

夏期炎天下における駐車時自動車室内の温度計測

Temperature Measurements of a Parking Automobile under Summer Solar Radiation

若嶋 振一郎^{*1} 川口 清司^{*2} 奥井 健一^{*3} 岡野 孝広^{*3}
Shin-ichiro WAKASHIMA Kiyoshi KAWAGUCHI Ken-ichi OKUI Takahiro OKANO

Abstract

Surface and air temperature measurements of a parking automobile were carried out to investigate temperature variations under summer solar radiation. Temperatures in the cabin were measured by using T-type thermocouples and logged into a personal computer during the daytime. In addition, horizontal all-sky solar radiation was measured during the experiments. Maximum temperature was obtained and found to be over 90 degrees C on the top of the front dashboard. On the other hand, air temperature near floorboard in the cabin was saturated to be at most 45 degrees C. Further, ventilating experiments were conducted with air-discharging by using a blower and ducts. Clean air freely came into the cabin from a front duct and hot air in the cabin was forced to be discharged at different flow rates from a rear duct located on the rear headrest in order to mitigate temperature rise. Then, temperature distributions around the driver's seat were investigated and compared with- and without-ventilation cases. Results show that temperature mitigation rate was almost proportional to the flow rate and the horizontal front duct configuration was appropriate for the effective thermal mitigation of the driver's seat air-temperature rising.

キーワード：熱伝達，空調，日射，自動車，温度計測

Key Words：Heat transfer, Air conditioning, Solar radiation, Automobile, Temperature measurements

1. 結 論

近年は自動車の個人所有率が高くなり、自動車室内環境は使用者個々にとって快適な空間であることが求められている。そのため、走る、曲がる、止まるといった自動車の基本性能以外に、車室内の騒音や空調にも非常に大きな関心が集まっている。車室内空調に関しては、自動車メーカーを中心に、エネルギー効率の良いカーエアコン、コンプレッサ、低騒音・低圧力損失のダクトシステムなどの精力的な開発が続けられているが⁽¹⁾⁽⁶⁾、これらは主にエンジンの稼働中に動力を一部取り出して動作させることを想定しており、駐車時、あるいは運転開始直前にあらかじめ快適な車室内環境に保つことに寄与することは難しいのが現状である。

一方、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とは良く知られた事実であり、その高温環境を起因とした幼児、高齢者などの熱中症なども報告されており⁽⁷⁾、深刻な問題となっている。

この問題点に対し、従来は、車室内の大幅な温度上昇を防ぐためにソーラーベンチレーションシステムという太陽電池と電動モーターファンを併用した換気装置を取り付けていたが、装置導入コストやデザインの観点からほとんど普及には至っていない。一般的には、日射を反射させるアルミシートをダッシュボード上に設置したりしているが、必ずしも効果があるとは言えない。

また、駐車中にカーエアコン動作を行うためにエンジンを動かすことは、都市温暖化問題、地球温暖化問題、エネルギー・資源枯渇等の問題の観点から好ましくなく、ウィンドウを開けておくことも防犯の観点から問題がある。そのため、駐車中でもエンジンやバ

ッテリー動力を必要とせずに換気を行うことができれば、駐車時の車室内の温熱環境改善に大きく資することが可能となると言える。

このような背景を踏まえ、本研究では、太陽エネルギーを利用し、駐車中でもエンジンやバッテリー動力を必要としない新しい換気装置を開発し、駐車時にも利用することを目的としている。とくに、本論文では、換気装置開発のための基礎データを得ることを目的とし、夏期炎天下における屋外駐車時、日射の日変化とともに車内各部の表面および空気温度がどのような変化を示すか計測を行った。さらに、ブロワにより車室内の高温空気を強制排気させ、換気流量や換気風向を変化させた場合の車内各部の温度測定も行ったので、それらの結果を報告する。CFDを利用した数値解析例⁽¹⁾⁽⁶⁾に比べ、日射を強く受ける車室内各部の温度変化を実際に計測した事例⁽⁸⁾⁽¹²⁾はごく少なく、また、換気の有無による温度低減効果を測定・比較した報告は知見しない。なお、本論文では典型的な5人乗りセダン型乗用車を対象に実験を行った⁽¹²⁾。

2. 実験装置および測定方法

2.1 計測条件

(1) 計測対象 計測対象はトヨタ社製カリーナ ED(平成8年式、車体色 白)を用いて計測を行った(図1(a),(b))。また、車内は茶系統の内装を持ち、フロントダッシュボードおよびハンドルは茶褐色合皮製であり、座席表面、ドア内部、ルーフ内側表面は、薄茶の起毛繊維(短毛)となっている。また、カーエアコンダクトは内気循環モードに設定して実験を行った。

(2) 供試車両配置 富山大学工学部のグラウンド横の道路の風通しの良い日中陰にならない位置に、南中時に水平・南向きになるよう駐車した。

(3) 計測日時 計測は、2006年7月30日～9月10日の間の出来るだけ雲の少ない晴天日を選んで実験を行った。測定時間は概ね7:00～17:00の間である。

*1 正員、富山大学 VBL (〒930-8555 富山県富山市五福 3190)
e-mail: swaka@eng.u-toyama.ac.jp

*2 富山大学工学部機械知能システム工学科助教授

*3 富山大学工学部機械知能システム工学科教授

*4 富山大学大学院理工学研究科大学院生

(原稿受付：2006年10月16日)



Fig. 1(a) Photo of temperature measurements (outside view)

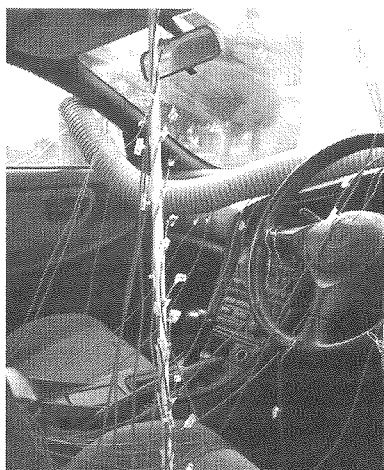


Fig. 1(b) Photo of temperature measurements (inside view)

