は角度で 0.3~0.4 秒程度の変動であり、細かい部分の分布が求められる。また、データの整理時間も従来の黒点写真撮影方式では 1 週間程度かかるものが、テレビカメラ方式だと半日位ですむとのことである。

しかし、これらの差は本質的なものでなく、シンチレーションは画素の積分時間を、またデータ処理時間は、写真撮影のものもフライングスポットカメラ等を用いたテレビ技術を応用すれば、同程度になるものと思われる。

ただ、データ取得の容易さからいえば、写真撮影は瞬間のデータであり、テレビカメラ方式は連続的なデータが得られており、その中から必要なものを任意に抽出できる利点と同時に、テレビ技術の飛躍的発展と自動制御機構により、希望信号を装置の直線性が最も良い点で撮影、録画できる長所があり、これが手段として利用する立場の人には非常に貢献していることと思う。

5. む す び

天文気象に用いられる画像技術のうち、気象関係ではスピン姿勢安定形衛星に用いられるスピン走査方式のものについてその概要を述べ、その受像画も示した。またそれをメルカトル投影する光学的方法についても紹介

した。天文関係では、テレビ技術の進歩による応用例として黒点観測への適用について述べた。しかし、これらはほんの一例であり、もっと多くのテレビ技術の適用が考えられるはずである。しかし、これらの少数例の中から読者諸兄の領域への拡張に何か役立つものがあれば幸いである。

最後に、本文のとりまとめに関し、多くの資料ならびにご助言をいただいた、気象庁気象衛星準備室の渡辺室長、防衛大学校の松丸教授、東京天文台の赤羽教授をはじめ電波研究所内の多くの方々に厚く感謝申し上げます。

(昭和 47 年 7 月 20 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) William R. Corliss: Scientific Satellite, NASA SP 133 (1967)
- 2) ATS Technical Data Report (NASA)
- 3) ATS F and G Data Book GSFC (Oct. 1971)
- 4) 小平信彦: 気象衛星の一般的性質, 気象研究ノート 111 号 (1972) 日本気象学会
- 5) 松丸 勝: テレビ技術を利用した太陽観測, 天文と気象 (1972) 22-25, 地人書館
- 6) 竜宮寺修: 静止衛星 ATS-I 号からの SSCC 雲写真の受像, 電波時報 (1970. 4) 8-14
- 7) 竜宮寺修ほか: ATS-I による雲写真の受画とその解析, 第 38 回電波研究所研究発表会予稿 (1970. 5)
- 8) 村主行康: 人工衛星よりの映像信号伝送, テレビ全大予, 3-部門講演 (1970)

【特 集】画像エレクトロニクス

4-6 パイロット訓練用ビジュアルシミュレーター

日本航空株式会社 三 浦 道 哉

1. フライトシミュレーター

アポロ宇宙計画の進行とともに関連技術の一部が民間航空に利用されているが、そのひとつにフライトシミュレーター¹⁾がある。これは航空機の操縦席とまったく同じ構造の装置で、航空機が種々の飛行状態または地上にあるときの状況を装置内の多数の計器類に表示し、パイロットの訓練に供するものである。しかも単に計器の動きがシミュレートされているだけでなく、パイロットの体に感じられる重力加速度 (G) も作ることができる。

この場合、油圧によって操縦席そのものを動かすモーションシステムを付加する。

しかし、以上の装置ではパイロットは機外の光景を把握することができない。航空機操縦の最も重要な離陸、着陸の場合の滑走路との関係を実感としてつかむためにここで述べるビジュアルエイドシステム (Visual Aid System, 以下 V. S. と呼ぶ) が開発されている。V. S. は飛行機の姿勢に従って、滑走路など機外の光景をシミュレーターの前面に設置されたスクリーンに映し出し、この映像をパイロット訓練生、教官が見ながら有視界飛行の訓練を可能とする装置である。

¹⁾ "4-6 Visual Flight Simulator for Civil Pilot Training Using Color Projector Television" by Michiya Miura (Japan Air Line Co., Ltd., Tokyo)

