

## Application Brief

## モジュールの設計により、60GHz ミリ波レーダーの利用が容易に

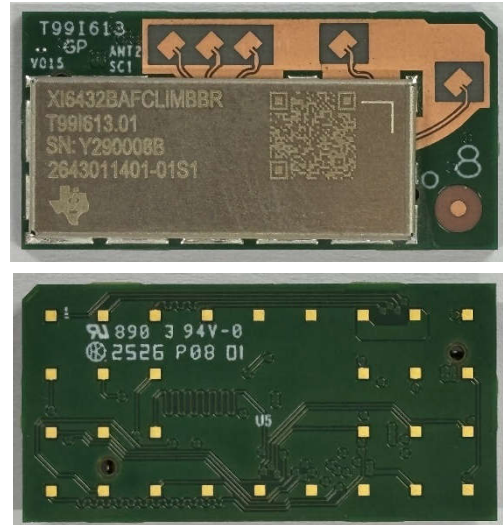


## 概要

小型で低消費電力のミリ波レーダーの出現により、家電製品、スマートビル、産業用オートメーション、IoT デバイスのインテリジェント センシングの新たな可能性が開かれました。一方で、長年にわたってミリ波システム設計は複雑さを増してきました。RF レイアウトやアンテナのチューニングから信号処理、規制認証まで、多くのデベロッパーにとってこのテクノロジーは手の届かないところにありました。テキサス インストルメンツの IWRL6432WMOD モジュールは、強力かつ高度に統合されているだけでなく、使いやすさも兼ね備えたレーダー設計を実現することで、この状況を一変させます。

IWRL6432WMOD は、FMCW トランシーバ、ベースバンド処理、ADC、モーションおよび存在検出処理エンジンを実行する M4 プロセッサを統合したデバイスである IWRL6432W レーダー SoC を中心に構築されています。この SoC を取り囲むのは、入念に設計されたモジュールです。これには、事前調整された 60GHz アンテナアレイ、オンボード電源レギュレーション、QSPI フラッシュメモリ、および 40MHz 水晶振動子が組み込まれており、すべてが 31mm × 15mm のコンパクトなフットプリントにパッケージ化されています。このようなレベルの統合により、RF に特化した専門知識が不要になり、開発者は低レベルなレーダー エンジニアリングよりもアプリケーションレベルの機能に集中することができます。

このモジュールの使いやすさは、デュアルモード アーキテクチャによりさらに強化されています。デュアルモード アーキテクチャは、ホスト プロセッサを必要としない自律動作と、高度なアプリケーション向けのホスト制御操作の両方をサポートします。TI の mmWaveULink API およびモジュール ビジュアライザ GUI と組み合わせることで、IWRL6432WMOD は、開発を大幅に簡素化する包括的なエコシステムを提供します。この記事では、モジュールのアーキテクチャ、ソフトウェア環境、規制遵守、および実際の使用事例について説明し、それぞれの設計の選択が開発者にとって使いやすいエクスペリエンスにどのように貢献するかという点に重点を置いて解説します。



## 人間存在検出の使用事例

IWRL6432WMOD の最も一般的な用途は、人間の存在検出です。このモジュールは、完全な暗闇の中や、ガラスやプラスチックなどの障害物を隔てた状態であっても、最大 15m の距離にある静止している人や移動している人を検出できます。このため、スマート照明、HVAC 制御、セキュリティシステムに適しています。

視線や動きに依存する受動型赤外線 (PIR) センサとは異なり、ミリ波レーダーは呼吸のような微細な動きを検出できるため、在室者が静止している場合でも確実に検出することが可能です。このモジュールの角度分解能により、よりインテリジェントなオートメーションを実現することもできます。

## スマートホーム オートメーション

このモジュールは、スマートホーム システムのセンシング基盤として機能し、コンテキスト認識型のオートメーションを実現します。たとえば、誰かが室内に入ったときに照明を点灯させたり、在室状況に応じてサーモスタットを調整したり、あるいは予期せぬ動きを検出して住人に通知したりすることができます。

照明条件の影響を受けない特性と、障害物を透過して存在を検出する能力により、多くの場面において、従来のセンサよりも高い信頼性を発揮します。

## スマートビルでの占有検知

商業ビルにおいて、正確な在室データは、エネルギー利用および空間利用の最適化に不可欠です。IWRL6432WMOD を、会議室、オープン オフィス、トイレに導入すれば、在室者をリアルタイムで検出できます。

ビル管理システムは、複数のモジュールを統合し、それらのデータを集約することで、照明、HVAC、および清掃のスケジュールに関して、情報に基づいた適切な判断を下すことができます。このモジュールは消費電力が低く小型であるため、美観を損なうことなく、天井、壁、または備品に簡単に設置できます。

