

2. 環境計測ツールとしての小型無人飛行機 (UAV) の可能性

齋藤 修^{1*}

¹茨城大学工学部防災セキュリティ教育研究センター (〒316-8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

* E-mail: o-saitou@mx.ibaraki.ac.jp

UAVとはUncrewed Aerial Vehicleの略称であり、無人で飛行する航空機の総称である。無線操縦の小型模型航空機はUAVと分類され、近年、機体素材の軽量化や通信系の電子装置の小型・高機能化と低価格化により、さまざまな分野で利用と応用が進んでいる。また、GPSの搭載による自立飛行や電動モーターを推進力とした電池をエネルギーとする環境に優しい飛行運用も可能になり、近年は、特に防災分野での利用が注目されている。今回、許されるペイロードの中でCO₂や温度、湿度など様々なセンサー搭載することによる空中の環境計測ツールとしての可能性を検討した。

Key Words : UAV, CO₂, Environment, Sensor

1. UAVとは

大気や気象の計測を含めて、一般的な計測機器は、センサ・アンプ・レコーダなどの容量も大きく外部の電源が必要なシステムが主流であり、測定環境の面での制約も多く不便であり、さらに高価である。しかし近年、センサ自体の高性能化・小型化や省電力化、低価格化は著しく進みRFID(Radio Frequency Identification:無線ICタグ)との組み合わせで電池駆動による測定を実現できるようになり、低価格でコンパクトなセンシングシステムが実現

できる。このように、環境情報の可視化に有効な小型で軽量のツールが現実になり、さまざまな場面での利用が可能になった¹⁾。そして UAV 等の小型無人飛行機にも搭載が可能になった。

UAVとはUncrewed Aerial Vehicleの略称であり、無人で飛行する航空機の総称である。無線操縦の小型模型航空機はUAVと分類され、近年、機体素材の軽量化や通信系の電子装置の高機能化と低格により、さまざまな分野で利用が進んでいる。また、GPSの利用や、飛行時間が数十分ではあるが、電動を推進力とした飛行も可能にな

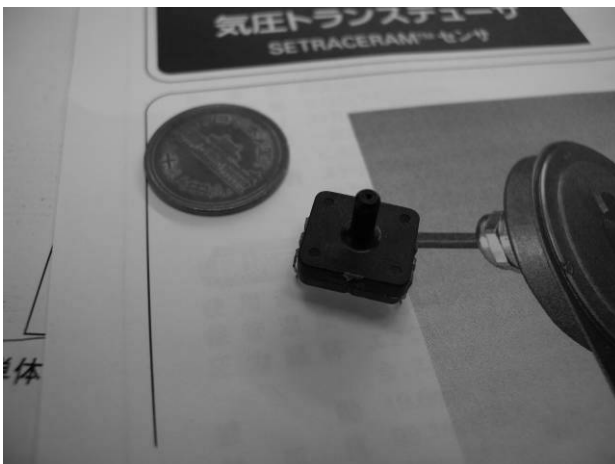


写真-1 MEMS センサ例 (気圧センサ)



写真-2 小型 UAV 例 (DJI Phantom2)

り、手軽に利用できる環境が整ってきた。UAVの種類としては有翼機、ヘリコプター、マルチロータ型(写真2参照)、飛行船などが有る。GPSを利用した自動飛行も可能である²⁾。たとえば農薬散布用のヘリコプターを例に挙げると大きな積載重量を持ち価格帯は数百万円といったところで専用のオペレータが必要な場合もある。もし墜落等があった場合、修理や機体の買い替えなどを考えるとこれも多大な費用が必要となる。筆者らが目標とするものは既製品を含めた10数万円以内の製品で、大きな積載重量は期待しない。将来的には複数の機体で協調飛行を行い、大型機の補間を行うことを実現するものである。もちろん基本機能としてはGPS、加速度センサ等による機体安定機能、動画・静止画を撮影するためのカメラ搭載をサポートするジンバル等を有するものである。

2. 小型UAVの可能性

表1に本体価格が10万円以内の代表的なUAV(DJI Phantom)の基本仕様を示す。積載重量に注目すると一般的な小型デジタルカメラやデジタルビデオが搭載可能で空撮が行える。飛行時間が10分(DJI Phantom2にてインテリジェントバッテリー使用時は25分)、実用上昇高度300m(アシスタントソフトウェアではオートドライブによるが1000m以上の高度パラメータ入力が可能)であるから、災害地での災害現場確認等、人の立ち入れない現場での利用が可能である。また、土砂崩れや河川氾濫時の人命救助にも側面支援が可能であると考ええる。また、

