



2016.1.22 千葉県環境計量協会新春講演会

**ラジコン電動マルチコプターによる環境計測
UAVが拓く新しい世界**

近藤 昭彦(千葉大学環境RS研究センター)



● UAV機材の低価格化と高機能化

- ・数万円～数十万円程度の機材
- ・マニュアル飛行からオートパイロットへ

● UAV利用の可能性を拓いたもの

- ・SfM-MVS (Structure from Motion) 技術
- ・高画質コンパクトデジカメの登場
- ・RS画像センサーの低コスト化、小型化
- ・その他、センサー技術の進歩

● UAVリモートセンシングへの道

- ・測量 オルソ空中写真・DSM作成、変化抽出
- ・計測 様々なセンサーを搭載可能

環境計測の
プラットフォーム
としての用途



地図の精度は
十分！
未来可能性
がいそう！



どんな機体があるか 自律飛行可能マルチコプター

DJI系



PHANTOM 2 Vision+

162,000円



INSPIRE 1

390,000円



S1000 + A2 + DATALINK

600,000円

3DR APM (Pixhawk) 系



Quantum NOVA

32,000円



3DR IRIS+

130,000円



Zion EX700

400,000円



ミニサーベイヤーMS-6L
ハイパースペクトルカメラ搭載



JABO H602
熱赤外カメラ搭載



Zion Pro800
飛行中



DJI PHANTOM2
空間線量率測定中



Zion QC630
着陸体勢



ミニサーベイヤー
低空で計測中



HSFを軽量化
JABO H601に搭載



Zion/EX 一式
オートパイロットで空撮



ZION/EX飛行中
高度80mでタイムラプス撮影

APM (Pixhawk) 系マルチコプターは自作可能

ArduPilot Mega

DIY的な要素が強いー低コスト化可能



機体

組み合わせ
自在



モーター
プロペラ等



APM



Pixhawk

フライト
コントローラ (FC)

離陸後はオート
パイロット可能



MissionPlanner
オープンソフトウェア

機体状況の確認
飛行ルートの設定
機体の調整 (ソフト)
システムのバージョンアップ
ログデータの取得

国産マルチコプター ミニサーベイヤー MS-6L

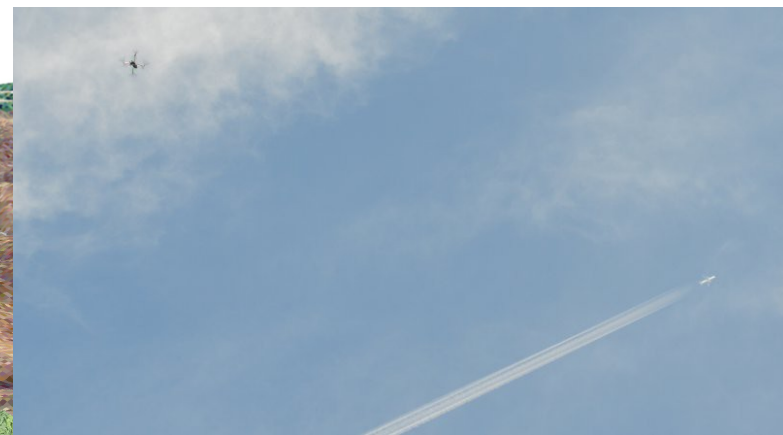


UAVを使って取り組んでいる課題

- | | |
|--------------|------------|
| ① オルソ空中写真の作成 | SfM-MVSの応用 |
| ② 作物の生育診断 | 水稲への応用 |
| ③ 外来生物の分布 | ナガエツルノゲイトウ |
| ④ 地表面・水面温度 | 生育診断、環境計測 |
| ⑤ 空間線量率の分布 | 原子力災害への取組 |
| ⑥ その他 | |



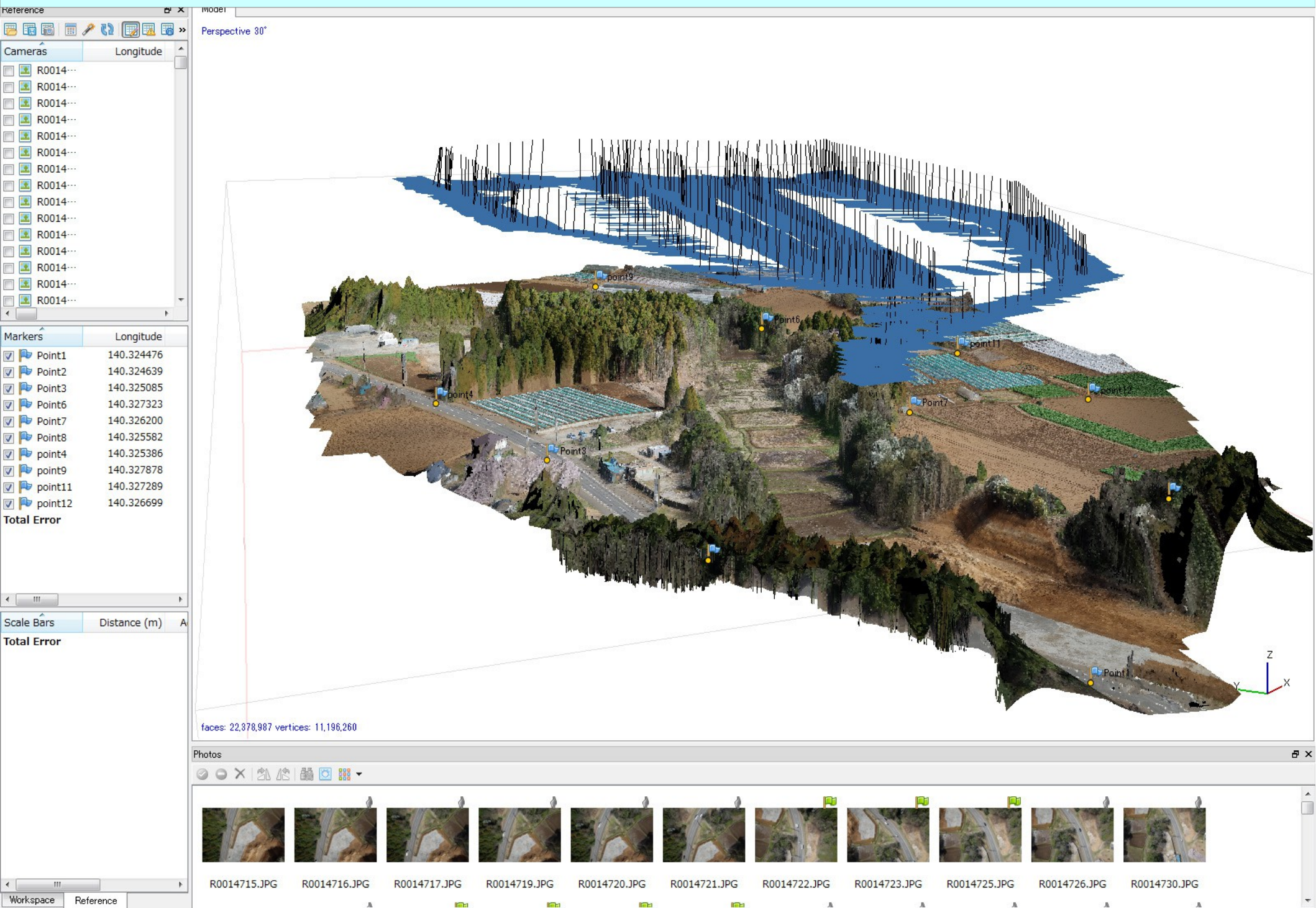
① オルソ空中写真と、DSM (Disital Surface Model) の作成 —技術的には確立、様々な応用へ—

