

2025年度

「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期／スマートモビリティプラットフォームの構築／小型PCSEL-LiDAR技術を活用した生活ゾーン・賑わいのある道路空間の実態を把握するインフラ・車載センサシステムの研究開発」

成果報告書

2026年3月

国立大学法人 金沢大学
国立大学法人 京都大学
(再委託先 北陽電機株式会社)

目次

1.	緒言	3
1.1	研究開発の背景および目的	3
1.2	実施体制および研究開発の工程表	4
1.3	研究開発目標	5
2.	PCSEL-LIDAR システムの開発	8
2.1	はじめに	8
2.2	STEP1：PCSEL-LiDAR の開発	8
2.3	STEP2：オールチップ PCSEL-LiDAR (POC 仕様) の開発	16
2.4	PCSEL-LiDAR の達成度	21
3.	認識技術の開発と実証実験の実施	22
3.1	LiDAR を用いた認識技術の開発	22
3.2	LiDAR を用いた実証実験の実施	32
4.	社会実装に向けた取組状況	43

1. 緒言

1.1 研究開発の背景および目的

近年、交通環境におけるインフラや、車両に様々なセンサを搭載して人流や交通流の把握を行う試みが多数行われている。例えば、インフラにセンサを設置することで、横断歩道等における歩行者の存在や人流監視、道路空間における車両の検知や交通流監視が可能となる。また車両にセンサを設置することで、車両周辺に存在する交通参加者の存在や行動が把握できるようになるため、安全な自動運転が実現できる。さらに近年では、経済産業省・国土交通省等が実施しているRoad to the L4プロジェクトのように、インフラと車載システムの連携によって道路交通をより安全に機能させるための試みも行われている。また、政府が推進するデジタル田園都市国家構想によれば2025年までに全国50か所、2027年までに全国100か所以上の地域での地域限定型の無人自動走行技術を活用した移動サービスの実現が政府目標として示されており、このようなインフラや車両に様々なセンサを搭載・連携させたセンシング・認識技術の開発の重要性がますます増大するものと考えられる。

現在このようなインフラ・車載センサとしては、LiDAR (Light Detection and Ranging)、ミリ波レーダ、カメラ等が用いられる。このうちカメラは、画像情報の解析によって人流や交通流を把握できる反面、映りこんだ顔等プライバシーの観点の懸念があり、特にインフラセンサとして設置した場合に課題となる。また、ミリ波レーダは他のセンサと比較すると悪環境下でのセンシング能力が高いものの、分解能の面で劣るため、人流や交通流を詳細に把握するには課題が残る。これらに比べ、LiDARを用いた場合、個人の顔の判別は困難であるためプライバシーの観点で優位性がある。またLiDARは、カメラやミリ波レーダと比べ距離分解能が高く、インフラ・車載センサとして特に有効であると考えられる。しかし、既存のLiDARでは品質の低い半導体レーザーを光源としているため、ビーム整形等に光学系が必要となり、小型化・低コスト化が難しいという課題がある。また、現状の高分解能LiDARのほとんどは海外メーカーによって開発されており、経済安全性保障の観点から大きな懸念が生じている。

LiDARの小型化・低コスト化が実現されれば、道路に設置されているカーブミラーや信号機等の交通インフラへの導入が容易になるため、多数のセンサを様々な場所に設置して人流や交通流の把握を高精度に行うことが可能となる。加えて、自動車への搭載も容易となることや、国産のLiDARシステムの開発が実現すれば上記の経済安全性保障の問題も解決されるため、自動車メーカーや関連するサプライヤーへの波及効果が多大となることが予想される。以上より、国産の小型・低コストLiDARシステムの開発には、大きな期待が寄せられている。

以上の背景を踏まえ、本研究開発においては、SIP第2期「光・量子を活用したSociety5.0実現化技術」等において京都大学が開発した高品質半導体レーザー光源であるフォトリソニック結晶レーザー (PCSEL) を用いて、インフラ・車載センサとして活用可能な小型・低コストな3次元LiDARシステムの開発を行う。また、SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」等において金沢大学等が開発した市街地を走行可能な自動運転システムやLiDARを用いた認識技術をベースとして、京都大学において開発する小型・低コストな3次元LiDARシステムをインフラセンサ、車載センサとして活用する実証実験を実施する。これらのLiDAR開発および実証実験においては、関連する官庁・メーカー等の意見を考慮しながら仕様の検討・改良を重ね、必要に応じてグローバル研究機関との学際的な連携も行う。以上により、最新の小型PCSEL-3次元LiDAR技術を活用したLiDARシステムを我が国独自の最先端計測技術として開発・実証

を行い、モビリティ分野を躍進させるLiDARを我が国から発信するとともに、それをモビリティ各社に提供するための、エコシステムを構築して社会実装することを目的とする。

1.2 実施体制および研究開発の工程表

本研究開発における実施体制を図 1.1 に示す。本研究開発は、①3 次元 PCSEL-LiDAR システムの開発と、②LiDAR を用いた認識技術の開発を実証実験の実施によって構成される。また、これらの実証実験の計画を図 1.2 に示す。SIP 第 2 期において開発した PCSEL-LiDAR と既存の LiDAR の、インフラセンサとしての精度検証を行いながら、レベル 4 相当の自動運転に向けた開発に着手する。各項目の概要を以下に示す。

① 3 次元 PCSEL-LiDAR システムの開発

本研究開発項目①では、これまで SIP2 期で開発して来た 2 次元の PCSEL-LiDAR システム（注：面内の一方方向にビーム走査を行いつつ、奥行き方向の距離測定を行うもので、面内 1 方向と奥行き 1 方向を併せて 2 次元 LiDAR システムと呼ぶ）の生活ゾーン・道路空間等の実環境での評価を行い、そのフィードバックを踏まえつつ、3 次元的に実態把握を行えるように、PCSEL を搭載した 3 次元 PCSEL-LiDAR システム（注：レーザー光を 2 次元面内に走査しつつ、障害物までの距離、すなわち奥行き方向の距離を測定するシステムで、面内の 2 方向と奥行きの 1 方向を合わせて 3 次元 LiDAR システムと呼ばれる）の開発に取り組む。3 次元 PCSEL-LiDAR の開発では、はじめに、インフラセンサや、車両近傍の死角となり得る視野の測距を行うために車両側面に設置する広 FOV・近距離の車載センサ等への応用を念頭において、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR システムの試作・開発を行う。さらに、将来的に小型化・低消費電力化が見込まれる非機械式のオールチップ PCSEL-LiDAR (POC 仕様) の試作・開発を行い、それが、典型的ベンチマークと同等以上の性能を将来的に実現可能である見通しを得ることを目指す。

② LiDAR を用いた認識技術の開発と実証実験の実施

本研究開発項目②では、研究開発項目①で開発した LiDAR をインフラに設置して人流計測や交通流の計測を行うほか、LiDAR を車両に搭載して交通参加者の挙動把握や自動運転を可能にするための認識アルゴリズムを開発する。具体的には、研究開発項目①で開発した機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR をインフラセンサとして用いた実証実験を実施し、交通流を高精度に計測可能であることを確認するとともに、同センサを車両側面に設置して、車両近傍の死角となり得る視野の測距を検証する。また、インフラに搭載したセンサや車載させた複数の LiDAR 等を統合的に扱う認識アルゴリズムを構築する。最終的には、複数の PCSEL-LiDAR を搭載したインフラセンサや車載センサを協調させた自動運転の実証実験を実施し、レベル 4 相当の自動運転が可能であることを示すとともに、自動車関連メーカーやインフラ機器メーカー、関係者等に対し試乗機会を提供することを目指す。

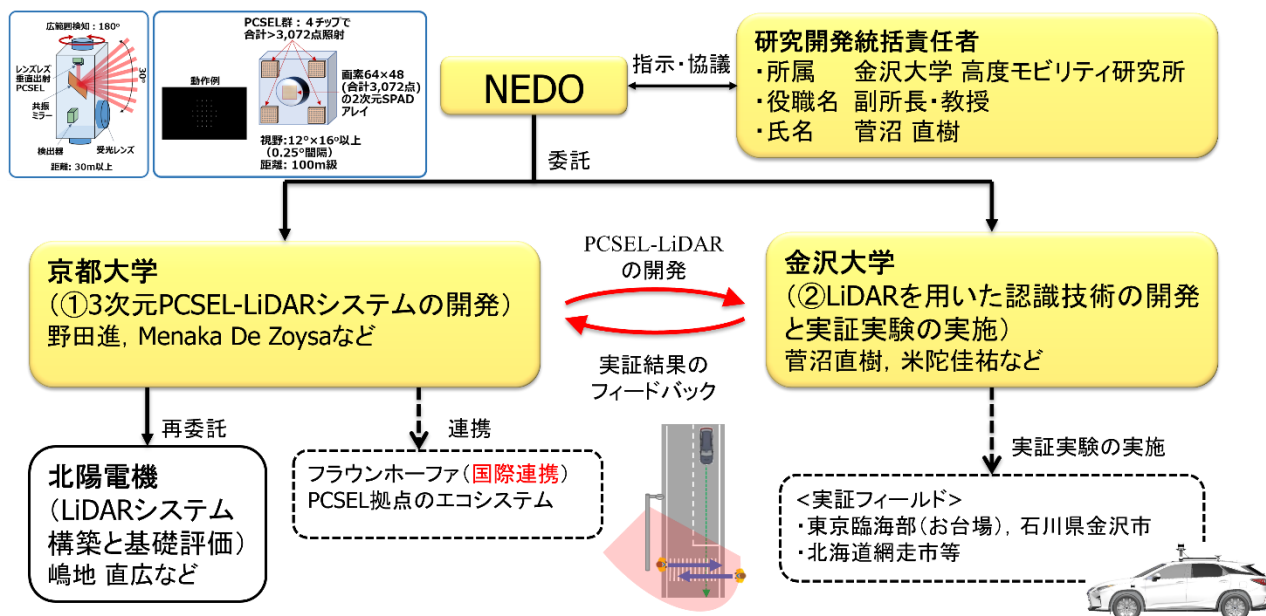


図 1.1 本研究開発における実施体制

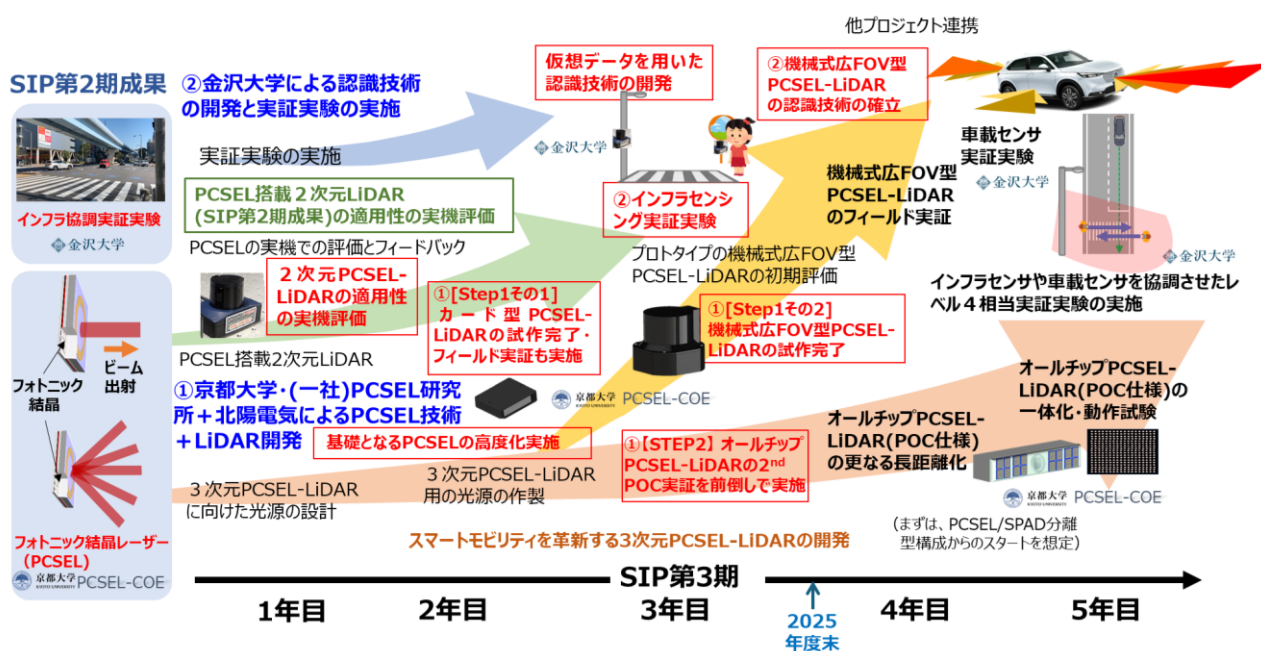


図 1.2 実証実験の計画

1.3 研究開発目標

(1) PCSEL-LiDAR システムの開発

（国立大学法人 京都大学および北陽電機株式会社（再委託先））

本研究開発項目①では、これまでSIP2期で開発して来た2次元のPCSEL-LiDARの実績を踏まえつつ、3次元的に実態把握を行えるように、PCSELを搭載した小型3次元LiDARの開発に、京都大学と北陽電機が中心となって取り組む。小型3次元PCSEL-LiDARの開発では、STEP1として、インフラセンサや広FOV・近距離の車載センサ等を念頭においた機械式広FOV型PCSEL-LiDARと、STEP2として、自動運転に向けた長

距離の測距の車載センサとして遠距離型のオールチップPCSEL-LiDAR(POC仕様)の開発を目指す。

具体的には、次の2つのステップで取り組む。STEP 1では、研究開発項目②のインフラセンサとして活用できるように、2025年度の間評価までに、30m以上の測距、回転による180°以上の広いFOV、0.6°以下の分解能を有する機械式広FOV型PCSEL-LiDARシステムの試作を目指す。さらに、中間評価までに試作した機械式広FOV型PCSEL-LiDARに対して、研究開発項目②の実環境で評価・フィードバックを得る。STEP2では、2027年度までの最終目標として、将来的に小型化・低消費電力化が見込まれるオールチップPCSEL-LiDAR(POC仕様)を実現することを目指す。具体的には、100m級の測距、10°×10°以上のFOV、0.25°以下の分解能を有するオールチップPCSEL-LiDARシステムのPOC実証を行うとともに、200-300mの測距が理論的に達成可能であること、および、オールチップPCSEL-LiDARの複数台の設置によるFOV増大(100°×25°以上)が原理的に可能であることを示すことで、典型的ベンチマークと同等以上の性能を将来的に実現可能である見通しを得ることを目指す。また、開発するPCSEL-LiDARのコストは、典型的なベンチマークとなるLiDARシステムの7割以下になるように開発を行っていく。

【中間目標】

- ・ 30m以上の測距、回転による180°以上の広いFOV、0.6°以下の分解能を有する機械式広FOV型PCSEL-LiDARシステムの試作

【最終目標】

- ・ 100m級の測距、10°×10°以上のFOV、0.25°以下の分解能を有するオールチップPCSEL-LiDARシステムのPOC実証
- ・ 200-300mの測距が理論的に達成可能であること、および、オールチップPCSEL-LiDARの複数台の設置によるFOV増大(100°×25°以上)が原理的に可能であることを示す

(2) 認識技術の開発と実証実験の実施

(国立大学法人 金沢大学)

A. 「LiDARを用いた認識技術の開発」

本研究開発項目では、研究開発項目①で開発したLiDARをインフラに設置して人流計測や交通流の計測を行うことや、車両に搭載した交通参加者の挙動把握や自動運転等を行うための認識アルゴリズムの開発を目的としている。LiDARのインフラセンサへの活用と、車載センサへの活用を想定した場合、計測を行う車両や歩行者の動きに加え自車の走行速度も加わるため、より遠方の認識が必要になる等高い性能の認識が必要となる。そこでA.「LiDARを用いた認識技術の開発」においては、車載センサへの適用を想定した目標値を設定する。例えば一般道の走行を想定すると、車速60km/hで走行する自動運転自動車が横断歩道を移動する歩行者や右折時の対向車を認識しながら、緩やかな減速度(0.1G)又は少し強めのブレーキ(0.2G)で安全に停止すると仮定すると、制動距離の観点から遠方では200m先の自動車、及び70m先の歩行者を検出することが必要である。本テーマでは上記の要件を満たす認識モデルを構築してPCSEL-LiDARの有効性を評価する。

また、広FOV向けプロトタイプLiDARが開発される2025年度までにインフラ設置を想定した屋外の仮設型のLiDARにて評価可能な環境を開発するため、小型演算装置で認識可能な近距離向けアルゴリズムの開発を中間目標として設定する。また、遠距離向けプロトタイプLiDARが開発される2027年度では近距離か

ら遠距離まで幅広く認識可能なアルゴリズムを車載向けに開発し、インフラ及び車載されたLiDARを連携させたアルゴリズムを構築する。

【中間目標】

- ・ 135m以内の自動車、50m以内の歩行者を小型演算装置で処理可能な認識アルゴリズムを構築

【最終目標】

- ・ 200m以内の自動車、70m以内の歩行者をリアルタイムに処理可能な認識アルゴリズムを開発。インフラに搭載したセンサや車載させた複数のLiDARを連携させて統合的に認識可能なアルゴリズムを構築

B. 「LiDARを用いた実証実験の実施」

本研究開発項目では、LiDARを用いた実証実験を行い、その結果を研究開発項目①で開発するLiDARの仕様や認識技術の課題共有へフィードバックすることで、PCSEL-LiDARの国際競争力を高めることを目的としている。B. 「LiDARを用いた実証実験の実施」では、開発したLiDARを用いた実証実験の実施と、実証実験の視察や試乗を受け入れ、開発成果を広く周知することを目標とした。

研究開発項目①は、SIP第3期の中間年度に当たる2025年度までに機械式広FOV型PCSEL-LiDAR、最終年度に当たる2027年度までに遠距離対応のオールチップPCSEL-LiDAR(POC仕様)を開発する計画である。このため、中間目標として機械式広FOV型を用いた実証実験の実施を設定した。また、最終的には遠距離型も含め複数の小型PCSEL-LiDARを連携させた自動運転の実証実験を実施し、レベル4相当の自動運転が可能であることを示すことを目標として設定した。

【中間目標】

- ・ 機械式広FOV型PCSEL-LiDARをインフラセンサとして用いた実証実験を実施し、交通流を高精度に計測可能であることを実証する。
- ・ 機械式広FOV型PCSEL-LiDARを車載センサの一部として利用する実証実験を開始する。
- ・ 自動車関連メーカー、インフラ機器メーカー、関係者等への視察機会の提供

【最終目標】

- ・ 複数の小型PCSEL-LiDARを搭載したインフラセンサや車載センサを連携させた自動運転の実証実験を実施し、レベル4相当の自動運転が可能であることを示す。
- ・ 自動車関連メーカー、インフラ機器メーカー、関係者等への試乗機会の提供

2. PCSEL-LiDAR システムの開発

2.1 はじめに

上述したように、本事業において、2つのステップ（STEP）を踏んで研究開発を進めている。STEP1では、見落としのない交通弱者も含むマイクロモビリティに関わるセンシングを目指して、図2.1.1(a)のような超小型のカード型PCSEL-LiDARのシステム開発を追加項目として、実施する。併せて、狭い道路を含む環境における、人流・交通流モニタリング・進入車両検知等を視野に入れた、図2.1.1(b)のような機械式広FOV型PCSEL-LiDARシステムの開発を行う。その上で、STEP2では、多点に同時にビームを照射可能なPCSELをLiDARの光源部に用い、電子的ビーム走査を用いたオールチップ化により大幅な小型化・低消費電力化・低コスト化を可能とする、図2.1.2のようなオールチップPCSEL-LiDARシステムのPOC実証を目指している。2つのSTEPを踏む理由は、後者のSTEP2のオールチップPCSEL-LiDARの実現には、その開発に4～5年程度を要するため、まず、STEP1として、実用に耐えうる、PCSELを活用した機械式広FOV型PCSEL-LiDARを3年目までに開発し、インフラセンサや、車の死角となる側面の近距離測距に活用することで、様々なフィードバックを得ながら社会実装を目指すことが重要であると考えたためである。つまり、本SIPが、社会実装を重視するプログラムであるがゆえ、まず、STEP1を経て、社会実装を目指す。その上で、STEP1で開発した機械式広FOV型PCSEL-LiDARに対するフィードバックを活用しつつ、並行して、STEP2として、小型・低消費電力・低コストな我が国発のオールチップPCSEL-LiDAR (POC仕様)のプロトタイプを、4～5年目までに完成させていく予定である。以下に、研究成果を報告する。

