



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



Active制御によるラジコン機主翼の低速空力特性改善

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター 公開日: 2016-04-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 上田, 祐土, 田中, 清隆, 高木, 正平 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008815

Active 制御によるラジコン機主翼の低速空力特性改善

- 上田 祐士 (航空宇宙システム工学専攻 M1)
- 田中 清隆 (機械航空創造系学科 4年)
- 高木 正平 (航空宇宙機システム研究センター 教授)

1. 研究背景および目的

現行の小型無人機は予期せぬ突発的な外乱に対しての安全飛行の対策が十分とは言い難い。汎用ラジコン機の主翼前縁近傍の境界層は層流であり、対気流角の急変により翼上面の流れが大規模に剥離しやすく、失速して墜落の危険に晒される。従来の剥離制御技術は強靱性、小型化、省電力化など克服すべき問題を抱える。ロバスト性を有し、必要な時のみ流れを制御できるような Active 制御機構が求められている。

本研究の最終目的は、ラジコン飛行機の失速を検知し、必要に応じて境界層を乱流化させ失速回復させる Active 制御手法を考案し、それらを実装して飛行実証することである。今年度、「VG (Vortex generator)を用いた強制乱流化制御」と「ジェット吹き出しによる境界層制御」の2つの手法を考案し、それらの有効性を確認するため本学の水平回流式低速風洞を用いて風洞実験を行った成果を報告する。

2. 逆流計測技術の開発

熱線風速計では剥離の大きさを計測できないことから、翼表面の流れの方向を検出できる逆流検出器を新たに開発した。基本原理は、3本のタングステン線を流れ方向に0.65mm 間隔で配置し、中央のタングステン線を定温度型熱線風速計(CTA)として作動させ、その前後のタングステン線で中央の熱線の温度ウエーク(熱タフト)を検出するものである。従って、この検出計は局所的な瞬間速度とその方向を同時に診断できる。この検出計のセンサー部を図1に、増幅回路を図2に示す。周波数応答は約200Hzである。

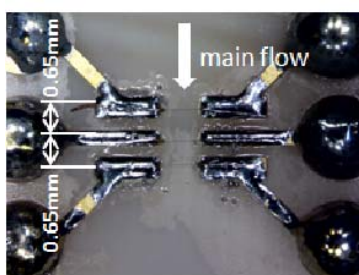


図1 逆流検出器拡大図

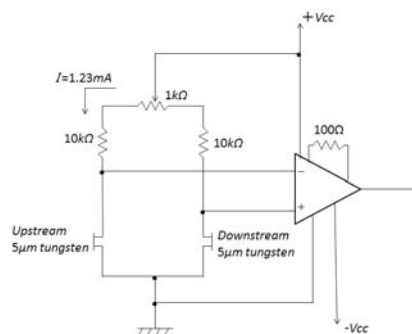


図2 逆流検出器の回路

3. ボルテックスジェネレーター (VG) を用いた Active 制御

3.1 翼模型諸元

図3は、この実証実験で使用した翼模型の外観と翼断面形状で、翼弦長170mm、翼幅300mm、翼弦長に基づくRe数は 2.0×10^5 である。VGは0.5mm厚のアルミ板で製作し、翼弦長の30%位置に40mm間隔で6つ取り付けられている。VGの形状や寸法については図4の通りである。VGの高さはその位置

での境界層厚さを考慮して4mmとした。最後に表面をラッピングフィルムで仕上げた。

また、図5は翼模型内部の構造を示している。VGの制御機構としては、ラジコン機などに多く使用されているサーボモータを駆動源とし、ピアノ線を介してねじで回転支持されたVGを外部信号で制御でき、VGが主流に対して約 $\pm 30^\circ$ 回転する往復運動を実現した。これにより、必要な時のみ外部からVGを作動させるActive制御が可能となった。また、VGを往復運動させることによる剥離遅延効果を確認するため、本実験では、約2.5Hzの周波数でVGを往復運動させ計測を行った。

