

# ほ場設計における自律小型ヘリの利用

大井 隆宏

## 1. はじめに

### 1.1 無人航空機

無人航空機UAVは、Unmanned Aerial Vehicleの略称であり、無人で飛行する航空機（人間の乗っていない航空機全般）の総称です。

世界での無人航空機の大半は、軍事目的が主体で、アメリカ、イギリス、ドイツ、フランスなどで、アジアでは中国、韓国、日本などの各国が開発・導入が進められています。

無人航空機は、全幅30mを超える大型から手の上に乗る小型まで様々大きさのものが存在し、その操縦は、基本的に無線操縦で行われ、機影を目視しながらの操縦や衛星回線を利用して制御可能なものまで様々であり、近年では飛行ルートを座標データとして予めプログラム入力することで、GPSなどの援用で自律型飛行を行う機体も存在しています。

### 1.2 我が国の無人航空機

我が国を含む一部の国では、無人航空機の使用目的を軍事目的以外の民間用としても使用しており、農薬などの薬剤散布・写真撮影・災害調査などに利用されています。

我が国では「日本産業用無人航空機協会」により、安全かつ健全な利用の促進が行われており、無人航

空機は大きく分けて、下記の3種類に分類されています。

- ① 回転翼機・・・無人小型ヘリ
- ② 固定翼機・・・無人小型飛行機
- ③ 小型固定翼機・・・電動用

### 1.3 自律型小型ヘリ利用の事例報告

本文では、小型固定翼機の自律型小型ヘリを、ほ場設計の現地一次調査に使用した事例を報告するものです。

一般的に発注者から貸与される図面は、事業開始当初の有人飛行で撮影された航測写真から現況平面図（縮尺1/1,000）が作成されています。

しかし、撮影当初からの経過年数や営農形態の変化等により、ほ場形状及び施設の変更が反映されていないことが多く、設計実施時点において、補足調査による図面修正が必要となっています。

今回、自律型小型ヘリによる空撮写真で、最新の現況状況を確認、ピンポイントでの調査カ所の判別など、現地調査時間を大幅に短縮することができました。また、関係者との協議では、最新の鮮明な航測写真を利用できたことは、資料として極めて有意義な成果となりました。

種類	回転翼機(無人ヘリ)	固定翼機(飛行船等)	小型固定翼機(電動用)
定義	人が乗らない無線誘導式回転翼機	人が乗らない固定翼機 自律飛行機能及び 遠隔操作飛行機能が前提	人が乗らない推進装置が電動 自律飛行機能及び 遠隔操作飛行機能が前提
運用	対地高度150m以内の飛行		
代表的な機体写真			

－無人航空機（UAV）の分類－

## 2. 最新鋭の自律型小型ヘリ

今回、ほ場設計で活用をした自律型小型ヘリは、世界でも最新鋭の機体と云えます。

前項の分類では小型固定翼機に属し、空中撮影用カメラを装備しており、静止画（赤外線・RGB2画面カメラ）や動画等の撮影が可能です。

また、GPSによる位置情報を受信して飛行制御が可能であるため、手動制御の回転翼機（無人ヘリ）に比べて撮影精度等に大きな優位性を持っています。

### 2.1 手動制御と自律制御の比較

一般に小型ヘリの飛行は、シングルローター式（飛行のためのプロペラ形式）のため、天候状況により左右されることが多く、強風（横風）や雨天時には飛行への弊害が生じています。

今回採用した自律型小型ヘリは、羽根が4～8枚のマルチローター式（右表の機体写真参照）であるため、強風（横風）などの天候状況の影響を受けることが少なく、飛行が安定している。また、予め設定した飛行計画をコントローラにて制御することで、空中撮影など精度の高い情報収集を容易に行うことができます。

### 2.2 自律型小型ヘリの活用

空撮写真をほ場設計に利用するためには、鮮明であることに加え、写真（画像）の正確な位置座標が必要となります。

今回利用の試みでは、Aeryon Labs社（右表の説明資料参照）を使用して空撮を行い、オルソ画像を作成し、これを基に詳細調査必要箇所の絞り込みや現地踏査及び測量調査カ所の選定などに利用する計画としました。この小型ヘリによる空撮画像は従来の航空撮影や人工衛星画像比べて、地上120m程度の低空からの撮影データであり、精細な画像は自由な加工が可能のため、関係者間での現況認識を共有することが可能と考えました。

