4D点群データ、車載イノベーションをフルスロットルで加速

ジェウン・リー

4Dイメージングレーダーを他のレーダーセンサやカメラと組み合わせることにより、複数の物体の動きをリアルタイムに追跡および予測するための高解像度の空間データと精密な速度測定値が得られる。

自動車業界は新たな課題に直面している。もはや求められているのは、自動運転が正しく機能することを実証することではなく、あらゆる路上とあらゆる天候条件下における安全性、拡張性、信頼性を確保することである。自動車は今、交通量の多い都市部の交差点、高速道路、人間のドライバーと自動運転システムの両方で形作られる予測不可能な環境など、ますます複雑な状況に対応しなければならない。この現実の中で、自動車の知覚システムの洗練性が、車両の安全性と性能を左右する。

この進化の中心にあるのが、高解像度点群データを利用する4次元（4D）イメージングレーダーである。しかし、4D点群データとは一体何だろうか。なぜこれが、次世代モビリティに不可欠なものになりつつあるのだろうか。

3D空間データに高度を追加する4Dイメージングレーダー

距離と速度の測定値を確実に提供してきた従来のレーダーとは異なり、4Dイメージングレーダーは、経時に伴う物体の速度を捉えると同時に、垂直分解能（高度）を加えて、はるかに多くの3次元（3D）空間データ点の集合を生成する。この追加の次元によって車両は、周囲の物体が完全な3次元空間の中でどのように動いているかを、より明確に把握することができる。

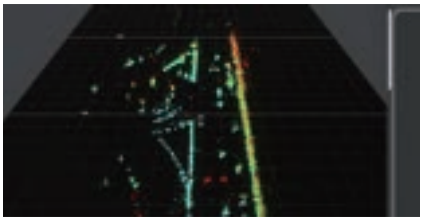

図1　高解像度点群データを利用する4Dイメージングレーダーは、周辺環境をリアルタイムに認識して予測する車両の能力を高めることにより、自動車の安全性と自律性に革新をもたらしている

従来のレーダーは、特に高度情報がないために、近くにある物体を区別するのが難しかったが、4Dイメージングレーダーは、運転環境のはるかに明確な全体像を示す。高さの異なる物体を区別するだけでなく、それらの物体が何であるかを分類する。この詳細な空間センシングは、車外の周辺環境だけでなく、車内に配置されたレーダーによって車内にも適用され、搭乗者やバイタルサインのモニタリングや、幼児置き去り検知（Child Presence Detection：CPD）などの安全機能に活用される。

4Dイメージングレーダーは、大量の空間データ点を高度と動きとともに取得することにより（**図1**）、物体が車両、歩行者、建物、信号柱、あるいはその他の道路脇の構造物であるかを識別し、潜在的な障害物であるかどうかを判断することができる。例えば、車両が道路標識や歩道橋などの構造物の下を安全に通過できるか、それとも停止しなければならないかを認識することができる。状況認識を強化することで、車両は、複雑な実世界の環境の中をより適切に走行し、より良い情報に基づいた安全な判断を下すことができる。

点群の数が多いほど、より密度の高いオブジェクトマッピングが可能になり、車両は周辺環境をより明確に把握できるようになる。今日の多くの4Dイメージングレーダーは、フレームあたり約2000個の点群を生成する。韓国ビットセンシング社（bitsensing）のシステムも、2000個を超える点群を生成することにより、さまざまな状況において信頼性の高い検出と追跡を行うことができる。

この進歩は、さらにスマートで予測的な安全機能に対する需要の高まりに直接応えるものである。自動緊急ブレーキ（Automatic Emergency Braking：AEB）はその1例である。追突事故を防ぐためのシステムとして始まったAEBは、複雑な都市部の環境に対応し、歩行者や自転車などの交通弱者をモニタリングし、瞬時の判断を下すまでに進化している。

従来のAEBシステムは一般的に、カメラと従来型のレーダーを利用するが、この構成では、距離と速度は提供されるが高度情報がないため、オクル

ージョン、厳しい光環境、悪天候といった困難な条件下での物体検出と分類ができない可能性がある。4Dイメージングレーダーを他のレーダーセンサやカメラと組み合わせることにより、知覚システムが強化されて複数の物体のリアルタイムな動きを追跡および予測するための高解像度の空間データと精密な速度測定値が得られる。