Table 1 List of thermocouples and their locations

TC No.	Location /air or surface	TC No.	Location /air or surface
1	Front DB (driver's seat) /surface	33	Rear headrest (driver's seat side) /surface
2	Front DB (driver's seat) /air	34	Rear headrest (driver's seat side) /air
3	Front DB (center) /surface	35	Rear seat (driver's seat side) /surface
4	Front DB (center) /air	36	Rear seat (driver's seat side) /air
5	Front DB (passenger's seat) /surface	37	Floorboard of rear seat (driver's seat side) /surface
6	Front DB (passenger's seat) /air	38	Floorboard of rear seat (driver's seat side) /air
7	Wheel (top) /surface	39	Rear DB (driver's seat side) /surface
8	Wheel (bottom) /surface	40	Rear DB (passenger's seat side) /surface
9	Driver's seat (centerline) /air (10cm height from seat surface)	41	Rear headrest (passenger's seat side) /surface
10	Driver's seat (centerline) /air (17cm)	42	Rear headrest (passenger's seat side) /air
11	Driver's seat (centerline) /air (24cm)	43	Rear seat (passenger's seat side) /surface
12	Driver's seat (centerline) /air (31cm)	44	Rear seat (passenger's seat side) /air
13	Driver's seat (centerline) /air (38cm)	45	Floorboard of rear seat (passenger's seat side) /surface
14	Driver's seat (centerline) /air (45cm)	46	Floorboard of rear seat (passenger's seat side) /air
15	Driver's seat (centerline) /air (52cm)	47	RG /inner surface
16	Driver's seat (centerline) /air (59cm)	48	RG /outer surface
17	Driver's seat (centerline) /air (66cm)	49	Rear duct outlet /air
18	Driver's seat (centerline) /air (70cm)	50	Center of roof /outer surface
19	Driver's seat /surface	51	Center of roof /inner surface
20	Headrest of driver's seat /surface	52	Trunk room /outer surface
21	Headrest of driver's seat /air	53	Trunk room /inner air
22	Floorboard of driver's seat /surface	54	Trunk room /inner surface
23	Floorboard of driver's seat /air	55	Air under a car
24	Front duct inlet /air	56	Surface under a car (road surface)
25	Floorboard of passenger's seat /air		
26	Floorboard of passenger's seat /surface		
27	Passenger's seat /surface		
28	Headrest of passenger's seat		
29	Headrest of passenger's seat /air		
30	FG /inner surface		
31	FG /outer surface		
32	FG /air		

RG : Rear glass
FG: Front glass
DB : Dashboard

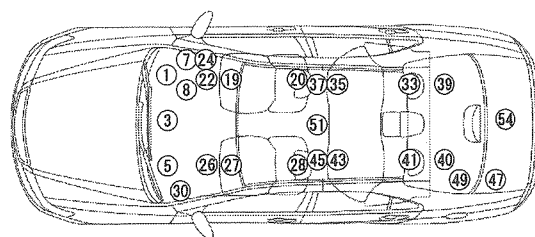


Fig. 2 (a) Measurement points of surface temperature

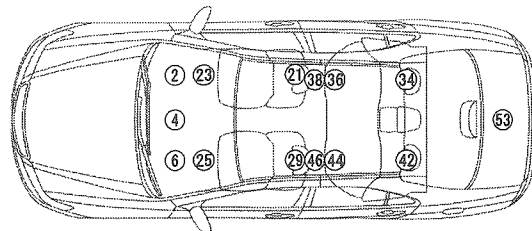


Fig. 2 (b) Measurement points of air temperature

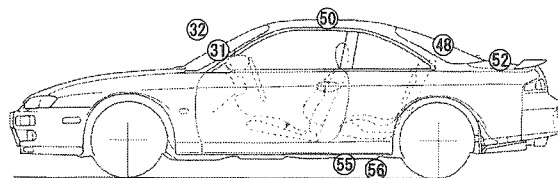


Fig. 2 (c) Measurement points of outer air/surface temperatures

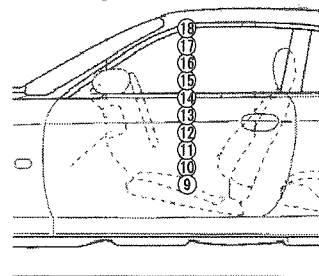


Fig. 2 (d) Measurement points of driver's seat air temperature

2.2 計測項目および計測装置

(1) 温度 測定点は合計で 56 点とし、車内外の表面および空気温度を、T 型ビニル被覆熱電対(Cu-Co、線径φ0.32mm)を ICP-CON I-7018 ロガーに接続し、I-7561 USB コンバータを介してノート PC に 1 分間隔で取り込んだ。熱電対は、薄膜カプトンテープを使用して、車室内各部に貼り付けた。また、空気温度測定点の熱電対端子部には日射の影響回避のため、アルミテープによる日傘を作成し取り付けした。表 1 に測定点をまとめて示す。また、図 2(a)-(d)に車における測定点の配置を示す。

(2) 気象条件 実験車両付近の日陰(地上高約 1.6m)に置いた ESPEC 製 RS-12 サーモレコーダにより、外気温および相対湿度を 30 秒間隔で記録した。また、英弘精機製 MS-601 日射計を車のルーフ上部の中心に水平に設置し、水平面全天日射量を 10 秒間隔で記録した。

(3) ダクト換気流量 換気実験を行う場合は、FULTA 製ブロワ BS76-301 および整流管ダクト(塩ビ管)を用いてリア排気ダクトを作成し設置した。車内部には、ビニル製フレキシブルホース(内径φ75mm)を這わせ、車室前部にフロント流入ダクトとして設置した。換気流量調整のため、排気ダクト途中に設けたオリフィス

