

自動車部品を想定した断熱性能評価方法の検討（第6報）

5 自動車バックドアによる断熱性能の改善

長谷川浩治, 筒本隆博

Improvement of the heat insulation performance for car tailgate

HASEGAWA Koji and TSUTSUMOTO Takahiro

In automobile development, utilizations of heat are attracting attention as method for improving the fuel consumption of internal combustion engine. Development of a high-performance heat insulator keeps the interior of the vehicle comfortable and has an effect on improving fuel economy. However, evaluation method of thermal transmission properties for auto parts isn't established. Therefore we proposed the hot box method for steady-state to evaluate the heat insulation performance, and we measured the heat insulation performance of car tailgate.

キーワード：自動車部品, 熱貫流率, 温度測定

1 緒 言

自動車製造業において、環境に配慮した自動車づくりは急務の課題である。燃費改善等を目的とした、車体の軽量化や効率の良いエンジン開発が進む中で、熱の有効利用にも注目が集まりつつある。空調で消費される熱エネルギーを有効利用するためには、車室内を構成する部品やユニットの構造を検討し、車室内の断熱性能を向上させることが重要な課題である。

しかし、自動車部品の断熱性の評価方法は確立されていない。現状では、建材用の断熱性能評価方法（JIS A1412）を評価基準として用いることもあるが、自動車部品の断熱性能の評価に適用するには試料サイズや形状の問題などがある。そこで、第4報¹⁾では、JIS A1420²⁾の保護熱箱法を参考にして、周囲が曲線で複雑形状を持つ実部品の断熱性能評価を可能とする小型装置を試作した。今回は、その原理に基づいて、装置のスケールアップを図り自動車部品としてバックドアの断熱性能の測定を行ったので報告する。

2 断熱性能の評価方法

2.1 定常法による断熱性能の評価方法

提案する断熱性能測定装置の構成を図1に示す。内箱と外箱の内部にヒータとファンを設置し、空気を加熱循環させつつ、箱内を目標温度に制御する。内箱内部と外箱内部を同一温度にすることで、内箱と外箱の間は仮想的に断熱の状態となり、内箱内部で発生した熱は、すべて測定試料を通して外に逃げることになる。よって、内

箱のヒータ及びファンの消費電力Eを測定して内箱温度 T_s と外気温度 T_m の差と熱通過面積S（外気に接する試料面積とした）から、式(1)により測定試料の熱貫流率 κ （ $W/(m^2 \cdot K)$ ）を求めることができる。

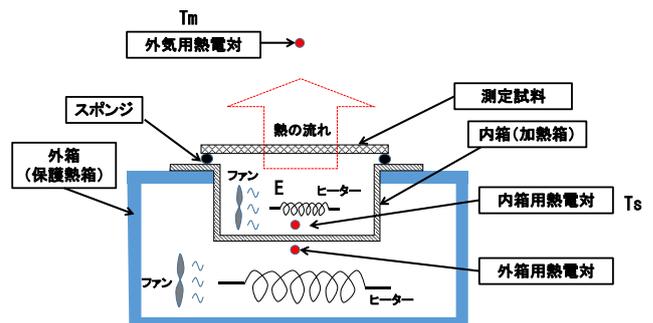


図1 断熱性能測定装置の構成（断面図）

$$\kappa = \frac{E}{S(T_s - T_m)} \quad (1)$$

2.2 実験装置の概要

試作した断熱性能測定装置の内箱と外箱を写真1に示す。内箱上部の開口部は、測定対象物である自動車のバックドアの形状とした。内箱と外箱は、発泡スチロールにより製作した。箱の内部に、熱電対、ファン及びニクロム線ヒータを設置し、内部の空気を循環加熱しながら箱内部の温度を一定に調節した。内箱のヒータからの輻射熱が試料に直接当たらないよう遮蔽板を設置し、加熱空気は試料と反対の下方より出て上側に循環するようにした。そのヒータ及びファンの消費電力や温度の測定では、キーエンス製 NR-TH08 を用いた。温度モニター用

の熱電対は、直径 0.2mm の T 熱電対を使用し、内箱の内壁面と外壁面に 3箇所ずつ取り付けました。バックドアを支持する内箱の接触部分は、実車状態と同様に、ウェザーストリップを取り付け、バックドアの自重により密着させて支持する方法とした。内箱と外箱を組み合わせて試験体のバックドアを載せた状態を**写真2**に示す。



