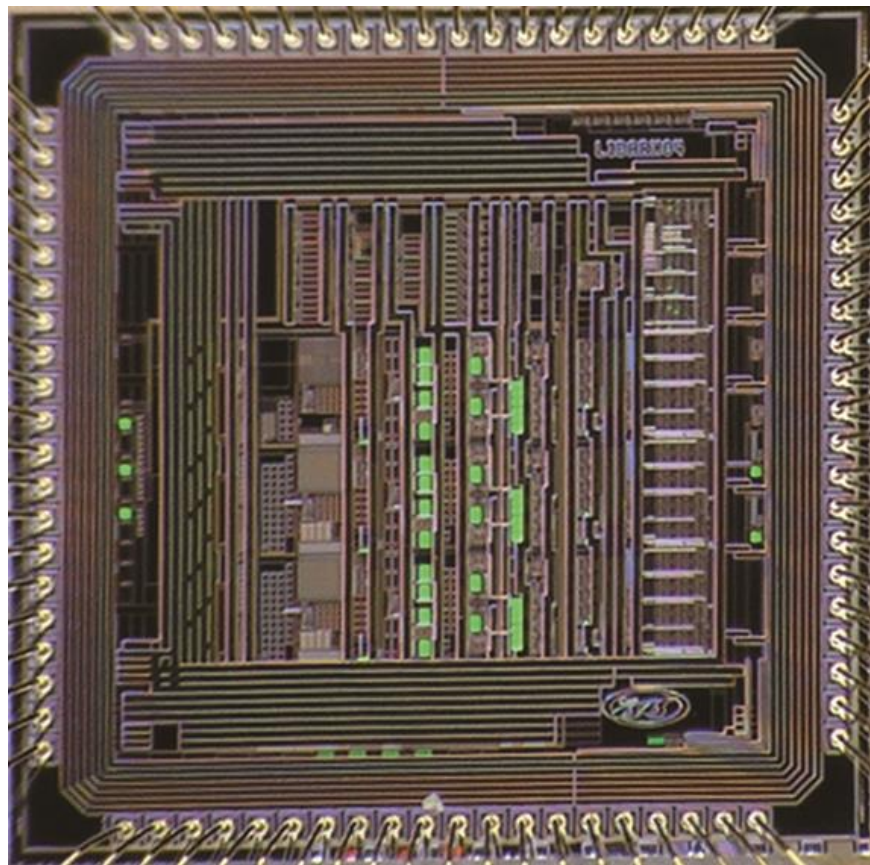


惑星探査のためのレーザ測距装置に関する研究

水野貴秀、川原康介、石上玄也、池田博一

■ 光パルス検出IC LIDARX

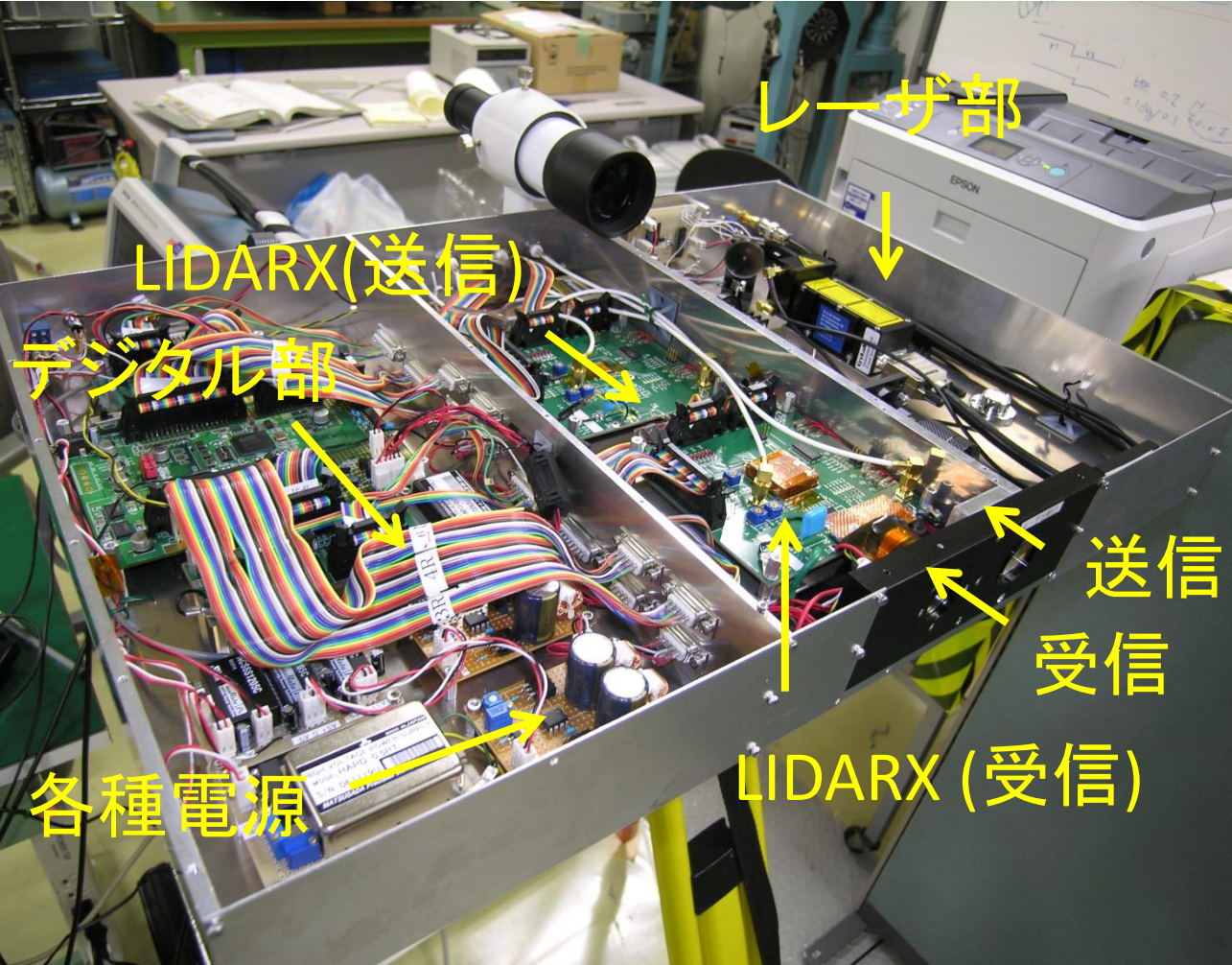
LIDARXは小惑星探査機「はやぶさ」に搭載されたLIDARの経験に基づき、低消費電力化、軽量化、高性能化を目的として、LIDARのパルス検出回路を集積回路化したアナログ・デジタル混在のASICである。JAXAが計画している次期小惑星探査機用のLIDARの測距範囲としては、「はやぶさ」と同様に50m～50kmで、受信回路としては信号レベルにして60dBのダイナミックレンジに対応した上で、測距精度1m以上が要求性能となる。また、本デバイスは民生シャトルサービスを利用して、少数を低コストで製造するため、MIL-STD-883を適用しつつ、「カスタムASIC適用ガイドライン」に沿った製造管理、試験方法に関しても重要な研究課題である。



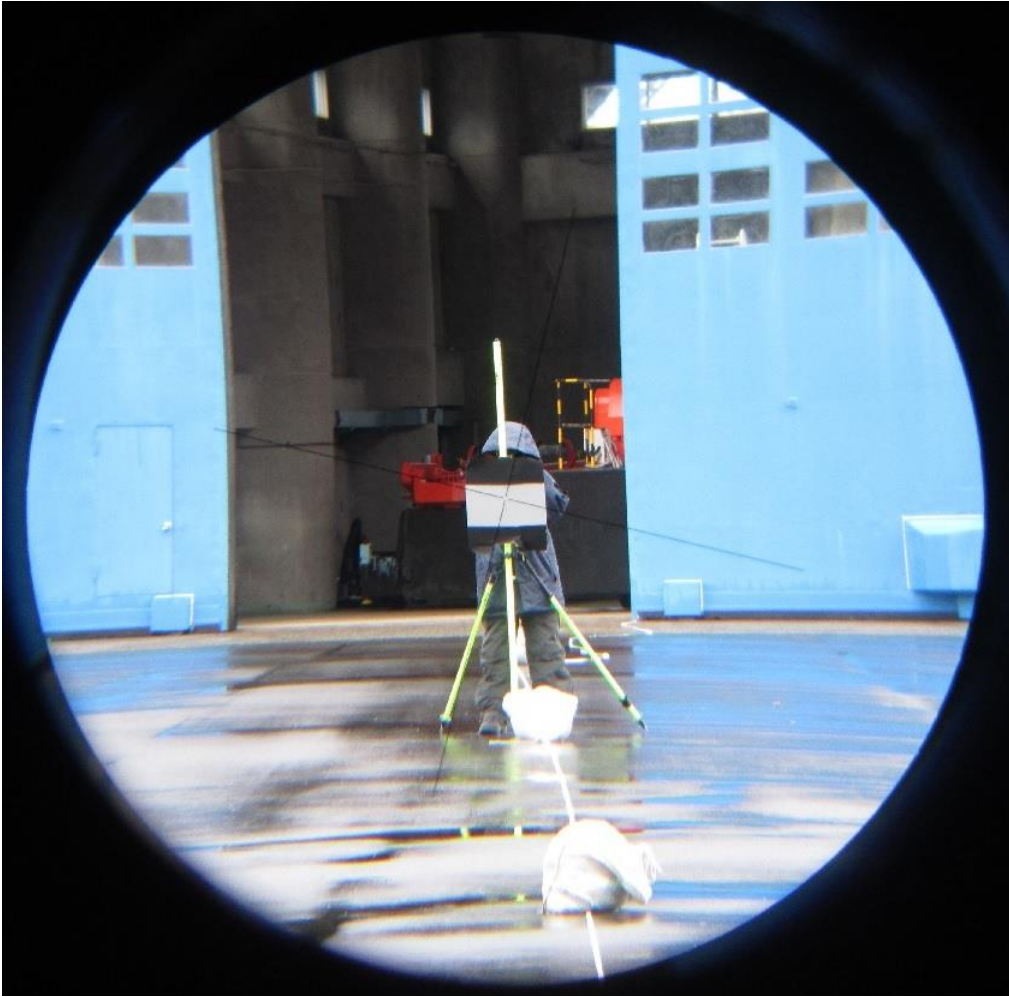
● テストベッド

実システム内でのLIDARXの評価を目的に、下表に示す仕様のテストベッド（レーザ距離計）を製作した。本年度は評価装置および評価方法の確立を目的として、内之浦宇宙空間観測所(USC)にてフィールド試験を実施した。

送信系	レーザエネルギー パルス幅 ビーム広がり角 センサ NDフィルタ	受動Qスイッチ Nd:YAGレーザ 15 μJ 1.4 ns 625 μrad（4倍エクスパンダ後） Si PIN-PD S5972 (送信光検出) 10dB
受信系	望遠鏡口径 焦点距離 NA フィルタ センサ	25mm 20mm 0.5 λc=1064μm, Δ=10nm Si-APD S11519-10
供試体	検出回路	LIDARX04, 80PIN, セラミックパッケージ
電源		12V DC



