



自律飛行型 UAV（無人航空機）を利用した航空写真測量

Gatewing X100 の紹介と建設分野での利用可能性

竹 添 明 生

日本は 1980 年代後半から農薬散布用の無人ヘリコプターの普及が始まり、現在では 2300 機以上の無人ヘリコプターが登録されている UAV（Unmanned Aerial Vehicle, 無人航空機）大国である。そんな中、近年、複数のメーカーから回転翼型・固定翼型の電動小型 UAV が発売されており、計測や測量、マッピング、モニタリング、調査等幅広い用途での利用が広がっている。本稿では Gatewing の写真測量・マッピング用 UAV X100 を紹介し、建設分野での UAV の利用可能性について提案を行う。

キーワード：無人航空機，自律飛行，航空測量，オルソ画像，DSM，現況調査，地形測量

1. はじめに

近年、電動小型 UAV（Unmanned Aerial Vehicle, 無人航空機）が複数メーカーから発売されており、様々な用途での利用が広がっている。電動小型 UAV を大まかに分類すると、回転翼型と固定翼型に分ける事が出来る。回転翼型は、垂直での離着陸や搭載センサーの変更が可能であること、ホバリングが可能である事等がその特長であり、固定翼型は、飛行速度が速い事、高度安定性が高い事、耐風性能が高い事等がその特長である。それぞれの特長を踏まえると、回転翼型は監視・観察・計測・調査用途に、固定翼型は広い面積を効率的に計測する用途に向いていると言える。

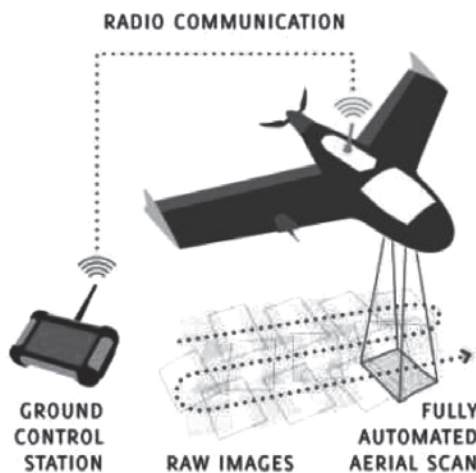


図-1 Gatewing X100 システム概要

2. Gatewing X100 の概要

Gatewing X100 は固定翼型、自律飛行型の写真測量/マッピング用 UAV である。Gatewing X100 はフライトに必要なハードウェア、及びソフトウェアが全て揃ったパッケージシステムであり、フライトの計画から準備、自律飛行、データ処理までを行うシステムである。システムは X100 機体、GCS（地上局）で構成され、機体と GCS の間は無線で通信を行い、自律飛行のフライトモニタリングや簡単な操縦コマンドの送信を行う（図-1、2）。Gatewing X100 の概要について表-1 に示す。



図-2 Gatewing X100

表-1 Gatewing X100 概要

| | |
|--------------------|------------------------|
| 重量 | 2.2 kg (バッテリー, カメラ搭載時) |
| サイズ | 100 cm(ウイングスパン) |
| 専用搭載カメラ | Ricoh 製 10 MP |
| 飛行時間(バッテリー 1 個当たり) | 45 分間 |
| 飛行速度 | 80 km/h |

3. Gatwing X100 のフライト・オペレーション

Gatwing X100 のフライト・オペレーションは、大きく分けて、フライトエリアの事前調査、フライト実施計画の策定、フライト設定と準備、フライトの4つに分けられる。

(1) フライトエリアの事前調査

計測を予定しているエリアを事前に調査し、安全なフライトを実施するために表-2に示した事項について確認を行う。調査は簡易的に Google Earth 等を用いて実施することも可能であるが、出来れば現地調査を実施する事が望ましい。

表-2 事前調査内容

| | |
|-----------|---|
| 撮影エリアの確認 | 当該エリアにおける地形等を確認し、フライトを妨げる障害物の有無を確認する。 |
| 離着陸エリアの確認 | 当該エリア付近に X100 の離着陸が可能な場所があるかを確認する。 |
| GCP の確認 | 画像処理の際に GCP (Ground Control Point) として利用可能なものが撮影範囲に存在するかどうかを確認する。 |

(2) フライト実施計画

事前調査の結果を踏まえて、離着陸エリアを設定し、撮影エリアの面積からフライト回数を決定し、フライト実施計画を策定する。X100 は小雨や風速 18 m/s までの環境でも安全に飛行することが出来るが、天候情報や風速等について事前に調べておく。また画像処理に利用する GCP (Ground Control Point) の設置の要不要、配置計画、必要に応じて測量計画も同時に策定する。

