

写真測量WGの進捗状況 (報告)

写真測量WGの議論の経過

第1回WG (23/3/23) 地上画素寸法GSDを定数とする案に対し、測技協メンバーからのB/Hの重要性とGSDをB/Hで定式化する現行規定の合理性の説明があり、今後の議論の出発点が一致しなかった。

意見交換会(23/9/26) 公共測量の実態に基づき、議論。公共測量の実態に基づき、対象とする地図情報レベルを1000と2500に限定することを提案。

第2回WG (23/11/26) 実態に基づいて地図情報レベルと地上画素寸法GSDの対応について議論。GSDと使用カメラ・レンズの種類、B/H、オーバーラップ、サイドラップの対応について議論。英米の事例の紹介。⇒H18年度測技協受託「デジタル写真測量の標準化に関する調査研究作業」の振り返りと現時点での写真撮影の実態調査が必要との認識で一致。

第3回WG (24/01/26) ドイツの事例の紹介。測技協実態調査の概要。APA No.95(2007)受託研究報告書の振り返り。⇒内容理解のために著者津留氏の解説が必要との認識。

第4回WG (24/05/13) これまでの議論の振り返りと都留氏の解説と質疑応答。

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

3

デジタル空中写真に適した規程の必要性

- 改正された準則はフィルム写真を除外した
- しかしながら、品質の基準については現行準則から変わらない

地図情報レベル	地上画素寸法 (式中のB:基線長、H:対地高度)
500	$90 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}] \sim 120 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}]$
1000	$180 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}] \sim 240 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}]$
2500	$300 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}] \sim 375 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}]$
5000	$600 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}] \sim 750 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}]$
10000	$900 \text{ mm} \times 2 \times B [\text{m}] \div H [\text{m}]$

- 上記規定は次の条件を前提としている。
 - 航空フィルムを画素寸法 $20 \mu\text{m}$ で数値化した条件とほぼ同等のもの
 - B/Hは、写真重複度を60%とした場合の航空カメラ毎に固有のもの

4

デジタル航空カメラの規定の問題点

- 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
- B/H=0.25のカメラ：DMC III
- B/H=0.39のカメラ：UCFp

地図情報レベル	GSD(cm)下限	GSD(cm)上限	フィルム上 20 μ m
	B/H=0.25を適用	B/H=0.39を適用	
500	4.5	9.4	6
1000	9.0	18.7	12
2500	15.0	29.3	20
5000	30.0	58.5	40

5

公共測量における 空中写真の現状

国土地理院の公共測量審査終了成果の集録の分析を主とするが、比較対象として日本測量協会の成果検定データについても同様の分析を行う。

日本測量協会の成果検定データでは空中写真の利用用途が分からないことに加えて、データの偏り（受検する会社の偏り）がある。

6

地図情報レベルとGSDの対応の実態 使用データ

- A) 測量成果検定結果：検定時期が2016年度から2022年度につくば測量技術センター実施分の空中写真（2022年度には関東支部技術センター実施分を含む）234事例
- 第1回WGで報告のものは2019～2021年度の122事例
- 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2019年度から2021年度の空中写真のうち、地図情報レベルと地上画素寸法の対応付けが可能な1055事例
- 第1回WGで報告のものは2020年度の405事例

