

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
【序】概説	【序】概説
<u>(省略) (概説の記述内容については、改正の経緯の追記等を行い、全面的に見直しています。)</u>	
第 1 編 総則	第 1 編 総則
<p>(目的)</p> <p>第 1 条 本マニュアルは、公共測量における UAV による空中写真を用いた数値地形図作成及び三次元点群作成について、その標準的な作業方法等を定めることにより、その規格の統一、標準化及び必要な精度の確保に資することを目的とする。</p>	<p>(目 的)</p> <p>第 1 条 本マニュアルは、公共測量における UAV を用いた数値地形図データ作成及び三次元点群データ作成について、その標準的な作業方法等を定めることにより、その規格の統一、標準化及び必要な精度の確保に資することを目的とする。</p>
<u>(削除)</u>	<p><第 1 条 運用基準></p> <p>測量計画機関（以下「計画機関」という。）は、本マニュアルを、保有する公共測量作業規程の条文（準則では第 17 条「機器等及び作業方法に関する特例」）に基づき使用する場合、使用する民生用デジタルカメラや写真測量ソフトについて、測量作業機関（以下「作業機関」という。）等から精度検証結果を提出させて、本マニュアル及び公共測量作業規程に規定されている精度を確保できていることを確認する。</p>
<p>【解説】</p> <p>本マニュアルは、作業規程の準則（平成 20 年国土交通省告示第 4 1 3 号、最終改正平成 28 年 3 月 3 1 日）に基づかない特例的な作業方法を公共測量で行う際に使用することを想定したものである。本マニュアルに基づいて公共測量を行う際には、測量作業機関（以下「作業機関」という。）は使用するカメラ等の機材が、本マニュアルが求める一定の性能を有していることを測量計画機関（以下「計画機関」という。）に対して示し、計画機関は本マニュアルに示された作業方法等を用いて公共測量を行って良いかどうかを判断することが必要となる。</p> <p>なお、本マニュアルで規定されている作業方法等については、標準的なものを示したものであり、最終的な成果が一定の精度を確保できることが確認できるのであれば、作業機関は、計画機関の同意を得た上で本マニュアルの規定に従わない方法で作業を行うことが可能である。ただし、本マニュアルで規定されている作業方法、作業手順とは大きく異なる場合には、作業規程の準則第 17 条のとおり、検証結果を付して、あらかじめ国土地理院の長の意見を求めることが必要である。</p>	<p>【解 説】</p> <p>現行の準則において、UAV を用いた測量の利用について規定されていないが、準則第 17 条において、計画機関は、必要な精度の確保及び作業能率の維持に支障がないと認められる場合には、準則に定めていない機器等及び作業方法を用いることができるとされている。</p> <p>準則第 17 条を適用するにあたって、計画機関は、使用する資料、機器、測量方法等により、精度が確保できることを作業機関等からの検証結果に基づいて確認する必要がある。なお、確認にあたっては、あらかじめ国土地理院の長の意見を求めることができるとされている。</p> <p>また、国土地理院が新しい測量技術による測量方法に関するマニュアルを定めた場合は、当該マニュアルが前述の確認にあたって、確認のための資料として使用できると規定されている。本マニュアルは、これに該当するものであり、計画機関は本マニュアルにより、この新しい UAV を用いた測量技術を使用することについて判断することになる。</p>
<u>(削除)</u>	<p>(準則の準用)</p> <p>第 2 条 本マニュアルに定めるもの以外は、準則を準用する。</p>
<p>(安全の確保)</p> <p>第 2 条 <u>安全の確保については、作業規程の準則（平成 20 年国土交通省告示第 4 1 3 号、最終改正平成 28 年 3 月 3 1 日）（以下「準則」という。）第 10 条の規定を準用する。</u></p> <p>2 作業機関は、UAV を飛行させるに当たり、航空法に基づく必要な許可又は承認を得るとともに、国土交通省航空局が定めるガイドラインに従って作業を行うものとする。</p>	<p>(安全の確保)</p> <p>第 3 条 <u>作業機関は、UAV の飛行における安全の確保について適切な措置を講じなければならない。</u></p> <p>2 作業機関は、UAV を飛行させるにあたり、航空法第 132 条及び第 132 条の 2 に基づき必要な許可もしくは承認を得るとともに、国土交通省航空局が定める無人航空機（UAV、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドラインに則って UAV を取り扱うものとする。</p>
<u>(削除)</u>	<p><第 3 条 運用基準></p> <p>UAV の飛行は、国土地理院が定める公共測量における UAV の使用に関する安全の基準に従って飛行させなければならないものとする。</p>
<p>【解説】</p> <p>UAV を用いた公共測量作業を安全に行うために、国土地理院では本マニュアルとは別に、「公共測量における UAV の使用に関する安全基準（案）」を平成 28 年 3 月に示している。作業機関はこうしたものも参考に、安全確保にむけた取組を行うことが必要である。</p>	<p>【解 説】</p> <p>本マニュアルでは、準則第 10 条（安全の確保）に準拠して規定するとともに、航空法及び航空局が定めるガイドラインにも準拠するように規定している。したがって、本マニュアル内では機器の点検などで安全に関わることもあるが、基本的には安全に関する規定はしていない。</p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

	<p><u>なお、公共測量における UAV の使用に関する安全の基準は、公共測量を対象とし、UAV の性能（最大運航重量、連続航続可能時間、最高運航速度、運航可能最大風速など）、作業員の体制整備（作業班長、操縦者、機体監視者等の役割など）、運航に当たっての留意事項（機体の点検、中止の条件など）等について記載されている。</u></p>
<p>（作業計画） 第3条 <u>作業計画は、準則第11条の規定を準用する。</u></p>	<p>（作業計画） 第4条 <u>作業機関は、作業着手前に作業の方法、使用する主要な機器、要員、日程等について適切な作業計画を立案し、これを計画機関に提出して、その承認を得なければならない。作業計画を変更しようとする場合も同様とする。</u></p>
<p>（工程管理） 第4条 <u>工程管理は、準則第12条の規定を準用する。</u> <u>（削除）</u></p>	<p>（工程管理） 第5条 <u>作業機関は、前条の作業計画に基づき、適切な工程管理を行わなければならない。</u> 2 <u>作業機関は、測量作業の進捗状況を適宜計画機関に報告しなければならない。</u></p>
<p>（精度管理） 第5条 <u>精度管理は、準則第13条の規定を準用する。</u> <u>（削除）</u> <u>（削除）</u></p>	<p>（精度管理） 第6条 <u>作業機関は、測定の正確さを確保するため、適切な精度管理を行い、その結果に基づいて精度管理表を作成し、これを計画機関に提出しなければならない。</u> 2 <u>作業機関は、各工程別作業の終了時、その他適切な時期に所要の点検を行わなければならない。</u> 3 <u>作業機関は、作業の終了後速やかに点検測量を行わなければならない。</u></p>
<p><u><第5条 運用基準></u> 1 <u>本マニュアルに基づく測量成果に対する点検測量率は5%を標準とする。</u> 2 <u>第3編に基づく三次元点群作成を行う場合においては、通常の検証点の他に検証点を追加し、それらの較差の点検を行うことにより、点検測量に代えることができるものとする。</u></p>	<p><u>（新規）</u></p>
<p>（測量成果の検定） 第6条 <u>測量成果の検定は、準則第15条の規定を準用する。</u></p>	<p>（測量成果の検定） 第7条 <u>作業機関は、基盤地図情報に該当する測量成果等の高精度を要する測量成果又は利用度の高い測量成果で計画機関が指定するものについては、準則付録3に基づく検定に関する技術を有する第三者機関による検定を受けなければならない。</u></p>
<p>（成果及び資料等の様式） 第7条 <u>UAV を用いた測量における成果、資料等は、本マニュアルに規定する標準的な様式で作成するものとする。ただし、成果等の使用、保存等に支障がないと認めて計画機関が指示し、又は承認した場合に限り、異なる様式により作成することができる。</u> <u>（削除）</u></p>	<p>（成果及び資料等の様式） 第8条 <u>UAV を用いた測量における成果、資料等は、標準的な様式で作成するものとする。ただし、成果等の使用、保存等に支障がないと認めて計画機関が指示し、又は承認した場合に限り、異なる様式により作成することができる。</u> <u><第8条 運用基準></u> <u>UAV を用いた測量に関連する標準的な様式は、本マニュアルに規定する。</u></p>
<p>（運用基準） 第8条 <u>本マニュアルの運用に関し必要な事項については、本マニュアルの中に運用基準として定める。</u></p>	<p>（運用基準） 第9条 <u>本マニュアルの運用に関し必要な事項については、本マニュアルの中に運用基準として定める。</u></p>
<p>（適用地区） 第9条 <u>UAV を用いた公共測量は、土工現場における裸地のような、対象物の認識が可能な地区に適用することを標準とする。</u></p>	<p><u>（新規）</u></p>
<p><u>【解説】</u> <u>本マニュアルで定める測量は、UAV による空中写真を用いて行うものであることから、当該空中写真では識別できない箇所を対象とした測量を行うことはできない。例えば、地表が完全に植生に覆われ、空中写真に植生の下の地面が全く写らないような地区での測量は不可能である。</u></p>	<p><u>（新規）</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)												
第 2 編 UAV による空中写真を用いた <u>数値地形図作成</u>	第 2 編 UAV を用いた <u>地形測量及び写真測量</u>												
第 1 章 概説	第 1 章 概説												
<p>(要旨)</p> <p>第 10 条 本編は UAV による空中写真を用いて<u>数値地形図を作成する測量作業の方法等を定める。</u></p> <p><u>(削除)</u></p> <p>2 「数値地形図」とは、地形、地物等に係る地図情報を位置、形状を表す座標データ、内容を表す属性データ等として、計算処理が可能な状態で表現したものをいう。</p>	<p>(要旨)</p> <p>第 10 条 本編は UAV を用いた<u>地形測量及び写真測量の作業方法等を定める。</u></p> <p>2 「<u>UAV を用いた地形測量及び写真測量</u>」とは、<u>UAV を用いて数値地形図データを作成する作業をいう。</u></p> <p>3 「<u>数値地形図データ</u>」とは、地形、地物等に係る地図情報を位置、形状を表す座標データ、内容を表す属性データ等として、計算処理が可能な状態で表現したものをいう。</p>												
<p><u>【解説】</u></p> <p><u>本編の最終成果は、数値地形図データファイルとなる。三次元点群データファイルを目的とする場合の作業方法は、第 3 編に定めるものとする。</u></p>	<p><u>(新規)</u></p>												
<p>(工程別作業区分及び順序)</p> <p>第 11 条 UAV による空中写真を用いた<u>数値地形図作成における工程別作業区分及び順序は、次の各号を標準とする。</u></p> <p>一 作業計画</p> <p>二 標定点の設置</p> <p><u>(削除)</u></p> <p>三 撮影</p> <p>四 空中三角測量</p> <p>五 現地調査</p> <p>六 数値図化</p> <p>七 数値編集</p> <p>八 補測編集</p> <p>九 数値地形図データファイルの作成</p> <p>十 品質評価</p> <p>十一 成果等の整理</p> <p><u>(削除)</u></p>	<p>(工程別作業区分及び順序)</p> <p>第 11 条 工程別作業区分及び順序は、次の<u>とおり</u>とする。</p> <p>一 作業計画</p> <p>二 標定点の設置</p> <p>三 <u>対空標識の設置</u></p> <p>四 撮影</p> <p>五 空中三角測量</p> <p>六 現地調査</p> <p>七 数値図化</p> <p>八 数値編集</p> <p>九 補測編集</p> <p>十 数値地形図データファイルの作成</p> <p>十一 品質評価</p> <p>十二 成果等の整理</p> <p>2 <u>第七号から第十二号は、準則第 3 編第 3 章第 2 節、第 9 節から第 14 節を準用する。</u></p>												
<p>(数値地形図の地図情報レベル及び精度)</p> <p>第 12 条 <u>作成する数値地形図の地図情報レベルは、250 及び 500 を標準とし、その位置精度は、準則第 80 条に準じ次表を標準とする。</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="border: 1px solid black;">地図情報レベル</th> <th style="border: 1px solid black;">水平位置の標準偏差</th> <th style="border: 1px solid black;">標高点の標準偏差</th> <th style="border: 1px solid black;">等高線の標準偏差</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="border: 1px solid black;">250</td> <td style="border: 1px solid black;">0.12m 以内</td> <td style="border: 1px solid black;">0.25m 以内</td> <td style="border: 1px solid black;">0.5m 以内</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">500</td> <td style="border: 1px solid black;">0.25m 以内</td> <td style="border: 1px solid black;">0.25m 以内</td> <td style="border: 1px solid black;">0.5m 以内</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>(削除)</u></p>	地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差	250	0.12m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内	500	0.25m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内	<p>(数値地形図データの地図情報レベル)</p> <p>第 12 条 数値地形図データの地図情報レベルは、<u>250 及び 500 を標準とする。</u></p> <p>2 <u>地図情報レベル 1000 以上に適用する場合は、前条第五号までの工程は地図情報レベル 500 で行い、第六号以降の工程を地図情報レベル 1000 以上で行うものとする。</u></p>
地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差										
250	0.12m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内										
500	0.25m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内										
<p><第 12 条 運用基準></p> <p>1 <u>地図情報レベル 1000 よりも大きい数値地形図を作成する場合は、第 11 条第四号までの工程は地図情報レベル 500 の規定に基づいて行い、同条第五号以降の工程は作成する数値地形図の地図情報レベルに応じた規定に基づい</u></p>	<p><第 12 条 運用基準></p> <p>1 <u>数値地形図データの位置精度及び地図情報レベルは、準則第 80 条 (数値地形図データの精度) に準じ次表を標準とする。</u></p>												

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)																		
<p><u>て行うものとする。</u></p> <p><u>(削除)</u></p> <p><u>(削除)</u></p>	<table border="1" data-bbox="1665 191 2689 331"> <thead> <tr> <th>地図情報レベル</th> <th>水平位置の標準偏差</th> <th>標高点の標準偏差</th> <th>等高線の標準偏差</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0.12m 以内</td> <td>0.25m 以内</td> <td>0.5m 以内</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>0.25m 以内</td> <td>0.25m 以内</td> <td>0.5m 以内</td> </tr> </tbody> </table> <p>2 「<u>地図情報レベル</u>」とは、<u>数値地形図データの地図表現精度を表し、数値地形図における図郭内のデータの平均的な総合精度を示す指標をいう。</u></p> <p>3 <u>地図情報レベルと地形図縮尺の関係は、次表のとおりである。</u></p> <table border="1" data-bbox="1914 510 2439 651"> <thead> <tr> <th>地図情報レベル</th> <th>相当縮尺</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>1/250</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>1/500</td> </tr> </tbody> </table>	地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差	250	0.12m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内	500	0.25m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内	地図情報レベル	相当縮尺	250	1/250	500	1/500
地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差																
250	0.12m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内																
500	0.25m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内																
地図情報レベル	相当縮尺																		
250	1/250																		
500	1/500																		
<p><u>(削除)</u></p>	<p>【解説】</p> <p><u>UAV の飛行可能高度は航空法で制限されるため、適用できる地図情報レベルは実質的に制限される。</u> <u>より低い精度の地図情報レベルで数値地形図データを作成する場合でも、UAV の飛行高度を限界よりも上げることができないため、第二項の適用は費用対効果の面から一般に奨められない。</u> <u>なお、地図情報レベル 250 より高い精度での公共測量が行われるようになれば、それに応じて本章の見直しを行っていく。</u></p>																		
<p>(数値地形図の図式)</p> <p>第 1 3 条 数値地形図の図式は、目的及び地図情報レベルに応じて適切に定めるものとする。</p> <p>2 地図情報レベル 250 の図式は、準則付録 7 に準拠するものとする。</p> <p>3 地図情報レベル 500 の図式は、準則付録 7 を標準とする。</p> <p>4 地図情報レベルごとの地図項目の取得分類基準、数値地形図データファイルの仕様、数値地形図データファイル説明書、分類コード等は、準則付録 7 を適用することができる。</p>	<p>(数値地形図データの図式)</p> <p>第 1 3 条 数値地形図データの図式は、目的及び地図情報レベルに応じて適切に定めるものとする。</p> <p>2 地図情報レベル 250 は、準則付録 7 に準拠するものとする。</p> <p>3 地図情報レベル 500 は、準則付録 7 を標準とする。</p> <p>4 地図情報レベルごとの地図項目の取得分類基準、数値地形図データのファイル仕様、数値地形図データファイル説明書、分類コード等は、準則付録 7 を適用することができる。</p>																		
<p><u>(削除)</u></p>	<p>【解説】</p> <p><u>地図情報レベル 250 は局地的にあらゆる地物を形状で取得しており、地図編集には使い難く、図式は規定されてこなかったため、業務に応じて準則の付録 7 に準拠して定めることとした。</u></p>																		
<p><u>(削除)</u></p>	<p><u>第 2 章 UAV を用いた空中写真測量</u></p>																		
<p><u>(削除)</u></p>	<p><u>第 1 節 要旨</u></p>																		
<p><u>(削除)</u></p>	<p>(要旨)</p> <p>第 1 4 条 「<u>UAV を用いた空中写真測量</u>」とは、<u>UAV を用いて撮影した空中写真から空中写真測量により数値地形図データファイルを作成する作業をいう。</u></p>																		
<p><u>(削除)</u></p>	<p>【解説】</p> <p><u>本章で規定する UAV を用いた空中写真測量は、GNSS/IMU 装置を搭載した UAV による公共測量の実績がないことから、準則第 3 章の空中写真測量での規定とは異なっている。しかしながら、近い将来には装備されるものと考えられる。その場合は、準則で規定しているものと同様以上の精度が得られると確認された場合には、準則第 3 章の空中写真測量と規定と同じ規定で利用可能となる。</u></p> <p><u>修正測量に適用する場合には、既存の数値地形図データとの整合に配慮し、標定点の配置や撮影の方法などを検討する必要がある。</u></p>																		
<p>第 2 章 作業計画</p>	<p>第 2 節 作業計画</p>																		

