航空用エンジンの研究*1

岡 崎 卓 郎*2

Key Words: Aircraft, Engines

航空用ピストンエンジンの歴史はライトの初飛行から第二次大戦終了までとすると1904年から1945年までということになり、たった40年ぐらいのものである。もちろんそれ以前にも地上用ガソリンエンジンの時代はあったがそんなに長い期間ではなかったし、1945年以後も輸送機用としては十数年、軽飛行機用としては今でも飛んでいるが、実質的な開発は終わっているといつてよい。それに対して航空用ガスタービンの歴史はハインケルあるいはホイットルの初飛行から数えても50年は越えている。一つの種類の機械としてはその大発展の時代は当然過ぎ去っている。といって次の時代の立役者の姿はまだ影も見えない。ロケットはカテゴリーとくに目的が違うものなので同じ系列で議論することはできない。もっとも産業としての競争は原理的な進歩よりも五十歩百歩の差がものをいうので、自動車と同様にそのような開発競争ははげしく進むとは思われるけれども、研究として何をなすべきかとくに大学などで何をなすべきかは難しいところである。

ピストンエンジンでも我国が開発時代に入ったのはせいぜい10年ぐらいでしかない。しかし強い軍需上の圧力もあってその間に相当な仕事はしたと思われる。これに対してガスタービンエンジンはそのような機会に恵まれなかったこともあってまだその段階にも達していない。先行した国あるいはマーケットに入りこむ機会がこないということでもある。後発ということはそれ自身ではマーケットの問題を除いては技術的

には必ずしも不利とばかりはいえないが、それは日本より後発の国が必ずしも日本より不利でないということでもある。

こういうこと以外にピストンエンジンとガスタービンエンジンの我国における立場の違いはほかの工業の技術水準の違いである。ピストンエンジンの時代には主要な工作機械はほとんど外国製で工作の話というと外国の工作機械メーカーのカatalogを聞いているような感じを持ったものである。今でも外国の工作機械をかなり使っているけれども技術水準の差というようなものではない。そのほかの部品でもまるで違う。しかしもっと大きな違いはピストンエンジンの時代には航空がほかの産業に対して技術的な先導性を持っていたということであろう。昭和の初期までは日本の機械工業は科学との関係が大へん薄いものでコピーあるいはライセンス産業の段階にあったと考えざるを得ないが、航空だけが一歩先に科学あるいは技術との関係が深くなる段階に入ったといえる。もちろん航空でもライセンスは非常にたくさんあったし今でも国際化の時代に非難すべきことは何もないが、要はものの考え方の問題である。今の航空用ガスタービンは重要な要求がほかのものにくらべてはるかにきびしく、そのために設計のやり方が細くなっていることは事実であるがほかのものもそれなりに進歩しているのであって、科学と工業との関係が航空だけが密接であるとはいえなくなっており、その意味でとくに物の考え方の面での先導性はもうなくなっているといつてよい。

航空用とか軍需用とかいうとコスト観念がないようなことをすぐいわれるけれども、最終目的の成果を上げるのに最小のコストですますのは当然のことであって本質的には差がない。ただ性能上その他の僅かな差が最終価値に大きな影響を及ぼすのでコストが高くなることが多いし、またそのようなことになってしまうとだんだんコストに鈍感になりやすいことは事実であるが、コストに鈍感ということは航空用としても有害無益なことである。

研究には後追い式の研究と先行式の研究とがある。

著 者 紹 介

岡崎 卓郎 (名誉会員)
大正7年生。愛知県出身。昭和15年東京帝国大学工学部航空学科卒業。東京大学教授(昭和53年迄)。航空原動機学会 日本機械学会、日本ガスタービン学会名誉会員。

*1 平成3年1月16日原稿受理 Research Works about Aircraft Engines

*2 船橋市宮本1-9-10 Takuro OKAZAKI

後追いという人のやった研究を本質的な進歩なしになぞることをさすような意味にとられるが、ここでののは一旦でき上った製品でとくに開発途上でいろいろ思わざる不工合や事故が起ったりするが、それを取上げて共通の現象があるかどうかをしらべ、それについて研究していくことで少しも卑下する必要がないばかりか五十歩百歩の競争の時代には競争の主要な手段でもあるし、またその結果から新しい発見が生れて先行研究の端緒が得られることもある。ピストンエンジンの時代のスーパーチャージャとガスタービンの関係はそのようなものといえないこともない

先行式の研究とは今ある種類の製品には余りとらわれずに、といってもその反省の上には立つけれども何を開発すべきかというようなサーベイに役立つものである。技術者には昔ほどではないにしても律義者が多く、また具体的なデータなしの発言はしたがらない人が多いから人のきめたものをいかに実現するかに苦労する人が多い。何か新しいものを始めた人は大い…狂とかいわれることが多い。そういう人はもちろんいなくてはならないがそういう人だけで物が完成するということではなく、多くのいろいろなタイプの人の協力があつてはじめて開発ができるのである。技術者は一般的にいえば目的そのものを作るのは苦手では他分野の人がきめることが多い。その結果はよかったものもあるがそうでないものも結構あつて、これは要するに性格の違いで技術者そのものが目的をきめるのに不適格ということではないと思う。何をなすべきかをきめるには何ができる可能性があるかを知る能力が必要なことはいうまでもないし、これからは技術者も何をなすべきかについてももっと積極的に考え行動することが要求されるであろう

