

多様なアプリケーションの基盤として広がる「3Dセンシング」 —AIとの融合による進化とエンタメや自動運転での進展—

技術・イノベーション情報部 コンシューマーイノベーション室 辻 理絵子

3Dセンシングとは

3Dセンシングとは、センサーや情報処理技術を用いて、人間が認識するのと同様に、モノや空間を、縦・横・奥行きで三次元で捉える技術のことである。古くは、軍事利用などで発展してきたが、近年、自動運転への活用を見据えた投資や、XRでの活用、AI技術との融合により、精度向上、価格低下、機器の簡便化などが進み、身近なものになってきた。今後はさらなる用途の広がりも予測される3Dセンシング技術を解説する。

(1) LiDARとフォトグラメトリの仕組み

センシングの手法は、大別して接触型と非接触型に分けられる。対象物に直接接触する必要のない非接触型には、音波を使うソナー、電波を使うレーダーなどがあるが、本稿では、近年コスト低減によって身近なものとなった、LiDARならびにカメラを用いるフォトグラメトリについて取り上げる（図表1）。

図表1 各センシング方式（非接触型）

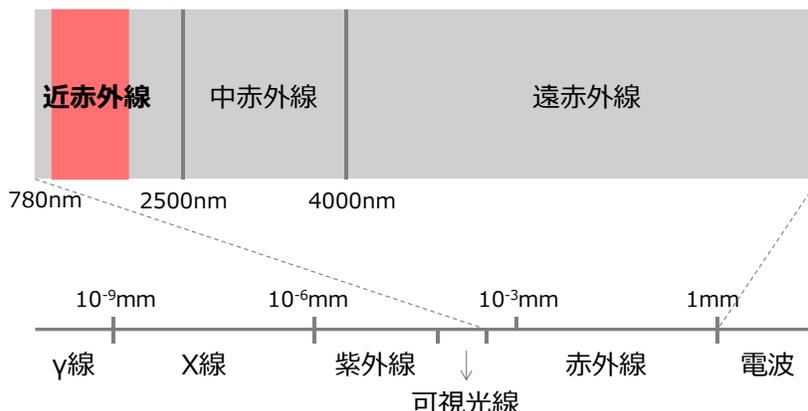
| | ソナー | レーダー | LiDAR | フォトグラメトリ |
|-----|--------------|--------------|-------------------|---------------------------------|
| 媒体 | 音波 | 電波 | 可視光線、近赤外線、紫外線など | 光 (カメラ) |
| 範囲 | 数メートル～数千メートル | 数百キロメートル | 数メートル～数百メートル程度 | 撮影可能な範囲 |
| 精度 | 数センチメートル程度～ | 数ミリメートル程度～ | 数ナノメートル～数センチメートル | 対象物に近寄れば数ミリメートル |
| コスト | — | — | 数万～数千万円 | カメラ代金と、処理ソフトは無料のものから数十万円程度のものまで |
| 備考 | 主に水中で活用される | 雨の日は電波が飛びにくい | 霧など細かい粒子の影響を受けやすい | カメラの枚数や画角が精度に影響する 暗所では使いにくい |

出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

LiDARとは、Light Detection And Rangingの略称で、紫外線、赤外線などのレーザー光を活用して点群データなどで再現する技術である（主に905～1550nmの近赤外線が多い）（図表2）。代表的なToF方式（Time of Flight）では、対象物にレーザー光を照射しその反射光をセンサーで計測、光が返るまでの時間から、対象物との距離や対象物の形などを計測する（図表3）。電波に比べて光束密度が高く、短い波長のレーザー光を利用するため、レーダーより高い精度で位置や形状などを検出できる。LiDARは、1960年代に技術が提案されてから、飛行機に搭載し地形の調査を行う航空測量や、数十マイクロンの精度が求められるタービンの外観検査など、幅広い分野で活用されてきた。近年は、その高い精度から自動運転への活用可能性が見いだされ、研究開発が加速している。

