

## 3次元カメラの画像蓄積による距離検出分解能の向上と形状計測

### Improvement of a depth resolution of 3D camera by frame store and shape measurement

浅見 典充\* 河北 真宏\*\* 白井 暁彦\*\*\* 小林 希一\*\*\* 滝沢 國治\*

Norimitsu ASAMI\* Msahiro KAWAKITA\*\* Akihiko SHIRAI\*\*\*

Kiichi KOBAYASHI\*\*\* and Kuniharu TAKIZAWA\*

\*成蹊大学 University of Seikei

\*\*NHK 放送技術研究所 NHK Science & Technical Research Laboratories

\*\*\*NHK エンジニアリングサービス

E-mail: [asami@strlstaff.strl.nhk.or.jp](mailto:asami@strlstaff.strl.nhk.or.jp)

#### 1 はじめに

我々は、被写体の距離画像(カメラから被写体までの距離値を画像の輝度で現したものを)をビデオレート撮影できる3次元カメラ(Axi-Vision カメラ)を開発してきた[1,2]。本カメラの特長は、以下のとおりである。

- ・高精細な距離画像が取得可能。
- ・距離画像と同じ画角のカラー画像が同時に撮影できる。
- ・ズームレンズが使用でき、汎用性が高い。

これまで、このカメラを画像合成へ応用してきたが、最大距離検出分解能が 17mm [3]であるため、形状計測などへの応用を図るには、さらなる高分解能化が必要である。高分解能化の一方式として、画像蓄積効果によりノイズ低減法がある。この方法では、複数フレームの画像情報を用いるため、更新速度は遅くなるものの、本カメラの特長を生かした高分解能な距離検出が期待できる。

本研究では、この距離検出法に適したノイズ低減法を提案し、実験で分解能を測定評価するとともに、実際の被写体の形状計測を行った。

#### 2 Axi-Vision カメラ

カメラの構成(図1)は、近赤外 LED アレイからなる強度変調光源と、高速シャッター動作を行うイメージインテンシファイアを取り付けた CCD カメラ、および通常のカラーカメラからなる。

光源より、増加および減少変調光を被写体に照射し、その反射光を短時間撮像した画像より、距離を算出する。増加変

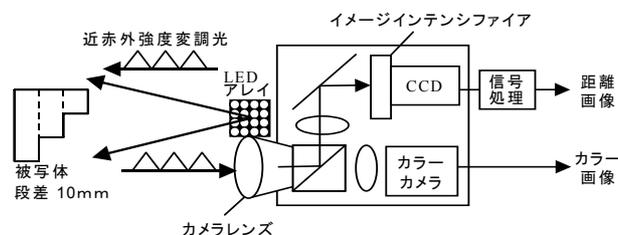


図1 Axi-Visionカメラの構成図

調光時の撮影画像  $V_+ = V \pm \delta_1$  と、減少変調光時の撮影画像  $V_- = V \pm \delta_2$  ( $\delta_1$ 、 $\delta_2$  は各画像のノイズ成分) とすると、距離画像  $D$  は以下の式であらわされる。

$$D = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{V_+ - V_-}{V_+ + V_-} \right) \pm \frac{V_+ V_-}{(V_+ + V_-)^2} \sqrt{\left( \frac{\delta_1}{V_+} \right)^2 + \left( \frac{\delta_2}{V_-} \right)^2} \quad \dots(1)$$

#### 3 実験

本カメラの主なノイズ要因はイメージインテンシファイアのショットノイズである。そのため、画像蓄積によりノイズ成分を低減できる。段差 10mm (カメラからの距離 2m、表面は紙)の被写体(図1)を撮影し、距離画像をパソコンで 100 フレーム蓄積した結果を図2に示す。10mm の段差形状が検出でき、距離検出分解能は 2.2mm に向上した。画像取得時間は約 3 秒である。しかし、単なる蓄積では画像数が増えるとメモリが飽和し、実用的ではない。そこで、今回、距離画像算出のもととなる画像  $V_+$  および  $V_-$  にそれぞれリカーブフィルター[4]を加える方式を提案する(図3)。

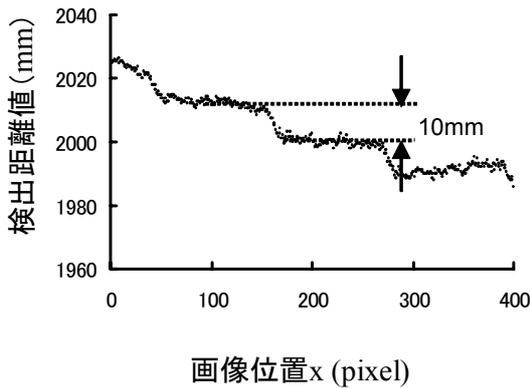


図2 画像蓄積による段差形状被写体の距離検出結果。

画像蓄積数は 100 フレーム。

本方式では、無限回蓄積を行ってもメモリは飽和せず、また、

係数  $n_{+,-}$  により各入力信号のノイズ低減量および低減速度を制御できる。提案手法では、 $V_+$  および  $V_-$  の各画像の撮影回数を、注目する被写体の輝度レベルをもとに決定する。つまり、式(1)の  $\delta_1/V_1$  と  $\delta_2/V_2$  のうち、SN 比の低い方の係数に重み付けを行い、距離画像のノイズを効果的に低減する。また各画像数に応じて、最大限にノイズを低減するようにフィルタ係数  $n_{+,-}$  を与え、所定のフレーム数内で距離検出 SN 比を効率よく改善する。