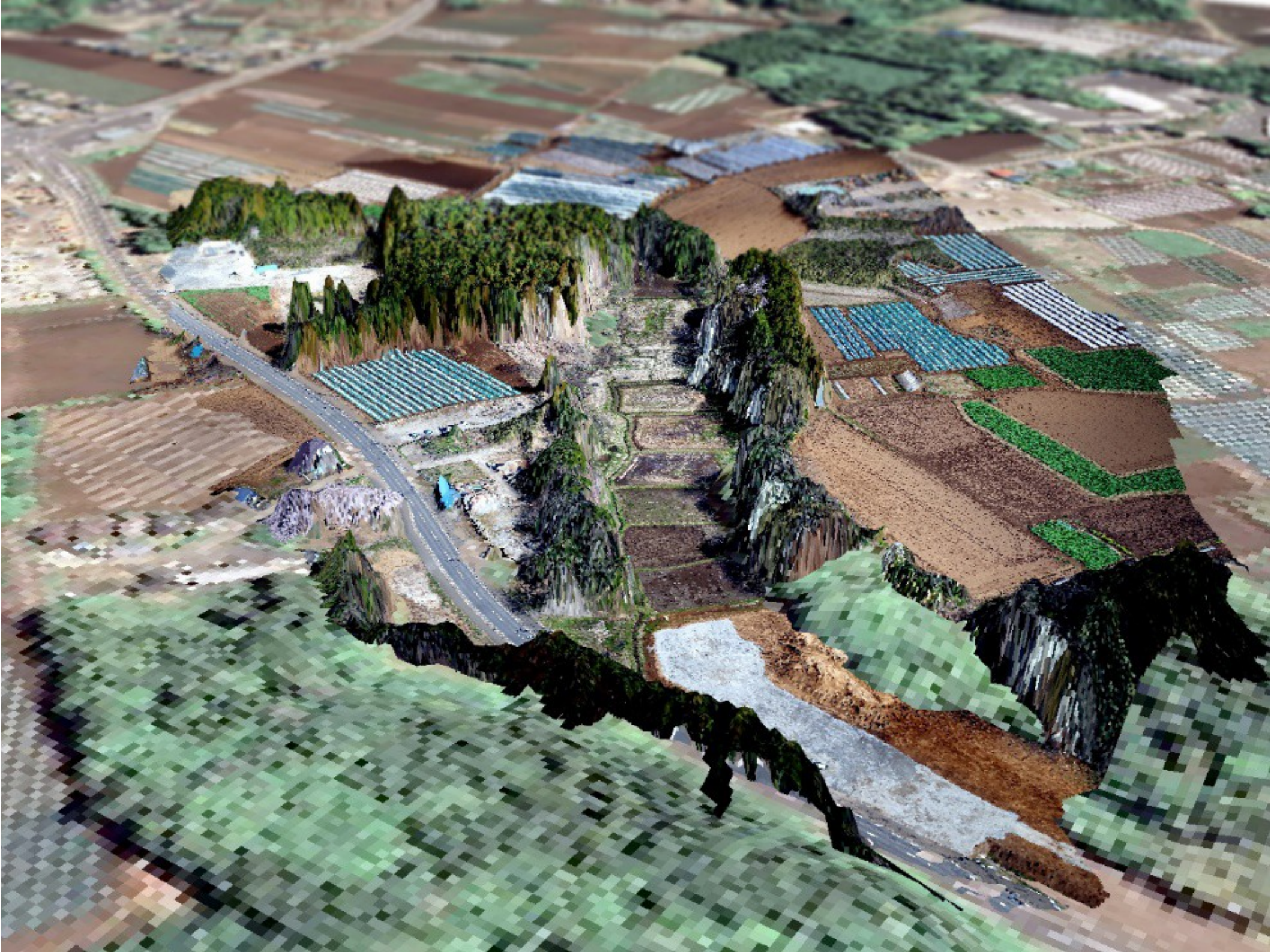


オーバーラップする鉛
直写真をインターバ
ル撮影で取得



SfM-MVS技術の活用－三次元モデルの作成



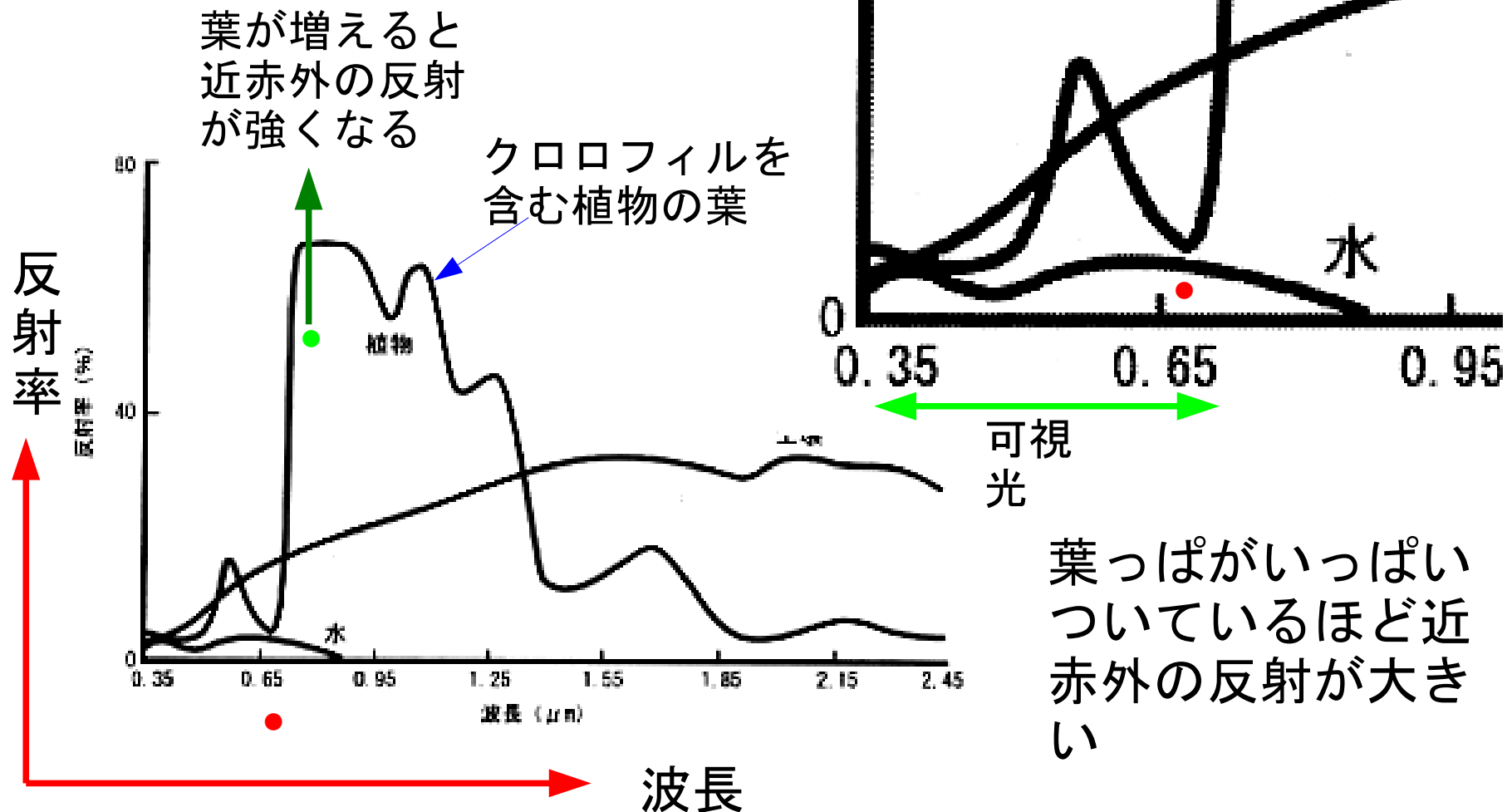


リモートセンシングによる植生・作物観測 — 原理 —

緑の葉は赤の光を吸収し、近赤外の光は反射

赤と近赤外の画像から植生のシグナル抽出

●赤の光を吸収、●近赤外の光を反射



正規化差植生指標を定義

正規化差植生指標 **NDVI**

Normalized Difference Vegetation Index

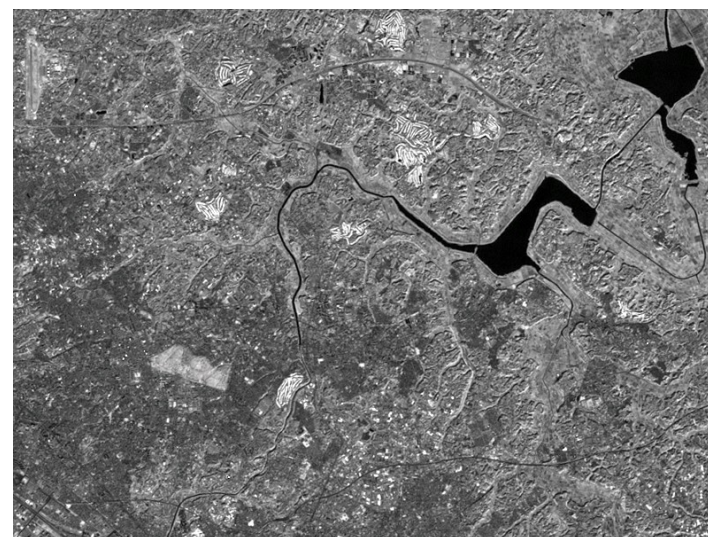
$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

ここで、NIRは近赤外バンドの反射率あるいはDN(Digital Number)、Rは赤バンドの反射率あるいはDN(Digital Number)。



●左は赤の画像、右は近赤外の画像

●植生域は
どうなっ
ているかな



(2001年11月27日のETM+画像)

