

ドローンによる PM2.5 測定

○岡本 渉^{A)}、山崎 高幸^{A)}、笹子 宏史^{A)}、森 浩一^{B)}、松見 豊^{C)}

^{A)} 教育・研究技術支援室 計測・制御技術系

^{B)} 名古屋大学大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻

^{C)} 名古屋大学 宇宙地球環境研究所

概要

近年、ドローンは民間・企業を問わず、その活用が注目されている。機体の多様性には目を見張るものがあり、性能も年々目まぐるしい進化を遂げている。しかし急激な普及により事故も多く、日本の官邸ドローン事件や台北 101 衝突事件などがニュースになっていた。そのため日本における規制も厳しくなり、国土交通省による管理が行われている。宇宙地球科学研究所松見研では、小型でコストパフォーマンスの高い PM2.5 センサーを Panasonic と共同で開発した。これを使った簡易型地上測定ユニットは、アジア一円に設置されオンラインで観測が行われている。この PM2.5 センサーをドローンに搭載し、3次元での PM2.5 分布を観測する試みを 2016 年から始めている。夏には多良間島に於いて、OPC ゾンデを名大森研の大型ドローンに搭載して観測を行った。ここでは、それらの観測結果と DJI Phantom3 へ搭載する手法、ドローンの飛行環境について報告する。

1 日本におけるドローン規制

官邸ドローン事件以後、人口密集地域などでの飛行に規制がかけられるようになった。国土交通省の他、各自治体でも独自の規制を設けているところがある。例えば、公園でラジコンを禁止しているところでは、国土交通省の規制を外れても禁止されることがある。

1.1 名古屋大学の規制

ドローンの飛行を学内で行う者は、総長の許可を得なければならない。飛行予定日の 1 月前までに、所属部局又は施設管理部環境安全支援課を通じて、飛行許可申請書を総長に提出しなければならない。ただし、緊急かつやむを得ない事情がある場合は、飛行予定日前 1 月以内であってもこれを提出することができる。

1.2 国土交通省の規制

人口密集地域に於いてドローンを飛ばす場合、飛行毎に国土交通省に申請し国土交通大臣の許可を得なければならない。申請する内容としては、飛行経路、機体の仕様、操縦者リスト、飛行計画等である。現在はオンラインでの申請が可能である。条件によっては、ある期間の間飛行が許される場合がある。これは、一回の許可の期間は、原則として 3 ヶ月以内だが、申請内容に変更を生ずることなく、継続的に無人航空機を飛行させることが明らかな場合に、1 年を限度として許可される。名大に於いては、平成 27 年 11 月より大学の許可に加え国土交通省の許可も必要になった。

