

R3年1月14日（木）

令和2年度 知水講座 最新技術を用いた新たな河川管理について

ドローンを活用した 住民参加型河川管理



東北大学

東北大学災害科学国際研究所

助教 橋本雅和



IRIDeS

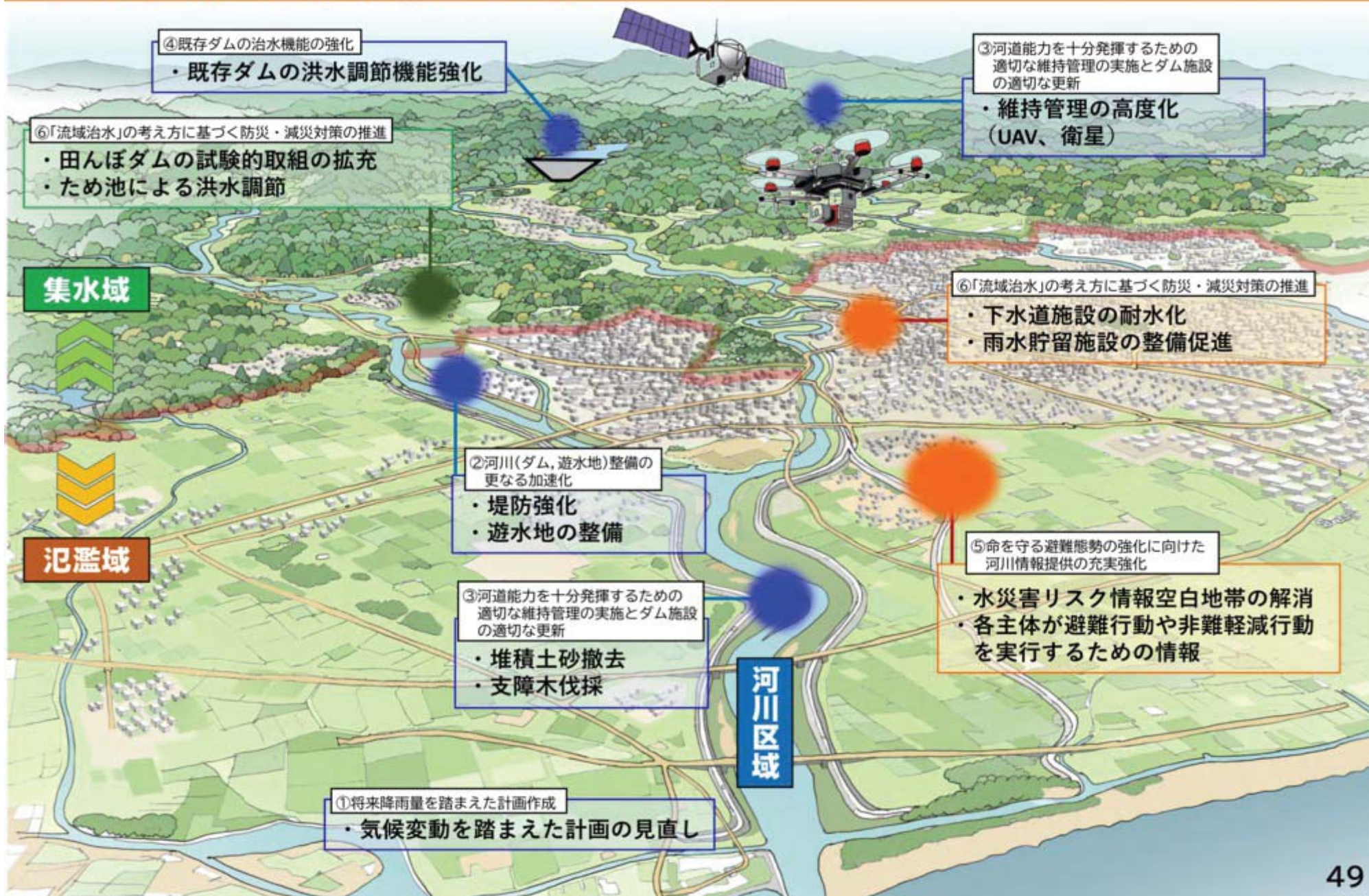
International Research Institute
of Disaster Science

災害科学国際研究所

本日の講演内容

- ドローンを活用した住民参加とは？
- 研究の背景
 - 写真測量/空撮/解析の様子
- ドローンによる河道断面取得
- 定期観測で河道環境の季節変化を見る
- バーティカル洪水ハザードマップ

①全体像 宮城県の水対策の在り方(イメージ)



③河道能力を十分発揮するための適切な維持管理の実施とダム施設の適切な更新 (状態監視と維持管理の高度化(UAV・衛星))

○ UAVを用いて危険個所の継続的かつ簡易的な河道管理を実施していきます【研究開発】

- UAVによる写真測量を行い、簡易的な河道状態の把握をより継続的に実施
- 出水時には安全かつ迅速に被害状況を把握
- 引き続き、河川・海岸パトロールの効率的かつ効果的な手法を模索（堆積土砂、支障木の把握）



現行の実施体制による報告

UAVを活用した場合の報告

図：UAVを用いた簡易的な河道状態の把握（仙台土木の実施例）



図：災害時でのUAV撮影画像による状況把握

出典：UAV（無人航空機）による災害初期の被災状況調査について
令和元年度近畿地方整備局研究発表会 論文集

- UAV画像から河道内状況の自動判別(AI, 機械学習)を行い、流下能力管理の把握を検討。

- コンクリート構造物
ひび割れなどの変状をAIにより自動検知する

研究開発の
進展に期待



図：維持管理におけるAI技術活用の取り組み

出典：AI開発支援プラットフォームの開設準備ワーキング・グループについて
令和元年 8月 国土交通省総合政策局 公共事業企画調整課

○河道内土砂・植生管理

UAV画像より被覆の自動分類を行い、簡易モニタリング

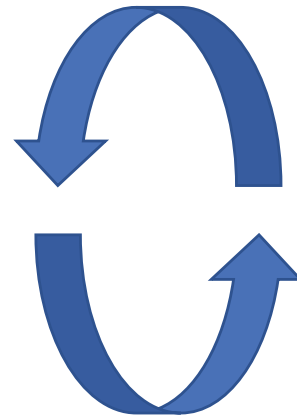


イメージ図：洪水前後の画像を用いた河道内土砂や植生の自動把握
例：那珂川の令和元年台風19号前後航空写真（国土地理院）

ドローンと住民参加

情報取得の効率化

情報提供



河川環境の見える化

川への関心が向上

自然へ関心を持つことは、防災意識の向上につながる

研究の動機

- 自治体管理の河川管理に役に立ちたい
- 河川環境の時系列変化をもっと見たい
- 河川環境を可視化して防災教育に役立てたい



鳴瀬川水系滑川

SfM=写真測量

以下参照¹⁾ “

画像に映った対象の3次元の形状を画像から得る方法 Shape from X

SfS: Shape from Shading (影を用いる方法)

SfD: Shape from Defocus (ピントを利用する方法)

SfM: Shape from Motion (移動するカメラから得られる画像を利用する)

Shape from Motion = Structure from Motion※

※対象物の幾何学形状とカメラの動きを同時に復元する手法という意味合いが強くなる

”

1) 織田和夫: 解説: Structure from Motion (SfM), 写真測量とリモートセンシング, vol.55,no.3, 2016.

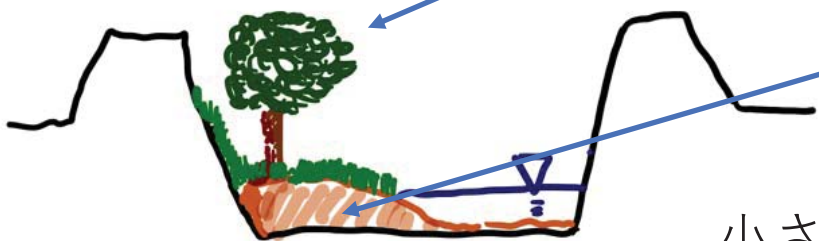
日本の中小河川で問題になっていること

before



樹木や植生による
河道流の阻害

after



土砂堆積による
河積の低下

小さい河川程、樹木一本が及ぼす影響大

ある基準に沿って、断面を自動的に抽出するしくみ →

UAV写真測量で得られるデータの、価値の最大化

UAVは流行とともに
規制がどんどん厳しくなっていた. . .



出典: 有限会社メイクス

http://www.makesnet.com/top_page/air_shoot/kytebaalloon/



出典: 株式会社池田工業社

https://www.yamaine-ikeda.co.jp/products_cat/c30

- UAV流行前から空撮の技術はあったが、UAVによって作業効率が高くなった。
- 海外での調査などではUAVの使用に許可が必要で、バルーンやカイトが用いられる。しかし、作業効率はやはり悪い。

