IS-07

CFD による車室内の等価温度解析

Evaluation of Equivalent Temperature in a Vehicle Cabin by CFD

○非会員 大井 元^{*1}, 市川靖^{*1}, 松本彰^{*1},尾関 義一^{*2}, 鈴木 聖子^{*2}Hajime OI^{*1}, Yasushi ICHIKAWA^{*1}, Akira MATSUMOTOYoshiichi OZEKI^{*2}, Seiko SUZUKI^{*1}^{*1} 日産自動車株式会社 Nissan Motor Co., Ltd.^{*2} AGC 株式会社 AGC Inc.**Key Words** : Equivalent temperature, Vehicle, CFD, Thermal environment, Thermal comfort

はじめに：車室内の温熱環境評価指標として「等価温度 (equivalent temperature)」が ISO14505-2⁽¹⁾に定義されている。等価温度は体感温度の一種であり、空気温度、風速、放射の影響を単一の指標で表現できる。近年では建築空間の温熱環境評価指標⁽²⁾としても採用され、その活用が進んでいる。しかし、ISO 14505-2 は等価温度の「計測」に特化した規格であるため、シミュレーションへの適用にあたっては、着衣の扱いが明確でない等の問題があった。そこで、着衣条件における車室内の等価温度シミュレーション手法を開発した⁽³⁾。

等価温度の計測実験：実車を用いた等価温度計測実験を実施した。実験は人工太陽ランプを設置した人工気候室で実施した。実験条件は、冷房条件（日射あり）、暖房条件（日射なし）の2条件とした。表面温度を 34℃一定に制御した着衣状態のサーマルマネキンを運転席に設置し、マネキンからの放熱量を計測した。本研究では、着衣の熱抵抗から h_{cl} [W/m²K]（等価温度を求めるのに必要な、標準環境におけるマネキン表面～環境の総合熱伝達率）を同定する手法を開発し、その値と計測したマネキン放熱量から等価温度を求めた。

サーマルマネキンモデルの開発：実験に使用したサーマルマネキンの数値モデルを作成した。はじめに 3D レーザー計測により着衣状態のサーマルマネキンの形状データを作成した。次に着衣を含む実用的な伝熱モデルを各部位に組み込んだ。シミュレーションでは着衣の複層構造を再現して解析するのが困難なため、着衣は各部位の着衣熱抵抗 I_{cl} [m²K/W]と着衣による表面積増加率 f_{cl} [N.D.]の2つのパラメータでモデル化した。サーマルマネキンモデルを用いた等価温度計算は以下の手順で行う。①単位着衣表面積あたりに換算した着衣熱抵抗 ($f_{cl} \times I_{cl}$)とマネキンの制御パラメータを各部位に設定する、②着衣表面と環境との間の熱収支を計算する、③その結果をマネキン表面からの放熱量に変換する、④計測実験と同じ手法で等価温度を算出する。

車室内の等価温度シミュレーション：開発したサーマルマネキンモデルと車両キャビンモデルの連成 CFD 解析によりマネキン各部位の等価温度を求めた。車両キャビンモデルは、3D-CAD データをもとに作成した。キャビンモデルの内表面を部材構造の違いを考慮しガラス・フロアー・前後左右ドア・ルーフなどに分け、各部材の複層構造を考慮した熱コンダクタンスを設定した。外気条件・空調風については実験で計測した値を設定し、日射については実験室の人工太陽ランプの配置と各ランプの角度別の放射強度を考慮したシミュレーションを実施した。計測実験との比較の結果、冷房条件で±3℃レベル、暖房条件では±1℃レベルの精度でマネキン各部位の等価温度を予測することができた。

まとめ：CFD を用いた車室内の等価温度解析手法を開発した。現在、開発した手法を新 ISO 規格 14505-4 として日本から提案中である。自動車技術会・人間工学会で原案作成を進め、2021 年の規格化を目指している。

文 献

- (1) ISO 14505-2: “Ergonomics of the thermal environment -- Evaluation of thermal environments in vehicles -- Part 2: Determination of equivalent temperature”, International Organization for Standardization (2006)
- (2) AIJES-H0005-2015 : “サーマルマネキンを用いた室内温熱環境評価法規準・同解説建築学会基準”, 日本建築学会 (2015)
- (3) Oi, H. et al., “Evaluation of Equivalent Temperature in a Vehicle Cabin with a Numerical Thermal Manikin (Part 1-2)” SAE Technical Paper: 2019-01-0697 / 2019-01-0698 (2019)