



# ホログラム技術を用いたコンタクトレンズ ディスプレイの実現方法

東京農工大学 大学院工学研究院  
高木康博

## 1. はじめに

バーチャル空間とフィジカル空間を高度に融合する **Society 5.0** では、拡張現実 (AR) 技術の利用が進むと考えられる。本稿では、将来の AR 技術で用いられる視覚インターフェイスデバイスとして実現が期待されているコンタクトレンズディスプレイで利用される像形成技術について述べる。

現在の AR 技術では、視覚インターフェイスデバイスとしてヘッドマウントディスプレイ (HMD) やスマートグラスが用いられている。これらで使われる光学系には、広画角化、高解像度化、高フレームレート化、アイボックス (眼の位置の許容範囲) 拡大、小型化が求められている。さらに、外界からの光に映像を重ねて表示するシースルー機能が必要とされる。AR 用の HMD やスマートグラスでの像形成には、レンズを用いた虚像結像系とビームコンバイナの組み合わせが用いられるため、広画角化、アイボックス拡大、小型化を同時に満たすことは難しい。そのため、様々な技術の研究開発が行われている<sup>1)</sup>。

最近になり、AR 用の視覚インターフェイスデバイスとして、コンタクトレンズディスプレイに対する注目が集まっている。コンタクトレンズディスプレイが実現すれば、利用者は頭部にデバイスを装着する煩わしさから解放され、デバイスの存在が視野を遮ることがなくなる。コンタクトレンズディスプレイは究極の AR 用視覚インターフェイスデバイスと考えられているが、実現のためには小型で薄型なデバイス開発に加えて薄型な像形成技術の開発が求められる。

本稿では、従来のコンタクトレンズディスプレイとその課題、ホログラム技術を用いたコンタクトレンズディスプレイの像形成技術と実証実験、将来展望について述べる。

## 2. 従来のコンタクトレンズディスプレイ

コンタクトレンズディスプレイに関する最初の研究論文は、2011 年にワシントン大学から発表された<sup>2)</sup>。図 1 に示すように、コンタクトレンズ内に 1 個の LED とアンテナを内蔵し、アンテナを用いた無線給電により LED を点灯させることに成功した。その後、同大学から、4×4 個の LED アレイのコンタクトレンズへの実装や、コンタクトレンズディスプレイのウサギの眼への装着実験について報告があった<sup>3)</sup>。同研究グループは、その後、米国 Google に移り、後述するヘルスマニタ用のスマートコンタクトレンズの開発を行っている<sup>4)</sup>。

Ghent 大学からは、コンタクトレンズに液晶素子を内蔵する研究について報告があった<sup>5)</sup>。図 2 に示すように、液晶素子の動作に成功している。この写真でドルマークが表示されているが、これはマトリクス電極を用いて 2 次元画像として表示したものではなく、ドルマークの形をした 1 画素を用いて表示したものである。その後、コンタクトレンズ内に液晶素子を内蔵する研究は、imec での人工虹彩や多焦点レンズの研究として継続されている。

その後、コンタクトレンズディスプレイの研究開発に関しては大きな進展はなかったが、2020 年になり米国のベンチャー企業 **mojo** より、大きさが 0.48 mm 角のマイクロ LED ディスプレイを開発し