図表2 LiDARで使う波長

LiDARで使われやすい波
905nm 1550nm



出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

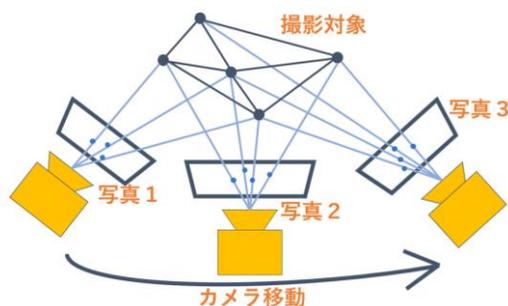
図表3 LiDARの仕組み (ToF方式)



出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

一方、フォトグラメトリは、複数枚の写真をコンピュータで解析し、3Dモデルを生成する技術のことで写真測量法とも呼ばれる。対象物を多数の異なるアングルから撮影し、その後撮影した写真から対象物の特徴点を計算、それらをひも付けて撮影位置や距離、角度の差分を計算して空間座標に落とし込み、3D点群データを作成、最後に、その表面に写真画像をはめ込み3Dモデルを生成する(図表4)。過程は複雑だが、米Epic GamesのRealityCaptureや露AgisoftのMetashapeなど、それらの数学的処理を行う専用ソフトが市販されており、一般ユーザーでもカメラとソフトを用意するだけで比較的簡単に始められる。こちらも、測量や地形調査、建物や文化遺産の復元の資料、またVRで再現する3Dモデルの生成やゲーム制作などに活用されている。

図表4 フォトグラメトリの撮影と計算イメージ



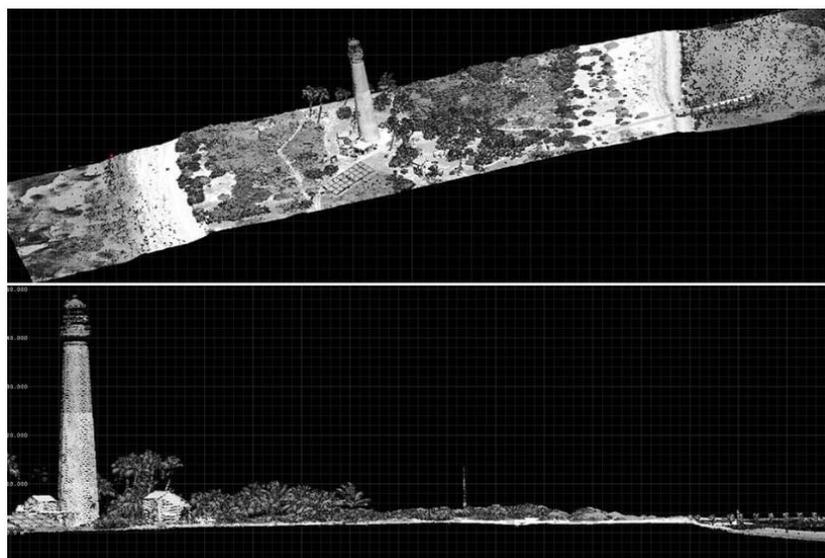
出所：3D+ONE <https://3dplusone.jp/photogrammetry/about-2/>
(2024年1月9日閲覧)

(2) LiDAR技術の適正と課題

LiDARの利点は、短時間で広範囲の3Dモデル（図表5）を作成できる点だ。欠点としては、構成部品が多く機器が高額になりやすい点、小型化がしにくい点が挙げられる。実際、ナノオーダーの精度が必要な産業用のLiDARは、1台で数千万円するものもある。しかしながら民生用途や自動運転用途では、LiDARのメカ部（機械式の可動部分で、レーザー光を動かし対象物にビームを照射する機構）を省き、イメージセンサを搭載することによって、必要な精度を確保しつつ、数万～十数万円程度までの低価格化やミリメートル～センチメートルまでの小型化が実現できるようになった（図表6）。これには、既存のLiDARメーカーだけでなく、大量生産による低コスト化を得意とする半導体メーカーも貢献している。そのほかの欠点としては、物質の材質や質感を表すテクスチャを再現するのが困難なこと、極端に小さい対象物のスキャンに向かないこと、雨や霧など天候の影響を受けやすいことなどが挙げられる。

