

5. 航空救難訓練用シミュレータの開発事例とその主要技術

Development of Air Rescue Mission Simulator and Its Technology by Tetsuo KOMURA (Simulation System Group, Mitsubishi Precision Co., Ltd.).

古 村 哲 夫¹

¹三菱プレジジョン (株)

1. はじめに

従来、航空機教育用のシミュレータは、操縦訓練用シミュレータを意味していた。しかし近年、ミッション・シミュレータというカテゴリーのシミュレータが登場してきた。

操縦訓練用シミュレータが、文字どおり操縦訓練のみを目的とするのに対して、ミッション・シミュレータは操縦訓練とともに訓練対象航空機のミッション(任務)遂行をも同時に訓練するシミュレータである。

操縦訓練用シミュレータは、訓練の対象となる機体の飛行性能・特性の忠実な模擬が必要であるが、ミッション・シミュレータの場合はこれに加え、そのミッションに応じた固有の機能の付加が必要となる。固有の機能とは、機体に搭載された各種ミッション遂行用機器の忠実な模擬および各種ミッションの遂行訓練を行うに必要な機体を取り巻く環境の模擬である。

たとえば戦闘機用ミッション・シミュレータの場合、各種ミッション遂行用機器の模擬とはレーダなどのセンサ模擬、火器管制機能の模擬、ミサイル/ガンなどの武器の模擬である。またシミュレータを取り巻く環境の模擬とは、目標の高度な機動/武器発射機能の模擬、目標のレーダ反射面積および電子妨害の模擬、さらに遠距離目標機を全周にわたって表示するための高解像度/広視野の窓外視界の模擬となる。

ここでは、航空救難という任務を訓練するミッション(航空救難訓練用)・シミュレータについて、その特徴的な技術を紹介する。

2. 教育訓練用シミュレータの構成概念および主要技術要素の動向

操縦訓練用およびミッション・シミュレータを含めて、航空機シミュレータの基本的な構成概念を図-1に示す。

教育訓練用シミュレータの主要構成部品は、計算機、プログラム、視界映像発生装置、視界映像表示装置および動揺感覚発生装置であるが、その技術の変遷を図-2に示す。

これらの構成部品中で、シミュレータとして特徴的な装置である視界映像発生装置、視界映像表示装置および動揺感覚発生装置についてその動向を紹介する。

2.1 視界映像発生装置

かつては、地形の映像をテレビ・カメラで撮影する方式が使用されていたが、現在ではコンピュータ・グラフィック技術による CGI 方式に完全に置き換えられた。

この CGI 技術の進歩は速く、スキャン・ライン方式(画面の走査線ごとに逐次画素を処理する方式)から、画面全体を一括処理するフレーム・バッファ方式に進歩し、生成される映像は格段にリアリティに富むものとなった。

フレーム・バッファ方式への移行は主として記憶素子、演算素子の性能向上によるものである。素子の性能向上および処理方式の進歩は、図形(ポリゴン)表示容量を向上させ、画面のちらつきの防止(アンチ・エイリアシング処理)、半透明物体の表示などを可能とし、さらに写真映像の利用(フォト・テクスチャ)をも可能とした。

とくにフォト・テクスチャは、リアリティの向上に大きな役割を果たし、現在では表示地形のす

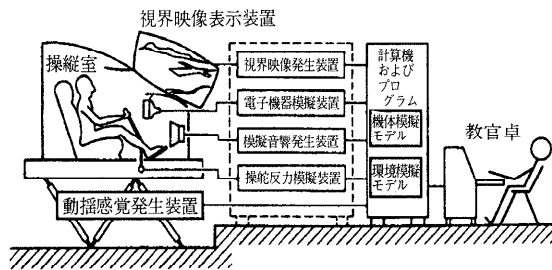


図-1 航空機シミュレータの基本的構成

べてについて、衛星写真、航空写真を貼り付けるジオ・スペシフィック機能を有する視界映像発生装置が実用化されている。

2.2 視界映像表示装置

視界映像表示装置は、映像を無限遠位置に表示するために、CRT、凹面鏡、半透明鏡(ビーム・スプリッタ)を組み合わせた凹面鏡ビーム・スプリッタ方式(図-3)がかつては使用されていた。

しかし、輸送機や旅客機のシミュレータに必要な連続した広い視界を得るため、プロジェクタ、透過型球面スクリーン、大型凹面鏡を組み合わせた広画角無限遠表示方式(図-4)が登場し、現在ではほとんどの大型旅客機のシミュレータにこの方式が採用されている。この方式では正副パイロットのお互いの肩越しの映像もみることが可能である。

