

UAVによる干潟・河口域のモニタリング

福岡大学 伊豫岡宏樹

研究背景

生物の生息環境について評価

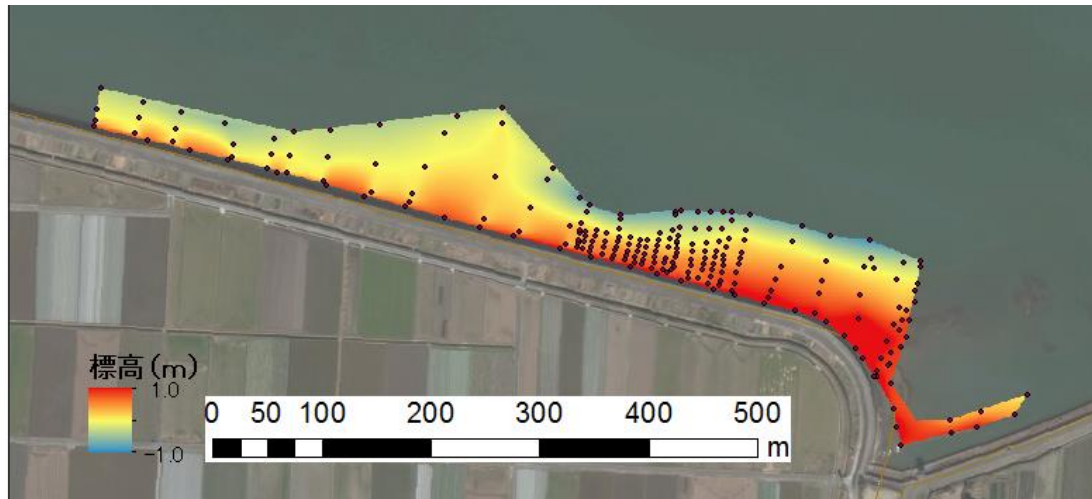
・現地調査

信頼性◎

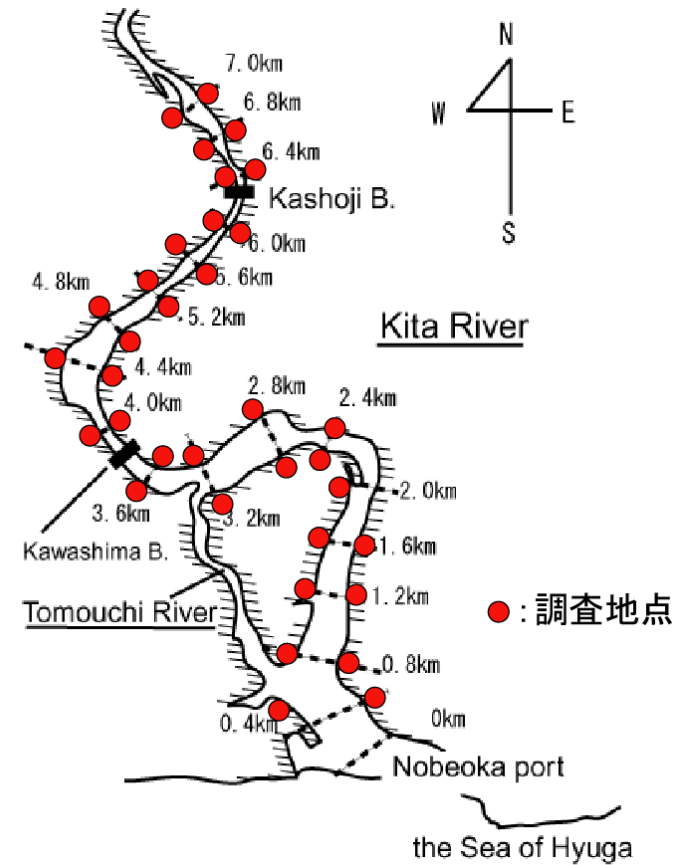
計画の自由度◎

どんなに頑張っても「点」のデータ

- ・干潟のカニ類の生息環境は底質に支配される。(小野,1995)
- ・汽水域潮間帯に生息するカニ類の棲分けは底質・標高・塩分等の物理環境で説明可能(伊豫岡, 2011)



GISソフト等で空間的な補間はあるが
微地形の再現は難しい……



干潟のカニ類は微地形や底質に敏感に対応してハビタットを選んでいる



調査地点

Uga

干潟のカニ類は微地形や底質に敏感に対応してハビタットを選んでいる

↓ ムツハアリアケガニ ↓ ヤマトオサガニ

↓ ケブサネソガニ

↓ チゴガニ

← ヒメアシハラガニ →

↑ コメツキガニ

← ハクセンシオマネキ →

調査地点

uga

干潟のカニ類は微地形や底質に敏感に対応してハビタットを選んでいる

↓ ムツハアリアケガニ ↓ ヤマトオサガニ

↓ ケブサネソガニ

↓ チゴガニ

← ヒメアシハラガニ →

↑ コメツキガニ

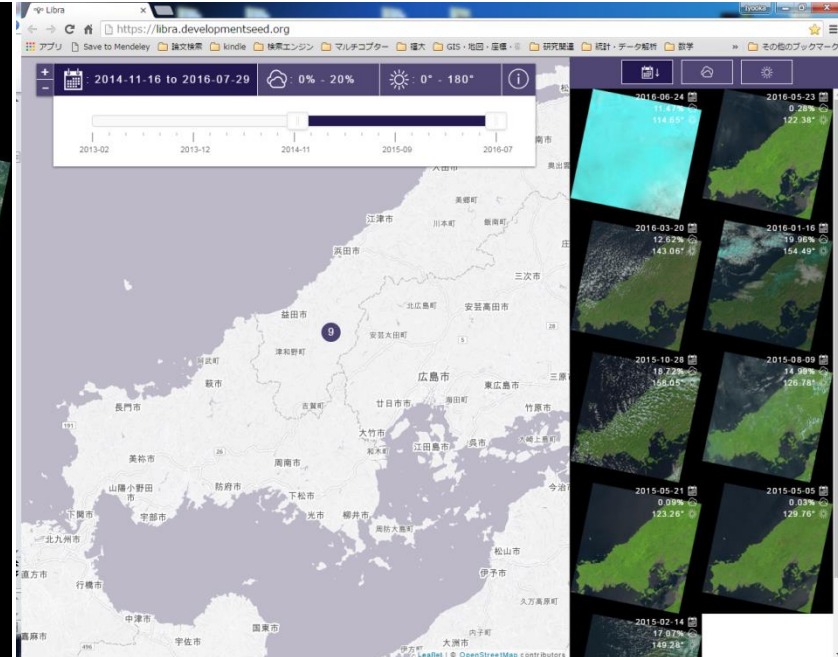
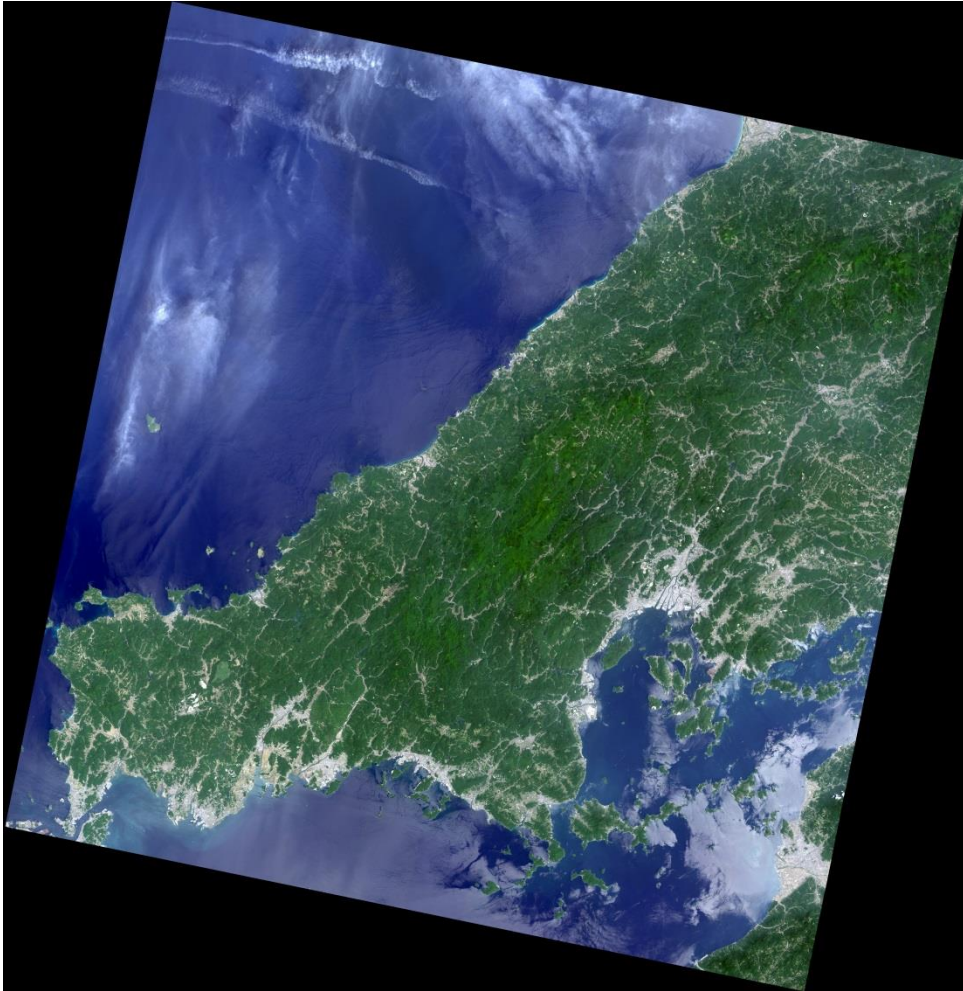
← ハクセンシオマネキ →

写真だけでもかなりのことがわかるんではなかろうか？

調査地点

Uga

衛星写真



- ・撮影日が限定される
- ・雲問題
- ・生物生息環境を評価できるほどの解像度ではない

セスナからの撮影

数百～3000m



- ・飛行高度により高解像度の撮影可
- ・測量用の写真はとても高い
- ・指定したコースから多少ずれる
- ・遊覧飛行は安い

セスナからの撮影

数百～3000m

料 金 表

平成19年4月1日 現在

機 種	飛行目的	料 金 (1時間当り)	主な利用目的
セスナ式 172型 (客席 3席)	貸 切	84,000 円	航空宣伝 遊覧飛行・貸切飛行 航空写真撮影
セスナ式 TU206G型 (客席 5席)	貸 切	120,000 円	航空写真撮影 航空測量写真撮影 貸切飛行
セスナ式 T303型 (客席 5席)	貸 切	150,000 円	貸切飛行 遊覧飛行
ロビンソン式 R44型 (客席 3席)	貸 切	150,000 円	貸切飛行 遊覧飛行
エアロスパシアル式 AS350B型 (客席 5席)	貸 切	348,000 円 (防振装置利用料30,000円は別途)	薬劑散布 ビデオ・映画撮影 貸切飛行

