

視線追従型 HMD

岩本和世

ヘッドマウントディスプレイ(以下HMDと略記)は、立体的に映像を提示できる装置として、仮想現実感やロボットの遠隔操作等への応用が期待されている。高い臨場感のある映像提示を行うには広視野かつ高解像度の映像を提示する必要があるが、従来のHMDでは、提示映像の視野が狭く、また解像度が低いことが指摘されている。通常、HMDには小型の液晶ディスプレイ等が用いられており、走査線数の制限から、視野を広げると提示映像の解像度が低下してしまう。筆者らの試算では、NTSC(National Television System Committee)方式(走査線数525本)のディスプレイを用いて、120度の視野の映像を提示する場合、その解像度は、視力検査で用いられるランドルト環(視力0.1相当)の切り欠きを表示できないほどに低下する¹⁾。したがって現状のHMDでは、必要な解像度を得るために視野角を制限せざるを得ない。その結果オペレーターは小さな窓を通して環境を眺めているような感覚を受ける。もし非常に高解像度の映像が提示可能なディスプレイが開発されれば、この問題は解決するが、それが近い将来に実現困難であることを前提とすれば、別の映像提示法が検討される必要がある。そこで人間の視覚特性を利用することによって、既存のディスプレイを用いながら、広視野高解像度の映像が提示可能な視線追従型HMDの開発が進められている²⁾。ここでは、視線追従型HMDの概念および試作システムの概要について紹介する。

1. 視線追従型 HMD の概念

図1は視線追従型HMDの概念図を示している³⁾。このシステムは、広視野映像用ディスプレイ、高解像度映像用ディスプレイ、視線検出センサー、およびディスプレイ位置コントローラーから構成されている。広視野映像用ディスプレイは、低解像度だが広視野の映像を提示できる。一方、高解像度映像用ディスプレイは狭視野だが高解像度の映像を提示できる。高解像度映像は広視野

映像上にスーパーインポーズされ、高解像度映像用ディスプレイの位置は、視線検出センサーによって検出された視線方向に常に一致するように制御される。このとき両映像の解像度および視野角が適切に設定されていれば、人間の視覚が視線方向の一定領域のみ高解像度像を受容する能力をもつという特性から、等価的に広視野高解像度の映像を提示することができる。いま図2に示すような映像が提示され、オペレーターが「+」印で示された点(たとえば注視点A)をみているとすると、注視点周辺の点線で囲まれた領域が、高解像度映像用ディスプレイによって高解像度で提示される。その周辺領域は広視野映像用ディスプレイによって低解像度で提示されている。もしオペレーターが別の点(たとえば注視点B)をみたとすれば、視線検出センサーによって注視点は検出され、その新しい注視点まわりの一定領域が高解像度で提示される。

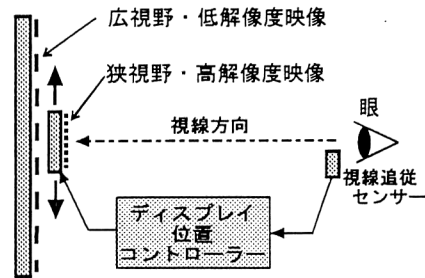


図1 視線追従型 HMD の概念図。

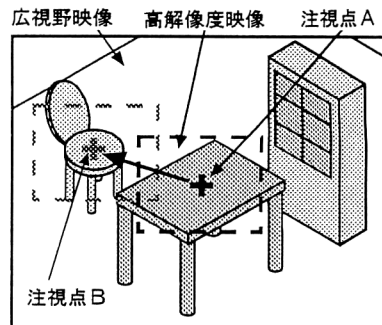


図2 提示映像の一例。

Eye movement tracking type head mounted display (1995年9月4日受理)

Kazuyo IWAMOTO 機械技術研究所 (〒305 つくば市並木1-2)