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p>(要旨) 第 14 条 作業計画は、第 3 条の規定によるほか、工程別に作成するものとする。</p>	<p>(要旨) 第 15 条 作業計画は、第 4 条の規定によるほか、工程別に作成するものとする。</p>
<p>第 3 章 標定点の設置</p>	<p>第 3 節 標定点の設置</p>
<p>(要旨) 第 15 条 標定点の設置とは、空中三角測量に必要となる水平位置及び標高の基準となる点（以下第 2 編において「標定点」という。）を設置する作業をいう。 2 標定点には対空標識を設置する。</p>	<p>(要旨) 第 16 条 標定点設置とは、空中三角測量に必要となる水平位置及び標高の基準となる点（以下「標定点」という。）を設置する作業をいう。 <u>(新規)</u></p>
<p>(対空標識の規格及び設置等) 第 16 条 対空標識は、拡大された空中写真上で確認できるように形状、寸法、色等を選定するものとする。</p>	<p>(対空標識の規格及び設置等) 第 22 条 対空標識は、拡大された空中写真上で確認できるように形状、寸法、色等を選定するものとする。</p>
<p><第 16 条 運用基準> 1 対空標識の模様は、次を標準とする。  ★型 X 型 + 型 ○型 2 対空標識の辺長又は円形の直径は、<u>撮影する空中写真に 15 画素以上で写る大きさを標準とする。</u> 3 対空標識の色は白黒を標準とし、状況により黄色や黒色とする。 4 対空標識の設置に当たっては、次に定める事項に留意する。 (1) あらかじめ土地の所有者又は管理者の許可を得る。 (2) <u>UAV から明瞭に撮影できるよう上空視界を確保する。</u> (3) <u>設置する地点の状態が良好な地点を選ぶものとする。</u> <u>(削除)</u> <u>(削除)</u> 5 設置した対空標識は、撮影作業完了後、速やかに<u>回収し原状を回復するものとする。</u> 6 <u>空中写真上で周辺地物との色調差が明瞭な構造物が測定できる場合は、その構造物を標定点及び対空標識に代えることができる。</u></p>	<p><第 22 条 運用基準> 1 対空標識の形状は、次を標準とする。  ★型 X 型 + 型 ○型 2 対空標識の辺長<u>あるいは円形の直径は 5 画素以上とする。</u> 3 対空標識の色は白黒を標準とし、状況により黄色や黒色とする。 4 対空標識の設置に当たっては、次に定める事項に留意する。 (1) あらかじめ土地の所有者又は管理者の許可を得る。 (2) <u>天頂からおおむね 45 度以上の上空視界を確保する。</u> (3) <u>堅固に設置する。</u> (4) <u>背景との色調差が明瞭な地点を選ぶか、明瞭となる措置をとる。</u> (5) <u>一定の期間設置が必要な場合、保全等のために標識板上、あるいは樹上等に設置する場合は標示杭に、標識板 1 枚の 3 分の 1 以下の大きさで、次の事項を標示することを原則とする。</u> ① <u>公共測量</u> ② <u>計画機関名</u> ③ <u>作業機関名</u> ④ <u>保存期限（年 月 日まで）</u> 5 設置した対空標識は、撮影作業完了後、速やかに原状を回復するものとする。 6 <u>樹上等に設置した対空標識の判読が困難になるとされる箇所では、背景より 50cm 程度高くするものとする</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><u>【解説】</u> 対空標識の形状は、<u>要求精度以上に高い解像度で撮影されると考えられることから、より標定点位置が明瞭に特定できるもの及び自動処理での計測が可能なもの（円形）が望ましい。</u> <u>この他、自動抽出のために特殊な形状を用いる場合には、自動抽出を損なわないように地上画素寸法にも配慮する必要がある。</u> 対空標識の辺長は、<u>準則を参考に規定しているが、標定点位置が特定できることを前提とし、空中写真上で探し出し易いこと、交通の邪魔にならないこと、空中写真の地上画素寸法等を考慮して決定する必要がある。</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
	<p><u>標識は、白色の膨張、黒色の収縮、さらには極端な拡大表示によって標定点位置が直接は特定し難くなるため、実際には色の境界線の延長の交点によって特定するよう設計されている。なお、膨張と収縮を抑える色の見直しも考えられるが、コントラストの低下に注意する必要がある。反対に極端に光が反射する素材も、ハレーションを起こして模様を壊してしまうので注意する必要がある。</u></p> <p><u>標識への諸事項の標示は、白部に記載するが、空中写真上では白色が膨張するので判読に支障を来すことはない。なお、管理された作業範囲等においては、必ずしも標示の必要はなく、また原状回復の必要もない。</u></p>
<p>(標定点の配置)</p> <p>第 17 条 標定点は、作業範囲の形状、撮影コースの設定、作業範囲及びその周辺の土地被覆を考慮して配置するものとする。</p>	<p>(標定点の配置)</p> <p>第 19 条 標定点は、作業範囲の形状、撮影コースの設定、作業範囲及びその周辺の土地被覆を考慮して配置するものとする。</p>
<p><第 17 条 運用基準></p> <p>1 撮影が単コースの場合には、標定点は次の条件を満たすように配置することを標準とする。</p> <p>(1) 標定点の配置は、コースの両端の<u>ステレオモデル</u>に上下各 1 点及び両端の<u>ステレオモデル</u>以外では、コース内に均等に配置することを標準とする。</p> <p>(2) 水平位置 (NH) 及び標高 (NV) の標定点数は、次の式を標準とする。</p> $NH = NV = [n/2] + 2$ <p>ここで、n は<u>ステレオモデル</u>数とし、[] 中の計算終了時の小数部は切り上げるものとする。</p> <p>2 撮影が複数コースの場合には、標定点は次の条件を満たすように配置することを標準とする。<u>なお、撮影範囲の形状は矩形を標準とする。また、水平位置の標定点と標高の標定点は兼ねることができる。</u></p> <p>(1) 水平位置の標定点の配置は、ブロックの四隅に必ず配置するとともに、両端のコースについては 6 <u>ステレオモデル</u>に 1 点、その他のコースについては 3 コースごとの両端の<u>ステレオモデル</u>に 1 点、ブロック内の<u>位置精度</u>を考慮して 30 <u>ステレオモデル</u>に 1 点を均等の割合で配置することを標準とする。</p> <p>(2) 水平位置の標定点数 (NH) は、次の式を標準とする。</p> $NH = 4 + 2 [(n - 6)/6] + 2 [(c - 3)/3] + [(n - 6)(c - 3)/30]$ <p>ここで、n は 1 コース当たりの平均<u>ステレオモデル</u>数、c はコース数、[] 中の計算終了時の小数部は切り上げ、負になる場合は 0 とする。</p> <p>(3) <u>標高の標定点の配置は、2 コースごとの両端ステレオモデルに 1 点ずつ配置するほか、12 <u>ステレオモデル</u>に 1 点の割合で各コースに均等に配置することを標準とする。</u></p> <p>(4) <u>標高の標定点数は、次の式を標準とする。</u></p> $NV = [n/12] c + 2 [c/2]$ <p>ここで、n は 1 コース当たりの平均<u>ステレオモデル</u>数、c はコース数、[] 中の計算終了時の小数部は切り上げ、計算された NV が(2)で計算された NH より小さい場合は、NV は NH と同数とする。</p> <p>3 標定点の配置計画は、撮影計画図の上に作成するものとする。</p>	<p><第 19 条 運用基準></p> <p>1 撮影が単コースの場合には、標定点は次の条件を満たすように配置することを<u>原則</u>とする。</p> <p>(1) 標定点の配置は、コースの両端のモデルに上下各 1 点及び両端のモデル以外では、コース内に均等に配置することを標準とする。</p> <p>(2) 水平位置 (NH) 及び標高 (NV) の標定点数は、次の式を標準とする。</p> $NH = NV = [n/2] + 2$ <p>ここで、n はモデル数とし、[] 中の計算終了時の小数部は切り上げるものとする。</p> <p>2 撮影が複数コースの場合には、標定点は次の条件を満たすように配置することを<u>原則</u>とする。</p> <p>(1) 水平位置の標定点の配置は、ブロックの四隅に必ず配置するとともに、両端のコースについては 6 モデルに 1 点、その他のコースについては 3 コースごとの両端のモデルに 1 点、ブロック内の精度を考慮して 30 モデルに 1 点を均等の割合で配置することを標準とする。</p> <p>(2) 水平位置の標定点数 (NH) は、次の式を標準とする。</p> $NH = 4 + 2 [(n - 6)/6] + 2 [(c - 3)/3] + [(n - 6)(c - 3)/30]$ <p>ここで、n は 1 コース当たりの平均モデル数、c はコース数、[] 中の計算終了時の小数部は切り上げ、負になる場合は 0 とする。</p> <p>標高の標定点の配置は、2 コースごとの両端モデルに 1 点ずつ配置するほか、12 モデルに 1 点の割合で各コースに均等に配置することを標準とする。</p> <p>標高の標定点数は、次の式を標準とする。</p> $NV = [n/12] c + 2 [c/2]$ <p>ここで、n は 1 コース当たりの平均モデル数、c はコース数、[] 中の計算終了時の小数部は切り上げ、計算された NV が①で計算された NH より小さい場合は、NV は NH と同数とする。</p> <p>3 標定点の配置計画は、撮影計画図の上に作成するものとする。</p>

（新）平成 29 年 3 月改正版

（旧）現行版（平成 28 年 3 月公表版）

【解説】

この規定は、GNSS/IMU が搭載されていないもとで撮影した空中写真を用いた空中三角測量を行う際の規定として、昭和 60 年 10 月 5 日付けで建設省国地発 292 号をもって建設大臣の承認を得て、各地方建設局長及び土木研究所長宛てに通知された建設省の公共測量作業規程から引用しているものである。

なお、バンドル調整による空中三角測量での基準点の配置については、次のような知見が得られている。

秋山（2001）より抜粋

- ・平面位置の精度は平面位置の基準点のみに依存し、標高精度は標高標定点のみに依存する。
- ・平面位置基準点は、ブロック周辺部に配置するのが効果的である。
- ・標高基準点はコース方向に直交して列状に配置するのが効果的である。この列は、コースの終始端の列およびコース内 5～6 モデル間隔に配置するのが効果的である。

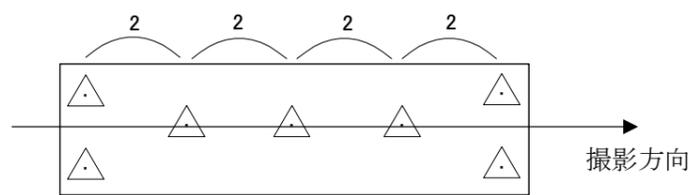


図 2.1 標定点の配置（単コースの例）

標定点（△）7 点、空中写真 11 枚、10 ステレオモデルの例

（削除）

（標定点の精度）

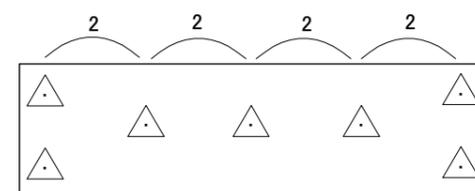
第 18 条 標定点の精度は、作成する数値地形図の地図情報レベルに応じて、次表を標準とする。

精度	水平位置 (標準偏差)	標高 (標準偏差)
地図情報レベル		
250	0.1m 以内	0.1m 以内
500	0.1m 以内	0.1m 以内

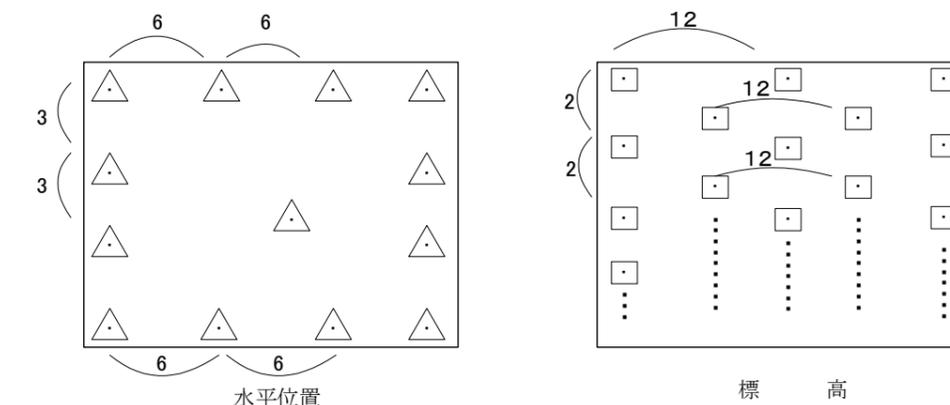
【解説】

本条文は、昭和 60 年 10 月 5 日付けで建設省国地発 292 号をもって建設大臣の承認を得て、各地方建設局長及び土木研究所長宛てに通知された建設省の公共測量作業規程から引用しているものである（図 3）。本条文が規定された時点と異なり、本マニュアルで規定する民生用デジタルカメラや撮像素子（当時は航空フィルム）の性能、レンズの画面距離や撮影の対地高度等、諸条件が異なっている。これらの諸条件を考慮して、条件に合った配置にする必要がある。過去の研究から、バンドル調整による空中三角測量での標定点の配置は、次のような知見が得られている（秋山、2001）

- (1) 平面位置の精度は平面位置の標定点のみに依存し、標高精度は標高標定点のみに依存する。
- (2) 平面位置標定点は、撮影範囲の周辺部に配置するのが効果的である。
- (3) 標高標定点はコース方向に直交して列状に配置するのが効果的である。この列は、コースの終始端の列及びコース内 5～6 モデル間隔に配置するのが効果的である。



(a) 単コース撮影のための標定点配置（撮影方向：左右）



(b) 複数コース撮影のための標定点配置（撮影方向：左右）

図 3 標定点の配置

（標定点の精度）

第 17 条 標定点の精度は、数値地形図データの地図情報レベルに応じ、次表を標準とする。

精度	水平位置 (標準偏差)	標高 (標準偏差)
地図情報レベル		
250	0.05m 以内	0.1m 以内
500	0.1m 以内	0.1m 以内

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

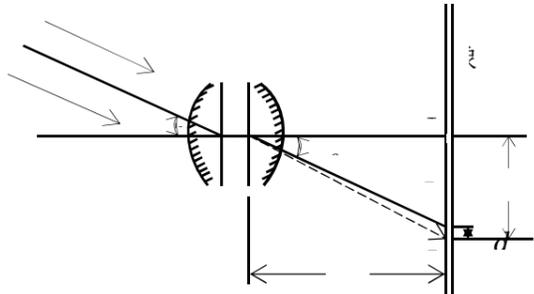
(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<u>(削除)</u>	<p><u>【解 説】</u></p> <p><u>地図情報レベル 500 における標定点の精度は、準則での規程に準拠している。</u></p> <p><u>地図情報レベル 250 における標定点の精度は、水平位置では地図情報レベル 500 での規定の半分に、標高では地図情報レベル 500 や 1000 での規定と同じにしている。標高が地図情報レベル 500 や 1000 と同じなのは、樹木等の被覆によって空中写真で地形を直接測量することが困難で、精度の向上が図れないという考えに従っている。</u></p>
<p><u>(標定点の観測方法)</u></p> <p>第 19 条 標定点の<u>位置及び高さ</u>は、次の各号のとおり求めるものとする。</p> <p>一 水平位置は、準則第 2 編第 2 章の基準点測量に準じた観測、又は準則第 3 編第 2 章第 4 節第 1 款の TS 点の設置に準じた観測</p> <p>二 標高は、準則第 2 編第 3 章で規定する簡易水準測量に準じた観測、又は準則第 3 編第 2 章第 4 節第 1 款の TS 点の設置に準じた観測</p>	<p><u>(方 法)</u></p> <p>第 18 条 標定点の設置は、次の各号のとおりとする。ただし、前条に規定する精度を確保し得る範囲内において、既知点間の距離、標定点間の距離、路線長等は、この限りでない。</p> <p>一 水平位置は、準則第 2 編第 2 章の基準点測量に準じた観測で行い、単点観測法を用いることができる。なお、<u>単点観測法の観測は、準則第 94 条の規定を準用する。</u></p> <p>二 標高は、準則第 2 編第 3 章で規定する簡易水準測量に準じた観測で行うものとする。</p>
<u>(削除)</u>	<p><u>2 空中写真上で周辺地物との色調差が明瞭な構造物が測定できる場合は、その構造物上に標定点の設置を行い対空標識に代えることができる。</u></p>
<u>(削除)</u>	<p><u>【解 説】</u></p> <p><u>既知点間の距離、標定点間の距離、路線長などは、UAV のような低高度から撮影する場合には空中写真測量の精度が非常に高くなることを考慮する必要がある。</u></p>
<p><u>(成果等)</u></p> <p>第 20 条 標定点の設置の<u>成果等</u>は、次の各号のとおりとする。</p> <p>一 標定点成果表</p> <p>二 標定点配置図</p> <p>三 標定点測量簿及び同明細簿</p> <p>四 精度管理表</p> <p>五 その他の資料</p>	<p><u>(成果等)</u></p> <p>第 20 条 成果等は、次の各号のとおりとする。</p> <p>一 標定点成果表</p> <p>二 標定点配置図及び水準路線図</p> <p>三 標定点測量簿及び同明細簿</p> <p>四 精度管理表</p> <p>五 その他の資料</p>
<u>(削除)</u>	<p><u>第 4 節 対空標識の設置</u></p>
<u>(削除)</u>	<p><u>(要 旨)</u></p> <p>第 21 条 「対空標識の設置」とは、標定点の写真座標を測定するため、標定点に一時標識を設置する作業をいう。</p>
<u>(削除)</u>	<p><u>(成果等)</u></p> <p>第 23 条 成果等は、次の各号のとおりとする。</p> <p>一 対空標識点明細票</p> <p>二 対空標識点一覧図</p> <p>三 精度管理表</p> <p>四 その他の資料</p>
<p><u>第 4 章 撮影</u></p>	<p><u>第 5 節 撮影</u></p>
<p><u>(要旨)</u></p> <p>第 21 条 撮影とは、UAV を用いて<u>空中三角測量用の空中写真を撮影する作業をいう。</u></p>	<p><u>(要旨)</u></p> <p>第 24 条 撮影とは、UAV を用いて測量用の空中写真を撮影する作業をいい、<u>後続作業に必要な写真処理工程を含むものとする。</u></p>
<p><u>(撮影計画)</u></p> <p>第 22 条 撮影計画は、撮影地域ごとに、<u>作成する数値地形図の地図情報レベル、地上画素寸法、対地高度、使用機</u></p>	<p><u>(撮影計画)</u></p> <p>第 25 条 撮影計画は、撮影地域ごとに、<u>要求精度、使用機器、地形形状、土地被覆、気象条件等を考慮して立案する</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)						
<p>器、地形形状、土地被覆、気象条件等を考慮して立案し、<u>撮影計画図としてまとめるものとする。</u></p>	<p>ものとする。</p>						
<p><第 2 2 条 運用基準></p>	<p><第 2 5 条 運用基準></p>						
<p>1 <u>撮影する空中写真の地上画素寸法は、作成する数値地形図の地図情報レベルに応じて、次表を標準とする。</u></p>	<p>1 <u>撮影高度は、対地高度に撮影地域内の撮影基準面高を加えたものとする。</u></p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>地図情報レベル</th> <th>地上画素寸法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0.02m 以内</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>0.03m 以内</td> </tr> </tbody> </table>	地図情報レベル	地上画素寸法	250	0.02m 以内	500	0.03m 以内	
地図情報レベル	地上画素寸法						
250	0.02m 以内						
500	0.03m 以内						
<p>2 対地高度は、<u>[(地上画素寸法) ÷ (使用するデジタルカメラの 1 画素のサイズ) × (焦点距離)] 以下とし、地形や土地被覆、使用するデジタルカメラ等を考慮して決定するものとする。</u></p>	<p>2 対地高度は、<u>[(要求精度) × (撮像素子上での基線長) / (読み取り精度)] 以下とし、地形や土地被覆、使用するデジタルカメラ等を考慮して決定するものとする。なお、要求精度は下表のとおりとする。</u></p>						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>地図情報レベル</th> <th>250</th> <th>500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>要求精度</th> <td>0.06m</td> <td>0.12m</td> </tr> </tbody> </table>	地図情報レベル	250	500	要求精度	0.06m	0.12m
地図情報レベル	250	500					
要求精度	0.06m	0.12m					
<p>3 撮影基準面は、撮影地域に対して一つを定める<u>ことを標準とするが、比高の大きい地域にあつては、数コース単位に設定することができる。</u></p>	<p>3 撮影基準面は、<u>原則として、撮影地域に対して一つを定めるが、比高の大きい地域にあつては、数コース単位に設定することができる。</u></p>						
<p>4 <u>焦点距離は、レンズの特性や地形等の状況によって決定するものとする。決定した焦点距離は、撮影終了まで固定するものとする。</u></p>	<p>4 <u>画面距離は、レンズの特性や地形等の状況によって決定するものとする。決定した画面距離は、撮影終了まで固定するものとする。</u></p>						
<p><u>(削除)</u></p>	<p>5 <u>デジタルカメラは、レンズも含め同じものを使用するものとする。</u></p>						
<p>5 <u>UAV の飛行速度は、空中写真が記録できる時間以上に<u>撮影間隔</u>がとれる速度とする。</u></p>	<p>6 <u>巡航速度は、空中写真が記録できる時間以上に<u>露光間隔</u>がとれる速度とする。</u></p>						
<p>6 同一コースは、直線かつ等高度で撮影することを<u>標準</u>とする。</p>	<p>7 同一コースは、直線かつ等<u>対地</u>高度で撮影することを<u>原則</u>とする。</p>						
<p>7 同一コース内の隣接空中写真との重複度は 60%、隣接コースの空中写真との重複度は 30%を標準とする。</p>	<p>8 同一コース内の隣接空中写真との重複度は 60%、隣接コースの空中写真との重複度は 30%を標準とする。</p>						
<p>8 コースの位置及び隣接空中写真との重複度は、次の各号に配慮するものとする。</p>	<p>9 コースの位置及び隣接空中写真との重複度は、次の各号に配慮するものとする。</p>						
<p>(1) 実体空白部を生じさせない</p>	<p>(1) 実体空白部を生じさせない</p>						
<p>(2) 隠蔽部ができる限り少なくなるようにする</p>	<p>(2) 隠蔽部ができる限り少なくなるようにする</p>						
<p>(3) パスポイント及びタイポイントが選点しがたい土地被覆がない</p>	<p>(3) パスポイント及びタイポイントが選点しがたい土地被覆がない</p>						
<p>9 コースの始めと終わりの地域外に <u>1 ステレオモデル以上設定する。</u></p>	<p>10 コースの始めと終わりの地域外に <u>1 モデル以上撮影する。</u></p>						
<p>10 撮影計画は、撮影時の明るさや風速、風向、地形・地物の経年変化等により、現場での見直しが生じることを考慮しておく。</p>	<p>11 撮影計画は、撮影時の明るさや風速、風向<u>あるいは地形・地物の経年変化等</u>により、現場での見直しが生じることを考慮しておく。</p>						
<p>【解説】</p>	<p>【解説】</p>						
<p><u>民生用デジタルカメラでは、任意の画素の情報を、周囲の画素の情報も加味して色補間処理を行い求める場合も多い。上述の地上画素寸法は、様々な民生用デジタルカメラを使用することを前提として、精度を満たす結果を得られるよう設定したものである。このため、必要な精度を確保することが確認できる場合には、運用基準第 1 項とは異なる地上画素寸法で撮影を行うことができる。</u></p>	<p><u>読み取り精度とは、空中写真上で地形・地物をどの程度の精度で読み取れるかの指標で、明瞭な形状を持つものは画素の 10 分の 1 程度が期待できる。一般には、空中写真の画質や地形・地物の明瞭さにもよるが、数分の 1 と考えられる。なお、機器の性能や撮影の環境は全く異なるが準則では、デジタル航空カメラで撮影した空中写真の読み取り精度は 0.5 画素としている。</u></p>						
<p><u>撮影は、気象条件が良好な時期及び時間に行うように計画することが必要である。安定した飛行のため、風は強くないことは望ましい。画像のブレをできるだけ少なくするため、露光時間が短くなるよう、明るい時間帯に行うことが必要である。また、太陽高度が低い場合には、陰の影響も生じるため注意が必要である。この他、撮影が好ましくない条件としては、突風の恐れがある場合や降雨、降雪等がある。</u></p>	<p><u>対地高度は、写真測量の奥行き（高さ）精度の理論式を対地高度が求まるように変形し、要求精度は数値地形図データの精度の最小値つまり地図情報レベル 250 の水平位置の標準偏差の半分とした。本来なら標高点の標準偏差を用いるべきところであるが、空中写真測量では樹木等の被覆により、撮影高度が低くなくても実質的な精度が向上しないため、標高点の標準偏差は地図情報レベル 250 と 500 は同じ値としてあり、空中三角測量用の精度基準としては使用できないためである。</u></p>						
	<p><u>パスポイント及びタイポイントを選点しがたい土地被覆としては、濃淡の少ない砂地や裸地、実体視を困難とする枝葉の状態にある樹木、風で揺れる丈の草地等がある。</u></p>						

