

AMD   
XILINX

# ロボティクス分野に おけるアダプティブ コンピューティング

---

インテリジェント ファクトリを  
実現する





# 概要

---

ロボティクスの需要は急速に高まっています。調査会社の Statista によれば、たとえば産業用ロボットの世界市場は 2021 年の 810 億米ドルから 2028 年には 1650 億ドル超へと 2 倍以上に拡大すると予測されています<sup>(1)</sup>。現在、人間と安全かつ安心して、一緒に活動できるロボットを制作するために必要なテクノロジーを見つけることはできますが、各種のテクノロジーを連携させるのは至難の業です。さらに、人工知能の登場によって求められる演算処理能力に対応するのが困難になっていることも、事態をさらに複雑にしています。現代の急速なイノベーションのペースに対応するためにロボット開発者の注目を集めているのがアダプティブ コンピューティング プラットフォームです。これは、将来的にスケーラブルなモジュール式のプラットフォーム上で、安全とセキュリティ要求事項が組み込まれた低レイテンシかつ確定的な多軸制御を可能にします。





# 目次

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 第 1 章：<br>高まるロボット需要 .....                        | 1  |
| 第 2 章：<br>ロボットとは何か .....                         | 4  |
| 第 3 章：<br>設計に関する共通課題 .....                       | 8  |
| 第 4 章：<br>現在のロボット テクノロジ .....                    | 12 |
| 第 5 章：<br>未来のロボット テクノロジ .....                    | 16 |
| 第 6 章：<br>アダプティブ コンピューティングの紹介 .....              | 19 |
| 第 7 章：<br>ロボットのための適応型 SOM .....                  | 22 |
| 第 8 章：<br>ROS 2 ロボット オペレーティング システム フレームワーク ..... | 25 |
| 第 9 章：<br>ROS を高速化するハードウェア .....                 | 28 |
| 第 10 章：<br>まとめ .....                             | 31 |



## 第1章

# 高まるロボット需要

### ロボティクスのユース ケース AI とロボットによる垂直農法

人間が栽培場で植物を管理するなどの単純作業は、  
このようなロボットの力を借りて行うことができます。



ほんの一昔前まではロボットは SF 作家の空想の産物でしかありませんでしたが、今やロボットは至る所にあります。

国際ロボット連盟 (IFR) が発表した『ワールド ロボティクス 2021 産業用ロボット』レポートによれば、世界中の工場で稼働している産業用ロボットの数は約 300 万台で、前年比 10% 増となっています (図 1)<sup>(2)</sup>。2020 年の業務用サービスロボットの市場は 12% 成長して 67 億ドルとなり、家庭用サービスロボット分野は 16% 成長して 44 億ドルとなっています<sup>(3)</sup>。

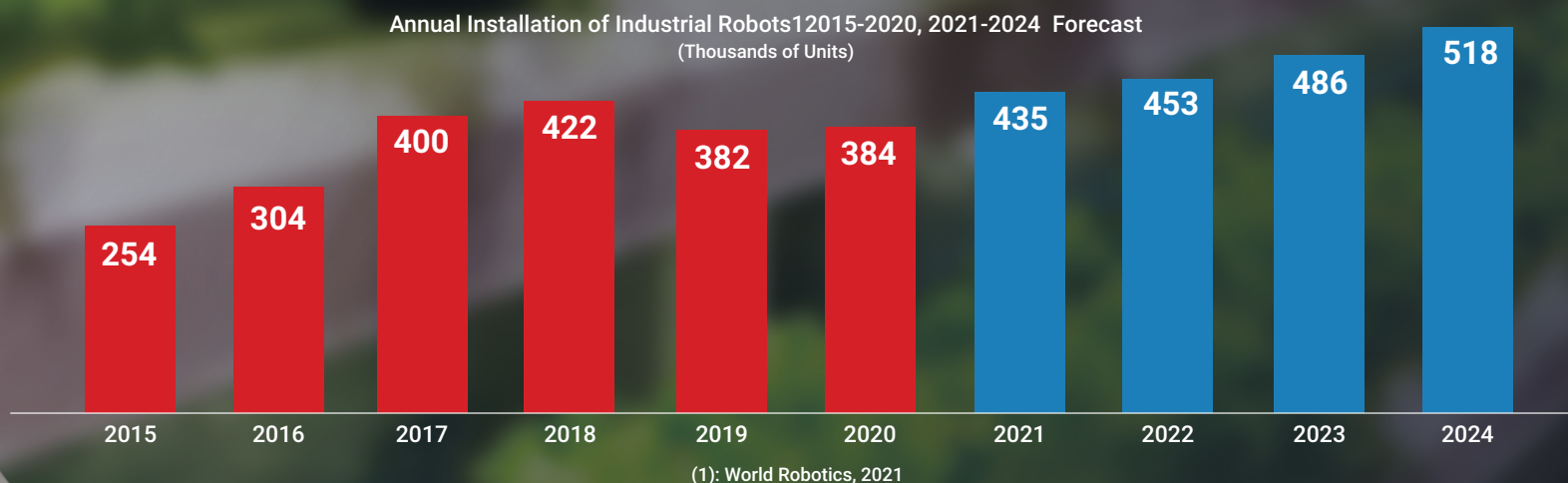


図 1 - IFR によれば、世界のロボット設置台数は 2020 年末までに 300 万台に達しました。出典：国際ロボット連盟 (IFR)



## 第 1 章：高まるロボット需要

現在、多くのロボットは、人手不足の職場で、人がやりたがらない仕事、または人がロボットと同じレベルの正確さを出せない仕事をするために使用されています。米国では、[大半のロボット](#)<sup>(3)</sup> が自動車製造、エレクトロニクス、プラスチック/化学薬品、金属製造に使用されています。ロボットは、危険な環境や狭い場所で作業をこなすことができ、有毒な化学物質を扱うことも、重いものを持ち上げることも、繰り返し同じ作業をすることも簡単です。24 時間休むことなく、常に正確で高品質な結果を提供し続けることができます。

近年、工場や農場、その他の産業環境では、労働者の確保がますます困難になってきています。労働力不足とサプライチェーンの問題が重なり、これらのビジネスでは事業を継続するために半自動または完全自動のシステムに頼らざるを得なくなりました。

ソフトウェアやマシン ビジョンのテクノロジーが進化し、アダプティブ コンピューティングが勢いを増すにつれ、組み立てラインや倉庫により多くのロボットが導入され、商品の供給を維持し、自動運転や自動宅配サービスなどの最先端アプリケーションが発展していくと考えられます。