✧ 上記料金には消費税は含まれておりません。

✧ 特殊飛行（洋上・高高度・早朝・夜間飛行等）は割増料金となりますので、別途御見積致します



- ・飛行高度により高解像度の撮影可
- ・測量用の写真はとても高い
- ・指定したコースから多少ずれる
- ・遊覧飛行は安い

カメラに棒を付けて撮影

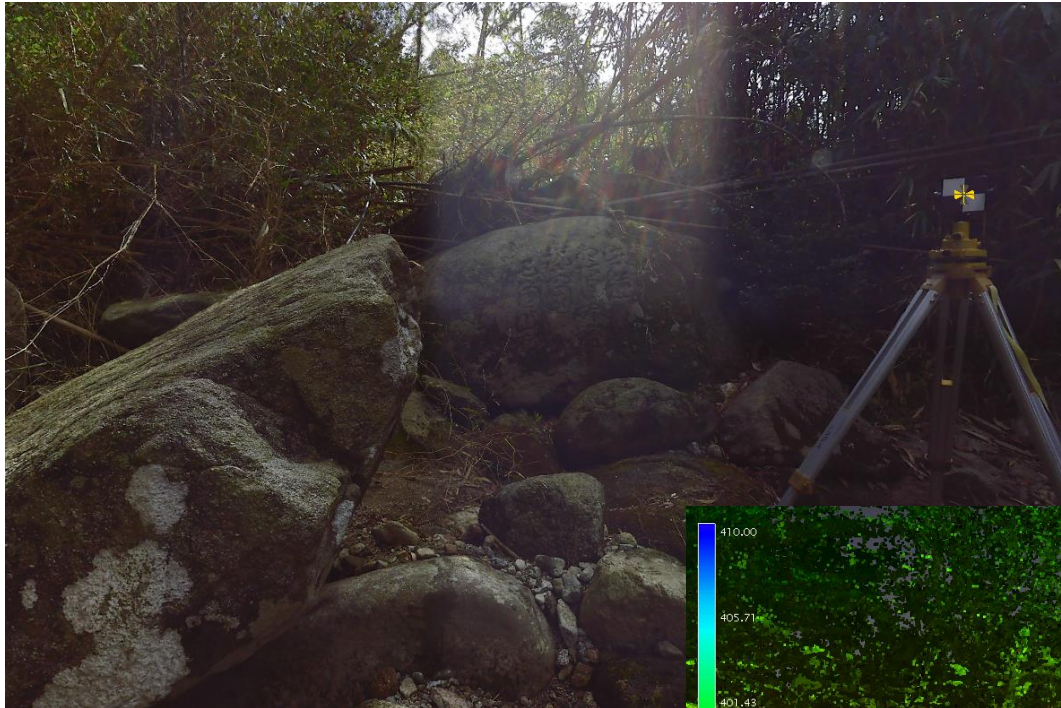
数m～10m程度



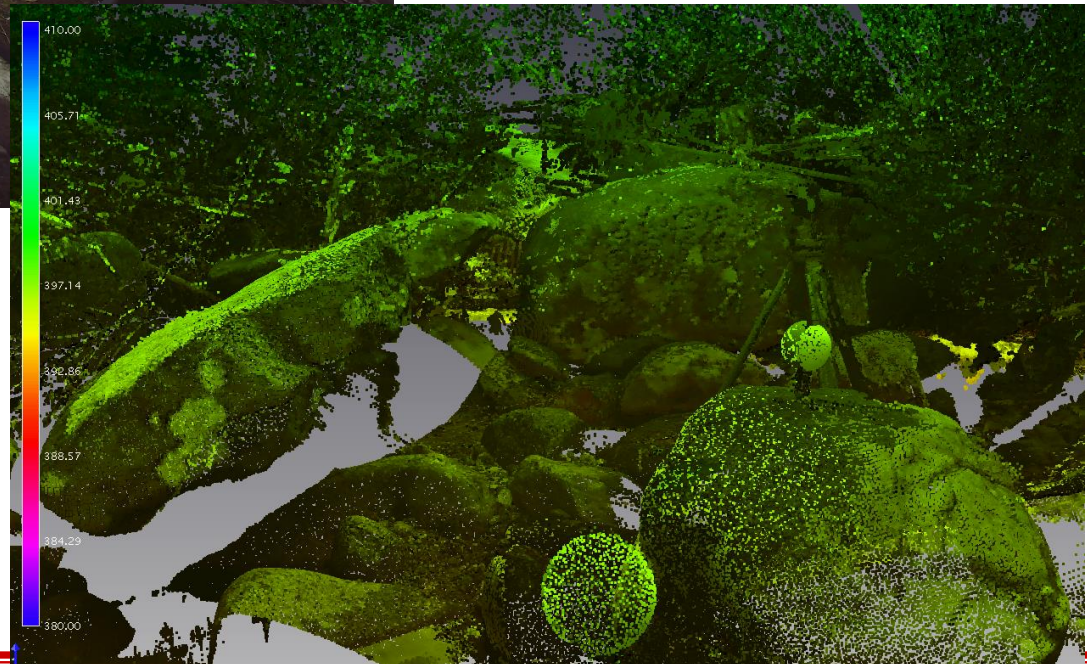
- ・生物生息環境を評価するのに十分な解像度
- ・かなり重い
- ・近づけないところは撮れない
- ・思い通りにとれない
- ・自分がじゃま

3Dレーザースキャナ

1m～1.5m程度



- ・抜群の精度
- ・設置が大変
- ・後処理も大変



研究背景

干潟や潮間帯の底性生物の環境を面的に把握したい！！
→高精度・俯瞰的に環境を把握したい！！

1. 人工衛星データによるリモートセンシング

自由度×, 精度△, 費用○, 解析◎
※解像度が低い, データ取得日が限られる

2. セスナからの航空撮影

自由度○, 精度○, 費用×, 解析○
※空港等の制限

3. カイトによる航空撮影

自由度△, 精度△, 費用○, 解析?
※カイトが飛ばせず断念

4. バルーンによる空撮

自由度△, 精度△, 費用△, 解析?
※風の影響などでコントロールが難しい, 撮影場所が限られる

5. カメラに棒を付けて撮影

自由度◎, 精度△, 費用○, 解析?
※5m程度が限度(それでもかなり強いポールが必要)
広い面積を棒を持って歩くのは無理

6. 3Dレーザーキャナ

自由度○, 精度◎, 費用×, 解析○
※正確・高価, 設置に時間がかかる(潮間帯への適用に難)

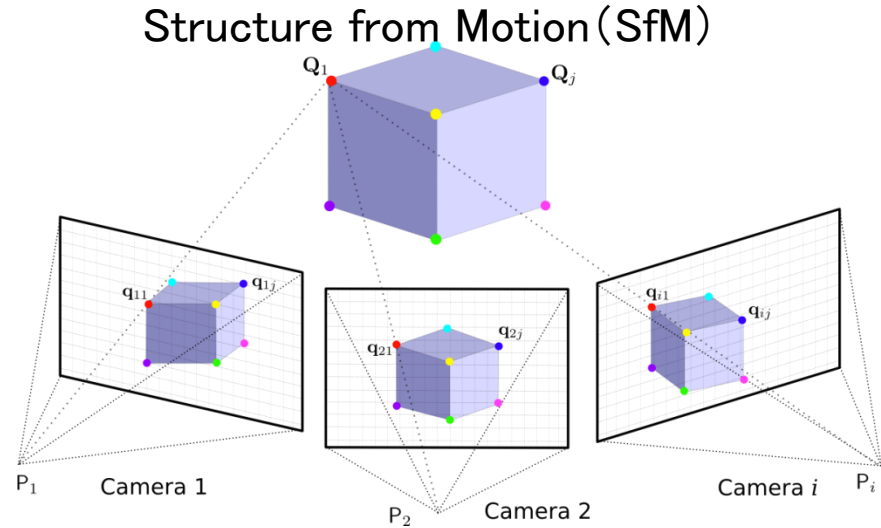
もっと高解像度で！

もっと安価に！

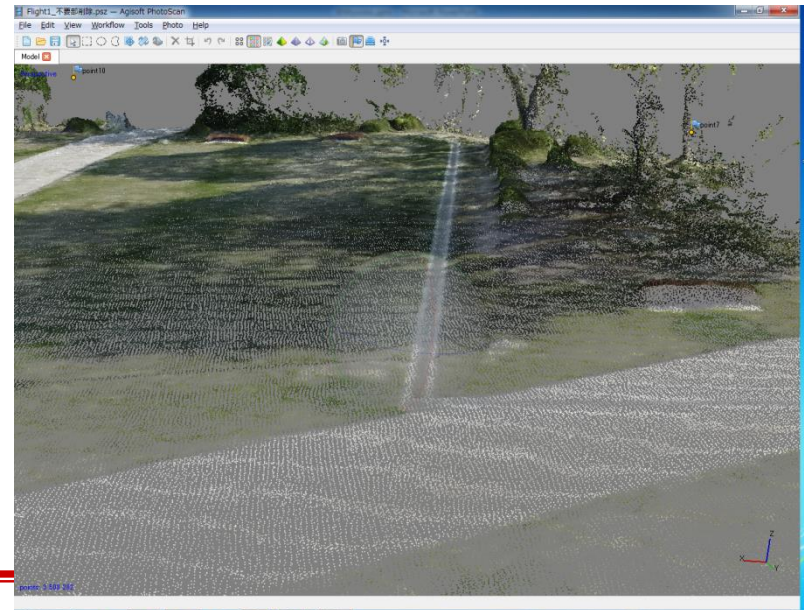
もっと簡単に！

もっと広い範囲を！

UAVによる低空航空写真を用いた環境把握



種別	衛星名・手法	撮影高度	分解能 (cm)
人工衛星 ※パノクロマティックセンサー	GeoEye-1	681km	41
	IKONOS	681km	82
	Pleiades	694km	70
	QuickBird	450km	61
	Skysat	595km	85
	WorldView-1	496km	50
	WorldView-2	770km	46
	ALOS/PRISM	692km	250
航空測量	航空写真	1,200m程度	12
	航空レーザ計測	2000m程度	50
マルチコプター空撮 ※22mmレンズ 画素数5184×3456での理論値	低空航空写真	300m	5.94
		200m	3.96
		100m	1.98
		50m	0.99
		20m	0.41



どのくらいの精度が必要か？

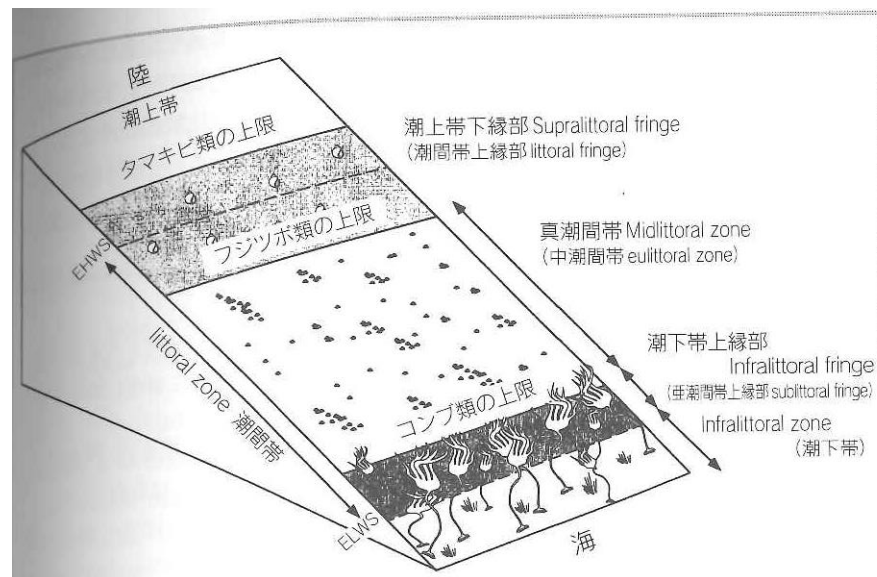
物理環境

水平方向: 50cm

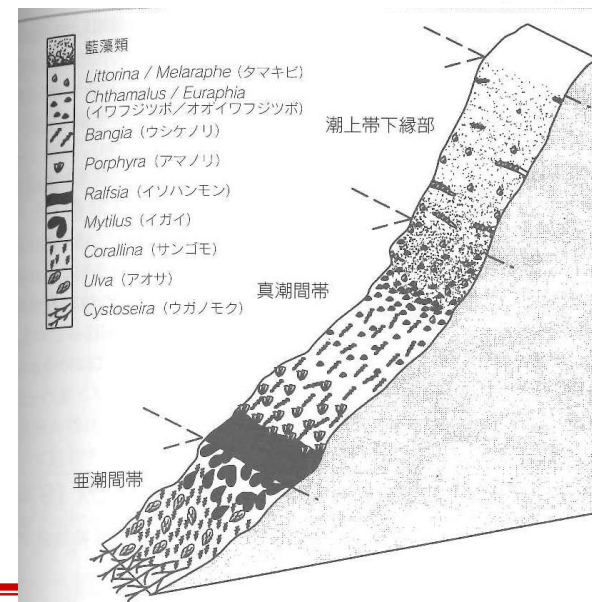
鉛直方向: 5cm~10cm

生物・生物痕

水平方向: 1cm以下



種別	衛星名・手法	撮影高度	分解能(cm)
人工衛星 ※パナクロマティックセンサー	GeoEye-1	681km	41
	IKONOS	681km	82
	Pleiades	694km	70
	QuickBird	450km	61
	Skysat	595km	85
	WorldView-1	496km	50
	WorldView-2	770km	46
	ALOS/PRISM	692km	250
航空測量	航空写真	1,200m程度	12
	航空レーザ計測	2000m程度	50
マルチコプター空撮 ※22mmレンズ 画素数5184 × 3456での理論値	低空航空写真	300m	5.94
		200m	3.96
		100m	1.98
		50m	0.99
		20m	0.41



福大 水工学研究室のシステム



機体・コントローラー (軽い・安い・安定)	単価	必要数	金額
DJI F550 ARF kit + NAZAM V2(GPS) + Skid	56,000	1	56000
DJI 2.4GHz DATA LINK + Bluetooth unit	27,500	1	27500
DJI F450・F550 NO.1 ランディングギア	1,420	1	1420
FUTABA T10J 2.4GHz T-FHSS AIR T/Rセット R3008SB	24,700	1	24700
XT60コネクタ オス単品	100	1	100
パーフェクト・ネオ (PERFECT NEO) AC/DC充・放電器	6,980	1	6980
BLIZZARD 4S 14.8V/ 4600mAh 40C リポバッテリー	5700	10	57000
合計			172280

カメラ (軽い・高画質・インターバル撮影・安い)	単価	必要数	金額
EOS M ダブルレンズキット	50000	1	50000
LABOAR 赤外線カメラリモコン	3000	1	3000
合計			53000

ソフトウェア (SfM, 機体コントロール, 画像処理)	単価	必要数	金額
AgiSoft PhotoScan (アカデミック) ※SfM	90000	1	90000
UGCS Pro (Educational) ※グラウンドステーション	0	1	0
RSP ※リモセン・画像処理	0	1	0
合計			90000

