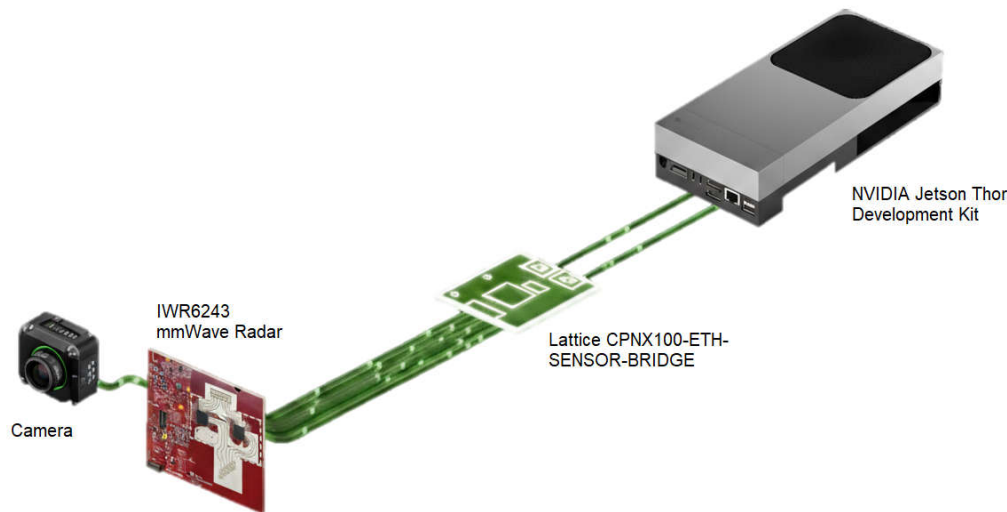


## Application Brief

# NVIDIA の Holoscan プラットフォーム上での IWR6243 ミリ波レーダーとカメラによるリアルタイム AI 未加工センサ フュージョン



このアプリケーション概要では、[図 1](#) に示すように、テキサス インストルメンツ (TI) の [IWR6243 ミリ波レーダー センサ](#)と [NVIDIA の Holoscan](#) プラットフォームに導入されたカメラを使用して、リアルタイム AI の未加工センサフュージョンパイプラインを構築する方法について説明します。



**図 1. カメラ、IWR6243 mmWave レーダー センサ、および NVIDIA の Holoscan プラットフォームで構成されたシステムの可視化**

## 概要

ヒューマノイドロボット、自律移動プラットフォーム、産業用オートメーションシステムを含む現代のロボティクスは、さまざまな動作条件において高精度、低遅延、かつ一貫した信頼性で環境を認識する必要があります。ビジョン センサ単体のような従来技術は、霧、強い光の反射、ほこり、雨、または低照度環境にさらされると性能が低下することが多く、単一モダリティの深度センサも、雑然とした環境や動的なシーンにおいて安定した測定を提供するのが困難な場合があります。

TI のミリ波レーダー技術は、環境上の課題に本質的に強い、根本的に異なるセンシング モダリティを提供します。

IWR6243 ミリ波レーダー センサは、照明条件に依存せず、環境干渉に対して高い耐性を持ちながら、距離、速度、および角度を高精度に測定します。未加工データをカメラベースの認識および AI 駆動のセンサ フュージョンと組み合わせることで、この機能により、レーダー単独またはビジョン単独の手法よりもはるかに高い精度で、周囲環境を堅牢かつ信頼性高く認識できます。

IWR6243 は、57 ~ 64GHz の周波数帯で動作する、高度に統合されたシングル チップの 4RX および 3TX ミリ波レーダー トランシーバーです。このレベルの統合により、システムの複雑さ、消費電力、および部品表コストが大幅に削減され、スケーラブルなロボティクスおよびエッジ AI 展開向けに設計されています。このデバイスは高解像度のポイントクラウド