前後の差圧をマノメータで計り、スライダックを用いてブロワモータに対する電圧を調整し、換気流量を変化させる。また、前後の車室内側ダクト口での平均流速を簡易風速計で測定した。

2.3 計測方法

(1) 熱電対による車内温度 測定手順は下記の通りである。

- ① 南向きを前にして車を駐車する。
- ② 窓を全開にして最低30分以上換気する。
- ③ 熱電対などの機器を取り付ける。
- ④ 車外の空気が入らないように窓を閉める。
- ⑤ 換気を行なう場合は流入ダクトと排気ダクトを設けて、ブロワを排気ダクト側に取り付ける。(エアコンダクトは常に内気循環モードとする)
- ⑥ パソコン、モジュールを起動する。
- ⑦ パソコンで温度測定プログラムを起動すると同時に換気を行なう場合は排気用ブロワを起動させる。
- ⑧ ブロワ出力を調節することで、換気流量を調節する。
- ⑨ 時刻ごとの温度のデータを計測用PCに保存する。
- ⑩ 日射量、気温が下がる時刻17:00頃まで測定を続ける。

(2) ダクト吹き出し位置・換気流量 実験車両に換気装置を取り付けることを考えた場合、近年の車の大部分はフロントのエンジンルームにほとんど余分な空間が無いいため、装置設置場所は、後部トランクルームあるいは後部座席下などの空間に限られる。また、最も必要性の高いと考えられる運転席部分の温度低減を図るためには、換気空気の流入口が運転席近傍にあったほうが良い。そこで、本研究では、図3に示すように、フロント流入ダクトとリア排気ダクトを設けた上で、後部座席の助手席側からブロワで強制排気を行い、同時に、運転席側フロントダクトから外気を取り込むことを想定し、フロント流入ダクトの設置状態と、リア排気ダクトの換気流量をパラメータとして変化させて実験を行った。各ダクトの設置については、以下の通りである。

①フロント流入ダクト

ビニル製フレキシブルホース(φ75mm)の片側を流入させる位置に固定し、他方を車外に出して固定する。ホースと窓の隙間は透明のビニールシートで密閉する。設置位置は、運転席側ダッシュボード上および床上の20cm程度窓ガラス側にオフセットした位置とし、ダッシュボード上では、①上30° および②水平、また、床上では③上60°の3通りの上下方向の向きを実験対象とした。

②リア排気ダクト

流出側は、ホースの片方を助手席側の後部座席ヘッドレスト付近に固定し、他方を車外に固定して排気用ブロワによって車内の高温空気を外へ強制排気させる。ホースと窓の隙間は透明のビニールシートなどで密閉する。このとき、ブロワの換気流量を50, 100, 150m³/hになるよう3通りに調節して実験を行った。

以上、本実験では、表2にまとめて示すように「換気無し」+「吹き出し方向3通り」×「換気流量3通り」の合計10通りの場合の実験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 計測日の気象条件のまとめ

図4(a)~(d)に、採用した実験日データの水平面全天日射量の時間変化を示す。14:00 過ぎ頃の日射量の落ち込みは、実験場所傍にあったグラウンド防護ネットの支柱の影響である。雲の影響による日射量変化が見られる日もあるが、概ね12:00 前後にその日の最高日射量となるsinカーブ状の日変化を示し、そのピーク値は850~880W/m²であった。また、表3に示すように、最高気温が30~35℃、相対湿度51~62%を記録し、真夏日となった。また、参考のために、富山地方気象台における8:00~16:00の平均日照時間を表3に合わせて示した。さらに、実験日の外気風速は、午前と午後で大きく風向が異なるものの、午前中は南風3~5m/s、午後は北風1~5m/sという条件であった。

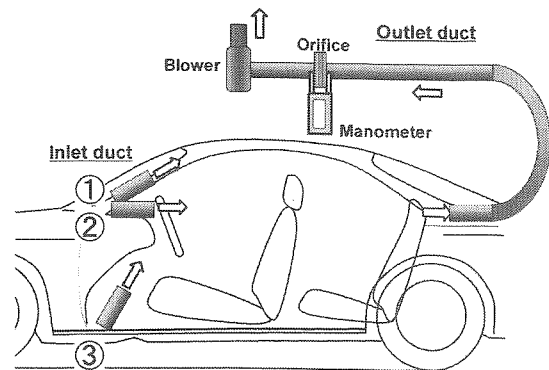


Fig.3 Schematics of inlet/outlet duct settings in ventilation experiments

Table 2 Summary of measurement cases

Case	Vent.	Outlet duct	Inlet duct	Inlet flow direction	Discharging flow rate, m ³ /h
1	No	-	-	-	-
2a	Yes	Rear seat headrest (Pass. seat side)	Front dashboard (Driver's seat side)	Upper 30°	50
2b					100
2c					150
3a			Front dashboard (Driver's seat side)	Horizontal	50
3b					100
3c					150
4a			Floorboard (Driver's seat side)	Upper 60°	50
4b					100
4c					150

Table 3 Weather conditions (Air temperature and relative humidity)

Case	Air temp., °C at 12:00	Max. air temp., °C	RH, % at 12:00	Mean insolation duration*, h
1	32.7	34.4	54	1.0
2a	33.0	33.4	61	0.95
2b	33.5	33.9	55	0.98
2c	31.5	32.4	56	1.0
3a	33.6	34.8	51	0.94
3b	33.4	34.5	52	1.0
3c	30.1	30.3	51	1.0
4a	33.9	35.2	59	1.0
4b	33.8	34.5	58	0.94
4c	31.4	33.0	62	1.0