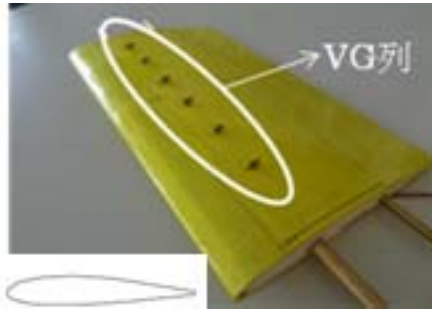


図3 翼模型外観・翼断面形状

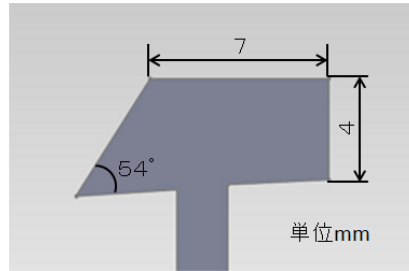


図4 VG形状・寸法

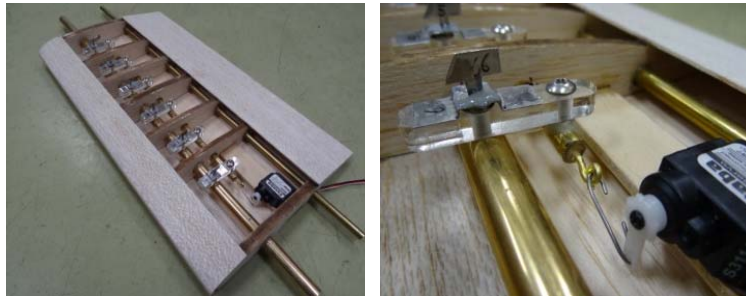


図5 翼模型内部とリンク構造

3.2 タフト法による可視化結果

翼上面流れの様子をタフト法で可視化し、今回使用した模型の失速迎角は 18° であると断定した。そこで、迎角 18° の条件で、80%翼弦位置に貼り付けたタフトによる流れの可視化結果を図6および図7に示す。図6はVGが作動していない場合、図7はVGを左右に往復運動させた場合の可視化結果である。2つの結果より、VGが作動していない場合は翼上面流れが逆流となっているが、VGを往復運動させると逆流から順流に転じた。また、VGに約 30° の角度を与えて定常計測を行った場合については、タフト法による可視化で明確な逆流低減効果を確認することができなかった。



図6 流れの可視化(VG 0°)

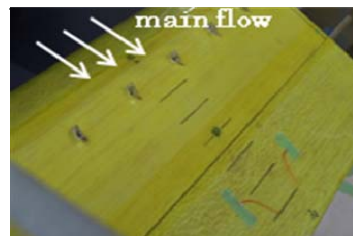


図7 流れの可視化(VG往復運動)

3.3 逆流検出器計測結果

図8は、可視化実験と同じ条件・位置で逆流計測を行った結果である。青いグラフは中央熱線に接続さ

れている CTA 出力(左軸)、赤、緑、黄のグラフが熱タフト出力(右軸)を示している。熱タフト出力が正であれば流れが順流であり、負であれば逆流であることを示し、黒い線がその境界である 0V を表している。

VG を作動させない場合と 30° に固定した場合、共に熱タフト出力は負の値を示しており、流れは逆流であることが分かる。しかし、VG を 30° に固定した場合の出力はわずかに正方向に転移しており、逆流低減効果が見られる。さらに、VG を往復運動させた場合、熱タフト出力は正の値を示しており、逆流から順流に転じていることが分かる。絹糸を用いたタフト法による可視化結果を定量的に裏付けることができた。

以上の結果より、VG を往復運動させて剥離を抑制する Active 制御技術の有効性を確認することができた。

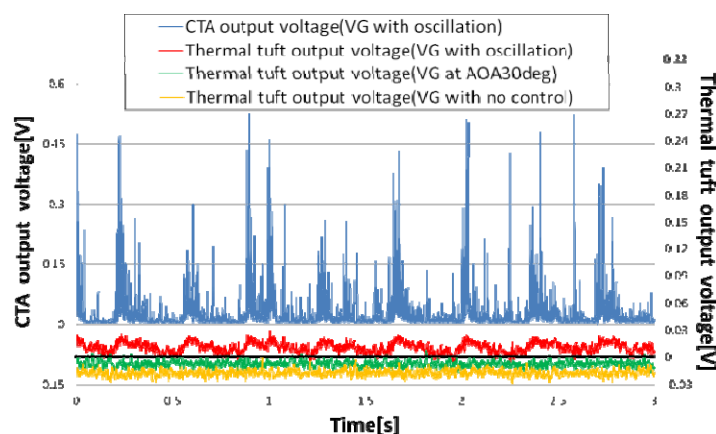


図 8 逆流検出器計測結果

4. ジェット吹き出しによる境界層制御

4.1 翼模型諸元

ジェット吹き出しによる境界層制御の方法として、本実験では図 9 に示すような翼模型を用い、翼前縁に設けた孔列からのジェット吹き出しを行った。翼前縁からのジェット吹き出しによる境界層制御は、過去の研究¹⁾から少ない流量で有用な効果を得られるということが分かっており、ラジコン飛行機に高圧空気を搭載する際の軽量化につながる事が期待できる。また、この手法の大きな利点として、現行のボルトテックスジェネレータとは異なり、ジェット ON/OFF の切り替えで必要時にのみ剥離制御を行える。