ド生成をサポートし、低遅延かつ決定論的な性能が求められるリアルタイム センシング アプリケーション向けに設計されています。

IWR6243 を **NVIDIA の Jetson Thor** および **NVIDIA Holoscan Sensor Bridge** とともに導入することにより、開発者は TI の実績あるミリ波レーダー センシングと、**NVIDIA の GPU アクセラレーション AI** およびストリーミング インフラストラクチャをシームレスに組み合わせることができます。この組み合わせにより、TI レーダーが持つ物理的な測定精度と信頼性を維持しながら、レーダーのデータを AI センサ フュージョン パイプラインへ効率的に取り込むことができます。

ロボティクス アプリケーションにおいて、**IWR6243** は倉庫のような混雑した環境での安全なナビゲーションのために、近距離での高精度な人物検出および動作追跡を可能にします。レーダーによる距離および速度の直接測定機能により、ロボットの周囲に動的なセーフティバブルを形成でき、物体までの距離や相対速度に基づいて保護ゾーンを定義し、継続的に調整することが可能です。ヒューマノイド ロボットにおいて、レーダー センサは、歩行、走行、またはマニピュレーション動作中における安定したバランス制御および動的な障害物回避をさらに支援します。

## システム概要

システム アーキテクチャは、センサの忠実度を維持しながら高度な AI 処理を可能にする、低遅延の GPU を中心としたデータパスを中核としています。本設計は、[図 2](#) に示すように、TI の **IWR6243** ミリ波レーダー モジュール、カメラ モジュール、高帯域かつ決定論的なセンサ データの収集を実現する **NVIDIA の Holoscan Sensor Bridge**、および **NVIDIA の Jetson Thor** エッジ コンピュータ プラットフォームを統合し、これらはすべて **Holoscan SDK** (ソフトウェア開発キット) で動作します。

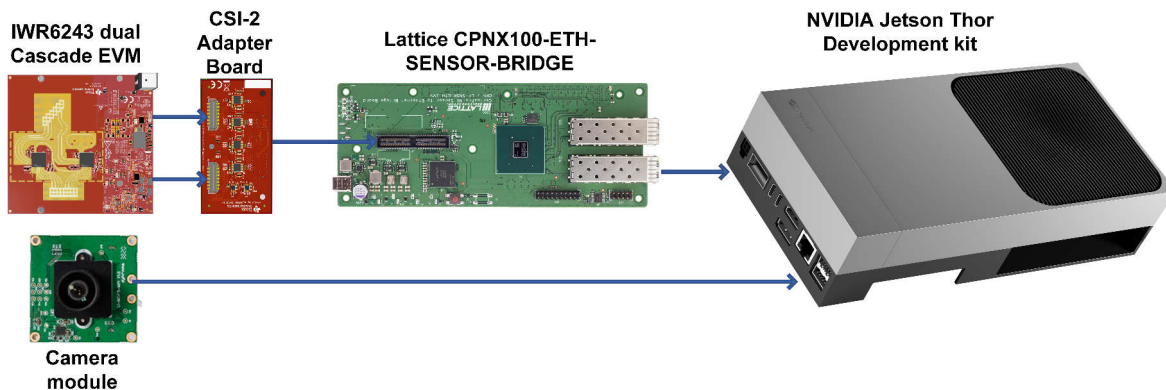


図 2. システム概要

IWR6243 ミリ波レーダー センサは、高速な **CSI-2** インターフェイスを通じて未加工の測定データを提供し、最小限の転送オーバーヘッドでレーダーの未加工データに低遅延で直接アクセスできるようにします。このインターフェイスにより、レーダー データは **NVIDIA の Holoscan Sensor Bridge** へ効率的にストリーミングされ、ゼロ コピー機構を用いて GPU メモリへ直接転送されます。これらはすべて、イーサネットのスケラビリティと柔軟性を備えています。このアプローチにより、TI の高精度なレーダー測定の完全性を維持しつつ、遅延と CPU の関与を最小限に抑えます。

