

測量への無人航空機(UAV)の 導入に向けた検討状況について

国土地理院 基本図情報部 宮地邦英

平成28年2月25日

- 1. 従来の測量とUAVの相違点**
- 2. UAVに関する(規制の)動き**
- 3. 測量への導入に向けた取り組み**
 - 現状
 - 精度管理面
 - 安全管理面
- 4. 取りまとめに向けて**

従来の空中写真測量と何が違うか

● 有人機とUAVの主な相違点

- 撮影する高度の違い
- カメラの違い
- 位置姿勢センサ (GNSS / IMU) の有無



UAV (S900) で撮影
(LUMIX GH4)



くにかぜⅢで撮影
(PENTAX645Z)
測量用カメラはUCXを搭載

従来の空中写真測量と何が違うか



撮影高度 : 2796m
 地上画素寸法 : 20cm
 カメラ : UCX



撮影高度 : 130m
 地上画素寸法 : 約3cm
 カメラ : SONY α6000

撮影高度の違い



地上画素寸法の違い

従来の空中写真測量と何が違うか



測量用カメラは使えない

機体ペイロードに依存

小さくて軽いもの



位置姿勢センサ(GNSS/IMU)とは

→ 写真を撮影したときのカメラの位置(x,y,z)と傾き(Ω 、 φ 、K)を計測するセンサ

GNSS

IMU

写真測量では、カメラの「外部標定要素」と言い、写真に地理座標を高精度に与えるために極めて重要。

		y	x	z	Ω	φ	K	緯度	経度	
1	2	441874.141781	16566.578	1967.673	2092.187	-0.22058	-0.15909	-78.78353	36.01759425	140.01713136
2	3	441878.109945	16515.051	2241.646	2091.934	-0.22621	-0.18016	-79.39551	36.02006448	140.01656541
3	4	441882.095111	16464.466	2517.779	2092.160	-0.22886	-0.15535	-79.68139	36.02255418	140.01600992
4	5	441886.051294	16414.092	2792.361	2092.478	-0.24800	-0.16966	-79.21072	36.02502987	140.01545671
5	6	441890.006461	16361.392	3066.791	2092.526	-0.22148	-0.18994	-78.77835	36.02750424	140.01487765
6	7	441893.949175	16307.539	3340.548	2092.281	-0.23363	-0.18000	-79.02608	36.02997256	140.01428575
7	8	441897.905351	16253.261	3615.537	2092.249	-0.22563	-0.15618	-78.74447	36.03245198	140.01368913
8	9	441901.845035	16198.716	3889.444	2092.311	-0.20097	-0.20405	-78.57138	36.03492165	140.01308947
				⋮						

従来の空中写真測量と何が違うか



**小さくて軽いカメラ
高性能な測量用のセンサは持たない**

**未だ測量でUAVを使うことを
考慮した規程類は存在しない。**

1. 従来の測量とUAVの相違点
2. UAVに関する(規制の)動き
3. 測量への導入に向けた取り組み
 - 現状
 - 精度管理面
 - 安全管理面
4. 取りまとめに向けて

UAVを取り巻くできごと

2015年

- 1月 沖縄の新聞社のドローンが行方不明
- 4月 首相官邸屋上でドローン発見
- 5月 善光寺御開帳でドローン
- 5月 山梨県警、木に引っ掛けて落下
- 7月 防衛省のドローンが行方不明に
- 9月 姫路城にドローン墜落
- 9月 群馬の自転車レースで墜落・炎上

