参考文献

- 1) Jacobsen, A. R.: Color Liquid Crystal Display on the Flight Deck; Human Engineering Considerations, AIAA 88-3886-CP, 1988.
- 2) Lehrer, N. H.: The Challenge of the Cathode Ray Tube,

Flat-Panel Display and CRTs, Van Nostrand Reinhold Company, 1985, p. 143.

- 3) 佐々木昭夫: 電子ディスプレイデバイス, 工業調査会, 1990, p. 169.
- 4) 宇田川知行: 液晶フラットパネル・ディスプレイの視認性について, 飛行機シンポジウム講演集, 1990, p. 556.

—特 集—

デジタル地図表示技術*1

小 林 一 三*2

Key Words: Avionics, Navigation, Human Engineering

1. はじめに

航空機の高機能化とともに、コックピット内の情報処理も高度化し、パイロットの任務が複雑化し増える方向にある。これに対し最近の記録媒体の大容量化及びコンピュータ・グラフィックス技術の進歩に支えられて、デジタル地図表示技術応用システム(DMS: Digital Map System)を実用化し、より適切でわかりやすい情報をパイロットに提供しようとする傾向にある。

ここでは、デジタル地図表示技術及びDMSの概要と、それらについてのマン・マシン・インターフェースの観点から見た特徴及び現状と将来について述べる。

2. デジタル地図表示の利点

現在、航空機内では、紙地図、フィルム投影又は読

取り型の地図表示装置等が使用されている。これらに比べDMSは以下のような特徴がある。

- (1) 指定位置の地図/地形情報が瞬時に表示できる。
- (2) 疑似3次元表示や鳥瞰図表示ができる。
- (3) 様々な飛行フェーズにおいて、必要な情報のみの表示又は強調表示ができる。
- (4) 地形標高や構造物の高さ等の情報データベースも持たせ、地形及び障害物に対する警報機能を実現できる。
- (5) 相互可視図(地上のある点から、地形マスキングを考慮した視界内の領域を示す図)表示等の応用表示ができる。
- (6) 他機器からの情報を効果的に重畳表示できる。
- (7) 表示データや表示法を容易に変更できる。
- (8) 機械的可動部分が無く、地図データ維持は記録媒体内データの書換えのみで行える。

これら特徴により、パイロット・ワーク・ロードの軽減や安全性の向上等が図られるが、具体的には以下のような効果が期待される。

- (1) 地形、構造物の認識が容易になる。
- (2) 低高度、夜間、悪天候下での飛行が容易になる。
- (3) 飛行コースの選定等が効果的かつ容易にできる。
- (4) パイロットの記憶や勘への依存度を低減できる。
- (5) 融通性、拡張性に富む。

著者紹介

小林 一三

昭和32年生。東京都出身。昭和55年東京大学工学部産業機械工学科卒業。同年(株)東芝入社。昭和60年スタンフォード大学工学修士課程修了。現在、小向工場航空機器技術部主務。航空機搭載用電子機器、センサーの開発、設計に従事。

*1 平成2年11月9日、第28回飛行機シンポジウムにて講演。平成3年7月16日原稿受理 Digital Map Display Technology

*2 (株)東芝小向工場 Ichizo KOBAYASHI

第1図 DMS 構成例

(6) 信頼性、整備性が向上する。

3. DMS の概要

DMS のシステム構成例を第1図に示す。

データ・ベース部 (MSU: Mass Storage Unit) は地図データを格納して、後述する DMG からの要求に従い必要な地図データを送出するものである。地図データとして地形標高データ、等高線データ、道路、鉄道、河川、飛行場、人工構造物等の種別及び位置情報がデジタル・データとして格納されている。またフライト・プラン・データ等の飛行に必要な情報も記録される。記憶媒体としては、記憶容量、耐環境性、アクセスタイム等の視点から、IC メモリ、光ディスク、磁気ディスク等が検討されている。

