107 航技研の飛行シミュレータ用ハーフドームとその応用例について

若色 薫*、 渡辺 顯

航空宇宙技術研究所 制御部 飛行シミュレーション研究室

The NAL's half dome type display system for the flight simulator and its application

Kaoru Wakairo and Akira Watanabe (National Aerospace Laboratory)

Abstract

A visual sense is an important information source for aircraft pilots. In a modern flight simulator, the image made by computer graphics is used as a visual information. Several equipment which artificial visual information are used as a flight simulator visual system. First, we present display systems for a flight simulator. Next, the half dome type display system which is installed to the National Aerospace Laboratory is explained. Finally, the evaluation results and its application is described.

1. はじめに

パイロットが航空機を操縦する場合、視界は重要な情報源である。現代の飛行シミュレータでは、コンピュータグラフィックス技術により作成した映像が視界情報として用いられている。そのため飛行シミュレータでは、人工的に作られた視覚情報を表示するための装置が各種使用されている。Fig. 1に飛行シミュレータ（航空宇宙技術研究所所有）の外観を示す。

本報告では、はじめに各種飛行シミュレータ用視界表示装置について示し、次に航空宇宙技術研究所に設置された飛行シミュレータ用ハーフドームに関して述べ、最後にその評価と応用例について述べる。

Fig.1 Example of the flight simulator.

2. 飛行シミュレータ用模擬視界装置

パイロットが航空機を操縦する場合、操縦席の窓から見える外界の景色は、視界情報とも呼ばれ、重要な情報源の一つとなっている。飛行シミュレータは、地上において航空機の操縦模擬を可能とする装置であり、視界情

報の模擬は重要な構成要素として位置づけられる。飛行シミュレータでは、視界情報の発生と表示を行う構成要素を模擬視界装置¹⁾と総称している。模擬視界装置は、視界映像の発生を行う視界映像発生装置と表示を行う視界表示装置から構成される。以下にその詳細を述べる。

2. 1 視界映像発生装置

視界情報の発生に用いる視界映像発生装置（イメージジェネレータ：Image Generator、CGI：Computer Generated Imageryとも称される。）は、コンピュータグラフィックス技術の粋を集めた装置である。視界映像発生装置は、1980年代以降、コンピュータグラフィックス技術の進歩とともに年々性能向上が図られてきた。

現在、当所で用いている視界映像発生装置²⁾の主要な性能をFig. 2に示す。

項目	仕様
機種名/メーカー	PT2000SJ/東芝テスコ
チャンネル数	6
ポリゴン数	2000/チャンネル
画像更新レート	60Hz
画像発生遅れ	67msec
カラーテーブル	8種×256色
テクスチャ	カラー96種(256×256)
ピクセル数	1.25M/チャンネル
ホストI/F	リフレクティブメモリ、イーサネット
特殊機能	対地高度検出、衝突検出、レーザー測距、地形追従、関節運動
移動物体	24
天候・日照	太陽光制御、天候制御、7層大気モデル
シェーディング	平面、曲面
灯火模擬	着陸灯、滑走路灯、進入灯、誘導灯
データ作成	専用システム、汎用システム(MultiGen)

Fig.2 The specification of the NAL visual system.

2. 2 視界表示装置

視界映像発生装置で作られた視界情報は映像信号の形式で出力され、視界表示装置により視覚情報としてパイロットに呈示される。飛行シミュレータで電氣的な視界

表示装置が用いられたのは、60年代以降になって、テレビジョン技術の向上とともに高性能なテレビジョンカメラとCRTディスプレイが開発された結果である。ちなみに当時の視界映像発生装置は、箱庭型の模型をテレビカメラで撮影する方式であった。

現在の視界表示装置は、プロジェクタによりスクリーンに投影された映像を直視するスクリーン投写方式と凸レンズや凹面鏡などの光学系を用いることで見かけ上の焦点距離を遠くにさせる無限遠方式に大別される。Fig. 3に視界表示装置の分類を示す。

Fig. 3 The classification of the display system for the flight simulator.

3. 飛行シミュレータ用ハーフドーム

当所の飛行シミュレータ用ハーフドーム²⁾は、先に述べたスクリーン投写型ドームスクリーン方式に分類される視界表示装置である。

この飛行シミュレータ用ハーフドームの特徴を次に示す。

- 1) スクリーン面が完全球体ではなく部分球（半球の約8割）であり、暗室内に設置している。
- 2) スクリーン全体に高輝度かつ高精細度の映像表示を行うため、1000ルーメンクラスのビデオプロジェクタを6台使用している。
- 3) 視野角はヘリコプター用として下方視野を重視している。（左右90度、上方30度、下方50度）この特徴あるハーフドームの外観図をFig. 4に示す。また、その構成要素については、次章で詳細を述べる。

Fig. 4 The appearance of the half dome type display system

3. 1 スクリーン部

スクリーンは、球面に加工した硬質アルミパネルを枚組み合わせてスクリーン基材とし、スクリーンゲイン1.5のスクリーン用塗料を吹き付け塗装により塗布し作り上げた。スクリーン面における輝度測定結果をFig. 5に示す。

なお、アルミパネルの組立と塗装作業は、当所のハーフドーム設置場所で行われた。

Fig. 5 Illumination map

3. 2 DDIU部

DDIU (Digital Display Interface Unit)は、視界

映像発生装置とプロジェクタの間に設けられた装置である。DDIUは、6台のプロジェクタが映し出す視界映像をなめらかに接合して一つの視界映像として表現する機能と、そのために必要となる個々のプロジェクタに対する調整機能を持っている。DDIUの外観をFig. 6に示す。