図 2 – 人間であれば安全性が懸念される危険な環境で作業するロボットもあります。





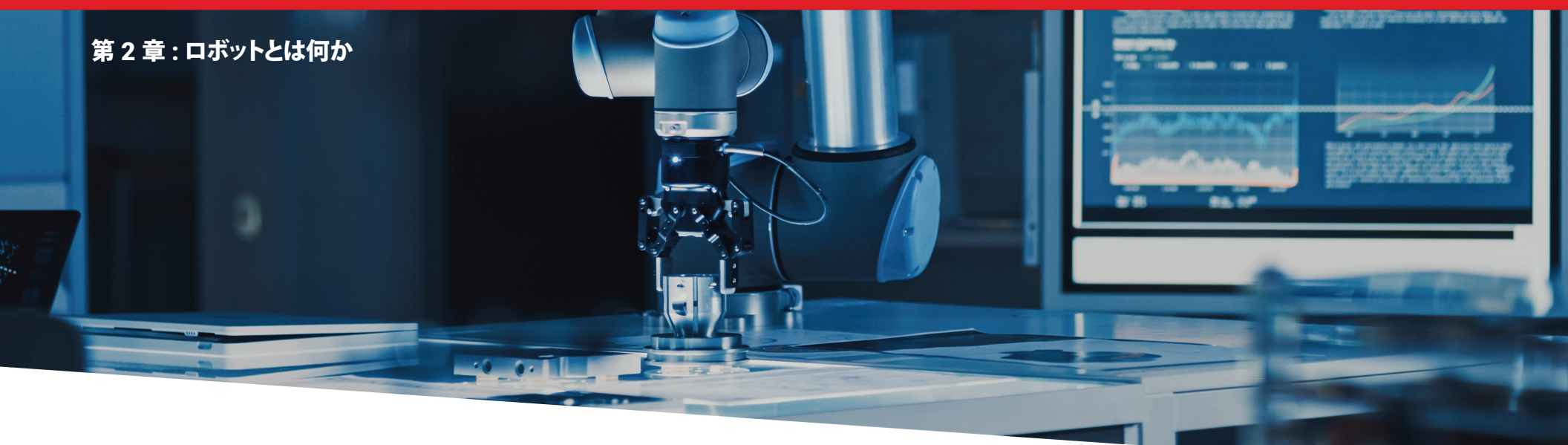
## 第2章

# ロボットとは何か

### ロボティクスのユース ケース 産業用ロボット

この産業用ロボット アームのような協働ロボットは、  
反復作業を簡単にこなし、人間の隣でほとんど、  
もしくはまったく人手を介さずに動作できます。





### システムの集合体としての 1 つのシステム

ロボットは、特定のタスクを実行するために設計された複数のシステムで構成される 1 つのシステムです。ハードウェアとソフトウェアの究極の融合です。ロボティクスを「システム統合の芸術」と表現する人もいます。ロボット開発者は、ネットワーク、センサー、アクチュエーター、演算リソースというパレットを駆使して、生活を便利にするために設計された高度なマシンを組み立てます。

ロボットは複数のテクノロジーを 1 つにしたものです。たとえば、産業用制御および通信、ビジョン、機械学習、AI、HMI、セキュリティ、安全などがあります。

「適応型ハードウェア コンポーネントやシステムを幅広く利用できるようになりました。それらを組み合わせることで、吟味されたアイデアをもつ誰もが成功できるプラットフォームを構築できます」 – ABB Robotics 社イノベーション責任者、Said Zahrai 氏





## 第 2 章 : ロボットとは何か

### ロボットの動作

多くのロボットでは、システムの計算グラフで動作を定義し、データ層のグラフでロボット コンポーネントの物理的なグループ分けをモデル化します。簡単に言えば、データ層のグラフはロボットのレイアウトで、計算グラフはロボットの回路図ということになります。これがロボット開発者のキャンバスです。図 3 をご覧ください。

ロボットに搭載されている入出力デバイスの数や演算能力には限りがあるため、ロボット システムに適した演算プラットフォームを選択することは極めて重要です。そうすることで、システムの統合を容易にし、消費電力の要件を満たし、環境の変化に適応できるようになります。唯一無二であることに価値がある芸術品とは異なり、理想的なロボットはオープンな規格に基づき、大量生産が可能になるように設計されます。これらの概念については後ほど詳しく説明します。

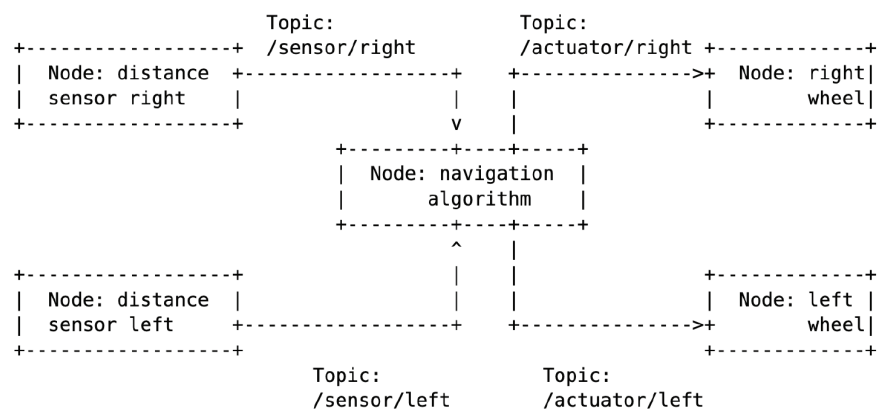


図 3 – この 2 輪ロボットの計算グラフのサンプルは、ロボットに装備する機能と動作を示しています。<sup>(5)</sup> 出典 : AMD- ザイリンクス、Victor Mayoral Vilches



