

第59次南極地域観測隊における 無人飛行機オペレーションについて

第59次南極地域観測隊
多目的アンテナ担当 大石 孟



飛行実績

- 合計飛行回数 116回、34時間
- 回転翼飛行回数 102回、30時間
- 固定翼飛行回数 14回、4時間
- (飛行回数の定義は離陸から着陸しエンジンの停止または電源を切るまでを1回とする)
- 集計期間 2018年1月～12月

使用した無人飛行機

- 1、回転翼
Inspire2, Phantom4
- 2、固定翼
カイトプレーン, eBee



使用した無人飛行機

- 今回使用した機体のメリット・デメリット

	Inspire2	Phantom4	カイト	eBee
機体コスト	○	○	△	△
運用しやすさ	○	○	△	△
飛行距離	△	△	◎	○
飛行時間	△(27min)	△(28min)	◎(120min)	○(50min)
飛行高度	500m AGL (ソフトリミット)	500m AGL (ソフトリミット)	3000m以上	記載なし
飛行速度	94km/h	72km/h	約80km/h	90km/h
ペイロード	カメラ	カメラ	約4-6kg	カメラ、高精度 GPS
静止可能	Yes	Yes	No	No

※スペックは最大値

赤字は今回の使用にあたり重視するポイント

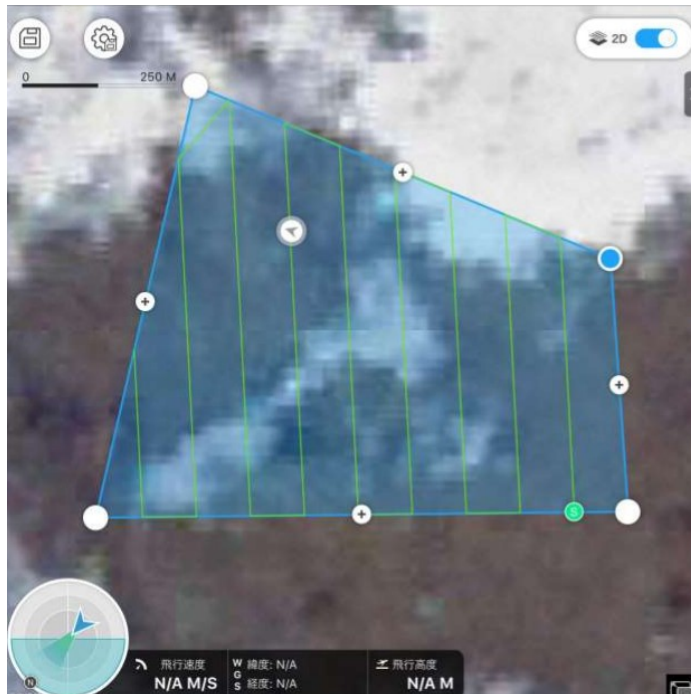
各フライトの目的

- ブリザードにおける積雪量の測定
- 積雪が重力計に与える影響の調査
- 昭和基地における除雪量の数値化
- S17における除雪結果の数値化
- 多目的アンテナレドームの保全
- 海氷状況の確認
- 空撮(南極教室など)
- 大気中のエアロゾルサンプリング、気象観測

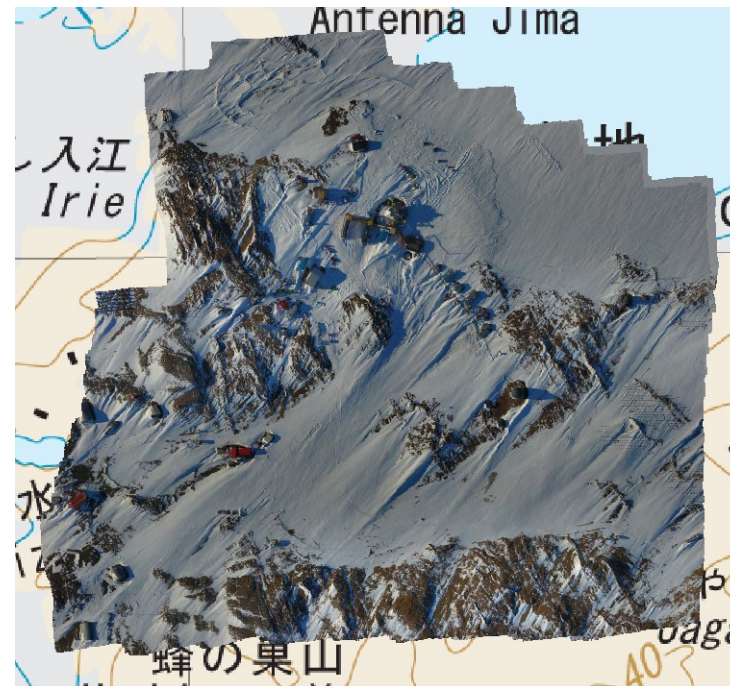
各フライトの説明

ブリザードにおける積雪量の測定 積雪が重力計に与える影響の調査

- 120m程度の高度から測量用にオーバーラップさせて撮影を行う
- 撮影画像を画像処理ソフトを用い計算しオルソモザイク画像を得る
- 59次行動中に15～20回程度の飛行を行った



飛行指示画面

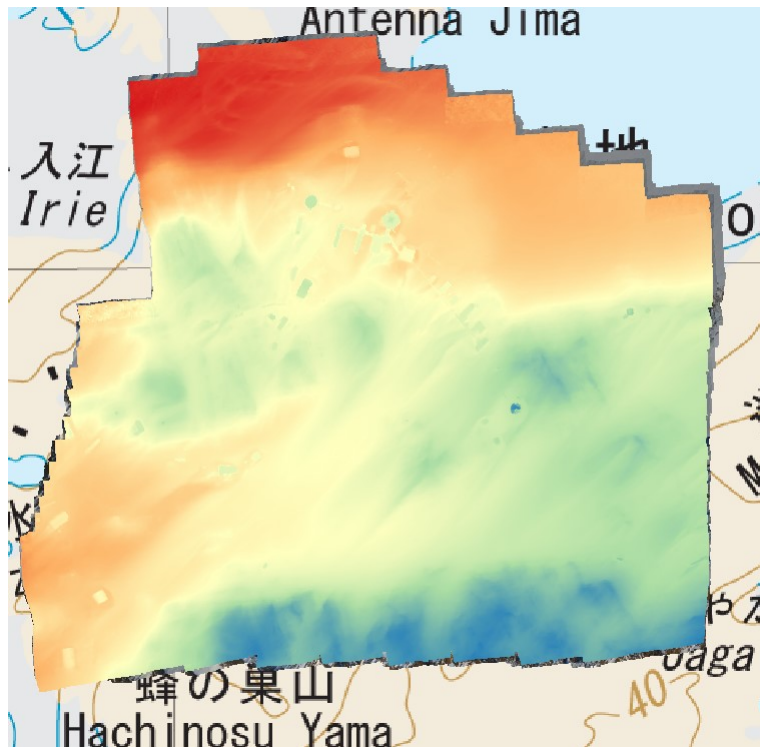


実際のオルソモザイク画像

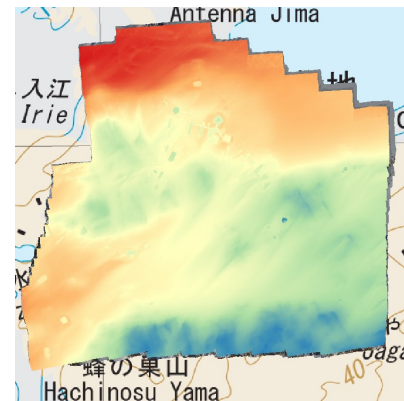
各フライトの説明

ブリザードにおける積雪量の測定 積雪が重力計に与える影響の調査

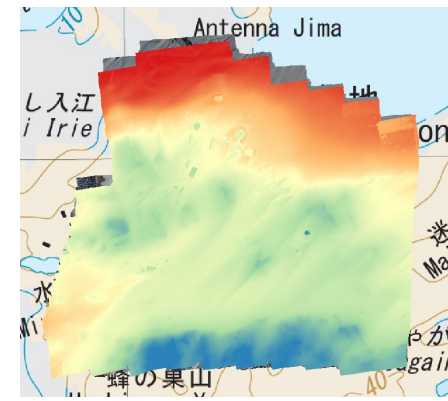
- 先ほど計算した画像データから高さデータを算出する
- 高さデータの差分を取ると変化量が得られる



