

傘状熱防禦板の熱遮蔽効果に関する実験的研究

辛 島 桂 一・佐 藤 清

An Experimental Study on Heat-Shield Effectiveness of Heat Protection Umbrellas

By

Keiichi KARASHIMA and Kiyoshi SATO

Abstract: This paper concerns with an experimental study on heat-shield effectiveness of heat protection umbrellas mounted on a blunt-nosed axisymmetric body. The experiment is conducted in a hypersonic wind tunnel with free stream Mach number of 8, and the effect of various parameters such as area, detachment distance and shape of the umbrellas on temperature and heating characteristics over the body surface is examined in detail.

It is shown that the umbrella has sufficient heat-shielding effect over the shaded area of the body surface, whereas it has little additional effect over the exposed surface downstream. From the viewpoint of the overall heat-shield effectiveness of the umbrella, it is pointed out that there exist an optimum detachment distance as well as an optimum area obtainable in the sense of the maximum area efficiency.

Detailed examination reveals that the optimum detachment distance is nearly 40 percent of the nose radius of curvature of the body and is roughly insensitive to the area and shape of the umbrella.

概 要

本報告は軸対称鈍頭物体の前面に装着した傘状熱防禦板の熱遮蔽効果を明らかにする目的で行われた実験の結果に関するものである。実験はマッハ数8の極超音速風洞を用いて行われ、本体の表面温度分布及び熱伝達特性に対する傘の面積、離脱距離及び形状の効果が詳細に調べられ、その空気力学的機構が検討されている。

傘状熱防禦板の熱遮蔽効果は主として傘によって遮蔽される本体表面部分に限られ、その下流の露出表面には付加的効果が殆んど及ばないことが指適され、熱防禦効果の観点から、傘の最適離脱距離及び最適面積が存在することが明らかにされている。最適離脱距離の値は本体頭部曲率半径の約40%で与えられ、この値は傘の面積や形状に対する依存性が小さく、ほぼ一定である。

はじめに

宇宙飛行体の回収に際して重要な空気力学的研究課題の一つに熱防禦の問題がある。熱防禦の方法としてはアブレーション冷却が最も効果的であると考えられ、多くの研究 [1] ~ [5] がなされており、実用化もされているが、この方法では物体の表面損傷を伴うので、飛行体の再使用が困難であると云う欠点がある。これに対し、発汗冷却 [6] ~ [9] やフィルムクーリング [10] ~ [14] は表面損傷を伴わないので飛行体の再使用を可能にする方法として注目されるけれども、これらの方法はアブレーションに比較して冷却効果が劣り、かつ冷却剤の吹き出し機構が必要になるために、構造上の難点や重量増加等不利な点が生じ実用性に乏しい。

上記の観点から、短時間再突入を前提にした場合には、アブレーション冷却を使用せざるを得ないと思われる。それ故に、飛行体を再使用可能な状態で回収するためには、簡単かつ安価に更新が可能な付加的熱防禦装置を使用し、それにアブレーションによる損傷を集中させて飛行体本体の熱的安全性を確保し、かつ表面損傷を回避する方法を検討する必要性が生じる。

簡単な装置としては空力加熱が最も厳しくなる飛行体の前面淀点から傘状熱防禦板を突き出し、本体前面の一部をそれによって遮蔽することが考えられ、実用上の観点からは、熱防禦板の寸法は可能な限り小さいことが好ましい。勿論、このような付加的装置は、その熱防禦効果のみならず、飛行体システム全体としての空力減速特性や姿勢安定性に対する効果をも含めて実用性の検討が必要であることは云うまでもない。傘状熱防禦板を装着した再突入物体システムの超音速空力減速特性及び姿勢安定性に関しては文献 [15] に詳細に報告されている。

本研究の目的は鈍頭物体の熱伝達特性に対する傘状熱防禦板の効果を実験的に明らかにすることであり、本体の表面温度分布や熱伝達率分布に対する熱防禦板の面積・形状及び離脱距離の効果が調べられている。

風洞及び模型

実験はマッハ数 8 の極超音速風洞を用いて行われた。測定部は open jet 方式で、ノズル出口は直径 200 mm の円形断面であるが、壁面の境界層の発達のために、一様な極超音速流は直径 120 mm 強である。気流の淀点圧力は 48 kg/cm^2 であるが、エジェクタを用いて風洞の背圧を 0.1 kg/cm^2 程度に減圧して、始動に必要な圧力比を供給している。気流の淀点温度は約 500°C であり、測定部における一様流状態に参照したレイノルズ数は $10^6/\text{cm}$ 程度である。

実験に使用した模型は F. R. P. 製の hemisphere-cylinder の本体と不銹鋼製の傘状熱防禦板よりなり、その詳細寸法は図 1 に示す。熱防禦板は表面曲率半径が 20 mm 及び 30 mm の球面及び平板の 3 種類で、いずれも直径 3.5 mm の支持棒を介して本体の軸にネジ止めされており、その離脱距離は最大 16 mm まで連続可変である。熱防禦板の寸法は表 1 に示してあり、 R_s 及び d_s は表面の曲率半径及び投影直径を意味している。