制御表示器 (CDU: Control Display Unit) は、パイロットが各種機能指定を入力するものである。パネル上のスイッチや文字表示器を使って、地図縮尺、表示/非表示物の指定等の表示仕様を DMS に入力する。

デジタル・マップ・ジェネレータ (DMG: Digital Map Generator) は、外部航法装置またはパイロットから入力される位置データ及び CDU から入力される表示形式指定等のコマンド入力に基づき、MSU から地図データやフライト・プラン・データ等を読み込み、適切に表示処理して表示器にビデオ信号を出力するものである。データ・ベース・マネジメントと高速グラフィックス技術がその核となっている。

表示器は DMG からのビデオ信号を表示するものである。表示器としては、太陽光直下での視認性確保、表示物の識別性等から CRT (Cathode Ray Tube)、LCD (Liquid Crystal Display)、ELD (Electroluminescent Display) 等が検討されている。

機能/性能の一例を以下に示す

—自機位置連動連続地図及び任意位置地図の表示

- 多様な地物の表示/非表示
- 複数の地図縮尺、ズーム比切り換え
- 2次元/3次元表示切り換え
- 文字/図形重畳表示
- センター/ディセンター切り換え
- 真北/機首方位基準切り換え
- 地形、障害物に対する高度警報
- 相互可視図表示
- ミッション・プランニング機能
- 外部機器情報の統合表示

DMS 表示例として、疑似3次元表示を第2図に、鳥瞰図表示を第3図に示す。

4. 現状でのマン・マシン・インターフェース上の検討事項

DMS の仕様を決定するにあたり、マン・マシン・インターフェースの観点から、特徴的な事項及び検討を必要とする事項について以下に述べる。

4.1 地図/地形表示方法 紙地図をそのままデジタル化したような表示形式は、現用の紙地図と違和感がないが、情報が過多になりがちで、地形識別の点では紙地図と比べなら新しい情報を提供しない。

海岸線、道路、鉄道等の線分情報を中心にした線画表示形式は、シンプルで見やすいが、地形データを保有する利点が出しにくい。

標高データを利用して太陽光陰影をつける疑似3次元表示形式は、使用者が新しい地図感を培うことが必要であるが、デジタル地図表示技術の有効性を示す典型と見られる。この形式では、地表の色分けに段彩を用いるか、土地利用種別を用いる方法がある。

鳥瞰図表示形式は、ハードウェアの増大を招くが、地形認識は最も直感的で容易となる。鳥瞰図表示では、表示の滑らかさ、自然さを追求する方向と、表示対象の特徴を強調するよう象徴的に表示する方向とが

第2図 DMS 表示例 (疑似3次元表示)

第3図 DMS 表示例 (鳥瞰図表示)

考えられる。

4.2 重畳情報とその表示方法 地図記号や、飛行関連地点を示すシンボルのサイズ、色等は、背景となる地図に重畳した際に、その形状及び色が識別できるように選定され、くりぬきや点滅表示の利用も考慮される。形状、色に関しては、他システムで利用されるものとの共通性を持たせる配慮も必要であろう。

指定位置の緯度/経度/地形高度、2点間の距離/方位の数値を地図上に重畳することも、地図本来の用途から欠かせない。また警報、航法機器からの航法データ、飛行情報等の地図への重畳も適切に行えば非常に有効である。

さらに、統合表示装置として位置づける場合、外部機器からの数値または画像データの表示方法についても検討要素と考えられる。

4.3 特殊機能表示方法 地形や障害物に対する高度警報は、該当する危険な地形及び障害物を、他の地形及び障害物と区別するため、色分け/囲み/点滅等を利用して表示する。また危険な地形や障害物までの距離/方位を、数値または図形を用いて表示することも考えられる。

