

世界における車載用各種 LiDAR の開発動向

鷲尾 邦彦¹

¹有限会社 パラダイムレーザーリサーチ (〒195-0072 東京都町田市金井 7-7-35)

Global Development Trends in various LiDARs for Automotive Applications

Kunihiko WASHIO¹

¹Paradigm Laser Research Ltd., 7-7-35 Kanai, Machida, Tokyo 195-0072

Abstract: A brief overview is given on the global development trends in various LiDARs for automotive applications, including mechanical scanning type and solid-state type (MEMS, OPA, and Flash) LiDARs.

Key Words: Automotive applications, LiDAR, Mechanical Scanning, MEMS, Optical Phased Array, Flash LiDAR

1. はじめに

ここでは、世界における車載用各種 LiDAR の開発動向について、主にインターネットを利用した文献検索及び特許検索などにより入手した情報に基づいて、調査結果の概要を紹介する。

2. 車載用 LiDAR の市場予測

2.1 車載用 LiDAR 市場全体及び用途別の動向

米・Goldman Sachs 社により 2015 年 9 月に発表された自動運転車関連市場の長期予測によれば、車載用 LiDAR の市場は、2020 年は約 18.1 億ドル、2025 年は約 105.6 億ドル、2030 年に約 358 億ドル、2035 年には約 816 億ドルへと急成長するものと予測されたり。これに伴い、車載用 LiDAR への参入企業が急増しつつあり、仏・Yole Development 社らによる 2018 年 4 月の市場調査レポート²⁾によれば、LiDAR メーカーは、米国 12 社、カナダ 3 社、欧州 4 社、中国 4 社、日本 4 社、イスラエル 2 社、オーストラシア 1 社、計 30 社がリストアップされており、さらにステルスモードで LiDAR を研究開発中の企業として、米国 2 社、欧州 3 社、日本 9 社、韓国 1 社の計 15 社がリストアップされている²⁾。

当面は、市場規模は Robotic Cars 用のほうが ADAS (Advanced Driver-Assistance Systems, 先進運転支援システム) 車用よりもかなり大きいですが、市場成長率に関しては ADAS 車用のほうが大きいので、2029 年には ADAS 車用の市場規模が Robotic Cars 用の市場規模を越えると予測されている²⁾。用途別では、Robotic Cars 用は、2020 年に約 12 億ドル、2030 年に約 65 億ドル、また ADAS 車用は 2020 年に約 0.1 億ドル、2030 年に約 74 億ドルとなると予測されている²⁾。文献 1 における予測値と比べると、2030 年の市場規模は約 1/3 であり、当初の予測よりも、成長率がやや鈍化した。

2.2 車載用 LiDAR 市場の機種別動向

車載用 LiDAR (主に 3D LiDAR) は、走査方式の種類及び走査の有無などにより、多チャンネル・マクロ・機械的走査方式(360 度回転型など)、ミラー振動などによるその他の機械的走査方式、MEMS 走査方式、OPA (Optical Phased Array) 走査方式、及びフラッシュ方式(非走査方式)に分類できる³⁾。また、一般に Direct Time of Flight (dToF) 方式となるレーザー光源にパルスレーザーを用いるものと、FMCW 方式または位相シフト方式となる CW レーザーを用いるものにも分類できる³⁾。Table 1 に、車載用 LiDAR の機種別参入企業数の一覧を示す³⁾。

Table 1 Numbers of LiDAR Manufacturers by Types*

Scanning Schemes	Laser Types		Total
	Pulse	CW	
• Multi-channel, Macro Mechanical	8	0	8
• Other Mechanical	4	0	4
(Mechanical Scanning Sub-Total)	(12)	(0)	(12)
• MEMS Scanning	9	1	10
• OPA Scanning	6	2	8
• Flash (Non-scanning)	7	2	9
(Solid-State and Flash Sub-Total)	(22)	(5)	(27)
Total	34	5	39

*Some manufactures are double-counted due to entry into manufacturing different type of LiDARs

Table 1 から分かるように、パルスレーザーを用いた LiDAR (dToF 方式) に参入している企業数が 34 社と多く、全体の約 87% を占めている。機械的走査方式 LiDAR は、開発の歴史が比較的長く、また、自動運転用試作車への搭載実績も多いが、大型でかつ高価であり、また長期的信頼性などに懸念があるため、全固体方式 (MEMS、OPA、

及び Flash) LiDAR の開発が活発化している。全固体方式 LiDAR のシェアは、2022 年では 1% 強程度でしかないが、2026 年には 10% 弱になり、2032 年には約 51% と機械的走査方式 LiDAR のシェアをやや凌駕するようになると予測されている²⁾。