熱伝達の測定は直径 2 mm、長さ 2 mm の円柱状銅製蓄熱体に素線直径 0.1 mm のアルメ

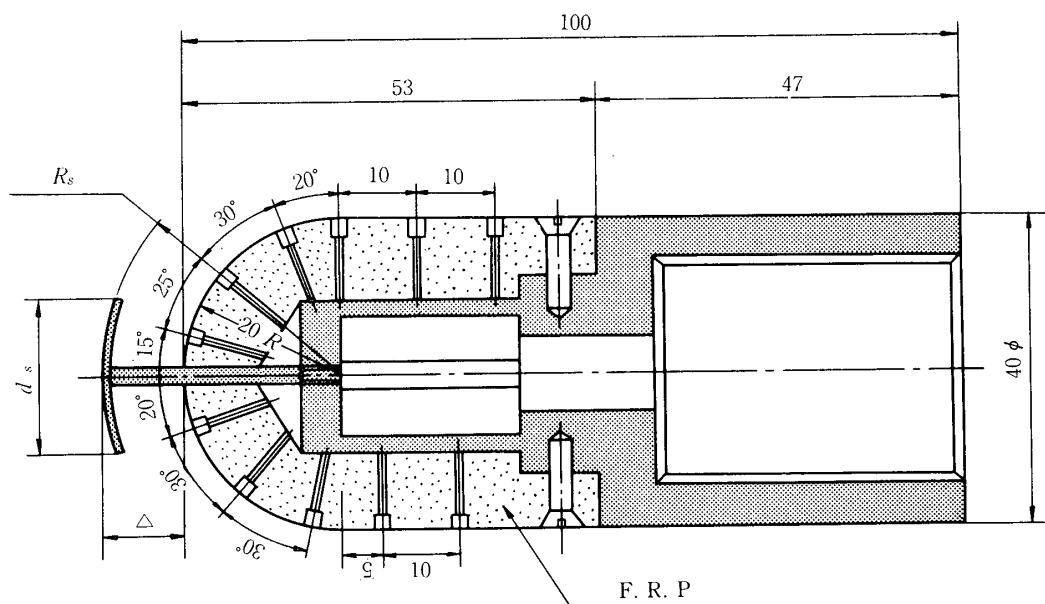


図1 模型

ル・クロメル熱電対を埋め込んだカロリメータを使用して行われた。測定点の位置は図1に示してある。過渡的には銅製蓄熱体と周囲の断熱性 F. R. P. との間に温度差があるかも知れないが、時間が十分経過して定常状態に近くなれば、この温度差は小さくなるものと考えられるので、カロリメータを温度センサーとしても利用した。

測 定

本実験では本質的に非定常な熱伝達現象を測定することになるので、風洞始動時の擾乱が温度測定に与える影響を減らすために、模型をあらかじめ保護筒で覆い風洞を始動させて極超音速気流を実現させた後に、保護筒を急開して模型を気流に曝す方法を採用した。測定に関する時間の原点 ($t = 0$) は保護筒を開く機構の始動時にとり、全開には約1秒を要する。

一方、本風洞系では気流を予熱する定圧加熱筒とノズルとを結ぶ配管が長いために、風洞の始動直後では気流は逆にこの配管系を加熱して熱損失を受ける。このため、測定部における気流の淀点温度 $T_{0\infty}$ は時間と共に上昇することになり、 $t = 100$ 秒においても、その上昇率は小さくなるけれども近似的に定常に達しているとは認め難い。その上、定圧加熱筒の温度を一定に保っても、配管系における熱損失の微妙な相違により、通風毎に実現される気流淀点温度の履歴の再現性は不満足である。図2は気流淀点温度が比較的高い場合と低い場合の時間的变化の例を示しており、 $t = 100$ 秒において気流淀点温度は僅かではあるが依然上昇中である。

風洞の持続時間は100秒程度で、この時間内に気流の淀点温度が定常に達せず、かつ、温

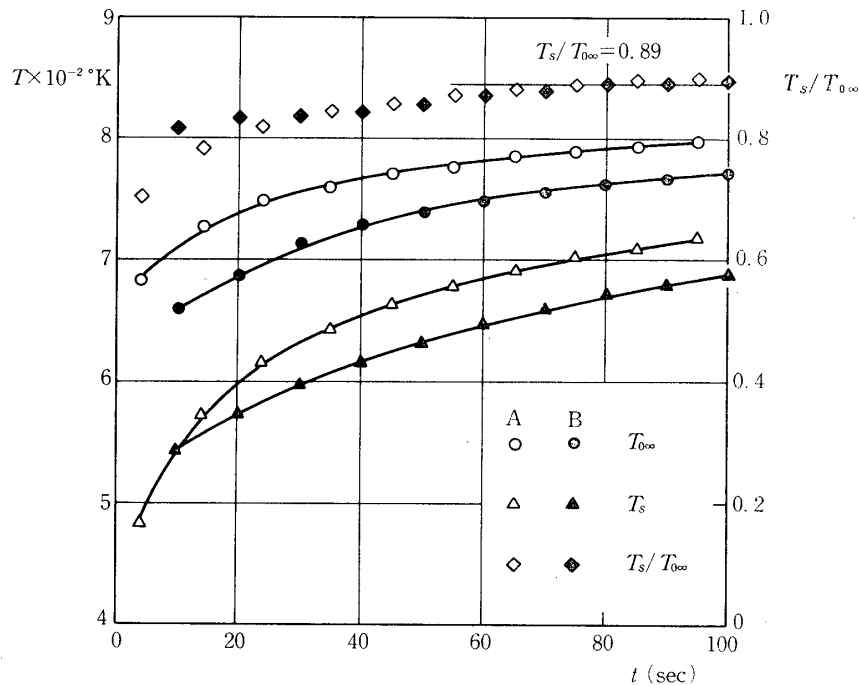


図2 気流及び傘なし模型の淀点温度の時間的变化

度の履歴曲線の再現性も不満足であるとする悪条件の下で行われた測定において意味のある情報を引き出すためには、データの選択と整理の方法を検討することが必要である。そこで、本体のみの場合(傘なし)に関し模型の淀点温度 T_s を求め結果を図2に△印で示してある。図で明らかな如く、 T_s もまた $t = 100$ 秒で定常に達しているとは云い難く、風洞運転毎の再現性もない。然しながら、それにもかかわらず、模型と気流との淀点温度の比 $T_s/T_{0\infty}$ は $t = 30$ 秒以降では再現性が極めて良好であり(図中◇印参照)、その値も $t = 80$ 秒以降では時間に対する依存性が殆んどなくなり、ほぼ一定であるとみなすことができる($T_s/T_{0\infty} = 0.89$, $t \geq 80$ 秒)。

