

ホログラフィック光学素子を採用した ウェアラブルコミュニケーター開発秘話

尾中 賢一・稲垣 義弘
(コニカミノルタ)

ホログラフィック光学素子を採用したウェアラブルコミュニケーターが、2016年6月にテスト発売された(<https://www.konicaminolta.jp/about/research/future/wcc/index.html>)。本稿では、その開発経緯について、開発に携わった技術者の視点から述べてみたい。

1. ウェアラブルディスプレイとは

ウェアラブルディスプレイとは、頭部をはじめとして身体に装着するタイプのディスプレイである。近年、国内外のさまざまな研究機関や企業からウェアラブルディスプレイの技術提案、商品化がなされており、世間の注目も高まってきている。頭部に装着するウェアラブルディスプレイは、大きく3つのタイプに分類できる。1つ目は、PlayStation VR (ソニー) など、視界のすべてをディスプレイが独占するタイプである。もし外部視界が必要な場合は、別途デジタルカメラで取得し、ディスプレイ映像として視認する必要がある。2つ目は、AiRScouter (ブラザー工業) など、頭部に取付けたアームなどを利用して非透過型の小型ディスプレイを視野内に設置するタイプである。シンプルな構成だが、ディスプレイやアームが視界の一部を妨げることに繋がるため、表示画角をあまり大きくできない。そして、3つ目は MOVERIO (セイコーエプソン) など、シースルー型ディスプレイを搭載して外部視界と映像の両方を重ねて視認できるタイプである。光学構成はやや複雑になるが、外部視界を確保しながら大きく映像表示することができる。

2. ホログラフィック光学素子 (HOE) を採用した製品開発の狙い

今回コニカミノルタが開発した「ウェアラブルコミュニケーター(WCc)」(図1)はシースルー型ディスプレイを搭載したウェアラブルディスプレイであり、3つ目のタイプに分類される。WCcはディスプレイとして高い映像表示



図1 ウェアラブルコミュニケーター (WCc)。

性能を目指し、映像表示部にハーフミラーではなくホログラフィック光学素子 (holographic optical element; HOE) を採用した。ウェアラブルディスプレイでは表示画角、外部視野確保、デバイス重量の3要素がトレードオフの関係にあり、これらをいかにバランスさせるかが重要課題である。われわれは映像表示にHOEを採用することで、これらの3要素を高いレベルでバランスさせることに成功した。特に、以下で述べるように、明るい外部視界と明るい映像表示の両立にはHOEが大きく貢献している。

また、WCcは表示光学系の小型化、軽量化にも徹底してこだわった。多くのウェアラブルディスプレイは、表示のための光学系 (光源や光路など) を、視界の左右のいずれかもしくは両方に配置している。眼鏡型デバイスとしての一体感とその主たる理由と考えられるが、その反面、光学系の存在が装着者の左右の視界を制限することになってしまう。左右視界の制限は、装着者が移動する際の安全確保に支障をきたすことに加え、装着者に心理的圧迫感を与える場合もある。光学系を装着者の視界からできるだけ外すとなると、どうしても光学系が大きくなってしまふ。そこで、WCcでは表示光学系を視界の上部に配置することで、装着者の左右視界を十分に確保した。ただし、視界上部にはあまり空間的余裕はないので、表示光学系の小型化に腐心した。

以下では、小型化に成功した表示光学系の概要につい

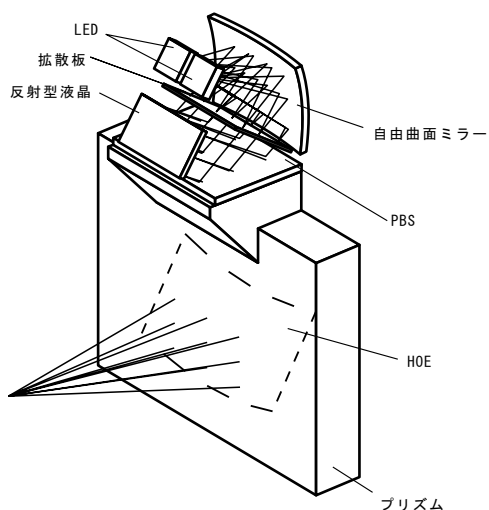


図2 表示光学系模式図.