GPU 上に取り込まれると、**Holoscan** ランタイムはグラフ ベースの実行モデルを用いて処理パイプラインを制御します。レーダー信号処理、カメラ前処理、ニューラル ネットワーク推論、およびマルチ モーダル フュージョンは決定論的にスケジューリングされ、高いセンサ データレート下でもリアルタイム要件が満たされることを保証します。このアーキテクチャにより、開発者は TI ミリ波レーダーの測定精度を最大限に活用しながら、AI ワークロードを効率的にスケールアップできます。

## AI センサ フュージョン パイプライン

センサ フュージョン パイプラインは、レーダーおよびカメラ データの同期取得から開始されます。レーダー処理では、IWR6243 の距離、速度、および角度の測定に対応した未加工データの出力機能を活用し、環境の空間構造と運動特性の両方を捉えるポイント クラウドを生成します。同時に、カメラ フレームは GPU によって高速化された AI モデルを用いて処理され、物体の識別、姿勢、分類といったセマンティック情報が抽出されます。

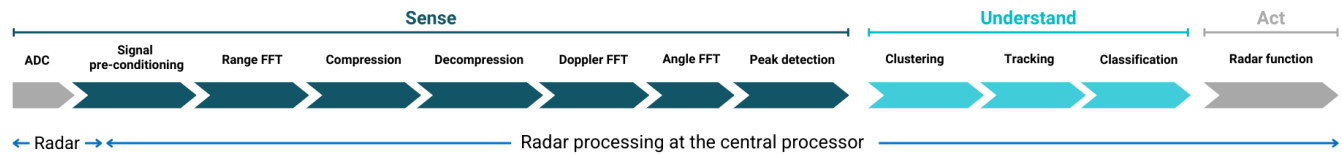


図 3. レーダー処理パイプライン

フュージョン段階では、TI レーダーの測定結果と視覚検出結果を空間および時間の両面で整合させます。レーダー由来の深度および速度情報は、ビジョン ベースの推論を補完し、堅牢性を向上させるとともに曖昧さを低減します。これは特に、高速で移動する物体、部分的な遮蔽、または視覚的に劣化した環境において、カメラ単独の認識が失敗する可能性があるシナリオで有効です。

TI の高精度で照明条件に依存しないレーダー センシングと、AI 駆動の視覚セマンティクスを組み合わせることで、融合された認識出力は、より高い信頼度、向上した追跡安定性、およびより信頼性の高い物体分類を実現します。融合されたデータは、リアルタイムの意思決定、ナビゲーション、安全監視、または下流の自律システム スタックに利用できます。

### センサ フュージョンにおける TI のミリ波レーダーの利点

TI のミリ波レーダーは、他のセンシング技術では実現が難しい独自の利点をセンサ フュージョン システムにもたらしめます。距離および速度を直接測定できる能力により、追跡および予測を強化する高精度な動作理解が可能になります。ミリ波センシングの高い堅牢性により、低照度、強い光の反射、霧、ほこりなど、光学センサの性能が低下する環境においても、認識システムは信頼性高く動作できます。

IWR6243 の高い統合度により、システムの複雑さと消費電力を低減しつつ、スケーラブルなマルチセンサのデプロイメントを可能にします。TI の自動車および産業用レーダー分野における長年の専門知識は、機能安全性、信頼性、長期供給性の確かな基盤も提供しており、これらはロボティクスおよび自律システムにとって重要な要件です。

Holoscan ベースの AI パイプラインに統合されると、IWR6243 はセンサ フロントエンドとして機能し、AI 推論を実世界の測定データに基づいて行うための信頼性の高いセンサ データを提供します。この組み合わせにより、システム全体の性能が向上し、エッジ展開における認識失敗のリスクが低減されます。

