

Technical White Paper

ロボティクス向けミリ波レーダー



Dominic Schwarzenbach, Product Marketing Engineer Intern
Habeeb Ur Rahman Mohammed, PhD., Business Development Manager

概要

工場フロア、フルフィルメント センター、病院などの定型環境や、屋外配送などの非定型環境において人間の近くで動作するロボットは、カメラ、LiDAR、Time-of-Flight (ToF) センサ単体では解決できないセンシングの課題に直面しています。ミリ波レーダーは、他のどのモダリティも提供できない、ネイティブな速度計測、透明表面の検出、および機能安全認証オプションを備えた、照明に依存しない補完的な検出層を提供します。

あらゆるアクティブ センサは、エネルギーを放出し、それが戻ってくる時間を測定することで世界を測定します。センサ モダリティを差別化する要素は、それぞれのタイプがその反射のどの物理特性を測定し、その特性が実際の動作条件においてどのように振る舞うかです。レーダーは無線周波数エネルギーを送信します。これは周辺光に関係なく表面から反射し、光の波長を散乱または遮断する粉塵、蒸気、浮遊粒子を透過します。カメラや LiDAR とは異なり、レーダーは衣服越しでも人体組織から強く反射し、光学センサには透明または曖昧であるガラスや鏡面を検出します。これらの特性は例外的な利点ではなく、産業、フルフィルメント、ヘルスケア環境においては基本要件です。

目次

1 ロボティクスにレーダーを採用する理由	2
2 ロボティクスに TI のミリ波 FMCW レーダーを選択する理由	2
3 あらゆるロボティクス アプリケーション向けレーダー製品	3
4 ロボティクス向け TI ミリ波レーダー製品ラインアップ	4
5 ロボティクス市場の要件 – レーダーが解決するもの	5
5.1 ヒューマノイド ロボットと二足歩行ロボット	5
5.2 自律型モバイル ロボット (AMR)	5
5.3 産業用固定マウントレーダー	6
5.4 医療用および手術用ロボット	6
6 推奨製品	7
6.1 高分解能の IWR6243 カスケード レーダー	7
6.2 フォーム ファクタが最適化された IWR6843 AOP レーダー	8
7 設計とドキュメントのサポート	10
7.1 ツールとソフトウェア	10
7.2 ドキュメントのサポート	10
7.3 リソース	10
8 謝辞	10

商標

テキサス・インスツルメンツの™ is a trademark of Texas Instruments.

NVIDIA® is a registered trademark of NVIDIA Corporation.

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 ロボティクスにレーダーを採用する理由

カメラはロボティクスにとってデフォルトの認識モダリティですが、安全な運用に最も重要なシナリオにおいて想定どおりに性能が低下します。レーダーは、カメラが確実に埋めることができないギャップに対処する補完的なモダリティです。

シナリオ	想定される応答	
	カメラ単体	カメラとミリ波レーダー
低照度または無光の環境	検出性能の低下または失敗	レーダーの性能は照明に依存しないため、カメラの性能が落ちる場所でも検出を維持
霧、粉塵、結露、スモーク	遮蔽と検出見落とし	レーダーは微粒子に対して大幅に堅牢であり、カメラにとって困難な条件でも検出を維持
ガラス壁、透明パッケージ、ミラー	不可視または誤分類	ガラスは光を反射せずに透過させ、研磨面は光をレンズから遠ざけるように偏向させます。レーダーは光学的な透明性に関係なく、あらゆる固体表面から反射
人間 vs ロボット vs 物体の分類	良好な照明条件で有効。距離が離れるか照明が変化すると劣化	レーダーのマイクロドップラ署名が、照明や外観に依存しない追加の分類信号を提供
物体の速度測定	フレーム差分が必要。低フレームレートではレイテンシとノイズが増加	ネイティブな点ごとのドップラ速度測定、フレーム差分は不要
セーフティ バブル ゾーンの適用	ゾーン境界でのネイティブ速度データが限られ、FOV ギャップの可能性あり	距離と速度の組み合わせにより、動的なゾーンの定義と適用をサポート
工場と倉庫の安全性	カメラベースのシステムは、産業環境の照明変化、粉塵、蒸気によって劣化する可能性があります。	レーダー層を追加することで、IEC 61508 安全向上レベル (SIL) 2 認証済みのハードウェア完全性を備えた、照明や環境に依存しない検出入力 that 提供されます

