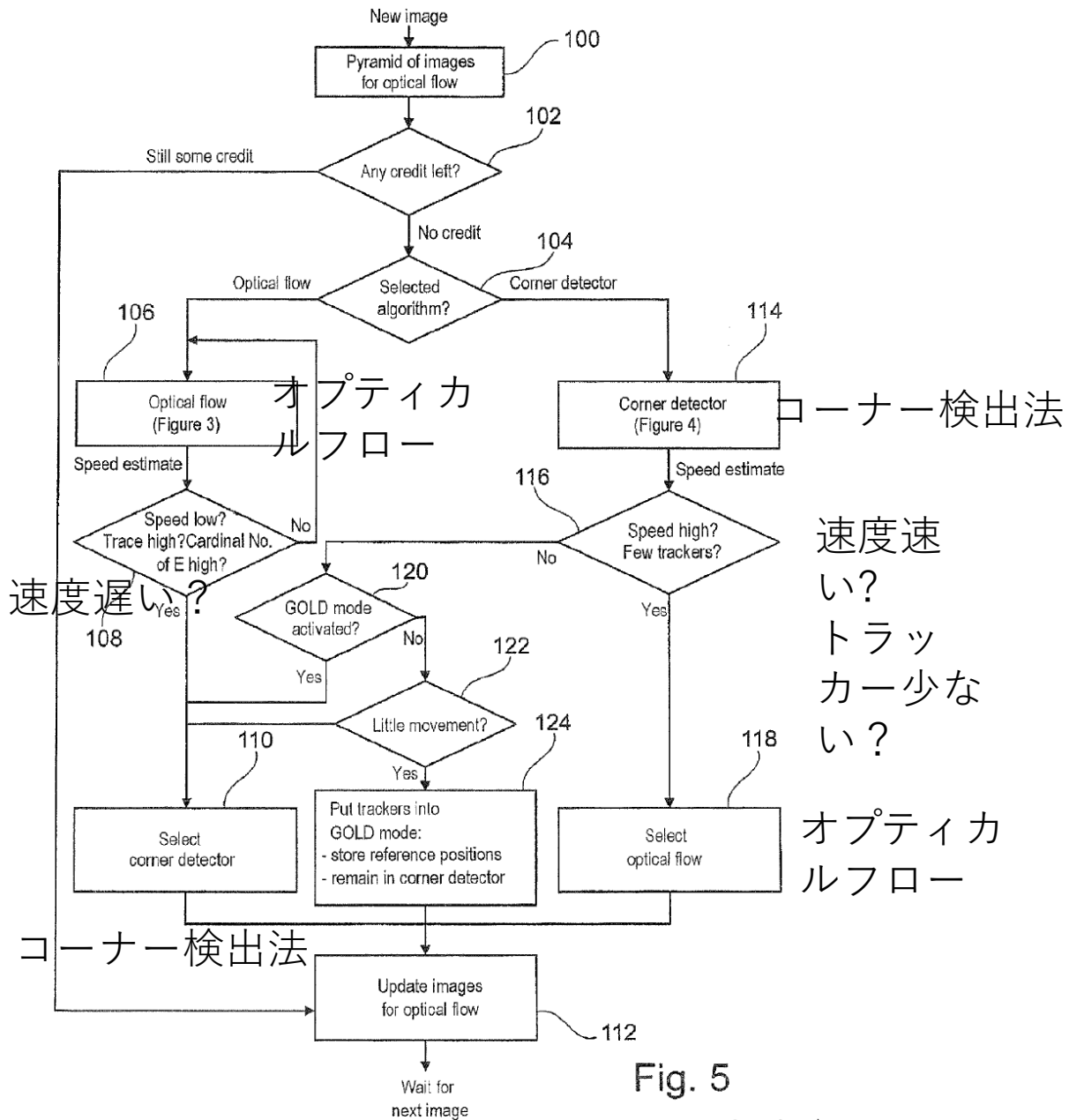


Fig. 5
(Estimator selection)

ドローンの速度が早い場合、オプティカルフロー法を用いて速度を計測する

ドローンの速度が遅い場合、コーナー検出法に切り替える

ドローンの速度が早く、またトラッカーが少ない場合、オプティカルフローに切り替える

Parrot Drones フランスパリ本社

北米でのドローン事業を活発化させている。

日本ではKMT株式会社が販売・サポート開始

主に軍用、消防士向けのドローン

32倍ズーム、4K HDRビデオ、FRIRの赤外線サーマルイメージング機能を搭載

5Km離れた場所も明瞭に撮影できる

データは、512bitのキーでAES-XTSアルゴリズムを使用してSDカード上に暗号化して記憶される



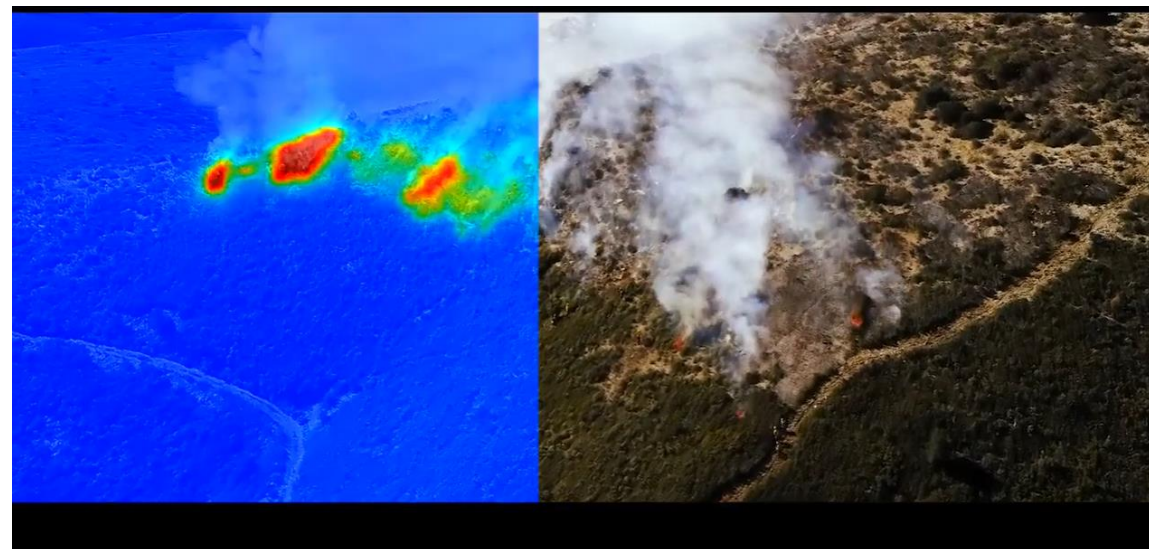
Parrot DronesHPより2020年8月8日<https://www.parrot.com/en/drones/anafi-usa>

ドローン速度検出アルゴリズム

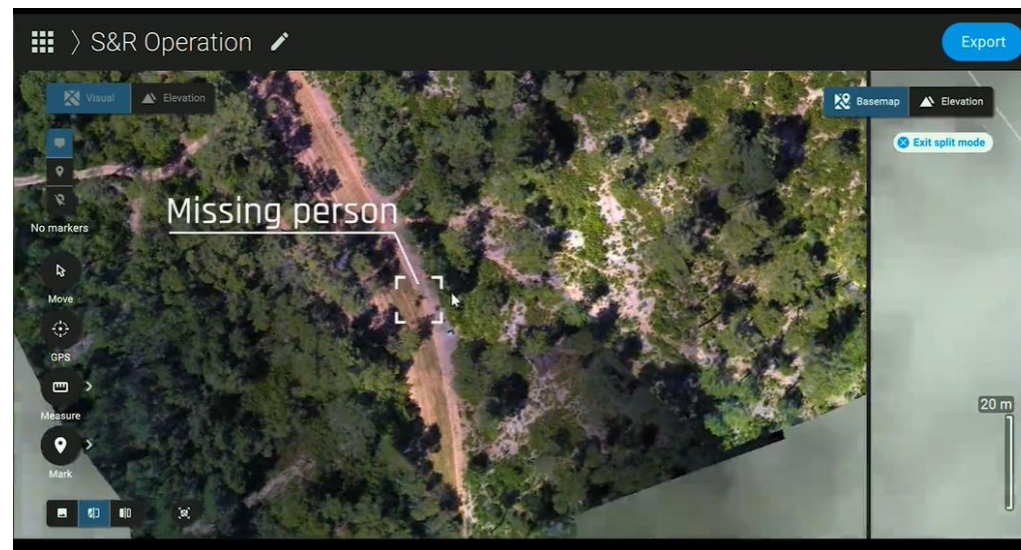
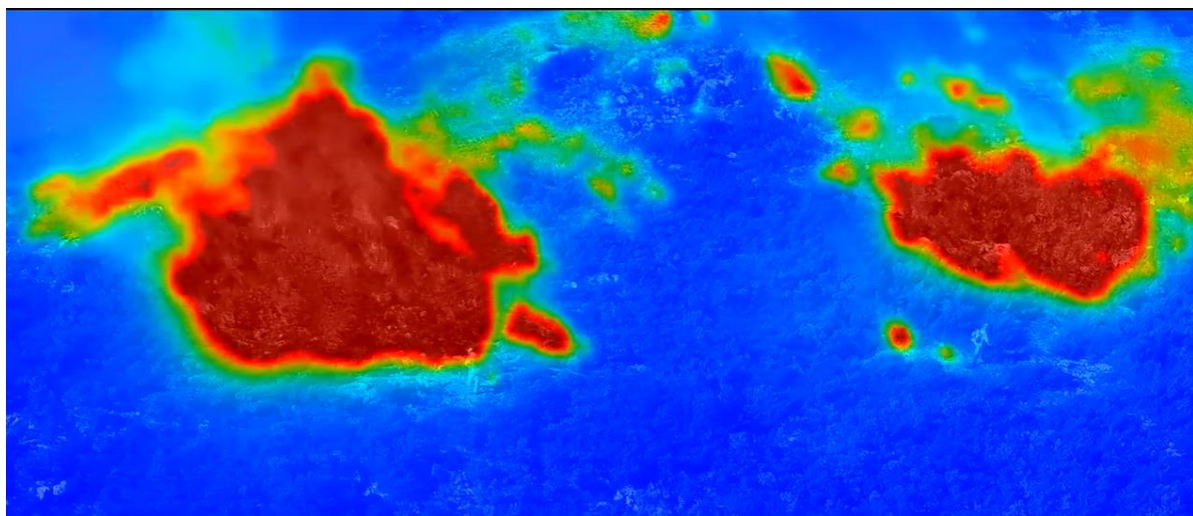


