最近の航空機と航空機器*

横 井 鍊 三**

Key words: Aircraft; equipment; system; CCV; CRT

1. ま え が き

編集委員より、学生会員にも理解されるよう平易に表題について解説するようにとのことなので、以下その積りで記述する。専門分野の会員はつい自己の分野にのみに力を注ぎ、航空機全体を忘れ、大きなすう勢を逃していることがある。航空機については、会員全員が重点的に常識を持つのが肝要と考える。

筆者は最近2回のバリーエアショーと2回のファンボロエアショーならびに欧米の航空機会社の見学を交じえて記述する^{1)~4)}。表題は大きく漠然としているが、つとめて話題となる点に絞る積りである。

最近の注目点は、コンピュータ技術・材料の進歩による航空機・エンジンの開発、燃料消費の節減と騒音の減少のためのエンジン・機器・航空機の開発、コンピュータ・計器表示・自動化による乗員の節減、各種の簡素化による機材コストの低減等である。

コンピュータ技術がアナログからデジタルへの転換により、メモリーとスピードが著しく向上し、航空機のCCV※(※印は略号表(第2表)参照)化を可能にした。また全電子機器にARINC※700番台(デジタル機器の番号)の仕様書が設定され、航空機用と機器用全部のデジタル化が促進され、両者の間の連絡や共用も容易となった。CCV、ACT※、FMS※等々…コンピュータではhardもさることながらsoftwareの問題が重要となった。

材料ではCFRP※、FRP※、耐熱チタン合金、断熱材、吸音材等の進歩に負うところが大きい。CFRP、FRPでは、従来の金属加工から繊維加工となり、新機軸の加工法が続々と展開されている。耐熱合金、断熱材、吸音材はエンジンの進歩に貢献している。

計器表示はCRT※となり、コンピュータとともに表示のsymbolや表示内容等のsoftの問題が重要となっている。また機器は全般にBITE※機能をもたせ

独自に試験ができる。

2. 最近の航空機

2.1 欧州系軍用機

2.1.1 トーネード(Tornado) 1970年代後半に3カ国(英・独・伊)共同で開発された万能形のVG※戦闘機で、とくに対地支援(support fighter)能力は日本に向いているとして売込みがあった。その特長はFLIR※搭載可能とautomatic terrain following radarにより地上をはって攻撃できるところにある(敵のレーダーに捕捉されにくい)。この後続機として次の機体が発表となった。

2.1.2 ACA※(Agile Combat Aircraft) トーネードの鈍重な運動性に対して agile(すばしっこい)戦闘機を60%くらいの開発費約5,000億円で、前と同様に3カ国で開発する計画である。British Aerospace, MBB, Aeritalia の3社で開発を行い、機体のサイズは少し小型(5 ton 以下)で、エンジンに余力のあるCCV※機である。第1図に示すように前方にcanardのある機体で、long range radar penetration, air defence superiority, air support といずれにも使用できるECA※の一つである。thrust/weight が1.37で、F-15、F-16、F-18 とほぼ同じである。

2.1.3 スーパーハリヤー(Super Harrier) フォークランド戦争で活躍したVTOL※戦闘機を、現用より大きく、マッハ2以上を期待するもので、現在Rolls Royce 社が計画中のPegasus plenum chamber burning を用い、single vectorable duct によりコントロールしようというものである。米国でもこれに刺激され種々のV/STOL が考えられている。米NASAとマグドネルダグラスやゼネラルダイナミック社が同様な機体を計画中である。

2.1.4 JAS 39(スウェーデン) 現用ビゲン戦闘機に続く機体で、約1/2の大きさとなり、JAS 社で開発決定、多用途機で、米国のHiMAT※機(後出)の結果待ちである。

2.1.5 Lavi(イスラエル) 次期戦闘機で、米国航空機メーカー3社とIsrael Aircraft Industries と共同

* 昭和57年11月11日、第20回飛行機シンポジウム特別講演として講演。昭和58年3月8日原稿受理 The Latest Aircrafts, Equipments and Systems

** 日本大学理工学部航空宇宙工学科 Renzo Yokoi

第1図 Agile Combat Aircraft (英・独・伊)

第2図 マイクロジェット 200 (仏)

第3図 RFB ファントレーナ 600 (独)

開発予定である。翼にグラファイトエポキシの複合材を用いる。

2.1.6 マイクロジェット 200 (仏) マイクロターボ TRS-18 を2基用いた練習機または軽戦闘機で、第2図に示すよう side by side の2席で、翼上部に NACA 型インレットがあり、排気は V tail 両側にある。低価格で、エンジンの最大スラストは 293 lb である。

2.1.7 RFB ファントレーナ 600 (独) 第3図に示すように integrated ducted fan が後方にありその後方に T 形尾翼があり、ジェット機に近い操縦感覚が得られ、低価格である。FRP* を多く使用し、軽く、軍用の初期トレーナに適している。