## 完全統合型レーダー サブシステム

IWRL6432WMOD は、最小限の外付け部品しか必要としない自己完結型レーダー サブシステムとして設計されています。モジュールの中心にあるのは IWRL6432W SoC です。この SoC は FMCW レーダートランシーバ、デジタル信号処理パイプライン、アプリケーション レベルのファームウェアを統合しています。この SoC は、チャープ生成、RF 送信、受信、A/D 変換、FFT やクラスタ化などの信号処理の初期段階を処理します。TI は、これらの機能をモジュールに直接組み込むことで、ミリ波開発において従来最も困難な側面の一つとされてきた RF 回路の設計や調整を、デベロッパーが行う必要をなくしました。

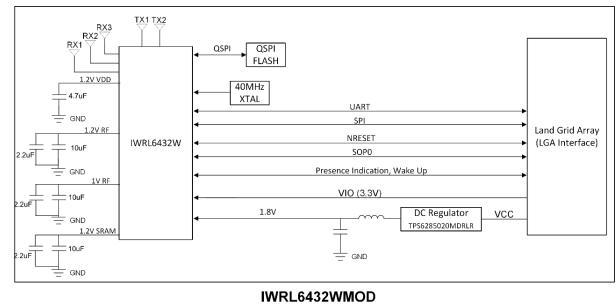
SoC の周囲には、信頼性の高い動作をサポートできる、厳選された一連のコンポーネントが配置されています。このモジュールは 40MHz 水晶発振器を内蔵しており、レーダーの PLL 向けに安定した周波数生成を実現します。また、外部 3.3V 電源を、SoC が必要とする内部 1.8V および RF 専用のレールに変換する電源分配回路も統合しています。この内部レギュレーションは、電源設計を簡素化し、ノイズ感度を低減します。これは、高周波レーダーシステムにとって極めて重要です。

このモジュールは、自律モード用の構成データを格納する QSPI フラッシュ メモリも搭載しています。これにより、ホストプロセッサが起動時に構成コマンドを送信することなく、レーダーをあらかじめ構成されたセンシング プロファイルで直接起動させることが可能になります。モジュール上にフラッシュが内蔵されていることは、本モジュールの使いやすさを支える重要な要素であり、多くのアプリケーションで即時動作を可能にします。

モジュールの内部構造は、相互に接続された一連のサブシステムとして視覚化することができ、それぞれがレーダーパイプラインで特定の役割を担っています。中央には IWRL6432W SoC が配置されており、アンテナ アレイ、電源ネットワーク、QSPI フラッシュと接続します。アンテナアレイは、水平に配置された 3 つの受信アンテナと、垂直に配置された 2 つの送信アンテナで構成されます。この構成は、方位角方向に 6 個、仰角方向に 2 個の素子か

らなる仮想アンテナ アレイを形成し、約 19 度の方位角分解能による 3D センシングを実現します。

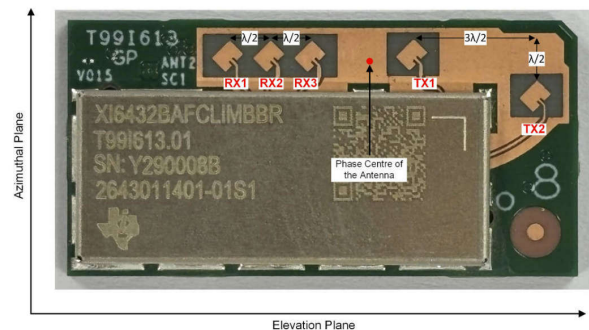
SoC は、4 線式 SPI インターフェイスを介して外部デバイスと通信します。このインターフェイスは、構成コマンド、点群データの転送、およびステータス レポートをサポートします。追加の GPIO により、PRESENCE\_DETECT、WAKE\_UP、SPI\_BUSY、nRESET などの機能を実現しており、モジュールはシンプルなシステムと複雑なシステムの両方にシームレスに統合できます。

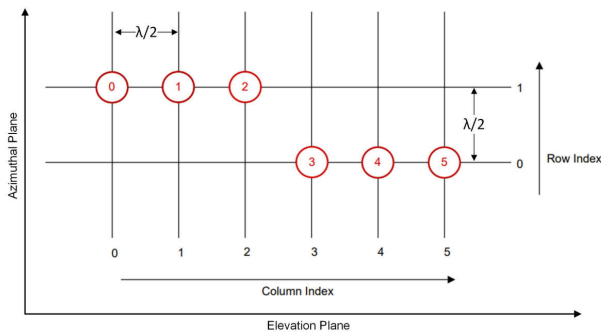


## アンテナの形状と仮想アレイ

このモジュールは、方位角と仰角の両方の推定をサポートする 2D アンテナ アレイを使用します。3 つの RX アンテナは水平一列に配置され、2 つの TX アンテナは垂直方向にオフセットで配置されています。この配置は、MIMO 技術を用いてを使用して仮想アレイを形成でき、物理的なサイズを増大させることなく、アンテナ素子数を効果的に増やすことができます。

