

インテル® Core™ プロセッサ  
インテル® RealSense™ デプス・カメラ

## 日本通運の物流センターで働く自律走行型ロボット ピッキング作業を効率化し、変革を加速

日本通運は平和島ロジスティクスセンターのピッキング作業を効率化するために、ラピュタロボティクスが開発したクラウド・ロボティクス・プラットフォーム「rapyuta.io」と 15 台の協働型ピッキング・アシスト・ロボット「ラピュタ PA-AMR」を導入しました。ラピュタ PA-AMR には、ROS を実行するインテル® Core™ i5-8365UE プロセッサと、SLAM および人や障害物の検知と回避のために 2 台のインテル® RealSense™ デプス・カメラ D435i が搭載されています。



会社名：日本通運株式会社

住所：〒101-8647 東京都千代田区神田和泉町 2

事業内容：自動車輸送、鉄道利用輸送、海上輸送、船舶利用輸送、利用航空輸送、倉庫、旅行、通関、重量品・プラントの輸送・建設、特殊輸送、情報処理・解析などの物流事業全般 および関連事業

<https://www.nittsu.co.jp/>



会社名：ラピュタロボティクス株式会社

住所：〒135-0023 東京都江東区平野 4-10-5

事業内容：クラウドロボティクス・プラットフォームや協働型ピッキング・アシスト・ロボットの提供

<https://www.rapyuta-robotics.com/ja/>



ラピュタロボティクス  
プロダクトマネージャー  
相澤 和宏 氏

### 日本通運のロジスティクスセンターで 15 台の AMR がピッキング作業をサポート

東京都大田区にある日本通運の平和島ロジスティクスセンターでは、10 名ほどの作業スタッフと一緒に、いわゆる AMR(Autonomous Mobile Robot)と呼ばれる 15 台の自律走行型ロボットが働いています(図 1)。

ピッキングを担当するスタッフは、ロボット上部の画面の指示に従って棚からパーツをピックし、ディスプレイ脇のバーコードリーダーにパーツのバーコードを読み込ませたあと、ロボットに載せられたコンテナにパーツを入れていきます。ある棚でのピッキングが終わると、スタッフはロボットの画面に表示された次のピッキング場所に向かい同様の作業を繰り返します。このとき、同じロボットが到着して同じバッチの続きを行うこともあれば、別のロボットが到着して異なるバッチのピッキング作業を行うこともあります。指示したすべてのパーツが載せられたロボットは、自動的に荷卸しエリアに移動していきます。

この物流センターでは大手空調メーカーのサービスパーツの保管と配送を担っていて、通常期で 1 カ月あたり 1,500 件から 2,000 件の出荷依頼を扱っています。ただし、繁忙期となる 6 月から 9 月は出荷依頼がおおよそ 3 倍に増えるため、人員を増強して対応する必要があり、労働人口が減少している最近はその確保が課題となっていました。しかも、スタッフは紙のピッキングリストやハンディーターミナルを持ちながらカートを押して棚エリアを行き来し必要なパーツを集めていたため、作業効率は決していいとはいえ、かつ、荷卸しエリアへの往復も必要で、歩行距離は 1 日で数 km から 10km 以上に及び、肉体的にも負担になっていたそうです。

そこで日本通運が導入したのが、ラピュタロボティクスが開発したクラウド・ロボティクス・プラットフォーム「rapyuta.io」と協働型ピッキング・アシスト・ロボット「ラピュタ PA-AMR」で構成されるシステムでした<sup>\*1</sup>。

図 1. 日本通運の平和島ロジスティクスセンターで稼働するラピュタロボティクスの協働型ピッキング・アシスト・ロボット「ラピュタ PA-AMR」  
(提供:ラピュタロボティクス)



その経緯についてラピユタロボティクスの相澤和宏氏は次のように述べています。「日本通運様が当社のテクノロジーに興味を持っていただいた理由は2つあると認識しています。1つが、プラットフォームである rapyuta.io を通じて、将来的に AMR 以外のさまざまなロボットやマテハン機器との連携を実現できる可能性が生まれること。もう1つは、ラピユタ PA-AMR は人との協働によって効果を発揮するソリューションであるため、これまで培ってきた現場のノウハウを継承しながら効率化が図れることです。当社にとっても、日本通運様のような 3PL の大手がファーストユーザーになっていただいたことを嬉しく思っています」。