世界各地の規制が、この移行を加速させている。Euro NCAP（European New Car Assessment Program）は、試験を拡大し、対向車線を横切る右左折や、死角からの自転車の飛び出しなどの複雑な状況を追加した。Euro NCAPは2026年までにさらに基準を厳しくして、4Dイメージングレーダーのような高解像度で全天候型のセンシング技術を、最高レベルの安全性能評価の獲得に必須とする予定である。また、米国高速道路交通安全局（National Highway Traffic Safety Administration：NHTSA）も、すべての新車にAEBと歩行者検知を義務付けるなど、要件の強化を推進している。

それと同時に、ソフトウエア定義型車両（Software-Defined Vehicle：SDV）では、従来のアーキテクチュアに代わって、OTA（Over The Air）アップデートによって継続的に進化する集中型コンピューティングプラットフォームが採用されている。この移行には、初日から確実に動作するだけでなく、ソフトウエア駆動の継続的な機能拡張もサポートする、レーダーのような知覚ハードウエアが必要である。4Dイメージングレーダーは、このような未来を目指して開発されており、適応型のアルゴリズムと機械学習に基づく分類能力を、運転条件、規制、ユーザーニーズの進化に合わせて、時間とともに改良していくことができる。

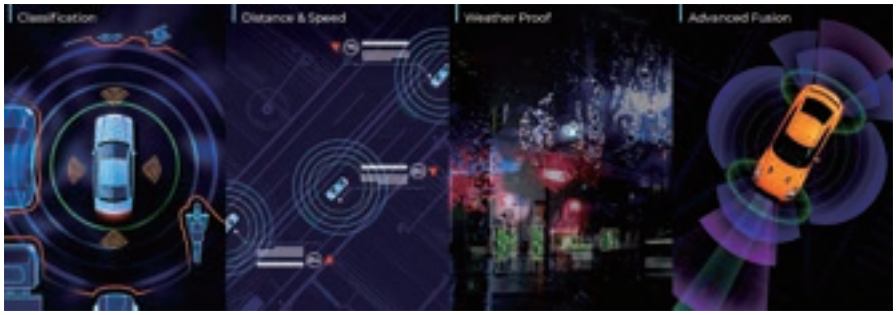

図2　4Dイメージングレーダーを他のカメラやLiDARレーダーと組み合わせることで、より高い精度で物体を識別することが可能となり、あらゆる天候条件下での障害物検出が改善されるとともに、自動緊急ブレーキのような、さらにスマートな運転支援機能が可能となる

センサフュージョン

欧米市場、特に高級車メーカー（OEM）の間では、より先進的な自動運転機能と最高レベルの安全性能評価を可能にする、高性能な4Dイメージングレーダーを採用する動きが広がっている。一方、中国を含むアジア諸国では、既存のカメラベースのシステムを補完し、費用対効果を維持しつつ、悪天候や視界の悪い状況下での信頼性を高めることを目的とした、エントリーレベルの4Dイメージングレーダーに対する需要が高まっている。

自動車に、レーダー、カメラ、LiDAR（light detection and ranging：光による検知と測距）を融合するセンサフュージョンが採用され、超音波システムが連携して、統合された環境ビューを作成するようになるにつれて、4Dイメージングレーダーは重要な役割を担うことになる（**図2**）。カメラは、間接的に速度を推定し、低光量下では性能を発揮できない場合がある。LiDARは、位置は測定するが、速度はフレーム間で計算する必要がある。4Dイメージングレーダーはこれらとは異なり、ドップラー処理によってリアルタイムに、位置と速度の両方を直接測定する。これにより、複数の移動物体を高い精度で追跡し、速度調整、車線変更、衝突防止などの介入を、よりスムーズに早期に行うことができる。

車載レーダー市場の世界規模は、2030年までに200億ドルを超えると予想されており、その成長の大部分を牽引するのは、4Dイメージングレーダーである。大手自動車メーカーは、4Dレーダーがもはや単なる競争上の優位性ではなく、進化する安全基準や顧客の期待に応えるために不可欠なものであることを認識して、4Dレーダーを標準装備またはプレミアム装備する車両を発売している。

先進的な4Dイメージングレーダーソリューションは、高度な垂直分解能とマイクロドップラー機能によって高解像度の点群データを生成することにより、物体を分類し、動きのパターンを追跡し、事故が発生する前にリスクを予測する能力を車両に与える。

自動車業界が、完全自動運転に向けて急速に進行し、規制、都市化、消費者の期待によって、さらに高いレベルの安全性が求められる中、4Dイメージングレーダーは、車両の知覚能力の中核的な柱になりつつある。今後は検知だけでなく、予測することも必要となる。

著者紹介
ジェウン・リー（Jae-Eun Lee）は、韓国を拠点とするイメージングレーダー技術の新興企業であるビットセンシング社（bitsensing）の最高経営責任者（CEO）。

VSDJ