2.1.8 その他 AMX タクティカルの伊・ブラジル共同開発練習機、ドルニエ (独) の軽戦闘機 TKF-90 等が話題となっている。

2.2 米国系軍用機

2.2.1 AFTI* (Advanced Fighter Technology Integration) F-16 の改良型で機首に canard がつき、運動性を向上した機体である。しかし機体の空力安定が低下するので、これをコンピュータで補い、FBW* で RSS* を行っている。FCS* にデジタルコンピュータを用い、エンジン制御に integrated wire control を採用し、これもデジタルコンピュータで行っている。この評価試験が1983年7月頃から始まる予定である。

2.2.2 HiMAT* (High Manueverable Aircraft Technology) CFRP* などの複合材が異方性に対し、高い強度と剛性をもつ特質を生かして、遷音速から低い超音速までの高飛行荷重で、主翼やカナード翼が適当に変形し、常に空力的に最も効率のよい機体形状が保たれるようにした機体である。すなわち機体形状が飛行荷重に対して、空力弾性的に変形し最適形状を保つような構造のロボット実験機である。mission adaptive wing* の効用も確かめようと試みている (第4図参照)。

2.2.3 TR-1 偵察機 米ロッキード社が開発を予定している。U-2 改といわれ、7.5 時間航行可能で、空母からも発進できる。高々度 Mini AWACS* としての能力や PELS* の mission もできる (第5図参照)。

第4図 HiMAT 機 (米)

第5図 TR-1 偵察機 (米)

* mission adaptive wing の目的は飛行形態に応じて、主翼の後退角と主翼のキャンバー (前縁フラップ、後縁フラップ、エルロンを作動させることにより主翼のキャンバを変化させる) を変えて、空力的に最も効率のよい主翼形態にすることにより、航続性能や上昇性能の改善を行おうとするものである。

第6図 ジェットエンジンと燃料消費との関係

2.2.4 ATB*(Advance Technology Bomber)

B-1 B 1.3 兆円かけて B-1 爆撃機を発展させて、215 ton の多用途機を開発する計画である。VG* 翼で、低高度性能もよく、5,000 nm の航続距離を持ち、巡航ミサイルの母機ともなる。stealth design technology (こっそりと侵入する、忍者ともいわれ、高性能電波吸収塗料を使用) も考えられ、ロックウェル社が開発する予定である。

2.2.5 SR-71 Blackbird 高々度 80,000 フィート、2,200 海里/時の最高速をねらっている。現在 skunk works (プロジェクトを組んで試作中) で、stealth design technology を用い、ロッキード社が開発する予定である。

2.2.6 OV-10 Bronco T-76 ターボプロップを2基搭載した多用途偵察機で、tactical air control として使用できる。すなわち前線における指揮統制・ヘリコプターの支援・砲の着弾観測・個人への援助救助等がおもな任務である。500 nm の航続距離・12,500 フィートで 250 kt の性能をもち、1エンジン・オペレーションでも十分な性能がある。FLIR*, laser designation/ranger, night observation system を搭載して、anti heli/anti armor 砲、サイドワインダミサイル等使用も可能である。脚に特長があって、相当無理な場所での離着陸も可能である。この前形型がベトナム戦で活躍した。米軍以外の各国がこの機に食指を動かしている (ロックウェル社開発予定)。

2.3 新輸送機 1982 年は B-767 (約 230 席)、A-310 (約 230 席)、B-757 (約 200 席)、BAe-146 (約 100 席) の4機種が開発を完了し、ファンボロで顔見世を行った。

これらの機体はジェット機の第4世代ともいえるべきもので、従来の機体に比し、燃費の経済性、騒音の減少、安全基準の厳格さ、装備の近代化(後出)、乗員2名による運航等画期的な機体である。

第1世代 DC-8, B-707 長距離、狭胴型

第2世代 B-727, B-737 } 短中距離、狭胴型
DC-9

第3世代 B-747, DC-10 } 長距離、広胴型
A-300, L-1011

第4世代 B-767, B-757 } 中距離、中・広胴型
A-310

ジェットエンジンの方からいうと、第6図に示すように、第1世代がターボジェット、第2世代が第1世代のターボファン、第3・4世代がハイバイパスレシオ・ターボファンといわれ、燃料消費に格段の改善がなされている。さらに将来の projected technology ターボファン* とプロップファン(後出)では現在の約半分の燃費となる⁵⁾。

200~230 席クラスの3機種については、key airline も定まっており、順調に生産に移行している。また詳細は多数発表されているので割愛する。

2.3.1 BAe-146 騒音が小さく(新輸送機中最低で、現用機の半分以下である)安全性が高く、装備(後出)が近代的で、非常によい機体だが、開発に当たり少し強引すぎたきらいがあるといわれている。すなわち key airline なしで開発に入った。いまだにも購入する airline が定まっていない。100 席定員に対し1機 30 億円は少し高価である。最大の難点は

