

風洞模型表面の流れの基本的可視化法

木綿ミシン糸 対 ミニタフト

Cotton Sawing Thread against Minituft

進藤 章二郎

Shojiro SHINDO

川田工業株式会社技術開発本部風洞試験室室長

風洞実験において模型周りの空気の流れを観察することは、模型に働く力やその分布を知るうえで有益です。ここでは風洞模型の表面における流れを可視化するために用いるタフトとオイルの使用法と注意事項について考えることにします。

この場合の可視化法では、可視化材自体が模型表面の流れの状態に影響を与えないことが必要条件となります。したがって、タフト材質やオイル粘性度の選択には十分注意し、また、模型が航空機の翼のような平面上の剝離状態を観察する場合には、模型姿勢の制御手順にも留意することが大切です。そして、常に空力特性データを観察しながら可視化実験を行います。

可視化材

この実験研究で用いた可視化材はタフトとオイルです。

(1) ミニタフト

古来タフトには通常絹糸が使用されてきましたが、刺繍糸あるいは毛糸のように太い材質の物が採用されたこともあります。いずれにしても、模型表面に貼付するので、タフト自体が模型表面の流れに変化をもたらすことは望ましくありません。したがって、タフトには、できるだけ細くて柔軟性に富み微風になびきやすく、軽くて

重力の影響を受けにくい材質が望ましいといえます。

以上の要求を満たしたタフト材として Crowder¹⁾は蛍光染色処理を施したナイロン単糸の使用を考案し、これをミニタフトと名付けました。このナイロン単糸の直径は0.02 mm, 0.05 mm, 0.15 mmの三種類があり、いずれも素材のままではほとんど観察できません。そこで、このナイロン単糸に蛍光染色処理を施し、実験中に紫外線を照射することによって観察を可能にしています。写真1は後退翼模型の迎え角が24度のときの、この方法による可視化写真です。ミニタフトが及ぼす空力的影響はほぼ無視できます。

(2) 白色木綿ミシン糸

タフトとしての必要条件をおおむね満たし、ミニタフトの代用材として白色木綿ミシン糸の使用を検証しました。この糸の直径は約0.15 mmで、肉眼でも観察可能で、しかも通常の室内撮影照明装置でも撮影できます。また、白色木綿糸は、紫外線に対しても蛍光反射性能が優れているので、ミニタフトと同様に紫外線撮影にも適しています。

写真2と写真3は、写真1と同じ模型の状態では白色ミシン糸を使用して、紫外線照明と汎用室内照明装置でそれぞれ撮影した映像です。この可視化材の場合は、通常

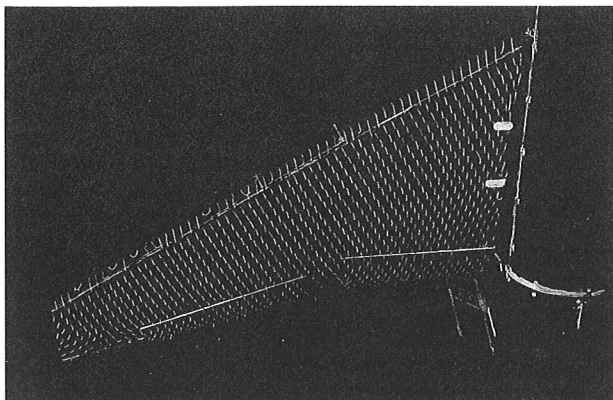


写真1 糊付けしたミニタフト，紫外線撮影，迎え角=24°

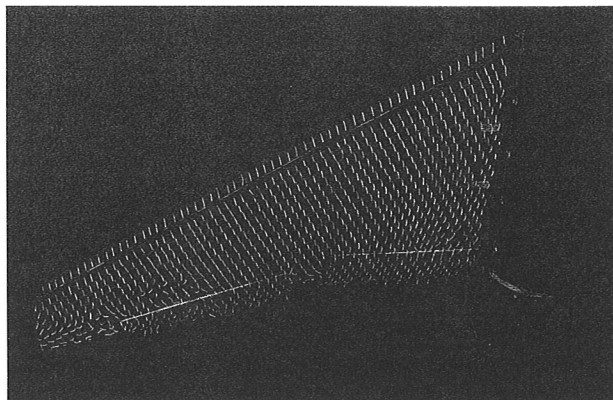


写真2 糊付けした木綿ミシン糸，紫外線撮影，迎え角=24°

表1 ミニタフトと木綿ミシン糸の
タフトとしての性能比較

	ミニタフト	木綿ミシン糸
流れに及ぼす空力的影響	ほぼ無視できる	多少有り
照明装置	紫外線	紫外線または汎用撮影用照明
販売元	Seattle(米国)の製造元	市販
価格	高価(長さ単位でミシン糸の約1000倍)	廉価

