



# 第11回 技術発表会 論文集

一般社団法人 熊本県測量設計コンサルタント協会

〒862-0924 熊本市中央区帯山1丁目38番31号

TEL 096-385-9390 FAX 096-385-9391

<http://www.kumasoku.or.jp/>

2014.9.19(金)

ホテル熊本テルサ

一般社団法人 熊本県測量設計コンサルタント協会

# マルチコプターによる 空中写真撮影の手法開発と付加価値創造

株式会社 有明測量開発社 情報システム部 浦田 裕幸

ホビーの分野で広く認識されているラジコンヘリコプターは、近年デジタルカメラを搭載できるようになり、空撮の分野での利用が高まってきた。調査や測量の分野でも、その機動性・簡便性から災害発生時の被害状況把握、通常立ち入ることのできない場所の調査をはじめ、空中写真測量での利用が期待されている<sup>1)</sup>。弊社でも1/500精度の3Dオルソ図、数値地形図作成の為に空中写真測量を目的として、平成24年に6枚羽をもつラジコンヘリコプター「マルチコプター」を導入した。本稿では、導入から実務として展開するまでに開発した手法、実際に起きた問題、それらに対する改善策、そしてこれからの課題について述べる。

キーワード；マルチコプター，空中写真測量，3次元モデル，CIM

## 1. はじめに

現在、国土交通省ではCIM(Construction Information Modeling)技術について、実用化に向けた取り組みが行われている。これは、公共事業の一連の過程で、ICT(情報通信技術)ツールと3次元データモデルの導入・活用により建設事業全体の生産性向上を図ろうとするものである<sup>2)</sup>。

弊社のマルチコプター空撮業務においては、操作マニュアル策定、オペレーター養成、安全対策等の運用に当たっての整備が整ってきたものの、「空撮可能になった」という段階に至ったに過ぎない。今後は、マルチコプターでの実務遂行にあたり、潜在的な問題の顕在化が予想される。また、「高所から高解像度で撮影できる」というメリットを最大限に発揮し業務の効率化と付加価値の醸成を目指している。

以下、本稿では実績業務を例にとり、課題を再認識し、その中で何が必要であるか、必要性のあるものに対し、それが実現可能であるかを検証した。

## 2. 導入事例：阿蘇黒川航空写真撮影

### (1) 撮影目的

本事例では、黒川災害復旧工事の進捗状況をホームページにて地域住民に周知すべく、掲載用写真を撮影する事を目的としていた。

また、撮影対象は護岸工事の行われる内牧地区(河川延長2km)、掘削工事の行われる黒川河川および支流(範囲20km<sup>2</sup>)であり、フライト回数32回、25箇所の撮影で写真総数80枚の成果であった。

### (2) 課題と導入経緯

工事エリアは護岸工事の行われる内牧地区だけでも延長2kmであり、表-1に示す課題が抽出された。

表-1 工事進捗状況を空中撮影する上での課題

1	地上写真では全体の進捗が捉えられない
2	発注者の望む写真は、定点での観測写真であり、航空機を使った撮影では実現できない
3	広範囲を1度に撮るのではなく、比較的短い周期で数回撮影するため、1回あたりのコスト低減は重要な要素である
4	ヤグラの設営やクレーンを利用すると、設置に時間がかかる。さらに、今回の数量では仮設費が増大し合理性に欠ける
5	工事の進捗に合わせて、撮影日の柔軟な対応が必要となる

そこで、これら課題に対して航空機では飛行不能な低高度での定点撮影ができる、アングル自在で撮影対象を確実に捉えることができる。また、1回当たりの撮影に掛かるコストが安く済む。さらに、急な撮影要請にも即日応じることできる等の対応が可能なマルチコプターの採用が最適であるものと考えられた。

### (3) 撮影イメージの確認

当初はマルチコプターで「どの高度でどこまで見えるのか」を説明する資料が乏しく、発注者に分かりやすく伝える手段に苦心した。実際飛んでみないと分からない中、発注者の求める撮影イメージの認識合せは必須事項であった。初回撮影時に採用した手法を以下に示す。