* ナセルその他に現在までに開発された各種の技術を集約したターボファンを意味する。

第1表 最近のコンピュータ機一覧表

名 称	席数	製 作 国	備 考
ATR-42	42	仏, 伊	共同 Roll out '84.7 予定
SAAB-フェアチャイルド 340	34	米, スウェーデン	共同 Roll out '82.10
DASH-8	36	カナダ	静かな STOL
CASA-235	38	スペイン, インドネシア	共同, 韓国にライセンス予定
GAF-N-24A ノーマード	16	オーストラリア	フィリピンにライセンス予定
ショート 360	36	英	Roll out '81.6
エンブライエ-120	30	ブラジル	Roll out '83.4 予定
ゲイツリアジェット	29	米	ロングホーン, Winglet
ジェットストリーム 31	18	英	Roll out '80.3
ガルフストリーム GⅢ	19	米	Roll out '79.12, Winglet
チャレンジャー CL-601	18	カナダ	Roll out '81.9, Winglet
グラマンG111	28	米	水陸両用, Flight '79.2
フェアチャイルド・メトロⅢ	19	米	Roll out '80
ピアジョ P-166-DL3	10	伊	双発高翼 (第8図)
SIAI・SF-600 TP カングロ	10	伊	双発高翼, Roll out '81.5
コミュニタエア CAC-100	50	米	4発, Roll out '83.4 予定
ビーチ 1900	19	米	テールレット, Roll out '82 (第9図)
パイパー T-1040	11	米	Flight '81.7
セスナ・404	8	米	Flight '75.2
ドルニエ 228	19	独	Flight '81.3, Super critical wing
セスナ・サイテーションⅢ	15	米	Flight '80.5
ウェストウィンドⅠ	7	イスラエル	Flight '81, Winglet
リアファン	9	米	Flight '81.1 (第10図)
ダッソ・ブレゲ・ファルコン 50	8	仏	3400 nm, 3発, Flight '76.7

4発なので、整備・維持にどうしても双発より割高となる。

現在 F-28 フォッカーに用いられているスเปイエンジンの発展型*で推力約 6 ton のエンジンが完成したときに、双発に切りかえれば面目を一新して売れるのではないかとされている。もちろん F-28 (80 席) も切りかえて強敵となると思われる。

2.3.2 ATP 748 従来の 748 (48 席) は YS-11 の生産中止で、よく売れている。これを 64 席とし、Advanced Turbo Prop とし ATP 748 の名称で開発に入った。ロートル社の 6 枚プロペラを使用する予定で、BAe がモックアップをファンボロに出品した (第7図参照)。

2.4 コンピュータ機 30 席前後で小型飛行場から容易に離着陸の行える機体で、Hub and Spork (幹線とコンピュータ) の大型空港から地方都市への輸送を担当する。2000 年までに 15~19 席が 2,187 機、20~40 席が 1,996 機、40~60 席が 1,215 機の合計 5,398 機の必要があるといわれている。このうち約半分は米国の需要である。現用・現在開発中・計画をふくめ 50 機種くらいある。現用を除き、最近のおももの一覧表は第1表のとおりで、次々と roll out している。また売込みもはげしいようである。

* ロールスロイス社の新ターボファンはガルフストリームⅣに搭載を契約した。ガルフストリームⅡ・Ⅲより燃費・騒音ともに約 20% 減少するといわれている。

第7図 ATP 748 (英)

第8図 ピアジョ P-166-DL3 (伊)

第9図 ビーチ 1900 (米)

第10図 リアフン (米)

ドルニエ 228 は super critical wing で, low drag-high lift で, さらに高性能化し stringer 間隙を高精度とし, FRP を多く使用して軽量としている。

共同製作機が2機種, ライセンス予定が2機種, またオーストラリア・ブラジル・スペイン・イスラエル等も名乗りをあげている。日本ではいまのところ三菱重工だけしかない。他のメーカーも独自でやる気概が燃しい。それには日本国内の需要が少ないのが残念である。コミューターエアラインに対する要求が厳しすぎるので, エアラインの採算が取れないのではないかと, たとえば乗員数の問題など, その他もっと親身になって考える必要があると思う。

2.5 ウイングレット (Winglet) 機 誘導抗力を減少させる働きをするため, 巡航性能が向上し, 燃費がよくなる。また大迎角のとき翼端失速が防げ, エルロンの効き方が向上する。

NASA が DC-10-10 に上方, 下方両方にウイングレットを取り付け, 1981年に飛行実験を行った。その結果抗力が減少し, 燃費も約3%節約されたが, その後の展開を聞いていない。

