

リモートセンシング研究グループにおける ドローンを用いたハイパースペクトルデータ取得 技術開発への取り組み

池田 あやめ¹

地質情報研究部門リモートセンシング研究グループでは、衛星や実験室で取得できる分光データを用いた研究を行っています。さらに、持ち運び可能なハイパースペクトルセンサを用いた現地測定など、さまざまな空間スケールでのリモートセンシングデータを活用しています。今回は、その中でここ数年技術開発を行っている「ドローン搭載型ハイパースペクトルセンサ」によるリモートセンシング（以下、ドローンハイパー）の技術開発について紹介します。

1. リモートセンシングにおけるドローン

人工衛星に搭載されたセンサによる地球や惑星観測技術を衛星リモートセンシングと呼びます。HISUI (Hyperspectral Imager Suite) をはじめとした高波長分解能のハイパースペクトルリモートセンシングが主流となっておりつつあります。ハイパースペクトルデータは、波長分解能が高いため、植物の生育状態推定や鉱物の種類やその組成の詳細な判別が可能になる点が大きな利点です。

一方、衛星ハイパースペクトルリモートセンシングの課題として、宇宙からデータを取得するため空間解像度が数十メートルスケールになることや、観測頻度が少ないこと、さらに雲によって地表面の観測ができないことがあること、データ量が多いため地上への転送に制約がかかることなどが挙げられます。

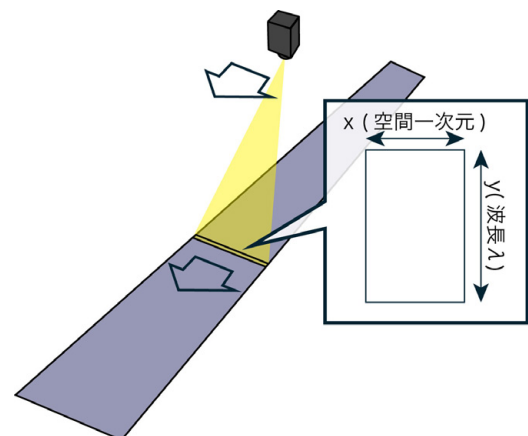
この課題を補う手段として注目されているのがドローンを用いたハイパースペクトルデータ取得技術です。ドローンは雲より低い高度で観測でき、観測頻度に制約がありません。また、飛行高度によりますが、数十センチメートル程度の空間解像度を得ることができ、構造物や植生の詳細な分布を捉えることが可能です。ドローンハイパー技術は、衛星観測と実験室スケールの間をつなぐ重要な観測スケールを担っています。リモートセンシング研究グループでは、環境、災害、宇宙・地質や資源エネルギーなどの幅

広い分野へドローンハイパー技術の展開を考えています。

2. ハイパースペクトル画像の取得原理：プッシュブルーム方式

ドローンハイパーがどのようにデータを取得しているか、その仕組みを簡単に紹介します。ハイパースペクトルデータは「空間二次元+波長一次元」の三次元データです。しかし、光を受光するセンサの素子自体は二次元に配列されています。二次元的に配置されたセンサで三次元情報を取得するための方式として、プッシュブルーム方式やスナップショット方式などが用いられますが、広く採用されているものはプッシュブルーム方式です。この方式では、一度の撮影でセンサ素子のx方向に空間一次元情報、y方向に分光された波長情報を同時に取得し、スキャナーのように走査することで、空間二次元のハイパースペクトルデータを作成します（第1図）。