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
	<p>写真測量の精度は、一般には次のように表現される。</p> $\text{水平位置の精度} = \frac{\text{対地高度}}{\text{画面距離}} \times \text{読み取り精度}$ $\text{標高の精度} = \frac{\text{対地高度}}{\text{画面距離}} \times \frac{\text{対地高度}}{\text{基線長}} \times \text{読み取り精度}$ <p>水平位置と標高の精度の違いは $\frac{\text{対地高度}}{\text{基線長}}$、いわゆる基線高度比の逆数の違いであり、空中写真測量では基線高度比は 1 以下の値を取るため、標高は水平位置より精度が低くなる。従って、写真測量の諸元を決める際には、標高の精度が基準となる。</p> <p>また、基線高度比は $\frac{\text{画面距離}}{\text{撮像素子上での基線長}}$ と同値であるため、標高の精度は次のようにも書ける。</p> $\text{標高の精度} = \frac{\text{対地高度}}{\text{画面距離}} \times \frac{\text{画面距離}}{\text{撮像素子上の基線長}} \times \text{読み取り精度}$ <p>この式を変形することで、カメラの諸元から対地高度を求める次式が導ける。</p> $\text{対地高度} = \frac{\text{標高の精度} \times \text{撮像素子上の基線長}}{\text{読み取り精度}}$
<p>(使用する UAV の性能等)</p> <p>第 2 3 条 撮影に使用する UAV は、次の各号の性能及び機能を有することを標準とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 自律飛行機能及び異常時の自動帰還機能を装備している。 二 航行能力は、利用が想定される飛行域の地表風に耐えることができる。 三 撮影時の機体の振動や揺れを補正し、デジタルカメラの向きを安定させることができる。 	<p>(UAV)</p> <p>第 2 6 条 UAV は、所要の性能を有するものを使用しなければならない。</p>
<p>(削除)</p>	<p><第 2 6 条 運用基準></p> <p>UAV の性能は、次のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 手動飛行機能及び自律飛行機能、異常時の自動帰還機能等を装備しているものとする。 (2) 航行能力は、利用が想定される飛行域の地表風に耐えることができるものとする。 (3) 撮影時の飛行姿勢、デジタルカメラの水平規正及び写角が確保できるものとする。
<p>(削除)</p>	<p>【解説】</p> <p>航行能力は機体によって異なり、耐風能力も異なってくる。従って、ここでは具体的な規定としてはいない。</p>
<p>(使用するデジタルカメラの性能等)</p> <p>第 2 4 条 撮影に使用するデジタルカメラの本体は、次の各号の性能及び機能を有することを標準とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 焦点距離、露光時間、絞り、ISO 感度が手動で設定できる。 二 レンズの焦点の距離を調整したり、レンズのブレ等を補正したりする自動処理機能を解除できる。 三 焦点距離や露光時間等の情報が確認できる。 四 十分な記録容量を確保できる。 五 撮像素子サイズ及び記録画素数の情報が確認できる。 <p>2 撮影に使用するデジタルカメラのレンズは、単焦点のものを標準とする。</p>	<p>(デジタルカメラ)</p> <p>第 2 7 条 デジタルカメラを構成する本体、レンズ、撮像素子は、所要の性能を有するものを使用しなければならない。</p>
<p><第 2 4 条 運用基準></p> <p>1 撮影した画像は、非圧縮形式で記録することを標準とする。</p>	<p>(新規)</p> <p><第 2 7 条 運用基準></p> <p>1 デジタルカメラ本体の性能は、次のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 焦点位置、露光時間、絞り、ISO 感度が手動で設定できる。

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p>(削除)</p> <p>(削除)</p>	<p>(2) レンズの焦点を調整したり、レンズのブレ等を補正したりする自動処理機能を解除できる。</p> <p>(3) RAW 画像を記録できる。</p> <p>(4) 画面距離や露光時間等の情報が確認できる。</p> <p>(5) 十分な記録容量を確保できる。</p> <p>2 レンズの性能は、次のとおりとする。</p> <p>(1) 単焦点である。</p> <p>(2) 色収差が補正されている。</p> <p>(3) 歪曲収差は系統的である。</p> <p>3 撮像素子の性能は、次のとおりとする。</p> <p>(1) CCD もしくは CMOS 構造である。</p> <p>(2) 素子(ピクセル)の形状は正方形とみなせる。</p> <p>(3) 素子(ピクセル)の数と設置間隔がわかる。</p> <p>(4) グローバルシャッターもしくは同等の機能を有する。</p>
<p>【解説】</p> <p>デジタルカメラの良否は空中写真測量に大きな影響を与えるため、どのようなデジタルカメラを採用するかは実際の測量に従って検証するなど、慎重に行う必要がある。<u>本マニュアルでは、共線条件が成り立たないレンズを装備したデジタルカメラや歪みが系統的でないデジタルカメラは対象としていない。</u></p>	<p>【解説】</p> <p>本章では、<u>共線条件がなりたたないレンズを装備したカメラや歪みが系統的でないカメラは対象としていない。</u>カメラの良否は空中写真測量に大きな影響を与えるため、どのようなカメラを採用するかは実際の測量に従って検証するなど、慎重に行う必要がある。</p> <p><u>空中写真の記録形式は、RAW 画像とし、非圧縮で TIF 等の形式に変換して空中三角測量等に利用されることを前提としている。なお、RAW 画像には Exif と呼ばれる露光時間や絞り、ISO 等の情報が格納されており、これらの情報も変換した画像に保持させる必要がある。</u></p>  <p>図 4 レンズの構造</p> <p><u>理想的なレンズでは、入射角 θ の平行光は、像面上の光軸点 I_0 から $c \tan \theta$ だけ離れた点 I_θ に像を結ぶ。だが、実際のレンズでは、歪曲収差のため点 I_θ から d だけずれた点 I'_θ に像を結像される、このズレ d は入射角 θ での平行光の放射方向歪曲収差 (ラジアルディストーション) とよばれ、カメラにおける代表的な歪みである。この他、歪みには接線方向歪曲収差 (タンジェンシャルディストーション) や画面距離、主点位置のズレ等があり、これらの量が大きく、そのままでは要求精度を得られない場合には、その量を求め (キャリブレーション)、後処理で補正しなければならない。</u></p> <p><u>民生用デジタルカメラであってもキャリブレーションを行って画面距離やレンズ収差、主点のズレ等を解析し、これらの値を使って空中三角測量や空中写真の標定の補正を行うことによって、計測カメラとして使用できるといわれている。その際、カメラのキャリブレーション時の状態で保持する必要があるとともに、レンズや撮像素子等のカメラの内部の機構が動かないようにしておかなければならない。内部機構が動かない対策のひとつとして、レンズは単</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)						
	<p><u>焦点としている。また、ビニールテープ等でフォーカスリングを固定するなどの対策が必要となる。ズームレンズは、内部の機構を固定できる保証がないため、本章では規定していない。</u></p> <p><u>撮像素子とは CCD や CMOS センサ自体をいい、素子とは撮像素子を構成する光の受光する電極をいう。</u></p> <p><u>本マニュアルでは、現状の UAV の積載量などを考慮して民生用デジタルカメラの利用を想定しているが、産業用などのカメラであっても軽量化や露光制御等の UAV への対応が進んで搭載が可能となるとともに所定の精度が得られれば利用は可能となる。</u></p>						
<u>(削除)</u>	<p><u>(空中写真の地上画素寸法)</u></p> <p><u>第 28 条 空中写真の地上画素寸法は、地図情報レベル等に応じて定める。</u></p>						
<u>(削除)</u>	<p><u><第 28 条 運用基準></u></p> <p><u>1 空中写真の地上画素寸法と地図情報レベルとの関連は、次表に掲げるものを標準とする。なお、式中の α は読み取り精度[画素]の逆数、b:撮像素子上の基線長[mm]、c:画面距離[mm]とし、α は使用するデジタルカメラと撮影時の設定によって決定するものとする。</u></p> <table border="1" data-bbox="1774 730 2585 873"> <thead> <tr> <th data-bbox="1774 730 2000 779">地図情報レベル</th> <th data-bbox="2000 730 2585 779">地上画素寸法[mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1774 779 2000 827">250</td> <td data-bbox="2000 779 2585 827">$90 \times \alpha \times b \div c \sim 120 \times \alpha \times b \div c$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1774 827 2000 873">500</td> <td data-bbox="2000 827 2585 873">$180 \times \alpha \times b \div c \sim 240 \times \alpha \times b \div c$</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>2 読み取り精度は、対地高度、使用機器、土地被覆あるいは測量対象等によって決定するものとする。</u></p>	地図情報レベル	地上画素寸法[mm]	250	$90 \times \alpha \times b \div c \sim 120 \times \alpha \times b \div c$	500	$180 \times \alpha \times b \div c \sim 240 \times \alpha \times b \div c$
地図情報レベル	地上画素寸法[mm]						
250	$90 \times \alpha \times b \div c \sim 120 \times \alpha \times b \div c$						
500	$180 \times \alpha \times b \div c \sim 240 \times \alpha \times b \div c$						
<u>(削除)</u>	<p><u>【解説】</u></p> <p><u>空中写真の地上画素寸法は、地図情報レベル毎に規定された数値地形図データの要求精度から決定するのが基本であるが、安全面に配慮する必要もある。</u></p> <p><u>地上画素寸法を求める計算式は、準則の規程に準拠している。ただし、基線高度比($b \div c$)はカメラ側で求めるように変形している。</u></p> <p><u>読み取り精度は、対地高度や素子寸法、色の作り方、画像の圧縮率、土地被覆あるいは測量対象等によって変わり、撮影の対地高度が低くなるほど、素子寸法は小さいほど、色の作り方は複雑になるほど、画像の圧縮率が高くなるほど、土地被覆の濃淡が少ないあるいは測量対象が不明瞭なほど、悪くなる。</u></p>						
<u>(削除)</u>	<p><u>(撮影時期)</u></p> <p><u>第 29 条 撮影は、原則として、撮影に適した時期及び時間で、気象状態が良好なときに行うものとする。</u></p>						
<u>(削除)</u>	<p><u><第 29 条 運用基準></u></p> <p><u>撮影は、次の各号に留意して行うものとする。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>(1) 強風がない</u> <u>(2) 明るい</u> <u>(3) 陰が濃くない</u> 						
<u>(削除)</u>	<p><u>【解説】</u></p> <p><u>撮影は飛行しながら行なわれるため、安定して飛行できる環境が求められる。つまり、風は強くないことが望ましい。</u></p> <p><u>飛行しながらの撮影では、画像のブレをできるだけ少なくするため、露光時間は短くすることが望ましい。露光時間を短くするためには、明るさが必要となる。</u></p> <p><u>十分に明るい状況であっても、太陽の位置が低くて陽の当たる場所と陰になる場所のコントラストが大きいと影が濃くなって、その部分の写りが悪くなる。</u></p>						