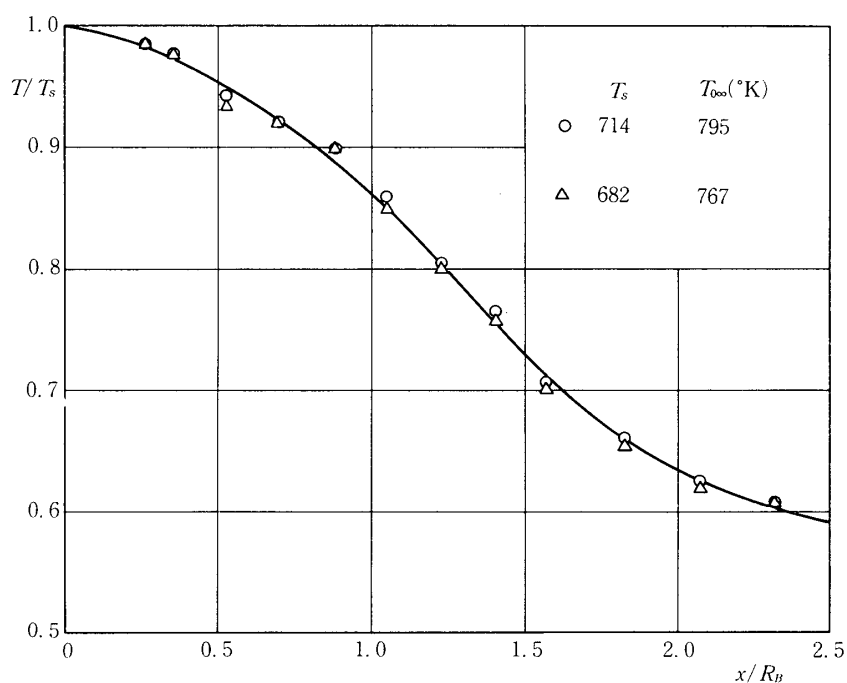
傘なし模型の表面温度 T は淀点からの距離 x 及び時間 t の函数であるけれども、各時刻における模型の淀点温度 $T_s(t)$ を用いて無次元化した場合、その無次元温度分布 T/T_s は $t = 80$ 秒以降では模型の全面に亘ってほぼ定常になる。更に、この無次元温度分布に関しては、図3に示す如く、異なる気流温度に対するデータの再現性も極めて良好である。但し、図中 R_B は本体頭部の曲率半径を意味している。この結果は、傘なし模型の淀点温度 $T_s(t)$ がデータ整理の基準温度となり得ることを示唆しており、かつ、 $t = 80$ 秒以降では、模型の表面温度の振舞は準定常的で、 T/T_s で表示された無次元温度分布は定常のそれを近似的に記述し得ることを意味している。

熱伝達分布に関しても同様のことが云える。図4は傘なし模型の淀点熱伝達率 q_s の時間

表 1 熱防壁板寸法

R_s (mm)	d_s (mm)
20	25.7
	34.6
	39.4
30	20.5
	30.0
∞	20.0
	25.0

的变化の一例であり、参考のために淀点熱伝達係数 C_{Hs} も示してある。図で明らかな如く、淀点熱伝達率は $t = 100$ 秒において定常に達しているとは認め難い。然しながら、模型の表面に亘る無次元熱伝達率分布 q/q_s は、無次元温度分布と同様に、 $t = 80$ 秒以降ではほぼ定常であるとみなすことができる。一方、図 5 に示す如く、気流温度が異なる場合のデータの再現性は、 q/q_s に関しては多少難点が見出されるのに反して、 C_H/C_{Hs} に関しては極めて良好であることが注目される。