•

※ドローン(Drone)とは無線操縦の無人機のこと。

- **改正航空法**

- 「無人航空機」を明確に位置づけ、飛行できる空域と飛行方法を制限

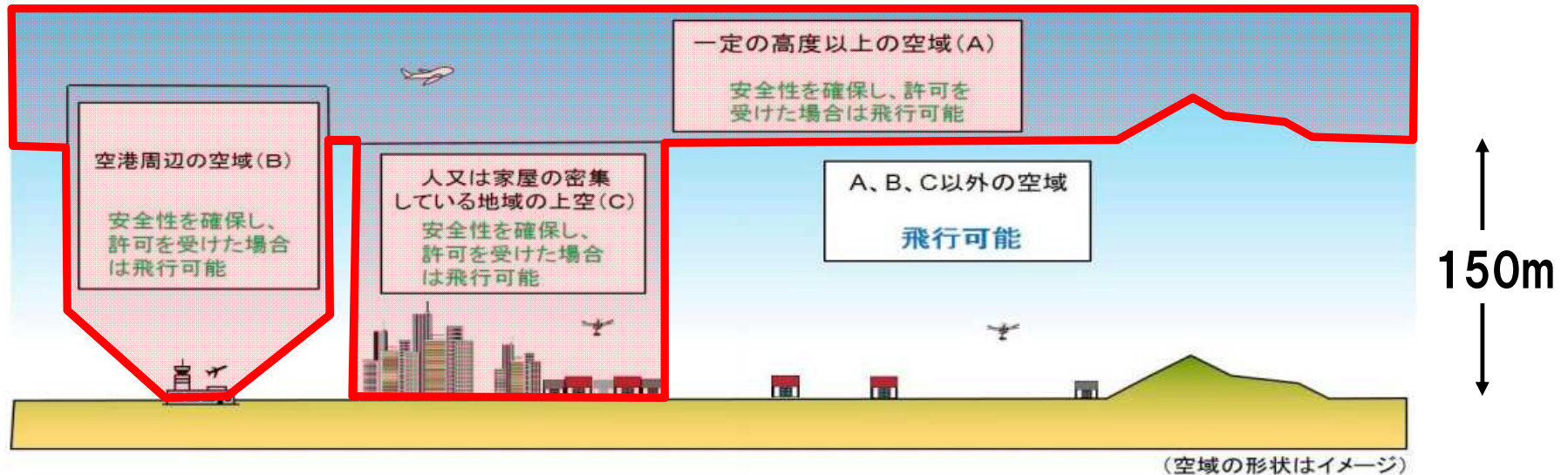
- 9月11日に公布、12月10日施行

- 「国会議事堂、内閣総理大臣官邸その他の国の重要な施設等及び外国公館等の周辺地域の上空における小型無人機の飛行の禁止に関する法律案」(いわゆる「ドローン規制法」)

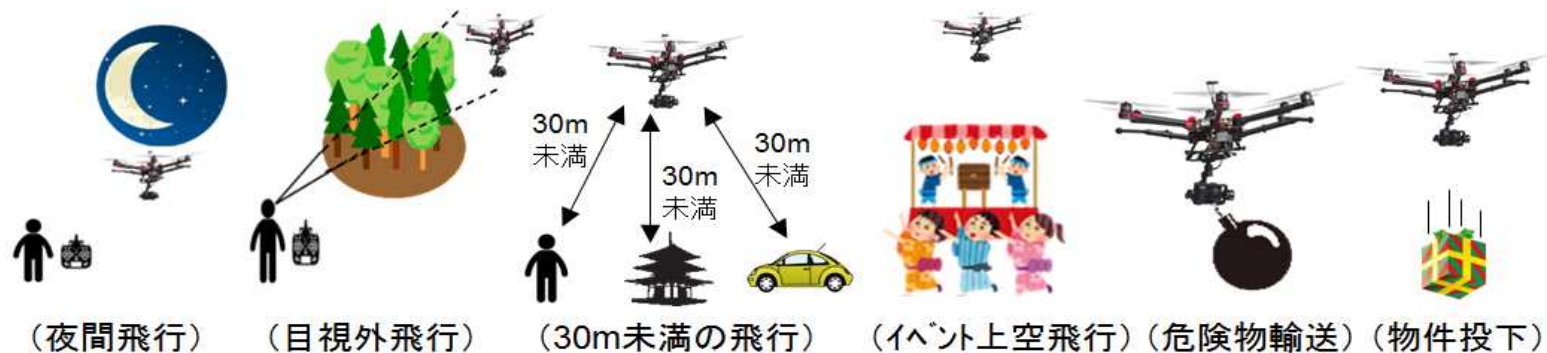
- 7月9日衆議院で可決、参議院で継続審査

(航空局WEBサイトより)

● 国土交通大臣の許可が必要な空域

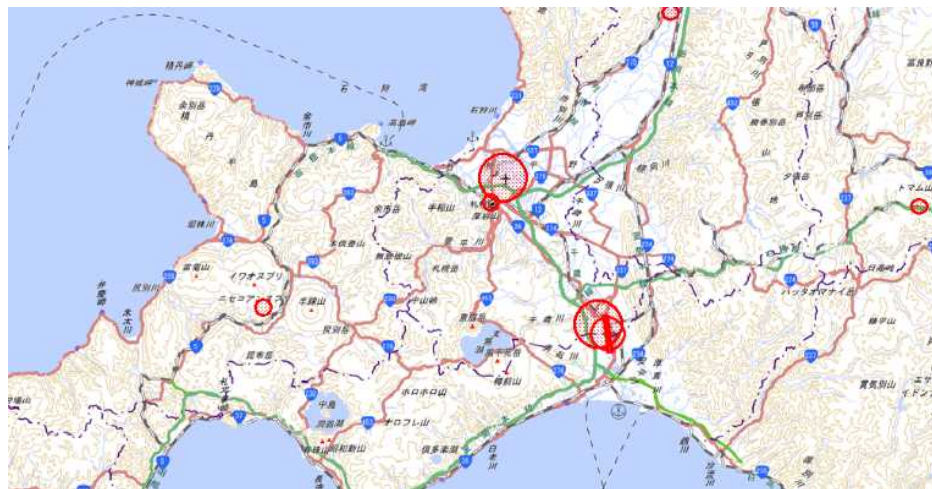


● 国土交通大臣の承認が必要な飛行方法



● 空港周辺

国土交通省(航空局)
のWEBサイト



http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000004.html

● 人口集中地区

地理院地図



<http://www.gsi.go.jp/chizujoho/chizujoho40043.html>

航空法改正の概要

● 無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領

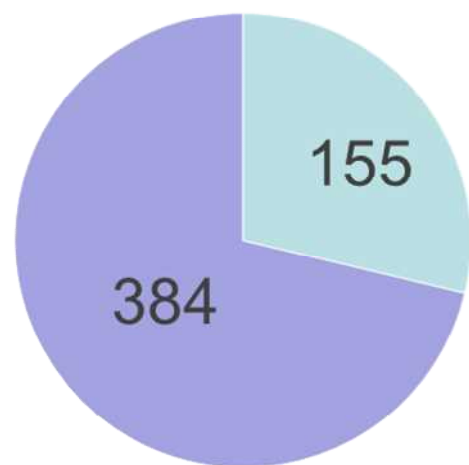
<http://www.mlit.go.jp/common/001110202.pdf>