近赤外カメラは、市販製品あり、自作も可能



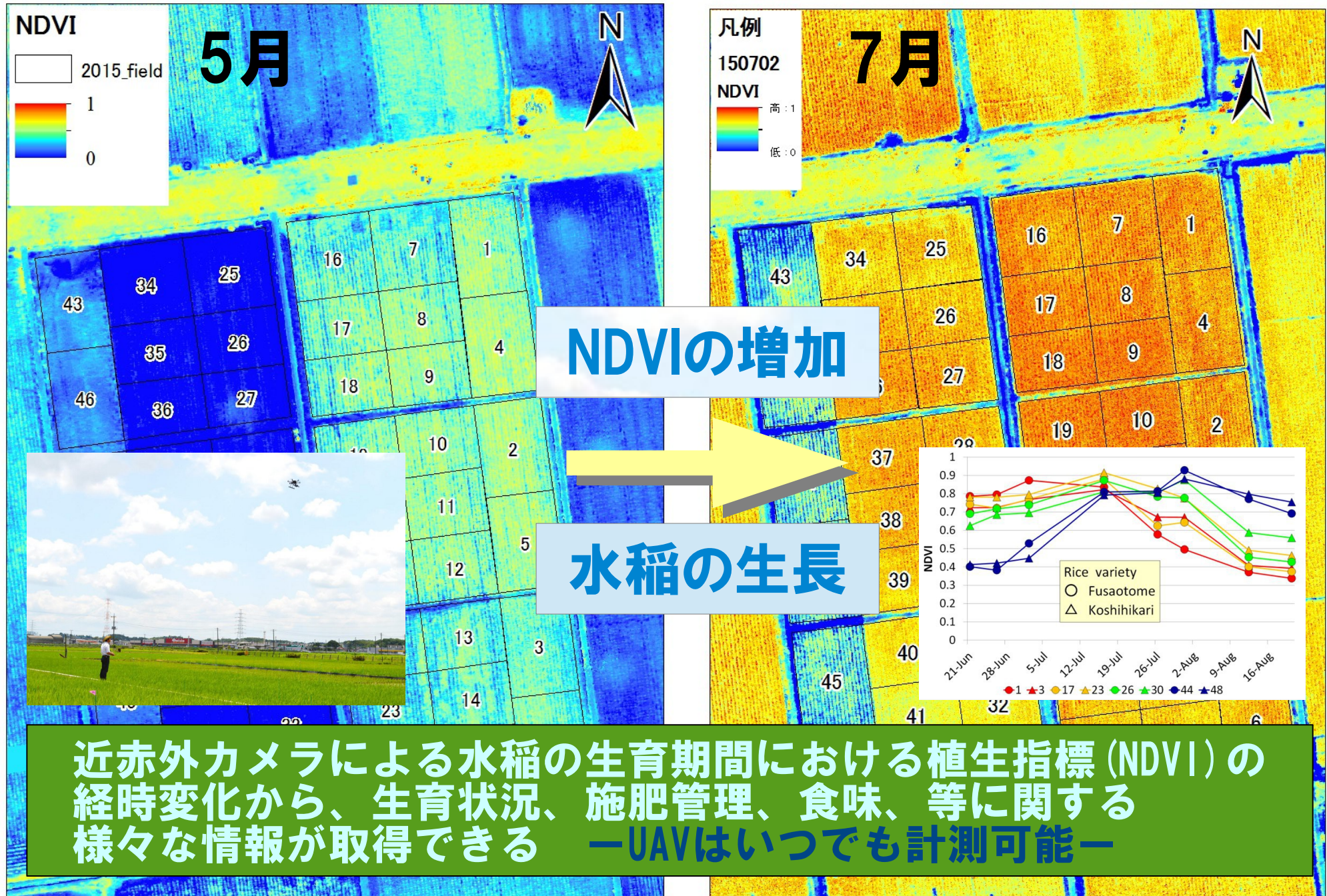
2001年11月27日のNDVI画像

植生域は明るく、都市域は暗く表現



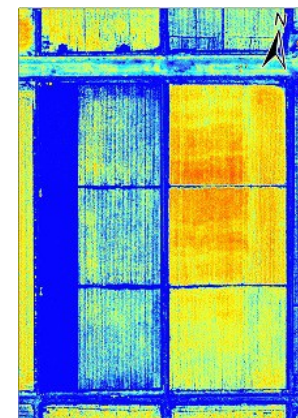
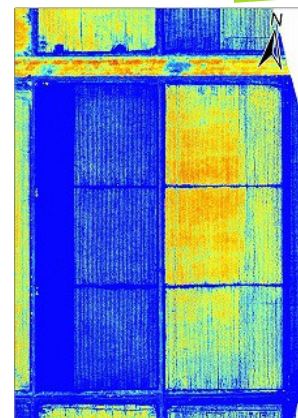
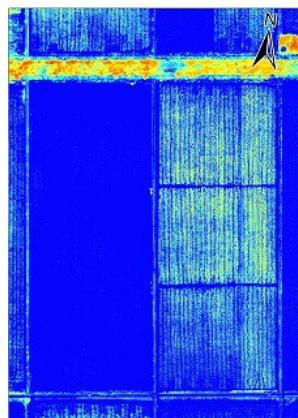
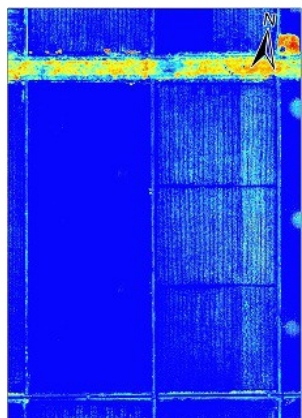
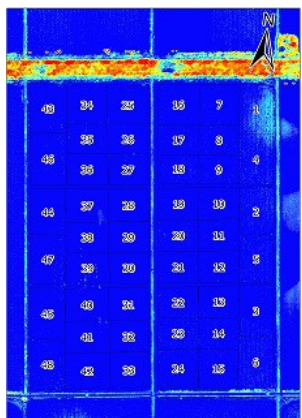
② 水稻生育モニタリング ー近赤外カメラによる空撮ー

- ・可視・近赤外リモートセンシング
- ・SfMによる草丈計測



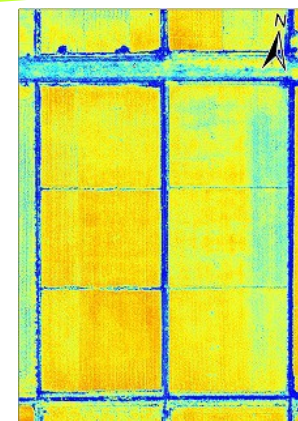
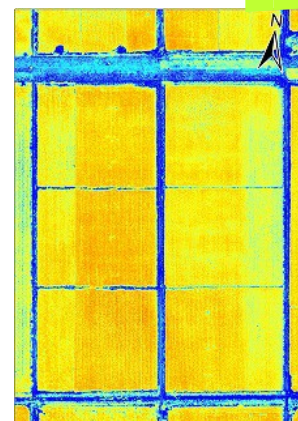
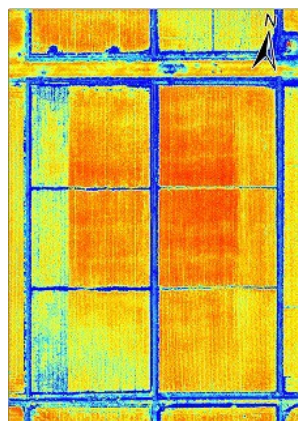
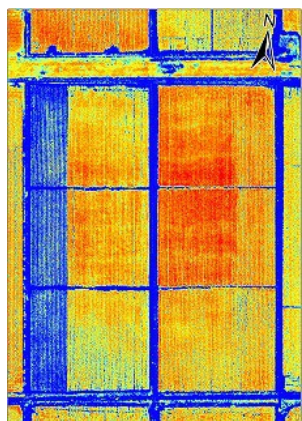
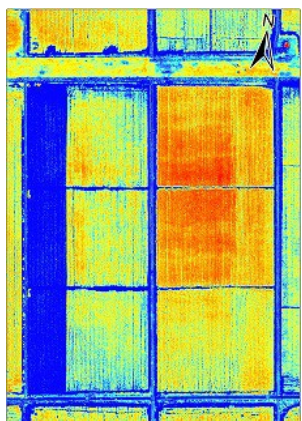
田植え

6月中旬



6月下旬

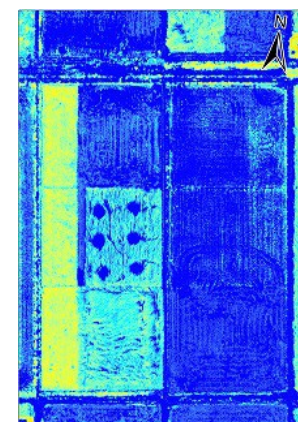
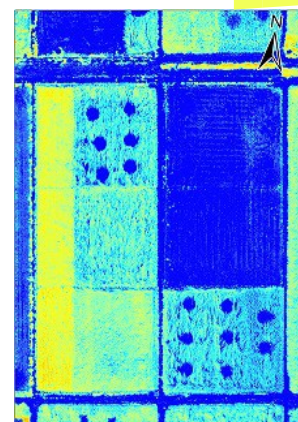
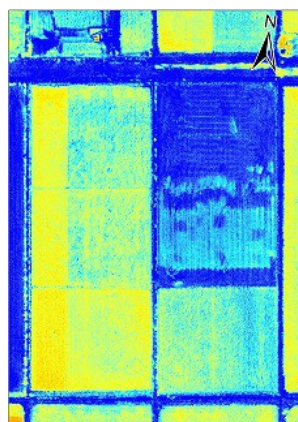
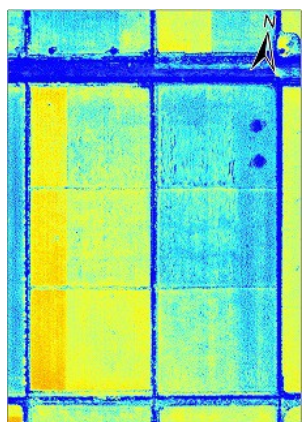
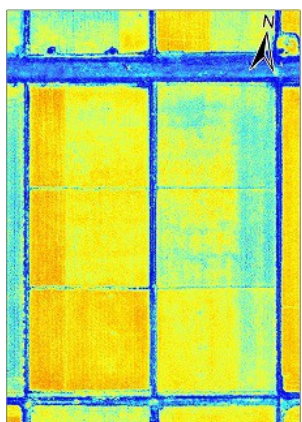
7月下旬