図 3 傘なし模型の表面温度分布. $t = 90$ 秒

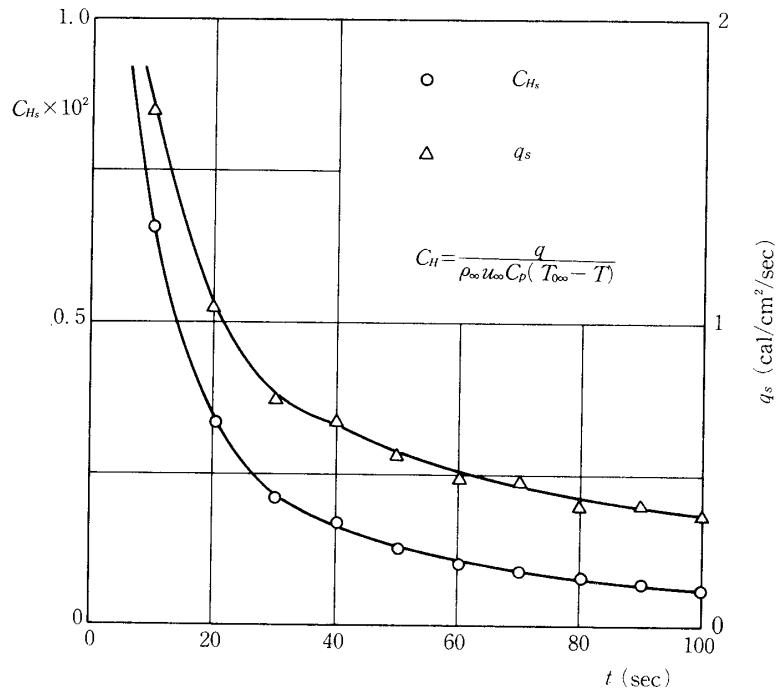


図4 傘なし模型の淀点熱伝達率の時間的变化

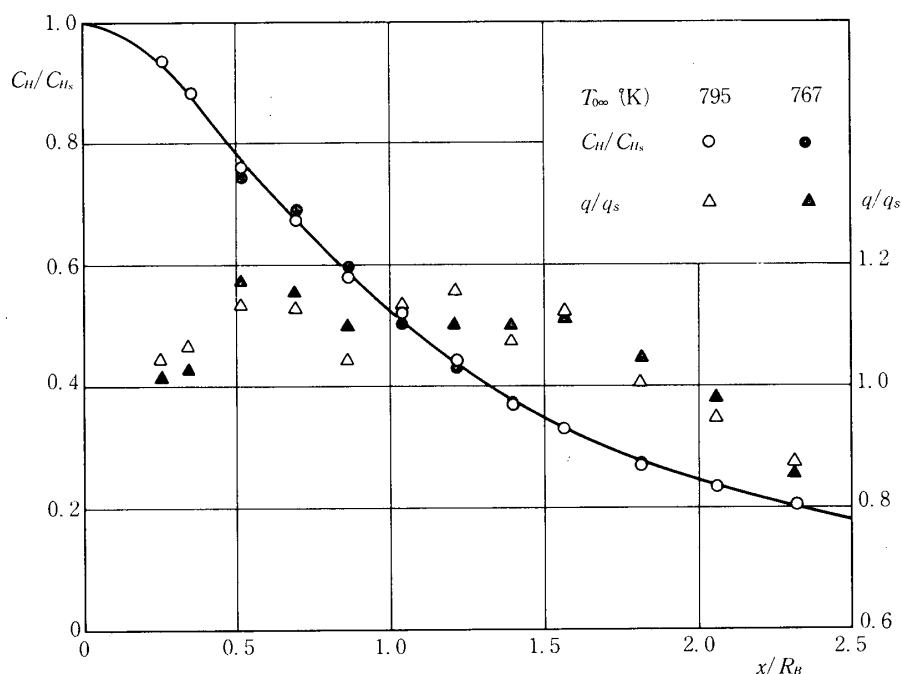
傘なし模型のデータに関する以上の予備的検討に基づき、模型の表面温度分布及び熱伝達分布の無次元表示は T/T_s 及び C_H/C_{Hs} を採用することにし、傘の熱防禦効果に関する議論は、データの準定常性に基づき、 $t = 90$ 秒のデータを用いて行うことにする。

結果と検討

本体の表面温度分布に対する熱防禦板の離脱距離 Δ の効果に関する一例を図6に示す。但し、 d_b は本体頭部の直径を意味し、実線は傘なしの場合に対する結果である。図中縦線は傘が本体表面を遮蔽している範囲を示しており、これを境界として本体表面を被遮蔽表面及び露出表面と区別して呼ぶことにする。

被遮蔽表面の温度は傘なしの場合に比較して大幅に低くなっており、かつ、ほぼ一定に保たれている。これは、傘の背面がキャビティ領域となり、そこでは熱伝達が付着流に比較して大幅に減少したことによる。露出表面では温度はその境界附近から急激に上昇して傘なしの値に回復し、下流では傘の効果は殆んど認められない。

熱防禦板の外縁で剥離した流れはその下流で本体表面に再付着し、その際、流れは衝撃波を通して再圧縮を受ける。この再付着過程において局所的な熱伝達ピークが生じることはよく知られたことで、それ故に、露出表面の境界の直近下流で温度分布がピークを持つことは予想し得るけれども、これによる温度回復が意外に大きく傘なしの値に達すること及びその

図5 傘なしの模型の熱伝達分布. $t = 90$ 秒

下流では傘の存在が温度分布に関して殆んど付加的効果をもたらさないと云う事実は注目に値する。

傘の離脱距離 Δ が小さい場合には距離の変化が温度分布に及ぼす影響は顕著ではなく、被遮蔽表面の温度が僅かに減少する傾向がみられるのみである。然し、離脱距離が或る程度以上大きくなると、温度回復が早められ、温度上昇開始点が上流側へ移動する以外に、露出表面では温度が局所的に傘なしのそれを越える（回復温度の overshoot）ようになり、傘の熱防禦効果が低下する。このことは本体の表面温度分布に関して傘の最適離脱距離が存在することを示唆している。熱防禦板の曲率半径 R_s が異なる場合でも、本体の表面温度分布の振舞及び離脱距離の効果は、定量的な多少の相違を除いて、その定性的な傾向は図6に示されている結果と同様であり、傘の曲率半径 R_s の効果に関しては、離脱距離が大きい場合に生じる温度回復の overshoot が R_s が大きくなるに従って顕著になると云う点が強調される。

傘の離脱距離及び曲率半径の効果を具体的に調べるために本実験で使用した総ての熱防禦板に関して $x/R_B = 0.524$ における温度を比較し、結果を図7に示す。この位置を選択した理由は被遮蔽表面における最低温度がほぼ共通してこの位置で実現していると云う事実にある。図で明らかな如く、離脱距離の効果は傘の曲率半径に依存する多少の相違は認められるけれども、平均的な観点から、最適値は $(\Delta/R_B)_{opt} = 0.4 \sim 0.5$ であると考えることができる。勿論、この結果は本体表面上の特定な位置における温度に着目して得られたも