低空航空写真の解像度



低空航空写真の解像度

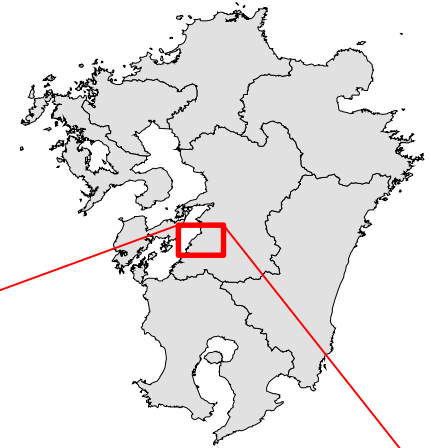


UAV写真による地形モデルの精度

S800EVO



2014年9月9日
高度150mと50mから撮影



荒瀬ダム



低空航空写真撮影の流れ



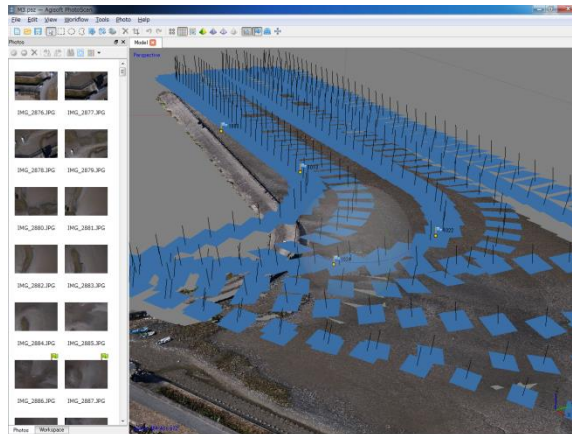
飛行ルート決定



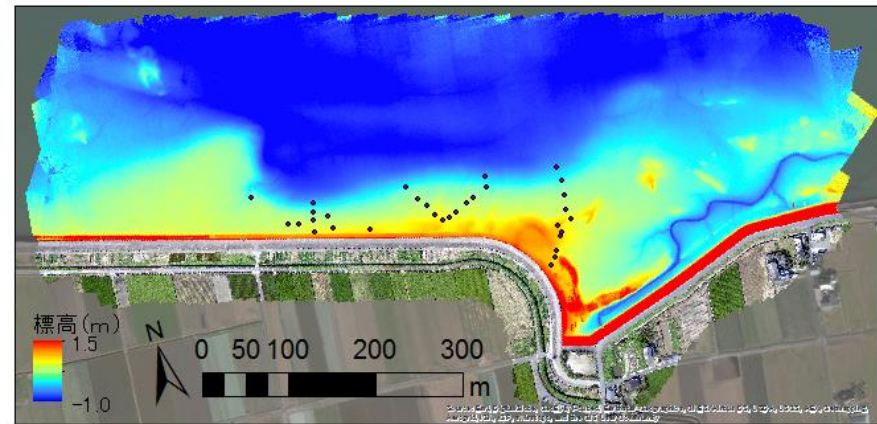
対空標識の設置と測量



撮影(オートパイロット)