8月初旬

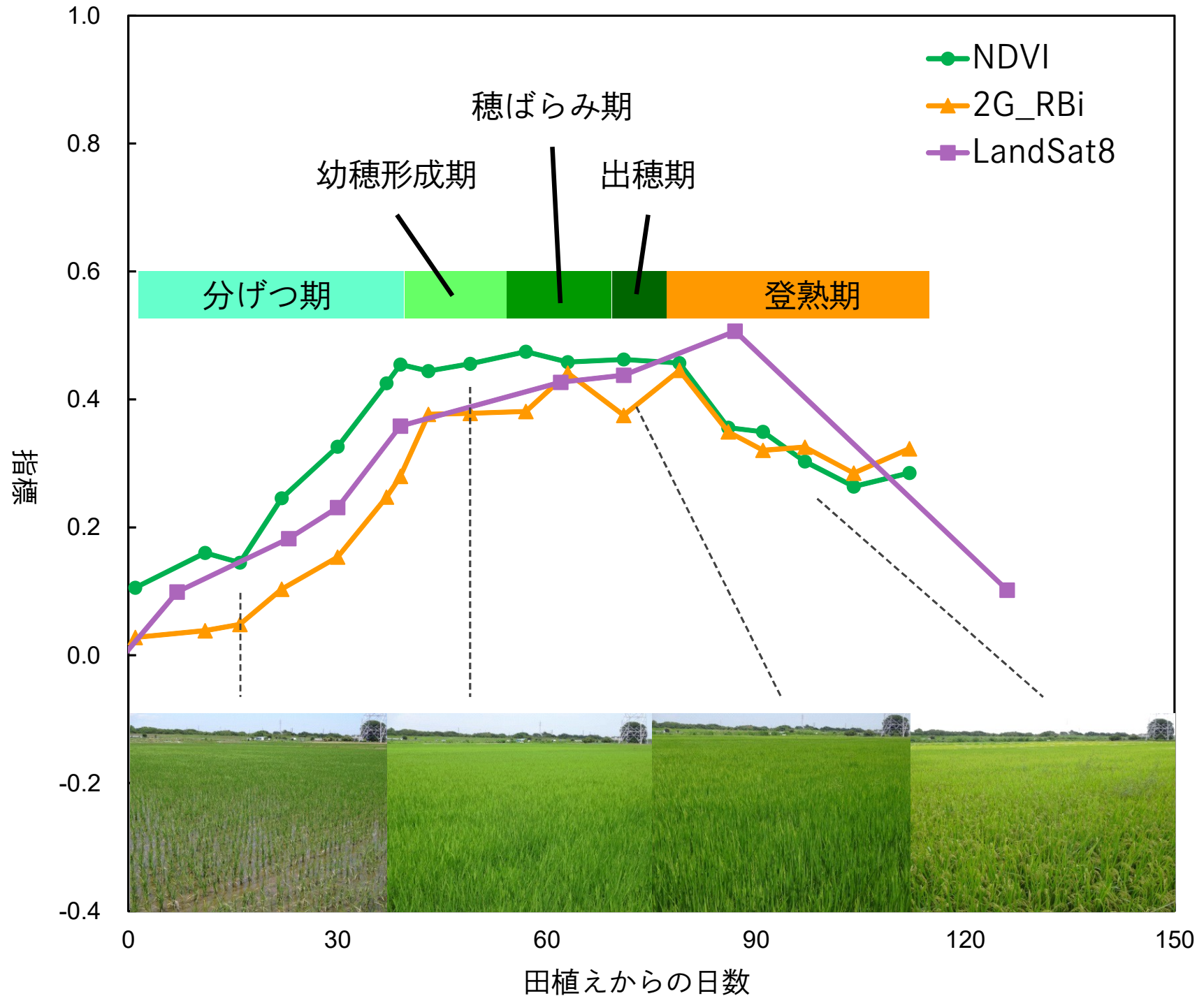
収穫開始

9月初旬



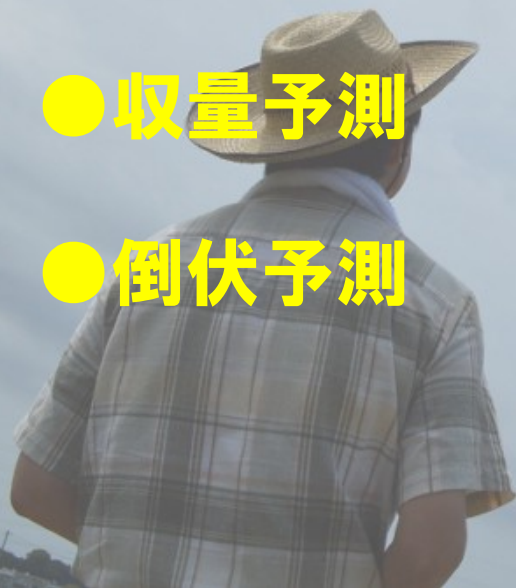
NDVIの季節変化

植生、作物の生育に関する情報



何がわかるか

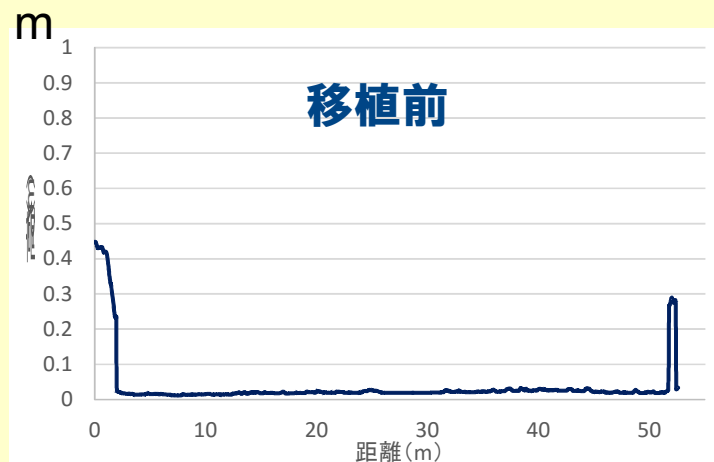
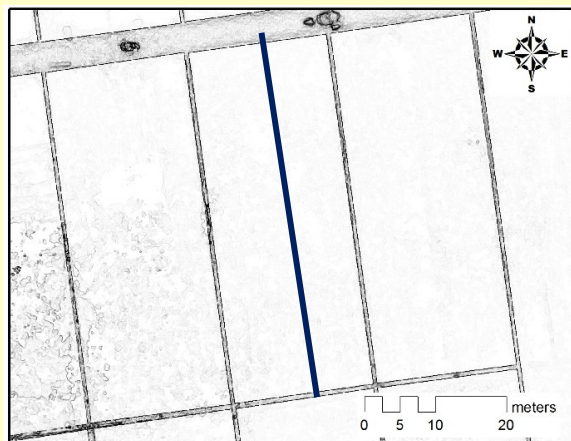
- 代掻き水平精度の確認
- 生育むら
- 追肥時期の決定
- たんぱく質含有量の推定
- 収量予測
- 倒伏予測