ガルフストリーム社(米)がウイングレットの開発に熱心で, 1981年のパリに第11図のようなペレグレイン練習機を出展した。またウイングレットを取り付けた G III はこのクラスの世界早回りの世界新記録を樹立した。この機は Dupon の Kapton (ポリアミド) を採用し, 燃費も小であった。また同社の 840 はスーパークリティカル翼断面のプロペラを用い, ウイングレット翼と相まって燃料重量あたりの航続距離が10~14%増加することである。同社の 1000 では

第11図 ガルフストリーム社ペレグレイン練習機 (米)

FRP の blade を採用するなど, ウイングレットに対し非常に意欲的である。

カナダのチャレンジャー CL-601, イスラエルのウェストウィンド 1, 英の Euro-wing 社の Goldwing という小型機, Old Man's Aircraft 社の OMAC-1, Lear Jet 55, Joined Wing 農業機, USAF の KC-135 Modify 輸送機 (ボーイング) 等が散見される。

変わった機体で, 第9図に示すビーチ社のコミューター 1900 では Tail let を用い, fix stabilon と vortex generator とともに用いて方向安定をはかっている。

2.6 プロップファン (Prop Fan) と各種 fan 1980年代後期に出現が予想されるプロップファンは 6~12枚のかまきり形のプロペラで, 同出力のプロペラに比べて回転直径が小さく, 回転速度は早い, プロペラの外周速度を音速以下に保てる。よって早い速度における推進効率を向上させ, 燃費が30%以上節減でき, 騒音も低くなる。現用のターボファンジェット機に将来とって代わることもありうる機体である。NASAの肝入りで, L-1011, DC-9, ガルフストリーム II デトロイトアリソン TD-570 を用いた10枚プロペラのもの等構想模型が見られる。2.3.2項に記載したBAe社のATR-748も6枚プロペラで同じ考えである。

第10図に示す米リアファンは, プロペラが胴体後部にあり, 全 CFRP* 製で, 燃料立当り 4.5 km 飛行できるといわれている。突風荷重 10G, 落雷 2,400 Amp も O.K. といわれ, 1983年6月までに FAA の認定を受ける予定である。英エージェリー社の Optica はダクトファンを胴体後部に取りつけた特異な形体で, 1981年パリで活躍した。視界のよい観測機として生産に入った。第3図の RFB フェントレーナ 600 もダクトファンである。

第8図のピアジョ P-166-DL3 やエクアトル P-300 等の機体もプロペラが後にあり, 一般にプッシャーといわれる。

第12図 ベル社 XV-15 チルトロータ (米)

第13図 前進翼機 (米)

2.7 チルトロータ (Tilt Rotor) と前進翼機 (Swift Wing) チルトロータ VTOL機として1981年パリで活躍したベル社の XV-15 (第12図) に対し、米4軍からチルトロータ方式の VTOL 機の仕様書が提示された。この翼端のエンジンとプロペラの方向を変えることによって VTOL 性をもたしたものである。エンジン1発停止しても安全のように翼の中にシャフトを通して、両プロペラが直結されている。英国でも同様な機体が検討段階に入った。

米グラマン社698は MU-2 を改造し、胴体横両側にターボファンエンジンをつけて、これの取り付け向きを変えて VTOL 性を実現させようという案を提示している。

前進翼機 (第13図参照) は NASA/グラマンで X-29A と称し、30×60 フィート風洞による実験が開始された。この計画にはロックウェル社・ゼネラルダイナミック社が参画した軍用の案もある。

前進翼は高迎角で翼端失速が起りにくく、ピッチアップに対する特性がよい反面、横安定方向安定が悪い。これを ACT※で補っている。また前進翼のため構造的にねじれを生じやすい。これを CFRP※を用い、この張り方による異方性の特徴を生かし、主翼の強度と剛性を高めてねじれを防止している。現在7Gの加速度に対して十分耐えるところまで来ている。この機体は FRP 材料の進歩とコンピュータでカナードを動かして制御する方式が発達したことによって浮び

上がってきた機体といえる。

そのほか、オブリーク翼 (Oblique Wing) を用いた AD-1 が NASA で計画されている。この機体は翼を胴体上部中央で回転させて、飛行速度に応じて最も効率のよい位置に、主翼をセットできるようになっている。従来の VG※とまったく異なった考え方の機体である。

2.8 PHLD※ (Powered High Lift Device) この方式の一つに高翼で翼の上面にジェットの排気を流し、いわゆるコアンダーエフェクトで、翼上面に空気を付着させて高揚力を生じさせる STOL 機がある。エンジンが翼前縁の比較的上部に取り付けられている関係上、地上への騒音も低いといわれる。ボーイング YC-14 はこの方式の双発高翼で、戦車を搭載して200mくらいの滑走で離陸することとである。航技研の STOL 機開発も、4発の同じ方式の PHLD である。

