

# 写真測量WG（仮称）における 初期の検討課題の提案

村上真幸

1

## 検討の方向性

～第7回測量近代化研究会での提案から～

- デジタル空中写真に適した、あいまいさを排した品質基準
- 現在の技術レベルに見合う、地図情報レベルと位置座標精度の対応関係
- 上記を達成するための品質管理の方法
- その他、測技協から提案のあった、現在の技術レベルに合わせた規定の改正

2

## デジタル空中写真に適した、あいまいさを排した品質基準

- 地上画素寸法がカメラにより異なり、一律に規定できないため、品質の基準としては不十分
- 地上画素寸法を品質基準として一律に規定できないか。

3

## 公共測量における 空中写真の現状

4

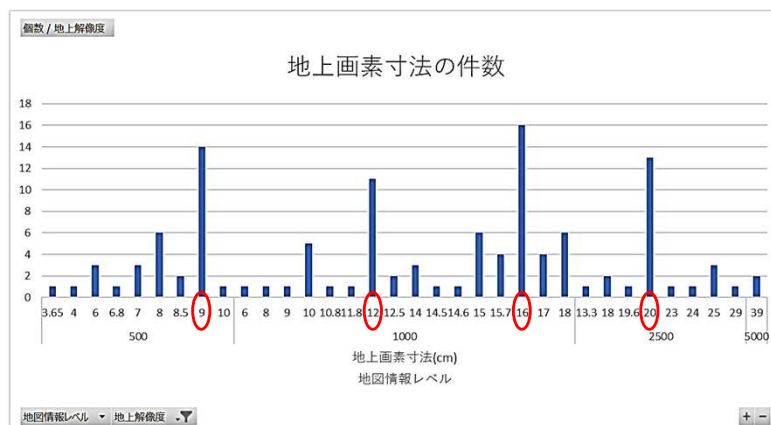
## 使用データ

- A) 測量成果検定結果：検定時期が2019年度から2021年度（2022年度も少数含む）のつくば測量技術センター実施分
- B) 国土地理院の公共測量審査終了成果の集録：「対象期間」が2020年度のものから終了時期が2019年度以降のものを抽出

5

## 地図情報レベルとGSDの対応（1）

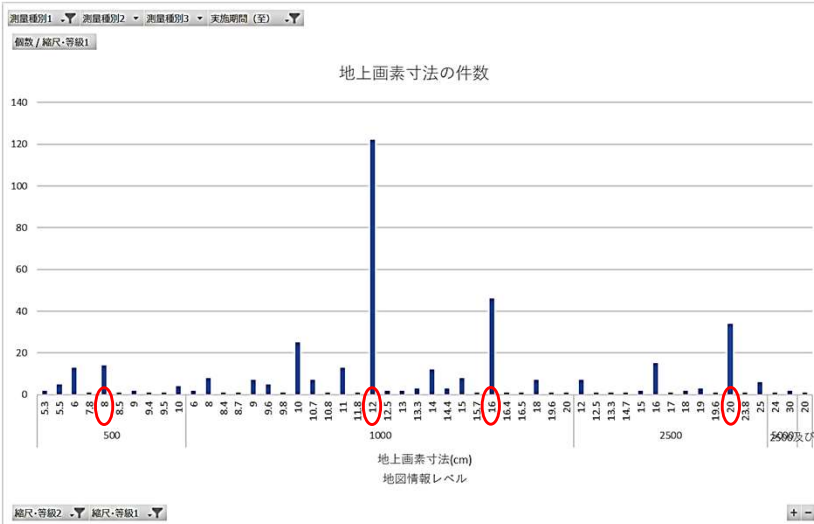
- A(検定)から抽出分類：延べ122事例。うち1事例はGSDの記載なし。



6

## 地図情報レベルとGSDの対応（2）

- B(公共測量)から抽出分類：405事例



- 頻度の現れ方はA(検定)と似た傾向
- 地図情報レベル500
  - 8~9cm
- 地図情報レベル1000
  - 12cm
  - 16cm
  - 一つの地図情報レベルに二つのGSDのピークが存在、AとBでピークの大小が異なる  
(A(検定)では16cmの方が多い)
- 地図情報レベル2500
  - 20cm
- 地図情報レベル5000
  - 30~39cm (少事例)

