

電気自動車用モータの 最適冷却設計手法の開発

SATテクノロジー・ショーケース2015

■ はじめに

電気自動車(Electric Vehicle:以下EV)の性能向上に向けて、効率の良い放熱に適するモータ形状の設計が課題に挙げられる。EVモータ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1 mmときわめて狭い。また、EVモータは、設計の都合上、ステータに軸方向の溝が存在する場合があります、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、EVモータの最適設計のために重要である。

本研究の目的は、EVモータを模擬した外円筒面において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の解明にある。EVモータ内部の熱流動の数値解析を行い、回転数と伝熱特性の関係について、実験相関式^[1]との比較を行う。

■ 解析条件

熱流動解析で用いた計算領域を図1に示す。解析では作動流体を空気とし、溝ありと溝なしの両ケースを計算した。溝の寸法は、幅4 mm、深さ4 mmとし、ステータ円筒面の円周上に等間隔に20° ずつ、18個の溝を配置した。解析はオープンソースCFDソフトウェアOpenFOAMで行い、解析領域は軸対称形状であるため、計算負荷を考慮してステータとロータの隙間を18分割した形状とした。基礎方程式系には、非圧縮流れに対する、連続の式・Navier-Stokes方程式・エネルギー方程式を用いた。乱流モデルは用いず直接数値計算により時間の発展を解いた。基礎方程式系の対流項の離散化スキームはQUICKを用いた。式(1)で定義されるテイラー数 Ta を変えて解析を行った。

$$Ta = r\omega^2 d^3 / \nu^2 \quad (1)$$

ここで、 r はロータ半径、 ω はロータの角速度、 d はロータとステータの隙間、 ν は動粘度である。メッシュ分割数は、溝なしの場合には $30(r) \times 50(\theta) \times 200(z)$ 、溝ありの場合には隙間内は $30(r) \times 80(\theta) \times 200(z)$ 、溝部では $20(r) \times 8(\theta) \times 200(z)$ とした。ロータの回転開始を0 sとして、流動が定常に至るまで解析を行った。

■ 解析結果

ロータからステータへの伝熱におけるヌセルト数 Nu と Ta の関係について実験相関式^[1]との比較を図2に示す。ロー

タ壁面で熱伝導が支配的であると仮定し、温度勾配から熱流束を求め、 Nu を計算した。図2より、溝なしにおける実験相関式と数値解析から求めた Nu は、 $Ta = 2 \times 10^4$ を境に増加するという傾向が一致した。また、 $Ta = 4 \times 10^4$ よりも高い Ta において、溝ありの Nu は、溝なしと比べてわずかに増加した。これは、溝内部に渦構造が形成されたことで、高温の流体が輸送され、ロータ壁面での温度勾配が増加したため、熱流束も増加したと考えられる。溝の存在により、伝熱性能が向上したことは、EVモータの冷却性能を高めることに繋がり、より高効率なEVモータの設計にフィードバックできる知見を得ることができた。

■ 参考文献

- [1] F. Tachibana and S. Fukui, Bulletin of JSME, 7 (1964), 385-391

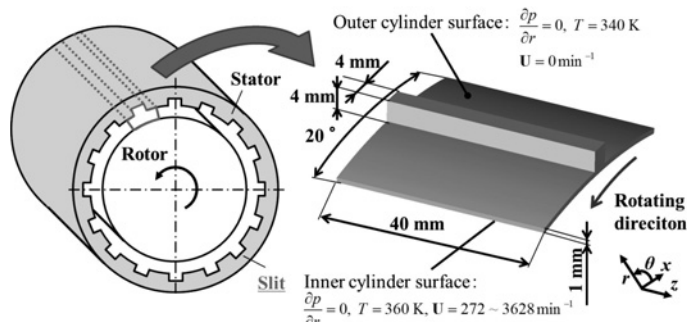


Fig. 1 Computational mesh with slit and boundary conditions

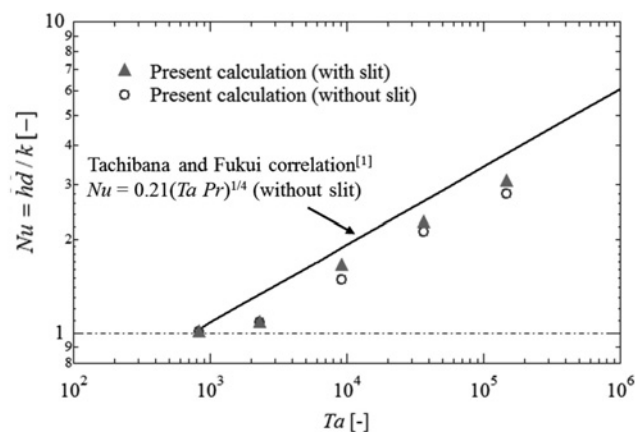


Fig. 2 Relationship between Nu and Ta

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
筑波大学 第三エリア F 棟 3F323 室
TEL: 029-853-5266 FAX: 029-853-5266
abe@kz.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) 電気自動車用モータ
(2) 対流熱伝達
(3) 数値解析