機種名	Aeryon Scout
社名	Aeryon Labs社(エリオン)
主動プロペラ枚数	プロペラ4枚タイプ
生産国	カナダ製
採用用途例	アメリカ、カナダ、中東など 偵察・テロ対策用に採用
機体重量	2.4kg
機体大きさ	幅 約90cm
飛行時間(1バッテリー)	50分
稼働温度範囲	-30～+50℃
飛行可能風速	18m/s～25m/sまで可能
操作可能距離	約5.0km
最大上昇高度	約450m
搭載カメラ情報	赤外線・RGBカメラ切替可 独自開発カメラ(ユニット)
操作・撮影方法	タブレット操作(自律制御飛行)
その他	アタッチメント分解式 全天候型 バッテリー切れ、通信障害時に自動帰還 操作タブレットで撮影状況確認可能 飛行トラブルでの機体損傷はメーカー補償 簡易オルソ画像などグリッド撮影可能
参考価格	約1200万円
機体及び操作機器の写真	

—今回使用した自律型小型ヘリ—



—現地撮影作業状況—

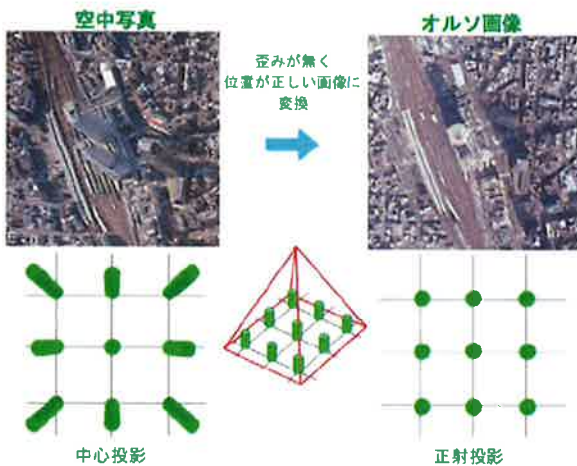
## 2.3 空撮からの仕組みと撮影方法

### (1) オルソ画像

空撮写真は、写真中央レンズの中心に光束が集まる中心投影なので、レンズの中心から対象物までの距離の違いにより、画像に歪みが生じます。

空中写真では、高層ビルなどの高い建物や周縁部の建物は、写真の中心から外側へ傾いているように写ります（下記画像変換概念図参照）。オルソ画像は、標高データを用いてこの像の歪みをなくし、真上から見たような傾きのない画像に変換したものです。

標高データは、通常同じ場所を重複して撮影した隣接する2枚以上の写真を用い、画像相関などにより作成します。オルソ画像は、画像の形状に歪みがなく、位置も正しく配置されているため、画像上で位置、面積及び距離などを正確に計測することが可能です。



—空中写真からのオルソ画像変換概念図—

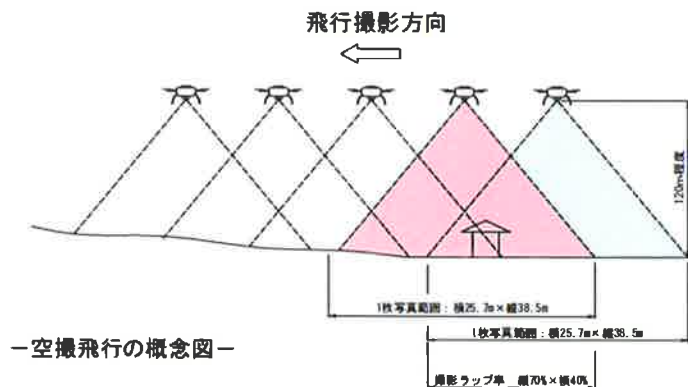
### (2) 空撮の撮影方法

鮮明な空撮写真及び正確な位置座標を得るには、自律型小型ヘリがGPSからの受信により常に安定した飛行を行う必要があり、撮影のための飛行計画が重要となりました。

今回実施した撮影では、下図の飛行計画により撮影写真1枚の大きさが横25.7m×縦38.5mとして、30haのほ場区画で529枚の写真を撮影しています。また、1枚の写真の飛行進行方向には70%、横方向には40%の重複撮影を行い、オルソ画像の作成を行っています。



