

## 超スマート社会に向けて進化する測域センサ (LiDAR)



企業レポート

嶋地直広\*

The light-weight small size LiDARs have helped develop mobile robots that works in our daily life environment. The robots with LiDARs can transfer materials in factories or carry goods in warehouses to increase work efficiency. Other application examples of LiDAR, such as monitoring in a public facilities and safety system of railroad platforms are briefly explained. LiDARs evolution will continue along with the realization of super-smart society in the future.

Key Words : LiDAR, Mobile robots, society5.0

### はじめに

近年、施設内の巡回やレストランで給仕する移動ロボットが実用化され、街で見掛けることも多くなった。わが国では少子高齢化が進み労働人口は減少の一途を辿ることが分かっている<sup>1)</sup>。それを補うために様々な分野でロボットの開発と実用化が進んでいるが、中でも移動ロボットは測域センサを用いた安定走行技術の確立により費用対効果が成立しているので人手不足が問題となっているところで普及が拡大している。移動ロボットは産業分野においても物流倉庫や生産工場への導入が急速に進んでおり、ネットで購入するとすぐ届く現代社会を実現している物流システムを支えている。また、熟練者の高齢化が進み労働人口の減少が懸念される農業や建設の現場でも移動ロボットの導入が急がれている<sup>2)</sup>。

本稿では、これら物を運んだり、人を乗せたりする移動ロボットに欠かせない重要な環境認識センサである測域センサの誕生からキーデバイスとしての拡がり今後について述べる。自動運転技術の分野ではスキャン型のレーザ測域センサをLiDAR (Light Detection and Ranging) と呼ぶようになったが、LiDARは数10 km上空のエアロゾルなどを数

10 mの精度で測距する大気計測装置の名称でもあるので混乱を避けるため本稿では測域センサと記す。

### 測域センサの機能

測域センサはレーザ距離計を光学スキャナで走査して、周辺の形状データを出力する。移動ロボットは活動範囲のレイアウトを知り、その中で自分の現在位置と目的地を把握して自律的に移動する能力が求められる。それを実現させているキーデバイスが測域センサである。測域センサから得られる形状データの事例を図1aおよびbに示す。図1aの三脚に測域センサを設置すると図1bのような周辺を上空から見たような形状データを得ることができる。

測域センサは、レーザビームを照射して対象物からの反射光を受光し、その時間差により対象物までの距離を求めるレーザ距離計と、そのレーザビームの照射方位を制御する光学スキャナで構成されている。このレーザ光が対象物から反射して戻ってくる時間差を測定して距離を算出する方式をTOF (Time of flight) と呼ぶ。代表的なTOFには短パルスレーザ光を照射してダイレクトに時間差を検出する短パルス方式やレーザ出力を振幅変調して位相差により時間差を検出する位相差方式、変調周波数を連続的に掃引して周波数差により時間差を検出するFMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式などがある。移動ロボットの制御に用いられる測域センサは小型化と低価格化に適している短パルス方式を採用することが多い。



\* Naohiro SHIMAJI

大阪電気通信大学 工学部 電子物性工学科  
現在、北陽電機株式会社 経営企画本部  
R&D室 理事  
TEL : 06-6441-2252  
E-mail : shimaji@hokuyo-aut.co.jp