(3) 撮影エリアの設定

撮影エリアは QuickField (図-3) というソフト上で設定する。インターネット環境下で使用すると、背景に Google Map が表示され、この上で矩形を操作して撮影エリアを設定する。



図-3 QuickField ソフトウェア

(4) フライト高度／解像度／オーバーラップ率の設定

QuickField ソフトウェアでフライト高度／地上解像度／オーバーラップ率をそれぞれ設定する。フライト高度と地上解像度はリンクしており、フライト高度を 150 m に設定すると、地上解像度は自動的に 5 cm に設定される。オーバーラップ率は UAV の進行方向に対する隣り合った画像同士の重なり具合を設定し、一般的には 80% 程度とする。表-3 にフライト高度と 1 回のフライトで撮影可能な面積 (正方形を想定)、オルソ画像の地上解像度の関係を示す。航空法との関係から高度 150 m 以上でフライトする場合には、当該エリアが民間航空機の航路外である事を確認しておく。

表-3 フライト高度と撮影範囲、地上解像度

| フライト高度 | 撮影範囲 | オルソ画像の地上解像度 |
|--------|----------------------|-------------|
| 100 m | 0.64 km ² | 3.33 cm |
| 150 m | 1.1 km ² | 5.00 cm |
| 200 m | 1.44 km ² | 6.67 cm |
| 250 m | 1.96 km ² | 8.3 cm |

(5) フライト準備

X100 機体やセンサー類の確認、ランチャー(発射台)の設置を実施する。同時に GCS(地上局)にインストールされている QuickField ソフトウェアを利用して、離陸地点、着陸地点を GCS に内蔵されている GPS を利用して設定し、風向きや離陸方向、着陸方向の設定を行う。これらは全てチェックリストと呼ばれるリストにまとめられ、リスト通りに手順を進めれば、安全に離陸出来るようになっている。またフライト実施計画で検討した GCP の設置作業や、測量作業をこの段階で実施しておく。

(6) フライト

フライトは事前に設定した撮影エリア、離着陸地点、方向、風向きから Horizon ソフトウェア (図-4) が



図-4 Horizon ソフトウェア

表一 4 フライト中に送信可能なコマンド

| コマンド | 内容 |
|------|--------------------------|
| HOME | X100 が離陸地点の上空に帰還し、旋回待機 |
| HOLD | X100 がその場で旋回待機 |
| LAND | フライトを終了し、事前に設定した着陸地点に着陸 |
| FTS | フライトを終了し、現在位置で螺旋降下後、緊急着陸 |

自動的にフライトパスを設定し、これに沿ってフライトが自動制御される。GCS と X100 は無線で交信し、GCS にインストールされた Horizon ソフトウェア上に X100 の現在位置や計器類のデータ、フライトパスが表示される。フライトは自動的に制御されるが、安全なフライトを確保するための機能として、Horizon 上に 4 つのコマンド / ボタンが用意され (表一 4)、オペレータはこれらのコマンドを利用して、必要最低限の制御を行う事が出来る。

4. 撮影方法とオルソ画像, DSM (Digital Surface Model) の作成

フライト終了後、機体に格納されているデジタルカメラの SD カードに保存されている撮影画像ファイル (図一 5) と、X100 の eBox に保存されているフライトデータ、GCP 位置座標データから、画像処理ソフトウェアを利用して、オルソ画像を生成させる。画像処理方法は、画画像処理サービスを利用した処理と、PC にインストールした画像処理ソフトウェアを利用する 2 通りの方法がある。

(1) 画像処理サービス

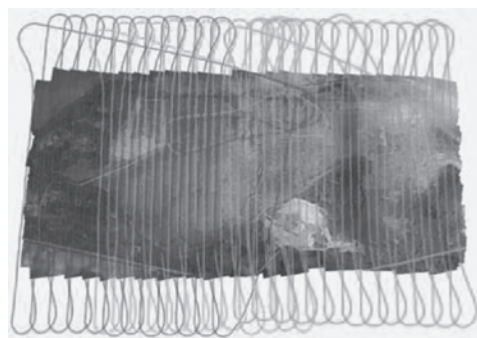
Gatewing では Gatewing Cloud という画像処理サービスを用意しており、撮影画像ファイルとログデータをインターネット経由で Cloud サーバーに送ると、サーバーで画像処理を行い、成果物としてオルソ画像、DSM データをダウンロードする事が出来る。サービスにはデータ量や成果物の解像度によって料金が設定されている。

(2) 画像処理ソフトウェアを利用した画像処理

Gatewing X100 のデータは様々な画像処理ソフトウェアで処理を行う事が出来る。画像処理ソフトウェアは全自動処理のものから、半自動処理のものまで様々なものが存在する。