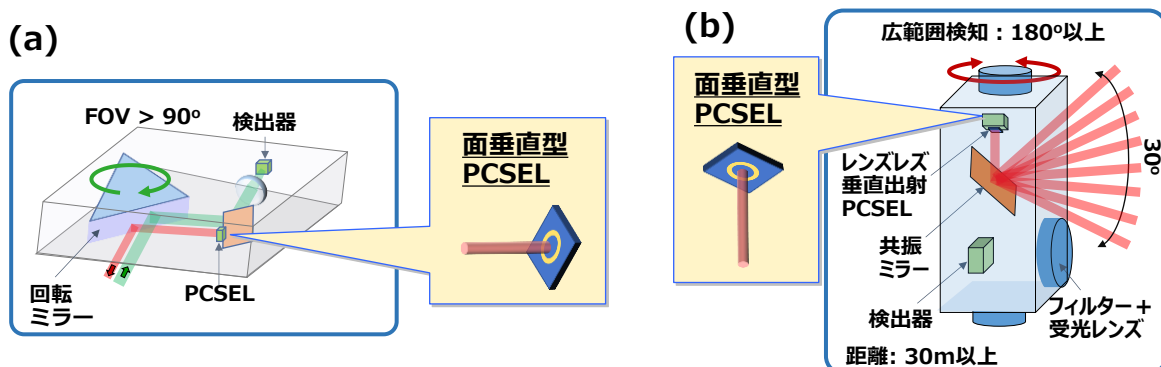


図2.1.1(a) : STEP1の超小型のカード型PCSEL-LiDAR（追加項目）。(b) : 機械式広FOV型PCSEL-LiDAR

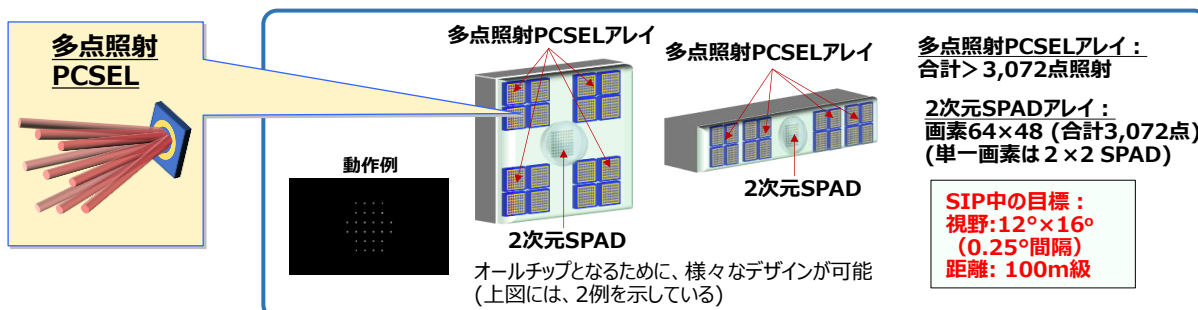


図2.1.2 : STEP 2 のオールチップPCSEL-LiDAR

2.2 STEP1 : PCSEL-LiDAR の開発

本項目では、図2.1.1(a), (b)に示すように、レンズフリーの垂直照射型PCSELから出射されるビーム

を回転ミラーや共振ミラー等で機械的に走査しつつ、反射光をアバランシェフォトダイオード (APD) で検知して測距を行う、超小型のカード型PCSEL-LiDAR (追加項目) および機械式広FOV型PCSEL-LiDARの実現を目指している。このような、レーザービームを機械的に走査するLiDARにおいては、光源から照射されるビームの広がり角により、照射点当たりの測距可能な最小のサイズが決まる。ただし、垂直方向の広がり角の狭いビーム (メインローブ) の外側に、強度の小さなビーム (サイドローブ) が同時に生じた場合には、本来測定を行う方向とは異なる方向に位置する (比較的近距離の) 障害物からもサイドローブによる反射が生じるため、分解能の低下につながり、検知が必要な物体を正確に認識できなくなる可能性がある。そこで、本開発においては、(A) サイドローブのない、理想的なガウスビームが出射可能になるように、面垂直照射型PCSEL光源の高度化を行った。さらに、(B) PCSELの特長である狭いスペクトル幅と小さな温度依存性を活かして太陽光 (背景光) の影響を大幅に抑制することの可能な、狭帯域バンドパスフィルターの設計・試作も併せて行った。さらに、(C) 高度化したPCSELおよび狭帯域バンドパスフィルターを導入したカード型PCSEL-LiDARの開発 (追加項目) も並行して実施し、開発したLiDARのフィールド実証等も実施した。それに加えて、(D) 上述の高度化したPCSELを導入した機械式広FOV型PCSEL-LiDARの仕様を確定し、試作をも行った。以下、項目 (A) ~ (D) に関しては、実施内容を具体的に説明する。なお、項目 (A) および (B) については、主に昨年度に実施したために、主な成果のみ記述する。

(A) 面垂直照射型PCSEL光源の高度化

本項目では、PCSELの照射ビーム形状を理想的なガウスビームに近づけることを目的として、フォトリソニック結晶共振器構造および電流注入分布の最適設計を行った。フォトリソニック結晶には二重格子構造を採用し、格子点形状による結合係数の調整とガウス分布状の電流注入を考慮した設計パラメータを設定し、量子アニーリング手法を用いて評価関数が最大となる最適構造を探索した。設計をもとに、最適構造の作製を行い、発振特性の評価を行った。

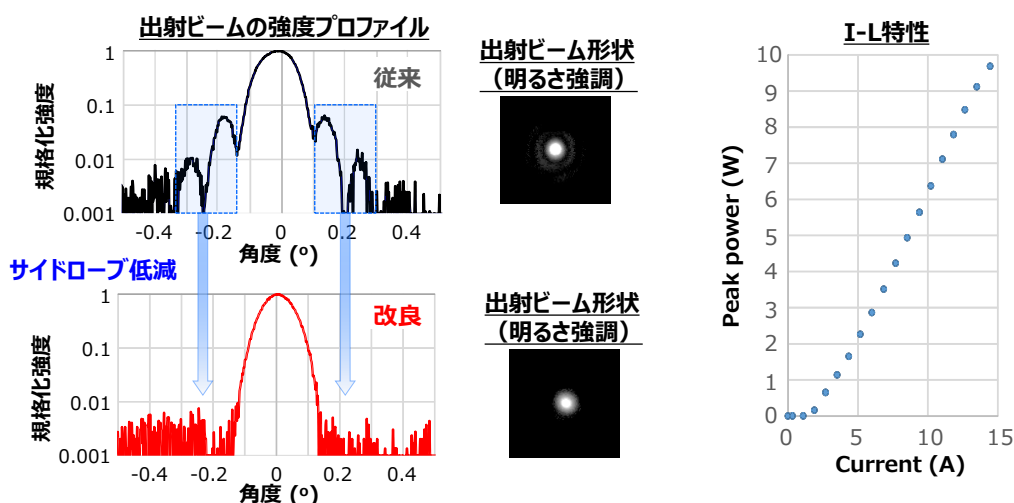


図2.2.1 : 理想的なガウスビーム出射が可能な垂直出射型PCSELの評価結果

作製した光源と従来光源について、測定により得られた出射ビームの強度プロファイルおよび出射ビーム形状を比較した結果を図2.2.1の左図に、電流・光出力 (I-L) 特性を同右図に示す。従来光源と比較

して、1/10以下にサイドローブ強度が抑制出来ていることが確認され、また、10 W級の光出力が得られた。以上より、目標通り、サイドローブのない理想的なガウスビームが出射可能な面垂直照射型PCSEL光源の高度化に成功した。

(B)PCSELの特長を活かした狭帯域バンドパスフィルターの設計・作製

LiDARでは、太陽光が検出器に入り、バックグラウンド信号として検知されると、ショットノイズが増大する。そのため、レーザー光のみを効率よく通過させるバンドパスフィルターの導入が必要となる。バンドパスフィルターの帯域は、レーザーのスペクトル幅とLiDARの動作温度範囲におけるスペクトルシフト量から決定できる。図2.2.2(a)に面垂直型PCSEL、図2.2.2(b)に従来の半導体レーザーの温度変化に伴うスペクトルの測定結果を示す。これより、PCSELのスペクトル幅は測定分解能で決まる約0.1nmである一方、従来の半導体レーザーのスペクトル幅は5nm以上と広いことが分かる。これは、フォトリソニック結晶レーザーが単一モードで発振するのに対し、従来の半導体レーザーは多モードで発振するためである。さらに、両者の温度依存性を比較すると、PCSELの温度依存性は0.09nm/K（屈折率の温度依存性で決まる）であるのに対し、従来の半導体レーザーの温度依存性は0.33nm/K（バンドギャップの温度依存性で決まる）と、PCSELの3.5倍以上大きい。従来の半導体レーザーはスペクトル幅が広いことに加え、温度依存性も大きいため、PCSELに比べて4倍以上の帯域幅をもつバンドパスフィルターが必要となる。そこで、PCSELを用いることで、バンドパスフィルターの帯域幅を従来の1/4程度まで狭帯域化でき、背景光を抑制して測距信号のS/N比を向上させることが可能となる。これにより、LiDARの高性能化に寄与すると考えられる。

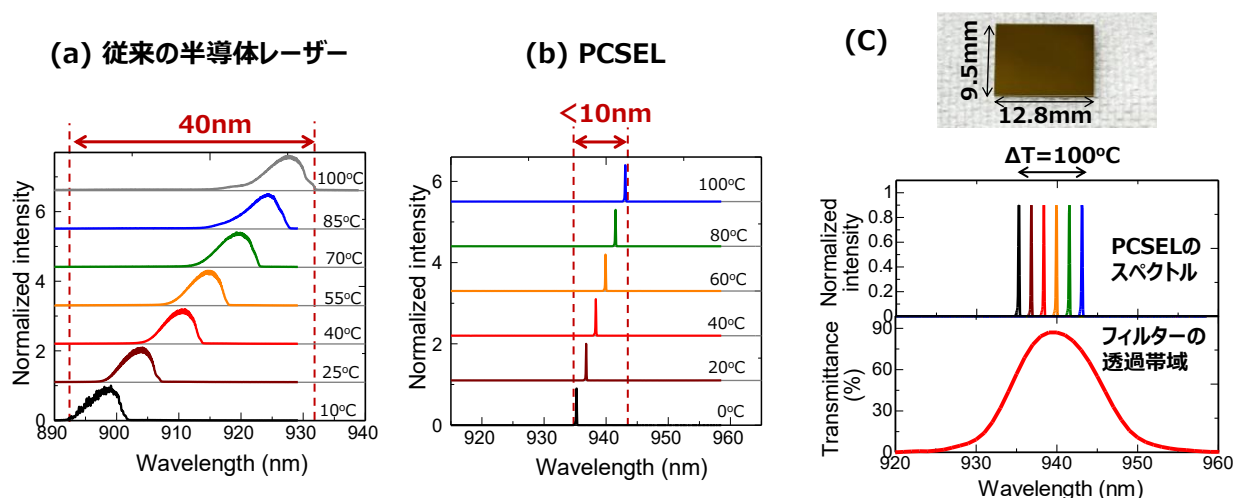


図2.2.2(a) : 従来の半導体レーザーのスペクトルの温度依存性。**(b) :** フォトリソニック結晶レーザーのスペクトルの温度依存性。**(c) :** 作製したバンドパスフィルターの写真と特性評価

上記のような優れた特性を有するPCSELに適したバンドパスフィルターの設計・作製を行った。広い温度範囲（125°C以上）でPCSELのレーザーを透過できるように、バンド帯域を約12nmに設定し、それ以外の帯域では太陽光のスペクトル成分を遮断する多層膜フィルターを設計・作製した。直近の応用として、項目(c)で詳述するカード型PCSEL-LiDARに搭載可能な12.8mm × 9.5mm × 0.5mmサイズのフィルターを作製した（図2.2.2(c)）。また、図2.2.2(c)に作製したバンドパスフィルターの透過特性を測定した結果を示す。同図から、約90%の高い透過率を示し、それ以外の紫外線から近赤外線の波長帯域が遮光

されていることが分かる。比較のため、100℃の温度変化範囲におけるPCSELのスペクトルも併記しており、バンドパスフィルターの透過帯域内に収まっていることが確認できる。本フィルターは、項目(C)で述べるカード型PCSEL-LiDARに搭載している。

(C) [追加項目]カード型PCSEL-LiDARの開発・フィールド実証

以上の当初開発内容に加えて、SIPの他課題「包括的コミュニティプラットフォームの構築」との連携等も視野に入れて、見落としのない交通弱者も含むマイクロモビリティ（電動車椅子やシニアカー等）に関わるセンシングに活用可能な超小型のカード型PCSEL-LiDARの開発を、追加項目として検討を進めた。カード型PCSEL-LiDARのCAD図を図2.2.3に示す。本LiDARのフットプリントは名刺サイズ以下（6cm × 8cm）、高さ2cmである。内部のレンズフリーPCSELから出射されるビームをポリゴンミラーで走査することで、垂直方向において-2°、0°、+1°の3ライン、水平方向において90° 範囲の測距を可能にしている。また、角度分解能は0.125°、測距距離は10mである。さらに、太陽光の影響を抑えるため、項目(B)で述べた12nm帯域（従来の1/4）のバンドパスフィルターを搭載する。LiDARの具体的なスペックを表2.2.1に示す。

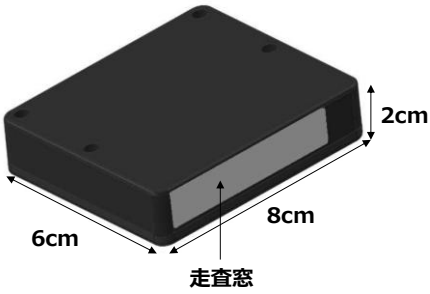


図2.2.3 : カード型PCSEL-LiDARのCAD図

表2.2.1 : カード型PCSEL-LiDARのスペック

仕様パラメータ	値
光源波長	940nm
外乱光カットフィルター	通常の1/4
水平FOV	90°
垂直FOV	3ライン (-2°、0°、+1°)
角度分解	0.125°
距離（反射率90%）	10m
距離制度	±4cm
走査速度	60fps
データ量	172.8k pps
インターフェース	Ethernet 100BASE-TX
外形寸法	20x60x80mm(80mm走査窓)
電源電圧	10-30V
消費電力	2.7W以下
使用温度範囲	-10～+50℃
耐衝撃	20G X,Y,Z方向 各10回
質量	100g以下（ケーブル除く）

試作したカード型PCSEL-LiDARの写真を図2.2.4(a)に示す。大きさの比較ができるよう、同図には名刺も配置しており、フットプリントが名刺サイズ以下であることが分かる。同図の挿入図で示すように、本LiDARには、高度化したPCSELおよび狭帯域バンドパスフィルターを搭載している。LiDARから照射されたビームを約2m離れたターゲット（白ケント紙）に照射し、ビーム形状をカメラで確認した結果を図2.2.4(b)に示す。比較のため、レンズ系でコリメートした従来型の3スタックレーザーと、高度化前のレンズフリー旧PCSELのビーム形状も併せて示している。同図から、従来のレーザーや旧PCSELと比較して、高度化したPCSELでは、より対称的な真円ビーム形状が得られていることが分かる。これは、LiDARの分解能向上に寄与するだけでなく、下記で述べるように、物体間の誤検知抑制にもつながる。

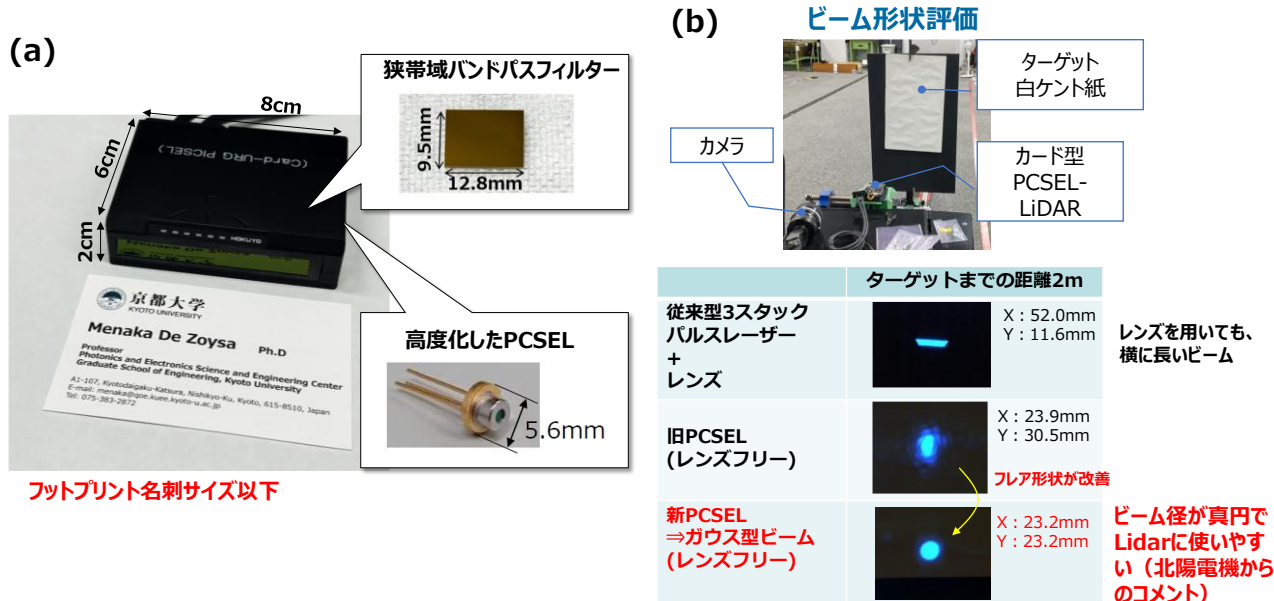


図2.2.4(a) : 試作したカード型PCSEL-LiDARの写真。LiDARの中に高度化したPCSELおよび狭帯域バンドパスフィルターを搭載している。(b): レンズ系を用いてコリメートした従来型3スタックレーザー、レンズフリーの旧PCSEL、レンズフリーの高度化した新PCSELからのビーム形状の比較・評価

次に、PCSELのビーム形状を改善したことによる、物体間の誤検知の抑制効果について、検証を行った。図2.2.5(a)に示すように、7m先に1m離れた2つの物体（物体Aと物体Bの白いスクリーン）を設置し、測距評価を行った。比較のため、PCSELを搭載したLiDARに加え、レンズでコリメートした従来の半導体レーザーを搭載したLiDARでも測距を行い、その結果を図2.2.4(b)に示す。同図より、従来の半導体レーザーを用いた場合、物体Aと物体Bの間に何も無いにも関わらず誤検知が発生している。

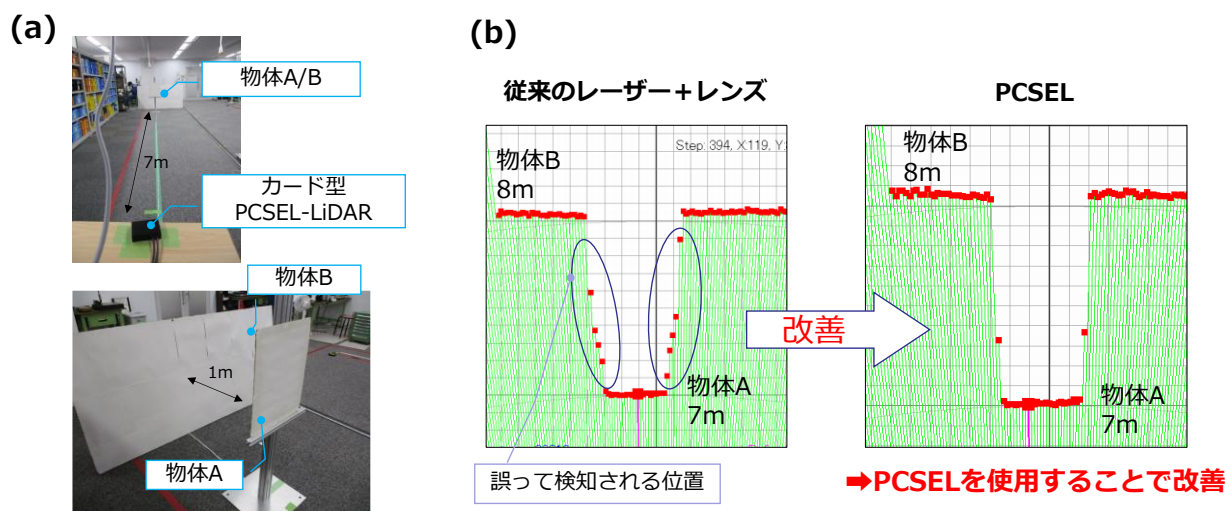


図2.2.5(a) : 物体間の検知の評価のために用いた測定系の様子。(b) : レンズ系を用いてコリメートした従来の半導体レーザーとPCSELを用いた物体Aと物体Bの測距評価。PCSELを用いることで、物体間における誤った検知を大幅に低減出来る。