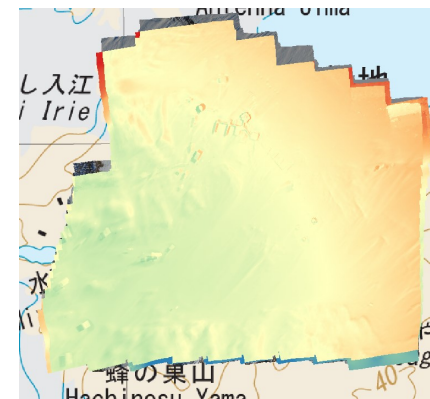
高さデータ(DEMデータ)



日付AのDEM



日付BのDEM



B-Aの差分値

各フライトの説明

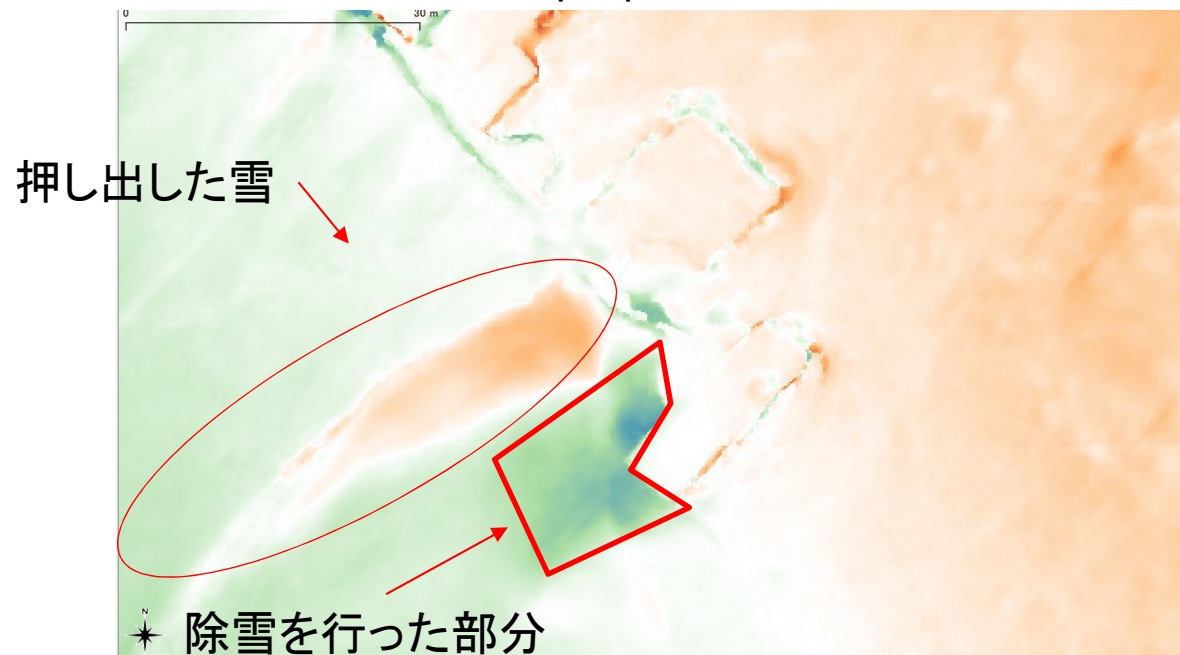
昭和基地における除雪量の数値化



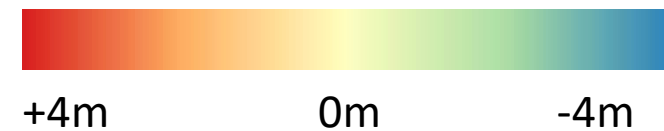
除雪前2018/10/21



除雪後2018/10/25



← 除雪後 - 除雪前



各フライトの説明

昭和基地における除雪量の数値化



除雪前

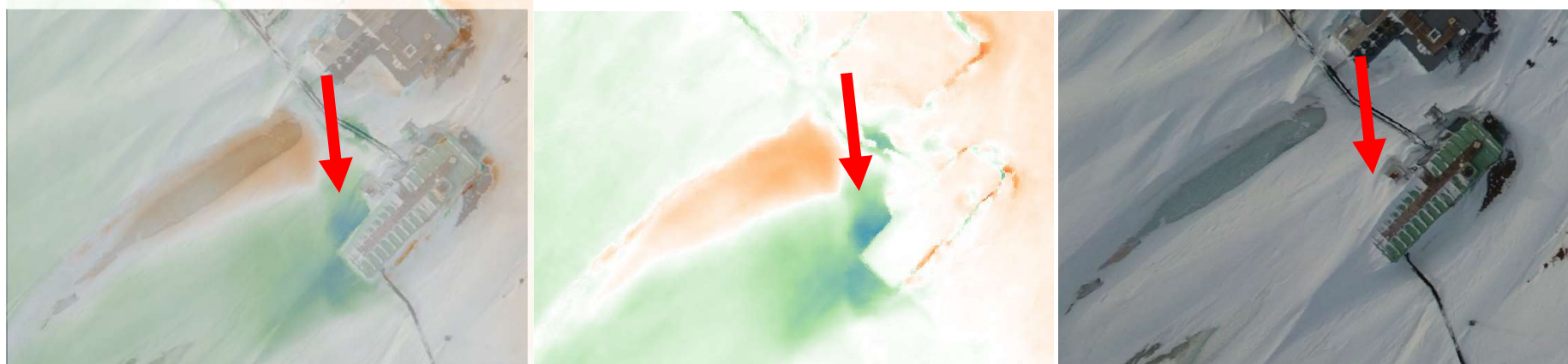


除雪後



各フライトの説明

昭和基地における除雪量の数値化



除雪前



除雪後



各フライトの説明

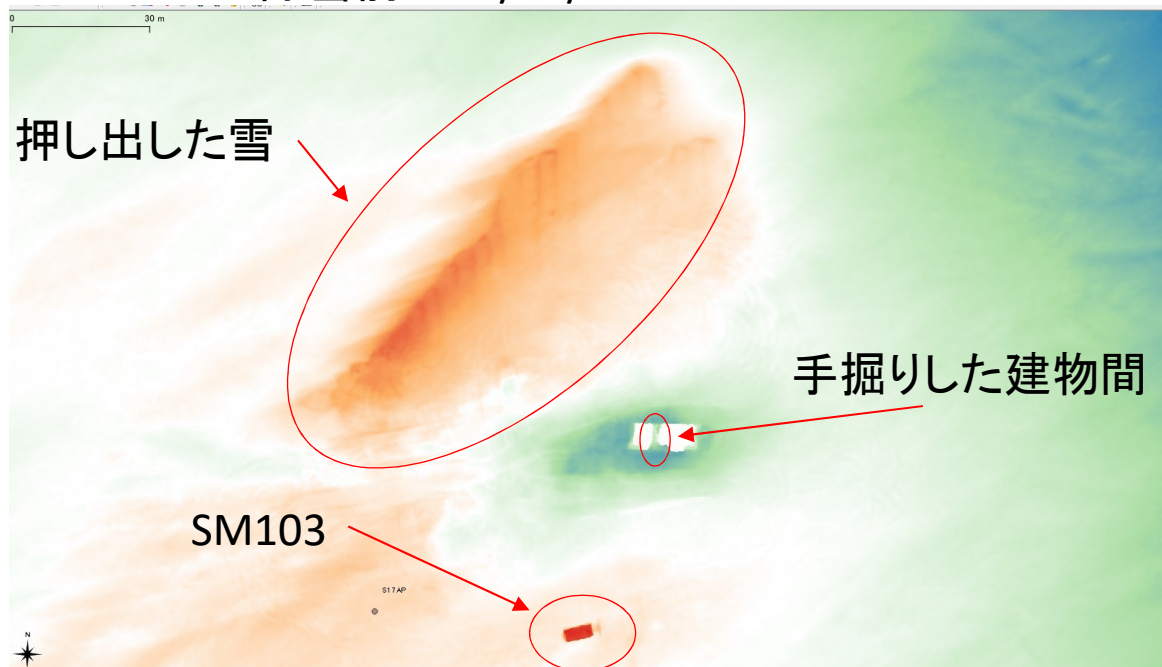
S17における除雪結果の数値化



除雪前2018/10/08



除雪後2018/11/21



← 除雪後 - 除雪前



各フライトの説明

S17における除雪結果の数値化



除雪前2018/10/08

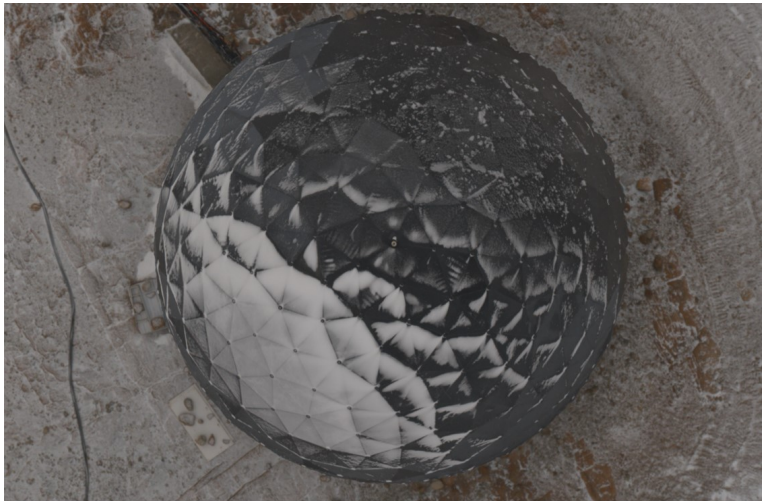


除雪後2018/11/21

各フライトの説明

多目的アンテナレドーム保全

- 多目的アンテナレドームの上部は高所作業車でないと見ることが難しい
- 高所作業車(SM104)を動かすには人手も時間もかかるので3ヵ月点検の際にしか使用していない
- 無人飛行機を使用すれば気象条件さえ許せばいつでも飛行が可能