### クラウド・ロボティクス・アーキテクチャーを具現化した rapyuta.io プラットフォーム

ラピユタロボティクスは欧州の研究プロジェクト「RoboEarth」<sup>2</sup> からスピノフする形で 2014 年に日本で設立されました。

同社が提供しているクラウド・ロボティクス・プラットフォーム rapyuta.io は、RoboEarth プロジェクトの研究成果である「Rapyuta」をベースにした PaaS(Platform as a Service)型のプラットフォームです。クラウド上に構成した各ロボットのクローン同士がコミュニケーションを図りながら、ロボットの協調制御(群制御)を実現する仕組みです。

実際のシステムは、rapyuta.io を中心に、顧客の倉庫管理システム(WMS)とのインターフェイスを担う倉庫制御システム(WCS)、ロボットへの作業指示の最適割り当て、ルート計画およびナビゲーションといった機能で構成されています(図3)。なお、作業指示割り当てとルート計画およびナビゲーションは、クラウド上ではなくエッジ(図3では Edge)上に実装することも可能です。

ロボットの制御に必要なマップは、ロボット(この場合は AMR)から送られてくる RGB+D などのセンシングデータから作成されます。複数のロボットのマップ情報をマージして精度を高めているのも rapyuta.io の特徴の1つです。

### ラピユタ PA-AMR の周囲センシングに Intel® RealSense™ デプス・カメラを採用

rapyuta.io を具現化する手段として、ラピユタロボティクスが開発した自律走行型搬送ロボットが、図1に示したラピユタ PA-AMR です。国内で一般的な幅 900mm の通路にも入れるようにボディーサイズは幅 600mm×奥行き 600mm(×高さ 1350mm)とし、最大搬送重量は 45kg です。

内部には、ロボットの制御を実行する Intel® Core™ i5-8365UE プロセッサを搭載したコンピューターを中心に、周囲の人や障害物を検知するデプス・カメラおよび 2D LiDAR、タッチパネル付きディスプレイ、バーコードリーダー、Wi-Fi コネクティビティー、バッテリーとバッテリー制御回路、駆動系(モーター)、非常停止ボタン2個、スピーカー、走行ランプなどで構成されています。

ラピユタ PA-AMR は人と同じ空間で動作するいわゆる協働ロボットの1種ですから、人や周囲のモノに対して危害や損害を与えないようにさまざまな安全対策を講じなければなりません。合わせて、SLAM(Simultaneous Localization and Mapping: 自己位置推定とマップ作成)を行うために、周囲環境のセンシングも必要です。

こうした目的のために、本体前側の上下に2台のデプス・カメラと、本体の前後に2台の2D LiDAR が搭載されています。「倉庫内ではスタッフも作業していて、カートを押しながら移動している場合もあります。どのような条件でも死角が出ないように、デプス・カメラと2D LiDAR の組み合わせを採用し、搭載位置についても慎重に検討しました」(相澤氏)。

デプス・カメラとして採用されたのが Intel® RealSense™ デプス・カメラ D435i でした(図4)。その理由について相澤氏は次のように説明します。「他社のソリューションに比べ、サイズ、価格、性能のバランスに優れるだけでなく、デプス情報をカメラ側で計算してくれるため、プロセッサのリソースを抑えられる点などを評価しました」。

図2. 複数ロボットの群制御を実現するクラウド・ロボティクス・プラットフォーム「rapyuta.io」(提供: ラピユタロボティクス)