これは、従来のレーザーが細長いため、両物体にレーザーが当たり、誤った反射光が検出されるためで

ある。自動走行において、このような誤検知は、物体間に障害物があると誤認する原因となるため、除外が必要となる。従来は、この誤検知を回避するため、複雑な情報処理を行う必要があった。一方、PCSELを用いた場合、ビーム形状が円形かつ狭いため、誤検知が大幅に低減できることが確認された。これにより、複雑な情報処理が不要となり、システムへの負担が軽減され、高性能化につながると期待される。

続いて、SIPの他課題「包摂的コミュニティプラットフォームの構築」とも連携しながら、開発したカード型PCSEL-LiDARのフィールド実証を実施した。フィールド実証では、自動車、歩行者、車椅子などが安全に走行できるための実態把握を目的として、多摩ニュータウンにおいて検証を行った。図2.2.6(a)に、開発したカード型PCSEL-LiDARを自動走行モビリティ車両に設置した様子を示す。また、比較のため、従来型のLiDARも併せて設置し、同時にフィールド実証を行った。図2.2.6(b)には、側面および上面から見た実施場所の写真とLiDARの設置位置、さらに自転車や歩行者の位置関係を模式的に示している。同図に示すように、本実証場所には細かいストライプを有するフェンスが設置されており、LiDARから見てフェンスの反対側を自転車や歩行者が移動して飛び出す状況となっている。なお、図2.2.6(b)の橙色で、開発したLiDARのFOV (90°) を示しており、フェンスの反対側の一部の状況は、把握できる状態となっている。

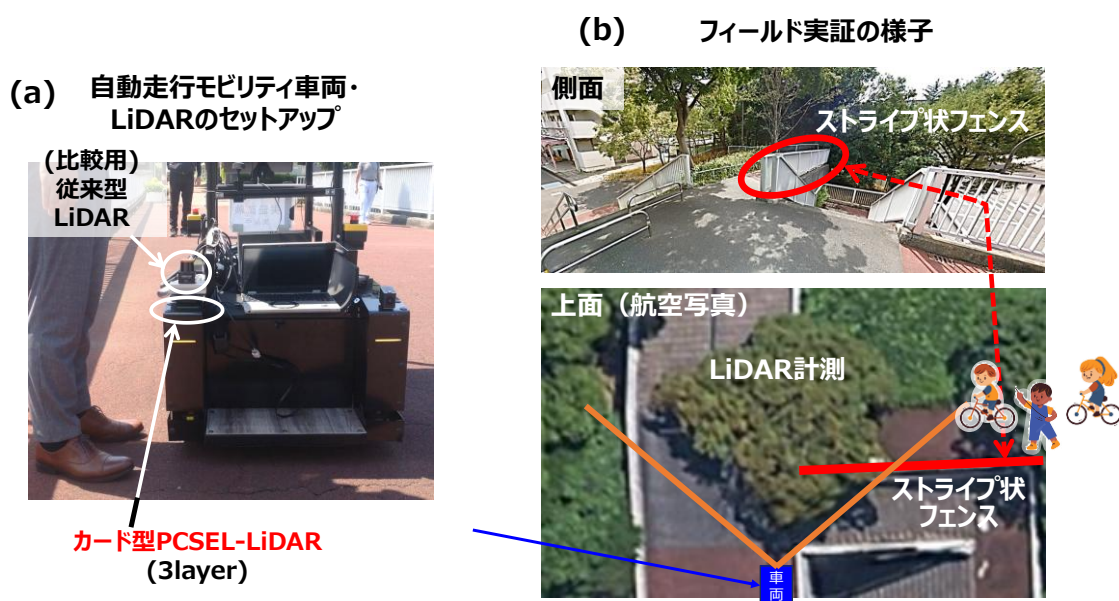
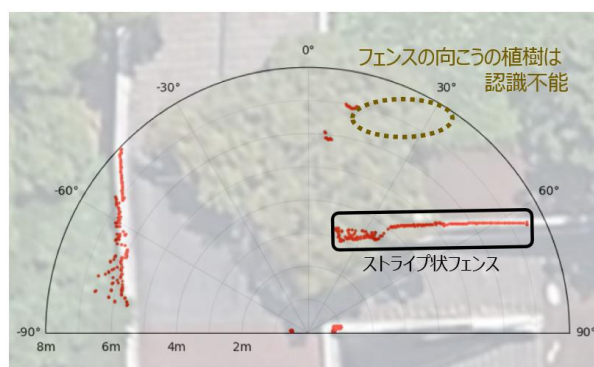


図2.2.6(a) : 自動走行モビリティ車両・LiDARのセットアップの様子。(b) : フィールド実証の現場の様子。

図2.2.7(a)および(b)に、従来型LiDARとカード型PCSEL-LiDARで計測した測距画像を、上面写真と対応させてそれぞれ示す。同図(a)に示すように、従来型LiDARでは細かいストライプ状フェンスの反対側に存在する植樹を計測することができない。一方、PCSEL-LiDARでは植樹の計測が可能であることが確認された。これは、PCSELによる狭いビームにより、細かなフェンス自体を計測しつつ、その隙間を通過してフェンスの反対側にある対象物も計測できるためである。すなわち、従来方式では計測が困難であった対象を、PCSEL-LiDARによって計測可能であることを示す結果である。

(a) (比較用) 従来型LiDAR



(b) カード型PCSEL-LiDAR

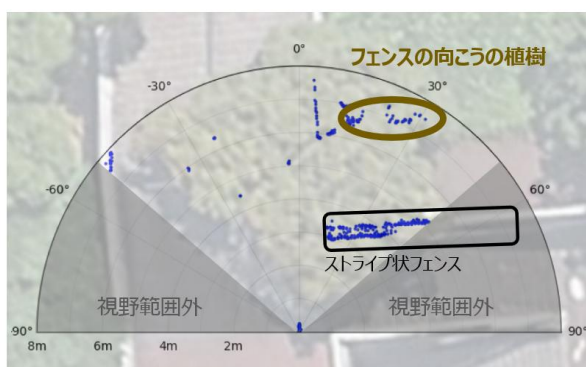
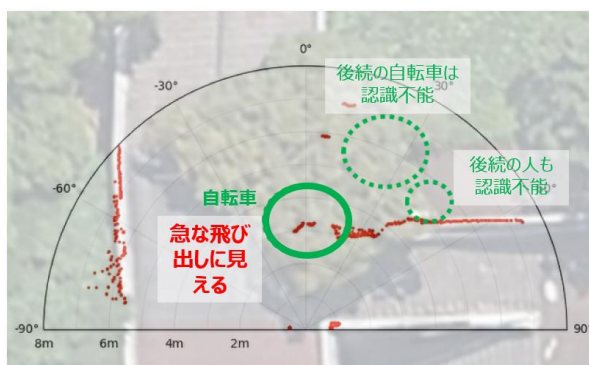


図2.2.7：細かなフェンスとその反対側にある植樹の計測。(a)：比較用の従来型LiDARによる計測。(b)：カード型PCSEL-LiDARによる計測。

引き続き、実証実験ではフェンスの反対側を移動する自転車や歩行者などの移動物体の計測も行った。従来型LiDARとカード型PCSEL-LiDARによる計測結果をそれぞれ図2.2.8(a)と(b)に示す。従来型LiDARでは、フェンスの反対側にいる自転車や歩行者を検知することができず、フェンスが途切れた位置で突然対象物が検知されるため、急な飛び出しのように認識され、危険な状況となる。一方、PCSEL-LiDARではフェンスの反対側を移動する自転車や歩行者を事前に検知できるため、急な飛び出しのような状況を回避でき、安全な認識が可能となる。

(a) (比較用) 従来型LiDAR



(b) カード型PCSEL-LiDAR

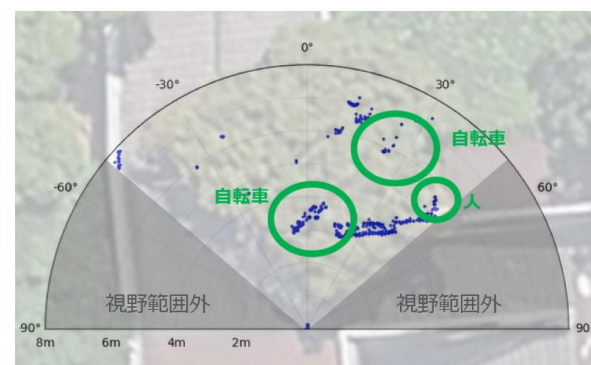


図2.2.8：細かなフェンスの反対側にある移動物体の計測。(a)：比較用の従来型LiDARによる計測。(b)：カード型PCSEL-LiDARによる計測。

上記の実証実験を通じて得られたカード型PCSEL-LiDARの優位性について、「包摂的コミュニティプラットフォームの構築」に取り組む久留米工業大学グループからのフィードバックをまとめた結果を図2.2.9に示す。その結果、優れた基本性能により、移動に困難を抱える人々の安心につながり、「より多くの場所に、より安心して行けるようになる」技術として高い評価を受けた。また、カード型PCSEL-LiDARは超小型であるため、車椅子など設置空間が限られるモビリティにも、デザイン性を損なうことなく柔軟に適用できる点についても評価を得ている。

■ **安全性の向上** PCSEL-LiDARは、従来のLiDARでは死角となる、フェンスの向こう側にいる、背の低い子ども（歩行、自転車）や、小型モビリティの様子なども、早期に検知できるため、安全な自動運転が実現できる。また、車椅子や小型モビリティは視点が低いため、利用者は周囲の状況把握に不安を感じやすいが、本LiDARにより、利用者の心理的負担も軽減できる。

■ **高精度な環境認識** ゴーストが少なく、狭い隙間や通路幅を正確に把握できるため、スムーズで効率的な走行が可能となる。

■ **優れたデザイン性と搭載性** カード型の薄型設計により、車両デザインへの制約を最小限に抑えながら搭載できる。既存車両への後付け設置においても、外観を損なうことなく機能を追加できる。

■ **コンパクトながら高性能** 薄型でありながら3レイヤー構造を採用しており、空間認識と時間的変化の両方を捉えることができる。

優れた基本性能が、結果として移動に困難を抱える人々の安心につながる
「より多くの場所に、より安心して行けるようになる」

図2.2.9：カード型PCSEL-LiDARの優位性についてのフィードバック。

(D) 機械式広FOV型PCSEL-LiDARの開発・評価

図2.1.1(b)に示したように、機械式広FOV型PCSEL-LiDARでは、レンズフリーの垂直照射型PCSELから出射されるビームを共振ミラーで上下に走査しつつ、全体を回転させることで広範囲を走査し、測距を行うことを目指している。

表2.2.2：STEP1の機械式広FOV型PCSEL-LiDARのスペック

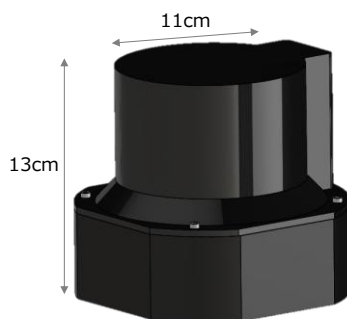


図2.2.10：STEP1の機械式広FOV型PCSEL-LiDARのCAD図

項目	値
水平FOV	180°
垂直FOV	30°
距離（反射率90%）	30m
分解（水平・垂直）	0.5°(H)・0.6°(V)
光源波長	945nm
外乱光カットフィルター	40nm
距離制度	±5cm
フレームレート	10fps
電源電圧	24V
インターフェース	Ethernet
消費電力	20W
データ量	50万点/秒
外形寸法	13(H)×11 (D)cm
質量	2.3kg
温度範囲	-10℃～+50℃

機械式広FOV型PCSEL-LiDARのCAD図を図2.2.10、具体的なスペックを表2.2.2に示す。本LiDARでは、受光レンズと多チャンネルのアバランシェ フォトダイオード（APD）アレイによって垂直15°の視野範囲を受光し、それらを2セット設けることで上下±15°（計30°）の受光視野範囲を実現している。投光は、2つの受光系の間から、小さいスポットサイズを有するPCSELのビームを、共振ミラーを介して照射する。PCSELは短パルス・高出力で動作させる。共振ミラーは、高い駆動周波数を実現するために駆動部のミラーは非常に小さい径にしなければならない。発光時より光芒が広がらないPCSELであればミラーの径が小さくてもほぼ全てのエネルギーを反射することができる。今回のLiDARでは、共振ミラーの駆動周波数は数kHz、ミラー動作1往復につき128点発光する仕様としている。さらに、投光系と受光系を全体

的に回転させるために、給電としては非接触の電磁誘導方式を採用しており、データ通信には光の無線通信方式を採用している。本仕様によって、水平180°の広FOVでの検知・測距を可能にしている。前述の項目(A)で高度化したPCSELを搭載した機械式広FOV型PCSEL-LiDARの写真を図2.2.11(a)に示す。試作したPCSEL-LiDARの初期評価として、約3mの高さにLiDARを設置し、リアルタイムで人流モニタリングを実施した。得られた距離画像の例を図2.2.11(b)に示す。同図において、横方向は180°のFOV、奥行方向は30°のFOVとして観測を行っている。同図から、プライバシーを侵害することなく、人や視野内に含まれるドアフレーム等の環境を鮮明にセンシングできていることが確認できる。さらに、試作したPCSEL-LiDARは金沢大学にも提供し、3.1項にて述べるように、より詳細な実証評価を実施した。加えて、本LiDARの展示等も積極的に行い、IBSコンソーシアム等の他コンソーシアムとの連携についても検討している。

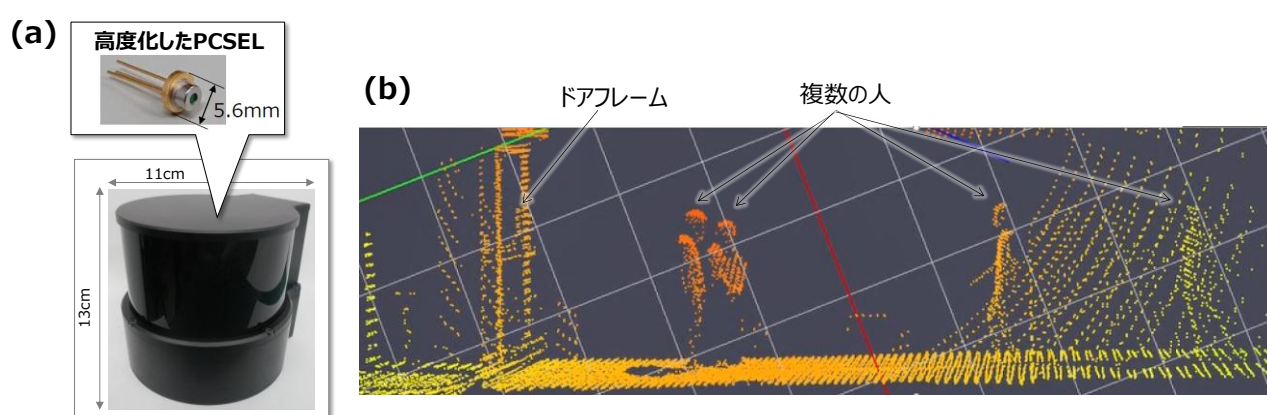


図2.2.11 (a): 試作したSTEP1の機械式広FOV型PCSEL-LiDARの外観写真。(b): PCSEL-LiDARを用いた測距例

2.3 STEP2: オールチップ PCSEL-LiDAR (POC仕様) の開発

本項目では、図2.1.2に示すように、任意の狙った方向に、多点ビームを照射可能な変調PCSEL (M-PCSEL) を複数並べて電子的に制御してビーム走査することにより、ミラーや回転機構等をも取り除いたオールチップPCSEL-LiDARの開発を目指している。本PCSEL-LiDARの実現には、ミラーや回転機構を用いずとも様々な角度にビームを出射できる多点出射可能なM-PCSELの開発を行いつつ、異なる角度で照射するM-PCSELの電氣的切り替え機能を有する駆動回路の開発・実装を得て、電子スキャンの実現を目指している。また、オールチップPCSEL-LiDARでは、受光部に高感度で高速の応答が可能な単一光子アバランシェダイオード (SPAD) 2次元検出器アレイを活用して、3次元の計測を一括で行う。なお、本研究開発においては、現状で入手可能なSPADとして数千画素程度(3000程度)の2次元SPADアレイ (1画素は複数のSPADで構成) を使用して測距を行う。本項目においては、昨年度まで、2次元SPADアレイを入手し、基礎評価を実施した。本年度は、主に、(A) M-PCSELアレイの設計・作製および駆動回路を用いた電子的ビーム走査、(B) M-PCSELアレイと2次元SPADアレイを用いた測距実験評価を行い、オールチップPCSEL-LiDARの初期原理実証 (POC) を当初計画より1年前倒しで実施した。さらに、原理実証したLiDARの長距離化に向けた検討も行った。以下に、(A) と (B) に関する成果について報告する。

(A) M-PCSELアレイの設計・作製および駆動回路を用いた電子的ビーム走査

オールチップPCSEL-LiDARの原理実証に向けて、M-PCSELアレイおよび駆動回路の作製・評価を行った。光源部としては、2次元的に多点ビーム照射を可能とするM-PCSELを開発し、それらを複数並べたアレイデバイスを電子的に制御してビーム走査することを検討した。具体的なPCSELアレイチップの構成としては、ナノ秒オーダーの短パルス電流で駆動することを想定して、電極のインダクタンスが十分に低減できるようなチップサイズを検討し、1mm Φ 程度のPCSELを3 $\times$ 3領域に配置したアレイ構造の作製を行った。実際に作製した3 $\times$ 3アレイチップの一例を図2.3.1左上に示す。チップサイズは4.5mm $\times$ 4.5mmであり、表面には9個の窓電流領域を有するn側窓電極が形成されていることが分かる。このチップに合計100A以上の電流を注入できるように、図2.3.1左下に示すような高速スイッチング可能なGaN-FETを用いたパルス駆動回路を設計・試作した。さらに、上記の3 $\times$ 3アレイチップを、10個程度スイッチングして電子的なビーム走査を行うことを想定し、10個のアレイを実装可能な回路基板を構築した。この駆動回路を用いて、想定するFOV (16 $^{\circ}$ $\times$ 12 $^{\circ}$) に電子ビーム走査を行う手法の概要を図2.3.1右に示す。多点出射M-PCSELの1チップ (3 $\times$ 3アレイ) からは、左右両側の約1 $^{\circ}$ $\times$ 12 $^{\circ}$ の帯状の角度範囲に4 $\times$ 54点 (216点) ずつ多点の出射を行い、アレイごとに出射角度を1 $^{\circ}$ ずつ変化するようにM-PCSELを設計しつつ、10個のアレイチップのビーム出射を電氣的に切替えることで、横方向のビーム走査を行う。

