

# レンズアレイを用いた高速パンチルトシステムの偏向角拡大

## Scan Angle Expansion of High-speed Pan-tilt System Using Lens Arrays

農工大院工<sup>1</sup>, 学振特別研究員 DC<sup>2</sup> ◯山口祐太<sup>1,2</sup>, 高木康博<sup>1</sup>

Tokyo Univ. of Agri. and Tech.<sup>1</sup>, JSPS Research Fellow<sup>2</sup>, ◯Yuta Yamaguchi<sup>1,2</sup>, Yasuhiro Takaki<sup>1</sup>

E-mail: yutay@st.go.tuat.ac.jp

### 1. はじめに

現代社会において、国民生活の安全確保のために、カメラは不可欠な存在になっている。また、人工知能による画像認識能力の飛躍的な向上を考えると、カメラを機械的に回転することなく視線を高速に移動できるカメラの実現は重要である。

われわれは、レンズアレイを用いた複眼型光学系を用いた高速パンチルトシステムを提案している[1]。これは、フラットパネル型シースルー立体ディスプレイを実現する対称インテグラルイメージング光学系[2, 3]をもとに、カメラの視線移動であるパンチルトを高速に実現できる[1]。これまでに、長焦点距離のレンズアレイを用いた原理確認実験について報告した[1]。本研究では、短焦点距離のレンズアレイを用いて、実現できる最大偏向角について検討したので報告する。

### 2. 高速パンチルト光学系

高速パンチルト光学系の構成を Fig. 1(a)に示す。4枚の2次元レンズアレイ、アクチュエーター、および開口アレイで構成される。外側のレンズアレイの焦点距離は $f$ 、内側のレンズアレイの焦点距離は $f/2$ である。Fig. 1(b)に示すように、第1と第2のレンズアレイをレンズピッチ程度変位することで、光軸の方向を大きく偏向できる。レンズピッチを小さくすれば、レンズアレイの移動量も小さくなり、ピエゾアクチュエータ等を用いて高速なパンチルトが可能になる。

高速パンチルト光学系は、多数の要素結像系が縦横に並んでいると考えることができる。各要素結像系は、Fig. 2に示すように2つのリレー結像系を組み合わせた構造をもち、等倍の正立像を結像するため、光学系の前後で光線状態が保存される。そのため、パンチルト光学系全体でも、その前後で光線状態が保存される。開口アレイは、要素結像系間の光線の混入を防ぐ。

### 3. 偏向角の拡大

レンズアレイは繰り返し構造をもつため、最大シフト量はレンズピッチ $p$ であり、最大偏向角は $\pm \tan^{-1}(p/f)$ で与えられる。そのため、最大偏向角を大きくするためには、高 N.A.なレンズアレイを用いる必要がある。

以前に行なった原理確認実験[1]では、レンズピッチ 4.0 mm、焦点距離 38.1 mm の低 N.A.な市販のレンズアレイを用いたため、最大偏向角が $\pm 6^\circ$ と小さかった。今回は、スケールアップした高 N.A.なレンズアレイを試作して、収差等が画質に与える影響について調べる。

### 4. 実験

最大偏向角を $\pm 30^\circ$ とすると、レンズピッチが 0.5 mm で焦点距離が 0.865 mm のレンズアレイが必要になる。今回は、20 倍にスケールアップしたレンズアレイ（レンズピッチ 10.0 mm、焦点距離 17.3 mm）を作製した。レンズアレイは、レンズ数を $5 \times 5$ として、平凸の球面レンズを四角く切断したものを接着して作製した。作製したレンズアレイを Fig. 3(a)に示す。焦点距離が $1/2$ のレンズアレイは、ふたつのレンズアレイの凸面を対向して密着させて実現した。開口アレイは直径 1.5 mm の円形開口とした。レンズアレイのシフト機構をもつホルダーを作製し、実験システムを Fig. 3(b)に示すよ

うに構築して実験を行った。

最大偏向角を実験で確認した。偏向角を $0^\circ$ から $30^\circ$ まで $5^\circ$ 刻みで変化させて、テストターゲットを結像した。実験の結果、偏向角が $20^\circ$ まで像形成が観察できた。偏向角がこれより大きくなると、レンズアレイのレンズ接着面での粗面加工による光の散乱により、像形成が確認できなかった。偏向角に対する解像度と画像歪みについても評価を行なった。

### 5. まとめ

対称インテグラルイメージング光学系を用いた高速パンチルトシステムにおいて、最大偏向角について検討した。スケールアップしたレンズアレイを用いた実験で、最大偏向角 $\pm 20^\circ$ の実現を確認した。

### 謝辞

本研究は、セコム科学技術振興財団一般研究助成、および JSPS 科研費 JP17J02464 の助成により行った。

### 参考文献

- [1] Y. Yamaguchi and Y. Takaki, "High-speed Image Pan-tilt Using Two-dimensional Lens Arrays," 3D Image Acquisition and Display 2017.
- [2] Y. Takaki and Y. Yamaguchi, Opt. Lett. **40**, 1873 (2015).
- [3] Y. Yamaguchi and Y. Takaki, Appl. Opt. **55**, A144 (2016).

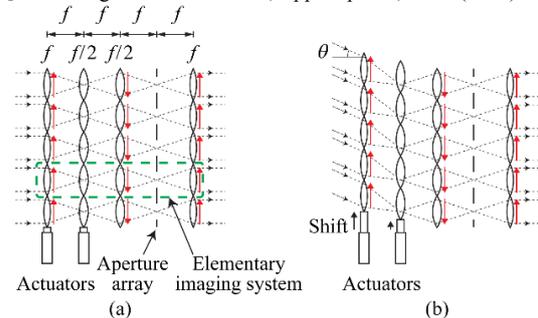


Fig. 1. High-speed image pan-tilt optical system: (a) structure of the system, (b) optical axis rotation by lens array shifts.

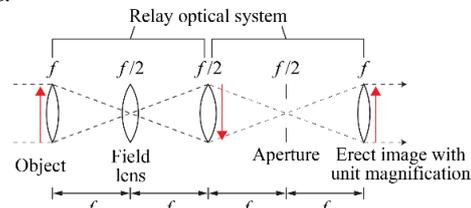


Fig. 2. Elementary imaging system.

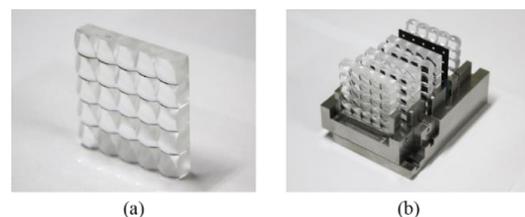


Fig. 3. Experimental system: (a) lens array, (b) lens arrays with a lens holder and an aperture array.