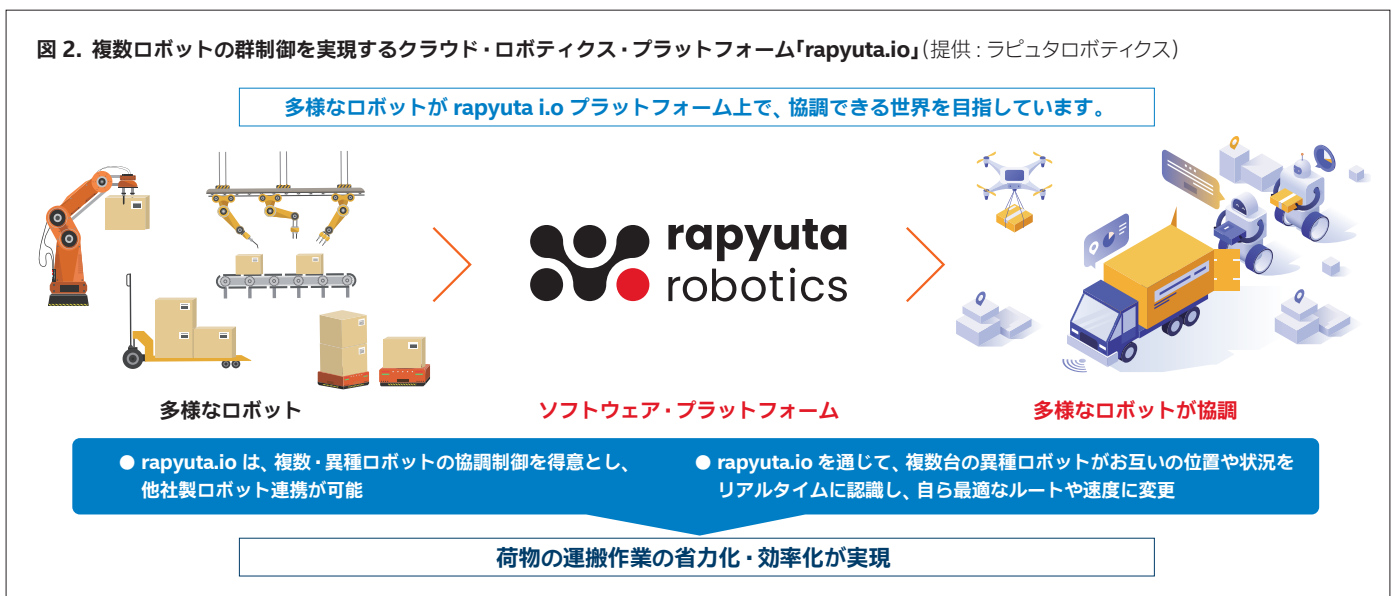


図 3. rapyuta.io を含む全体アーキテクチャの概念

(提供: ラピュタロボティクス)

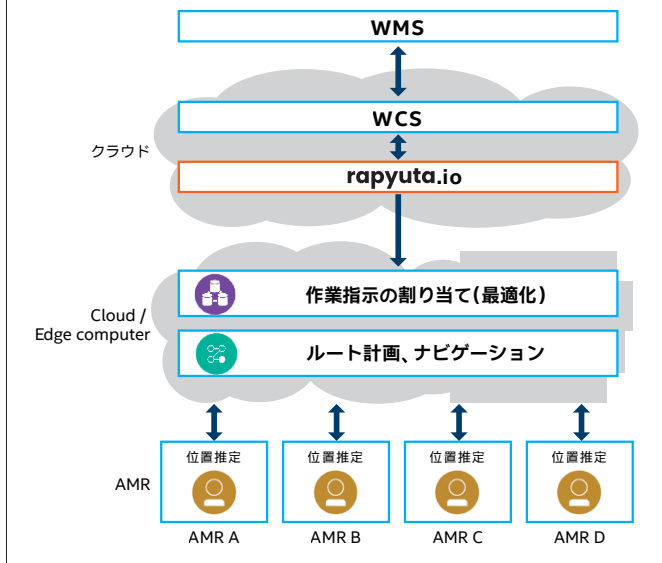
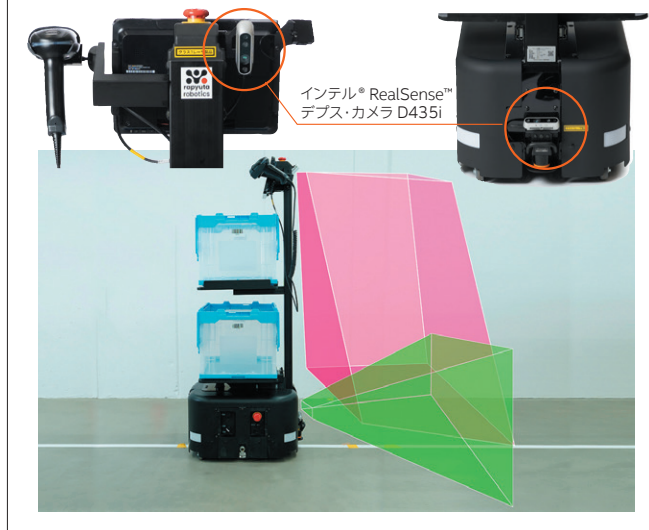


図 4. 前方の人や障害物の検知およびSLAM用にラピュタ PA-AMR に搭載されたインテル® RealSense™ デプス・カメラ D435i と検知範囲のイメージ(提供: ラピュタロボティクス)