さらに安価な UAVの代替案



一脚



Manpower



一脚（自撮り棒）を使った
写真測量の様子@バン格拉デシュ

なぜ河川環境をモニタリング するのか？

河道内に植生が繁茂する
↓
洪水時に植生が抵抗になる
↓
川の水位が上がる
↓
越水する
↓
決壊する



**どこで植生の繁茂が進んでいるか
モニタリングする必要がある**

出典: Japan 防災プラットフォーム
<https://www.bosai-jp.org/ja/solution/detail/75/category>

UAV写真測量に必要な機材

- 2015年1月時点での装備。
- 写真測量に適した解像度のカメラ+gps



プロペラ

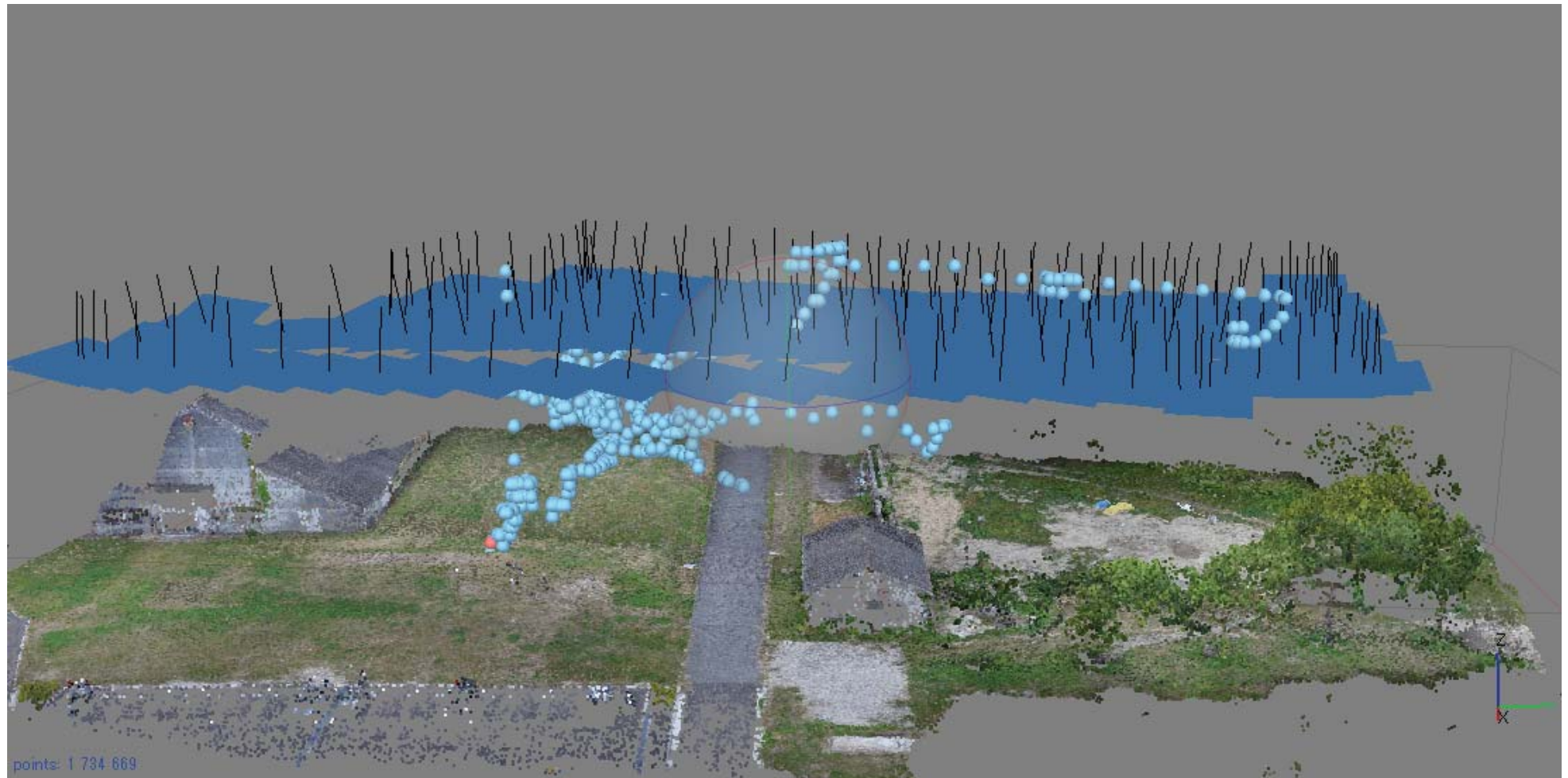
ケース



命綱のワイヤー

GPS

データ解析の様子



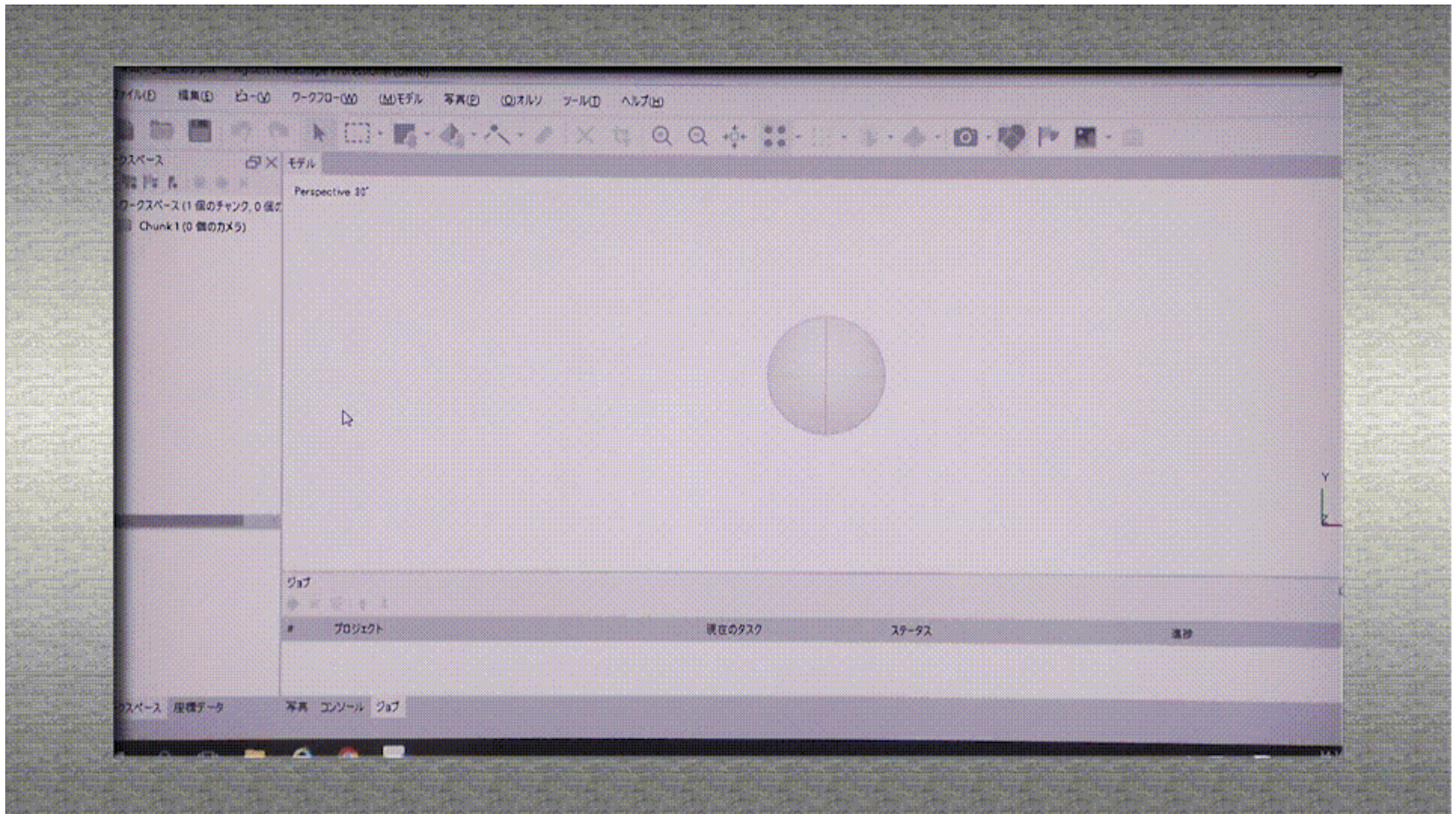
UAVによる河川写真測量の様子

2018年12月冬季の観測



出典: 株式会社復建技術コンサルタントHP

UAVによる河川写真測量の解析プロセス



出典: 株式会社復建技術コンサルタントHP

研究の背景

- 近年、豪雨災害が激甚化している
 - 2018年西日本豪雨, 2019年台風19号
 - 自治体管理河川の被害が多数報告された
- 自治体管理河川の維持管理
 - 限られた予算で実施
 - 河川台帳のない河川もある
- 中小河川におけるUAV-SfM測量
 - 冬季の実施により河道断面が取得可能

地上横断測量



UAV-SfM測量



画像出典: wikipedia

UAV-SfM測量

防災教育用動画？ 静止画？

河道断面をどう見える化できる？

堤内地の地形も取れる？

どんな研究が進んでいるか

既往研究

- 測量手法のバリエーション
 - UAV写真測量 (小花和ら, 2014)
 - 航空レーザー測量 (木村ら, 2017)
 - バックパック3D計測 (佐山ら, 2019)
 - 地上横断測量
- かけられるコストによって手法が選ばれる
(測量頻度にも影響する)
- 写真測量のメリットは低コスト
 - 環境変化の激しい日本の中小河川の管理に適している

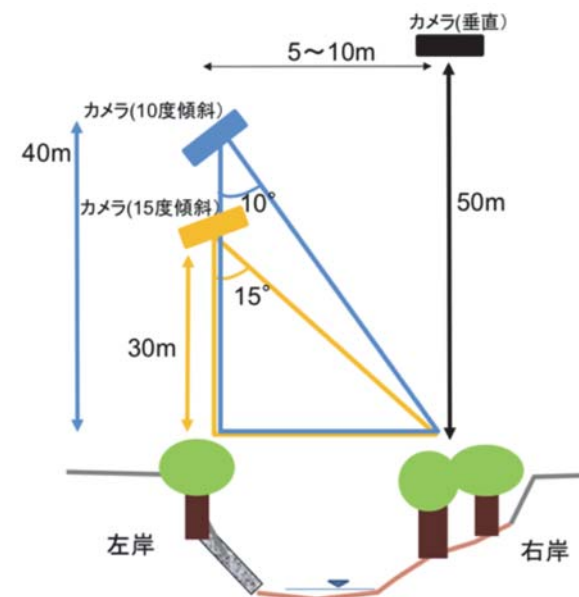


写真測量の様子
@バングラデシュ

どんな研究が進んでいるか

既往研究

- 齋藤ら（2019, 河川技術）はUAVの飛行高度，カメラの傾斜角度，撮影時期（夏季，冬季）等の違いが測量結果に及ぼす影響を評価.
- UAV写真測量の基準的な実施方法を提案
- 一方で残されている課題も
 - 点群処理方法まで触れていない
 - 写真測量で得られるRGBデータの活用



対象地域 (宮城県仙台市東部)