### ハードウェア入門

テキサス インストルメンツのミリ波レーダーおよび NVIDIA Holoscan に基づくレーダー ビジョン センサのフュージョン システムの構築を開始するには、センサから中央の AI コンピュート プラットフォームへ高帯域かつ低遅延でデータを転送できるハードウェア構成を組み立てることから始まります。リファレンス ハードウェア構成は、TI のレーダー評価ハードウェアと、NVIDIA の Holoscan Sensor Bridge および NVIDIA Jetson Thor を組み合わせたものです。

IWR6243 カスケード評価基板は、レーダー センシングのフロントエンドとして機能します。この評価基板は、二つの IWR6243 ミリ波レーダー デバイスに加え、迅速な開発および検証に必要な電源管理、クロック、接続機能を統合しています。IWR6243 評価基板は、レーダー チャープおよびフレーム タイミングの設定を可能にするとともに、高度な信号処理および AI ベースのフュージョンに適した未加工のレーダー データを提供します。この評価基板を使用することで、立ち上げが迅速化され、本番用レーダー設計の性能特性を反映した既知の良好なハードウェア ベースラインが提供されます。

IWR6243EVM から Holoscan エコシステムへの効率的なデータ転送を実現するため、図 4 に示すように、レーダー評価モジュールと NVIDIA の Holoscan Sensor Bridge の間に CSI-2 アダプタ ボードが使用されます。このアダプタ ボードは、レーダー出力インターフェイスの信号をセンサ ブリッジが要求する CSI-2 入力へと変換します。