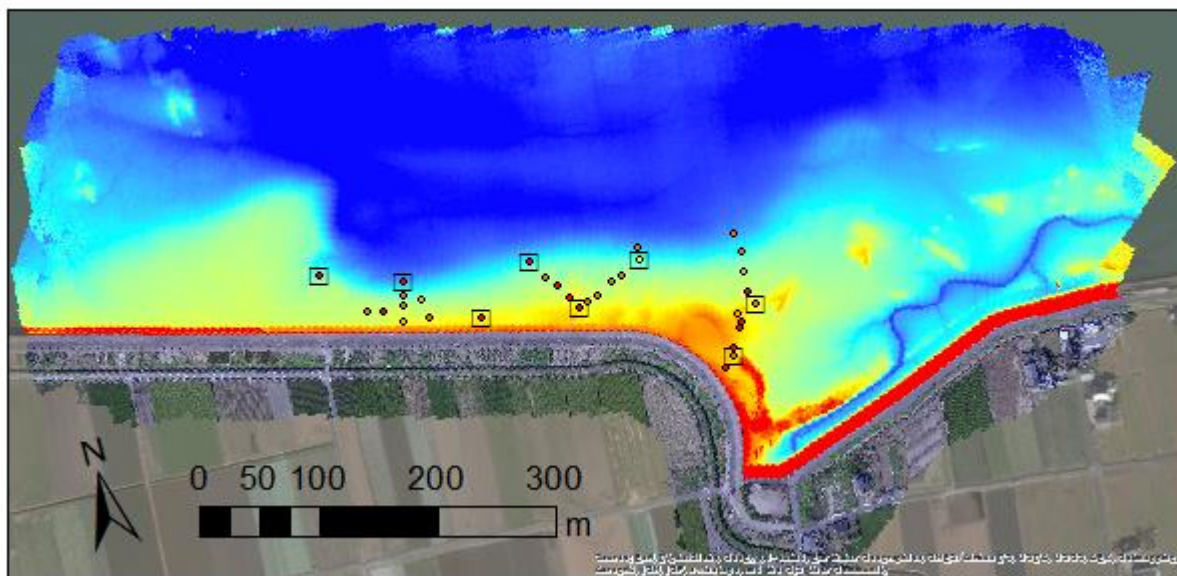
SfMソフトで写真を合成



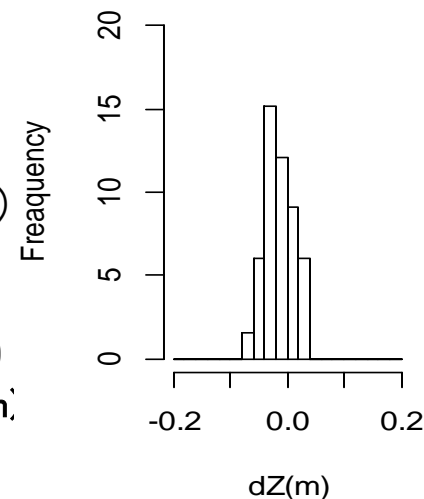
GISソフトで解析

今回は対空標識設置場所(8か所)以外に精度検証のためRTK測量(30か所)を行なった

Case1 高解像度カメラ 150m

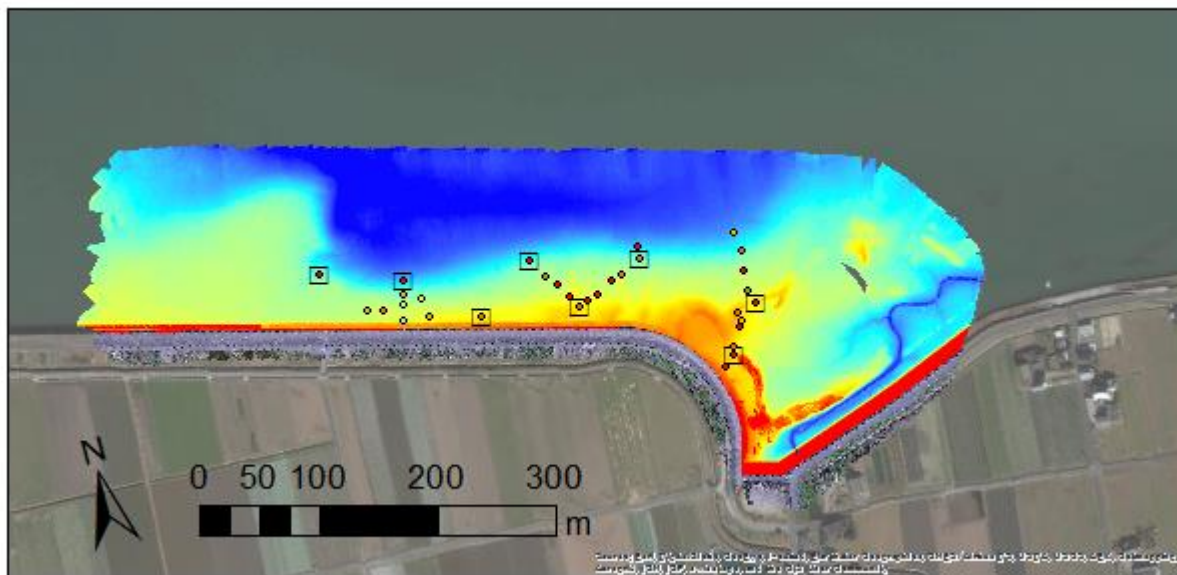


n=33

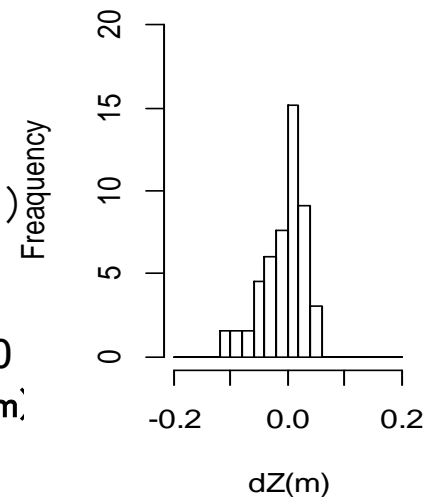


平均 : 1.4cm
標準偏差 : 2.7cm

Case2 高解像度カメラ 50m

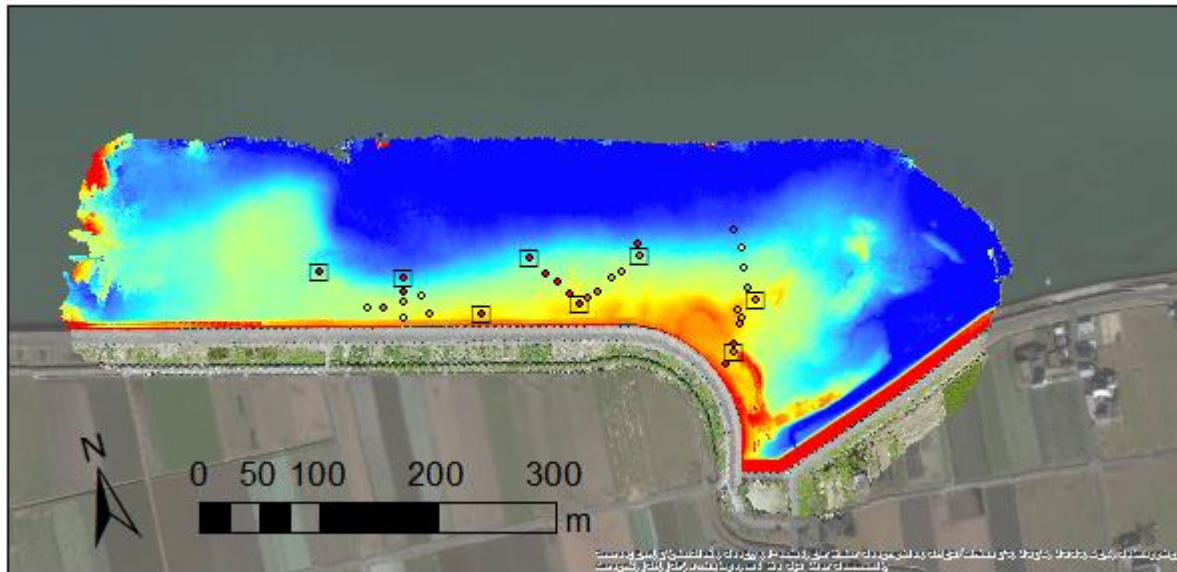


n=33

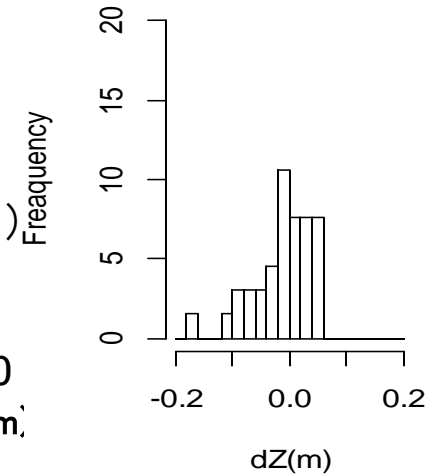


平均 : 0.6cm
標準偏差 : 3.7cm

Case3 アクションカメラ 50m

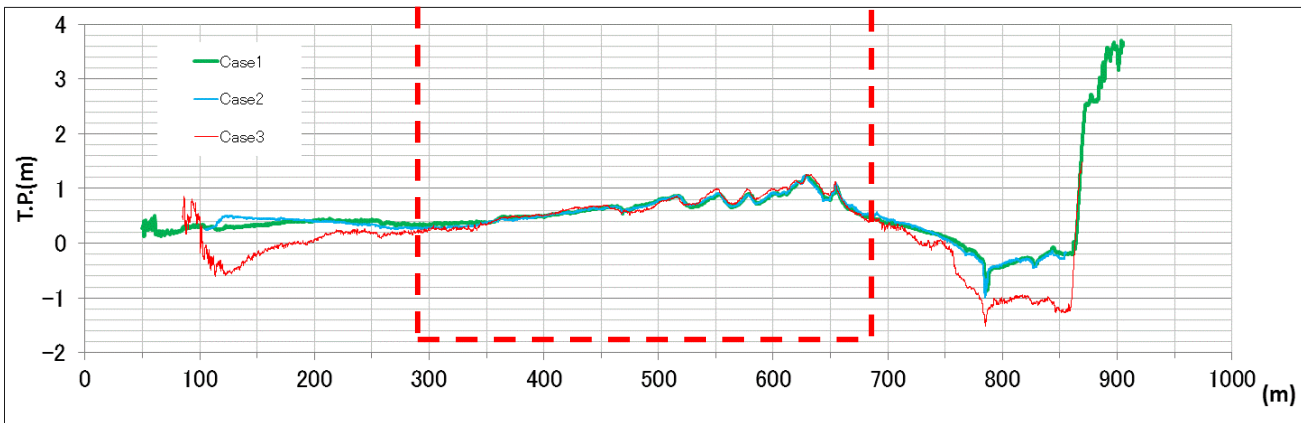
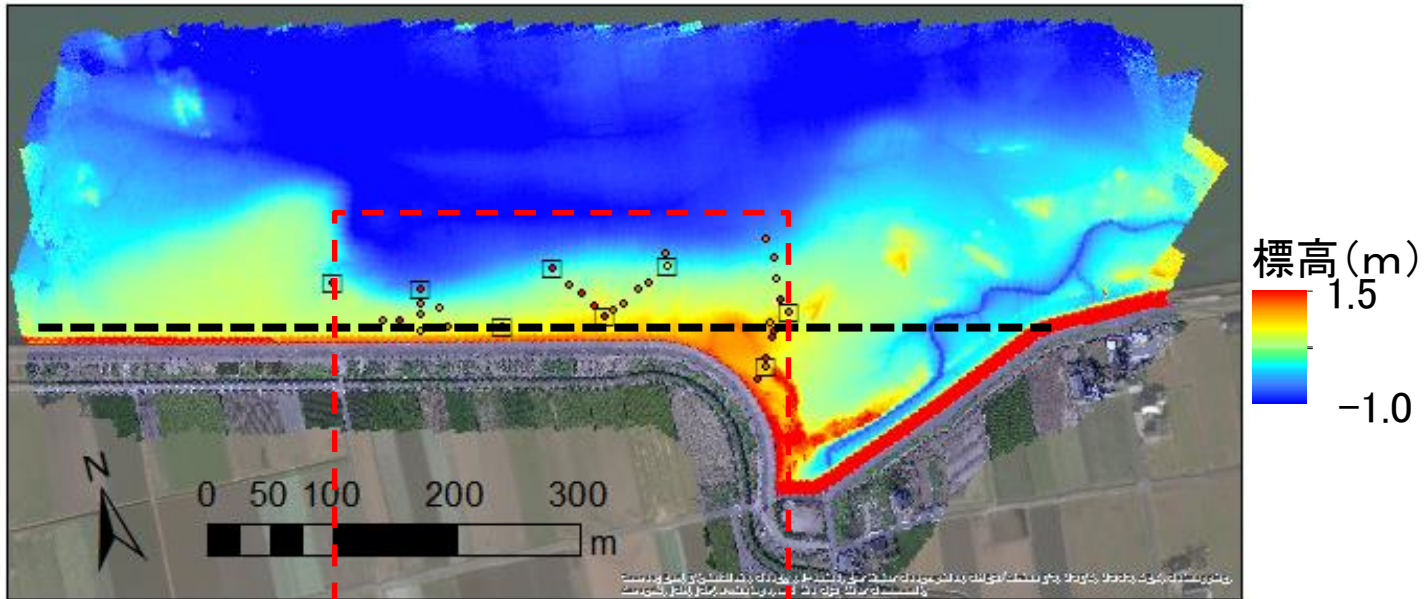


n=33



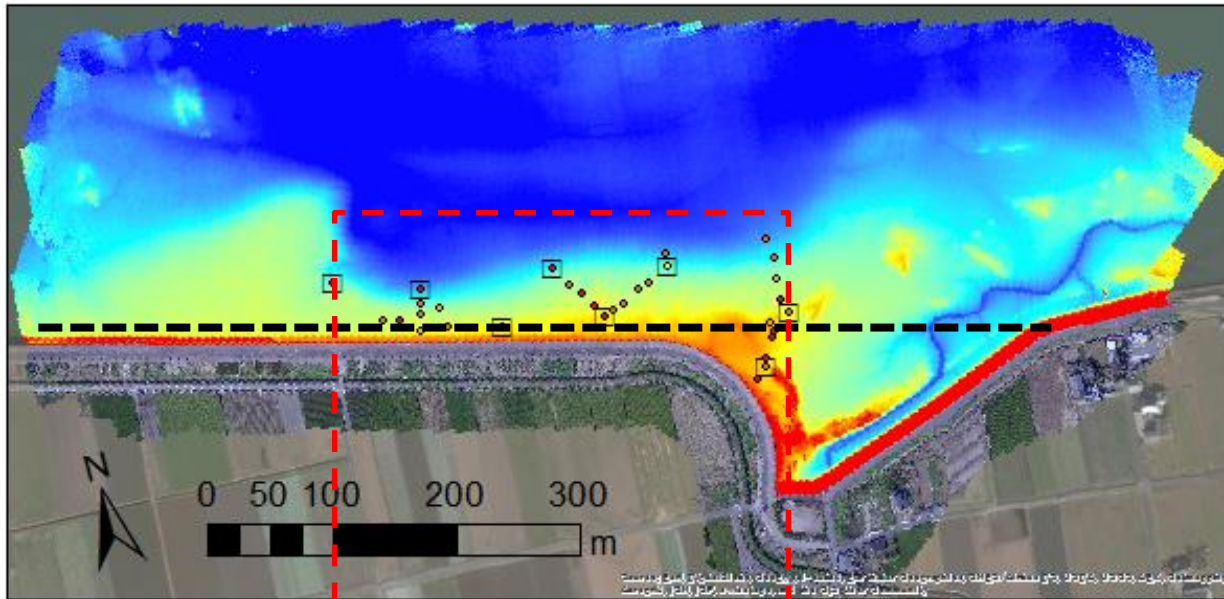
平均 : 1.4cm
標準偏差 : 5.2cm

撮影条件による精度の比較

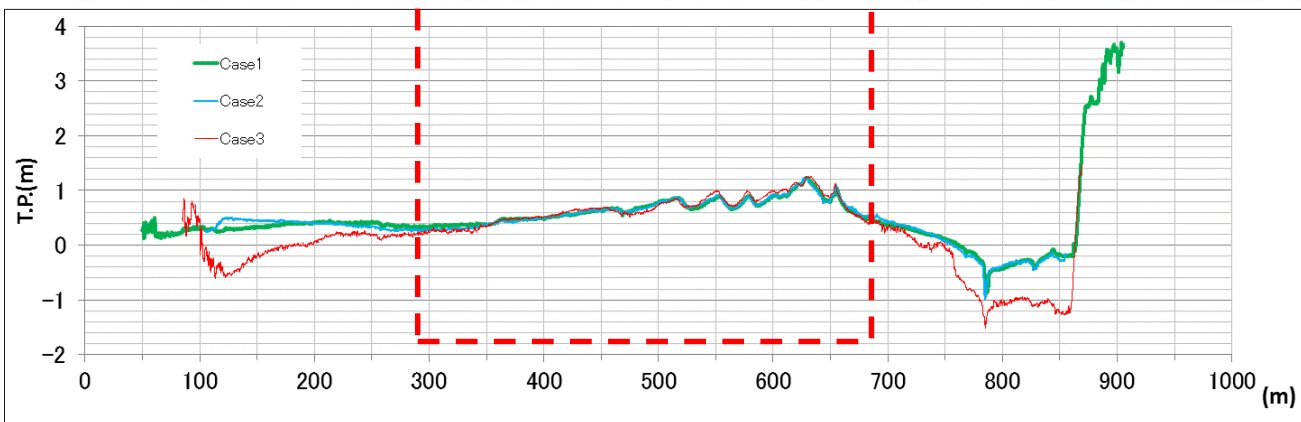


撮影条件	RTK測量と3Dモデルの標高の差		
	高度 (m)	平均 (cm)	標準偏差 (cm)
Case1	150	1.4	2.7
Case2	50	0.6	3.7
Case3	50	1.4	5.2

撮影条件による精度の比較

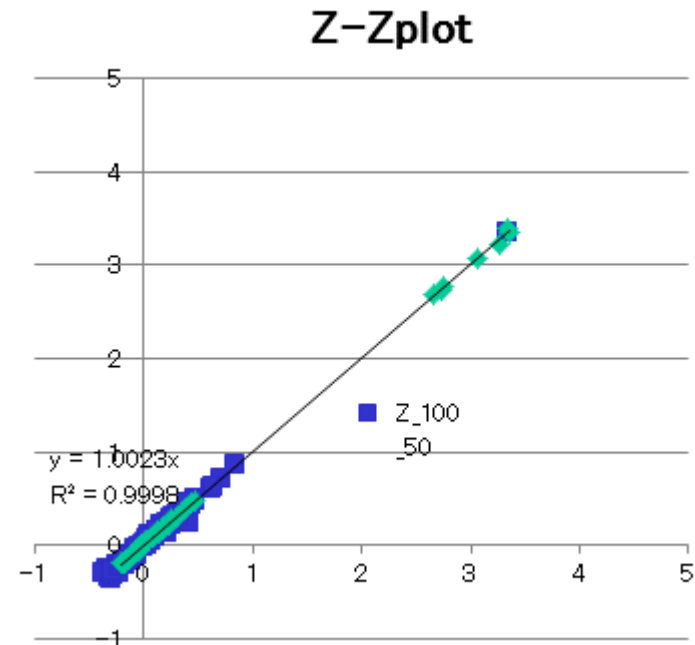
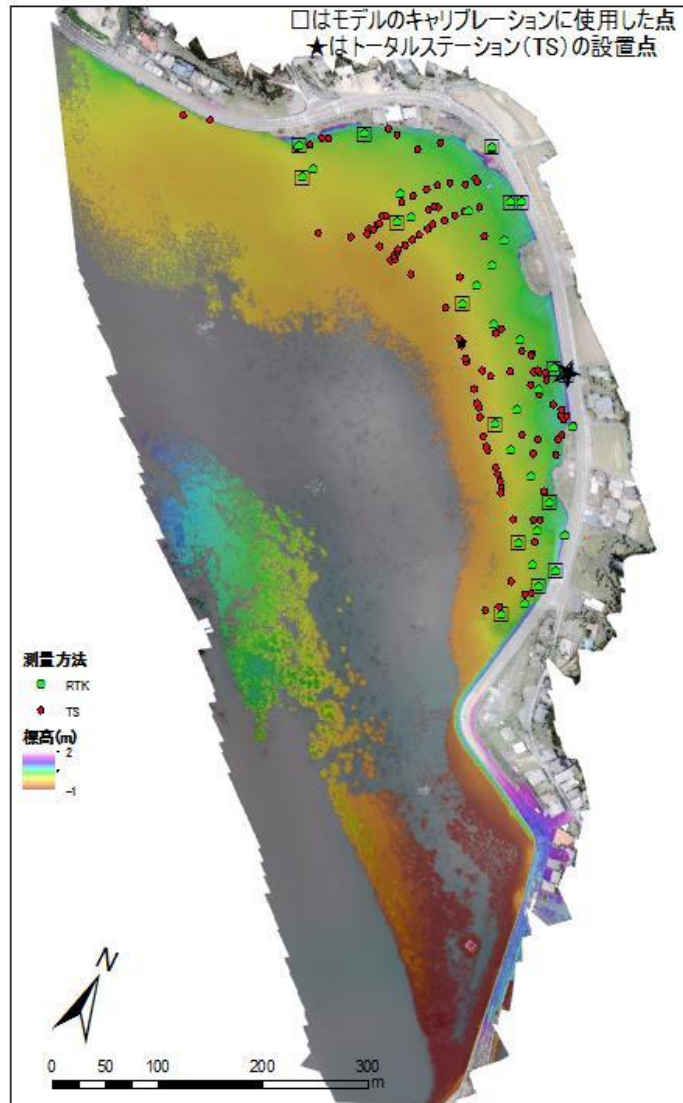


撮影高度が高い
ほうがばらつきが少
ない!?



撮影条件	RTK測量と3Dモデルの標高の差		
	高度 (m)	平均 (cm)	標準偏差 (cm)
Case1	150	1.4	2.7
Case2	50	0.6	3.7
Case3	50	1.4	5.2

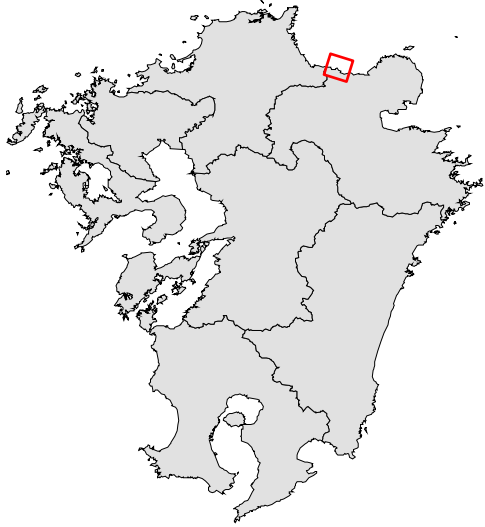
解像度が低い(撮影高度が高い)方が精度がよい!?



