

UAV を用いた公共測量マニュアル（平成 29 年 3 月改正版）の手引き

1. 「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」を使用する前に

平成 28 年 3 月に国土地理院が公開し、平成 29 年 3 月に改正した「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」（以下「本マニュアル」といいます。）は、無人航空機（以下「UAV」といいます。）で撮影した空中写真を用いた公共測量を行う際の技術的指針等を示した作業マニュアルです。本マニュアルで行う測量作業は空中写真測量の一種であり、作業規程の準則（平成 28 年 3 月 31 日一部改正。以下「準則」といいます。）第 3 編第 4 章に規定されている「空中写真測量」について一定の理解がある測量士、測量士補が本マニュアルを使用することを前提としています。

公共測量とは、費用の全部又は一部を国又は公共団体が負担して行う、一定以上の精度を有する測量として、測量法関連法令に規定されています。本マニュアルに基づいて行われる UAV を用いて行う測量は、一定の精度を有する成果を得るものであり、その発注者（測量計画機関）が国又は公共団体である場合には、公共測量に該当する可能性が極めて高いと考えられます。

公共測量の成果は公共財であることから、適切に精度等の管理が行われることが必要ですし、その成果を広く国民が共有できることが必要です。こうしたことから、公共測量を行う場合は、測量法において、以下を遵守することが定められています。

- 公共測量を行う場合には、事前の計画書の提出等、諸手続きが必要です。
- 公共測量を行う測量作業機関（受託者、作業員）は、測量法に基づく測量業登録が行われていることが必要です。
- 測量作業を行う技術者は、測量士又は測量士補であることが必要です。
- 公共測量では、測量業者が請け負った測量を一括して他人又は他の測量業者に請け負わせることが原則禁じられています。

必要な登録を受けずに測量業を営んだり、正当な理由無く公共測量の実施を妨げたりした場合には、測量法に罰則が規定されています。

本マニュアルを参照して測量を実施する際には、まず上記の点に留意し、適切な手続き等の下に測量作業を行うことが必要です。

2. 「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」の適用の可否の検討

本マニュアルは、UAV により撮影した空中写真を用いて行う測量の作業手法等を定めています。UAV は測量分野に近年導入された新しいツールの 1 つであり、機動性に優れているなど今後も利用が進むことが考えられますが、必ずしも全ての場合において適しているとは限りません。

測量手法を決める場合、作業地域の状況（DID 地区か否か）や面積、最終成果とその精度などを考慮しながら検討し、精度を満たしつつも現実的、効率的かつ経済的な方法を選ぶことが必要となります。作業範囲が広範囲であれば、UAV を用いるよりも別の作業方法（例えば有人航空機を用いる方法）の方が適している場合もあります。都市部（DID）や交通施設の近くなど UAV の飛行が容易ではない場所もあります。また、本マニュアルに基づいて行う測量では、UAV で撮影した空中写真を用いることから、写真に写っていない部分（例えば、植生に隠れて目視では判読できない地表面）の測量は物理的に不可能です。

このように、UAV を用いた測量は、作業地域の状況により、向き・不向きがありますので、UAV の利用ありきで作業を進めることは推奨しません。最適な測量方法の検討に当たっては、測量に精通した技術者である測量士が関与することが必要です。

3. 「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」で作成される測量成果

本マニュアルを参照して測量作業を行うことを計画されている方は、測量作業を行う前に、まずはどのような成果品（プロダクト）を測量により作成しようとしているのか、確認が必要です。なぜなら、作成しようとする成果品の内容、品質などによって、作業の手順、守るべきルール、参照するマニュアルの箇所が大きく異なるためです。

本マニュアルでは、大きく 2 種類の成果品を作成する方法を規定しています。マニュアルを参照される方は、以下の①と②のどちらの成果品を作成しようとしているのか、明確にしてください。

- ① いわゆる地図（数値地形図）を作成する方法で、様々な業務で使用する平面図（各種施設の台帳附図など）を作成したり修正したりする作業です。本マニュアルでは、第 2 編に作業方法等が規定されています。
- ② いわゆる三次元点群を作成する方法です。地形等の形状を、多くの点群で表現したデータで、i-Construction に係る各種工事のための測量や、土量計算、縦横断面図の作成、出来高計測、出来形確認などで用いることができます。本マニュアルでは、第 3 編に作業方法等が規定されています。

①の地図（数値地形図）を作成する場合は、作成しようとしている地図の縮尺（地図情報レベル）はどの程度のものか、また、②の三次元点群を作成する場合は、作成しようとしている三次元点群の精度や密度はどの程度のものかを、あらかじめ明らかにしてください。地図の縮尺（地図情報レベル）や、三次元点群の精度、密度などは測量の目的などによって異なります。測量作業の発注者（測量計画機関）は、目的に応じてこれらを決定してください。また実際に測量作業を行う者（受託者、測量作業機関）は、測量計画機関からどのような成果を作成するのか、明確な指示を受けてください。

