

新世代の飛行船と大気観測の可能性

○岡本渉^{A)}、山崎高幸^{A)}

^{A)} 名古屋大学全学技術センター計測制御技術支援室 観測技術グループ

概要

我々宇宙地球環境研究所松見グループでは、UAS・UGVを使った大気汚染観測を行ってきた。また、共同研究の「洞窟計測探査シミュレーションプログラム」において、富士宮の洞窟群などで官民学の探査活動を展開している。ここに、新たな飛行船タイプを使おうという動きが活発化している。

1 大気観測

松見グループと Panasonic が共同開発した PM2.5 センサを使い、個人曝露計や小型大気観測器 CUPI-G を製作した。CUPI-G には PM2.5 センサの他、英国 Alphasense の電気化学センサも組み込まれている。

1.1 PM2.5 個人曝露計と CUPI-G

個人曝露計は世界中で使用され、CUPI-G はバーラトの大気観測グリッドにも設置された。

コストパフォーマンスの良い計測器を大量投入することにより、局所的な大気汚染を計測することが可能となっている。

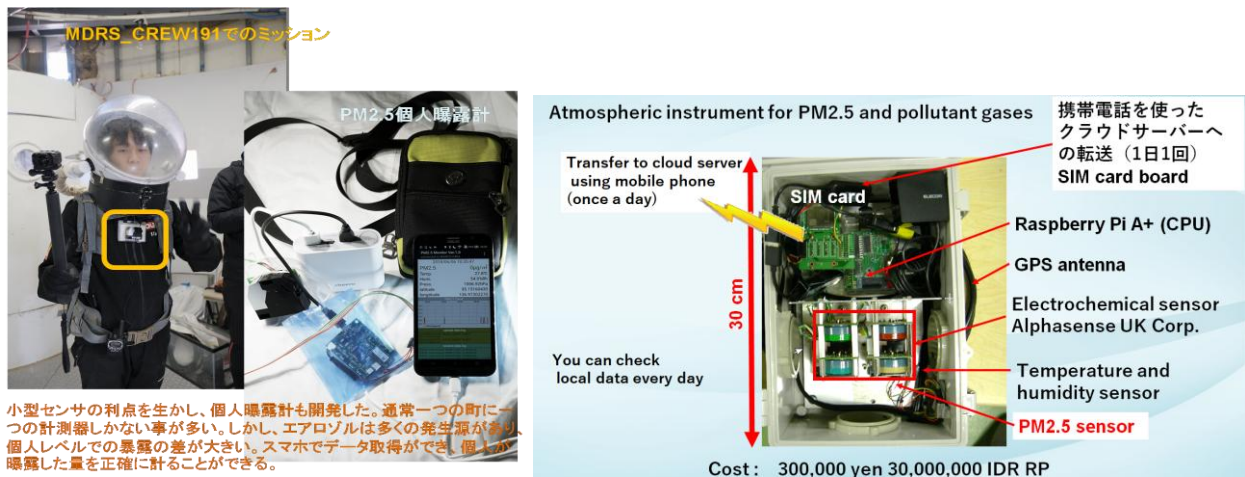


図 1. PM2.5 個人曝露計とバーラトに設置した CUPI-G

1.2 ドローンによる大気観測

ドローンによる大気観測は、おもに DJI Phantom4 によって行ってきた。個人曝露計のセットを 5m の紐につるし、2018 年から高度 500m までを観測してきた。インドの Aakash プロジェクトを見るまでもなく、大気汚染は野焼き、山焼きが影響することが多い。山口県の秋吉台では大規模な野焼きが行われる。ここで複数のドローンを投入して、大気観測と SfM/MVS による 3D モデルの構築を試みた。4 機のドローンのうち、2 機が大気観測、2 機が SfM/MVS 測量を行った。ドローンが通った地点の大気観測はできたものの、秋吉台全体をカバーするには至らなかった。また、SfM/MVS も煙がぼやけてしまっている。少なくとも数十基のドロ