写真⑤ 無人飛行機正射画像

無人飛行機によるレドーム上部オルソ画像



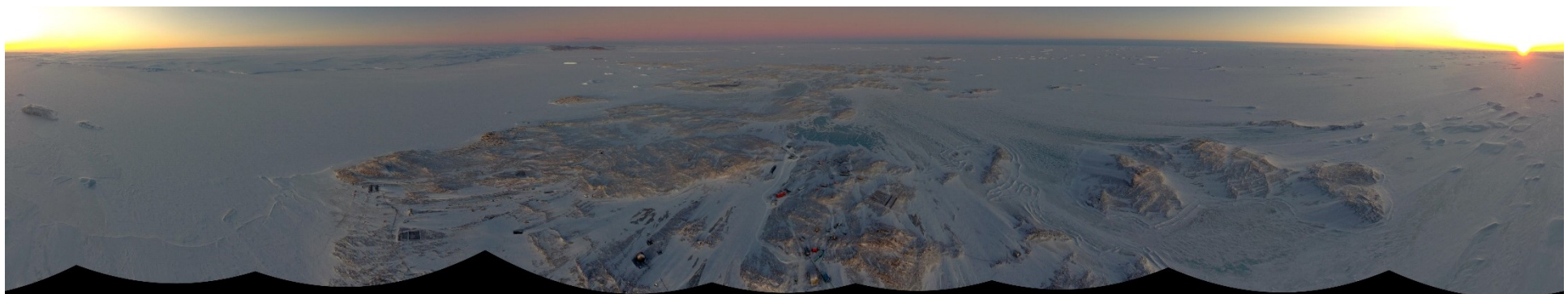
SM104での点検風景

各フライトの説明 海氷状況の確認

- 昭和基地上空500mまで機体を上昇させ、東オングル島周囲の海氷状況を確認する。
- ルート工作やしらせ接岸に関する情報に活用される



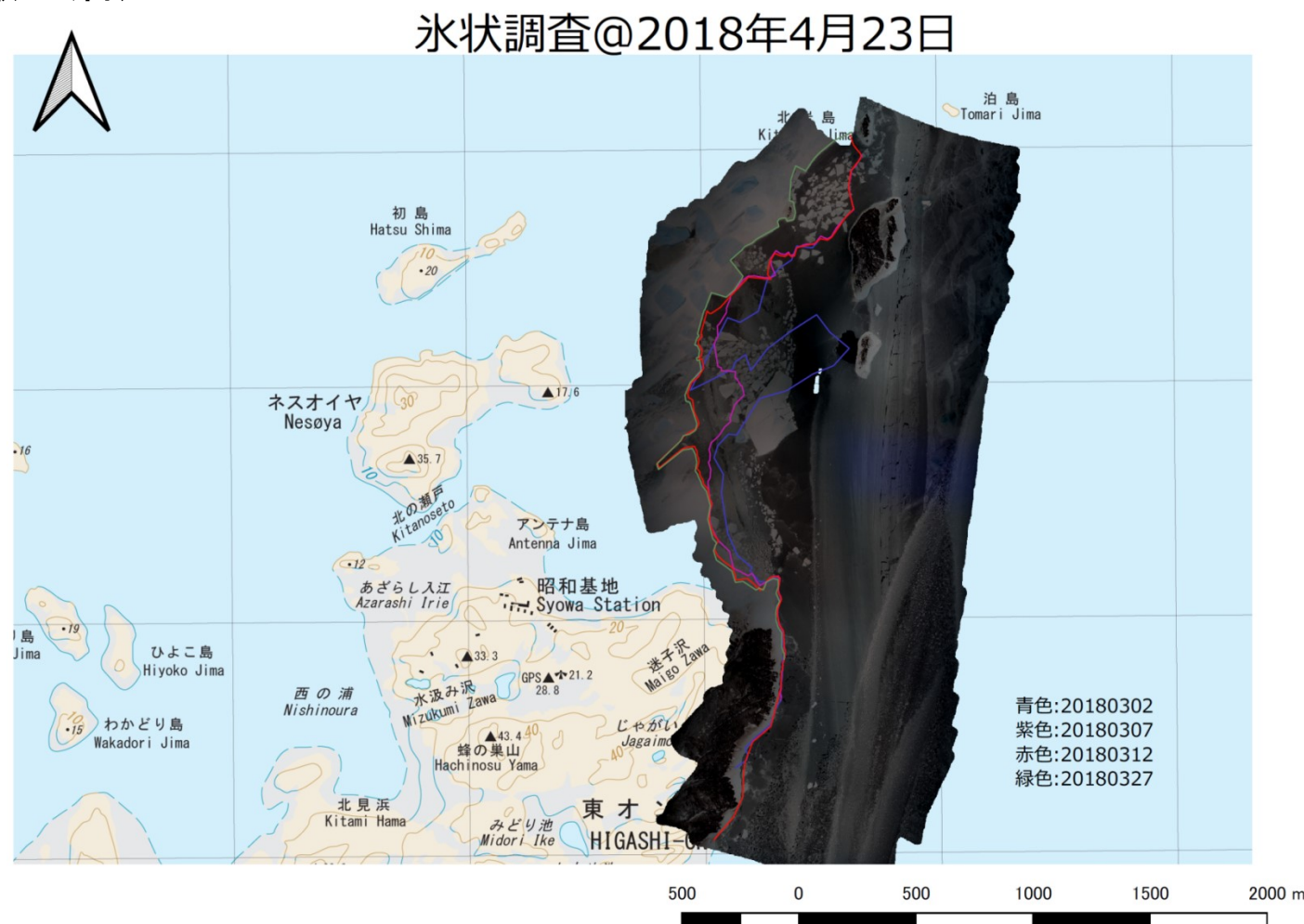
2018/3/27



2018/7/25

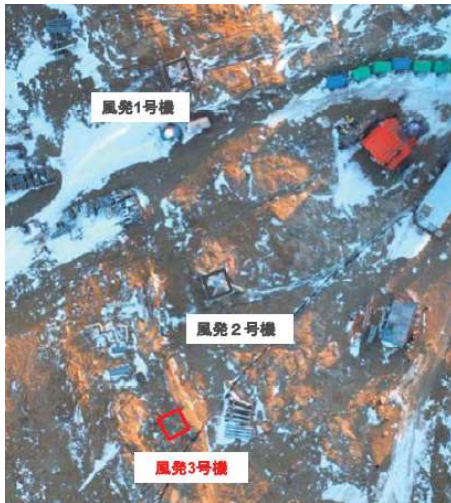
各フライトの説明 海水状況の確認

- 海上のオルソモザイクデータを撮影し、ルートワークやしらせ接岸に関する情報に活用



各フライトの説明 空撮

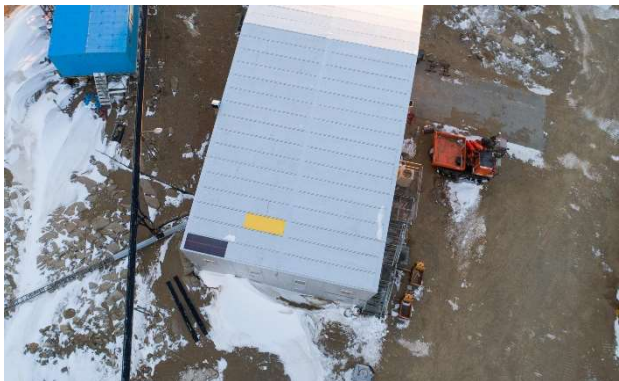
- 南極教室や各部門からの依頼を受けて空撮を実施した



風発付近オルソ画像(建築部門の依頼)



南極教室の動画

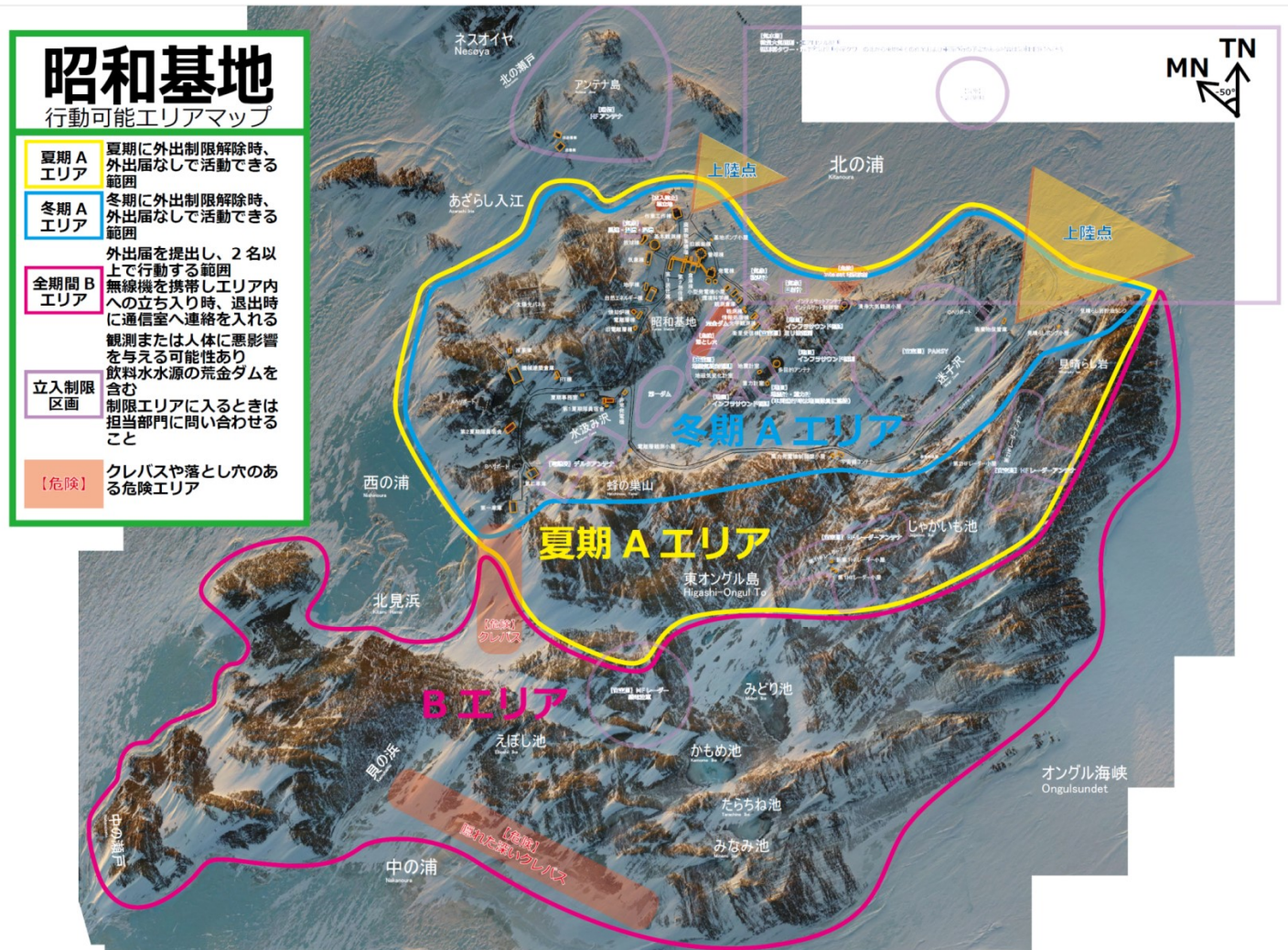


自然エネルギー棟屋上修繕工事記録
(建築部門の依頼)