撮影高度	mean(m)	SD(m)
100m & 50m	0.0018	0.028
100m	-0.0017	0.033
50m	-0.0145	0.076

カメラの歪みによる誤差の蓄積?

広い干潟の観測例(中津干潟)



RiverSurvayer: RTK-GPS + ADCP超音波流速計

満潮時にADCPのボトムトラック機能で干潟の測量を行い
干潮時にUAVで航空写真を撮影

広い干潟の観測例(中津干潟)



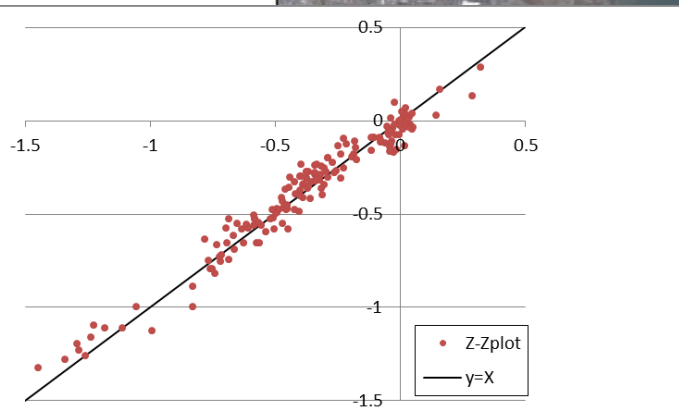
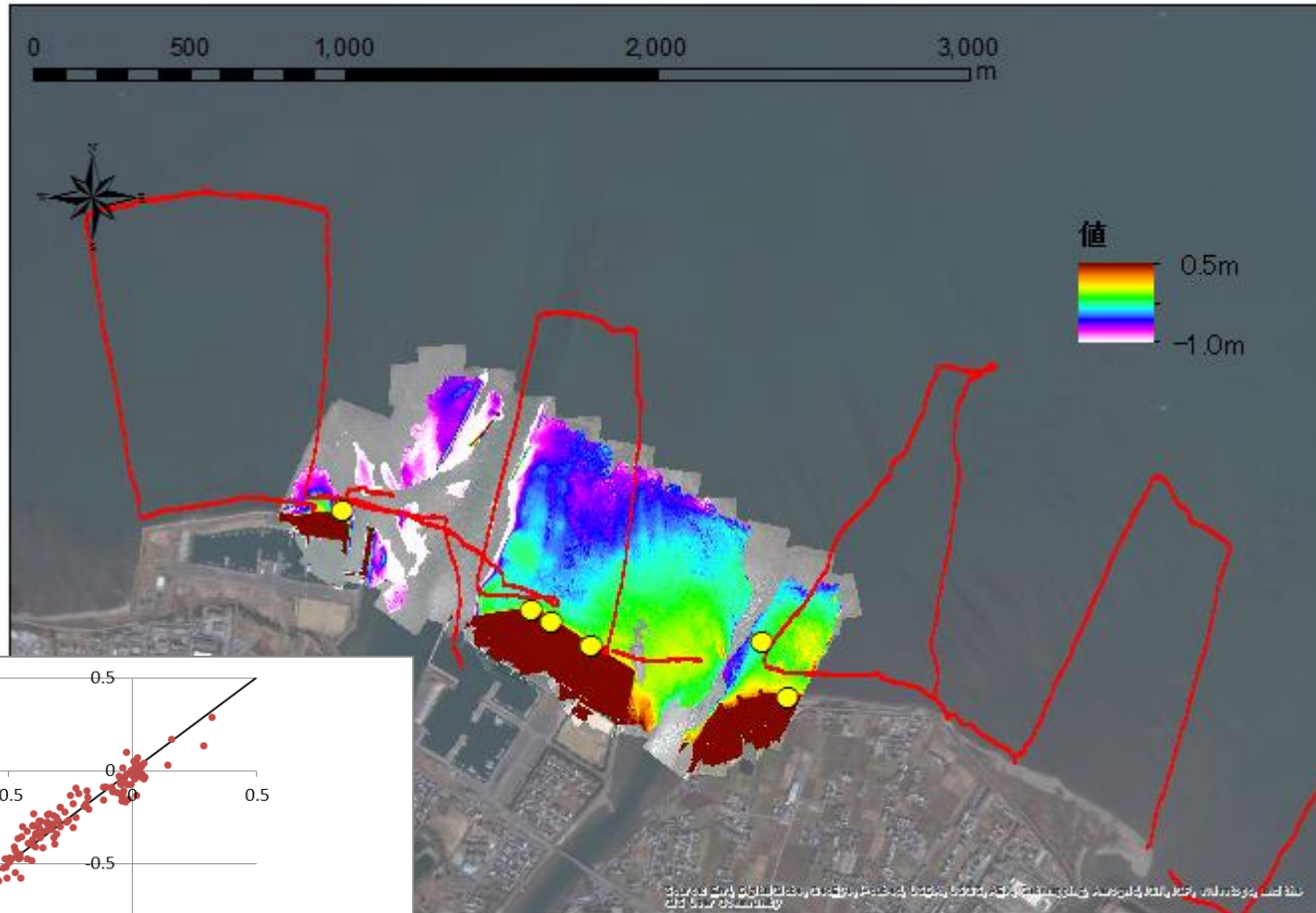
UAVによる空撮

広い干潟の観測例(中津干潟)



RTK-GNSSによる測量(写真の水平キャリブレーション)

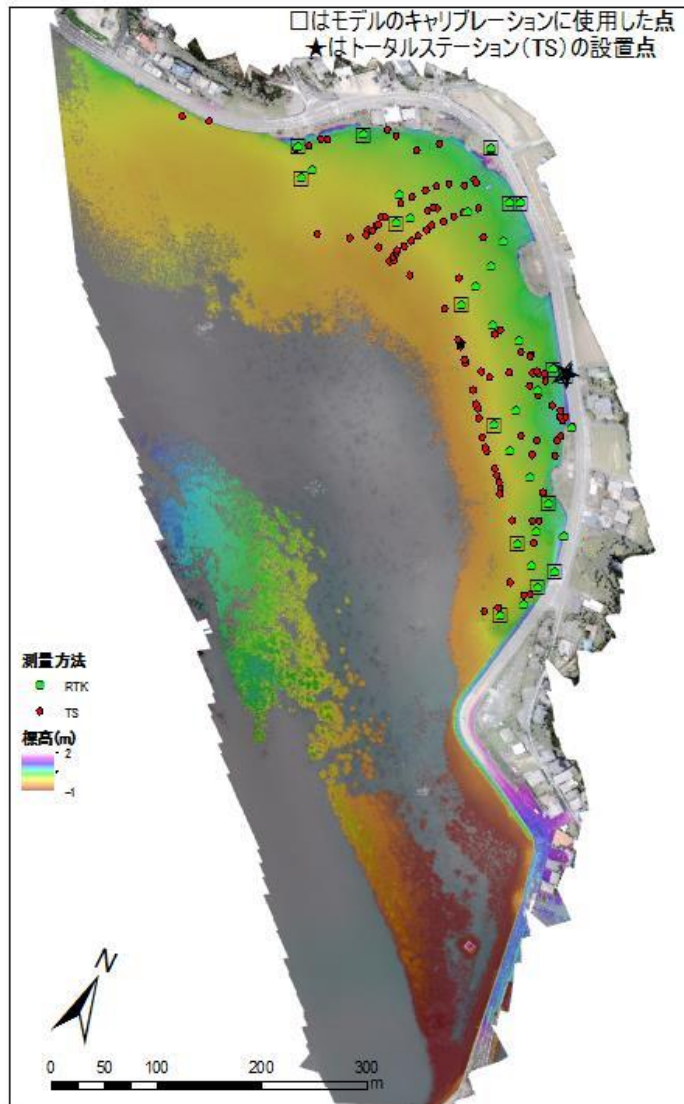
広い干潟の観測例(中津干潟)



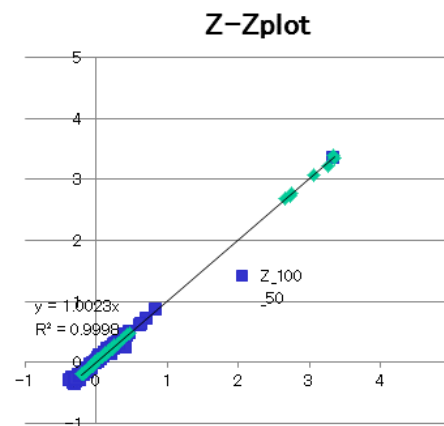
ボトムトラックデータを用いて鉛直方向のキャリブレーション

平均	0.0046	m
標準偏差	0.0689	m

もう測量地点に行くのもめんどくさい



撮影高度	mean(m)	SD(m)
100m & 50m	0.0018	0.028
100m	-0.0017	0.033
50m	-0.0145	0.076



測距部

プリズムモード	測距範囲	1プリズム:3,000m(気象条件通常時※2) ピンボールプリズム:1,000m(気象条件通常時※2)
	測距精度※3	±(2mm+2ppm×D)m.s.e.
ノンプリズムモード	測距範囲	1.5m-250m:Kodak グレーカード白色面(反射率90%)
	測距精度	±(3mm)m.s.e.
ノンプリズムロングモード	測距範囲	5m-2000m:Kodak グレーカード白色面(反射率90%)
	測距精度※3	±(10mm+10ppm×D)m.s.e.

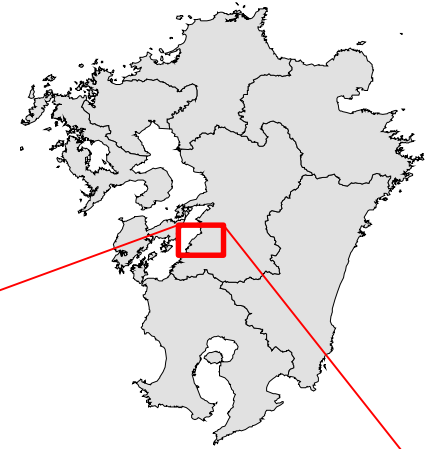
600m程度まではOK(干潟だと300m程度?)

