

V/STOL 機用エンジンに関する研究特集号

発刊にあたって

V/STOL 研究委員会

原動機専門委員会委員長

八 田 桂 三

今日飛行機は運輸機関としてますます重要となり、ここ数年中には音速の 2~3 倍の速さで飛ぶ超音速旅客機 (SST) が就航しようとしている。しかし高速飛行時に適した前進推力と主翼との組合せによって、低速の離着陸を行なわねばならないという現在の飛行機の頭初からの矛盾のために、高速になればなるほど離着陸距離ものび危険性も増し広大な飛行場が要求される。また実用の面からは飛行場と都心を結ぶ所要時間の全旅行時間に対する割合が増し、高速飛行の有効さが減少する。

したがって速度や効率などの点では固定翼飛行機の飛行時の性能を犠牲にすることなく、滑走せずに離着陸できる飛行機が実現できればこんな望ましいことはない。高速で飛べるとともに低速でも飛べ、更に空中停止や後進まででき、狭い空地があれば安全に離着陸でき、飛行場に拘束されなくなれば、それこそ文字どおり空の自動車が実現でき、航空輸送界に革命の変革をあたえうる。しかしこのような飛行機は元来飛行機の理想形であり、古くから考えられていた問題であり、何も今に始まったことでない。ただ固定翼飛行機の進歩と共にその自蔵する矛盾からこれらの要求はますます切実となり、また飛行機を進歩せしめた技術そのものがこの難問の解決の可能性を強めてきたので、ここに最近の航空技術界の重要な問題として脚光をあびてきたわけである。

さて V/STOL 機とは、垂直および短距離離着陸飛行機の略称で、飛行性能をとわず、離着陸が狭い場所から行なえるものをいう総称である。上にのべたような完全に理想的な飛行機はまだ実現していないが、長時間ホバリング(空中停止)を行ないような飛行機から、単に離着陸時のみきわめて短時間エンジンに揚力を負わせるような飛行機まで各種形式の V/STOL 機が考えられ開発されつつある。今日この種のもので実用になっているのは前者に属するヘリコプタだけであるが、これは空中停止も垂直離着陸も可能であるが、高速飛行性能は必ずしも満足すべきものでないことは周知の通りである。ヘリコプタの例でもわかるように完全な理想飛行機でなくても特色ある V/STOL 機ができれば、それぞれそれに適した分野で利用されるわけである。こんなわけで現在各国で V/STOL 機に関する種々の研究や開発が行なわれており、航空界の重要問題であるので、本宇宙航空研究所でも所長を委員長とする V/STOL 研究委員会を設け総合的に研究することとなり、36年度機関研究費交付を第一歩として研究を進めてきた。委員会には更に企画(委員長 谷 教授)、空気力学(委員長 河村教授)、制御(委員長 岡田教授)、原動機(委員長 八田教授)、構造・材料(委員長

福井教授)の各専門委員会が設けられ、具体的な研究をすすめている。本特集号はこの中の原動機専門委員会で行なった最近の研究の成果を集めたものである。

V/STOL機ではエンジンの力のみで離着陸やホバリングの揚力は勿論操縦安定まで行なわねばならず、エンジンと飛行機とがより不可分となり機体との組合せがより重要になり、V/STOL機の開発はそれに適したエンジンの開発に負うところがきわめて大きい。ところがヘリコプタから超音速 V/STOL 機までの広い範囲にわたる性能の V/STOL 機に対し、一つの形式のエンジンですべてをまかなうことは困難で、いろいろの形式*の V/STOL 機用エンジンが考えられている。いずれもいわゆる航空用ガスタービン系のエンジンであり、その限りにおいて現在の飛行機用エンジンとまったく変わらないといってよい。しかしいろいろの V/STOL 機に応じ、きわめて特色ある各種の形式のエンジンが開発されつつあり、いまだ最終的な形式は確定されるに至っていない。このような状況の上に本研究所は大学の附置研究所であり、また我国には科学技術庁の航空宇宙技術研究所もあるので、原動機専門委員会としては試作開発的研究は後者にゆずり(現在航空宇宙技術研究所を中心としてV/STOL機用エンジンの一形式であるリフトエンジンの試作開発がすすめられている)、本所ではそれらと密接な連携をとることはもちろんであるが、独自の立場で、より基礎的な、大学でなければなかなか解決しがたいような問題を重点的にとりあげ研究をすすめることにした。