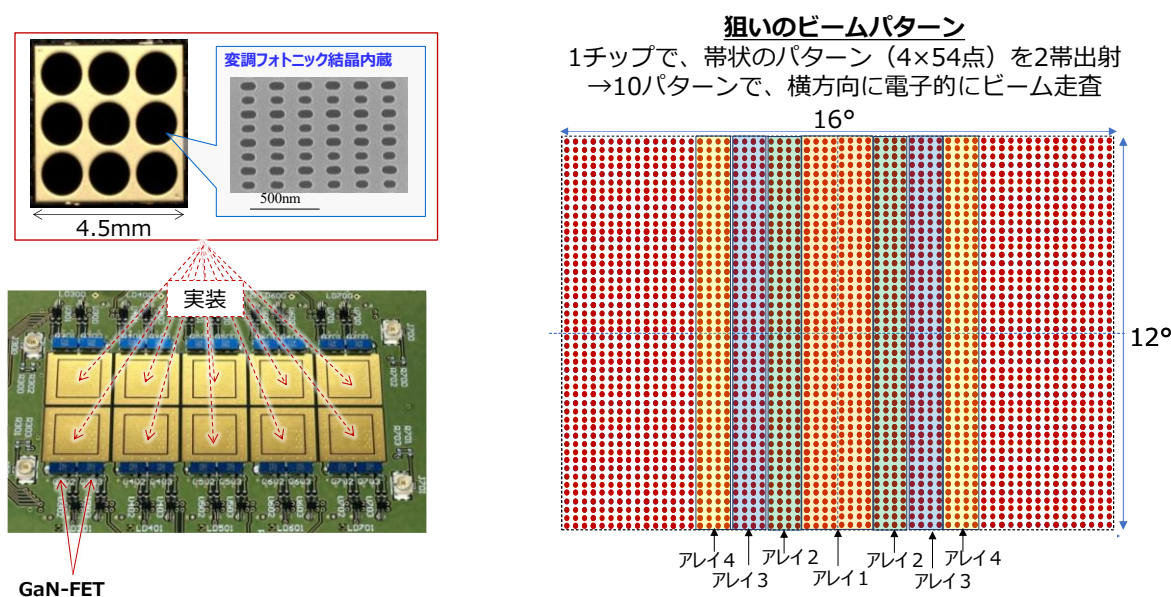


図2.3.1 : オールチップPCSEL-LiDARのPOCに向けたPCSELおよび駆動回路

上述したような10個のM-PCSELアレイチップを作製し、それらを実際に駆動回路へ実装した。なお、回路への実装においては、平行度や回転のずれが生じると照射角度にも影響を与えるため、これらの影響を最小限に抑えるよう実装方法を工夫した。実装後の写真を図2.3.2中央に示す。各M-PCSELアレイから出射された照射パターンを図2.3.2 (左 : チップ周囲) に示す。同図より、10チップから狙いとする帯状ビームが得られていることが確認できる。また、図2.3.2右には、10チップを高速で電子スキャンした際の様子を示しており、狙いとするFOV (16 $^{\circ}$ $\times$ 12 $^{\circ}$) において、多点照射PCSELによりオールチップ電子ビーム走査が可能であることを確認した。ここで、単一アレイより、約70 Wの出力が得られ、1

点当たり約0.15Wの出力が得られていると見積もられる。

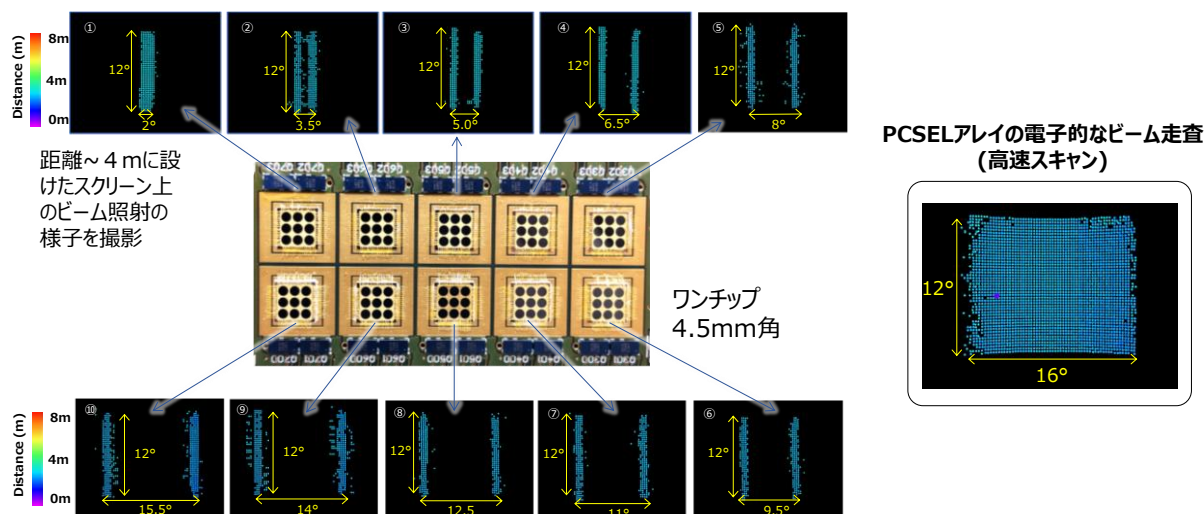


図2.3.2：（左側）10個のPCSELアレイを実証した後の写真およびそれぞれを駆動した時のビーム形状。（右側）PCSELアレイの電子的なビーム走査(高速スキャン)の様子。

(B) M-PCSELアレイと2次元SPADアレイを用いた測距実験評価

ここでは、上記のM-PCSELアレイと駆動回路による投光系と、SPADアレイセンサから成る受光系を組み合わせて行った測距評価の結果について説明する。

第一段階として、SPADアレイには初期に入手したマイクロレンズ未搭載のSPAD素子を用いた（マイクロレンズ搭載SPAD素子の採用については後述する）。また、今回の投光視野である $16^\circ \times 12^\circ$ が全SPAD画素に確実に射影されるよう、SPAD前段の全体受光レンズとして焦点距離25 mmのレンズを採用し、SPADの受光視野を $18^\circ \times 14^\circ$ と投光視野よりもやや広く設定した（なお、投光系と受光系の視野の一致についても後述する）。このように構成したLiDARシステムを用いて、図2.3.3(a)に示す対象物に対して実験を行った。ここで、約8 m離れた位置にスクリーンを設置し、その手前約6 mの位置に人物を配置して距離計測を実施した。図2.3.3(b)には計測した距離画像（動画から取得した静止画像）を示す。同図より、人物までの距離が適切に測定できていることが明確に確認できる。

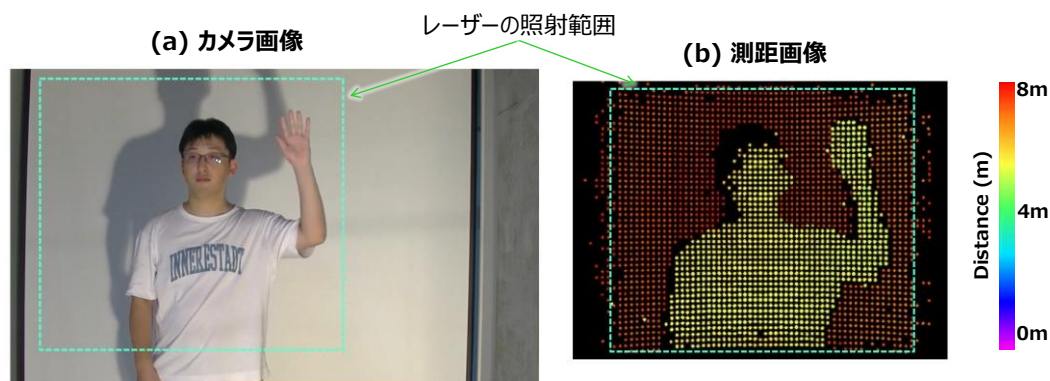


図2.3.3(a)：M-PCSELアレイによる電子的なビーム走査光源と2次元SPADアレイを用いたオールチップPCSEL-LiDARの初期評価用の測距対象の写真。(b)：リアルタイム測距動画から取得した静止画像。

引き続き、受光効率の向上を図り、本 LiDAR の長距離化を目指した。まず、SPAD へのマイクロレンズ導入により、充填率を向上させることで光検出効率の向上を図った。さらに、受光視野を投光視野に一致させるため、図 2.3.4 に示すように SPAD サイズ等を考慮して受光レンズの焦点距離を算出し、適切なレンズ系を構成した。また、今回用いているレーザー波長(940nm 付近)に合わせた無反射膜を施したレンズを採用することで、不要な反射損失の低減も図った。これらの工夫により、総合的な受光効率は約 12 倍となると見積もられる。この結果、測距可能な最大距離はこれまでの約 3.5 倍、すなわち約 30 m 程度まで拡張できると見積もられる。

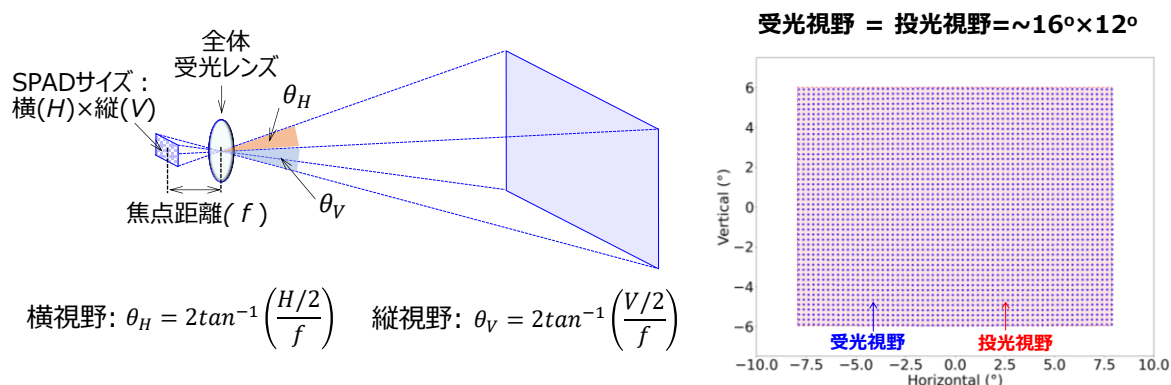


図2.3.4：受光視野と投光視野の一致による受光系の効率向上

上記の受光効率向上の工夫を加えたLiDARシステムを用いて測距評価を実施した。図2.3.5左に、測距対象物および周囲環境の様子（動画より抜粋した静止画像）を示す。同図の中央には、LiDARから約30 m先に位置する階段が観測されている。また、右側および左側には、それぞれ約7mおよび約18m付近に人物が配置されている。さらに、周囲の異なる距離には壁も観測されている。図2.3.5右には、リアルタイム測距動画から抜粋した距離画像を示す。同図より、周囲の壁や二人の人物に加え、約30 m先の階段まで測距できていることが確認できる。

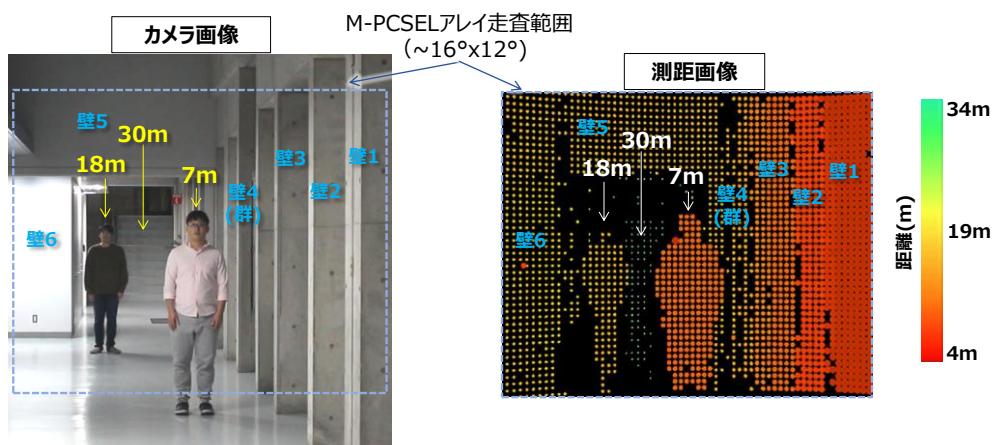


図2.3.5：受光効率向上を行ったオールチップPCSEL-LiDAR計測の実験(左：カメラ画像、右：距離画像)。

以上の結果は、M-PCSEL アレイチップと 2 次元 SPAD アレイを用いたオールチップ PCSEL-LiDAR の原理実証に世界で初めて成功したものであり、本プロジェクトにおいて当初計画よりも前倒しで実現し

た成果である。これらの成果を踏まえ、次年度以降は PCSEL の高注入駆動による投光パワーの向上等によるさらなる長距離化を目指すとともに、システムの小型化についても検討を進める予定である。

2.4 PCSEL-LiDAR の達成度

STEP1におけるPCSELの深化、カード型PCSEL-LiDARの開発、機械式広FOV型PCSEL-LiDARの開発、およびSTEP2におけるオールチップPCSEL-LiDAR (POC仕様)の研究開発の達成度をまとめたものを下記の表2.4.1に示す。当初の計画以上に進んでいる状況であり、特にオールチップPCSEL-LiDAR (POC仕様)の研究開発項目を1年前倒しで達成している状況である。

表2.4.1：PCSEL-LiDARシステムの開発の達成度

実施項目		開発項目の状態		イラスト	完了率・完了時期
PCSEL-LiDARシステムの開発	・PCSELの深化 ・カード型PCSEL-LiDAR ・機械式広FOV型PCSEL-LiDAR (STEP1) (京都大学)	面垂直射出型PCSELのガウスビーム化	完了：面垂直射出型PCSELの理想的なガウスビーム化完了 残：無し		
		面垂直射出型PCSELの微分効率向上	完了：面垂直射出型PCSELの微分効率(単位電流あたりの光出力)向上完了 残：無し		
		背景光カット用狭帯域バンドパスフィルターの設計・作製	完了：PCSELの特徴を活かした狭帯域(通常の1/4)のバンドパスフィルターの設計・試作の完了 残：無し		
		カード型PCSEL-LiDAR仕様策定(追加項目)	完了：FOV、距離、分解能、重量、消費電力、使用温度範囲、耐衝撃等も含めた仕様の確定 残：無し		
		カード型PCSEL-LiDARの試作(追加項目)	完了：投光系・受光系・回路・パッケージング等の要素技術確立を得て、高度化したPCSELを搭載した試作完了 残：無し		
		カード型PCSEL-LiDARの評価(追加項目)	完了：カード型PCSEL-LiDARの基礎評価およびフィールド実証評価を実施 残：無し(今後、必要に応じて他の課題へ提供)		
		機械式広FOV型PCSEL-LiDARの仕様策定	完了：FOV、距離、分解能、重量、消費電力、使用温度範囲等の仕様の確定 残：無し		
		機械式広FOV型PCSEL-LiDARの試作	完了：投光系・受光系・ミラー系・回転系・回路等の設計、第一次の組み立・初期評価完了 残：無し(今後、他の課題へ提供)		
	・オールチップPCSEL-LiDARの開発(STEP2) (京都大学)	多点照射PCSELの単一素子の作製・評価	完了：PCSELの単一素子の設計・作製・評価 残：無し		
		2次元SPADアレイの入手・基礎評価	完了：2次元SPADアレイの入手および同時計測等も含めて基礎評価完了 残：無し(ただし、特性向上の検討を引き続き行っていく)		
		PCSELアレイの開発(前倒して実施)	完了：PCSELアレイの設計・試作完了、PCSELアレイの実装、基礎評価完了 残り：無し(ただし、高度化を引き続き行っていく)		
		複数のPCSELアレイによる電子走査(前倒して実施)	完了：駆動回路の設計と、第一試作完了、複数のPCSELアレイの実および基礎評価完了 残り：無し(ただし、高度化・小型化を引き続き行っていく)		
		オールチップPCSEL-LiDARのPOC(前倒して実施)	完了：複数のPCSELアレイによる電子的なビーム走査と2次元SPADを用いたオールチップPCSEL-LiDARのPOC実証 残り：無し(ただし、長距離化・一体化を引き続き行っていく)		
		オールチップPCSEL-LiDARの長距離化(前倒して実施)	完了：マイクロレンズ導入によるSPADの検出効率向上および受光視野と投光視野の一致による、受光効率向上 残り：無し(ただし、長距離化・一体化を引き続き行っていく)		

3. 認識技術の開発と実証実験の実施

研究開発項目①で開発したLiDARの用途としては、インフラセンシングにおける人流や交通流の計測や、車両に搭載して交通流の計測を行うことが想定されている。この実現のために、LiDARから得られる点群を解析し視野内の物体を検知・識別する機能や、物体の運動状態を推定する機能が要求される。これら機能の開発は、上記インフラセンシングの実現だけでなく、我が国の国際競争力獲得の観点でも重要なものとなる。近年、LiDARの需要は世界的に高まっており、その中でも研究開発項目①で開発するLiDARは、経済安全保障の観点からも国益に資するものとして期待される。これら機能の開発および実証実験によって、知見や課題をフィードバックし産業界へのプロモーションも考えられる。

そこで本研究開発においては、A.「LiDARを用いた認識技術の開発」と、B.「LiDARを用いた実証実験の実施」の2点について研究開発を行い、小型PCSEL-LiDARの国際競争力の獲得を目指す。以下に具体的な実施内容について示す。

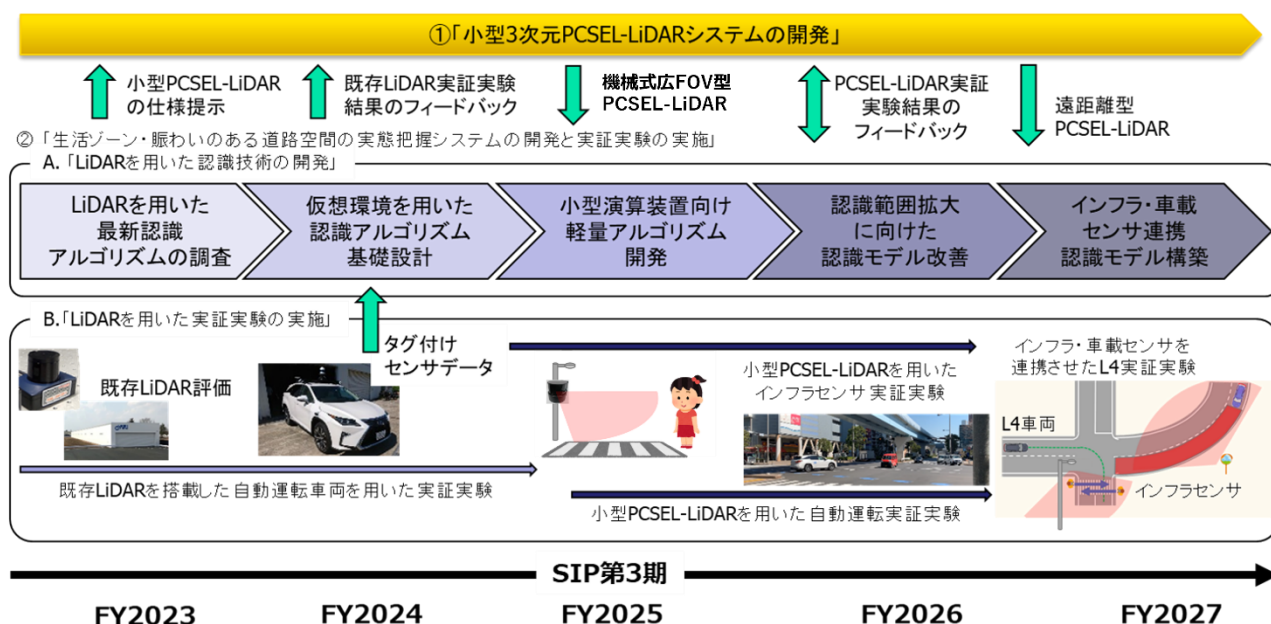


図3.1.1 研究開発項目②の概要

3.1 LiDARを用いた認識技術の開発

研究開発項目①で開発したLiDARから得られる点群を解析して、センサ視野内に存在する物体を検知・識別する機能・追跡を行うための認識技術の開発を以下の通り検討した。

本事業実施期間において研究開発項目①で開発するSTEP1のLiDARの試作は2025年10月に完成した。一方でそれまでの間、STEP1、STEP2のLiDARは開発段階のため、LiDARを用いた認識技術の基礎検討として、SIP第2期で開発した自動運転システムに搭載したLiDARを用いる。その結果を踏まえて、PCSEL-LiDARを開発するにあたっての認識の観点での課題を整理して、研究開発項目①と共有する。また上記で検討したスペックに対応したLiDARが開発されるまでの間、効率的に認識技術の開発を進められるように、LiDARデータを仮想環境上で再現可能なシミュレーション環境を構築する。そこで再現したLiDARデ

ータをもとに、認識を行うアルゴリズムを検討する。研究開発項目①で開発される PCSEL-LiDAR のプロトタイプが作製され次第、現物で観測したセンサデータを用いて認識技術の評価を行う。そして、評価結果をもとに、認識技術の向上を図るとともに LiDAR の課題を研究開発項目①へフィードバックし LiDAR の認識能力向上を図る。具体的には、2025 年度において以下の項目を実施した。

(1) 仮想環境上におけるインフラセンサとしての機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の評価

- (A) 昨年度実施した評価のための仮想環境の構築
- (B) インフラ向けに機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の設置を想定した評価
- (C) 実証実験に向けた機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた認識モデルの定量的な評価
- (D) 小型演算装置へ実装のためのインフラセンサ向け認識モデル小型化の検討