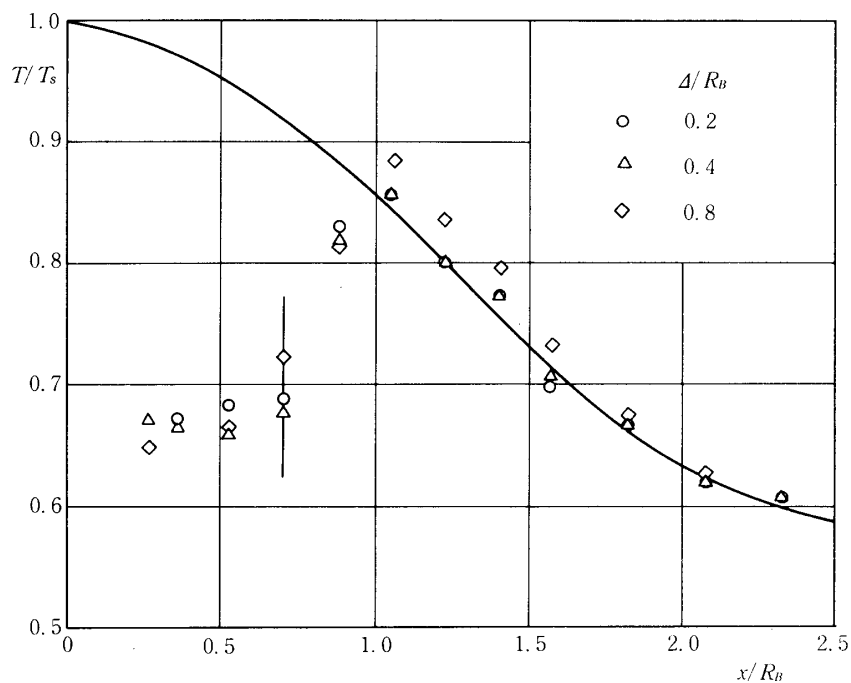


図6 表面温度分布に対する離脱距離の効果

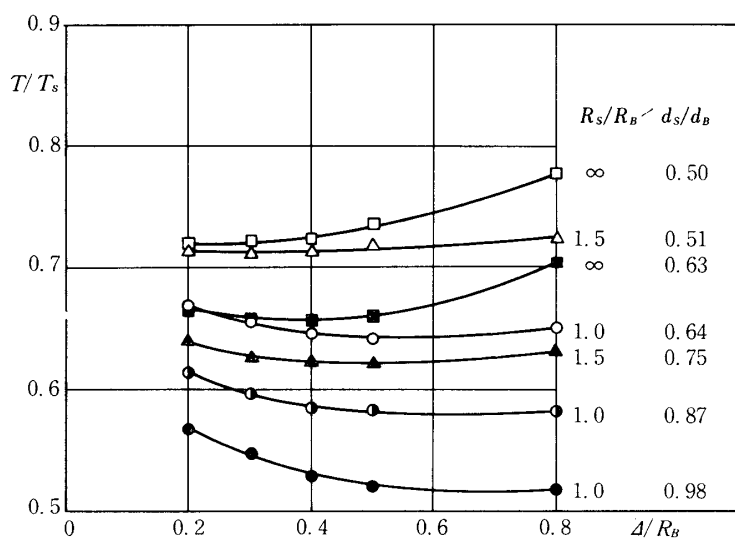
 $R_s/R_B = 1.0$, $d_s/d_B = 0.643$, $t = 90$ 秒


図7 表面温度に対する離脱距離の効果

 $x/R_B = 0.524$, $t = 90$ 秒

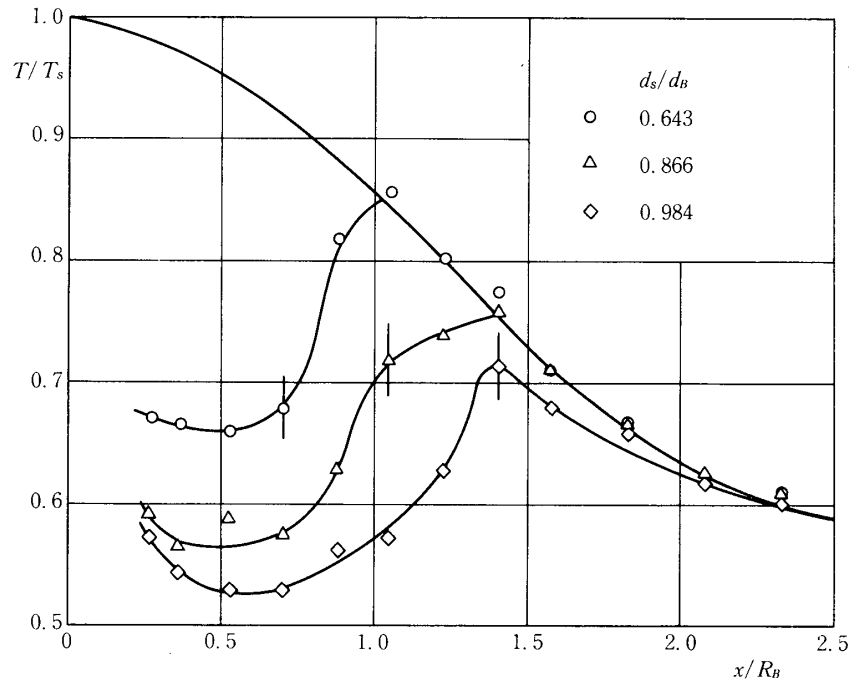


図8 表面温度分布に対する傘の面積効果

 $R_s / R_B = 1.0$, $\triangle / R_B = 0.4$, $t = 90$ 秒

のであり、全表面に亘る全体的な熱防禦の観点からも最適離脱距離を検討する必要がある。傘の曲率半径の効果に関しては、データ不足のために断定的な結論を下すことは控えるが、図7に示されている結果から判断して、少なくとも $R_s / R_B = 1.0$ が好ましいと推定される。

図8は本体の表面温度分布に対する熱防禦板の面積効果を示す一例である。図中縦線は被遮蔽表面と露出表面との境界を意味している。傘の面積が増大すれば、それによって熱防禦効果が大きくなるのは当然であるが、面積が比較的小さい場合には、被遮蔽表面のほぼ全面に亘って低温が保たれ、温度回復は露出表面で起っているのが特徴的である。一方、傘の面積が大きくなると被遮蔽表面の中心附近はより低温になるけれども、温度上昇開始点が被遮蔽表面側にずれ込むために境界付近でさえもかなり高温となり、この傾向は傘の面積が増加するに従って拡大すると同時に被遮蔽表面の温度分布に極小値の存在が顕著になる。

上述の傘の面積変化に伴う温度分布のパターン変化の理由は以下の如く推定される。即ち、傘の面積が小さい場合には、背面に存在するキャビティは単一の再循環領域となっており、その規模が小さいので平均化が促進され易く、結果として被遮蔽表面の温度は比較的高くなる代りにほぼ一様になる。傘の面積が大きくなると、キャビティ領域が拡大するために、それが単一の再循環領域として止まることが困難となり、少なくとも2つの渦がキャビティ内に存在するものと推定される。外側の渦は規模が大きく平均化され難いので、被遮蔽表面