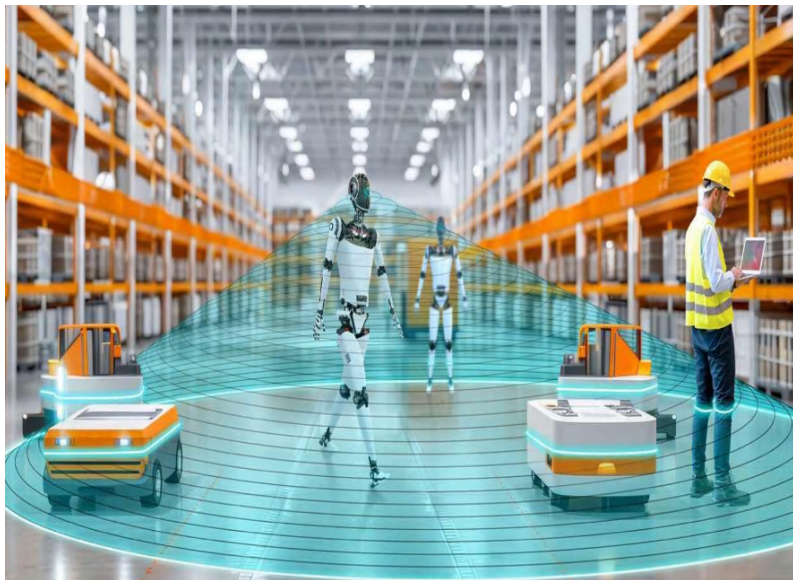


図 1-1. 物理環境と相互作用するヒューマノイド ロボット

2 ロボティクスに TI のミリ波 FMCW レーダーを選択する理由

TI のミリ波 FMCW レーダーは、一連の周波数変調パルス (チャープ) を送信し、反射した戻り波を処理して、検出されたすべての表面から 3 つの独立した測定次元を抽出します。

- **範囲** - 各チャープの戻り波の往復時間遅延を指し、FMCW 処理を使用してセンチメートル レベルの精度で分解されます
- **半径速度** - 連続するチャープ間のドップラ位相シフトを指します。速度は追跡フィルタから推定されるのではなく、直接測定されます
- **角度 (水平または垂直)** - 受信アンテナ アレイ全体の位相差を指します。複数の Rx 素子が 2D の角度位置を解決し、3D 点群を生成します

短い波長により、ロボット本体の寸法に適合するフォーム ファクタで、意味のある角度分解能を持つコンパクトなアンテナアレイが可能になります。半径速度はすべてのフレームで点ごとに取得でき、マルチ フレーム追跡は不要であるため、ミリ波レーダーはあらゆる動作条件において即時速度タグ付きの 3D 点群を提供する唯一のモダリティとなります。マルチ モーダル センサ構成において、レーダーはカメラや LiDAR を自然に補完する役割を果たします。レーダーは、これらの他のモダリティが単独では提供できない情報を提供します。

3 あらゆるロボティクス アプリケーション向けレーダー製品

TI のレーダー製品ラインアップは、ロボティクス市場セグメント全体で必要とされる全パフォーマンス範囲をカバーしています。高性能フロントエンドトランシーバは、ヒューマノイドや移動ロボットが周囲をセンシングしてマッピングするために必要な距離、解像度、処理能力を提供し、コンパクトで統合されたシステム オン チップ (SoC) デバイスは、近くの物体の検出やロボット アームの誘導などのタスク向けに低消費電力の近距離センシングを提供します。適切なデバイスは、距離、解像度、処理アーキテクチャ、電力バジェット、および規制環境によって異なります。

