

ヘッドアップディスプレイにおける小型化技術と拡張現実感システム

Miniaturization Technology and Augmented Reality System for Head-Up Displays

笠 澄 研 一 *

Ken-ichi Kasazumi

自由曲面ミラーを用いた低歪（ていわい）高倍率拡大光学系と、高熱伝導樹脂を用いた高効率放熱システムによってヘッドアップディスプレイ（HUD）の小型化を図り、従来比40%減の装置体積を実現した。現在、HUDのシースルー性を活（い）かしたAR（拡張現実感）表示が可能なHUDシステムの開発を行っている。運転支援システムや自動運転と連携して、安全性向上に貢献すると期待される。

By using low-distortion optics with a free-form mirror and by using a highly efficient heat radiation system using a heat conductive polymer, we have developed a compact Head-up Display (HUD) with a volume that is 40% smaller than a conventional HUD. An Augmented Reality-HUD (AR-HUD) system that consists of an HUD and an eye-tracking system is being developed. HUD is expected to contribute to driving safety in combination with a driving-aid system and auto-driving system.

1. ヘッドアップディスプレイを取り巻く環境

ヘッドアップディスプレイ（以下HUDと記す）は、ドライバーの視野内にシースルーでメータ情報などを表示し、視線移動を減らして安全性の向上に貢献する表示デバイスである。ユーロNCAP^(注1)によると、自動ブレーキ作動装置などのアクティブセーフティの比重が高まるなど、安全性向上を目指した自動車の多機能化は今後大きく加速すると予測されている。先進運転支援システム（以下ADASと記す）や高度道路交通システム（以下ITSと記す）、自動運転技術などの自動車の多機能化を支えるディスプレイとしてHUDの重要度が増していくと考えられる。また運転補助システムなどが検知した歩行者や車線逸脱の方向などを効果的に表示するために、HUDの表示エリアの拡大が求められる。

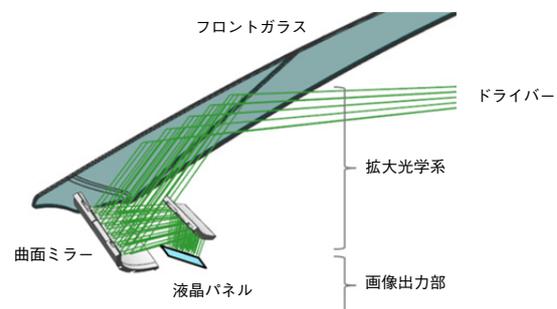
2. HUDの小型化技術

HUDは、ステアリング機構やエアダクトなど重要部品の多いドライバー前方のインストルメンタルパネル内に設置されるため、体積の制約が極めて大きく、装置の小型化が最重要の技術課題である。例えば現在搭載されているHUDでは、装置の筐体（きょうたい）が約5Lの体積を占める^(注2)が、中・小型車種に搭載可能な体積の目安である3Lを大きく超える。HUD体積の多くを占める光学系と放熱部の小型化について以下に述べる。

2.1 高倍率光学系による小型化

一般的な構成のHUDの投影装置は、第1図に示すように、画像出力部と拡大光学系とからなる。液晶パネルの出力画像は、2枚のミラーとフロントウインドウとからなる拡大光学系によって、車両前方に虚像として表示される。

HUDの小型化には、小面積の液晶パネルと曲率の大きいミラーを用いた高倍率の光学系が効果的である反面、画像歪（ひずみ）が増大して画質の悪化を招く。この課題に対して民生のプロジェクター装置などに用いられる自由曲面ミラー[1]の採用を検討した。自由曲面ミラーは、その表面形状が2次元方向の多項式で表され、設計自由度が高く、歪補正と同時にフロントガラス形状を補償することができる。設計自由度が高い場合、光学設計の最適化の際に局所解に陥ることが多くなるが、筆者らは面形状の最適解の探索手順を開発し、大きな曲率のミラーで



第1図 ヘッドアップディスプレイの光学構成

Fig. 1 Optical configuration of an HUD

* オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社
インフォテインメントシステム事業部
Automotive Infotainment Systems Business Div.,
Automotive & Industrial Systems Company

(注1) ユーロNCAP：ヨーロッパ新車アセスメントプログラム、欧州で販売されている自動車の安全性を消費者団体が検証してその結果を公表している。

(注2) 表示距離2.2 mにおける表示エリア210 mm(H)×90 mm(V)

の低歪高倍率光学系の設計に成功した。実際の設計例では、現在市販されているHUDで用いられているトーリックミラー（回転楕円（だえん）体の一部の表面形状をもつミラー）を用いた光学系に対して、体積比40%減の小型化を実現した。