* 8:00-16:00 at Toyama Local Meteorological Observatory

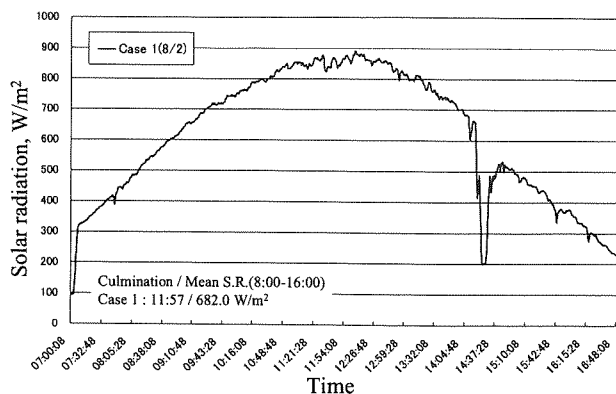


Fig.4(a) Horizontal all-sky solar radiation
(No Ventilation experiment : Case 1)

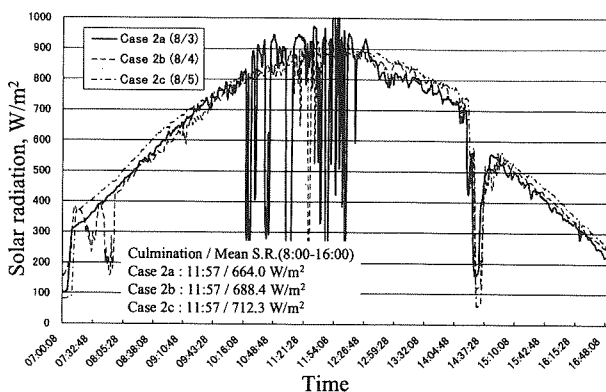


Fig.4(b) Horizontal all-sky solar radiation
(Ventilation experiments : Case 2a, 2b, 2c)

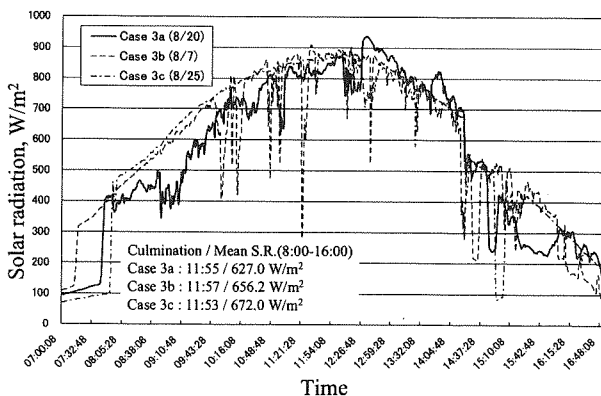


Fig.4(c) Horizontal all-sky solar radiation
(Ventilation experiments : Case 3a, 3b, 3c)

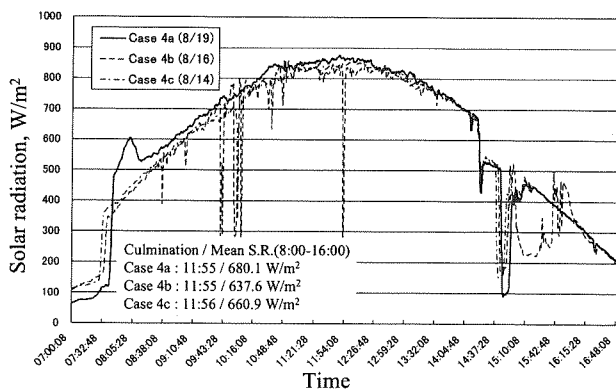


Fig.4(d) Horizontal all-sky solar radiation
(Ventilation experiments : Case 4a, 4b, 4c)

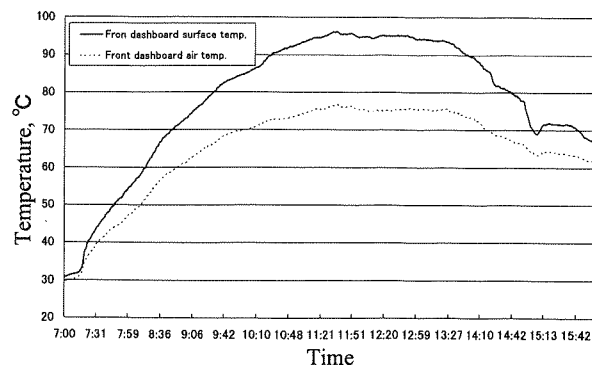


Fig.5(a) Temperature distributions at front dashboard of driver's seat side
(No ventilation experiment : Case 1)

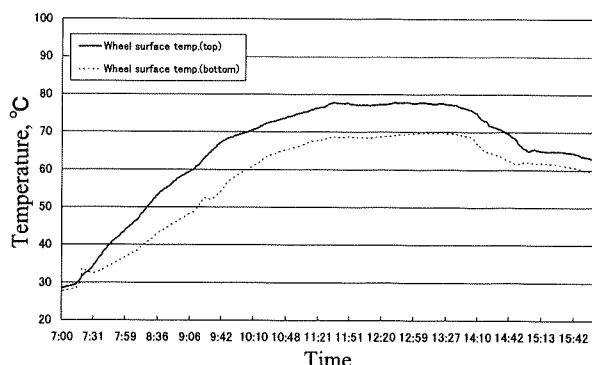


Fig.5(b) Temperature distributions of wheel surfaces
(No ventilation experiment : Case 1)

3.2 換気無しの場合

換気無しの実験(Case 1)では、図5(a)に示すように、日射を強く受けるフロントダッシュボードは12:00前に95℃を越え、空気温度も77℃程度まで上昇し非常に高温となっている。これは、ダッシュボードが日射に正対すること、フロントウィンドウガラスとダッシュボードとの空間が非常に狭いため温められた空気が流動し難いことが影響していると考えられる。