7

地図情報レベルとGSDの対応（1）

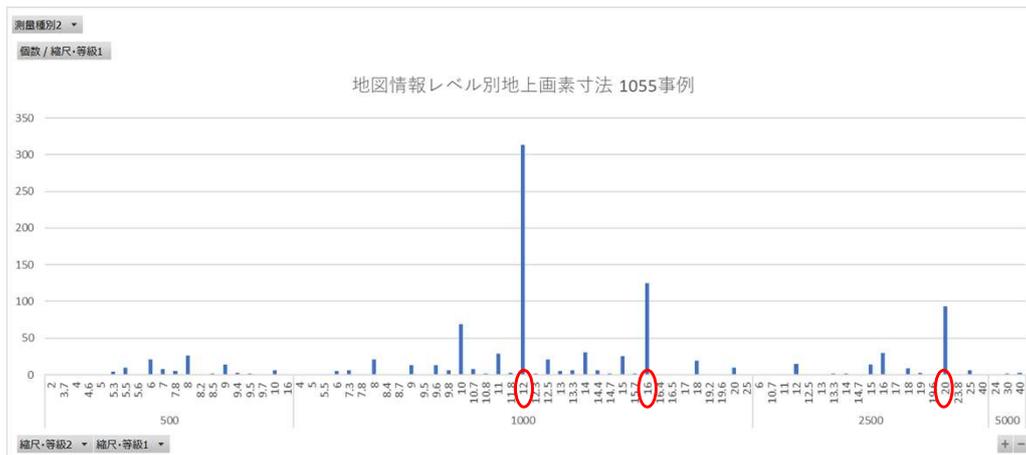
- A(検定)から抽出分類：延べ234事例。



8

地図情報レベルとGSDの対応（2）

- B(公共測量)から抽出分類：1055事例

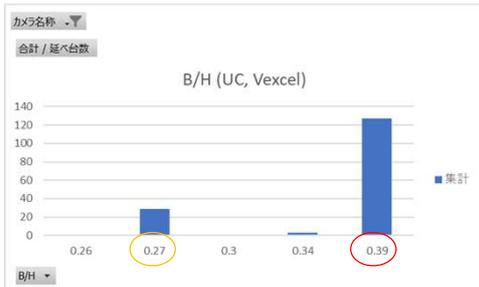
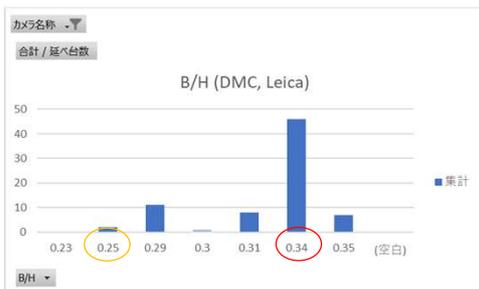


カメラの種類

Leica			Vexcel		
カメラ正式名称	延べ台数	登録台数	カメラ正式名称	延べ台数	登録台数
DMC	8		Ultra Cam Eagle	4	1
DMC II		2	Ultra Cam Eagle Mark1	2	1
DMC II 140	7		Ultra Cam Eagle Mark2	1	1
DMC II 230	22	1	Ultra Cam Eagle Mark3	3	2
DMC II 250	11	1	Ultra Cam Eagle 4.1		
DMC II e140		1	Ultra Cam Falcon Mark2	1	
DMC II e230	24		Ultra Cam Falcon prime	70	5
DMCIII	2	3	Ultra Cam Osprey		2
MFC150		2	Ultra Cam X	8	
RCD30	1		Ultra Cam X prime	14	2
			Ultra Cam X prime Wide Angle	56	2

延べ台数は2016～2022年度に測量協会が成果検定を行った空中写真に用いられたカメラの台数
登録台数は2022年度に測技協に協定撮影用に登録されたカメラの台数

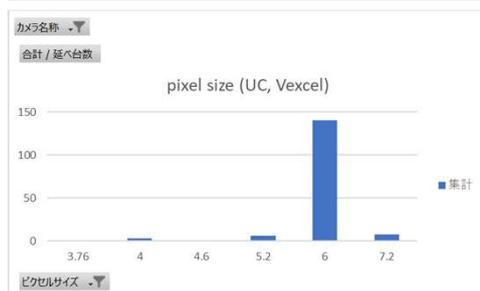
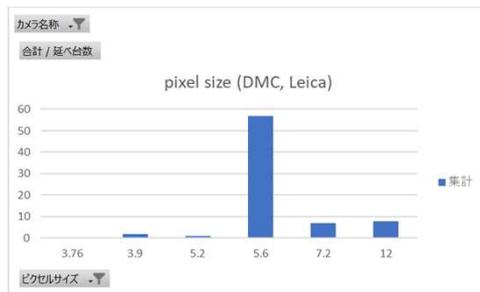
B/Hの分布（隣接写真間の重複60%を想定）



カメラ名称	B/H
DMC	0.31
DMC II	不明
DMC II 140	0.35
DMC II 230	0.34
DMC II 250	0.28
DMC II e140	不明
DMC II e230	0.34
DMCIII	0.25
MFC150	0.23
RCD30	0.30
UCE	0.27
UCE-M1	0.34
UCE-M2	0.34
UCE-M3	0.27
UCE-4.1	0.30
UCF-M2	0.39
UCFp	0.39
UCO	0.26
UCX	0.27
UCXp	0.27
UCXp-WA	0.39