LIDARX テストベッド



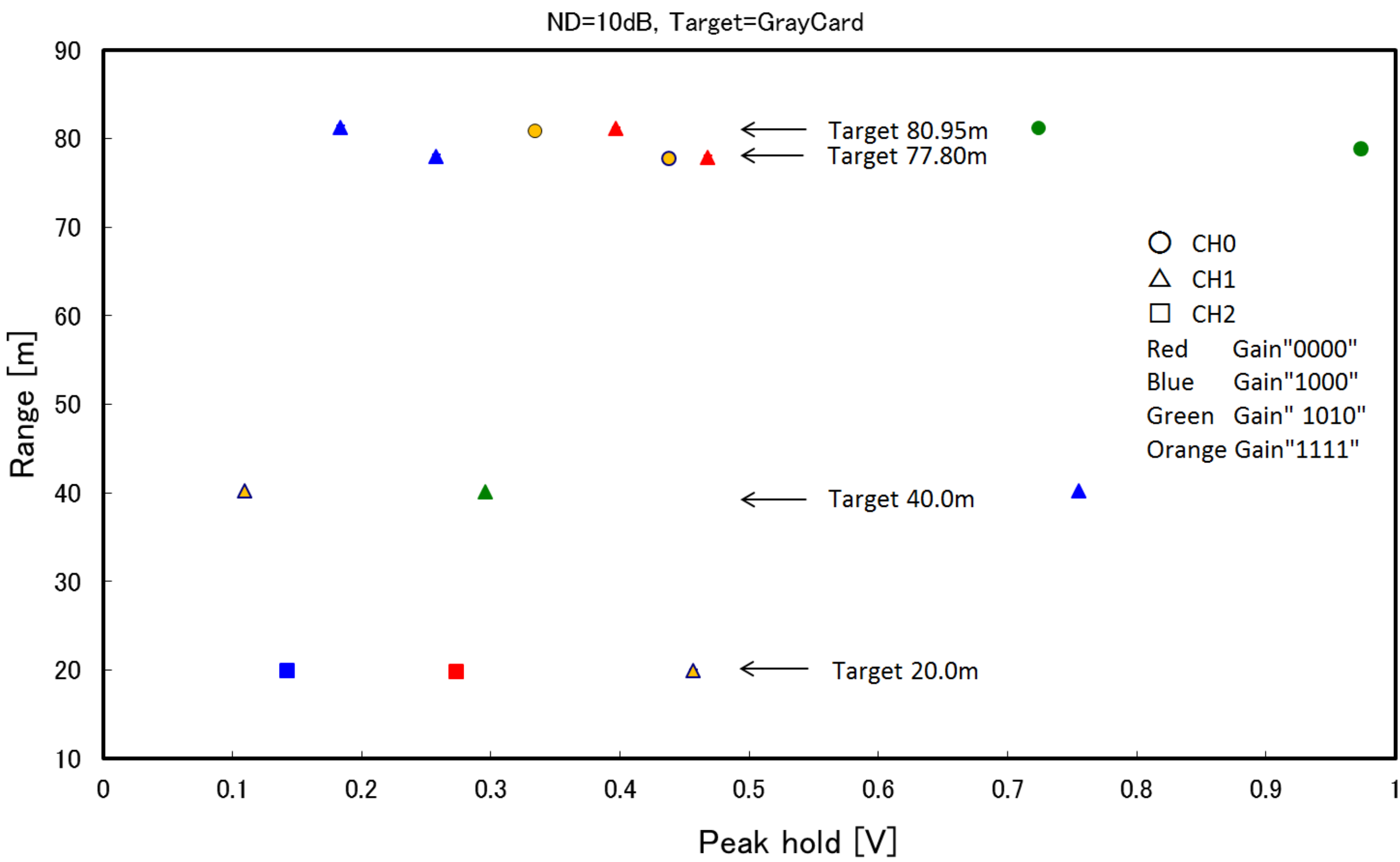
ターゲット(Gray card)

● LIDARX概要

LIDARXはTSMCのCMOS 0.35 μmプロセスで作られた3 mm × 3 mm（ベアチップサイズ）のASICである。Divider(粗調整), Integrator(微調整), Timing Detector, TAC(デジタルクロック補間)から構成され、電荷入力ダイナミックレンジは60dB、20MHz程度のデジタルクロックで、サブナノ秒の検出が可能である。信号は入力レベルに応じて外部からCH0～CH4の5chに入力を切り替え、内部にてGain "1111"～"0000"まで16段階の調整ができる。本実験ではCH0, CH1, CH2の3chに対して、Gain "1111", "1010", "1000", "0000"の4段階を試験している。

● 距離測定結果

測定は三脚に固定されたKodakのGray card(反射率: 18%(可視), 約30%(1μm帯))をターゲットとして、距離20, 40, 78, 81mで実施された。下図は、レーザ出力をNDフィルタで1/10に減衰させて測定した結果で、ゲイン調整後の波高値と距離測定値を示している。CHとGain毎の距離校正のみを反映しているが、波高値にかかわらず1m以下の精度で測定できている。



■ Laser Range Imager (LRI)

ローバの自律移動には三次元の地形環境認識が必須である。そこでローバ搭載用の小型低消費電力のレーザ測距装置を開発中であり、本センサを用いることによって、従来のステレオカメラによる手法よりも、高速かつ安全な自律移動が可能になると期待される。

● ローバテストベッド “Cuatro”

