

回転電気機械の 最適冷却設計手法の開発

SATテクノロジー・ショーケース2016

■ はじめに

回転電気機械は、モータや発電機などの電気エネルギーと運動エネルギーを変換する機械を指し、回転中に渦電流やジュール熱による温度上昇に伴い、電気抵抗が増加し、効率が低下する問題が存在する。問題解決のためには、効率の良い放熱に適する回転電気機械の形状設計が課題に挙げられる。回転電気機械は典型的なもので高速回転する内円筒（ロータ）と固定された外円筒（ステータ）の回転二重円筒から構成されており、二重円筒の隙間はきわめて狭く、これらの特徴を有した回転二重円筒における伝熱流動特性の解明は、回転電気機械の最適設計のために重要である。

本研究の目的は、回転電気機械の最適冷却設計手法の開発を目指して回転電気機械を模擬したロータに周期的に溝が存在する二重円筒間における伝熱流動特性を解明することである。回転電気機械を模擬した実験装置を製作し、回転電気機械内部の流動をハイスピードビデオカメラによって可視化し、熱流動の3次元数値解析を行う。

■ 活動内容

1. 回転電気機械内部の流動可視化

図1に流動可視化に用いた実験装置を示す。円筒面に溝が4個配置されたロータは、水で満たされたステータ内部で回転し、その際のステータ内部の流動はハイスピードビデオカメラによって可視化される。カメラは絶対座標系

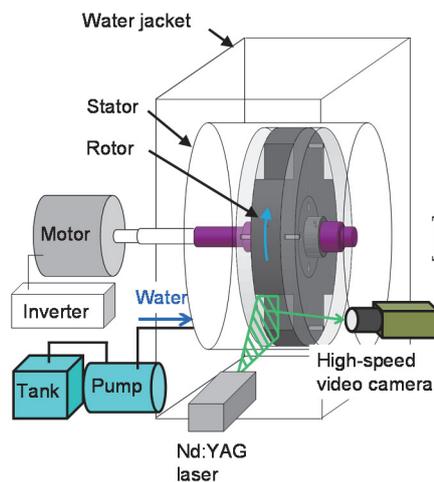


図1 実験装置

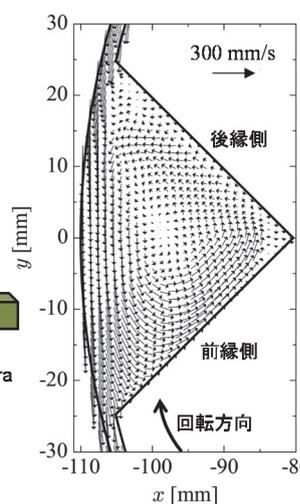


図2 速度場

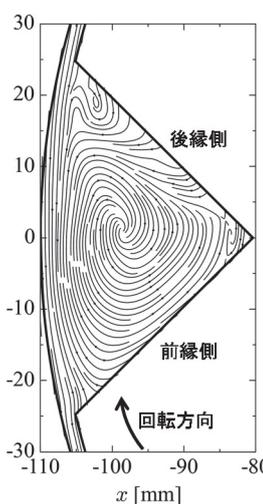


図3 流線

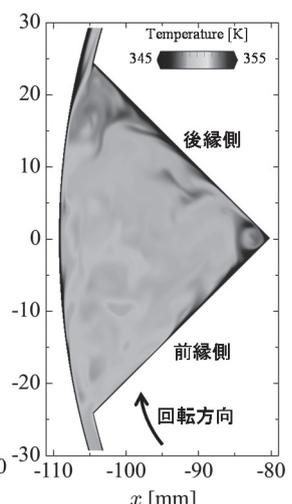


図4 温度場

にて固定し、ステータ内部の流動を撮影しているため、PIVによって得られる速度場は絶対座標系である。そこで、撮影した動画を画像処理によって絶対座標系から回転するロータの回転座標系へと変換し、PIVを行った。その結果を図2と図3に示す。図2の画像処理後の回転座標系での速度場では、ロータの回転成分を画像処理によって分離し、図3の流線によって、回転する溝内部の中央において循環する渦と後縁側で逆流する渦の形成を確認した。これは、ロータとステータ間の狭い隙間領域から溝へ入り込む流れが溝内部で循環し、後縁側では主流から剥離して逆流する様子を示している。

2. 回転電気機械の3次元熱流動数値解析

伝熱特性を調べるため、3次元熱流動数値解析を実施した。数値解析には、実験装置と同寸法の領域を設定し、解析コードにはオープンソース流体解析ソフトウェアであるOpenFOAMを用いた。絶対座標系において計算領域を設定すると回転する溝に対応してメッシュを計算時間ごとに移動する必要があるが、Single Rotating Frameを用いることでメッシュの移動をせずに回転領域を取り扱った。図4に温度場の結果を示す。図4より、溝の壁面で暖められた流体は溝の中央部では温度が低く、溝の前縁側と後縁側で温度分布に差が生じた。この差の原因として後縁側では、流速の遅い逆流する渦により、高温の流体がトラップされていることが考えられる。以上より、回転電気機械の複雑形状内部の流動と伝熱の関係や特性を明らかにした。

代表発表者 阿部 豊 (あべ ゆたか)
 所属 筑波大学 システム情報工学研究科
 構造エネルギー工学専攻
 問合せ先 〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1
 TEL: 029-853-5266 FAX: 029-853-5266
 abe@kz.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) 回転電気機械
 (2) 温度予測
 (3) 冷却性能評価
 ■共同研究者: 江尻光良, 平野寛, 本間優人,
 小笠原仁(株式会社明電舎)