2.9 RPV※ (Remotely Piloted Vehicle) RPV は無線によって地上から操縦される無人機で、従来は主として標的機に利用された。最近は偵察用が多くなった。

1981年パリに出品されたイスラエルのミニスカン Scout 機 (第14図参照) は今回のイスラエル戦で、小型でレーダーに捕捉されにくい性質を生かし、写真偵察機として活躍した。

1982年ファンボロには米ロックード社が Aquila を出品した。これはランチャーで打ち出し、ネットで回収する方式で、機体には TV カメラ・データリンク・laser rangefinder/designator 等を搭載する。

カプロニピッツラ社 (伊) は推力240lbのマイクロターボ2基を搭載した練習機 C-22J を RPV 化して、写真撮影と連絡用に使用する案を出している。

Sky Eye B-4 E (米) は偵察用として、開発が行われている。Long-Duration Expandable Decoy (LODED) は10時間飛行の ECM のおとり機で、エンジン14馬力で非常に軽量である。

Low Reynolds number Vehicle (LRV-2) を NASA

第14図 ミニスカン Scout RPV (イスラエル)

が研究を始め、将来 100,000 フィート高度まで飛ばして signal relay platform として役立てようと考えている。

またロッキード/NASA で太陽電池で発電し、プロペラを回す高々度・長時間の Surveillance 機を計画している。受光面積を大きく軽くすることと夜間エネルギーの問題がある。

2.10 ヘリコプター ヘリコプターの最近の特徴は、軍用機の武装の多様化で、各種武器搭載と赤外線・レーザ・レーダ等の各種の sensor が用いられることである。

Hughes 社(米)の AH-64 Advanced Attack ヘリはハイブリッド方式を採用し、高速飛行性能の機体である。

NASA/Army/Sikorsky (米)は共同で Compound Vehicle として、飛行機とヘリコプターの混合で、巡航性能の向上をはかっている。RSRA※ ともいわれる。

その他 EH 101 英伊共同ヘリコプター、ベルスーパ 17 人乗りは FBW※ Elevator でブレード幅が広い。

仏のエアロスペース社のヘリは、石油海上基地連絡用、200 海里海上警備用、救難用として各種の機種が売れている。

Hughes 社ではテールへの空気の吹き出しによりテールロータをなくす研究が NOTAR ヘリで行われている。

2.11 エンジンとその他 1982 年のファンボロに出品された Garret (米) の NGT 練習機用の TFE-76 (軍用名 F109) は小型軽量で、TPE 331 ターボプロップのコア部分だけを用いたターボファンにしたもので、徹底的に簡素化を図っている。マイクロターボ (2.1.6 項記載) と同様低価格をねらっている。

最近のハイパス・ターボファンのジェットエンジンは外側の空気の流れで冷却され、エンジン本体をつむ吸音材の発達により騒音も著しく低くなっている。しかし燃焼部は相当な高温として効率をあげている。耐熱材料の発達によるところが大きい。しかしこの高温部が他に比して早く傷むため、エンジンを module 化し、その高温部の module のみを交換すればよいように設計されるようになった。これによりエンジンの整備も簡易化され、費用も軽減されるようになった。

GE-NASA で、E3 (energy, efficient, engine) 計画と称し、燃費 5%・騒音 12% 減を目的に研究に入った。また Pratt & Whitney 社は engine 後方につける 2 dimension nozzle の案を出した。

第 15 図⁵⁾に示すように 1990 年には、advanced technology core をもった prop fan では 35% 燃費が節約される。また同様に primary structure に composite 材料を用いることで、1990 年に 32% の燃費が節約される。その他 super critical wing で 5%, ACT※ で 10%, high bypass の turbofan で 15% 等が示されている。

その他として、オーストラリアのスカイファーマー農業機(種まき・肥料散布用)、同じく NDN-6 フィールドマスター農業機(種まき・水散布用)、Rutan Grizzly-NASA のタンデム翼水陸両用 STOL 機等変わった飛行機もある。

3. 最近の航空機器

機器については、1979 年第 33 回パリーエアショーに関して学会誌¹⁾に寄書したので、第 34 回パリー⁴⁾と 1982 年ファンボロを主体に解説する。

第 15 図 燃料消費と各種の技術進歩との関係

第16図 ECAM CRT Displays 配置図

3.1 Display

3.1.1 輸送機用の display 新輸送機 (2.3 節記載) の最大の特徴の一つは計器の大半がカラーの CRT* display となったことである。ADI や HSI は electronic 化したので、EADI*, EHSI*, というようになった。A-310 では ADI を primary flight display と HSI を navigation display といっている。EADI では approach mode と enroute mode に通常切りかえられる。EHSI では HSI mode, map mode, plan mode, weather radar mode 等普通は二つ以上の切りかえができる。CRT はこの mode の切りかえとカラー化が自由にできる強味がある。

