階層型直交格子を用いた 自動車ヘッドランプの大規模非定常流れ計算手法の構築

Unsteady Flow Analysis Method using Building Cube Method for Automobile Headlamp based on Massively Parallel CFD

○正 塩澤 藤一郎^{*1}, 李 崇綱^{*2}

中島 卓司^{*3}, 平中 行伸^{*1}, 坪倉 誠^{*2*4}

Touichirou SHIOZAWA^{*1}, Chung-Gang LI^{*2},
Takuji NAKASHIMA^{*3}, Yukinobu HIRANAKA^{*1} and Makoto TSUBOKURA^{*2*4}

^{*1} 小糸製作所 Koito Manufacturing Co., Ltd.

^{*2} 神戸大学 Kobe University

^{*3} 広島大学 Hiroshima University

^{*4} 理化学研究所 RIKEN

Key Words : Heat-fluid, Computational fluid dynamics, Wind tunnel test, Cartesian grid, Automotive LED headlamp

本研究の目的は、自動車ヘッドランプ（以下、ヘッドランプ）の結露のメカニズムを解明し、曇りを防止することである。この場合、ヘッドランプの複雑な形状を計算モデルとして高精度に再現すると共に、実走行環境における高熱源を伴う乱流場とその壁面熱伝達を高精度に予測するシミュレーションフレームワーク（以下、フレームワーク）が必要である。

本報告では、ヘッドランプ単体を対象に階層直交格子に基づく圧縮性乱流シミュレーション手法を、HPC 環境を活用して新たに構築することを試みた結果、一様流内で呼吸穴を介した換気現象を明らかにし、呼吸穴の位置や数を変更することにより、換気制御の知見を得ることに成功した⁽¹⁾。また、図 1 に示すようにヘッドランプを風洞用のスタンドに固定し、検証実験を行った結果、良好な一致を得たので報告する。

一般的にヘッドランプには、複数個の呼吸穴が設置され、点消灯による内圧緩和を行っているため、外気との換気が行なわれている。点灯熱によって温められたヘッドランプのアウトターレンズは、洗車や雨天走行などにより急冷されることで、アウトターレンズ内面に結露（曇り）が発生する場合があります。ヘッドランプ内部の熱流動特性に着眼した対策によって、これまで一定の成果が得られてきた。

近年の LED ヘッドランプの普及によって、斬新な意匠採用に伴う複雑な内部構造をテトラ等の非構造格子を用いて離散化するには多大な労力と手間がかかり、設計段階での適用が困難⁽²⁾となっている。また、2020 年～2022 年頃の実用化を目標に世界中で自動運転車両の研究開発が進められており、搭載が想定されるカメラやセンサー類を内蔵した次世代のヘッドランプの開発においては、カメラの視界確保やセンサーの誤動作防止のために結露を制御する必要があるため、予測精度を損なうことなく解析ラウンドタイムを大幅に低減する計算手法の開発が必要である。

そこで本研究では、階層直交格子法を用いることで格子生成時間を大幅に短縮しながら、圧縮性流体解法ベースの乱流場解析により高熱源を伴う乱流場とその壁面熱伝達を高精度に予測可能なフレームワーク構築を目指すこととした。

Fig.1 Experiment model in the wind tunnel.

文 献

- (1) 塩澤 藤一郎, 李 崇綱, 中島 卓司, 平中 行伸, 永縄 祐仁, 米山 正敏, 坪倉 誠, “自動車ヘッドランプの大規模非定常流れ計算手法の構築”, 自動車技術会論文集, Vol. 50, No. 2, (2019), pp. 542-549.
- (2) 塩澤 藤一郎ほか, “自動車用ヘッドランプ内の自然対流解析 (第 3 報, 部品表面, 特にアウトターレンズ表面の結露予測)”, 日本機械学会論文集(B 編), Vol.70, No. 698, (2004), pp. 2559-2566.