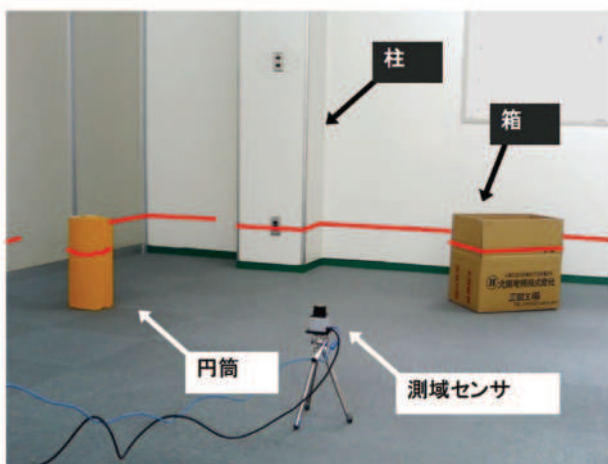


図1 a. 床から 30cm の高さに設置した測域センサと周辺の構造物

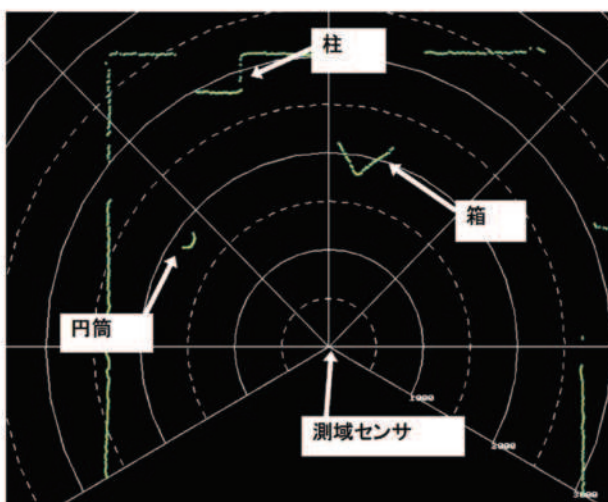


図1 b. 測域センサから得られる周辺の形状データ点群

### 測域センサの誕生と功績

移動ロボットは産業ロボットとは異なり、人と同じフィールドで稼働する。そのため移動ロボットには、人との衝突を回避して安全を確保しながら周辺環境を認識し、最適な経路を見つけて目的地まで自律移動する必要がある。この周辺環境をリアルタイムにセンシングしてロボットの目となる環境認識センサが測域センサである。

1990年代までの移動ロボット研究では環境認識センサとして超音波センサや画像カメラなどを駆使した自律移動技術が開発されていた。移動ロボットがこれらのセンサから得られる情報を自律移動に利用するためには高度なアルゴリズムとコストの高い高速演算処理が必要とされた。これに対して測域センサはレーザを照射し瞬時に対象物までの距離を測

定できるレーザ測距系を光学的に走査することにより、周辺環境の幾何学的形状データをダイレクトに出力できるので、移動ロボットは複雑な高速演算処理を必要としない。2003年頃になると測域センサが移動ロボットの自律移動に極めて有効な環境認識センサであることがロボットの研究により示されるようになった<sup>3)</sup>。しかし、当時の測域センサは測量や労働安全用に製品化されたものしかなく、大型で重量も大きく移動ロボットに実用的に使えるものがなかった。

そこで、北陽電機は移動ロボット研究の世界最先端にあった筑波大学と移動ロボット技術を世界に先駆けて実用化していた ALSOK や tmsuk らとの産学連携プロジェクトでユーザイノベーション開発を実践し、大きさと重量を従来比で約 28 分の 1 に劇的に小型軽量化した測域センサを開発した。2005年、北陽電機はその研究成果を世界で初めて移動ロボット用の測域センサとして製品化した<sup>4)</sup>。この測域センサは同年に名古屋で開催された愛・地球博に登場したほとんどの移動ロボットに採用された。世界中の移動ロボット研究者が小型軽量の測域センサを安価に入手できるようになったことで、その後、移動ロボットの衝突回避や自律移動技術が急速な発展を遂げ、同時に多くの移動ロボット技術者も育成されることになった。当時、デファクトスタンダードとなった移動ロボット用に量産された測域センサ URG-04LX の外観を図 2 に示す。

それから 18 年が経ち、現在第一線で活躍している移動ロボット開発者の中には、学生時代にこの北



図 2. 世界で初めて市販されたサービスロボット用測域センサ URG-04LX の概観

陽電機の測域センサで学んだ者も少なくない。また、北陽電機は2009年から社会貢献プログラムを行っている。つくばチャレンジ<sup>5)</sup>やNHK学生ロボコンの参加チームに測域センサを無償貸与して、若き移動ロボット研究者を支援している<sup>6)</sup>。測域センサは対象の環境形状を点群データとして出力する。この点群データはロボットの自己位置推定の他に物体認識、状態検知などにも応用できる。将来に日本のモノづくりを担う若者に早くから測域センサを使い慣れてもらうことで世界と競える技術者に成長してほしいという思いがある。