消防隊が山火事の際に利用

サーマル画像により消火活動を素早く特定



AIで遭難者を素早く検出



【画像をキャプチャし、キャプチャした画像に アノテーションするシステムおよび方法】

AI掃除ロボット

iRobot Corp

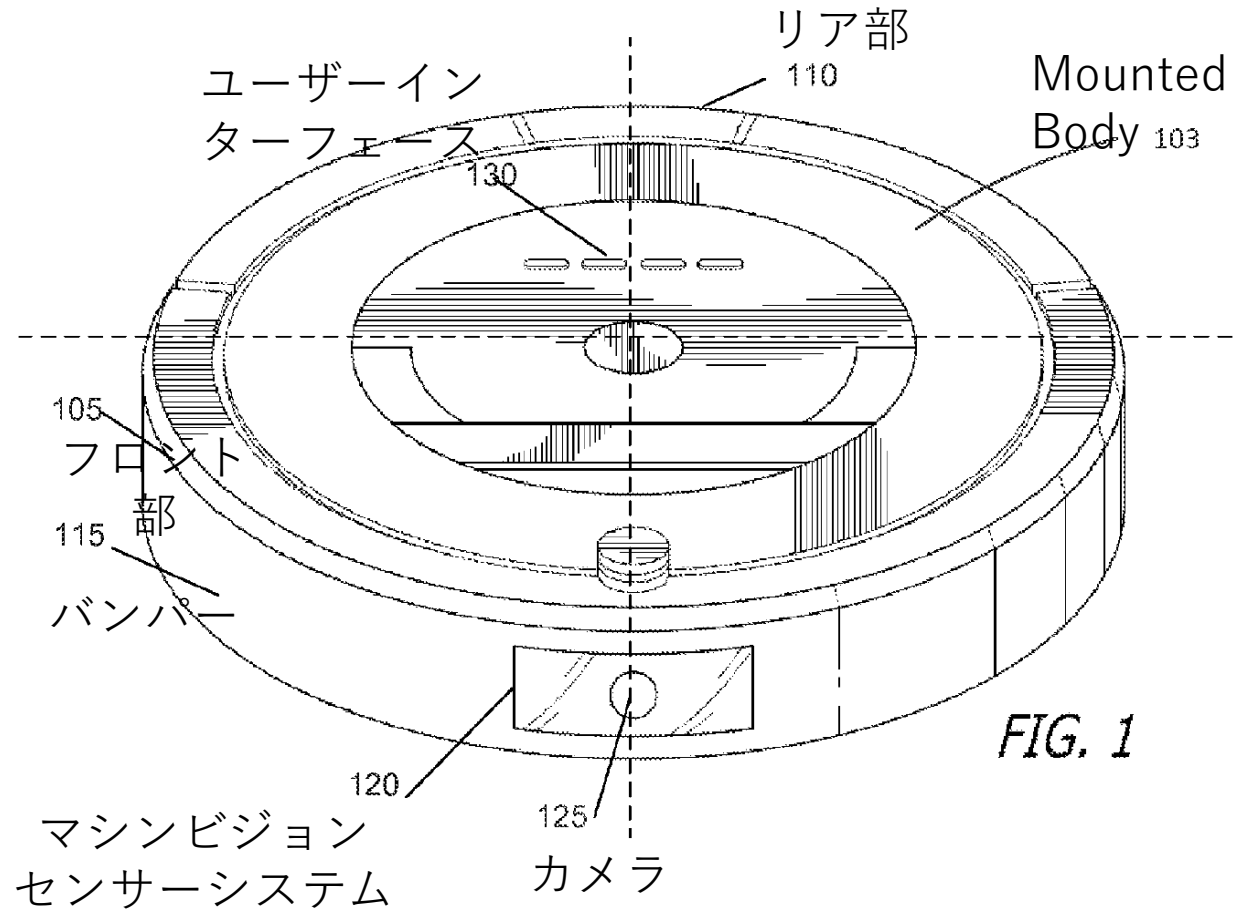
出願日 2017年3月29日

登録日 2017年12月5日

登録番号 US9836653

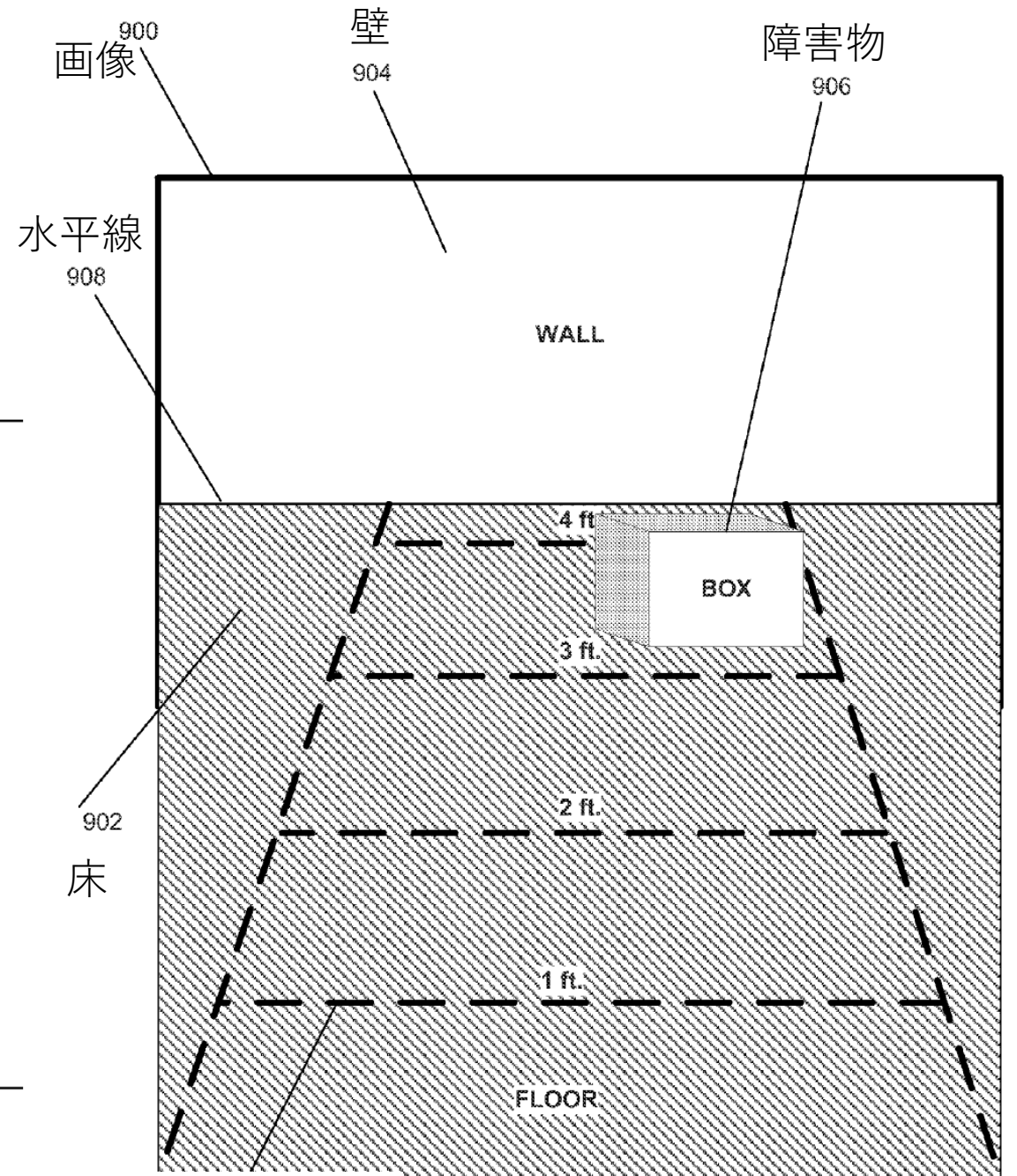
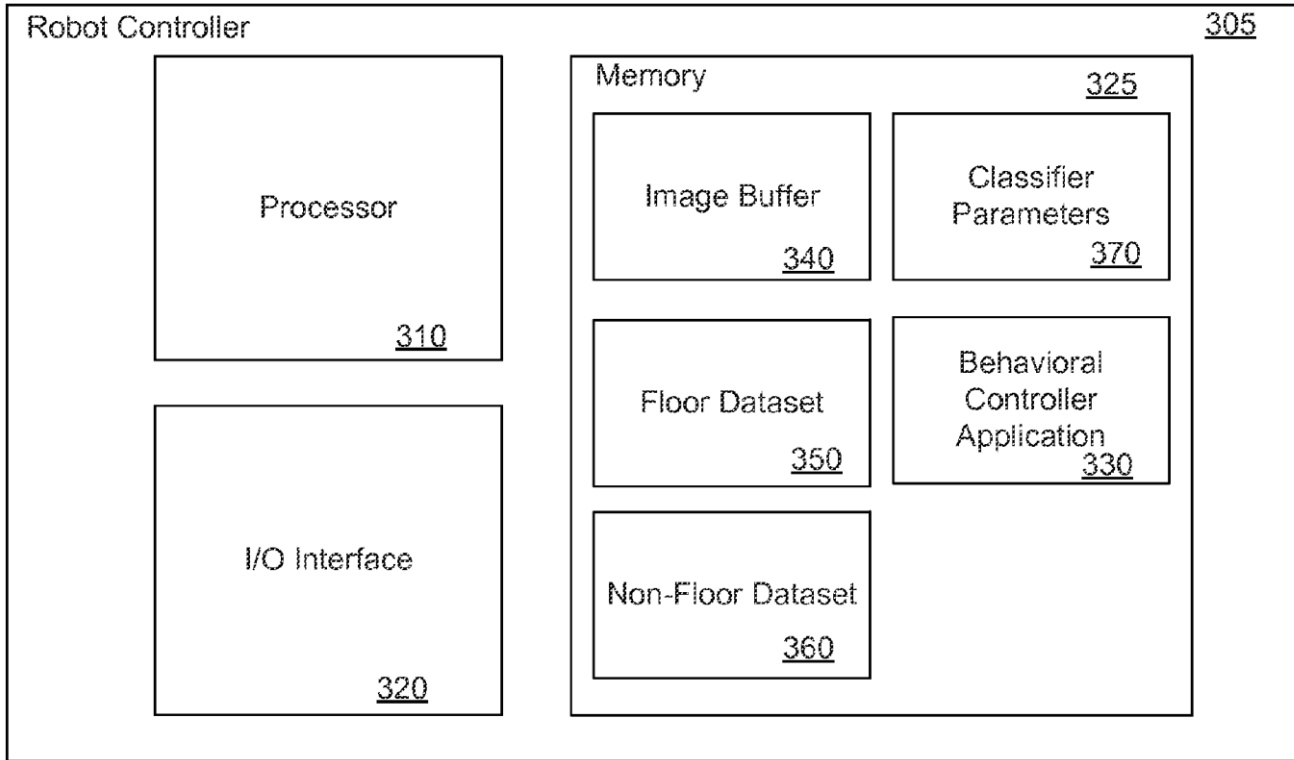
掃除ロボットの動作中に画像を取り込ませ、
アノテーションを行わせ、分類モデルの学習を行わせるアイデア