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
	<p><u>この他、撮影が好ましくない条件としては、突風の恐れがある場合、降雨や降雪等がある。</u> <u>風の強さを確認する方法には、気象庁が出しているビューフォート風力階級表がある。</u></p>
<p>(独立したカメラキャリブレーション) 第 25 条 <u>撮影に使用するデジタルカメラは、独立したカメラキャリブレーションを行ったものでなければならない。</u> 2 <u>独立したカメラキャリブレーションは、三次元のターゲットを用いて行うことを標準とする。</u> 3 <u>撮影に使用するデジタルカメラは、独立したカメラキャリブレーションを行った状態を維持するものとする。</u> 4 <u>独立したカメラキャリブレーションで作成する誤差モデルは、これを使用するソフトに適合していなければならない。</u></p>	<p>(カメラキャリブレーション) 第 30 条 デジタルカメラは、カメラキャリブレーションを行ったものでなければならない。 2 カメラキャリブレーションは、三次元のターゲットを用いて行うことを<u>原則</u>とする。 3 デジタルカメラは<u>撮影が終了するまで</u>、カメラキャリブレーションをした状態を維持するものとする。 4 カメラキャリブレーションで作成する誤差モデルは、これを使用するソフトに適合していなければならない。</p>
<p><第 25 条 運用基準> 1 <u>独立したカメラキャリブレーションにより求める値は、焦点距離、画像中心からの主点位置のズレ、放射方向の歪み量、接線方向の歪み量を標準とする。</u> 2 <u>独立したカメラキャリブレーションを行ったデジタルカメラで撮影した画像の画像座標の残差は、0.1 画素以内とする。</u> 3 <u>作成する誤差モデルは、バンドル調整プログラムに適したものでなければならない。</u> 4 <u>独立したカメラキャリブレーションは、撮影前に実施することを標準とするが、撮影後に実施することもできるものとする。</u> 5 二次元ターゲットを用いて<u>独立したカメラキャリブレーション</u>を行う場合は、三次元ターゲットと同様に異なる方向からターゲットを撮影し、<u>焦点距離を正しく補正しなければならない。</u></p>	<p><第 30 条 運用基準> 1 カメラキャリブレーションにより求める値は、<u>画面距離</u>、画像中心からの主点位置のズレ、放射方向の歪み量、接線方向の歪み量を<u>原則</u>とする。 2 カメラキャリブレーション<u>結果における画像座標の残差は、0.1 画素以内とする。</u> 3 誤差モデルは、バンドル調整プログラムに適したものでなければならない。 4 カメラキャリブレーションは、<u>撮影前あるいは撮影後のいずれかに実施する。</u> 5 二次元ターゲットを用いてカメラキャリブレーションを行う場合は、三次元ターゲットと同様に異なる方向からターゲットを撮影し、<u>画面距離を正しく補正しなければならない。</u></p>
<p>【解説】 民生用デジタルカメラを測量に利用するには、画面距離や画像中心からの主点位置のズレ、レンズの歪みといった内部定位を固定し、これらの値を把握し、後処理で使用されるソフトで利用できるようにしなければならない。これらの値を求めることを<u>独立したカメラキャリブレーション</u>という。 二次元ターゲットを用いて<u>独立したカメラキャリブレーション</u>を行う場合は、二次元ターゲットに歪みを生じさせないなど、二次元ターゲット自体の取扱いにも注意が必要である。 <u>独立したカメラキャリブレーションを行った状態を維持するには、オートフォーカスや手ぶれ補正等、内部の機構を動かす機能を解除するとともに、フォーカスリングといったレンズを動かす機構をテープ止めしたりしなければならない。</u> <u>独立したカメラキャリブレーションの結果は、デジタルカメラがテープ止め等により独立したカメラキャリブレーションを行った状態が維持されていれば繰り返し撮影に利用できるが、撮影時の振動などの影響も受けたり、誤って内部の機構を動かす操作を行ったりすることも考えられる。従って、カメラキャリブレーション結果の有効期間は規定していない。細心の注意を払って利用する必要がある。</u> <u>なお、独立したカメラキャリブレーションは、作業機関が独自に行うことも可能であるが、専門機関へ依頼して行うこともできる。</u></p>	<p>【解説】 民生用デジタルカメラを測量に利用するには、画面距離や画像中心からの主点位置のズレ、レンズの歪みといった内部定位を固定し、これらの値を把握し、後処理で使用されるソフトで利用できるようにしなければならない。これらの値を求めることをカメラキャリブレーションという。 二次元ターゲットを用いてカメラキャリブレーションを行う場合は、二次元ターゲットに歪みを生じさせないなど、二次元ターゲット自体の取扱いにも注意が必要である。 <u>内部定位を固定するには、オートフォーカスや手ぶれ補正等、内部の機構を動かす機能を解除するとともに、フォーカスリングといったレンズを動かす機構をテープ止めしたりしなければならない。</u> カメラキャリブレーション結果は、カメラがテープ止め等により<u>内部定位が固定されれば繰り返し撮影に利用できるが、撮影時の振動などの影響も受けたり、誤って内部の機構を動かす操作を行ったりすることも考えられる。従って、カメラキャリブレーション結果の有効期間は規定していない。細心の注意を払って利用する必要がある。</u> <u>誤差モデルは、Brown が 1971 年に発表したもっとも一般的に使われている式をはじめ、Ebner、EL-Hakim、村井他等多くの式が存在する。これらは多くが、測量用の航空カメラを対象として開発されたものである。</u></p>
<p>(機器の点検と撮影計画の確認) 第 26 条 <u>UAV を飛行させるに当たっては、撮影計画の実際への適合性を確認する飛行を行い、機器の点検と撮影計画の確認を行うものとする。</u></p>	<p>(機器の点検と撮影計画の確認) 第 31 条 <u>飛行させるにあたっては、撮影計画の実際への適合性を確認する飛行を行い、機器の点検と撮影計画の確認を行うものとする。</u></p>
<p><第 26 条 運用基準> 1 機器の点検は、次の各号について行う。 (1) <u>UAV の外観</u></p>	<p><第 31 条 運用基準> 1 機器の点検は、次の各号について行う。 (1) <u>バッテリー</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p>(2) <u>UAV のネジの締付状態</u></p> <p>(3) <u>バッテリーの状態</u></p> <p>(4) <u>送信機の状態</u></p> <p>(5) <u>デジタルカメラの装着状態</u></p> <p>(6) <u>デジタルカメラの設定</u></p> <p>2 撮影計画の確認は次の各号について行う。</p> <p>(1) <u>露光時間、感度等の撮影条件</u></p> <p>(2) <u>撮影範囲の地形、地物の状況等を踏まえた撮影コース、対地高度の見直し</u></p>	<p>(2) <u>モータ</u></p> <p>(3) <u>アンプ</u></p> <p>(4) <u>ネジの締め付け</u></p> <p>(5) <u>機体のバランス</u></p> <p>(6) <u>送信機のバッテリー容量</u></p> <p>(7) <u>デジタルカメラの設定</u></p> <p>(8) <u>レンズ表面へのゴミの付着</u></p> <p>2 撮影計画の<u>校正</u>は次の各号について行う。</p> <p>(1) <u>撮影高度</u></p> <p>(2) <u>露光時間</u></p> <p>(3) <u>感度</u></p> <p>(4) <u>自動機能の解除</u></p> <p>(5) <u>画像記録の設定</u></p> <p>(6) <u>経年変化による撮影コース、対地高度の見直し</u></p>
<p>【解説】</p> <p>撮影に当たっては、いきなり飛行させるのではなく、機器の調子や設定の状況、計画と実際の違い等を確認する簡単な飛行を行うことが望ましい。<u>機器の点検については、「公共測量における UAV の使用に関する安全基準（案）」も参考とする。</u></p> <p><u>露光時間や感度等は、撮影を行う際の明るさによって決定する必要がある。また、露光時間の設定によっては、画像へのブレの混入を防ぐために、飛行速度を調整する必要もある。感度（ISO 感度の数値）を上げることは、撮像素子から読み出される信号を増幅させることに相当し、増幅させすぎると信号に含まれるノイズも顕著となり、画像にざらつきが生じることとなる。なお、発生するノイズの量はデジタルカメラごとに異なるため、事前に実際の撮影条件と同じ条件でテストを行い、ノイズの発生量を確認して感度を決めておくことが望ましい。</u></p> <p>撮影高度は、標高に対地高度を加えて決定される。標高は、撮影計画に使われる Web 配信の地図では、精度が低いこともあり、<u>また、建物等の地物の影響は計画の段階では明らかにできないことから、適切な撮影高度での飛行とならない場合がある。UAV による撮影は 150m 以下の低高度からの撮影であることが多いため、わずかな高度の違いが重複度に大きく影響を与えることから留意が必要である。</u></p>	<p>【解説】</p> <p>撮影を行うにあたっては、いきなり飛行させるのではなく、機器の調子や設定の状況、計画と実際の違い等を確認する簡単な飛行を行う。<u>機器は、気温や移動中の振動の影響を受けたりしている可能性がある。機体や飛行計画やカメラの設定項目は多く存在するとともに、常に同じ状態とはならない。計画に用いた地図情報が、現地の状況を正確に表しているとは限らない。確認飛行は、バッテリーや風速の状態が逐次変わっていくため、撮影飛行の直前に毎回行うものとした。</u></p> <p><u>バッテリーは見かけ上と実際の蓄電容量が異なることがある。</u></p> <p>撮影高度は、標高に対地高度を加えて決定される。標高は、撮影計画に使われる Web 配信の地図では、精度が低いこともあり、<u>適切な撮影高度での飛行とならない場合がある。また、UAV による撮影は低高度からの僅かな範囲の撮影であるため、僅かな高度の違いが重複度に大きく影響を与える。</u></p> <p><u>露光時間は、明るさによって決定する必要がある。また、露光時間の設定によっては、画像へのブレの混入を防ぐために、飛行速度を調整する必要もある。</u></p> <p><u>感度（ISO 感度の数値）を上げることは、撮像素子から読み出される信号を増幅させることに相当し、増幅させすぎると信号に含まれるノイズも顕著となり、画像にざらつきが生じることとなる。なお、発生するノイズの量はカメラごとに異なるため、事前に実際の撮影条件と同じ条件でテストを行い、ノイズの発生量を確認して感度を決めておくことが望ましい。</u></p>
<p>(撮影飛行)</p> <p>第 27 条 <u>UAV による撮影飛行は、次の各号に従って行うものとする。</u></p> <p>一 <u>計画対地高度及び計画撮影コースを保持するものとする。計画対地高度に対する実際の飛行の対地高度のずれは、10%以内とする。</u></p> <p>二 <u>離着陸以外は、自律飛行で行うことを標準とする。</u></p> <p>三 <u>機体に異常が見られた場合は、ただちに撮影飛行を中止する。</u></p>	<p>(撮影飛行)</p> <p>第 32 条 撮影飛行は、次の各号に従って行うものとする。</p> <p>一 <u>計画撮影高度及び計画撮影コースを保持するものとする。</u></p> <p>二 <u>離着陸以外は、自律飛行で行うことを原則とする。</u></p> <p>三 <u>機体に異常が見られた場合は、ただちに撮影飛行を中止する。</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p>四 他の UAV 等の接近が確認された場合には、ただちに撮影飛行を中止する。</p>	<p>四 他の UAV 等の接近が確認された場合には、ただちに撮影飛行を中止する。</p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 3 2 条 運用基準> <u>撮影した画像は、RAW 画像で記録することを原則とする。</u></p>
<p>(撮影結果の点検) 第 2 8 条 撮影の直後に、<u>現地において撮影結果の点検を行うものとする。</u> 2 撮影結果の点検は、次の各号について<u>行い精度管理表にまとめるものとする。</u> 一 撮影範囲 二 空中写真の画質 三 隣接空中写真間の重複度 四 隣接空中写真間の地上画素寸法較差 五 隠蔽部の範囲 六 <u>全ての標定点が適切に撮影できているか</u></p>	<p>(撮影結果の点検) 第 3 3 条 撮影の直後に、撮影結果の点検を行うものとする。 2 撮影結果の点検は、次の各号について<u>行うものとする。</u> 一 撮影範囲 二 空中写真の画質 三 隣接空中写真間の重複度 四 隣接空中写真間の地上画素寸法較差 五 隠蔽部の範囲 六 <u>対空標識の有無</u></p>
<p><第 2 8 条 運用基準> 1 <u>撮影結果の点検は、全ての空中写真を対象に行うものとする。</u> 2 <u>空中写真の画質は、ボケ、ブレ、ノイズ等について点検するものとする。</u> 3 <u>空中写真間の重複度は、空中写真を撮影された関係で並べて点検するものとする。</u> 4 <u>隠蔽部の有無は、立体図化に障害がないかを点検するものとする。</u> <u>(削除)</u></p>	<p><第 3 3 条 運用基準> <u>(新規)</u> 1 <u>空中写真の画質は、露光不足、露光過多、ボケ、ブレについて行うものとする。</u> 2 <u>空中写真間の重複度は、空中写真を撮影された関係で並べて点検するものとする。</u> 3 <u>隠蔽部の有無は、立体図化に障害がないかを点検するものとする。</u> 4 <u>光輝暗影は、図化に必要となる項目が判読できるかを点検するものとする。</u></p>
<p>【解説】 <u>重複度については、同一コース上で隣接する空中写真の重複度と、隣接するコース同士で隣り合う空中写真の重複度を点検する。点検方法としては、自動計算による確認、目視による確認などが考えられる。目視による確認の場合は、1) 撮影標定図において隣接する写真の主点間距離を点検する方法、2) 撮影計画図と撮影標定図を比較する方法などが挙げられる。</u> <u>写真の点検は全数点検であり、UAV 撮影コース別精度管理表への記載は、一枚毎の記載が標準となるが、枚数が多すぎる場合には、精度管理表の全項目について問題の無い写真はまとめて記載するという対応も考えられる。</u></p>	<p>【解説】 <u>RAW 画像はメーカー独自の画像形式で記録されるため、点検や空中写真測量に使用するには TIF 等の形式に変換する必要がある。</u> <u>空中写真間の重複度を点検することにより、空中写真の落ちや立体空白部も明らかになる。また、重複度が満たされていれば、コースや主点位置のズレは許容できることとなる。</u> <u>立体モデルを構成する空中写真間において地上画素寸法の差が大きいと、図化がしづらくなる。</u></p>
<p>(再撮影) 第 2 9 条 <u>実体空白部や現地調査で補えない隠蔽部等が存在する場合や、適切な画像が得られない場合、計画対地高度を 1 0 % 以上外れて撮影した場合には、それらの箇所を再撮影するものとする。</u> 2 再撮影は、次の各号によるものとする。 一 <u>撮影コースは、隠蔽等が生じない位置とし、再撮影の撮影方向は、隠蔽部等が最も緩和される方向に設定するものとする。</u> 二 <u>撮影範囲は、当該箇所の前後に 1 ステレオモデル以上を加えたものとする。</u></p>	<p>(再撮影) 第 3 4 条 <u>立体空白部や現地調査で補えない隠蔽部・暗影光輝が存在する場合には、それらの箇所を再撮影するものとする。</u> 2 再撮影は、次の各号によるものとする。 一 <u>撮影コースは、隠蔽・暗影光輝が生じない位置とする。</u> 二 <u>撮影範囲は、当該箇所の前後に 1 モデル以上を加えたものとする。</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 3 4 条 運用基準> <u>再撮影の撮影方向は、隠蔽部あるいは暗影光輝が最も緩和される方向に設定するものとする。</u></p>
<p>(成果等) 第 3 0 条 撮影の成果等は、次の各号のとおりとする。 一 <u>撮影計画図</u> 二 <u>誤差モデル等、独立したカメラキャリブレーションで得られる成果一式</u> 三 <u>撮影した空中写真</u></p>	<p>(成果等) 第 3 5 条 成果等は、次の各号のとおりとする。 <u>(新規)</u> 一 <u>カメラキャリブレーションデータファイル</u> 二 <u>空中写真</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p>四 撮影記録 五 撮影標定図 六 <u>UAV 撮影コース別精度管理表</u> 七 その他の資料</p>	<p>三 撮影記録 四 撮影標定図 五 精度管理表 六 その他の資料</p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 3 5 条 運用基準> <u>カメラキャリブレーションデータには、誤差モデルの記述が含まれるものとする。</u></p>
<p>第 5 章 空中三角測量</p>	<p>第 6 節 空中三角測量</p>
<p>(要旨) 第 3 1 条 空中三角測量とは、<u>撮影した空中写真</u>、標定点、パスポイント及びタイポイントの写真座標、カメラキャリブレーションデータ等を用いて、空中写真の外部標定要素及びパスポイント、タイポイントの水平位置と標高を決定する作業をいう。</p>	<p>(要旨) 第 3 6 条 空中三角測量とは、標定点、パスポイント及びタイポイントの写真座標、カメラキャリブレーションデータを用いて、空中写真の外部標定要素及びパスポイント、タイポイントの水平位置と標高を決定する作業をいう。</p>
<p>(パスポイント及びタイポイントの選点) 第 3 2 条 パスポイントは、同一コースで連続する空中写真間を連結する点、タイポイントは隣接コースの空中写真間を連結する点に分けて選定するものとする。 2 パスポイント及びタイポイントの選定は、空中写真間の連結が理論的に最も堅ろうとなる配置で、空中写真上で明瞭に認められる位置とすることを<u>標準</u>とする。</p>	<p>(パスポイント及びタイポイントの選点) 第 3 7 条 パスポイントは、同一コースで連続する空中写真間を連結する点、タイポイントは隣接コースの空中写真間を連結する点に分けて選定するものとする。 2 パスポイント及びタイポイントの選定は、空中写真間の連結が理論的に最も堅ろうとなる配置で、空中写真上で明瞭に認められる位置とすることを<u>原則</u>とする。</p>
<p><第 3 2 条 運用基準> 1 パスポイントの配置は、次の各号によるものとする。 (1) 主点付近及び主点基線に直角な両方向の 3 箇所以上を標準とする。 (2) 主点基線に直角な方向は、上下端付近の等距離に配置することを標準とする。 2 タイポイントの配置は、次の各号によるものとする。 (1) 1 モデル毎に等間隔かつジグザグに配置することを標準とする。 (2) パスポイントで兼ねることができる。</p>	<p><第 3 7 条 運用基準> 1 パスポイントの配置は、次の各号によるものとする。 (1) 主点付近及び主点基線に直角な両方向の 3 箇所以上を標準とする。 (2) 主点基線に直角な方向は、上下端付近の等距離に配置することを標準とする。 2 タイポイントの配置は、次の各号によるものとする。 (1) 1 モデル毎に等間隔かつジグザグに配置することを標準とする。 (2) パスポイントで兼ねることができる。</p>
<p>(標定点とパスポイント及びタイポイントの観測) 第 3 3 条 標定点、パスポイント及びタイポイントの写真座標は、立体視で観測することを<u>標準</u>とする。</p>	<p>(標定点とパスポイント及びタイポイントの観測) 第 3 8 条 標定点、パスポイント及びタイポイントの写真座標は、立体視で観測することを<u>原則</u>とする。</p>
<p><第 3 3 条 運用基準> 1 パスポイント及びタイポイントは、その点が写っている全ての空中写真で観測することを<u>標準</u>とする。</p>	<p><第 3 8 条 運用基準> パスポイント及びタイポイントは、その点が写っている全ての空中写真で観測することを<u>原則</u>とする。</p>
<p>【解説】 空中写真を堅固に連結するには、前条に規定する配置でパスポイント及びタイポイントを取得する必要がある。しかしながらパスポイント及びタイポイントを取得する位置に、明瞭な地物が存在するとは限らない。このような状況で取得するには、立体視をしながら手動で観測する必要がある。自動で取得した場合には、立体視による確認や<u>写真測量</u>ソフトの異常値検索機能などにより、点検する必要がある。 パスポイント及びタイポイントは、写っている全ての空中写真で観測することによって自由度をなくし、堅固なモデルを作れることになる。</p>	<p>【解 説】 空中写真を堅固に連結するには、前条に規定する配置でパスポイント及びタイポイントを取得する必要がある。しかしながらパスポイント及びタイポイントを取得する位置に、明瞭な地物が存在するとは限らない。このような状況で取得するには、立体視をしながら手動で観測する必要がある。自動で取得した場合には、立体視による確認や<u>空中三角測量</u>ソフトの異常値検索機能などにより、点検する必要がある。 パスポイント及びタイポイントは、写っている全ての空中写真で観測することによって自由度をなくし、堅固なモデルを作れることになる。</p>
<p>(調整計算) 第 3 4 条 カメラキャリブレーションデータ<u>並びに</u>標定点、パスポイント及びタイポイントの写真座標を用い、バンドル法により調整計算を行い、各空中写真の外部標定要素<u>並びに</u>パスポイント及びタイポイントの水平位置と標高を求めるものとする。</p>	<p>(調整計算) 第 3 9 条 カメラキャリブレーションデータ<u>及び</u>標定点、パスポイント及びタイポイントの写真座標を用い、バンドル法により調整計算を行い、各空中写真の外部標定要素<u>及び</u>パスポイント及びタイポイントの水平位置と標高を求めるものとする。</p>
<p><第 3 4 条 運用基準></p>	<p><第 3 9 条 運用基準></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)																																			
<p>1 調整計算を行う前には、多項式法又はバンドル調整法の異常値検索機能により過誤を検出し、観測値を点検するものとする。</p> <p>2 調整計算では、セルフキャリブレーションは行わないことを標準とする。</p> <p>3 標定点の水平位置及び標高の残差は、どちらも標準偏差及び最大値ともに次表の値以内とする。</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>地図情報レベル</th> <th>標準偏差</th> <th>最大値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">250</td> <td style="text-align: center;">0.06m</td> <td style="text-align: center;">0.12m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">0.12m</td> <td style="text-align: center;">0.24m</td> </tr> </tbody> </table> <p>4 パスポイント及びタイポイントの交会残差は、標準偏差が 1.5 画素以内、最大値が 3.0 画素以内とする。</p> <p>5 大気屈折及び地球曲率の影響の補正は、行わないものとする。</p> <p>6 セルフキャリブレーション付きの調整計算を行った場合には、セルフキャリブレーションデータを更新し、数値図化時のステレオモデル構築に再現できるようにしなければならない。</p> <p>7 調整計算は、単一ブロックとして行うことを標準とする。</p>	地図情報レベル	標準偏差	最大値	250	0.06m	0.12m	500	0.12m	0.24m	<p>1 調整計算を行う前には、多項式法あるいはバンドル調整法の異常値検索機能により過誤を検出し、観測値を点検するものとする。</p> <p>2 調整計算では、原則として、セルフキャリブレーションは行わないことを原則とする。</p> <p>3 標定点の水平位置及び標高の残差は、どちらも標準偏差及び最大値ともに次表の値以内とする。</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>地図情報レベル</th> <th>標準偏差[m]</th> <th>最大値[m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">250</td> <td style="text-align: center;">0.06</td> <td style="text-align: center;">0.12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">0.12</td> <td style="text-align: center;">0.24</td> </tr> </tbody> </table> <p>4 パスポイント及びタイポイントの交会残差は、標準偏差が 1.5 画素以内、最大値が 3.0 画素以内とする。</p> <p>5 大気屈折及び地球曲率の影響の補正は、行わないものとする。</p> <p>6 セルフキャリブレーション付きの調整計算を行った場合には、セルフキャリブレーションデータを更新し、数値図化時のステレオモデル構築に再現できるようにしなければならない。</p> <p>7 調整計算は、原則として、単一ブロックとして行うことを原則とする。</p>	地図情報レベル	標準偏差[m]	最大値[m]	250	0.06	0.12	500	0.12	0.24																	
地図情報レベル	標準偏差	最大値																																		
250	0.06m	0.12m																																		
500	0.12m	0.24m																																		
地図情報レベル	標準偏差[m]	最大値[m]																																		
250	0.06	0.12																																		
500	0.12	0.24																																		
<p>【解説】</p> <p>大気屈折及び地球曲率の影響の補正は、撮影範囲が狭いこと、対地高度が低いことから、必要とはしない。</p>	<p>【解説】</p> <p>大気屈折及び地球曲率の影響の補正は、撮影範囲が狭いこと、対地高度が低いことから、必要とはしない。</p> <p>標定点残差の標準偏差及び最大値は、準則で規定するフィルム航空カメラの規程（対地高度に対し標準偏差は 0.02%、最大値は 0.04%）としている。これらの結果を踏まえ、空中写真測量で規定されていない地図情報レベル 250 は、地図情報レベル 500 の半分としている。</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">地図情報レベル</th> <th colspan="2">撮影縮尺の分母</th> <th colspan="2">対地高度(150mmレンズ)</th> <th colspan="2">0.02%</th> <th colspan="2">0.04%</th> </tr> <tr> <th>最大</th> <th>～ 最小</th> <th>最小 [m]</th> <th>～ 最大 [m]</th> <th>最小 [m]</th> <th>～ 最大 [m]</th> <th>最小 [m]</th> <th>～ 最大 [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">250</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> <td style="text-align: center;">～ 0.06</td> <td style="text-align: center;">0.09</td> <td style="text-align: center;">～ 0.12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">3,000</td> <td style="text-align: center;">～ 4,000</td> <td style="text-align: center;">450</td> <td style="text-align: center;">～ 600</td> <td style="text-align: center;">0.09</td> <td style="text-align: center;">～ 0.12</td> <td style="text-align: center;">0.18</td> <td style="text-align: center;">～ 0.24</td> </tr> </tbody> </table>	地図情報レベル	撮影縮尺の分母		対地高度(150mmレンズ)		0.02%		0.04%		最大	～ 最小	最小 [m]	～ 最大 [m]	最小 [m]	～ 最大 [m]	最小 [m]	～ 最大 [m]	250	-	-	-	-	0.05	～ 0.06	0.09	～ 0.12	500	3,000	～ 4,000	450	～ 600	0.09	～ 0.12	0.18	～ 0.24
地図情報レベル	撮影縮尺の分母		対地高度(150mmレンズ)		0.02%		0.04%																													
	最大	～ 最小	最小 [m]	～ 最大 [m]	最小 [m]	～ 最大 [m]	最小 [m]	～ 最大 [m]																												
250	-	-	-	-	0.05	～ 0.06	0.09	～ 0.12																												
500	3,000	～ 4,000	450	～ 600	0.09	～ 0.12	0.18	～ 0.24																												
<p>調整計算が収束しない場合には、理由としてはデジタルカメラやカメラキャリブレーション、標定点、パスポイント・タイポイントなどに問題があると考えられる。したがって、例えばパスポイント・タイポイントの観測精度を上げるなどの見直しが必要となる。</p>	<p>調整計算が収束しない場合には、理由としてはカメラやカメラキャリブレーション、標定点、パスポイント・タイポイントなどに問題があると考えられる。したがって、例えばパスポイント・タイポイントの観測精度を上げるなどの見直しが必要となる。ただし、調整計算を収束させるためにセルフキャリブレーションを導入したり、標定点の配置を見直したりしても、見かけ上の精度が向上だけのこともあるため、注意が必要である。</p>																																			
<p>(成果等)</p> <p>第 3 5 条 空中三角測量の成果等は、次の各号のとおりとする。</p> <ol style="list-style-type: none"> 一 外部標定要素成果表 二 パスポイント、タイポイント成果表 三 空中三角測量作業計画、実施一覧図 四 写真座標測定簿 五 調整計算簿 六 空中三角測量精度管理表 七 その他の資料 	<p>(成果等)</p> <p>第 4 0 条 成果等は、次の各号のとおりとする。</p> <ol style="list-style-type: none"> 一 外部標定要素成果表 二 パスポイント、タイポイント成果表 三 空中三角測量作業計画、実施一覧図 四 写真座標測定簿 五 調整計算簿 六 精度管理表 七 その他の資料 																																			
<p>第 6 章 現地調査</p>	<p>第 7 節 現地調査</p>																																			
<p>(要旨)</p> <p>第 3 6 条 現地調査とは、空中写真で判読が困難な各種表現事項、名称等、他の地物に隠蔽された箇所を、現地にて調査する作業をいう。</p>	<p>(要旨)</p> <p>第 4 1 条 現地調査とは、空中写真で判読が困難な各種表現事項、名称等、他の地物に隠蔽された箇所を、現地にて調査する作業をいう。</p>																																			