定期的な撮影による土砂輸送の評価

S800EVO



1回目: 2014年9月9日
高度150mと50mから撮影
2回目: 2014年11月8日
高度50mから撮影

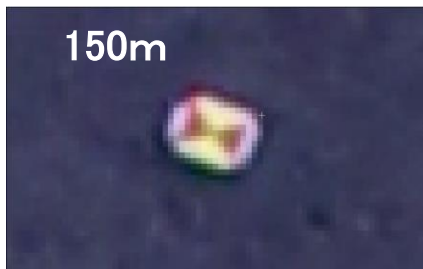


A3サイズの対空標識の見え方

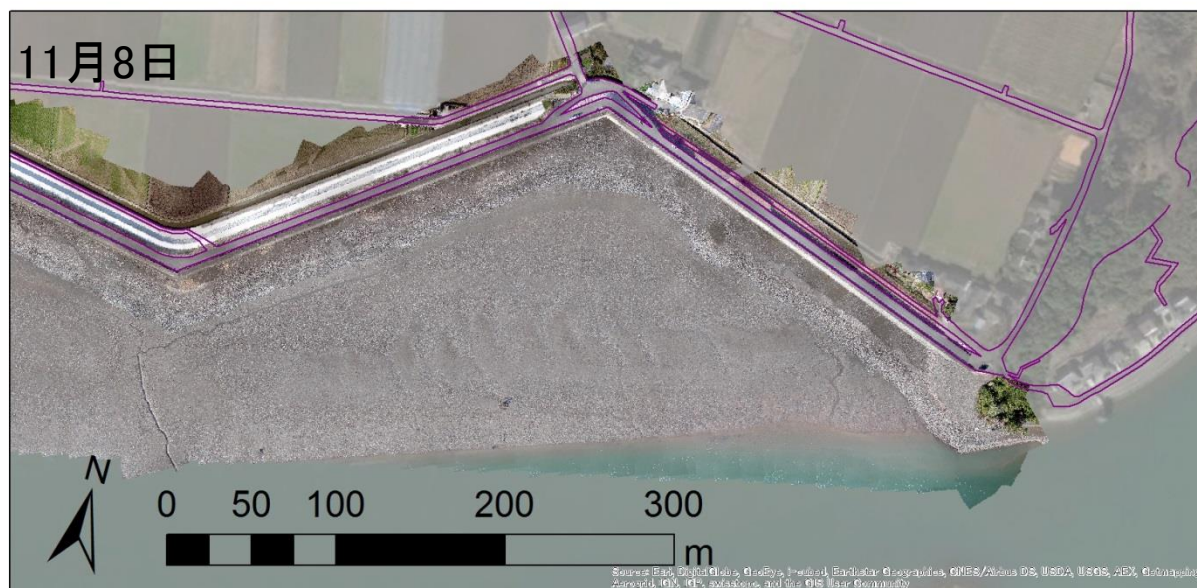
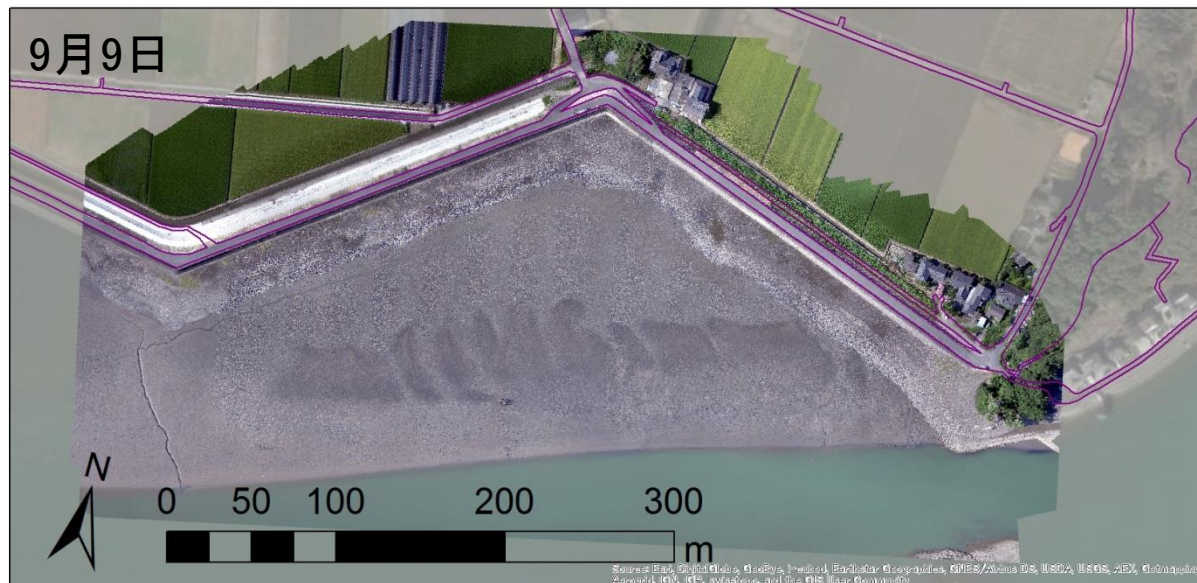
50m



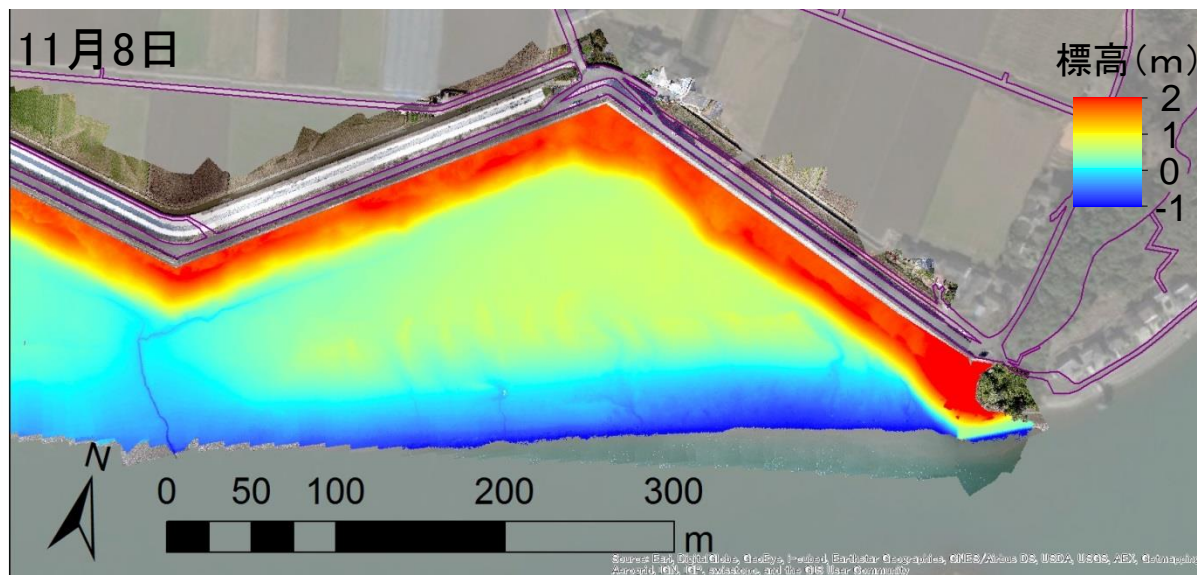
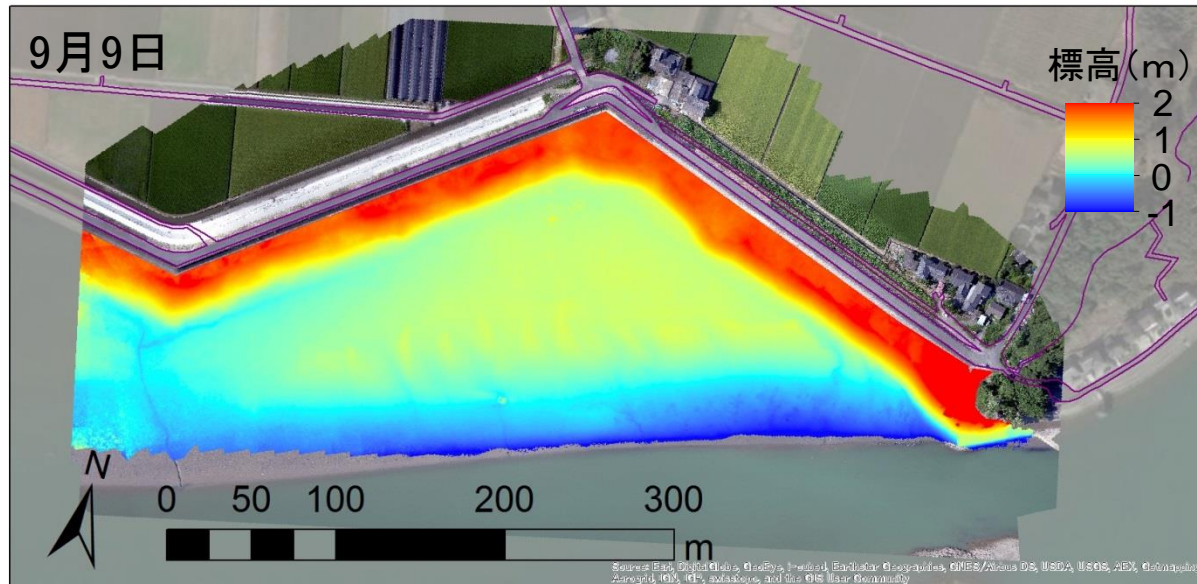
150m



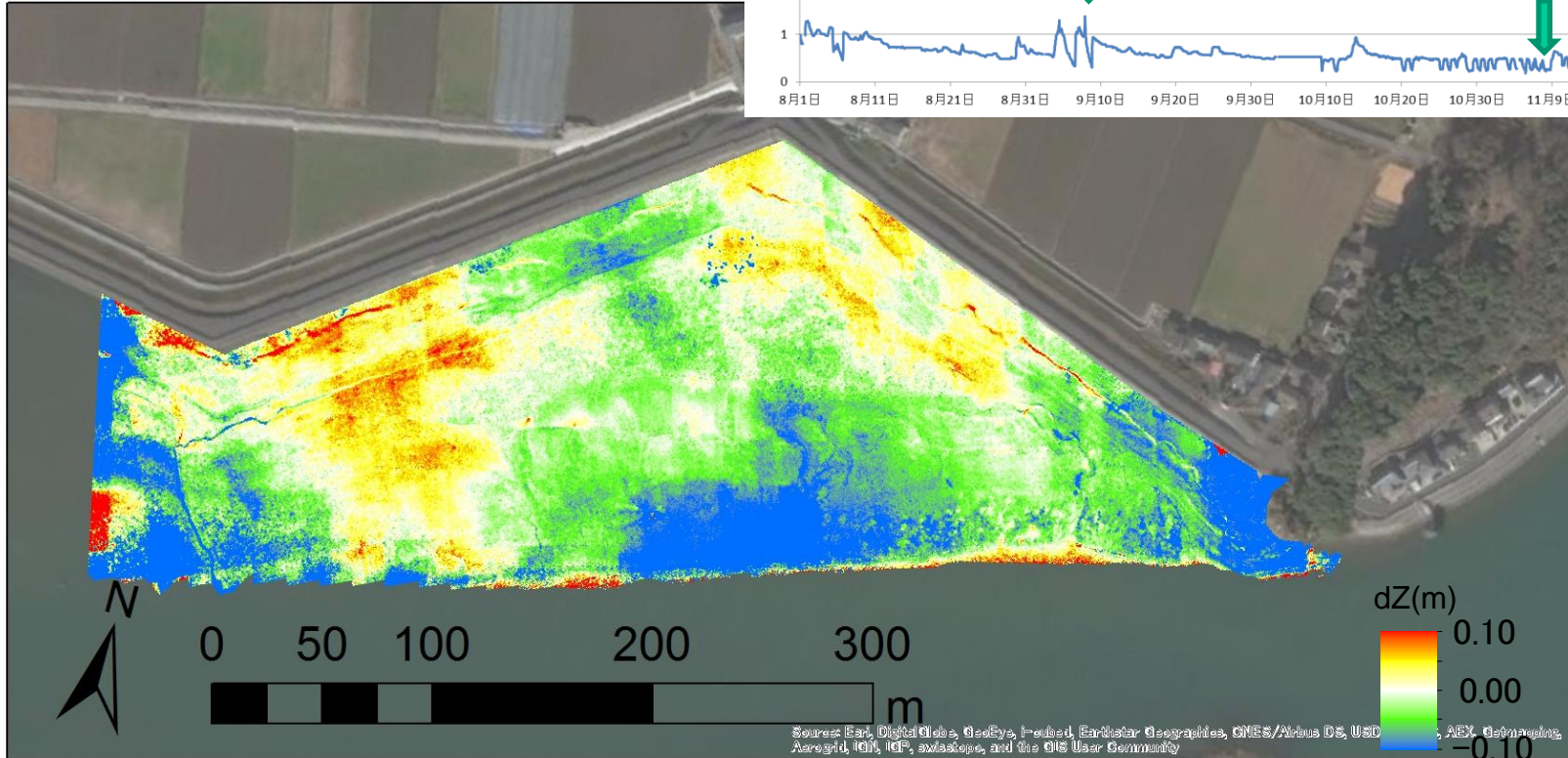
オルソ画像



地形モデル



地盤高の変化



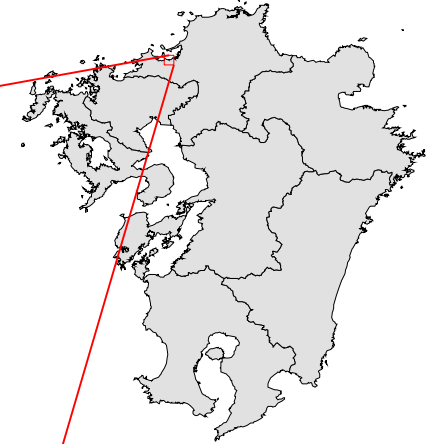
東側の護岸近くに堆積
調査区域中央部で10cm程度の浸食
西側汀線付近では若干の浸食