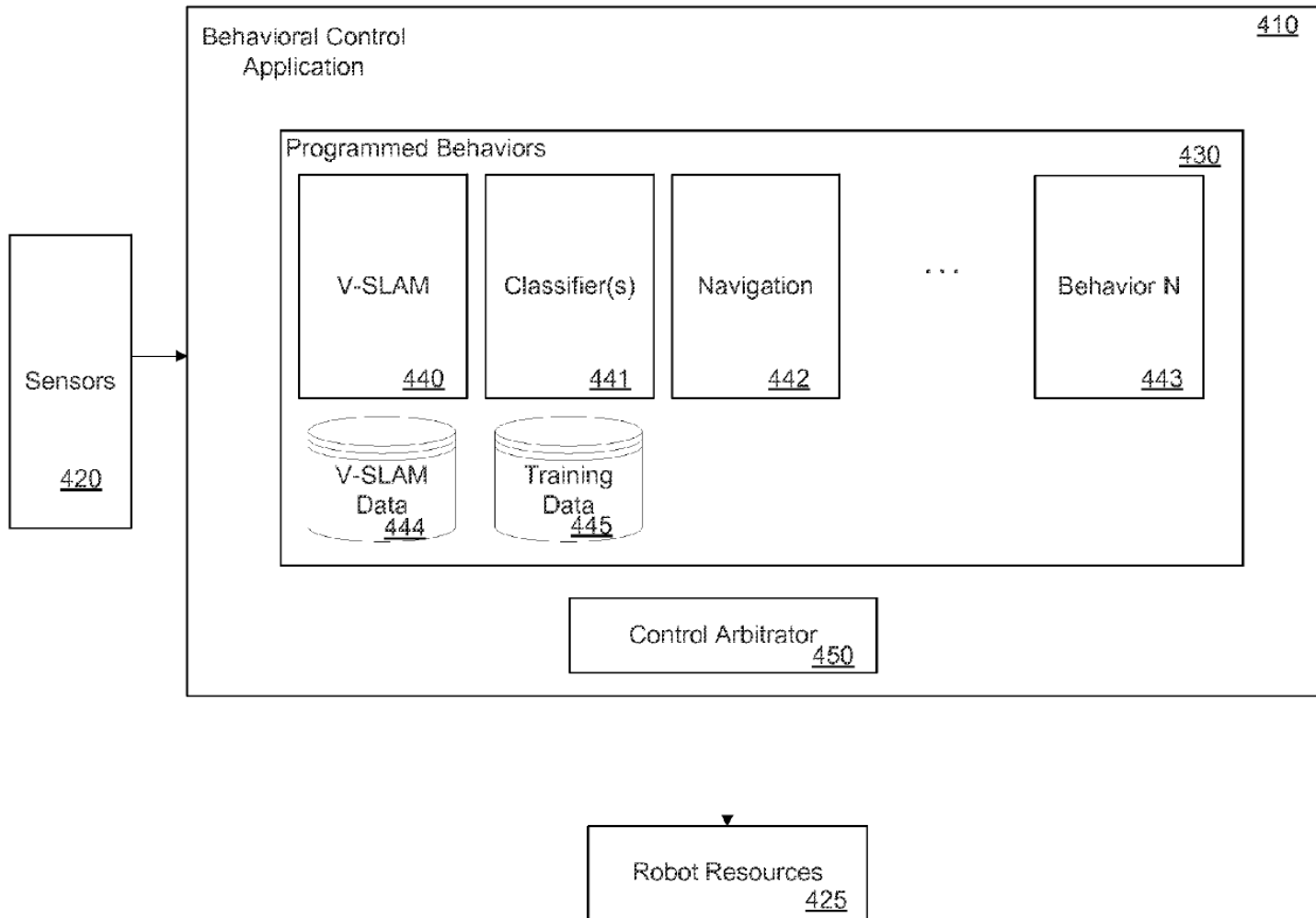
- ハードウェア構成
- 120 マシンビジョン
センサーシステム
 - 125 カメラ
 - 115 バンパー



ロボットは水平線908を基準に、床902と非床（壁904）に分けて障害物906を認識する

床の対象物のデータは床データセット350に記憶されている
 非床の対象物のデータは非床データセット360に記憶されている



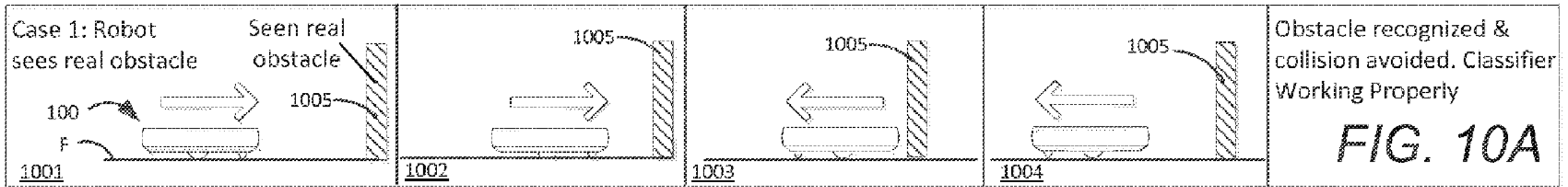


ロボットはカメラ等のセンサー420からのデータを取り込み、V(Visual)-SLAMモジュール440により環境(居室)のマッピングを行う

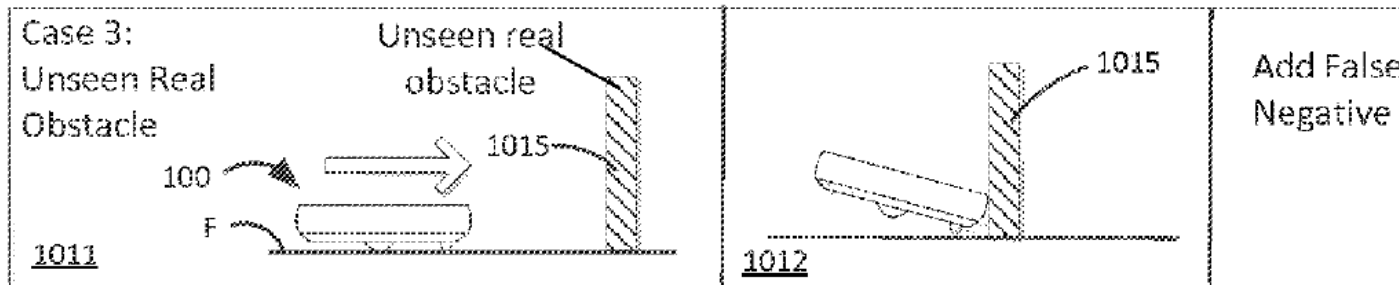
V-SLAMモジュール440は、障害物を含む領域、通過可能な床領域、通過した領域、まだ通過していない領域、グラウンドトゥールースが確立されているかどうか、特定の地域を説明する情報の日時等のデータをVSLAMデータベース444に記録する。VSLAMデータベース444には、階段、壁、ドアの位置など、環境の境界に関する情報も含まれる

