V・I-3 自動車のエンジンルーム内の 温度分布と空気流れの可視化

日産自動車(株) 中央研究所

松原 崇* 岩切 保憲 高木 通俊

Visualization of Temperature Distribution and Air Flow in Automobile Engine Compartments

Takashi MATSUBARA*, Yasunori IWAKIRI*, Michitoshi TAKAGI*

In recent automotive engineering, the radiation of the heat generated by the engine is becoming a very big problem. This is caused by other recent technologies such as the high powered engine, the compact engine compartment, the front-engine-front-drive layout and the streamlined body.

It is important to visualize the heat flow and the air flow in the engine compartment in order to investigate this problem effectively. An infrared imaging thermometry technique and a flow visualization technique with liquid nitrogen are developed and described here. The temperature distribution in the engine compartment can be understood at a glance by the former, and the latter can be easily and safely used in a closed-circuit wind tunnel.

These two techniques enable us to find how the heat is carried by the air flow in the engine compartment at various driving conditions. Thus, the combination of the two can be concluded to be useful.

1. まえがき

近年の自動車は高性能・高級化が急速に進んできており、これに伴いエンジンが高出力化しエンジンルーム内も高密度化してきている。このためエンジンルーム内では、エンジン放出熱による、エンジンルーム内のゴム部品・電子部品の耐熱性の問題等、各種の熟害が表面化しつつある。

これらのエンジンルーム内の熱に起因する諸問題を解決するため、これまでは開発段階においてエンジンルームに設置した熱電対・熱線風速計等によって、局所的な温度や風速を計測していた (Fig. 1)。しかし、このような局所的計測法では多大な時間と工数を要する割には、エンジンルーム内全体の現象をとらえることが困難であった。そこで、エンジンルームを

Fig. 1 Conventional measurement of local temperature and wind velocity (illustration)

*Central Engineering Laboratories, Nissan Motor Co., Ltd, Yokosuka, Japan

上から見て、エンジンルーム内全体の温度分布や時間的变化を熱画像で可視化する手法と、空気の流れを液体窒素を使って可視化する手法の開発を行なった。さらにこれらの可視化結果を組み合わせ、エンジンルーム内全体の熱現象を容易に把握できるようにした。

2. 可視化のポイントと実験装置

温度分布の可視化は、赤外線放射温度計を使って行なった。エンジンルーム内の温度を計測するためには、フード部を赤外線が透過できる材料に置き換える必要がある。種々の材料を検討した結果、Fig. 2 に示すように、ポリエチレンフィルムの高透過率が明らかになった。このフィルムを中央部を切り抜いたフードに貼り付けて実験することにより、鮮明なエンジンルーム内の熱画像が得られるようになった。

Fig. 2 Influence of film on temperature measurement by infrared imaging thermometer

空気流れの可視化では、トレーサの検討を行なった。回流式風洞で実験するため、測定部から流れ去った後空気中に混じってしまうこと、有害でないこと、細いノズルでエンジンルームに注入できること、が条件である。検討の結果、液体窒素によるミストがエンジンルーム内流れの可視化に適することがわかった。

Fig. 3 Experimental apparatus

以上のような温度分布と空気流れの可視化実験装置の概要をFig. 3に説明する。任意の走行状態にセットできる耐熱実験用風洞に自動車を設置し、赤外線放射温度計とTVカメラをフード上方に配置した。フードは中央部を切り抜いて、温度分布の可視化ではポリエチレンフィルムを、空気流れの可視化ではアクリル板を取付けている。空気流れの可視化

に使用する液体窒素は液体窒素の入ったボンベ内に空気を送り込み、その圧力で図のようにエンジンルーム内に注入した。

3. 実験結果

まず温度分布の可視化実験では、耐熱的に厳しい走行条件に設定した。ここでは、車速が60 km/hの登坂モード走行を約30分間行ない、その後アイドリング状態を約20分間行なった。なお、外気温度は30℃に設定している。

可視化結果の一部をFig. 4に示す。実際はカラー表示されているので直感的に温度分布が把握できる（流れ可視化写真集参照）。また、可視化結果はビデオに録画してあるので、温度変化の観察も容易に行える。

Fig. 4 aは登坂走行中の温度分布である。エンジブロック、排気管等発熱源の部位の温度が高く、その他の周囲の温度は比較的低い。

Fig. 4 bは登坂走行後自動車を止めてエンジンのみを回したアイドリング状態である。発熱源の温度が低下し、代わりにエンジンルーム全体にわたって温度が上昇している。

一方、空気流れ可視化実験は登坂モード走行状態に合わせて前方から60 km/hの走行風を流した状態と、走行風を止めた状態で実験した。いずれも、ラジ

a. Hill climbing

b. Idling after hill climbing

Fig. 4 Thermal image in the engine compartment

a. Hill climbing

Fig. 5 Air flow in the engine compartment
(continued)

エータファンは温度分布可視化実験走行時の状態に合わせて回転させている。

流れ可視化結果の一部をFig. 5に示す。この写真はビデオ画像を画像処理装置にかけて写真に写し取ったもので、多少画像が荒くなっている。なお、空気流れは写真よりもビデオでミストの動きを追った方が理解しやすい。

b. Idling

Fig. 5 concluded

Fig. 5 aは60 km/hの走行風を流し、液体窒素を車室内から

見て左側のラジエータグリルから注入した時のミストの動き（広がり）を示したものである。ミストの広がりは小さく、エンジンルーム前方から後方にほぼまっすぐに流れている様子がわかる。

Fig. 5 bは、車速風を止めた時の流れを示したものである。ミストは、走行風60 km/hの場合と同じく左側のラジエータグリルから注入している。エンジンルームは、ラジエータファンによって換気されているが、ミストは広がりながら（拡散しながら）横方向に流れている。

以上の温度分布及び空気流れ可視化実験から、下記のような結果が得られた。

- ① エンジンルーム内全体の熱的現象を一目で理解できるようになった。
- ② 耐熱実験用風洞において、エンジンルーム内の流れ可視化が簡単に行なえるようになった。
- ③ 自動車が行走している場合は、エンジンルーム内の流れは走行風圧の作用により比較的小さな乱れで前方から後方に流れている。このため、エンジンの放出熱はエンジンルームに拡散せずに、エンジンルーム後方から車外に放出される。
- ④ これに対し、自動車が停止しアイドリング状態に入ると、ラジエータファン後方の乱れた流れによって、エンジン放出熱はエンジンルーム内全体に広がっていく。

4. 結論

自動車のエンジンルーム内の温度分布と空気の流れを画像でとらえる可視化法を新たに開発した。また、これらの可視化結果を組み合わせることによって、今まで不明瞭であったエンジンルーム内の現象を容易に理解することができるようになった。今回行った可視化法をさらに改良し、今後の高性能な自動車の開発に役立てていきたい。