今後の課題としては、イメージセンサの速度改善による奥行精度の改善や、さらなる低コスト化が挙げられる。これには、レーダーの位相を制御してビームの方向や形を自由に変えることのできるPhased Arrayの活用などが検討されている。

図表5 LiDARを搭載した航空測量機によって取得されたフロリダにある灯台周辺のデータ



出所：What is lidar?, National Ocean Service <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>
(2024年1月9日閲覧)

図表6 Ouster社のLiDAR製品（OS2）



出所：DATASPEED
<https://www.dataspeedinc.com/product/ouster-os2-lidar/> (2024年1月9日閲覧)

(3) フォトグラメトリ技術の適正と課題

フォトグラメトリの利点は手軽さだ。前述のように、カメラとソフトだけで始められるため、3Dモデル作成の過程に柔軟性がある。また、3Dモデルの表面に写真画像をはめ込むため、LiDARが不得意とする対象物表面のテクスチャを正確に再現することも得意だ。

注意したいのは、精度が写真に依存する点だ。精度の高い3Dモデルを生成するには、高精細、かつさまざまなアングルで多くの枚数の写真を用意せねばならない。そのため、撮影に時間がかかり、リアルタイムで変化する対象には向かない。ほかにも、写真に写っていない部分は正確に再現できないこと、ガラスや鏡面の処理が苦手なことも要注意だ。

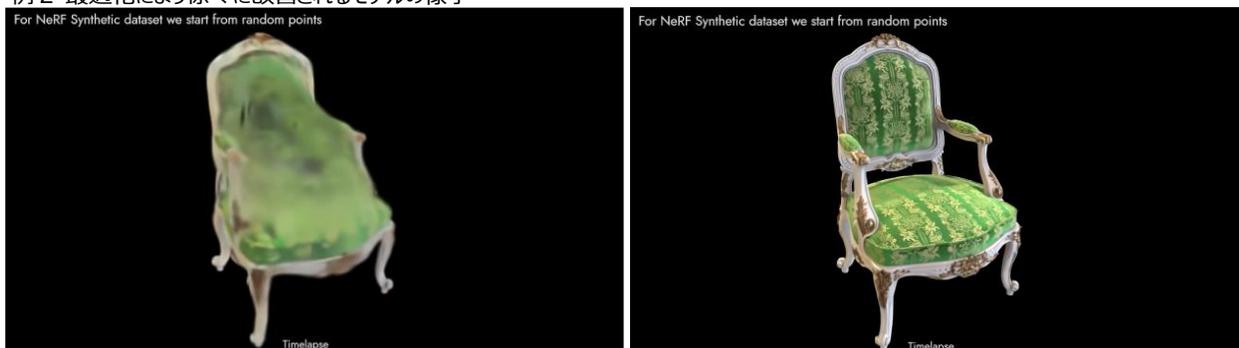
しかし、この点は近年AIと組み合わせた手法が提案されており、改善の可能性を見せている。NeRFや3Dガウシアン・スプラッティングといわれる手法だ。NeRFは、2020年に提案された手法で、大量の写真からAIを使って、それぞれの点の座標情報とカメラの角度、光の輝度を計算しモデル化する仕組みである。一度処理が済めばカメラの角度を変えてもきれいに処理できるもので、米NVIDIAが、より高速化したInstant NeRFを2022年に発表したことでも注目された。ただし、すべての点で計算・表示するため計算量が多くなり処理に時間がかかるという欠点がある。そこで2023年に登場したのが、3Dガウシアン・スプラッティングで（図表7、8）、従来から3DCGで使われている三角形（ポリゴン）の代わりに、楕円形であらわすガウス関数を使うのが特徴だ。NeRFと比べるとモデルの厳密性はないが、立体を再現度高く表示で

