

第26回衛星設計コンテスト

アイデア概要説明書

応募区分 ジュニアの部

1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内） タイタン探査飛行機翼の研究			
作品名 副題（これは公式文書では省略する場合があります） ～タイタンから金星、そして火星へ～			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	伊藤武龍 (イトウタケシ)	東京都立科学技術高等学校 科学技術科	3年
代表者(副)	森川靖滉 (モリカワヤスヒロ)	東京都立科学技術高等学校 科学技術科	3年
メンバ1	井上輝一 (イノウエキイチ)	東京都立科学技術高等学校 科学技術科	3年
メンバ2	新井美希 (アライミキ)	東京都立科学技術高等学校 科学技術科	2年
メンバ3	浅田賀久 (アサダガク)	東京都立科学技術高等学校 科学技術科	2年
メンバ4	大野雷 (オオノアズマ)	東京都立科学技術高等学校 科学技術科	2年

2. アイデアの概要（プレスリリース等で使用するのので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

昨今、NASA や JAXA 等で火星探査飛行機の研究が行われている。火星以外でも惑星探査は進んでおり、低速、低高度、広範囲の探査ができる探査飛行機の役割は重要になると考える。そこで、飛行可能な条件が揃っているタイタンに着目し探査飛行機の研究を行った。研究では、探査機に求められる小型で軽量、低速で安定した飛行を行うため、マグヌス効果を利用した翼の製作、実験を行った。今後は今研究を足がかりに、金星、火星へと条件が異なる環境に適応できる探査飛行機の実現をめざす。

3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的（今回考えたアイデアを何に利用するか等）

宇宙探査が活発化する中で、火星地表での調査が進んでおり生物生息の可能性を発見し、更に様々なことが明らかになりつつある。しかし現存する探査方法では広範囲を調査ができない。そのため、新たな探査方法の一つとして探査飛行機の研究及び開発が進められている。しかし火星で探査飛行機を運用するには多くの課題が存在しており、火星以外の惑星での探査飛行機の運用も未だ達成されていない。

そこで、火星探査の前段として飛行が可能と考えられるタイタンで探査飛行機を運用し探査機に必要な情報を収集し火星を含む惑星探査飛行機の運用を目指すことにした。探査飛行機は、ロケットに搭載することから小型で軽量、また過酷な環境下で低速で安定した飛行が求められる。そこで、翼面積を小さくしても高い揚力を得るため、マグヌス効果に着目しマグヌス機構を取り込んだ主翼の有用性や活用法について研究を行った。

(b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由、他にない技術など)

タイタンでは地球に比べ重力が約 1/7、飛行機が揚力を得るために必要な大気密度が地球に比べ地表では約 1.5 倍である。ここで揚力の公式は、

$$\text{揚力}(F) = 1/2 \times \text{大気密度}(\rho) \times \text{飛行速度}^2(V^2) \times \text{翼面積}(A) \times \text{揚力係数}(C_L)$$

で求めることができる。タイタンの環境を考慮すると、地球に比べ揚力が約 1/10 倍で飛行可能である。そのため翼面積を 1/10、または飛行速度を約 1/3 にしても飛行が可能となる。また、火星では地球に比べ重力が約 1/3、飛行機が揚力を得るために必要な大気密度が地球に比べ約 1/100 である。火星の環境を考慮すると、地球に比べ約 33 倍の揚力が必要であることが分かる。よって、翼面積を 33 倍にするか、飛行速度を約 5.8 倍にすれば飛行が可能となる。以上より、それぞれの環境で探査飛行機の大きさや飛行速度が異なるが、探査機に求められる小型で軽量、低速で安定した飛行を実現するには、更なる

揚力の向上が得られる仕組みが必要となる。この課題を解決する一つの方法としてマグナス効果を利用することが考えられる。また、この技術は、探査飛行機の運用だけではなく地球の航空機に応用すれば今までよりもはるかに多くの人や物資を運ぶことや省エネが可能になる。