2 つの製品ラインアップ階層: TI のロボティクス向けレーダー製品ラインアップは、高性能レーダーと低消費電力レーダーの製品ファミリで構成されています。どちらのポートフォリオにも 60GHz 帯域 (57 ~ 64GHz) および 77GHz 帯域 (76 ~ 81GHz) で動作するデバイスが含まれており、お客様はアプリケーション要件と地域ごとの規制遵守に基づいて適切な設計を選択できます。

高性能レーダーデバイスは、より長い検出距離、高い角度分解能、高度な信号処理を必要とするアプリケーション向けに設計されており、数センチメートルから数百メートルまでのセンシング距離をサポートします。この製品ラインアップには、カスケード接続可能なフロントエンドトランシーバおよびシングル チップ SoC (システム オン チップ) レーダー センサが含まれます。カスケード接続可能なデバイスを組み合わせることで、非常に高い仮想アンテナ数と卓越した角度分解能を実現できるため、画像レーダーや LiDAR 代替アプリケーションに最適です。シングルチップ SoC は、RF フロントエンド、DSP、ハードウェア アクセラレータ、および処理機能を完全なレーダー設計に統合し、最大 4 送信・4 受信チャネルの構成が可能です。一方、カスケードシステムは 8T8R から 32T32R 以上へと拡張可能です。高性能デバイスでは、RF 性能を最大限に高めるために LoP (launch-on-package: 立体配置パッケージ) 技術も採用されています。

低消費電力レーダーデバイスは、エネルギー効率が極めて重要なバッテリー駆動や電力制約のあるシステム向けに設計されています。これらの製品は、距離検出、存在検出、人感センシング、PIR の代替などの短距離センシング アプリケーションに適しています。低消費電力デバイスは、アンテナ オン パッケージ (AoP) 技術も採用しており、堅牢なセンシング性能を維持しながら非常にコンパクトなシステム設計を可能にします。

4 ロボティクス向け TI ミリ波レーダー製品ラインアップ

TI の製品ラインアップは、複数の製品を提供しており、ロボティクス市場における各最終製品に適用される距離、分解能、処理アーキテクチャ、電力の制約によって選択肢が左右されます。

デバイス	周波数帯域	カスケード可能	アーキテクチャ	パッケージ	推奨距離	距離分解能	達成可能な角度分解能	AI 機能	安全	インターフェイス
IWR6243	57~64GHz	あり	フロントエンドのみ	標準	0.1 ~ 500m 超	2.14cm	1° 未満 (カスケード接続済み 12Tx × 16Rx)	なし	IEC 61508 (SIL 2 まで)	CSI-2 (MIPI)、SPI、I ² C、UART
IWR2188	76~81GHz	あり	フロントエンドのみ	LOP	0.1 ~ 700m 超	3.75cm ~ 15cm	0.5° 未満 (カスケード接続済み 16Tx × 16Rx、24Tx × 24Rx、32Tx × 32Rx)	なし	IEC 61508 (SIL 2 まで)	CSI-2 (MIPI)、SPI、I ² C、UART
AWR2944P AWR2E44P	76~81GHz	なし	フロントエンド、HWA2.1 400MHz、DSP C66x、マイコン、HSM	標準 LOP	0.1 ~ 300m 超	3.75cm ~ 15cm	約 4 ~ 6°	あり	ISO26262 (ASIL B まで)	SPI、CAN-FD、UART、I ² C、イーサネット、1Gbps
IWR6843 IWR6843AOP	60~64GHz	なし	フロントエンド、HWA1.0 200MHz、DSP C67x、マイコン	標準 AOP	0.1 ~ 100m 超 0.1 ~ 50m 超	3.75cm	約 15° az または 約 15° el	あり	IEC 61508 (SIL 2 まで)	CAN-FD、SPI、I ² C、UART
IWRL6844	57~64GHz	なし	フロントエンド、HWA1.2 200MHz、DSP C66x、マイコン	標準	0.1 ~ 100m 超	2.14cm	約 4 ~ 6°	あり	IEC 61508 (SIL 2 まで)	CAN-FD、SPI、I ² C、UART
IWRL6432 IWRL6432AOP	57~64GHz	なし	フロントエンド、HWA1.2 200MHz、マイコン	標準 AOP	0.1 ~ 30m 超 0.1 ~ 20m	2.31cm	約 26° az または 約 42° el	あり	IEC 61508 (SIL 2 まで)	CAN-FD、SPI、I ² C、UART