2. パイロットトレーニングの状況

パイロットトレーニングは機種によって違いはあるが B-747 の場合、現在総訓練飛行時間の約 70% に当る 34 時間をシミュレーターで実施している。シミュレーターに関する航空局認定²⁾³⁾は第 1 種 (V. S. モーション付)、第 2 種 (モーション付)、第 3 種 (航空機機能のみ) に分かれ、V. S. 付であるとシミュレータートレーニングシステムとしては最終の装備となる。第 1 種模擬飛行操縦装置の認定を運輸省航空局から得れば、訓練の 90% 以上をシミュレーターで行なうことができるだけでなく、限定機種資格取得試験および 6 カ月ごとの技量審査を行なうことも可能となる。

V. S. を用いると、離陸、着陸の有視界飛行、地上滑走訓練が可能になり訓練効果大きい。特に 1 発エンジン不動作による離陸、離陸中止、計器着陸、着陸復行および進入復行等の訓練が効果的に行なえる。また、計器着陸施設の充実によってカテゴリー II* の訓練ができるようになる。加えて訓練に必要な各種の天候状態を自由に再現することができ、昼間、夜間のみならず、霧の発生等の気象による視程の変化もシミュレートすることができる。

さらに、実機では行なえない危険な状態を現出させることができる。たとえば、離陸滑走中あるいは着陸体勢中にエンジン 1 発または 2 発が不動作となり、同時に突風を受けるような場合、実機訓練では非常な危険をともなう。V. S. 付きシミュレーターでは、空気力学的にシミュレーションを行ない、これらの状況を現出することができ、実機訓練のもつ危険性を避けて訓練を行ない得る。

V. S. の別な面の効果として、パイロットの心理的安全性を訓練することができる。V. S. がない場合は、滑走路が有限なものという感覚が訓練中欠落しがちである

し、前面より地上が接近してくるという圧迫感も不足する。人間の目の感覚が特に重要な要素であることを考えればは単に訓練科目、技量養成等の目にみえる効果に加えて、見えざる効果が大きであると考えられる。

3. ビジュアルシミュレーターの概要

V. S. は飛行場およびその周辺の風景を撮影したフィルムを映写するフィルム方式⁴⁾と、飛行場とその周辺の模型を航空機の位置、姿勢に応じ制御されるテレビカメラで撮像して表示するテレビ方式に大別できる。

フィルム方式は、同じフィルムによる訓練に限られ、限られたコース内に航空機を保持できない場合の訓練が不可能、複数シミュレーターとの共用ができないなどの欠点がある。テレビ方式は、フィルム方式にくらべ操作、整備は多少複雑になるが、訓練上効果的な使用ができるなどの理由により、現在この方式を中心に研究開発が進められ、すぐれたものが実用化されつつあり、以下これについて述べる。その基本的な系統図を図 1 に示す。

シミュレーターの操縦席内部は、実際の航空機に指導教官席およびシミュレーター制御盤、故障発生用制御盤が付加設置されている。ここでは約 800 種の故障を発生させることができ、V. S. の天候選択、昼間、薄暮、夜間の制御も同時に行なえる。操縦席での操作による信号が A-D 変換器を経由して中央演算装置に入る。計算機からのコマンド信号は油圧によるモーション駆動装置と補助コンピューターを通して滑走路模型撮影用カメラを制御する。その映像はシミュレーター上部に据え付けられたプロジェクターからカラー画像としてスクリーンに投影される。

研究開発の主眼は、ディスプレイの方式論に集中しており、大形スクリーンへの投写、特にモーションベースによる装置の不安定性、広視野確保のための諸技術、立体感増加のための工夫等が問題とされている。

4. ビジュアル装置のシステム

テレビ方式は、モニター式とディスプレイ式の 2 種に大別される。モニター式はブラウン管を使用し、1 台 1 人用である。これらは軍用の単座戦闘機に適しているが、現在の民間大形機用としてはほとんど利用されていない。ブラウン管をウィンドシールドに取付けるため、パイロットとの距離が近すぎ、圧迫感を訴え、ブラウン管の蛍光体ドットが目につく欠点がある。これと同種のものにビームスプリッター (Beam Splitter)⁵⁾方式がある。概要を図 2、図 3 に示す。

