

## 新世代のヘッドアップディスプレイ

### 奥行き感のあるARの実現で、 運転中でも安全に情報をキャッチ

ヘッドアップディスプレイ (Head-Up Display : HUD) は、自動車のフロントウインドーに情報を表示する車載用ディスプレイです。最小限の視線移動で情報を得られるため近年注目が集まりつつありますが、従来は映像を特定の奥行き位置にしか表示できませんでした。

東芝は、この課題を解決するため、片方の目だけに情報を表示することで自由自在に奥行き感を制御できる単眼式HUDを開発しました。この単眼視による奥行き感増強効果により、どのような奥行き位置にでも情報を表示させることが可能になります。現実の空間中に様々な情報を書き込む“AR (Augmented Reality : 拡張現実)”を実証した、世界で初めて<sup>(注1)</sup>のディスプレイです。

#### 従来のHUDの原理と課題

HUDとは、眼前のハーフミラーに映像を反射させて情報を表示するディスプレイです。1988年に初めて自動車に搭載されましたが、2000年前後から高級車への搭載が始まり、最近では、欧州市場で急速な広がりを見せつつあります。

従来のHUDの仕組みを簡略化して図1に示します。ダッシュボードに組み込まれたHUDからの射出映像 (HUD像) を、運転席のフロントウインドーに反射させて虚像を作り、その像をドライバーに導きます。ドライバーはフロントウインドーを介して、前方の風景を見ることも、ディスプレイの表示情報を見ることもできます。これまでのように、

(注1) 2010年5月時点、単眼式AR-HUDとして、当社調べ。

ダッシュボード上にある装置の表示を見るよりも、少ない視線移動で車両情報を捕らえ、運転中でも、すばやく必要な情報を得ることができるのです。

従来のHUDは、両眼で見ることを前提にしていたため、いくつかの課題がありました。一つは、両眼視差による二重像に起因する“ぼけ”の発生です。もう一つは、虚像位置の固定です。従来の両眼式HUDを利用する場合の、知覚像の模式図を図2(a)に示します。

HUDを利用するのは、自動車を運転しているとき、すなわち遠くを見ているときです。この状態でHUDを見ると右目と左目に入る像がずれてしまい (二重像)、ぼけた像として知覚されます。逆にHUDを注視したときには、背景がぼけて知覚されます。いずれにしても、HUD像と背景を同時に視認することはできま

せん。また、当然ながら、HUD像は虚像位置にあるものと知覚されます。

#### 単眼式HUDの原理と特長

東芝が開発した単眼式HUDの仕組みを図3に示します。このシステムをWARP (Wind-Shield Reflected Augmented Reality Projector) と呼びます。“単眼”ということばからわかるように、このシステムでは、ダッシュボードに組み込まれたディスプレイのHUD像は、ドライバーの片方の目だけに投影されます。そのため、ドライバーが背景を注視している場合でも二重像は発生せず、その結果、明瞭に表示情報を知覚することができます (図2(b))。WARPでは、表示情報と背景とを同時に視認することができます。この同時視認性の高さは、車載ディスプレイとして