各フライトの説明

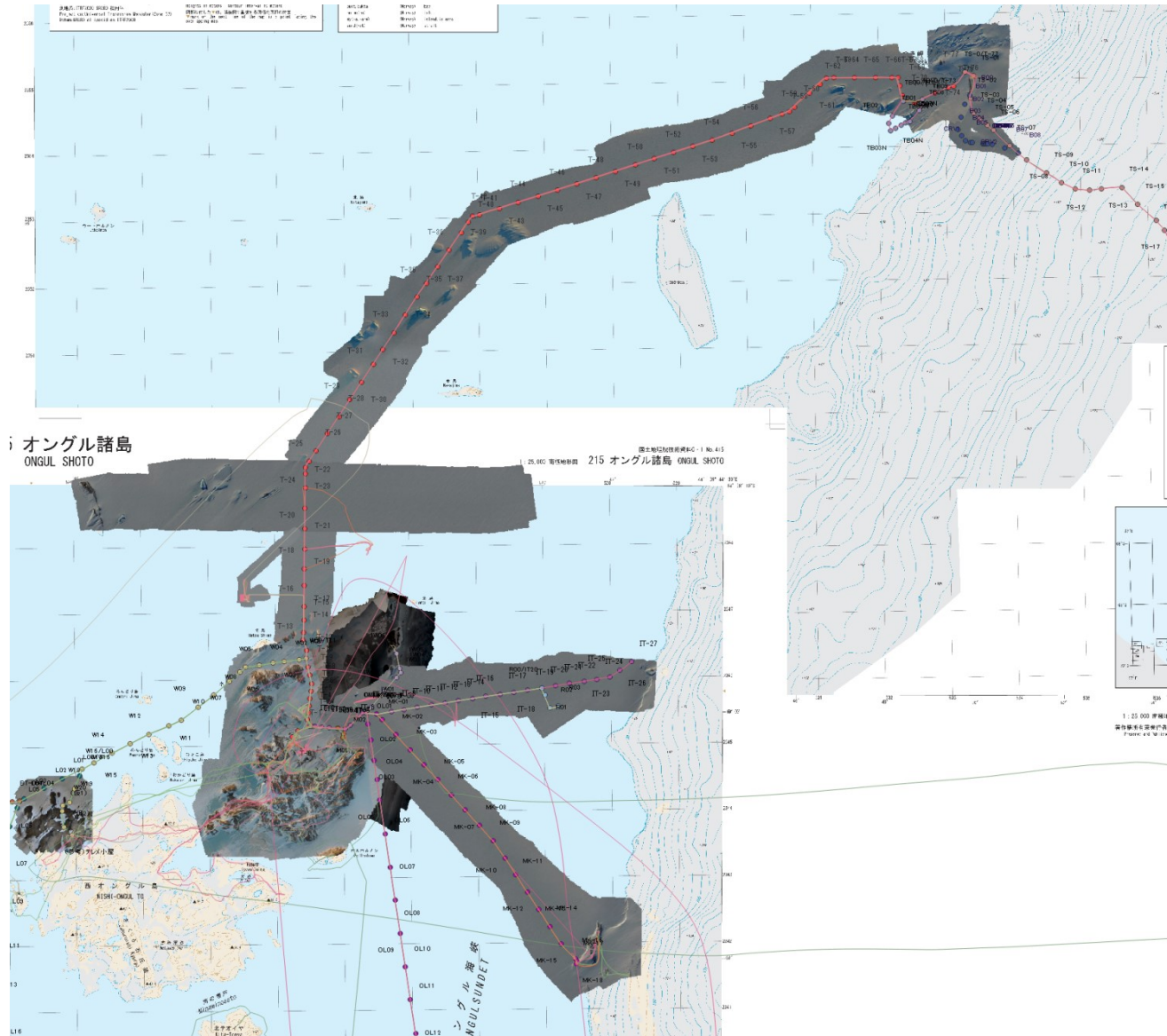
空撮

- エリアマップの航空地図化



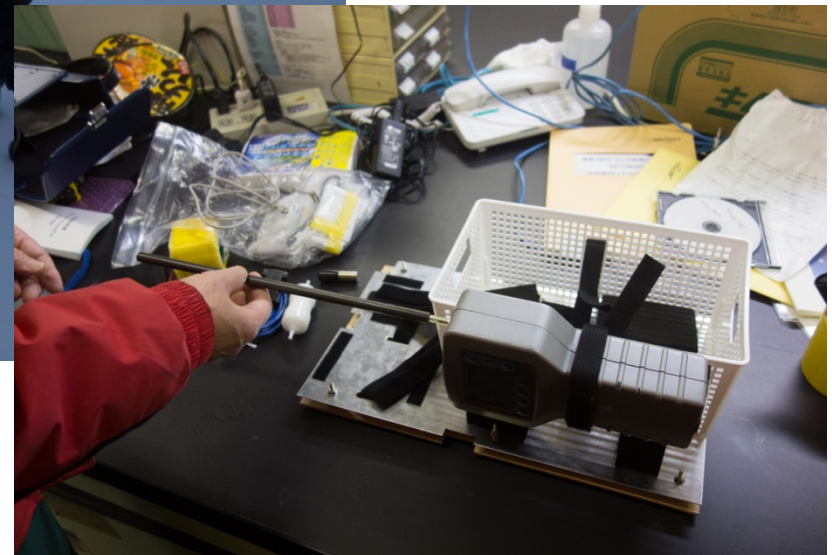
各フライトの説明

空撮



各フライトの説明

大気中のエアロゾルサンプリング、気象観測

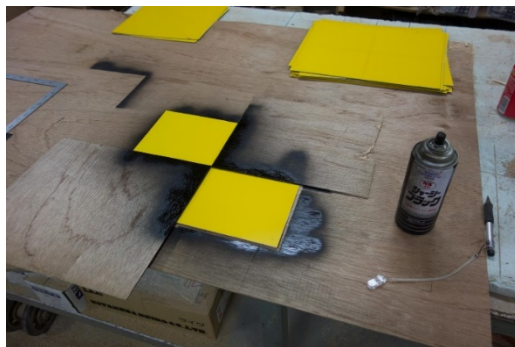


GCP

- 無人飛行機のGPSは精度が低いのでGCP(Ground Control Point)、地上基準点を設置する



素材は建築部門より分けて
いただいたガルバリウム鋼板



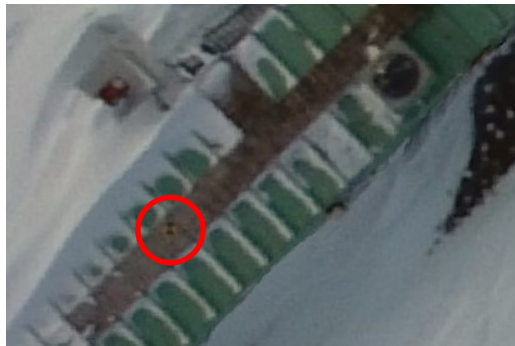
スプレーにより塗装を行う



完成したGCPは各所に配置する



設置後測量用GPSにて位置情報の
測定を行う(約24時間)



上空から見たGCP(高度約120m)