戦闘機のように360度の全周表示を必要とする場合は、球形ドームの内面に映像を投影する方法を採用することが多い。ただし、高画質の映像を全周に投影するのは不経済であるため、高画角ではあるが比較的解像度の低い背景映像に、重要度の高い狭い範囲の高解像度の映像(AOI:Area of Interest)を重畳する方式とするのが主流である。

ヘルメット・マウント型の表示装置のシミュレータへの適用も研究中であるが、航空機教育用シミュレータへの本格的な適用には、表示視野角および解像度の向上、操縦室内の計器の視認性の向上などの問題を解決する必要がある。

2.3 動揺感覚発生装置

動揺感覚発生装置は、油圧アクチュエータにより操縦室を支えて動揺させる方式が一般的であり、初期の頃はアクチュエータが2~3本であった。

| 年代 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 |
|-----------|----------|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 計算機ハードウェア | アナログ式 | | | デジタル式 | | | | | | | | | | | | | | | 分散処理方式 | | | | | | | | | | | | | | |
| 計算機言語 | アセンブラ | | | フォートラン | | | | | | | | | | | | | | | CGI方式 | | | | | | | | | | | | | | |
| 視界映像発生装置 | ミニコンピュータ | | | スーパーミニコンピュータ | | | | | | | | | | | | | | | マイクロプロセッサ | | | | | | | | | | | | | | |
| 動揺感覚発生装置 | 3自由度 | | | 油圧方式 | | | | | | | | | | | | | | | 6自由度 | | | | | | | | | | | | | | |

図-2 構成品技術の変遷

現在は図-5に示すようなアクチュエータ6本により機体の前後、左右、上下方向の移動およびロール、ピッチ、ヨーの角運動の6自由度の動きを模擬する方式が主流である。

この方式ではアクチュエータの作動範囲の制約から、発生する加速度の持続時間が制限される。

しかしながら、計器表示あるいは視界からは得られない機体運動の初動感覚を訓練者に把握させるには有効な装置である。

3. 航空救難および航空救難用シミュレータの概要

航空救難用のミッション・シミュレータについて述べる前に、航空救難任務のあらましについて救難機が回転翼機(ヘリコプター)の場合を想定して言及する。

救難機が回転翼タイプの場合の航空救難の概念を図-6に示すが、航空救難とは、陸海の区別、地形の急峻の有無、昼夜の区別、天候の良否を問わずに、遭難者救出のため飛行場を離陸、航進し、捜索を行い、援助物資などを投下し、また遭難者の吊り上げなどの救助活動を行い、安全に飛行場に帰投することである。