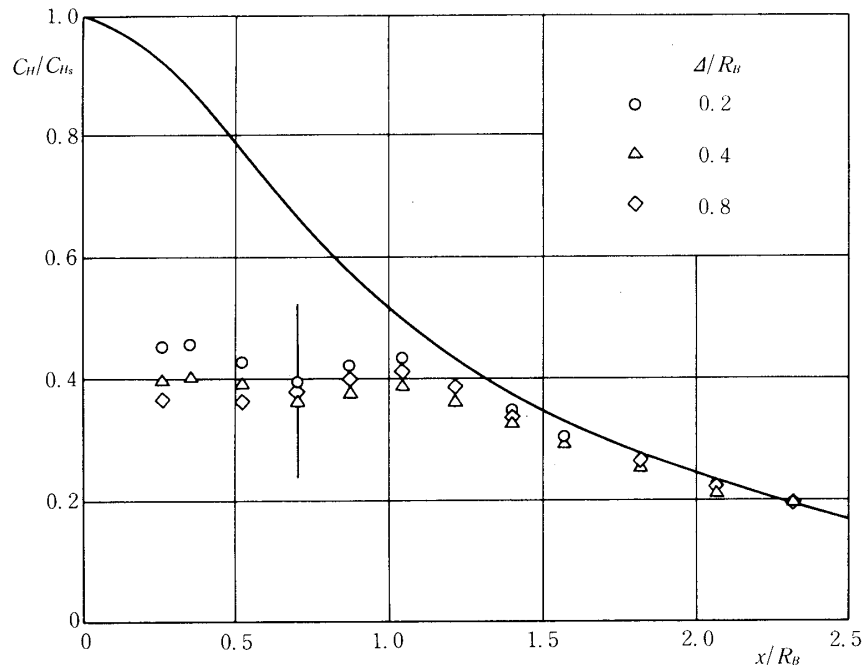


図9 熱伝達分布に対する離脱距離の効果
 $R_s / R_B = 1.0$, $d_s / d_B = 0.643$,
 $t = 90$ 秒

の内側は低温を維持することが可能となり、結果として再付着に伴う温度上昇が恰かも境界の内側に拡散したような温度分布が実現される。一方、内側の渦は比較的小規模であると推定されるが、その回転方向を考慮すると、傘の背面で渦の流体に伝達された熱が被遮蔽表面の内側部分の温度を多少高める効果をもつために温度分布に極小値が出現すると考えられる。

いずれにしても、傘の面積が大きくなると温度上昇開始点が被遮蔽面上にずれ込むと云う結果は、当該表面の平均温度が高くなることを意味しており、従って、熱防禦板の面積効率を低下させることになる。更に、傘の面積によらず再圧縮領域下流の温度分布が傘なしのそれにほぼ一致すると云う結果は曲率半径の異なる傘に関しても同様であり、この事実は傘の面積効果の限界を示していると云う意味で注目し値する。即ち、換言すれば、傘の熱防禦効果は主として被遮蔽表面に止まり、露出表面の広範囲に亘る付加的な効果は極めて小さい。

傘の熱防禦効果の定量的な議論は局所的な熱伝達率分布よりはむしろ本体の表面に亘る全体的な熱入力の変化について行う方が効果的であると考えられる。従って、熱伝達率分布に対する傘の離脱距離及び面積の効果に関しては、参考のためにそれぞれ一例を図9及び図10に提示するに止め、これらに関する詳細な議論は省略する。

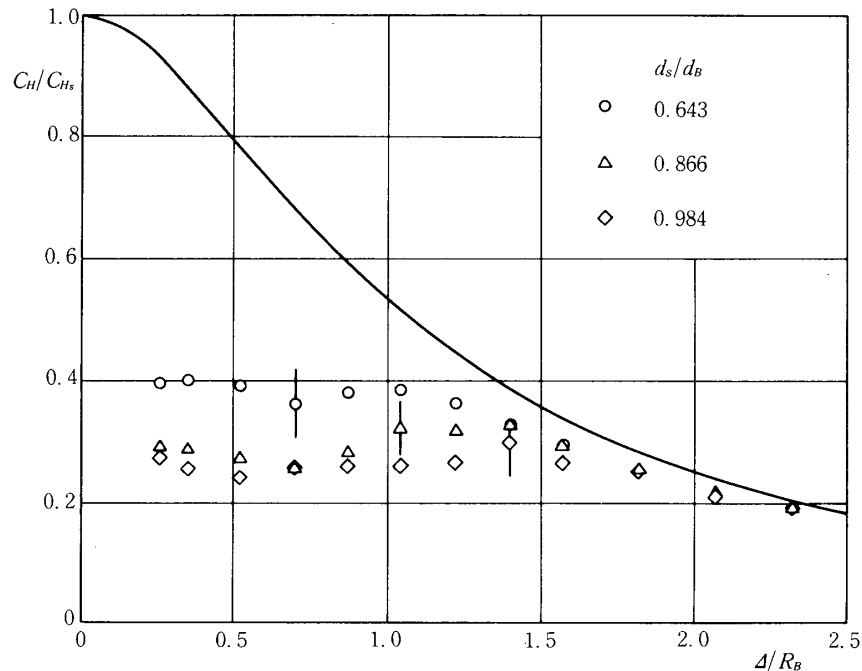


図 10 熱伝達分布に対する傘の面積効果

 $R_s/R_B = 1.0 \quad \Delta/R_B = 0.4, \quad t = 90 \text{ 秒}$

既に言及した如く、熱防禦板の効果は主として被遮蔽表面に限られるために、以後の熱防禦の議論は本体の半球頭部に限ることとする。図11は半球頭部に対する熱入力減少量を示している。但し、熱入力 Q は次式で定義されている。

$$Q = 2\pi R_B^2 \int_{\pi/12}^{\pi/2} q \sin \theta d\theta \quad (t = 90 \text{ 秒})$$

q は局所熱伝達率であり、傘の支持棒が存在するために模型の対称軸近傍の熱伝達率を評価し得ないので、積分の下限は $\theta = x/R_B = \pi/12$ にとつてあることに注意を要する。 Q_0 は傘なしの場合を意味し、熱入力減少量は $\Delta Q = Q_0 - Q$ で定義されている。 A_s 及び A_f はそれぞれ傘及び頭部半球の表面積を意味している。傘の面積を一定に保った場合、熱防禦量 ΔQ に対する離脱距離の影響は面積の大きさに依存して変化し単調ではないが、全体的な観点から $\Delta/R_B = 0.4$ が最適であり、この結果は図7から得られた最適離脱距離の有効性を熱防禦量の観点から再確認している。

一方、傘の離脱距離を一定に保った場合、 ΔQ は傘の面積増加と共に大きくなるが、その増加率は明らかに減少する。この結果は前述の面積効果に関する定性的な推論に定量的な裏付けを与えていると考えられ、傘の面積効率（単位面積当りの熱防禦量）を最大にする最適面