図表7 3Dガウシアン・スプラッティングによるモデル生成の様子

例1 左が最終モデル、右がガウシアンを張る様子



例2 最適化により徐々に改善されるモデルの様子



出所：3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering, Inria/ GraphDeco GraphDeco Inria Research Group YouTube https://www.youtube.com/watch?v=T_kXY43VZnk（2024年1月9日閲覧）

図表8 3Dガウシアン・スプラッティングによりモデル化されたオブジェクト



出所：Luma AIを用いて三井物産戦略研究所作成（画像をクリックすると動画が流れます）

き、処理が速いという特徴がある。この手法は大変注目を集めているものの、現状ビジネスの場面で使われているツールがポリゴンを基本としているため、その置き換えに時間がかかるとみられる。

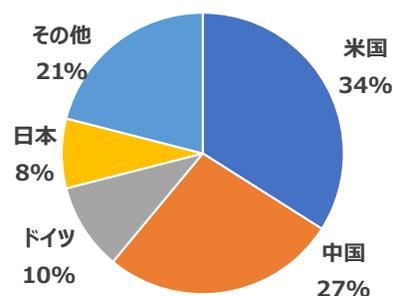
そのほかにも、写真を利用した3Dセンシング技術には、光の投影の角度を変えて撮影した写真を解析するフォトメトリックステレオもある。こちらも近年精度の著しい改善がみられ、十数枚程度の写真で再現度の高い3Dモデル構築が可能となっている。

有望な活用分野

(1) 市場とプレイヤー

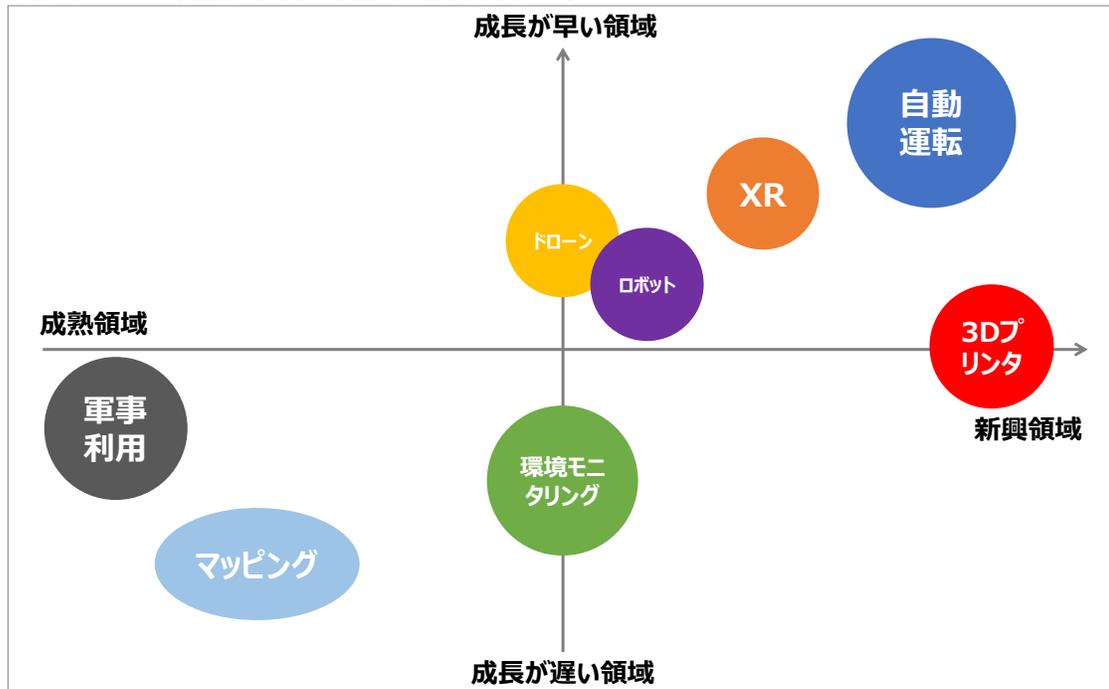
自動運転分野での活用もあり、LiDAR市場は2022年の19億ドルから2030年には79億4,000万ドルに達するとの予想である。プレイヤーは非常に多いが、業界再編も進んでいる。1983年創業のオーディオ開発・製造のVelodyne Acousticsを起源にもつ米Velodyne Lidarは、2007年に量販モデルを製品化するなど、この分野のパイオニアであり、2020年7月にLiDAR開発専門企業としては初の上場（米ナスダック）を果たしたが、2023年2月に米Ousterとの合併を発表した。これにより、販売チャンネルの拡大による市場浸透の加速や営業コストの削減（年間7,500万ドル以上）などが見込まれるとしている。ほかには、米Luminar Technologiesや、近年勢いを増す中国では、理想汽車の電気自動車などにLiDARを納入するHesai Technologyも注目しておくべきだ。国内では、東芝やパナソニック、デンソーなどが有力なプレイヤーとなっている（図表9）。LiDARの主なアプリケーションの成長状況のイメージを図表10に記す。