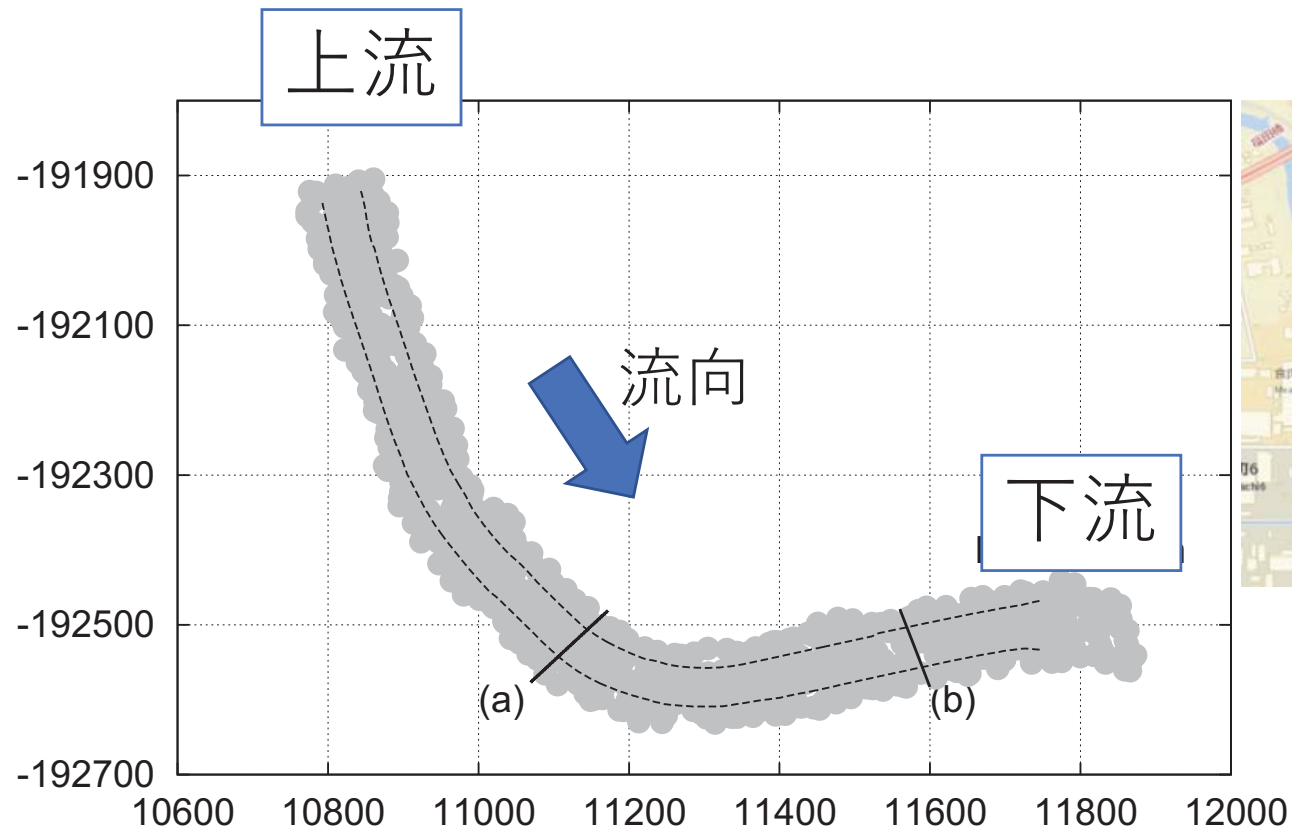
仙台市内を流れる梅田川
七北田川（二級河川）の支川



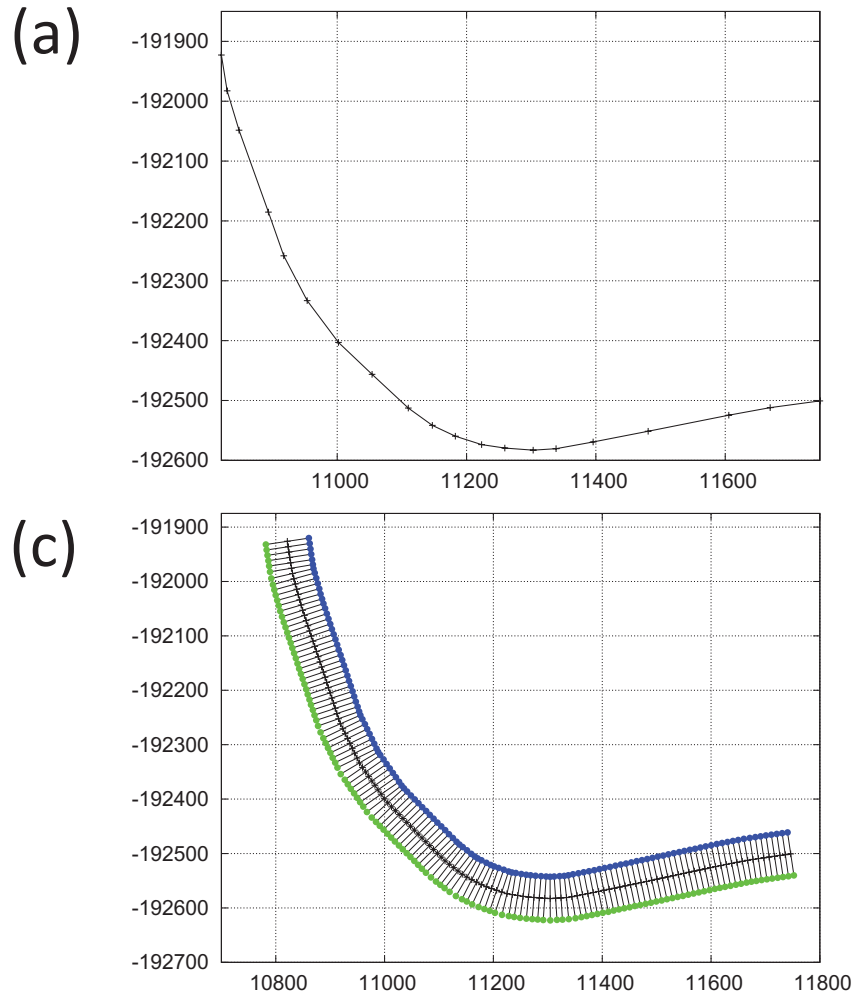
仙台駅

七北田川

対象地域 (1) (梅田川—七北田川合流地点)



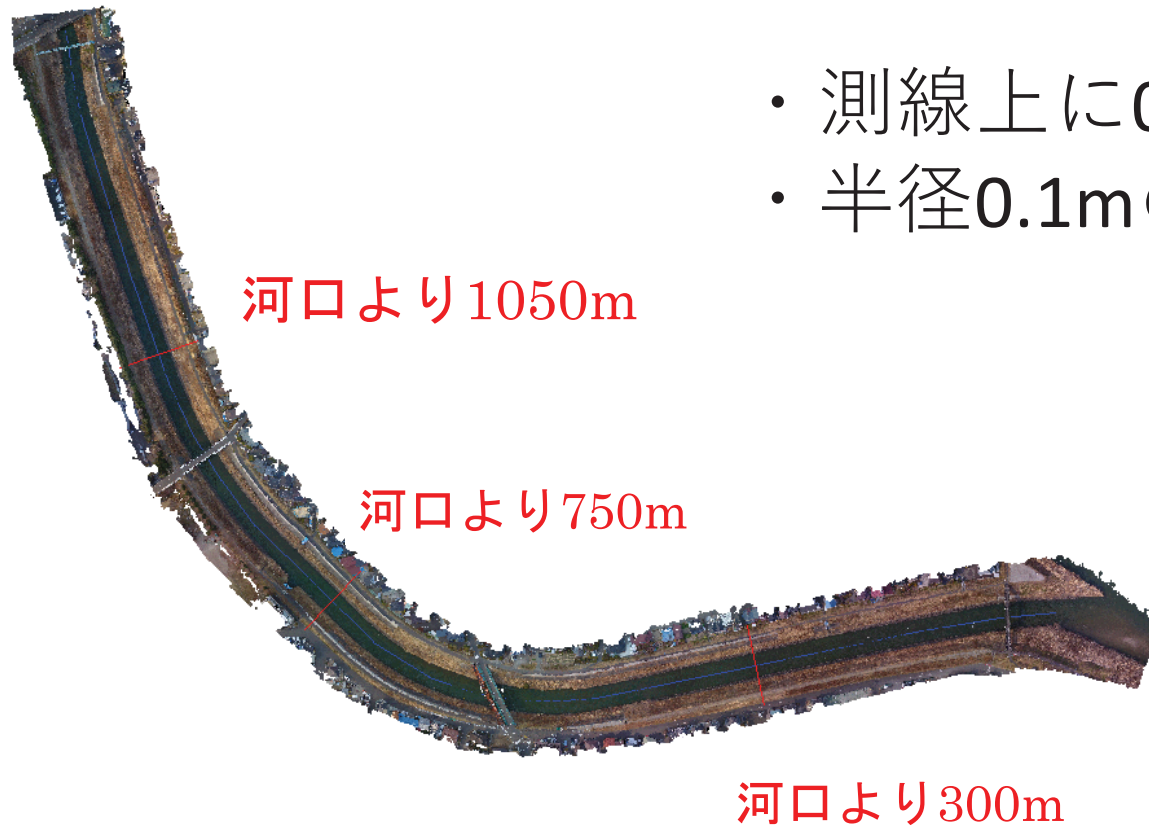
横断図データ取得の自動化



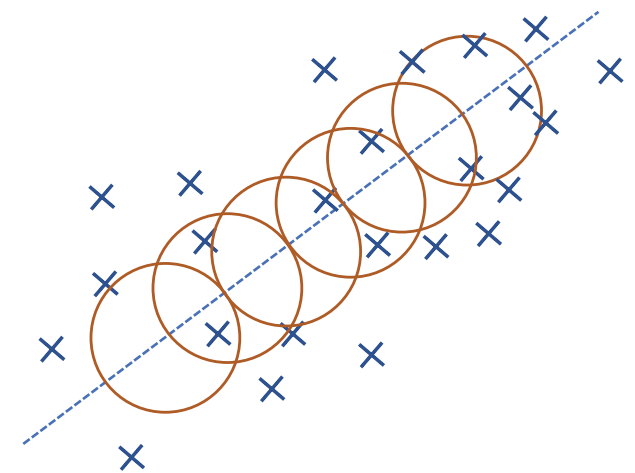
- (a) 不規則な点間隔で形成された河道中心線
- (b) 規則的な点間隔（本ケースでは10m間隔）で形成された河道中心線
- (c) 前後の点を結ぶ直線に直行する線を測線とする。（本ケースでは中心から40m）

