

UVライトを用いた可視化風洞試験の研究 (絹糸を用いた最適タフトの開発)

池田 大史¹・小澤 栄一郎¹・下妻 遼太郎¹・瀬戸 祐介¹・山野 正義¹
中村 慎悟²

¹第一工業大学 学部学生(Undergraduate) 航空工学科
²第一工業大学 教授(Professor) 航空工学科
(〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1-10-2)
E-mail:shingo-nakamura@daiichi-koudai.ac.jp

VISUALIZATION OF WIND-TUNNEL TEST USING ULTRAVIOLET LIGHT (THE STUDY OF THE OPTIMUM TUFT USING THE TRADITIONAL SILK)

Dep. of Aeronautics Eng., Daiichi Institute of Technology
Daishi Ikeda¹, Eiichiro Kozawa¹, Ryotaro Shimozuma¹, Yusuke Seto¹,
Masayoshi Yamano¹, Shingo NAKAMURA²

The visualization of the wind-tunnel test using the polyester tuft with the ultraviolet ray has been developed by Boeing company. We tried to develop the better tuft using the Japanese traditional silk, Kawamata Silk. We successfully developed the silk tuft which has better visibility and better traceability of the flow. We are going to open the result to Boeing Company and will continue to study to confirm its performance more.

Key Words: Low Speed Wind-tunnel, Test, Silk, Tuft, Ultraviolet.

1. はじめに

米国航空機メーカーであるボーイング社及び日本の国内航空機製造会社の低速風洞試験における可視化の一方法として、紫外線ライトを用いた気流糸(流れを感知する糸)による流れの可視化を行っている。

これは、ボーイング社が開発した手法で、気流糸を紫外線に反応する蛍光染料で染めると、紫外線をそれに照射した時に通常の糸よりもはるかに細い糸でも糸の動きを見ることができるために、糸を流れに入れることによって生じる流れのかく乱を最小限に抑えて流れの様子を見ることができる。

ボーイング社は、この糸をポリエステルを素材としたもので作成し、長年使用してきた。

本研究では、このポリエステル製の糸の代わりに日本の福島県川俣地区に伝統的に伝わってきた世界一細い川俣シルクを使用してボーイング社のものより感度の良い気流糸を開発することを試みた。

実際の航空機の主翼に取り付けた気流糸試験：



通常時



失速時

UVライトを用いた可視化風洞試験：



(写真:川崎重工業株式会社提供)

2. 風洞設備：

第一工業大学が所有する吹き出し口が1 m角のゲッチンゲン型風洞に上部から紫外線が照射できる照明を取り付けた。



3. 川俣シルクの気流糸：

通常のシルクは、髪の毛の直径の1/2である0.06 mmの太さを持つ。これに対し、川俣シルクは、髪の毛の1/3(0.04 mm)の太さとなっている。さらに、通常のシルクは強度を得るために、「撚り」をかけるが、それによって、やわらかさが失われてしまう。川俣シルクは、この撚りを極力抑えて、やわらかい肌触りを維持している。中でも、齋栄織物と言う会社は、特別に細い糸を吐く蚕を使用して髪の毛の1/6(0.02 mm)と言う世界で最も細い絹糸の作成に成功している。今回は齋栄織物殿が無償で提供してくれたこの絹糸を用いた。ボーイングが現在使用しているポリエステル製の気流糸(0.07 mm)と比較すると以下の効果が期待できる。

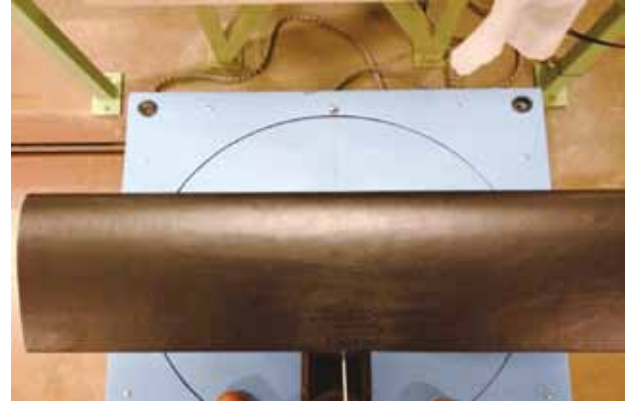
- (1) 細いので、気流糸の流れに対する影響がより少ない。
- (2) 「撚り」が少ないので、ポリエステルや他のシルクよりもしなやか。
- (3) 軽いので、上記のしなやかさと合わせて、流れに対する追従性が良い。
- (4) 生糸は1本の糸の中にさらに細い繊維が通っており、これによって糸に光を当てると乱反射し、独特の光沢を持つ。このことが気流糸としての視認性を高める。

4. 使用模型：

予備的な試験であることと費用節減のために過去に卒業生が卒業研究で使用した木製翼模型の表面を滑らかに加工して、視認性を良くするために黒いつや消し塗料を施した。

コード：200 mm

スパン：700 mm



風洞に設置した翼模型



5. 実験した気流糸：

- (1) ボーイングが使用している糸(紫外線染色)
 - (2) 少し太めの一般の絹糸(紫外線染色)
 - (3) 川俣シルク(紫外線染色(赤・黄)・染色なし)
- (2)の絹糸の製作及び全ての絹糸の染色は、鹿児島県工業技術センターの協力を得て行った。



