

## 第27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）<br>タイタン探査飛行を実現する飛行機翼 |
| 副題（自由記入）<br>マグナスローターとウィングレットの利用  |
| 学校名<br>東京都立科学技術高等学校              |

#### 2. ミッションの概要（プレスリリース等で使用するので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

私たちは、タイタン地表の広範囲で詳細な探査を可能とする探査飛行機を実現するため、マグナス効果とウィングレットを組み合わせた飛行機翼を考案した。これら二つを飛行機翼に組み込むことで「低速かつ安定した飛行」が実現できると考えた。そこで私たちは、飛行機翼の模型を設計・製作し、風洞実験にてその性能を検証した結果、この飛行機翼は、通常翼よりも約1.34倍の揚力を発生させられることがわかった。

#### 3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

##### (a) 目的

タイタンは、NASAの探査衛星カッシーニおよびホイヘンス（1997年打上げ、2004年12月24日放出）が収集したデータによって生命が存在する可能性が示唆されており、研究価値の高い惑星として知られている。ホイヘンスによる探査では大気の組成・風速・気温・気圧に関する探査が行われたものの、地表を詳しく探査することはできていない。地表を探査するには、広範囲を低速で探査できる技術が必要となるが、未だ実用化されていない。

こうした探査を実現する技術として、本研究は探査飛行機に着目した。探査飛行機は惑星の大気や地表を同時に探査できる技術として近年着目されており、さらにタイタンの厚い大気の層や地表の石・氷塊などに影響を受けないためローバーや探査衛星よりも効率のよい探査が可能である。しかし探査飛行機での探査はいまだ実現されておらず、技術的に改善が求められる課題が多い。

一連の技術的課題のうち本研究では、低速かつ安定した飛行の実現に焦点を当てた。高速飛行では詳細な観測データを取ることが困難である。低速かつ安定した飛行が実現できれば、タイタンの広範囲にわたる地表や生命探査の実現に一步近づくと考えられる。低速かつ安定した飛行の実現のため、本研究では、マグナスローターとウィングレットを組み込んだ飛行機翼を開発し、風洞実験にて検証した。

##### (b) 重要性・技術的意義等

惑星探査飛行機は、JAXAが火星探査飛行機の開発を進めているものの、地球大気圏内での飛行実験にとどまっており、現在までに地球外惑星で探査飛行機が運用された例はない。

また、マグナス効果を飛行機に応用した事例として、関西電力が2006年に出願した特許「複合マグナス翼」がある。しかし、マグナスローターとウィングレットを組み込んだ翼をもつ飛行機が実用化された例はない。マグナスローター及びウィングレットを組み込んだ翼の実用性が検証できれば、タイタンでの生命探査の実現や、地球大気圏内で運用される飛行機の性能向上につながると考えられる。

#### 4. アイデアの概要

##### 1. 機体設計のポイント

タイタン大気圏内で低速かつ安定した飛行を実現するため、以下4点をふまえて機体を設計した。

(1) H3 ロケットへの搭載を想定

安価で安定した打ち上げが可能とされている H3 ロケットを打ち上げに用いることを想定した。H3 ロケットに搭載できる最大サイズを約 2000kg、高さ 1000mm、幅 1500mm と設定し、特に高さとの基準に合うモックアップを設計した。

## (2) 翼構造の設計変更

昨年作成したモックアップ（東京都立科学技術高校(2018)）では翼が自重によりしなりすぎてしまった。この問題を解決するため、本体と翼の接合部に補強を入れ、翼の強度向上を図った。

