

自律式マルチコプタを用いた沿岸海洋観測手法の確立

磯辺篤彦・木田新一郎(九大応力研)

1. 研究目的

これまでの海洋リモートセンシングには、より低高度で沿岸海洋の諸現象を対象にしやすい空撮技術として航空機や船舶曳航式のバルーンが利用されてきた。航空機を利用して、比較的小規模の事象に対して、高度が数百 m 程度からの可視観測が実施されてきたが、持続的・継続的な観測を行うにはコスト面で欠点がある。一方で、船舶曳航式のバルーン観測では、1 度ヘリウムを入れてしまえば、長時間飛行することができる。しかし、バルーン観測の移動は船による曳航速度に制限されてしまうため、機動性に欠け観測範囲が限られてしまう。これでは、観測時間が大幅に掛かり、効率が非常に悪い。さらに、広範囲をカバーするべく、カメラの角度を変えた斜めからの撮影を行うため、撮影後に画像の大きさを決定する必要があるが、加えて幾何補正に要する射影変換処理が全ての画像で必要となり、これも効率が悪い。

本研究では、災害地域における上空からの写真撮影や、人が立ち入れないような場所での保守点検や調査、物流業界における運送など、近年になって様々に活用される事例が急増しているドローンを用いたリモートセンシングに注目した。実際に海で発生している諸現象を調べる方法として、これまで人工衛星を用いた海色(クロロフィル量や CDOM に変換)、水温や塩分、あるいは海面高度の観測が行われてきた。そこで、人工衛星の代わりに時空間分解能に優れた可視カメラ搭載のドローンを用いれば、海流は見た目からは判断が難しいが、河口から沖合に移る海色変化をトレーサーとして、時空間的に変動する水塊特性の観測ができるのではないかと考えた。本研究では、人工衛星より低高度でリモートセンシングを行い、可視カメラのみ搭載したドローンを沿岸域の海洋観測へ導入することで、低コストで 1 km² の範囲かつ 5cm 程度の超高解像度で観測を行うことを目的とする。

2. 研究内容

本研究で用いたドローン(DJI 社製の Phantom4 PRO)を図 1 に示す。対角寸法が 35cm、積載は不可で、飛行可能時間は約 30 分である。飛行可能距離は、バッテリー

一容量に影響されるが、最大の状態では約 6000m は可能である。しかしながら、障害物、電波干渉がない場合における最大伝送距離は 4km であり、航空法において目視外飛行は禁止とされているため、飛行させる場合においては操縦者の見える範囲での飛行となる。5 方向にある障害物を認識し、GPS がなくても障害物を回避しながら安定した飛行が可能な小型ドローンで、操作性も良く、民間でも広く利用されている。本研究で使用したカメラは Phantom4 Pro に付属するカメラである。より高解像度で撮影を行える空撮用に最適化された焦点距離 24mm (35mm 判換算) の F2.8 広角レンズを搭載しているため、画面の隅々まで歪みを抑えて、鮮やかな静止画や動画を撮影できる。また、1 インチ 2,000 万画素の CMOS センサーを搭載し、メカニカルシャッターと大口径単焦点レンズを使用しているため、高速飛行中の際に被写体を撮影しても映像が歪んでしまうローリングシャッター現象を回避できる。Phantom4 Pro は、DJI 社が公表しているアプリケーションソフト(DJI, Ground Station Pro [GS PRO])を用いて様々な飛行計画が設定可能である。



図1 本研究で使用したドローン

観測は大潮期に合わせた 2018 年 9 月 11 日に、瀬戸内海の伊予灘(図 2)において愛媛大学沿岸海洋環境科学研究センター所有の観測船「いさな」を使用して実施した。本研究での瀬戸内海における観測目標は、沿岸域に時期を問わず存在する河口フロントである(直前までの荒天で当初に目的としていた潮汐フロントが形成されていなかった事情にもよる)。河口フロントを挟んでは海色差が特に大きいため、可視画像で明瞭なフロントが捉えられる期待が高い。また、厚岸に比べ、海底が深いため、海底が可視画像に写ることもない。観測目的は河口フロントの形状を可視画像で精査すること、RGB 値からクロロフィル分布や CDOM 分布を推算することである。実際に目視で河口フロント周辺の収束行きを確認し、その周辺でドローン搭載の可視カメラ空撮で実施した。なお、観測範囲に河口フロントを横断する方向で CTD 観測も行った。

まず、観測海域周辺に移動し目視で河口フロントを確認する。次にドローンによる事前観測を行い、これによって大まかに取得したフロントの位置情報を利用し、河口フロントを挟むようにドローン空撮による観測範囲を決定する。潮流に流されて河口フロントの位置は常に移動するため、ドローンの飛行に支障がない限り広い観測範囲を設定する。観測範囲を決定したのち、図3に示すように、特定した二点に直交する形でCTD観測線も決定した。実際に河口フロントを挟んでのSSTや塩分、クロロフィルを測定するために、潮汐フロントに沿った方向の観測をドローンで実施しつつ、同時に潮汐フロント横断方向のCTD観測を同時に行なった。