- ✓ 氏名及び住所
- ✓ 使用する機体の製造者、名称、重量など
- ✓ 飛行の目的、日時、経路、高度など
- ✓ 飛行禁止空域／方法で飛行させる理由
- ✓ 使用する機体の機能、性能
- ✓ 飛行させる者の経歴、知識、能力
- ✓ 整備している作業マニュアルを添付
- ✓ その他（保険への加入状況など）

**所定の様式に記載し、空港事務所
または航空局担当窓口へ提出**

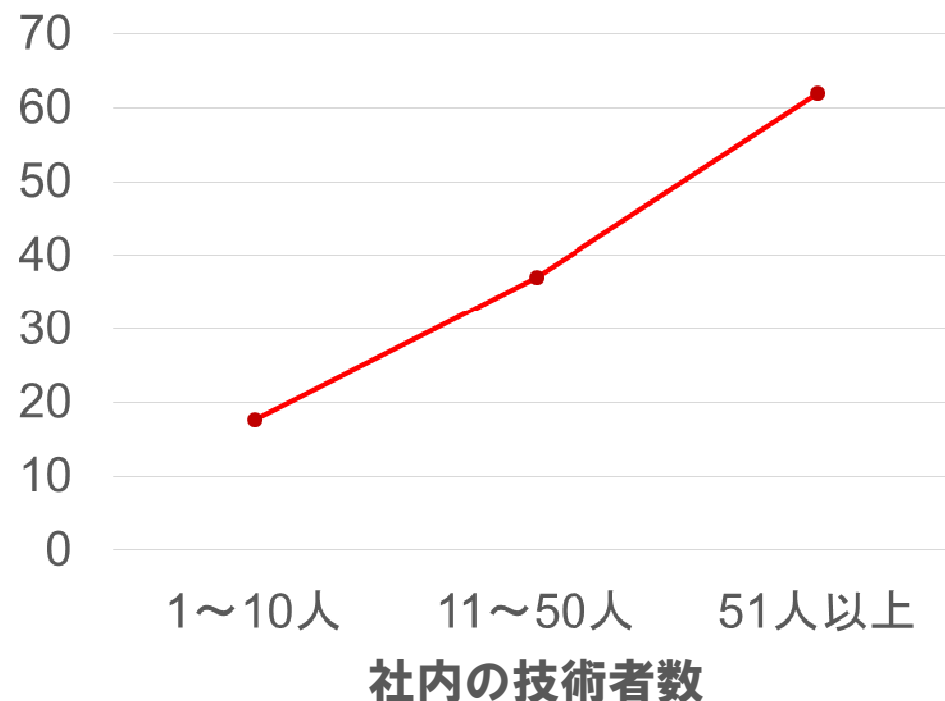
1. 従来の測量とUAVの相違点
2. UAVに関する(規制の)動き
3. 測量への導入に向けた取り組み
 - 現状
 - 精度管理面
 - 安全管理面
4. 取りまとめに向けて
5. 公共測量の届け出について