分類器441 (AI) で障害物、通路を認識しながら清掃を行う

ロボットは清掃行動中、自動で追加の学習を行う。トレーニングデータはトレーニングデータベース445に記憶される



通常の場合(Case1)：ロボット100は、現実の障害物1005を認識し、障害物1005に衝突する前に、方向を変える

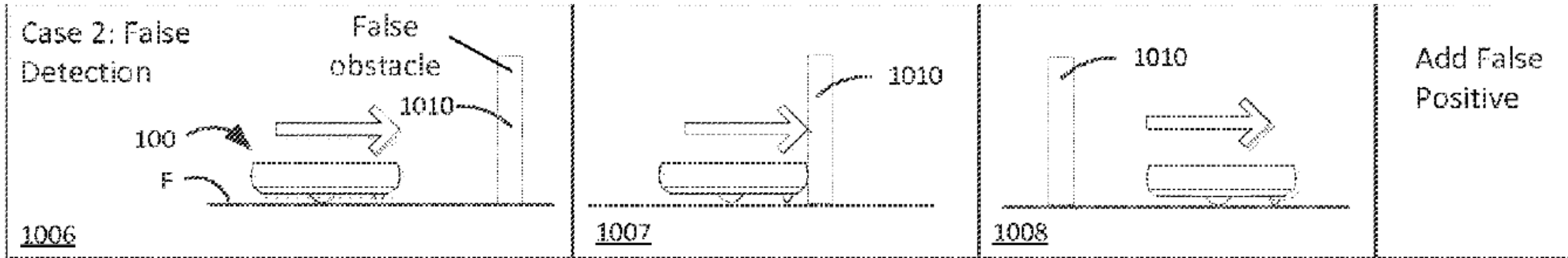


偽陰性が生じた場合 (Case3)：ロボット100は現実の障害物1005を認識できずに進行する

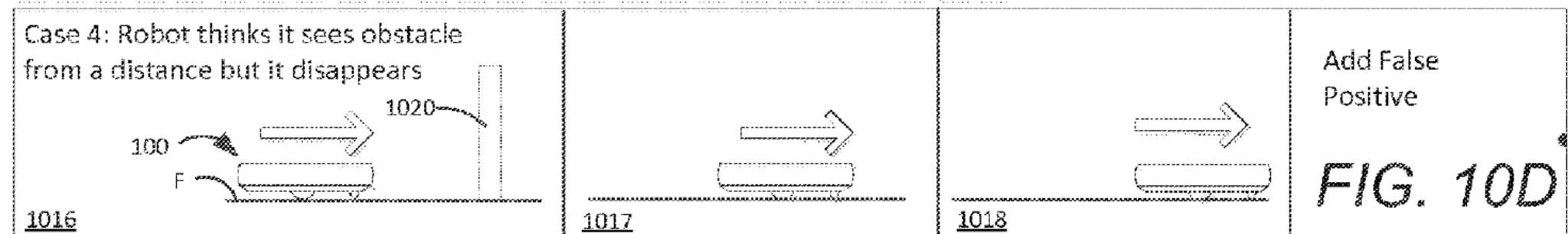
ロボット100は障害物1015に衝突したことをバンパーを通じて認識する

ロボットは数秒前の障害物1005の画像に、障害物のアノテーションを付加し、トレーニングデータベースに記憶する

同様の処理を障害物だけではなく、ロボットが乗り越えることができる対象物か、乗り越えることができない対象物かの分類も行う



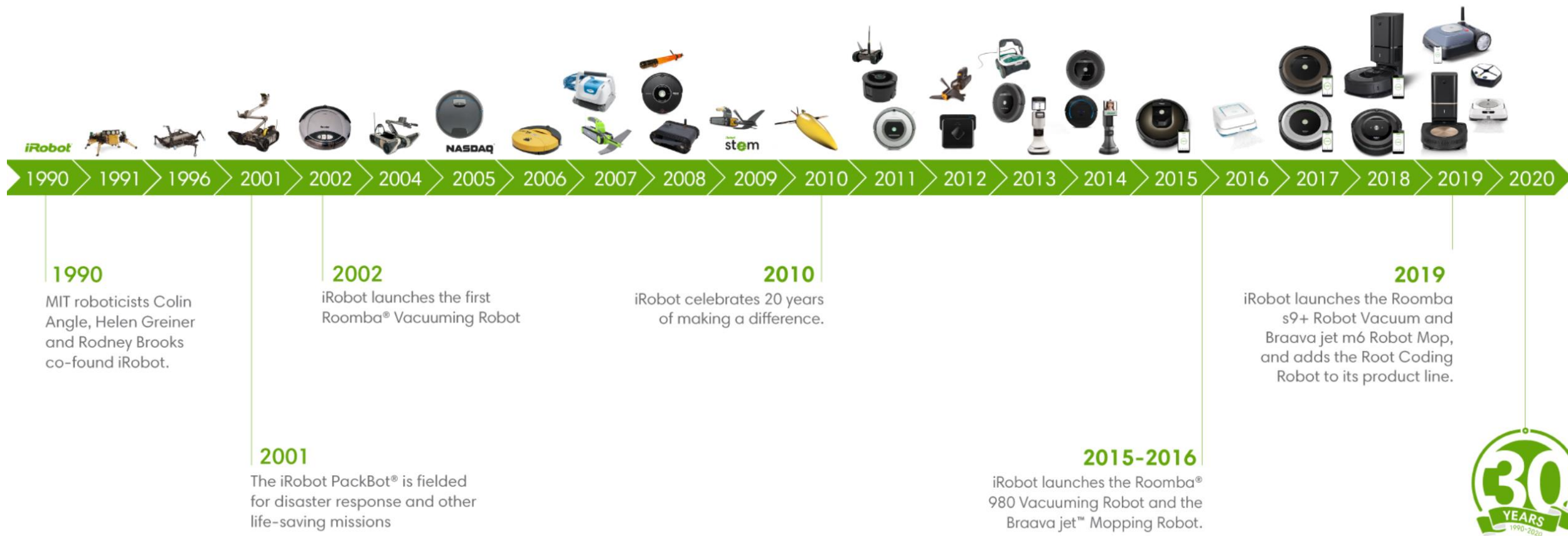
偽陽性（Case2）：ロボットは障害物1010を認識していたが、通過できた。数秒前の障害物とラベル付されていた画像については非障害物とする。



偽陽性（Case3）：ロボットは所定距離から障害物1020を認識していた
 しかし直前で障害物1020は存在しなくなった。この場合も数秒前の障害物とラベル付けされていた画像については非障害物とする

