

# Temperature Reduction in a Car Cabin by Solar Ventilation under Summer Solar Radiation (Consideration of Ventilation Method for Temperature Reduction in Front Seats and All Seats)

Kiyoshi KAWAGUCHI<sup>\*1</sup>Tomoya TAKAGI<sup>\*2‡</sup>Atsushi KASE<sup>\*3</sup>

## 夏期炎天下駐車時におけるソーラー換気による車室内温度低減 (前席と全席の温度低減に効果のある換気方法の検討)

川口 清司<sup>1</sup>高木 智哉<sup>2‡</sup>加瀬 篤志<sup>3</sup>

### Abstract

In a car under summer solar radiation, the surface and air temperatures become very high, for example the air temperature around driver's seat was over 65 degree C. Thus, a ventilation system is one of the important methods for keeping comfortable thermal environment. In this study, in order to clarify the effect of temperature reduction in a car cabin by changing ventilation methods, the numerical simulation in a car cabin were conducted. In the case of ventilation flow rate of 100 m<sup>3</sup>/h, it was found that the effects of air temperature reduction around driver's head with FACE-CLR mode ventilation and on driver's seat with FACE-DP mode ventilation were better than FACE mode ventilation. Moreover it was found that the effects of air temperature reduction around driver's head and around rear seat with FACE-CLR+DP mode ventilation were better than FACE mode ventilation.

**Keywords:** Temperature Reduction, Car Cabin, Solar Ventilation

キーワード：温度低減，車室，ソーラー換気

### 1. はじめに

近年，自動車の室内環境は乗員にとって快適な空間であることが求められている．とくに自動車室内の温熱環境に関しては，一般の住宅とは異なり，自動車は鉄板等で覆われ，視認性確保のために住宅と比べて窓ガラス面積の割合が高く，車体の伝熱や日射などによる熱負荷が大きいため，夏期炎天下においては，屋外駐車時の自動車室内空間は非常に高温となり，過酷な温熱環境になる．この高温環境に起因した幼児や高齢者の熱中症なども報告されており，深刻な問題となっている．また，このような高温状態の自動

車に乗り込んだとき，一刻も早く車室内の温度を下げるために，非常に大きな冷房能力が必要である．しかし，冷房立ち上がり時の乗員周りの空気温度分布は不均一性が大きく，この間の快適性の向上も重要となっている．

夏期炎天下駐車時における車室内の温熱環境に関する研究について過去の研究例を纏めると，実際の日射環境下における車室内温熱環境の評価や温熱環境が人体に及ぼす影響を検討した例<sup>(1,2)</sup>がある．換気システムが実用化された例<sup>(3)</sup>，換気方法を検討した研究として，排気口の位置や形状の検討例<sup>(4)</sup>，空調システムの設計項目として，吹出口の数が暖房効果に及ぼす影響を検討した例<sup>(5)</sup>がある．また，吹出口形状として，円形や楕円形に変更して，熱的快適性に及ぼす影響を検討した例<sup>(6)</sup>がある．

\*1 Professor, Faculty of Engineering, University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama-shi, Toyama 930-8555, Japan

‡e-mail: kawaguti@eng.u-toyama.ac.jp

\*2 Former Graduate School of Engineering, University of Toyama

\*3 Research Associate, Faculty of Engineering, University of Toyama

Received: 17th February 2020, Accepted: 17th April 2020

\*1 富山大学 学術研究部工学系 教授 (〒930-8555 富山市五福3190) ‡e-mail: kawaguti@eng.u-toyama.ac.jp

\*2 元富山大学 大学院理工学教育部

\*3 富山大学 学術研究部工学系 助教

(原稿受付：2020年2月17日，受理日：2020年4月17日)

これらの研究から、夏期炎天下駐車時の車室内温度を効果的に低減するための換気方法として、太陽電池を用いたファンによる換気方式が提案されている。これは外気をファンにより車内に強制流入させ、車内の空気を車外に排出する方式である。これまでの研究で換気風量を  $100\text{m}^3/\text{h}$  にすれば十分な温度低減効果があることが報告されており<sup>(7)</sup>、その場合市販の小型モータを用いれば消費電力を 20W 程度にすることが可能である。また、太陽電池モジュールは  $0.3\text{m}^2$  の大きさであればモータの消費電力を賄うことができるので、太陽電池モジュールを用いた換気システムは実用的なシステムである。しかし、既存のエアコン吹出口を用いた換気方法について十分に検討されていない。また、換気による車室内の温度低減効果と車室内の気流特性との関係についても明らかにされていない。

本研究では、夏期炎天下駐車時に自動車室内が高温になる問題に対して、太陽電池を用いてファンで車室内を換気することによって温度低減を図る。既存の FACE モードのエアコン吹出口から外気を車室内に強制流入させ、リアダッシュボード上に設置した排気口から車内の高温空気を自然排出する換気において、吹出し位置と方向の違いによる車室内の温度低減効果を明らかにし、前席（運転席と助手席）および全席における温度低減に効果的な換気方法を数値解析手法を用いて検討したので報告する。

