

長距離・高分解能・リアルタイム 3D Imaging LADAR の開発

Development of long range, high resolution, and real-time 3D imaging LADAR

小竹 論季⁺, 亀山 俊平⁺, 今城 勝治⁺, 辻 秀伸⁺, 平井 暁人⁺, 高林 幹夫⁺, 平野 嘉仁⁺

Nobuki Kotake⁺, Shumpei Kameyama⁺, Masaharu Imaki⁺, Hidenobu Tsuji⁺,

Mikio Takabayashi⁺, Akihito Hirai⁺, Yoshihito Hirano⁺

三菱電機 (株) ⁺

Mitsubishi Electric Corporation ⁺

Abstract

In the previous study, we have introduced the concept of the real-time 3D imaging LADAR (LAser Detection And Ranging) using linear array receiver. In this paper, we demonstrate a long range, high resolution, and high speed 3D imaging using the developed system. The system consists of in-house-made key components. The uniform illumination optics and the linear array receiver which consists of the previously reported APD array and the ROIC array assembled in one package. We newly developed the transmitting optics using pupil divide method which realizes a uniform illumination on a target. By combining these devices with the one dimensional fast scanner, we realized a 256×256 pixels range imaging with on-line frame rate of more than 10 Hz at a distance of more than 1 km. To our knowledge, this is the first demonstration using 3D imaging LADAR with this pixel number, on-line frame rate, and range.

1. まえがき

我々は、物体上多点の測距により高速 3D 撮像を行う、3D Imaging LADAR (LAser Detection And Ranging)の開発を行っている。前回の報告では、開発した APD, ROIC の各単素子をベンチ実験系に組み込みセミリアルタイム撮像実験を行った。ここでは、上記要素デバイスをアレイ化し且つシステム開発を行い、従来にない長距離、高画素分解能(多画素)、かつリアルタイムな 3D 撮像を実証したので報告する。

2. システム構成

システム構成を Fig. 1 に示す。パルスレーザーから送信パルスを一照射光学系によりライン状に照射し、APD リニアアレイの各素子で受信した信号をアナログ ROIC(Read-Out Integrated Circuit)により処理し、照射ライン上の距離と強度を瞬時計測する。このラインを 1 次元に高速走査して広範囲に送受信を行い、高速 3D 撮像を行う。本システムを実現するために、高効率な均一照射光学系や、光受信器である InAlAs APD、距離・強度算出回路である SiGe-BiCMOS ROIC といったアレイデバイス等の要素開発を行った。

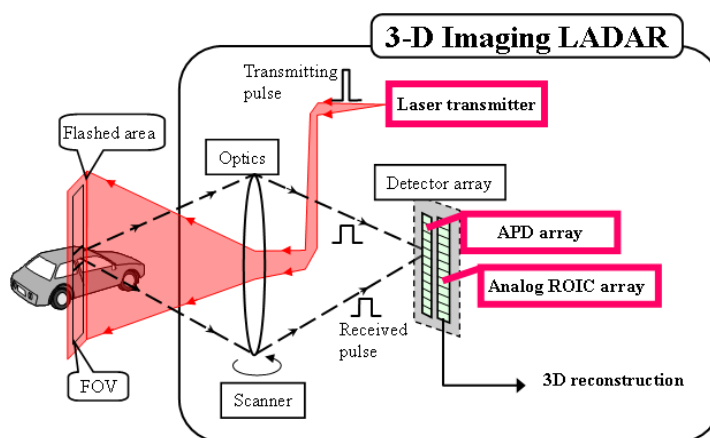


Fig1. Concept of the 3D Imaging LADAR with the linear array receiver

3. 要素デバイスの開発結果

本節では、上述した要素開発のうち、アレイ型受信器と均一照射光学系について紹介する。

3-1. アレイ型受信器

アレイ型受信器とは、アレイ状のAPD(以降、APD アレイ)とアレイ状のROIC(以降、ROIC アレイ)がパッケージ化されたものを表し、その光学写真を Fig.2 に示す。