測量業におけるUAVの導入状況



- 保有している
- 保有していない

保有割合（％）

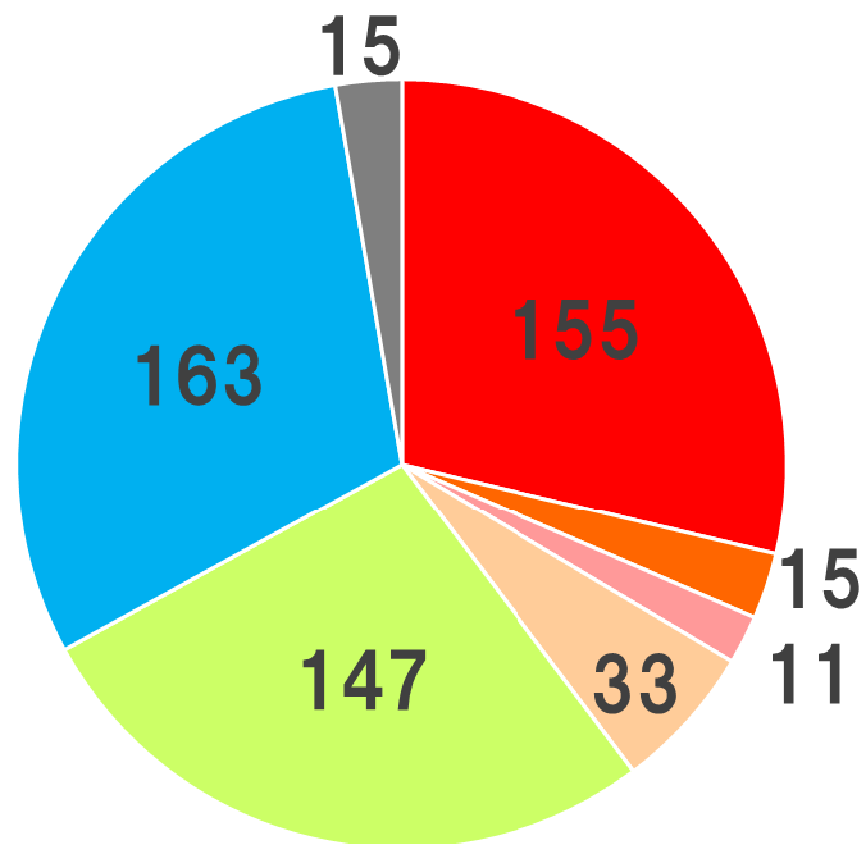


約3割がすでにUAVを導入している

全国測量設計業協会連合会加盟事業者2537社に対するアンケート結果から
 （回答社 539社。回答率約21％。平成27年10月国土地理院が実施。）

測量業におけるUAVの導入予定調査

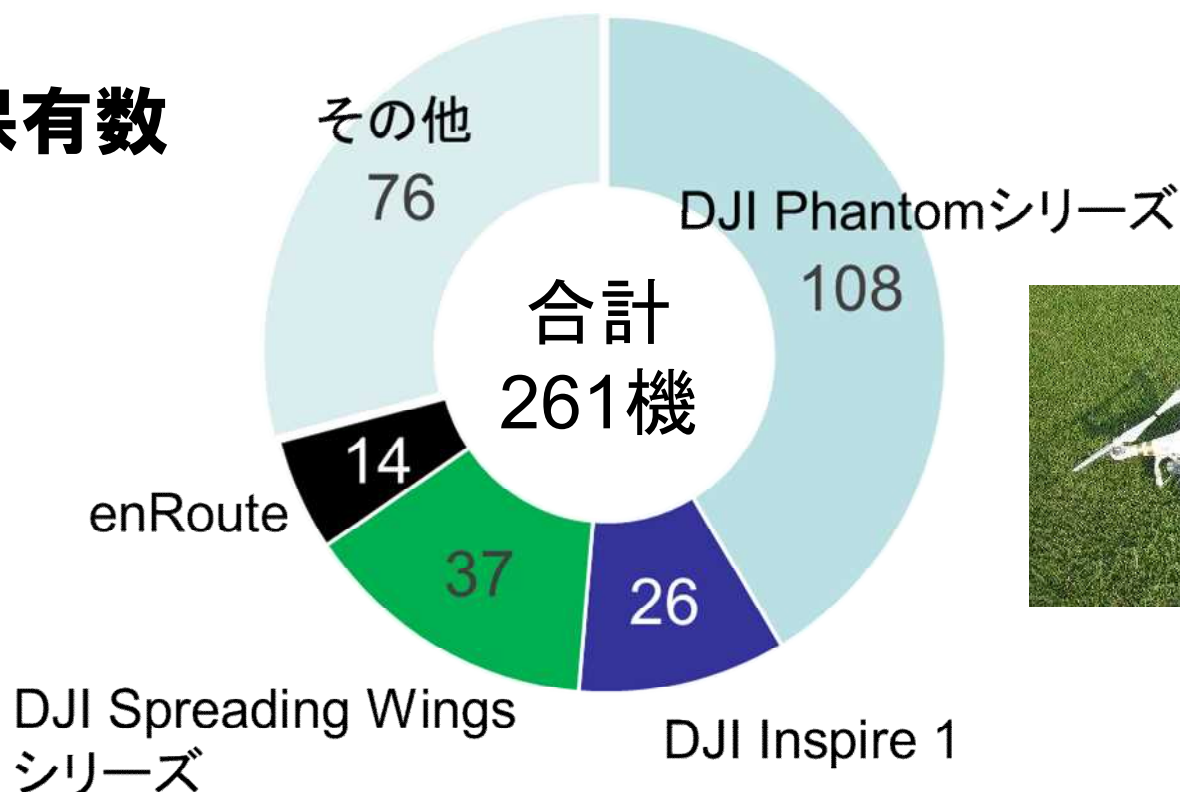
- 既に保有
- 今年度保有予定
- 数年以内に保有予定
- 時期は未定だが保有予定
- 検討中、興味がある
- 予定はない
- その他



2/3の事業者が、保有する方向で検討等を実施

全国測量設計業協会連合会加盟事業者2537社に対するアンケート結果から
 (回答社 539社。回答率約21%。平成27年10月国土地理院が実施。)

機種別保有数



DJI Inspire 1 / Phantomシリーズが約半数

検討は、これを念頭に実施する必要がある

全国測量設計業協会連合会加盟事業者2537社に対するアンケート結果から
(回答社 539社。回答率約21%。平成27年10月国土地理院が実施。)