—撮影の飛行計画と撮影グリッド—



—空撮飛行の概念図—

### 3. 「ほ場設計」における利用

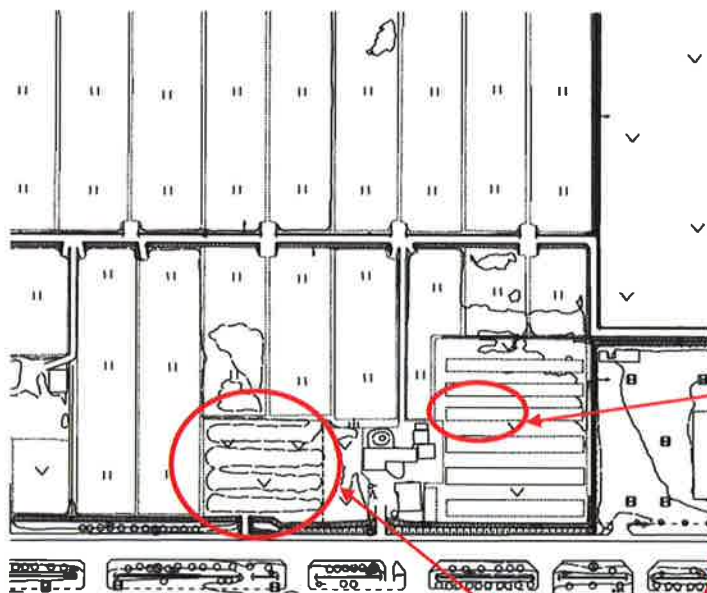
空撮実施状況の詳細は下記のとおりです。

- ① 撮影場所：空知郡中富良野町
- ② 調査状況：ほ場設計の現地一次調査
- ③ 撮影機材：Aeryon Labs 社（エリヨン）  
Aeryon Scout（エリオン・スカウト）
- ④ 撮影状況：風速1.5～2.5m/s  
飛行高度地上126m
- ⑤ 対象ほ場面積：30ha 4カ所
- ⑥ 作業工程：H25.5.24～26 3日間

### 3.1 貸与図面との比較修正

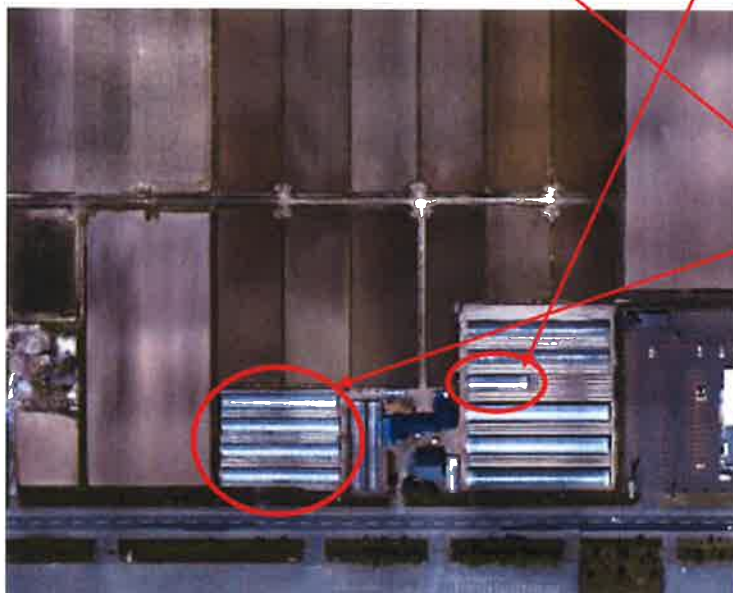
貸与図面の現況平面図は、5年以上を経過しており、今回撮影のオルソ画像による精細画像を利用することで、正確な附帯施設位置を容易に確認することができました。さらに、既設ハウスや作物の作付状況が俯瞰的に把握でき、貸与図面の補足修正が容易となりました。