## 2. 数値解析方法

### 2.1 基礎方程式と計算方法

本数値解析で使用する数値解析コードは、当研究室で開発された Fortran による室内温熱環境数値解析コードである。基礎方程式は、有限体積法に基づくブシネスク近似非圧縮性ナビエ・ストークス方程式、エネルギー式、および車室内外の表面熱収支式であり、速度と圧力のカップリングは SIMPLE 法に基づく陰解法を用いている。離散化に関しては、時間微分項に 1 次精度後退差分、運動方程式の移流項、およびエネルギー式の対流項に NVD Gamma スキーム、それ以外の圧力項、粘性項、および拡散項に 2 次精度中心差分を用いている。乱流モデルは Viollet 型  $k-\epsilon$  モデルが実装されており、物理モデルは日射および壁面でのふく射、車室内外での対流熱伝達、および壁面での熱伝導が含まれている。なお、数値解析は太陽が南中時（正午 12:00）と同じ条件で定常解析を行った。また、数値解析結果に大きな影響を及ぼすと考えられる車両外表面の放射率と反射率はそれぞれ 0.3, 0.7、窓ガラスの透過率、放射率、反射率はそれぞれ 0.60, 0.33, 0.07 とした。また、ボディカラーは白色であり、日射量は真夏の炎天下駐車を想定して  $842\text{W}/\text{m}^2$  とした。その他の光学パラメータや数値解析方法の詳細は参考文献(7)に示す。

### 2.2 解析モデル

解析モデルの形状を図 1 に示す。解析対象は温度測定実験と同様に太陽が南中時に水平・真南向きになるように駐

車した車内長 2.5m、車内幅 1.4m、車内高 1.2m のセダン型乗用車の車室内である。本数値解析では、吹出し位置を変更させた場合の車室内の温度場と流れ場を調べるため、解析モデルには実験車両の吹出口を模擬してある。排気口に関しても、実験車両を模擬してリアシエルフ上中央に 1 箇所 ( $\phi 100\text{mm}$ ) 設けてある。また、壁面に関しては、ガラス、ボディ、ダッシュボード、リアシエルフ、シート、およびフロアで構成される。

### 2.3 解析用メッシュ

解析格子を図 2 に示す。解析格子はすべて四面体メッシュであり、予測精度向上および計算時間短縮のための工夫を施してある。まず、車室内気流の予測精度の向上に関しては、風上スキームの数値粘性による影響を抑制するため、換気風が流入する吹出口周辺のボリュームメッシュサイズを縮小する必要があり、仮想ダクトを用いた新たな格子生成手法を考案し、メッシュサイズの縮小を図った。

次に、車室内表面温度の予測精度の向上に関しては、壁面での対流熱伝達量を評価するための壁関数として、壁面法線方向温度分布に関する対数則を仮定して熱伝達率を予測する方法を新たに導入した。従来研究より対数則による対流熱伝達率の予測精度が壁面第一セルの格子サイズに依存することが明らかにされている。そこで、格子依存性を抑えるために、対流熱伝達量が大きいと予想される前席の座面と背もたれ、および後席背もたれの壁面第一セルに対して壁面の垂直方向に押し出しが可能な四面体メッシュを適用している。図 2 に壁面における表面メッシュを示し、図中の左上に押し出された四面体メッシュの構造を示す。格子数は、節点数 24642、ボリュームメッシュ数 128000 である。

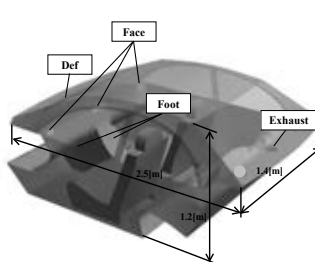


Fig.1 Analysis model

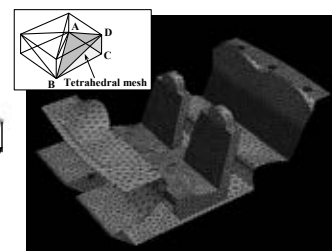


Fig.2 Surface mesh for car cabin

### 2.4 数値解析条件

数値解析条件を表 1 に示す。比較のための換気なしの条件、および換気ありの FACE、前席の温度低減を狙った FACE-CLR, FACE-DP, FACE-CRD+CLP, 全席の温度低減を狙った FACE-CLR+DP, FACE-DP+C モードの 7 条件で解析を実施した。

FACE モードは 4 つの吹出し口から空気をすべて真っ直ぐ吹出している。他のモードは FACE モードの 4 つの吹出し口を使用し、FACE-CLR は中央の吹出し口 2 個から空気を吹出すモードである。FACE-DP は運転席と助手席側の

左右の吹き出し口 2 個から空気を吹出すモードである。FACE-CRD+CLP は 4 箇所の吹き出し口から空気を吹出すモードである。以上の 3 条件は吹き出し方向はすべて前席の運転席または助手席の背もたれ中心である。一方、FACE-CLR+DP と FACE-DP+C は 4 箇所の吹き出し口から空気を吹出すモードであるが、FACE-CLR+DP は中央の 2 個の吹き出し口は背もたれに向け、左右の 2 個の吹き出し口は真っすぐに吹き出す。一方、FACE-DP+C は中央の 2 個の吹き出し口は真っ直ぐに吹き出し、左右の 2 個の吹き出し口は背もたれに向けて吹き出す。