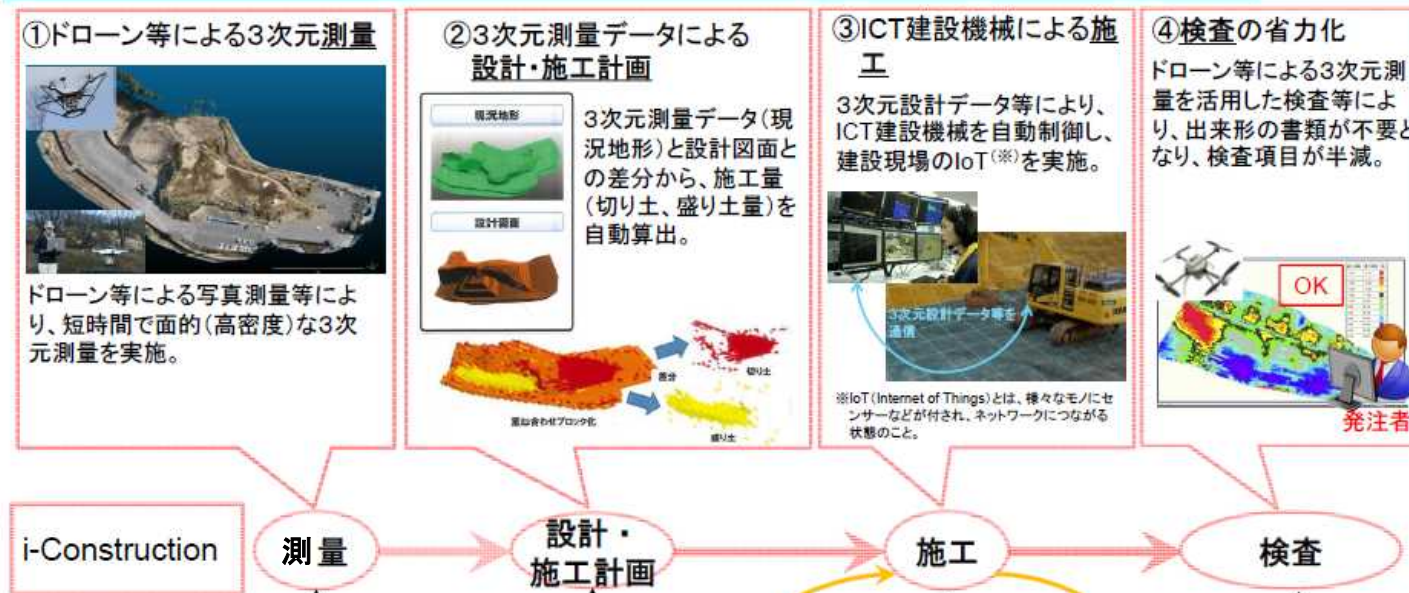
測量用の規程の必要性

- 既に複数の地方公共団体で測量実績あり
現状は特例(作業規程の準則 第17条)で実施。

- i-Constructionへの対応

公共工事の全ての工程(設計・施工・維持管理)で活用できる3次元データの効率的な整備が求められる。

ICT技術の全面的な活用(土工)



- 測量用の規程類を整備するには



測量の正確さの確保 のために

精度検証をして、精度管理の方法を決める

測量業の適正な運営とその健全な発達

を阻害しないために

安全管理の規程を決める

ことが必要となる

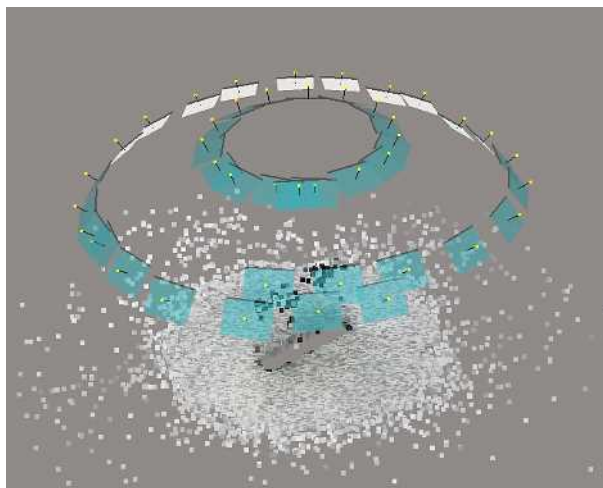
1. 従来の測量とUAVの相違点
2. UAVに関する(規制の)動き
3. 測量への導入に向けた取り組み
 - 現状
 - 精度管理面
 - 安全管理面
4. 取りまとめに向けて

(前提)高精度なカメラやセンサは使用できない



新技術の導入(SfM/MVS)の方向で検討中

SfM=Structure from Motion MVS=Multi View Stereo
カメラの位置・向きと撮影対象の3次元形状を同時に復元する
コンピュータビジョン(CV)の技術