横断面図抽出方法

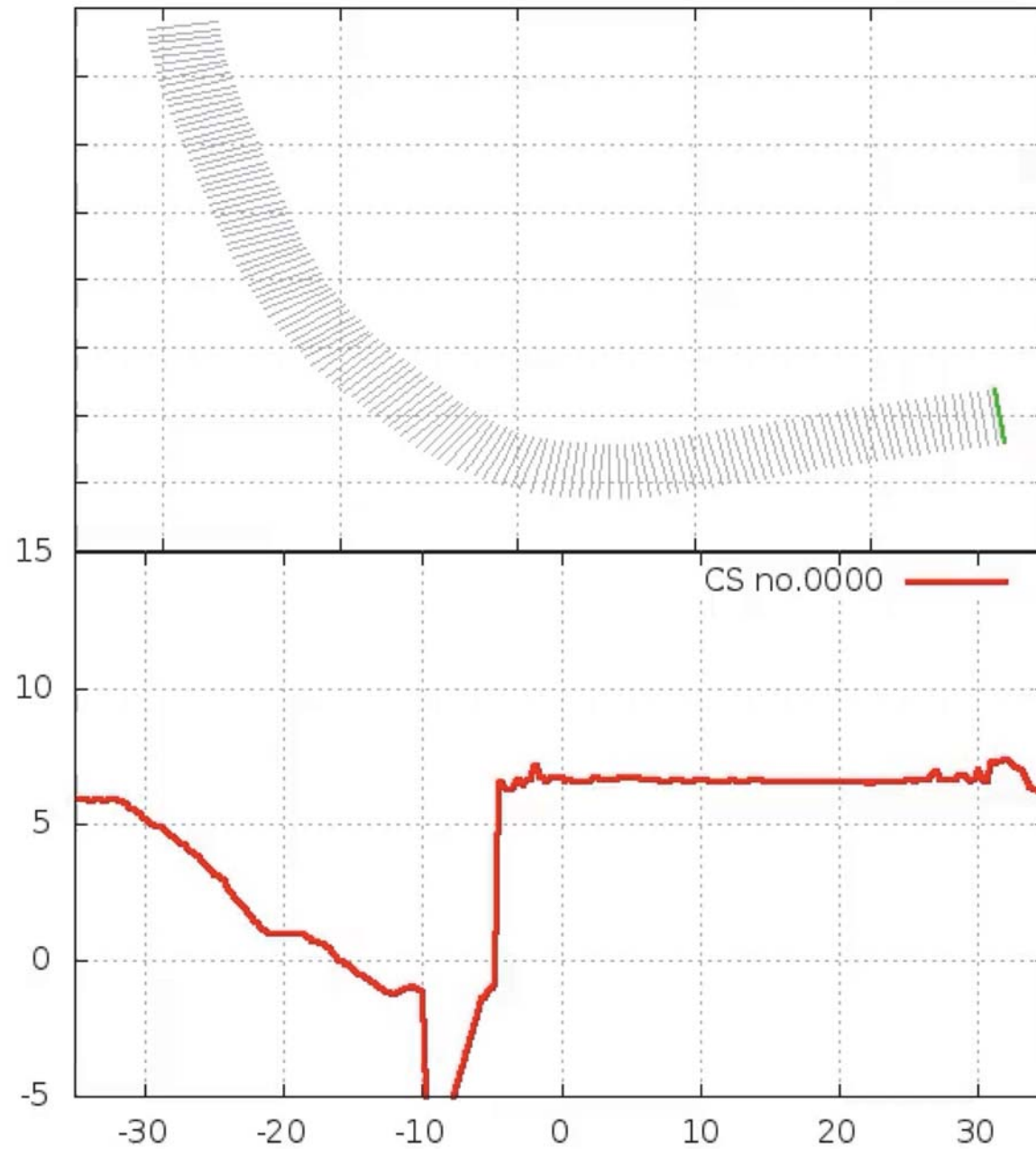
※ 河川中心線を基準に左右40mずつ



- ・ 測線上に0.1m間隔で点を発生
- ・ 半径0.1mの範囲で点群を検索

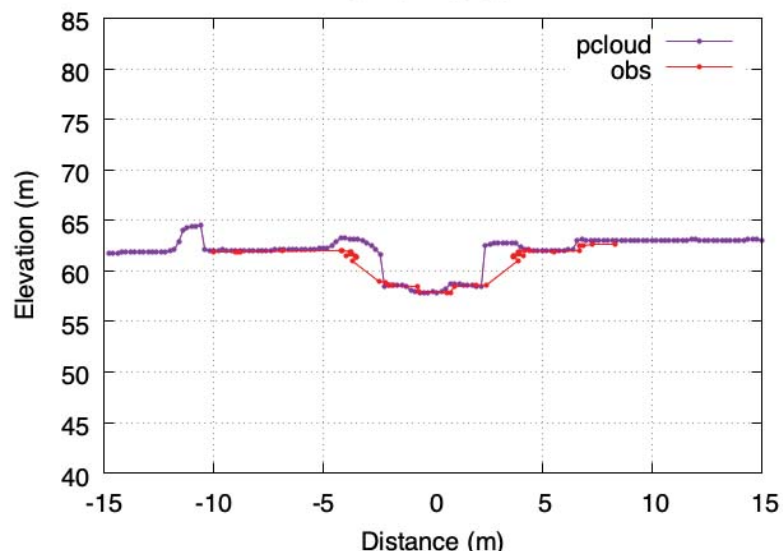


断面の連続的な表示

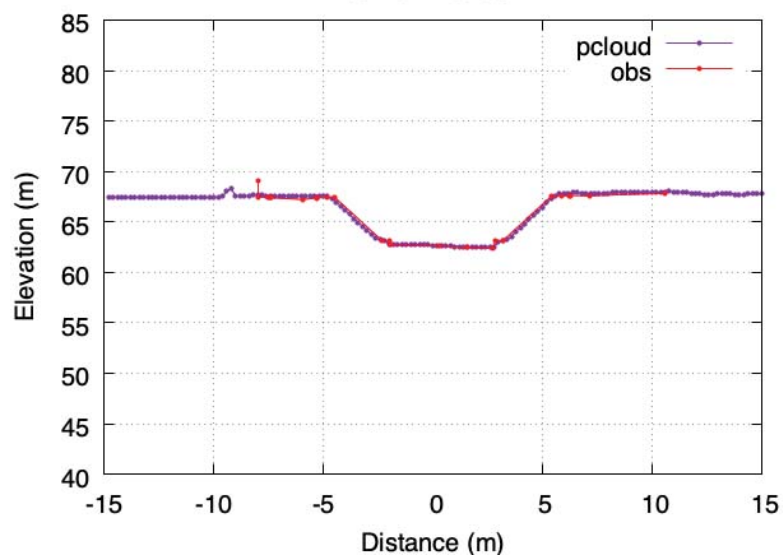


比較結果 (UAV vs 地上横断測量)

cs No.1180.csv

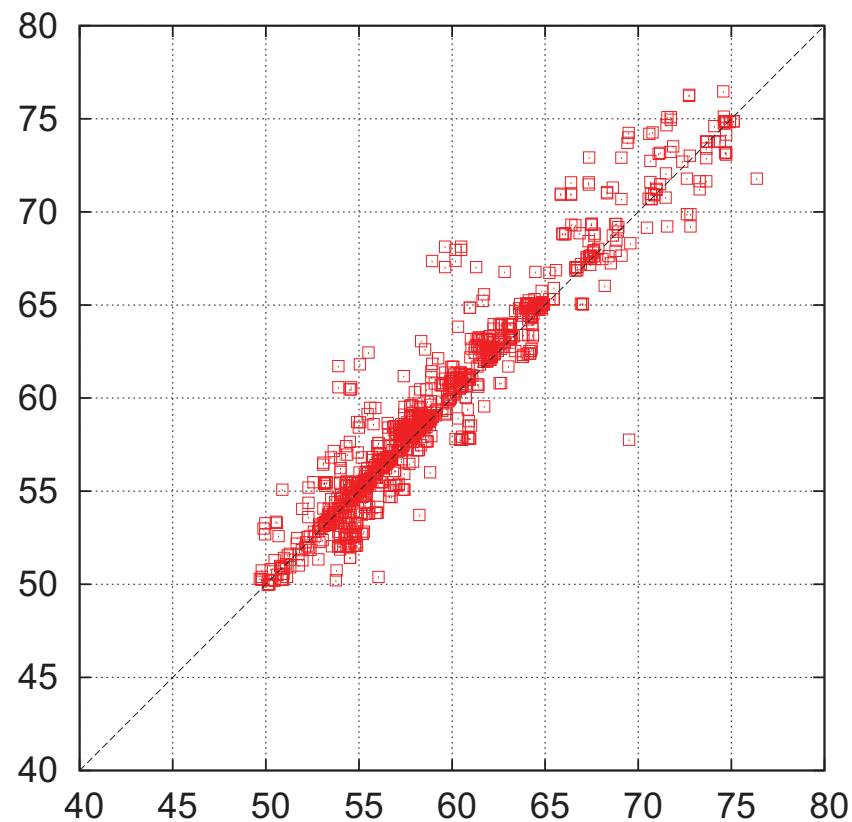


cs No.1430.csv



- 点群検索円半径 0.1m
- RMSE 1.72m

点群からの抽出(m)