(3) 成果物

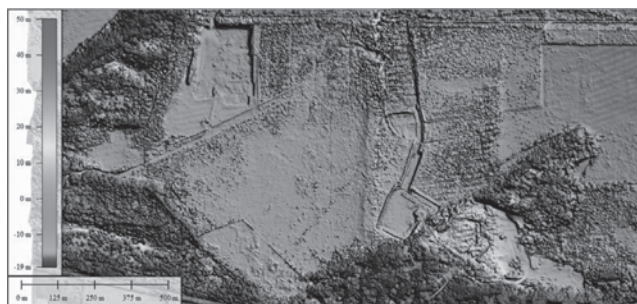
「むつ小川原開発地区」にて Gatewing X100 を使って撮影した画像を Agisoft PhotoScan Professional ソフトウェアで処理したデータを図一 7 (オルソ画像)、



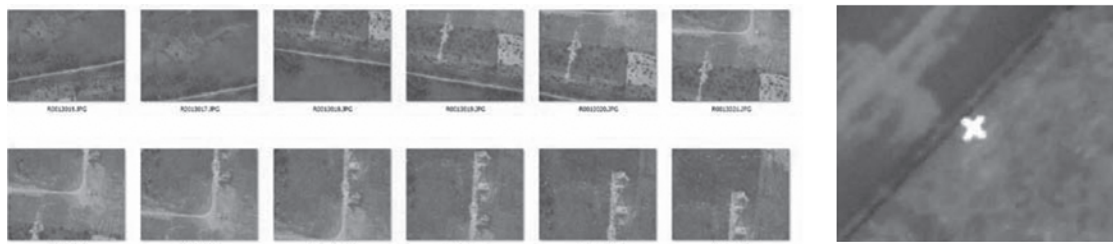
図一 6 フライト概要



図一 7 オルソ画像



図一 8 DSM データ



図一 5 撮影画像と設置した GCP

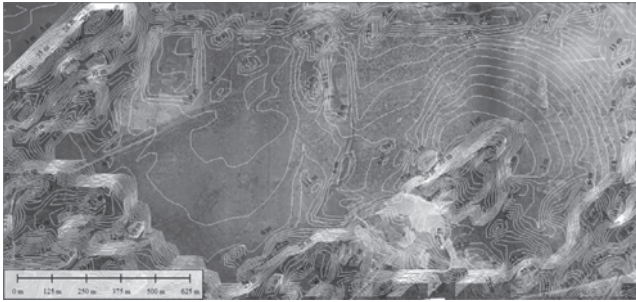


図-9 オルソ画像 + 等高線

表-5 フライト概要

| | フライト① | フライト② | フライト③ |
|------------------|---------|---------|---------|
| 飛行高度 | 150 m | 150 m | 150 m |
| 飛行時間 | 30分 05秒 | 30分 42秒 | 32分 42秒 |
| 撮影画像枚数 | 680 枚 | 704 枚 | 741 枚 |
| 地上解像度 (オルソ画像) | 5 cm | | |

図-8 (DSM データ) に示す。また生成された DSM データから作成した等高線図を図-9 に示す。本サンプル画像は図-6 に示すようなフライトで撮影されたものであり、対象エリアを3回のフライトで撮影した。フライトと撮影画像の概要を表-5 に示す。

5. 精度と効率性について

Gatewing X100 を用いて地形計測をした場合に得られる精度と作業の効率性を、RTK GNSS を用いて計測を実施した場合との比較を行い確認したものを表

表-6 地形測量方法の比較

| | Gatewing X100 | RTK GNSS |
|-----------|---------------------|---------------------|
| 計測対象面積 | 0.1 km ² | 0.1 km ² |
| GCP 設置/測量 | 0.5 人日 | - |
| 計測 | 0.25 人日 | 9 人日 |
| データ処理 | 3 人日 | 1 人日 |
| 総作業量 | 3.75 人日 | 10 人日 |
| 計測間隔 | 3.3 cm | 300 cm |
| 水平精度 | 3.3 cm | 1 cm |
| 垂直精度 | 10 cm | 2 cm |

表-6 に記載する。0.1 km² という計測対象面積においても X100 を用いた方が効率的であると言え、X100 を用いると、要求解像度にもよるが、最大 1.96 km² まで一回のフライトで計測が可能であるから、さらに大きな面積を対象とするとさらに効率性が上がる。また Gatewing X100 を用いる場合、一回の計測（フライト）が最大 45 分間であり、施工の進捗への影響も最小限にすることが出来るため、今後建設業界への普及、特に震災復興現場での調査などへの適用を積極的に働きかけて行きたいと考えている。

JICMA

【筆者紹介】

竹添 明生 (たけぞえ あきお)
ジオサーフ(株)
GIS/OEM デイビジョン
取締役-デイビジョン・マネージャー