iRobot社 米国マサチューセッツ州本社

マサチューセッツ工科大学のロボット工学者により1990年に設立

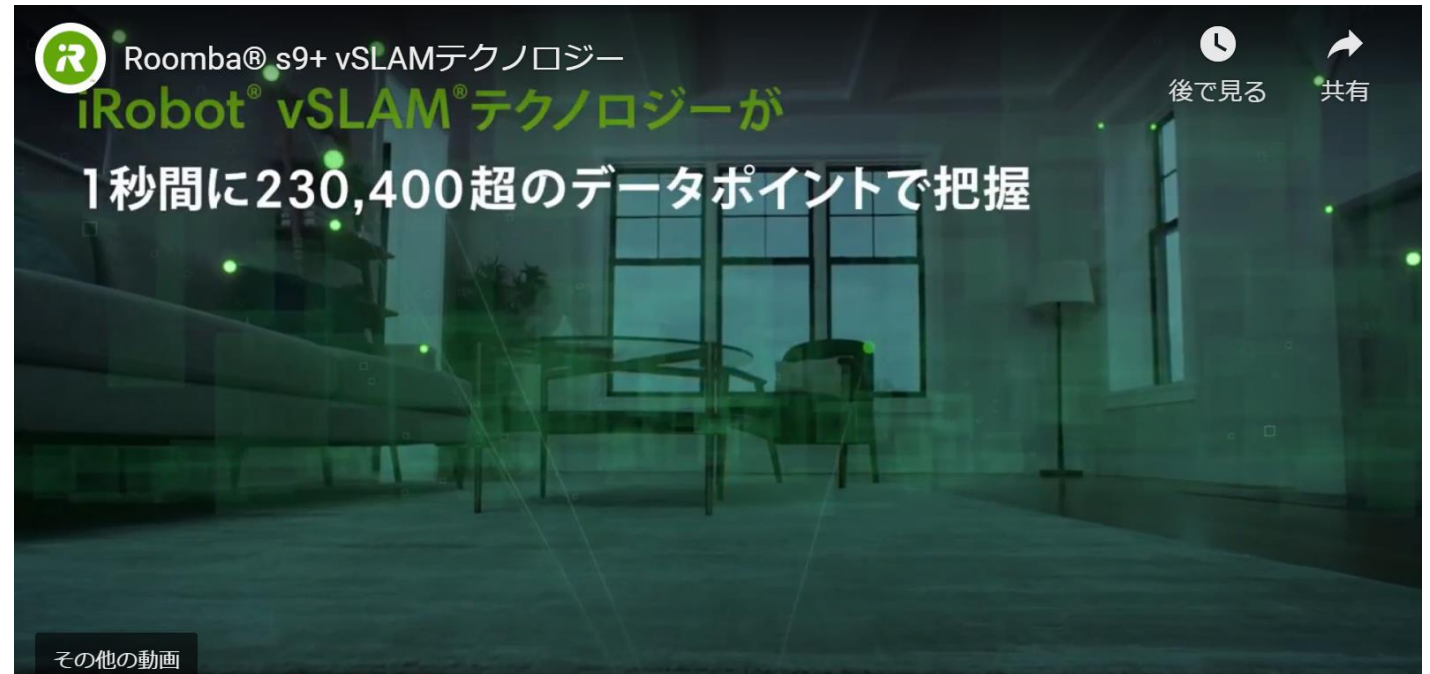


iRobot社HPより2020年8月8日
<https://www.irobot.com/about-irobot/company-information>

最新機種：ルンバ s9+

ルンバ s9+

ゴミ回収ユニット



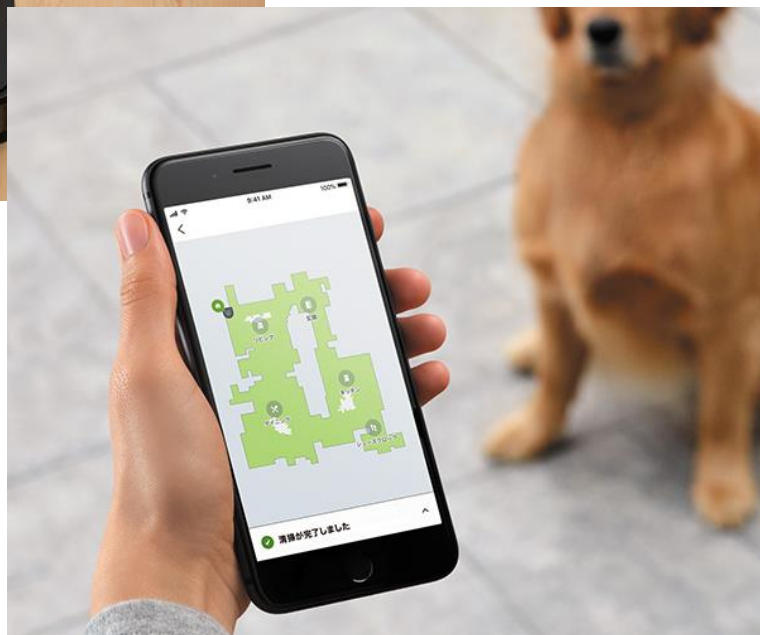
V-SLAMにより毎秒230,400以上のデータポイントを取得し、そのデータで家の中の環境を詳細にマッピングし学習する

家の間取りを学習し、スケジュール機能により自動で清掃を行う

スマホアプリから清掃箇所の設定可能

バーチャルウォール機能により進入禁止エリアを設定可能

日本特許3563735号（ロボットの位置を特定して閉じ込めておく方法
およびシステム）



【無人車両の可変参照フレーム】

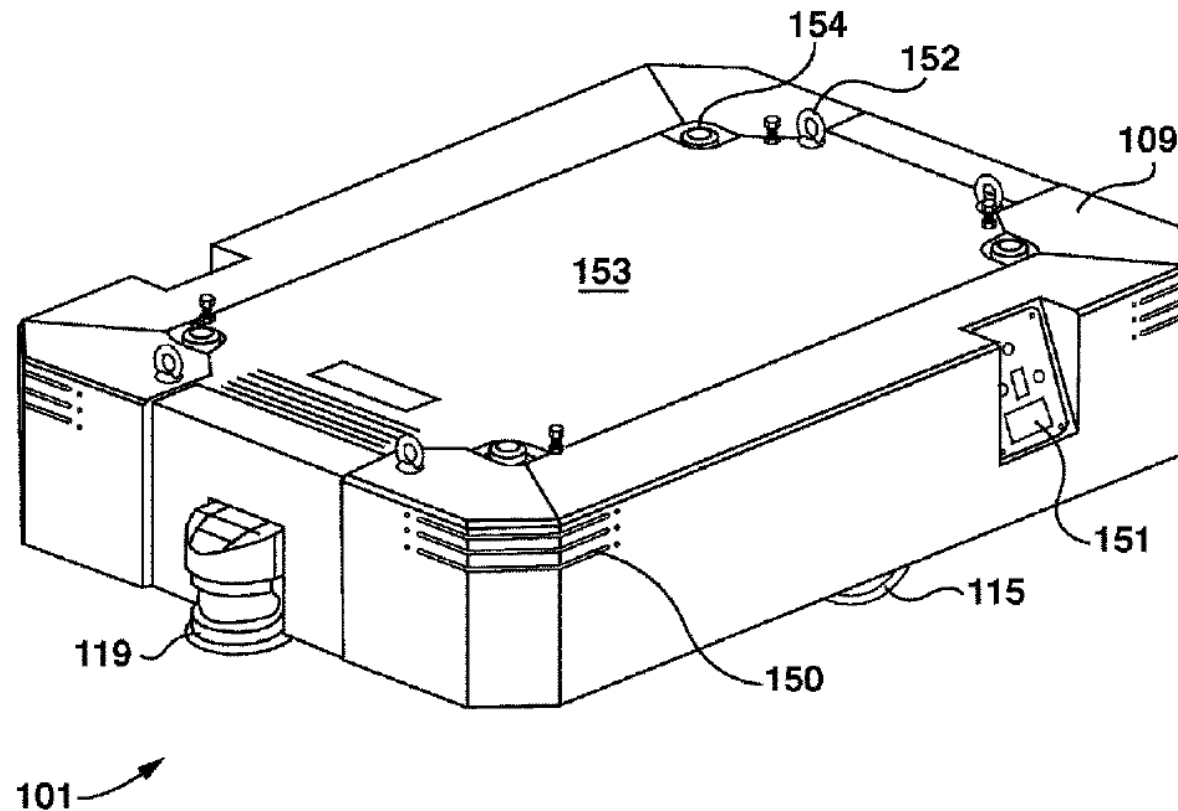
搬送ロボット

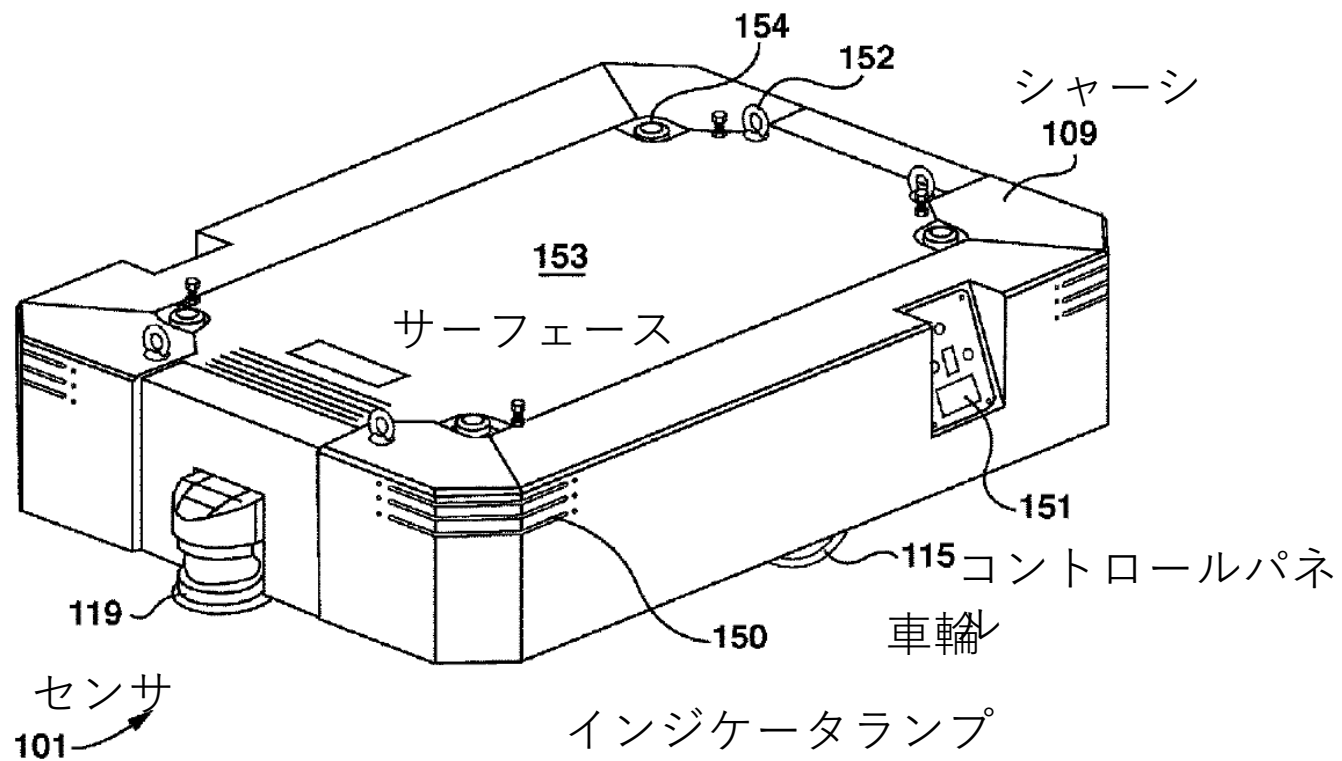
Clearpath Robotics Inc
出願日 2015年10月15日
登録日 2018年2月13日
登録番号 US9891630

SLAMにおいては、グローバル参照フレーム(Global Reference Frame)を用いて無人車両の移動制御を行う

しかし、ラック、ベルトコンベア等の目標物が振動等により動く場合がある。無人車両は大型で数百キロ、数トンの重量であり、位置ずれが原因でラック、ベルトコンベア等を破壊することが多い