7

## 地図情報レベル2500を例に

- 準則に従うと地上画素寸法GSDは  
 $300\text{mm} \times 2 \times B/H \sim 375\text{mm} \times 2 \times B/H$
- $B/H=0.3$ と置くとGSDは  
180mm~225mm ⇒ 公共測量の実態 (200mm) に合致
- 1/10000フィルム写真を $20\mu\text{m}$ でデジタル化したGSDは200mmでほぼ等しい。

8

## 令和5年改正予定の準則との整合性

- UAVレーザー測量では計画機関が要求仕様を作成
- UAV写真測量・UAV写真点群測量では現行の準則でも標準的な地上画素寸法を規定
- 空中写真についても計画機関の指定しやすい品質基準とすべきではないか
  - 地上画素寸法は直感的にも理解しやすい
  - 準則のGSDを求める式は写真上での標高精度との対応はよいが、計画機関の求める優先度は標高精度ではないのでは？

9

## 現在の技術レベルに見合う、地図情報レベルと位置座標精度の対応関係

- デジタル地図の位置座標精度とは何か、定義が必要。
- 現行の準則の規定する位置座標精度がNMA(1947)のレベルにとどまっている。
- 公共測量の地形図の精度の実態は準則に規定されたものよりもよいため、実態を反映した品質基準と品質管理を規定できないか。
- 空中写真の品質基準の規定の仕方により、地図情報レベルと位置座標精度の対応関係の提示の仕方も変わる。
- 図の位置座標精度の理論的/実験的根拠が必要。
  - ASPRS標準は経験的なものであり理論的根拠はあまり明確ではない

10

## デジタル地図の位置座標精度とは？

- 定義の提案
  - ある地点のデジタル地図上の座標値に対して、同一地点を電子基準点の元期座標に準拠して測量して得た座標値を真値とみなして計算した較差(誤差とみなす)を統計的に処理して得るRMSE。
- 実現の方法
  - 「地理空間情報の水平位置座標の誤差要因分析」(別添資料)では、既存のデジタル地図の特徴点を現地においてネットワークRTK-GNSSで測量し、測量した座標値を真値とみなして地図上の座標値との較差を分析(平均値と標準偏差)。
  - ▶ 現行の公共測量で同じ手法を取るとコスト面の増大を招く。
  - 標定点残差を用いて評価すれば、現行の公共測量の手順内でできるが、標定点数が少なく、統計的に評価するには注意が必要

11

## 【参考】現行準則(令和2年改正)の関連規定

(数値地形図データの精度)  
第106条 数値地形図データの位置精度及び地図情報レベルは、次表を標準とする。(表は省略)

(標定点の選定)  
第298条 (1項省略)  
2 標定点の配置及び点数は、次の各号のとおりとする。  
一 路線撮影においては、各コースの両端のモデルに上下各1点配置することを標準とする。ただし、やむを得ない場合は、2点のうち1点は当該モデルの近接モデルに配置することができる。  
二 区域撮影においては、ブロックの四隅付近と中央部付近に計5点配置することを標準とする。ただし、地形等により3モデル以上連続してタイポイントによる連結が行われない箇所(当該コース上に標定点がある場合を除く)については、精度を考慮して当該モデル又は近接モデルに標定点を1点配置するものとする。

(調整計算)  
第302条 (1項から3項まで省略)  
6 標定点のどれか1点を用いて調整計算を行った後、その他の点を検証点とし、第106条の水平位置及び標高の精度を満たすかを点検する。(7項省略)  
8 標定点の残差は、フィルム航空カメラ撮影の場合、水平位置及び標高とも標準偏差が対地高度の0.02パーセント以内、最大値が0.04パーセント以内とし、デジタル航空カメラ撮影の場合、水平位置及び標高の最大値が標準の地上画素寸法を基線高度比で割った値を超えないものとする。

(ステレオモデルの構築)  
第314条 (1項から3項まで省略)  
4 ステレオモデルの点検は、次の各号に留意して行い、必要に応じて再度同時調整を行うものとする。  
一 6点のパスポイント付近での残存縦視差が1画素以内であること。  
二 標定点の残差が第106条の規定以内であること。