そこで、更なる揚力向上を目指しマグナス効果を活用した翼について研究を行うこととした。マグナス効果とは、回転体が空気の粘性を引っ張ることによって、回転体の上部と下部に圧力差が生じ垂直な力を得る効果のことで、私たちはマグナス効果を生じさせるマグナス機構を翼に組み込んだ独自のマグナス翼を製作し、機構の無い通常翼との比較を行った。

4. アイデアの概要

※ミッション全体の構成・ミッション機器の形状・質量・機能・運用軌道など、図を使用するなどして分かりやすく説明して下さい。

I. マグナス翼の効果の仮説・製作

翼の上面では流速が早くなり圧力が低くなり、下面では流速が遅くなり圧力が高くなる。その圧力差によって揚力が発生している。

さらに揚力を得るために図1のようなマグナス機構を翼内部に取り付けることで、通常翼よりも上面で流速が早くなり圧力は低下し、また下面では流速が遅くなることで圧力を高めることができ揚力が向上すると仮説を立てた。

仮説を証明するために、図2のマグナス効果実験翼を製作し、風洞実験を行った。マグナス機構を搭載するためにマグナス効果実験翼には、翼厚の大きいEPPLER-654を選定した。

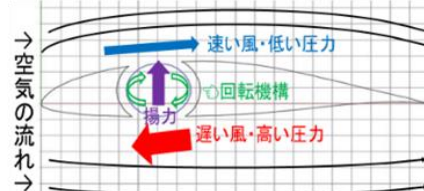


図1 マグナス効果の仕組み



図2 マグナス効果実験翼

II. 風洞実験

風洞実験は、自作した図3の装置を用いて、揚力と抗力の2つデータの計測を行った。揚力は電子天秤の上に実験翼を載せ、表示される値を0に設定する。実験では揚力が発生すると電子天秤にマイナスで表示される。この値をパソコンで自動で記録しデータとした。抗力の測定は製作した専用ケース内に入れたデジタル式のフォースゲージに表示されるモーメントの値をデータにした。

マグナス機構の回転数は安定化電源を用いて一定の回転数になるように調整し、1000rpm、2000rpm、3000rpm、4000rpm、また比較のため同じ翼型でマグナス機構のないものも用意した。この翼のデータは通常翼として扱った。データは一迎角あたり50回記録しその平均をその迎角の値とした。

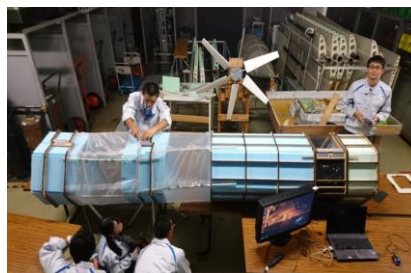


図3 風洞実験装置

III. ジャイロトルク実験

ジャイロトルク実験は回転機構が角運動量を持つことで発生するジャイロトルクの大きさを計測し、機体運用の際の頭下・頭上げモーメントがどの程度発生しているか確認する目的で行った。図4のように実験翼と電子天秤を配置し、電子天秤の表示の値を0に設定後、マグナス機構を回転させ、5回/秒 合計550回データを記録し、その平均値を各回転数のジャイロトルクとした。



図4 ジャイロトルク測定装置

IV. タイタン探査飛行機モックアップ

モックアップ製作の目的は強度や重量、構造などを確認し、マグナス効果翼を用いた探査飛行機の運用が実現可能かを検証するためのものだ。図5はモックアップ1号機で翼幅は約3m、機体全長は約1m骨組み部は木材を使用し、表面にはスチレンペーパーを用いた。実際の運用を考えると全体的に大きくなってしまっ

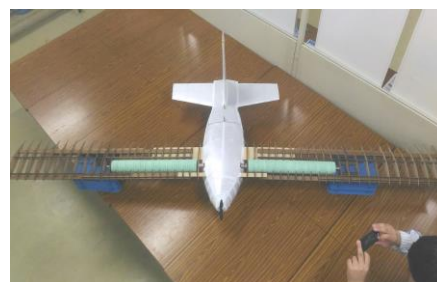


図5 モックアップ1号機

たため主翼の半分で分割できるような仕組みをとした。モックアップ1号機のは木材で大きな機体を製作したため全体重量が想定よりも大きくなり、飛行実験まで行うことができなかった。そこで、モックアップ2号機では骨組み部にはスタイロフォームを使用し全体的な軽量化を目指した。

