



ヘッドアップディスプレイ

橋本 礼耳

東京光学機械(株)技術本部研究所 〒174 東京都板橋区蓮沼町 75-1

1. はじめに

パイロットの前方視野と飛行情報や射撃照準などをコンバイナと呼ばれるハーフミラーにより重ねて表示するヘッドアップディスプレイ(以下 HUD と略す)は航空機、とくに軍用機の高性能化に伴って改良が進められてきた。民間機においても離着陸時の事故防止のため開発が進められている。また近年では自動車への応用が検討され開発が進められている。

ここでは航空機用 HUD の原理と種類、および自動車用 HUD の可能性について述べる。

2. 航空機用 HUD¹⁻³⁾

現在までに開発されている航空機用 HUD はその光学系で大きく三つのタイプに分けられる。

(1) 屈折光学式 HUD (図 1)

コンバイナに平面のハーフミラーを用いる。CRT からの画像は無限遠に表示するため、大口径のコリメータレンズによりコリメートされる。HUD の視野はコリメータレンズの口径により制限されるため大型化が難しく、コンバイナを二段に重ねるなどの対策がなされている。

(2) 反射光学式 HUD (図 2)

コンバイナをコリメータレンズを兼ねた凹面のハーフミラーとする。視野の制限はコンバイナのサイズによるため大型化が容易。

(3) 回折光学式 HUD

コンバイナを回折による光学素子、とくにホログラフィック光学素子(以下 HOE と略す)とする。ハーフミラーに比べると、波長依存性が大きいため前方視野の透過率が高くまた単色 CRT からの反射率も高くなり、光の利用効率が高い。

回折光学式 HUD は、用いる素子数や光学系のタイプにより分けられる。

(a) 1素子, オフ軸系系

反射光学式 HUD のコンバイナをそのまま HOE に

置き換える。HOE 形成面形状を平面とし HOE にパワーをもたせる方式と、形状を凹面として HOE は狭帯域ダイクロミックミラーとしてのみ使用する方式とがある。製作の容易さなどから凹面形状のものが採用、試験されている。

(b) 2素子, 準軸系系 (図 3)

オフ軸系系で発生する各種の収差を軽減するため、HOE を 2素子用いオフ軸系角を小さくした。パイロット側の HOE はパワーをもたず光路を折り曲げ、その角度依存性により 2枚目の HOE によりコリメートされた光は透過させる。

(c) 3素子, 準軸系系 (図 4)

さらにコンバイナ系上方にもう一枚 HOE を追加し、反射光学式 HUD と同等の配置として、交換を容易にした。このタイプは F-16 における LANTIRN 計画のために開発され、米空軍において試験され採用が決定している。

3. 自動車用 HUD

近年において、自動車用の副計器盤として HUD の重要性が認識され、検討・研究が進められ、1985 モーターショーでは近未来コンセプトカー用計器盤として大手自動車メーカー各社から出展され、一部ではオプションとして発売されている。

自動車用 HUD においてその特徴の一つである虚像の遠方表示は、とくに近年増加している高齢運転者の目の焦点距離調節時間の増加による危険性の増大を抑えるために有効である。自動車においてはこの表示距離は航空機とは異なり、無限遠ではなく数 m 程度が望ましい。また前方視野に表示を重ねることで、高速走行時において視線を逸らすことによる危険性の増大を抑えられる。

自動車用 HUD は航空機用に比べ高い表示性能を要求されず、またコストの面からもコンバイナは 1素子型になると考えられる。次にコンバイナのタイプで二つに分けその特徴を比較する。

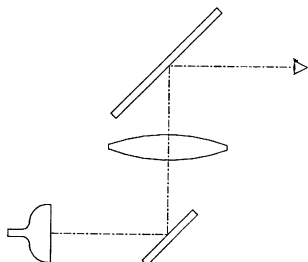


図1 屈折光学式 HUD

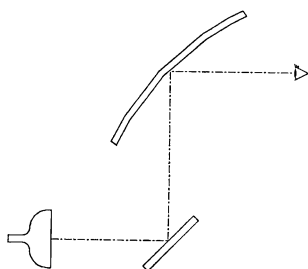


図2 反射光学式 HUD

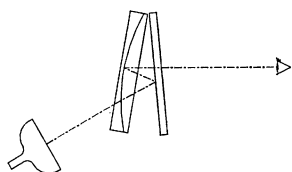


図3 回折光学式 HUD
準軸対称系・2素子

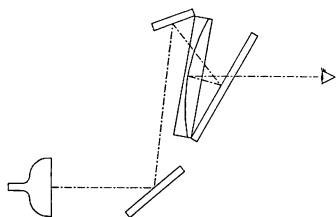


図4 回折光学式 HUD
準軸対称系・3素子

(1) ハーフミラー

- フロントガラスに蒸着などの表面処理を施すことで運転者の前方に余分な要素を必要としない。
- 容易に大型のコンバイナが得られ表示装置の位置制御だけで視点の個人差に対応可能。
- 前方視野の透過率と表示の反射率のバランスが難しく、明瞭な表示をするためには高輝度の表示体が必要になる。また透過率が低いため視野を遮る位置には配置が困難。しかしまったく視野を遮らない位置であ

ば (たとえばボンネットが見える範囲) 反射率の高いミラーでもよく、明瞭な表示が可能。

- 遠方表示を行なうために凸レンズが必要。
 - 1985 モーターショウにおいて大手自動車メーカー各社からまた 1987 モーターショウにおいても数社から出展されていた。
- (2) ホログラム
- 多色表示が困難であるが、単色表示においては透過率が高いまま表示の反射率を上げられ、高輝度の表示体を必要としない。また視野を遮るような位置に配置してもコンバイナを透過した前方の風景は若干着色するだけで明瞭な表示が得られる。
 - ホログラムに凹面鏡の性能を持たせることにより、遠方表示用の凸レンズが不要になる。
 - 製作、とくに大型化、フロントガラスとの一体化が困難なため、フロントガラスとは別置きとしてコンバイナにも姿勢の調整機構を備えたほうがよい。
 - 1987 モーターショウにおいて自動車用計器盤メーカー二社から出展されていた。

4. ま と め

航空機用 HUD は視野の広さ、透過率の高さから、回折光学式 HUD が軍用機、民間機両方に広く用いられると考えられる。

自動車用 HUD は用途に応じて運転者の視野を遮らない位置にはフロントガラスに作り込んだハーフミラー、視野と重なる位置にはホログラムのようにコンバイナを使い分けて、重要な副計器盤として利用されていくと考えられる。

また虚像の表示位置、距離は走行状態たとえば速度、車間距離などに応じ変化するほうがより安全性の高いシステムとなる。

文 献

- 1) L. Ravich: "Head-up displays in avionics," *Laser Focus/Electro-Opt.*, 22 (1986) 78-84.
- 2) C.H. Vallance: "Testing and development of holographic HUD systems," *Annual Symposium Proceedings. Society of Flight Test Engineers* (Society of Flight Test Engineers, Calif., 1986) 17, pp. 4.2.1-4.2.8.
- 3) J.P. Desmond: "A holographic head-up display for low visibility landing operations," *2nd Aerospace Behavioral Engineering Technology Conference Proceedings, 1983* (Society of Automotive Engineers, Pa., 1983) pp. 181-184.

(1988年2月25日受理)