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
2 現地調査を行うに <u>当たっては</u> 、現地調査の着手前に撮影計画や各種既存資料を元に、予察を行うものとする。	2 現地調査を行うに <u>あたっては</u> 、現地調査の着手前に撮影計画や各種既存資料を元に、予察を行うものとする。
<u>(削除)</u>	<u>【解説】</u> 現地調査には、撮影した空中写真をモザイクしたり正射変換して使用することもできるが、画像が変形して誤判読とならないように作成する必要がある
(現地調査の実施) 第 3 7 条 現地調査は、予察の結果に基づいて空中写真及び各種資料を活用し、次に掲げるものについて実施するものとする。 一 予察結果の <u>確認</u> 二 空中写真上で判読困難な箇所の地図項目 三 空中写真上で判読不能な地図項目 四 標定点	(現地調査の実施) 第 4 2 条 現地調査は、予察の結果に基づいて空中写真及び各種資料を活用し、次に掲げるものについて実施するものとする。 一 予察結果 二 空中写真上で判読困難な箇所の地図項目 三 空中写真上で判読不能な地図項目 四 標定点
<第 3 7 条 運用基準> 1 現地調査を行うに <u>当たっては</u> 、次の事項に留意するものとする。 (1) コントラストが低い地物間の境界 (2) 接触する建物の区画 (3) 空中写真上で不明瞭な植生及び植生界 (4) 凹地、がけ、岩等の表現上誤り易い地形 2 記号や注記は、ステレオモデルの向きに合わせて整理するものとする。 3 現地調査を分割して行う場合には、接合のやり取りを予め取り決めておくものとする。	<第 4 2 条 運用基準> 1 現地調査を行うに <u>あたっては</u> 、次の事項に留意するものとする。 (1) コントラストが低い地物間の境界 (2) 接触する建物の区画 (3) 空中写真上で不明瞭な植生及び植生界 (4) 凹地、がけ、岩等の表現上誤り易い地形 2 記号や注記は、ステレオモデルの向きに合わせて整理するものとする。 3 現地調査を分割して行う場合には、接合のやり取りを予め取り決めておくものとする。
(整理) 第 3 8 条 調査結果は、数値図化及び数値編集作業時に参照しやすいように整理するものとする。	(整 理) 第 4 3 条 調査結果は、数値図化及び数値編集作業時に参照しやすいように整理するものとする。
<u>(削除)</u>	<第 4 3 条 運用基準> 現地調査の結果は、 <u>相互関係がわかるように整理することを原則とする。</u>
(成果等) 第 3 9 条 <u>現地調査の成果等</u> は、次の各号のとおりとする。 一 現地調査結果を整理した空中写真等 二 その他の資料	(成果等) 第 4 4 条 成果等は、次の各号のとおりとする。 一 現地調査結果を整理した空中写真 二 その他の資料
第 7 章 数値図化	<u>(新規)</u>
<u>(数値図化)</u> 第 4 0 条 <u>数値図化は、準則第 3 編第 4 章第 8 節の規定を準用する。</u>	<u>(新規)</u>
第 8 章 数値編集	<u>(新規)</u>
<u>(数値編集)</u> 第 4 1 条 <u>数値編集は、準則第 3 編第 4 章第 9 節の規定を準用する。</u>	<u>(新規)</u>
第 9 章 補測編集	<u>(新規)</u>
<u>(補測編集)</u> 第 4 2 条 <u>補測編集は、準則第 3 編第 4 章第 1 0 節の規定を準用する。</u>	<u>(新規)</u>
第 1 0 章 数値地形図データファイルの作成	<u>(新規)</u>
<u>(数値地形図データファイルの作成)</u> 第 4 3 条 <u>数値地形図データファイルの作成は、準則第 3 編第 4 章第 1 1 節の規定を準用する。</u>	<u>(新規)</u>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<u>第 1 1 章 品質評価</u>	<u>(新規)</u>
<u>(品質評価)</u>	<u>(新規)</u>
第 4 4 条 <u>品質評価は、準則第 3 編第 4 章第 1 2 節の規定を準用する。</u>	
<u>第 1 2 章 成果等の整理</u>	<u>(新規)</u>
<u>(メタデータの作成)</u>	<u>(新規)</u>
第 4 5 条 <u>数値地形図データファイルのメタデータの作成は、製品仕様書に従いファイルの管理及び利用において必要となる事項について作成するものとする。</u>	
<u>(成果等)</u>	<u>(新規)</u>
第 4 6 条 <u>UAV による空中写真を用いた数値地形図作成における成果等は、前各章で定めるもののほか、次の各号のとおりとする。</u>	
一 <u>数値地形図データファイル</u>	
二 <u>その他の資料</u>	

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
第 3 編 UAV による空中写真を用いた三次元点群作成	第 3 編 UAV を用いた応用測量
第 1 章 概説	第 1 章 概説
<p>(要旨)</p> <p>第 4 7 条 本編は UAV による空中写真を用いて三次元点群を作成する測量作業の方法等を定める。</p> <p><u>(削除)</u></p> <p>2 「三次元点群」とは、地形に係わる情報の水平位置、標高に加え、<u>空中写真の色情報を属性として、計算処理が可能な状態として表現したものをいう。</u></p> <p><u>(削除)</u></p>	<p>(要旨)</p> <p>第 4 5 条 本編は UAV を用いた応用測量の作業方法を定める。</p> <p>2 「UAV を用いた応用測量」とは、<u>UAV を用いて三次元点群データ等を作成する作業をいう。</u></p> <p>3 「三次元点群データ」とは、地形に係わる情報の水平位置、標高に加え、<u>作成された時点での土地被覆の色を属性として、計算処理が可能な状態として表現したものをいう。</u></p> <p>【解説】</p> <p>1 <u>UAV 等を用いた公共測量から作成した三次元データを活用して、準則第 4 編第 2 章路線測量及び第 3 章河川測量の縦断面図データファイル及び横断面図データファイルを作成することができる。なお、許容範囲等の精度は、準則第 4 編第 2 章路線測量及び第 3 章河川測量による。</u></p> <p>2 <u>路線測量において UAV を用いる場合には、標定点の設置をもって主要点と中心点の設置に代えることができる。また、縦断測量のための標杭及び横断測量のための見通杭は省略することができる。</u></p> <p>3 <u>河川測量において UAV を用いる場合には、標定点の設置をもって距離標の設置に代えることができる。</u></p>
<p>(工程別作業区分及び順序)</p> <p>第 4 8 条 <u>UAV による空中写真を用いた三次元点群作成における工程別作業区分及び順序は、次の各号を標準とする。</u></p> <p>一 作業計画</p> <p>二 標定点及び検証点の設置</p> <p><u>(削除)</u></p> <p>三 撮影</p> <p>四 三次元形状復元計算</p> <p>五 点群編集</p> <p>六 三次元点群データファイルの作成</p> <p>七 品質評価</p> <p>八 成果等の整理</p>	<p>(工程別作業区分及び順序)</p> <p>第 4 6 条 工程別作業区分及び順序は、次のとおりとする。</p> <p>一 作業計画</p> <p>二 標定点及び検証点の設置</p> <p>三 <u>対空標識の設置</u></p> <p>四 撮影</p> <p>五 三次元形状復元</p> <p>六 数値編集</p> <p>七 三次元点群データファイルの作成</p> <p><u>(新規)</u></p> <p>八 成果等の整理</p>
<p>(三次元点群の精度)</p> <p>第 4 9 条 <u>作成する三次元点群の位置精度は、0.05m 以内、0.10m 以内又は 0.20m 以内のいずれかを標準とする。なおここでいう位置精度とは、作業範囲において観測した検証点の位置座標と、この地点に相当する三次元点群が示す位置座標の X、Y、Z それぞれの成分の較差の許容範囲をいう。</u></p> <p><u>(削除)</u></p> <p>【解説】</p> <p><u>作成する三次元点群の位置精度は、その目的に応じて設定し、それぞれの位置精度に必要な作業を行う。空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（平成 28 年 3 月 国土交通省）の場合、位置精度 0.05m 以内の三次元点群は出来形管理に、位置精度 0.10m 以内の三次元点群は起工測量又は岩線計測に、位置精度 0.20m 以内の三次元点群は部分払い出来高計測にそれぞれ利用されている。</u></p>	<p>(三次元点群データの精度)</p> <p>第 4 7 条 三次元点群の平面位置及び高さの要求精度は、<u>誤差が最大でも 0.05m を超えないものとする。</u></p> <p>2 <u>これ以外の要求精度で三次元点群データを作成する場合は、その精度に応じて標定点間隔や標定点の残差及び検証点の誤差、地上画素寸法等を適宜読み替えるものとする。</u></p> <p>【解説】</p> <p><u>本マニュアルの第 3 編では、誤差が最大でも 0.05m を超えない三次元点群データを必要とする場合の撮影画像の地上画素寸法や標定点・検証点について記載している。</u></p> <p><u>より高い精度の三次元点群データを必要とする場合は、地上画素寸法も細くなるため撮影高度は低くなる。また、標定点・検証点の点数も増加する。より低い精度とする場合は、各許容範囲の値は緩和される。</u></p>
<u>(削除)</u>	<u>(適用地区)</u>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
	<p><u>第 4 8 条 UAV を用いた応用測量は、土工現場における裸地等、特徴点や標高を自動抽出しやすいと考えられる地区に適用することを原則とする。</u></p>
<u>(削除)</u>	<p><u><第 4 8 条 運用基準></u> <u>特徴点や標高の自動抽出が困難な場合は適切な措置をとるものとする。</u></p>
<u>(削除)</u>	<p>【解 説】 <u>具体的な適用地区は、土木工事現場等が想定されている。</u> <u>濃淡の少ない被覆の土地や土地被覆の形状が変化する土地では、対空標識を設置することなどにより自動抽出の性能を向上させることができる。このような措置がとれば、濃淡の少ない土地でも三次元形状復元ソフトによる三次元点群データの作成性能は向上する。</u> <u>濃淡の少ない土地とは、一概には言えないが、状況に応じて真っ新な砂地や打設直後のアスファルト面等が該当することがあると考えられる。</u> <u>土地被覆の形状が変化する土地とは、丈の揃った同一植生が風に揺れている状況等が該当する。</u> <u>また、水面は、均質に濁った状態では濃淡の少ない土地のように写り、さざ波が立っていたり流れている状態では光の反射が異なり変化しているように写る。</u></p>
<u>(削除)</u>	<p><u>第 2 章 UAV を用いた空中写真による三次元点群測量</u></p>
<u>(削除)</u>	<p><u>第 1 節 要旨</u></p>
<u>(削除)</u>	<p><u>(要 旨)</u></p>
	<p><u>第 4 9 条 「UAV を用いた空中写真による三次元点群測量」とは、無人航空機を用いて撮影した空中写真から三次元形状復元ソフトにより三次元点群データファイルを作成する作業をいう。</u></p>
<u>(削除)</u>	<p>【解 説】 <u>本章で規定する UAV を用いた空中写真による三次元点群測量では、現状の三次元点群測量への UAV の適用状況を踏まえ、GNSS/IMU 装置は装備されていないものとして規定している。しかしながら、近い将来には装備されれば、三次元形状復元の性能は大きく向上するものと思われるため、それに応じた測量方法に見直していく必要がある。</u> <u>三次元形状復元ソフトとは、空中写真から SfM (Structure from Motion) により特徴点を抽出して撮影状態を求めるとともに、撮影状態に基づき MVS(Multi View Stereo)により空中写真から高密度に三次元点群を抽出し、三次元形状を復元するものである。</u></p>
第 2 章 作業計画	第 2 節 作業計画
<p>(要旨) <u>第 5 0 条 作業計画は、第 1 4 条の規定を準用する。</u></p>	<p>(要 旨) <u>第 5 0 条 作業計画は、第 4 条の規定によるほか、工程別に作成するものとする。</u></p>
第 3 章 標定点及び検証点の設置	第 3 節 標定点及び検証点の設置
<p>(要旨) <u>第 5 1 条 標定点及び検証点の設置とは、三次元形状復元計算に必要となる水平位置及び標高の基準となる点（以下第 3 編において「標定点」という。）及び三次元点群の検証を行う点（以下「検証点」という。）を設置する作業をいう。</u> <u>2 標定点及び検証点には対空標識を設置する。</u></p>	<p>(要 旨) <u>第 5 1 条 標定点及び検証点の設置とは、空中写真の撮影状態の再現に必要な点（以下「標定点」という。）及び三次元点群データの検証に必要な点（以下「検証点」という。）を設置する作業をいう。</u> <u>2 標定点及び検証点は、水平位置及び標高を保持するものとする。</u></p>
<u>(削除)</u>	<p>【解 説】 <u>標定点と検証点は、配置と役割は異なるが、仕様は全く同じである。</u> <u>通常の測量においては、精度検証後に、検証点を標定点に変更して再計算することにより、精度が向上する。しかしながら、三次元形状復元ソフトでは、精度が低下する場合もあり、このような処理は、三次元形状復元ソフトの性質、</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)												
	作業時間等を考慮して行わなければならない。												
<p>(対空標識の規格及び設置等)</p> <p>第 5 2 条 対空標識は、第 1 6 条の規定を準用する。</p>	(新規)												
<p><第 5 2 条 運用基準></p>	(新規)												
<p>1 第 1 6 条運用基準を準用する。</p>													
<p>(標定点及び検証点の配置)</p> <p>第 5 3 条 標定点は、計測対象範囲の形状、比高が大きく変化するような箇所、撮影コースの設定、地表面の<u>状態等</u>を考慮しつつ、次の各号のとおり配置するものとする。</p> <p>一 標定点は、計測対象範囲を囲むように配置する点（以下「外側標定点」という。）及び計測対象範囲内に配置する点（以下「内側標定点」という。）で構成する。</p> <p>二 外側標定点は、計測対象範囲の外側に配置することを標準とする。</p> <p>三 内側標定点は、計測対象範囲内に均等に配置することを標準とする。</p> <p>四 標定点の配置間隔は、作成する三次元点群の位置精度に応じて、以下の表を標準とする。なお、外側標定点は 3 点以上、内側標定点は 1 点以上設置するものとする。</p> <table border="1" data-bbox="154 835 1098 1066"> <thead> <tr> <th>位置精度</th> <th>隣接する外側標定点間の距離</th> <th>任意の内側標定点とその点を囲む各標定点との距離</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.05m 以内</td> <td>100m 以内</td> <td>200m 以内</td> </tr> <tr> <td>0.10m 以内</td> <td>100m 以内</td> <td>400m 以内</td> </tr> <tr> <td>0.20m 以内</td> <td>200m 以内</td> <td>600m 以内</td> </tr> </tbody> </table> <p>五 計測対象範囲内の最も標高の高い地点及び最も標高の低い地点には、標定点を設置することを標準とする。なお、これらの標定点は、外側標定点又は内側標定点の一部とすることができる。</p> <p>2 検証点は、標定点とは別に、次の各号のとおり配置するものとする。</p> <p>一 検証点は、標定点からできるだけ離れた場所に、計測対象範囲内に均等に配置することを標準とする。</p> <p>二 設置する検証点の数は、設置する標定点の総数の半数以上（端数は繰り上げ。）を標準とする。</p> <p>三 検証点は、平坦な場所又は傾斜が一様な場所に配置することを標準とする。</p>	位置精度	隣接する外側標定点間の距離	任意の内側標定点とその点を囲む各標定点との距離	0.05m 以内	100m 以内	200m 以内	0.10m 以内	100m 以内	400m 以内	0.20m 以内	200m 以内	600m 以内	<p>(標定点及び検証点の配置)</p> <p>第 5 3 条 標定点は、<u>三次元点群データの精度の低下を避けるため</u>、計測対象範囲の形状、比高が大きく変化するような箇所、地表面の<u>粒度</u>を考慮し、空中写真が標定点を介して既知点と堅ろうに結びつくように配置するものとする。</p> <p>2 標定点とは別に計測データを点検するための検証点を配置する。</p>
位置精度	隣接する外側標定点間の距離	任意の内側標定点とその点を囲む各標定点との距離											
0.05m 以内	100m 以内	200m 以内											
0.10m 以内	100m 以内	400m 以内											
0.20m 以内	200m 以内	600m 以内											
<p>(削除)</p>	<p><第 5 3 条 運用基準></p>												
	<p>1 標定点の配置は、次のとおりとする。</p> <p>(1) 標定点は、<u>三次元点群データを必要とする範囲を囲むように配置する。また、外部標定点、内部標定点、高高度標定点、低高度標定点で構成される。</u></p> <p>(2) 外部標定点は、計測対象範囲を包括するように、概ね辺長 100m 以内で結んで構成される多角形の内側に入るように配置することを標準とする。</p> <p>(3) 内部標定点は、計測対象範囲内に配置する。外部標定点と内部標定点から適切に構成された三角網の全ての辺長は概ね 200m 以内であること。</p> <p>(4) 高高度標定点は、計測対象範囲の標高の高い部分に 1 点、低高度標定点は、低い部分に 1 点配置する。なお、これらの標定点は、外部標定点、内部標定点と兼ねることができる。</p> <p>(5) 傾斜の急な法面等の比高が大きく変化する部分は、計測精度が低下する可能性があるため、上段及び下段、あるいはいずれかに配置する。また、地表面の粒度が細かく、模様の変化が乏しい部分も計測精度が低下する可能性があるため配置する。なお、これらの標定点は、外部標定点、内部標定点と兼ねることができる。</p>												