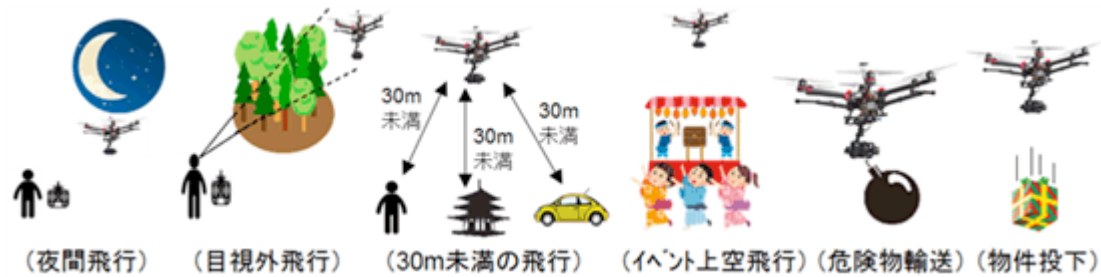


図 1. ドローンの禁止事項

ドローンには図 1. に示すような様々な禁止事項が存在する。これらの行為を行う場合、国土交通省に飛行計画を提出しなければならない。

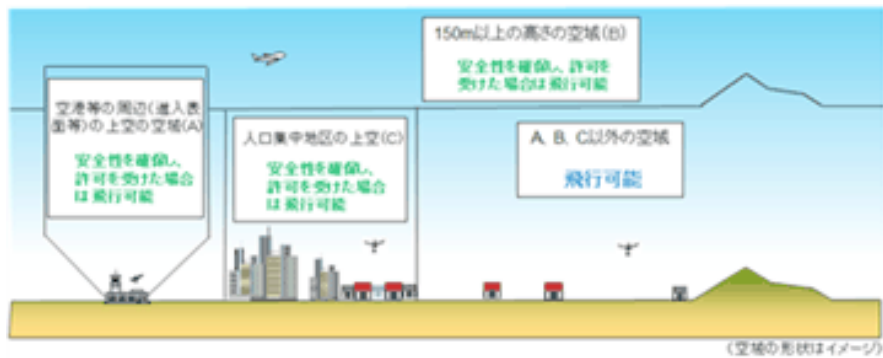


図 2. ドローンの飛行禁止区域

主なドローンの飛行禁止空域として、空港周辺、人口密集地があげられる。また、高度に関しては、離陸地点より 150m 以上飛んではならない。空港周辺では飛行場の滑走路に対して細かく飛行禁止区域が定められている。

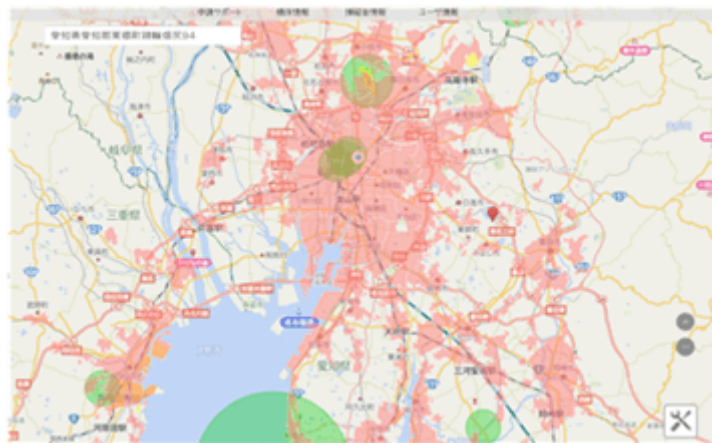


図 3. 名古屋周辺のドローンの飛行禁止区域

図 3.において、赤が人口密集地域、緑が空港周辺の飛行禁止区域を示している。この図から明らかなように、名古屋市ではほぼドローンを許可なしに飛ばすことが出来ない。

2 ドローンと測定器の構成

宇宙地球科学研究所松見研では、汎用機で世界シェア NO.1 の DJI Phantom3 standard を使用している。カメラが 4K に交換されている以外はノーマル仕様である。また、小型でコストパフォーマンスの高い PM2.5 センサーを Panasonic と共同で開発した。このセンサーは空気清浄機の搭載され、中国でヒット商品になっている。



図 4. 計測システムの仕様

PM2.5 センサー以外に、温度・湿度センサーの信号を RaspberryPi に取り込んでいる。

3 観測結果

ドローンの運用は、基本的に国土交通省への申請が必要ない郊外で行っている。以下にこれまで行ってきた観測例を記す。

3.1 京都亀岡 2016年5月19日

京都大学東南アジア研と合同で観測会を行った。

DJI Phantom3 に、各種計測器を収納したペットボトルをつり下げた。機体の飛行を妨げるほど不安定になる。なお、PM2.5 測定器への気流も不安定である。



図 5. 機体から測定器を見下ろす



図 6. GPS によるマッピング

離陸ポイントの近くで焚き火を行い、その周りでどのように粒子数が変化するかを観測した。PM2.5 計測システムの GPS はうまく作動しなかった。ドローン本体の GPS ではマッピングが行えた。温度・湿度系は作動した。焚き火の周りでの PM2.5 値が予想より小さい。PM2.5 センサは内部に抵抗加熱器があり、熱対流で空気を流している。ポンプで内部に強制的には流しているわけではない。焚き火周辺のような外気の温度が高くなると熱対流では装置内に外気が流れなくなるのかもしれない。そのため PM2.5 の粒子計数がゼロになってしまうのかもしれない。