APD アレイの素子数は 256 であり、増倍層には低過剰雑音である InAlAs を用いている。画素ピッチは 50 μm で、量子効率 は 85%、容量は 0.3pF である。また、暗電流は 30nA であり、ゲインは 10 である。

ROIC アレイの素子数は 64 であり、本パッケージには ROIC アレイを 4 チップ搭載している。ROIC の素材には 0.18 μm の SiGe-BiCMOS プロセスを適用しており、トランスインピーダンスとピーク検出回路により構成されている。ピーク検出回路は受信強度のピーク値とその受信時間を計測するものである²。本 ROIC アレイのサイズは 6mm \times 3mm である。上述したように、Fig.2 のパッケージは 256 の APD アレイと 4 つの ROIC アレイが搭載されており、そのサイズは約 40mm \times 40mm である。

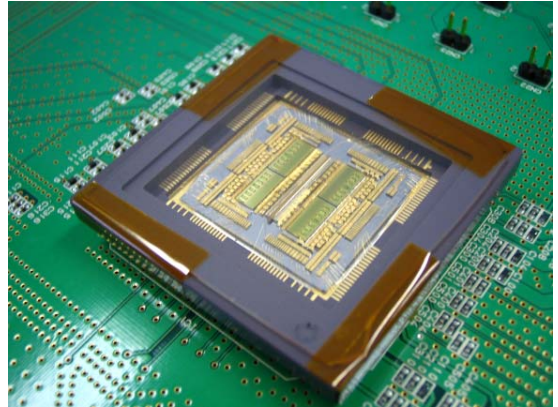


Fig. 2 Photograph of package of array receiver

3-2. 均一照射光学系

本システムでは、送信ビームを受信視野に合わせ、ライン状かつ均一強度で照射する技術が必要である。従来の均一照射光学系としては、非球面型⁴や拡散板型⁵といった方式が存在するが、前者は要求加工精度が高いため低コスト化が難しく、後者は照射光強度分布の均一性が低いという課題があった。これに対し我々は、低コストかつ高い均一照射性を実現できる瞳分割型レーザ均一照射光学系を新規開発した。本光学系の構成を Fig.3 に示す。凹レンズによって整形したガウシアンビームを三角プリズムに入射し、プリズム出射端においてビームを頂点に対して両側に二分割する。各ビームをプリズム出射面により屈折させ、互いに交差させながらターゲットに向け照射する。光学系出射端において、分割した 2 つのビーム強度を重ね合わせることで強度分布を均一化することができる。

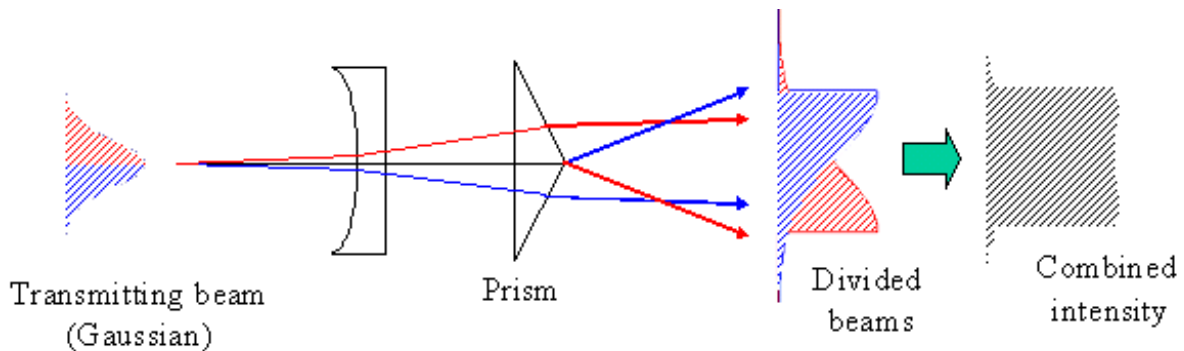


Fig.3 Schematic for line direction of uniform illumination optics using pupil divide method