（新）平成 29 年 3 月改正版

（旧）現行版（平成 28 年 3 月公表版）

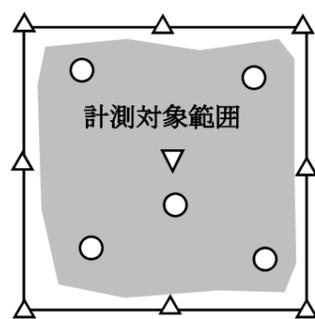
- (6) 標定点の総数は、最低 4 点とする。
- 2 検証点の配置は、次のとおりとする。
- (1) 検証点は、外部検証点、内部検証点からなる。
- (2) 外部検証点は隣接する外部標定点を結ぶ線分（以下、単に「線分」という）の中間付近に、線分 1 つおきに 1 点を配置する。なお、特に精度を検証すべき部分がある場合等は、概ね線分に直交する方向に位置を適宜ずらすことができ、計測対象範囲の内側に配置してもよい。
- (3) 内部検証点は標定点から離れた場所に配置する。
- (4) 内部検証点は 0.04 km² あたり 1 点を配置する。ただし、点数の端数は、四捨五入する。
- (5) 内部検証点は計測対象範囲の内側にできるだけ均等に配置する。ただし、特に精度を確認する必要がある場所に配置することもできる。
- (6) 検証点の総数は、最低 2 点とする。
- (7) 検証点は、原則として、平坦な場所又は傾斜が一様な場所に配置する。
- 3 三次元点群データの要求精度を第 47 条の規程としない場合は、下記の例を参考とする。

要求精度	最大誤差 0.05 m 以内	最大誤差 0.1 m 以内	最大誤差 0.2m 以内
運用基準 1(2)：外部標定点	概ね辺長 100 m 以内	概ね辺長 100 m 以内	概ね辺長 200 m 以内
運用基準 1(3)：内部標定点	概ね辺長 200 m 以内	概ね辺長 400 m 以内	概ね辺長 600 m 以内
運用基準 2(4)：内部検証点	0.04 km ² あたり 1 点	0.16 km ² あたり 1 点	0.36 km ² あたり 1 点

【解説】

標準的な標定点の設置イメージは、図 3_1 のとおりである。

計測対象範囲に傾斜の急な法面等の比高が大きく変化する部分を含む場合は、比高が大きく変化する部分に標定点を設置することで、計測精度を確保できる可能性が高くなる。また、地表面の様相の変化が乏しい部分も計測精度が低下する可能性があるため標定点を配置することが考えられる。その他、十分な精度を確保したい箇所には、標定点や検証点を設置することで対応することが望ましい。



外側標定点

- ・計測対象範囲を囲むように配置
- ・隣り合う外側標定点の距離は 100m 以内

内側標定点

- ・内側標定点は最低 1 点とする。
- ・内側標定点とそれを囲む標定点との距離は 200m 以内

検証点

- ・標定点の総数の半数以上（端数は繰り上げ）
- ・計測対象範囲内に均等に配置

- △：外側標定点
- ▽：内側標定点
- ：検証点

図 3_1 標定点の配置

【解説】

粒度とは、写真の画素ではなく施工面を覆う地物の砂等を想定している。

5 に標定点の配置の事例を示す。全ての例で、高高度標定点、低高度標定点、高高度検証点、低高度検証点は、他の標定点、検証点と兼ねているものとする。

撮影範囲は、計測対象範囲を内包し、全ての標定点及び検証点を撮影できるように設定される。計測対象範囲は、最終成果である三次元点群データファイルを必要とする範囲である。

なお、内部検証点は、三次元点群データを必要とする範囲が 0.01 km² より広い場合、面積に比例して点数は増加する。

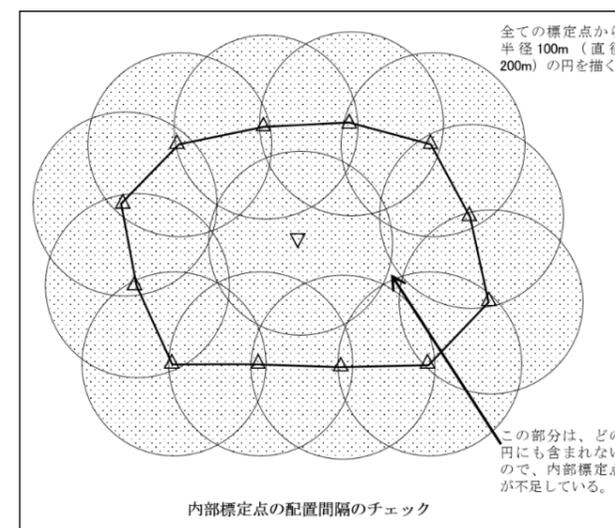
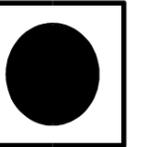


図 5 標定点の配置の事例

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)														
<p>(標定点及び検証点の観測方法)</p> <p>第 5 4 条 標定点及び検証点の位置及び高さは、<u>準則第 3 編第 2 章第 4 節第 1 款の TS 点の設置に準じた観測により求めるものとする。ただし、作成する三次元点群の位置精度が 0.05m 以内の場合には、準則第 9 2 条に示す TS 等を用いる TS 点の設置に準じて行うものとする。</u></p>	<p>(方法)</p> <p>第 5 2 条 標定点及び検証点は、基本測量又は公共測量の基準点に従って設置された基準点（以下「既知点」という。）から次の各号のうち、いずれかの観測方法により設置することを原則とする。</p> <p>一 TS による放射法</p> <p>二 キネマティック法</p> <p>三 RTK 法（直接観測法又は間接観測法）</p> <p>四 ネットワーク型 RTK 法（直接観測法又は間接観測法）</p>														
<p><第 5 4 条 運用基準></p> <p>1 標定点及び検証点の観測結果については、<u>精度管理表にまとめるものとする。</u></p> <p>2 TS 等を用いる場合は、<u>準則第 4 4 5 条 3 項を準用し、次表を標準とする。</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">区分</th> <th style="width: 15%;">水平角観測</th> <th style="width: 15%;">鉛直角観測</th> <th style="width: 15%;">距離測定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>方法</td> <td>2 対回 (0°, 90°)</td> <td>1 対回</td> <td>2 回測定</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">較差の許容範囲</td> <td>倍角差</td> <td rowspan="2">60"</td> <td rowspan="2">5 mm</td> </tr> <tr> <td>観測差</td> <td>40"</td> </tr> </tbody> </table> <p>3 <u>キネマティック法、RTK 法又はネットワーク型 RTK 法による TS 点の設置は、準則第 9 3 条及び第 9 4 条に準じて行うものとする。いずれの方法においても、観測は 2 セット行うものとする。1 セット目の観測値を採用値とし、2 セット目を点検値とする。セット間の格差の許容範囲は、X 及び Y 成分は 20mm、Z 成分は 30mm を標準とする。</u></p>	区分	水平角観測	鉛直角観測	距離測定	方法	2 対回 (0°, 90°)	1 対回	2 回測定	較差の許容範囲	倍角差	60"	5 mm	観測差	40"	<p><第 5 2 条 運用基準></p> <p><u>観測方法、観測回数、データ取得間隔等は、準則第 92 条に規定された TS 点の設置方法により行うものとするが、標定点と検証点の精度が確保できる場合は、これらを変更してもよい。</u></p>
区分	水平角観測	鉛直角観測	距離測定												
方法	2 対回 (0°, 90°)	1 対回	2 回測定												
較差の許容範囲	倍角差	60"	5 mm												
	観測差			40"											
<p>【解説】</p> <p>標定点及び検証点の測量は、<u>準則に定める TS 点の設置に準じ、TS による放射法、GNSS によるキネマティック法、RTK 法、ネットワーク型 RTK 法により行うことができる。ネットワーク型 RTK 法の場合、単点観測法による観測も可能であり、いわゆる GNSS ローバーを使用することも可能である。ただし、出来形管理のための測量など、作成する三次元点群の位置精度が 0.05m 以内の場合には、<u>標定点及び検証点の位置精度を確保する観点から、TS を用いた測量のみ行うことができることとしている。</u></u></p>	<p>【解説】</p> <p>TS による放射法は、既知点にトータルステーションを設置し、<u>標定点あるいは検証点の水平角、鉛直角、距離を測定する方法である。標定点あるいは検証点にトータルステーションを設置する必要はない。準則第 92 条 (TS 等を用いる TS 点の設置) では、「観測は第 3 7 条第 2 項第一号の 4 級基準点測量の規定を準用して放射法又は同等の精度を確保できる方法（以下「放射法等」という。）により行うものとする。」と規定されている。しかし、4 級基準点測量の観測方法をそのまま用いると、既知点と標定点等との距離が短い場合、過大な観測が行われる場合が多いと想定されるため、本マニュアルの運用基準で「精度が確保できる場合は、これらを変更してもよい。」としている。</u></p> <p><u>なお、4 級基準点測量では、角度の読定単位が 20"、距離の読定単位が 1mm である 4 級以上のトータルステーションを使用し、下記の観測を行うと規定している。</u></p> <p>(1) <u>水平角の観測は、水平目盛位置の 0° と 90° の 2 対回により行う。</u></p> <p>(2) <u>鉛直角の観測は、1 対回により行う。</u></p> <p>(3) <u>距離の測定は、2 セットにより行う。</u></p> <p><u>キネマティック法は、基準となる GNSS 測量機を整置する観測点（以下「固定局」という。）及び移動する観測点（以下「移動局」という。）で、同時に GNSS 衛星からの信号を受信して初期化（整数値バイアスの決定）等に必要な観測を行う。その後、移動局を複数の観測点に次々と移動して観測を行い、それに基づき固定局と移動局の間の基線ベクトルを求める観測方法である。</u></p> <p><u>RTK 法は、固定局及び移動局で同時に GNSS 衛星からの信号を受信し、固定局で取得した信号を、無線装置等を用いて移動局に転送し、移動局側において即時に基線解析を行うことで、固定局と移動局の間の基線ベクトルを求める。その後、移動局を複数の観測点に次々と移動して、固定局と移動局の間の基線ベクトルを即時に求める観測方法である。</u></p>														

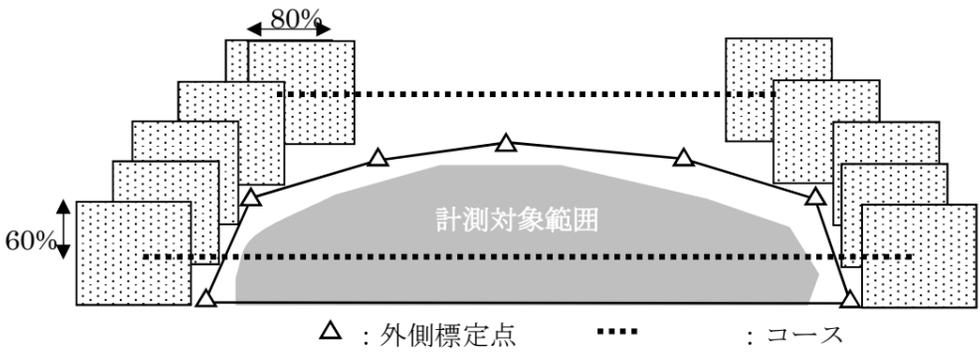
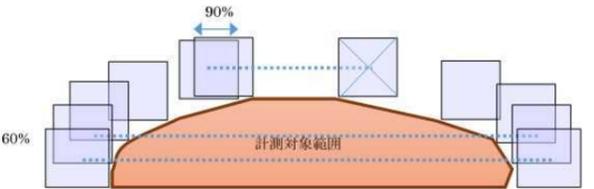
(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
	<p><u>ネットワーク型 RTK 法は、配信事業者（国土地理院の電子基準点網の観測データ配信を受けている者又は、3 点以上の電子基準点を基に、測量に利用できる形式でデータを配信している者をいう。以下同じ。）で算出された補正データ等又は面補正パラメータを、携帯電話等の通信回線を介して移動局で受信すると同時に、移動局で GNSS 衛星からの信号を受信し、移動局側において即時に解析処理を行って位置を求める。その後、複数の観測点に次々と移動して移動局の位置を即時に求める観測方法である。</u></p> <p><u>なお、RTK 法及びネットワーク型 RTK 法は、これらの観測方法である直接観測法あるいは間接観測法のいずれかで行う。</u></p> <p><u>直接観測法及び間接観測法は、準則第 37 条で次のとおり規定している。</u></p> <p><u>(1) 直接観測法は、配信事業者で算出された移動局近傍の任意地点の補正データ等と移動局の観測データを用いて、基線解析により基線ベクトルを求める観測方法である。</u></p> <p><u>(2) 間接観測法は、次の方式により基線ベクトルを求める観測方法である。</u></p> <p><u>(i) 2 台同時観測方式による間接観測法は、2 か所の移動局で同時観測を行い、得られたそれぞれの三次元直交座標の差から移動局間の基線ベクトルを求める。</u></p> <p><u>(ii) 1 台準同時観測方式による間接観測法は、移動局で得られた三次元直交座標とその後、速やかに移動局を他の観測点に移動して観測を行い、得られたそれぞれの三次元直交座標の差から移動局間の基線ベクトルを求める。なお、観測は、速やかに行うとともに、必ず往復観測（同方向の観測も可）を行い、重複による基線ベクトルの点検を実施する。</u></p>
<p>(成果等)</p> <p>第 5 5 条 <u>標定点及び検証点の設置の成果等は、次の各号のとおりとする。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 一 標定点及び検証点成果表 二 標定点及び検証点配置図 三 標定点及び検証点測量簿及び同明細簿 四 精度管理表 五 その他の資料 	<p>(成果等)</p> <p>第 5 4 条 成果等は、次の各号のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 標定点及び検証点の成果表 二 標定点及び検証点の配置図 三 標定点及び検証点の測量簿及び同明細簿 四 精度管理表 五 その他の資料
<p><u>(削除)</u></p>	<p>【解説】</p> <p><u>成果等の様式は、準則第 3 編第 3 章第 3 節に規定されている標定点の設置に用いられるものを使用する。</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p>第 4 節 <u>対空標識の設置</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p>(要 旨)</p> <p>第 5 5 条 <u>「対空標識の設置」とは、標定点及び検証点の写真座標を測定するため、標定点及び検証点に一時標識を設置する作業をいう。</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p>(対空標識の規格及び設置等)</p> <p>第 5 6 条 <u>対空標識は、拡大された空中写真上で確認できるように形状、寸法、色等を選定するものとする。</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 5 6 条 運用基準></p> <p>1 <u>対空標識は、次の形状を標準とする。</u></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  ★型 </div> <div style="text-align: center;">  X 型 </div> <div style="text-align: center;">  + 型 </div> <div style="text-align: center;">  ○型 </div> </div>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)								
	<p>2 <u>対空標識の辺長あるいは円形の直径は 5 画素以上とする。</u></p> <p>3 <u>対空標識は白黒を標準とし、状況により変更することができる。</u></p> <p>4 <u>対空標識の上空は、天頂からおおむね 45 度以上の視界が確保されていなければならない。</u></p> <p>5 <u>検証点の対空標識は、地表面に設置することを原則とする。</u></p>								
<u>(削除)</u>	<p><u>【解説】</u></p> <p><u>標定点及び検証点位置を、頂点で示した三角や矩形模様の対空標識は手動で、円の中心で示した円形の対空標識は自動で、それぞれ観測されることを原則としている。この他、自動抽出のために特殊な形状を用いる場合には、自動抽出を損なわないように地上画素寸法にも配慮する必要がある。</u></p> <p><u>対空標識の辺長や直径は、空中写真上で認識できる最低限の大きさを想定している。これらはより大きいほど観測しやすくなるが、経済性や足場の安全確保に考慮して決定する必要がある。</u></p>								
<u>(削除)</u>	<p><u>(成果等)</u></p> <p><u>第 5 7 条 成果等は、次の各号のとおりとする。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>一 対空標識点明細票</u> <u>二 対空標識点一覧図</u> <u>三 精度管理表</u> <u>四 その他の資料</u> 								
<u>(削除)</u>	<p><u>【解説】</u></p> <p><u>成果等の様式は、準則第 3 編第 3 章第 4 節に規定されている対空標識の設置に用いられるものを使用する。</u></p>								
第 4 章 撮影	第 5 節 撮影								
<p><u>(要旨)</u></p> <p><u>第 5 6 条 撮影とは、UAV を用いて三次元形状復元計算用の空中写真を撮影する作業をいう。</u></p>	<p><u>(要旨)</u></p> <p><u>第 5 8 条 撮影とは、UAV を用いて三次元形状復元用の空中写真を撮影する作業をいい、後続作業に必要な写真処理工程を含むものとする。</u></p>								
<p><u>(撮影計画)</u></p> <p><u>第 5 7 条 撮影計画は、撮影地域ごとに、作成する三次元点群の位置精度、地上画素寸法、対地高度、使用機器、地形形状、土地被覆、気象条件等を考慮して立案し、撮影計画図としてまとめるものとする。</u></p> <p><u>(削除)</u></p> <p><u>(削除)</u></p>	<p><u>(撮影計画)</u></p> <p><u>第 5 9 条 撮影計画は、撮影地域ごとに、撮影基準面、撮影高度、空中写真の重複度、撮影コースの方向、コース数等を決定する。その際、三次元点群データの要求精度、使用機器、地形形状、土地被覆、気象条件等を考慮して立案するものとする。</u></p> <p>2 <u>撮影高度は、撮影基準面からの高度をいう。三次元点群データの高さの誤差が最大でも 0.05 m を超えないものとするとき、地上画素寸法が 0.01 m となるように、使用するカメラの画素サイズと焦点距離から決定する。</u></p> <p>3 <u>空中写真の重複度は、空中写真間の整合処理の確実さに影響するため、同一コース内の隣接空中写真間で 90% 以上、隣接コースの空中写真間で 60% 以上とする。</u></p>								
<p><第 5 7 条 運用基準></p> <p>1 <u>撮影する空中写真の地上画素寸法は、作成する三次元点群の位置精度に応じて、次表を標準とする。</u></p> <table border="1" data-bbox="121 1633 667 1822"> <thead> <tr> <th>位置精度</th> <th>地上画素寸法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.05m 以内</td> <td>0.01m 以内</td> </tr> <tr> <td>0.10m 以内</td> <td>0.02m 以内</td> </tr> <tr> <td>0.20m 以内</td> <td>0.03m 以内</td> </tr> </tbody> </table> <p>2 <u>対地高度は、[(地上画素寸法) ÷ (使用するデジタルカメラの 1 画素のサイズ) × (焦点距離)] 以下とし、地形や土地被覆、使用するデジタルカメラ等を考慮して決定するものとする。</u></p>	位置精度	地上画素寸法	0.05m 以内	0.01m 以内	0.10m 以内	0.02m 以内	0.20m 以内	0.03m 以内	<p><第 5 9 条 運用基準></p> <p><u>(新規)</u></p> <p><u>(新規)</u></p>
位置精度	地上画素寸法								
0.05m 以内	0.01m 以内								
0.10m 以内	0.02m 以内								
0.20m 以内	0.03m 以内								