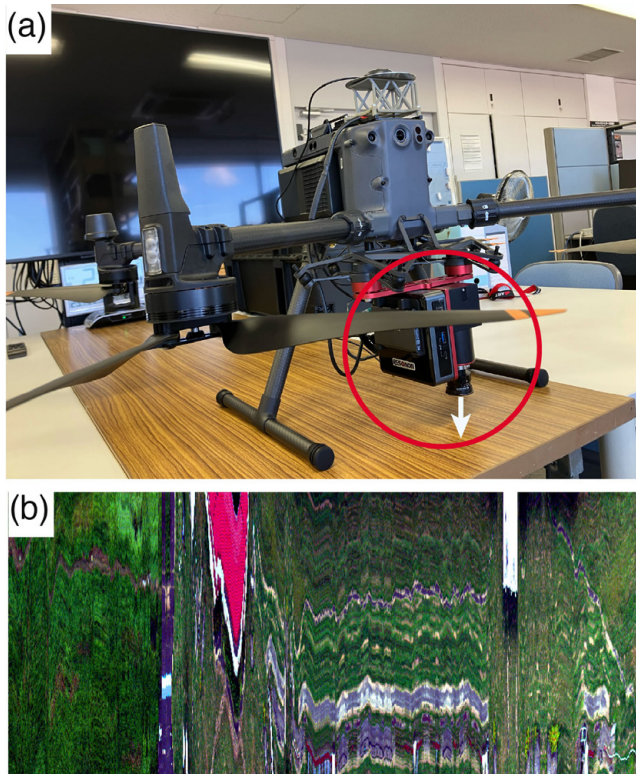
ドローンに搭載した場合、センサは機体下部に取り付けられ（第2図a）、ドローンが一方方向に移動することで短冊状のデータ（第2図b）が取得されます。短冊状のデータ



第1図 プッシュブルーム方式のセンサのイメージ図。

¹ 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：ドローン、ハイパースペクトル、リモートセンシング



第2図 (a) ハイパースペクトルセンサをドローンに取り付けた様子。ドローンの下部の赤円がセンサ。白矢印は撮影方向。(b) ドローンハイパーで取得した未補正の短冊状画像の例。

を複数取得し、繋ぎ合わせることで、観測範囲全体のハイパースペクトル画像が完成します。

3. ドローンハイパー実証試験の現場

リモートセンシング研究グループでは2022年度からドローンハイパーの実証試験を複数回実施してきました(第3図a)。ドローンの操縦自体は専門業者に依頼していますが、飛行前後には多くの準備作業が必要となるため、実証試験当日はグループメンバーが総出で作業を行います。

飛行前にはハイパースペクトルセンサに正しい方位を三次元的に認識させるため、コンパスキャリブレーションを行います(第3図b)。ドローンに取り付けたセンサとPCを接続した状態で、機体の姿勢を変えながら動かす必要があります。複数人で協力しながら作業を進めます。実験前のこの工程は、毎回欠かせない準備作業の一つです。

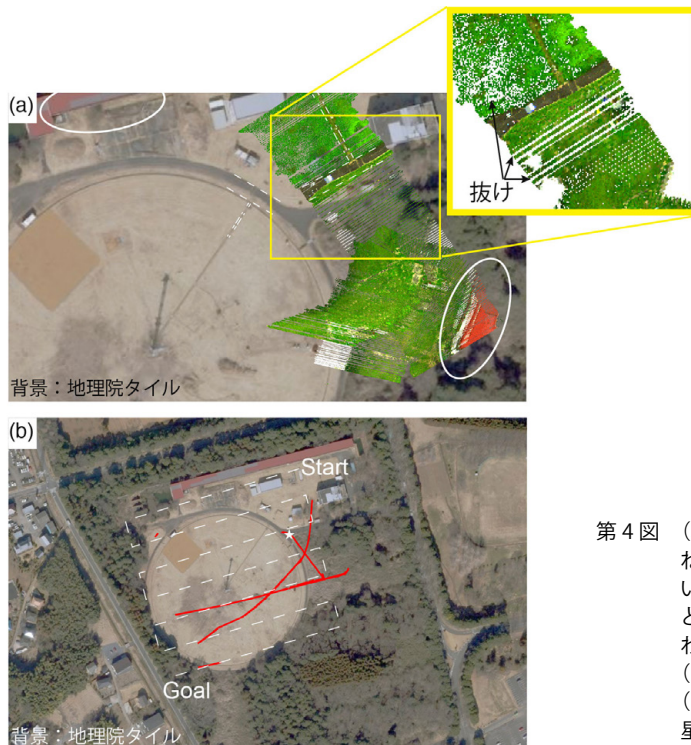
また、後処理で取得データを空間的に正しく繋ぎ合わせるため、地上には対空標識や、反射率の基準になる白板を設置します(第3図c)。加えて、ドローン飛行中の太陽光の明るさ変化を補正するため、地上での光量の時系列デー