表-1 小型UAV仕様 (DJI Phantom)

機体仕様	
全長	390mm
ローター直径	203mm
重量(飛行時)	1000g
動作温度	-10℃-50℃
消費電力	3.12W
ホバリング精度	垂直±0.8m 水平±2.5m
最大ヨー角	200度
最大傾斜角	45度
積載重量	約400g
最大飛行速度	垂直6m/s 水平10m/s
実用上昇高度	300m(実測)
飛行時間	約10分(実測)
通信仕様	
動作周波数	2.4GHz
制御チャンネル	6CH
通信距離	300m(遮蔽無し)

日本では利用が難しいが写真2に示す5.8GHz帯域を利用したリアルタイム画像伝送によるカメラセットを搭載すれば、手元で災害現場のリアルタイム映像も確認可能になる。また取得したデータの精査の必要はあるが、飛行高度、緯度経度情報等を撮影映像と結びつけることにより衛星情報への補間も可能であると考ええる。また、地震や降雨、洪水による斜面崩壊、地震による液状化等、社会基盤施設、土構造物、地盤構造物に対する被害の災害発生前後の防災・減災に運用検討は必要であるがUAVを用いることは有効であると考え³⁴⁾。

3. UAV搭載に適応する環境計測機器

DJI Phantom等の小型UAVのペイロードが400g以内であることから、UAVに搭載できる環境計測機器は電池駆動で400g以内の重量の物となる。今回、小型環境計測機として、CO₂、温度、湿度を測定可能なCO2デテクターC2D-W02TRを選択した。茨城大学工学部では環境情報

表-2 CO₂デテクターC2D-W02TR仕様

項目	仕様	
測定項目	CO ₂ 、温度、湿度	
表示	測定器本体LCDに、CO ₂ 濃度、温度、湿度を切り替え表示	
測定範囲	CO ₂ 濃度	0～5000ppm(5000～9999ppmは拡張測定範囲)
	温度	-20～80℃
	湿度	0～100%RH
測定精度	CO ₂ 濃度	±30ppm±読み値の5%
	温度	±1℃（10～40℃の範囲内） ±2℃（10～40℃の範囲外）
	湿度	±4.5%RH（20～80%RHの範囲内） ±7.5%RH（20～80%RHの範囲外）
測定間隔	10秒(出荷時デフォルト)20秒、30秒、1分、2分のいずれかをボタン操作にて選択	
電源	パソコン接続時：USB給電 USBタイプACアダプタ	
測定器本体寸法/質量	箱型：H60mm×W135mm×D22mm / 質量：約126g	



写真3 CO₂ デテクターC2D-W02TR 外観

の可視化研究を行っており、移動観測として本装置を用いて計測を実施している。本機は駆動用のバッテリーパックを含めた重量が221gと軽量である。表2にCO₂デテクターC2D-W02TRの仕様を、写真3に外観を示す。

4. UAVへの搭載と計測

今回、DJI Phantom2を小型UAVとして選択した。最新の製品であり、インテリジェントバッテリーにより25分の飛行時間(メーカー仕様)は魅力である。UAVにCO₂デテクターC2D-W02TRを取り付けるが、今回は専用の治具は使わずに粘着テープでUAVのスキッドに貼り付けた。UAV離陸時のバランスを阻害しない様に機体の中央に重心が来るように注意して取り付けを行った(写真4参照)。現在、高度100m、200mにおけるCO₂濃度の測定を行っている。CO₂デテクターC2D-W02TRの電源を投入後に3分間安定させ、UAVを離陸、上昇させ高度を距離計(Nikonレーザー距離計L1200S)を測定し、100m/200mに到達した時点で5分間計測を行い、降下・着陸させる。表-