- ① 高度とアングルを変えた数パターンを撮影
- ② 発注者が写真を確認し、イメージと合致する写真を採用

しかし、この手法を用いてもイメージがあわなければ、取り直しも否めないものであった。

また、夕刻になると強風に苛まれること多々あった。1日に使用できるバッテリー回数と気象による時間制限の中、いかに無駄なく発注者のイメージする写真が撮影できるかが課題であった。

#### (4) 離発着地点の選定

撮影に要した時間よりも、現地踏査に時間を取られる事が多かった。現地踏査では、まず発注者イメージを満たせそうな撮影ポイントを選定する必要があるが、この選定作業は「勘」に頼るものであり、離陸に適した地形の確保に支障が生じた。

河川撮影では、適した場所が農道の離合部分、あるいは川の側道位しかない。そのためベターな離着地点を選定するのさえ困難であった。この手探り状態を解消すべく、選定方法の開発に迫られていた。

#### (5) 撮影記録の管理

進捗状況については「着工前」「工事中」「竣工後」を毎回同じジャンルで撮影しなければならない。工期が長期にわたることを考慮し、再度同じ条件で撮影する為に、「撮影高度」「アングル」「撮影位置」「離着陸位置」等、撮影条件の記録は必須であった。また、撮影数が多くなると、ファイル管理が煩雑になりがちである。写真と撮影条件をシンプルに管理でき、即座に情報を引出せる管理方法の必要性が生じた。

#### (6) GoogleEarthの活用

そこで注目したのが、GoogleEarthである。GoogleEarthは、航空写真を使ったPC上で操作できる地球儀みたいなもので、マウス操作だけで地球儀を回したり、拡大したりでき、見たいところを自由な視点や高度で見れる。重ね図を使って道路網や境界線などを地図上に表示できる。また任意の図形を地図上に描く事ができるので、説明用の資料として最適である。編集した内容をKMZというファイル形式で出力でき、異なるPC間でGoogleEarthを使用した情報共有も可能である<sup>3)</sup>。

画面を立体的に表示できる点と自由に視点を変更できる点に注目し、撮影イメージ確認の問題解決に着手した。GoogleEarth上の画面と実際に撮影した画像を比較し検証。高度を合せると、GoogleEarthの画面枠と撮影画像の縦横比率がほぼ一致することが分かった。図-1に撮影イメージ確認フローを示す。発注者との打合せの際、ノートPCを持参し、GoogleEarthを用いて撮影イメージの確認を行った。事前に意識合わせを行える様になった事で、発注者イメージとの齟齬を解消、取り直しも無くなった。また、イメージ決定の段階で撮影位置と高度が分かっているので、撮影の際アングルを確認しながら高度を調整していくという事がなくなり撮影時間の短縮に繋がった。

離発着地点選定の問題についても解決が見られた。図-2に示す方法で、決定した撮影イメージから離陸地点候補の絞り込みができるようになった。

また、選定地点までの経路情報を携帯端末に落とし、確認しながら移動できるので道に迷うことも無くなった。現地踏査作業においては、移動時間、選定時間ともに大幅な時間短縮に繋がった。

記録の管理に至っては、GoogleEarthのファイルリンク機能と注釈機能を使用した。撮影ポイントの管理イメージを図-3に示す。地図上の撮影ポイントに画像ファイルをリンクさせ、注釈に工事状態と撮影日時を記録した。撮影ポイントから高度、アングル、離陸地点が検索できるので、次回以降、同一ポイントでの撮影がスムーズに行えるようになった。