下記に貸与現況平面図と今回撮影のオルソ画像の対比の一部を記載します。



既設ハウスの形状変更

—貸与図面の現況平面図—



ハウスの増設

—空撮写真からのオルソ画像—

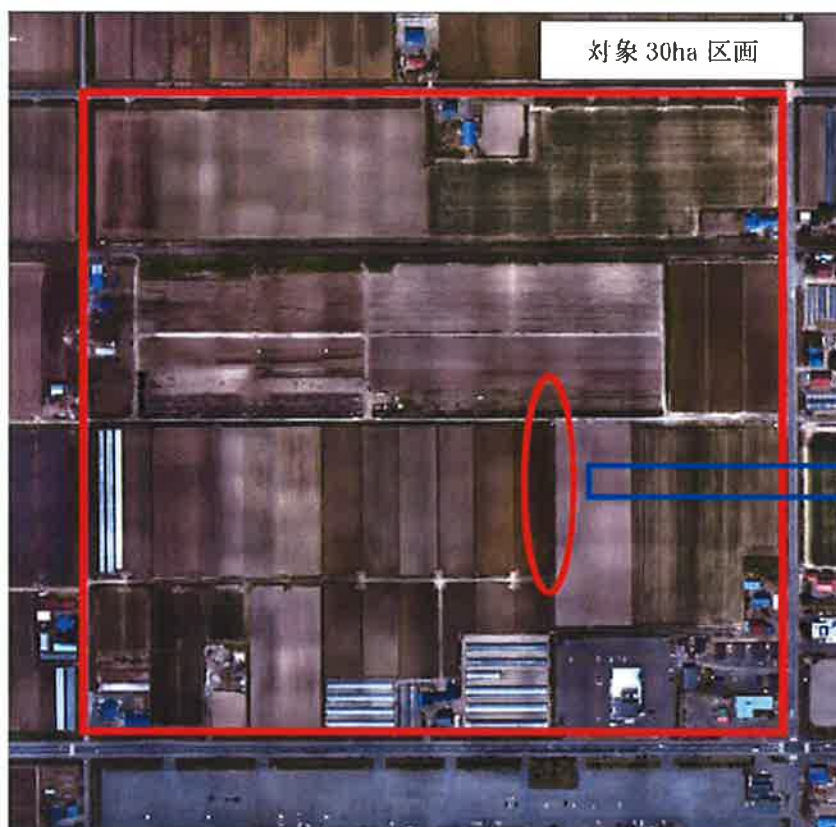
### 3.2 用水系統の俯瞰的把握と現況状況

今回の空中写真撮影では、対象圃場だけでなく隣接圃場や周辺の排水路や道路との関連も含めて俯瞰的に現地状況が把握できることから、道路・用排水系統や現況施設・補償物件の位置の把握が容易なものとなりました。

さらに、画像解像度が高いことから、鮮明な画像からの既設用水路や排水路の延長などを計測する作業にも利用可能となりました。



—既設用水路（開水路）起点部柵—



—ほ場整備におけるオルソデータの現況写真（Cほ場）—



—既設用水路（開水路）曲点部柵—

地上対空標

#### 4. 利用における課題と対策

今回、自律型小型ヘリを導入した経験で判明した課題等を以下にまとめます。

##### ① 気象状況

今回導入を行った自律型小型ヘリは、全天候型であり、雪・雨に対しても万全の設計構造となっている。また、風に対しては台風並の風速25m/s以下であれば飛行可能な機材であった。

しかし、自律制御の要となるGPS受信機が太陽フレアの影響で電波が途絶え、撮影中に上空での位置情報を確認するためにホバーリングして待機していることがしばしば見受けられた。

よって、自律型小型ヘリ使用時は、GPS飛来情報なども把握した工程計画を検討する必要がある。(H23. 5. 13～ カーナビなどのGPS 障害発生)

##### ② 撮影時期及び現況状況

今回の撮影場所は、水田地帯のほ場整備に伴う現地調査で活用したものです。

水田地帯は、上空への障害物が無いことから撮影に良好の環境で、撮影時期は5月中旬の田起こしの最中であったため撮影を開始した。

しかし、水田への給水後の代掻き最中であれば、上空からの撮影では水田内の水が乱反射を起こすため撮影精度、オルソ画像処理に難が生じる状態となっていた。

さらに、上空から地上が確認出来ない森林地帯などは、樹木が風で揺れるなど、オルソ画像

の処理に歪みを生じる結果となります。

よって、撮影前に現場状況に応じた適切な撮影時期を把握して工程を計画する必要がある。

##### ③ 位置精度と標高誤差

今回の撮影は、実験的に活用を試みたものであり、自律型小型ヘリでのオルソ画像は、有人飛行での航測図化の精度よりは高い値である。

平面的精度(座標値X、Y)は実測値と数センチであるが、標高精度は実測値と10～15cm程度の誤差が生じた部分もあった。これは、現況での耕起箇所や水田畦畔の影響なども考えられるが、今後の画像処理技術が向上することにより、標高精度も向上の可能性が考えられる。よって、利用する際は、誤差及び精度についての認識をする必要がある。

#### 5. 我が国での小型ヘリ開発状況

「自律型小型ヘリ」ビジネスは、日本でも研究開発が行われ、千葉大学の野波健蔵教授が2001年より約50機以上の試作を繰り返し、2012年にコンソーシアムを設立し、参加は60機関(企業52社)を超えています。このコンソーシアムには、中小企業の他、産業技術総合研究所や自治体、大手電機メーカーや機械メーカーも参加しています。