また、ハンドル上部および下部の表面温度の時間変化を図5(b)に示す。日射の直接当たるハンドル上部は約78℃、ハンドル下部でも約69℃と、これらの部分も高温になっており、長時間駐車しておいた車のハンドルを握れる状況になるには、かなりの時間の冷房・換気を行う必要があると考えられる。

さらに、運転席シート中心における高さ方向の空気温度分布を図6に示す。熱電対は、シート表面からルーフ付近まで7cm間隔で10点設けてあり、凡例中の括弧内はシート座面からの高さを示す。太陽高度の上昇とともに、上部の熱電対ほど温度が上昇し、11:30頃にはほぼ最高温度70℃を示している。正午を過ぎると日射量が減ってくるため、熱損失の多いルーフ付近の空気温度低下が早い。結果が得られたが、これは、天井の断熱材が薄い、日射量の減少とともにウィンドウを通した日射による熱供給よりも、車室内からルーフを通して逃げる熱伝達量のほうが大きくなったためと考えられる。しかし、各高さにおける温度低下傾向は必ずしも全ての点で逆転しておらず、ほぼ中間の高さ38cmの位置での空気温度は14時位まで70℃付近に留まり、その後一番遅れて温度が低下している結果となったことから、日射量が低下し始めた後でも、フロントダッシュボードの高温表面からの自然対流、高温空気のルーフ近傍で

の滞留化、熱損失によるルーフやガラス面近傍での冷却効果等の要因により、室内気流は複雑な流れとなっていると考えられる。

一方、後部助手席側の温度分布(図7)であるが、リアウィンドウを通して日射を受けるヘッドレスト付近の表面および空気温度は、前面(ダッシュボード、運転席、助手席)と同様の温度上昇を示し、10:00頃には70°Cを超え、最高表面温度は12:00頃に75°C近くまで上昇している結果となった。

一方、足元付近の表面および空気温度は12:30~13:30頃にピーク(それぞれ48°C、45°C)を迎えた後は、夕方まで40°C以上を保ち、殆ど温度は下がらないという結果が得られた。これは、高温空気が上部に集まるために車室内の空気が安定成層化し、低層の足元空気の流動がごく少ないことを示唆している。また、日射量が低下し始めた後も、それまで前方の状態変化の影響を受けないということがわかる。ただし、太陽の角度によってはサイドウィンドウガラスを通して後部座席シートに直接日射があたるため、9:10頃から後部座席シート表面温度が急上昇し、ヘッドレストとはほぼ同じ75°C程度まで上昇し、再び日射の当たらなくなる11:20頃に急激に温度低下している結果となった。

図8には、換気無しの実験(Case 1)における、12:00時点での車内各部の温度をまとめて示した。ウィンドウガラスの内外側表面を比較すると、内側のほうが7~21K程度温度が高い結果が得られ、気象条件、実験車両が異なるため定量的比較はできないが、その他のフロントダッシュボード表面温度、足元空気温度、キャビン内空気温度等についても、Nagayamaの結果⁽¹⁰⁾の車室内各部温度計測結果と整合的な結果が得られた。

3.3 吹き出し方向・換気流量の影響

車室内の表面温度の決定要因としては、一般的には日射や長波ふく射の影響が大きいと考えられるが、車室内空気温度の温度上昇メカニズムという観点では、ふく射(日射および他の面からの長波ふく射)により直接暖められるよりも、ふく射を受け高温になった表面により空気が加熱されると考えられる。そのため、高温表面との熱交換後の空気を室内に滞留させることなく、換気によって出来るだけスムーズに車室外に排気することが出来れば、室内空気温度の大きな上昇を防ぐことが可能と考えられる。そこで、吹き出し方向・換気流量の影響について調査を行った。

図3に示したように、運転席ダッシュボードの上に①フロントウィンドウに沿って上向き30°、②水平、③運転席足元から上向きに60°の3通りで、外気フロント流入ダクトを設け、同時に後部座席ヘッドレスト付近(助手席側)に設けたリア排気ダクトから上述のプロフを用いて強制排気させた。また、この時、換気流量を50、100、150m³/hの3通りに変化させ、合計9通り(Case 2a~4c)の計測を行った。プロフ動作とともに、車室内は負圧になるため、フロント流入ダクトから外気が運転席付近に自然流入することになる。

なお、実験はそれぞれ別の日に行ったが、同じ実験設定で複数回の実験を行い、雲などによる日射変化が小さい比較的气象条件の良い日の計測データを採用した。

図9(a)~(c)には、各風向設定における流量を変えた場合の、運転席座席面から高さ59cm(TC No.16)の空気温度の時間変化を換気無しの場合と比較して示す。換気無しの場合、運転席空気温度は13:00

頃に65~70°C程度まで上昇するのに対して、どの風向の条件においても換気流量が最も少ない50m³/hの場合でも10~12K程度の温度低減ができていた。また、換気流量を増やすことにより、さらに大きい温度低減が図れることがわかる。とくにフロント流入ダクトが水平方向の設定、換気流量150m³/hの場合は、実験日の外気温の違いを考慮しても最高空気温度は45~50°Cに留まり、最大18K~22K程度の温度低減が可能となることがわかった。

さらに、図10(a)~(c)には、ハンドル上部の表面温度を示す。換気無しの場合、ハンドル上部表面温度は78°C程度まで上昇している。空気温度に比べ、日射の増加とともに10:00頃まで急激な温度上昇を示し、12:00付近のピークを境に14:00位までは緩やかな上昇と下降を示している。これに対して、換気を行った場合には、午前中の温度上昇が抑えられていることがわかる。表4には、12:00におけるハンドル上部の表面温度(TC No.7)と、ドライバーの顔付近にあたる運転座席面から高さ59cm付近の空気温度(TC No.16)の温度低減をまとめて示した。この結果から、換気流量の増加とともにハンドル上部表面温度が低下することがわかる。