図表9 LiDARプレイヤーの国別割合



出所：Lidar 2023-2033: Technologies, Players, Markets & Forecasts (IDTechEx) から三井物産戦略研究所作成

図表10 LiDARの主なアプリケーションの成長状況イメージ



出所： Lidar 2023-2033: Technologies, Players, Markets & Forecasts (IDTechEx) から三井物産戦略研究所作成

フォトグラメトリのソフトウェア市場は、2020年の4億3,000万ドルから2027年にかけて年平均成長率14.7%の伸びが予測されている。ゲームなど一般用途の主なプレイヤーとしては、前述のEpic Games、Agisoftが2強だが、アプリに特化した企業では、例えば、写真測量の分野では、米Autodesk、スウェーデンのHexagon、スイスのPix4Dなどがある。Pix4Dの製品は、日本では国土交通省が公共工事にかかる新技術活用のために整備するデータベースシステムに登録され、これら企業による3Dのモデル作成ツールは、国土交通省の公共工事にかかる新技術活用のためのデータベースシステムに登録され、施行業者が同ツールを利用していることが入札の際の評価対象となるなど、浸透してきている。

(2) 将来活用が見込まれる分野

3Dセンシングは、前述のように、従来、地形の測量や、製品の外観検査、文化遺産の保全等に使われてきた技術だが、近年は、自動運転、物流倉庫で用いられるピッキングロボット、ゲーム・AR、エンターテインメント分野などでの活用に広がりつつある。自動運転では、レベル3（条件付き運転自動化）以上の基準をクリアするにはLiDARの搭載がほぼ不可欠ともいわれる。エンタメでは、映像制作での活用が期待されている。バーチャルプロダクションとは、現実の被写体とスクリーンに映し出した仮想の背景を一緒に撮影する手法であるが、これに特化したスタジオは世界中で増加しており、その背景作成を中心にLiDARやフォトグラメトリ技術が活用されている。実際の建物では現場が狭くて撮影機材が入らない、壁などが撮影したい構図を邪魔するなどの問題が発生するが、CG化すればそれらの制約はなくなり自由な映像制作が可能になる。また、イベント等でのライブ配信においても、リアルタイムに背景映像を描写・変更可能な点

を生かして、3DCG背景が使われ始めている。

民生用途では、一部の高級機に限定されるものの、MR/ARヘッドマウントディスプレイやスマートフォンへのLiDARの搭載が始まっている。MR/ARヘッドマウントでは周囲の環境情報の把握に活用され、スマホでは、旅行先の風景の3Dでの保存や、ゴルフでの飛距離の測定などへの活用がみられる。