Table 1 Inlet velocity conditions for ventilation

Boarding pattern	Ventilation method	Ventilation flow rate $Q_m$ [m <sup>3</sup> /h]	Inlet air velocity [m/s]			
			FACE Driver's side seat	FACE Central Driver's side seat	FACE Central Passenger's side seat	FACE Passenger's side
—	No ventilation	0				
—	FACE	100	1.75	2.30	2.30	1.75
Front seats	FACE-CLR	100		3.86	3.86	
	FACE-DP		4.34			4.34
	FACE-CRD+CLP		1.75	2.30	2.30	1.75
Front and rear seats	FACE-CLR+DP	100	1.75	2.30	2.30	1.75
	FACE-DP+C		1.75	2.30	2.30	1.75

### 3. 解析結果と考察

#### 3.1 解析結果の妥当性検証

FACE における換気流量  $Q_m=100$  m<sup>3</sup>/h での車室内表面温度を予測し、実測値と比較した結果を図 3 に示す。ふく射熱の影響によりダッシュボード内のエアコン部品の温度が高くなるので、フロントのシートまでの温度は実験値の方が若干高いが、FACE において FDB (フロントダッシュボード)、座面、床面、およびヘッドレストにおける解析値と実測値の誤差は 10 %以内であり、車室内温度の予測に十分な精度が得られている。従って、数値解析による車室内温度への影響の評価が可能であるといえる。

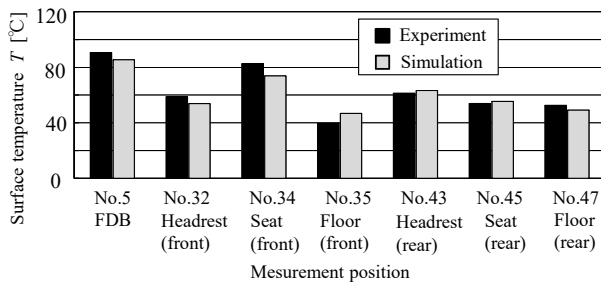


Fig.3 Comparison of experiment and calculation (FACE mode)

#### 3.2 前席の温度低減に効果のある吹き出し方法の検討

##### (1) FACE の気流特性と温度分布

FACE における吹き出し口流速と方向、車室内流線、表面

温度、空気温度 (運転席中央断面と助手席中央断面) を図 4(a), (b), (c), (d), (e) にそれぞれ示す。

中央の吹き出し口から流入した空気は前席の間を通過して後席に到達する。一方、両端の吹き出し口から流入した空気はドアと前席の間を通過して後方に流れる。従って、前席付近には空気が滞留しにくいので、前席の表面温度や空気温度は、他の換気方法と比較して高い結果となっている。

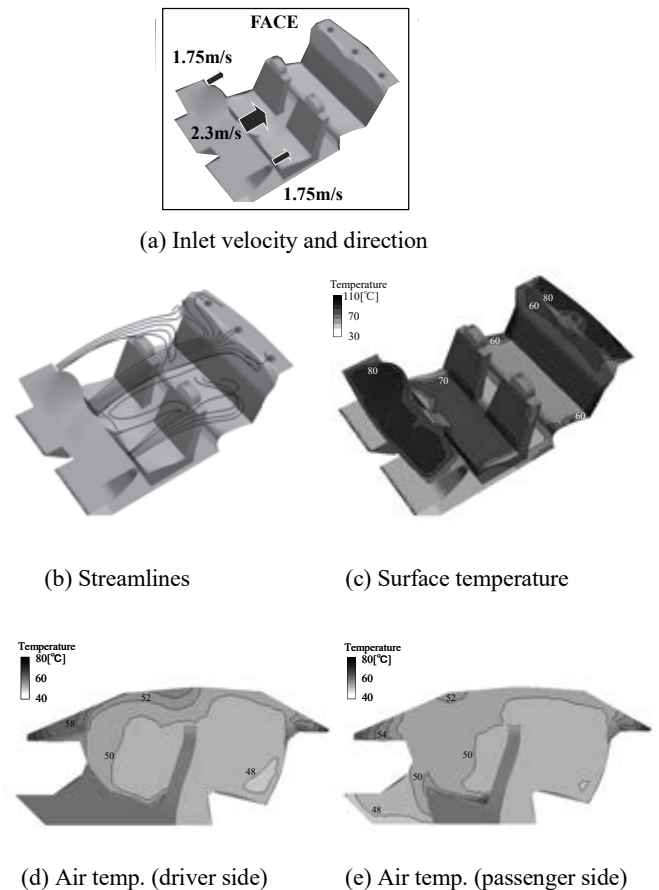


Fig.4 Surface and air temperature distribution (FACE)