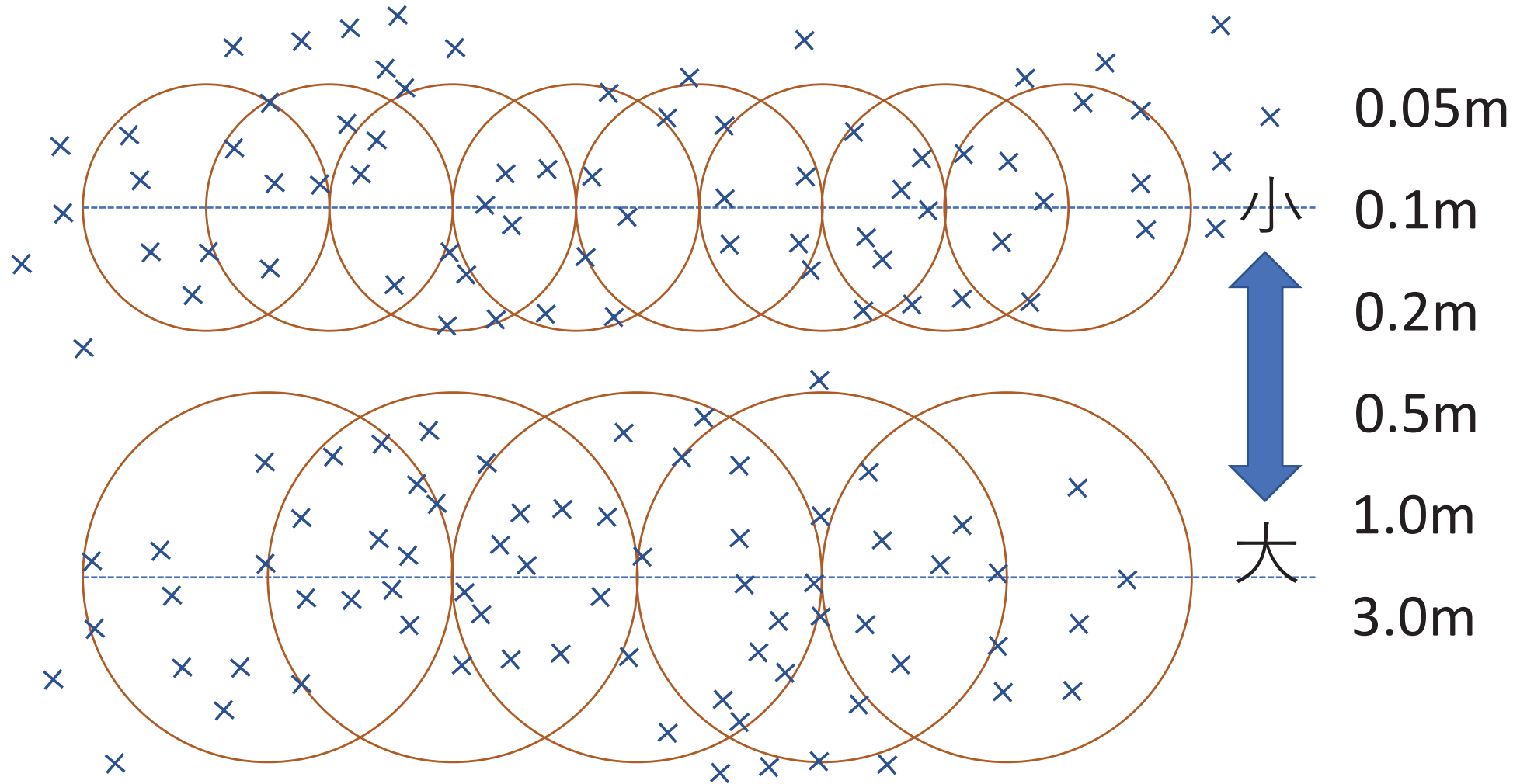
横断測量実測 (m) 25

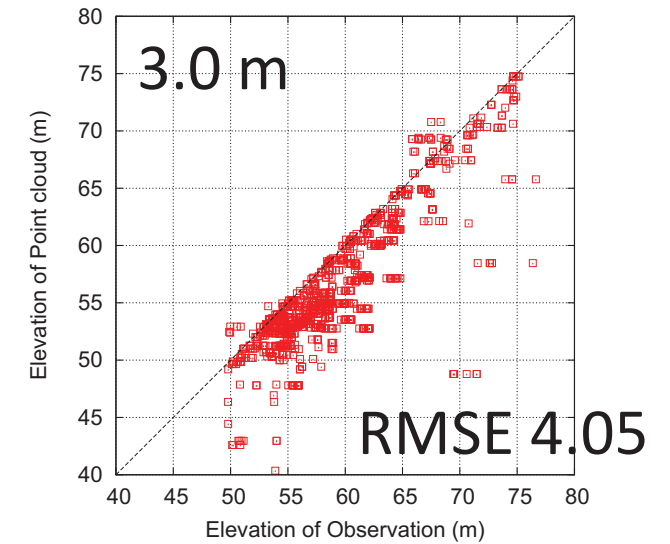
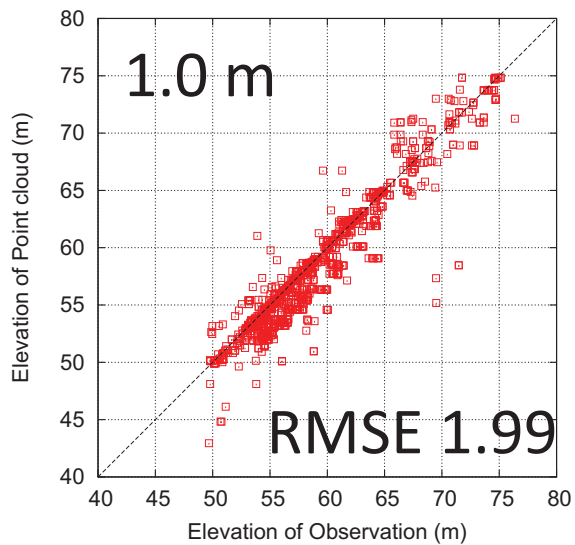
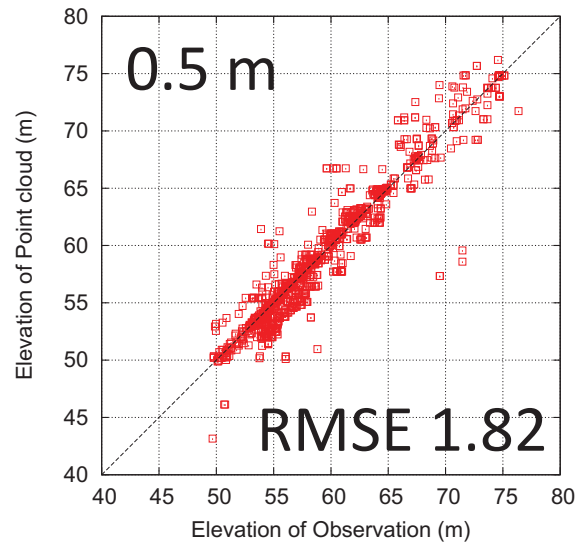
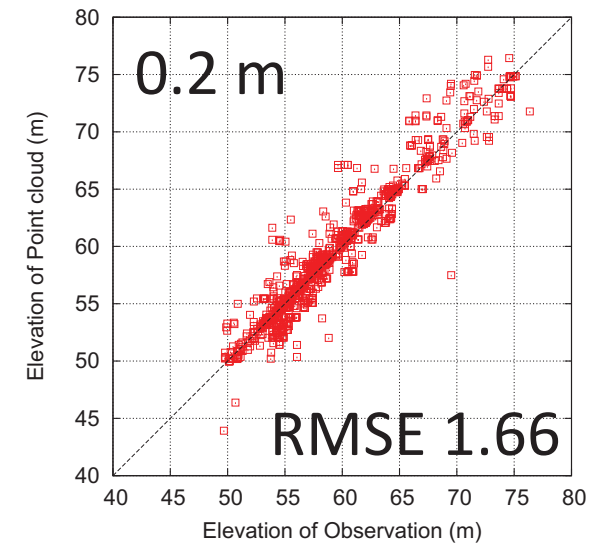
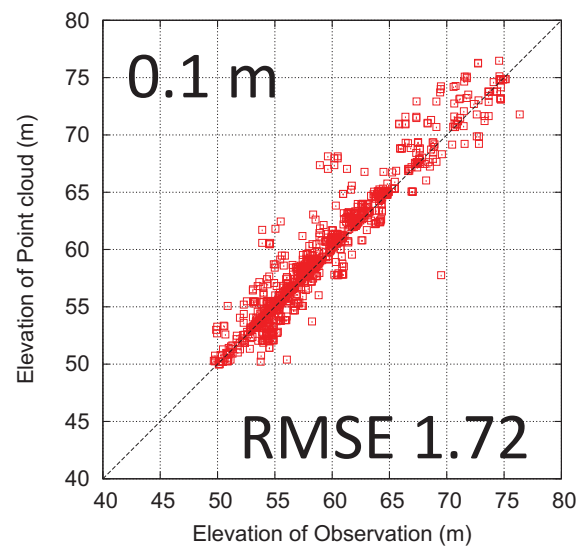
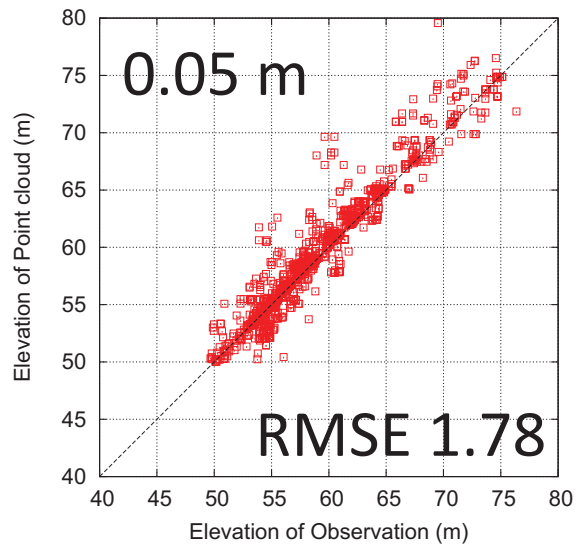
データの詳細（点群データ）

- 梅田川（平面直角座標）で取得された三次元点群データ
- 1.63GB
- 33,923,490 ポイント

データのイメージ						
位置		高さ	色情報			
x	y	z	r	g	b	
11650.274760	-192567.232315	3.866764	83	89	119	
11650.742560	-192567.124228	3.528317	59	63	79	
11649.984488	-192567.028315	3.548797	68	73	99	

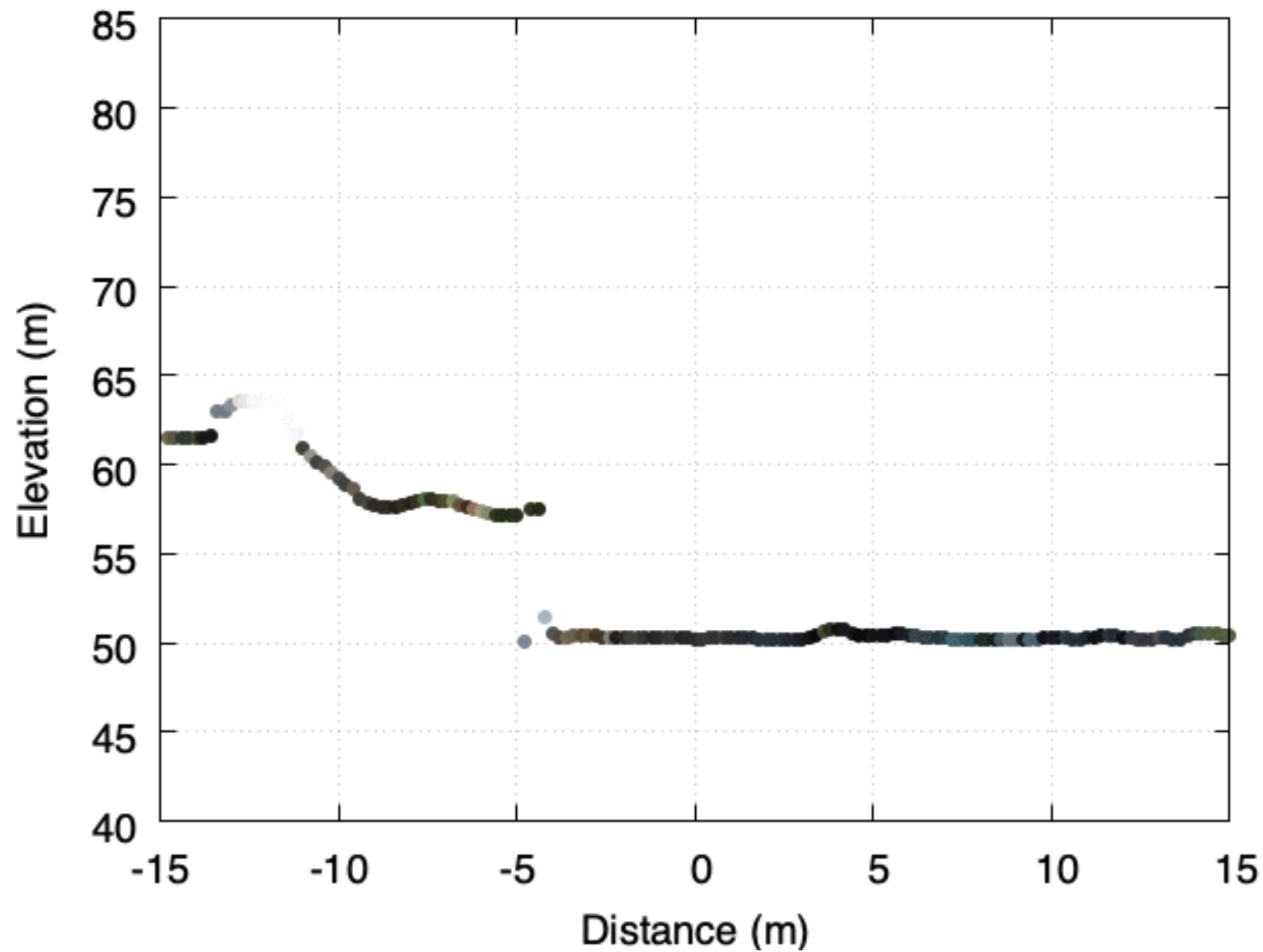
点群検索円半径 の横断面抽出への影響





堤防法勾配と植生の種類が影響か？

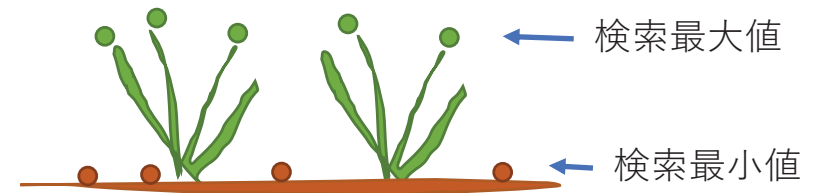
RGB情報を用いた植生繁茂状況把握



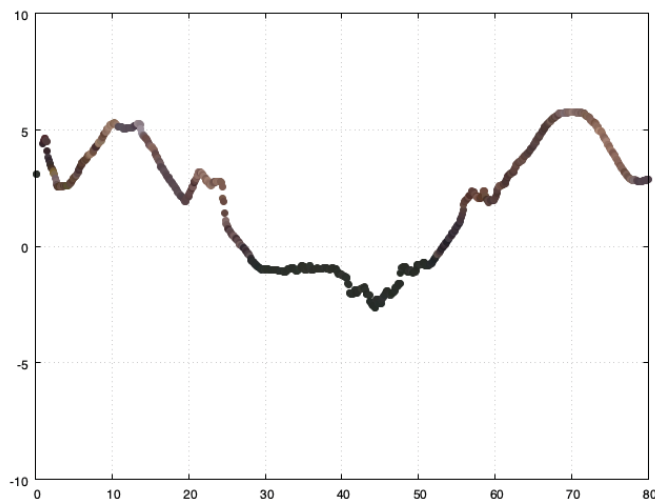
RGB表示で期待していたこと

仮説

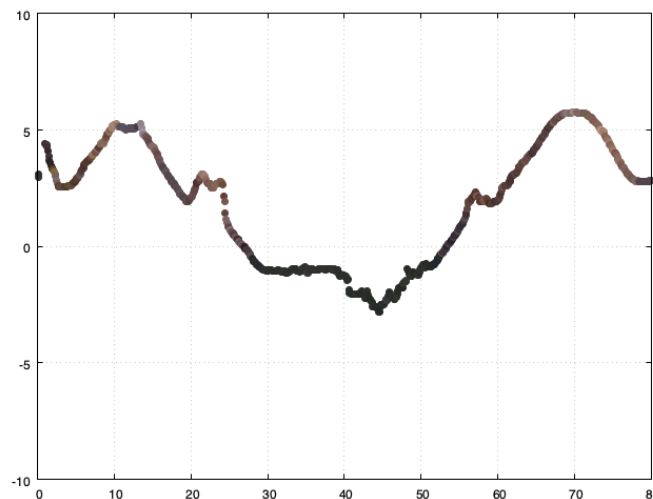
- ・ 検索点群の最大値は緑系が多い.
- ・ 検索点群の最小値は茶系が多い.