赤と黄色の蛍光塗料に染められた川俣絹糸



ボーイングの糸



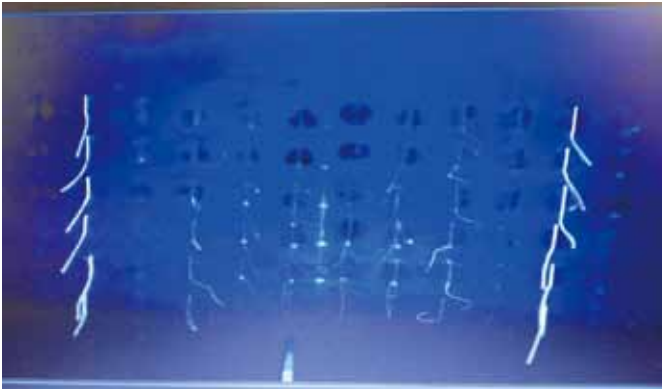
一般の絹糸(黄色)と川俣絹糸(赤)の比較

6. 無風時の視認性：

風がなく動きのない糸の視認性は、以下の順で良かった。

- ① 一般の絹糸(黄色に染色)
- ② ボーイングの糸(黄色に染色)
- ③ 川俣絹糸(赤色に染色)
- ④ 川俣絹糸(黄色に染色)
- ⑤ 川俣絹糸(染色なし(白))

以下に示した写真写りと目視結果は若干異なる。



無風時の各糸の視認性(紫外線下)

外側から、⑤、①、③、②、④(セロテープ)、④
左半分のテープ形状はハート型・右半分は丸型
(無風時はテープの形状も厚みも視認性には関係ない)

7. 送風時の視認性：

30 m/s の風を翼模型に当てた時の動いている糸の視認性は、以下の順で良かった。

- ①一般の絹糸(黄色に染色)
- ②ボーイングの糸(黄色に染色)
- ③川俣絹糸(黄色に染色)
- ④川俣絹糸(赤色に染色)
- ⑤川俣絹糸(染色なし(白))

但し、糸の挙動は、①・②・③～⑤で異なっていた。
①は糸の太さが流れを乱していると考えられた。
②・③～⑤はあまり大きな差はなかったが、川俣絹糸は、良く見るとテープの厚みと形状の影響を感知していた。



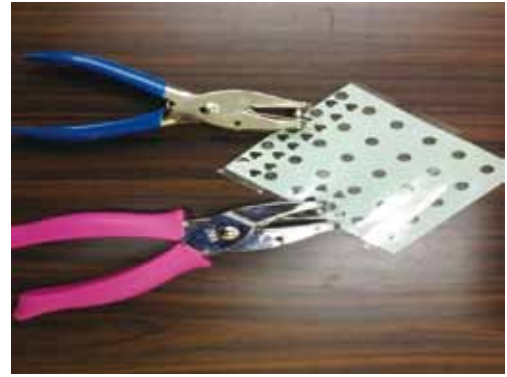
送風時の各糸の視認性(紫外線下)

8. 気流糸を固定するテープの厚みと形状：

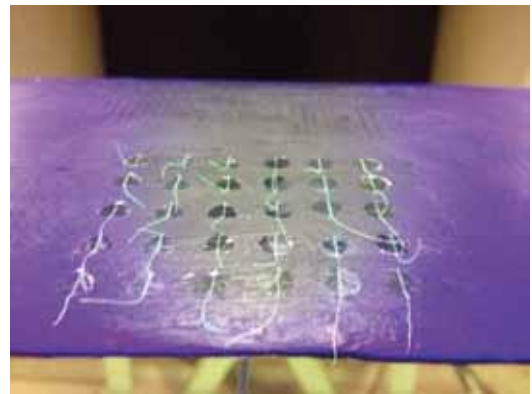
上記の送風時の視認性の実験で、川俣絹糸(黄色に染色)を市販のセロテープ(厚い)で止めたものと薄いテープで止めたものの挙動(揺れ方)がわずかに異なるので、全て同じ川俣絹糸(黄色に染色)を用いて以下の3種類のテープで固定して、さらに詳細にテープの厚みと形状の影響を調べた。

- ①市販のセロテープ
- ②0.016mm厚のポリエステルフィルムにアクリル接着剤を使用したテープ(3M社製)
- ③0.002mm弱厚のポリエステルフィルムにアクリル接着剤を使用したテープ(シバタSESCO社製)

テープの形状は、市販のファイリング用穴あけパンチの丸とハート型の物を使用した。



一つ穴パンチと切り取った形状



テープの影響実験の翼(紫外線下)
(左半分がハート型、右半分が丸型でそれぞれ外側から①・②・③)

9. 今回の研究の結論：

- (1)川俣シルクの無風時と送風時の視認性は、ボーイング社が使用しているポリエステルのもものと比較して遜色なく、十分に実用化できるものである。
- (2)川俣シルクの送風時の挙動は、ボーイング社が使用しているポリエステルのもものと比較して、感度が良く、気流糸を模型に貼り付けるテープの厚みや形状の差を感知できた。

10. 今後の課題：

- (1)今回使用した模型は、実験結果を断定できるだけの精度を有していたとは考えられないが、定性的な傾向(上記9.(1)及び(2)項)は把握できたと考える。今後は、精度の高い模型を用いて、さらに詳細な実験を行う必要がある。
- (2)この種の実験経験が豊富なボーイング社にこの結果を報告し、さらに詳細に確認する実験方法を議論したい。
(ボーイングの気流糸はボーイング社が無償で提供してくれたものである)
- (3)気流糸を固定するテープの厚みと形状を川俣シルクの気流糸が感知することは当初の想定外であった。今後は、テープ面積と形状をパラメータにして、さらに影響を確認する必要がある。
- (4)今回の実験では、静電気の影響は考慮しなかったが、静電気の影響についても実験で明らかにしたい。
- (5)上記の課題を解決した後に、実際の航空機等の模型を使って、流れの可視化による物理現象の把握を行いたい。