##### (2) FACE-CLR の気流特性と温度分布

FACE-CLR における吹き出し口流速と方向、車室内流線、表面温度、空気温度 (運転席中央断面と助手席中央断面) を図 5(a), (b), (c), (d), (e) にそれぞれ示す。FACE-CR から吹出した換気風は、運転席背もたれに衝突した後、運転席とドアの隙間に流れ、後部座席に循環する流れ場となった。また、換気風の一部は背もたれに衝突後、下降し座面近傍に流れとなるのが分かる。また、FACE-CL から吹出した換気風についても同様に、助手席背もたれに衝突した後、運転席とドアの隙間に流れ、後部座席に循環する流れ場となった。その結果、運転席および助手席背もたれにおいては、それぞれ 49.0°C、49.4°C となり、他の換気方法に比べて、最も温度低減効果が大きくなるのが分かった。これは、吹き出し口が 2 箇所に限定されるために吹き出し風速が増大したことと、吹き出し方向が背もたれに向けたためと考えられる。また、運転席および助手席座面

においては、それぞれ 61.2°C、65.0°Cとなり、それぞれ 3つの換気条件のうち 2番目に温度低減効果が大きい結果となった。さらに、運転席および助手席の頭部周辺空気温度においては、それぞれ 46.3°C、46.9°Cとなり、運転席においては最も温度低減効果が大きく、助手席においては3つの換気条件のうち 2番目に温度低減効果が大きい結果となった。運転席中央鉛直断面の空気温度分布において、46°C以下の領域が他に比べて大きいことが分かる。

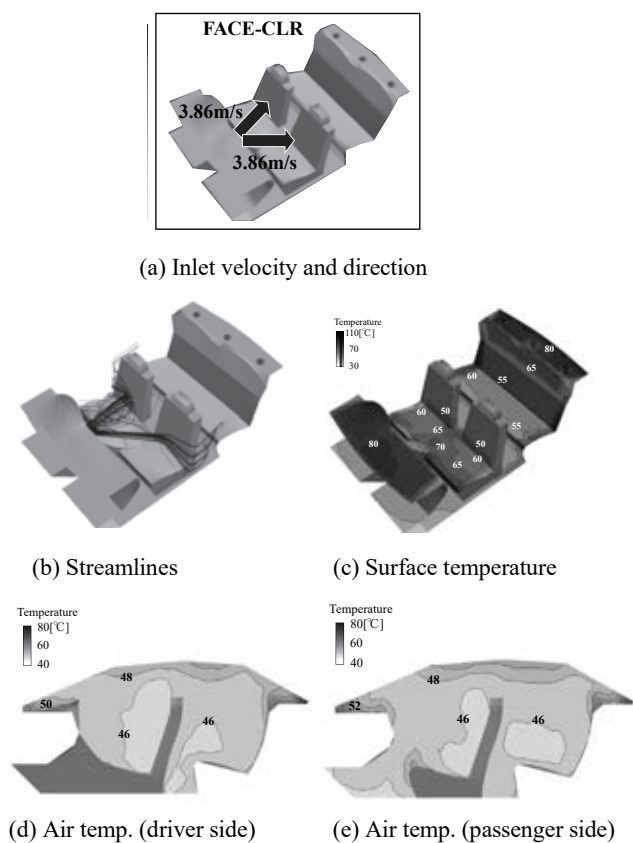


Fig.5 Streamlines and temperature distributions (FACE-CLR)

(3) FACE-DP の気流特性と温度分布

FACE-DP における吹き出し流速と方向、車室内流線、表面温度、空気温度（運転席中央断面と助手席中央断面）を図 6(a), (b), (c), (d), (e)にそれぞれ示す。

FACE-D から吹出した換気風は、運転席背もたれに衝突後、運転席と助手席の背もたれの間を通過し、後部座席座面に流れる気流特性になった。また、換気風の一部は、衝突後に背もたれ上部や下部に流れ、背もたれや座面に対して熱伝達を促進する流れ場となった。FACE-P から吹出した換気風においても同じように、助手席背もたれに衝突後、運転席と助手席の背もたれの間を通過し、後部座席座面に流れる気流特性になった。換気風の一部は、衝突後に背もたれ上部や下部に流れ、背もたれや座面に対して熱伝達を促進する流れ場となった。

運転席および助手席背もたれにおいては、それぞれ 49.4°C、49.7°Cとなり、3つの換気条件のうち 2番目に温度低減効果が大きい結果となった。この理由として、吹き

し口が2箇所限定されるために吹き出し流速が増大したこと、吹き出し方向が背もたれに向けられたためと考えられる。また、運転席および助手席座面においては、それぞれ 60.7°C、63.8°Cとなり、他の換気方法に比べて、最も温度低減効果が大きくなることが分かった。図 6(c)に示す、車室内の表面温度分布において、65°C以下の領域が3つの換気条件の中で最も大きく、座面における熱伝達が効果的に行われていることが分かる。さらに、運転席および助手席の頭部周辺空気温度においては、図 6(d) (e)より、それぞれ 46.4°C、47.1°Cとなり、助手席においては最も温度低減効果が小さくなることが分かった。