重複させながら撮影した写真群から



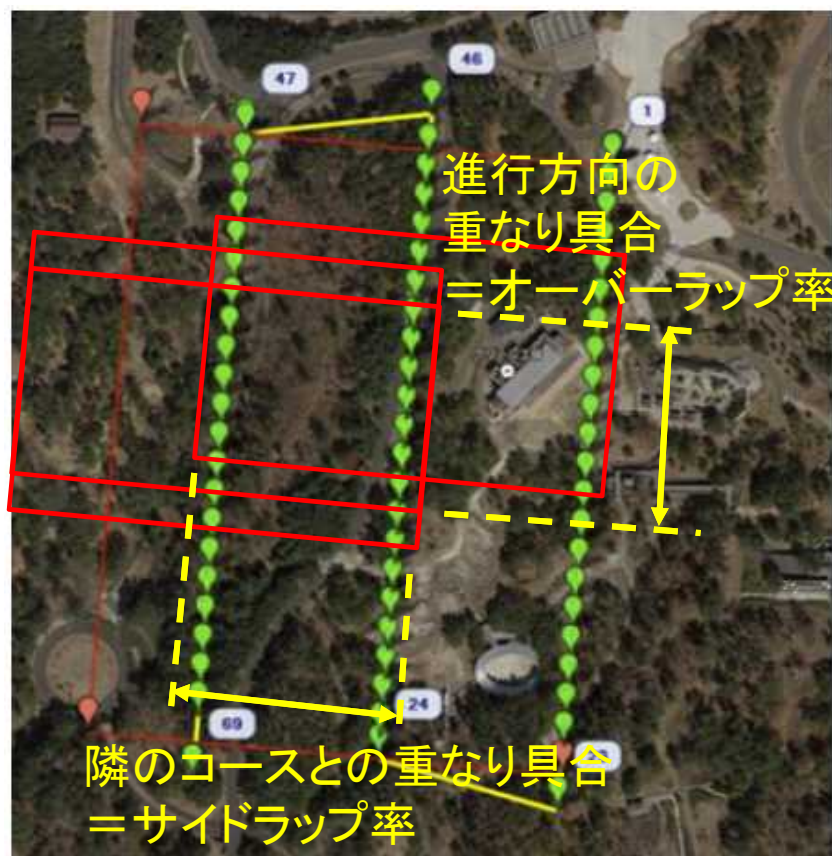
三次元形状を復元

ひたち海浜公園における精度検証

- SfMでは撮影方法が大きな影響力を持つ
 - H26 国営ひたち海浜公園(茨城県)での検証



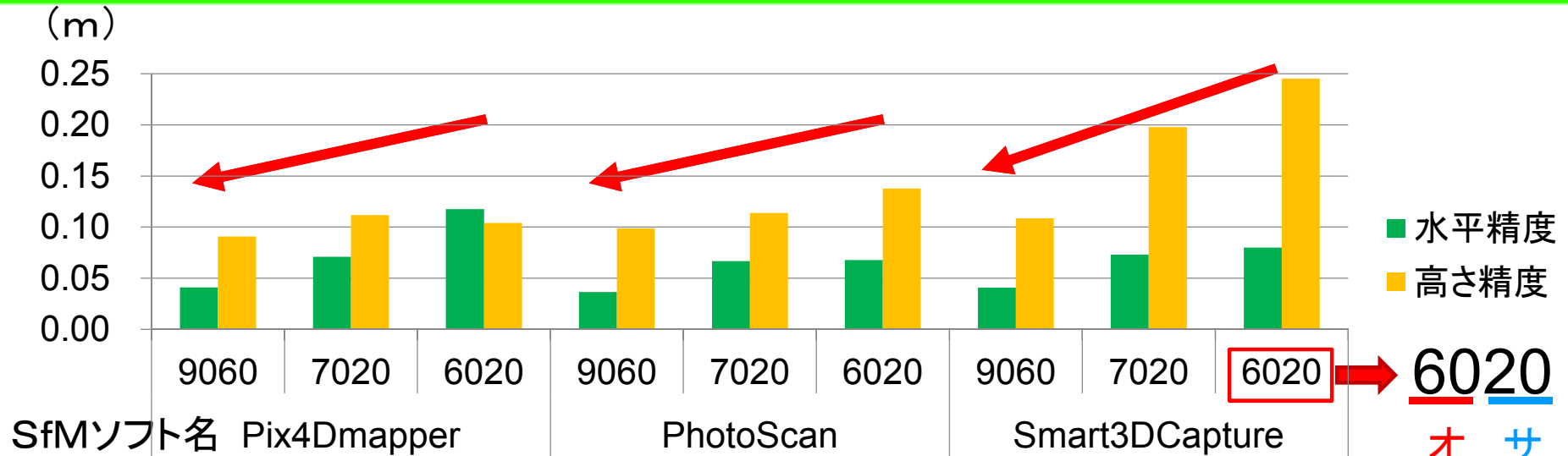
ひたち海浜公園における精度検証



写真の重なり具合が精度に与える影響を検証

※写真の地上画素寸法は約3cm

ひたち海浜公園における精度検証



重複率の変化による精度比較