エンジンならびに機体関係の表示を B-767, B-757 では EICAS*, A-310 では ECAS* と称し、操作と監視を容易にしている。これにより横方向を向いていたフライトエンジニアを前方を向かせた。さらにコンピュータによる処理・操作と配置の適正化により、正副の2人のパイロットだけで済むようにしている*。

一例として A-310 の ECAM につき説明すると、第16図のような配置で、system cathode ray tube display (SD) は flight phase related mode では preflight・takeoff・climb・enroute・descent・approach・taxing の phase で適切な情報を、advisory mode では monitor を、failure related mode では警報を示す。しかも failure が前2者に優先する。warning cathode ray tube display (WD) は status と処理方法が表示される。control panel に示されるように12の monitor に切りかえることができる。failure はさらに warning lights display panel にも表示される。SD・WD・over head panel いずれも

第17図 LANTIRN 用 Head Up Display (英)

カラーにより、正常・Alert・warning を識別している。

3.1.2 戦闘機用の display HUD*⁶⁾ HDD* とともに CRT となり、従来の gun sight HUD が切りかえて計器表示をするようになった。また第17図に示すような wide な LANTIRN*用の HUD や顔を動かしても情報が入る helmet mount の HUD も出現した。

なお将来の戦闘機用 display の想像図が米ノースロップの F-5 G, F-20, スウェーデンの JAS 機、米ダグラスの F/A-18 やホーネット機 (第18図) 等で発表されている。

3.1.3 その他 着陸時のみ over head から写し出す HUD, 風防ガラスに写す Windshield guidance display (仏 SFENA), LED* を用いるもの、プラズママトリックスにより mosaic 状に表示するもの、搭載武器の使用の有無を表示する Stores Management System (英 CDC 社) の display 等が出現した。

* A-310 では各国のパイロットと技術屋と組み、委員会をつくり、操縦しやすい設計を行ったと聞いている。

第18図 マグドネルダグラス社ホーネットコックピット図

3.2 電子機器

3.2.1 MLS (Microwave Landing System)

従来の ILS に代わる方式で, TRSB (Time Reference Scanning Beam) 方式の MLS* の採用が ICAO* で決定され, 1985 年頃からアンテナ設置, 1990~95 年 ILS・MLS 併用, 1996 年から MLS のみと定まった。現在アンテナの開発が日米英仏オーストラリア等で行われ, 実用試験の段階に入った。

関西国際新空港も MLS と R-NAV* が完成しないと成り立たない。従来の ILS では直線進入なので, その経路が陸地にかかり騒音問題を発生する。MLS は多方向からの進入ができ, R-NAV は曲線航行が可能であるので, この両者ではじめて大阪湾内で処理ができる。

3.2.2 Digital 化 ARINC* 700 番号であらゆる機器の仕様書が digital で制定され, 従来の VOR, DME, TACAN から weather radar や GPWS*⁷⁾ radar altimeter⁶⁾等々, 700 番台に合致した Avionics が世界の各社で開発に入り, 順次出現している。MLS の一部 DMEP も開発段階に入った。

3.2.3 その他 Doppler radar による navigation system の開発も進み, 各社が手がけ, INS と組み合わせたり, Omega 航法と組み合わせたりして, GPS* 航法の完璧を期そうとしている。

CAS* (衝突防止装置) は米国において DABS (Discrete Address Beacon System) 方式のものが考えられていたが, SSR (Secondary Surveillance Radar) の Mode S* 方式の TCAS* として開発が進められている⁸⁾。

3.3 武器システム SAAB-SCANIA (スウェーデン) のヘリコプター用 sight (第19図) HELIOS* に対し, laser や stabilized gyro の援助システムが英・米で開発されている。

3.3.1 Laser HELIOS 用の laser target marker/rangefinder を米 International Laser System 社が展示している。laser 光の直進性が利用できるが全天

第19図 SAAB-SCANIA 社 HELIOS (スウェーデン)

候性でない欠点がある。米ロックウェル社のは地上から laser 光で目標をとらえ, その反射光をヘリコプターが感じて攻撃をしている。似たようなのでエレクトロ社 (独) から火炎放射器で攻撃するのが発表されている (戦車の熱を赤外線センサーによってもよい)。

laser 光が目標で拡散することにより, warning する receiver を米 Perkin-Elmer が, helmet mount sight に air to surface 用の rangefinder (CO₂) をつけたものを英 Ferranti が, 米フェアチャイルド社の laser ranger (YAG) が, 英 Thorn-EMI 社の rangefinder がそれぞれ展示された。