現段階で V/STOL 機用エンジンに一般的に言えることは出力/重量比の特に大きいエンジンが必要だと言うことである。出力/重量比の向上は、効率の向上と共に一般航空エンジンの技術的目標でもある。これを実現するために一般的に言えることは、同じ圧力比の軸流圧縮機や、タービンなら正面面積当りの処理流量を大きくとり、段当り圧力比を高くして段数をへらし、更に薄翼を使うと共に翼の翼弦長を短くし、それにより翼の総重量を軽くすると共に圧縮機、タービンの軸方向長さをへらし、また燃焼器の高負荷化、特にこれも軸方向長さの短い燃焼器を開発するなどし、エンジンの軸方向長さを短くすることが構造上重量が最も軽くでき、更に強度/重量比の大きい材料を開発使用し、しかも部品の強度設計上それらの特性を極限まで利用すると言うことである。

ところで圧縮機の正面面積当り流量をまし、段当り圧力比をますにはいわゆる遷音速軸流圧縮機を用いるのがよいが、この設計資料はいまだ不十分であり、設計理論にも解明すべき問題が多い。しかし実験計測を考慮すると、最小寸法の試験装置を作ってもその所要動力や所要風量風圧は大きくなり、従来大学では実験的には基礎的研究すら行なうことはできなかった。幸い本研究費で必要最小限の設備の建設ができ、ようやく第一歩をふみ出せるようになった。本特集号の第1の報告群と言うべき「遷音速軸流圧縮機の翼列性能に関する研究」、「遷音速せん断流中の翼列の研究」はその成果である。前者は回転翼列試験機による、後者は直線翼列風洞による、遷音速軸流圧縮機翼列内の流れに関する基礎的研究である。

次に翼に薄い翼形を使い翼の長さに対し翼弦長の短いいわゆるアスペクト比の大きい翼を使えば翼総重量がへり車盤荷重がへり、また圧縮機タービンの軸方向長さも短くなり、エンジン軽量化には最も大きく寄与するのであるが、これらの限度は翼の振動による疲労破損によりおさえられることになる。ガスタービンは元来定常流動形原動機であり振動やそれによ

* 八田桂三, 松本正勝, V/STOL 機用エンジン 日本機械学会誌 Vol. 67, No. 545, (1964)P. 818.