5 ロボティクス市場の要件 – レーダーが解決するもの

TI のレーダー製品ラインアップは、は、ロボティクス市場の 4 つのセグメントにおける明確な技術要件に対応します。各セグメントには異なる距離要件、安全制約、および運用環境があり、推奨されるデバイス階層はこれらの制約に基づきます。

5.1 ヒューマノイド ロボットと二足歩行ロボット

主な用途: 人とロボットの共存、セーフティ バブルの適用、全身のシーン認識



図 5-1. 倉庫のヒューマノイド ロボット

- **人とロボットのセーフティ バブル:** ロボットの胴体全体を囲む段階的な近接ゾーン (4 レベル: 停止、減速、注意、通常)。レーダーは各ゾーン境界での距離と速度を提供します。カメラ単体ではゾーン端での速度の曖昧さを解消できません。IEC 61508 SIL 2 認証は、ガードのない状態での人間との共存に必要な機能安全の証明をサポートします。
- **人間の検出と分類:** このアプリケーションでは、高密度の工場環境において、人間の作業員を他のロボットや固定インフラストラクチャと区別します。高い角度分解能と点ごとのドップラ速度が必要です。カスケード接続された IWR6243 の出力は、NVIDIA® Jetson Thor、または同等の計算基盤上の AI 推論パイプラインに直接送信されます。

5.2 自律型モバイル ロボット (AMR)

主な用途: ナビゲーションの安全性、障害物回避、倉庫およびフルフィルメントでのセンシング



図 5-2. 工場フロアをナビゲートする自律走行搬送ロボット

- **ナビゲーションの安全性と障害物の回避:** 共有スペースを走行する移動プラットフォームは、あらゆる照明条件の下で人間や動的な障害物を確実に検出する必要があります。レーダーは、粉塵、逆光、または低照度の倉庫環境においてカメラベースのシステムが劣化する場合でも、安定性を維持する認識層を提供します。
- **透明および鏡面障害物の検出:** ガラス壁、反射する床、透明な包装はカメラには映りません。ガラスは光を反射せずに透過させ、研磨面や鏡面は光をレンズから遠ざけるように偏向させるためです。レーダーは、光学的な透明性にかかわらず、あらゆる固体材料の表面から反射します。これらの機能は、このような表面が一般的な店舗、倉庫、フルフィルメント環境をナビゲートする AMR にとってきわめて重要です。

- **3D シーン マッピング / SLAM 支援:** レーダーは、速度情報が付与された点群によって LiDAR およびステレオ カメラの SLAM システムを拡張します。カメラや LiDAR が見落とす移動障害物の検出を可能にし、動的なシーンにおける自己位置推定の堅牢性を向上させるクロスモーダルな整合性チェックを提供します。
- **センサ フュージョンの深度レイヤ:** レーダーは、カメラにはない速度と距離の次元を提供します。AI フュージョン パイプラインを使用して RGB または熱画像と組み合わせることで、TI のレーダーは単一のセンサでは不十分な環境におけるモダリティのギャップを埋めます。IWR6243 ミリ波レーダー センサとカメラを使用し、NVIDIA の Holoscan プラットフォームに展開した例については、『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』を参照してください。

5.3 産業用固定マウントレーダー

主な用途: アセット監視、クレーンの位置設定、工場の現場の交通管理



図 5-3. 産業用固定ロボット アーム

- **産業用アセットおよびクレーン監視:** コンテナ ターミナルや産業用ベイに設置された高解像度固定レーダーが、大型金属アセット、クレーン位置、侵入エリアを検出します。カスケード接続された IWR6243 は、10 ~ 30m の測定範囲でバルク品の検出や高精度なコンテナ ターミナルのマッピングに必要な角度分解能を提供します。