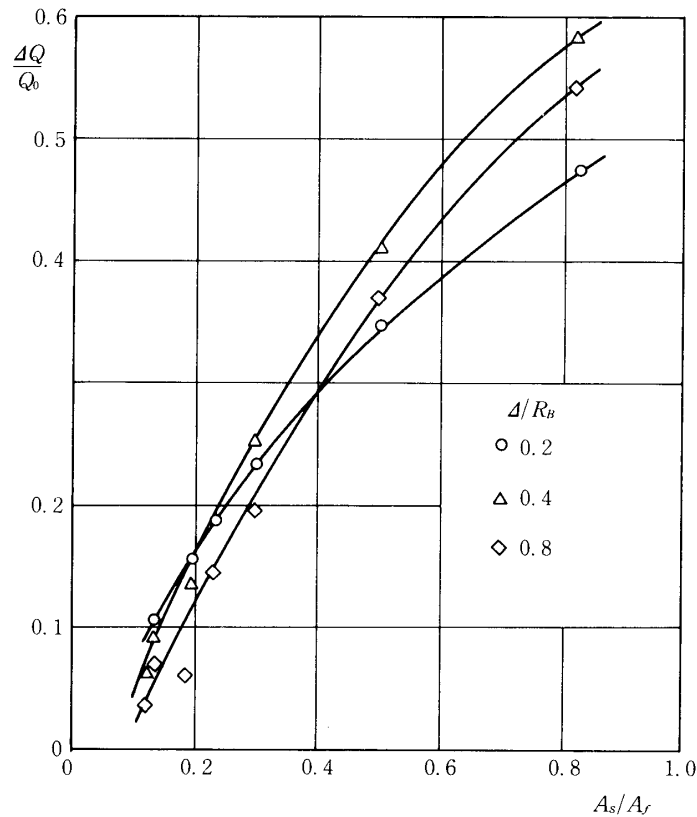


図 11 半球頭部に対する傘の熱防禦効果. $t = 90$ 秒

積が存在することを示唆している。図12は傘の面積効率 η を次式で定義し、これを最適離脱距離 $(\Delta/R_B)_{opt} = 0.4$ に対して求めた結果である。

$$\eta = \frac{\Delta Q}{Q_0} \frac{A_f}{A_s}$$

最大面積効率を与える最適面積は明らかに存在しており、それは $(A_s/A_f)_{opt} = 0.3$ である。また、これに対応する熱防禦量は $\Delta Q/Q_0 = 0.26$ である。

本体の前面淀点において冷却気体の集中吹き出しを行った場合と熱防禦板とに関し熱防禦効果を比較することは実用的な観点から興味がある。図13は冷却気体として常温の空気を使用した集中吹き出しの結果を本実験結果と比較した一例である。図中 C_μ 及び m は吹き出しの blowing momentum 係数及び mass flow ratio であり、それぞれ次式で定義されている。

$$C_\mu = \frac{\dot{m}_j V_j}{q_\infty A_f}, \quad m = \frac{p_j V_j}{\rho_\infty U_\infty}$$

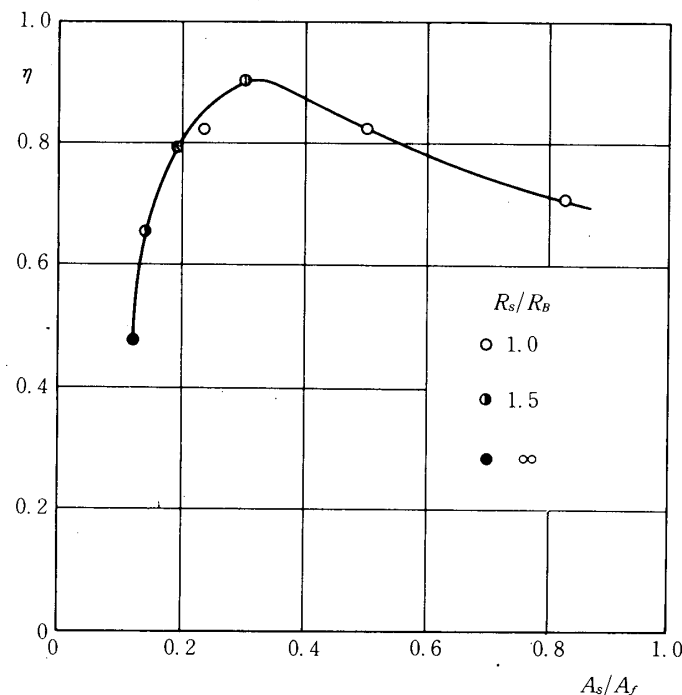


図 12 熱防禦に関する傘の面積効率
 $\Delta/R_B = 0.4$, $t = 90$ 秒

但し、 ρ_j , \dot{m}_j 及び V_j は吹き出し気体の密度、流量及び速度であり、 U_∞ 及び q_∞ は主流の速度及び動圧を意味している。

軸対称鈍頭物体の淀点における集中吹き出しは主流に対して小規模な逆噴射ジェットになっており、主流が物体表面に接近するのを妨げている。一方、ジェット流は下流において物体表面に再付着し、剥離ジェット流の内側には再循環領域が形成されている。このような流れ場は、その詳細な構造や細部に亘る相違は別にして、吹き出し孔と同程度の小面積を有する傘状熱防禦板が或る離脱距離で存在する場合と定性的に等価であり、この観点から考えれば、集中吹き出しの場合には表面温度は吹き出し孔の直近下流から急速に上昇することが予想され、図13に示した結果はそれを裏付けている。集中吹き出しの冷却効果の特徴は、淀点近傍よりはむしろ下流におけるフィルムクーリング効果が強調され、図13の結果もそれを明示している。即ち、集中吹き出しは物体表面の広範囲に亘ってその冷却効果を保持していることに注目すべきであり、この点に関しては傘状熱防禦板のそれと対照的である。

集中吹き出しと傘状熱防禦とではその冷却機構が異なるので冷却効果を直接比較することは困難である。そこで、本実験に使用した傘と同程度の熱防禦効果を与える流量に対する集中吹き出しの結果を図13に示してある。勿論、両者の温度分布は局所的に異なるけれども、全体としての冷却効果はほぼ同程度と看做することができる。注目すべき点は、吹き出しに対する C_μ 又は m の値が常識的に現実的であると考えられている値より 2 桁程度大きいことで