最も温度低減効果が高かったのは、フロントダクトが水平方向設置、換気流量150m³/hの場合であり、ハンドル上部表面温度で約55°C、ハンドル下部表面温度が約51°Cとなり、換気により最大で約23Kの温度低減効果が見込まれることが判った。この実験日の外気温は他の日に比べて約3K低い条件であったが、この温度差を考慮してもハンドル部分の温度低減効果は20K程度と最も大きい。他の風向の場合でも温度低減効果は12~18K程度である。

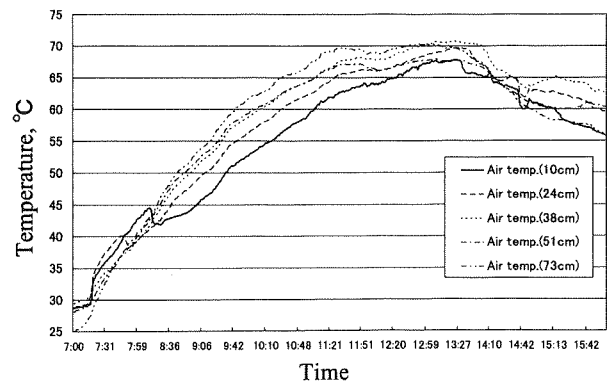


Fig.6 Driver's seat centerline air temperature
(No ventilation experiment: Case 1)

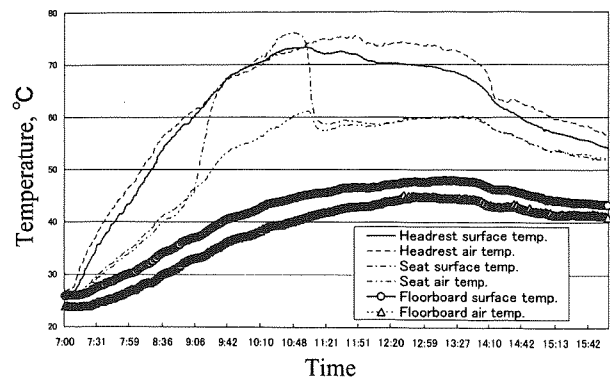


Fig.7 Temperature variation around rear seat
(No ventilation experiment: Case 1)

Date: 2006/08/02 12:00
Ambient Temp.: 32.7°C
Solar Radiation: 860.7W/m²

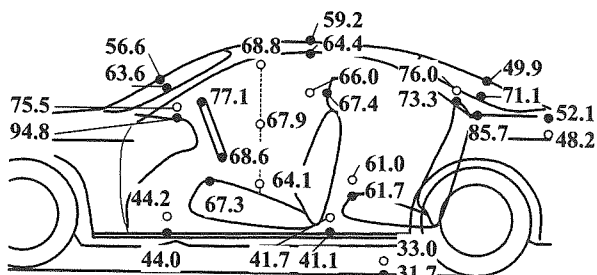


Fig.8 Summary of temperatures at 12:00 in Case 1

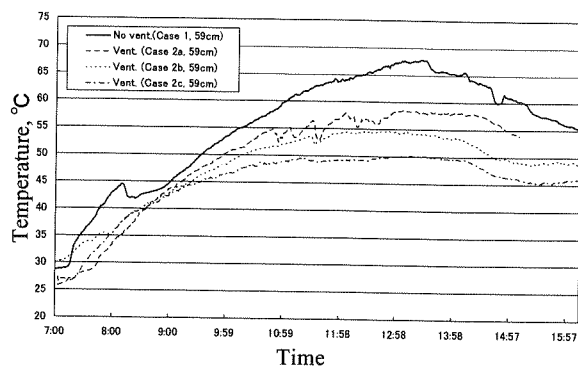


Fig.9(a) Comparison of driver's seat air temperature
(Inlet duct: upper 30° on front dashboard)

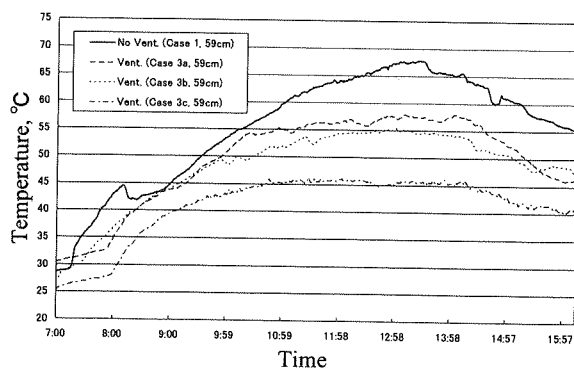


Fig.9(b) Comparison of driver's seat air temperature
(Inlet duct: horizontal on front dashboard)

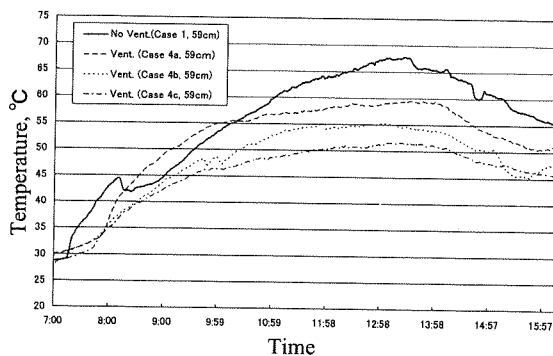


Fig.9(c) Comparison of driver's seat air temperature
(Inlet duct: upper 60° on floorboard)