なお、本マニュアルでは、①の地図（数値地形図）と②の三次元点群を同時に作成する方法は規定していません。同時に作成が必要な場合は、それぞれの作業を別々に行っていただくことが必要です。

①の地図（数値地形図）を作成する場合、求める縮尺（地図情報レベル）により、作業方法等には表 1 のような違いがあります。具体的な作業方法は、本マニュアルの第 2 編に規定されていますので、こちらを参照してください。なお、本マニュアルの第 3 編の作業内容とは異なりますので、第 3 編に示されている基準等は参考としないようにしてください。

一方、②の三次元点群を作成する場合、作成する三次元点群の精度、密度により、作業方法等には表 2 のような違いがあります。具体的な作業方法は、本マニュアルの第 3 編に規定されていますので、こちらを参照してください。なお、本マニュアルの第 2 編の作業内容とは異なりますので、第 2 編に示されている基準等は参考としないようにしてください。

表 1：地図（数値地形図）を作成する場合の縮尺（地図情報レベル）の違いによる規定の差

地図情報レベル	標定点の観測方法 (第 19 条)	標定点の配置 (第 17 条)	撮影する写真の重複率 (第 22 条)	写真の地上画素寸法 (第 22 条)	カメラキャリブレーション (第 25 条)	空中写真の保存形式 (第 24 条)
250	同じ(準則の TS 点の設置のための測量に準じる)	同じ(コースの両端のモデルに上下各 1 点及びコース内に規定数を均等配置)	OL 率 60%、SL 率 30%を標準とする	0.02cm	独立したキャリブレーション	非圧縮形式
500				0.03cm		

表 2：三次元点群を作成する場合の要求精度の違いによる規定の差

要求精度	主な適用作業	標定点及び検証点の観測方法 (第 54 条)	標定点の配置間隔 (第 53 条)	検証点の数 (第 53 条)	撮影する写真の重複度 (第 57 条)	写真の地上画素寸法 (第 57 条)	作成する点群の密度 (第 70 条)	カメラキャリブレーション (第 65 条)	空中写真の保存形式 (第 59 条)
0.05 m	出来形管理(出来形計測)	準則第 92 条に示す TS 等を用いる TS 点の設置に準じる	外側 100m 内側 200m	標定点の総数の半数以上	<撮影後の重複度の確認が可能な場合> OL 率 80%以上、SL 率 60%以上 <確認が困難な場合> OL 率 90%以上、SL 率 60%以上	1cm 以下	低密度： 100m ² につき 1 点以上 標準の密度： 0.25m ² につき 1 点以上 高密度： 0.01m ² につき 1 点以上	セルフキャリブレーション	特に定めなし(圧縮率の高い形式は避けることが望ましい)
0.1m	工事測量(起工測量、岩線計測)	準則第 3 編第 2 章第 4 節第 1 款の TS の設置に準じる	外側 100m 内側 400m			2cm 以下			
0.2m	工事測量(部分払い用出来高計測)	準則第 3 編第 2 章第 4 節第 1 款の TS の設置に準じる	外側 200m 内側 600m			3cm 以下			

(塗りつぶしたセルの箇所は、今回改定を行った箇所。)

4. 「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」を使用する場合の注意事項

本マニュアルは、測量新技術を公共測量で用いる場合の指針を示したものです。準則とは異なります。このため、準則のように、示されている規定（各条文）を基本的に全て遵守する必要はありません。

UAV を用いた測量は新しい測量技術であり、関連する測量機器についても次々と更新されています。また、使用する機器や条件、またその組合せを変えることで、精度の確保や効率性の向上を図ることができることも考えられます。

したがって、本マニュアルで規定している各条文は、あくまでも標準を示したものであり、それらに示された作業方法や基準等を全て遵守することは求めています。本マニュアルでは、最終成果が精度を満たしていること、さらにそのことを点検測量で確認することができれば、途中の作業について本マニュアルの規定のとおりでなくてもかまわない、ということを前提としています。

ただし、最終成果の精度等を適切に確認できない場合など、精度の確保を別途示すことが困難な場合には、本マニュアルで示す各規定を遵守して作業を行うことが必要です。

なお、最終成果に求める精度については、発注者（測量計画機関）が判断し、作業者（測量作業機関）に対して指示するものですので、本マニュアルを定めた国土地理院が一意に定めるものではありません。ご注意ください。

また、本マニュアルで示す作業の流れとは大きく異なる方法を採用する場合には、準則第 17 条（機器等及び作業方法に関する特例）第 2 項に基づき、作業者がその作業方法でも十分に精度を確保できることを示すために、必要な精度検証等を行い、その結果と作業マニュアルを国土地理院に提出し、意見を求めることが必要です。例えば UAV を用いたレーザ測量については、本マニュアルの規定とは全く別の測量であることから、これに該当します。

5. 「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」で想定している機材等

本マニュアルでは、特定の機材等を測量作業で使用することは想定していません。また、特に推奨する機材等も示していません。ただし、一部の機材については、一定の機能等を有することを求めています。