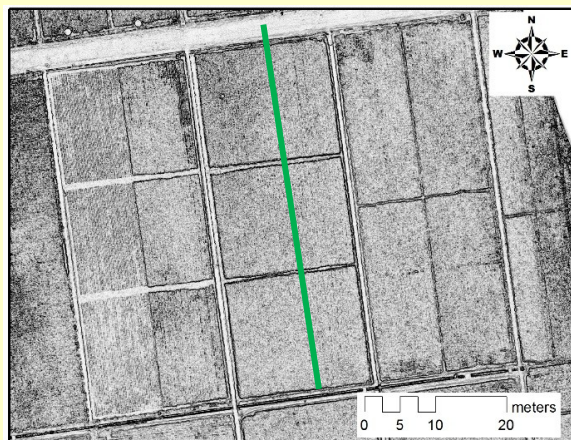
DSMの変化⇒稲の群落高の変化

DSM

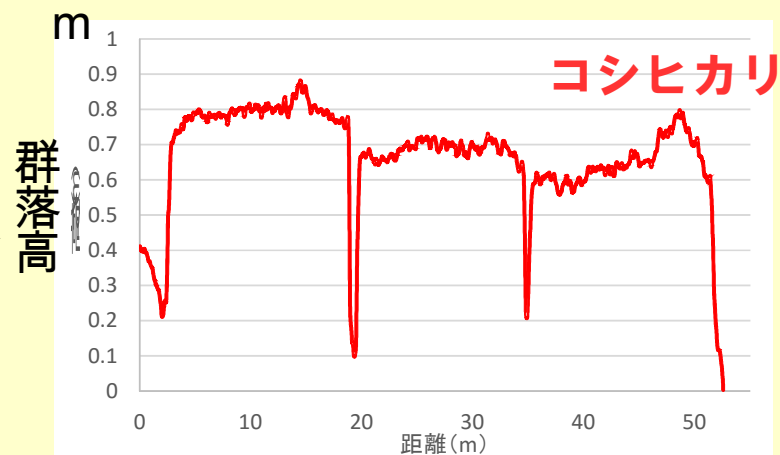
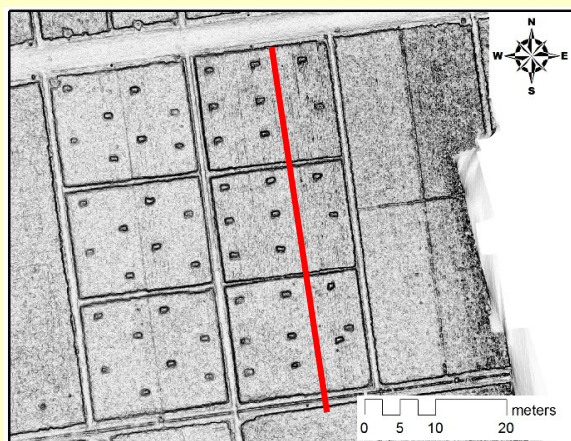
5/13



6/21

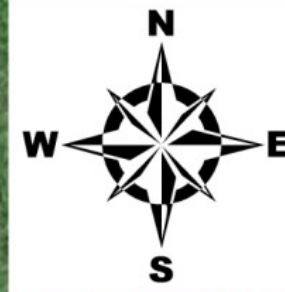


7/16



コシヒカリの倒伏予測

- ・追肥時期の草丈84cm以上
- ・幼穂形成期の草丈70cm以上



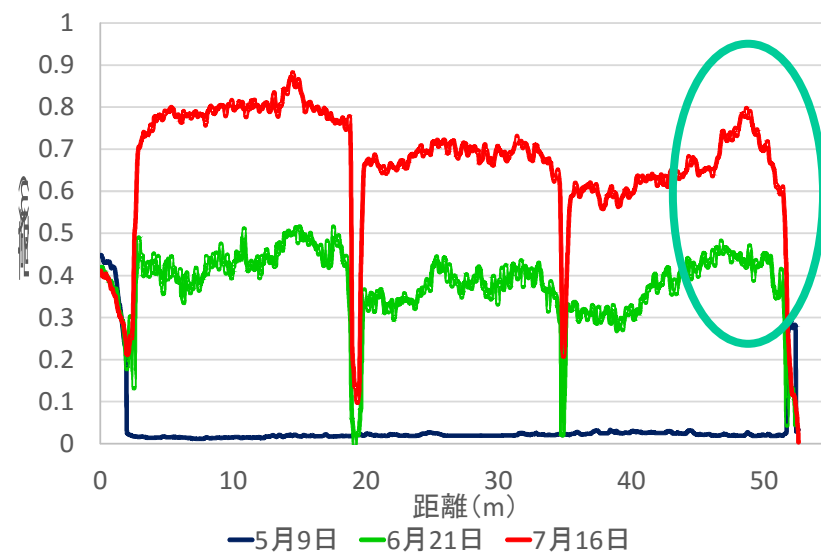
Legend

 Risk_area

20140702.tif



コシヒカリの倒伏予測



Legend

 Risk_area

20140820.tif



日本の稲作への応用

大規模圃場

直播⇒生育むらの把握
ピンポイント施肥管理

個別の農家

個別圃場ごとの対応
ブランド創成

③ 生態系モニタリング — 特定外来生物の分布、動態解析

外来水草ーナガエツルノゲイトウーの分布状況、 時間変化を空撮でモニタリング



問題点

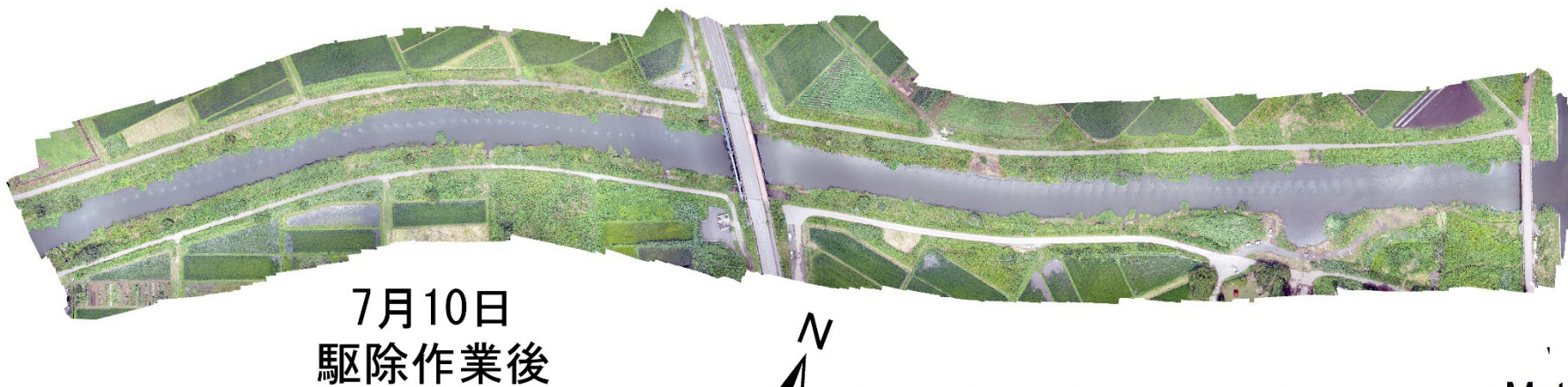
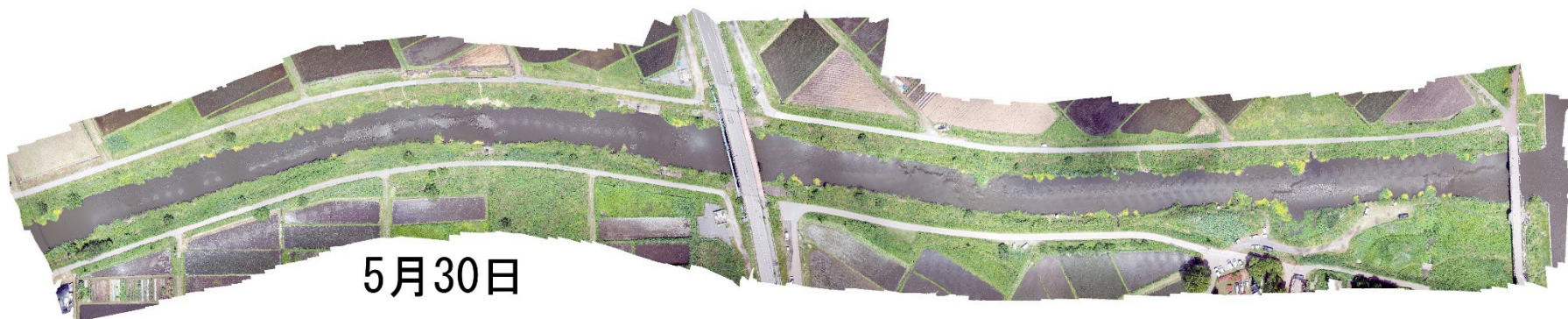
洪水時の疎通障害
排水ポンプの機能不全
水田への侵出
在来生態系への影響
...