## 第 2 章：ロボットとは何か

### ロボットの種類

ロボットにはさまざまな形状やサイズがあり、その用途也多岐にわたります。ごく一般的な例を次の表に示します。

| ロボットの種類      | 目的                                                                                                                |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 飛行ロボット       | 一般的にはドローンや無人航空機と呼ばれ、精密農業、地図作成/測量、検査/監視など、さまざまな成長アプリケーションで利用されています。                                                |
| AGV/AMR ロボット | 自律走行搬送ロボット (AMR) は、内蔵されたセンサーとプロセッサを使用して自律的に物品を運ぶ搬送ロボットです。無人搬送車 (AGV) は、あらかじめプログラムされたロボット車両で、磁気テープなどのガイドを頼りに走行します。 |
| 協働ロボット       | 「コボット」とも呼ばれ、人間と並んで作業するように設計されているロボットです。                                                                           |
| 配送ロボット       | 機械学習アルゴリズムを搭載しており、人手をほとんど、またはまったく介さずに、自律的に物品を配送します。                                                               |
| ホスピタリティ ロボット | ホテルや空港のカスタマー エクスペリエンスを向上させます。荷物のチェックイン、ルーム サービスの提供、お勤めのレストランを紹介するなど、簡単な仕事をこなします。                                  |
| ヒューマノイド ロボット | 人間の姿と特徴をもち、顔の表情まで備えたロボットで、一般に人間と対話することを目的として設計されます。                                                               |
| 産業用/直交ロボット   | 直交ロボットとは 3 軸 (x、y、z) に沿って動く産業用ロボットで、モーション コントローラーによって座標を移動します。                                                    |
| 手術支援ロボット     | より精度の高い手術を行うために、人間を支援します。                                                                                         |

図 4 – ロボットは、複雑な手術から荷物の配送まで、さまざまな精度でさまざまな用途に利用されています。

その用途にかかわらず、ほとんどのロボットは共通の技術的課題に直面しています。次の章ではその課題について取り上げます。

## 第3章

---

# 設計に関する 共通課題



### ロボティクスのユース ケース 飛行ロボット

飛行ロボット、通称ドローンは、  
農業からジオマッピングまで、  
さまざまな用途に使用されています。





どのような種類のロボットを設計するにも、乗り越えるべき設計に関する共通課題があります。その例を次に示します。

### ヒューマン マシン インターフェイス

ロボットは、シンプルで生産性の高い方法で人間と対話できる必要があります。

### 安全性

ロボットは常に周囲の環境をしっかりとマッピングし、近くにある物や人を意識して、その周囲で安全に動作する必要があります。複数の動作軸について正確で確定的な制御が求められ、理想的には機能安全の IEC 61508 SIL 3 を含むさまざまな安全規格に準拠する必要があります。

「ザイリンクスのテクノロジーのおかげで、レーダー信号を高速に処理でき、ターゲットをリアルタイムに追跡できます。もし、システムからレーダーのデータ ファイルを取得するのを待ってから処理しなければならないとしたら、システムの効果は大きく損なわれるでしょう」 – Fortem 社 FPGA エンジニア、Lyman Horne 氏



### マルチタスク

ロボットは、複数のタスクを同時に、しかも極めて正確にこなすことが求められます。これは、タイミング要件が厳しい演算負荷をオフロードして演算機能を高速化し、ロボットが同時にデータを受け取り、解釈し、反応し、よりインテリジェントな意思決定ができるようにする必要があります。

### セキュリティ

ロボットのオペレーティング システムは、収集するデータを継続的に保護し、潜在的な危険から自身を守る必要があります。これには、サイバーセキュリティの IEC 62443 を含むさまざまなセキュリティ規格に準拠することが含まれます。

### 消費電力

すべてのロボットは電力で動作するため、電力効率の良いソリューションを見つけることは非常に重要です。充電が困難な過酷な環境や隔離された環境で使用するロボットを設計する場合、その重要性は特に高まります。





### コネクティビティ

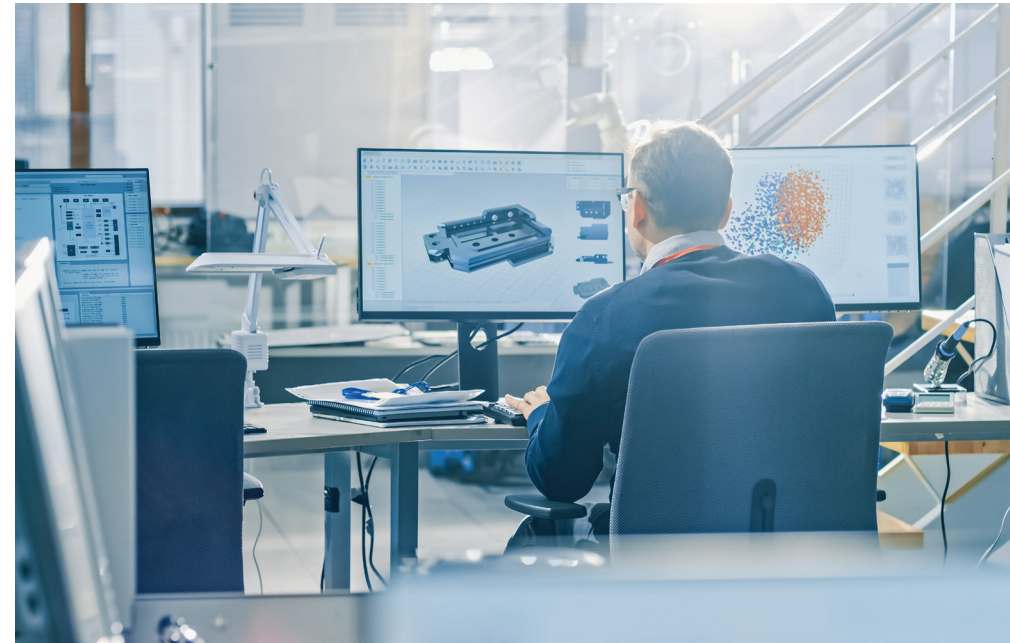
ロボットには、複数のセンサーおよびノード間において高速で(スピード)、信頼性が高く(配信保証)、リアルタイムの(すばやく反応)通信が必要です。これは、幅広いネットワーク規格に対応できることを意味します。

### 複雑さ

ロボットは複雑なハードウェアとソフトウェアの統合を必要とします。このことは、ハードウェアの言語や方法論に精通していない多くのロボット開発志望者にとって、乗り越えなければならない大きなハードルになることがあります。

### インテリジェンス/AI の内蔵

すべてのロボットは、特定のタスクを実行するために設計されています。そのためには、一定レベルのインテリジェンス(通常の計算以上のことができるプロセッサ)を内蔵し、さまざまなセンサー入力をサポートする機能が必要です。より高度なロボットでは、リアルタイム分析、予知保全、遠隔診断などのために何らかの形の人工知能が必要になることもあります。



多くの場合、これらの課題を解決することは、適切なプロセッサとテクノロジー パートナーを選択することに行き着きます。そのことについて次の章でお話します。

## 第4章

---

# 現在のロボット テクノロジー



### ロボティクスのユース ケース 手術支援ロボット

このような手術用ロボットは、人間がより高い精度で  
医療処置を行えるよう支援します。



現在の業務用の産業用ロボットや医療用ロボットの多くは、その動作を駆動するために主に 2 つのテクノロジーを搭載しています。1 つは CPU で、計算グラフを構成する複雑なデータおよび制御構造を管理するために使用されます。もう 1 つは FPGA ベースの適応型 SoC で、信号を取得し、それらをリアルタイムで処理し、その後の処理のために CPU に転送するために使用されます。