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

（新）平成 29 年 3 月改正版	（旧）現行版（平成 28 年 3 月公表版）								
<p>3 撮影基準面は、撮影地域に対して一つを定めることを標準とするが、比高の大きい地域にあつては、数コース単位に設定することができる。 <u>(削除)</u></p> <p>4 焦点距離は、レンズの特性や地形等の状況によって決定するものとする。決定した焦点距離は、撮影終了まで固定することを標準とする。ただし、地形形状等からオートフォーカスを使用することが適切であると判断される場合は、この限りではない。</p> <p>5 UAV の飛行速度は、空中写真が記録できる時間以上に撮影間隔がとれる速度とする。</p> <p>6 同一コースは、直線かつ等高度で撮影することを標準とする。</p> <p>7 撮影後に実際の写真重複度を確認できる場合には、同一コース内の隣接空中写真との重複度が 80%以上、隣接コースの空中写真との重複度が 60%以上を確保できるよう撮影計画を立案することを標準とする。撮影後に写真重複度の確認が困難な場合には、同一コース内の隣接空中写真との重複度は 90%以上、隣接コースの空中写真との重複度は 60%以上として撮影計画を立案するものとする。</p> <p>8 コースの位置及び隣接空中写真との重複度は、次の各号に配慮するものとする。 (1) 実体空白部を生じさせない (2) 隠蔽部ができる限り少なくなるようにする</p> <p>9 外側標定点を結ぶ範囲のさらに外側に、少なくとも 1 枚以上の空中写真が撮影されるよう、撮影計画を立案するものとする。 <u>(削除)</u></p> <p>10 撮影計画は、撮影時の明るさや風速、風向、地形・地物の経年変化等により、現場での見直しが生じることを考慮しておく。 <u>(削除)</u> <u>(削除)</u></p>	<p>1 撮影基準面は、原則として、撮影地域に対して一つを定めるが、比高の大きい地域にあつては、撮影高度を一定とするために、数コース単位に異なる高さで設定することができる。</p> <p>2 撮影高度は、三次元点群データの高さ精度によって決定される地上画素寸法と使用するカメラの 1 画素のサイズとの比例関係に対応して、使用するカメラの焦点距離から決定する。なお、焦点距離は、レンズの特性や地形等の状況によって決定するものとする。 <u>(新規)</u></p> <p>3 UAV の飛行速度は、空中写真の記録に要する時間以上の露光間隔が設定できる速度とする。 <u>(新規)</u> <u>(新規)</u></p> <p><u>(新規)</u></p> <p>4 重複する空中写真間の地上画素寸法の差は極端に大きくしないものとする。</p> <p>5 撮影計画は、撮影時の明るさや風速、風向あるいは地形・地物の経年変化等により、現場での見直しが生じることを考慮しておくものとする。</p> <p>6 計測対象範囲外に、少なくとも 1 枚分の空中写真が撮影されるものとする。</p> <p>7 三次元点群データの要求精度を第 47 条の規程としない場合は、下記の例を参考とする。</p> <table border="1" data-bbox="1762 1268 2594 1360"> <thead> <tr> <th>要求精度</th> <th>最大 0.05 m 以内</th> <th>最大 0.1 m 以内</th> <th>最大 0.2 m 以内</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地上画素寸法</td> <td>0.01 m</td> <td>0.02 m</td> <td>0.03 m</td> </tr> </tbody> </table>	要求精度	最大 0.05 m 以内	最大 0.1 m 以内	最大 0.2 m 以内	地上画素寸法	0.01 m	0.02 m	0.03 m
要求精度	最大 0.05 m 以内	最大 0.1 m 以内	最大 0.2 m 以内						
地上画素寸法	0.01 m	0.02 m	0.03 m						
<p>【解説】 図 3.2 は、計測対象範囲と撮影する写真の範囲等のイメージを示したものである。 民生用デジタルカメラでは、任意の画素の情報を、周囲の画素の情報も加味して色補間処理を行い求める場合も多い。上述の地上画素寸法は、様々な民生用デジタルカメラを使用することを前提として、精度を満たす結果を得られるよう設定したものである。このため、必要な精度を確保することが確認できる場合には、運用基準第 1 項とは異なる地上画素寸法で撮影を行うことができる。 撮影は、気象条件が良好な時期及び時間に行うように計画することが必要である。安定した飛行のため、風は強くないことは望ましい。画像のブレをできるだけ少なくするため、露光時間が短くなるよう、明るい時間帯に行うことが必要である。また、太陽高度が低い場合には、陰の影響も生じるため注意が必要である。この他、撮影が好ましくない条件としては、突風の恐れがある場合や降雨、降雪等がある。 計測対象範囲においてマッチングしやすい目印が多ければ、三次元形状復元計算におけるマッチングの精度が向上する可能性がある。そのため、撮影前に、現況を見ながら、目印（例えば、対空標識やポール等）を設置したり、白線</p>	<p>【解説】 撮影基準面は、計測対象地域を代表する水平面であり、撮影高度、地上画素寸法、重複度を計算する際の基準となる高さを示す面である。すなわち、ここでの撮影高度は撮影基準面からの高度を、地上画素寸法は撮影基準面上での画素寸法を示す。 撮影高度を求める計算式は、次のとおりである。 「撮影高度＝（地上画素寸法／使用カメラの 1 画素あたりのサイズ）×焦点距離」 例として、地上画素寸法 0.01 m、使用カメラの 1 画素あたりのサイズ 0.000006m、焦点距離 0.035m の場合は、撮影高度は約 60m となる。 空中写真を重複させることで、高さデータを得るための演算処理を行うため、重複の生じない部分（実体空白部）がないように配慮する。また、三次元形状復元ソフトは、精度の向上、あるいは精度安定のために、特徴点の観測数を増やすことが戦略として取り入れられている。そのため、低い高度から撮影して空中写真の地上画素寸法を小さくしたり、重複度を増やして特徴点の数を増やしたりすることが、精度向上などに有効である。</p>								

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p>を引いたりといった簡単な対策が挙げられる。</p>  <p style="text-align: center;">△ : 外側標定点 : コース</p> <p>図 3.2 撮影する写真のイメージ</p>	<p>撮影コースの方向は、計測対象範囲の形状を鑑みて、コース数の少ない方向を選定するが、比高の大きい場合や撮影日の風向にも影響される。</p> <p>撮影のイメージを図 6 に示す。空中写真は、計測対象範囲の全てを網羅するため、運用基準第 6 項に従い、計測対象範囲外に 1 枚分の空中写真が撮影されるように計画されている。</p>  <p>図 6 撮影の概念</p>
<p>(使用する UAV の性能等)</p> <p>第 5.8 条 撮影に使用する UAV の性能等は、第 2.3 条の規定を準用する。</p>	<p>(UAV)</p> <p>第 6.0 条 UAV は、次の性能を有するものを使用することを基本とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 手動飛行機能及び自律飛行機能、異常時の自動帰還機能等を装備している。 二 航行能力は、利用が想定される飛行域の地表風に耐えることができる。 三 撮影時の飛行姿勢、デジタルカメラの水平規正及び写角が確保できる。
<p>(使用するデジタルカメラの性能等)</p> <p>第 5.9 条 撮影に使用するデジタルカメラの性能等は、第 2.4 条の規定を準用する。</p>	<p>(デジタルカメラ)</p> <p>第 6.1 条 デジタルカメラは、所要の性能を有するものを使用するものとする。</p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 6.1 条 運用基準></p> <ol style="list-style-type: none"> 1 レンズの光軸（主点位置）のずれ、放射方向歪曲収差（ラジアルディストーション）、接線方向歪曲収差（タンジェンシヤルディストーション）を内包する幾何学的位置のずれは、カメラキャリブレーション後、画像座標の標準偏差として 0.5 画素以内であること。 2 デジタルカメラ本体の性能は、次のとおりとする。 <ol style="list-style-type: none"> (1) 画面距離、露光時間、絞り、ISO 感度が手動で設定できることを標準とする。 (2) 焦点の調整、ブレ防止等の補正機能を解除できる。ただし、オートフォーカスでの撮影が適切であると判断される場合は、焦点の調整を解除できなくてもよい。 (3) 画面距離や露光時間帯等の情報を記録できる。 (4) 十分な記録容量を確保できる。 3 レンズは、単焦点とする。 4 撮像素子の性能は、次のとおりとする。 <ol style="list-style-type: none"> (1) CCD もしくは CMOS 構造である。 (2) 素子（ピクセル）の形状は正方形とみなせる。 (3) 素子（ピクセル）の数と設置間隔がわかる。
<p>【解説】</p> <p>地形形状等から、オートフォーカスでの撮影が適切であると判断される場合は、焦点距離の調整機能を解除できないデジタルカメラを使用することも可能である。撮影した画像の保存形式に特段の定めはないが、画質の低下を避けるため、圧縮率の高い形式での保存は避けることが望ましい。</p>	<p>【解説】</p> <p>運用基準第 1 項に関しては、第 6.3 条の解説を参考とすること。</p> <p>運用基準第 3 項に関して、可動部分を物理的に固定し、第 6.1 条運用基準第 1 項を確認した状態と確実に同じ状態（この確認とは別に、第 6.3 条の独立したキャリブレーションを行った場合には、この状態とも確実に同じ状態）で</p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
	<p>計測が可能であれば、ズームレンズでも単焦点レンズとみなしてもよい。ただし、一般的にはズームレンズは、レンズの歪みが大きいと、注意を要する。</p> <p>撮影時の位置やカメラの設定状況等を Exif 情報に記録しておくことで作業の効率化や品質の確認に有効である。</p> <p>なお、撮像素子とは CCD や CMOS センサ自体をいい、素子とは撮像素子を構成する光を受光する電極をいい、画像上では 1 ピクセル (画素) に相当する。</p> <p>キャリブレーションの実施に当たっては専門機関へ依頼する方法もある。</p>
<u>(削除)</u>	<p><u>(撮影時期)</u></p> <p>第 6 2 条 撮影は、原則として、撮影に適した時期及び時間で、気象状態が良好なときに行うものとする。</p>
<u>(削除)</u>	<p><u>(カメラキャリブレーション)</u></p> <p>第 6 3 条 デジタルカメラは、キャリブレーションを行わなければならない。このキャリブレーションには、独立したキャリブレーションのほか、セルフキャリブレーションを用いることができる。</p>
<u>(削除)</u>	<p><u><第 6 3 条 運用基準></u></p> <p>独立したキャリブレーションには、三次元的に配置されたターゲットの撮影、又は二次元的に配置されたターゲットの多方向からの撮影を用いる。</p>
<u>(削除)</u>	<p><u>【解説】</u></p> <p>写真測量に使用するカメラは、幾何学的な位置のずれが既知である必要がある。この幾何学的な位置のずれは、典型的には画面距離、主点位置、放射方向の位置ずれを示す多項式、接線方向の位置ずれを示す多項式でモデル化される。カメラキャリブレーションとは、このようなモデルを求めることである。</p> <p>画面距離 (よく文字 c であらわされる) は、レンズの中心から焦点面までの距離である。焦点距離 (よく文字 f であらわされる) と比較して十分遠方からの撮影である場合 (例えば有人機を用いた写真測量) は、焦点距離は、画面距離とほぼ同じ値となるが、このような場合においても、キャリブレーションにより決定する必要がある。なお、既存文献では画面距離と焦点距離を区別せず、焦点距離 f と記載している場合があるため、注意を要する。</p> <p>カメラキャリブレーションは、屋内等に設置されたターゲット等を用い、三次元形状復元計算とは独立に行う方法 (独立したキャリブレーション)、三次元形状復元計算の過程で行なう方法 (セルフキャリブレーション) がある。独立したキャリブレーションのほうが高い精度でキャリブレーションできる場合が多いが、キャリブレーションに使用している誤差モデルと三次元形状復元計算で使用している誤差のモデル、あるいはそのパラメータを記載したファイルの形式を合わせる必要がある。したがって、セルフキャリブレーションのほうが作業量が少なく、ミスが発生する可能性も少ない。</p> <p>第 6 1 条運用基準第 1 項は、このモデルと実際の位置ずれの差が 0.5 画素以内であることを要求している。通常、セルフキャリブレーションでは、このずれを求めることができない。したがって、このずれを求めるには、独立したキャリブレーションを実施することになる。しかしながら、カメラメーカーからこのずれの最大値の情報が提供される等、合理的にカメラの性能が適切であると推定できる場合は、必ずしも、独立したキャリブレーションを実施する必要は無い。</p>
<p>(機器の点検と撮影計画の確認)</p> <p>第 6 0 条 機器の点検と撮影計画の確認は、第 2 6 条の規定を準用する。</p>	<p>(機器の点検と撮影計画の較正)</p> <p>第 6 4 条 撮影飛行を開始するにあたっては、撮影計画の実際への適合性を確認する飛行を行い、機器の点検と撮影計画の確認を行うものとする。</p>
<u><第 6 0 条 運用基準></u>	<u>(新規)</u>
<u>1 第 2 6 条運用基準を準用する。</u>	<u>【解説】</u>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
	<p><u>撮影計画を行った地図と現地、あるいは UAV を制御する GNSS 衛星の配置や精度によって、撮影計画が現地の位置と整合しないことが危惧される。また、安全な高度（低高度）で機体の試運転を行い、機体の状況を確認する必要がある。これらを考慮し、作業を開始するにあたっては行うべき事項を規定している。なお、基本的には作業を開始する際の 1 度のみを想定している。</u></p>
<p>(撮影飛行) 第 6 1 条 <u>UAV による撮影飛行は、第 2 7 条の規定を準用する。</u></p>	<p>(撮影飛行) 第 6 5 条 <u>撮影飛行は、次の各号に従って行うものとする。</u> 一 <u>計画撮影高度及び計画撮影コースを保持するものとする。</u> 二 <u>離着陸以外は、自律飛行で行うことを原則とする。</u> 三 <u>機体に異常が見られた場合は、ただちに撮影飛行を中止する。</u> 四 <u>他の UAV 等の接近が確認された場合には、ただちに撮影飛行を中止する。</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 6 5 条 運用基準> 1 <u>操縦する場所は、機体外寸の 3 倍以上の長さで規定される面積以上の広さがなければならない。</u> 2 <u>記録する画像には、画面距離や露光時間帯等の情報を保持させるものとする。</u> 3 <u>撮影中の撮影範囲は、次の各号に定める事項に留意するものとする。</u> (1) <u>地形及び土地被覆の変化</u> (2) <u>移動体の存在</u> 4 <u>三次元データ作成に不要な空中写真が撮影された場合には、削除するものとする。</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><u>【解説】</u> <u>三次元点群データは、自動処理により空中写真間の特徴点の対応付けを行うため、経時変化や移動体等、空中写真間で写っている状況が異なると不具合が発生するため、これらを回避しなければならない。また、三次元点群測量は、土砂や資材、あるいは機器等、多くの移動するものが測量範囲に存在するため、それらが移動しないようにするか、移動により生じた不具合を三次元形状復元ソフトの機能あるいは数値編集で除去しなければならない。</u></p>
<p>(撮影結果の点検) 第 6 2 条 <u>撮影の直後に、現地において撮影結果の点検を行うものとする。</u> 2 <u>撮影結果の点検は、次の各号について行い精度管理表にまとめるものとする。</u> 一 <u>撮影範囲</u> 二 <u>空中写真の画質</u> 三 <u>隣接空中写真間の重複度</u> <u>(削除)</u> 四 <u>隠蔽部の範囲</u> 五 <u>全ての標定点及び検証点が適切に撮影できているか</u></p>	<p>(撮影結果の点検) 第 6 6 条 <u>撮影の直後に、撮影結果の点検を行うものとする。</u> 2 <u>撮影結果の点検は、次の各号について行うものとする。</u> 一 <u>撮影範囲</u> 二 <u>空中写真の画質</u> 三 <u>空中写真間の重複度</u> 四 <u>撮影高度</u> 五 <u>隠蔽部の範囲</u> <u>(新規)</u></p>
<p><第 6 2 条 運用基準> 1 <u>空中写真の画質は、全ての写真を対象に、ボケ、ブレ、ノイズ等について点検するものとする。</u> 2 <u>空中写真間の重複度は、撮影結果から、主点間の距離が長い地点等重複度が小さいと考えられる箇所を複数抜き取り、撮影範囲等を元に計算する。ただし、実際の写真重複度の計算が困難であって、同一コース内の隣接空中写真との重複度を 90%以上として撮影計画を立案している場合には、点検を省略できるものとする。</u> 3 <u>隠蔽部の有無は、三次元点群作成に障害がないかを点検するものとする。</u></p>	<p><第 6 6 条 運用基準> 1 <u>空中写真の画質は、露光不足、露光過多、ボケ、ブレについて行うものとする。</u> 2 <u>空中写真間の重複度は、空中写真を撮影された関係で並べて点検するものとする。</u> <u>(新規)</u></p>
<p><u>【解説】</u> <u>重複度については、同一コース上で隣接する空中写真の重複度と、隣接するコース同士で隣り合う空中写真の重複</u></p>	<p><u>(新規)</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p><u>度を点検する。重複度の計算は、撮影標定図において隣接する写真の主点間距離を取得し、対地高度や撮影範囲等を踏まえて行うことが一般的である。現時点では、自動的に重複度の計算を行うソフトウェア等が必ずしも普及していないことから、重複度が小さいと考えられる地点を、撮影標定図に示された主点間隔等を元に複数抽出し、それらを対象に計算を行うことを規定しているが、可能であれば、全ての写真を対象に重複度を計算することが望ましい。</u></p> <p><u>なお、写真の品質の点検は全数点検することとしており、UAV 撮影コース別精度管理表への記載は、一枚毎の記載が標準となるが、枚数が多すぎる場合には、精度管理表の全項目について問題の無い写真はまとめて記載するという対応も考えられる。</u></p>	
<p>(追加撮影)</p> <p>第 6 3 条 <u>撮影結果の点検の結果、次の各号の場合には、それらの箇所を追加撮影するものとする。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 一 <u>実体空白部や現地調査で補えない隠蔽部等が存在する場合</u> 二 <u>適切な画質の空中写真が得られない場合</u> 三 <u>適切な重複度の空中写真が得られない場合</u> 	<p>(再撮影)</p> <p>第 6 7 条 <u>点検の結果、後工程に問題が生ずる可能性がある場合には、それらの箇所を再撮影するものとする。</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 6 7 条 運用基準></p> <ul style="list-style-type: none"> 1 <u>再撮影は、次の各号によるものとする。</u> <ul style="list-style-type: none"> (1) <u>撮影コースは、隠蔽・陰影やハレーションが生じない位置とする。</u> (2) <u>撮影範囲は、当該箇所の前後に写真 1 枚分以上を加えたものとする。</u> 2 <u>再撮影の撮影方向は、隠蔽部あるいは暗影光輝が最も緩和される方向に設定するものとする。</u>
<p><u>【解説】</u></p> <p><u>追加撮影では、適切な画像が得られていない場所を対象に撮影を行い、三次元復元計算に用いる空中写真を入れ替えたり、空白部が生じた場所についてそれらを補うように撮影し、他の写真とともに加えて三次元復元計算を行った</u> <u>りすることを想定している。</u></p> <p><u>同一コース内の隣接空中写真との重複度が 80% よりも小さい場合や、隣接コースの空中写真との重複度が 60% よりも小さい場合、必要な場所を補うように追加の撮影を行うことが考えられる。ただし、最終的な三次元点群が所定の精度を満たす場合には、必ずしも追加撮影が必要ではないことから、全体的な状況等を踏まえて、追加撮影の実施の有無を判断することが必要である。</u></p>	<p><u>(新規)</u></p>
<p>(成果等)</p> <p>第 6 4 条 <u>撮影の成果等は、次の各号のとおりとする。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 一 <u>撮影計画図</u> 二 <u>撮影した空中写真</u> 三 <u>撮影記録</u> 四 <u>撮影標定図</u> 五 <u>UAV 撮影コース別精度管理表</u> 六 <u>その他の資料</u> 	<p>(成果等)</p> <p>第 6 8 条 <u>成果等は、次の各号からのとおりとする。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 一 <u>カメラキャリブレーション実施記録又は、これに相当する資料</u> 二 <u>空中写真</u> 三 <u>撮影記録</u> 四 <u>撮影位置図</u> 五 <u>UAV 撮影コース別精度管理表</u> 六 <u>その他の資料</u>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 6 8 条 運用基準></p> <p><u>撮影位置図は、第 7 0 条の三次元形状復元計算において得られる同様の図で代えることができる。</u></p>
<p><u>(削除)</u></p>	<p><u>【解説】</u></p> <p><u>カメラキャリブレーション結果に相当する資料には、例えば、必要事項が記載されたカメラの仕様である。</u></p>
<p>第 5 章 <u>三次元形状復元計算</u></p>	<p>第 6 節 <u>三次元形状復元</u></p>
<p>(要旨)</p>	<p>(要旨)</p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p>第 6 5 条 三次元形状復元計算とは、<u>撮影した空中写真及び標定点を用いて、空中写真の外部標定要素及び空中写真に撮像された地点（以下「特徴点」という。）の位置座標を求め、地形・地物の三次元形状を復元し、オリジナルデータを作成する作業をいう。</u></p> <p>2 <u>三次元形状復元計算は、特徴点の抽出、標定点の観測、外部標定要素の算出、三次元点群の生成までの一連の処理を含むものとする。</u></p>	<p>第 6 9 条 三次元形状復元とは、<u>標定点と特徴点の写真座標等を用いて、空中写真の外部標定要素及び地形・地物の三次元形状を復元する作業をいう。</u></p> <p>(新規)</p>
<p><第 6 5 条 運用基準></p> <p>1 <u>三次元形状復元計算に用いる撮像素子寸法、画素数は、デジタルカメラのカタログ値を採用し、焦点距離の初期値は、デジタルカメラのカタログの焦点距離の値を用いるものとする。</u></p> <p>2 <u>三次元形状復元計算は、分割して実施しないことを標準とする。</u></p> <p>3 <u>カメラのキャリブレーションについては、三次元形状復元計算において、セルフキャリブレーションを行うことを標準とする。</u></p>	<p>(新規)</p>
<p>(削除)</p>	<p>【解 説】 外部標定要素とは、<u>撮影された空中写真の状態、すなわちカメラの位置及び向きのことである。</u></p>
<p>(削除)</p>	<p>(三次元形状復元計算) 第 7 0 条 <u>三次元形状復元計算は、特徴点の抽出、標定点の観測、外部標定要素の算出、三次元点群の生成までの一連の処理をいう。</u></p>
<p>(削除)</p>	<p><第 7 0 条 運用基準></p> <p>1 <u>撮像素子寸法、画素数は、デジタルカメラのカタログ値を採用し、画面距離の初期値は、デジタルカメラのカタログの焦点距離の値を用いるものとする。</u></p> <p>2 <u>原則として、三次元形状復元計算を分割して実施しないこと。</u></p>
<p>(削除)</p>	<p>【解 説】 生成される三次元点群の各点には、自動的に写真の色情報が着色される。 <u>この三次元点群は、色を持った点の集まりが空中に浮いたように見える。</u></p>
<p>(三次元形状復元計算結果の点検) 第 6 6 条 三次元形状復元計算の結果は、三次元形状復元計算ソフトの機能に応じて点検するものとする。</p>	<p>(三次元形状復元計算結果の点検) 第 7 1 条 三次元形状復元計算の結果は、三次元形状復元計算ソフトの機能に応じて点検するものとする。</p>
<p>【解説】 三次元形状復元計算ソフトが出力する点検に利用可能な情報には、以下のようなものがある。</p> <p>(1) 計算から省かれた空中写真の有無 (2) 計算に使用した空中写真の重複枚数 (3) 特徴点の分布 (4) 写真座標の交会残差 (5) 標定点の残差</p>	<p>【解 説】 三次元形状復元計算ソフトが出力する点検に利用可能な情報には、以下のようなものがある。<u>なお、第 4 8 条及び第 6 6 条の条件を満たしていれば、これらに不良が生じる可能性は低いと考えられる。</u></p> <p>(1) 計算から省かれた空中写真の有無 (2) 計算に使用した空中写真の重複枚数 (3) 特徴点の分布 (4) 写真座標の交会残差 (5) 標定点の残差</p>
<p>(標定点の残差及び検証点の較差の点検) 第 6 7 条 <u>三次元形状復元計算で得られる標定点の残差が、X、Y、Z いずれの成分も、作成する三次元点群の位置精度以内であることを点検する。</u></p> <p>2 <u>あらかじめ求めた検証点の位置座標と、三次元形状復元計算で得られた検証点の位置座標との較差が、X、Y、Z いずれの成分も、作成する三次元点群の位置精度以内であることを点検する。</u></p> <p>3 点検のために、必要に応じてオルソ画像を作成することができるものとする。</p>	<p>(標定点の残差及び検証点の誤差の点検) 第 7 2 条 <u>標定点の残差及び検証点の誤差は、平面位置、高さとも全て 0.05 m 以内であること。</u></p> <p>(新規)</p> <p>2 <u>平面位置の点検のために、必要に応じて第 7 0 条の三次元点群からオルソ画像を作成する。</u></p>