合わせて、ソフトウェアの開発環境が充実していることも選定のポイントの1つだったと述べています。「ROSにも対応したインテル® RealSense™ SDK 2.0が提供されるほか、コミュニティも活発です。当社にはオープンソース・コミュニティにコミットしている社員も多く、何かあったときにはまずコミュニティを通じて解決を図ることも少なくありません。その点も評価しました」(相澤氏)。

インテル® RealSense™ デプス・カメラ D435i で得た RGB + D データのほか、2D LiDAR のデータやモーターの回転角などを元に、rapyuta.io でマップ作製を行う一方で、自己位置推定と人や障害物の回避はラピュタ PA-AMR 上のインテル® Core™ i5-8365UE プロセッサ側で行っています。

### 労働人口減少などの社会課題に向き合いながら人とロボットとが協働する時代を創る

日本通運はラピュタロボティクスのシステムを使った実証実験を2019年6月に開始しました。日本通運の既存のWMSとの連携や現場でのオペレーション・テストが主な目的で、このときはインテル® NUC で構成したラピュタ PA-AMR のプロトタイプが用いられました。インテル® NUCは、インテル® Core™ プロセッサを搭載し、コンパクトながら高い性能と汎用性を備えた小型 PC です。今回のような PoC のほか、教育、ビジネス、産業(組込み)など、幅広い目的や用途で活用されています。

なお、ラピュタ PA-AMR に使われたインテル® Core™ プロセッサは、スケーラブルな性能、幅広いエコシステム、豊富な開発資産などさまざまなメリットがあり、プロトタイプから産業用グレードの商用機への移行も容易です。

上記の実証実験ののち、本格運用がスタートしたのは2020年8月で、10台のラピュタ PA-AMR が最初に導入され、さらに2021年8月に5台が増強されています。

実証実験中および本格運用後に、作業指示の割り当て、ルート計画、ナビゲーションなどに関していくつかの課題が判明し、その都度、rapyuta.io またはラピュタ PA-AMR の改善やチューニングが行われました。「日本通運様は当社にとって初めての事例ということもあり、実際の運用でしか分からない課題に対して、お客様からフィードバックをもらいながら仕上げていきました」と相澤氏は説明。また、日本通運側でも、AMR が共存する環境への最適化を進めています。

例えば、荷卸しエリアでラピュタ PA-AMR とコンテナとの紐づけ(ペアリング)を行っていたところ、複数のラピュタ PA-AMR が滞留してしまうことがあったため、ラピュタ PA-AMR の待機場所でも紐づけが行えるように変更されました。また、お客様の要望を取り入れた視認性の高いユーザー・インターフェイスへの改善を行っています。さらに日本通運では、今まではスタッフの歩行距離を抑えるために複数注文を一括で扱うトータルピッキング方式を採用していたのを、注文単位のオーダーピッキング方式に変更して、荷卸しエリアでの仕分け作業を省略するような運用に変更して改善効果が確認されています。

rapyuta.io およびラピュタ PA-AMR を導入した結果、スタッフの負担やストレスの軽減、時間外勤務(残業)の削減、繁忙期の人員確保の懸念の排除、といった効果が得られているほか、より効率的な現場を実現しようと改善の機運が高まっているそうです。今後は入庫作業や棚卸し作業にも活用範囲を広げていく計画で、さらに、日本通運の他の物流センターへの横展開も検討中とのこと。

一方のラピュタロボティクスでは、日本通運で得たノウハウを反映しつつ、物流事業者や倉庫事業者を中心に提案を進めていて、すでに佐川グローバルロジスティクス(累計25台)や京葉流通倉庫株式会社(20台)などに導入済みです。また、GTP(Good To Person)タイプを含む他の産業ロボットメーカーとの協業も進めています。

「一般に3Kと呼ばれる、きつい、汚い、危険な仕事はロボットに任せ、人間はよりクリエイティブな仕事にチャレンジできるような環境を実

現することが、ラピュタロボティクスの社是となっています。人とロボットが共存する社会を追い求める中で、その一步を踏み出せたと考えています」と相澤氏は述べています。

少子高齢化や労働人口減少といった社会課題を抱える日本で創業したラピュタロボティクス。日本企業であると同時に、20カ国以上から集まった優秀な技術者が働くグローバル企業でもある同社の技術と取り組みは、多くの産業から注目されています。