ナガエツルノゲイトウ



千葉県、印旛沼流域では治水、利水施設の運用や農業に大きな打撃

オートパイロットで50m高から河岸を撮影し、オルソ空中写真を作成



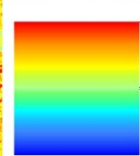
拡大写真

群落の面積と体積
変化が計測可能

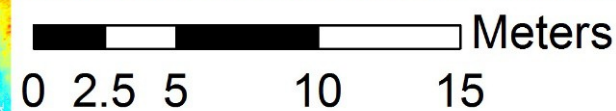
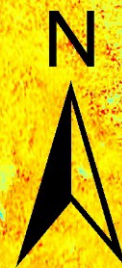
産官民学協働の駆除作戦を実施中
ヒシ、アオコ、クロロフィル、等へ応用

凡例

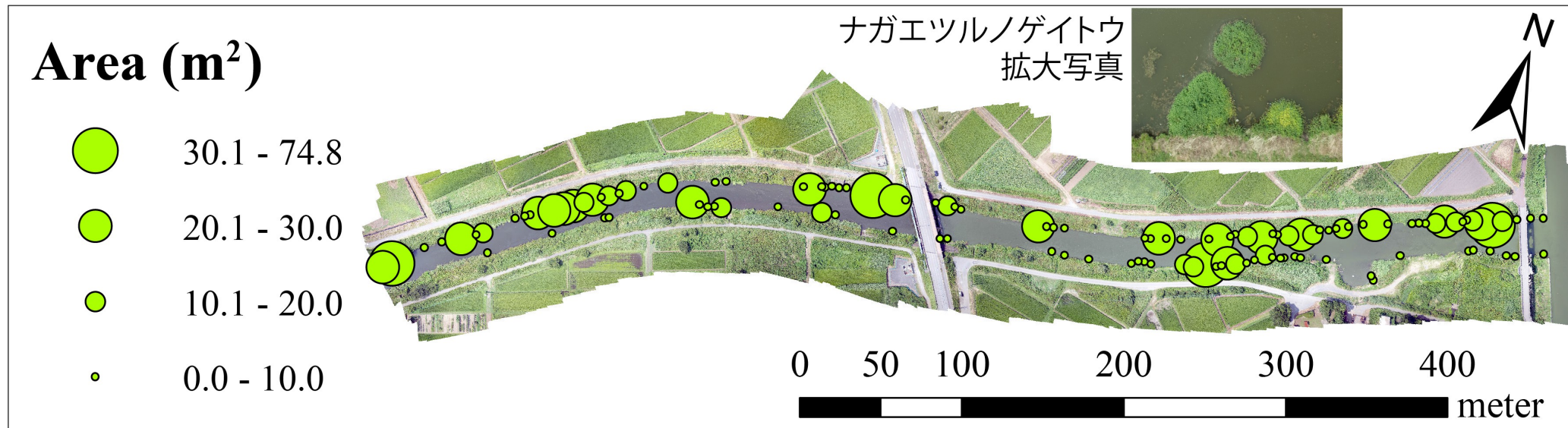
NDVI



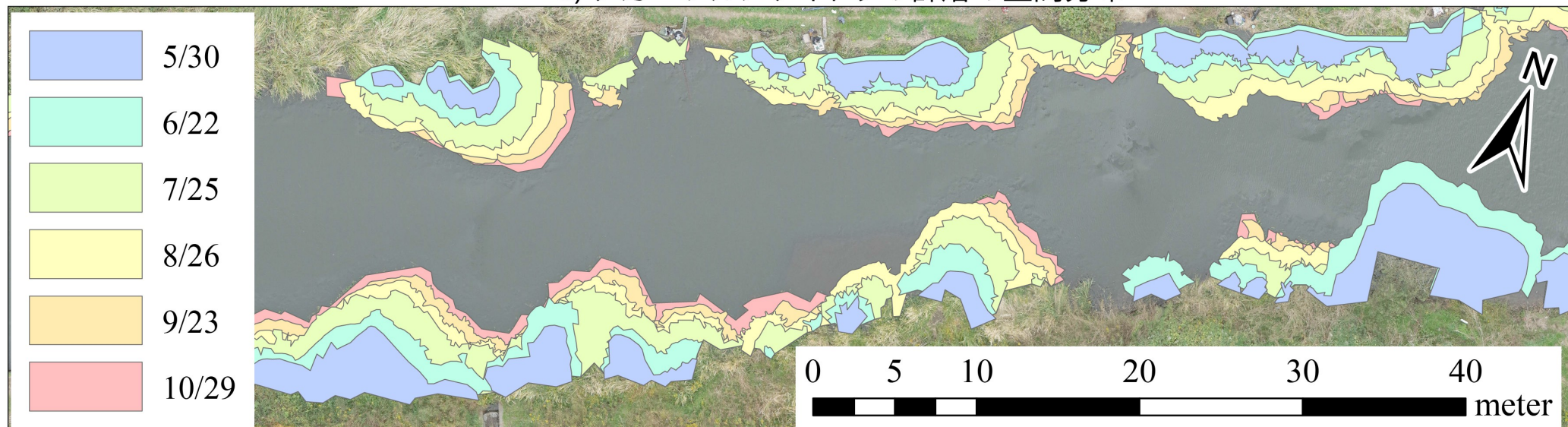
1
0



繁茂面積の計測、経時変化、成長特性、...