計算性能の大部分は、センサーや機械的アクチュエーターからの複数の要求に応える CPU によって決まります。計算グラフがさらに複雑化し、多様化すると、CPU はタイミング要件が厳しいイベントに速やかに応答することが困難になります。効率が低下し始め、CPU のレイテンシが増大してロボットの動作が遅くなります。これはロボットにとって非

常に望ましくないことです。さらに、レイテンシを短くするために CPU の数を増やしても、この問題は解決しません。

## 第4章：現在のロボット テクノロジ

適応型 SoC は 3 つの面で役立ちます。第 1 に、タイミング要件が厳しい演算負荷をオフロードします。第 2 に、ハードウェアの演算機能の一部をアクセラレーションして演算と応答時間のバランスを取り戻します。さらに、演算を並列実行して全体の消費電力を削減します。

ASIC などのその他のテクノロジーを使用して応答時間を改善し、演算負荷を軽減することも可能ですが、ロボットシステムのオーダーメイド的特性によって、異なる環境条件に対応したり、サイバー攻撃への耐性を向上させたりといった、現場でのハードウェア適応性が要求され、ソフトウェア アップグレード以上のものが求められることは珍しくありません。

「元のビデオ処理サブシステムをアップデートする際、外科医が重要な患者データをモニタリングできるようにマルチウィンドウのビデオ ソースを導入したいと考えていました。ザイリンクス デバイスを使用し始めたところ、非常に優れた設計プラットフォームであることが分かりました。実際、それ以降のプラットフォームでは、すべての主要システム コンポーネントで数十のザイリンクスの デバイスを採用しているほどです」 – Intuitive Surgical 社ビデオ処理ソリューション、プリンシパル設計エンジニア、David Powell 氏





## 第 4 章：現在のロボット テクノロジ

ロボット開発者は、次の 3 つの方法で FPGA を使用できます。

### チップダウン アプローチ

これは、SoC (システム オン チップ) をアプリケーションの要件に合わせてカスタムの PCB に統合する場合です。コスト重視の大規模バッチには最適のアプローチです。

### SOM (システム オン モジュール)

事前に組み立て済み、テスト済みのボードをカスタム ボードに挿入することで、エンジニアが統合、テスト、認証の手間を省いてシステムの付加価値を高めることに専念できるため、より迅速に製品を設計できます。

### 完全組み立て済みのボード

この場合、ペリフェラルの多くがプラグイン ボードに事前に統合されています。演算量の多いアプリケーションに最適です。

また、ロボティクスで使用されるもう 1 つの処理形式として、アダプティブ コンピューティングがあります。アダプティブ コンピューティングは、ハードウェア アクセラレーションを可能にし、演算時間を短縮し、消費電力を削減し、より確定的な動作を実現します。適切なアクセラレーション ツールを使用することで、ロボット開発者はアプリケーションに合わせてハードウェア リソースを最適化する演算アーキテクチャを設計できます。アダプティブ コンピューティングについては第 6 章で詳しく説明します。



図 5 - ロボティクス市場にはさまざまなコンピューティング アプローチが存在しますが、AI による高性能化の要求により、アダプティブ コンピューティング モデルの可能性が広がっています。

A man in a white lab coat is holding a tablet and gesturing towards a robotic arm. The robotic arm is white and blue, with a human-like hand. The background is a blurred laboratory setting.

## 第 5 章

# 未来のロボット テクノロジー

### ロボティクスのユース ケース バイオニック ボディ

このような先進ロボットは、人間の動きを支援したり模倣するように訓練することができます。





未来のロボットには、エッジでの AI 処理がより多く必要になってきます。予知保全や異常検出などのマルチセンサー分析および機械学習アプリケーションでは、クラウドを介したセンサー データの処理に頼ることなく、AI によってローカルで瞬時に意思決定するようになるでしょう。

さらに、ロボットの動きをキャプチャして仮想的にシミュレーションするデジタル ツイン ロボティクスが組み合わせられます。このテクノロジーにより、ロボット開発者は命令された動きと実際のロボットの動きの差異を分析し、予測分析、AI のトレーニング、意思決定を推進できます。

もう 1 つの注目すべきトレンドは、5G 無線テクノロジーと TSN (Time-Sensitive Networking) の出会いです。5G TSN サブシステムは、ロボット システム間の接続を容易にすることで、低レイテンシで、確定的で、時間的制約の厳しい産業用およびオートモーティブ アプリケーションの融合を促進します。主なアプリケーションには、ファクトリ オートメーション、スマート エネルギー、輸送、ADAS、車内インフォテインメント システムなどがあります。

## 第 5 章：未来のロボット テクノロジ

これらのトレンドのほかに、自動運転やロボット システムへのオープンソースのテクノロジーの導入が進み、特に適応型ハードウェア コンポーネントおよびシステムが進化することで、今後のロボット産業のイノベーションの機会がさらに広がるでしょう。別のタスクを実行するためにロボット コンポーネントが自分で形を変えたり、自分で再プログラミングするモジュール型ロボットの分野でも、さらなるイノベーションが見込まれます。



図 6 – 5G TSN サブシステムは、ロボット システム間の接続を容易にすることで、エン터테인먼트や ADAS などの低レイテンシなオートモーティブ アプリケーションを実現できます。



## 第 6 章

---

# アダプティブ コンピューティングの 紹介

### ロボティクスのユース ケース 配送ロボット

機械学習アルゴリズムを搭載した  
配送ロボットは、配送や物流の  
アプリケーションに広く利用されています。



第 4 章では、ロボット開発者が対処しなければならない多くの課題と、そうした課題が適応型 SoC によってどのように解決されるかを確認しました。適応型 SoC が確定性と予測性を向上する方法を提供するのに対し、アダプティブ コンピューティングはロボットを自律化するために必要な付加的機能を提供します。アダプティブ コンピューティングは、スケーラブルなモジュール型のロボット システムをより迅速かつ効率的に開発できるようにすることでロボティクスのメインストリームへの発展を加速するのに役立つほか、人工知能やデジタル信号処理に使用できる追加のコンピューティング リソースと、ロボットが処理する大量のデータに対処するのに必要な広いデータ帯域幅も提供します。