4. 3D 撮像結果およびまとめ

本 LADAR のベンチトップ実験系を構築し、開発した均一照射光学系, アレイ型 APD , ROIC を組み込んで撮像実験を行った。その撮像結果を Fig.4, 5 に示す。取得された画像は 256×256 画素、10Hz 相当の撮像速度であり, Fig. 4 は距離 1km 以上の景観を撮像した結果である。また, Fig. 5 は距離 200m 先の人間が撮像領域を通過する様子を撮像し, それを時系列順に示したものである。赤円は目標である人間を表す。両図共に良好な撮像結果が得られ, 従来にない長距離, 高画素分解能 (多画素), かつリアルタイムな 3D 撮像を実証することができた。

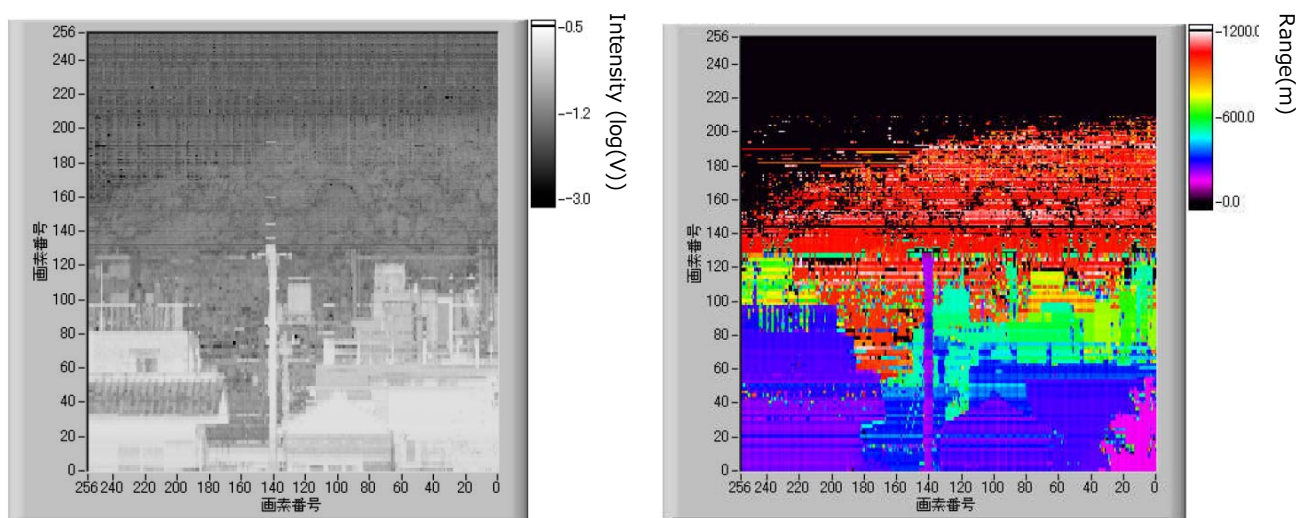


Fig4. Long range imaging results (Left:Intensity image, Right:Range Imag

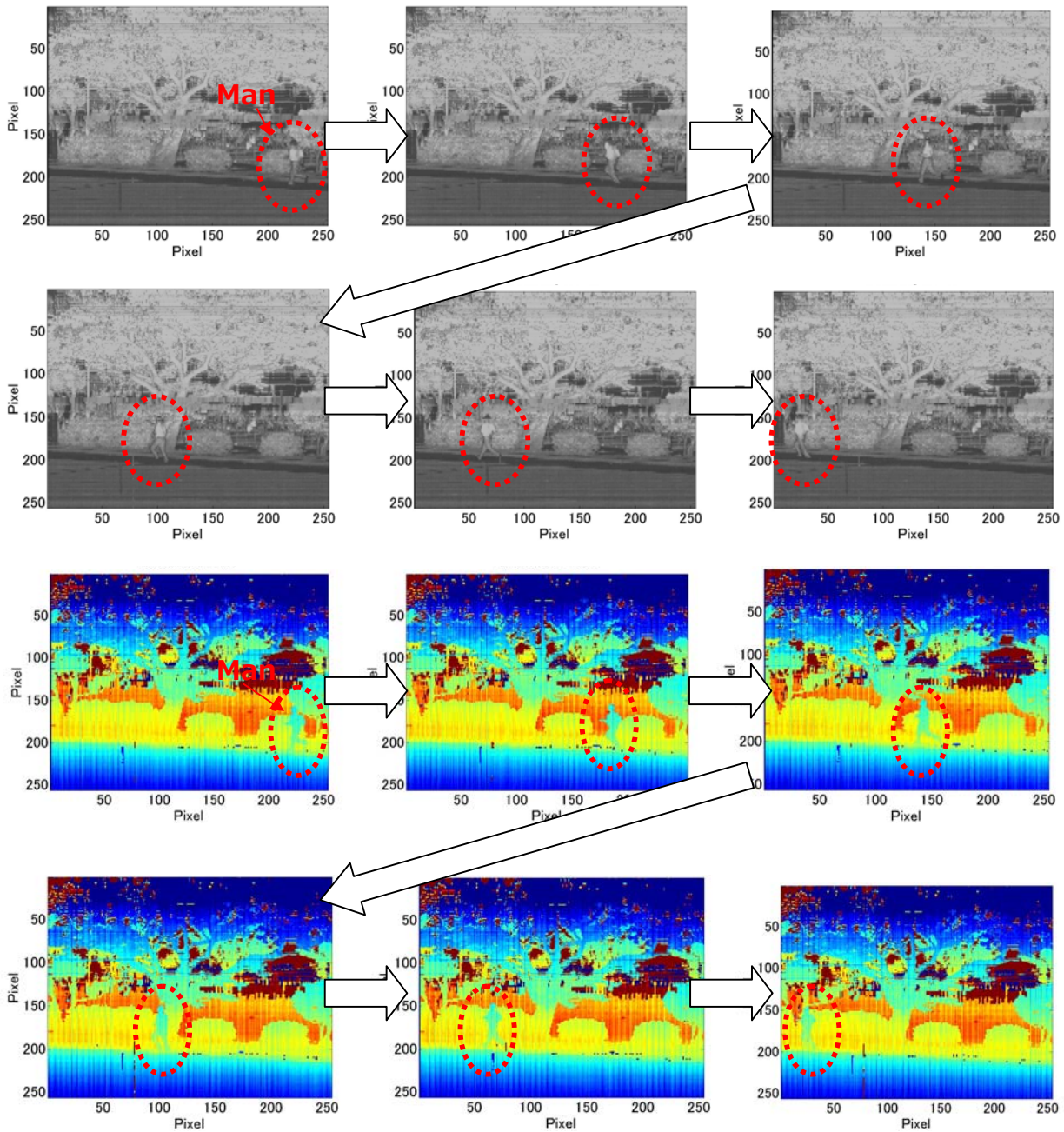


Fig. 5 Real-time imaging of a man running (Up: Intensity image, Down: Range image)

参考文献

- [1] R. A. Jarvis, IEEE Trans., PAMI-5, 122, 1983.
- [2] S. Kameyama, et al., "3D imaging LADAR with linear array devices: laser, detector and ROIC," Proc. SPIE, Vol.7382, 2009.
- [3] E. Garcia and H. Lamela, Opt. Eng., 40, 61, 2001.
- [4] P. W. Rhodes and D. L. Shealy, "Refractive optical systems for irradiance redistribution of collimated radiation: their design and analysis," Appl. Opt. 19, 3545 (1980).
- [5] J. B. Gandhi and D. M. Heim, "An optimized optical system for backlit imaging," Rev. Sci. Instrum. 80, 056105 (2009)