図-1 撮影イメージ確認フロー

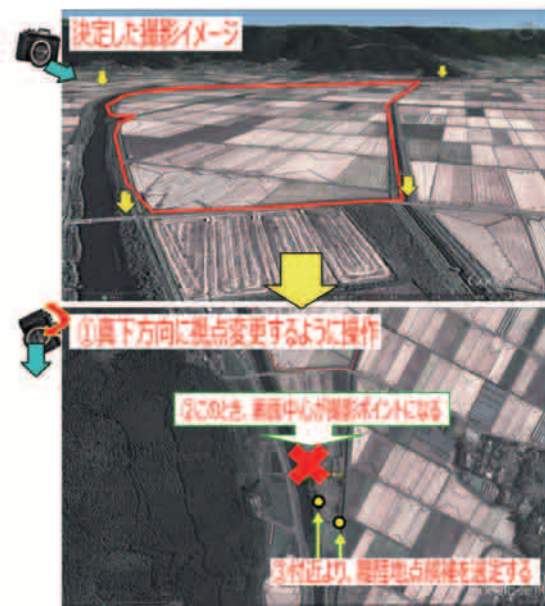


図-2 離陸地点選定手法



図-3 撮影ポイントの管理

## (7) 技術提案

空中写真撮影を業務として進める上で、写真自体に付加価値を付けて提案しなければならない。弊社では、マウス操作で360°パノラマ写真を閲覧できるソフトを開発している。パノラマ写真の中にオブジェクトを配置し、それに注釈を加えたり写真をリンクすることも可能だ。今回、河川工事のエリアをより広い視界で捉えるべく、360°撮影した空中写真からパノラマ写真を作成しプレゼンを行った。しかし、発注者側から良い評価を得る事ができなかった。パノラマ写真はひずみがあるので資料用の写真としては使用できない。また、使いどころがPR用に限られる等の意見があった。実用性を見据えた上で、付加価値を持った製品を提案しなければならない。今回の業務が進捗管理であることから、着工前、竣工後の土量の差を計算し、出来高管理ができないかと考えた。そのためには、画像の前後において地形変化の度合いを数値化して表現する必要がある。「ひずみを解消する」「地形を数値化する」というキーワードから、次なる付加価値を「地形の3次元モデル」に見出した。

### 3. 空中写真3次元モデル化への取り組み

#### (1) 3次元モデルについて

本業務における成果や課題を鑑み、今後の必要性を踏まえて、表-2に示すイメージの製品開発に着手した。そこで、立体的に構造物を捕らえることができ、正確な数値情報を含んでいる3次元モデルに焦点を当てた。

3次元モデルの構築は、対象を3Dスキャナで計測し、点群データから作成する方法が主流であった。近年では、画像認識技術の進歩により、デジタルカメラで撮影した写真からでも構築可能となった。また、マルチコプターの低空飛行・高解像度撮影を利用する事で、より鮮明な3次元モデルが実現可能になる(図-4)。以下、マルチコプターで低空撮影した写真から3次元モデルが構築可能か検証する。

#### (2) 空中写真の3次元モデル化

空中写真から3次元モデルを構築する手順を図-5に示す。撮影の際は、対象を全方位から捉えるべく、高度を変えながら囲い込み撮影する。このとき、航空写真測量時と同様、オーバーラップ60%、サイドラップ30%となるように撮影する。事前にGoogleEarthで撮影アングルの確認を行い、フライトプランを立てておく。

撮影した画像を写真計測ソフトに取り込むと、画像認識機能により自動で写真結合が行われ3次元モデルが作成される。従来手作業であった隣接画像間のタイポイント配置を行う必要がないので、人的作業の手間と作成時間が大幅に短縮されている。

表-2 新製品に求めるイメージ

1	構造物を任意の角度で見れる
2	構造物の高さ・幅・面積が計測できる
3	注釈等の属性情報を付加して管理できる



図-4 空中写真の比較



図-5 空中写真の3次元モデル化

作成した3次元モデルはオルソ図出力、メッシュ出力の他、図-6に示すようにPDFでも出力可能である。3D-PDFでは、「注釈を書き込む」「別ファイルへリンクさせる」等の編集が可能である。さらにPDF上で「寸法表示」ができるため、一つのファイルで構造物の様々な情報を表現することが可能になる。また、閲覧の際、特別なソフトを必要としない所も強みである。今後、構造物の現状を調べる際は、「PDFファイルを開くだけで済む」といった手軽な管理体制が見込まれる。弊社では、3D-PDFをベースとしたデータの提供と、それを利用した管理システムの提供をすべく研究開発を行っている。