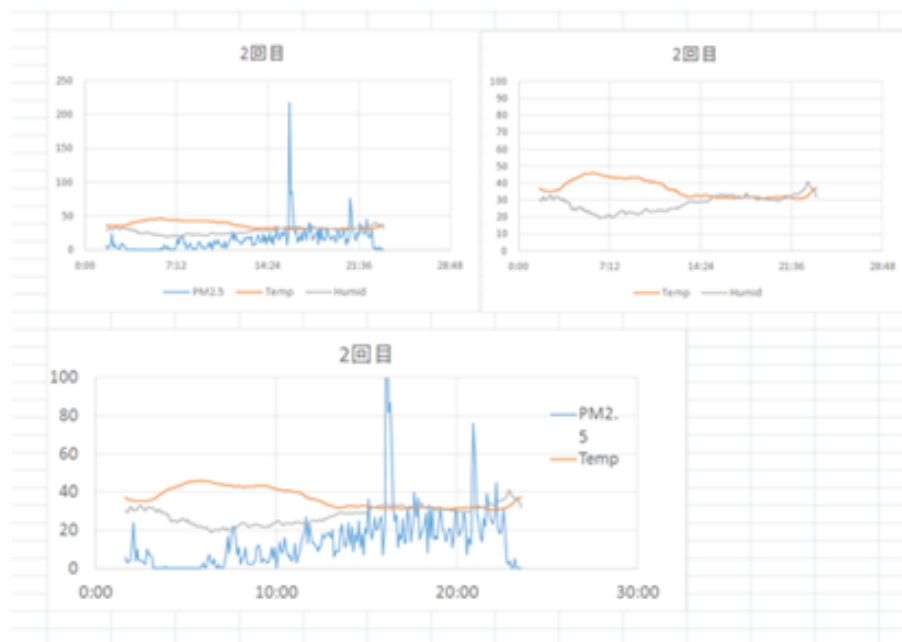


図 7. PM2.5 粒子数と温度の変化

3.2 名古屋港南5区（愛知県知多市緑浜町） 2016年8月17日

名古屋大学航空宇宙森研究室のプロドローン機に OPC ゾンデを搭載し、高度別に粒子の計測を行った。OPC ゾンデは気球観測用のものを流用し、5m のステンレスチェーンでプロドローン機からつり下げる。

