

ターボ機械の性能計測について

山田 致*

Yamada Kiwamu

自動車用の過給機をはじめ、さまざまな場所に、種々な用途で多くのターボ機械が使用されている。ターボ機械の開発を進め、高効率化や低コスト化を図っていく上で、現用品や開発品の性能を正確に把握することが、重要な開発要素の一つとなっている。IHIグループでも多くのターボ機械を製造しており、IICプラント技術部では、主として自動車用過給機、船用過給機、ギヤード圧縮機、一軸多段式圧縮機等の性能計測を行っている。ここでは、ターボ機械の概略の構造と流体性能の計測方法について紹介する。

キーワード：ターボ機械、圧縮機、タービン、計測

1. 性能計測対象

過給機では軽自動車用の小さいサイズから船用の大きなサイズまで実機を使用した性能計測を行っている。ギヤード圧縮機や一軸多段タイプの圧縮機については、実際の製品では圧縮段数、インペラサイズとも多様な組合せがあるため、設計時に必要となる単段での性能計測を行っている。またヨーメータやレーザ流速計を使用したターボ機械の内部流れの計測も行っている。

2. ターボ機械の構造

ターボ機械の構造は機種ごとに異なるが、IICにおいて試験を実施している代表的なものとして、過給機とギヤード圧縮機についてその構造を説明する。過給機の構造図を図1に、ギヤード圧縮機の構造図を図2に示す。

過給機は、エンジンからの排気ガスの力を回転エネルギーに変えるタービンインペラと回転することにより空気を圧縮するコンプレッサインペラ

が回転軸の両端についており、軸受で回転軸を保持している。

コンプレッサ側、タービン側ともインペラの上流、下流にスクロール等で最適な静止流路を形成している。エンジン回転数の変化に応じて最適なタービン出力を得るためにタービンインペラ上流部に可動ノズル機構を使用しているものもある。

ギヤード圧縮機は、モータにて低速歯車を回すことにより、高速歯車と一体となっているコンプレッサインペラを回転させ、コンプレッサによりガスを圧縮する。1本の軸の両端にコンプレッサインペラがついているので、図2の場合、1段目と2段目は同じ回転数で、コンプレッサの入口から見た回転方向は逆になる。圧縮されたガスは各段毎にクーラを通して冷却され、次の段に供給される。圧縮機入口部にはインレットガイドベーンを使用し、ベーン角度を変化させることにより生成される高圧ガスの流量を調整することが可能になっている。

* 研究開発事業部 プラント技術部 回転機械グループ 次長

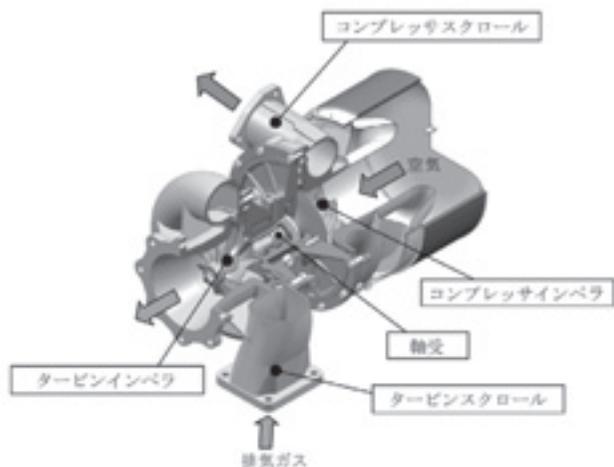


図1 過給機構造図

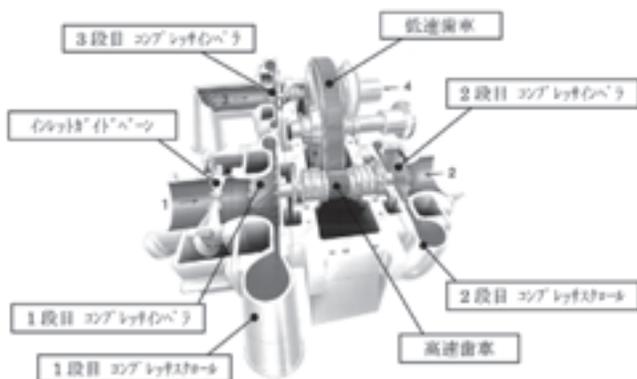


図2 ギヤード圧縮機構造図

3. 性能計測方法

(1) 過給機の性能計測方法

過給機には、エンジンの回転数によって変化する運転点（空気圧力、空気流量）をカバーすることが求められ、その評価を行うために、コンプレッサ、タービンともに使用される範囲の性能計測（回転数、流量、圧力比および効率）が必要になる。