(2) 車載を想定した遠距離認識技術の評価

- (A) SIP 第 2 期で開発した自動運転システムに搭載した LiDAR を用いた遠距離認識技術の開発

(1) 仮想環境上におけるインフラセンサとしての機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の評価

昨年度構築済みの仮想環境上で機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR をモデル化し、実ユースケースを想定したシミュレーションを行った。また、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR に特化した認識モデルの開発を行った。さらに、インフラセンシング向けの小型装置に搭載するために開発された認識モデルの軽量化・高速化の検討を行った。

(A) 昨年度実施した評価のための仮想環境の構築

昨年度まで、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた認識モデルの開発及び評価の実施のために、仮想環境上で機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR をモデル化した。仮想環境として、自動運転向けのオープンソースシミュレータである Car Learning to Act (CARLA) [1]を使用した。CARLA は天候や道路形状、交通参加者等の様々な交通状況を仮想環境上で再現でき、LiDAR 点群やカメラ画像等のセンサシミュレーションが可能な自動運転向けのシミュレータである。評価では、CARLA 上で機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を仕様に基づきモデル化した。図 3.1.2 の(a)にモデル化した機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の観測点群例を、(b)に 2025 年 10 月に完成した試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の観測点群例を示す。試作機では実環境での観測により点群の抜け等が発生しているが、概ね観測点群とモデル化した点群パターンは同等であると評価した。

構築した仮想環境で認識モデルの開発及び評価を実施するために、モデル化した機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR による実環境シミュレーションを実施し、評価環境を整えた。機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR は、車載センサや市街地に設置するインフラセンサとしての利用が想定される。また研究開発の目標として、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR をインフラセンサとして用いた実証実験の実施を挙げている。そのため実環境シミュレーションにはインフラセンサとしての活用を踏まえたシナリオを用意し評価データを準備した。具体的には横断歩道を横断する歩行者やペDESTリアンデッキ等の歩行者が行きかうような場所を想定し、人流を計測するための点群データをシミュレーションした。さらに、充実した評価のために、多様な地形や異なる歩行パターン、体型を持つ人のモデル等を用意した。

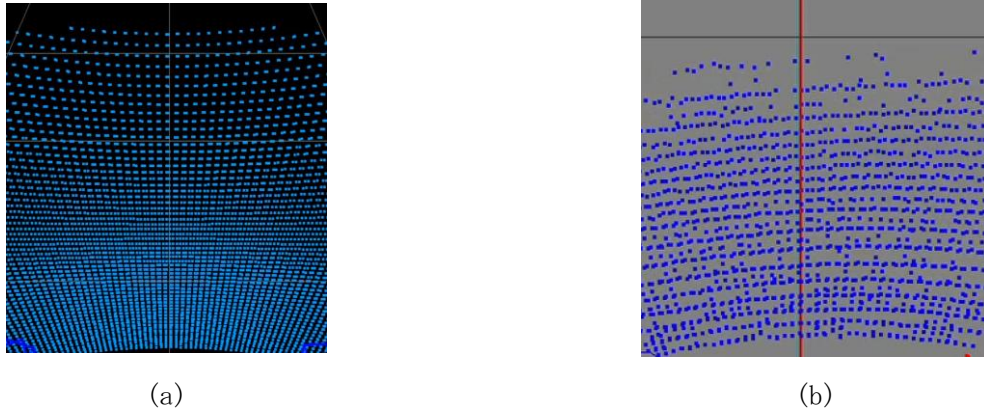


図 3.1.2 CARLA でモデル化した機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の点群パターン

これらのシミュレーションデータを用いて、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR 向けに特化した認識モデルの開発を行った。インフラ向けの認識モデルは軽量であることが望ましいため、高速・軽量化が可能な PointPillars[2]をベースとした認識モデルの開発を行った。PointPillars は、特定範囲のある一時刻に得られた点群の特徴をもとに、物体を 3 次元のボックスとして認識する深層学習モデルである。インフラ向けに用いられるセンサは、一般的に一時刻で得られる点群は非常に疎であるため、歩行者を識別することが難しい。そこで時間軸で連続した点群を、PointPillars の処理過程において特徴量レベルで統合可能に拡張し、点群の少ない歩行者の認識を可能にした。

以上の昨年度実施した評価環境の構築を踏まえ、実証実験に向け更なる機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の追加評価を実施した。

(B) インフラ向けに機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の設置を想定した評価

LiDAR の用途として、インフラセンシングを検討している事例が多く挙げられている。RoAD to the L4 プロジェクト等の検討の中には、道路環境におけるインフラ協調による走行支援[3]等が挙げられている。こうしたケースでは、交差点の安全な通過判断支援や路上駐車車両の回避支援等、車両や歩行者等の交通参加者をセンシングすることが想定される。他にも、歩行者専用道路・街路等におけるインフラセンシングによるパーソナルモビリティの走行支援[4]や人流検知[5]等、多岐に渡りインフラセンシングが検討されている。いずれのユースケースにおいても電柱や街灯等高い位置にセンサを設置して、車両や歩行者等を検知する使い方が検討されている。

機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の用途としてインフラセンシングが想定されており、各ユースケースに応じた使い方が検討される。そこで次の 2 つの観点から設置方法についての検証を行った。1 点目が LiDAR の設置高さ、2 点目が LiDAR におけるレーザの走査方向である。

① LiDAR の設置高さの違いによる検証

インフラセンシングにおいては、設置個所の物理的な制約や、ユースケースの違いによって LiDAR の設置高さも異なることが想定される。そこで、本検討ではインフラセンシングの代表的な認識対象である歩行者の観測に焦点を当て、設置高さを変えた時の観測可能な歩行者数の変化を評価した。またその時、図 3.1.3 のように LiDAR をロール方向に 90 度回転させて設置直下も観測可能な設置方法で検証を行

った。設置高さは交通標識の高さに相当する 2.0m、街灯高さに相当する 3.5m、信号高さに相当する 4.25m の 3 種類で比較を行った。

評価の結果、シミュレーションした歩行者総数が 197,208 件に対して、点群が観測可能な歩行者数は 2.0m 高さ設置の場合 136,294 件、3.5m 高さ設置の場合 149,204 件、4.25m 高さ設置の場合 157,303 件となった。より高い位置に設置した場合の方が観測可能な歩行者が増える傾向にあることが評価結果から分かった。一方で、各高さに応じた LiDAR からの距離ごとの観測歩行者の点群数を示す図 3.1.4 によると、より高い位置に設置した場合観測可能な点群数が少なる傾向にある。観測歩行者数の漏れを少なくする目的であればより高く、認識精度を高めるために観測点群数を多く獲得するにはより低く設置することが必要な条件となり、目的に応じた設置方法が検討される。



図 3.1.3 インフラセンサとして設置直下も観測可能な機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の設置例

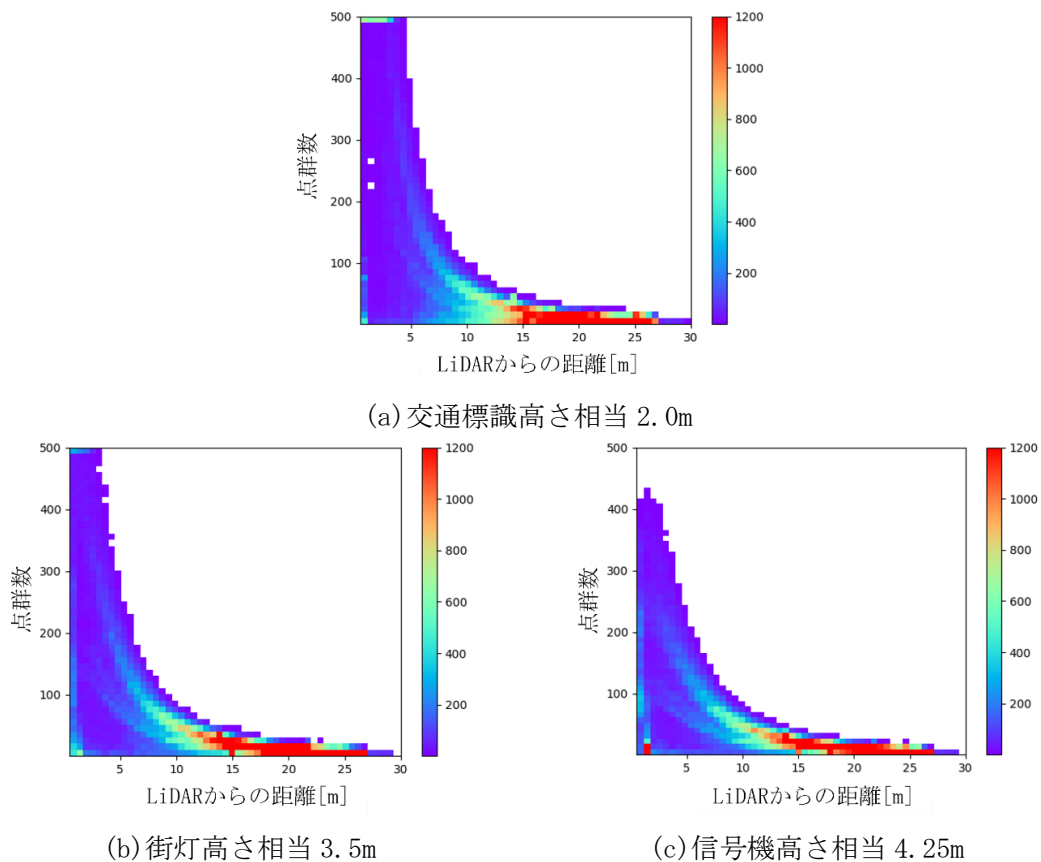


図 3.1.4 複数の高さに機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を設置した時の観測歩行者数の違い

図 3.1.5 では設置高さの違いによる隠れの発生を比較したシミュレーション点群である。2.0m の低い設置では歩行者に隠れた歩行者の観測ができないシーンにおいて、隠れていた歩行者は 4.25m の高い設置では観測できている。より高い位置では隠れの影響を一定軽減することが可能であるため前述した通り観測可能な歩行者数が増えることが評価結果から分かった。

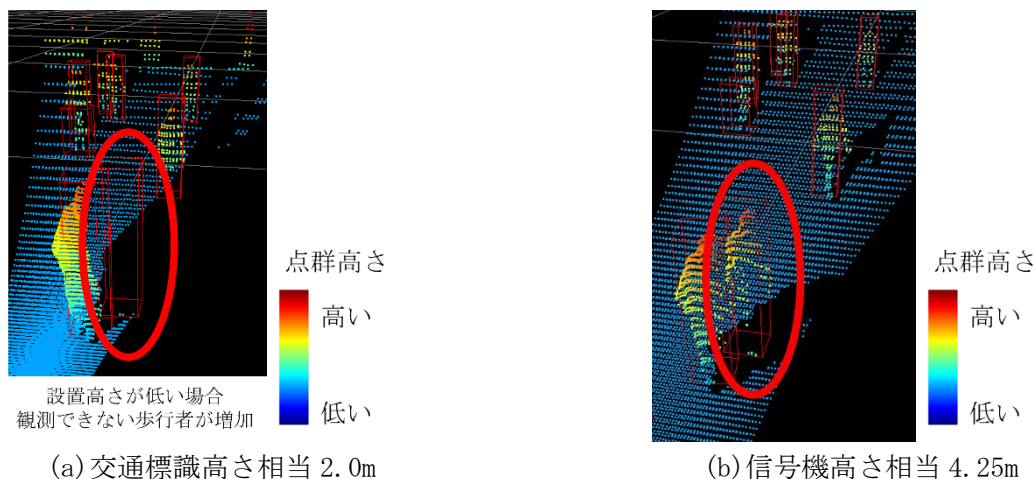


図 3.1.5 複数の高さに機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を設置した時の観測歩行者の点群

② LiDAR のレーザー走査方向の違いによる検証

インフラセンシングでは、広範囲かつ死角の無いセンシングが重要となるが、LiDAR ではこれらの性能に、設置高さの他にレーザーの走査方向が寄与すると考えられる。そこで、ここでは走査方向を変えた時の観測可能な歩行者の違いを評価した。またその時に図 3.1.6 のように LiDAR をそのままの設置方法による水平方向の走査パターン、LiDAR を 90 度回転させて設置直下を考慮した設置方法による垂直方向の走査パターンに分けて検証した。この時 LiDAR の設置高さはどちらも 3.5m とする。

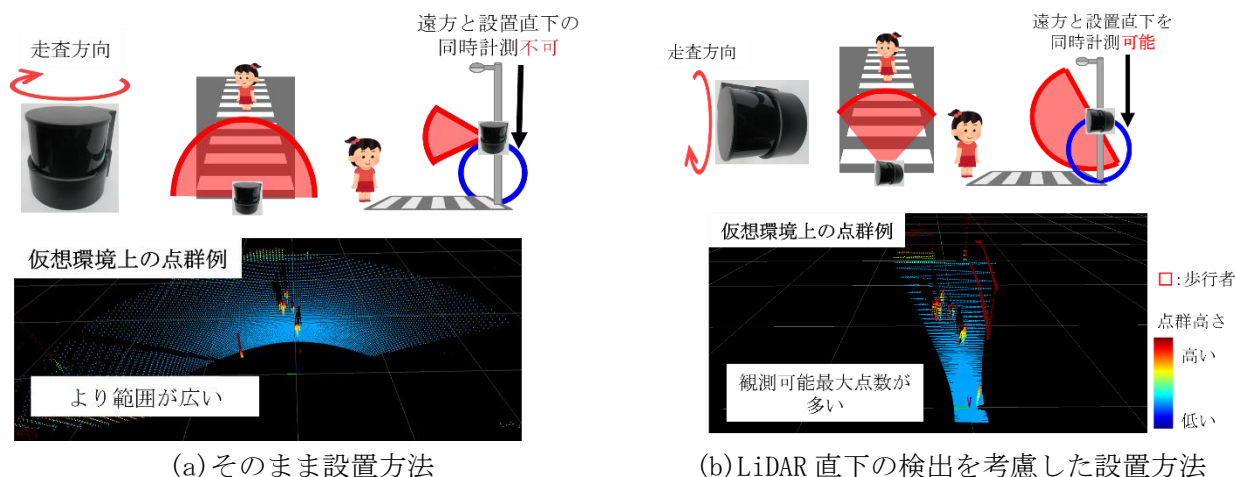


図 3.1.6 機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR をそのまま設置、設置直下観測を考慮した設置方法の比較

図 3.1.7 は各走査パターンに応じた LiDAR からの距離ごとの観測歩行者の点群数を示す。水平方向の走査であるそのままの設置方法では、垂直方向の走査である 90 度回転させた設置方法に比べ、観測した

歩行者の点群数が全体的に少ないことが分かる。しかし一方で、図 3.1.6 の観測点群例のようにそのままの設置方法の方がより観測範囲が広いことが分かる。以上からより観測点数を多く、設置直下の死角を無くしたい場合は垂直方向の走査になるように、LiDAR を 90 度回転させた設置が望ましい。また観測範囲を大きく確保したい場合においては、水平方向の走査になるようにそのままの設置が望ましいことが評価結果から分かった。

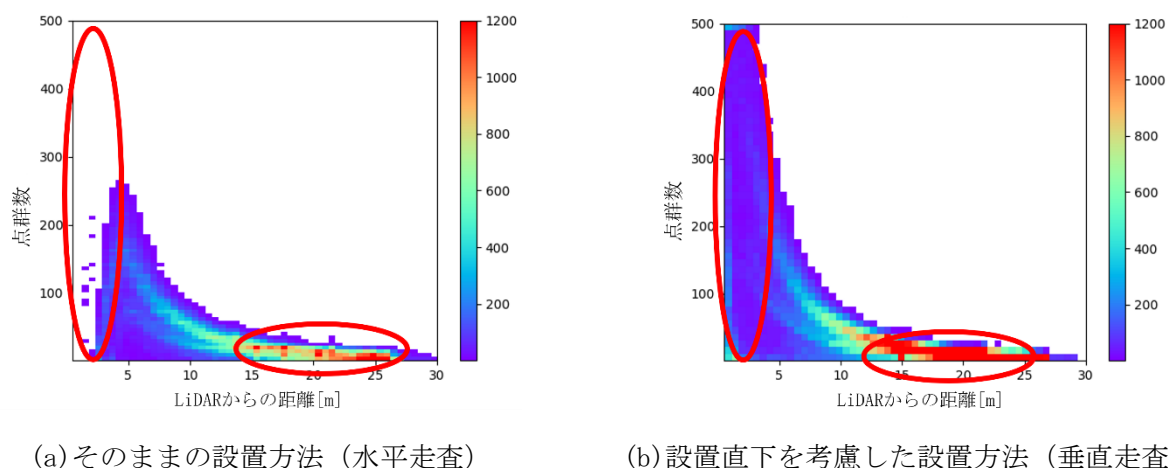


図 3.1.7 機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR 走査方向の違いにおける観測歩行者の距離ごとの点群数の比較

図 3.1.8 は水平方向の走査になるそのままの設置方法で歩行者を観測した時の、観測歩行者の最低距離を示したものである。LiDAR を 3.5m 高さに設置した場合、約 3m 先から 1.8m 高さの歩行者の頭部を観測しはじめ、約 5m 先から全身を観測することが可能であることが分かった。この場合、概ね半径 5m 以内は死角になると分かった。

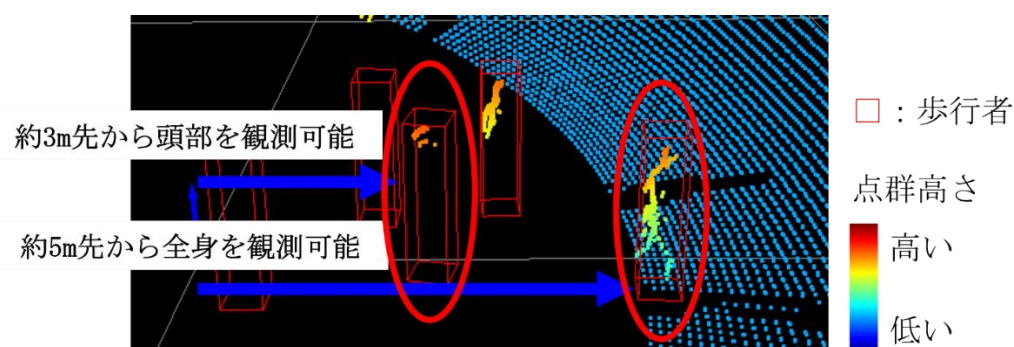


図 3.1.8 機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR をそのまま設置した場合(高さ 3.5m)に観測可能な歩行者の距離

(C) 実証実験に向けた機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた認識モデルの定量的な評価

昨年度開発済みの機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR 向けに特化した認識モデルの歩行者観測の認識精度評価を実施した。昨年度も LiDAR からの距離に応じた精度評価を実施したが、限定的な評価にとどまっていた。今年度は信頼度の高い評価の達成のために、評価データの拡充を行い開発済み認識モデルの評価

を行った。

図 3.1.9 は仮想環境上で機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いて歩行者観測を行うための監視領域を図示したものである。横断歩道を概ね観測できる場合を想定したシミュレーションデータを用意した。横断歩道や、歩道を歩く歩行者をシミュレーションデータに含み、車両や二輪車も行きかうような実環境に近いシーンデータを用意した。

昨年度開発済み認識モデルによる LiDAR の設置位置からの水平距離ごとの各時刻で検出された物体の Recall を図 3.1.10 に示す。全距離区間で約 90%相当の Recall を示し、高精度な認識が可能であると評価した。特に物体の平均検出率は 97.8%を、種別の平均認識率は 90.5%を達成している。さらに車両は平均 98.4%、二輪車は 90.5%の種別認識率を達成している。あくまで各時刻での認識結果であり、時系列処理を考慮していないためより精度が向上することが見込まれる。時系列処理による評価は 3.2 項(1)-(A)の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を使用した認識結果により検証する。