2. 試作装置

視線追従型 HMD を具体化するため、図 3, 4 に示すようなシステムを試作した⁴⁾。このシステムは、広視野映像用ディスプレイ、高解像度映像用ディスプレイ、視線検出センサー、ハーフミラー、スキャナー、および対物レンズから構成されている。図 4 により提示原理を説明すると、広視野映像用ディスプレイ、対物レンズ f_1, f_2 、ハーフミラーおよび接眼レンズは光軸 L 上に配置され、さらに高解像度映像用ディスプレイおよび対物レンズ f_3, f_4 は光軸 M 上に配置されている。光軸 M はハーフミラーのところで光軸 L と直交する。まず広視野映像用ディスプレイから提示された像 O1 は、対物レンズ f_1, f_2 により画角調整され、ハーフミラーを透過して、空間平面 P 上に像 O2 を結像させる。一方、高解像度映像用ディスプレイによって提示された像 O3 は、対物レンズ f_3, f_4 により画角調整され、ハーフミラーを反射して、空間平面 P 上に像 O4 を結像させる。広視野映像用および高解像度映像用ディスプレイは同種のディスプレイだが、それぞれの前方に配置されている対物レンズによって像 O4 は、像 O2 よりも狭視野・高解像度の像として形成される。空間平面 P 上では像 O4、O2 の両像が形成されるため、図 2 に示すような広視野映像上に高解像度映像がスーパーインポーズした映像となり、その映像は接眼レンズを透過して眼球に投影される。オペレーターの視線位置は眼球直前に配置された視線検出センサーによって検出され、その情報をもとにハーフミラーの角度が変化し、高解像度映像の提示位置を制御できる。視線検出センサーは、赤外 LED (light emitting diode) およびフォトダイオードから構成され、黒目と白目の反射率の差から視線方向を検出する。高解像度ディスプレイの像 O3 はハーフミラーの制御と同時に書き換えられる。この制御を行うことによって、高解像度映像を常に視線追従させることが可能になる。このシステムでは、原理確認に目的を絞り、視線追従範囲は水平方向のみとした。

視線追従型 HMD では、高解像度映像提示が視線移動に対して時間遅れなく追従し、またハーフミラーの制御と高解像度映像の書換えのタイミングが一致している必要がある。そこで評価実験として、まず視線移動に対してそれに追従するハーフミラーの回転の時間遅れを測定し、それが十分小さいことを確認した。次に提示環境として中央部に静止指標を提示し、視線を動かしつつ指

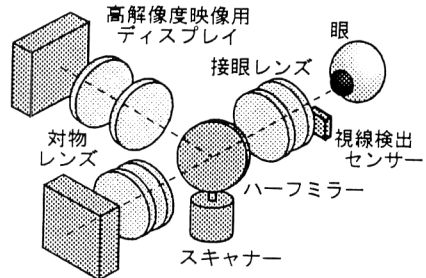


図 3 試作システム。

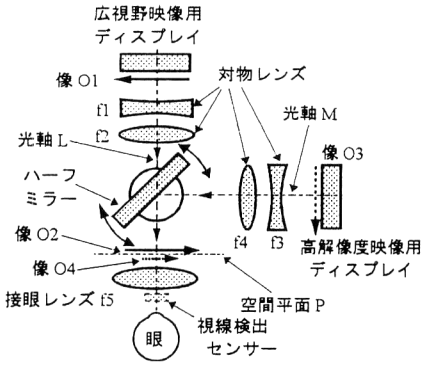


図 4 光学システム。

標をみたとき、それが静止しているようにみえることを確認した。

人間の視覚特性を利用して、広視野高解像度の映像を提示可能な視線追従型 HMD の概念を提案し、構成した試作システムを用いて、その基本的な有効性を確認した。今後はより複雑な映像提示やシステムの両眼化など、より実用的なシステムの開発を進める予定である。

文 献

- 1) 岩本和世, 前田太郎, 谷江和雄: “視線追従型映像提示系への応用を目的とした注視点近傍における視覚特性の検討”, 人間工学会誌, 30, 2 (1994) 99-109.
- 2) K. Iwamoto, K. Tanie and T. Maeda: “Development of an eye movement tracking type head mounted display: System proposal and evaluation experiments,” *Proc. of IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication* (1993) pp. 287-291.
- 3) 岩本和世, 谷江和雄, 前田太郎, 市江更治, 安川 学, 堀口千代春: “視線追従型ヘッドマウントディスプレイの開発 (第 2 報)”, 日本ロボット学会第 11 回学術講演会予稿集 (1993) pp. 361-362.
- 4) 岩本和世, 勝又 聡, 谷江和雄: “視線追従型ヘッドマウントディスプレイの開発 (第 3 報)”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 '94 予稿集 (1994) pp. 1017-1018.