過給機の性能を計測する際には、コンプレッサの入口・出口空気、タービンの入口・出口ガスの温度・圧力および回転数、空気流量、タービン駆動ガス流量、潤滑油の入口、出口の温度、油量を

計測する。

コンプレッサ側の性能を計測する際には、1つの回転数に対してコンプレッサ流量を変化させて数点、1つの供試体に対して数本の回転数を計測する。過給機の回転数は、燃焼器の上流にある空気量調整弁と燃料調整弁によってタービン駆動用ガスの流量、温度を変化させることによりコントロールする。コンプレッサ流量は、圧縮機下流にある調整弁にてコントロールする。遠心圧縮機では、小流量側にサージ領域と呼ばれる不安定領域が存在するため、性能計測はその直前まで行うこととなる。コンプレッサの性能計測結果の一例を

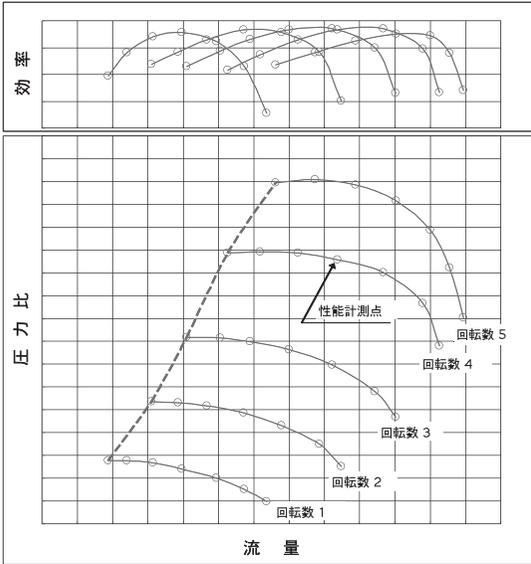


図3 コンプレッサ性能計測結果の一例

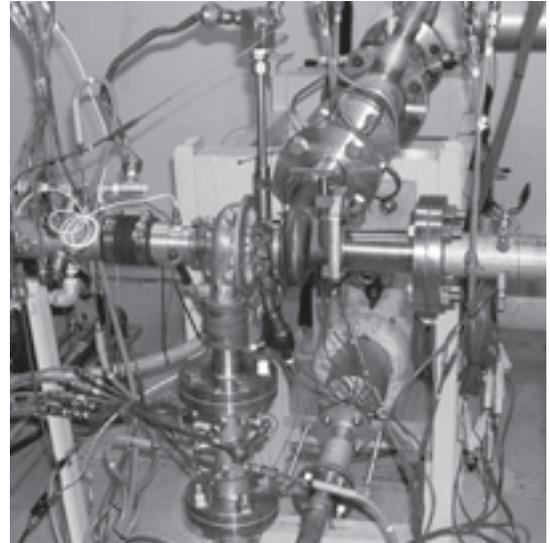


図5 過給機試験時組付け状態の一例

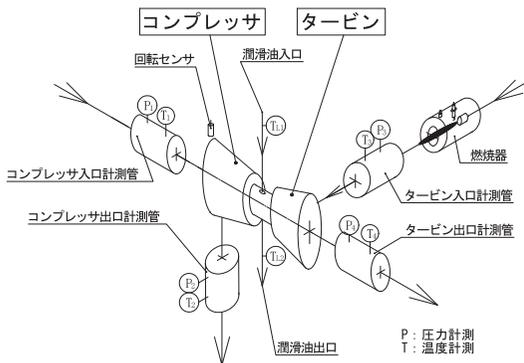


図4 過給機計測箇所

図3に示す。また、過給機試験時の計測箇所を示したものを図4に、試験時組付けの一例の写真を図5に示す。

タービン側の性能計測は、コンプレッサの計測と同様に、1つの回転数に対してタービン出力を変化させて数点、1つの供試体に対して数本の回転数について計測する。回転数の調整はコンプレッサ試験と同様に行い、タービンの計測流量の調整はコンプレッサの流量を変化させることで行う。タービンインペラの上部に可動ノズル機構がついているものは、可動ノズルの角度を何通り