ーンを投入しなければ、野焼きの全貌を解明するのは不可能だろう。

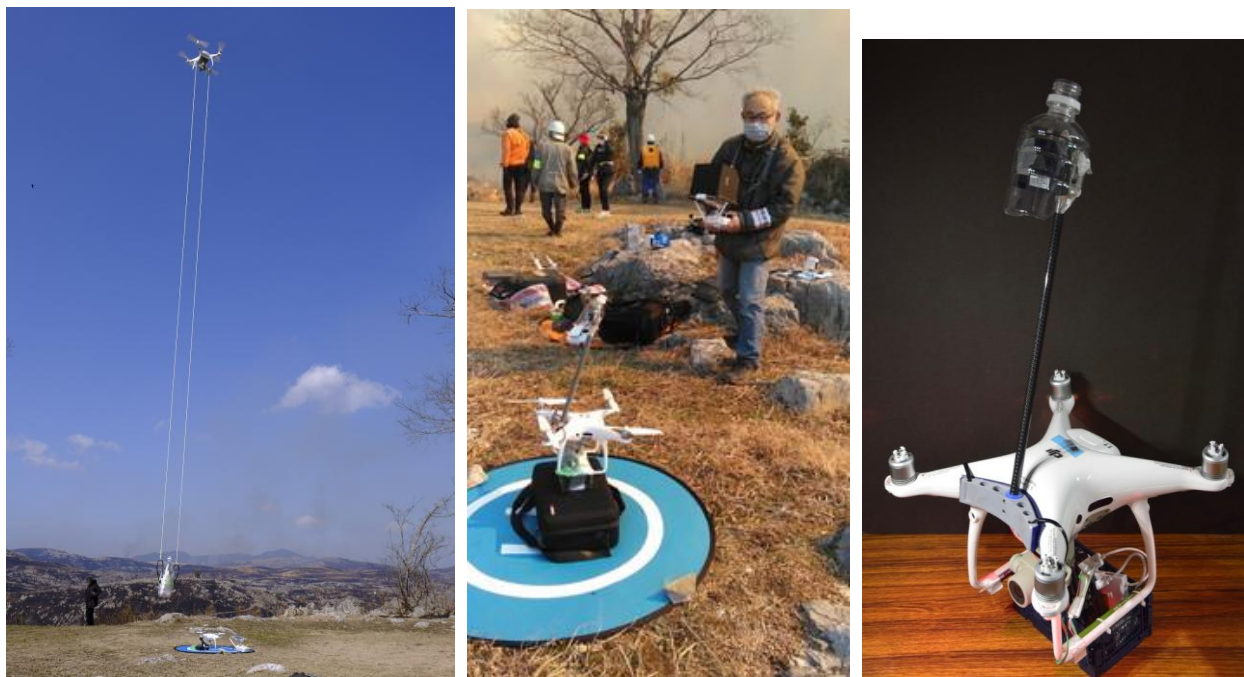


図 2.秋吉台での大気観測の様子と上方マウントセンサの DJI Phantom4

1.3 エアロゾル収集と解析

リアルタイムで PM2.5 を計るほか、実際にエアロゾルを収集して解析する試みも行ってきた。2021 年岐阜大津田准教授（当時）指導の下、茨城県小貝川、菅生沼の野焼きでエアロゾル収集を行った。なお、大室山山焼きでも収集しようと現地へ赴いたものの、想定していたより山焼きの進行が早く収集が叶わなかった。

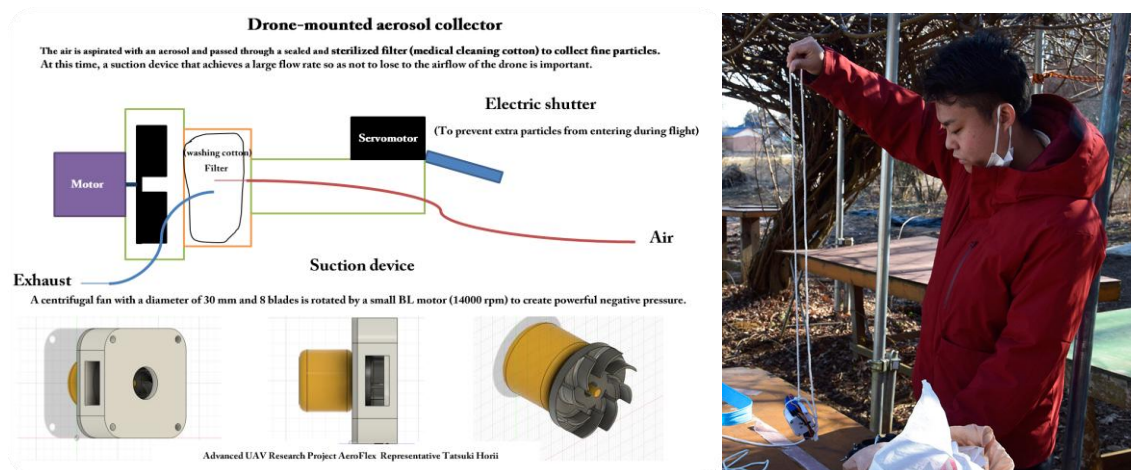


図 3.エアロゾル収集装置と筑波大ベンチャー Aero Flex 堀井社長

収集したエアロゾルを、あいちシンクロトロン BL6N1 において XAFS 解析を行っている。高度による硫黄成分の違いを見ることができた。エアロゾル収集に関しても高度別・広範なエリアでの変化を見るには、大規模なドローン群の数が必要であろう。また放射光のみならず、電子顕微鏡や質量分析計などの多彩な機器も使用していきたい。