Cuatroは、不整地での走破性能試験および自律移動システムの実証試験を目的として、JAXA・慶應大によって共同開発された。本研究において製作したLRIをローバのチルトステージに搭載した。また、ローバの通信I/Fを介して、LRIの計測データを受信した。



● 試作LRI概要

測距エリアイメージセンサS11963がローバの航法センサとしての性能を実現可能かを判断するために、評価キットを用いて製作された。

送信系	レーザパワー 波長 パルス幅 繰り返し	パルスLD L11348-330-04J 90 W MAX 880 nm 30 ns < 150 kHz
受信系	レンズ 焦点距離 フィルタ センサ 画素数 画素寸法 FOV フレームレート	HF9 HA- 1B（フジノン） 9mm λc=880 nm, Δ=12 nm S11963-01CR(浜松ホトニクス) 160 × 120 pixel (1/3型: 4.8 × 3.6 mm) 30 × 23 deg TBD (対象の反射率に依存)
外形		94 x 100 x 234 mm

● 謝辞

浜松ホトニクス殿には測距エリアイメージセンサS11963および評価キットをご提供いただいたほか、多くの有用なご助言をいただいた。

● 測定結果

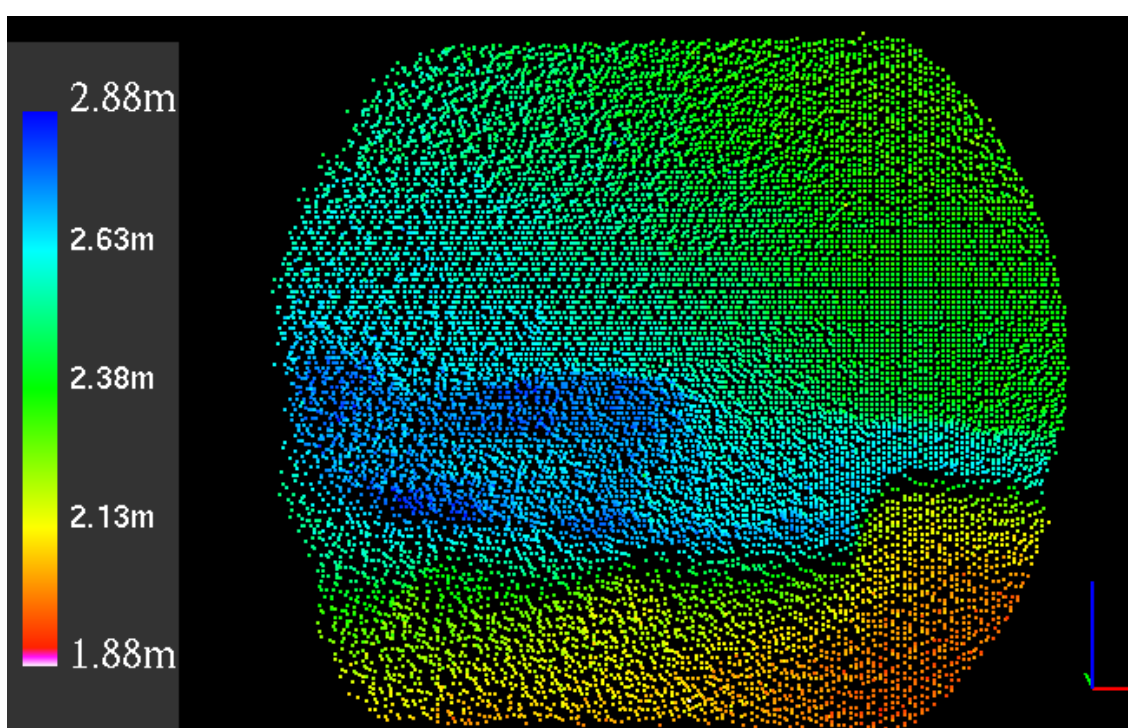
伊豆大島裏砂漠においてLRIのフィールド試験を実施した。測定対象は多孔質玄武岩(スコリア)とし、LRIの受信系フレームレートを変化させて、距離計測の評価試験を行った。反射強度が異なる物体に対しても、信号処理を施すことによって一様な平面を計測できていることが分かる。距離誤差は概ね10cm程度であるが、更なる校正試験により数cmまで向上することが可能である。



ターゲット: スコリア堆積層
(赤枠が計測範囲)



反射輝度データ



距離データ