表1 映像表示部の基本仕様.

表示解像度	1280×720 画素
表示色数	24 bit フルカラー
表示画角 (対角)	25°
表示部の光透過率	80%以上
重量	35 g (参考値)

て、また、使用している HOE の製造について述べる。

2.1 表示光学系の概要

ウェアラブルディスプレイの表示光学系は、液晶のような表示素子の画像を、数メートル先の虚像として装着者に見せるものである。今回開発したウェアラブルディスプレイの表示光学系の模式図を図2に、映像表示部の基本仕様を表1に示す。

表示素子には反射型液晶を使用しており、これを照明するために、赤、緑、青の3つの光源を1つのパッケージに収めたLEDを用いている。LEDからの光は自由曲面ミラーを用いて拡散板に照射され、拡散されて二次光源となる。拡散された光は偏光ビームスプリッター (PBS) によって反射されて、反射型液晶に入射する。反射型液晶は画像信号に応じて偏光の方向を変えて光を反射し、ONのピクセルからの光のみがPBSを通過して、樹脂プリズム内に入射する。

プリズムは、上部の画像光が入射する部分が突出している以外は平板であり、画像光は2つの平面で1回ずつ全反射した後、平板内に埋め込まれたHOEに入射する。HOEは、赤、緑、青に相当する3つの波長を選択的に回折し、装着者の瞳に向けて射出する。

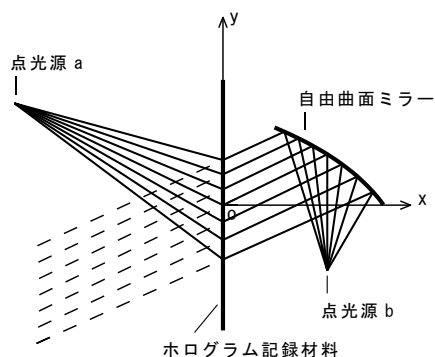


図3 ホログラフィック光学素子製造時露光光学系.

また、外界からの光のうち、上記3波長はHOEで回折されるが残りは透過して眼に入る。そのため、装着者には、液晶の表示画像と外の景色が重なって見えることになる。

2.2 HOEの製造

HOEを製造する際の露光光学系を図3に示す(ここでは集光点後についてのみ示す)。この露光光学系では、レーザー光源からの光を2分岐し、それぞれをレンズで1点に集光して、位相の揃った2つの点光源を作る。その一方(点光源a)を平行光の主光線が交わる位置に置き、そこから発散した光をホログラム記録材料に照射する。このとき点光源aから発する光線束は、使用時に眼に向かう光線束と幾何学的に一致し、光の進行方向だけを反対にしたものとなっている。もう一方の光線束は、使用時の画像光(図3中の破線)を延長した光線束と一致する必要がある(ただし、進行方向は逆となる)。そのため、もう一方(点光源b)は、ホログラム記録材料を透過した光が画像表示時の画像光と一致するように、自由曲面ミラーを使って設計する。

このように、HOEの製造にあたっては光学設計だけでなく自由曲面ミラーの微細加工技術が必要であり、また環境に応じて安定的に製造するために、ホログラム記録材料に関するノウハウも必要となってくる。

コニカミノルタでは、「安心、安全、快適」なウェアラブルディスプレイの実現を目指し、HOEを採用することにより、表示性能(広画角、高精細、高画質)、装着性能(小型・軽量、個人眼鏡対応)、安全性能(左右視界確保、シースルー性)を高度にバランスさせることに成功した。現在は、ウェアラブルコミュニケーターを活用したシステムサービスの実現に向けて、技術、マーケティングを含む関係者全体で取り組んでいる。