3. レベル 4 の自動運転車用 LiDAR の仕様

前述したように、ここ 10 年間程度は ADAS 車用よりも Robotic Cars 用の市場規模のほうが大きい。Robotic Cars 用とは、主にロボ・タクシーや Maas (Mobility as a Service) と呼ばれるサービスとしての移動用に使用されるものであり、比較的高価なレベル 4 に相当する自動運転車に搭載される LiDAR である。LiDAR の固体化及び低価格化が進展すれば、主に自家用となる ADAS 車への普及も進むようになる。レベル 4 の自動運転車用 LiDAR の仕様例を Table 2 に示す⁴⁾。

Table 2. Performance specification of a LiDAR for Level 4 autonomy⁴⁾

Item (unit)	Spec.	Note
Range (m)	>200	@10% reflectivity
Horizontal FOV (deg)	>120	(HFOV)
Vertical FOV (deg)	>25	(VFOV)
Resolution(deg)	<0.1	in HFOV and VFOV
Refresh rate (Hz)	>15	

4. 車載用 LiDAR 製品の仕様例

4.1 dToF・機械的走査方式 LiDAR

標題方式の LiDAR で、比較的高性能な製品の概略の仕様例を Table 3 に示す (製品のアナウンスのみで、量産出荷はまだ先となるものも含む)。

Table 3 Key product specs of mechanical LiDARs

Manufacturer	Ouster	Velodyne	Luminar
Model	OS2-64	Alpha Puck	iris
Laser wavelength	850 nm	~ 903 nm	1550 nm
Channels	64	128	NA
Range	>200m (80%)	~300 m*	~250 m
(@Reflectivity in %)	100 m (10%)		(<10%)
Vertical FoV	22.5°	40°	30°
V. angular resolution	0.35°	0.11° **	dynamic
H. angular resolution	0.18°	0.1° ~0.4°	NA
Precision	±1.5~10cm (3 cm ave.)	up to ±3 cm typ.	< 1 cm
Rotation or Frame rate	10~20 Hz	5~20 Hz	1~32 Hz
Power consumption	14~16W typ.	< 30W	(~15 W)
Mass	600 g	~3.5 kg	(約 910 g)

*Configuration dependent

**Minimum value (non-linear distribution)

4.2 dToF 全固体・MEMS 走査方式 LiDAR

標題方式の LiDAR で、比較的高性能な製品の概

略の仕様例を Table 4 に示す (いずれも製品のアナウンスのみで、量産出荷はまだ先である)。

Table 4 Key specs of MEMS-based LiDARs

Manufacturer	Innoviz	Aeye
Model	InnovizOne	iDAR AE110
Laser wavelength	(905 nm)	1550 nm
Vertical Channels	(250)	up to 400
Range	250 m	220 m (@R 20%)
(@Reflectivity R in %)	(R: unknown)	up to 100 Hz
Vertical FoV	25°	up to 40°
V. angular resolution	0.1°	0.1°
H. angular resolution	0.1°	0.1°
Precision	(3 cm)	NA
Frame rate	25 FPS	up to 100 Hz
Power consumption	(15~23 W)	NA
Mass	NA	NA
Remarks	45×110×95mm	Integrated camera

5. 新方式全固体車載用 LiDAR の開発動向

非 MEMS 型全固体 LiDAR には、OPA 走査方式及び非走査 (Flash) 方式があるが、いずれも研究開発段階であるものが多く、車載用 LiDAR としての製品仕様は不透明である。Silicon Photonics⁵⁾を活用した OPA と組み合わせた FMCW 方式の LiDAR は、装置の小型化・低価格化に適していると考えられ⁶⁾、新規参入が活発化している。

本年 3 月には、最新の半導体集積回路技術を駆使して作成したメタ表面を利用した新方式のスキヤナを、米・Lumotive 社が開発中であることが明らかになった⁷⁾。これには、同社の CTO の Gleb M. Akselrod 氏らによる複数の特許出願⁸⁻⁹⁾が密接に関連しているものと思われる。

また、1550nm 帯光検出器の低価格化用として、Ge-on-Si 型 SPAD¹⁰⁾のアレイ化及び高性能化など、新型光検出器開発の一層の進展が期待される。

参考文献

- 1) Goldman Sachs: *Monetizing the rise of Autonomous Vehicles*, Cars 2015, Vol. 3 (Sep. 17, 2015) p.6.
- 2) Yole Development and Woodside Capital Partners: *The Automotive LiDAR Market* (April 2018).
- 3) Yole Development: *LiDAR for Automotive and Industrial Applications 2019* (March, 2019).
- 4) C. Pulikkaseril, S. Lam: OFC 2019 (2019) Tu3D.2.
- 5) A. J. Zilkie, et al.: IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron, Vol. 25 (2019) 8200713.
- 6) J. Hecht: *Laser Focus World*, (May 2019) 22.
- 7) <https://www.lumotive.com/>
- 8) G. M. Akselrod et al.: US Patent Application Publication US2018/0239021 A1
- 9) G. M. Akselrod: US Patent Application Publication US2018/0248267 A1
- 10) P. Vines, et al.: *Nature Commun.* (2019)10:1086.