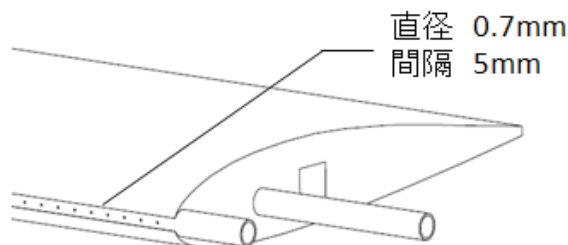


図 9 翼前縁に設けた孔列

4.2 実験条件

本実験では、ラジコン機の飛行速度を考慮して一様流速度を約 18m/s とし、この時失速が起こる迎角 18° に設定した。また、翼弦長 50% 付近の翼上面境界層速度分布計測から最適な吹き出し条件を探し

出した。その結果、最も効果が現れた吹き出し量 20[L/min]の下で、周期的吹き出し法の結果を以下に示す。

4.3 剥離抑制効果

迎角 18° 、翼弦長 50%付近における逆流検出計の出力結果を図 10 および図 11 に示す。図 10 は周期的吹き出し 1[Hz]の場合、図 11 は 5[Hz]の場合である。赤い波形は逆流検出器の出力であり、青い波形は熱線風速計の波形である。また、緑色の波形は無風時の逆流検出器の波形を示しており、黒い線は赤い波形の平均を表している。この結果より、黒い線が緑色の線より上になれば順流、下になれば逆流を示すことになる。

これより、周期的吹き出し 5[Hz]のとき、最もその効果が現れている。また、各図の赤い波形のピークをみても、周期的吹き出しが 5[Hz]のとき、最も高くなっていることから、より強い順流が生じているということが明らかである。よって周期的吹き出し 5[Hz]が最も効果的であると言える。

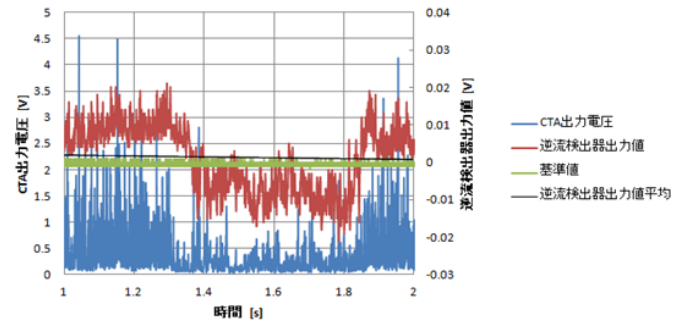


図 10 周期的吹き出し 1[Hz]

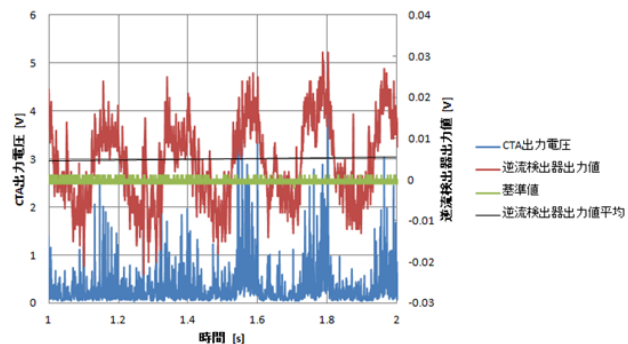


図 11 周期的吹き出し 5[Hz]

5. 結言

失速による剥離抑制するための 2 つの異なる Active 制御法を提案した。VG を往復振動させることで前縁近傍失速が起こる迎角 18° において、翼弦長 80%まで効果が現れた。また、ジェット吹き出しでは翼弦長の 50%付近まで効果が現れた。どちらの方法も翼上面流れの剥離に対して効果的であるということがわかり、今後さらなる風洞での検証の後、ラジコン機に実装し飛行実験を行う予定である。現在はラジコン機に搭載する各種機器の選定、計測システムの構築を行っているところである。

参考文献

- 1) Phil Kreth, Farrukh Alvi, Vikas Kumar, and Rajan Kumar. "Microjet Based Active Flow Control on a Fixed Wing UAV". AIAA 2010-1260.