### 他分野への拡がり

スキャン型のレーザ測域センサはリアルタイムに形状データを出力できるので、対象物までの距離だけでなく、位置(方位)、大きさ、形状、数量、速度などの情報も算出できる。北陽電機は2006年頃から、これらの特徴を活用して移動ロボット以外の用途開発も盛んに行ってきた。リテール業界では人数カウントシステムとして利用されている。形状データにより人を認識して、その位置座標を追跡することで任意の場所を通過する人数を双方向でリアルタイムに計数できる。このシステムは商業施設のサービス向上や昨今はコロナ感染防止のための入場制限などに利用されている。セキュリティ業界ではマンションやサーバーールームなどセキュリティレベルの高いエリアへの共連れ侵入検知に利用できる。またテロ対策の用途として公共エリアでの不審物放置の検知も可能である。干渉事故防止の目的ではバリアセンサとして、立体駐車場での車両はみ出し検知や建設現場での建機のアームのはみ出し検知などに利用されている。他にもエスカレータの降り口での滞留検知や転倒検知に利用できる。測量用途では文化遺産やプラント設備の3Dデータ化、航空機からの地形測量などに利用されている。エンタテインメント業界では図3に示すように来場者の動きに応じて映像が変化するチームラボのお絵描き水族館などインタラクティブ・プロジェクションに利用されている。

鉄道業界では駅ホームドアの普及に伴って、列車の停止位置確認センサや駅ホームドアと列車の間の空間の支障物検知センサ、また踏切内の残留検知など安全目的に利用されることが多い。3月18日、



図3. 来場者の動きに応じて映像が変化する  
チームラボのお絵描き水族館

うめきたに開業した新しい大阪駅の地下ホームにも北陽電機の測域センサが採用され、日々の安全運行を支えている。

### 次世代の測域センサ

測域センサは光学、精密機械、アナログ回路、FPGA、組み込みソフトウェアが最適化されている。従って、測域センサを開発している北陽電機では光学設計者、機械設計者、回路設計者、ソフト設計者が育っている。

これまでの測域センサは対象の形状データを精度よく計測して忠実な点群データを出力することを目指してきた。しかし、社会情勢の大きな変化により必要とされるニーズも変化し、超スマート社会の新しいシステムが測域センサに求める役割も変わってくると考えている。一方でロボット技術やAIなどの認識技術とプロセッサなど電子デバイスの性能は日々進化している。

今後の北陽電機はロボット技術者やネットワーク技術者の育成も強化して、測域センサを単なる計測センサではなく、更に高度化およびシステム化させて、ユーザが必要とするデータを提供できる次世代センサシステムへと進化させていく。

### 参考文献

- 1) 第1回産業構造審議会, 2050 経済社会構造部会, 資料4, “2050年までの経済社会の構造変化と政策課題について”, p.4
- 2) 三輪泰史: スマート農業が実現する新たな農業の姿~社会実装が始まった農業 ICT・IoT 技

- 術～, 第4回農林水産戦略協議会資料, (2017)
- 3) K. Ohno, T. Tsubouchi, and S. Yuta : Proc. of IEEE Int'l Conf. on Robotics and Automation (ICRA), pp.689-690 (2004)
  - 4) 油田信一・大矢晃久・嶋地直広：“「知能ロボット用測域センサ」の商品化”, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.2, pp.181-184 (2005)
  - 5) 油田信一, 岩田光弘：第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会2015(SI2015), pp.0789-0793 (2015)
  - 6) 嶋地直広：“移動ロボット用小型軽量測域センサの開発”, 日本ロボット学会誌, Vol.34, No.10, pp.659-662 (2016)