アダプティブ コンピューティングは、高度に最適化されたリアルタイム プロセッサおよびアプリケーション プロセッサのクラスターとして構成されたマルチコア CPU などの機能モジュールと、プログラマブル ロジック、メッシュ プロセッサ、インテリジェント エンジンを組み合わせ、ロボットのワークロードを最適なアーキテクチャに分配することを可能にします。このような計算能力は、ロボットの完全性を損なって脆弱性をもたらす危険を回避するために、ロボットをより安全でセキュアにする機能安全性能によって補完されます。ロボットは、ビジュアル刺激またはセンサー刺激などの外部イベントに反応してアクションを起こす制御パスとデータパスの集まりです。アダプティブ コンピューティングは、これらのパスによって適切な演算負荷に適切



## 第 6 章：アダプティブ コンピューティングの紹介

なコンピューティング ユニットを割り当てられるようにします。ハードウェアに加えて、包括的な設計およびランタイムソフトウェアが提供され、柔軟性と効率性に優れたシステムを構築可能な独自プラットフォームの提供が可能になります。

つまり、アダプティブ コンピューティングなら、アプリケーションに特化したハードウェアを設計できるだけでなく、ワークロードや規格の進化にも容易に対応できます。

「Zynq デバイスは、従来より異なる電圧、インターフェイス、プロトコルで動作可能な非常に柔軟なソリューションでした。NI ボックス間でさまざまな種類の入出力パスに対応し、非常に高い柔軟性を備えています」 Up-A-Creek Robotics (FIRST ロボティクス チーム)、指導者、Derek Curd 氏

A photograph of two men in a workshop setting. One man, with a beard and short hair, is looking at a tablet. The other man, with curly hair and a beard, is holding a drone and looking at the camera. The drone is a black quadcopter with a camera attached. The background shows a workshop with various tools and equipment.

## 第7章

# ロボットのための 適応型 SOM

### ロボティクスのユース ケース 適応型ロボット

革新的なアダプティブ コンピューティング技術を搭載した適応型ロボットは、ロボットが現場で果たす役割を変化させ、AI を活用したリアルタイムの意思決定のための処理能力を提供できます。





第 6 章では、ロボット システムがクラス最高の製品のステータスを達成するためにアダプティブ コンピューティングがどのように役立つかを見てきました。

ロボット開発者は、解決する必要がある特定のタスクに集中できるよう、すぐに使用可能なシステムを求めており、ロボットのハードウェア プラットフォームに依存しています。適応型 SOM (システム オン モジュール) は、適応型 SoC を業界標準のインターフェイスやコンポーネントと融合することで、ロボティクスにすぐに使用可能な既成のソリューションを提供します。そのため、ハードウェアの専門知識がほとんど、またはまったくないロボット開発者でも適応型プラットフォームをすぐに使用できます。ハードウェアに精通したロボット開発者が適応型 SOM を使用すれば、カスタム PCB

を必ずしも必要とせずに高度なカスタマイズが可能になり、オリジナルのロボットに必要なセンサーとアクチュエーターの設計に専念できるようになります。

適応型 SOM のメリットはハードウェアに限ったものではありません。ソフトウェア開発者も、適応型 SoC に事前に組み込まれているコンフィギュレーション (顔検出アルゴリズムの追加など) を利用することで、設計サイクルを短縮できます。適応型 SOM は、Python や C++ などのソフトウェア開発者が使い慣れた言語と TensorFlow や PyTorch などの深層学習フレームワークでアクセラレーションするためのシンプルですぐに使える手段として、ロボット アプリケーションを実行できる全体的なファームウェア インフラストラクチャを提供します。

## 第 7 章：ロボットのための適応型 SOM

ロボットはエンベデッド システムであるため、その開発は常にハードウェアとの格闘を多少は伴います。近年のソフトウェア ツール、ライブラリ、フレームワークの進化に伴い、ハードウェアとの格闘を減らし、ハードウェア エンジニアに負担をかけずにアダプティブ コンピューティングを運用できるようになった設計チームも出てきています。つまり、適応型 SOM、ツール、ライブラリは開発サイクルの短縮を可能にします。





## 第 8 章

---

# ROS 2 ロボット オペレーティング システム フレームワーク

ロボティクスのユース ケース  
商用ロボット

オープン規格に基づく ROS プラットフォームは、  
商用ロボット アプリケーションへの導入が進んでいます。





Open Robotics が開発した ROS (Robot Operating System) は、ロボットアプリケーション向けの業界標準ソフトウェア開発プラットフォームとなっています。2007 年に研究分野で導入された ROS プラットフォームは、商用ロボットアプリケーションにも使用が広がっています。

ROS にはロボットアプリケーションを構築するために使用されるオープンソースのソフトウェア ライブラリ (モーションプランニング、制御など) とツール (シミュレーション、テスト、デバッグなど) が含まれ、その開発とサポートに貢献するロボット開発者のコミュニティが拡大しています。最新版の ROS 2 は、ROS を研究指向のプロジェクトからより産業的なアプリケーションへと発展させたものです。



## 第 8 章 : ROS 2 ロボット オペレーティング システム フレームワーク

ROS 2 フレームワークは、実行プラットフォームとしてワークステーションを想定していた ROS とは異なり、エンベデッドシステムで運用するのに適切な構造を備えています。最新のデバッグ ツールや可視化ツール、ライブラリ、通信フレームワークなどが含まれています。ほとんどの機能は、サポートされているすべての OS (Ubuntu、MacOS、Windows)、通信プロトコル (歴史的には DDS で、eProsima Fast DDS、RTI Connnext DDS、Eclipse Cyclone DDS の複数の実装が存在)、プログラミング言語クライアント ライブラリ (C++ および Python による) で利用できます。

シミュレーションは、ロボット開発者にとって、ロボット自体やロボット周囲の環境や人にダメージを与えることなくテストを実施するために何よりも重要なものです。そのため、ROS には Gazebo という人気のあるオープンソース シミュレーション ツールが組み込まれています。Gazebo には物理エンジン、堅牢なグラフィックス、プログラミング インターフェイスが含まれており、多くのロボットの忠実なモデルや、仮想世界での非常にリアルなシミュレーションを提供し、製品の市場投入期間を短縮するのに役立ちます。