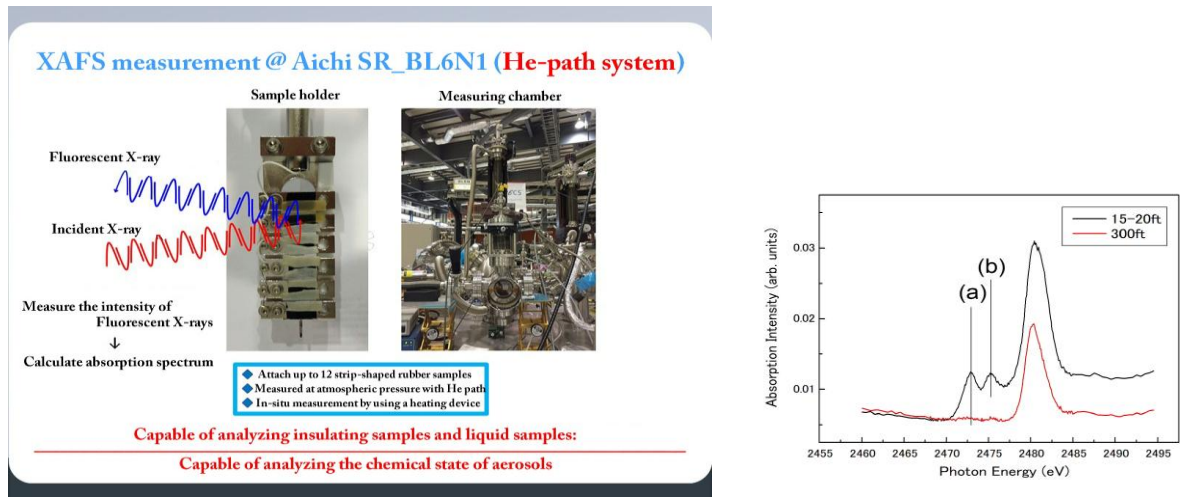


図 4.XAFS によるエアロゾル解析

2 飛行船の歴史

2.1 ヒンデンブルグ号の事故



20 世紀に起こったヒンデンブルク号の事件以来、飛行船は世界の一線から退いてしまった。しかし、水素の代わりにヘリウムの利用が可能になったことで、安全性が飛躍的に向上した。これをきっかけとして水素とヘリウムを共用するタイプも現れている。通常の航空機と異なり、空中に滞空するためにエネルギーを必要としない。この特質は多方面で有効に活用できる。貨物輸送、観光、林業のような実業を始め、リモートセンシングの利用、防災への応用も考えられるだろう。世界では、

ドイツ、米国、フランスなどで新世代飛行船が活発に研究されている。飛行船は構造的に見てみると航空機というよりも、どちらかといえば潜水艦に近い。このことから、我が国においては船舶工学の碩学が中心になって集まり、「日本飛行船学会」を立ち上げようという動きがある。

2.2 フェルディナント・V・ツェッペリン伯爵の系譜

南北戦争時 北軍観戦武官 気球と出会う

1890 年 軍辞職 1895 年 特許取得

1900 年 史上初の硬式飛行船 ツェッペリン LZ1 ガスセルを金属の骨組みで支える アルミニウムの利用

1909 年 ドイツ海軍に飛行船を納入 1911 年 ドイツ民間航路 ビルヘルムフェスバーヘン - ベルリン

1914 - 1918 年 第 1 次世界大戦 初の本格的戦闘艦 M9 開戦前 2 隻 開戦後 10 隻 船長 158m 直径 14.8m
体積 22,500 m³ 高度 3000m 時速 83 キロ 爆弾搭載量 0.5t

1929 年 ゼッペリン社 グラーフゼッペリン 全長 235m 航続距離 10000 k m 21 日 7 時間 35 分世界一周 乗客 20 名 豪華な食堂、展望ラウンジ客室 全て個室、シャワー 水素ガス利用禁煙 霞ヶ浦へ点検・整備のため寄港

