

# ライダー用 AD 変換器の性能評価

## Performance evaluation of AD converter for Lidar

松井一郎、西澤智明、清水厚、杉本伸夫

Ichiro Matsui, Tomoaki Nisizawa, Atsushi Shimizu, and Nobuo Sugimoto

国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

**Abstract** A new 16bit 25MHz AD converter (Turtle TUSB-0216ADMH) was evaluated for lidar measurements. The signal-to-noise ratio was improved approximately 4 times compared with a 12bit ADC (TUSB-0212ADM2Z) in an experiment using a waveform generator where the digitization error dominated the noise. In the experiment using the actual lidar signal from the NIES compact lidar, the SNR was limited by the amplifier noise, and the improvement of SNR was about twice.

### 1 はじめに

ライダーで受光素子からの信号変換にアナログ方式を使用する場合、AD 変換器の特性が受信感度を決定する大きな要素の一つになる。ミー散乱ライダーでは、おもに距離の二乗で減衰してくる信号を遠距離まで精度良く捉える必要があり、AD 変換器の分解能の向上が常に課題となっている。物理的にビット数を増やす方法以外に、AD 変換器の分解能を向上させる手法としては、取得したデータを積算処理することにより分解能を向上させる方法が行われている。また、国立環境研の小型ライダーでは AD 変換誤差が SN 比を制限する要因となっていると考えられ AD 変換器の分解能の向上が望まれている。

今回、16 ビット AD 変換器の試作機を評価する機会があり、積算処理による効果を含めた AD 変換器の性能評価を（ひさしぶりに）行ったので報告する。

### 2 模擬信号の製作

性能評価の実験は、74121 ワンショット IC とパルス出力に抵抗とコンデンサーを組合わせた回路で減衰していく電気信号を発生する簡単な信号発生器を製作し使用した。回路の概要を Fig.1 に示す。

### 3 積算処理による効果

AD 変換器のデータを加算演算処理することにより、量子化誤差が改善され分解能が向上する様子を実験的に行った。模擬信号を 16 ビット TUSB-0216ADMH 試作版（タートル工業製）に入力し、積算数を 1, 10, 100, 1000 回で行った結果を Fig.2 に示す。

1 回の取得では、16 ビットは 12 ビットに比べて 3 ビットほど電気雑音の影響を受けているが、分解能が

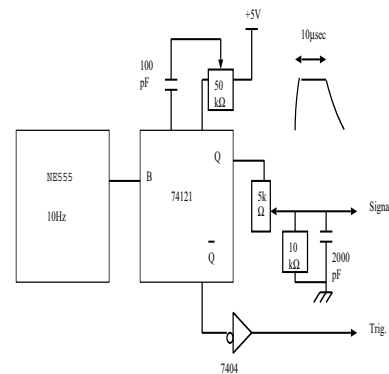


Fig. 1: Waveform generator circuit used for evaluating the ADCs.

16 倍向上していることを考慮する必要がある。1000 回積算処理を行うと、どちらも約 0.1LSB まで分解能が向上することが確かめられた。12 ビットの結果は、当日紹介する。

### 4 12 ビットと 16 ビット AD 変換器の比較

環境研小型連続観測ライダーでは、レーザーの発振繰り返し 10Hz で 5 分間 3000 回の積算結果を 1 観測データとしている。使用している AD 変換器は 12 ビット TUSB-0212ADM2Z（タートル工業製）で、光電子増倍管の出力を利得 10 倍、帯域 DC-10MHz のタートル工業製特注アンプを通して AD 変換器に入力している。

はじめに、模擬信号を直接 12 と 16 ビット AD 変換器に入力して、3000 回積算を行った結果を Fig.3 に示す。上段の図は波形、下段は SN 比を実線 16、破線 12 ビットである。SN 比を求めるための N は、信号のなくなった（時間的に後方）箇所、100 点の標準偏

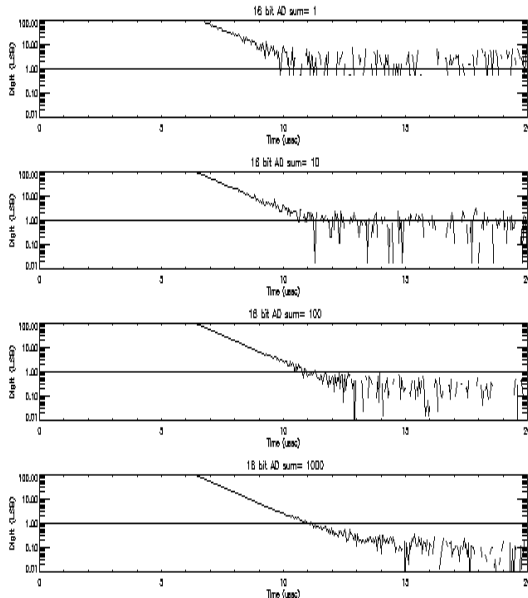


Fig. 2: Improvement of accuracy by signal averaging with the 16bit ADC. The signal from the waveform generator was used without amplifier.