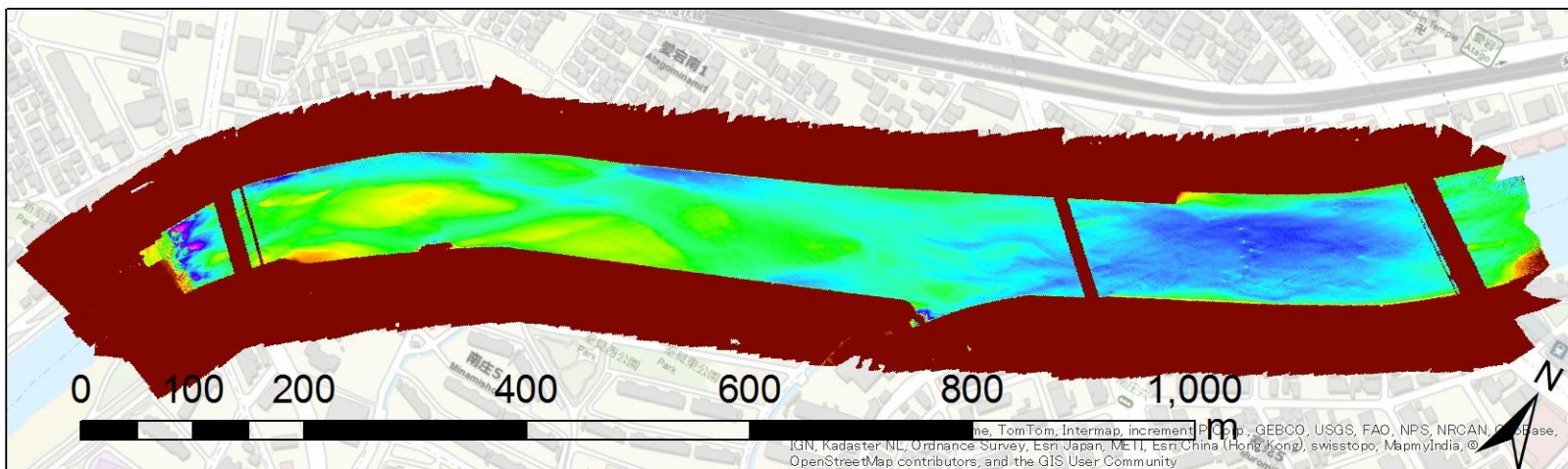
中小規模の出水＋潮汐による地形
変化

室見川による観測

- 2015年1～2ヶ月に1回

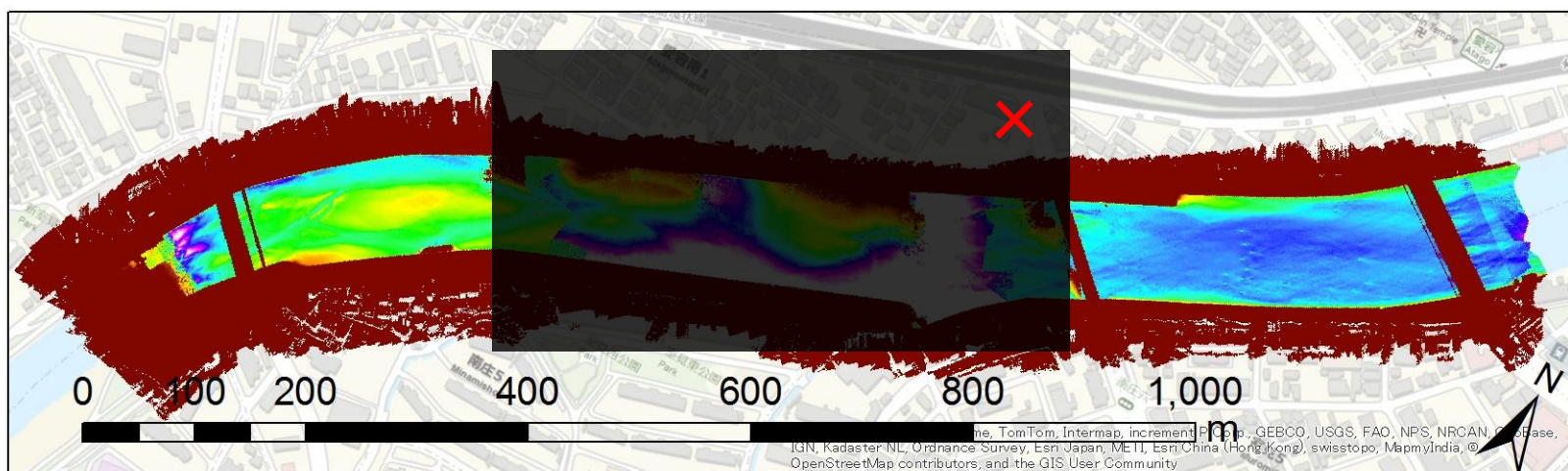


150120

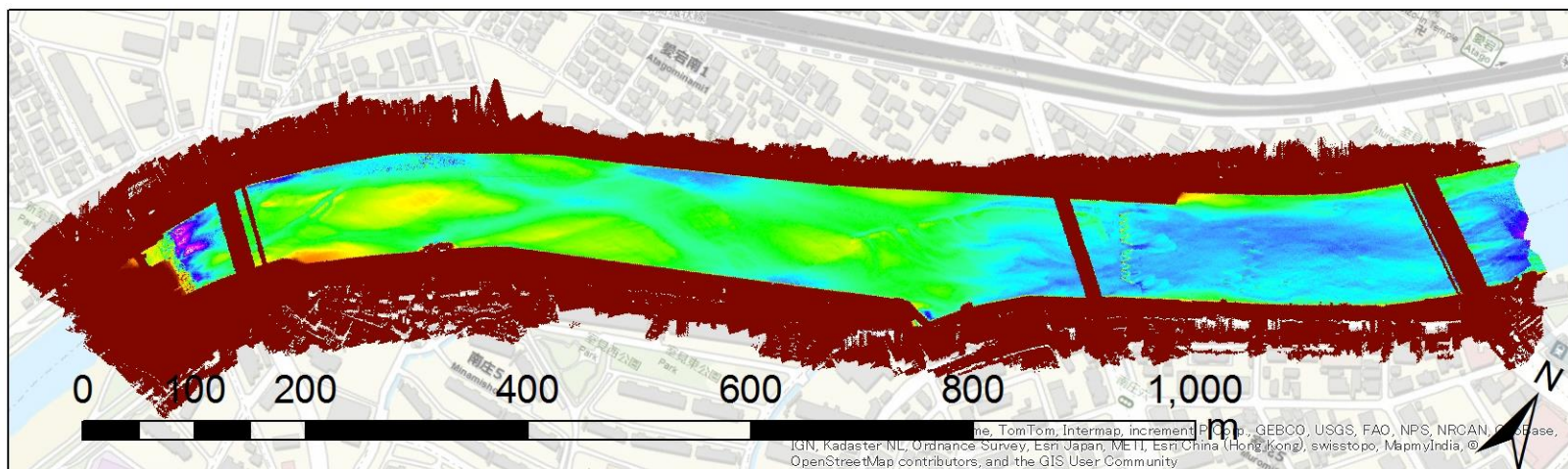


Map data © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community
 Imagery © Mapbox, © TomTom, Intermap, increment P Corp., © GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, C. Base, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, ©

150202

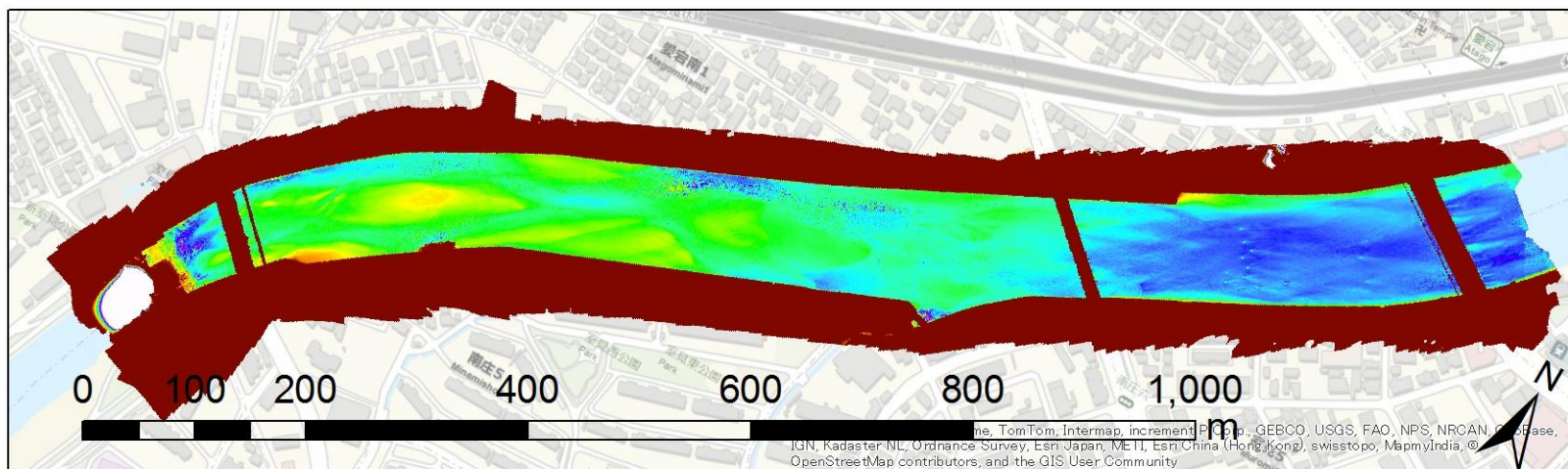


150322

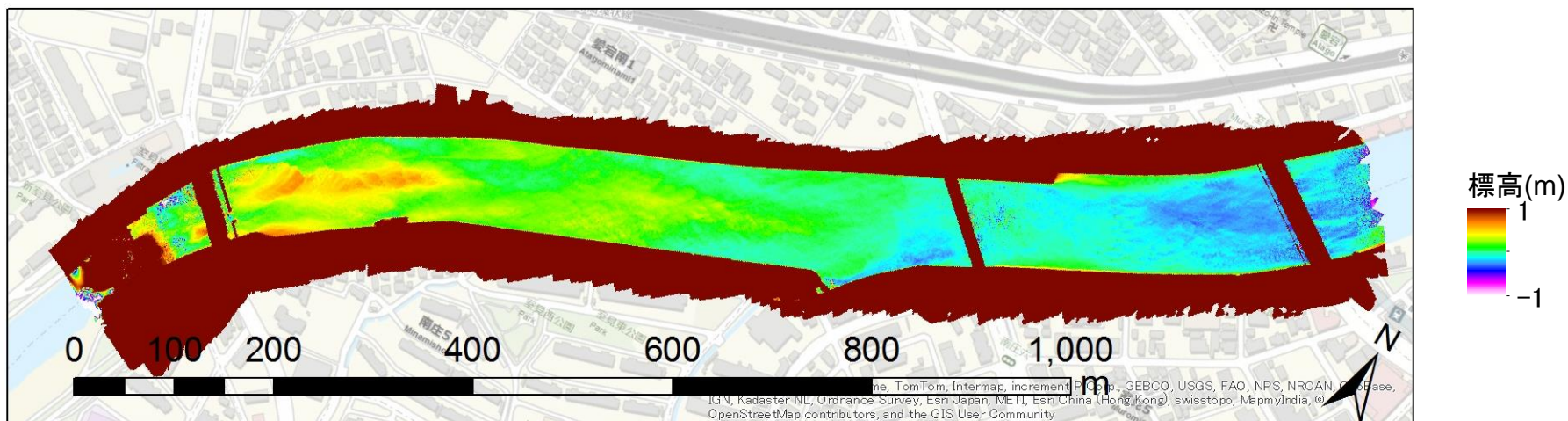


Map data © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community
 Imagery © Mapbox, © TomTom, Intermap, increment P Corp., © GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, C. Base, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, ©

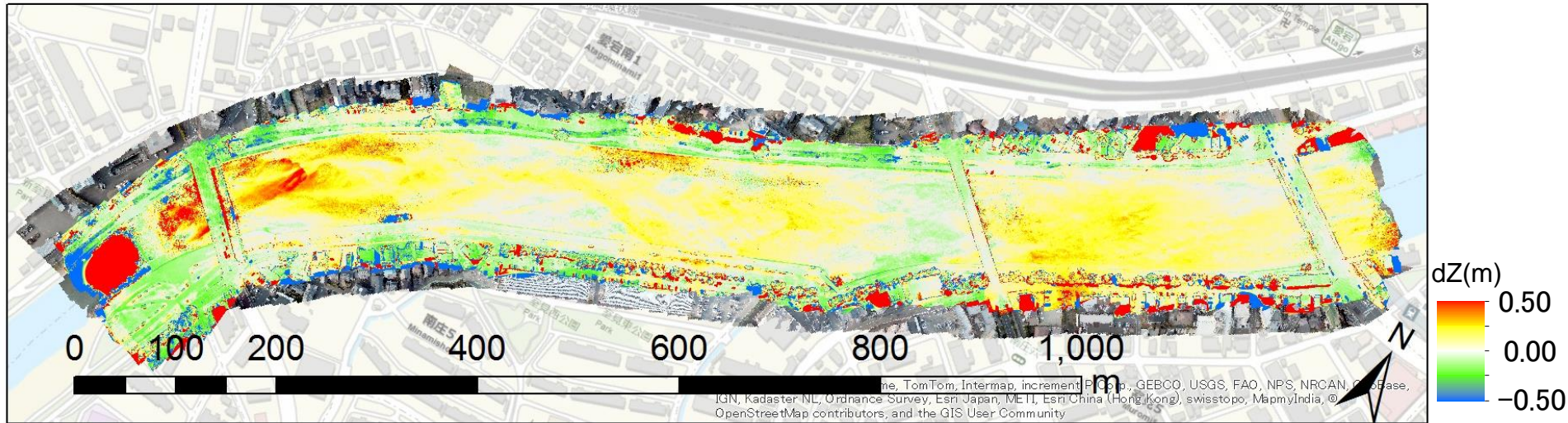
150729



150827(出水後)



8月の出水による変化(8月標高-7月標高)