GCPのパターンは+型とした

<第16条 運用基準>

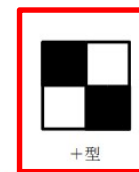
1 対空標識の様子は、次を標準とする。



★型



X型



+型



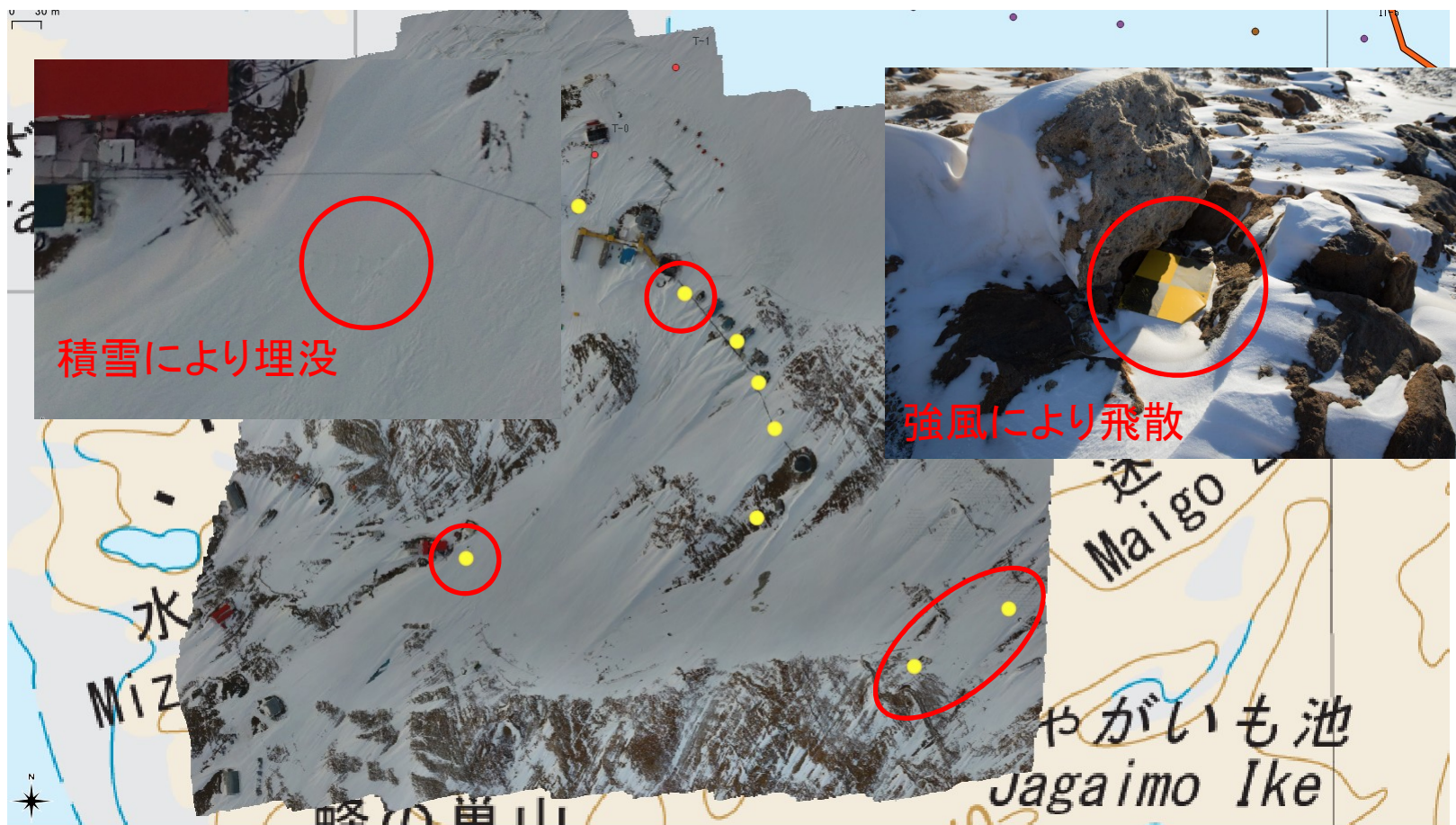
○型

2 対空標識の辺長又は円形の直径は、撮影する空中写真に 15 画素以上で写る大きさを標準と

出典: UAV を用いた公共測量マニュアル(案) - 国土地理院

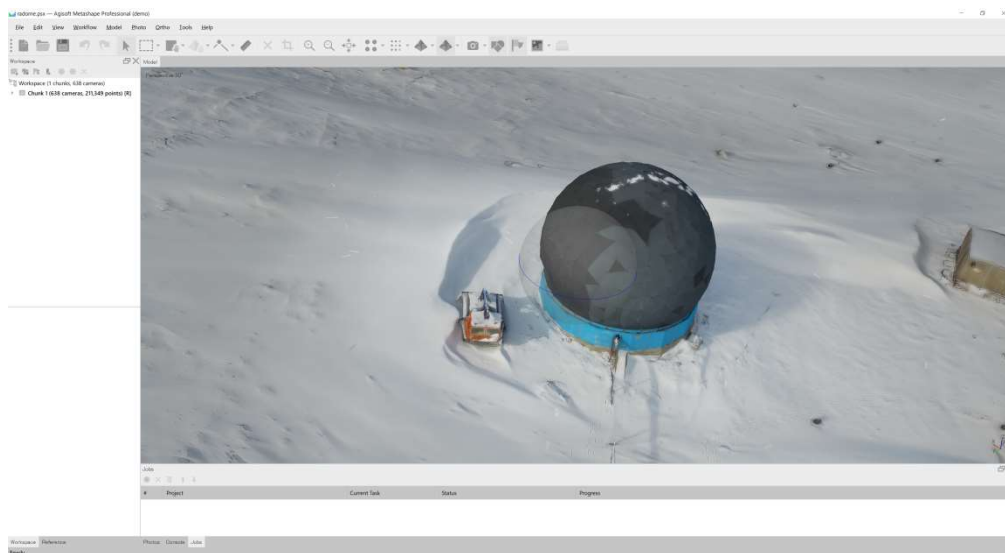
GCP

- GCP設置個所は11か所、だが...

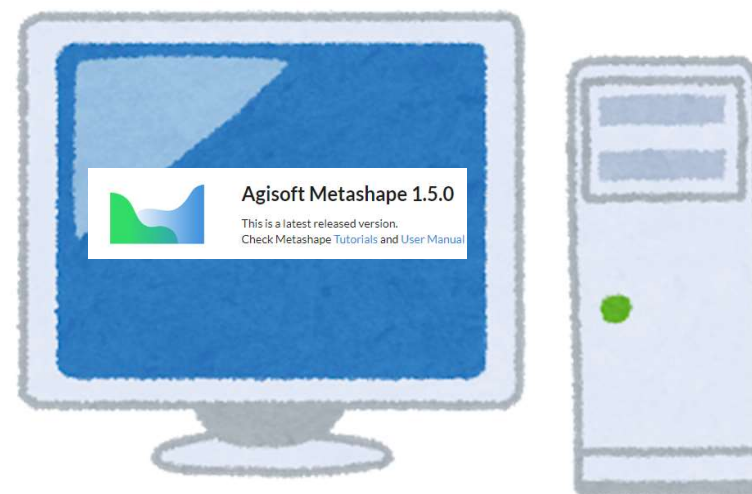


オンサイト解析システム

- 汎用コンピューターによりオルソモザイク、DEMモデルの解析を実施



Metashapeで生成した3Dモデル



CPU:AMD RYZEN 1700(8core16thread)
MEM:32GB
VGA:GeForce1060GTX
OS:Windows 10 Pro
SW:Agisoft Metashape(旧Photoscan)

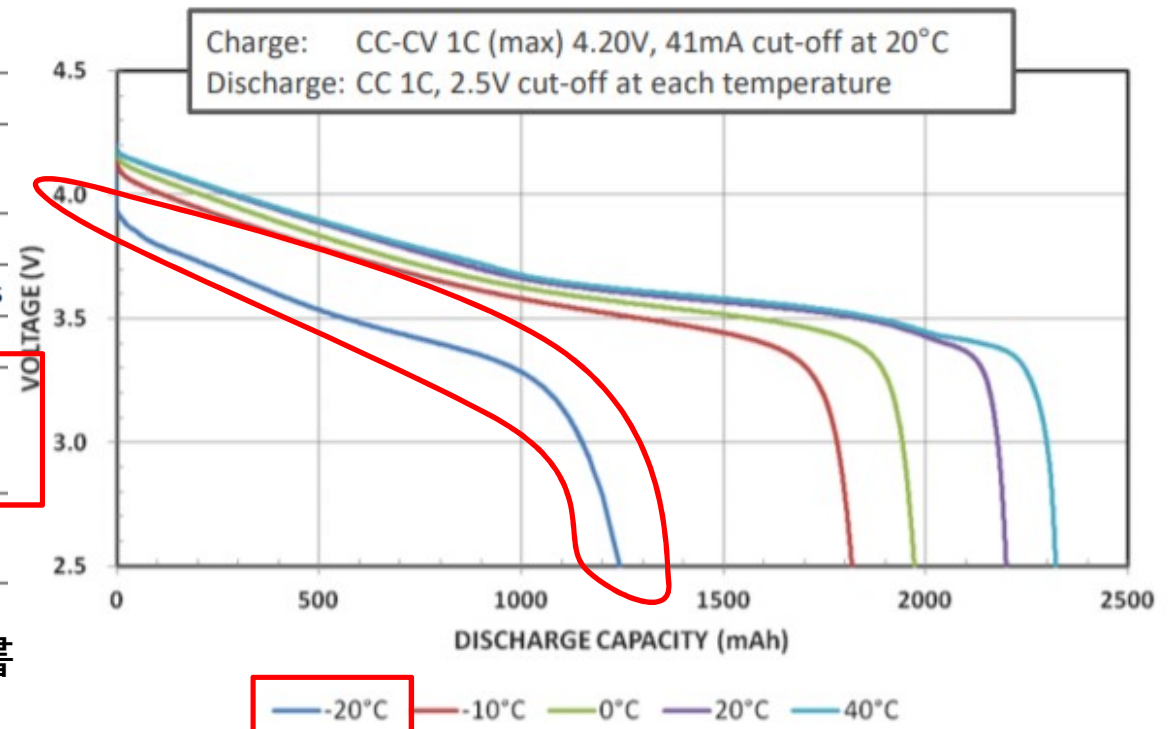
寒冷地でのオペレーション

- バッテリーに関する問題点
- バッテリーの温度特性として低温では急に性能が低下する

Specifications

Rated capacity ⁽¹⁾	Min. 2100mAh
Capacity ⁽²⁾	Min. 2150mAh Typ. 2250mAh
Nominal voltage	3.6V
Charging	CC-CV, Std. 1505mA, 4.20V, 3.0 hrs
Weight (max.)	44.0 g
Temperature	Charge*: 0 to +45°C Discharge: -20 to +60°C Storage: -20 to +50°C
Energy density ⁽³⁾	Volumetric: 453 Wh/l Gravimetric: 176 Wh/kg