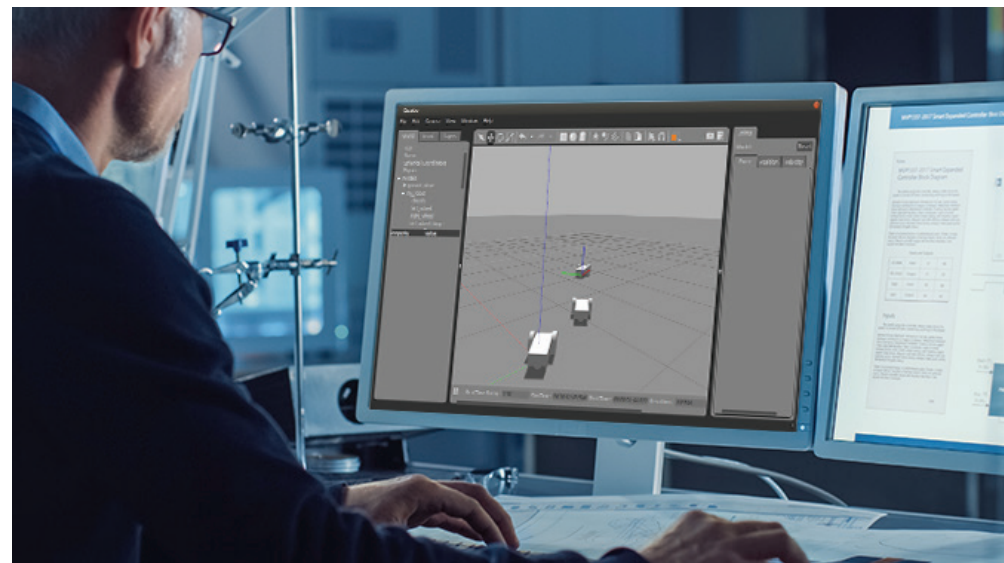


図 7 – Gazebo のようなシミュレーション ツールは、ロボットを実際に動かす前に、その性能をテストするのに役立ちます。出典 : Open Robotics



A close-up photograph of an orange industrial robotic arm, likely a KUKA model, with a black gripper at the end. The arm is positioned horizontally, and its joints and wiring are visible. The background is a blurred industrial environment with other robotic arms and factory lights.

## 第9章

# ROS を高速化する ハードウェア

ロボティクスのユース ケース  
適応型ロボット

アダプティブ コンピューティングは、ROS 環境を高速化し、  
ROS の計算グラフの一部をプログラマブル ロジックに  
オフロードして通信のボトルネックを緩和します。





人工知能はロボットの意思決定タスクの自律性を強化する手段であり、特に AI 推論 (学習済みの AI モデルを使用して予測するプロセス) には標準的なアルゴリズムを補完してより良い結果を得られるようにする効果がありますが、現在のロボット システムのハードウェアに非常に多くの要件を課しています。さらに、ロボットの動作はコンポーザブル型です。つまり、レゴ ブロックのように、計算グラフを使用して別々の機能を組み合わせるという意味です。ほとんどの固定機能のプロセッサやアクセラレータは、このようなコンポーザビリティに対応できる演算処理効率を備えていません。

一方、アダプティブ コンピューティングは、計算グラフを構成するのに必要な柔軟性を維持したまま、適応型ハードウェアをピーク効率で動作させることができるドメイン特化アーキテクチャ (DSA) を提供します。アダプティブ コンピューティングは、ROS 環境を高速化するだけでなく、ROS の計算グラフの一部をプログラマブル ロジックにオフロードして通信のボトルネックを緩和します。

## 第 9 章 : ROS を高速化するハードウェア

これまで、ROS のワークフローにアダプティブ コンピューティングを組み込む試みの多くは、ハードウェア エンジニアの視点に立ったものでした。ですが、多くのロボット開発者はエンベデッド フローやハードウェア フローの専門家ではありません。アダプティブ コンピューティングを ROS のエコシステムに直接統合することで、ロボット開発者に馴染みのあるユーザー エクスペリエンスを提供できます。

図 8 は、アクセラレーション カーネルをその他の ROS パッケージと同様に扱うことで、アダプティブ コンピューティングがアクセラレーション カーネルの作成をどのように簡素化できるかを示しています。これにより、ロボット開発者はハードウェアの専門家になろうと努力する代わりに、計算グラフの改良に専念できるようになります。