か決め、角度ごとに数本の回転数について計測することになる。

(2) ギヤード圧縮機の性能計測方法

ギヤード圧縮機は図2にあるように、数段のコンプレッサで圧縮することにより高圧ガスを作り出すが、その組合せや段数は要求される圧力・流量により異なる。IICでは、各段の組合せを検討するのに必要となる単段での性能試験を実施している。計測項目は、コンプレッサの入口、出口の温度、圧力および回転数、空気流量になる。計測点は過給機のコンプレッサと同様に、1つの回転数に対してコンプレッサ流量を変化させて数点、1つの供試体に対して数本の回転数を計測する。ギヤード圧縮機の試験では、コンプレッサインペラの回転数調整は、インバーターモータの回転数によって調整する。また、インレットガイドベーンを含めた性能計測を行う場合は、インレットガイドベーンの角度を何通りか決め、角度ごとに性能を計測する。

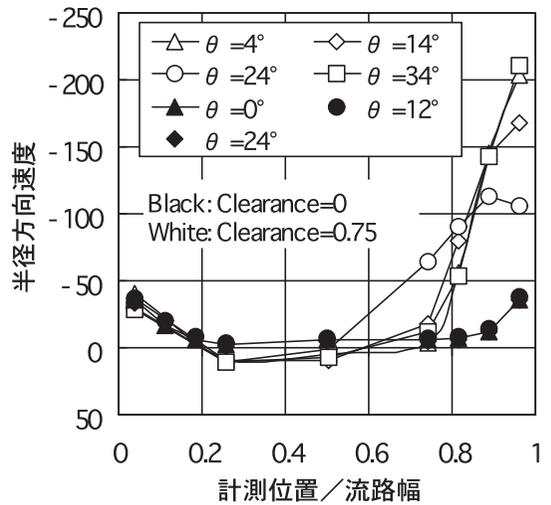
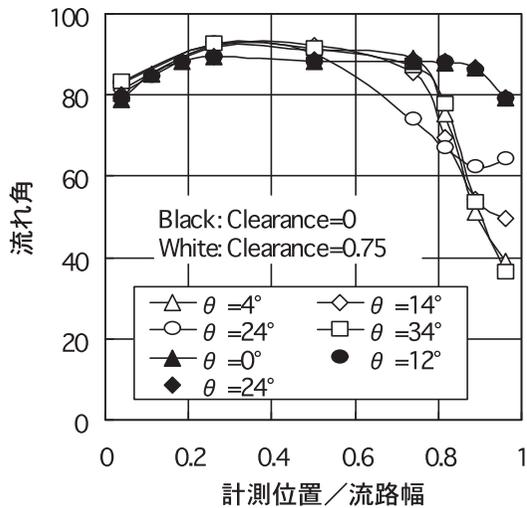


図6 ヨーメータによる性能計測結果の一例

4. 内部流れ計測

ターボ機械内部の詳細な流れの状態を把握する場合には、ヨーメータやレーザ流速計を用いて流れの速度や方向を計測している。タービン可動ノズルの下流をヨーメータにて、流れの角度および速度を計測した結果の一例を図6に示す。

5. おわりに

従来は、圧力センサ1つに対し数箇所の圧力計測をバルブを切り換えることにより行っていたが、最近では圧力計測箇所1つに対し1つのセンサを使用しており、従来に比べ同一時間で多くのデータが採取できるようになってきている。また、センサの精度が上がったこともあり、計測精度も

向上している。今後もターボ機械の開発に必要な基礎データを取得するために、確実な性能計測を行っていきたい。また、内部流れの計測については、レーザ流速計による計測や、新しい計測方法について適用能力を広げていきたいと考えている。



研究開発事業部 プラント技術部
 回転機械グループ 次長
 山田 致
 TEL. 045-759-2122
 FAX. 045-759-2119