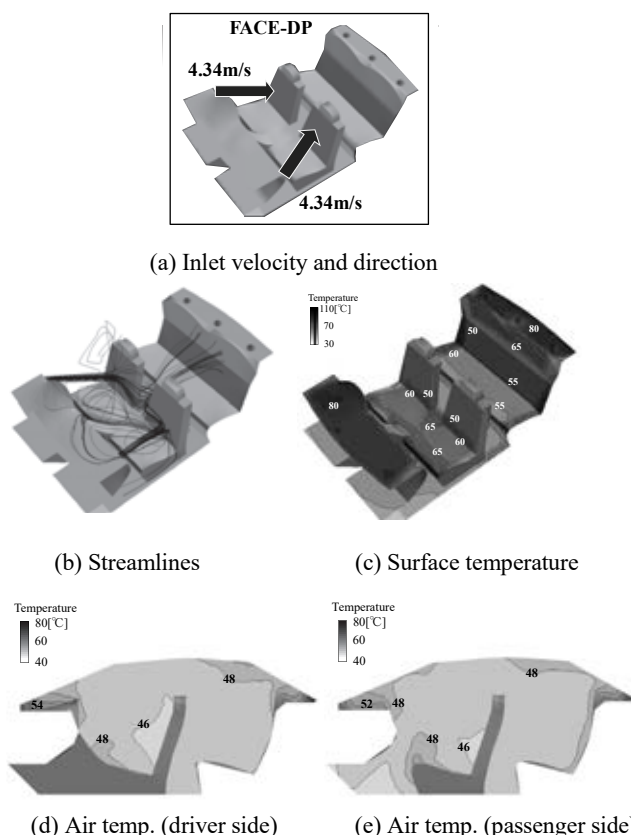


Fig.6 Streamlines and temperature distributions (FACE-DP)

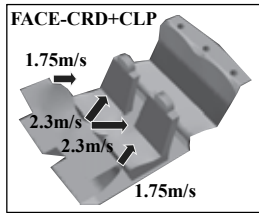
(4) FACE-CRD+CLP の気流特性と温度分布

FACE-CRD+CLP における吹き出し流速と方向、車室内流線、表面温度、空気温度（運転席中央断面と助手席中央断面）を図 7(a), (b), (c), (d), (e)にそれぞれ示す。

運転席に対しては、FACE-D および FACE-CR から吹出した換気風が、運転席背もたれに衝突後、互いに流れを妨げ、運転席背もたれや座面表面に沿った流れを形成していることが分かる。また、助手席に対しては、FACE-P および FACE-CL から吹出した換気風が、助手席背もたれに衝突後、互いに流れを妨げ、助手席背もたれや座面表面に沿った流れを形成していることが分かる。

運転席および助手席背もたれにおいては、それぞれ 49.1°C、49.7°Cとなった。また、運転席および助手席座面においては、それぞれ 62.7°C、66.3°Cとなり、他の換気方

法に比べて、最も温度低減効果が小さくなることが分かった。図 7(c) に示す、車室内の表面温度分布において、65°C 以下の領域が 3 つの換気条件の中で最も小さく、座面における熱伝達が効果的に行われていないことが分かる。さらに、運転席および助手席の頭部周辺空気温度においては、図 7(d) (e) より、それぞれ 46.8°C、46.3°C となり、助手席においては頭部周辺に比較的低温空気が分布しており、最も温度低減効果が大きくなることが分かった。



(a) Inlet velocity and direction

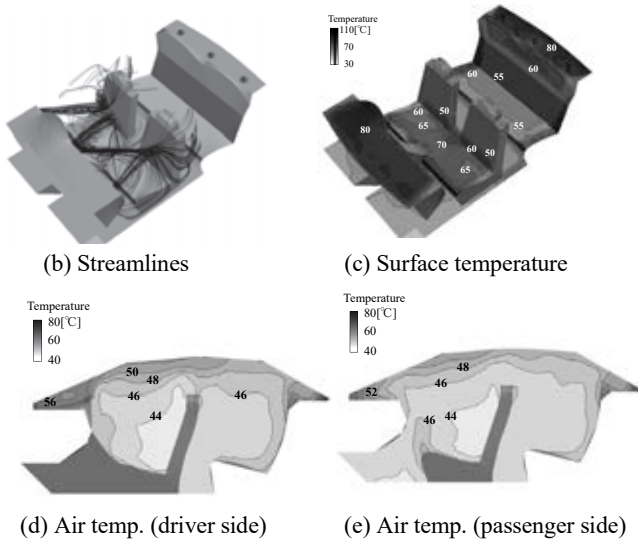


Fig.7 Streamlines and temperature distributions  
(FACE-CRD+CLP)

### 3.3 前席の温度低減に効果的な吹き出し方法

図 8 に運転席と助手席における背もたれと座面の温度低減効果の比較を示す。図より温度低減効果の大きい換気モードは、FACE-CLR か FACE-DP であることが分かる。また、図 9 に運転席と助手席における顔付近の空気温度低減効果の比較を示す。図より温度低減効果の大きい換気モードは、FACE-CLR か FACE-DP であることが分かる。