レンズの焦点距離が複数ある場合は最も広角のもので計算

カメラのピクセルサイズの分布



カメラ名称	ピクセルサイズ
DMC	12
DMC II	
DMC II 140	7.2
DMC II 230	5.6
DMC II 250	5.6
DMC II e140	
DMC II e230	5.6
DMC III	3.9
MFC150	3.76
RCD30	5.2
カメラ名称	ピクセルサイズ
UCE	5.2
UCE-M1	5.2
UCE-M2	4.6
UCE-M3	4
UCE-4.1	3.76
UCF-M2	6
UCFp	6
UCO	3.76
UCX	7.2
UCXp	6
UCXp-WA	6

13

写真測量WG意見交換会(23/9/26)におけるコメント

- デジタル航空カメラの仕様は欧州（Leica）、米国（Vexcel）の市場の需要に依る。
- 日本では図化が健在だが、近年の欧州では高コストな図化を避けて正射写真にシフトする傾向がある。
- カメラの仕様は市場のチップと受光素子の仕様で決まる。これまで提供されていた大判のチップが中判になり、この5年は受光素子5-9 μmであったが、今後は3-4 μmが主となる。
- B/Hの記載は不要。センサーとOL率で調整すると対応可能な鉛直精度に幅がある。B/Hのみで品質が規定されるものではない。
 - 従来のステレオペアモデルによるB/Hと鉛直精度の関係が妥当か、疑問。
 - 成果の品質で管理することとし、そのための観測・作業手法は幅を持たせる。
 - OL増やすとコスト増につながるという別の課題もある。

14

外国の事例

米国写真測量リモートセンシング学会ASPRS

ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data Ed.2 (2023)

英国王立公認測量士協会RICS

Vertical aerial photography and digital imagery, RICS guidance note 5th edition (2010)

独国連邦州政府測量行政作業委員会 AdV

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Laender der Bundesrepublik Deutschland

ASPRS Positional Accuracy Standards Ed.2 (2023) (水平)

Table B.4 Horizontal Accuracy/Quality Examples for High Accuracy Digital Planimetric Data

ASPRS Edition 2 (2023)			Equivalent to Map Scale in		Equivalent to Map Scale in NMAS
Horizontal Accuracy Class	RMSE _H (cm)	Approximate GSD of Source Imagery (cm)	ASPRS 1990 Class 1	ASPRS 1990 Class 2	
25.0	25.0	12.5 to 25.0	1:1000	1:500	1:634
27.5	27.5	13.8 to 27.5	1:1100	1:550	1:697
30.0	30.0	15.0 to 30.0	1:1200	1:600	1:760
45.0	45.0	22.5 to 45.0	1:1800	1:900	1:1141
60.0	60.0	30.0 to 60.0	1:2400	1:1200	1:1521

$$RMSE_H = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

GSD の範囲は、センサー技術とマッピング手法の現状に基づく一般的な推奨事項

NMAS: National Map Accuracy Standard (NMAS) of 1947

ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data Edition 2, ver.1.0 (2023) より引用

ASPRS Positional Accuracy Standards Ed.2 (2023) (高さ)

Table B.6 Vertical Accuracy of the ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, Edition 2, 2023 Compared to Legacy Standards

Vertical Accuracy Class	NVA RMSE _v (cm)	Equivalent Class 1 Contour Interval per ASPRS 1990 (cm)	Equivalent Class 2 Contour Interval per ASPRS 1990 (cm)	Equivalent Contour Interval per NMAS (cm)
1-cm	1.0	3.0	1.5	3.29
2.5-cm	2.5	7.5	3.8	8.22
5-cm	5.0	15.0	7.5	16.45
10-cm	10.0	30.0	15.0	32.90
15-cm	15.0	45.0	22.5	49.35
20-cm	20.0	60.0	30.0	65.80
33.3-cm	33.3	99.9	50.0	109.55
66.7-cm	66.7	200.1	100.1	219.43
100-cm	100.0	300.0	150.0	328.98
333.3-cm	333.3	999.9	500.0	1096.49

準則に定める等高線間隔 (地図情報レベル)

100cm(1000)

200cm(2500)

高さ正確度は写真には紐づけされていない。

ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data Edition 2, ver.1.0 (2023) より引用

Vertical aerial photography and digital imagery, RICS guidance note (2010)

Photo Scale	GSD	Mapping Scale	H _v RMSE	Vertical RMSE
1:3000	4cm	1:500	+/- 0.100m	+/- 0.050m
1:5000	7.5cm	1:1250	+/- 0.225m	+/- 0.125m
1:10000	15cm	1:2500	+/- 0.500m	+/- 0.250m