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)
<p>4 <u>点検の結果、精度を満たさない場合には、不良写真の除去及び特徴点の修正を行った上で、再度三次元形状復元計算を行い、点検を行うものとする。こうした処理を行っても精度を満たさない場合には、追加撮影を行うものとする。</u></p>	<p><u>(新規)</u></p>
<p><第 6 7 条 運用基準> <u>(削除)</u></p> <p>1 <u>三次元形状復元計算ソフトで直接検証点の位置座標を求めることができない場合は、検証点の位置座標は、次の方法で求めるものとする。</u></p> <p>(1) <u>平面位置は、第 3 項で作成したオルソ画像上で検証点の位置を確認し、座標を求める。</u></p> <p>(2) <u>高さは、作成した三次元点群を用いて、各検証点に対し平面座標上の距離が 15cm 以内であるような点群を抽出し、距離の重み付内挿法 (Inverse Distance Weighted 法 : IDW 法) で求める。</u></p> <p><u>(削除)</u></p>	<p><第 7 2 条 運用基準></p> <p>1 <u>標定点の残差は、第 7 1 条で求めた結果を確認する。</u></p> <p>2 <u>三次元形状復元計算ソフトで検証点の誤差を求めることができない場合は、検証点の誤差は、次の方法で求めるものとする。</u></p> <p>(1) <u>平面位置の誤差は、本条第 2 項で作成したオルソ画像上で確認できる各検証点の平面座標を観測し、実際の座標と比較して求める。</u></p> <p>(2) <u>高さの誤差は、第 7 0 条で得られた三次元点群を用いて、各検証点に対し平面座標上の距離が 15cm 以内であるような点群を抽出し、距離の重み付内挿法 (Inverse Distance Weighted 法 : IDW 法) で得た高さを、実際の座標と比較して求める。</u></p> <p>3 <u>この条件が満たされない場合には、以下のいずれかの処置を行った後、あるいは、再撮影を行った後、三次元形状復元を再度行うものとする。</u></p> <p>(1) <u>不良写真の除去</u></p> <p>(2) <u>特徴点の修正</u></p>
<p>【解説】 <u>計算に使用する標定点の数や配置を変更することにより、残差及び較差が変化することもあることから、標定点及び検証点を多めに設置・観測し、精度を満たさない場合は数や配置を変えて再計算を行うことも考えられる。</u></p>	<p>【解説】 <u>三次元点群データの要求精度を第 47 条の規程としない場合は、残差及び誤差の許容範囲の値は要求精度と同一とする。</u></p>
<p>(成果等)</p> <p>第 6 8 条 <u>三次元形状復元計算の成果等は、次の各号のとおりとする。</u></p> <p>一 <u>オリジナルデータ</u></p> <p>二 <u>三次元形状復元計算ソフトが出力する情報</u></p> <p>三 <u>三次元形状復元精度管理表</u></p> <p>四 <u>その他の資料</u></p>	<p>(成果等)</p> <p>第 7 3 条 成果等は、次の各号のとおりとする。</p> <p><u>(新規)</u></p> <p>一 <u>三次元形状復元計算ソフトが出力する情報</u></p> <p>二 <u>精度管理表</u></p> <p>三 <u>その他の資料</u></p>
<p>【解説】 <u>カメラのセルフキャリブレーションで得られる成果一式も、成果等を含むものとする。</u></p>	<p>【解説】 <u>精度管理表は、空中三角測量精度管理表、三次元形状復元精度管理表、標定点及び検証点精度管理表による。</u></p>
<p>第 6 章 <u>点群編集</u></p>	<p>第 7 節 <u>数値編集</u></p>
<p>(要旨)</p> <p>第 6 9 条 <u>点群編集とは、オリジナルデータから必要に応じて異常点の除去、あるいは、点群の補間等の編集を行ってグラウンドデータを作成し、所定の構造に構造化する作業をいう。</u></p>	<p>(要旨)</p> <p>第 7 4 条 <u>数値編集とは、必要に応じて三次元点群から不良な点を除去する作業をいう。</u></p>
<p>(点群編集)</p> <p>第 7 0 条 <u>オリジナルデータを複数の方向から表示し、地形以外を示す特徴点や成果に不要となる特徴点等の異常点を取り除くものとする。</u></p> <p>2 <u>オリジナルデータが必要な密度を満たさない場合は、必要に応じて TS 等を用いて現地補測を行い、点群を補間する。</u></p> <p>3 <u>異常点やオリジナルデータが必要な密度を満たさない場所が広範囲に分布する場合には、空中写真及び三次元形状復元計算結果を見直し、必要に応じて空中写真の追加撮影又は三次元形状復元計算の再計算を行うものとする。</u></p>	<p>(数値編集)</p> <p>第 7 5 条 <u>三次元点群を複数の方向から表示し、不良箇所を取り除くものとする。</u></p> <p><u>(新規)</u></p> <p>2 <u>不良箇所が広範囲な場合には、空中写真及び三次元形状復元計算結果を見直し、必要に応じて空中写真の再撮影あるいは三次元形状復元計算の再計算を行うものとする。</u></p>
<p>【解説】</p>	<p>【解説】</p>

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)						
<p>三次元点群の点群編集には、誤抽出の修正と欠測部での補測がある。誤抽出とは、異なる場所を同一の場所と判定して三次元点群に変換したものをいう。欠測部とは三次元点群が、精度に影響するほどまとまった範囲で抽出できなかったところをいう。前者は類似の様相が固まって存在する場所に、後者は土地被覆の濃淡が少なかったり、水面のように異なる様相で写る場所が該当する。</p> <p>抽出が正確に行われたとしても成果とはならない樹木、草、構造物、車両等を抽出している場合は、これらも必要に応じて編集により除去する。</p> <p>土木施工において使用する三次元点群の点密度は、下表を標準に分類している。</p> <table border="1" data-bbox="121 506 1255 646"> <thead> <tr> <th>低密度</th> <th>標準の密度</th> <th>高密度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100m² (10m×10m) につき 1 点以上</td> <td>0.25m² (0.5m×0.5m) につき 1 点以上</td> <td>0.01m² (0.1m×0.1m) につき 1 点以上</td> </tr> </tbody> </table> <p>例えば、法肩・法尻等の地形形状が急激に変化する箇所においては、点密度を高密度とすることを標準としている。また、植生等により測定した点が正しく地表を捉えられず、標準の点密度の取得が困難な場合には、低密度とすることを認めている。一方で、低密度の許容点密度に満たない場合は、TS 等により補足を行うことにより、密度を満たすように補完することが必要となる。</p> <p>このように、利用場面に応じて、点群編集を行うことが必要である。</p> <p>なお、土木施工においては、低密度、高密度の範囲を別に示すことを求めている。</p>	低密度	標準の密度	高密度	100m ² (10m×10m) につき 1 点以上	0.25m ² (0.5m×0.5m) につき 1 点以上	0.01m ² (0.1m×0.1m) につき 1 点以上	<p>三次元点群の数値編集には、誤抽出の修正と欠測部での補測がある。誤抽出とは、異なる場所を同一の場所と判定して三次元点群に変換したものをいう。欠測部とは三次元点群が、精度に影響するほどまとまった範囲で抽出できなかったところをいう。前者は類似の様相が固まって存在する場所に、後者は土地被覆の濃淡が少なかったり、水面のように異なる様相で写る場所が、該当する。</p> <p>抽出が正確に行われたとしても成果とはならない樹木、草、構造物、車両等を抽出している場合は、これらも編集により除去する必要がある。</p> <p><u>(新規)</u></p>
低密度	標準の密度	高密度					
100m ² (10m×10m) につき 1 点以上	0.25m ² (0.5m×0.5m) につき 1 点以上	0.01m ² (0.1m×0.1m) につき 1 点以上					
<p><u>(構造化)</u></p> <p>第 7 1 条 構造化とは、必要に応じて、グラウンドデータを決められた構造の構造化データに変換する作業をいう。</p> <p>2 構造化に当たっては、必要に応じてブレイクラインを追加できるものとする。</p>	<p><u>(新規)</u></p>						
<p><u>【解説】</u></p> <p>グラウンドデータを変換することで、サーフェスモデル (TIN データ) や、一定の格子間隔で地形の形状を表す DEM データを作成することができる。また、サーフェスモデルに撮影した空中写真画像を貼り付けることで、写真地図 (三次元オルソ画像) を作成することもできる。サーフェスモデルは土木施工において利用されることも多い。必要となるデータは、利用目的等によっても異なることから、必要に応じてグラウンドデータから、これらの構造化データに変換する作業を行う。</p>	<p><u>(新規)</u></p>						
<p>第 7 章 三次元点群データファイルの作成</p>	<p>第 8 節 三次元点群データファイルの作成</p>						
<p>(要旨)</p> <p>第 7 2 条 三次元点群データファイルの作成とは、グラウンドデータ又は変換した構造化データから三次元点群データファイルを作成し、電磁的記録媒体に記録する作業をいう。</p>	<p>(要旨)</p> <p>第 7 6 条 三次元点群データファイルの作成とは、編集済三次元形状復元データから三次元点群データファイルを作成し、電磁的記録媒体に記録する作業をいう。</p>						
<p><u>(削除)</u></p>	<p><第 7 6 条 運用基準></p> <p>三次元点群データを作成する場合における点密度の標準は、下表による。</p> <p>ただし、土木施工における法肩・法尻等の地形形状が急激に変化する箇所においては、原則として、点密度を高密度とし、三次元点群データ上で高密度の範囲を表示しなければならない。また、植生等により測定した点が正しく地表を捉えられず、標準の点密度の取得が困難な場合には、原則として、点密度を低密度とし、三次元点群データ上で低密度の範囲を表示しなければならない。</p> <p>また、低密度の範囲の許容点密度に満たない場合は、トータルステーション等により、追加測量を行うことにより、低密度の範囲の許容点密度を満たすように補完するものとする。</p>						

UAV を用いた公共測量マニュアル（案） 新旧対照表

(新) 平成 29 年 3 月改正版	(旧) 現行版 (平成 28 年 3 月公表版)			
	地図情報 レベル	点密度の標準	低密度の範囲の 許容点密度	高密度の範囲の 許容点密度
	250	0.5m メッシュに 1 点以上	10m メッシュに 1 点以上	0.1m メッシュに 1 点以上
※その他の地図情報レベルは、準則第 3 1 3 条 (地図情報レベルと格子間隔) に準ずる。				
<p>【解説】 三次元形状復元計算ソフトは、多様な形式の出力が可能な場合が多いが、<u>三次元点群としては LAS 形式や CSV 形式、TXT 形式が、サーフェスモデルとしては LandXML 形式や TIN 形式が一般的である。</u></p>	<p>【解説】 三次元形状復元計算ソフトは、多様な形式の出力が可能な場合が多いが、<u>土工で使う場合には、画像として TIF 形式、点群として LAS 形式や CSV 形式、ポリゴンとして TIN 形式のいずれかを選択することが標準的である。</u> <u>必要に応じて、他の形式に変換してもよい。</u></p>			
第 8 章 品質評価	(新規)			
(品質評価)	(新規)			
第 7 3 条 品質評価は、 <u>準則第 3 編第 4 章第 1 2 節の規定を準用する。</u>				
第 9 章 成果等の整理	第 9 節 成果等の整理			
(メタデータの作成)	(メタデータの作成)			
第 7 4 条 <u>三次元点群データファイルのメタデータの作成は、製品仕様書に従いファイルの管理及び利用において必要となる事項について作成するものとする。</u>	第 7 7 条 <u>必要な場合、公共測量作業規程の準則に従い、メタデータを作成する。</u>			
(削除)	(削除)			
(成果等)	(成果等)			
第 7 5 条 <u>UAV による空中写真を用いた三次元点群作成における成果等は、前各章で定めるもののほか、次の各号のとおりとする。</u> 一 三次元点群データファイル 二 その他の資料	第 7 8 条 成果等は、次の各号のとおりとする。 一 三次元点群データファイル 二 その他の資料			