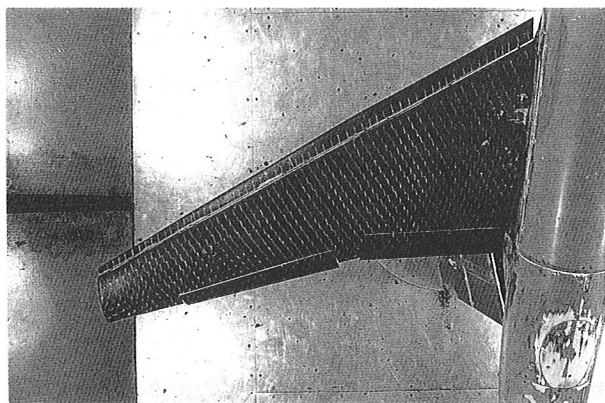


写真3 糊付けした木綿ミシン糸, 汎用室内照明, 迎え角=24°

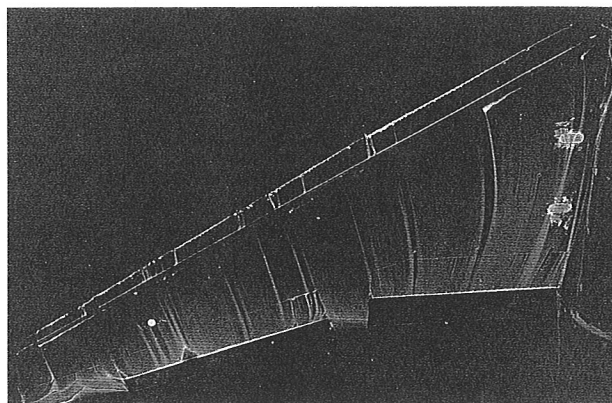


写真4 オイルによる可視化, 紫外線撮影, 迎え角=24°
 $C_L=2.8700$, $C_D=0.6000$

の室内照明装置を使って撮影することもできますが、写真3に見られるように模型の周辺および背景まで鮮明に写るので、やや目障りです。

(3) オイル

エンジン・オイル (40W) に油性蛍光染料を混合して紫外線に対する蛍光反射感度を高めたオイルを模型表面に塗付して、紫外線撮影した結果が写真4と写真5です。2枚とも、模型の迎え角は前の写真と同じ条件のときに撮影した映像ですが、写真4はオイルを塗付した後、低い迎え角で風洞運転を開始し、風速が目標風速の約80%ほどに上昇してから迎え角を所定の値 (24度) に移行し、風速が目標値に達したとき (揚力係数=2.8700, 抗力係数=0.6000) の流れの状態です。

一方、オイルを塗付してから迎え角を24度に設定し、その後に風洞運転を開始して風速を目標値まで上昇したとき (揚力係数=2.6000, 抗力係数=0.6378) の流れの状態を撮影したのが写真5です。翼端付近の剥離領域に大差がある、と同時に空力特性係数に約5%から10%の相違があることが分かりました。つまり、小レイノルズ数のときに剥離を伴った翼表面の流れは、低速風洞実験における大レイノルズ数にしても剥離状態は本来の姿に変遷しにくいことを示しているのです、実験手順に注意する必要があります。

模型と実験設備

この実験研究は University of Washington Aeronautical Laboratory の測定部高さ2.44 m, 幅3.44mの低速風洞で、Boeing 707と同タイプの大型民間輸送機の全機風洞模型を使用して行いました。また、すべてのデータは、空力平均翼弦0.327 mに基づくレイノルズ数が

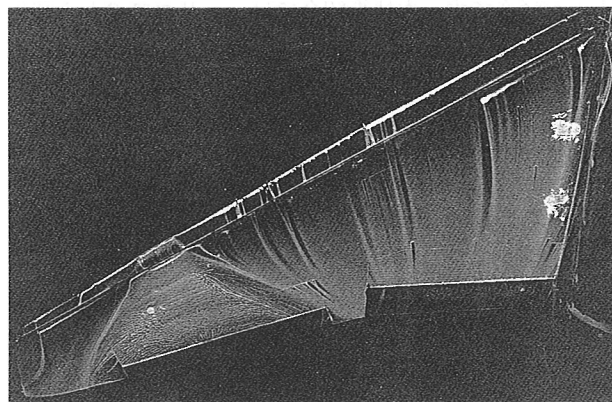


写真5 オイルによる可視化, 紫外線撮影, 迎え角=24°
 $C_L=2.6000$, $C_D=0.6378$

約 1.17×10^6 で収録した結果です。

なお、同風洞で矩型翼を用いた同様の実験研究の結果は、参考文献2)に記載されています。

あとがき

- ① 可視化材としての必要諸条件と経済的理由を考慮して、白色木綿ミシン糸は十分活用できます。
- ② 可視化実験中、空力特性データをモニタすることは大切です。
- ③ 可視化写真は、紫外線による撮影を行うと独創的な結果を求めることができます。

参考文献

- 1) Crowder, J. P. : Add Fluorescent Minitufts to the Aerodynamicist's Bag of Tricks, *AIAA Astronautics and Aeronautics*, November, 1980.
- 2) 進藤 章二郎: 低速風洞実験法, コロナ社, 東京, 1992年.