Max

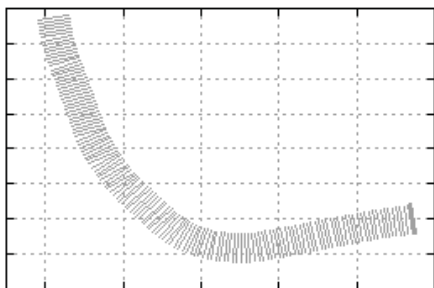


Min

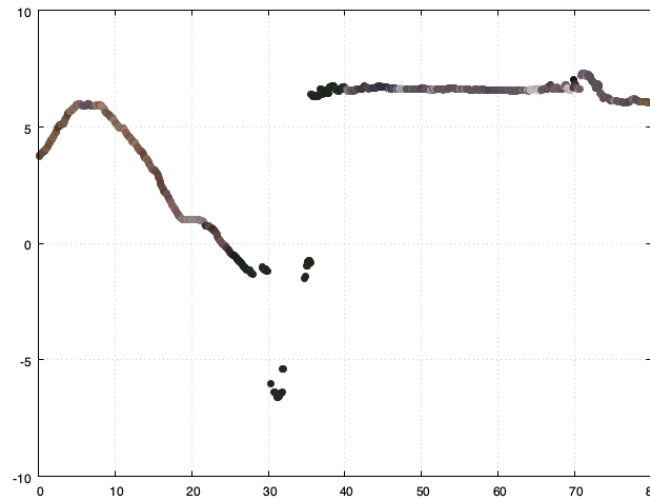
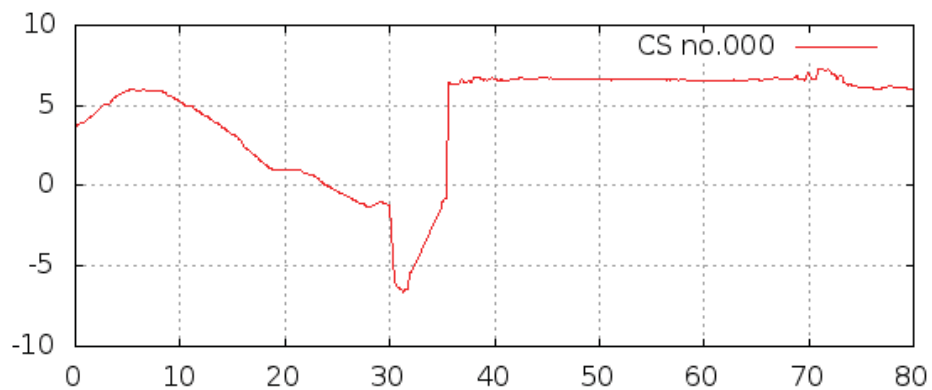


実際には全体的に黒系法面に茶系の点群.

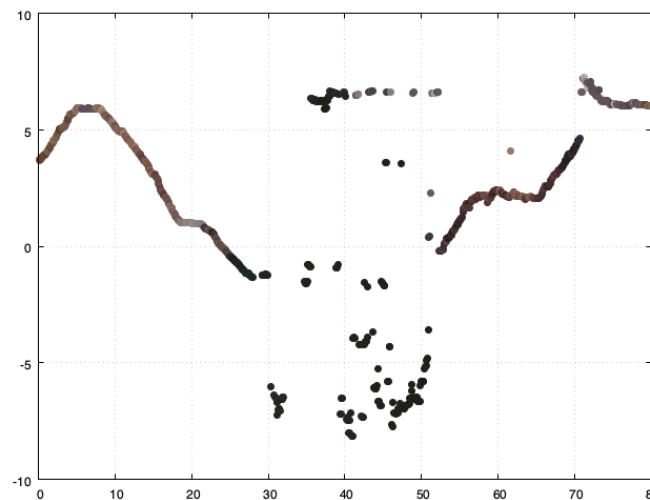
RGB全体的な傾向 \max



max

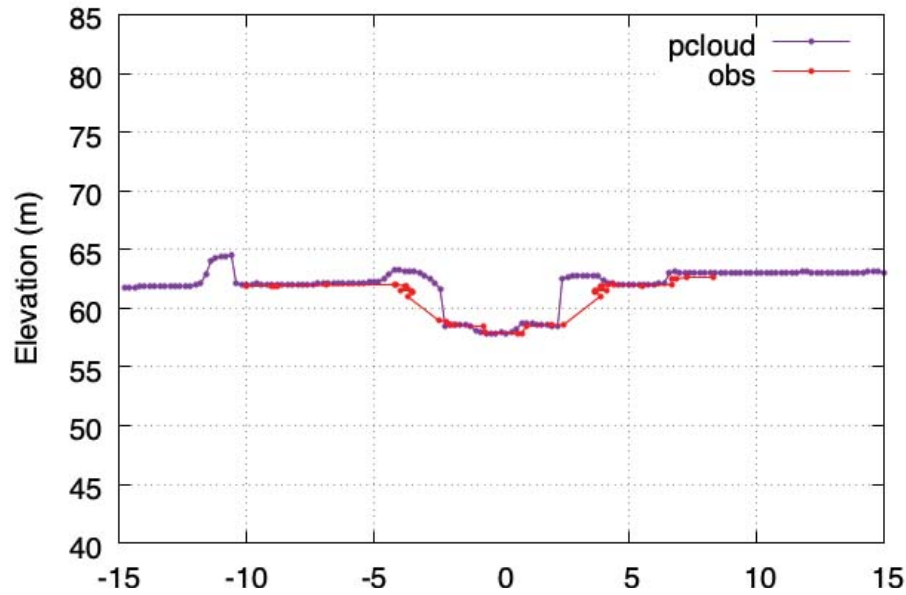


min

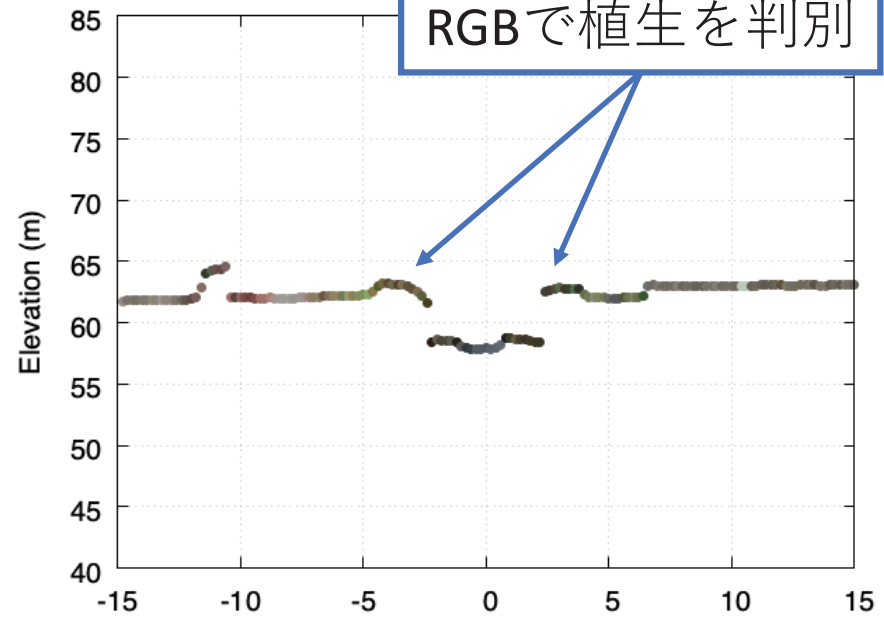


RGB情報を用いた植生繁茂状況把握

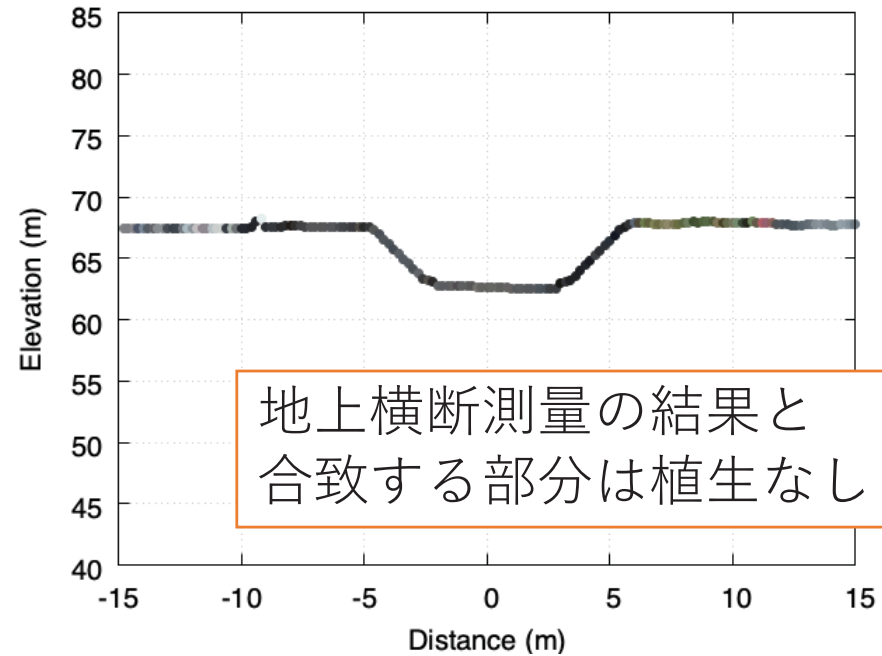
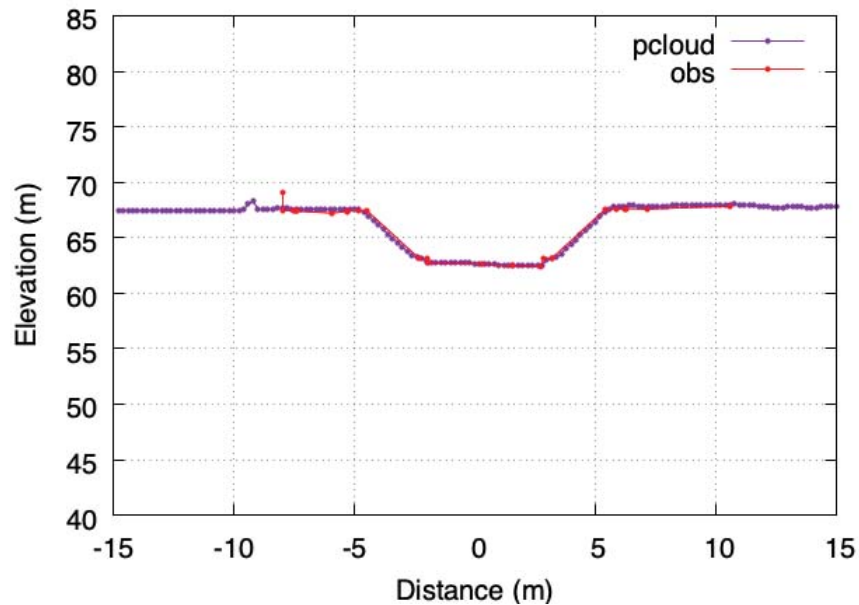
cs No.1180.csv