本マニュアルの作成に当たっては、以下のような機材を用いることを想定しています。また、実際にこうした機材を使用している事例が多く見られます。ただし、ここに例示した以外の機材であっても利用することは可能です。

< UAV 本体 >

いわゆる商用機（業務用機、中・大型機）以外の機体（例えばホビー機等）であっても利用することは可能です。ただし、一定程度の大きさを有する機体のほ

うが、安定した飛行、長時間の飛行が可能です。また、搭載するカメラが変更できたり、自律飛行が可能となったりするなど、汎用性や利便性は高くなります。

<カメラ>

一般的に市販されている一眼レフのデジタルカメラを想定しています。メーカー等の指定はありません。UAV 本体との組合せや使いやすさなどを踏まえて判断してください。作業内容等によっては、UAV 本体に備え付けのカメラ等も使用できますが、計画の立案や精度の確認などを行う際に、カメラの性能等の情報が明らかであることが必要となります。各作業で求めるカメラの機能等については、本マニュアルの該当箇所でご確認ください。

<SfM/MVS ソフト（三次元点群データ作成の場合）>

本マニュアルに基づく三次元点群作成のための測量作業で使用する SfM/MVS ソフトについては、特に指定はありません。最終成果の精度確認等を行った上で、精度が確保できるものであれば、いずれのソフトウェアも使用することができます。平成 28 年に国土地理院が測量会社を対象に実施したアンケートによりますと、多く利用されている SfM/MVS ソフトとしては、「PhotoScan」「Pix4Dmapper」「ImageMaster」「ContextCapture」があります（平成 28 年 10 月現在）。

なお、SfM/MVS ソフトの多くは、第 2 編に規定されている地図（数値地形図）作成を行う機能や、三次元点群の編集を行う機能を有していません。こうした作業を行うためには、別のソフトウェアが必要となる場合があります。

6. 「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」に関する FAQ

本マニュアルを使用する場合について、これまで国土地理院に寄せられた問い合わせの中で、特に多いものを示します。

Q：マニュアルを用いた公共測量を行う地域・場所・土地の状態に条件はありますか？

A：経費、作業効率、精度等を考慮して UAV による測量が適当かどうかを判断することが必要です。また、三次元点群データの作成については特に、基本的には裸地を対象としており、濃淡の少ない被覆の土地などでは、特徴点の抽出が難しい場合があるので注意が必要です。また、航空法を遵守した UAV の飛行も必要です。

Q：第 22 条または第 57 条の式で求めた高度を守って飛ばないと、公共測量成果として認められませんか？

A：必要な精度を満たす成果が得られるのなら、問題ありません。安全上の理由から計算した高度で飛ばないこともあります。

Q：撮影した写真画像はどのような形式で保存するのですか。

A：第 2 編では非圧縮形式での保存を標準としています。第 3 編は画像の形式に縛りはありません。必要な精度を満たす結果が得られることが確認できれば、どの形式でも問題ありません。圧縮率の高い形式で保存すると、必要な精度を満たすことができないおそれがあります。

Q：独立したキャリブレーションを行う必要はありますか。

A：第 2 編の数値地形図作成では必要です。第 3 編の三次元点群作成ではセルフキャリブレーションを標準としていますので、特に必要ではありません。

Q：UAV 撮影コース別精度管理表を作るためには、撮影した写真は全て点検しなければいけませんか？

A：第 2 編では、全てを点検することが必要です。第 3 編では、画質については全て点検することが必要ですが、重複度については、「同一コース内の隣接空中写真との重複度 90%以上、隣接コースの空中写真との重複度 60%以上」で撮影計画した場合には点検を省略することができます。

Q：UAV で撮影した空中写真を用いて、写真地図を作成することはできますか？

A：第 3 編の三次元点群作成の成果である写真と三次元点群を用いて、準則第 3

編第 7 章の写真地図作成に沿って作業すれば、写真地図を作成することができます。第 3 編の三次元点群作成で得られた三次元点群を数値地形モデルとして使用します。ただし、写真地図を用いて数値地形図データを作成することは本マニュアルの対象外です。写真地図から図化を行いたい場合は、準則第 17 条 2 項適用となりますので、精度検証を行ない、その結果を国土地理院に提出して頂く必要があります。精度検証を行う前に、国土地理院測量指導課にご相談下さい。

Q : SfM/MVS ソフトで図化はできますか？

A : SfM/MVS ソフトでは、図化を行って数値地形図を作成できないものが多いです。

また、SfM/MVS ソフトは、三次元形状復元計算を行うことで、空中写真からオリジナルデータを作成する（第 65 条）ことはできますが、点群編集による異常点の削除（第 70 条）や構造化データへの変換（第 71 条）には、別のソフトが必要となる場合があります。

Q : 出来形管理要領（土工編）に沿った作業に必要な精度管理表はどれですか？

A : 計画機関にお問合せください。どのように精度管理を行うか、そのために、どのような精度管理表が必要かは、計画機関でなければ判断できません。