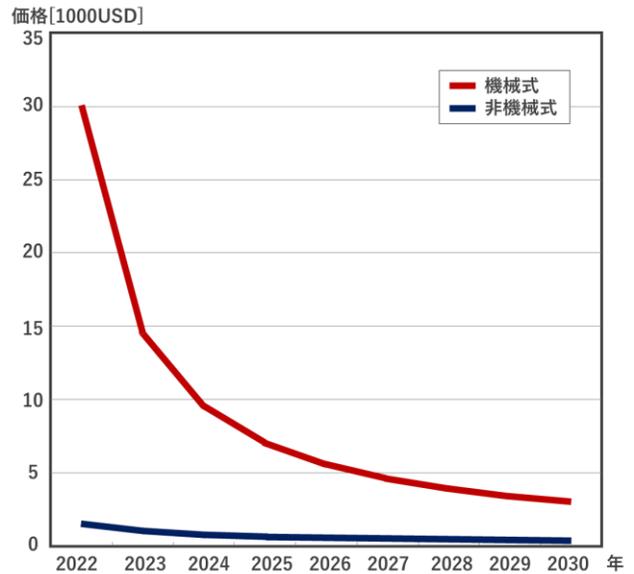
今後の展望

自動運転に活用できるレベルのLiDARは、現在、その製造コストだけでも1つ当たり数百ドル、完全な製品レベルではそれ以上するといわれるが、予測では、今後数年で100ドルレベルまで下がる見通しであり（図表11）、さらに多くの自動運転車への搭載が期待される。

実際、上述のLuminar Technologiesは、乗用車とトラックメーカー6社にセンサーを提供する契約を締結済みで、今後数年で数百万台に同社の技術が搭載される見込みだ。自動運転車市場の拡大の影響で量産化が進み、さらに製品価格が100ドル以下程度に低下すれば、他分野への波及も期待される。

例えば、民生分野では、現在は一部のスマホにしか搭載されていないLiDARの、廉価版スマホへの搭載が進むことが考えられる。誰でも3Dモデルを作ったり活用したりすることが可能になり、写真に取って代わるような世界がやってくると考えても不思議はない。3Dセンシングが汎用技術としてさまざまな場面で使われる未来はすぐそこに来ている。

図表11 LiDARの価格予想



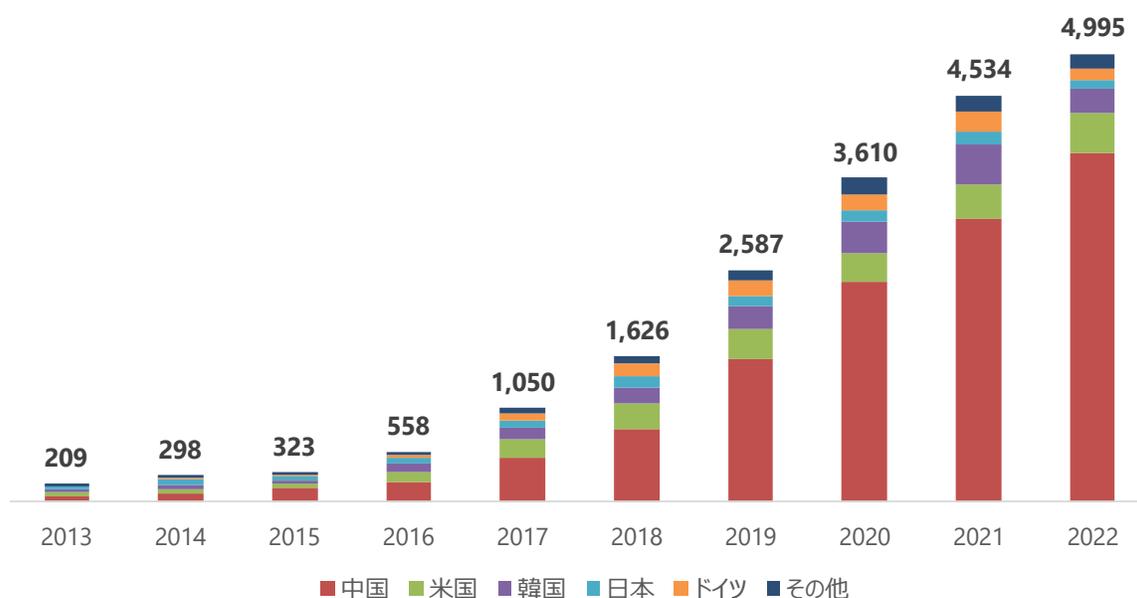
出所：Lidar 2023-2033: Technologies, Players, Markets & Forecasts (IDTechEx) から三井物産戦略研究所作成