今回の観測では、上空に行くほど重い粒子が減少することが確認できた、



図 8.名古屋港 5 でのプロドローン機と OPC

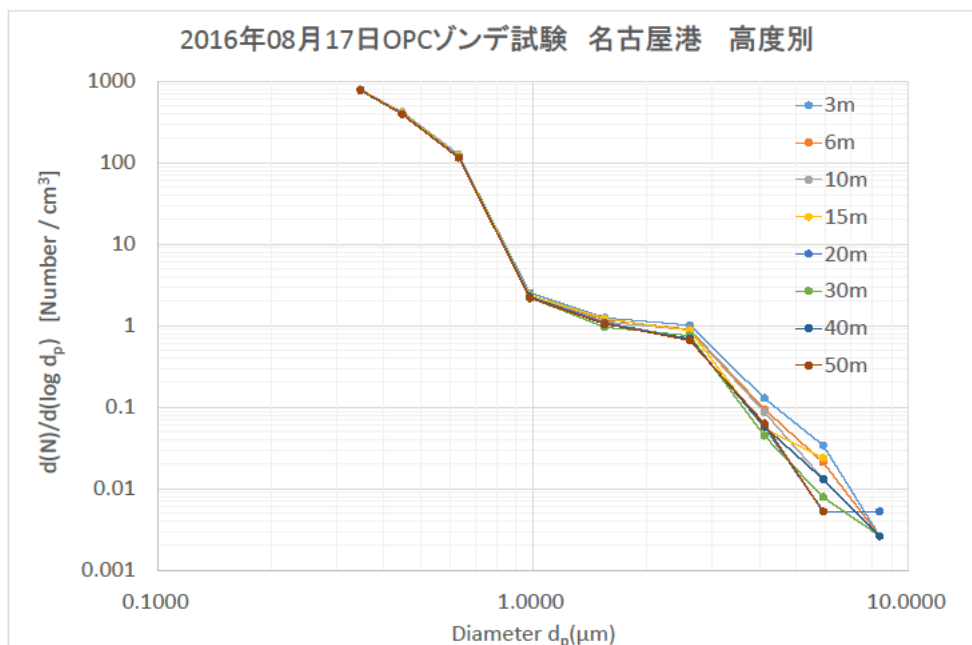


図 9.高度別の PM2.5 粒子数

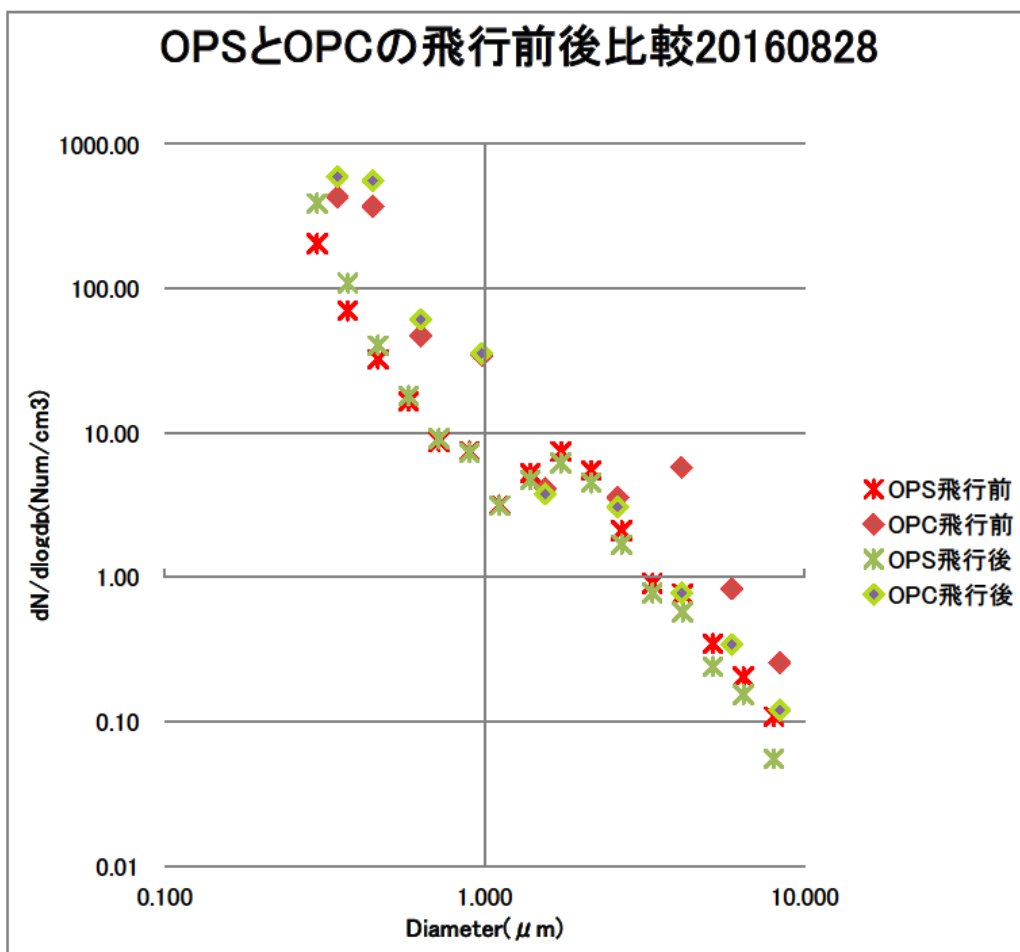
3.3 多良間島合同観測会 2016年8月25日～28日

宇宙地球環境研究所松見研、坪木研、航空宇宙森研および琉球大学の混成チームにより、多良間等にお

いて合同観測会が行われた。運用されたドローンは、森研のプロドローン社6ローターをメインに2機のDJI Phantom3,1機の松見研DJI Phantom3であった。