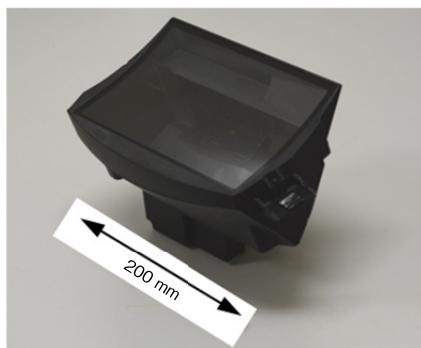
2.2 高効率放熱技術による小型化

HUD装置は、晴天下でも視認できるよう高輝度表示が必要でLED光源の発熱量が大きいうえに、例えば80℃以上の高温の車載環境での動作が要求される。筆者らは、この課題に対してPWSB（Power Solution Board）技術[2]を用いて熱抵抗の低減化を図った。PWSB技術は、第2図に示すように当社で開発した高熱伝導樹脂をチップ搭載基板に用いるもので、民生機器のインバータ電源基板などに利用されている。LEDチップからヒートシンクまでの熱抵抗を低減し、より小型の放熱フィンで従来設計以上の放熱特性を実現した。光源と液晶パネルからなる画像出力部の体積は従来比40%減の小型化を実現した。



第2図 PWSBを用いたLEDチップからの放熱系
Fig. 2 Heat conduction from LED chips using PWSB

自由曲面ミラーとPWSB基板を用いて試作したHUD装置の外観を第3図に示す。表示距離2mでの表示エリアサイズ240mm×90mm、輝度13000cd/m²と従来装置と同等の性能を維持しながら、装置全体の体積は2.2Lで小型車



第3図 小型化HUDの外観
Fig. 3 Appearance of a compact HUD

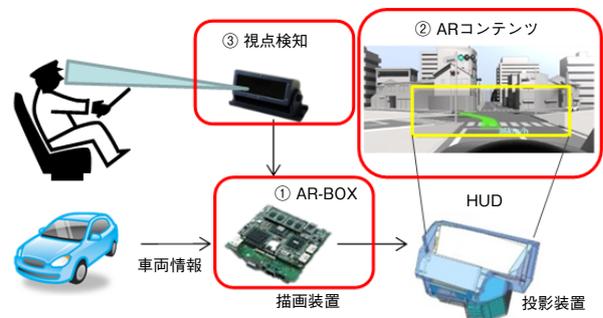
種への搭載が十分に可能なサイズが実現できた。

3. AR-HUDシステム

HUDはシースルーの表示を行うことから、ドライバーの視野前方に図形や文字情報を重畳するAR（拡張現実）表示が可能になる。例えば前方の車両に重畳してマーカーを表示し、衝突危険性を提示することができる。ただし、飛び出し注意喚起のための歩行者へのAR表示や、100m程度の前方車両へのAR表示のためには少なくとも表示距離2mで400mm×150mm程度の表示エリアが必要となる。これを従来技術で対応するとHUD本体は13L~15Lとなり、インストルメンタルパネル内部への搭載が不可能であるが、2節に述べた筆者らの小型化技術によれば約8Lの体積で実現でき、市販の乗用車をもとにした当社での検討結果では大型の乗用車への搭載が可能になる。

第4図にAR表示が可能なHUDシステムの構成を示す。AR-HUDは、カメラを用いた視点検出システムと組み合わせることで、物体とドライバーの視点を結ぶ線上に図形を表示する。デジタルカメラで実用化されている顔検出のアルゴリズムを基に、ドライバーの姿勢変化にリアルタイムに対応するため高速かつ高精度の瞳位置検知ソフトウェアを開発した。

第4図の例ではナビゲーションの矢印表示を交差点の路面に重畳して表示している。上記の視点検出システムによって、ドライバーの視点が上下方向に変動した場合でも、矢が目的の交差点上に正確に重畳される。そのほかにも、前方の歩行者や逸脱の恐れのある車線に重畳してマーカーを表示するなど、直感的な情報提示によってドライバーの負担を軽減し、安全性向上に貢献すると期待される。



第4図 AR-HUDのシステム構成
Fig. 4 System configuration of an AR-HUD

4. 今後の展開

HUD装置の小型化と表示エリアの大型化の要求は今後も続くと考えられ、新規な光学系の開発が期待される。さらに、MEMS光走査デバイスや高温動作レーザー光源などの新しいデバイスによって高画質化が実現されると期待され、車載条件での実用化が望まれる。ADASやITS技術、自動運転技術など、自動車の多機能化を支えるディスプレイとしてHUDの重要度が増していくと考えている。フロントガラス全面に必要な情報が必要な場所に表示される、SF映画でよく見る光景が現実のものとなりつつある。

参考文献

- [1] 村中昌幸 他, “新”光学レンズ技術, サイエンス&テクノロジー, 東京都, 2013.
- [2] 中谷誠一 他, “高密度実装技術パワーモジュール用高熱伝導コンポジット基板,” Matsushita Tech. Jour. vol.45, no.4, pp. 413-420, 1999.