そのためには広い分野の知識が必要だと一応は思われる。技術者としての向上のパターンとしてよく T 型とか II 型とかいわれるものがあつて、一本か二本よく身についた基礎的な学問なり技術なりを身につけてそれから先で応用分野を広げながら視野とか力とかを拡げていくのがよいといわれている。基礎的な学問を余計学んでおけば多ければ多いほどよいようにも思われるが実際に応用してみないと技術者としてはなかなか身につかないものであるし、昔と違って必要な基礎学問が広がってそれに気を取られていると莫然とした勉強ではいつまでたつても身につくところまで行かないものである。結局は必要なときに必要な基礎的な勉強をする若さとフレキシビリティが物をいう。技術開発の初の発展段階ではこういう気分が満ちているものだが成熟段階になると老人的な保守性が感じられるようになってくる。

日本人は実のある議論をすることがどうも苦手のようなのである。日本語のせいかどうかよく分らないが言葉の定義が不明確でも割合に平気なところがある。以心伝心ですむ範囲ならばよいが、中味のある話はなかなかやりにくい。優秀な技術者同士の意志疎通がもっとうまくいけば新分野導入はずっと楽になるのではなかろうか。

ガスタービンは燃焼器冷却もふくめて本質的には流体機械である。本特集にもあるようなサージング、旋回失速、フラッタ、騒音など故障対策から出発した問題の前に、一段あたりの圧力上昇あるいは熱落差を大きくとること、効率をよくし、かつ効率のよい範囲を広くするという問題がある。他の流体機械と違ってガスタービンでは圧縮機とタービンの僅かな効率向上が数倍になって全体の性能にきくからかなり細かい検討が行われその成果は他の流体機械にもフィードバックされつつある。この種の流体機械の設計にはコンピュータが大規模に使用されているが、一定の考え方があつてそれに準じて各種の設計仕様を作るようないわば事務的な仕事にはコンピュータは大きな成果を上げているが現象そのものの理解や直接設計には案外役に立っていない。それは流体力学の特長事情によるものであつてナビエストークスの式(オイラーの式はもちろん)がとくに乱流範囲ではとくべつにかんたんな問題を別にして今の最新最大のコンピュータをもってしてもまともには解けないからであつて、この事情はこれから先もしばらくは変りそうもない。流線などはかなりあらつぱい方法でもある程度出せるがやや複雑な形の損失などはまだ無理である。つまり設計の目的によって大ざっぱなものでよければ損失の機構やその量の推定に少々誤りがあつてもそんなに困らないがこれ以上の細かい設計をやろうとすると難しいことになる。

現実にはいろいろな実験的な方法で解いているわけであるが、その性質上当然適用範囲に問題がある。実験式であつても実用上起る範囲をすべてカバーしていれば問題はないがとくにオフデザインの領域などとてもカバーできる現状ではない。それからもう一つこのようにコンピュータで直接答を出して機械的に設計してしまうというやり方は改良のための見通しが得にくいという欠点がある。それでも設計上の進歩が止つていわば型にはまった設計が行われるようになれば機械的設計の時代に入るかもしれないし事実その傾向もある。

そこでいろいろなモデルを考えての理論あるいは実験的な研究が行われているわけであるが、それではピッタリ合うということを目的とする設計にはちょっと足りないということになる。元来進歩発展段階の途中

にある機械の設計には、ピッタリ合うということは望まずにあるていどの範囲と方向が分ればそれから先は実機の実測によって補正するという昔ながらの方法が今でも意味をもっている。他の機械では余裕を持たせておけばよいところを航空用ではギリギリの競争をしすぎるために細かい所までむりに予め当てようとする傾向があるが、昔ならともかく今の段階ではだんだん労多くして功少しの範囲に入っているのではなからうか。

フラッタなどの複雑な問題になるとなおさらでコンピュータにまかせればピッタリ合うというところまでは当分行きそうもない。それにやはり見通しがきかなくなるという欠点がある。そうなるとやはり物の見方考え方がものをいうわけであるが、実機のデータによる検証を忘れるともう先には進めなくなる。それにしても過去の研究によって流体機械部分については既にかんりの理解の段階に達し、これから先の細かいことは表向きに発表されるデータだけでは十分の検討ができなくなり、企業自身かあるいは企業と密接な関係を持って研究せざるを得ないし、企業の方も細かい実測データをとる必要がより強くなっていると思う。

現在の型式以外の圧縮機、タービンの可能性は航空用ではあまりないと思う。前面面積を問題にする限り軸流型式は圧倒的に有利である。

構造上の問題は応力や変形の計算は弾性範囲ならばまず完全に信頼できる結果をコンピュータで出せると

いってよいし、それから先でもあるていどまでならで可。問題は材料の破壊の推定、とくに欠陥のある材料のそれとコントロール、それからより重要なのはそれから先のシンセシスの問題であって、どうすればよい構造が得られるかということは人間の創意工夫の問題であり、材料設計までふくめてこの分野はまだまだおもしろそうである。

材料、工作、制御、使用者側をふくめたシステムの問題などますますコンピュータ化されるだけでなく、筆者がよく知らないせいか先の発展性もかなりあるように思われる。

ガスタービンエンジンが今まで使われてきたのは飛行マッハ数2.5ぐらいまでが主力でそれ以上はたまに一時的に使われるにすぎない。もっと高いマッハ数で長時間使うのもそれぞれ限定された飛行状態ならばいろいろな手が考えられるがマッハ数によって適当な形状が大幅に変わるのでエンジンとしてはむずかしいところである。この範囲で適当なエンジンがあればたいへん望ましいことであることは異論がないが、今より以上の大幅な可変形状がどのていどまで可能かあるいはどこをどれぐらい犠牲にするかどちらに進むかは見当がつかねる。

いずれにしても航空用ガスタービンはその発展段階としては一つの転機にあり、だんだん他の内燃機関と同じような進み方になってくるのではなからうか。