DOP：デジタルオルソフォトの製品と品質の標準

[本研究会限り]
禁複写：禁複製：禁転載

ATKIS[連邦州政府の公式GIS]のデジタルオルソフォト ATKIS-DOP

成果品：地上解像度GSDに従って分類

・ ATKIS-DOP20 …… GSD 20 cm ; ATKIS-DOP40 …… GSD 40 cm

GSD：ATKIS-DOPがデフォルト所蔵

・ 20 cm …… ATKIS-DOP20 ; 40 cm …… ATKIS-DOP40

目的とするATKIS-DOPのGSD以下の、DLBまたはATKIS-DOPから導出される

幾何学的正確度：ジオレファレンスされた水平位置座標の標準偏差

$\sigma_{XY} (DOP40) = 0.8 \text{ m}$, ; $\sigma_{XY} (DOP20) = 0.4 \text{ m}$

成果品の水平位置正確度：(仕様準拠のソース使用)

DOPのジオレファレンス水平位置座標の標準偏差 $\sigma_{XY} \leq 2 * GSD$ と期待

DHM(デジタル高さモデル) の高さ正確度：達成される水平位置正確度 σ_{XY} の2倍超えはだめ

幾何学的残差の許容：モザイクにおいて、同一地物間の最大距離がGSD 2倍超えはだめ

品質保証の仕様：水平位置の正確度

モザイク検査：地表面上で均等分布する独立決定の基準点を使用

基準点の標準偏差目標：DOP指定 σ_{XY} の0.5倍超えはだめ。

基準点間最大距離：最長ブロック対角線長の1/10；長方形地区は各象限に最少20%の基準点

基準点：座標値の参照値との最大差は、オルソフォト σ_{XY} の2倍超えはだめ

19

「平成18年度 受託研究成果」 の振り返りと対応策

デジタル写真測量の標準化に関する調査研究作業

特に、地図情報レベルと地上画素寸法に関して

対応策

- ① APA95号の報告書を再度確認し、不明点を明確にする。
- ② 平成18年度（2006年度）と現在の空中写真測量に関する変化した点について整理する。
- ③ 計測精度について、今までの公共測量成果（同時調整精度管理表の交会残差を基に確認する。）
- ④ 地図情報レベル500～2500において、計測精度理論値と地上画素寸法の間関係を整理する。
- ⑤ 地図情報レベル500、1000において実証実験を行い、整理するとともに新規規定を提案する。

写真測量における航空カメラ等の情報収集結果について

- 空中写真測量における地図情報レベルと地上画素寸法の公共測量実績について
 - 空中計測・マッピング部会所属委員の企業様から実績を情報提供
 - 13社から合計**349**事例が集まった ※13社には実績なしと回答した1社を含む
 - レベル500 **45**、レベル1000 **224**、レベル2500 **80**
 - 実績事例に含まれるデジタル航空カメラ一覧
 - DMC:**22**、DMCII:**1**、DMCII230:**49**、DMCIIe230:**8**、DMCII250:**8**、DMCIII:**86** … DMCシリーズ(174)
 - UCFp:**77**、UCFp-M2:**3**、UCXp/wa:**14**、UCE:**8**、UCE-M1:**9**、UCE-M2:**10**、UCE-M3:**46**、UCO-M3:**1** … UltraCamシリーズ(168)
 - MFC150:**5**、iXM-RS150F:**2** … 航空レーザ測量システム付属カメラ(7)

「デジタル写真測量の標準化に関する調査研究作業」報告（平成18年度（2006年度））の不明点の明確化

- 第4回WGにおいて、アいちず創製(株) 津留宏介氏による説明
 - ▶研究作業の目的について、下記の説明を受けた。
 - 国土交通省公共測量作業規程（当時）に規定されているフィルム航空カメラの撮影精度基準に適合したフレーム型デジタル航空カメラの撮影基準を作成することを目的とした。
 - フレーム型デジタル航空カメラの精度検証を行ったものではない。
 - ▶研究内容について、標定点の数、空三精度の推定方法、数値図化精度の推定法、地上画素寸法の基準値の式の導出等について説明を受けた。

当面の課題

- 日本測量調査技術協会（測技協）空中計測・マッピング部会で収集した、写真測量における航空カメラ等の情報の分析
- 準則に規定された基準値（例：標定点残差の制限値）の根拠の理論的分析
- 上記2つの分析に基づき、必要と判断した場合は実験観測（撮影）