5.4 医療用および手術用ロボット

主な用途: 手術室スタッフの近接検出、手術用アームの空間認識



図 5-4. サンプル表面で動作する手術用ロボット

- **手術室スタッフの安全と近接検出:** 手術用ロボットシステムは、高性能計算が容易に利用できる制御された環境において、患者や医療スタッフのすぐ近くで動作します。手術用ロボットは、外科医や看護師がアームの動作範囲に入ったときに停止または一時停止する必要があります。
- **手術用アームの空間認識:** 患者の上で動作するロボットアームは、意図しない接触を防ぐために周囲の空間をリアルタイムで把握する必要があります。レーダーは手術室の照明条件に関係なくこの空間マップを提供します。カメラに悪影響を与える頭上の无影灯、影、反射するドレープ (覆い) もミリ波のパフォーマンスには影響しません。

6 推奨製品

6.1 高分解能の IWR6243 カスケード レーダー

IWR6243 は、高性能ロボティクス アプリケーション向けに構築された TI の 57–64GHz FMCW レーダー トランシーバ フロントエンドであり、3 つのアーキテクチャ上の決定によって差別化されています。

- **CSI-2 を使用したフロントエンド専用出力:** 未加工の ADC サンプルが 4 レーン MIPI D-PHY インターフェイスを介してホスト計算プラットフォームにストリーミングされ、ホスト側の処理パイプラインのために完全な信号忠実度が維持されます
- **カスケード アーキテクチャ - 20GHz リファレンス**を使用して複数のトランシーバが位相同期され、1 つの大きな仮想開口部を形成することで、チップあたりの面積を増やすことなく角度分解能を直接拡大します。カスケード システムは 6Tx×8Rx から 12Tx×16Rx 以上へと拡張可能です
- **TÜV SÜD による IEC 61508 SIL 2 認証** - 産業用および協働ロボティクスの導入において一般的な機能安全要件を満たしています

6.1.1 リファレンス デザイン

多くのロボティクス認識アプリケーションでは、設計のための動作確認済みの基盤が必要です。「[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](#)」で説明されている例には、レーダーとビジョンのセンサーフュージョンのために IWR6243 カスケード評価基板を NVIDIA の Holoscan プラットフォームに接続するための検証済み統合パスが含まれています。本設計では、カメラ入力とともに IWR6243 の未加工レーダー データを NVIDIA Holoscan AI パイプラインにストリーミングするための、検証済みのハードウェアおよびソフトウェア統合パスについて説明します。この例は、このプラットフォーム上でロボティクス認識アプリケーションを構築するために必要なデータ パス、ソフトウェア スタック、およびエコシステム パートナーシップ (D3 組込み) を確立します。特定のロボティクスのユースケースに対するパフォーマンス検証は含まれていません。

