参考資料

Technical White Paper

ドローン用途におけるミリ波の活用事例

Jason Clark

1 概要

無人航空機システム (UAS) は、一般的にはドローンと呼ばれ、人々の日常生活にますます浸透しつつあります。写真や動画を撮るための消費者向けドローンから、食品や家庭用品をほぼ即時に配達するための商業用ドローンまで、さまざまな形で社会に組み込まれ、(おおむね) 受け入れられています。同様に防衛用途でも、ドローンは過去数十年間で、他のどの技術よりも現代の戦争の様相を変化させてきました。

ドローンの成長により、初期のモデルでは存在していなかった、または限定的であった安全性、信頼性、検出における新たな課題が発生しています。自動車の安全基準が進歩してきたように、ドローンも同様の傾向にあります。自動車メーカー各社は、死角認識、アダプティブ クルーズ コントロール、衝突回避を目的としたツールとして、ミリ波 (mmWave) レーダーの採用を進めています。小型でコスト効率に優れるミリ波レーダーを利用することで、あらゆる気象環境における物体の検出と認識が可能になるためです。この技術が、ドローンにおけるさまざまな用途においても適用できることは想像に難くありません。

2 レーダーの概要

まず、いくつかのレーダー特性について解説します。従来のレーダー システムは、電磁波パルスを送信し、そのパルスの反射を検出します。パルスの送信と受信の間の遅延時間によってターゲットまでの距離を判別します。その際のドップラー偏移は送信機に対するターゲットの速度に比例します。これらの従来型のレーダー システムは、30MHz (UHF) ～ 18GHz (Ku バンド) の間の周波数で動作します。低い周波数は、大気による吸収が少ないことからより遠くまで届きます。一方、高い周波数ではアンテナを小型化でき、ビーム幅を狭くすることで、より高い角分解能と優れたターゲット識別能力を実現できます。

従来のレーダーとは対照的に、ミリ波デバイスでは周波数変調連続波 (FMCW) と呼ばれるシステムが採用されており、短いパルスではなく連続的に変化する周波数が使用されます。一般的に、FMCW システムは小型化および低消費電力化が可能であり、短距離から中距離のレーダーにより適しています。ミリ波レーダーはその名が示すように波長が短く、60GHz や 77GHz などのより高い周波数で動作します。一般的に、アンテナは波長の 2 分の 1 の間隔で配置するのが最適であるため、ミリ波システムは従来のシステムよりも大幅に小型化できます。また、周波数が高くなることで、より小さな物体の検出、距離分解能と角分解能の向上、より高精度なターゲット識別が可能になります。

3 ドローンの活用事例

ドローンでミリ波レーダーを使用する場合、主な活用事例として次の 4 つが挙げられます。

1. 衝突回避 (中距離から長距離、中程度の視野角 (FOV)): 車載用途の場合と同様に、ドローンは樹木、送電線、ビルなどの障害物の間を比較的高速で移動することがあります。これらの障害物を検出して回避することは、ドローン自体の安全性にとってだけでなく、ドローンの周囲または下にいる人や財産を保護するうえでも重要です。
2. 高度計 (短距離から中距離、狭い FOV): 周囲の状況を認識して安全に運用するためには、ドローンは周囲だけでなく下方も確認して、地面や他の障害物からの高度を判別できる必要があります。また着陸の際には、高度と同様に、ドローン下方の地表がどのような状態かも重要です。水中に着陸すれば機体の損失につながる可能性もあります。レーダーは距離の判別と表面の分類に非常に適しており、それらの情報をカメラ情報と組み合わせ、オプティカル フローと呼ばれる手法を適用することで、マッピングや速度の推定にも活用できます。さらに、これらの技術は電波妨害下での航行に使用できます。
3. 近接検出 (短距離、広い FOV): 防衛用途では、他のドローンや兵器の迎撃にドローンを使用するケースが増えてきています。ドローンのターゲットまでの誘導にレーダーを使用することはできますが、小さなドローンを別のドローンに命中させることは非常に困難です。迎撃の成功率を高めるために、レーダーを使用して、ターゲットがペイロードの起動に適した距離まで接近しているかどうかを判定できます。

English Document: SDAA581

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4. 対 UAS (最長距離): 低コストであるドローンの数は急激に増加しており、軍隊や基地の防衛においては、単一のドローンやドローンの群れを検出することが不可欠です。従来の防衛レーダーは、数百万ドルもの費用がかかるうえ、規模が比較的大きく、分散した小規模部隊の保護に使用するのは現実的ではありません。ミリ波レーダーを活用することで、より安価な車載型や携帯型の検出システムを構築できます。

4 アンテナ タイプ

最新の半導体プロセス テクノロジーを使用することで、単一の集積回路 (IC) またはチップに、低ノイズ アンプ (LNA)、パワー アンプ (PA)、ミキサ、局部発振器 (LO)、データ コンバータ、マイクロプロセッサ / デジタル信号プロセッサなどのミリ波レーダー システムを実装できるようになっています。これらのデバイスは、それぞれに異なる利点を持つさまざまな種類のアンテナと組み合わせることができます。

1. パッチ アンテナ。プリント基板 (PCB) 上に実装可能で、低コストと優れた性能 / 検知範囲を実現します。
2. 導波管アンテナ。IC がパッケージの底面を経由して電磁波を導波管に送信するもので、LOP (Launch-on-Package: 立体配置パッケージ) と呼称されます。これにより、小型化と優れた性能 / 検知範囲を実現できます。同一の PCB に異なる LOP アンテナを使用することで、システム レベルで求められるさまざまな要件に対応できます。
3. 最新のパッケージング テクノロジーにより、アンテナ オン パッケージ (AOP) と呼称される、IC パッケージへのレーダー アンテナ全体の統合も行えます。AOP によりサイズとコストを最小化できますが、短距離での運用を対象としています。

5 まとめ

テキサス インスツルメンツは、これらのさまざまな用途やアンテナの組み合わせを対象としたデバイスを提供しています。例:

	衝突回避	高度計	近接検出	カウンター UAS
レーダー チップ	AWR2944P	AWR2944P	IWRL6432AOP	AWR2188
アンテナ タイプ	パッチまたは導波管	パッチまたは導波管	アンテナ オン パッケージ	導波管
プロセッサ / DSP	統合	統合	統合	TDA4VEN-Q1
パワー マネージメント	LP87745-Q1	LP87745-Q1	TPS650365-Q1	LP87725-Q1

ミリ波レーダー EVM モジュールを使用した、TI によるテストの例を以下に示します。

- 衝突回避:ドローンの障害物検出
- 高度計:ドローン用高度計 xWRL6432AOP ユーザー ガイド

TI の包括的なミリ波レーダー製品ラインアップの詳細については、こちらをご覧ください。ミリ波レーダー センサ | TI.com

ドローンに求められる要件や用途は進化し続けており、小型、軽量、低消費電力、高性能、低コストという特長を兼ね備えたミリ波レーダーの利用は、今後拡大する見込みです。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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 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