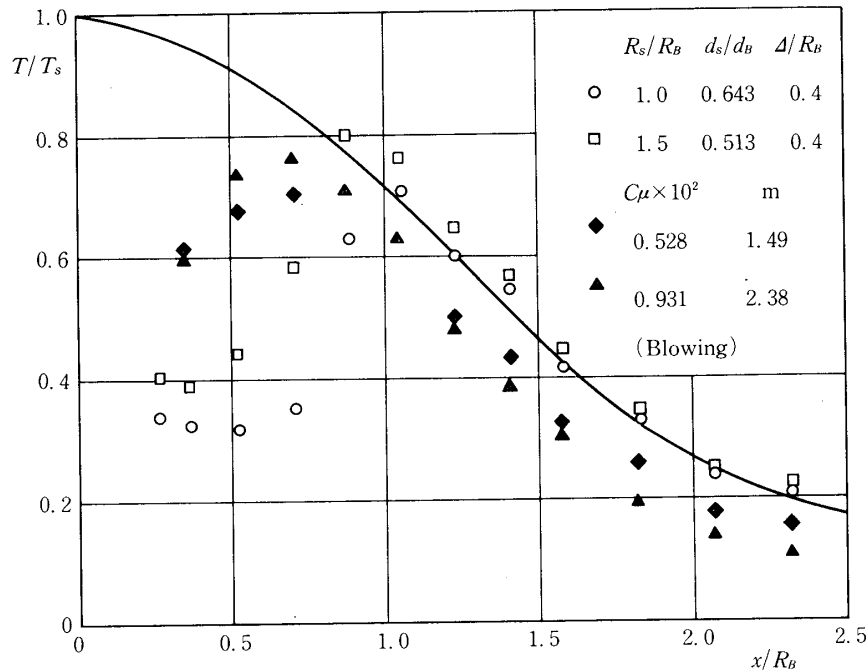


図13 熱防禦効果に関する傘と集中吹き出しとの比較. $t = 90$ 秒

ある. このような大流量の吹き出しを長時間可能にするような貯気槽を宇宙飛行体の内部に搭載することは, 体積の点に於ても, また圧力の点に於ても極めて非現実的であり不可能に近いと考えられる. 従って, 相対的な観点から傘状熱防禦板の方が好ましいと云う結論に達する. 然しながら, 傘状熱防禦板の冷却効果が主として本体の被遮蔽表面に限られると云う事実は, 傘状熱防禦板の実用可能性の期待に対しては極めて不満足な結果であり, この意味で, 集中吹き出しによるフィルムクーリング効果は捨て難い. 両者を併用した hybrid type の冷却機構の可能性を検討してみる価値があるかも知れない.

結 論

軸対称鈍頭物体の淀点から前方に突き出した傘状熱防禦板の冷却効果に関する実験的研究が極超音速風洞を用いて行われ, 本体の表面温度分布及び熱伝達特性に対する傘の面積, 離脱距離及び表面の曲率半径の効果を明らかにし, その空気力学的機構が検討された. 結果は以下の如く要約できる.

- 1) 傘の熱防禦効果は主として傘が直接遮蔽する本体表面部分 (被遮蔽表面) に限られ, 下流の露出表面には付加的冷却効果は殆んどない. この結果は, 集中吹き出しの場合と対称的である.
- 2) 傘の面積を一定に保った場合, 熱防禦効果を最大にする最適離脱距離が存在し, ($\Delta/\$

$R_B)_{opt} = 0.4$ である。この値は傘の面積や形状（曲率半径）には殆んど依存せず、ほぼ一定である。

- 3) 傘の表面曲率半径が本体頭部の曲率半径より大きくなると、傘の外縁で剥離した流れが本体表面に再付着する過程で生じる温度回復の overshoot が大きくなる。従って、熱防禦の観点からは、 $R_s / R_B = 1.0$ が好ましい。
- 4) 傘の面積効果に関しては、その面積効率を最大にする最適面積が存在し、 $(A_s / A_f)_{opt} = 0.3$ である。また、その際に得られる熱防禦量は本体の半球頭部に関して $\Delta Q / Q_0 = 0.26$ である。

1980 年 12 月 8 日 航空力学部

参 考 文 献

- [1] Hains, F.D., AIAA Jour., Vol. 8, No. 7, 1970.
- [2] Tompkins, S.S., Moss, J.N. and Pittman, C.M., NASA TN D-6220, 1971.
- [3] Clark, B.L., Jour. Heat Transfer, Vol. 94C, Nov., 1972.
- [4] Arai, N., Karashima, K. and Sato, K., AIAA Jour., Vol. 15, No. 11, 1977.
- [5] Arai, N. and Karashima, K., AIAA Jour., Vol. 17, No. 2, 1979.
- [6] Eckert, E.R.C., Schneider, P.J. and Hayday, A.A., Jet Propulsion, Vol. 28, No. 11, 1958.
- [7] Pappas, C.C. and Okuno, A.F., Jour. Aero/Space Sci., Vol. 27, No. 5, 1960.
- [8] Libby, P.A. and Pieruci, M., AIAA Jour., Vol. 2, No. 12, 1964.
- [9] Karashima, K. and Nakahashi, K., Heat Transfer Japanese Res., Vol. 8, No. 1, 1979.
- [10] Goldstein, R.J., Eckert, E.R.G., Tsou, F.K. and Haji-Sheikh, H., AIAA Jour., Vol. 4, No. 6, 1966.
- [11] Sellers, J.P., AIAA Jour., Vol. 1, No. 9, 1963.
- [12] Karashima, K., NASA TN D-5970, 1970.
- [13] Kubota, H. and Karashima, K., JSASS Transactions, Vol. 14, No. 26, 1971.
- [14] Karashima, K. and Sato, K., JSASS Transactions, Vol. 15, No. 28, 1972.
- [15] 辛島桂一, 佐藤 清, 楯 篤志, 東京大学宇宙航空研究所報告 第 16 卷 第 2 号 (A), 1980.