重複率と精度には相関がみられる

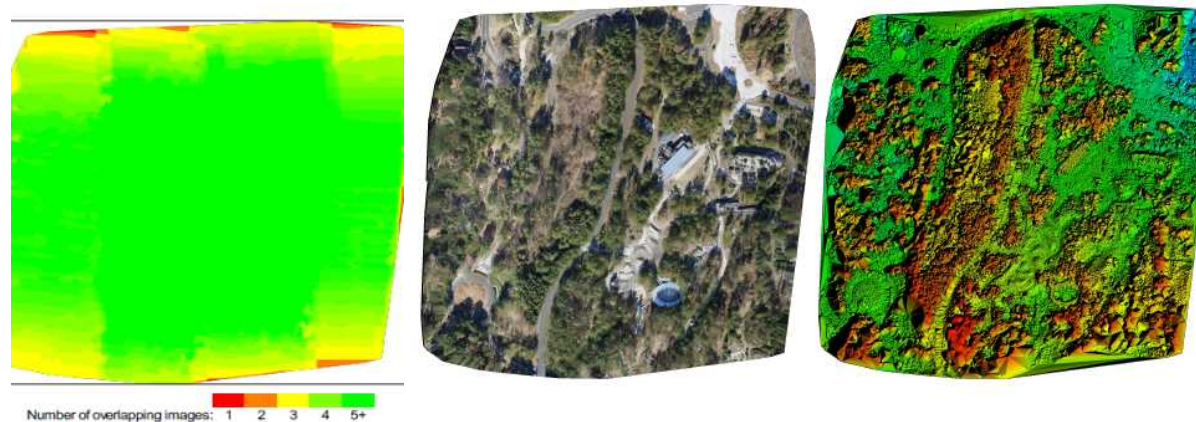
これは何を表しているか？

6020
 オーバーラップ率 60%
 サイドラップ率 20%

精度を良くするための撮影方法

1つの点が4枚以上の写真に写るように撮影する。

オーバーラップ90%
サイドラップ60%



オーバーラップ70%
サイドラップ20%

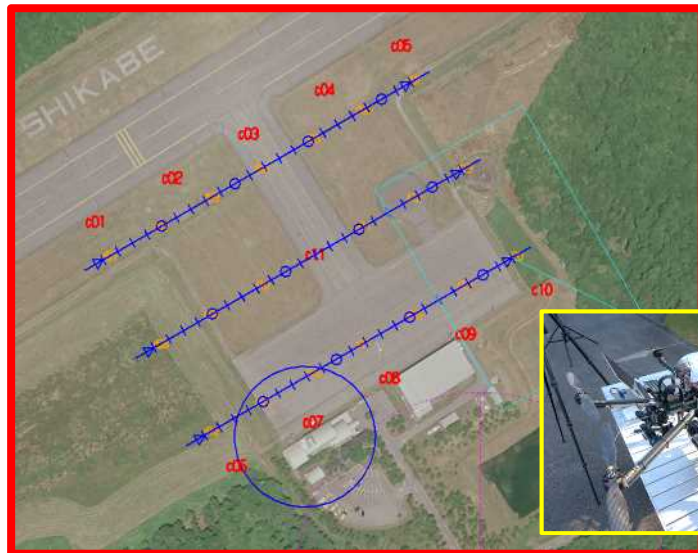
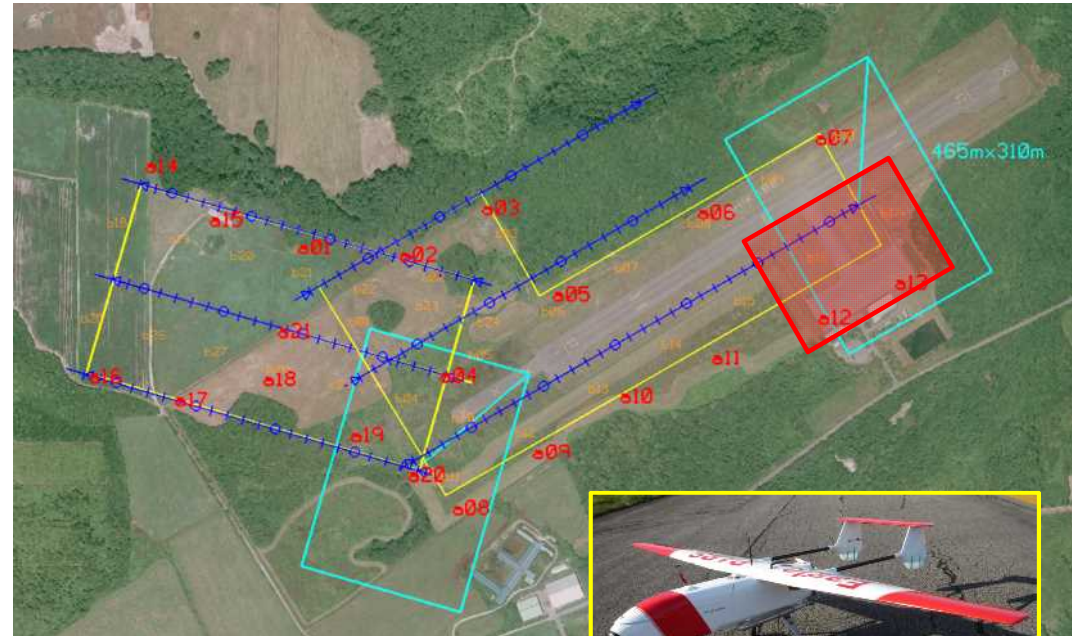