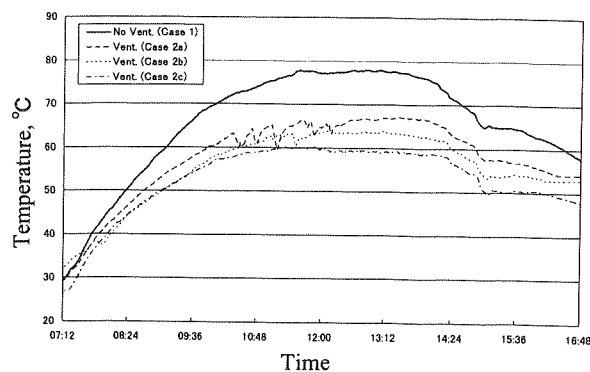


Fig.10(a) Comparison of wheel surface temperature (top)
(Inlet duct: upper 30° on front dashboard)

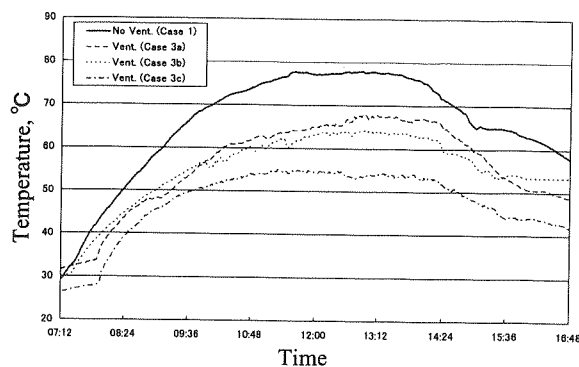


Fig.10(b) Comparison of wheel surface temperature (top)
(Inlet duct: horizontal on front dashboard)

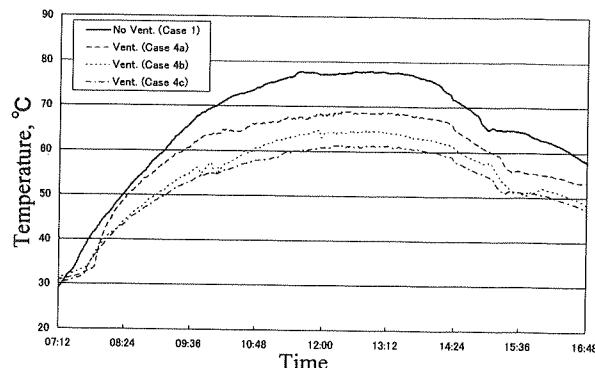


Fig.10(c) Comparison of wheel surface temperature (top)
(Inlet duct: upper 60° on floorboard)

また、図 11(a)(c)に、リア排気ダクトに近い後部助手席側シート近傍の空気温度の時間変化を比較して示す。換気無しの場合、後部助手席側の空気温度は11:50頃に75°C程度まで上昇するのに対して、フロントダクト水平方向設置、換気流量150m³/hの時には45°Cと最大30K程度の温度低減となった。また、太陽高度の大きい11:00～14:00頃の変化に限ると、日射量変化に対する温度変動は少なく、換気流量ごとにほぼフラットな変化を示している。

一方、表5には、各換気流量におけるダクト口部分での平均風速を示すが、この値からも判るように、リアダクト風速に比べフロントダクト風速は20～30%しかなく、車内隅々様々な空気流入箇所が存在することがわかる。

以上の結果から、車両前部よりも、後部のほうが換気による温度低減効果が高い結果となっている理由は、フロントダクト以外に存在する車の様々な隙間から流入する空気が存在することと、後方ダクトに近いほど流入外気との混合がよく行われるためと考えられる。これについては、今後、数値シミュレーションを行って詳細な気流解析を行って確認する必要がある。また、太陽高度が高い時刻に日射量への依存性が少ないのは、後部座席側で直接日射量があたる面積が少ないことも挙げられる。

今回の実験例の中では、運転席付近の表面温度および空気温度の温度低減効果という観点からは、フロント流入ダクトを水平方向に設置し、換気流量 $150\text{m}^3/\text{h}$ とした場合が最も温度低減効果があつたと言える。

Table 4 Comparison of driver's seat temperature mitigations at 12:00

Case	Temp., °C TCNo.7	Temp. mitigation, K	Temp., °C TCNo.16	Temp. mitigation, K
1	77.1	-	67.9	-
2a	64.9	-12.2	56.5	-11.4
2b	63.6	-13.5	54.4	-13.5
2c	59.6	-17.5	49.3	-18.6
3a	65.0	-12.1	56.3	-11.6
3b	63.4	-13.7	54.3	-13.6
3c	54.5	-22.6	46.0	-21.9
4a	68.2	-8.9	58.0	-9.9
4b	63.8	-13.3	54.1	-13.8
4c	60.9	-16.2	50.4	-17.5

Table 5 Mean flow velocities at front and rear duct entrances*

Flow rate, m^3/h	Flow velocity, m/s	
	Front inlet duct entrance	Rear outlet duct entrance
50	1.5	5.0
100	2.2	9.8
150	2.9	14.3

* Air conditioner was set at inner circulation mode

4. 結 論

夏期炎天下において水平・真南向き屋外駐車車両の温度測定を行い、また、ブロウによる換気（強制排気）の有無の場合の計測結果を比較して以下の知見を得た。

- (1) 夏期日射条件の下では、車室内を閉めきり、ブロウによる換気を行わない場合、フロントダッシュボード表面温度は最高で 95°C を超え、また、運転席空気温度は $65\sim 70^\circ\text{C}$ 程度まで上昇した。比較的低温の低い後部座席足元付近でも 45°C 程度まで温度上昇することから、屋外駐車中の自動車内部は非常に過酷な高温環境となることが判った。
- (2) ブロウを用いて車室内後方より強制排気を行う換気を行った場合は、運転席近傍の温度低減効果は、フロント流入ダクトのどの風向設定でも換気流量を増加するとともに大きくなった。とくにフロント流入ダクト方向を水平にし、換気流量 $150\text{m}^3/\text{h}$ の時には、運転席空気温度は最大 $18\sim 22\text{K}$ 程度の温度低減可能となることが判った。
- (3) ドライバーの手が触れるハンドル表面温度に関しても、換気流量を増加するとともに温度低減効果が大きくなった。最も温度低減効果