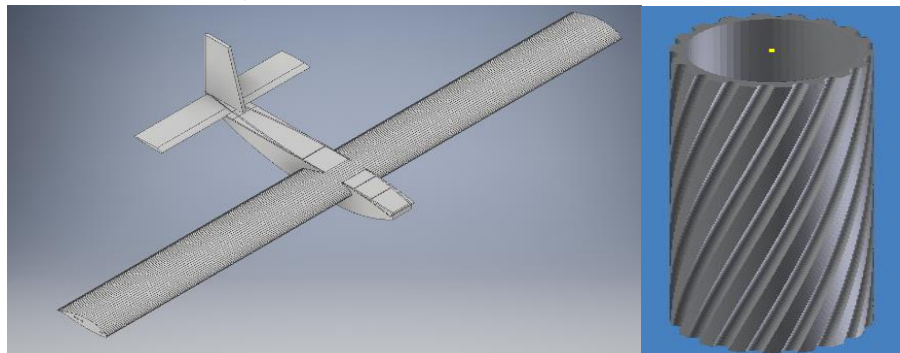


図 1. モックアップとマグナスローターの 3D 図面



図 2. 後退角の定義

前回のモックアップで課題となった自重による翼のしなりでローターが折れることを防ぐためにモーターとローターとの接合部にユニバーサルジョイントを取り入れた。

## (3) マグナスローターとウィングレットを組み合わせた主翼

昨年の実験結果（東京都立科学技術高校(2018)）より、飛行機の翼にマグナスローターを組み込むことで、通常翼に比べて大きい揚力を生み出せることがわかっている。また、Jost(2012)は、回転体にエンドプレートを取り付けると揚力が 2 倍に増加すると指摘している。そこで、私たちは、既存の飛行機に搭載されているウィングレットをマグナスローターと併用すれば、エンドプレートと似た効果が得られ、揚力を向上させることができると考えた。ウィングレットは、空気抵抗および翼端渦を抑制する効果も見込める。そのため、モックアップ製作時にウィングレットを翼端に取り付けた。

## (4) 折り畳み式の主翼

今回作成したモックアップでは想定している 1500mm には収まらなかった。そこで私たちは、翼を途中で折りたたむ機構を入れることにした。折り畳み機構を実現するには、マグナスローターを片翼 2 本ずつに分割する必要があるため、これを想定してモックアップを設計した。

## 2. マグナス効果とウィングレットの実験

使用器具：風洞実験装置、電子天秤、パソコン、実験翼

### (1) ウィングレットの実験

予備実験（水平投射）で結果が良かったウィングレット（後退角がそれぞれ 0 度、30 度、45 度、60 度）を取り付けた実験翼を作成した。風洞実験装置を用いて実験を行いウィングレットの有無や後退角の違いによる揚力の差を約 2 分間で 1000 データ分記録、これを計 5 回行いその平均を算出した。

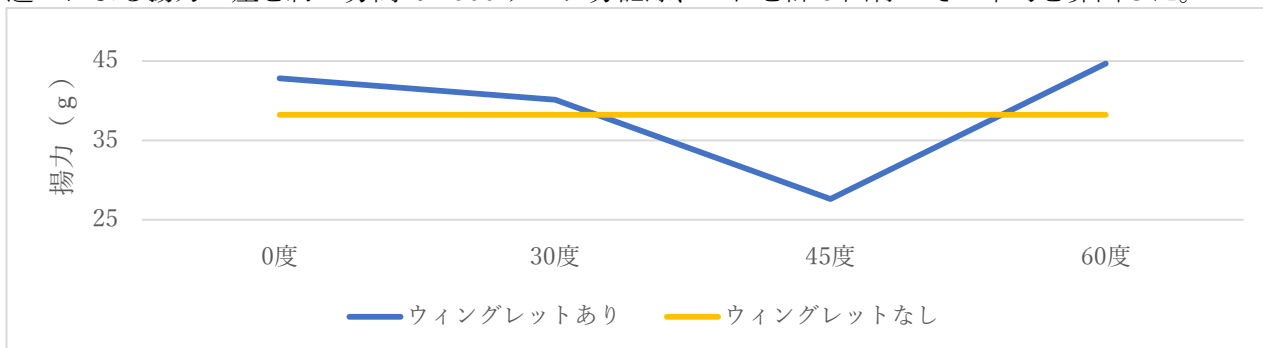


図 3. ウィングレットの有無による揚力の変化

ウィングレットを付けない翼（通常翼）の揚力は 38.23g、後退角 60 度のウィングレットを付けたときは 44.68g となった。後退角 60 度のウィングレットをつけることで、最大 6.45g 揚力が向上した。

### (2) ウィングレットとマグナスローターの併用

実際の仕様に近づけるためマグヌスローターとウィングレットを取り付けてお互いの影響による揚力の変化について調べた。翼には 5000rpm で回転する直径 50mm ローターと、後退角 0 度 30 度 45 度 60 度のウィングレットをつけてそれぞれ約 2 分間で 1000 データ分記録、これを計 5 回行いその平均の値を算出した。

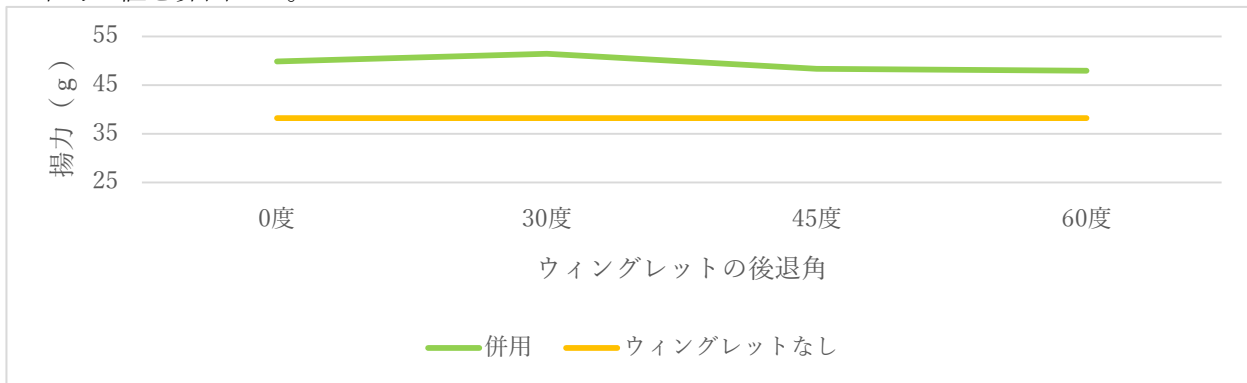


図 4. ウィングレットのみとマグヌスローターを併用した翼の揚力の比較

ウィングレットのみを取り付けた翼では、38.23g の揚力が得られた。ウィングレットとマグヌスローターを併用した場合、後退角 30 度のときに最大の揚力 51.40g であった。つまり、後退角 30 度のウィングレットとマグヌスローターを併用することにより、揚力を最大で 13.17 g、約 1.34 倍向上させることができた。

## 5. 得られる成果

- ①タイタンの地表や大気の詳しい探査 ②タイタン大気圏内でのウィングレットの有用性
- ③探査飛行機でのタイタン探査の実用化に伴う生命探査の実現

## 6. 主張したい独創性または社会的な効果

私たちが主張したいことは、タイタンを探査する方法として探査ローバーではなくマグヌスローターとウィングレットを翼に組み込んだ探査飛行機を使用するという他にはない独創的なアイデアであるという点である。今回の実験によりウィングレット及びマグヌス効果による揚力の向上を確認できた。

近年タイタンについての研究において生命が存在する可能性が高いことが示唆されており非常に研究価値が高い。更に探査飛行機は探査ローバーと違い、飛行しているためタイタン地表の湖や地面の凹凸、氷塊により探査結果が左右される恐れがなく探査を行えるので、探査飛行機は探査ローバーに比べて効率的かつ安全にタイタン探査を行うことができる。

この技術はタイタン探査だけでなく地球環境でも役立てることができる。例えば、アメリカなどで 40℃を超えるような地域では通常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通常通りに旅客機を運航することが可能になる。

## 7. 参考文献

- ・東京都立科学技術高等学校 Flying Object Project 「タイタン探査飛行機翼の研究」 2018
- ・安養寺正之 「火星を飛行探査する火星探査飛行機」  
<http://www.isas.jaxa.jp/feature/forefront/170524.html>
- ・小川賢 「複合マグナス翼」 <https://patents.google.com/patent/JP2008106619A/ja>
- ・JAXA 「H3 ロケット主要諸元」 <http://www.rocket.jaxa.jp/rocket/h3/ability.html>
- ・大山聖・火星探査航空機 WG 「世界初の火星飛行機の実現を目指して」  
[www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/sss13/paper/S6-003.pdf](http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/sss13/paper/S6-003.pdf)
- ・Jost Seifert, A review of the Magnus effect in aeronautics, *Progress in Aerospace Sciences*, Volume55, 2012, pp.17-45.

以上