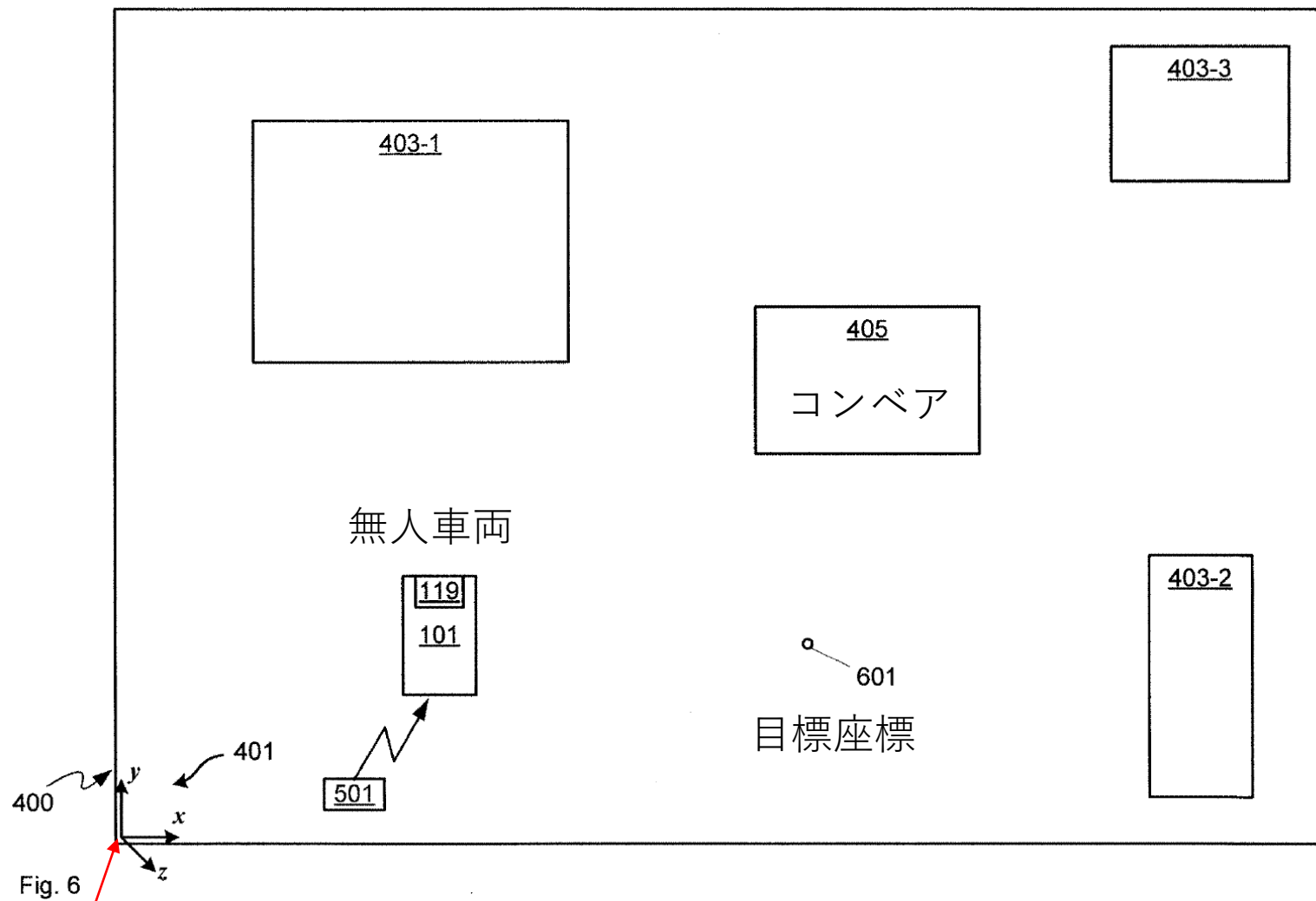
目標物の近くでグローバル参照フレームから、ローカル参照フレーム(Local Reference Frame)に切り替え目標物の位置ずれに伴う衝突を回避する





無人車両101のハードウェア構成

- 119 センサー（カメラ、LIDAR、加速度計など）
 - 150 インジケータランプ
 - 115 推進システム（車輪）
 - 151 コントロールパネル
 - 109 シャーシ
 - 153 サーフェース
- サーフェース上に鋼材、タイヤ等を載置して搬送する