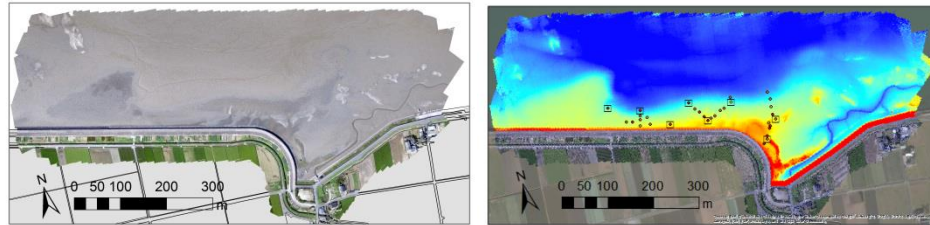


上流部で50cm程度の地形の変化を観測

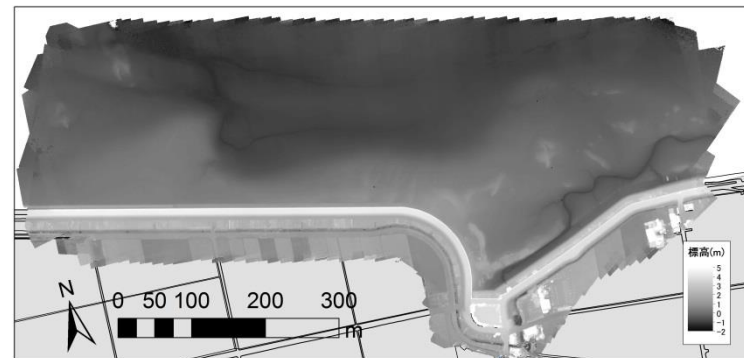
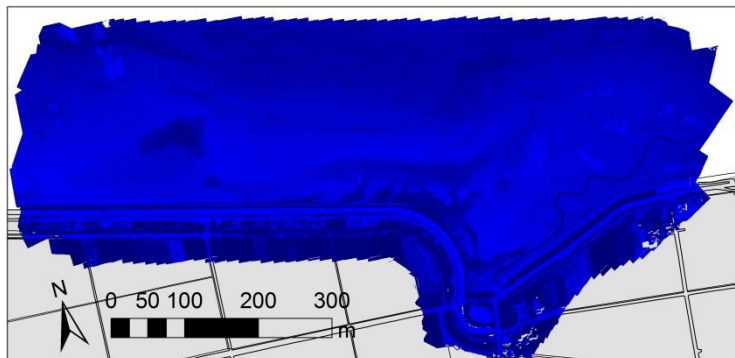
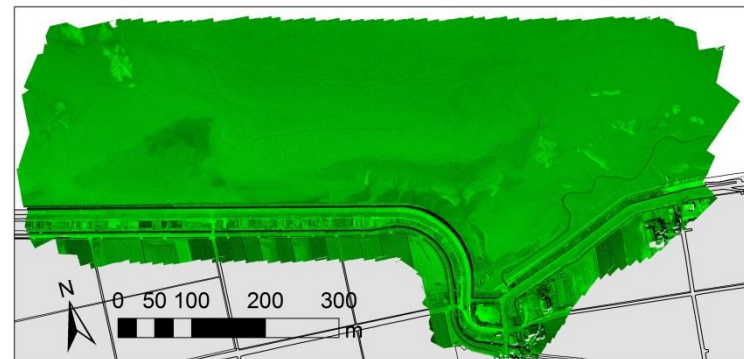
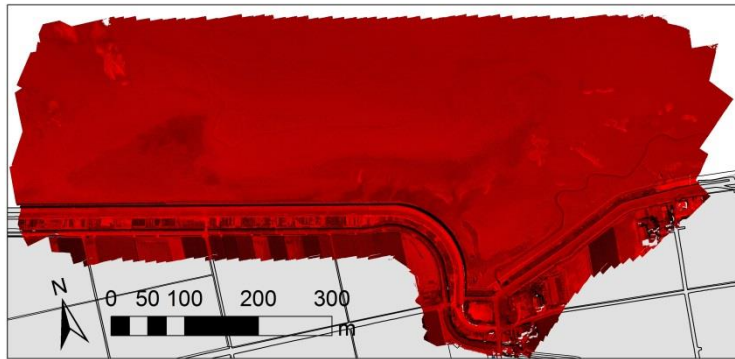
出水による土砂の移動を面的に把握
出水規模による土砂輸送特性の評価

画像解析によるハビタット分類

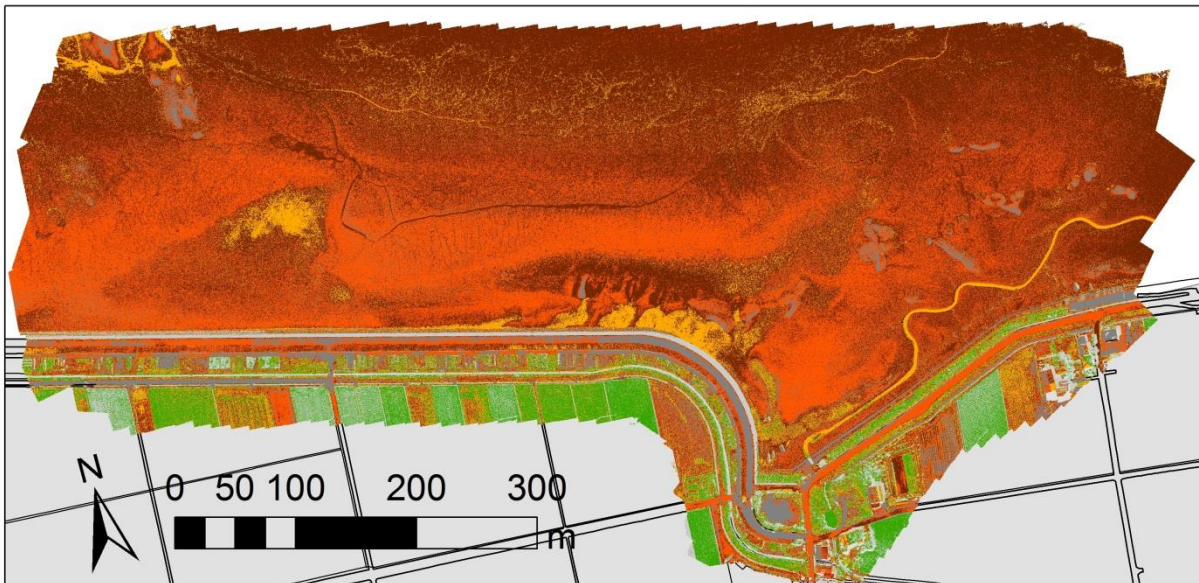
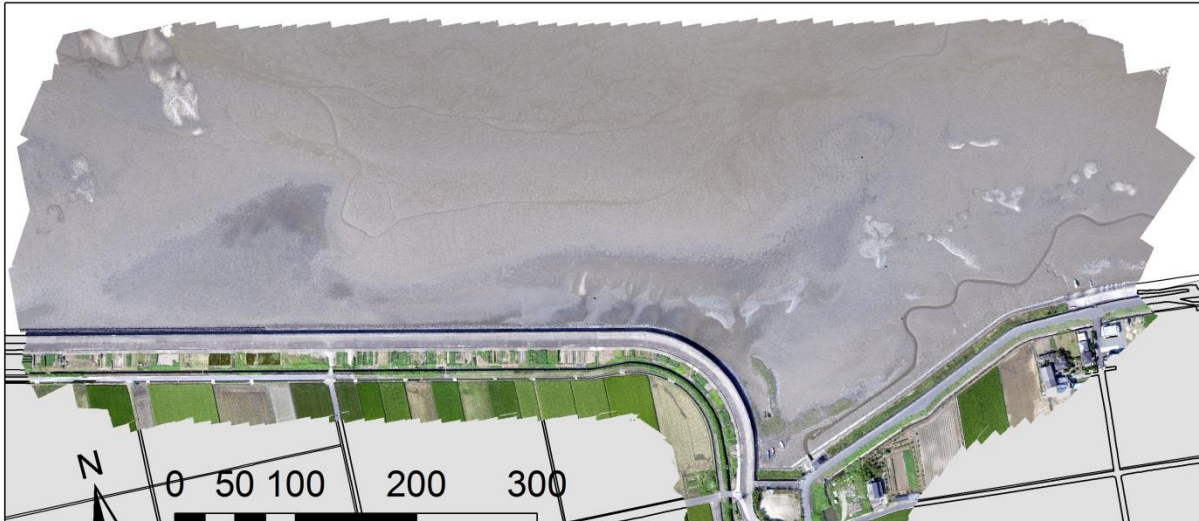
R・G・B・標高を8bitグレースケール化



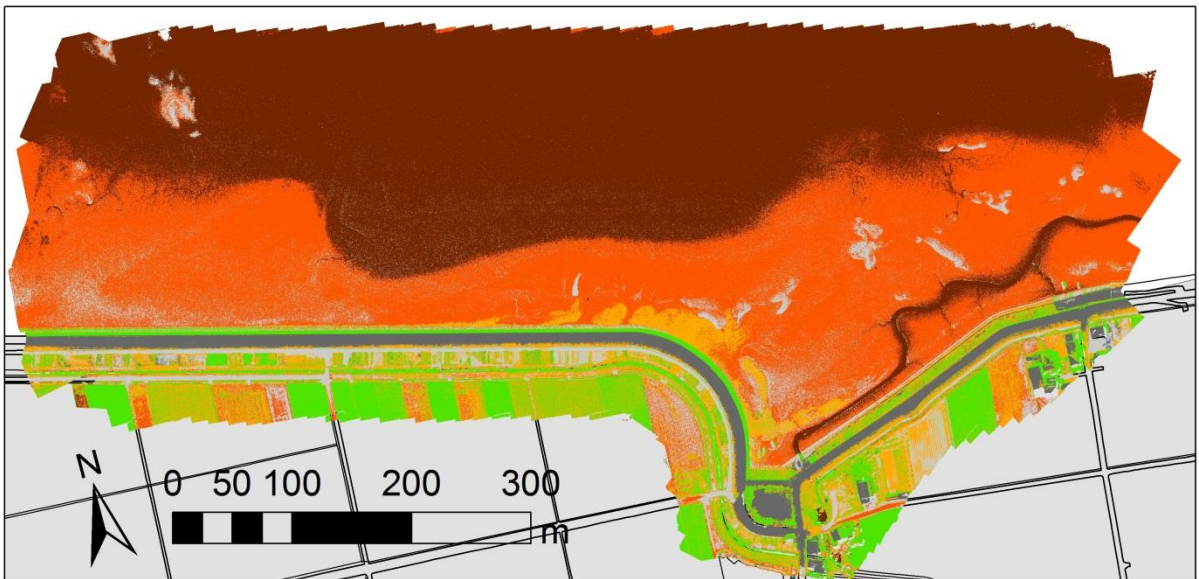
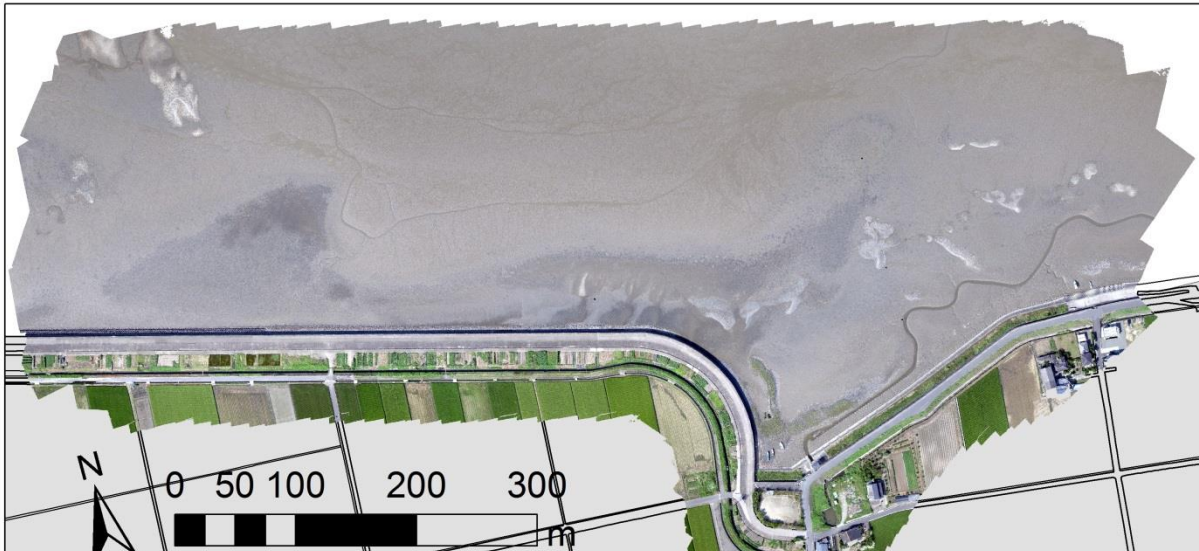
それぞれのレイヤーで0~255の値



R・G・B 3バンドでの教師なし画像分類(7分類)



R・G・B・標高 による教師なし画像分類(7分類)



まとめ

◎航空写真の合成(オルソ画像)

- ・解像度, 高度によらず自然なオルソ画像
- ・生物痕・個体の識別

◎地形モデル

- ・補正した範囲は標準偏差3cm程度
- ・微地形の忠実な再現
- ・ハレーションなどの影響の強い場所は▲
(水面, 泥干潟など)
- ・高解像度で撮影枚数を多くすれば
良い結果となるわけではない。

◎ハビタット評価

- ・地形モデルが航空写真と同解像度
→微地形ハビタットを高精度で評価

◎その他

- ・安価・短期間の変化の把握・