「3Dセンシング」に関する知財レポート

技術・イノベーション情報部 知的財産室 松浦 由依

本稿では、『2024年に注目すべき技術』で取り上げた「3Dセンシング」に関する特許出願の国際動向を調査・分析し、レポートする。すべての調査・分析はPatSnap社が提供するグローバル特許検索・分析ツールであるPatSnap Analyticsおよび各種技術情報検索ツールであるPatSnap Discoveryを利用して実施した。各種データの取得日は2023年12月1日である。

図表：3Dセンシングに関する特許出願の件数推移



出所：PatSnap Analyticsのデータから三井物産戦略研究所作成

特許出願の年次トレンド

3Dセンシングに関する特許出願件数は増加傾向にあり、特に2016年には前年比73%増、2017年には前年比88%増という顕著な成長を記録している。2013年から2022年の期間における年平均成長率（CAGR）は42%であり成長率が高い技術分野といえる。

地域別では、中国からの特許出願件数が全体の66%を占め、CAGRも60%と、この技術分野の成長に大きな影響を与えている。しかし、中国からの特許出願のうち中国以外の国にも出願される比率は9%であり、ほとんどが中国国内のみでの保護を求めている。参考までに、米国からの特許出願のうち米国以外の国にも出願される比率は62%である。この比率は、その国の技術が国外でどれだけ保護を求められているかを示す指標であり、その国のイノベーションが国際市場においてどれだけ影響力を持つかを反映している。

出願人の属性をみると、中国では企業と学術機関の特許出願件数比率は3:2であり、学術機関の研究開発

が特許出願に結びついていることがうかがえる。同様の傾向は韓国でもみられる。米国では企業と学術機関の特許出願件数比率は18:1であり、企業による特許出願が圧倒的である。同様の傾向は日本、ドイツでもみられる。

技術的焦点

2019年以降の特許出願データから技術的焦点について分析する。

3Dセンシングに関する特許出願のなかでLiDARに関連する特許出願が全体の49%を占めており、LiDARが重要な位置にいたることがわかる。3Dセンシングの活用分野としては自動運転車、セキュリティ、ヘルスケア、エンターテインメント、ロボティクス、スマートシティなどさまざまな分野がみられ、3Dセンシングが持つ広範な活用可能性が確認できる。

自動運転車：環境の3Dマッピング、障害物検出、車両の安全なナビゲーションに対する高度なセンサーシステムが含まれる。これらのシステムを改善するための新しい方法や装置が出願されている。

セキュリティ：動きの検出、顔認識、異常行動の識別などが含まれる。公共の安全や個人のプライバシー保護に寄与するなど、セキュリティと監視システムにおいて重要な役割を果たしている。

ヘルスケア：患者の運動パターンの分析、手術支援、リハビリテーションのためのモニタリングシステムなどに利用され、より効果的な診断と治療が可能となる。

エンターテインメント：没入型ゲームやインタラクティブなエンターテインメントのために利用され、リアルタイムのユーザインタラクションや拡張現実（AR）、仮想現実（VR）体験が可能となる。

ロボティクス：オブジェクト検出、ナビゲーション、精密作業の実行などに利用され、製造プロセスの効率化や安全性の向上が期待される。

スマートシティ：都市計画、交通管理、インフラの保守といったアプリケーションに応用され、都市の効率性、持続可能性、安全性向上を課題とする。

代表的な特許出願人

1. Robert Bosch（ドイツ）：自動運転技術、異なる環境下でのセンサーの性能向上に注力。
2. Waymo（米国）：自動運転技術、機械学習とアルゴリズムに焦点。
3. Hyundai Mobis（韓国）：自動運転技術、先進的な運転支援システム（ADAS）に関連。



「2024年に注目すべき技術」（フルレポート）はこちら

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社および三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社および三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。