自律走行型ロボットは、さまざまなセンサーで外部の情報を取り込みながら、自らが判断して動きを決定していきます。センサー・フュージョンや画像 AI 処理といった高度化に伴い、プロセッサにはより

高い性能が求められ、また、バッテリー動作を実現するためにローパワーも両立しなければなりません。インテルの組み込み向けインテル® Core™ プロセッサ・ファミリーは、そのような目的に最適といえます。

インテルは「クラウド」「コネクティビティ」「AI」「インテリジェント・エッジ」という「破壊的なイノベーションを起こす 4 つの Superpowers」に積極的な投資を行っています。ロボットに関しても、この 4 つの Superpowers を活用しながら、エッジからクラウドまで一貫した技術的アプローチにより、さらなる技術革新を支援していきます。

## intel REALSENSE™ ロボットの眼となるインテル® RealSense™ テクノロジー

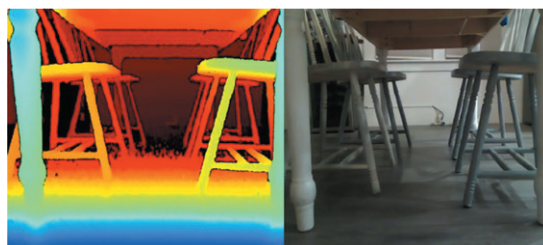
インテル® RealSense™ デプス・カメラはステレオカメラを用いて深度 (デプス) 情報を取得する 3D センサー・デバイスです。インテル® RealSense™ ビジョン・プロセッサ D4 を内蔵し、RGB 画像データのほかに、対象物までの距離を表す深度データと、IR 画像データが出力されます。

開発環境としては インテル® RealSense™ SDK 2.0 がオープンソースとして提供され、周囲のセグメンテーション、3D スキャンなどのライブラリがサポートされています。また、コミュニティーも運営されています。

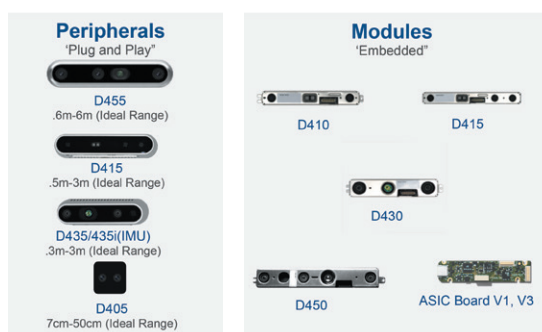
ROS にも対応しているため、周囲認識、SLAM、障害物回避などの目的で、多くのロボットやドローンに採用されています。

ラピュタロボティクスのラピュタ PA-AMR に搭載されたインテル® RealSense™ デプス・カメラ D435i は、最適測距範囲 0.3~3m、画角 87°×58°、深度 2% 以下 @2m、深度解像度最大 1280×720@30fps、RGB 解像度最大 1280×720@30fps といった仕様を備え、サイズは 90xmm(幅)×23mm(奥行き)×20mm(高)、慣性測定ユニット (IMU) 内蔵、外部インターフェイスは USB-C 3.1Gen 1 です。

### ステレオカメラによって深度 (デプス) 情報を取得する インテル® RealSense™ テクノロジー



対象までの距離を表したデプスマップ(左)と RGB 画像 (右) の例



\*1 : <https://www.rapyuta-robotics.com/ja/case-nittsu/>

\*2 : <http://roboearth.ethz.ch/>

※ 本ホワイトペーパーは 2022 年 6 月時点の情報に基づいています。



この文書は情報提供のみを目的としています。この文書は現状のまま提供され、いかなる保証もいたしません。ここにいう保証には、商品適格性、他者の権利の非侵害性、特定目的への適合性、また、あらゆる提案書、仕様書、見本から生じる保証を含みますが、これらに限定されるものではありません。インテルはこの仕様の情報の使用に関する財産権の侵害を含む、いかなる責任も負いません。また、明示されているか否かにかかわらず、また禁反言によるものとすらかかわらず、いかなる知的財産権のライセンスも許諾するものではありません。

Intel、インテル、Intel ロゴ、RealSense は、アメリカ合衆国および/またはその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です

その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

インテル株式会社

〒100-0005 東京都千代田区丸の内 3-1-1

<http://www.intel.co.jp/>

©2022 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

2022 年 7 月

351987-002JA  
JPN/2207/PDF/CB/IoT/YK