オーバーラップ60%
サイドラップ20%

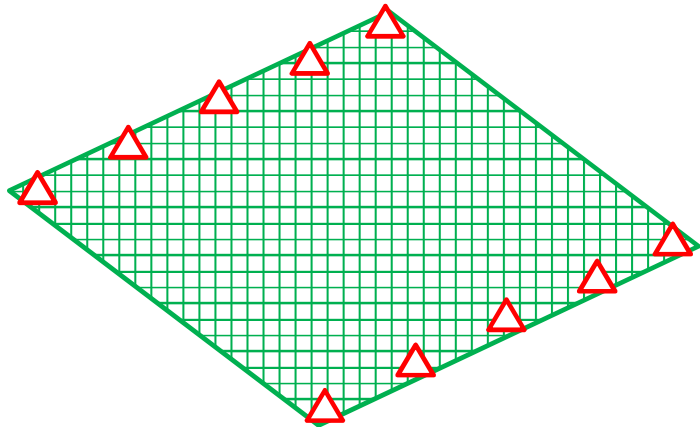


地上基準点が与える影響

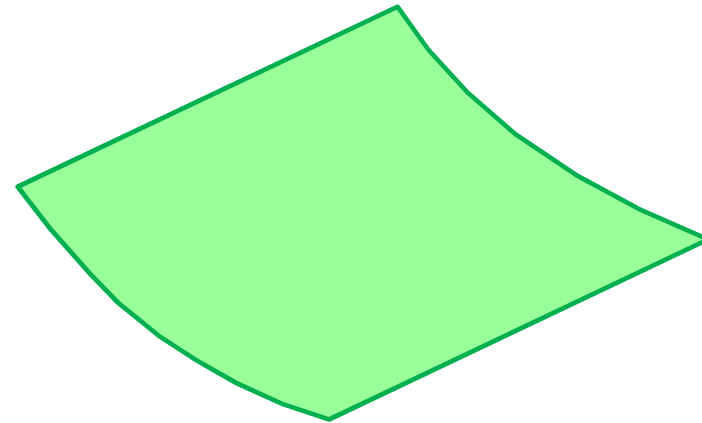
- SfMでは基準点の配置方法も影響力をもつ
 - H27 鹿部飛行場(北海道)における検証



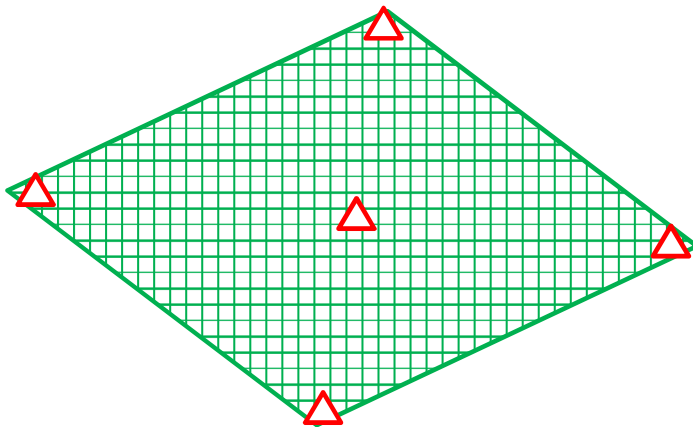
域内に基準点・検証点を約90点配置



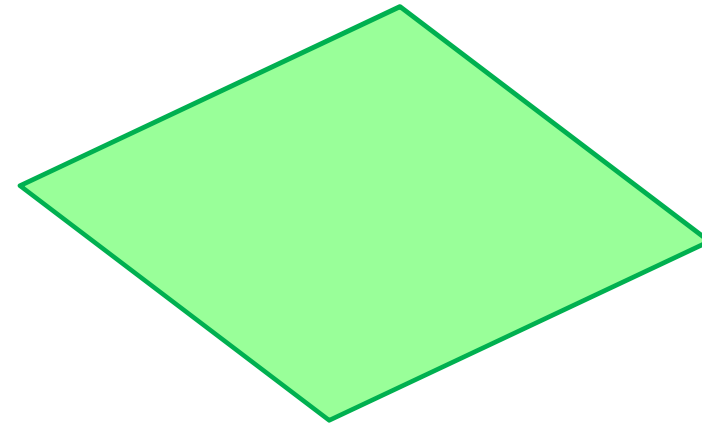
このように基準点を10点置いてSfM処理



3次元モデルが反った



このように基準点を5点置いてSfM処理



良好な精度の3次元モデル

数はもちろん、配置方法も精度に影響する。

1. 従来の測量とUAVの相違点
2. UAVに関する(規制の)動き
3. 測量への導入に向けた取り組み
 - 現状
 - 精度管理面
 - 安全管理面
4. 取りまとめに向けて

安全管理に関する検討

小型UAVに関して確立された安全管理規程はなかった

※農林系では体系的にまとめられた安全の手引きが整備されていたが、対象は比較的大型のガソリンエンジン搭載型UAVとなっていた。



国土地理院自らUAVの運用能力を獲得しノウハウを醸成

- 知識（関係法令、気象学、ヘリノ特性）
- 技能（操縦、整備、現場管理＝チェックシート）
- 経験（飛行訓練＝飛行記録簿）



災害調査のための安全管理規程（内規）

- 操縦技能は3段階の（内部）ライセンス制
- 実際の災害対応を想定した訓練も実施
- 具体的な作業内容・手順を詳細に記載

公共測量のための安全管理規程の内容

- 国土地理院の災害調査用の安全管理規程(内規)や航空法における許可・承認の審査要領をベースに検討

- ✓ 使用する機体・バッテリーの条件
- ✓ 作業の体制と役割
- ✓ 作業実績や機材に関する記録・管理
- ✓ あらかじめ作成や実施が必要な事項
- ✓ 作業時の留意事項

具体的に記載

➤ DJI Phantomクラスの運用も対象に含む

- 詳細は有識者をまじえて検討中

1. UAVの特徴
2. UAVに関する(規制の)動き
3. 測量への導入に向けた取り組み
 - 現状
 - 精度管理面
 - 安全管理面
4. 取りまとめに向けて

とりまとめに向けて

災害調査のための
安全管理規程

(国土地理院の内規)



測量のための
安全管理規程



公共測量におけるUAVの使
用に関する安全基準(案)

精度管理に関する
検討結果



UAVを用いた空中写真
測量マニュアル(案)

平成27年度末の公表に向けて
とりまとめを進めている



ご清聴ありがとうございました