実験では、CCD の出力信号  $V_+$  および  $V_-$  を、パソコンに取り込み、10 ビットのサンプリング分解能でフィルタ処理を行った。 $V_+$  および  $V_-$  の各画像の輝度信号レベルはそれぞれ 202mV と 430mV の場合で測定した。蓄積フレーム数とノイズ低減率（改善前の距離画像のノイズ量を 100% としたときの改善後の値）の関係を求めた(図 4)。破線は計算値を示し、点は測定結果を示している。実験の結果、10 フレーム蓄積で、ノイズは 39% に低減した。距離検出分解能は  $V_+$  および  $V_-$  の取り込み回数に重み付けを行わない場合は 48% であり、各画像の撮影回数の制御による改善効果が見られた。画像蓄積数が多い場合、固定パターンノイズや処理ビット数の影響を受け、計算値より実験値の方が改善率は少なくなっている。

人物を被写体として、形状計測を行った(図 5)。カメラからの距離は 2 m、蓄積フレーム数は 27、画像取得所要時間は 1 秒以下である。顔の凹凸も検出でき、形状計測への応用に可能性が示された。

#### 4 まとめ

今回、Axi-vision カメラに画像蓄積によるノイズ低減フィ

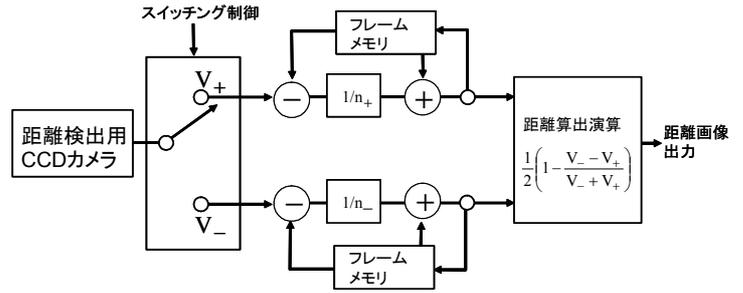


図3 フィルタ方法

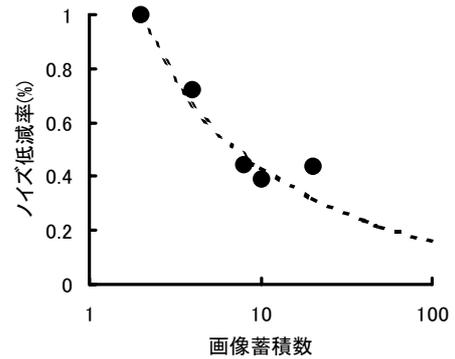


図4 蓄積フレーム数とノイズ低減率

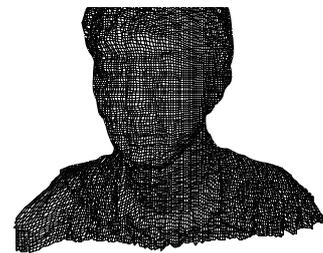


図5 人物の計測例

ルタを適応し、その性能を検証した。画像撮影枚数とフィルタ構成や係数を最適化することで、距離検出分解能を向上させることが示された。この高分解能化により、本カメラの特徴を活かした応用範囲が大きく広がるものと期待される。

#### 文 献

- [1] M. Kawakita, K. Iizuka, T. Aida, H. Kikuchi, H. Fujikake, J. Yonai, and K. Takizawa, "Axi-Vision Camera (real-time depth-mapping camera)," *Applied Optics*, vol. 39, pp.3931-3939, August 2000.
- [2] 河北真宏, 飯塚啓吾, 飯野芳己, 菊池宏, 藤掛英夫, 會田田人, "実時間距離検出 3 次元 TV カメラ(Axi-Vision カメラ)," 電子情報通信学会, **J87-D-II**, June 2004. (印刷中).
- [3] M. Kawakita, T. Kurita, H. Hiroshi, and S. Inoue: "HDTV Axi-vision Camera," *Proc IBC (International Broadcasting Convention) 2002*, September, Amsterdam, pp.397-404, Sept. 2002.
- [4] R. H. Mcmann, S. Kreinik, J. K. Moore, A. Kaiser, and J. Rossi, "A digital noise reducer for encoded NTSC signal?" *J. SMPTE*, Vol. 87, pp.129-133, March 1978