その他 gyro 用, fly by optics 用等の application が発表されている。

3.3.2 Infrared HELIOS 用の全天候 queing system が米テキサス社で開発されている。全天候性を利用して, gun sight 用の双眼鏡を TRT (仏) が, FLIR* を米ハニウェル・独エレクトロ・米マーチンマリエッター (LANTIRN* 用) が開発している。英エリオット社から helmet mount の night vision を, 仏 TRT が thermal moduler system や全天候赤外線カメラを開発展示している。米ハニウェルでは偵察用のつり下げるポッドを, 米テキサスは赤外線の line scanner を発表している。

変わったもので helmet mount の pilot の視線の記録装置, TADS/PNVs* 等の発表があった。

3.3.3 その他 HELIOS 用の gyro stabilizer を英 Ferranti が, JTIDS* を米 Kearfott が, ASW* 機から船を control する system を米 Hamilton が出した。Terrain following & Avoidance radar が

第20図 Optical Fiber Rate Sensor

試験中である。

3.4 INS (Inertial Navigation System) 注目点は strapdown INS に ring laser gyro⁹⁾ (He-Ne) を使い、コンピュータの中に platform を電気的につくり、gyro を機械的に動かす必要のないものとしたことであろう。path length が 33, 21, 15 cm に対し、精度が 0.01, 0.1~1, 1~5 度/時といわれる。米 Honeywell 社は三角形で 22 cm, 仏 SFENA 社も三角形, 米 Litton 社は四角形で 28 cm といわれる。将来は optics fiber を使い精度をあげようと考えたものが提案され、その構想は第20図である。

3.5 FMS^{※7)} と Engine Thrust Management System 燃料の節約を目的としたもので、新輸送機には全部採用されている。米 Hamilton 社等は PMS (Performance Management System) を発表している。

BAe 146 の ETMS では、4 エンジン用のスロットル・アクチュエータと連動するコンピュータで、N₁, N₂ TGT をあらかじめセットしておけば、1 または 2 のエンジンを master として全エンジンを同期させられる。また大気温度と高度を入力すれば、高温地でも高高度地でも最大回転数で離陸できる。アクチュエータが作動範囲を超えたときは、ステータス指示器の矢印が点灯し、その方向に自動的に調節される。1 がアウトになると自動的に master は 2 になる。

3.6 航空計器 着陸時の wind shear は危険なものとしておそれられている。英スミス社から昇降計と真速度を微分して W.S. を示す指示とを組み合わせた計器が、また仏 SFENA 社から、total speed と flight path の加速度を加味した指示と昇降計とを組み合わせたもので thrust to drag ratio と昇降計を組み合わせた指示が得られるものが提案された。

3.7 その他

3.7.1 Recorder flight data recorder, engine data recorder, cockpit voice recorder 等⁷⁾いずれも ARINC 700 番台の digital が出現した。またこれら

第2表 Abbreviation list

ACA: Agile Combat Aircraft
ACT: Active Control Technology
AFTI: Advanced Fighter Technology Integration
ALS: Automatic Landing System
ARINC: Aeronautical Radio Inc.
ASW: Anti Submarine Warfare
ATB: Advanced Technology Bomber
AWACS: Airborne Warning and Control System
BITE: Built in Test Equipment
CAS: Collision Avoidance System
CAT: Clear Air Turbulence
CCV: Control Configuration Vehicle
CCV: Computer Control Vehicle
CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics
CRT: Cathode Ray Tube
CSD: Constant Speed Drive
DCADC: Digital Central Air Data Computer
EADI: Electronic Attitude Director Indicator
ECA: European Combat Aircraft
ECAM: Electronic Centralized Aircraft Monitor (A-310)
EHSI: Electronic Horizontal Situation Indicator
EICAS: Engine Indication of Crew Alerting System (B-767)
FBW: Fly by Wire
FCS: Fire Control System
FLIR: Forward Looking Infrared
FMS: Flight Management System
FRP: Fiber Reinforced Plastics
GPS: Global Position System
GPWS: Ground Proximity Warning System
HDD: Head Down Display
HELIOS: Helicopter Observation Sight
HiMAT: High Maneuverable Aircraft Technology
HUD: Head Up Display
ICAO: International Civil Aviation Organization
JTIDS: Joint Tactical Information Distribution System
LANTIRN: Low Altitude Navigation Targeting Infrared for Night
LED: Light Emitted Diode
MLS: Microwave Landing System
Mode S: Mode Selective Address
OBOGS: On-Board Oxygen Generating System
PELS: Precision Emitter Location System
PHLD: Powered High Lift Device
R-NAV: Area Navigation
RPV: Remotely Piloted Vehicle
RSRA: Rotor System Research Aircraft
RSS: Relaxed Static Stability
SAS: Stability Augmentation System
STOL: Short Takeoff and Landing
TADS/PNVS: Target Acquisition of Designation Sight/Pilot Night Vision Sensor
TCAS: Traffic Alert and Collision Avoidance System
TWT: Traveling Wave Tube (Plessey, Alternative Klystron)
VSCF: Variable Speed Constant Frequency (Bx. V.S. Generator and Solid State F. Converter)
VTOL: Vertical Takeoff and Landing
VG: Variable Geometry