地形マスキングを表す相互可視図も、相互可視範囲を示すのに、色分け/囲み/放射線状表示等の利用が考えられる。

4.4 色、表示情報量 線画表示形式等では、モノクロ表示も考えられるが、一般にはカラー表示が採用される。個々の表示情報について、表示色を割り付ける場合、情報のカテゴリ、他の情報との識別度、人間の色に対する感覚、表示器デバイスの特性等を考慮しながら、決める必要があろう。実際には、シェーディング(段々と色調を変化させること)用の階調はある程度多いほうが絵が自然になるが、それ以外はあまり多くの色を使用しても、表示情報が多すぎて却って識別が難しい。また、昼間と夜間で色相を変えることも必要な場合がある。

DMSの一般的特徴として、表示機能の多さ、表示情報量の多さが挙げられる。しかし、同時に表示される情報が多いと画面が煩雑になり、必要な情報が判別しにくくなる問題が出てくる。従って、表示情報を厳選したり、地図上への重畳ではなく、背景地図を省いた表示にする等の検討が必要であろう。

4.5 処理速度 地図が連続的に移動表示される際に、出来るだけスムーズに見せるため、表示器の特性、画素サイズ、必要移動速度、表示情報量等を考慮しながら、表示処理方法や表示処理速度とトレードオフしていく必要があろう。

4.6 操作方法 機能が非常に多いため、機能選択のための操作方法も十分に検討する必要がある。選択コマンドの入力方法には、

- 表示器を利用する方法
 - DMS専用CDUを利用する方法
 - 他機器CDUや操作デバイスと兼用する方法
 - 飛行の各フェーズで自動的に選択設定される方法
- 等が考えられる。

4.7 使用方法 DMSが搭載される機体の使用者及び使用目的、かつDMS自身の使用目的により、その機能/性能、表示形式/表示情報に対する要求が決まる。特にDMSは使用方法それぞれに特有の要求が多いため、使用者の要求を反映することも重要である。

5. 今後の応用技術と検討事項

デジタル地図表示技術は、航空機搭載機材だけでな

く、飛行シミュレータ/トレーナ、飛行計画立案用機材、車両搭載機材、船舶搭載機材等にも応用されてきている。今後、3項で示したようなDMSが多く実用化されると共に、以下に例示するような新たな要求が生じてくるものと思われる。

5.1 処理速度の向上 データベース記憶部容量の増大、素子高速化、専用回路の使用により、処理速度の上昇が期待でき、新しい表示方法やより自然な表示が可能となる。

5.2 地図データベースの細密化、高精度化 標高や人文データをより細かく、正確に持つことによって、より自然で正確な地図表示が出来るだけでなく、警報機能、航法精度向上等の航法支援能力向上が期待される。またデータの正確さという意味では、搭載された地図データベースに、如何に最新のデータを反映させるかが重要課題である。

5.3 他のセンサ画像の重畳 レーダや、カメラの画像データを地図に重畳することにより、新たな用途が開かれる。このためには、座標変換や表示形式についての詳細検討が必要であろう。

5.4 鳥瞰図上の物体表示 鳥瞰図上に建物等の物体を個別に表示し、より現実感のある表示が実現できる。このときは、物体の形状やサイズのデータを用いて実物に似せたものにするか、またはシンボリックに

表示するかを検討、及びパイロットが判別できる表示形式、表示量の検討等が必要であろう。

5.5 HUD(Head Up Display)、HMD(Helmet Mount Display)への表示 鳥瞰図形式の地形表示をHUDに表示し、外景と同時に見ることが考えられている。この場合に、メッシュや輪郭線形式の表示にするなど、HUD対応特有の色/表示形式を考案する必要があるであろう。HMDに表示する場合も同様の考慮が必要であろう。

6. ま と め

デジタル地図表示技術においては、4項で示したように、機能、性能の設定、各種情報の表示方法、操作方法等のように、使用目的に応じて検討すべき要素がかなり多い。

従って、マン・マシン・インターフェースの観点から、人間工学及び個々の使用要求の分析が重要な技術項目となっている。

参 考 文 献

- 1) 高木幹雄, 下田陽久: 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会。
- 2) Foley, J. D.: コンピュータ・グラフィックス, 日本コンピュータ協会。
- 3) 国土地理院: 地理情報システム。