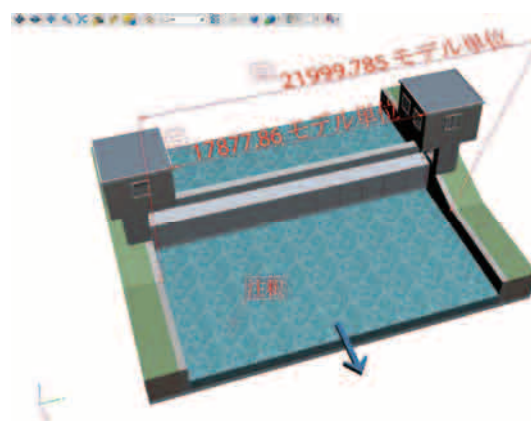


図-6 3D-PDFによる構造物の表示

### (3) 今後の課題

同様の方法で、地形の3次元モデル化を行った。空中写真のみで作成したモデルを図-7に示す。現段階では作成したモデルは荒く、まだ精度を担保するには至らない。単純に、高解像度の画像を使用し、撮影枚数を増やし、あらゆる角度からのアングルを適用させれば解決可能である。しかしこれでは、画像処理に高スペックのコンピューターを要し、撮影に掛かる時間も膨大になる。マルチコプター空撮の本来のメリットである低コスト、手軽さが意味のないものになってしまう。そこで、現段階から精度を上げていくための課題を表-3に示し、今後の検証で解決を図る。



図-7 地形3次元モデル

## 4. おわりに

本稿では、「マルチコプターで空撮を行う際の手法」「空中写真の3次元モデル化」に焦点を当てて紹介した。空撮手法においては、GoogleEarthがツールとして有効であることが立証された。「意思疎通が容易になる」「情報の管理が容易になる」「情報が共有できる」といった有用性により、これまで発注者との間で表現手段が無いが故に生じていた齟齬、勘違い、作業の出戻り等の解消が図れるのではないだろうか。空撮業務の枠にとらわれず多方面で業務改善に利用できる方法を見出し、活用する。

また、空中写真撮影の新たな付加価値を3次元モデルに見出したものの、現状はモデルの精度面で課題が残る。しかし、これらは検証の繰り返しで解決できるものである。冒頭に述べたCIMについては、基礎データを構築する際、コスト・容易さの部分が要求される事は明確である。精度向上と共に低コスト化を目指し製品開発に臨む。

現在、マルチコプターを利用した新技術について、様々な実証実験が行われている。橋梁点検・診断を初め、災害地形調査、航空オルソ図作成等が報告されている。弊社においても手法開発、付加価値創造と検証に取り組み、マルチコプターを基軸とした技術開発分野での先駆けを目指したい。

表-3 低コスト化・高精度化に向けた課題

1	高精度を維持できる最小限のモデル作成エリアを確定する。
2	エリアに対して必要なアングル、撮影枚数を把握する。
3	側面の補完にあたり、地上写真および3Dスキャナで計測した点群データを利用する手段を確立する
4	必要枚数を撮影するのに飛行回数を最小にする飛行計画を考案する。

### 参考文献

- 1) 井上公・内山庄一郎・鈴木比奈子(2014)：自然災害調査研究のためのマルチコプター空撮技術. 防災科学技術研究所研究報告 第81号, 90-96.
- 2) 国土交通省 情報化施工推進会議資料  
<<http://www.mlit.go.jp/common/000221538.pdf>>  
(2014年6月20日閲覧)
- 3) 「GoogleEarthチュートリアルページ」  
<<https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/learn/>>  
(2014年6月20日閲覧)

(2014. 7. 30提出)