写真1 測定装置の内箱（左）と外箱（右）



写真2 断熱評価装置の全体図

2.3 実験条件

今回の測定では、自動車を想定して、内箱温度 (T_s) と外箱温度を 40°C 、外気温度 (T_m) を 20°C に設定し、その温度差を 20°C とした。外気は、測定装置全体を恒温槽に入れて一定の温度に保った。温度測定及び電力測定時のサンプリング間隔は 1 秒とした。測定開始からの熱貫流率 κ の推移の例を**図2**に示す。熱貫流率の値が安定し、熱的な定常状態になるまでには約 1～2 時間程度必要であることがわかる。100 秒間にわたり熱貫流率の変動幅が 0.2 以内になった領域の値を平均化して熱貫流率の値とした。

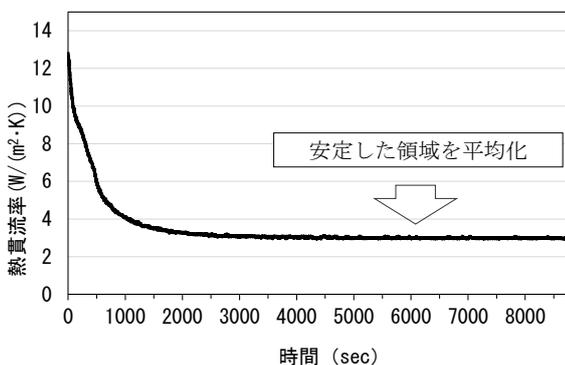


図2 測定開始からの熱貫流率 κ の推移

2.4 試験体

ドア全体に対する内装トリムやガラス部の断熱性の寄与度を把握することを目的として、測定するバックドアの仕様は、標準状態 (**写真3**)、ガラス部を断熱材 (旭化成建材 (株) ネオマフォーム 30mm 厚、熱伝導率 $\lambda = 0.02\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) で覆った状態 (**写真4**)、バックドアの内装トリムを外した状態 (**写真5**) の三種類とした。



写真3 測定試料（標準状態）

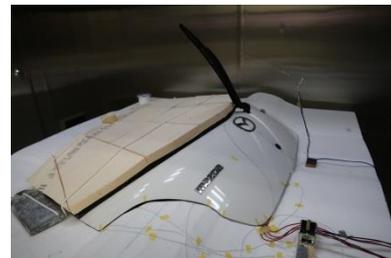


写真4 測定試料（ガラス部を断熱材で覆った状態）



写真5 測定試料（内装トリムを外した状態）

3 実験結果と考察

3.1 熱貫流率の測定結果

各種仕様のバックドアの熱貫流率測定結果を**図3**に示す。熱貫流率の算出に必要な熱の通過面積は、バックドアの表面積 1.139m^2 の値を用いた。標準状態の熱貫流率は、 $2.95\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ であった。ガラス部を断熱材で覆った試料では、ガラス部からの熱漏れが減少するため、標準状態と比べ熱貫流率は低くなった。逆に、内装トリムを外した状態では、標準状態と比べ断熱性が低下し熱貫流率が高くなった。

バックドアの各種仕様における内箱のヒータ及びファンの消費電力を表1に示す。ガラス部を断熱材で覆うことにより、ガラス部が完全に断熱状態になったと仮定すると、ガラス部からの熱漏れに伴って消費された電力は、バックドア全体の約35%を占めることがわかった。内箱の温度が安定している状況下のバックドアの熱画像を図4に示す。これより、ガラス部の温度は、バックドア外板部よりも高く、ガラス部を通じて熱が直接輻射により外に漏れている状況が窺える。内装トリムを外した状態では、バックドア外板部の断熱性能が低下し標準状態に比べて消費電力は7%高くなった。