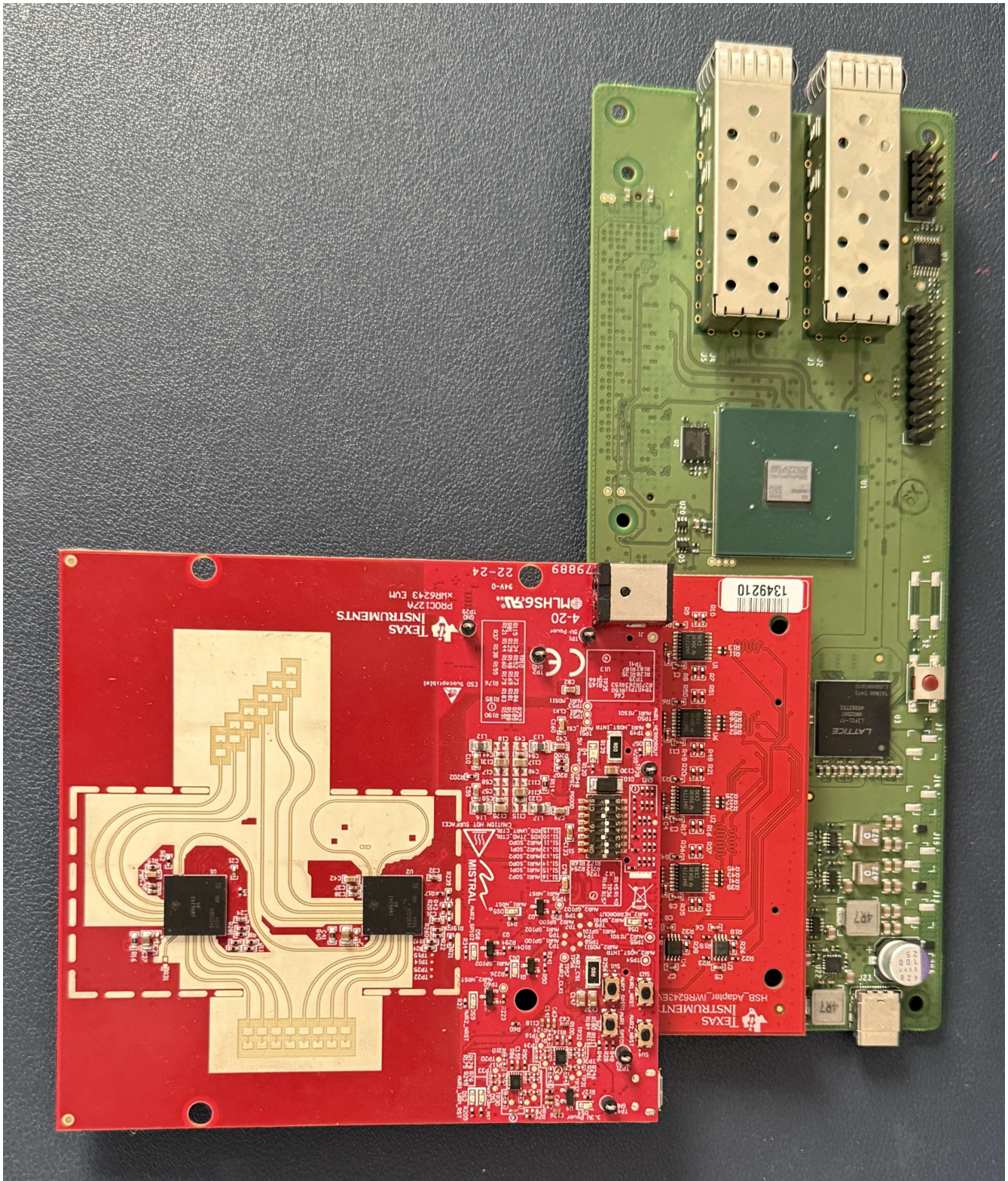


図 4. ハードウェアの概要

低レイテンシ、低消費電力、柔軟な FPGA で動作する Lattice CertusPro-NX センサーからイーサネットへのブリッジボードは、高帯域幅センサ データのための集約および転送デバイスとして機能します。このデバイスは、レーダーからの CSI-2 ストリームおよびカメラなどの他のセンサからの追加インターフェイスを受信します。センサブリッジは、決定論的な

データ転送を担うとともに、センサ データをコンピュート プラットフォーム上の GPU からアクセス可能なメモリへ直接供給します。

NVIDIA Jetson Thor は、システムの集中型コンピューティング プラットフォームとして機能します。Jetson Thor は、レーダー信号処理、カメラ推論、マルチモーダル フュージョン、およびリアルタイム意思決定に必要な GPU 性能と AI アクセラレーションを提供します。NVIDIA Jetson Thor 上で Holoscan SDK を実行することで、開発者は予測可能な遅延でレーダーおよびビジョン データを処理するストリーミング AI パイプラインを定義および実行できます。中央集約型のコンピュート アプローチにより、センサ ハードウェアを再設計することなく、コンピュート性能を向上させることで、さまざまな自律レベルに対応してシステムをスケールさせることができます。

IWR6243EVM、CSI-2 アダプタ ボード、NVIDIA の Holoscan Sensor Bridge、カメラ モジュール、および NVIDIA Jetson Thor を組み合わせることで、レーダー ビジョン センサー フュージョンのための完全なハードウェア基盤が構成されます。この構成により、開発者は認識アルゴリズムおよび AI フュージョンに注力しながら、高帯域センシング、低遅延、そして量産向けヒューマノイドおよびロボティクス システムへのスケーラビリティに最適化されたハードウェア アーキテクチャを活用できます。IWR6243 カスケード EVM ハードウェアとアダプタ ボードは、テキサス インストルメンツから直接入手できます。デベロッパーの皆様は、供給状況、ご注文情報、サポートオプションについて、テキサス・インストルメンツの販売代理店にお問い合わせください。

## ソフトウェア入門

NVIDIA Holoscan Bridge 上でのレーダー ビジョン センサ フュージョン向けソフトウェア スタックの導入は、Holoscan SDK のセットアップ、Holoscan Sensor Bridge のソフトウェア コンポーネントの有効化、およびレーダー処理とセンサ フュージョンを実装するアプリケーション ソフトウェアの展開から始まります。