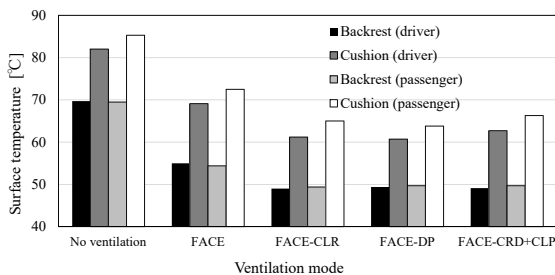


Fig.8 Comparison of surface temperature reduction

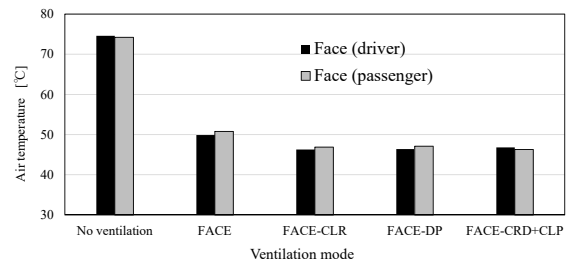


Fig.9 Comparison of air temperature reduction

### 3.4 全席の温度低減に効果的な吹き出し方法の検討

#### (1) FACE-CLR+DP の気流特性と温度分布

FACE-CLR+DP における吹き出し口流速と方向、車室内流線、表面温度、空気温度（運転席中央断面と助手席中央断面）を図 10 (a), (b), (c), (d), (e) にそれぞれ示す。

FACE-CR から吹き出した換気風は、運転席背もたれに衝突した後、運転席とドアの隙間に流れ、後部座席に循環する流れ場となった。また、換気風の一部は、背もたれに衝突後、下降し座面近傍に流れとなること分かる。また、FACE-CL から吹き出した換気風についても同様に、助手席背もたれに衝突した後、運転席とドアの隙間に流れ、後部座席に循環する流れ場となった。また同様に、換気風の一部は、背もたれに衝突後、下降し座面近傍に流れとなること分かる。さらに、両端の吹き出し位置である FACE-D と FACE-P から吹き出した換気風は、運転席とドアの隙間、助手席とドアの隙間をそれぞれ通過し、後部座席に流れ込む気流特性になることが分かる。また、後部座席に流れた換気風は、後部座席背もたれに衝突する前に下降していることが確認できる。これは、FACE モードすべての吹き出し口から流出させる換気方法のため、流速が比較的遅く（それぞれ 1.75m/s）、車室内空間に拡散したためであると考えられる。

運転席と助手席の背もたれ、座面においては、FACE-DP+C に比べて、温度低減効果が大きくなること分かる。一方で、後部座席の背もたれ、座面においては、FACE-DP+C に比べて、温度低減効果が小さくなる結果となった。図 10(c) に示す、車室内の表面温度分布においても、背もたれにおいては 50°C 以下の領域が全面に広がっており、座面においては、FACE-DP+C に比較し、70°C 以下の低温領域が大きいこと分かる。同時に、後部座席においては座面上に、55°C 以上の領域が存在し、温度低減が FACE-DP+C に比べて不十分であることが分かる。これは、本換気方法においては、後部座席に向かう吹き出し位置における吹き出し流速が、運転席や助手席に吹き出す流速よりも小さく、後部座席に対して熱伝達を促進できなかったことが原因であると考えられる。さらに、各乗員の頭部周辺空気温度においては、図 10(d) (e) より、運転席並びに助手席中央鉛直断面の空気温度分布において、FACE-DP+C に比べて、46°C 以下の領域が大きく、乗員頭部周辺における温度低減効果が大きいことがわかる。

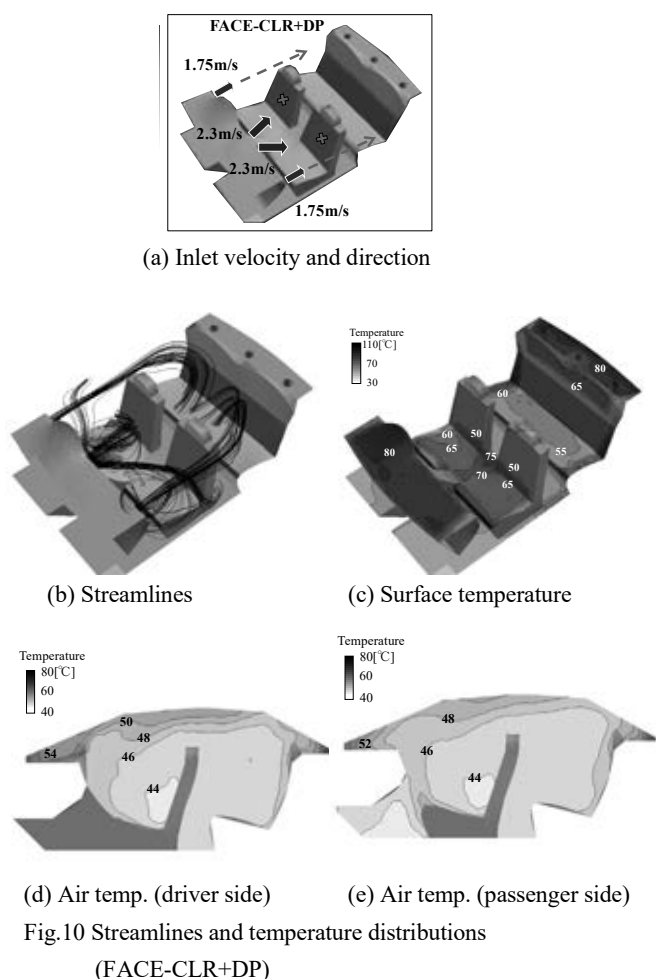


Fig.10 Streamlines and temperature distributions (FACE-CLR+DP)