3 新世代の飛行船

20世紀の飛行船にはなかったものを取り入れていかねばならない。カーボンなどの新素材、水素燃料電池、測位技術、自立飛行技術など多くの要素技術が考えられる。なお、用途の多様性も広がってきた。単純なリモートセンシングのみならず、通信基地局としての役割(例えば、GoogleのLoonプロジェクトのような気球の進化版)や、災害時の救助プラットフォーム、さらには宇宙旅行の打ち上げ基地としての活用も考えられるであろう。

3.1 飛行船の特徴と種類と用途

◆意外と速い 120km/h		- 軟式飛行船		* 観光用
		- 半硬式飛行船		* 広告用
◆動力がなくても浮き続けられる	種類	- 準硬式飛行船	用途	* 輸送用
		- 硬式飛行船		* 通信用
◆1万トンでも積める		- 全金属飛行船		* 観測用

3.2 大気観測機搭載飛行船ドローンによるミツバチの観察

リモートセンシングのプラットフォームとして、飛行船は多くの可能性を秘めている。単純にエアロゾルを計る場合、飛行船ではドローンなどには搭載不可能だった質量分析計など大型の計測器を搭載することができる。飛行船は、気球のようにのんびりと空中に浮かぶクラゲのようなイメージを持たれがちである。しかし、実際の飛行船はトラック並みのスピードが出る。

蜜蜂を追うことが可能で、なおかつ都市部での取り回しも考慮しなければならない。ここでは2m級の飛行船型ドローンを想定した。従来のドローンのように風が起こらない。しかも、意外と小回りがきく。蜜蜂のような機敏に動き回る対象を追うには最適なプラットフォームと思われる。



図 5.森林伐採現場での飛行船とミツバチ観察飛行船型ドローン想像図

3.3 森林伐採飛行船

飛行船はスケールの3乗に比例して浮力が増す。数百mクラスともなれば数万tのペイロードも可能になる。貨物輸送や旅客交通で活躍が期待される。森林の木材伐採において、林道もない山奥の伐採の輸送にはヘリコプターを使うしかない。現在ヘリコプターでは一度に1tのものしか運べない。しかし、これを飛行船に替えれば、一度に30tを運ぶことも可能である。

3.4 ルンバ飛行船

近年では様々なエアロゾルの発生源に、空気清浄機を取り付ける動きがある。地下鉄ではレールの鉄粉やブレーキダストがトンネルを舞う。車両に HEPA フィルターの空気清浄機をつけてエアロゾルの低減を図っている。バイクや車でも、タイヤの摩耗粉塵を回収する装置を取り付けるのが盛んである。そして、大気汚染のひどい中国やインドにおいて、街中や公園に大型の空気清浄機を設置するところが増えてきた。これらはいきなりすべての大気汚染を緩和できるわけではなく、デモンストレーション的な意味が大きい。

これを飛行船で行った場合どうであろう。飛行船は長い期間空中に浮き続けることができる。そして、エアロゾル汚染のひどいところへ移動することが可能、さながらルンバのようにエアロゾルを集めていけるのではないだろうか。



図 6.公園設置の空気清浄機と空気清浄機搭載の飛行船

3.5 名古屋大学アウトリーチ 松坂屋少年飛行船教室



図 7.栄の松坂屋 8F ホールでの教室風景



2025年1月5日、名古屋大学アウトリーチとして松坂屋ホールで少年飛行船教室を行った。予約が殺到し、インフルエンザ流行でキャンセルが出たものの逆にキャンセル待ちの親子で人数が増えている。このような少年飛行船教室はたびたび行っていて、昨夏は瑞穂市民センターで Space Education Summit が行われた。

今回は座学のほか、子供たちにアルミシートでスカイランタンを作らせた。本来は固形燃料で浮かぶものだが、燃焼が強力で防災の観点から工業ドライヤーを使用することにした。ヘリウム注入の飛行船をすべての子供に操縦させている。水平左右二基と上下一基のスラスタを製作して搭載した。操縦系のチューニングを徹底し、子供たちは初めての操縦を簡単にこなすことができた。

4 ZIPANG

4.1 大阪万博出展

日本飛行船学会では大阪万博の出展を目指す。ブースでプレゼン用動画を流し、小型飛行船を観客に操縦してもらおう。万博開催後期の10月出展を予定している。ここまでに5m級飛行船を完成させる。

4.2 大型飛行船開発

ZIPANG と名付けた大型飛行船の開発を進めている。付録にその様子を示す。

5 問い合わせ先

一般社団法人 飛行体空間協議会 : contact@javsa.org

参考

【1】名古屋大学アウトリーチ
松坂屋少年飛行船教室



【2】(株) SIA 一級建築士事務所



【3】AVSA 飛行体空間協議会



【4】岐阜大学津田研究室



【5】筑波大学ベンチャー Aero Flex



【6】Aakash プロジェクト x



【7】日本火星協会



【8】あいちシンクロトロン



【9】公園空気清浄機



付録

空飛ぶトラック ZIPANG

Flying Truck
Entrusting the future of the sky and space to the next generation of children.



