



## ターボ機械の流れの研究

村田 暹\*・三宅 裕\*\*

ポンプ、送風機というのは目立たないけれども大規模な生産から我々の生活のまわりにいたるまできわめてありふれた機械である。これらの機械はターボ機械と総称されているが、羽根車を回転して水、空気にエネルギーを付与するために使われる。ターボ機械は最近空調機械に多用されるようになった横断流送風機など特殊な型式のものがあるが、大部分は遠心型と軸流型で、いずれも数枚から十数枚の羽根または翼を備えている。遠心型の羽根車は軸に平行に吸い込まれた流体が遠心力で吹きとばされるようにして半径方向に吐き出される型式であり、比較的流量が小さく高い揚程を要する場合に用いられ、軸流羽根車は反対に大きい流量で小さい揚程の場合に用いられる。羽根車の型式は実は比速度  $N_s$  と呼ばれる特性数によって特徴づけられ、遠心型は  $N_s$  が小さく、軸流型は大きい。 $N_s$  の値はこれらの両端の間に位置するどのような値を与えても羽根車の設計は可能であるから遠心型でもない軸流型でもない中間の型式が自由にありうる。

羽根車がどのように作用するかという問題は、同じ形をした物体の例——羽根車ではこれを翼列という——を通過する流れを解くという問題であるが、これは数学的に美しい型式をもつ流れ学の体系の中の1つの頂点に位置する。工学の実際的要請に結びついたこの問題は流体力学者の争って研究するところとなり、現在では指定された性能の羽根車を設計するという目的に対しては十分な理論的資料が用意されているとあってよい。

さて、実際にポンプや送風機を据えつけて運転してみるとさまざまなトラブルに遭遇する。

そのうち最も厄介なものは異常な騒音、振動を伴うもので、甚々しいものは翼の折損にいたる事故となる。

羽根車は、たとえば航空機用ガスタービンの開発や、宇宙開発におけるロケット用の燃料押込みポンプの開発などの機会をとらえて、新しい技術が生み出されてきたが、その波及効果として一般用ターボ機械も羽根車は次第に苛酷な条件で使用する設計に変わってきている。そうするとこれら異常現象は見過ごすことのできない問題となり、流体力学の中心的話題となっていく。指定された性能をもつ羽根車の計算というのは時間的には状態の変わらない定常流れを計算することでよいが、これらの異常現象を生ずる場合には、翼列を通る流れは非定常な流れになっている。

問題の1つはフラッタと呼ばれる現象で、翼がある原因で振動を始めたとき、まわりの流体の流体力はこの翼の振動を抑えるのでなく、かえって増巾する方向に働くためにおこるが、これは流体力が翼の振動と位相を同じくしないことによっている。このフラッタ限界を計算するという問題は鮮やかな数学的体系にまとめることができ、再び多くの流体力学者を魅了することとなった。この問題は現在なお幅広い研究が進められているが、すでに実用に耐える多くの結果がまとめられている。特に失速を伴わないフラッタは理論的に計算された空気力をもって翼の振動を考えると、高い精度でその発生限界を予測することができる。この問題の詳細を述べるのは本稿の目的ではないので、興味ある方々は「日本機械学会誌」、「同論文集」、「ターボ機械」などにあらわれた関係の論文を参照していただければ幸いである。なお、筆者らも定常、非定常を問わずこれらの研究に加わって幾つかの報告を上梓したが、これらの理論解析の手法がウラン遠心分離機の回転胴を支持する溝

\*村田 暹 (Susumu MURATA), 大阪大学工学部, 教授, 機械工学科.

\*\*三宅 裕 (Yutaka MIYAKE), 大阪大学工学部助教授, 機械工学科

付きスラスト軸受の解析に有効に応用できることがわかり、筆者らの手で研究が進められていることをつけ加えさせていただきます。

さて、もう1つの問題は旋回失速と呼ばれる現象である。旋回失速というのはターボ機械が設計点からかなり小さい流量域で運転されるとき、失速状態に陥る翼がすべての翼についてでなく、数枚の翼に限られ、この失速領域が、翼間流路を次々に伝播していく現象である。旋回失速現象の発見は航空機用ガスタービンの開発が始まってしばらく後のことであるが、軸流機に起こる旋回失速はほとんど解明されてしまったといつてよい。軸流機の旋回失速及び低流量域特性についても筆者らの研究室から数編の報告を公表しているが、動・静翼間距離、羽根取付角、静翼の配置の仕方などによる、旋回失速を含めた低流量域特性のあらわれ方の違いについてなど、関係の方々には設計資料として参照いただけることと思う。

一方遠心機の旋回失速は、起こりうることは

早くから知られていたが、先述の比速度の分類からいえば、軸流機に頻発することを考えると遠心機でも比較的大流量、小揚程のファンに生じやすいことが予想される。事実スクロールを備えた典型的な遠心機では起こりにくいことが確かめられている。ところが、ある汎用機で回転数とは同期しない異常な騒音が発見されるに及んで、遠心機の旋回失速も無視できないことが認識された。遠心機の旋回失速はまだ研究も少なく、筆者らの研究室で確かめた旋回失速を伴う吸込管内での逆流脈動流れはこの分野の研究の端緒として多くの方々から問い合わせをいただいている。

以上、紙数の都合もあってまとまりのないノートになってしまった。ここに述べたポンプ・送風機の今日的問題に関連した研究は筆者らの研究室で行なってきた研究の一部であるが、今後もターボ機械の流れを中心に微力を尽して研究に励みたいと念願している。