この航空救難を訓練するミッション・シミュレータの特徴的機能を表-1に、構成例を図-7に示す。

4. 航空救難用シミュレータの主要技術

前章の表-1で示した航空救難用のミッション・シミュレータとしての特徴的な技術について以下に記述する。

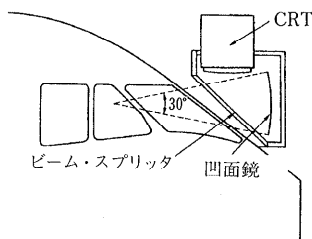


図-3 凹面鏡ビーム・スプリッタ方式

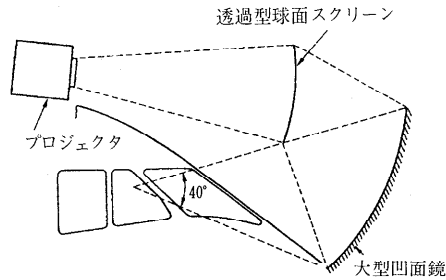


図-4 広角度無限速表示方式

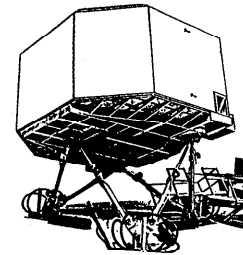


図-5 6自由度動揺装置

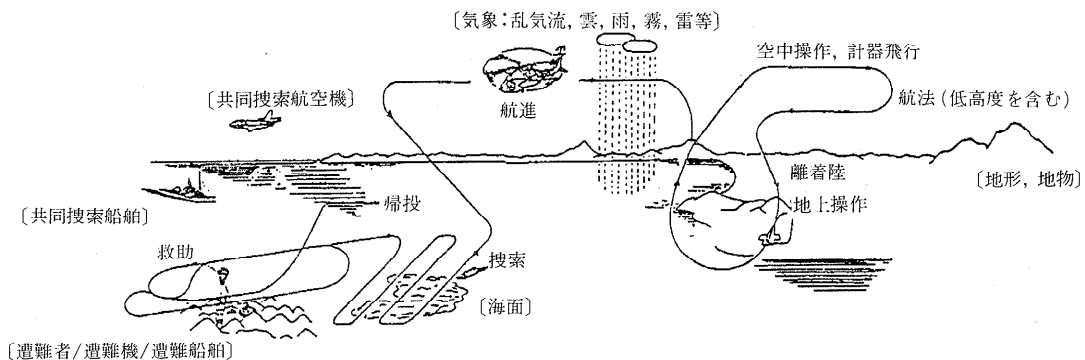


図-6 航空救難の概念

4.1 機体模擬での特徴的技術

4.1.1 飛行運動の模擬の高精度化

従来、回転翼機の場合は飛行運動はロータが作る6分力を、ブレードのスピード、舵角などの関数でテーブル化しておき、飛行状態に応じて引き出すDVA(DIRECTED VECTOR APPROACH)方式により模擬していた。

しかし救難機の場合は、山岳地での乱気流の影響および低高度でのグランド・エフェクトを模擬する必要上、細分化したブレードの各エレメントの力を計算するブレード・エレメント方式により飛行運動の模擬を行う。

4.1.2 ミッション用搭載機器の模擬

(1) 山岳地などでの無線航法装置による方向探知などの進出および捜索訓練を可能とするため、電波の地形による遮蔽効果を、映像発生装置が有する測距機能を利用して模擬する。

(2) 夜間の捜索訓練を可能とするため赤外線暗視装置に、地形、遭難機、船舶などの放射する赤外線映像の表示を行う。

映像の発生は赤外線映像発生装置により行うが、必要な機能は次のとおりである。

- 温度と材質に応じた赤外線放射エネルギーの模擬

- 赤外線の距離減衰および大気減衰の模擬
- 環境(温度, 湿度, 高度)影響の模擬
- 視界映像との整合性

(3) 悪天候下の進出, 捜索訓練を可能とするため地形映像, 気象前線, 各種の目標のレーダ映像表示を行う。

映像の発生はレーダ映像発生装置により行うが、必要な機能は次のとおりである。

- 地形の標高, 地質/土地利用に応じた電波反射率の模擬
- 雲の密度(降雨量/降雪量)に応じた電波反射率の模擬
- レーダ反射面積に応じた目標の探知確率の模擬
- シー・クラッターの模擬
- レーダ電波の距離および大気減衰の模擬
- アンテナ・パターン, シャドウおよびアスペクト・エフェクト, パルス・インテグレーションなどのレーダ・エフェクトの模擬
- 視界映像との整合性

表-1 航空救難用シミュレータの特徴的機能

| 特徴的機能 | 対応訓練項目 | 関連対応構成品 |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 飛行運動模擬の高精度化 | 乱気流下などでの捜索および救助訓練 | 機体模擬モデル |
| ミッション用搭載機器の模擬 (航法装置、レーダ、赤外線暗視装置) | 夜間/悪条件下での進出および捜索訓練 | 機体模擬モデル 赤外線映像発生装置 レーダ映像発生装置 |
| 高精度/広視野角の窓外視界表示 | 捜索および救助訓練 | 視界映像表示装置 視界映像発生装置 データベース |
| 気象の模擬 | 悪天候下での進出、捜索および救助訓練種 | 環境模擬モデル 視界映像発生装置 レーダ映像発生装置 |
| 山岳乱気流の模擬 | 山岳地での捜索および救助訓練 | 環境模擬モデル データベース |
| 各種目標の模擬 | 捜索および救助訓練 | 環境模擬モデル |

4.2 環境の模擬での特徴的技術

4.2.1 視界映像表示装置

- (1) 捜索訓練などに必要な広い視界を得るため映像表示装置としては広画角無限遠表示装置を採用するのが一般的である。
- (2) 回転翼機の場合は離着陸、捜索および救難のためチン・ウインドウと呼ばれる下方視界確保用の窓が設けられている。このチン・ウインドウの視界映像は、凹面鏡ビーム・スプリッタ方式により表示する。

4.2.2 視界映像発生装置

低空進出する回転翼機での救助訓練に必要な高度感、接近感のある映像を実現するため、視界映像発生装置は、高性能の映像表示能力、高テクスチャ機能を有したものとする。これにより、地表および海面を精細に模擬するほか、回転翼機のダウン・ウォッシュによる砂塵の巻き上げ(陸上)、海面の波紋(海上)の模擬などを行う。