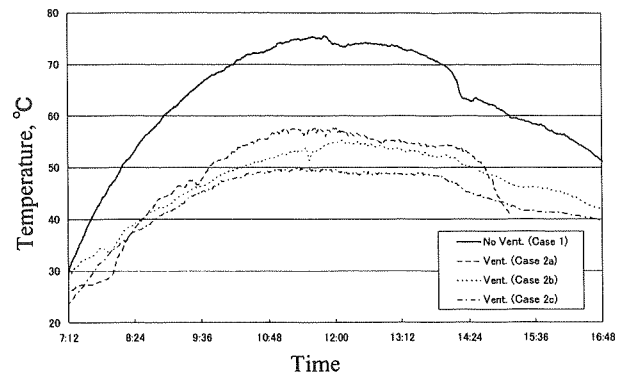
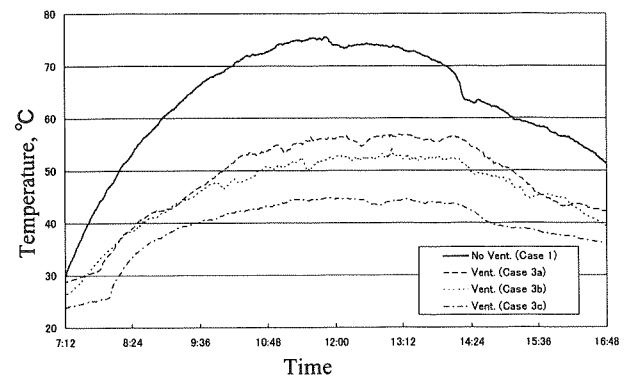
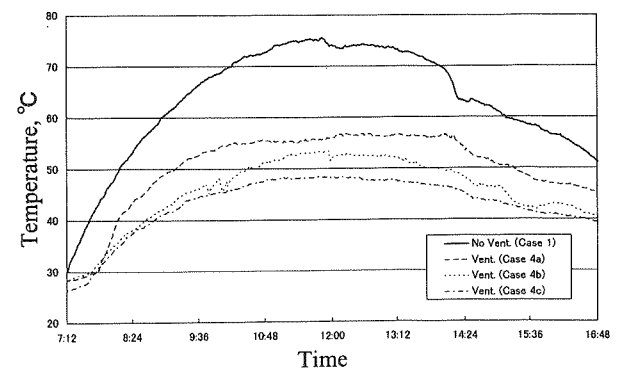
Fig.11(a) Comparison of rear seat air temperature (Inlet duct: upper 30° on front dashboard)

Fig.11(b) Comparison of rear seat air temperature (Inlet duct: horizontal on front dashboard)

Fig.11(c) Comparison of rear seat air temperature (Inlet duct: upper 60° on floorboard)

が大きかったのは、水平方向にフロントダクトを設置し、換気流量 $150\text{m}^3/\text{h}$ の場合であった。その場合、12:00 におけるハンドル上部の表面温度は約 55°C 、ハンドル下部の表面温度は約 51°C となり、換気を行わない場合に比べて、最大で約 20K 程度の温度低減となった。

(4) 後部助手席側空気温度の時間変化の比較から、換気無しの場合には空気温度が 12:00 頃に 75°C 程度まで上昇するのに対して、換気流量 $150\text{m}^3/\text{h}$ の時には $45\sim 50^\circ\text{C}$ にまで温度低減できることがわかった。また、車室内前部の温度低減効果よりも、後部のほうが換気による温度低減効果が大きく、その理由としては、フロント流入ダクト以外の車内の様々な隙間からの流入外気との混合割合が後部排気ダクトに近いほうが高くなることと、直接日射を受ける面積が少ないことが考えられる。

文 献

- (1) 浅野 秀夫・他 3 名, “自動車室内環境の日射シミュレーション”, 自動車技術会学会誌, 52-3(1998), 58-64.
- (2) 片岡 拓也・他 3 名, “車室内空調快適性の最新技術”, デンソーテクニカルレビュー, 10-1(2005), 58-63.
- (3) 竹田 博信・他 2 名, “人に優しい空調”, Toyota Technical Review, 54-2(2006), 58-63.
- (4) 松永 和彦, “自動車車室内の温熱環境評価”, 空気調和・衛生工学会誌, 78-1(2004), 5-11.
- (5) 松永 和彦, 持田 徹, “放射パネルによって形成された車室内環境と熱的快適性の評価について”, 自動車技術会論文集, 34-1(2003), 121-126.
- (6) 郡 逸平, “自動車の空調設計における計算予測技術”, 空気調和・衛生工学会誌, 78-1(2004), 13-20.
- (7) 阿部 裕一・他 6 名, “自動車内での熱中症”, からだの科学, 日本評論社, 196(1997), 111-116.
- (8) 金山 真之・他 7 名, “車体の反射率による自動車室内の熱環境とエネルギー消費量の差異”, 第 21 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 (2005), 493-496.
- (9) Jeong-Hoon Yang, “Measurement of Air Flow Properties and ventilation Efficiency of Car Model Room”, Proc. of JSAE Automotive Air-Conditioning Conference 2006, (2006), 17-23.
- (10) H.Nagayama, “Effects of environment in sun heated cars on passenger's thermal-permission”, Proc. of JSAE Automotive Air-Conditioning Conference 2006, (2006), 73-80.
- (11) 加藤 利治・他 4 名, “実車実験による赤外線カットガラスの評価”, MAE テクニカルレポート, 14(2005), 42-52.
- (12) 大場 秀憲, 平成 17 年度富山大学大学院理工学研究科機械知能システム工学専攻修士学位論文, “炎天下駐車時における車室内温度低減”, (2006.2).