この方式は図のように、機長席、副操縦席別々

図 1 ビジュアルシミュレーター概略

* カテゴリーは I から III までであり、III は全天候着陸可能。羽田、成田はカテゴリー I。

図 2 ビームスプリッター方式シミュレーターとモデルおよびモーションベース

図 3 ビームスプリッター方式

のミラーを使用している。したがって、視野の自由度が制限されること、画像ゆがみが出ること、解像度が低いこと等の欠点があるが、カラー特性が良い、構造上比較的取扱いやすい等の長所がある。この装置には汎用の25インチカラーブラウン管が使われている。

ディスプレイ方式⁶⁾には、カラーを再現するため3原色を3本のプロジェクターで投影するもの、面順次方式で投影するアイドホール式⁷⁾のもの、1眼プロジェクターと曲面スクリーン⁸⁾を使用するものの3種がある。このうちアイドホール方式のものは、ワイドスクリーンに投写できる、高輝度の画面が得られる等の利点があるが、装置が複雑でかつ大形のため、シミュレーターのモーション駆動による悪影響が心配される。また、フィールド順次カラー方式を採用しているため、映像にブレイクアップ色ずれが出る欠点があり、V. S. 用としてはあまり採用されていない。

3本のプロジェクター方式では、シュミットレンズ系とR, G, Bの3本の投写器を使い、投写幕上で重ね合わせるようになっている。この方式は中規模投写方式のうちではかなり安定した性能を示しているので、現用V. S. では最も数多く使用されている。

図 4 Duo View ディスプレイ方式

これら2つの方式は、フラットスクリーンを用いている点で多人数教育用として有効である。しかしパイロット訓練用として心理的影響を考慮すると、いっそうの現実感、立体感、特に距離高度の判断が容易となるようなものが望ましい。これらの要求によって開発されたものに1眼プロジェクター⁹⁾による曲面スクリーン投写方式がある。これはデュオビュー(Duo View)¹⁰⁾と呼ばれ、その概略を図4に示す。

シミュレーターの屋根に取付けたライトバルブプロジェクターよりカラー画像がスクリーンに投影される。スクリーンは曲面をもつアクリル樹脂製で、バックプロジェクションスクリーンとなっており、ここに投影された逆像を曲面ミラーを通して観察する。ミラーは7×10(ft)の大きさであり、アクリル樹脂製でアルミニウム皮膜のふきつけのミラーとし、シリコンコーティングで防錆を行なったものである。

このシステムの特徴は、視点の移動によるひずみが少ないため、操縦室内の訓練生、教官がほぼ同一の条件でこの映像を見ることができ、また視野が広いので(水平49.5°、垂直38°)立体感、迫真力がすぐれている点にある。シミュレーター訓練用としてはかなり期待できるものであるが、他のディスプレイ方式にくらべて画面が暗い欠点がある。

次に空港および滑走路模型については、テレビ方式のシステムはいずれも同様のものを用い、横13m、高さ4.5mの大きさに1/2,000の滑走路および空港周辺地域の3次元モデルが構成されている。この空港は特定の空港を模擬しておらず、2本の滑走路、空港保安用地上援助装置類、滑走路灯、進入灯、有視界着陸援助灯等の一般的な国際空港施設が設備しており、その一角には収納庫地区の1/144模型もあり、カメラスイッチの切換えにより、この地区での地上滑走訓練ができる。また高高度での訓練が可能のように、雲等を配置した模型の区域も必要によっては作成することができる。このモデルの照明設備のコントロールにより、昼間、夜間、薄暮の状態を現出する。滑走路を撮像するカメラおよびそのシミュ