RGBで植生を判別



cs No.1430.csv



対象地域 (宮城県仙台市東部)



仙台市内を流れる梅田川
七北田川（二級河川）の支川



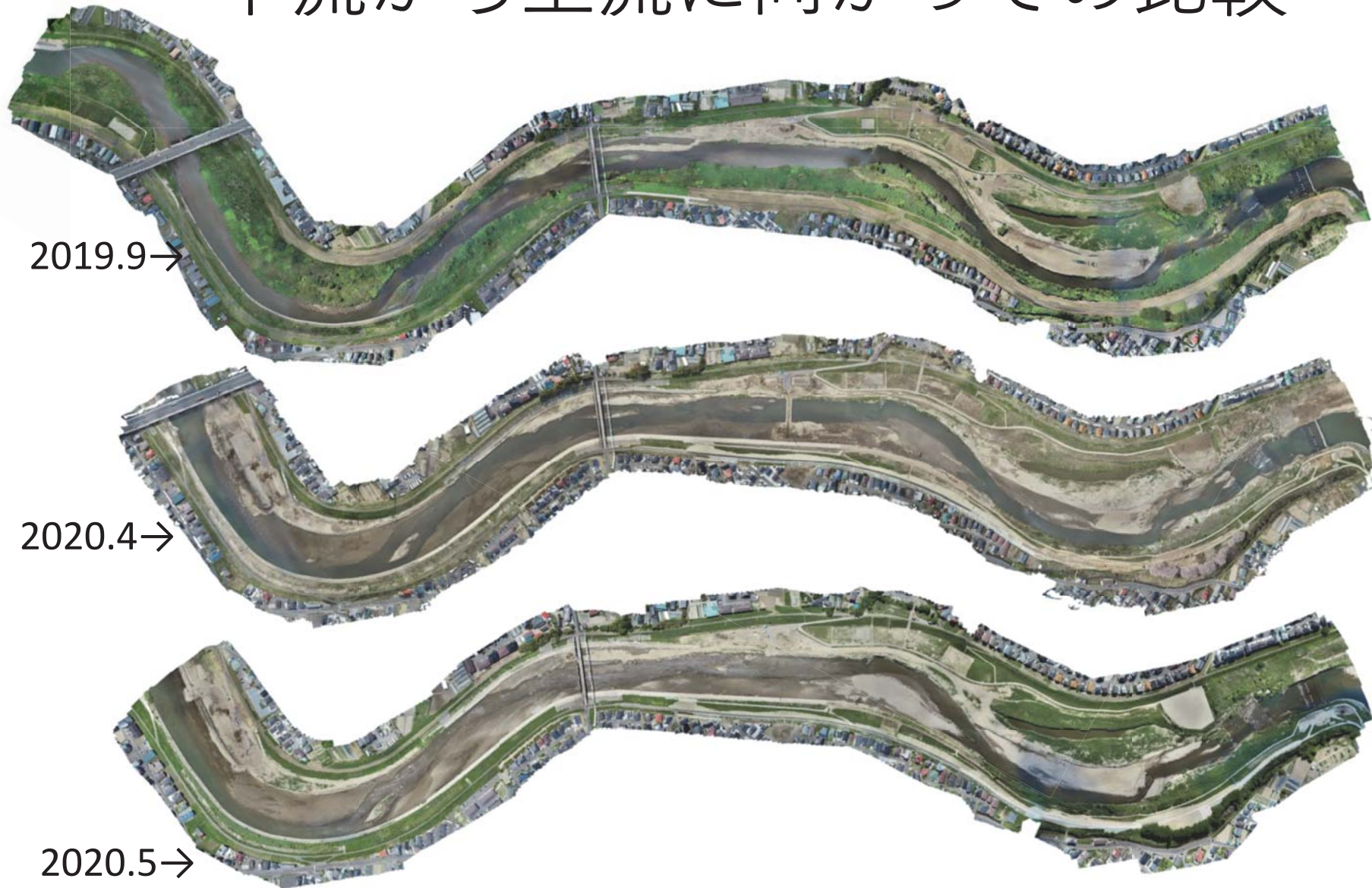
仙台駅

七北田川

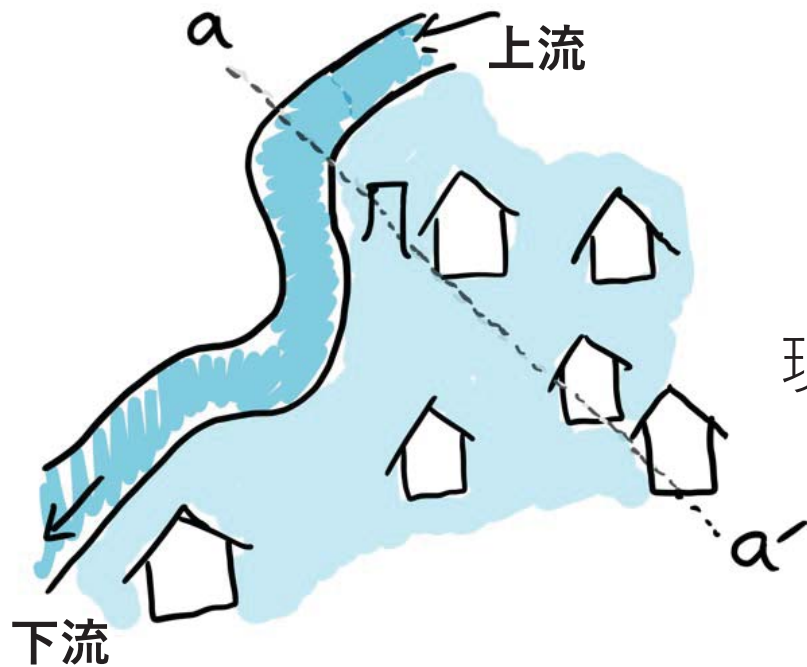
UAV定期観測による定期観測と植生繁茂状況の把握



下流から上流に向かっての比較



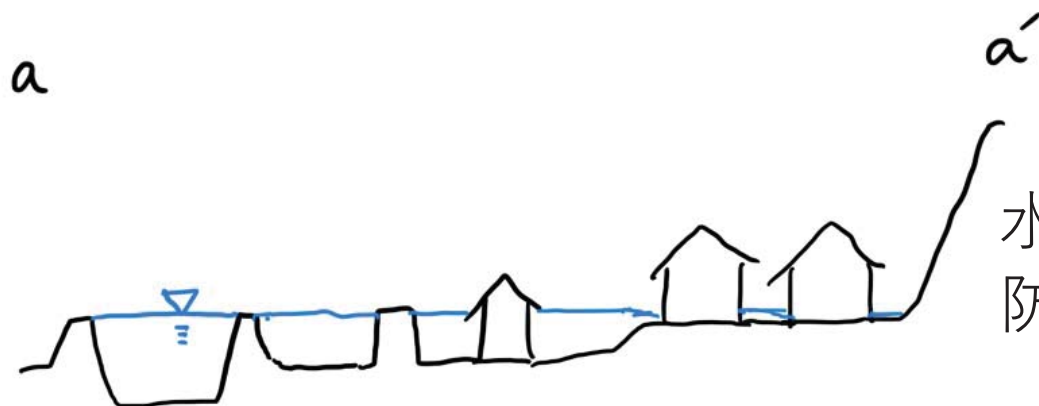
バーティカル(=垂直)マップの概念



河道と氾濫原を一体的に
把握しつつ浸水想定状況を理解

現行のハザードマップの課題

- 垂直方向の情報をイメージしにくい。
- どの程度の浸水が想定されているのか??



水害リスクコミュニケーション
防災教育に効果的な
可視化を模索

対象地域 (宮城県仙台市東部)