(2) FACE-DP+C の気流特性と温度分布

FACE-DP+C における吹き出し流速と方向，車室内流れ線，表面温度，空気温度（運転席中央断面と助手席中央断面）を図 11 (a), (b), (c), (d), (e) にそれぞれ示す。

FACE-D から吹出した換気風は，運転席背もたれに衝突した後，運転席と助手席の間に流れ，後部座席に循環する流れ場となった。また，FACE-CL から吹出した換気風についても同様に，助手席背もたれに衝突した後，運転席と助手席の間に流れ，後部座席に循環する流れ場となった。さらに，中央 2 箇所の吹き出し位置である FACE-C から吹出した換気風は，運転席と助手席の間上部を通過し，後部座席に流れ込む気流特性になることが分かる。また，後部座席に流れた換気風は，後部座席背もたれに衝突し，背もたれ全体に広がっていることが確認できる。先述の FACE-CLR+DP における，両端から吹き出した換気風と比較し，背もたれまで到達しているのは，比較的流速が大きく (2.30m/s)，気流が拡散しにくくなったためであると考えられる。

運転席と助手席の背もたれ，座面においては，FACE-CLR+DP に比べて，温度低減効果が小さくなることが分かる。一方で，後部座席の背もたれ，座面においては，FACE-CLR+DP に比べて，温度低減効果が大きくなること

が分かる。図 11 (c) に示す，車室内の表面温度分布において，後部座席座面は，FACE-CLR+DP のように 55°C 以上の領域が存在せず，温度低減効果が大きい。また，前部座席座面においては FACE-CLR+DP よりも，70°C 以下の領域が小さくなっていることが確認できる。これは，本換気方法においては，後部座席に向かう吹き出し位置における吹き出し流速が，運転席や助手席に吹き出す流速よりも大きく，後部座席に対する熱伝達の促進が優先されたためであると考えられる。さらに，図 11 (d) (e) より，運転席並びに助手席中央鉛直断面の空気温度分布において，FACE-CLR+DP に比べて，46°C 以下の領域が小さく，乗員頭部周辺における温度低減効果が小さくなっていることがわかる。

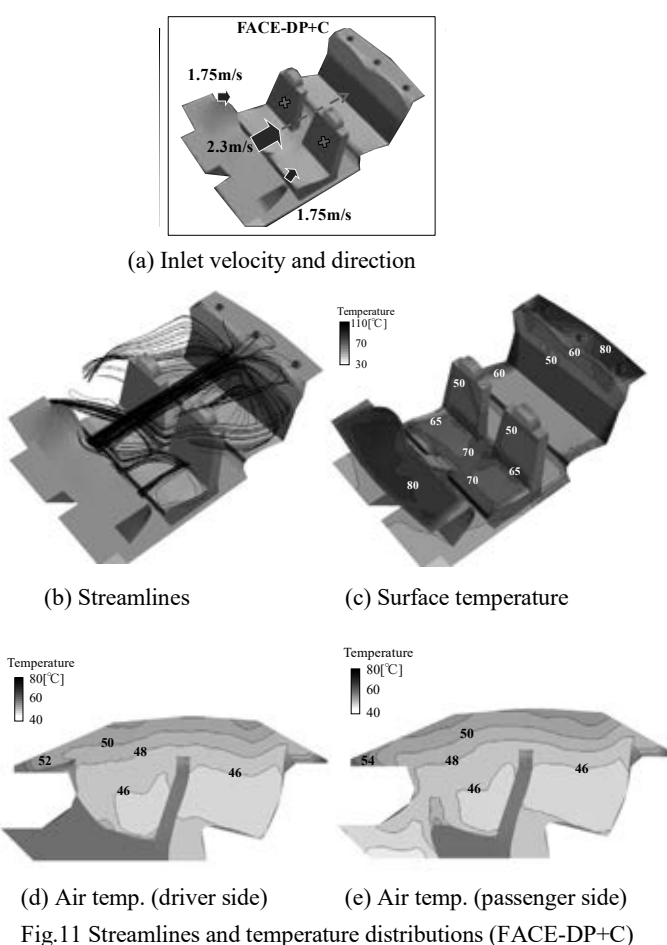


Fig.11 Streamlines and temperature distributions (FACE-DP+C)