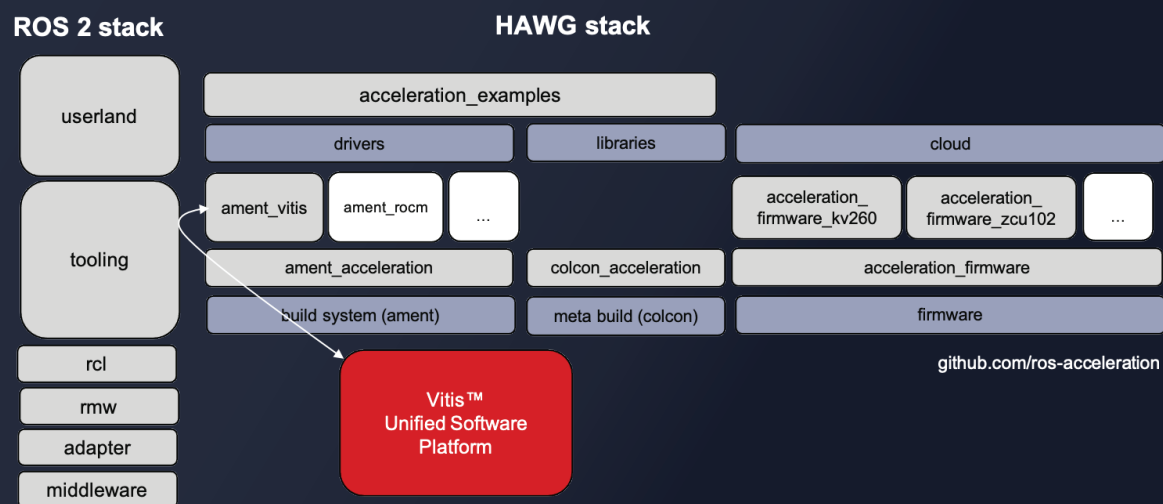


図 8 - ハードウェア アクセラレーション ワーキング グループ (HAWG) による ROS 2 の初期アーキテクチャ。

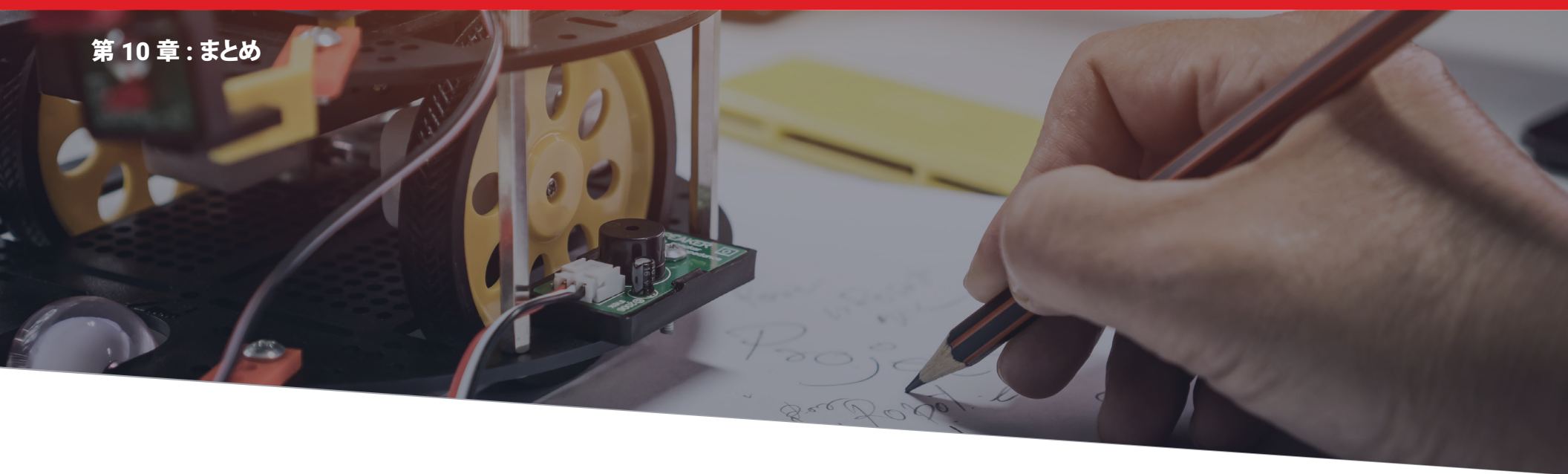


## 第 10 章

# まとめ

### ロボティクスのユース ケース 適応型ロボット

AMD- サイリンクスの Kria™ ファミリのような適応型 SOM を使用することで、ロボット開発者はパフォーマンス、柔軟性、開発期間短縮のユニークな組み合わせを可能にします。



ロボティクスにおける人工知能や AI 推論に対する要求の高まりにより、エッジでのアクセラレーションされた高性能コンピューティングの需要が増えています。

アダプティブ コンピューティングは、このような複雑なワークロードを、将来的に拡張可能な適応型のプラットフォーム上で処理します。ハードウェアとソフトウェア両方の適応性により、ハードウェアのピーク使用率を 100% に近づけることができます。また、アダプティブ コンピューティングは、ROS の計算グラフの一部をプログラマブル ロジックにオフロードして通信のボトルネックを緩和することで、ROS 環境を高速化できます。

「FIRST ロボティクス プログラムの参加者には、地域の子どものために特別な車椅子を設計、製造した学生もいます。トルコでは、子犬を助けるためにロボットを制作したチームもありました。こういった子どもたちが実現した成果を見ると心から驚かされます」 - For Inspiration and Recognition of Science and Technology (FIRST) 部品キット担当シニア マネージャー、Kate Pilotte 氏





## 第 10 章：まとめ

AMD- ザイリンクスの Kria™ ファミリののような適応型 SOM を使用することで、ロボット開発者はパフォーマンス、柔軟性、開発期間短縮のユニークな組み合わせを可能にします。ユーザーはソフトウェア定義のハードウェアを作成し、セキュリティ、エネルギー効率、適応性、単位ワットあたりの性能に優れたソリューションを構築できます。また、ザイリンクス アプリ ストアにアクセスしてビルド済みのコンテナ化されたアプリをダウンロードして、アクセラレーション アプリケーションを評価し、迅速に運用できます。

ハードウェア アクセラレーションは、ロボット開発者が慣れ親しんだ環境で提供されなければなりません。Kria ロボティクス スタック (KRS) は、ROS 2 をベースに構築された、統合済みのロボット ライブラリとユーティリティのセットで、アダプティブ コンピューティングにより産業用グレードのロボット ソリューションの開発、保守、商用化を加速させることができます。



KRS は ROS 2 のユーザーにハードウェア アクセラレーションを実現する簡単かつ確固とした道筋を提供します。ROS 2 ロボット開発者はカスタムでセキュアな演算アーキテクチャを高い生産性で構築できるようになります。Kria SOM ポートフォリオをターゲットとする AMD- ザイリンクス テクノロジを活用し、低レイテンシ (極めて高速)、確定性 (予測可能)、リアルタイム (時間どおり)、セキュリティ、高スループットをロボティクスに提供します。KRS は ROS と密接に統合されており、最新の C++ 言語と HLS (高位合成) 言語の組み合わせと、ロボット開発者がプロジェクトをすばやく開始するのに役立つリファレンス開発ボードとデザイン アーキテクチャを利用します。全体として、KRS は Kria SOM をサポートし、ロボティクスの量産までの工程を加速します。

図 9 に示すとおり、KRS と ROS 2 により AMD- ザイリンクスのアダプティブ コンピューティング アクセラレータは、Nvidia Isaac ROS GEMs (AGX Xavier) の 8 倍以上、Nvidia Isaac ROS GEMs (Nano) の 6 倍以上の単位ワットあたり性能を実現し、ロボット アプリケーションの最適な選択肢となっています。



図 9 – ロボティクス分野におけるアダプティブ コンピューティングの性能と生産性の優位性を競合ソリューションと比較。



## 第 10 章：まとめ

AMD- ザイリンクスは Kria KR260 ロボティクス スターターキットも提供しています。これは AI 対応のロボティクス、マシン ビジョン、産業用通信および制御に対応し、高性能、低レイテンシ、早期運用を実現する既成のプラットフォームです。

アダプティブ コンピューティングがロボット アプリケーションにどのように役立つかについては、AMD- ザイリンクスの Kria SOM ロボティクスのページ (<https://www.xilinx.com/products/som/kria.html>) をご覧ください。