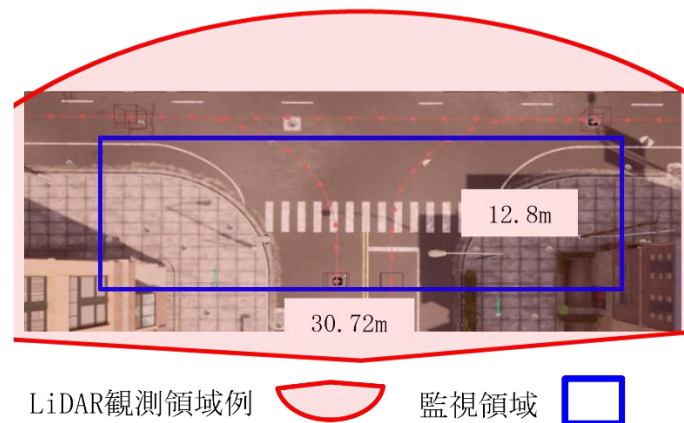
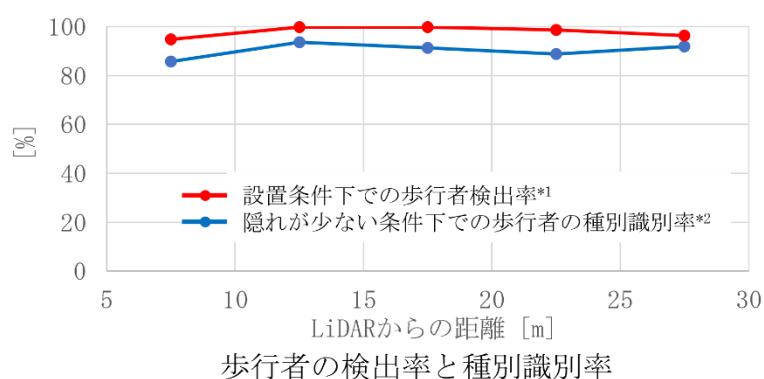
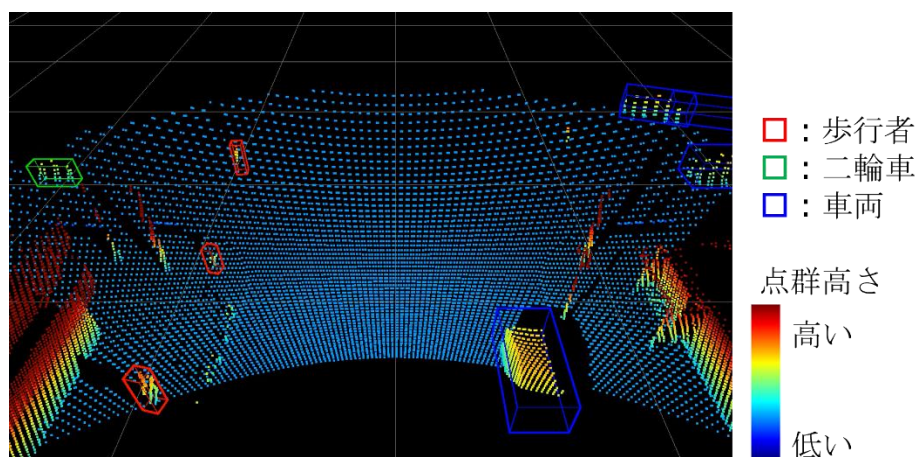


図 3.1.9 機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を横断歩道監視に使用した想定 of 監視領域例



※1 ノイズの影響を考慮し3点以上の点群が観測された物体を正検出と定義して評価
※2 物体の種別を正しく推定できた物体を正識別と定義して評価

図 3.1.10 仮想環境上における機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の点群から歩行者認識した定量評価



開発した認識モデルの認識様子

図 3. 1. 11 仮想環境上における機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の点群から物体を認識した様子

(D) 小型演算装置へ実装のためのインフラセンサ向け認識モデル小型化の検討

認識モデルを、インフラセンサに搭載されるような小型演算装置で動作可能にするために、軽量化・高速化を検討した。

こうした用途の小型装置としては、図 3. 1. 12 に示すような Anvil (組み込み用計算機)、Jetson Orin (小型開発キット)、Jetson Orin Nano (超小型開発キット)、Raspberry Pi (AI チップ搭載の IoT 用デバイス) が代表的なものとして挙げられる。例えば、Jetson Orin Nano は名刺約 1.8 枚分の大きさで超小型の代表的な演算装置である。本検討でも、これらのデバイスでの動作を想定し評価を行う。

これらの小型演算装置へ認識モデルを実装するために、本検討では認識モデルを TensorRT [6] によって小型化・高速化した。TensorRT は、NVIDIA が開発した深層学習モデルの軽量化及び、GPU 利用の最適解による高速化を可能にするソフトウェア開発キットである。TensorRT は NVIDIA の GPU チップが搭載されているデバイスのみ限定して使用可能で、上記デバイスの中では Anvil、Jetson Orin、Jetson Orin Nano で使用可能である。

今年度の検討結果として、開発した認識モデルを TensorRT によって高速化および軽量化を進め、Jetson Orin Nano への搭載を達成した。大きさとしては名刺約 1.8 枚分の面積に相当し、手のひらに乗るほど小型の演算装置への実装を達成した。さらに、開発された認識モデルは一フレームあたり平均 41.26ms という超高速な処理を達成し、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の走査周期 (10Hz) と比べてはるかに高速な処理となった。

これらの成果を実機の試作機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いたインフラ実証実験へ反映させた。リアルタイムでの認識の達成評価を 3.2 項(1)-(A)にて記述する。

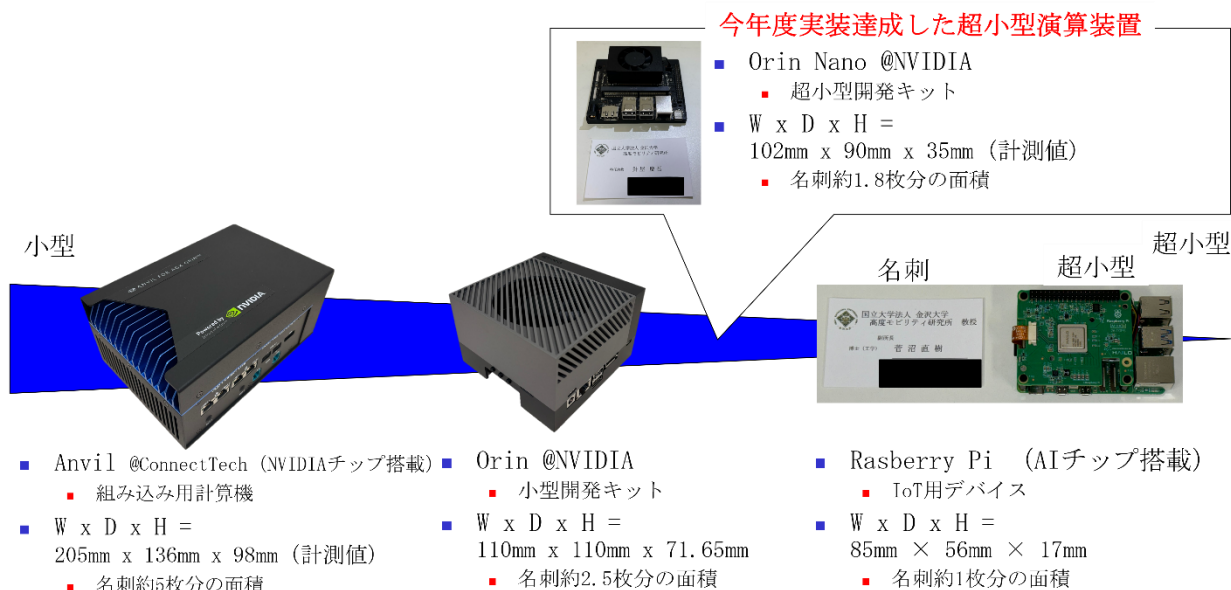


図 3.1.12 インフラセンサとして認識モデルを搭載する小型装置例

(2) 車載を想定した遠距離認識技術の評価

2027年度の最終達成目標として200m以内の自動車、70m以内の歩行者をリアルタイムに処理可能な認識アルゴリズムの開発を挙げ、また2025年度の中間目標として135m以内の自動車、50m以内の歩行者を処理可能な認識アルゴリズムの構築を掲げている。これらの目標達成のために認識モデルの開発の検討を進めた。

(A) SIP第2期で開発した自動運転システムに搭載したLiDARを用いた遠距離認識技術の開発

オールチップPCSEL-LiDAR(POC仕様)による実証実験に向け先駆けて遠距離認識技術の開発を行うために、SIP第2期で開発した自動運転システムに搭載されたVelodyne社(現Ouster社)製のVLS-128APを使った遠距離認識技術の開発の検討を行った。

認識モデルの開発には、深層学習による3次元物体認識であるPointPillars[2]をベースとした検討を進めた。通常の認識モデルでは距離の遠近に関わらず同じ処理が行われるため、点群密度が低い遠方では過剰に演算リソースを要していた課題があった。そこで本検討では、図3.1.13のような距離に応じて処理方法を変える方法による認識モデルを開発した。このアプローチでは、LiDAR点群が距離に応じて粗密傾向が異なることに着目し、処理方法を分ける方法を採用した。これにより距離に応じて最適な処理を行い、密に点群を観測できる箇所に計算リソースを優先的に充て、疎な個所には軽量化が促され、認識モデル全体として軽量かつ高速な処理を可能にした。

まず、開発した認識モデルに時系列処理を加えずに単一フレームのみの評価を行った。図3.1.14に自動車からの距離に対するRecallを示す。評価対象には隠れ度合いが低い自動車と歩行者を挙げ、それぞれ135m以内、50m以内のRecallに着目した。図3.1.14に示すように2025年度中間目標の135m以内、50m以内の自動車・歩行者は60%以上のRecallを達成している。平均認識率として自動車は88.12%、歩行者は71.66%を達成している。一般に用いられる公開データにおけるリーダーボードによると、現時点での最高認識率は、それぞれ自動車は約90%、歩行者は約55%となっている。トップの認識結果に対して遜色

ない精度を担保していると評価した。図 3.1.15 には約 140m 先の自動車の認識結果を示す。開発した認識モデルが正しく認識している様子を示す。

また、推論時間の観点では、開発した遠距離認識技術は小型演算装置上で動作させてもリアルタイムでの高速な動作が可能になっている。図 3.1.12 に示す、Anvil、Jetson Orin での 1 フレームあたりの推論時間は、LiDAR 点群取得間隔の 100ms 以内に収まる平均 83.30ms を達成している。従来の認識モデルでは 1 フレームあたり平均 172.57ms を要していたため、独自開発の認識モデルによる処理の効率性向上と、TensorRT による高速軽量化が顕著に寄与したと考えられる。

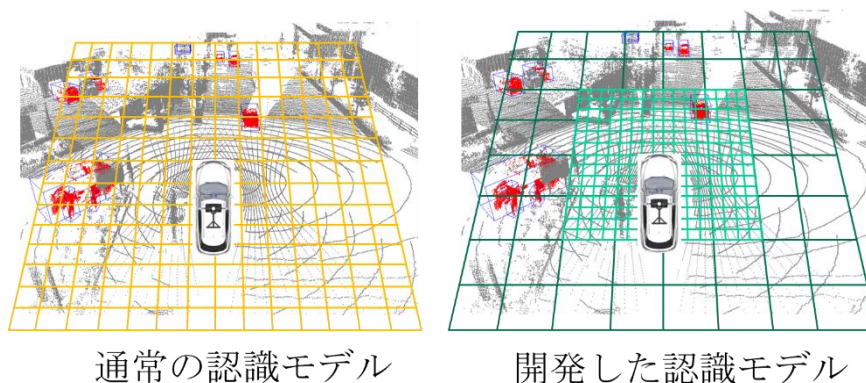


図 3.1.13 従来と開発した認識モデルの点群処理の違い

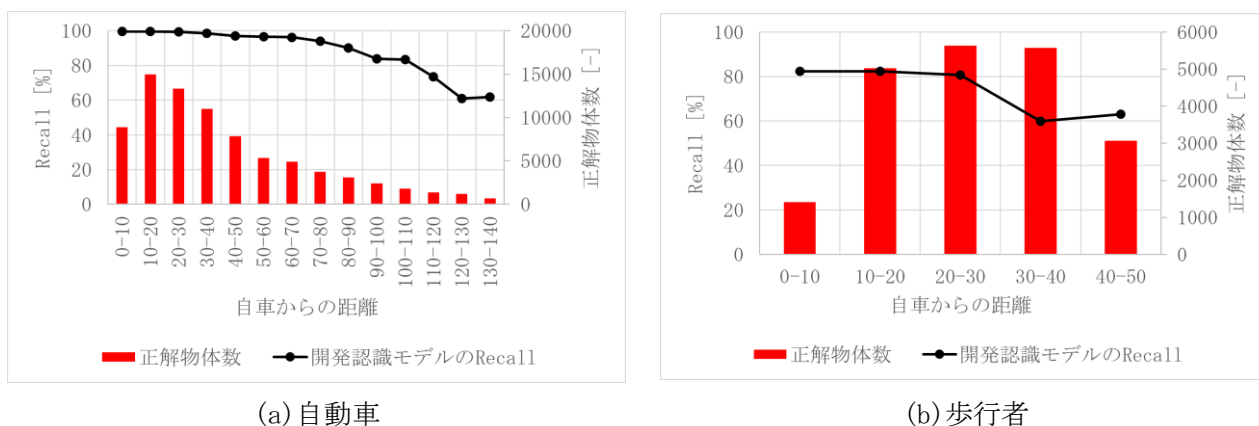


図 3.1.14 開発した認識モデルの認識率



図 3.1.15 開発した認識モデルが遠距離まで認識が可能な様子

3.2 LiDAR を用いた実証実験の実施

研究開発項目①で開発する PCSEL-LiDAR の国際競争力獲得のために、実世界における実証実験を行い、そこで得られた知見や課題のフィードバックを行った。2025 年度において以下の項目を実施した。

(1) 実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた実証実験の実施

- (A) インフラセンサとして機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた実証実験
- (B) 車載センサとして機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた実証実験

(2) 自動運転の試乗機会の提供

(1) 実機の試作機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた実証実験の実施

機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR は、車載センサや市街地に設置するインフラセンサとしての利用が想定される。さらに 2025 年度までに達成すべき研究開発の目標として、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR をインフラセンサとして用いた実証実験及び、車両側面に設置し車両近傍監視を行う車載センサとしての実証実験の実施を挙げている。機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の試作が完成し、2025 年 10 月に金沢大学へ到着したため、実証実験の準備を進め、これらを実施した。その実施項目を次の (A) インフラ向け、(B) 車載向けの用途に分け成果をまとめる。

(A) インフラセンサとして機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた実証実験

この実験では、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR のインフラセンシングとしての利用を想定し、金沢大学角間キャンパス内の車庫室内に図 3.2.1 左図のように設置した。また、この実験では LiDAR の試作機 2 台を用いた。さらに、道路監視できるように車庫室内から道路外方面に向けて設置し実験を進めた。図 3.2.1 右図の通り、車庫前方には歩行者が立ち入れる領域、車両が通行する道路、駐車場の順になっている。

設置方法としては、長い区間の道路領域を監視するように、できるだけ高い位置から見下ろすように設定し、広い観測範囲を確保した。具体的には、LiDAR をロール方向に回転させないそのままの設置方法を採用し、車庫内で設置可能な最大高さ 3.5m の地点に、下へ 18 度傾けて LiDAR をそれぞれ設置した。2 台の LiDAR の間隔は 5m としている。路面を観測できるのは LiDAR の設置場所から水平距離で 5m 先からになっている。実験環境下では LiDAR から約 10m 先を中心に認識を行い、最大で約 20m 先までの領域を監視することを焦点にあてた。



図 3.2.1 試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR とその設置場所（左図）

監視対象領域（右図）の様子

以上の環境下で機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を動作させ、3.1 項(1)で開発した認識モデルによる物体の認識を行った。なおこの時、認識モデルを 3.1 項(1)-(D)に記述した Jetson Orin Nano に実装して実験を行った。認識には歩行者、車両、二輪車を対象とし、カルマンフィルタによる時系列処理も併せて実装し、認識ロジックを構築した。図 3.2.2 には、実際にインフラセンシングが適用される環境を想定し、車庫前に複数の歩行者が雑多に交錯しているシーンにおいて、認識した様子を示す。結果から、リアルタイムに認識が行われ、実際に存在する歩行者を高精度に正しく認識されていることを確認した。機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR をインフラセンサとして用いた実証実験により、交通流を高精度に計測可能であることを実証した。

そして次の通り、実機の機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた実験を通して認識ロジックへの影響の評価をまとめ、研究開発項目①へのフィードバックを行った。評価した項目は、天候の影響、色の影響、遮蔽の影響、VLP-16 との比較評価を挙げる。

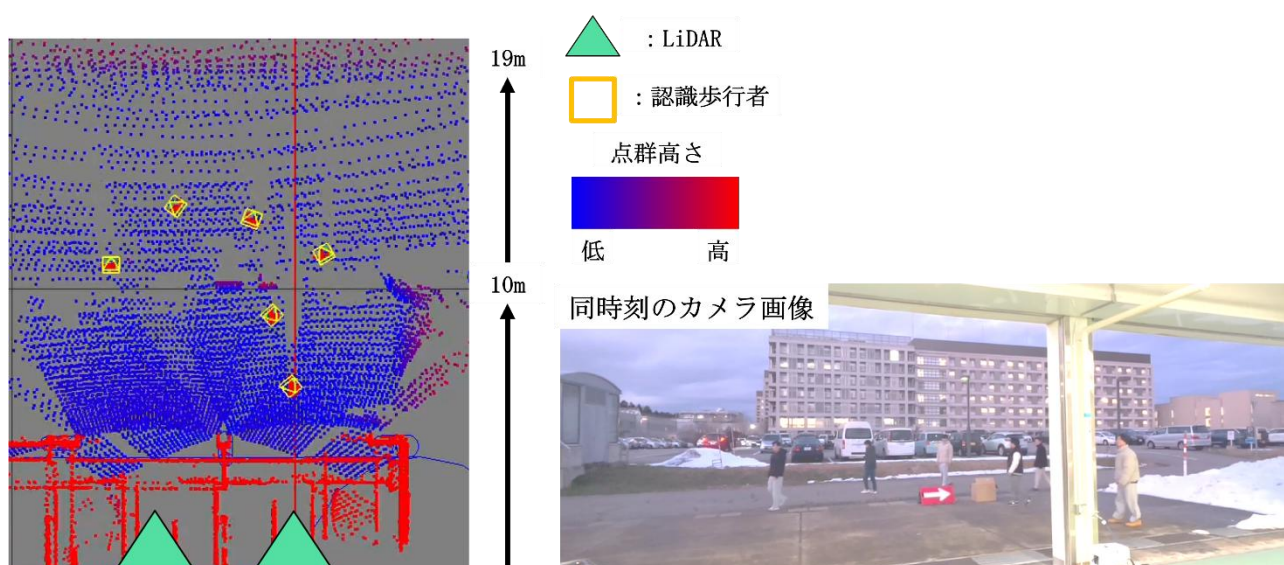


図 3.2.2 試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR 設置した車庫前の歩行者を認識している様子

はじめに、天候の差異による影響を評価した。図 3.2.3 に、試作機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の降雨による路面点群観測の影響差異を示す。この図から、LiDAR から 10m～20m 先の区間において、晴天時の路面が乾いた状態に比べ、悪天候時の路面が濡れた状態では路面点群が観測できていないことが分かる。アスファルトの路面は反射しづらく、入射角が大きいいため反射しづらいことに加えて、濡れた状態も影響して観測が難しい可能性が高い。一方で同日同場所において VLS-128AP での観測では路面の点群を取得できていることから、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR 特有の観測傾向であると評価した。

しかし、移動物体を認識する観点では影響は小さいと考える。図 3.2.4 に、悪天候時を想定し、傘をさした歩行者の認識例を示す。この図を確認すると、歩行者足元に点群は観測できておらず、LiDAR が路面を観測できていないことがわかる。しかし、その上で歩行者は正しく認識できているため、認識する観点からは降雨や降雪の影響は小さいと評価した。