には位置を知らせる beacon 発信器の locator を付属させているものが多い。

3.7.2 各種 system ヘリコプター用の任意の方向の速度がわかる air data system を英 Marconi が、R-NAV^{*}system を英仏カナダが、DCADC^{*}を各社 (ARINC 700 番台) が、OBOGS^{*7)} を米・仏・英・独がパリーで出展した。

3.7.3 その他 米 Rosemount 社の温度計 sensor, 英 Negretti & Zambra 社の fatigue meter, 米 Sundstrand : Bendix : Westinghouse の各社が CSD^{*} に代わる VSCF^{*} の開発をしている。VSCF は電子機器の開発に負うところが大きい⁷⁾。ALS^{*6)} の CAT III 可能の航空機の出現によりそのメーカーの出展も多い (L-1011, トライデント, DC-9-81, B-737 等)。carbon composite brake の脚の研究も始まっている。デジコンのフラップ, ケーブル警報, クライストロンに代わる新 TWT^{*}, on board inert gas generating system^{*} 等が出現した。

4. あとがき

終りに, 以上は注目点の一部を述べたことを再び付言したい。将来の問題としては, 大型機後方の渦流,

^{*} 燃料使用後のタンクの空間を不活性ガス (アルゴンや窒素) で満たし爆発を防止する。

CAT^{*}, 地表付近の wind shear 対策, CAS^{*}, ハイジャック対策, man machine の interface 等が解決されることが望ましい。

1982 年のファンボロを見学された木村秀政先生, 青木日出雄社長, 関川栄一郎氏, 高山捷一氏, 鳥養鶴雄氏のご助言をいただき, 深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 横井鍊三: パリーエアショー視察記一機器の立場から一, 日本航空宇宙学会誌, 第 28 巻, 第 315 号 (1980), pp. 19-23.
- 2) 横井鍊三: パリーエアショー及び 3 社を視察して, 日本大学海外出張報告集, 第 27 集 (1980), pp. 16-22.
- 3) 横井鍊三: 第 34 回国際エアロスペースサロン雑感, 日本航空宇宙工業会会報, 第 332 号 (1981), pp. 2-5.
- 4) 横井鍊三: 第 34 回国際エアロスペースサロンの機器展示, 日本航空宇宙工業会会報, 第 334 号 (1981), pp. 3-9.
- 5) Aviation Week & Space Technology (1982. 6. 28), pp. 73-85, 86-92.
- 6) 横井鍊三: 航空計器, 地人書館, 東京 (1979), pp. 185-186.
- 7) 横井鍊三: 航空機器システム, 産業図書, 東京 (1983), pp. 218-222.
- 8) 岡田 実: 空中衝突防止装置 (CAS), CAS 調査委員会報告, 航空振興財団 (1983. 2).
- 9) 金井 昭, 大原雅彦, 早川義彰, 長瀬祐光: 姿勢センサーレーザ, 流体, 振動, TDG, FRIG-1, 日本航空宇宙学誌, 第 30 巻, 第 336 号 (1982), pp. 15-25.

—解 説—

最近の米国風洞事情*

浅 井 圭 介**

Key words: Wind tunnel testing; Reynolds number effect; wall interference

1. はじめに

筆者は昨年夏, 科学技術庁派遣留学生としてカナダの NAE に滞在されていた同僚の沢田秀夫氏とともに米国内 4 ヶ所の研究所を訪問, 合計約 20 の風洞を見学し, 研究者・技術者達と意見を交じえる機会を得た。

米国の風洞施設に関しては, 本誌でもすでに, 河村先生¹⁾, 小橋先生²⁾ が詳しく紹介されておられる。しかしその後 1970 年代中頃から, 米国では, 遷音速風

洞を中心に, 従来にない新しい概念に基づく風洞の研究開発が盛んになり, 近年, 新型風洞の建設や実証試験が積極的に進められている。

そこで, これらの新世代の風洞を中心に, 筆者が米国で見聞きしたこと, 印象等を簡単にお伝えしたいと思う。

2. Boeing 社の空力研究所

Seattle 市の南郊外に, Boeing Field と呼ばれる地区がある。広大な飛行場には, 早期警戒機 E 3 A や最新鋭の B 757 が, 白銀輝く Ranier 山を背景に翼を並べている。Boeing 社の開発センターは, 99 号線を挟んで飛行場に隣接しており, 空力研究所もこの一角

^{*} 昭和 58 年 3 月 9 日原稿受理 New Generation of Wind Tunnels in the United States

^{**} 航空宇宙技術研究所 Keisuke Asai