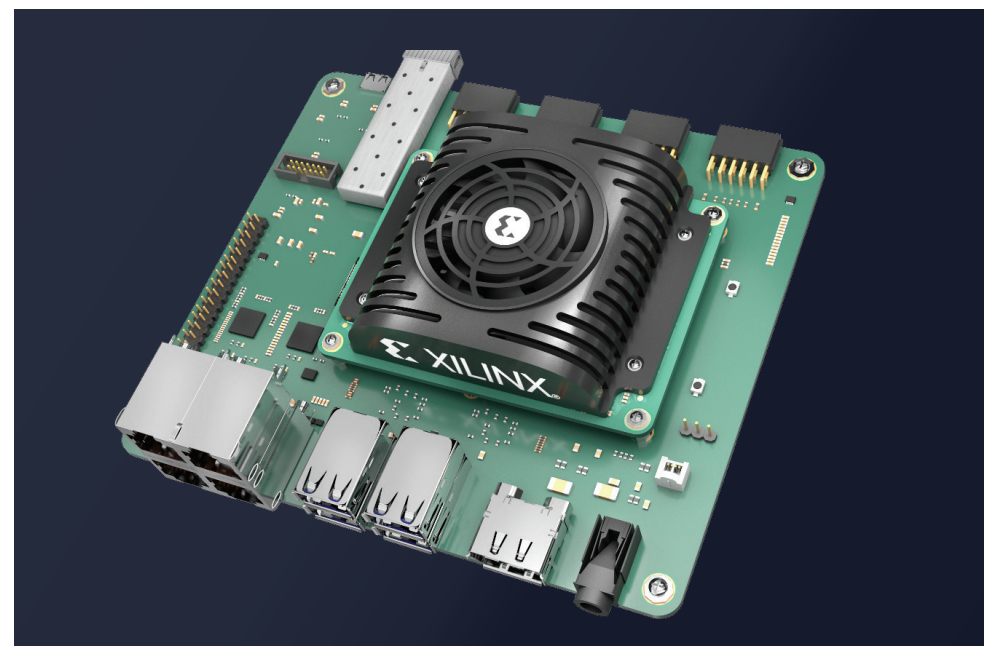


図 10 – Xilinx KR260 ロボティクス スターター キット

### AMD- ザイリンクスについて

AMD- ザイリンクスは、適応型のプラットフォームを提供しています。AMD- ザイリンクスの適応型 SoC、アクセラレータ カード、FPGA は、最先端の企業が自由かつ迅速に革新を進め、運用するお手伝いをしています。カスタマーとの協業により、クラウドからエッジに至るまで、スケーラブルで差別化されたインテリジェントなソリューションを実現しています。また、テクノロジーの向上のため、業界のワーキング グループに積極的に参加し、オープンソース コミュニティに貢献しています。変化のスピードがますます加速する中で、AMD- ザイリンクスはタイム トゥ マーケットの短縮、最適な効率とパフォーマンスの達成を望むより多くのイノベーターに信頼されています。詳しい情報は、ウェブサイト [japan.xilinx.com](https://japan.xilinx.com) をご覧ください。

注釈：

(1) Placek, Martin, 『2018 年～2020 年の世界の産業用ロボットの市場規模、および 2028 年までの予測』 Statista.com, <https://www.statista.com/statistics/728530/industrial-robot-market-size-worldwide/>, 2022 年 2 月 17 日

(2) ワールド ロボティクス 2021, 『2015～2020 年および 2021\*～2024\* 年の産業用ロボットの年間設置台数』、国際ロボット連盟 (IFR), <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-sales-rise-again>

(3) ワールド ロボティクス 2021, 『サービス ロボット レポートを発表』、国際ロボット連盟 (IFR), <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/service-robots-hit-double-digit-growth-worldwide>, 2021 年 11 月 4 日

(4) Dizikes, Peter, 『ロボットはどれくらいの仕事を実際に置き換えるか?』、MIT News, <https://news.mit.edu/2020/how-many-jobs-robots-replace-0504>, 2020 年 5 月 4 日

(5) Mayoral-Vilches, Victor など, 『ロボティクス分野におけるアダプティブ コンピューティング：ROS 2 の活用による FPGA のソフトウェア定義ハードウェアの実現』、[https://www.xilinx.com/content/dam/xilinx/support/documentation/white\\_papers/wp537-adaptive-computing-robotics.pdf](https://www.xilinx.com/content/dam/xilinx/support/documentation/white_papers/wp537-adaptive-computing-robotics.pdf), AMD- ザイリンクス, 2021 年

その他のリソース

ワールド ロボティクス 2021, 『ワールド ロボティクス 2021 - サービス ロボット レポートを発表』、国際ロボット連盟 (IFR), <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/service-robots-hit-double-digit-growth-worldwide>, 2021 年 11 月 4 日

ワールド ロボティクス 2021, 『ワールド ロボティクス 2021 産業用ロボット レポート』、国際ロボット連盟 (IFR), <https://ifr.org/P6>, 2021 年 10 月 28 日

詳細を確認する：

[Kria ロボティクス](#)

[産業用ロボット](#)

[手術支援ロボット](#)

[アダプティブ コンピューティング](#)

記事を読む：

[ホワイト ペーパー](#)

お問い合わせ：

[\*\*sales@xilinx.com\*\*](mailto:sales@xilinx.com)

本社  
Xilinx, Inc.  
2100 Logic Drive  
San Jose, CA 95124  
USA  
Tel: 408-559-7778  
[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

Xilinx Europe  
Bianconi Avenue  
Citywest Business Campus  
Saggart, County Dublin  
Ireland  
Tel: +353-1-464-0311  
[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

日本  
ザイリックス株式会社  
〒141-0032  
東京都品川区大崎 1-2-2  
アートヴィレッジ大崎セントラルタワー 4 階  
Tel: +81-3-6744-7777  
[japan.xilinx.com](http://japan.xilinx.com)

Asia Pacific Pte. Ltd.  
Xilinx, Asia Pacific  
5 Changi Business Park  
Singapore 486040  
Tel: +65-6407-3000  
[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

インド  
Xilinx India Technology Services Pvt. Ltd.  
Block A, B, C, 8th & 13th floors,  
Meenakshi Tech Park, Survey No. 39  
Gachibowli(V), Seri Lingampally (M),  
Hyderabad -500 084  
Tel: +91-40-6721-4747  
[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

© Copyright 2022 Advanced Micro Devices, Inc. All rights reserved. Xilinx, Xilinx のロゴ, AMD, AMD Arrow ロゴ, Alveo, Artix, Kintex, Kria, Spartan, Versal, Vitis, Virtex, Vivado, Zynq, その他の資料に記載のブランド名は Advanced Micro Devices, Inc. の商標です。この資料に含まれるその他の製品名は識別目的のみに使用されるものであり、各社の商標である場合があります。AMBA, AMBA Designer, ARM, ARM1176JZ-S, CoreSight, Cortex, PrimeCell は EU およびその他の各国の Arm の登録商標です。PCIe および PCI Express は PCI-SIG の商標であり、ライセンスに基づいて使用されています。

Printed in the U.S.A. WW4-27-22

**AMD**  
**XILINX**