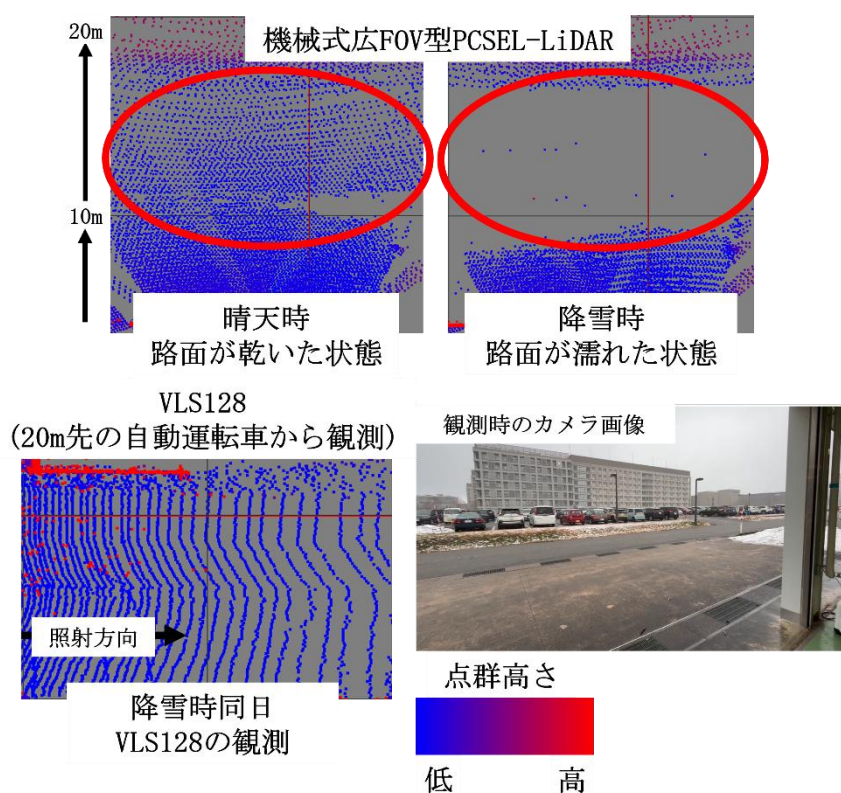


図 3.2.3 機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の天候による影響

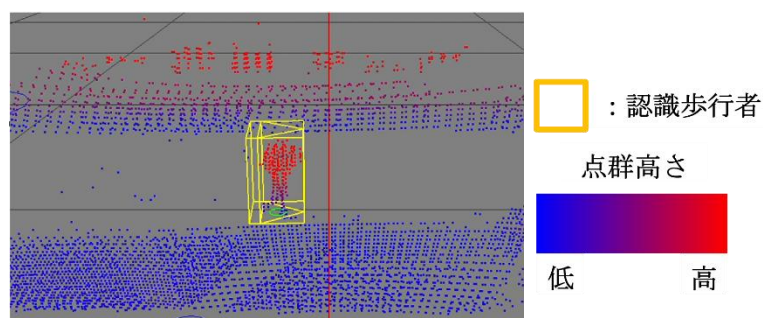


図 3.2.4 試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の観測点群から傘をさした歩行者の認識結果

次に、認識対象の色の差異による影響を評価した。図 3.2.5 では黒色の車両の観測結果を示す。試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR は、約 7m、15m 先における黒色の車両の車体部分の観測ができていない。ほとんど車体としての形状を把握できていないため、3 次元で車両を認識することが不可能であり、インフラ向けの認識において大きな影響があると評価した。元来、黒は赤外線反射しづらい傾向がある一方で、VLS-128AP では同車両を 20m 先からはっきり観測できていることも分かっている。しかし、図 3.2.6 では白色の車両の点群を観測し、正しく認識していることを示していることから、車両を認識することはモデルとしては正しく機能していることを確認した。

一方で図 3.2.7 に示すように、黒色の服を着た歩行者は点群を観測し、認識することが可能になっている。黒い服はその素材から反射やすく、歩行者を認識する観点では色の影響はほとんど低いことを評価した。

黒色の車両を認識するためには、低反射の点群を観測できるように受信感度を調整することや、照射パワーを調整することが考えられると評価した。

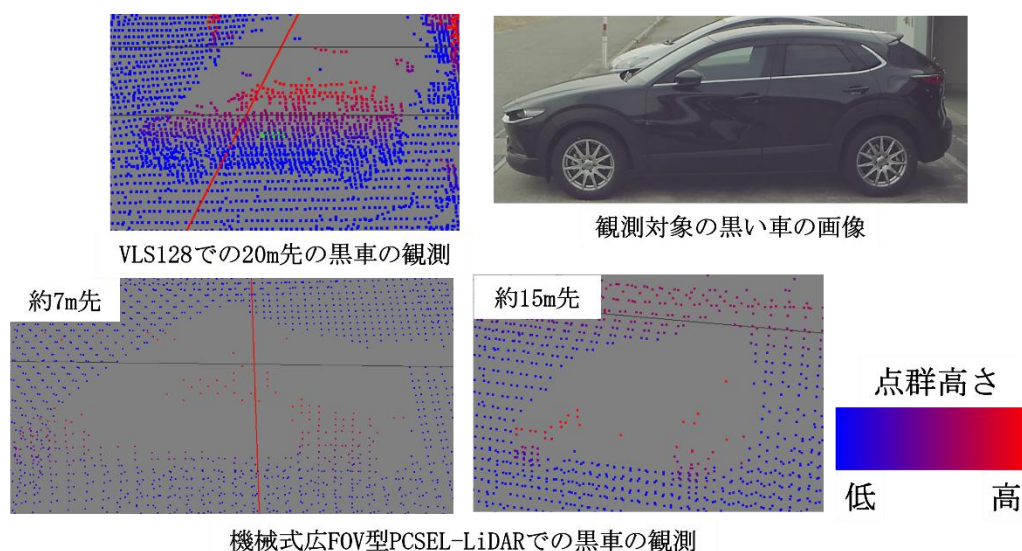


図 3.2.5 試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の黒色の車両の観測

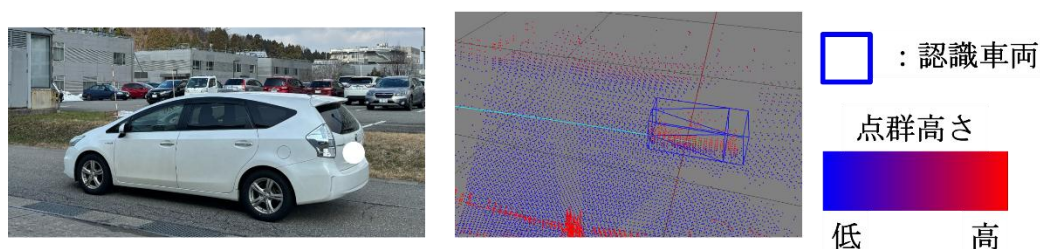


図 3.2.6 試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の白色の車両の観測

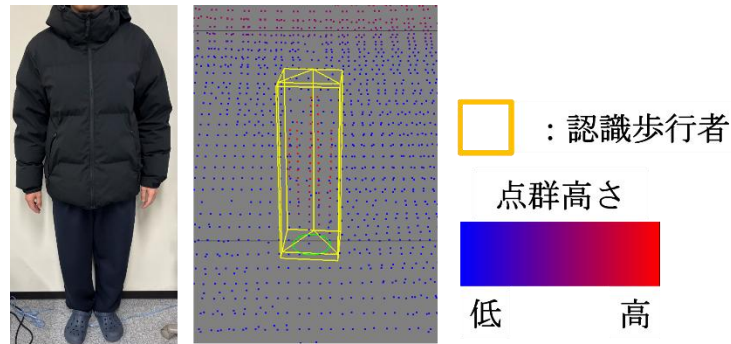


図 3.2.7 試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の黒色の歩行者の観測

次に遮蔽の影響を評価した。図 3.2.8 に、本実験において遮蔽を作る柱を示す。実験では、この柱に遮られて機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR が観測できない死角となる領域が発生するようにした。

まず、1 台の機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR で死角領域を観測した。図 3.2.9 に示すように、柱の向こう側からは点群を観測できていない。それに対して、本実験では認識結果に対して時系列に基づく処理を適用しており、こうした一時的な遮蔽においても認識を継続することができる。図 3.2.9 は柱の遮蔽を歩行者が通過する 3 時刻分の認識結果を示す。結果を確認すると、死角部分に侵入した歩行者が、一時的な遮蔽環境下であっても、連続して同一歩行者を認識し続けていることが分かる。インフラ環境において、このような死角は電柱など道路上の構造物によって多発するため、こうしたアプローチはインフラセンシングにおいて重要である。

図 3.2.10 に、試作の機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を 2 台動作させ実験を行った様子を示す。2 台設置することで、図 3.2.9 では死角になっていた箇所も点群を観測することが可能になっていることが分かる。また、死角部分に侵入した歩行者もはっきりと点群を観測でき、正しく認識することが可能になっている。インフラ環境において死角が発生することが十分想定される中で、試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いて、複数台設置することの重要性が示された。



図 3.2.8 遮蔽を作る柱

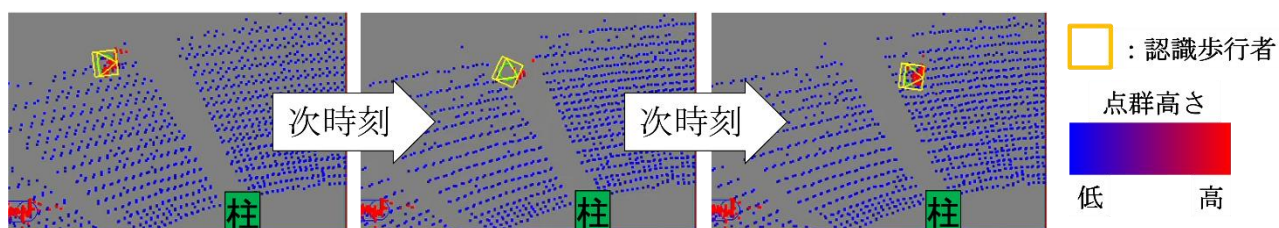


図 3.2.9 柱により死角が発生している箇所を通過する歩行者の認識結果

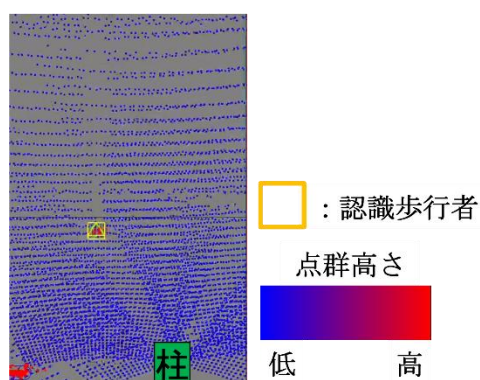
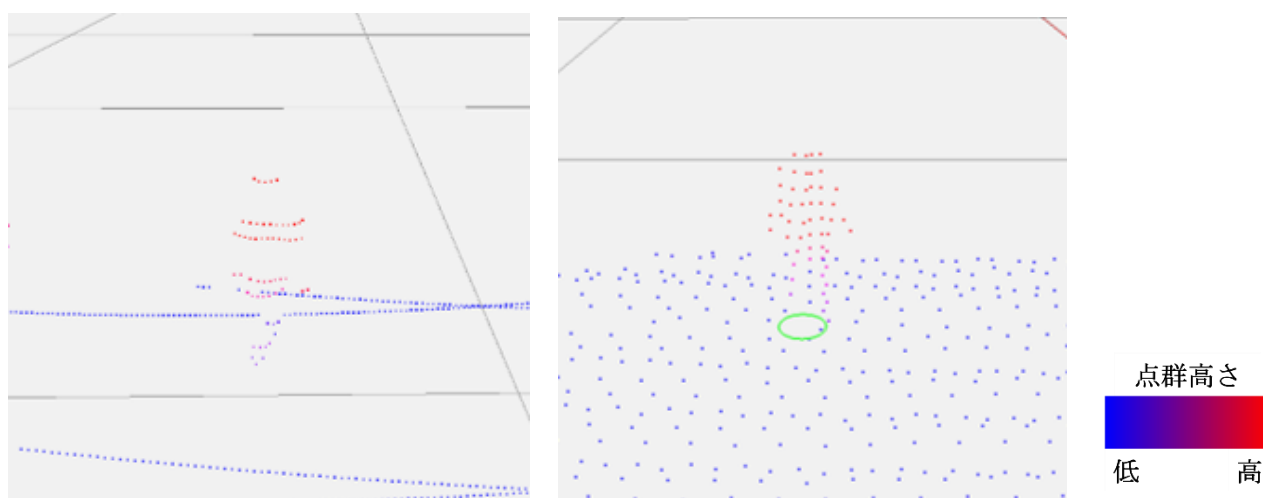


図 3.2.10 LiDAR2 台観測による歩行者の認識結果 (LiDAR1 台の観測で死角になる箇所を通過)

最後に他社製の LiDAR との比較を行った。図 3.2.11 には約 20m 先の歩行者を観測した点群の例を示す。(a)は本実験と同条件で設置を想定した仮想環境上での Velodyne 社(現 Ouster 社)製の VLP-16 の観測点群である。(b)は実環境における試作の実機機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR の観測点群である。機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR は全身まんべんなく歩行者の点群を観測することができている様子を示している。一方で仮想環境上の VLP-16 の観測点群は、全身をとらえていながらもスリット上になっており、人としての形状を成していない。観測点群数に大きな違いは見られないが、認識を行う観点から人としての形状を把握できることは大きなメリットがあると評価した。



(a) 仮想環境上の VLP16

(b) 実機機械式広 FOV 型 LiDAR

図 3.2.11 約 20m 先の歩行者を観測した点群例

(B) 車載センサとして機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を用いた実証実験

図 3.2.12 左図のような車載センサとして利用することを想定し、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を図 3.2.12 右図のように脚立台の上に設置し実験を行った。機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR は観測距離が 30m であることから車両近傍監視を想定し、高さ 0.9m に設置した。市街地走行を目的とした自動運転車両では、車両近傍の監視としての LiDAR はそれ単体の観測点群で物体を認識するのが主目的ではなく、遠距離まで観測可能な LiDAR では観測し得ない車両近傍の観測をすることである。そのため車載センサとしての本実験では認識モデルによる物体の識別は行わず、歩行者や車両がどのように見えるかを評価することを主な項目とする。具体的には、近傍における 1m、3m、5m、10m での歩行者の観測点群の変化を評価する。さらに並走する車両を想定して、近傍における 1m、3m、5m、10m での車両の観測点群の変化を評価する。



(a) 車載センサとしての
機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR



(b) 実験時の車載センサ
機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR

図 3.2.12 車載センサとしての機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR を設置した例

図 3.2.13 は距離ごとに歩行者の観測点群を示す。歩行者は身長約 1.7m であり、図 3.2.7 に示す黒い服を着用し、LiDAR の方に向いている。自動運転車両近傍の観測を想定したため、1m、3m、5m、10m の歩行者を観測した。1m では近距離のため、全身を観測することができず腹部付近のみを観測している。人として種別を特定することは困難であるが、障害物として点群を観測できている。3m では人としての形状を把握できるようになり、種別を特定できる可能性が高い。しかし足元を観測できていないことが分かる。5m、10m では全身を観測でき、歩行者として形状が明瞭である。次に、図 3.2.14 は距離ごとに傘を差した歩行者の観測点群を示す。前述と同じ条件の歩行者が紺色の傘をさしている。この実験でも同じく、5m から歩行者の全身を観測できる。3m では同様に足元が観測できないが、傘の上部も観測できず傘として全貌を観測できていない。いずれの場合でも、障害物として観測可能であり、5m 以降では歩行者として種別まで特定できる可能性が高い。

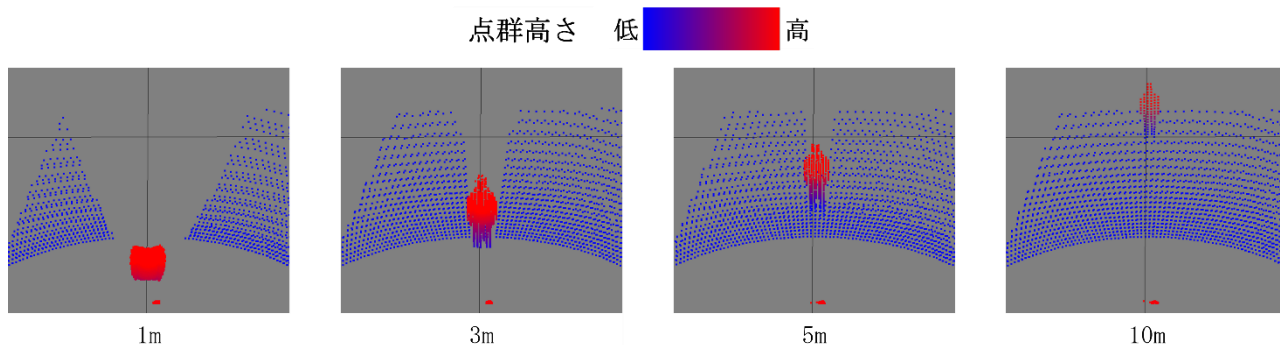


図 3.2.13 自動運転車両近傍における歩行者の距離別の観測点群

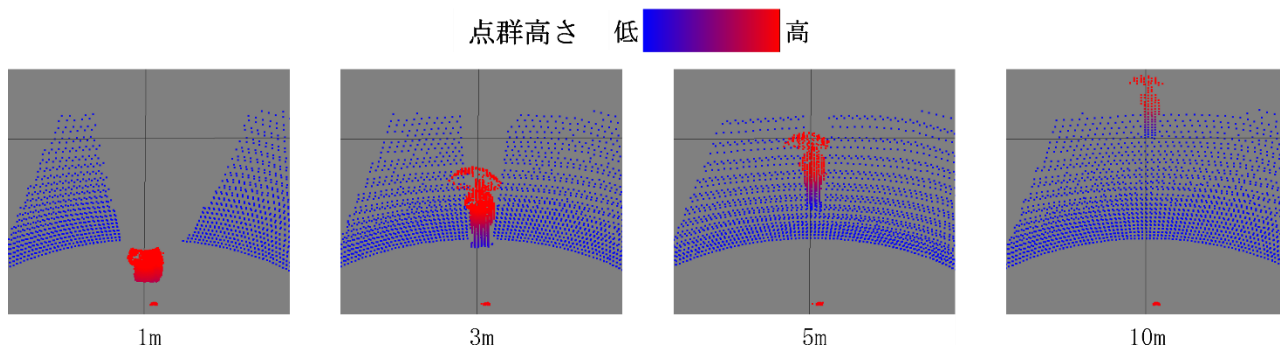


図 3.2.14 自動運転車両近傍における傘を持った歩行者の距離別の観測点群

図 3.2.15 は、自動運転車両近傍における車両の観測の実験に用いた対象車両である。白色と黒色のコンパクト SUV 車両を用意し比較した。図 3.2.16 は距離ごとに白色の車両の観測点群を示す。1m では車両足元が見えず、車両として識別することは困難である。しかし、障害物として点群を観測できている。3m 以降は車両足元が見切れている場合もあるが、車両として形状が明瞭なため、車両として種別を特定できる可能性が高い。図 3.2.17 は距離ごとに黒色の車両の観測点群を示す。1m では、白色の場合と比べより形状が不明瞭で、未観測部分が多い。しかし、障害物として観測可能である。3m では車両としてより明瞭になっているが、車両上部の一部分は点群が未観測であることが分かる。5m、10m では車両部分の点群未観測がより増え、形状が徐々に不明瞭になっている。しかし 10m ではタイヤ部分や車体下部の観測が一部可能であることから、部分的に障害物として観測できていることが分かる。

いずれの場合でも、機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR は、自動運転車両の近傍を監視するための車載センサとして障害物を観測できたと評価された。