現在、胴体部分の骨組みが組みあがっており今後主翼部や回転機構の製作・取り付けを行い、飛行実験を実施する。また、ロケットに搭載するために、主翼をお折り畳みができる機能について検討を進める。



図6 モックアップ2号機骨組み

5. 得られる成果

※宇宙で利用することにより、どのような効果があるかなど。

風洞実験結果・考察

風洞実験で得られた揚力と揚抗比のデータを用いて比較検討する。各グラフの縦軸は揚力及び揚抗比を表しており、横軸は迎角を表している。グラフの線の色は白色が通常翼、赤色が1000rpm、緑色が2000rpm、桃色が3000rpm、橙色が4000rpmを表している。

揚力のグラフからマグナス効果実験翼の全回転数及び全迎角において、通常翼の数値を上回っていることからマグナス効果実験翼は通常翼よりも揚力を発生させていることがわかる。特に2000rpmのときが最も高くなっており、通常翼に比べ約140%の揚力を生み出した。

一方で揚抗比のグラフは通常翼と2000rpmがほぼ同じ値となっており、4000rpmは通常翼に比べ約130%の揚抗比になっていた。

以上の結果からマグナス効果実験翼は、通常翼よりも効果があることが分かった。揚力と揚抗比で最も効果があった翼が異なる回転数だったのは、抗力が4000rpmのときの方が低かったことが原因だと考えられる。回転数と抗力については今後検証をしていく予定だ。

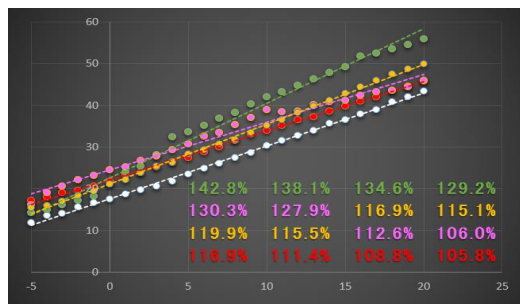


図7 揚力結果のグラフ

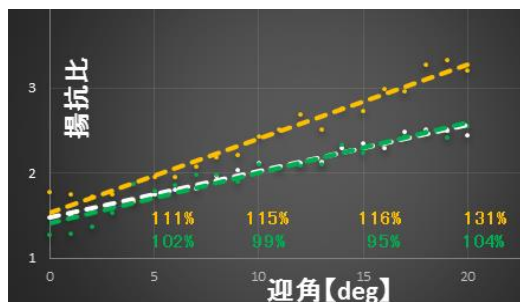


図8 算出した揚抗比のグラフ

6. 主張したい独創性または社会的な効果

※「ここは新しいアイデアである」という部分や、このアイデアによって世の中のここに役立つなど、特に主張したい箇所。

私たちが主張したいのは、将来火星探査飛行機を実現させるために揚力の向上についてマグナス効果を利用した翼の研究である。マグナス効果を生じさせる機構を翼内部に組み込み飛行した機体の事例は、私たちの調べでは記録されておらず、実現すれば世界初の実例となる。私たちは今回の実験でマグナス機構を内蔵した翼の効果を確認することができた。マグナス翼が運用可能かを確認するためのモックアップ製作も進み、間もなく飛行実験を行う予定である。飛行実験を通してマグナス翼を用いた機体の飛行データを収集・検討し、実際に運用が可能か検証を行う。

マグナス翼のような揚力を上昇させる方法が確立され、探査飛行機が実用化されることで、惑星や火星の新たな情報がわかるだけでなく、人類の新たな居住地としての火星の開拓が進むことも考えられる。また、この技術は火星探査だけでなく地球環境でも役立てることができる。近年、地球温暖化の影響で大気密度が小さくなりつつある。その影響から、アメリカなどで40℃を超えるような地域では従来の乗客数から人数を減らして運航している旅客機もある。揚力を上昇させることができれば、そのような環境の地域でも今まで通りに旅客機を運航させることが可能になる。惑星や火星環境だけでなく地球においても活用することができる技術である。

以上