浮力が進化し
宇宙へと浮き上がる

成層圏まで行ける！
火星でも飛ばせる！

無限に浮かべる飛行船へ
三胴船+ヘリウムによる浮力

01 運ぶ（物流）
森林の資源化

02 守る（防災）
震災時耐震カプセル搬送

03 調べる（環境）
環境・気象状況のモニタリング

Logistics



Disaster prevention



Monitoring



次世代の子ども達へ、空と宇宙の未来を託す！
We entrusting the future of the sky and space to the next generation of children.

ZIPANG PROJECT TEAM

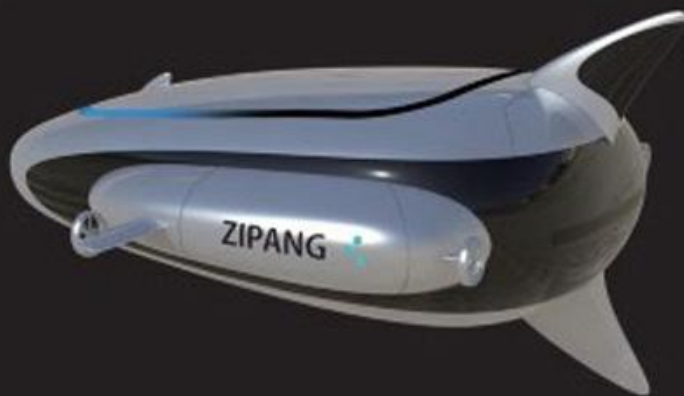
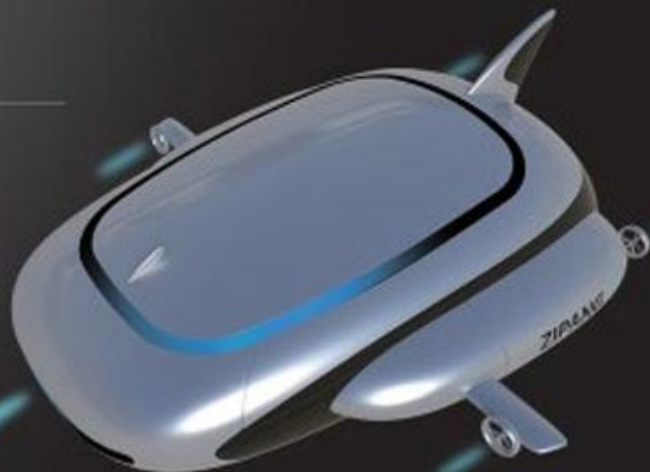
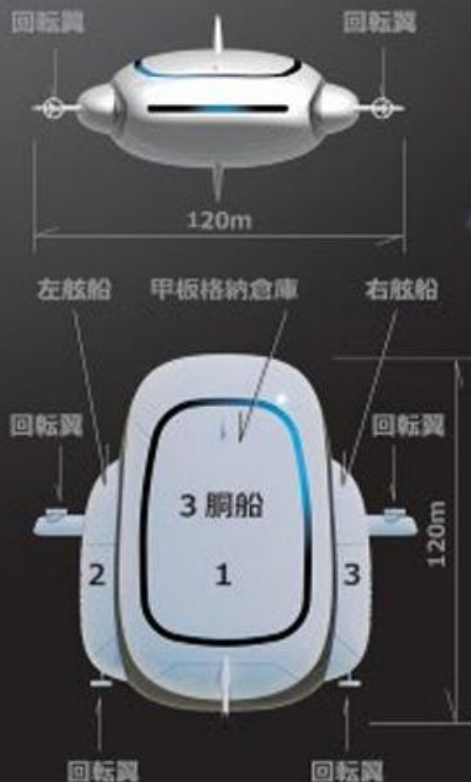
2025年
大阪・関西万博に
出展決定！

Flying Truck

ZIPANG

Entrusting the future of the sky and space to the next generation of children.

JAPAN Technology



基本仕様

- ・時速 120 km/h
- ・積載量 60 t
- ・ヘリウムによる浮力
- ・AI 推進制御
- ・底面に積載物積み下ろしハッチ



開発は続いている。君も参加しないか！

ZIPANG PROJECT TEAM