Fig. 6 The appearance of the DDIU

3. 3 プロジェクタ部

プロジェクタ³⁾は、飛行シミュレータ用として製品化したものを使用している。

プロジェクタの色調、輝度、コンバーゼンスなど、ビデオ系統の基本調整は、DDIUに付属したリモートコントローラを用いて遠隔操作で行える。

また、ドームスクリーンに映像を投写する際に不可欠な球面補正は、プロジェクタが持つ補正機能を用いて実現している。プロジェクタの機能をFig. 7に示す。

項目	仕様
機種名/メーカー	SEOS-911プロジェクタ/SEOS社(イギリス)
投写方式	3管3レンズ方式
CRT	高精細度液冷式9インチ電磁フォーカスCRT
光出力	1100ルーメン(10%ピークホワイト)
レンズ	高精細度エアカップルド F1.2ハイブリッドレンズ
解像度	1000本以上(RGB入力時)/2500×2000ピクセル
スクリーンサイズ	横2.0m×縦1.5m ~ 横8.8m×縦6.6m
捜査周波数	水平 15~64KHz オートロック 垂直 37~140Hz オートロック
輝度消去時間	垂直 2.5μs 水平 200μs
RGB帯域	70MHz
コンバージェンス	オート/マニュアル
入力	R.G.Bビデオ信号 0.7Vp-p
電源電圧	230V
消費電力	600W
寸法	幅782mm×高さ355mm×奥行き1142mm
重量	72kg

Fig. 7 The specification for the Projector system

4. 飛行シミュレータ用ハーフドームの評価

ハーフドームの供用開始に際し、当所および機体製造会社のテストパイロット(15名)を被験者として評価実験⁴⁾を行った。評価結果をFig. 8に示すが、項目のうち視野角から輝度むらまでは表示性能の評価で、高度感以降は全般的な感覚的評価となっている。表示性能に関しては、全体的に評価が高いが、感覚的評価が低くなっており、今後の課題となっている。

また、この評価項目にはないが、一部の被験者に、めまい、不快感、吐き気などを感じる症状(シミュレータ酔いと呼ばれる場合もある。)が現れた。

この症状は、他のドーム型視界表示装置でも、発生傾向が見られ、視野角の広さがその一因ともいわれており、この点についても課題を残している。

Fig. 8 The evaluation test result

5. 飛行シミュレータ用ハーフドームの応用例

ハーフドームは、広視野角、高輝度、高精細度の視界表示装置である。この特性を生かして、飛行シミュレーションをはじめとして、その利用分野が広がっており、その応用例を次に述べる。

5. 1 ヘリコプターの飛行シミュレーション

ハーフドームは、ヘリコプター型飛行シミュレータ用視界表示装置として整備したもので、ヘリコプター用としては、十分な性能を有している。

最近の利用例としては、消防ヘリコプターの開発⁵⁾に利用された。その際の表示映像例をFig. 9に示す。

Fig. 9 The example of the display image (helicopter simulation)

5. 2 宇宙関連

宇宙関連としては、宇宙構造物の景観シミュレーションやテレイグジスタンスなどの遠隔操縦に関するシミュレーションが予定されている。

宇宙関連の表示映像例をFig. 10に示す。

Fig.10 The example of the display image (Lunar Rover)

4. 3 人間工学・生理学

ヘリコプターなどの飛行シミュレーション以外への利用としては、視野角の広さを必要とする分野^{6) 7)}への広がりを見せている。この表示領域については、人間の視野領域をほとんどカバーするため、人間工学的な実験への適用が多い。その際の表示映像例をFig. 11に示す。

Fig. 11 The example of the display image

6. まとめ

本ハーフドームは、広視野角、高輝度、高精細度の視界表示装置として、飛行シミュレーションをはじめとして、他分野への適用も広がっている。今後も航空機の飛行シミュレーションだけにとらわれず、他分野における実験についても広く解放してゆきたい。

最後に、ドーム型ディスプレイの将来構想として、大型自発光方式の設備も検討していることを述べておきたい。Fig. 12にその外観を示す。

Fig. 12 The futuristic dome display system

参考文献

- 1) 渡辺顯：飛行シミュレータと最近の視界装置、日本航空宇宙学会誌、第4巻 第491号、pp. 702~709、(1994)
- 2) 東芝テスコ㈱：PT2000SJ取扱説明書、1995
- 3) SEOS DISPLAY LTD：SEOS-911 Projector 資料
- 4) 若色、他：大型ハーフドーム視界表示装置の性能と評価について、日本機械学会 第4回交通・物流部門大会講演論文集、pp. 175~176、1995. 12
- 5) 舩引、他：ヘリコプタによるビル火災消火の模擬実験（その3）、航空宇宙技術研究所報告、TR-1308、1996. 10
- 6) 航空宇宙技術研究所、他：宇宙における錯覚・失認対策法に関する研究（その3）、宇宙開発事業団宇宙環境利用システム本部 平成6年度個別研究成果報告、1995
- 7) 竹田、他：大型ディスプレイによる重心動揺の影響、計測自動制御学会ヒューマン・インターフェイス部会第39回研究会講演集、pp. 259~300、1996