図 10. TSI 社 OPS と OPC ゾンデ



飛行の前後で地上に置いて OPC と OPS の比較を行った、大きな違いは認められなかった。

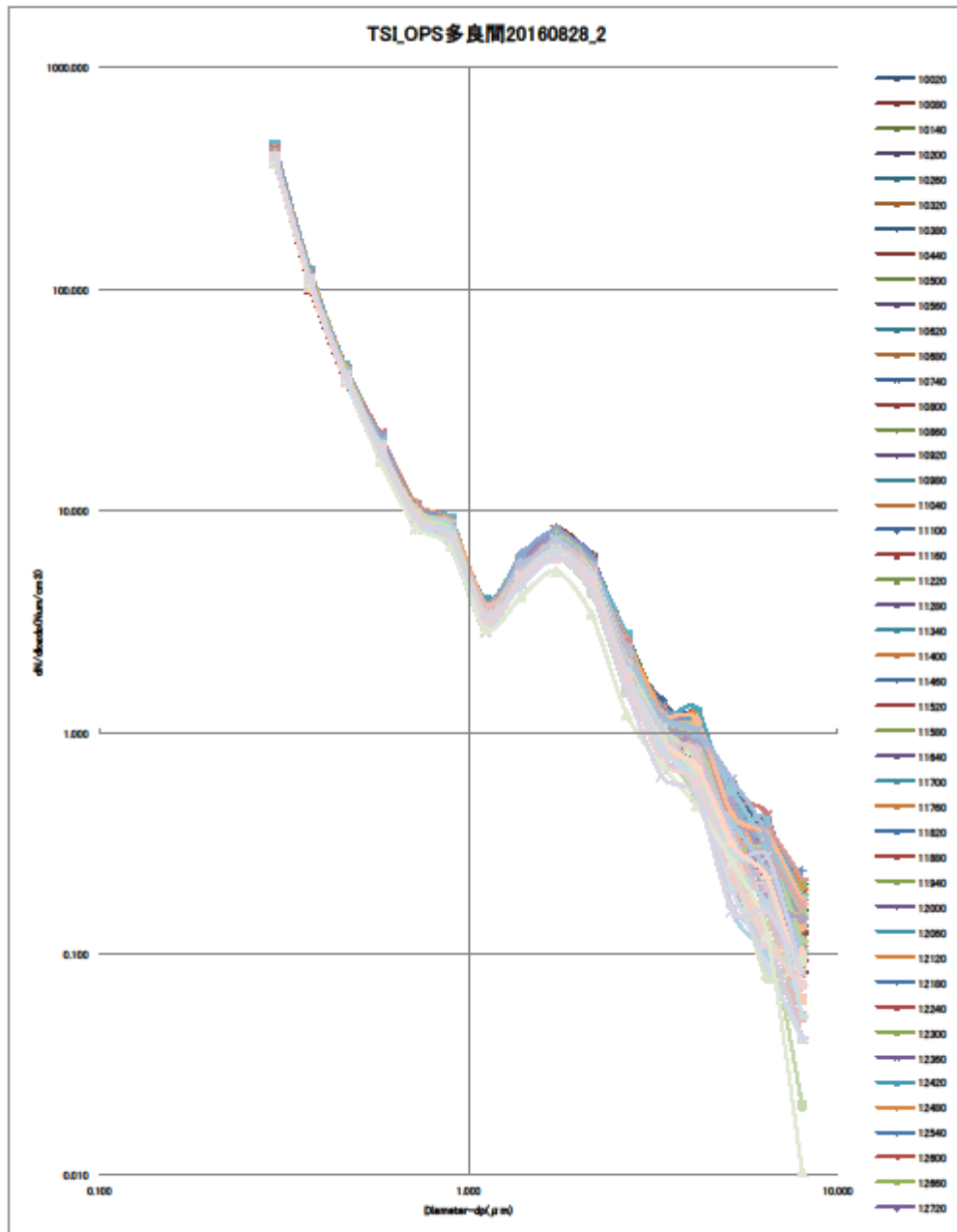


図 14. 飛行時における粒子径の分布

次に飛行時に粒子径がどのように分布しているのかを見てみる。粒子径が大きいほど高度の変化でばらつきがある。

4 これからの計画と課題

- ・瀬戸内海において高高度での PM2.5 測定を行う。アプリでリミットのかかる 500m を超えて、1000m 程度の PM2.5 測定する予定である。
- ・ヘイズなどの焼き畑周辺を観測するに当たって、熱源の周りでは PM2.5 の値が低く出る傾向がある。この対処としては、強制的なファンによる送風をセンサーに送ることを考えている。また、空気取り入れ口も工夫したい。
- ・

5 謝辞

日頃からご指導ご鞭撻をいただいている宇宙地球環境研究所松見研および技術部の方々、多良間観測会でドローンの専門的な運用をご教示いただいた航空宇宙工学森研の方々に感謝いたします。

参考文献

- [1] 国土交通省 ドローン法規 (http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)
- [2] ドローンの教科書 標準テキスト - 無人航空従事者試験(ドローン検定)3級4級対応 改正航空法・完全対応版 (ドローン検定協会) 山下 壺平 (著), 寶金 敏明 (監修)