現在は、MS-06のプロペラ6枚型とMS-12のプロペラ12枚型からの改良型MS-06L型、MS-06LL型(下表参照)などの自律型無人ヘリを開発し、警察

種類	MS-06L	MS-06LL
主動プロペラ枚数	プロペラ6枚タイプ	プロペラ6枚タイプ
用途例	農薬散布など	農薬散布、特殊空撮用
機体重量	2.2kg	2.7kg
機体大きさ	幅 約115cm	幅 約145cm
飛行時間(1バッテリー)	40分	40分
最大積載	5.0kg(バッテリー除く)	10kg(バッテリー除く)
機体等の写真		

—自律型小型ヘリの改良型—

の防災や東日本大震災での被災した福島県での放射線計測など、多彩な分野で活躍しています。

また、東京電力福島原発では大型の放射線測定器を搭載し、人が立ち入れない場所でも作業可能な大型積載可能（最大積載30kg）なMS-06VL型も開発され、被災地で活躍しています。現在、このコンソーシアム組織にて400万円以下の安価な機材として実用化が近くなっています。

## 6. 今後の応用展開

自律小型ヘリによる空撮でのデータは画像結合処理を行うと、平面写真や立体写真（3D）まで作成可能です。また、成果品としての必要精度により、空撮での写真pixelを替える事で、高精度の成果が可能となります。

今後は、国産の安価な機体が供給されると、手動制御の小型ヘリに替わり自律型小型ヘリへの普及が進むものと考えます。またそれに伴い、従来の「鳥瞰図」や「人が到達不可能な場所」（右写真：土砂崩落）などに加えて、更に多様な利用が可能であると考えます。

特に、自律制御型はGPSによる位置座標を有効利用した飛行計画が可能のため、ピンポイント（定位置や路線）における空撮調査が安価で敏速、俯瞰的及び近接的な調査と利用展開へ繋がるものと考えます。

農業土木分野での例として、調査に大きな労力を費やしている「ストックマネジメント」への活用が考えられます。一度の飛行計画で繰り返し調査が可能な①ダム・頭首工などの深所や高所の調査、②上空が開放されている開水路の調査、③管水路などの地上状況調査などの定点・定期的な調査、などの活用が可能と考えられます。

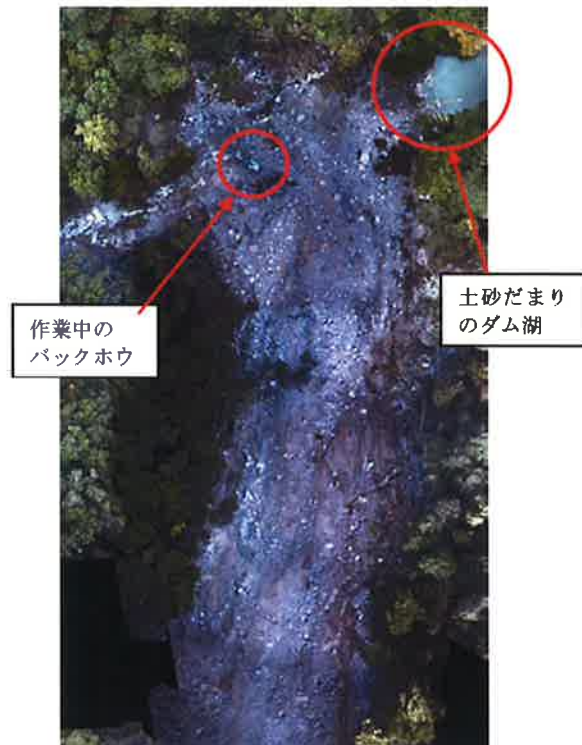
UAV技術は目的を軍事から民間へと転換して、安価・簡単・高性能への進化が加速しています。

弊社は、他社との共同作業とすることで、本文で紹介した最新鋭のUAVに接する機会を得ました。

今後も多様な技術や情報に着目し、これら最新技

術を農業土木分野において活用していきたいと考えます。

(株)三幸測量設計社



—斜面崩落による災害現場—

## 参考文献

- ① 日本産業用無人航空協会
- ② 自律型小型ヘリ  
・Aeryon Labs 社 (エリヨン)  
日本代理店：(株)ネクシス光洋
- ③ 国交省国土地理院HP
- ④ 自律飛行電動ヘリ研究資料  
千葉大学大学院工学研究科野波健蔵著
- ⑤ ミニサーベイヤーコンソーシアムHP
- ⑥ 空撮資料(株)ネクシス光洋旭川市