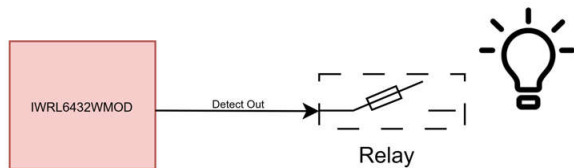
この仮想アレイを使用することで、レーダーは物体の距離と速度だけでなく、水平面と垂直面の両方で角度位置を検出できます。その結果、占有検知、ジェスチャー認識、物体追跡といった用途に適した、フル 3D センシングが可能な小型モジュールとなります。重要なのは、デベロッパーがアンテナの形状を理解したり操作したりする必要がないことです。モジュールのファームウェアと API が必要なすべての信号処理を処理します。



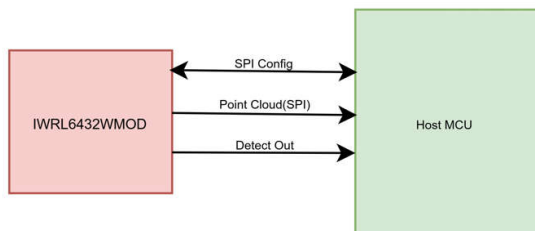


### シンプルさを追求したソフトウェア動作モード

IWRL6432WMOD は、自律モードとホスト制御モードという、2つの主要な動作モードをサポートしています。自律モードでは、モジュールは内部フラッシュから起動し、直ちに検出を開始して、GPIO ピン経由で存在検出を出力します。このモードは、ホストプロセッサが利用できない、あるいは不要とされる低消費電力アプリケーションに適しています。



ホスト制御モードでは、モジュールは SPI 経由で外部マイコンと通信します。開発者は mmWaveULink API を使用して、センシングパラメータの構成、点群データの取得、電源状態の管理を行うことができます。このモードでは、最大限の柔軟性が得られるため、動的な構成または高度なデータ処理を必要とするアプリケーションに適しています。



### 規制準拠

世界各地のさまざまな地域にある規制機関は、以下の観点で 60GHz ミリ波の動作を定義しています。

- 使用可能な周波数範囲
- 電力制限 (EIRP と電力密度)
- 使用事例の制限 (屋内または屋外)
- 認証とテストの手順

地域	周波数範囲	規格限界	使用事例と制限
米国 (FCC - Part 15.255)	57~71GHz	40dBm EIRP	屋内での使用を推奨 (屋外も可、ただし制限あり)
欧州 (ETSI EN 305 550、RED 準拠)	57~66GHz	40dBm EIRP、13dBm/MHz の密度	屋内使用のみ (現在)
日本 (JRL)	59~66GHz	最大 40dBm EIRP	MIC の承認が必要
中国	57 ~ 64GHz (ライセンス取得済み)	制限付き	限定的使用、規制整備中
その他 (韓国、インド)	条件によって変化	条件によって変化	不明瞭または整備中

従来の RF 認証には 3 ~ 6 か月以上かかることがあり、製品の発売や競争上の優位性の確保を遅らせる要因となります。IWRL6432WMOD は、このボトルネックを排除し、開発サイクルを数ヶ月短縮することで、市場投入期間の短縮に貢献します。認証コストは、テスト費用、エンジニアリングに要する時間、および障害の再テストの可能性を考慮に入れると、地域ごとに 5 万ドルから 15 万ドルと多岐にわたります。IWRL6432WMOD はこれらのコストを大幅に低減します。システムレベルでのコンプライアンス試験は依然として必要であるものの、最も難易度が高く高コストな RF コンポーネントテストはすでに完了しています。

大半の規制当局は、モジュール型認証のアプローチを許可しています。このアプローチでは、認証済みのモジュールが適切に統合された場合、その認証ステータスが維持されます。これにより、製品の技術文書では、モジュールの既存の認証を参照しつつ、システムレベルの実装に注力することが可能になります。

IWRL6432WMOD のモジュール型承認 (MA) は、導入を迅速化すると同時に、認証コストと技術的リスクを大幅に削減する実証済みの経路として活用できます。IWRL6432WMOD は、すでに規制試験に合格し、FCC (米国)、RED (欧州)、JRL (日本) などの主要当局から認証を取得済みの包括的な RF 設計です。これらのモジュールは、RF 性能の認証を取得済みであるため、認証プロセスをゼロから開始することなく、実績あるテクノロジーを製品に直接統合できます。

### 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