Discharge Characteristics (by temperature)



出典: パナソニックUR18650A仕様書

寒冷地でのオペレーション

- 人間に与える問題点
- 越冬中は気温が低く手先が凍傷となる



操縦に使用する送信機

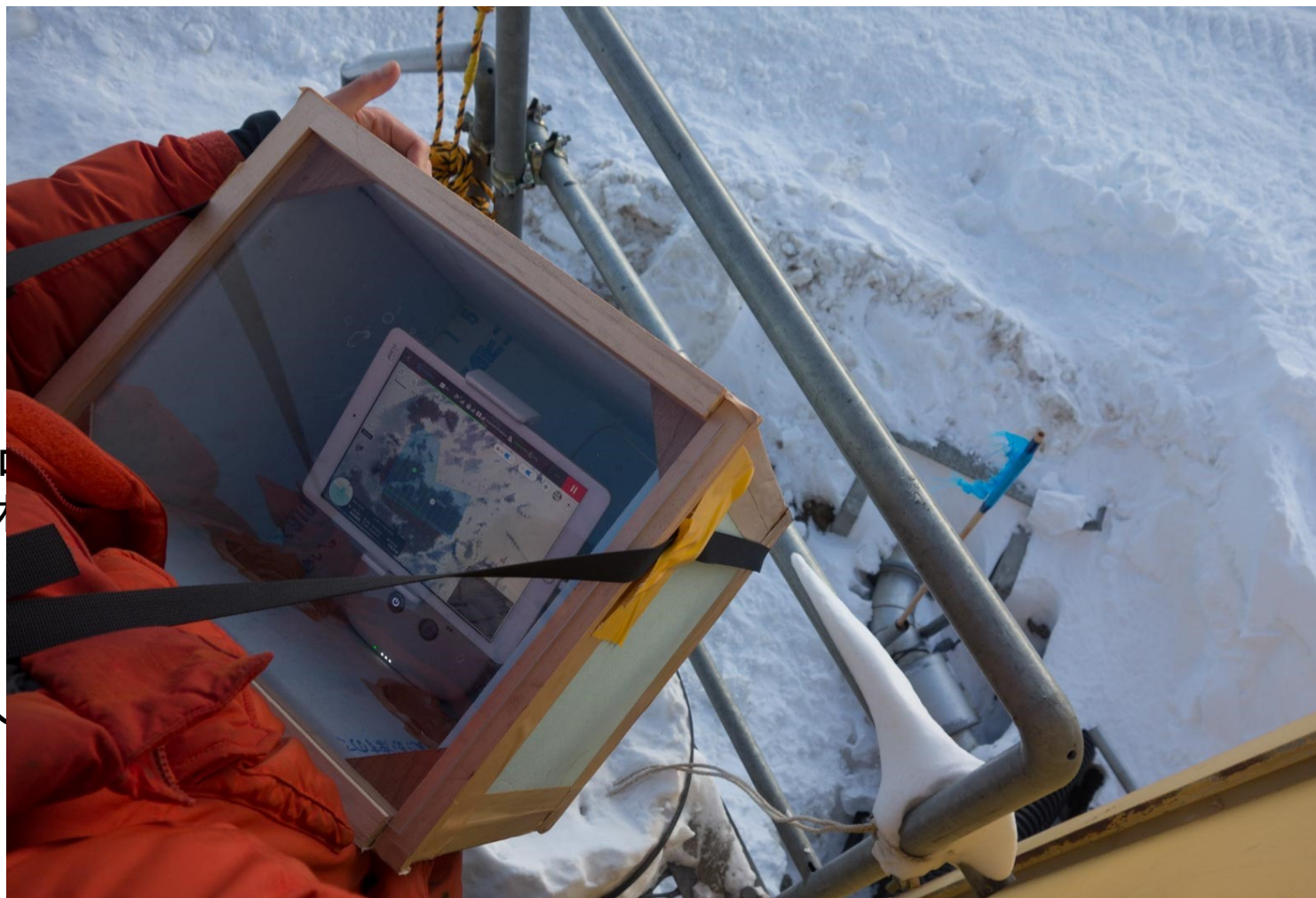
越冬中の防寒手袋

寒冷地でのオペレーション

•

スタイロ
(断熱材)

