

# ガスタービン翼の膜冷却解析手法の評価

- 前縁部膜冷却に対する解析 -

## 背景

ガスタービンの高効率化に向け、タービンの高温化に伴う膜冷却の適用が進んでいる。温度の影響が支配的なタービン翼の耐久性を評価するには、膜冷却性能を把握し、翼温度を推定することが不可欠である。これまでに当研究所は、岩手大学と共同で、タービン翼冷却の最も基本的なモデルである平板の膜冷却について、熱流動解析手法<sup>注1</sup>の妥当性を評価した<sup>\*</sup>。翼の耐久性評価にはさらに、流れが衝突して大きな熱負荷が生じる、翼前縁の膜冷却について熱流動解析手法を検証し、翼温度推定に対する有効性を評価する必要がある。

## 目的

タービン翼前縁をモデル化した風洞試験により膜冷却効率<sup>注2</sup>を明らかにし、その結果を用いて、熱流動解析手法の精度を検証する。さらに、実機翼の温度推定に対する有効性を評価する。

## 主な成果

翼前縁をモデル化した、円形膜冷却孔を有する半円形の供試体(図1, 以下 前縁モデル)を用いて、実機で設定される吹出比<sup>注3</sup>を想定した、感温液晶ならびに熱電対による温度計測、および熱流動解析を行い、以下を明らかにした。

### 1. 前縁モデルの膜冷却効率分布による解析手法の検証

- 風洞試験により、解析手法の検証に不可欠な翼前縁部の膜冷却効率分布が得られた(図2(a),(b))。本研究における吹出比の範囲では、吹出比が小さいほど、膜冷却効率が增大して冷却面積も増えることが明らかとなった。
- 熱流動解析は、定性的に試験結果と同様の膜冷却効率分布を予測できた(図2, 図3)。平板の膜冷却による評価結果<sup>\*</sup>と同様に、前縁の膜冷却に対しても、RANS解析<sup>注1</sup>は局所的に膜冷却効率をやや過大に評価しており、これに比較して、DES<sup>注1</sup>の解析結果は、試験結果に概ね一致する傾向を示した。

### 2. 実機翼の平均メタル温度推定に対する有効性評価

実機翼の耐久性評価に重要な前縁部の平均メタル温度を、本研究による膜冷却効率の壁面平均値を用いて推定した。その結果、両解析手法ともに、メタル温度の推定値は、風洞試験と同様の吹出比による変化を示し、膜冷却が無い場合よりもメタル温度が低下し、膜冷却が有効となる吹出比を予測できた(図4)。

## 今後の展開

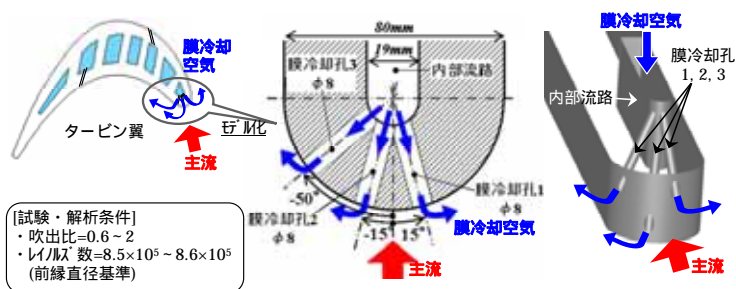
翼内部冷却空気や翼まわり主流の乱れなどを考慮した膜冷却性能を明らかにし、タービン翼の温度分布推定の高精度化に資する。

\* ) 酒井他, ガスタービン翼の膜冷却解析手法の評価 -平板膜冷却に対する解析-, 電中研報告 M08007(2009)

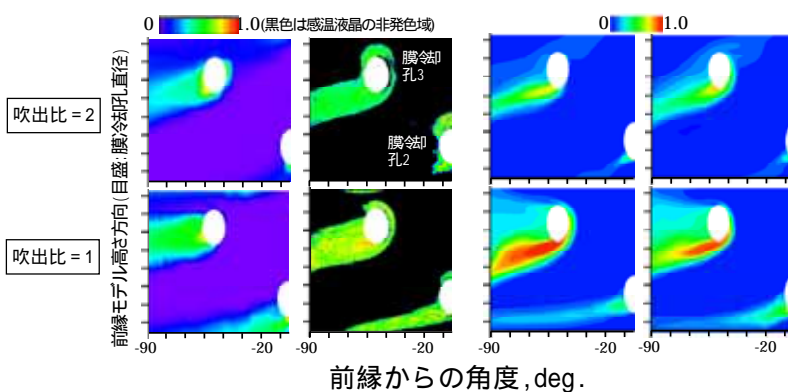
注1: RANS(Reynolds Averaged Navier-Stokes)方程式による定常解析(RANS 解析) および DES(Detached-Eddy Simulation)による非定常解析。詳細は上記既報\*) あるいは本文を参照のこと。

注2: 膜冷却効率  $(T_m - T_{ad}) / (T_m - T_2)$ ,  $T_{ad}$ :断熱壁温,  $T_m$ :主流温度,  $T_2$ :膜冷却流温度

注3: 翼まわりの主流に対する膜冷却孔より吹き出す冷却空気の運動量の比。



(a)断面図 (b)鳥瞰図  
図1 前縁モデルの概要および試験・解析条件



(a)計測:熱電対 (b)計測:感温液晶 (c)解析:RANS (d)解析:DES

図2 前縁モデルにおける膜冷却効率分布 (前縁からの角度-15° ~ -90°の範囲)

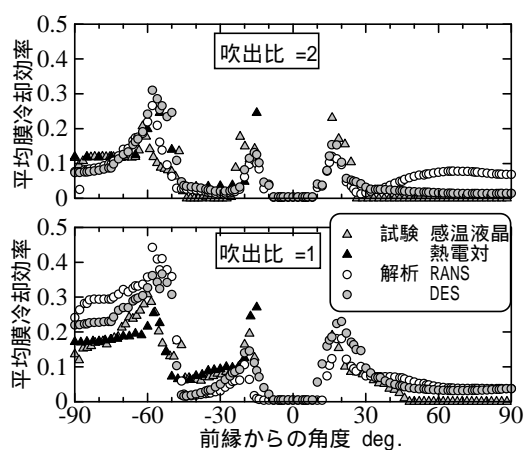


図3 前縁モデル高さ方向に平均した膜冷却効率分布

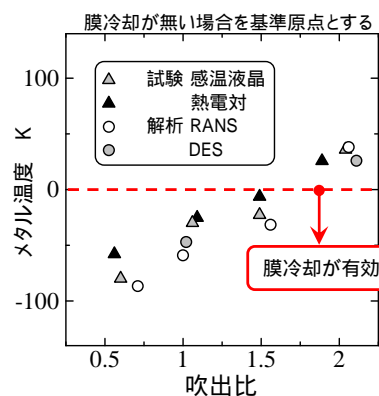


図4 実機タービン翼の平均メタル温度推定結果 (前縁からの角度-15° ~ -90°の平均、推定方法の詳細は本文参照のこと)

研究報告 M08017	キーワード: ガスタービン翼, 膜冷却, 前縁, 数値流体解析, 実験
担当者	高橋 俊彦 (エネルギー技術研究所 プラント工学領域)
連絡先	(財)電力中央研究所 エネルギー技術研究所 Tel. 046-856-2121(代) E-mail: eerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp