

気球とドローンのハイブリッド飛行システム「バローン」

橋本博文 (宇宙航空研究開発機構、総合研究大学院大学)

Hybrid Flight System of Balloon and Drone 'Barone' Hirofumi Hashimoto (JAXA, Sokendai)

Key Words: Hybrid Flight System, Balloon, Drone, Barone

Abstract

I propose development of a hybrid flight system 'Barone', which is combined a balloon with a drone. Barone can be expected as a flight system that combines the advantages of both the stability of the balloon and the good operability of the drone. In addition, Barone can be applied not only as a new flight system, but also for short-term microgravity experiments, air launch to orbit, exploration of the planet with atmosphere. Particularly, Barone can be expected to play an important role in the life exploration on Mars.

はじめに

現在、マルチコプタータイプのドローンがいろいろな分野で利用され、発達を続けている。しかし、その安全性は飛行機やヘリコプターと変わらず、故障等によりプロペラが停止すると墜落事故となる。著者は落ちない飛行システムの開発を目指して、ドローンにヘリウムガス気球を組み合わせることを提案し、「バローン (Barone)」と名付けた^{1,2)}。ガス気球を制御するという意味では、これは飛行船の一種である。さらに、バローンの応用として、短時間微小重力実験、空中発射ロケット、大気がある惑星等の探査に利用することを考える。

既存の飛行システムの長所と短所

表 1 に示すように人類は飛行機やヘリコプターを発明し、高速輸送システムとして発達させてきた。しかし、最新の航空機をもってしても墜落の不安、危険性から逃れることはできない。一方、気球や飛行船は風まかせで制御が困難であり低速であるが、どこかの機械が故障しても原理的には墜落はしない。これらの長所をうまく利用して新しい安全な乗り物は作れないものであろうか。また、最近ではドローンと呼ばれるマルチコプターの発達が著しいが、これはモーターやバッテリーの軽量化の努力によるものが大きい。

表 1 既存の飛行システムの長所と短所

飛行システム	長 所	短 所
飛行機	高速かつ大量の移動が可能 長時間飛行可能 サイズは多様	ホバリング不可 エンジンが止まると落ちる 離着陸に滑走路が必要
ヘリコプター	ホバリング可 滑走路は不要	エンジンが止まると落ちる コストパフォーマンスが悪い
気球	原理的に落ちない 動力はいらない	機体が大きい 風まかせ
飛行船	動力が止まっても落ちない	機体が大きい 風の影響を受ける
ドローン (マルチコプター)	操作性が良い サイズは多様	長時間飛行が難しい 手軽すぎて逆に管理が難しい?
バローン	???	???

ハイブリッド飛行システム「バロオン」

著者は気球とドローンを組み合わせるにより、新しい飛行システムを提案し、両者の名前を組み合わせ、

バロオン (= バルーン (気球) + ドローン) と名付けた。

このバロオンは、気球を制御するという意味では飛行船の一種かもしれない。しかし、両者の長所を生かすことにより、全く新しいハイブリッド飛行システムとして、いろいろな応用が期待できる。

また、ドローンの制御システムは完成されているので、制御システムを大きく改変するのでは、飛行船の改良と変わらない。そこにはあまりメリットはないので、基本的にはドローンの制御システムは活かして、そのまま用いることを考える。



図1 マルチコプタータイプのドローン

バロオンの重量バランス

ドローンは自重を揚力で支えてバランスを取りながら動く。たとえば、図1のように4つのプロペラを持つ代表的なマルチコプタータイプのドローンでは、この4つのプロペラの回転数のバランスを変えることで、前進や回転を行う。

図2の1のように荷物の重量を浮力でキャンセルし、ドローンを単に駆動力として用いる場合、ドローンは自重を自ら支え、さらに荷物と気球の質量が負荷となる。ドローンのバッテリー寿命を延ばすことを考えると、少しはドローンの重量を浮力で支えることでドローンへの負荷も減らしたい。また、図2の2のように気球の浮力により荷物とドローンの重量を完全にキャンセルしてしまえば、プロペラを回転できず、バロオンは動くことができない。つまり、図2の3のように、気球による浮力 B 、荷物の重量 M 、ドローンの重量 D の3つには、 $M < B < M + D$ という微妙な関係が必要なのである。

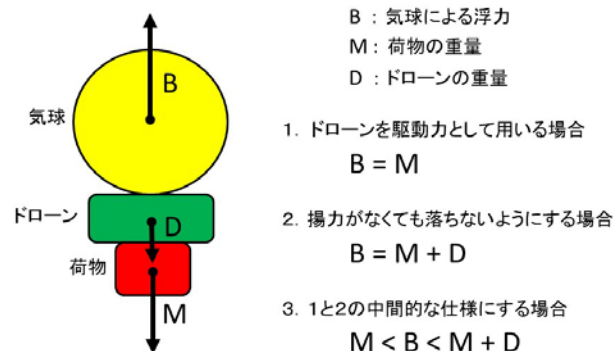


図2 バロオンの重量バランス

バロオンの動力性能の最適化

それでは、バロオンの重量バランスはどのようにすれば最大のパフォーマンスを引き出すことができるのだろうか。そのためには、図3のように2つ無次元パラメータ α 、 β を定義して、試験により最適化する必要がある。 α はドローンの重量を基準にした荷物の重量の比、 β はやはりドローンの重量を基準にした荷物とドローンの重量が浮力を上回る差分の比である。さらに、バロオンの形状も動力性能に大きく影響すると考えられるが、自由度が高すぎるので、これからの課題である。