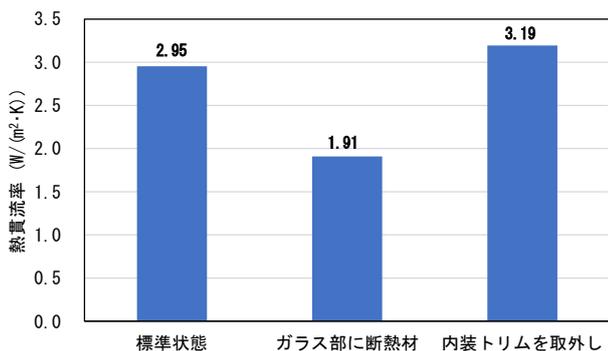


図3 バックドア各種仕様における熱貫流率

表1 バックドア各種仕様における消費電力

	消費電力 (W)	①標準状態からの差分 (W)	ドア全体における各部の消費電力割合 (%)
①標準状態	67.72	—	—
②ガラス部に断熱材	43.94	23.8	35.1
③内装トリムを取外し	72.55	-4.8	-7.1

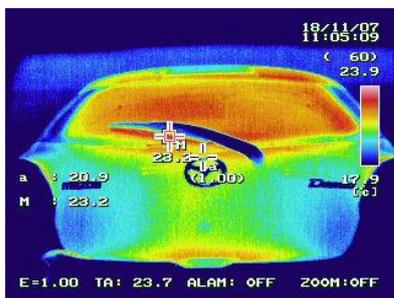


図4 放射温度計によるバックドア表面の温度分布

3.2 ガラス部における熱漏れ対策事例

放射温度計によるバックドア全体の温度分布計測で熱の漏れが大きいと判明したガラス部の熱漏れ対策の事例を示す。第5報³⁾で行った断熱性能の向上のための基礎実験を参考に、樹脂フィルムを用いてガラス部に空気層を付加した断熱対策を施した。その試料を写真6に示す。



写真6 測定試料（ガラス部に空気層を付加した状態）

ガラス部に付加した空気層の厚さは、5mm（1層）、10mm（1層）、5mm+5mm（2層）の3通りとした。その測定結果を図5に示す。

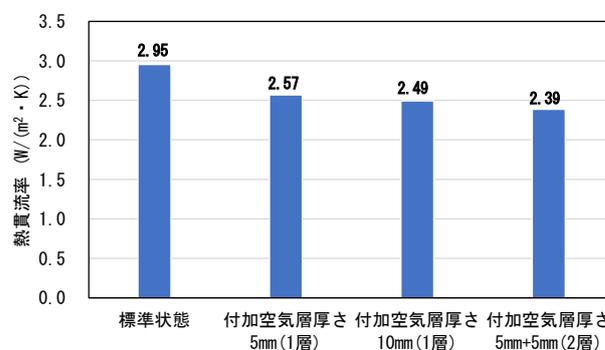


図5 ガラス部に空気層を付加した場合の熱貫流率

ガラス部に5mmの空気層を付加すると、標準状態に比べ断熱性能が向上し熱貫流率が低くなった。空気層の厚みを5mmから10mmにすることで更に断熱性が向上した。同じ空気層の厚みでも10mm（1層）と5mm+5mm（2層）では、空気層を分割した方が、断熱性が向上した。

4 結 言

自動車実部品の断熱性能（熱貫流率）を測定可能な装置を製作した。自動車バックドアを用いて、断熱性能を評価し、ドアを構成するガラスや内装トリムの影響を測定した。更に、バックドア全体に対する熱漏れの影響が大きいガラス部の対策事例として、樹脂フィルムを用いて空気層を付加した場合の測定事例を示した。その測定の過程で、以下のことがわかった。

- (1) バックドアのガラス部を断熱材で覆うことにより熱貫流率は小さくなり、内装トリムを取り外すと、熱貫流率は大きくなった。
- (2) ガラス部からの熱漏れは、バックドア全体の約35%であった。

- (3) 内装トリムは、バックドア全体の7%の熱漏れ低減に寄与していた。
- (4) ガラス部に樹脂フィルムを用いて空気層を付加することで、熱貫流率は小さくなった。同じ10mmでも単層の空気層より、5mmの空気層を2層にした方が、熱貫流率は下がり、断熱性向上が期待できる。

本測定方法では、部品形状が変わるごとに内箱の開口部の形状を部品形状に合わせた3次元形状の加工が必要である。今後は、様々な形状の部品を、より簡易に評価

できる装置に改良する予定である。

文 献

- 1) 長谷川他：広島県西部工技研究報告，61(2018)，23
- 2) JIS A 1420(1999)，日本工業規格，建築用構成材の断熱性能測定方法—校正熱箱法及び保護熱箱法
- 3) 筒本他：広島県西部工技研究報告，62(2019)，14-17