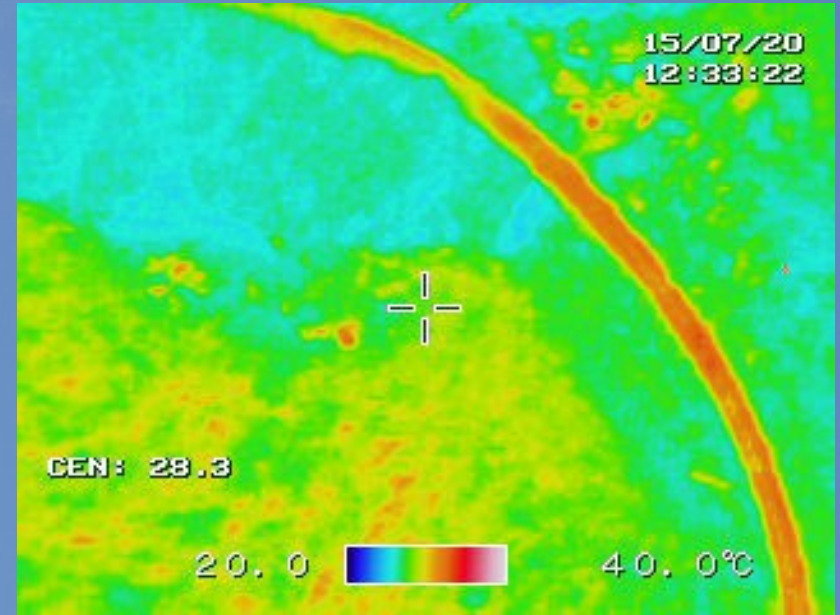


a) ナガエツルノゲイトウの群落の空間分布

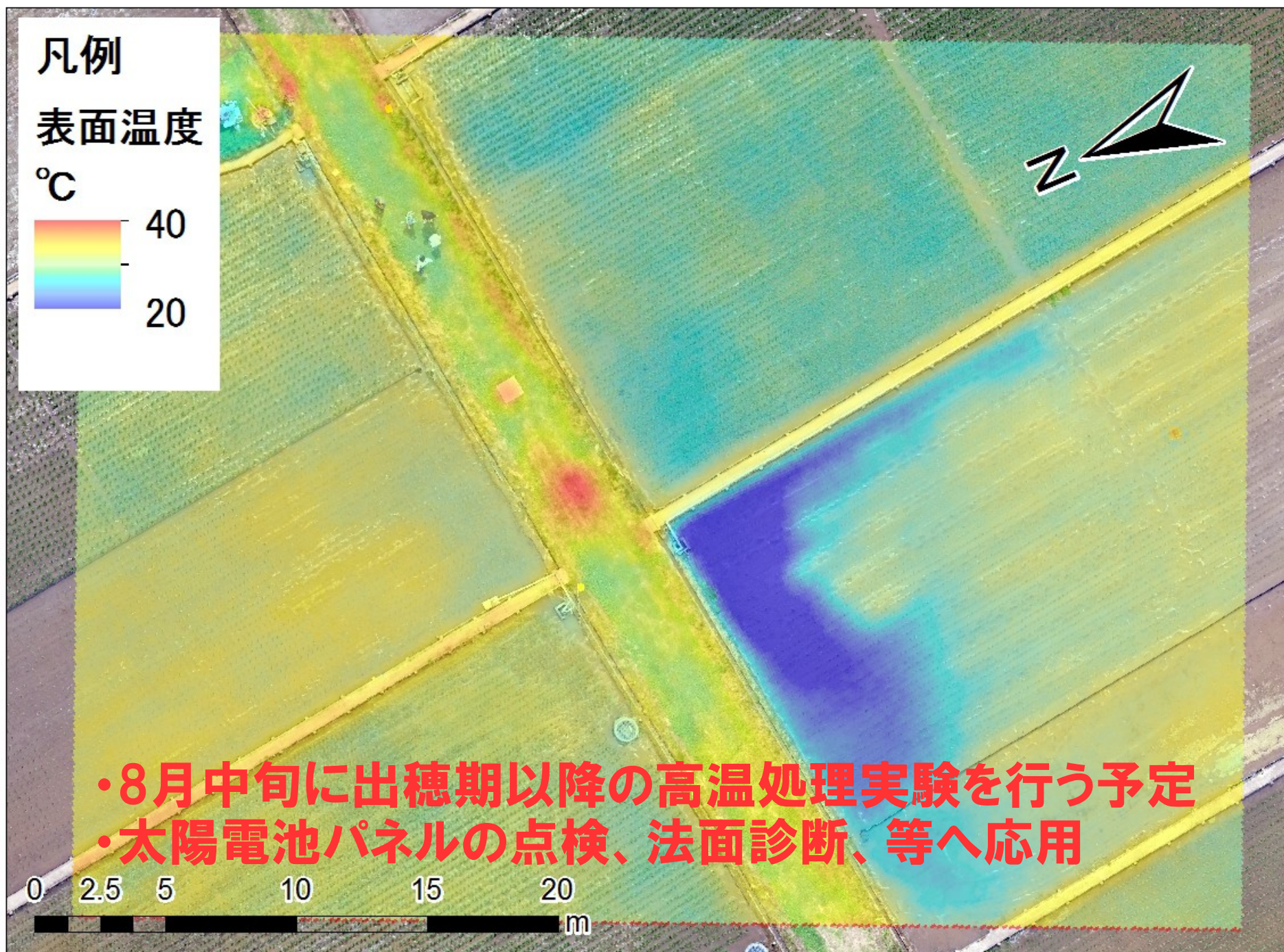


b) ナガエツルノゲイトウの群落の生長

④ UAVで地表面温度を測る



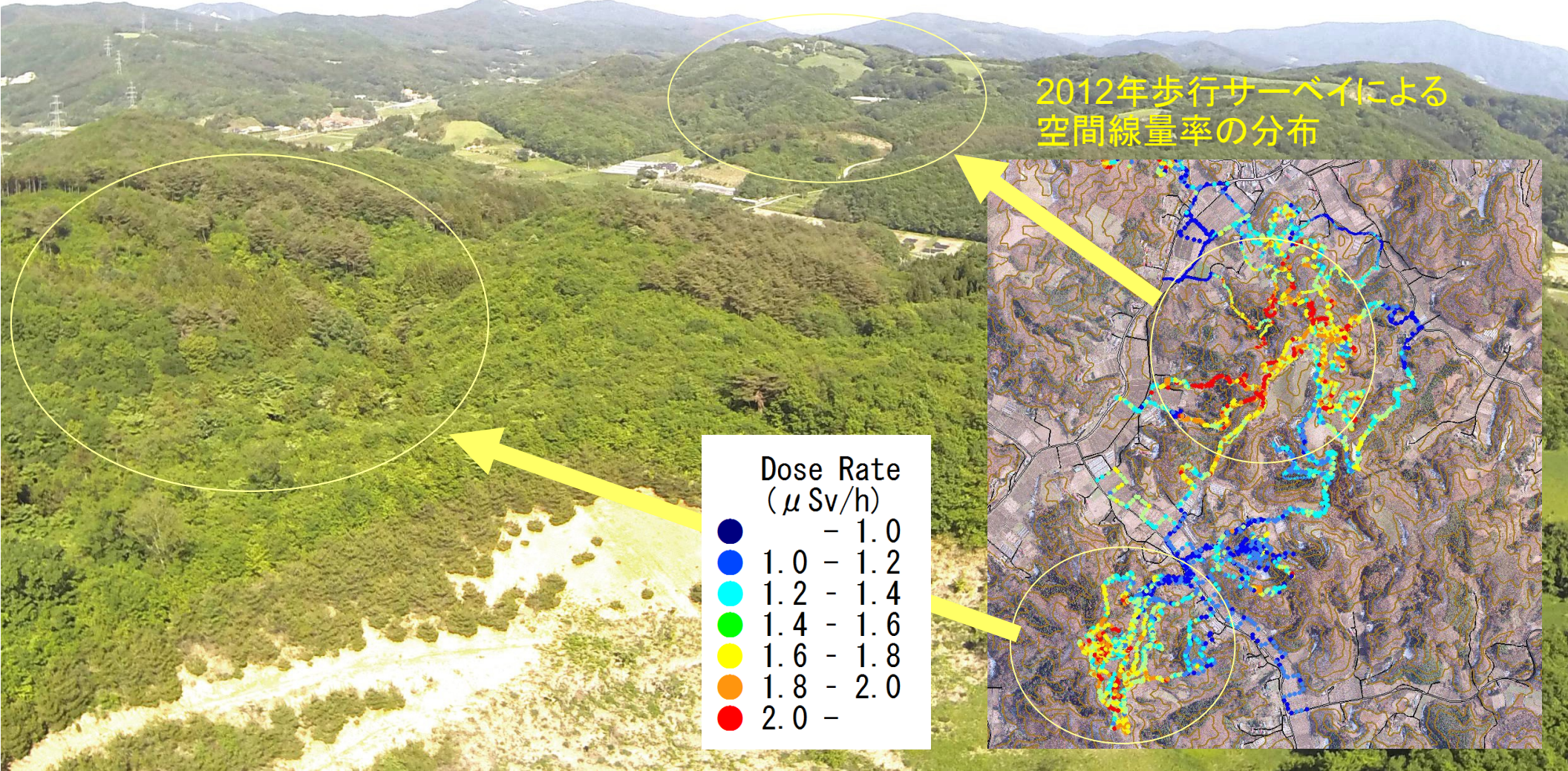
水田圃場の地表面温度分布



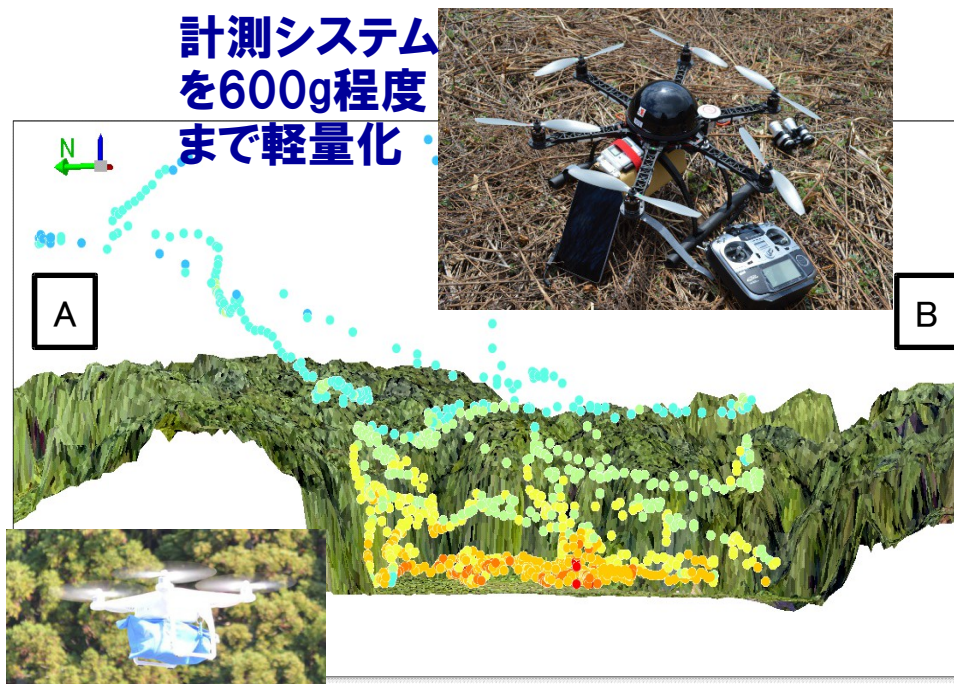
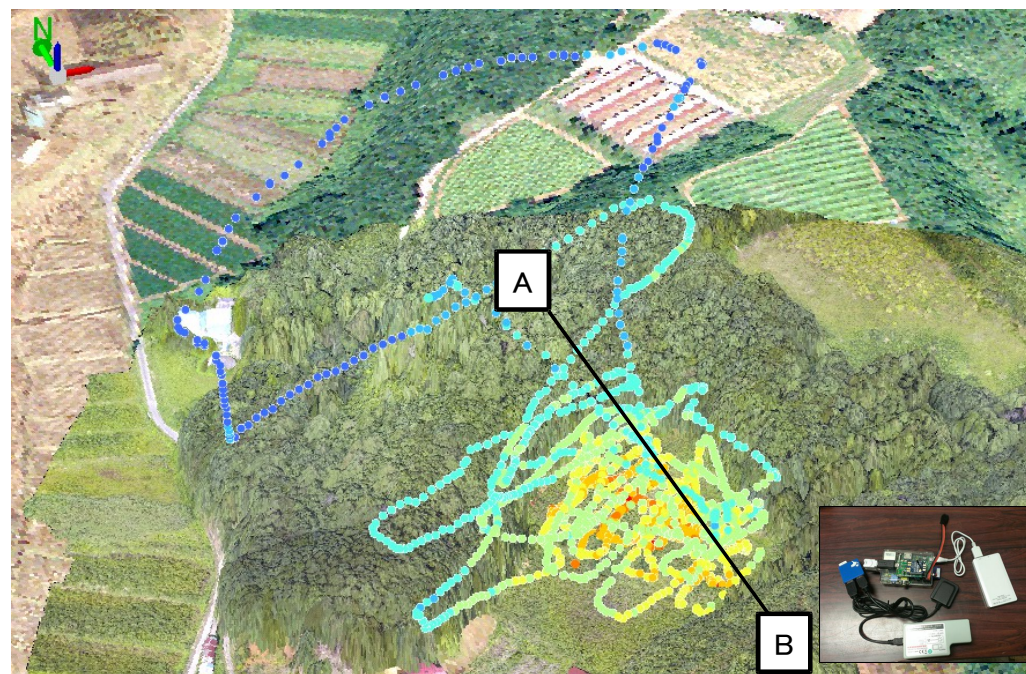
⑤ 空間線量率の計測 —原子力災害への取組—