る疲労破損は大きな問題にならぬように一見考えられるかも知れぬが、実は翼は次に示すようないろいろの強制振動や自励振動を起し、それによる疲労破損が最も大きな困難なのである。圧縮機やタービンの翼は良好な作動範囲においても圧縮機入口風速分布の不均一、タービン入口風速分布や温度分布の不均一、前後にある支柱や燃焼室、問題とする翼と相對運動をする前後の翼列などによる励振力により強制振動される。更に圧縮機翼が失速状態になるとはげしい全流量の変動を生ずるサージング時はもちろんのこと、それほどはげしくなく全流量は変動しなくとも周方向に周期的に流れの変動のつたわる旋回失速という現象がおり、翼にはげしい励振力をあたえる。旋回失速にも小振幅旋回失速や、それとかなり性質もちがう大振幅旋回失速もあり後者の場合には失速領域では風速零または負になるところもあるくらいで、翼にかかる励振力はきわめて大きい。このような励振力に対し振動減衰力として働くものは翼材料の内部摩擦による材料減衰と、翼の植込み部の摩擦などによる構造減衰と、翼の振動に伴う空気力学的減衰力である空力減衰とである。前二者も温度、振幅、回転数など作動条件でかわるが少くとも負になることはない。最後の空力減衰は作動条件によっては負の減衰になることがあり、そのときには自励振動を生じ、いわゆるフラッタをおこすことになる。翼の振動数や振動形も、温度による弾性率の変化や回転数の影響をうけ、さらに植込部の拘束条件も複雑である。翼の振動を減少し疲労破損を防いだり、さらにあらかじめ安全性を予知したりするには、以上のべたことがすべてわからねばならないわけである。しかしこれらは理論的にも実験的にも非常に困難な研究で、完全な解決は早急には望めないかも知れないが、本専門委員会としてはかなりの力をこれらの研究にむけた次第である。従来から本所にあった低速内部流体力学研究設備を全面的につかい、必要な改修や研究施設の増強を行ないこれらの研究をすすめた。また前にのべた遷音速軸流圧縮機に関する研究や設備も、それ自体重要な意味があるが、一方今後の圧縮性のきいてくるような高速時の翼列の振動の研究にそなえる意図もあるわけである。本特集号の次に示すような第2の研究報告群はこれらに関する最近の研究成果である。すなわち (a)「旋回失速および翼列動特性の研究」、(b)「水回転翼列試験機による旋回失速の研究」、(c)「翼列翼の空力的減衰に関する研究(上下振動する二重円弧翼列の場合)」、(d)「翼の振動の問題からみた軸流機械の翼の植込部の性質」、(e)「圧縮機およびタービン翼材料の内部摩擦と弾性率」、などがこれである。これらのうち (a)、(b) が旋回失速に関する実験的研究で、過去数十年にわたる内外の研究にもかかわらず、旋回失速については旋回速度について多少のことがいえるほか失速セル数、失速波形、振幅などについてはほとんどいえなかった現状を打破しようとして共に特色ある試験機を新たに作り行なったものである。(c)、(d)、(e) は前にのべた翼に作用する減衰力に関する研究であり、(c) はフラッタの研究でもある。また (d)(e) は翼の振動数や振動形の作動条件との関係にも関係する。これらの研究は上述した困難な問題をまだ完全に解決したものではもちろんないが、これにより得られた知識は我国で行なわれているジェットエンジンの開発途上でおこった、翼の折損の問題の解決にすでに大きく寄与している。

次の「リフトジェットエンジン模型燃焼器の燃焼実験」は、はじめにのべた燃焼器の高負荷化に関する研究で、従来全くの試行錯誤法による試作開発にゆだねられてきたこの種燃焼

器を燃焼学的にみなおし、合理的設計が行なえるようにするための基礎研究である。

第 4 の報告群ともいうべき次に示す二つの研究報告は、はじめにのべた部品の強度設計上その材料特性の極限まで利用せねばならぬということに関連したものである。すなわち(a)「 dn 値の高い玉軸受の性能に関する研究」、(b)「圧縮機、タービン、翼結合部の応力解析(第 1 報 現用形状の光弾性解析と応力集中軽減法についての考察)」がこれである。(a)はきわめて苛酷な条件で使用される V/STOL 機用エンジンの玉軸受の研究であり、(b)はきわめて応力が高くなり静的にも問題をおこしがちな翼植込部の応力解析の結果である。

以上簡単に原動機専門委員会の研究意図や、本特集号の各研究報告が V/STOL 機用エンジンの研究とどのような関係があるかをのべた。まだ研究は緒についたばかりで今後の成果にまつところが大きい、とりあえず特集号として我々の行なってきた成果を報告する次第である。最後に本研究が行なえるようになる上に並々ならぬご配慮とご好意をいただいた文部省学術課・会計課関係官、大学本部経理部長以下各関係の各位、宇宙航空研究所事務部関係各位に厚くお礼申しあげる。

昭和 40 年 6 月 10 日