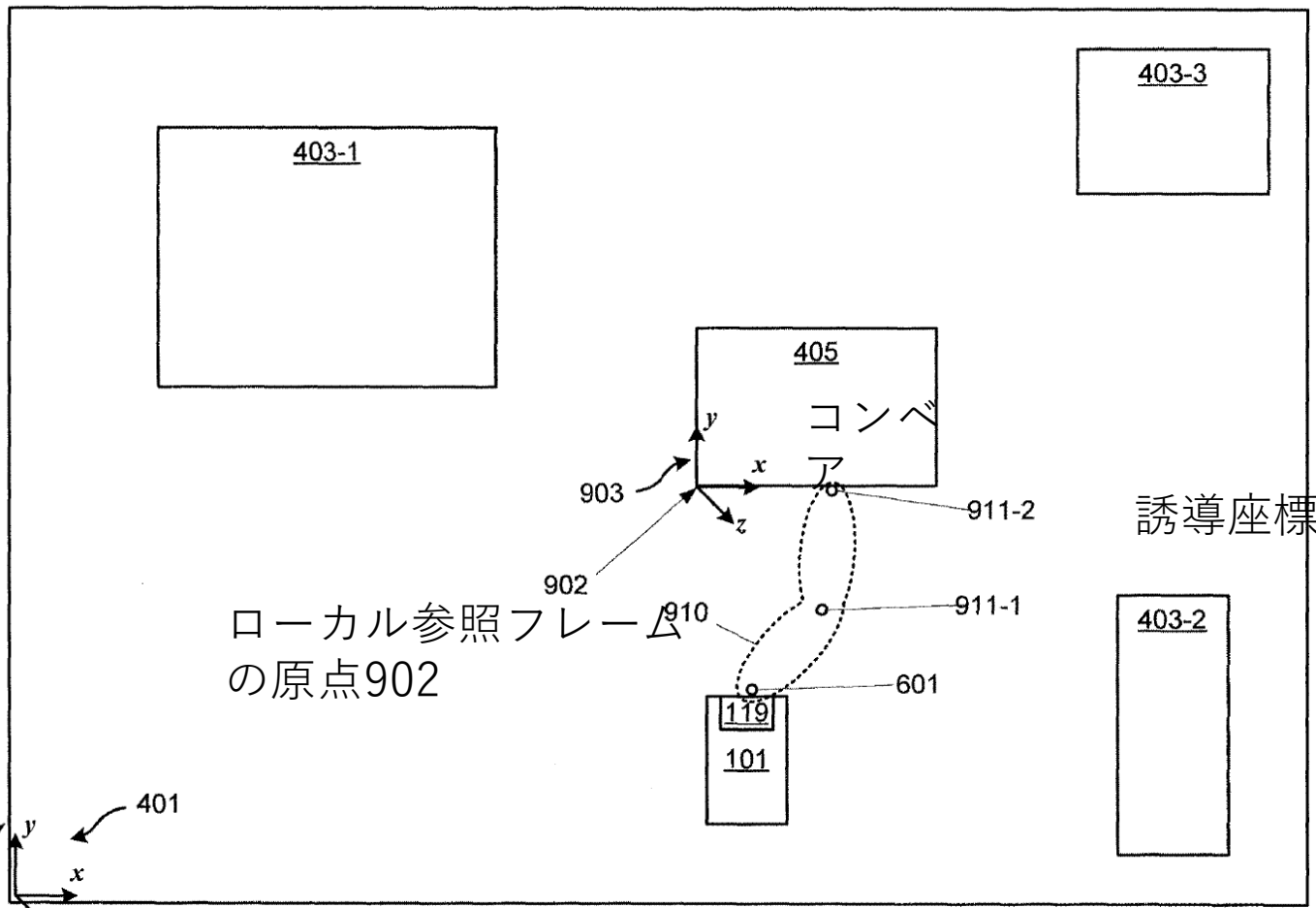


無人車両101はグローバル参照フレームに基づき、GPS、センサを活用して、目標座標601まで進行

このとき基準となるのはグローバル参照フレームの原点座標400

Fig. 6

グローバル参照フレームの原点400



無人車両101はグローバル参照フレームに基づき、GPS、センサを活用して、目標座標601まで進行する

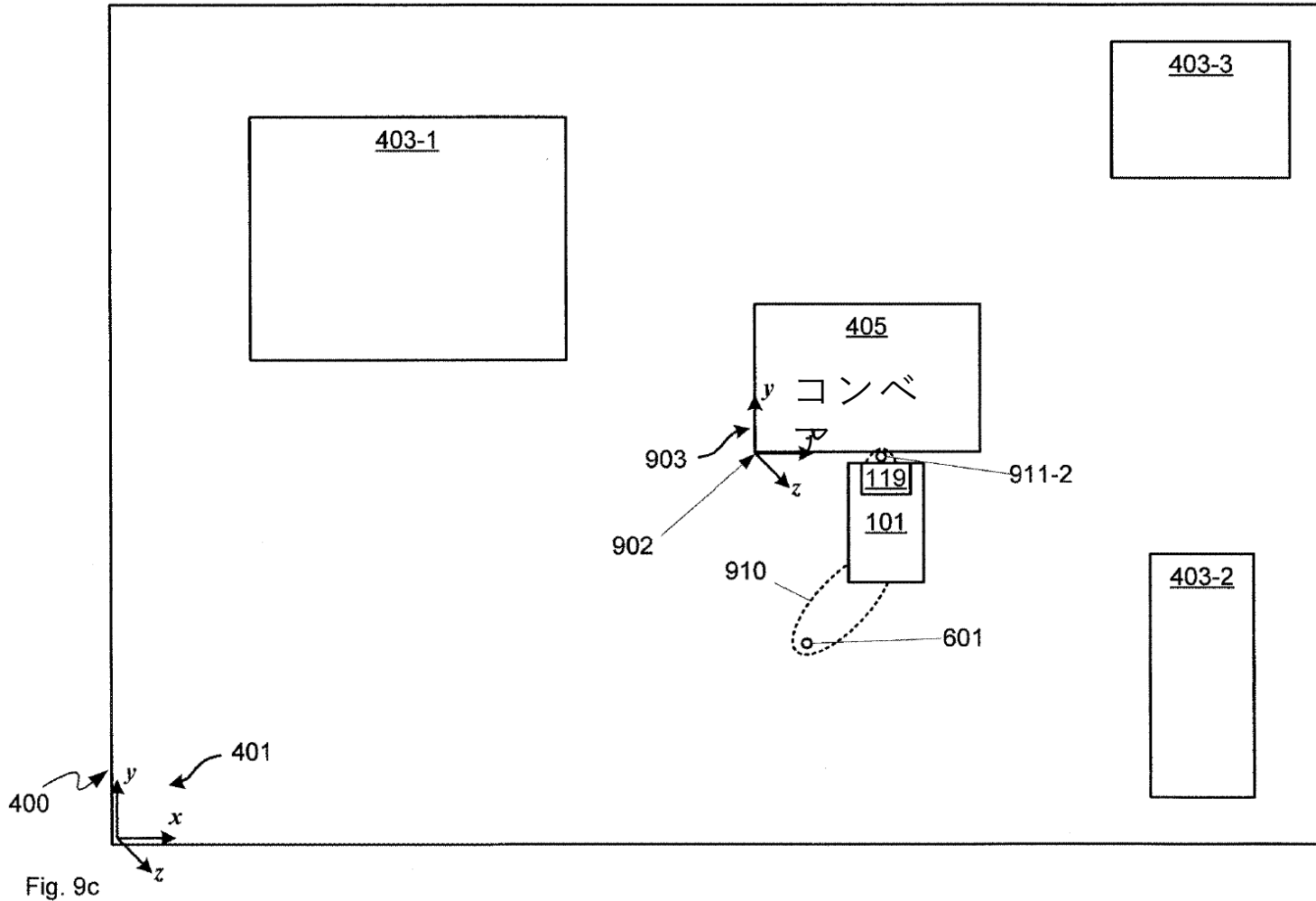
目標座標601に到着した場合、コンベアが振動により移動している可能性もあることから、グローバル参照フレームから、ローカル参照フレームに制御を切り替える

ローカル参照フレームの原点902（コンベアの角など）を基準とする

誘導座標91101,911-2を目標としてローカル参照フレームに基づきコンベアに接近するよう制御する

グローバル参照フレームの原点400

搬送ロボット



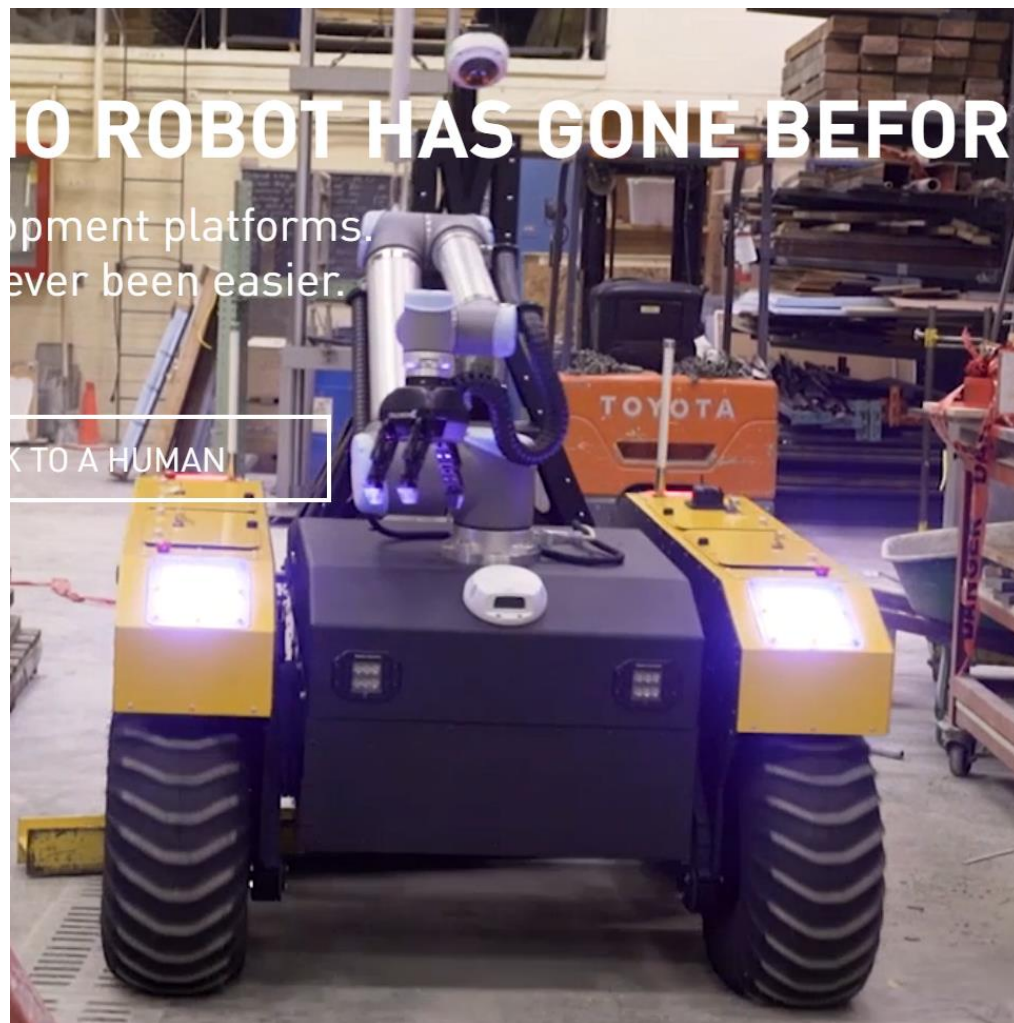
コンベア405に衝突することなく、誘導座標911-2に到達することができる

搬送完了後、コンベアから離れ、再びローカル参照フレームから、グローバル参照フレームに切り替え、他の目標(403-1)へ移動する

グローバル参照フレームの原点400

Cleapath Robotics社 2009年設立 カナダ本社

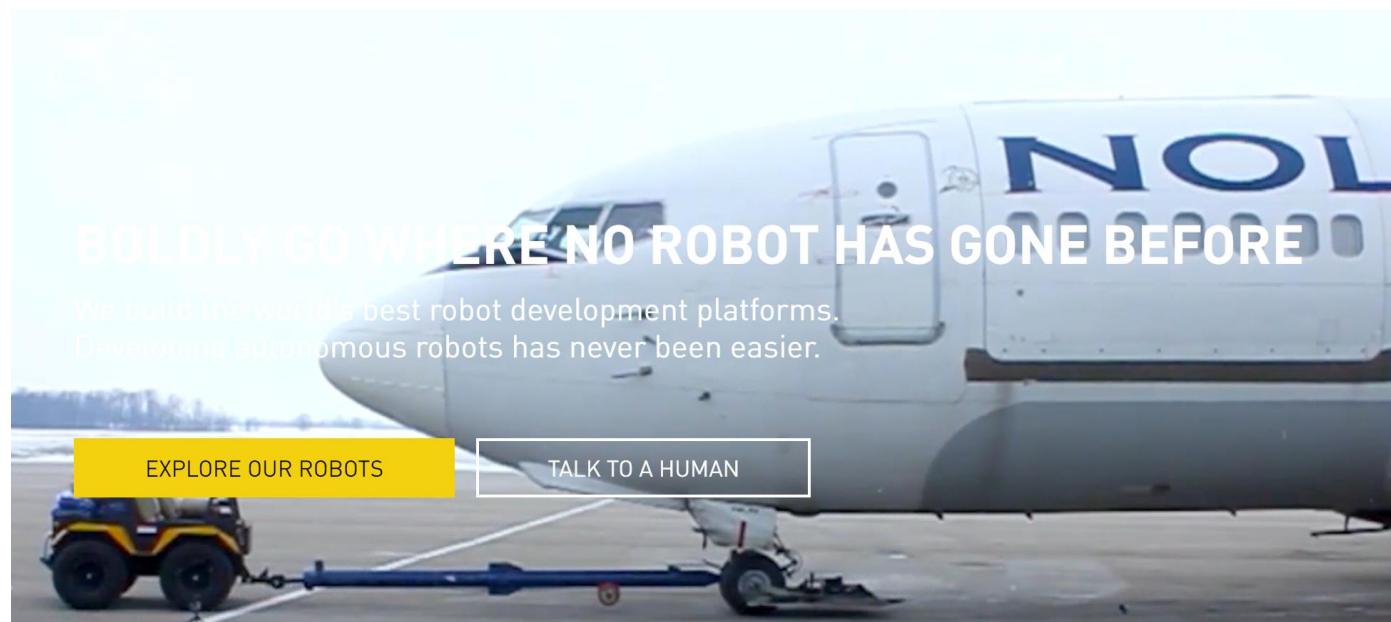
比較的大型の搬送ロボットの製造・販売



工場内での搬送

2009年にカナダのウォータールー大学の卒業生によって設立された自動走行ロボットの設計・開発を行っているロボットメーカー Clearpath Robotics Inc.の1事業部であるOTTO Motorsは「世の中の最も面倒で、汚く、危険な仕事を自動化する」をビジョンとして掲げている。

世界で2000台以上のロボットを提供してきた実績



飛行機の移動

Cleapath Robotics HPより2020年8月20日<https://clearpathrobotics.com/>

BOLDLY GO WHERE NO ROBOT HAS GONE BEFORE

We build the world's best robot development platforms.
Developing autonomous robots has never been easier.