6.1.2 ハードウェア スタック

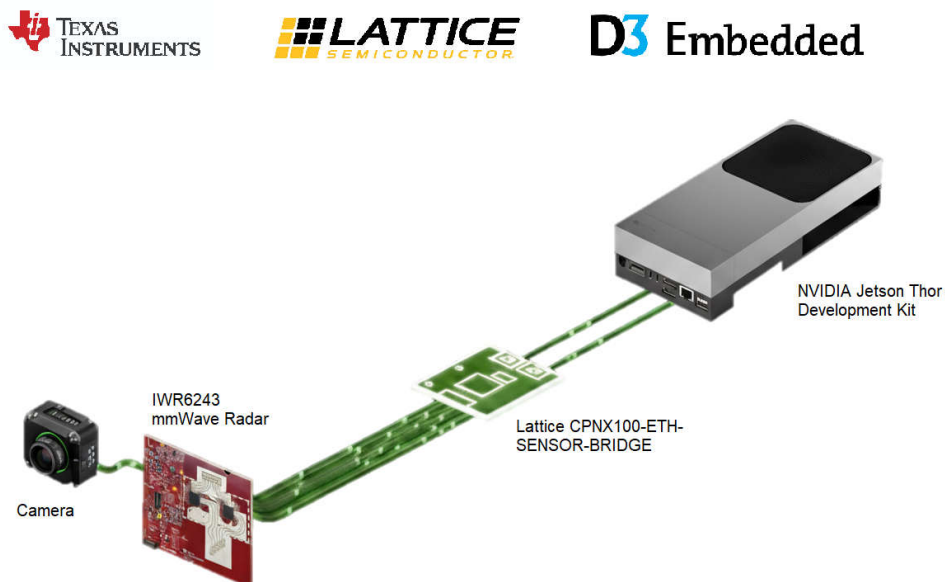


図 6-1. ロボティクス認識アプリケーション向けに IWR6243 と Nvidia Holoscan が統合

6.1.3 ソフトウェア スタック

- **NVIDIA Holoscan SDK**: レーダー信号処理、カメラ推論、およびマルチ モーダル フュージョンのためのグラフベース実行ランタイム
- **NVIDIA Holoscan センサ ブリッジ ソフトウェア**: センサから GPU メモリへの決定論的なデータ移動
- **D3 組込みアプリケーション ソフトウェア**: IWR6243 レーダーの構成、点群生成、カメラ調整、および AI フュージョンロジック
- **mmWaveLink SDK**: IWR6243 のチャープ構成とレジスタ アクセス

6.2 フォーム ファクタが最適化された IWR6843 AOP レーダー

IWR6843 AOP は、最大の角度分解能よりもサイズ、電力、統合度が重要視されるアプリケーション向けに構築された、TI の 57 ~ 64GHz FMCW シングル チップ レーダー センサです。3 つのアーキテクチャ上の決定がこのデバイスを差別化:

- **アンテナ オン パッケージ (AoP)** - 送受信アンテナがパッケージ内に直接統合されており、PCB アンテナの配線、整合回路、および RF 基板の特性評価が不要になります。その結果、関節ハウジング、エンド エフェクタ、ロボットの外周、個別アンテナ PCB が収まらない狭いエンクロージャなど、機械的制約のある場所に配置できる、コンパクトでレイアウトしやすいモジュールが実現します
- **完全なオンボード信号処理** - 統合された HWA1.0 ハードウェア アクセラレータ、C67x DSP、および Arm® Cortex®-R4F マイコンが、チップ上で完全なレーダー シグナル チェーンを実行します。レンジドップラ処理、CFAR 検出、および点群出力は外部ホスト プロセッサなしで実行されるため、外部計算とペアリングされるフロントエンド専用デバイスと比較して、システム部品点数、PCB 面積、および消費電力が削減されます
- **TÜV SÜD による IEC 61508 SIL 2 認証** - IWR6243 機能安全認証であり、安全性の議論において認証済みのハードウェアの完全性が要求される人とロボットの共存運用の導入をサポートします

IWR6843 AOP は、ロボットの四肢周辺の近接検出、協働アームのセーフティ バブル適用、専用レーダー ホストが利用できないか正当化されないバッテリー駆動 AMR での近距離障害物センシングなど、各センサ ノードが自己完結型である必要があるユースケースを対象としています。

6.2.1 リファレンス デザイン

『より安全なロボット知覚を実現するミリ波レーダー センシングのリファレンス デザイン』リファレンス デザイン ガイドは、認証済みロボット システムに IWR6843AOP を導入するための検証済みハードウェア基盤を提供します。本設計は、IWR6843AOP レーダーと LP87745 安全性 PMIC をペアリングした、完全に組み立てられたパフォーマンス検証済みの基板です。

このデザイン ガイドでは、SIL 2 準拠のロボット認識モジュールのハードウェア側ビルディング ブロックを使用した、PMIC とレーダー間の Q&A ウォッチドッグ通信、レベルおよび PWM エラー信号モニタリング (ESM)、安全診断、レーダーのリセットについて説明します。TIDA-010281 デザイン ガイドで使用されている例には、ウォッチドッグ通信、エラー信号モニタリング、安全診断、およびレーダー リセットの検証済みテスト結果も示されています。これらの結果により、開発者は AMR、AGV、ヒューマノイド、協働ロボットをターゲットとした SIL 2 準拠ロボット認識ノードのための、動作確認済みの出発点を得られます。