手を入



寒冷地でのオペレーション

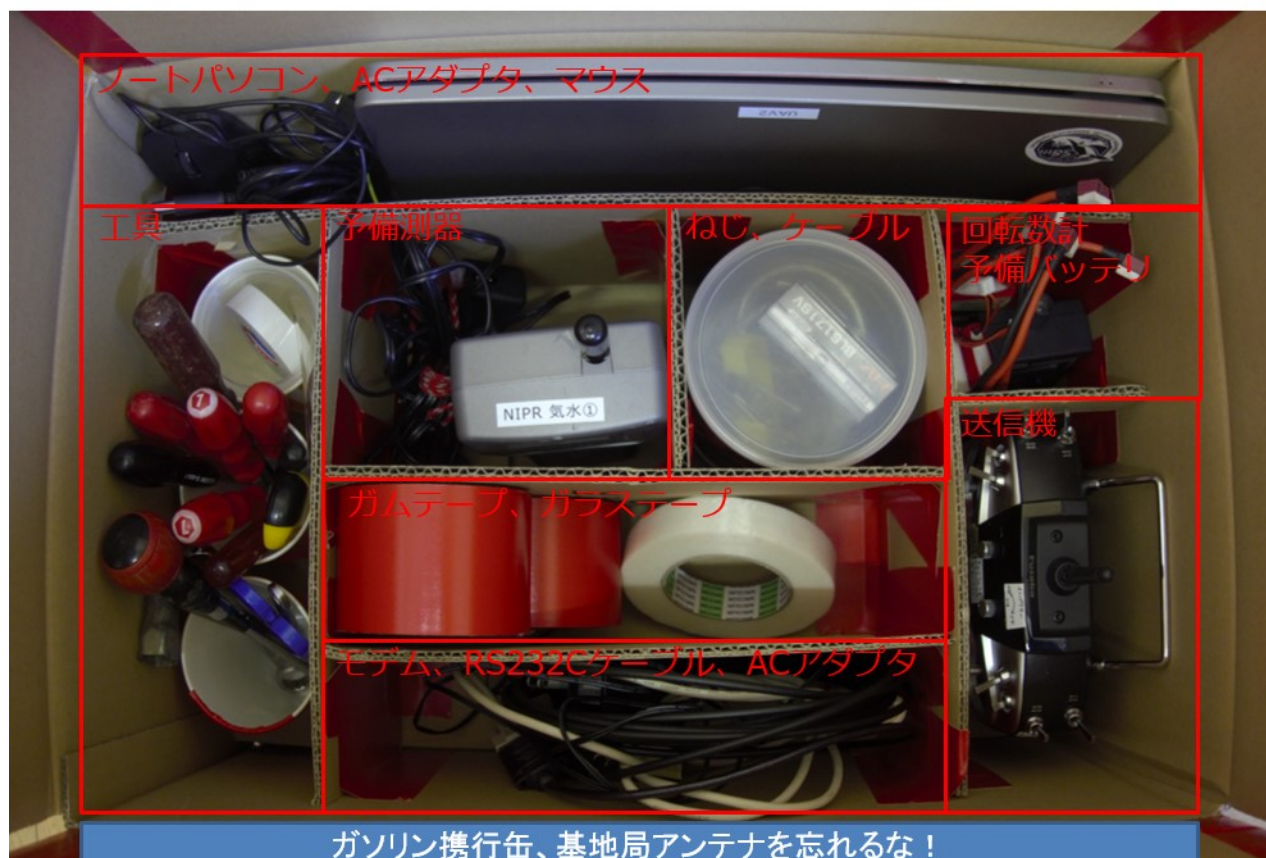
- 現地での省力化策



寒冷地でのオペレーション

- 運航に必要な物資の可視化

JARE59カイトプレーン運航キット



寒冷地でのオペレーション

- バッテリーや燃料をタグにて管理



寒冷地でのオペレーション

- チェックリストの作成
- 現場で漏れがないようにチェックをしながら運航作業を行った

Kite Plane Flight Plan & Flight Report			
CREW			A/C
PIC	GNC	OBS	
DATE	ETD		ETA
FUEL QTY/ENDURANCE	ATD		ATA
L/ H M	EET		AET
CRUSING SPEED/LEVEL			
/			
PAYLOAD			
OPC/MET/TEMP/VISCAM			
FLIGHT ROUTE			
			CHIEF APPROVED
BEFORE FLIGHT CHECK LIST			
1.MAIN BATTERY QTY CHECK		10.COMPASS CHECK	
2.TX BATTERY QTY CHECK		11.FLIGHT LOG REC START	
3.900MHz RADIO LINK CHECK		12.WAYPOINT X CHECK	
4.2.4GHz RADIO LINK CHECK		13.ENGINE START	
5.SERVO & LINKAGE CHECK		14.AUTO,MAN CHECK	
6.TELEMETRY CHECK		15.OBS START()	
7.PRESSURE & TEMP INPUT		16.OBS START()	
8.GUIDANCE PARAM INPUT		17.OBS START()	
9.COMPASS CAL		18.OBS START()	
AFTER FLIGHT CHECK LIST			
1.ENGINE SHUTDOWN		7.REFUEL	
2.FLIGHT LOG REC STOP		8.SPARK PLUG CHECK	
3.OBS STOP()		9.PROP CHECK	
4.OBS STOP()		10.SECURE A/C	
5.OBS STOP()			
6.OBS STOP()			
OBS DATA XFER			
1.OPC		FILE NAME:	
2.MET		FILE NAME:	
3.TEMP		FILE NAME:	
4.VISCAM		FILE NAME:	
PREPARE FOR NEXT FLIGHT			NOTE
1.MAIN BATTERY CHARGE	1	2	