EXPLORE OUR ROBOTS

TALK TO A HUMAN

水中用

TALK TO A HUMAN

 CLEARPATH
ROBOTICS



シェルフ(OTTO100)



カート(OTTO100)



パレット(OTTO1500)



コンベア(OTTO1500)

日本市場には2017年よりアルテック株式会社を通じて販売

アルテック株式会社HPより2020年8月20日
https://www.altech.co.jp/item_news/otto

【航空機に関連付けられたセンサーを使用した仮想航空地図の更新】

飛行体を用いたMAP生成

Amazon

出願日 2018年9月12日

登録日 2020年4月7日

登録番号 US10611475

MAPの収集、更新は、各地を走行する自動車に搭載したカメラより行う

地図は随時変化するため更新が大事である

交通量の少ないエリア、自動車が侵入できないエリアでのMAP更新が課題

各地に飛行体（ドローン、小型飛行機）を飛ばし、航空画像を大量に収集し、MAPを生成するアイデア

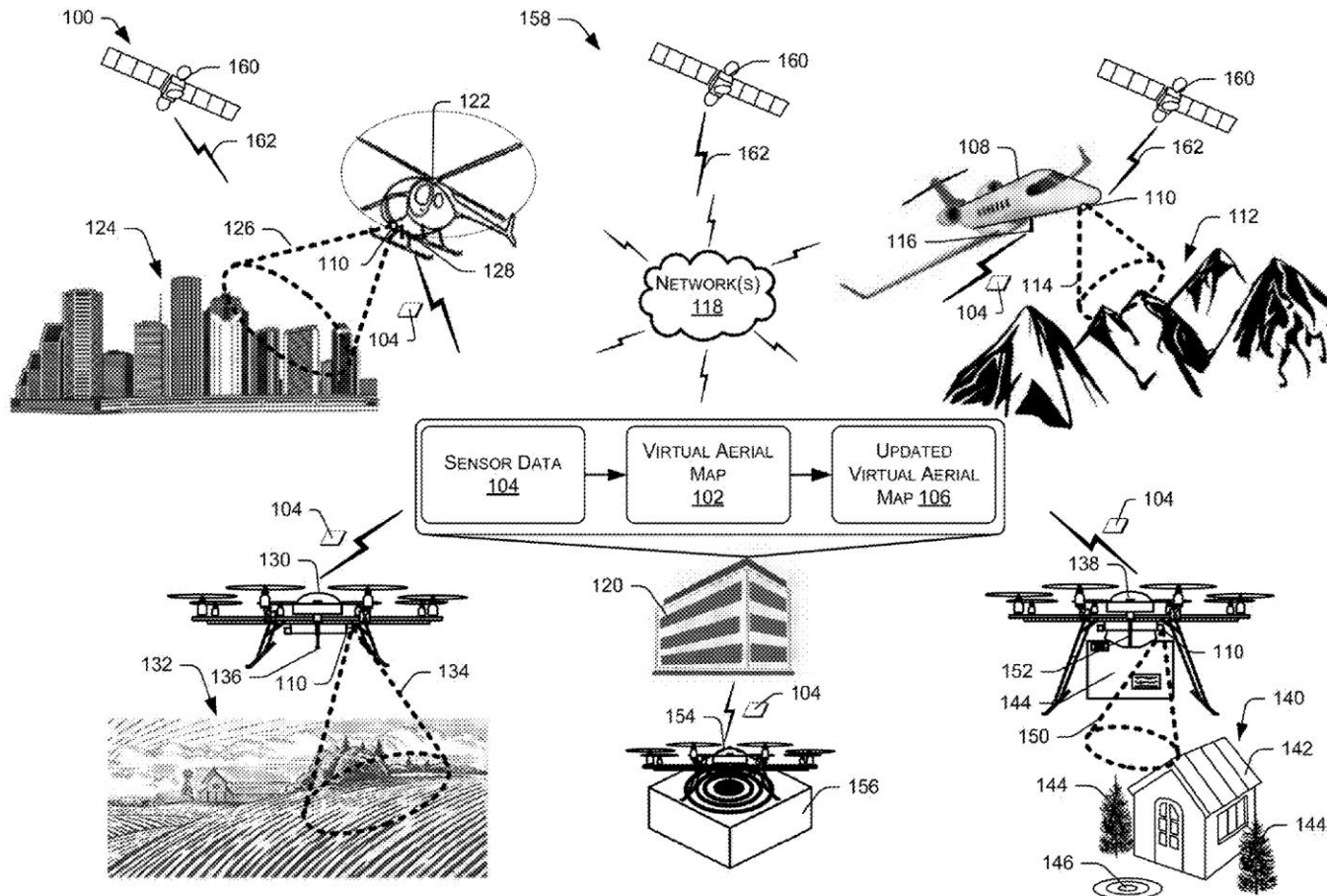


FIG. 1

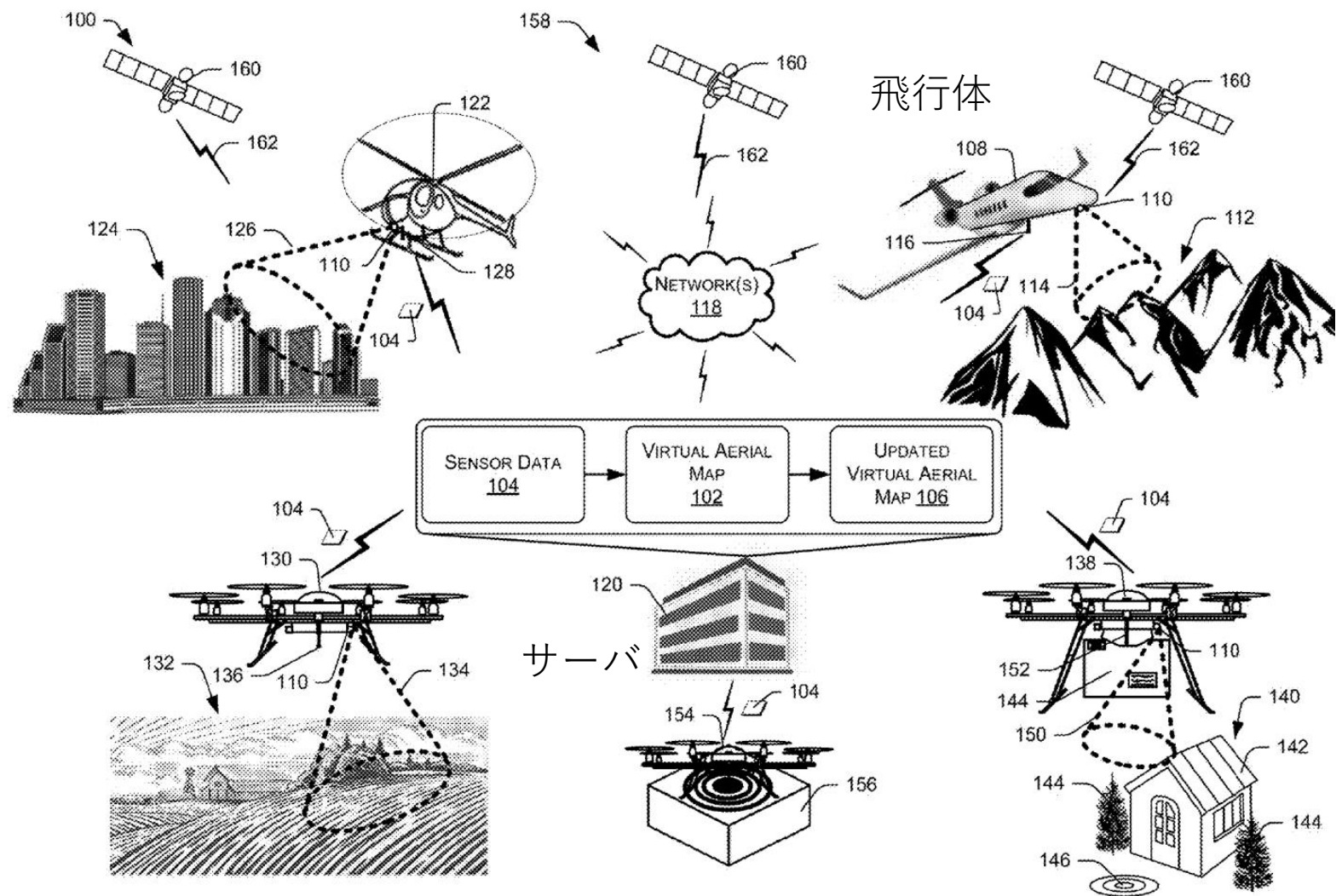


FIG. 1

都市エリア、山岳エリア、農場エリア、住居エリアなどに飛行体をとばす

108: 飛行体

110: センサ カメラ、LIDAR、GPSなど

104: センサデータ

160: GPS衛星

センサデータを飛行体からサーバ120へ送信する

地理的データ、方向データ（方角、ピッチ、ヨー、ロール等）、画像データ、GPSデータを送信

サーバは、センサデータから仮想エリアマップを生成し、仮想マップを更新する

マップを更新する際、既存MAPの特徴点を見つけ、特徴点を参照し、角度等を調整した上で更新する

センサデータの品質データ（ピント、雲、ノイズ）を考慮し、品質データが低い場合、更新せず、他の時点で撮影された画像を用いて更新する