3.5 全席の温度低減に効果的な吹き出し方法

図 12 に前席である運転席と助手席，および後席における背もたれと座面の温度低減効果の比較を示す。図より前席における温度低減効果の大きい換気モードは，FACE-CLR+DP，後席における温度低減効果の大きい換気モードは FACE-DP+C であることが分かる。また，図 13 に運転席と助手席，および後席における顔付近の空気温度低減効果の比較を示す。図より温度低減効果の大きい換気モードは，FACE-CLR+DP であることが分かる。以上より，全席の表面温度と空気温度低減に効果のある換気モードは，FACE-CLR+DP であることが分かる。

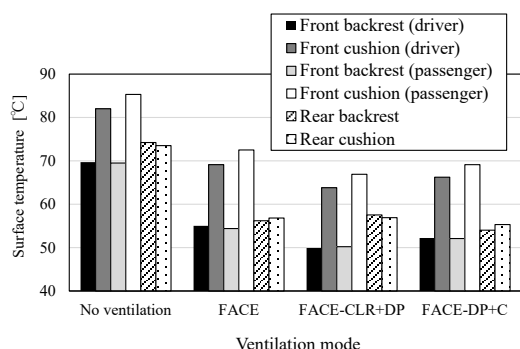


Fig.12 Comparison of surface temperature reduction

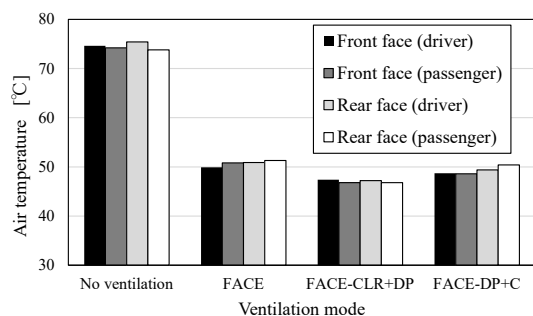


Fig.13 Comparison of air temperature reduction

#### 4. 結言

夏期炎天下駐車時における車室内温度低減について、FACE モードの吹き出し口を用いて、吹き出し方向が前席および全席の表面温度と頭部空気温度低減に効果のある換気方法を数値解析を用いて検討した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 前席の表面温度と頭部空気温度の低減に効果的な吹き出しモードは、FACE-CLR または FACE-DP であった。FACE-CLR の場合、運転席頭部の空気温度は、換気なしの 74.6°C から換気流量  $Q_{in}=100\text{m}^3/\text{h}$  で 46.3°C に低減できる可能性がある。一方、FACE-DP の場合、運転席の座面温度は、換気なしの 82.0°C から換気流量  $Q_{in}=100\text{m}^3/\text{h}$  で 60.7°C に低減できる可能性がある。
- (2) 全席の表面温度と頭部空気温度の低減に効果的な吹き出し

しモードは、FACE-CLR+DP であった。運転席頭部の空気温度は、換気なしの 74.6°C から換気流量  $Q_{in}=100\text{m}^3/\text{h}$  で 47.4°C に低減できる可能性がある。また、後席運転席側頭部の空気温度は、換気なしの 75.4°C から換気流量  $Q_{in}=100\text{m}^3/\text{h}$  で 47.2°C に低減できる可能性がある。ただし、後部の座席表面温度を優先させると、FACE-DP+C モードは FACE-CLR+DP モードよりも温度低減の可能性がある。

#### 5. 参考文献

- 1) Eiji Tamaru et al., Numerical Comfort Simulator for Thermal Environment (Part 5) : Part5. Measurement of Thermal Environment inside Cabin, Proceedings of the Architectural Society of Japan Conference, 397-398 (2000), Fukushima, Japan.
- 2) Masato Yonemitsu et al., Numerical Comfort Simulator for Thermal Environment (Part 32) : Solar-Heated Car Cabin-Result of subject's Psychology and Physiology, Proceedings of the Architectural Society of Japan Conference, 499-500 (2005), Osaka, Japan.
- 3) 池田幸治, ソーラーベンチレーションシステム&リモートエアコンシステム, トヨタ・テクニカル・レビュー, 57(1), 37-41 (2010).
- 4) K. David Huang, Ming-Fung Wu, Sheng-Chung Tzeng, Wei-Ping Ma, Intelligent solar-powered automobile-ventilation system, APPLIED ENERGY, 80(2), 141-154(2005).
- 5) Alex Alexandrov, Vladimir Kudriavsev, Marcelo Reggio, ANALYSIS OF FLOW PATTERNS AND HEAT TRANSFER IN GENERIC PASSENGER CAR MINI-ENVIRONMENT, 9<sup>th</sup> Annual Conference of the CFD Society of Canada, 1-5(2001), Ontario, Canada.
- 6) Amit K.Ahirrao, H.K.Narahari, S.Umesh, Vivek Kumar, EFFECT OF VENT SHAPE ON THERMAL COMFORT OF PASSENGERS IN A CAR, SASTECH 10(2),21-28 (2011).
- 7) Shin-ichiro Wakashima, Kiyoshi Kawaguchi, Ken-ichi, Takahiro Okano, Numerical Analysis of the Ventilation Effect and Its Dependencies on the Inlet Flow Velocities and Directions of the Inlet Ventilation Duct, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers. B, 74(737), 156-165 (2008).