低空進出する回転翼機タイプの救難訓練用シミュレータの視界映像発生装置として必要な性能は次のとおりである。

- 画面更新周期：30Hz 以上
- 表示能力：4000 ポリゴン/チャンネル
- ジオスペシフィック・テクスチャあり
- 3次元波発生機能あり

4.2.3 データベース

窓外視界用、赤外線映像用およびレーダ映像表示用の3種類の互いに整合性を有する地形データベースを作成する。

データベースは模擬領域がほぼ日本全土と広いため、国土数値情報などのデジタル・データを

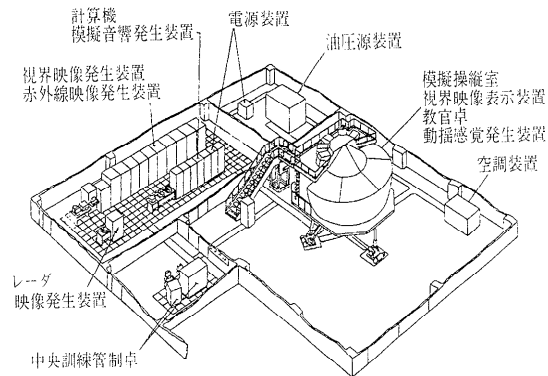


図-7 航空救難訓練用シミュレータの構成例

自動的に視界、赤外線およびレーダの各映像発生装置用のデータベースに変換する機能が不可欠となる。

4.2.4 気象模擬

航法気象レーダにより気象前線、乱気流を探知し、これらを回避して救難現場に進出する訓練を行うため気象前線の模擬が必要となる。

気象前線は前線の形状、前線中の雲の密度(降雨域)分布、前線の移動速度などを訓練シナリオに合わせて作成する。この気象前線データに応じた窓外視界映像、レーダ映像が視界映像発生装置およびレーダ映像発生装置で生成される。

4.2.5 乱気流の模擬

山岳地での救難訓練を可能とするため、山岳地域で、地形の起伏に応じた山岳乱気流の模擬機能が必要となる。山岳乱気流模擬のための地形データベースは、視界映像発生装置のデータベースと整合性を有する。山岳乱気流の模擬とブレード・エレメント方式による飛行性能模擬を組み合わせることにより、視認した山岳地形での乱気流発生パターンを予測し、かつその操縦対処方法を訓練することが可能となる。

4.2.6 目標の模擬

目標としては各種の固定/回転翼の航空機、船舶、遭難者、救命用浮舟、照明筒/信号筒などの火工品の模擬が必要となる。

これらの目標は、訓練シナリオに合わせて自動的に制御される方法と教官による手動制御とを併用可能とする必要がある。

5. 航空救難用シミュレータの今後の展望

航空機用シミュレータは、操縦訓練のみのシミュレータから任務をも訓練するミッション・シミュレータへと進化してきたが、訓練対象は独立したシミュレータ内の搭乗員のみである。

これに対して今後は、共同して救難活動を行う各種航空機のシミュレータおよび船舶のシミュレータとを相互接続することが考えられる。それにより、先行する捜索機が遭難者を発見し、直上で旋回しながら救助機を誘導する空中会合ができ、その後、救助機は遭難者を吊り上げ救出し、医療設備を有する船舶と会合し、これに着艦する、といった一連の相互の連携訓練が可能となる。

連携訓練のみならず救難計画の策定研究も可能となる。

すでに米国では Distributed Interactive Simulation (DIS) という概念が登場し、複数の各種シミュレータ間を接続し、連携訓練を行っている。

6. おわりに

筆者は、訓練用および研究開発用の各種のフライト・シミュレータの製造にかかわってきた。

この経験からシミュレータの開発には、航空機やその環境を忠実に模擬することの重要性に加え、対象となる航空機がいかに運用され、またシミュレータが訓練体系の中でいかに利用されるかを把握することが最も重要であると認識している。

ユーザをはじめ関係の方々のご指導とご支援を得て一層の研究開発の努力をし、シミュレータによるパイロット訓練、あるいは航空機の開発に貢献していきたいと願っている。

(平成 9 年 7 月 2 日受付)



古村 哲夫

1941 年生。1965 年早稲田大学理工学部電気通信学科卒業。同年三菱プレジジョン (株) 入社。以来、フライト・シミュレータほか各種シミュレータの開発に従事。現在シミュレーション・システム事業部、取締役事業部長。