12

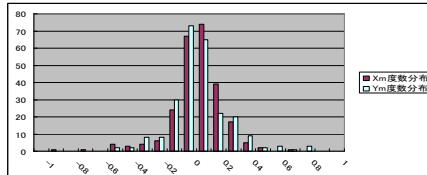
ポスター発表@2010年秋GIS学会  
P-14 地理空間情報の水平位置座標の誤差要因分析

別添資料

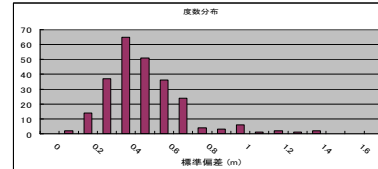
国土地理院 村上真幸

大縮尺地理空間情報の平面位置正確度の評価の結果  
(基盤地図情報整備に用いた248地区の都計図等を対象)

公共成果の評価(バイアス)



公共成果の評価(標準偏差)



- 作業規程準則に規定する縮尺レベル2500の数値地形図の標準偏差
  - 新規測量で1.75m、修正測量で2.5m (図上それぞれ 0.7mm、1.0mm)
- 調査した公共測量成果はすべて制限以下
  - 概ね1m未満、最頻値は0.3~0.4m (図上それぞれ 0.4mm未満、0.12~0.16mm)
- 準則に示された標準偏差は公共成果の実態や他国の基準と比べて大きすぎる

村上ほか(JpGU Meeting, 2010)

### かつての考え方

- ◆基準点誤差(標定点、対標誤差含む)→p
  - ◆空中三角測量誤差→a
  - ◆図化誤差→g
  - ◆編集誤差→c
  - ◆製図誤差→d
- $M = \sqrt{(p^2 + a^2 + g^2 + c^2 + d^2)}$
- 経験値として図上における精度は以下の数値(単位:mm)  
を代入
- P=0.1 a=0.3 g=0.4 c=0.3 d=0.2
- $M=0.62$  (mm) ⇒ 準則に規定する0.7mmにほぼ近い

### 技術の進展も踏まえて見直すと

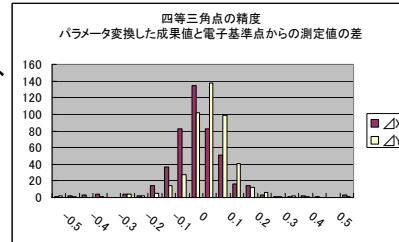
- ◆基準点誤差p → 0.1mm(地上0.25m)よりは良い
  - ◆空中三角測量誤差a → GPS/IMUとバンドル法により軽減されるはず
  - ◆図化誤差g
  - ◆編集誤差c
  - ◆製図誤差d
- } 準則では各工程毎となっているが、デジタルフォトグラメトリ、ソフトコピーの普及により、実際には1工程と見なして0.4mm程度か

### 実証的に見直し

#### ◆基準点誤差

世界測地系への切り替え(2002)の準備に際して、  
四等三角点460点の水平座標の精度を評価

⇒ X, Y座標ともに標準偏差が0.12m  
(1/2500図上で0.048mm)



#### ◆空中写真に起因する誤差

写真フィルム画像の解像度を決定する要因

- (1)カメラレンズの解像力
- (2)フィルムの解像力
- (3)航空機の移動、振動による像のずれ

解像度のほか、レンズの歪曲収差  
やフィルムの伸縮等による誤差が  
加わる。←作業規程準則を遵守  
すれば、フィルム上で10~20μm以  
下に制限される。 →

総合的な解像度は概ね14~100μmと推定

⇒画素寸法換算で7~50μm

⇒1/1万の写真上では7cm~50cm

(1/2500地図の作成を想定)

(デジタル航空カメラでもほぼ同じ)

写真上の位置は画素寸法の1/10程度の精度  
で求められるので、位置精度は5cm以下と推定

↓

写真の解像度、収差等は位置精度にほとんど影  
響しない。

#### ◆空中写真測量の精度

標定点の精度:0.2m以内(作業規程準則の規定) ←四等三角点の精度にほぼ等しいので  
現実的な規定と考えられる。

空中三角測量の精度:調整計算後の許容誤差が0.75m以内(作業規程準則の規定) ←規定上の「許容誤差」に対して実データの  
「標準偏差」は?

#### ◆描画の精度

(図化+編集+製図)

現在の作業規程準則に数値を明示した規定なし

←アナログからデジタルの工程に変  
わって精度は向上したはず?