二級河川七北田川

宮城野区田子3丁目付近

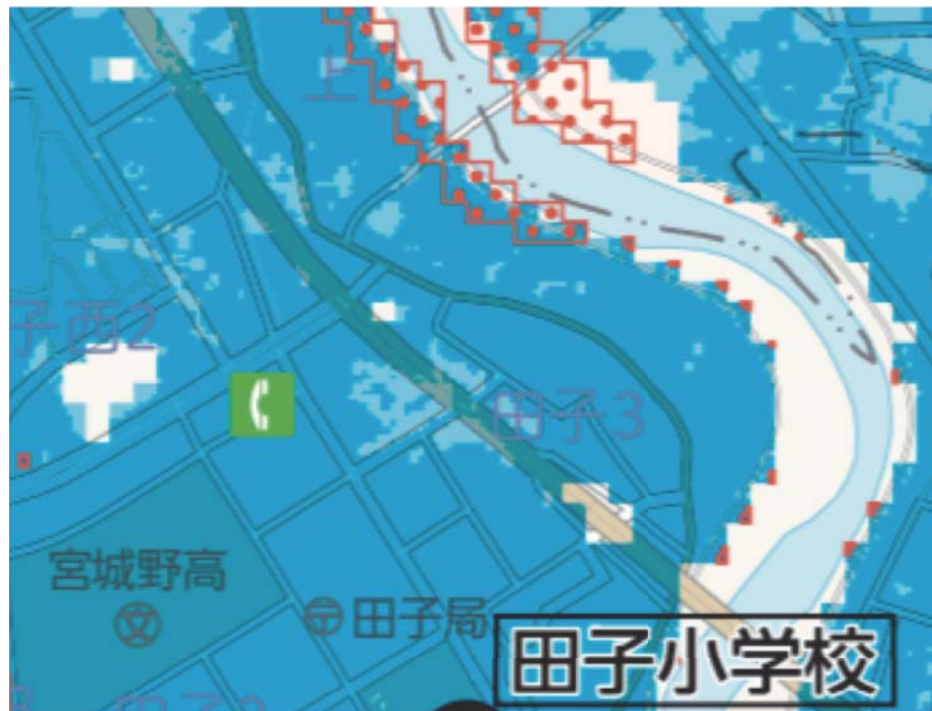


仙台駅

七北田川

研究対象地域

宮城野区田子3丁目付近



洪水浸水想定区域… ■ 3.0m以上 ■ 0.5m~3.0m未満 ■ 0.5m未満 ■ 早期の立退き避難が必要な区域

対象地域（左: 水害ハザードマップ, 右: google map 衛星画像）

#当該地域はほとんどの場所で浸水深が0.5~3.0m未満となっている

堤内地の標高データ取得について

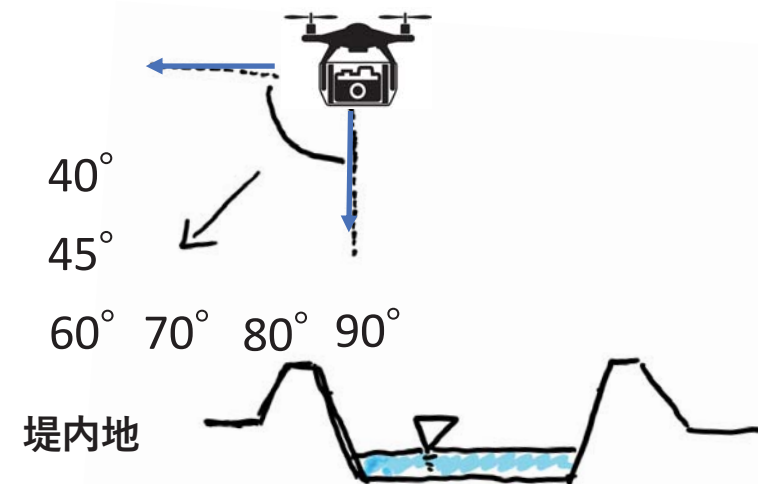
カメラを堤内地に向け、高度を変えた3ケースで撮影。

高度: 100, 75, 50m

俯角: 90, 80, 70, 60, 45, 40 度



各角度、川に沿って1方向の飛行



堤内地側にカメラを向けて撮影

堤内地の情報取得

- 河道上からの斜め撮影写真によるSfMでは家屋一軒毎の判別までは難しい。
- 河川沿いの家屋群がどの程度の浸水被害を受け得るかのイメージは可能。

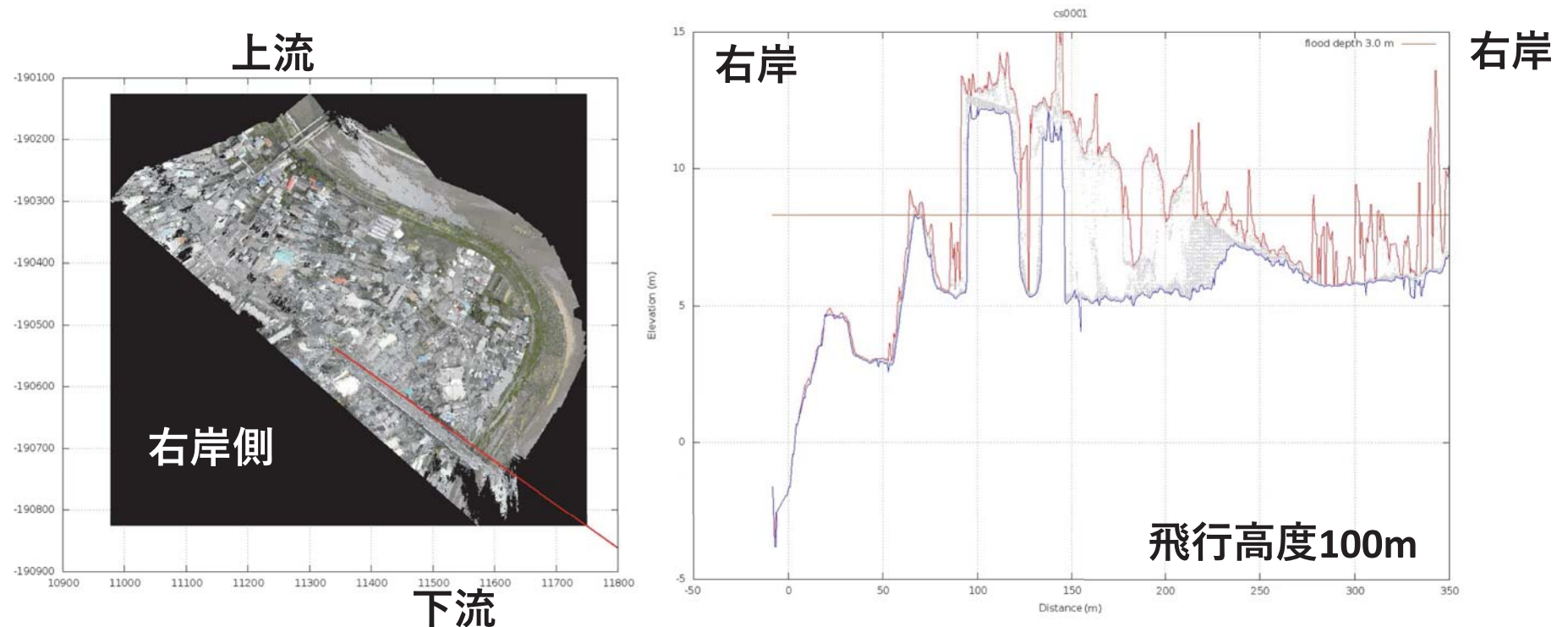
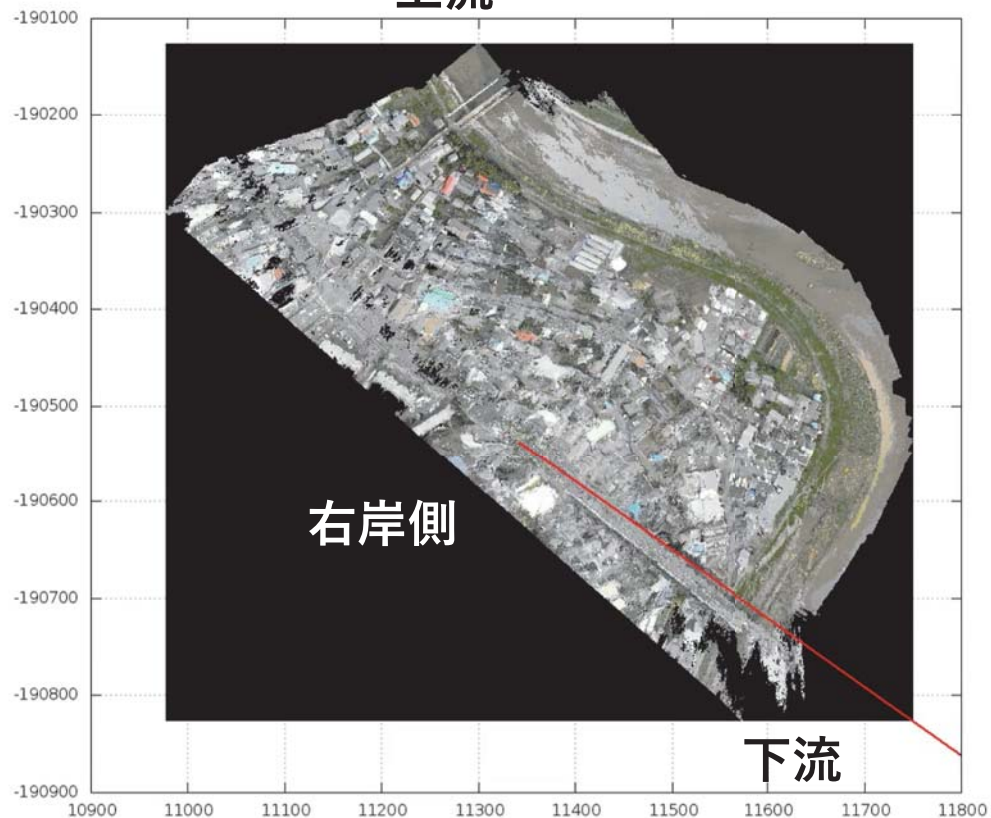


図. 浸水垂直表示画面の例（左: オルソ画像, 右: 浸水状況の鉛直断面, 右図赤線は点群の最高点, 青線は最低点, 灰色点は中間点群を示す）。

上流

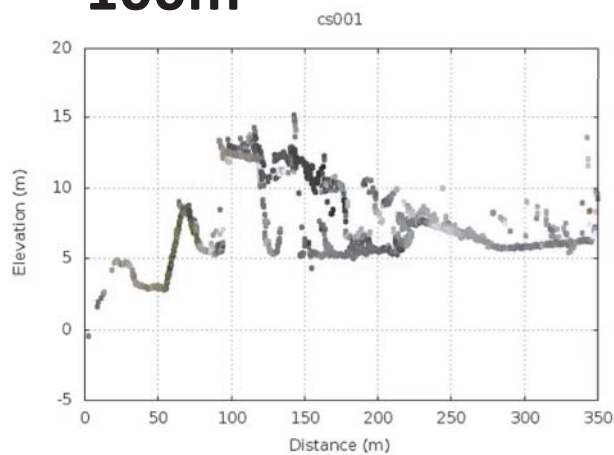


飛行高度別の点群取得

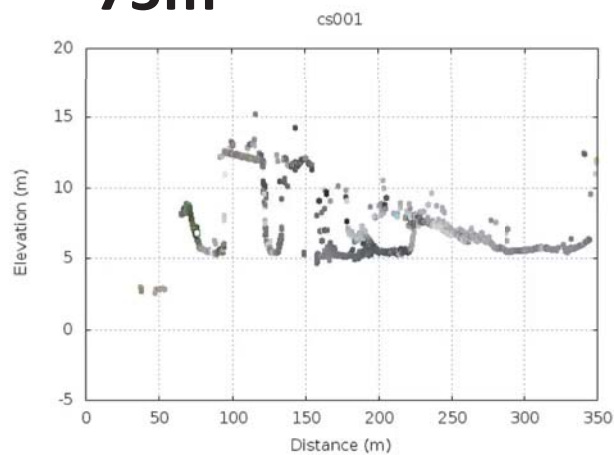
- 高度が低くなる程、情報取得可能距離が短くなる。
- 飛行高度を変えても、建物高さの検出の影響は小さい。

↓点群をRGB情報を元に図化。

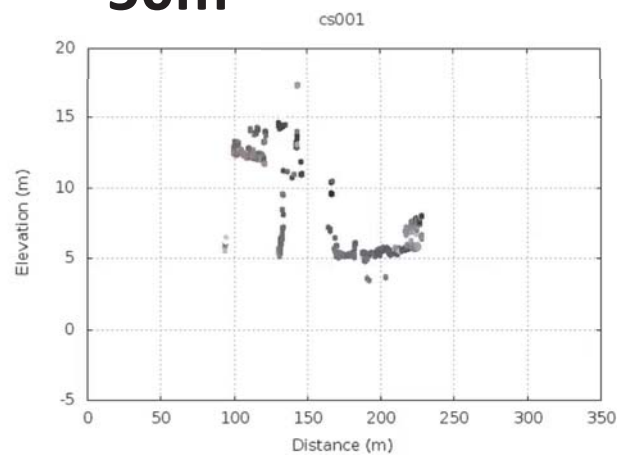
100m



75m



50m



ご静聴ありがとうございました



東北大学



謝辞: 本発表に使われた図面は株式会社復建技術コンサルタントとの共同研究の成果を含んでおります。また、研究を進めるにあたり、宮城県河川課には観測データおよびサイトの提供を受けました。記して謝意を表します。