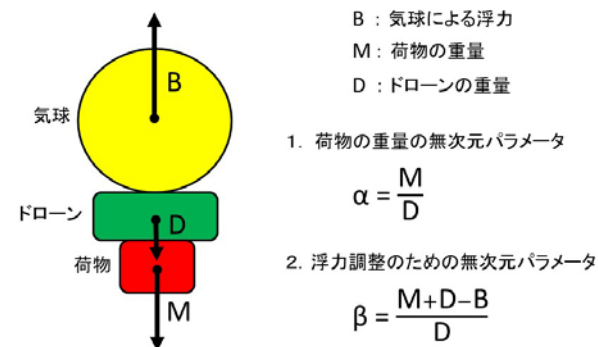


図3 バロオンの動力性能の最適化

バルーン応用

このバルーンは、新しい飛行システムとしてだけでなく、短時間微小重力実験、空中発射ロケット、大気がある惑星等の探査に応用できると考えられる。

これまで、短時間微小重力実験では、その利用時間に応じて、落下塔、航空機のパラボリックフライト、観測ロケット、大気球などを用いてきたが、バルーンも新たなツールになりうる。

空中発射ロケットは、大気の安定した成層圏までロケットを気球で運び上げ、発射する方法であり、ロケットなどとして知られている。空気密度が高い高度では浮力を使うという点では理にかなった方法である。これからの超小型衛星の時代に、バルーンは制御可能な空飛ぶロケット発射台として活躍するであろう。

火星、金星、木星、土星、天王星、海王星、タイタンなどは、大気が存在する天体であり、その探査機として、バルーンは利用可能である。バルーンは、ホバリングが可能でローバーや飛行機とは違った利点がある。次節では、特に火星生命探査のためにバルーンを利用することについて述べる。

火星バルーンによる生命探査

大気が希薄な火星では、飛行機やドローンのような揚力だけに頼る飛行システムで重い探査機器を運ぶのは難しい。当然、気球も容積が大きくなり操作性が悪くなるが、用途によってはバルーンの適用が可能である。この火星探査に特化させた飛行船を「火星バルーン」と呼ぶことにする。

特に、火星での生命探査は、アストロバイオロジーの大きなテーマであるが、具体的には、サンプルを採取して顕微鏡で観察する方法³⁾が提案されている。その利用方法としては、まず、ローバーを基地として顕微鏡を置き、バルーンでサンプルを採取しに行くことが思い浮かぶ。しかし、この方法ではバルーンからローバーへのサンプルの受け渡しが必要となり、この工程がリスクになる。次に、バルーン本体に顕微鏡を載せ、ローバーから独立させる方法

も考えられる。浮力を大きくするためにバルーンは大きくなるが、サンプルを採取したその場所での観察が可能である。さらに、ローバーの有無に関係なく、火星大気圏突入時からバルーンを独立に運用し、火星には着陸しないで探査を行う方法も考えられる。これにはエントリーについての未知の技術が必要だが、非常にスマートであり、金星などの高層大気での探査や木星等のガス惑星の探査にも応用できる。

おわりに

新しい飛行システムとして、気球とドローンを組み合わせたハイブリッド飛行システム「バルーン」の開発を提案する。バルーンは、気球の安定性とドローンの操作性の良さという両者の長所を兼ね備えた飛行システムとして期待することができる。また、バルーンは、短時間微小重力実験、空中発射ロケット、大気がある惑星等の探査にも応用でき、宇宙科学にも大きく貢献するに違いない。

参考文献

- 1) 橋本博文：制御可能な気球システムの提案，日本機械学会 2017 年度年次大会 DVD 講演論文集，G1900104，2017.
- 2) 橋本博文：火星探査飛行船バルーンの開発，第 61 回宇宙科学技術連合講演会 DVD 講演論文集，2G09，2017.
- 3) Akihiko Yamagishi, Shin-ichi Yokobori, Yoshitaka Yoshimura, Masamichi Yamashita, Hirofumi Hashimoto, Takashi Kubota, Hajime Yano, Junichi Haruyama, Makoto Tabata, Kensei Kobayashi, Hajime Honda, Yuichi Utsumi, Tsunemasa Saiki, Takashi Itoh, Atsuo Miyakawa, Kenji Hamase, Takeshi Naganuma, Hajime Mita, Kenichi Tonokura, Sho Sasaki, Hideaki Miyamoto : Japan Astrobiology Mars Project (JAMP): Search for Microbes on The Mars Surface with Special Interest in Methane-Oxidizing Bacteria, Biological Sciences in Space, 24-2, pp67-82, 2010.