	3	4	
2.TX BATTERY CHARGE			
3.Application			
4.CREW			
PIC	GNC	OBS	

トラブル

- 2018年1月、飛行中に無線接続が切断され、コントロール不能となる（無通信状態中はホバリングを維持、電池がなくなった場合は離陸地点に自動着陸）
- この機体は今回2機持ち込んだが、トラブルが起きた1機はファームウェアのバージョンが異なりこの1機のみ該当トラブルが発生した。



通信断の様子

トラブル

- 2018年6月測量終了後着陸させようとしたところ飛行姿勢から着陸姿勢への変更ができなくなった
- 仕方なくグローブと保護メガネを着用し手で受け取りモータを停止させた
- 停止後機体を確認すると姿勢を変えるためのギアが割れており、脚部がロックされていない状態であった
- このまま飛行を続け、急な動作をさせた場合脚部が動き墜落する可能性もあった
- 解析を行っていないため推測ではあるが低温による素材の劣化も考えられる。(新品状態で南極に持込んだ機体である)



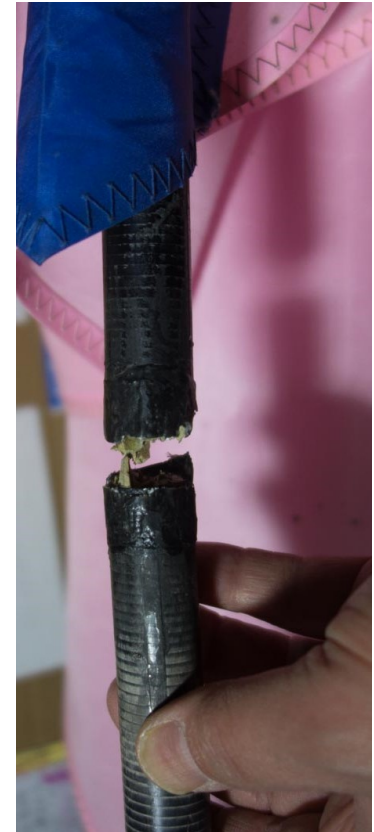
飛行姿勢



着陸姿勢

トラブル

- 2018年4月カイトプレーンの地上滑走試験(エンジン試験)をしていた際に狭いクラックに引っ掛かり翼の骨材が折れた
- タイヤのサイズが小さいので狭いクラックでも引っ掛かりやすい
- 折れた骨材は金属管をかぶせ補修した

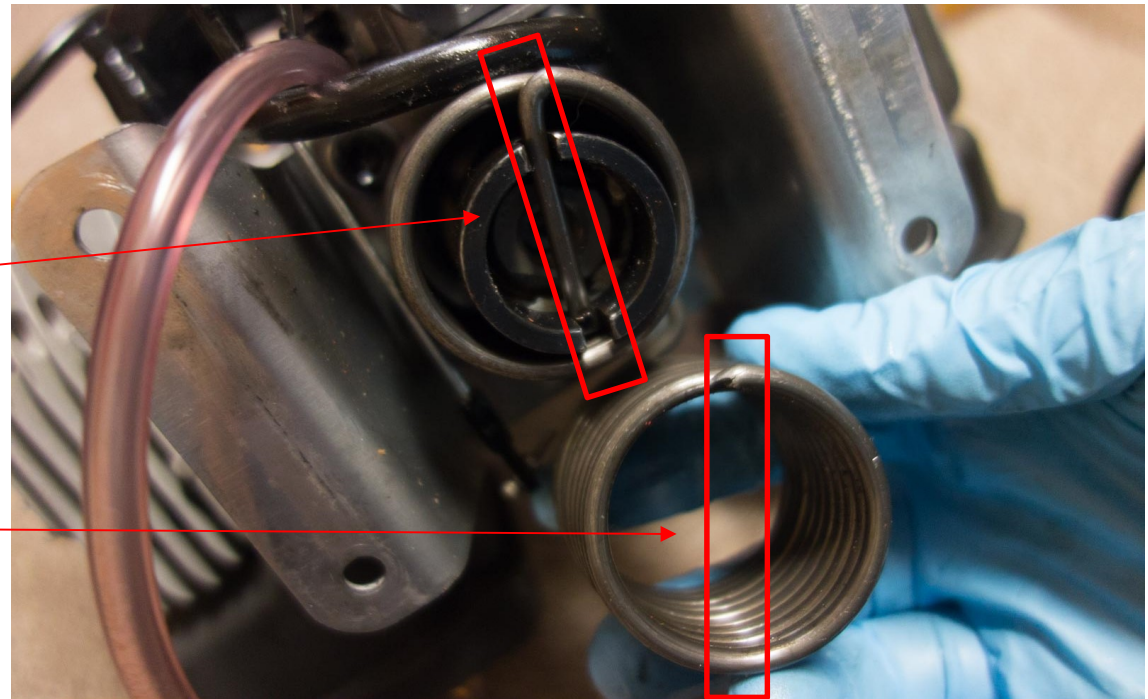


トラブル

- エンジンのスプリングスタータが破損し、エンジンをかけることができなくなった。
- 低温で金属の特性劣化(特性劣化だけではなく疲労劣化もあったと思われる)の可能性があった。
- DROMLANに間に合ったため60次先遣隊荷物に入れて昭和基地に移送してもらい修理を行った。

交換後

交換前



トラブル

- 飛行中のエンジン停止
- 高高度からの降下時、エンジンを長くアイドル状態にしたためエンジン停止 (Over Cooling, Carburetor Icingが原因)
- 近地点では全く問題ないが (マニュアルで滑空できる) 遠地で起こると回収不能になるので、自動航行時は上昇しかしないようにプログラムすることで回避。(降下は着陸時近地でのみプログラムする。)



今後の展望と課題

- GCPを使用したオンサイト処理の実用化
- 無人飛行機オペレーションに関するトラブル情報の共有
- 予備部品の適正数量持込、共用化
- 画像の自動処理システム（知識がなくても誰でも画像が生成できる自動化）
- 無人飛行機オペレータの観測隊参加（あるいは訓練）

ご清聴ありがとうございました