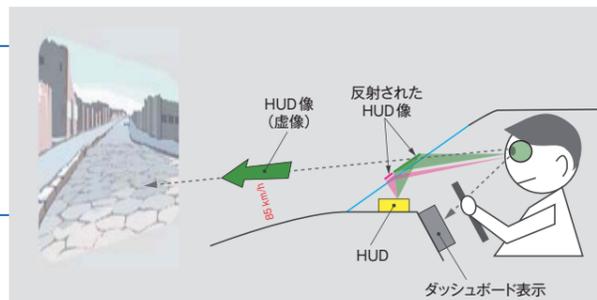


図1. 従来のHUDの仕組み — HUDから射出されたHUD像は、フロントウインドーに反射され、ドライバーから虚像として知覚されます。

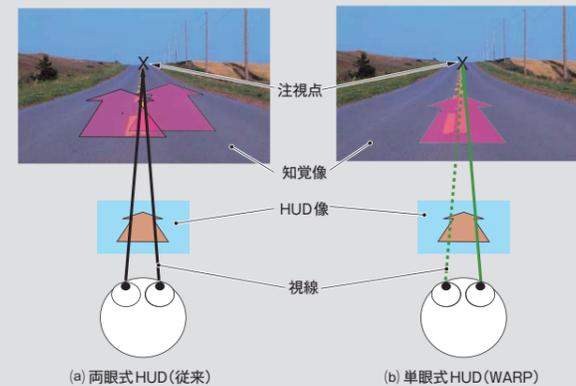


図2. HUD像の知覚模式図 — 両眼式では、両眼視差による二重像が“ぼけ”として知覚されますが、WARPでは、ぼけは生じません。

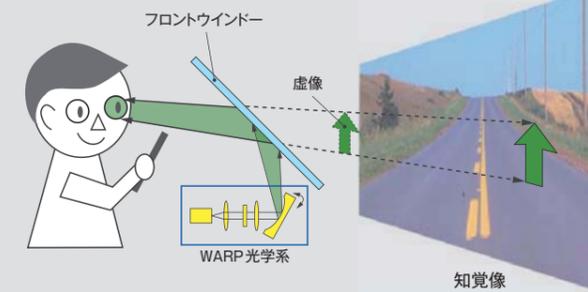


図3. WARPシステムの仕組み — HUD像の広がりを抑える特殊な光学系を持つため、片方の目だけにHUD像が集光できます。

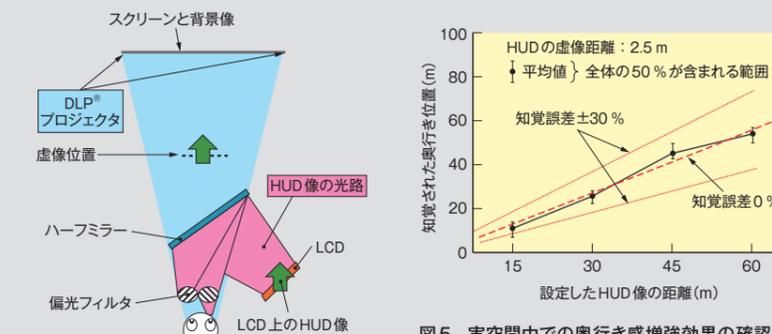


図4. WARPシミュレータの模式図 — LCD上にHUD像を表示し、それを偏光フィルタを介して観察します。背景を両眼で、HUD像を単眼で観察することができます。

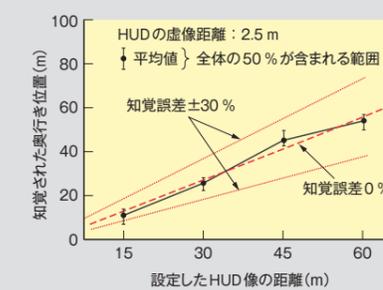


図5. 実空間中での奥行き感増強効果の確認結果 — 上下の点線は、知覚誤差±30%の奥行き位置です。実際の空間を背景としたときに知覚された奥行き位置は、ほぼ全てこの範囲の中に収まり、実際の外界環境でも奥行き感増強効果を確認できました。

用いた場合、安全性の向上に有利であると考えています。

また、両眼視状態とは異なり、単眼視状態では表示像の奥行き位置を自由自在に制御することが可能になります。これが、WARPの最大の特長である単眼視による奥行き感増強効果です。

#### 単眼視による奥行き感増強効果

実際のWARPを構築する前に、当社は、図4に示すようなWARPのシミュレータを作り、LCD (液晶ディスプレイ) に映像を表示し偏光フィルタを通すことで、HUD映像を単眼で見せるシステムを実現しました。LCDからの映像は、直線偏光されています。この偏角に直行させた偏光フィルタを用いると映像は遮蔽され、同じ偏角のフィルタを用いると映像はそのまま観察者の目に届きます。

左右の目に、このような条件の偏光フィルタを介させると単眼視の条件を構築することができます。

実験では、HUD像の他に背景映像も必要であり、それをDLP<sup>®</sup> (注2) プロジェクタで作りました。DLP<sup>®</sup> プロジェクタは、通常の光と同じ無偏光状態の光を出しているため、スクリーンに投影された光は、前述した偏光フィルタを介しても両眼で観察することができます。この背景像と前述したHUD像をハーフミラーを介して同時に観察することで、背景映像は両眼で観察し、HUD像だけを単眼で見る、WARPの基本構成を構築することができました。この装置を使った実験で、両眼視で映像を見ている場合には知覚される映像の奥行き位

(注2) DLPは、米国テキサスインスツルメンツ社の登録商標。

置は変わらないことと、単眼視の条件では実際の奥行き位置よりずっと遠くに感じられることを確かめました。

#### 実空間中での奥行き感増強効果

現実の世界、すなわち自動車上で、実際の空間を背景としたときの特性はどのようなのでしょうか。これを確認するために、自動車に搭載可能な小型のWARPを構築し、実空間中での奥行き感増強効果を確認した結果が図5です。

実空間の背景に重畳させるナビゲーションシステムを意識して、HUD像として矢印を表示し、その矢印がどの奥行き位置に知覚されるかをプロットしました。横軸は、設定したHUD像の遠近法的な奥行き感の距離を、縦軸は知覚された奥行き位置を表しています。このときの光学的な像の奥行き位置は2.5mです。図のように、表示距離60m程度までは奥行き感を増強できることがわかりました。虚像距離2.5mと比べて、20倍以上の距離に知覚させることに成功しました。

#### これからのWARP

実験により、これまで実現が困難とされていた、知覚される奥行き位置を自由自在に制御できることがはっきりしてきました。WARPは、曲がらなければいけない交差点を、その奥行き空間の位置にまちがいに指し示したり、観光地の名称をその建物の位置に示すといった、実際の空間中に様々な情報を書き込むARを実現するディスプレイに発展していくと期待されます。

佐々木 隆

研究開発センター  
ヒューマンセントリックラボラトリー研究主務