NVIDIA Holoscan SDK は、リアルタイムのストリーミング AI アプリケーションを構築するための中核ソフトウェア フレームワークを提供します。これには、グラフ ベースの実行モデル、GPU 加速オペレータ、決定論的スケジューリング、ならびにセンサ推論、可視化、およびデータ転送の統合サポートが含まれます。この SDK は NVIDIA Jetson Thor 上で動作し、レーダー処理とカメラ推論の実行を管理します。

NVIDIA Holoscan Sensor Bridge のソフトウェア スタックは、SDK を補完し、高帯域センサがデータを効率的に Holoscan ランタイムへストリーミングできるようにします。これにより、Lattice ベースのセンサ ブリッジ ハードウェアからセンサ データを GPU アクセス可能メモリへ直接転送するために必要なドライバ、ファームウェア、およびインターフェイスが提供されます。このソフトウェア レイヤーはセンサ転送の詳細を抽象化し、決定論的なタイミングを保証することで、アプリケーション開発者が低レベルのデータ転送ではなく認識アルゴリズムに注力できるようにします。Holoscan Sensor Bridge と Holoscan SDK の緊密な統合は、リアルタイムのフュージョン アプリケーションにおいてレーダーとカメラのストリーム間の同期を維持するために不可欠です。

NVIDIA Holoscan プラットフォーム上では、アプリケーション ソフトウェアがレーダー設定、信号処理、センサ整列、およびフュージョン ロジックを実装します。このシステムでは、アプリケーション ソフトウェアは D3 Embedded によって開発されており、テキサス インストルメンツのミリ波レーダー、Lattice Semiconductor の Holoscan Sensor Bridge ボード、および NVIDIA Holoscan インフラストラクチャを活用するように特化して設計されています。このソフトウェアは、IWR6243 レーダー データを Holoscan ベースのパイプラインに統合し、レーダー ポイントクラウド生成、カメラの整列、および AI 駆動のフュージョンを中央集約型の処理アーキテクチャ内で実現します。

D3 Embedded が開発したアプリケーション ソフトウェアは、D3 Embedded [sales@d3embedded.com](mailto:sales@d3embedded.com) からサービス契約の一部として入手できます。

NVIDIA Holoscan SDK、Holoscan Sensor Bridge ソフトウェア スタック、および D3 Embedded のアプリケーション ソフトウェアを組み合わせることで、リアルタイムのレーダー ビジョン センサ フュージョンのための完全なソフトウェア設計が構成されます。この組み合わせにより、迅速な立ち上げ、スケーラブルな性能、および評価用ハードウェアから量産対応のヒューマノイドおよびロボティクス システムへの明確な移行パスが実現されます。

## まとめ

NVIDIA の Holoscan プラットフォーム上で TI の IWR6243 ミリ波レーダーとカメラ データを用いたリアルタイム AI センサフュージョンにより、堅牢でスケーラブルかつ量産対応の認識設計が実現されます。TI のミリ波レーダーテクノロジーを採用すると、照明に依存しない高精度で距離と速度の測定を実現すると同時に、NVIDIA Holoscan は超低レイテンシの GPU 処理と AI 駆動のフュージョンを可能にします。これらの技術を組み合わせることで、開発者は複雑で動的かつ厳しい環境においても信頼性高く動作する高度な認識システムを構築でき、次世代ロボティクスおよび自律機械の展開を加速できます。

## 参考資料

<https://www.ti.com/product/IWR6243>

<https://www.ti.com/drr/opn/XWR6243-RESTRICTED>

<https://dev.ti.com/?id=IWR6243>

<https://www.ti.com/applications/industrial/robotics/overview.html>

<https://www.nvidia.com/en-us/edge-computing/holoscan/>

<https://www.latticesemi.com/en/Solutions/Solutions/SolutionsDetails02/Holoscan-Sensor-Bridge-Solutions>

<https://www.d3embedded.com/>

## 商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月