差値を用いた。下段に 16 と 12 ビットの標準偏差値を  $n_{16}$ ,  $n_{12}$  で表示した。

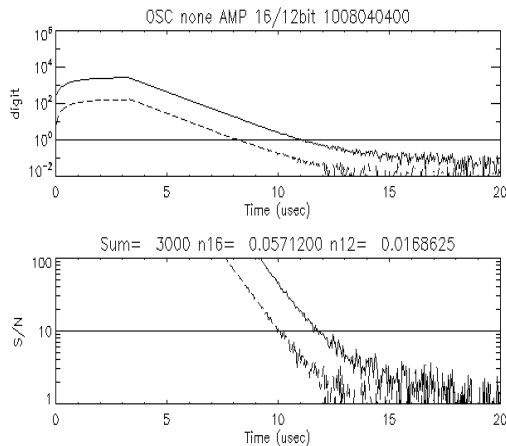


Fig. 3: Comparison of the signals and SNRs between the 16bit ADC (solid line) and the 12bit ADC (broken line), using the waveform generator signal, without amplifier, 3000 times averaged.

つぎに、通常の観測時と同様にアンプを入れて模擬信号を取得した結果を Fig.4 に示す。

アンプ使用時の SN 比は約 2 倍であった。アンプ無し時 12 と 16 ビットでは、SN 比が 4 倍ほど向上していたのに対し、向上しない原因としては、使用しているアンプの雑音の大きいことが推測される。

最後に、実際の 532nm ミー散乱ライダー信号による比較測定を行った結果を Fig.5 に示した。Fig.5 の上段は A-scope 信号、下段は SN 比で、各段とも 16 ビットが上の線、12 ビットが下の線である。観測は、

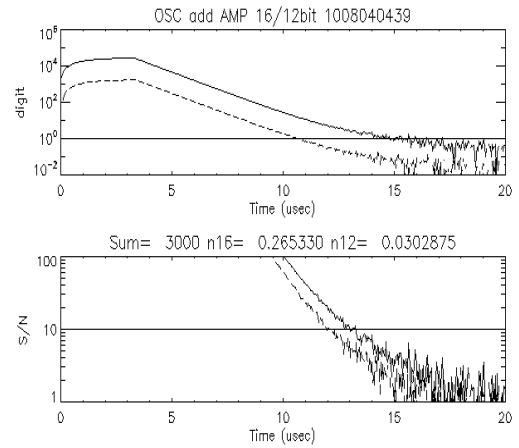


Fig. 4: The same as Fig.3 but with an amplifier.

夕方の快晴時に行った。装置の仕様は、環境研小型ライダーと同等である。

SN 比で比べてみると、12 と 16 ビットで約 2 倍ほど向上が見られる。これは、模擬信号+アンプ (Fig.4) の結果とほぼ同じであることから、アンプからの雑音による影響が大きいと考えられる。

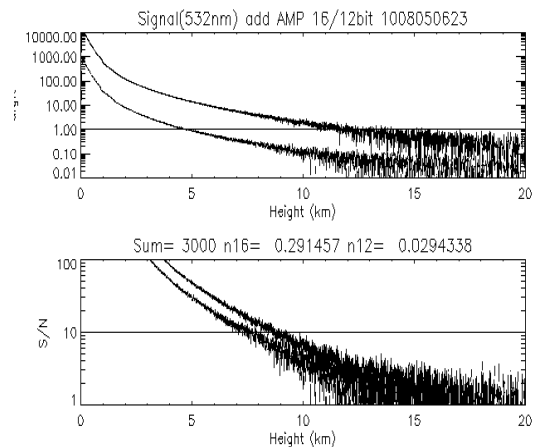


Fig. 5: The same as Fig.3 but with the actual lidar signal from the NIES compact lidar, with the amplifier, 3000 shots averaged

## 5 おわりに

積算処理による効果は、分解能向上と SN 比向上の相乗作用であり難解であることから、むずかしい統計的な解析は無しで、12 ビットと 16 ビット AD 変換器の性能評価を簡単な電子回路で模擬信号を発生させて実験的に行った結果を紹介した。今後、低雑音アンプでの検討を行う。