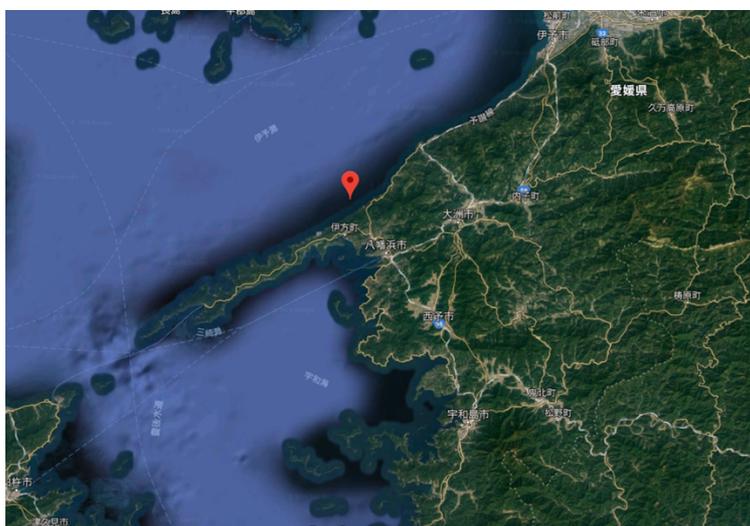


図2 観測位置

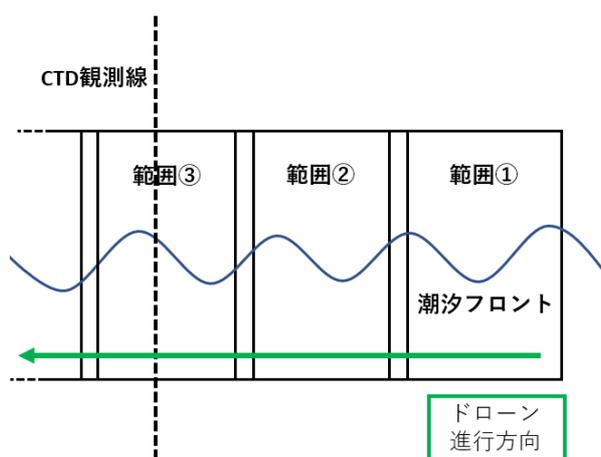


図3 観測範囲計画の概略図

3. 研究成果

図 4 は瀬戸内海の肱川河口で撮影した可視画像である。観測船いさなの水温計で、フロントを挟んだ水温差が 1°C 度以上の河口フロントを可視画像で捉え、海色の違いを確認することができた。

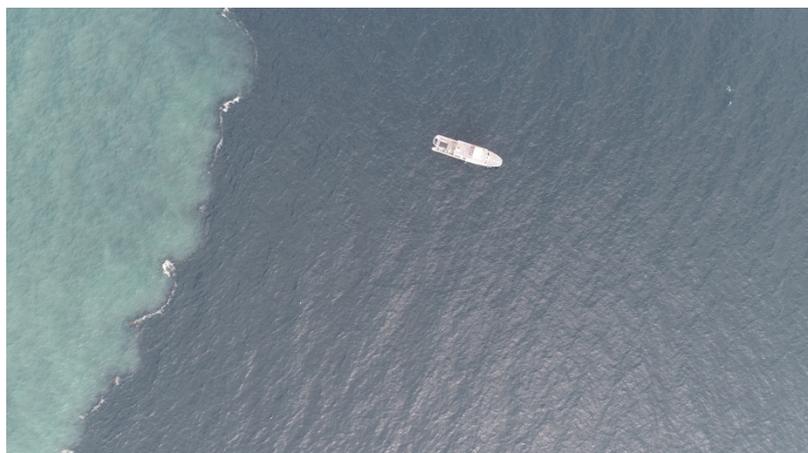


図 4 肱川河口で撮影した可視画像

ドローンを用いた可視画像から得ることのできる情報として、構造の抽出だけではなく RGB 値においても海洋観測の手法として利用できないか可能性を探った。その中でも RGB 値から、河川水と海水の判別に CDOM (有色溶存有機物) とクロロフィルを用いることが可能であるか試した。L.M.Goddijn and M.White(2005)によると、RGB 値の R/B で CDOM、B/G でクロロフィルを表すことが出来る。図 5 で R/B と B/G の処理を行い可視画像と比較した。R/B では、まだまだ検証が必要となってくるが、B/Gの方は河川プリュームの観測で有用性の高い可能性がある。

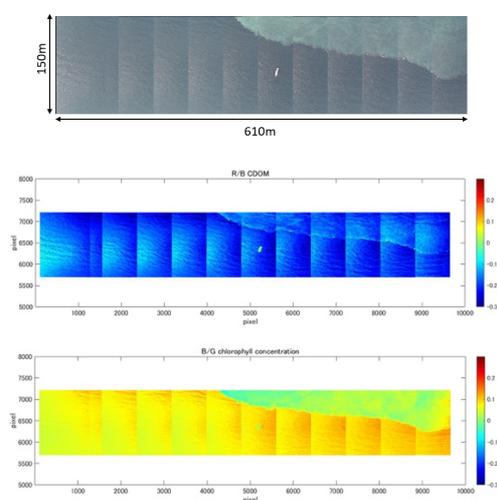


図 5 肱川河口で撮影した可視画像(上)と R/B (中)/B/G(下)

4. 今後の課題

今回の観測においては広範囲を観測するためにオーバーラップ率を最低設定値である10%に設定した。これは、もう少し高い割合に設定すべきであった。また、日光による照り返しや雲の映り込みなど、安定した気象条件下で観測する必要がある。

参考文献

[1] L.M.Goddijn and M.White(2005):Using a digital camera for water quality measurements in Galway Bay, Estuarine, Coastal and Shelf Science 66 (2006) 429-436

5. 成果発表

[1] 石元伸、木田新一郎、三寺史夫、田中潔, 河川水と海水の混合域におけるドローン観測, JPGU 2018, 2018.05