図 5 滑走路模型とコントロールサーボ系

図 6 オプティカルプローブ

レーターからのコントロールサーボ系を
図 5 に示す。

X, Y, Z の方向制御は、カメラ本体とこれを保持する Carriage Bed をシミュレーター信号をサーボとして用い動かすことによって可能であり、航空機そのものの基本姿勢である縦ゆれ (Pitch)、横ゆれ (Roll)、針路ゆれ (Yaw) の制御は、シミュレーター信号により、カメラ先端につけられた特殊装置により変位させることにより可能である。この先端装置をオプティカルプローブと呼び、その基本的光学系を図 6 に示す。

Pitch, Roll, Yaw (Heading) をコントロールするには、図 6 の各レンズを駆動するモーターで行なう。このモーターはシミュレーターコンピューターのデジタル信号をアナログ変換し回転制御する。Pitch, Roll, Yaw の角度は、オプティカルプローブ内で機械的に積分されたものより得る。これらの角度はフィードバックされ、コンピューター内の角度信号の差と比較される。したがって姿勢角に関しては誤差は小さい。

以上、ディスプレイ、滑走路模型、カメラ、オプティカルプローブについての概略を述べたが、これらの各システムがシミュレーターとの関連でどのような信号系統になっているかを図 7 に示す。

5. 将来のビジュアルシミュレーション

ビジュアルシミュレーションの主流は、フィルム方式から 3 次元模型を実際に撮像するテレビ方式に移った感がある。しかしこの方式では、設備、整備調整、操作が複雑になる。その解決策として、計算機による画像シミュレーションが考えられた。

計算機シミュレーション¹¹⁾の方式では模型は不要で、計算機プログラムにより滑走路のライト、進入灯などの地上施設をブラウン管に表示する。特長はどんな空港の

図 7 ビジュアルシミュレーター信号系統図

機能でもシミュレートでき、装置が簡単で初期のプログラムさえ適当であれば調整、整備が容易な点にある。しかし、夜間のシミュレーションのみ可能で、昼間、薄暮状態は使用できない。現在、開発途上にあるので最終的な評価は不可能であるが、訓練目的、効果などを考慮すれば、この方式は必ずしも有利であるとはいえない。

テレビ模型方式が今後とも主流を占めるものであるとするならば、開発の主眼点はディスプレイシステムにあると思われる。多人数用ディスプレイと違い特殊目的を持ち、視野、遠近感、立体感が重大要素となる。特にシミュレーターが訓練機としての扱いをうけるためには、

実際の航空機と同様に重力加速度と視界が一体となってパイロットに感じとられなければならない。したがって、ディスプレイシステムの開発だけでなく、人間工学的見地から研究されなければならない問題である。

単にシミュレーターメーカー、テレビメーカーだけの立場からだけでなく、ユーザーである航空会社自身もパイロット総合訓練をどうするかを含め真剣に取り組むべき問題であると思われる。

アポロ計画がすべての過程でシミュレーター訓練のみであったことを考えれば、ビジュアルシミュレーターの重要性はいまさらいうまでのこともないであろう。

(昭和47年6月23日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 田丸剛士: AIRPORT REVIEW, No. 9
- 2) 航空法施行規則 第56号
- 3) Aircraft Simulator Evaluation and Approval Dept. of Transportation, FAA (1969)
- 4) Proposal for JAL, LINK Co. (1967)
- 5) Specification for JAL, LINK Co. (1970)
- 6) テレビジョン工学ハンドブック
- 7) Specification for JAL, CAE Co. (1970)
- 8) Proposal for JAL, REDIFON FLIGHT SIM Co. (1971)
- 9) J. SMPTE, 79, Sep. (1970)
- 10) Specification for JAL, REDIFON (1971)
- 11) Aviation Week & Space Technology, Jan. 31 (1972)

テレビジョン学会雑誌綴込ファイル (1カ年用)

学会雑誌の整理合本に便利な1カ年用学会雑誌綴込ファイルをご利用下さい。お申込みは下記にお願いします。

定価 1部 250 円

申込先 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内 〒105
テレビジョン学会 振替口座 東京 174482 番