図 3.2.15 自動運転車載センサとしての実験に用いた白と黒色の車両

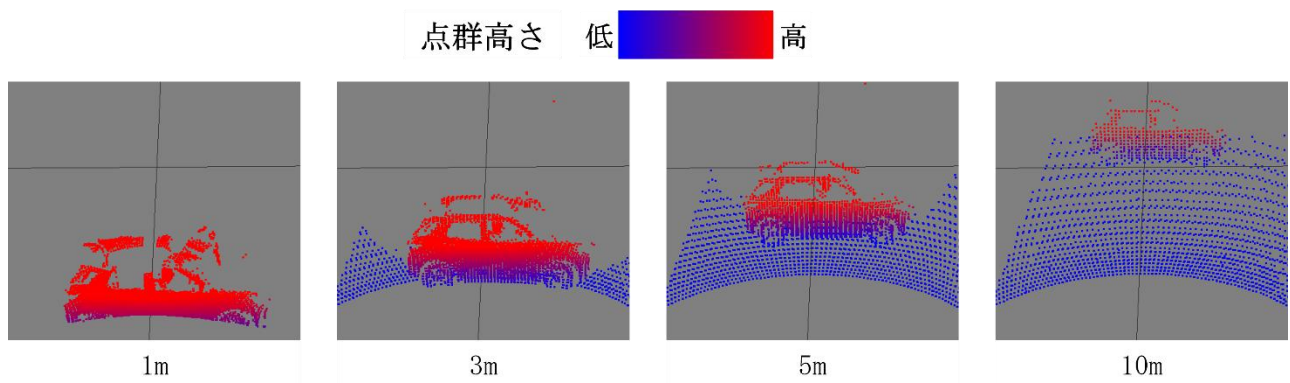


図 3.2.16 自動運転車両近傍における白色の車両の観測点群の変化

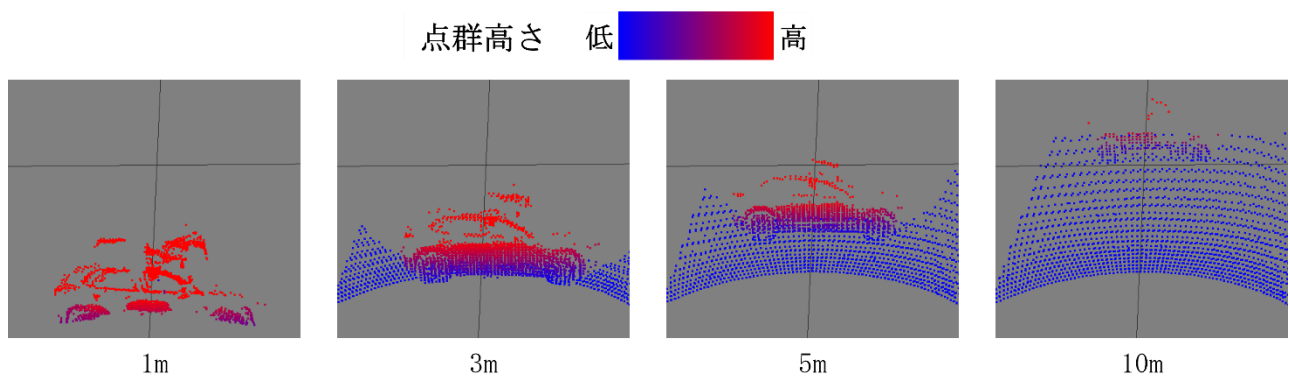


図 3.2.17 自動運転車両近傍における黒色の車両の観測点群の変化

(2) 自動運転の試乗機会の提供

本事業において開発した LiDAR を用いた認識技術を用いた自動運転の実証実験を実施した。自動運転の実証実験には、SIP における開発成果も踏まえて 2024 年 5 月に設立した株式会社ムービーズの協力を得て実施した。株式会社ムービーズでは、2025 年 7 月より国土交通省 令和 7 年度 地域公共交通確保維

持改善事業費補助金（自動運転社会実装推進事業）の支援を受け、北海道上士幌町と連携したロボットタクシーの実証実験を実施している。この実証実験では、北海道上士幌町における総延長 100km におよぶ広大なエリア内での自動運転を行う取り組みとなっており、この実証実験で用いる自動運転車両に SIP 事業における開発成果も踏まえて開発した認識技術を搭載し、実証実験を実施した。

実証期間中、北海道上士幌町町長、SIP スマートモビリティプラットフォームの構築の石田 PD など多数の関係者に試乗いただく機会を得た。今後は認識技術の高度化・高精度化を進めるとともに、引き続き株式会社ムービーズとの連携も踏まえて、レベル 4 での社会実装に向けた取り組みを推進する予定としている。



図 3.2.18 北海道上士幌町における実証実験の様子

参考文献

- [1] D. Alexey, et al, CARLA: An open urban driving simulator. Conference on robot learning, 2017.
- [2] A.H.Lang, et al, PointPillars: Fast Encoder for Object Detection from Point Clouds, International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.12689-12697, 2019.
- [3] 経済産業省・国土交通省、自動運転レベル 4 等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト（RoAD to the L4）、<https://www.road-to-the-l4.go.jp/publication/>、2026 年 3 月 1 日アクセス。
- [4] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、「デジタル・スマートモビリティによるシェアードスペースの実現」、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期 スマートモビリティプラットフォームの構築、<https://sip3.nedo.go.jp/smartmobility/theme/03/index.html>、2026 年 3 月 2 日アクセス。
- [5] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、「実践的なモビリティのリ・デザ

イン」、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期 スマートモビリティプラットフォームの構築、<https://sip3.nedo.go.jp/smartmobility/theme/10/index.html>、2026年3月2日アクセス。

- [6] NVIDIA、NVIDIA TensorRT、<https://docs.nvidia.com/deeplearning/tensorrt/latest/index.html>、2026年3月2日アクセス。

4. 社会実装に向けた取組状況

本研究開発成果の社会実装に向けて、実施体制・計画を明確化するとともに、その実現に必要な技術開発および社会実装・事業化に向けた取り組みを推進した。具体的な体制としては、まず、PCSEL 光源について、京都大学における研究開発成果を、本 SIP 期間中に設立した新たな橋渡し法人である一般社団法人フォトニック結晶レーザー研究所（PCSEL 研究所）（注：本法人の取り組みの詳細は後述）や、量産化を担うレーザーメーカー・半導体関連企業へ技術移転し、これらの法人・企業から LiDAR メーカー等へ供給する計画である。これを受けて、STEP1 のカード型 PCSEL-LiDAR および機械式広 FOV 型 PCSEL-LiDAR ならびに関連技術について、インフラ、パーソナルモビリティ、ロボット分野の LiDAR メーカー（北陽電機(株)等を含む）が、京都大学・金沢大学における研究開発成果の提供を受けつつ、レーザーメーカー等から PCSEL 素子の供給を受けて、PCSEL-LiDAR の事業化へと展開し、ユーザーに提供していく計画である。社会実装・事業化に向けた取り組みの状況としては、コンパクトなカード型 PCSEL-LiDAR について、既にその試作を完了しており、現在は量産化に向けた高度化を進めている。また、広 FOV 型 3 次元 PCSEL-LiDAR についても、インフラ側に設置するセンサとして、広範囲を高分解能で計測可能なシステムの試作を完了しており、金沢大学における実証実験で得られたフィードバック等を通じて得られた知見を反映しながら、更なる性能向上等、事業化に向けた高度化を進めている。STEP2 のオールチップ型 PCSEL-LiDAR および関連技術については、将来的に、車載関連企業等が京都大学・金沢大学から本 SIP の研究開発成果や、SIP の補完・加速のための別プロジェクト等での長距離・広 FOV 化に関する研究開発の成果等の提供を受けるとともに、レーザーメーカー等から素子供給を受けて、車載向け LiDAR として事業化・提供していくことを想定している。このような展開に向けて、これまでに PCSEL 多点照射チップと SPAD センサを組み合わせた原理実証を推進し、バラック構成において $12^{\circ} \times 16^{\circ}$ 程度の視野角（FOV）で世界初となる POC 実証に成功した。今後は、本 SIP を通じて、本技術の測距距離を 100m 級へ拡大するとともに、小型化・一体化を進める。さらに、SIP 終了後には他プロジェクトとも連携しながら、車載 LiDAR に必要とされる、測距距離 200m 以上かつ視野角 $25^{\circ} \times 100^{\circ}$ 以上の LiDAR システムの構築へと展開し、社会実装と波及効果の拡大を図っていく。加えて、物体認識技術については、金沢大学から同大学発のベンチャー企業である(株)ムービーズ（注：本法人の取り組みの詳細も後述）へと技術移転し、同社がユーザーへのサービス提供を行うとともに、ロボットタクシー等の事業への展開も進める計画である。

このように、本研究開発では、PCSEL光源、PCSEL-LiDAR、および物体認識技術について、研究開発成果の技術移転先や事業化主体を明確化するとともに、社会実装に必要な試作・実証・高度化を並行して推進しており、最終的には自治体やインフラ関連企業、さらには国民（一般消費者）へと広く展開していくことを目指している。

以上で述べたような社会実装を加速するための鍵となる活動として、PCSEL技術とPCSEL-LiDARに関して、先述のように、本SIP期間を通じて、大学-企業間の橋渡しの役割を担う新たな組織として、一般社団法人「京都大学フォトニック結晶レーザー研究所」を設立し（2024年12月2日に設立し、同年12月6日にプレス発表）、現在、その活動を本格化させている（図4.1）。本法人は、海外における、フラウンホーファー研究機構やIMECなどの橋渡し組織を参考にしつつも、日本の産学連携の実情に合わせて設計した独自の橋渡し組織であり、大学とは分離された法人として、ビジネスベースで企業がアクセス

しやすい仕組みを持つ点に特徴がある。これまでも、京都大学内のPCSEL研究開発拠点において、大規模な共同研究・共同開発を多数進めてきたが、大学組織であることによる制約から、試料の供給や量産試作などビジネス寄りのニーズに応えることは難しかった。さらに、PCSEL技術が自動車、通信、医療、宇宙などの幅広い分野においてニーズが増大し、大学の枠を超える段階に来ていた。そこで、新たな橋渡し法人を設立し、京都大学のPCSEL研究開発拠点が新コンセプトの提案や基礎研究の役割を中心に担い、橋渡し法人が、応用・社会実装に関わる研究、素子提供、装置貸出、技術の指導、ネットワーキング、人材育成、普及活動などの役割を担い、多様な企業との協働を拡大できる体制の構築を図っている。（参考資料として、図4.2および図4.3に、橋渡し法人の設立についてのプレス発表資料および、設立に関するテレビや新聞での報道等を示す。）

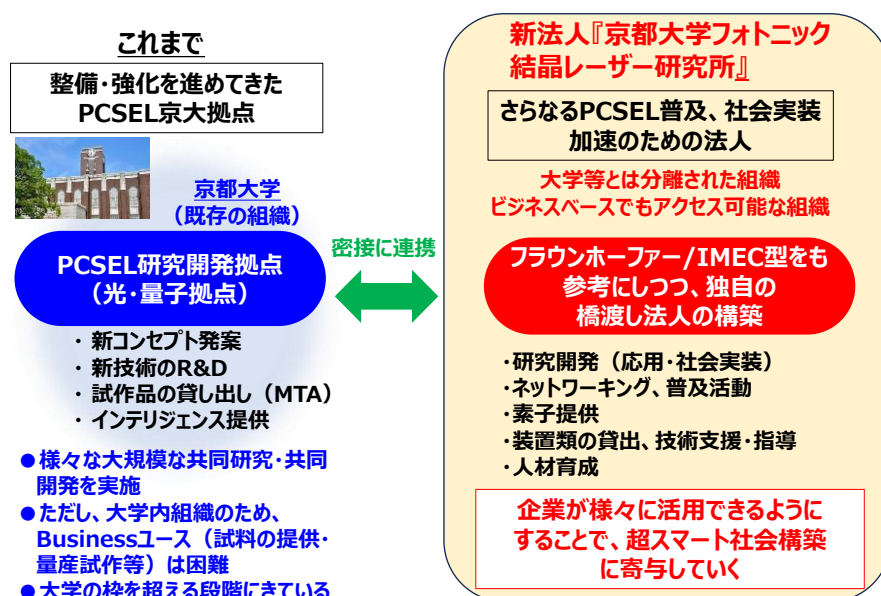


図 4.1 PCSEL 技術、PCSEL-LiDAR の社会実装の核となる
(一社)『京都大学フォトニック結晶レーザー研究所』の設立

参考
資料

橋渡し法人（中間組織体）：一般社団法人 「京都大学フォトニック結晶レーザー研究所」設立について 2024年12月2日設立（12月6日プレス発表/ホームページ掲載）

京都大学記者クラブ加盟各社 御中
在阪民放四社京都支局協議会加盟各社 御中

「一般社団法人 京都大学フォトニック結晶レーザー研究所」設立 に関する記者レクのご案内について

京都大学は、フォトニック結晶レーザー（PCSEL：Photonic-Crystal Surface-Emitting Laser）研究において世界をリードしています。PCSELは、フォトニック結晶（屈折率が異なる物質を光の波長と同程度の間隔で並べたナノ周期構造の人工結晶）を活用した半導体レーザーで、高出力・高ビーム品質動作が可能で、かつ様々な機能性をもつことを特長としています。センシング、レーザー加工、光通信、モバイル、医療・生命科学、宇宙（衛星間通信や宇宙計測、宇宙セイル推進等）、さらには極端紫外線（EUV）発生、核融合など、様々な分野への応用が期待されます。

図 4.2（参考資料）新法人『京都大学フォトニック結晶レーザー研究所』の設立について

参考
資料

橋渡し法人（中間組織体）設立に関する報道

NHK 12/6



日本経済新聞

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

日本経済新聞 12/6

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

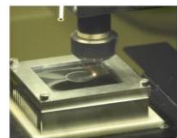
京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

京大、新型レーザーの企業連携組織 装置提供や技術指導

読売新聞

小型で強力なレーザー光、実用化に向け企業との橋渡し
役の社団法人設立...京大

2024/12/06 22:00

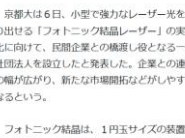


フォトニック結晶が光の波長より数倍の周期を持つ（左図、京都府産業技術振興センター提供）

読売新聞 12/6

小型で強力なレーザー光、実用化に向け企業との橋渡し
役の社団法人設立...京大

2024/12/06 22:00



フォトニック結晶が光の波長より数倍の周期を持つ（左図、京都府産業技術振興センター提供）

朝日新聞

小型で高効率...新半導体レーザーを実用化 京大が企業との
橋渡し強化

2024/12/06 13:01

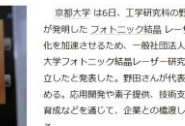


通称3ミリのフォトニック結晶レーザーが京大で開発された（左図、京大提供）

朝日新聞 12/7

小型で高効率...新半導体レーザーを実用化 京大が企業との
橋渡し強化

2024/12/06 13:01



通称3ミリのフォトニック結晶レーザーが京大で開発された（左図、京大提供）

日刊工業新聞 12/12

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

12月12日 日本経済新聞 2024年12月12日

その他、産経新聞、京都新聞、関西テレビニュース等でも報道

図 4.3（参考資料）新法人『京都大学フォトニック結晶レーザー研究所』の設立報道

2025年度には、本橋渡し法人の活動を本格化し、自動車関連企業、光源関連企業、センシング機器関連企業、ナノ加工関連企業、通信関連企業、医療関連企業など、40を超える企業・機関（今後の連携予定も含む）との間で連携・協力体制が構築されつつある。その内容として、共同研究や技術指導・支援

に関わる機関が15以上、ネットワーキングや素子提供に関わる企業・機関が25以上である。ナノ加工から、PCSEL製造、そして自動車関連を含むPCSELの応用に関わる企業等、多様な企業・機関が含まれており、PCSEL技術の応用開拓から量産プロセス開発、実用システムへの組み込みまで、一貫した産学連携のエコシステムが形成されつつあると言え、従来のスタートアップ単独モデルとは異なる新しい社会実装システムとして、今後発展し、SIP成果の社会実装にも貢献可能と期待される。

物体認識技術に関しては、研究開発成果の社会実装に向けて、本SIP期間中に金沢大学の認定ベンチャー株式会社ムービーズを設立し（2024年5月30日に設立）、現在その取り組みを本格化させている（図4.4）。現在、政府は2027年度までに地域限定型の無人自動運転サービスを日本全国の100か所以上の地域での実現を目指した各種施策を推進している。本法人では政府の目標達成に向けた貢献も見据え、SIPで研究開発された物体認識技術などを活用し、運転席無人の自動運転サービスの実現に向けて複数の地方自治体と連携した社会実装の取り組みを推進している。

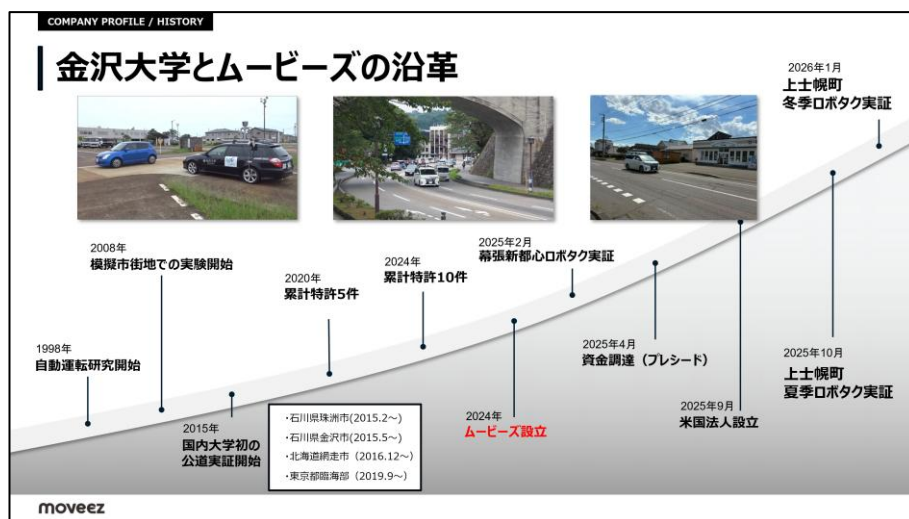


図 4.4 (参考資料) 株式会社ムービーズの設立とその後の社会実装の取り組み

法人設立後の具体的な取り組みとして、2025年2月には千葉県千葉市と連携し、幕張新都心におけるロボットタクシーの実証実験を実施した。また2025年10月および2026年1月には北海道上士幌町におけるロボットタクシーの実証実験を実施し、冬季の降雪環境などの悪天候を含む様々な環境での実証実験を実施し、物体認識技術の高さを実証した。また、これらの実証においては多くの関係者や地域住民への試乗機会の提供も実施（図4.5）しており、多くのメディア報道にも結び付いており広く国民への研究開発成果の発信が行われている状況にある（図4.6）。



公道走行中の様子



上士幌町竹中町長のご試乗

図4.5（参考資料） 北海道上士幌町における実証実験の様子

日付	媒体	見出し/リンク	種別	備考
2025/10/3	TBS NEWS DIG	自動運転「ロボタクシー」の実証実験、時速60キロで住民が試乗…北海道上士幌町 TBS NEWS DIG	地方TV/全国Web記事	
2025/10/3	千葉テレ+	国交省の自動運転重要支援地域 ムービーズ、ロボタクの運行実証開始 チバテレ+プラス	地方TV局Web記事	
2025/10/3	LIGARE	国交省の自動運転重要支援地域 ムービーズ、ロボタクの運行実証開始 ligare.news	業界誌	
2025/10/3	北海道新聞	自動運転タクシー、国内最速の時速60キロ 上士幌で実証開始 市街地と農村部結ぶ：北海道新聞デジタル	地方紙	
2025/10/4	十勝毎日新聞	自動運転レベル4へ ロボタクシー実証実験開始 上士幌 十勝毎日新聞	地方紙	
2025/10/5	朝日新聞	ロボタクシーで広大な農村部の足守れ 北海道上士幌町で実証実験 [北海道]：朝日新聞	全国紙	
2025/10/8	Mobilish (TMJ)	ムービーズ ロボットタクシー実証開始 Mobilish (モビリッシュ) 株式会社TMJ	業界向け情報サイト	
2025/10/16	十勝毎日新聞	上士幌で10月から実証開始のロボタクシー 記者が試乗 十勝毎日新聞	地方紙	記者同乗のレポート。無人走行実現に向けたデータ収集の様子を紹介。
2025/10/18	毎日新聞	国内最速60キロ「ロボタク」 自動運転レベル2 上士幌町が実証実験 /北海道 毎日新聞 全国紙	全国紙	

図4.6（参考資料）北海道上士幌町の夏季実証における報道実績一覧

このような取り組みにより、当初予定していた計画以上に社会実装に向けた取り組みが加速している状況となっている。今後開発されるLiDARを用いた高度な認識技術や、PCSEL-LiDARの評価・活用についても株式会社ムービーズと連携しながら適切な社会実装を進める方向で検討を行っている。

以上で述べたように、本プロジェクトでは、PCSEL という先端レーザー技術を核として、インフラ用、マイクロモビリティやロボット用、将来の車載用など多様な用途に対応する PCSEL-LiDAR とその認識技術の開発を行い、社会実装に向けた具体的なロードマップを構築し、社会実装において重要な役割を担う橋渡し法人やベンチャー企業の設立を行っている。これらの活動を通じて、コスト試算や量産プロセス検討、多数の企業や研究機関と連携する体制、フィールドでの実証実験等が進んでおり、基礎研究から事業化までの一気通貫の活動が、大幅に進展しているといえる。これらの取り組みは、小型・低コストで高性能な LiDAR を社会に普及させ、超スマート社会の構築に大きく貢献することが期待される。