写真4 UAV スキッドに取り付けたCO2 デテクターC2D-W02TR



写真5 CO2 デテクターC2D-W02TR を取り付けて上昇中の UAV



写真6 CO2 デテクターC2D-W02TR を取り付けて静止する UAV

表-3 CO₂測定データ 1

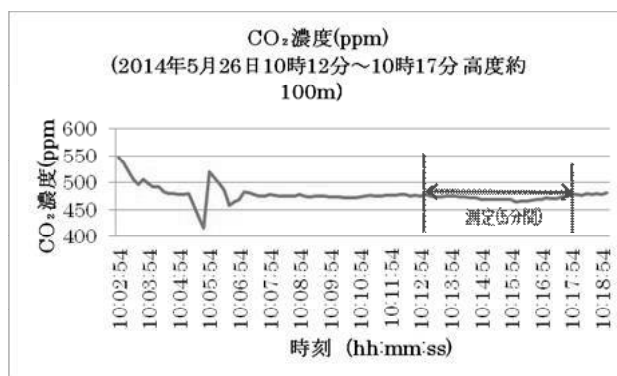


表-4 CO₂測定データ 2

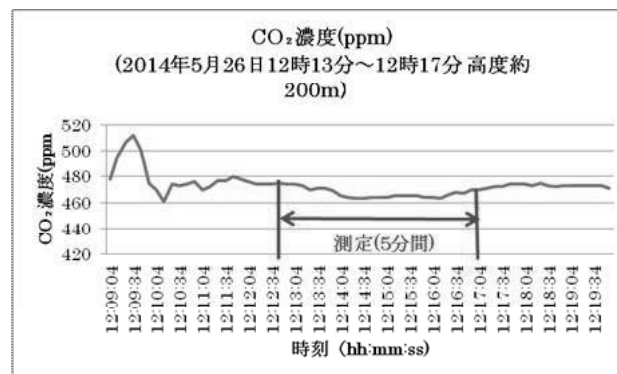
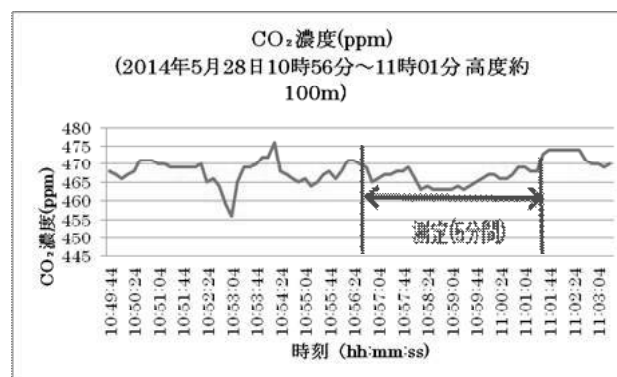


表-5 CO₂測定データ 3



3から表-5に茨城県ひたちなか市はしかべ1丁目付近(写真



写真-7 計測地点 (Google Earth)



写真-8 計測地点 (2014年5月22日 UAVによる空撮)



写真-9 6ロータ UAV 例(DJI F550)

-7,写真-8参照)の上空100m, 200mの高度で測定したCO₂濃度のグラフ例を示す。地表面の測定値と比較し, 若干の変化が見られるが, 今後, 午前・午後に計測時間を定めて計測を継続する予定である。

5. まとめ

航空機等を用いた, CO₂の濃度観測はさまざまに行われている。しかし, 常時の観測は運用に多大なコストが必要であり現実的では無い。今回のUAVを用いた計測の可能性を求める研究は, 上空の高頻度観測値や立体分布下を高度制限はあるが可能にするものである。UAVが活用できる高度は地表の影響を受ける2km以下でUAVの能力では300m以下の高度であるが, 人間が活動する生活環境の影響や, 植生の影響を詳細に分析できる可能性を持つものと確信する⁵⁾。今後, さらに多機能で小型の環境情報可視化ツールの開発を行うとともに, UAVの自律機能の実現と精度向上も開発課題として進めるものである。写真-9は, 1kg以内の積載重量を持つ6ロータ UAVの例である。本機を利用すれば, 一眼レフ等の高性能な撮影機器や計測器を搭載して撮影や測定が可能になる。

最後にUAVの大きな課題が、運用のルール作りである。機体の安全性・プライバシーへの配慮や飛行時の事故防止などさまざまな問題が解決されないままである。UAVの利用を拡大し, 運用していくためにも我々研究者・メーカ・自治体や国が早急に解決すべき問題である。

参考文献

- 1) 齋藤 修, 安原一哉, 桑原 祐史, 宮部紀之: 気圧センサ IC タグの開発による簡易気象観測システムの実現: 土木学会 第17回地球環境シンポジウム講演集, Vol.17, pp.13-17, 2009.9.
- 2) 酒井和也, 熊田貴之, 松野宣幸, 土屋武司, 柄沢研治, 鈴木真二, 鈴木太郎, 橋詰 匠: 海岸調査における飛行ロボットの活用事例, 第49回飛行機シンポジウム, 2011年10月
- 3) 熊田貴之, 宇多高明, 鈴木真二, 酒井和也, 野田保仁, 森田学, 柄沢研治: 無人飛行機 (UAV) による新しい海岸モニタリング手法, pp.1167-1171, 海洋開発論文集第26巻, 2010年6月
- 4) 独立行政法人防災科学技術研究所研究報告 第81号抜刷(平成26年3月)
- 5) 地球環境研究センターニュース Vol.23(2012年度)2013年3月号(Vol.23No.12)通巻第268号