回路図、BOM、ガーバー データを含む補足資料は、[TIDA-010281 ツール ページ](#)をご覧ください。

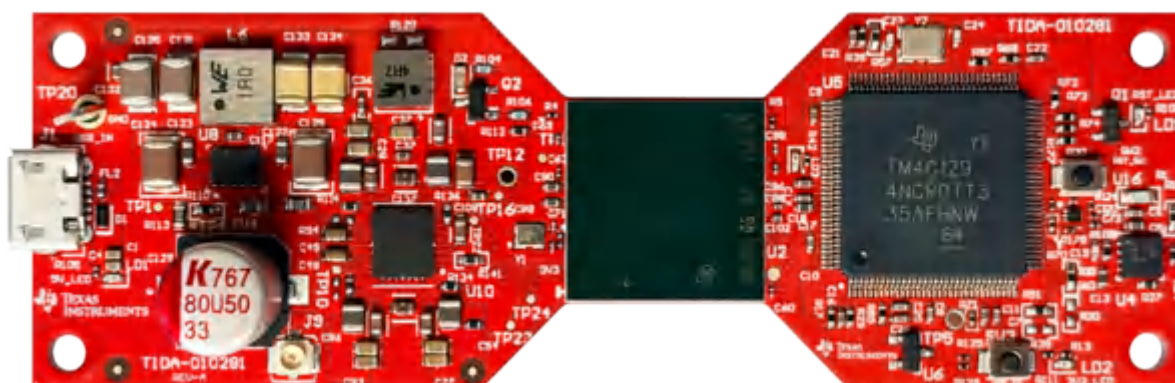


図 6-2. TIDA-010281 ロボティクスにおける安全な認識のためのリファレンス デザイン

7 設計とドキュメントのサポート

7.1 ツールとソフトウェア

ツール

MMWAVE-SDK xWR1443、xWR1642、xWR1843、xWR6443、xWR6843 向けミリ波 SDK (ソフトウェア開発キット)

NVIDIA Holoscan SDK ストリーミング エッジ データのリアルタイム、スケーラブル、かつソフトウェア定義の処理のために設計されたマルチ モーダル コンピューティング プラットフォーム。

ソフトウェア

D3 組み込みアプリケーション ソフトウェア IWR6243 レーダー構成、点群生成、カメラ調整、および AI フュージョン ロジックを容易にします

NVIDIA Holoscan センサブリッジソフトウェア エッジで実行されるストリーミング データのスケーラブル、ソフトウェア定義、かつリアルタイム処理のための、高速化されたフルスタック インフラストラクチャを提供する Holoscan コンピューティング プラットフォーム

7.2 ドキュメントのサポート

- テキサス インスツルメンツ、『[ミリ波レーダー センサ](#)』、Web ページ
- テキサス インスツルメンツ、『[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](#)』、アプリケーション ブリーフ

7.3 リソース

IWR6243	プロダクト フォルダ
IWR6843AOP	プロダクト フォルダ
IWR6843	プロダクト フォルダ
IWR6443	プロダクト フォルダ
IWR6432	プロダクト フォルダ
IWR6432AOP	プロダクト フォルダ
AWR2188	プロダクト フォルダ
AWR2944	プロダクト フォルダ
AWR2944P	プロダクト フォルダ
TIDA-010281	デザイン フォルダ



テキサス・インスツルメンツの™ E2E サポート エキスパートにお問い合わせください。

8 謝辞

著者は、このホワイト ペーパーへの貢献について、Anand Dabak、German Aguirre、Thomas Schneider、Preeti Udupudi、Robert Tolbert、Ethan Cope、Gunter Schmer、Zorah Ahmad、Cesar Iovescu に感謝する。

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みいかなる保証も、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、TI は一切の責任を拒否します。

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](https://www.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