第3図 (a) ドローン実証試験飛行中の様子。(b) 飛行前のハイパースペクトルセンサのコンパスキャリブレーションの様子。センサをパソコンに繋ぎながらドローンごと姿勢を変えながら動かす。(c) 地上観測機器を設置している様子。

タも取得します。これらの準備には手間がかかりますが、観測データの品質を左右する重要な工程でもあります。

一方で、実証試験を重ねる中で、ドローンハイパー特有の課題も見えてきました。そのひとつが、空間的に連続したデータが得られず、ジグザグ状になる問題です(第4図a)。ジグザグ状の歪みが生じる主要な要因として、ドローンの姿勢不安定や風の影響が考えられます。第4図は地理院タイル「全国最新写真(シームレス)」を背景画像に用い、その上にドローンハイパーで取得した画像を重ねたものです。第4図aの白点線や円で囲った部分のように、道路や建物などの地物が一致せず、画像の反転や回転がみられます。さらに、黄色枠内の拡大部分を見ると、線状のデータ欠損が確認されます。反転や回転は地上処理で修正可能ですが、部分的な欠損については、ドローンの性能限界内の風速であっても、上空の風の影響で機体姿勢が変化し、取得データに歪みが生じることが主な原因と考えられます。これは、地上の持ち運び型ハイパースペクトルセンサよりもドローンハイパーでは気象条件の制約が厳しいことを示しています。また、GPSによる位置精度の問題もあります。取得データの空間解像度に対してGPS精度が十分でない場合、飛行経路データを用いた正確な位置合わせが難しくなります。第4図bでは、計画した飛行経路(白点線)とセンサに記録された経路(赤実線)が大きく異なることが確認されます。この問題は毎回発生するわけではなく、正常にデータが取得できる場合もあるため、現在、再現性の確認と原因究明を進めています。



第4図 (a) 地理院タイル「全国最新写真(シームレス)」に重ねたドローンハイパーの観測結果。白円で囲った赤い屋根の建物や点線で示した道路の位置を比較すると、画像全体が反転だけでなく回転していることがわかった。拡大図からは部分的な欠損が見られる。(b) (a)を取得した飛行経路の比較。計画飛行経路(白点線)とセンサ記録経路(赤実線)が大きく異なる。星印は離着陸点。

4. 課題と展望

今後は、気象条件や飛行高度、センサの向きなど観測条件を変えながら試行回数を重ね、データ取得の再現性や安定性に関する知見を蓄積していく予定です。そのため、リモートセンシング研究グループではドローンを新たに導入し、自前で運用できる体制の整備を進めています。その一環として、メンバーが無人航空機操縦士資格を取得し、安全面や法令面に配慮したうえで、柔軟な観測条件で実証試験を進められる環境を整えたところです。これにより、ドローンハイパー技術のさらなる高度化を目指していきます。

現在、リモートセンシング研究グループでは、リモートセンシング技術を活用した災害、環境、資源エネルギー、宇宙、地質など幅広い分野の研究に取り組んでいます。その一例として、沖縄県沿岸域において HISUI データと現地調査を組み合わせ、クロロフィルに関連するスペクトル特徴を手がかりに、その濃度を推定する手法開発を進めています(産業技術総合研究所, 2026)。しかし、HISUI は観測機会などに制約があり、使用可能なデータが限られています。そこで、HISUI データが取得できない領域や時期にお

いて、ドローンハイパーを活用して現地調査と結びつける新たな観測手法の検討を進めています。これにより、衛星データを補完し、柔軟で詳細な環境モニタリングが可能になります。さらに今後は、資源エネルギー分野や災害、月研究への応用も視野に入れています。

文 献

産業技術総合研究所(2026) 宇宙から浅い海の環境を読み解く：ハイパースペクトルが明らかにした「クロロフィル α のサイン」—宇宙×生物多様性の異分野連携で実現した、沿岸域を衛星から見守る新しい環境モニタリング技術—。 https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2026/pr20260323/pr20260323.html (閲覧日：2026年3月23日)

IKEDA Ayame (2026) Advancing drone-based hyperspectral observations in the Remote Sensing Research Group.

(受付：2026年2月27日)