●山村の暮らしは田畑、住居、里山を含む
小流域における水・物質循環のもとで
成り立っている

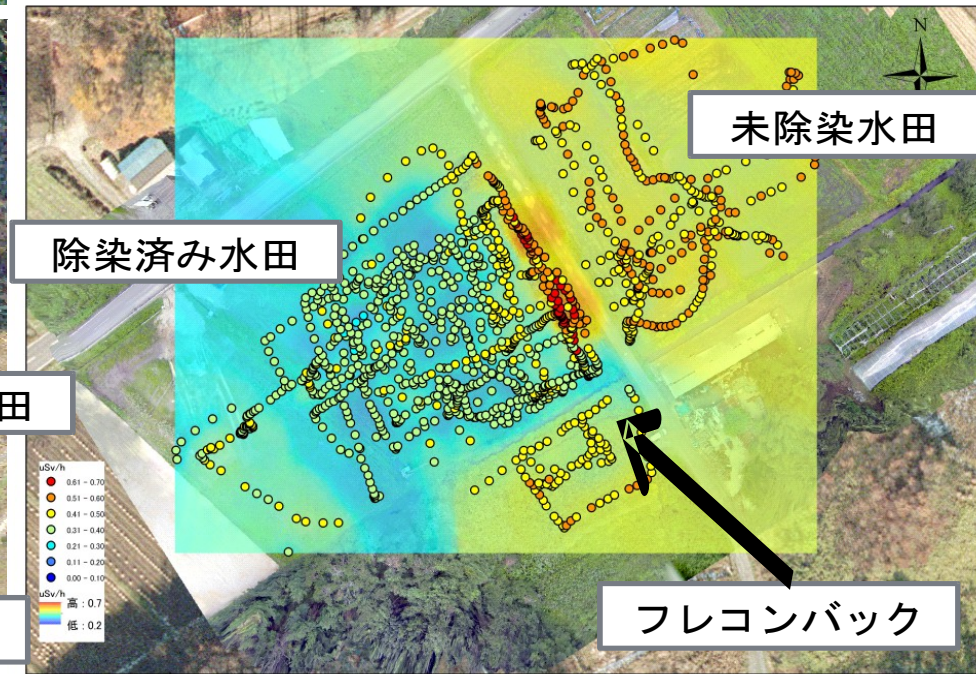
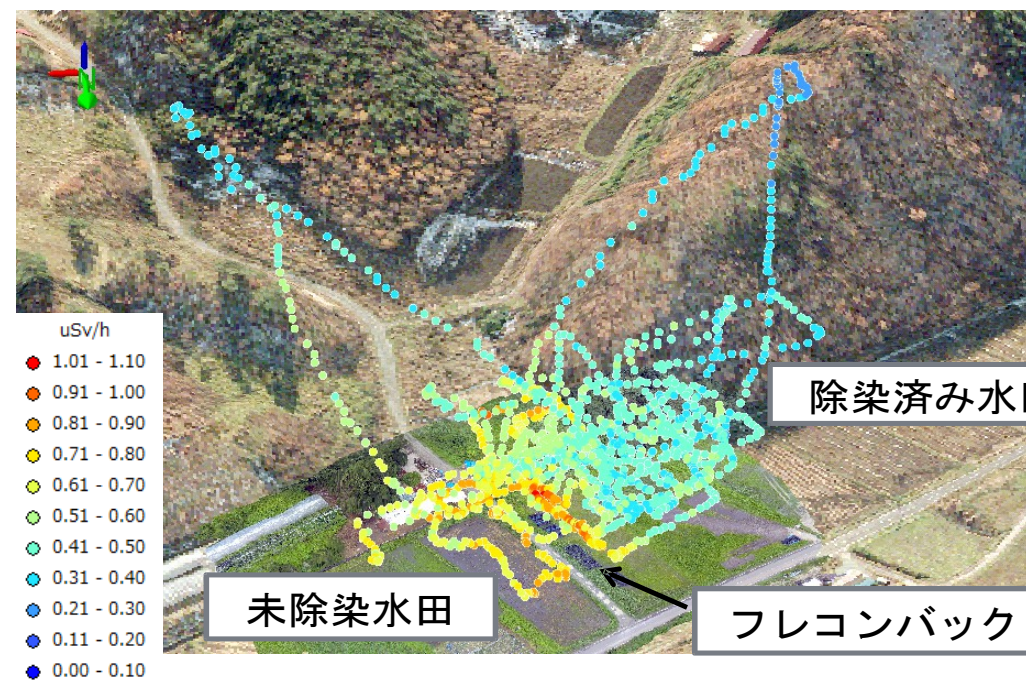
●里山の放射能対策を！ —チーム千葉大—



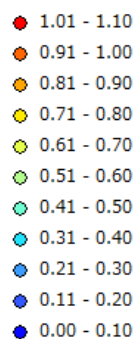
マニュアル飛行による空間線量率の三次元分布



計測システム
を600g程度
まで軽量化



uSv/h



除染済み水田

未除染水田

除染済み水田

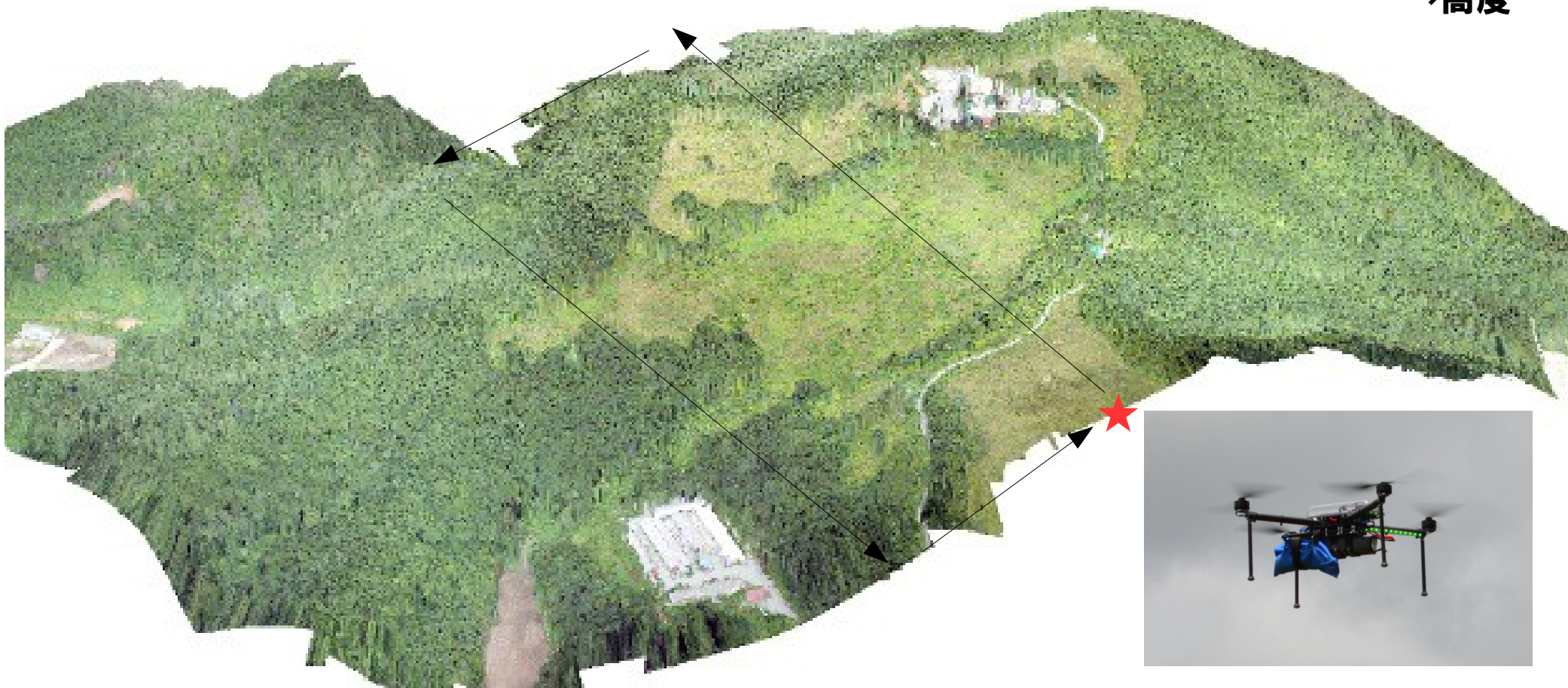
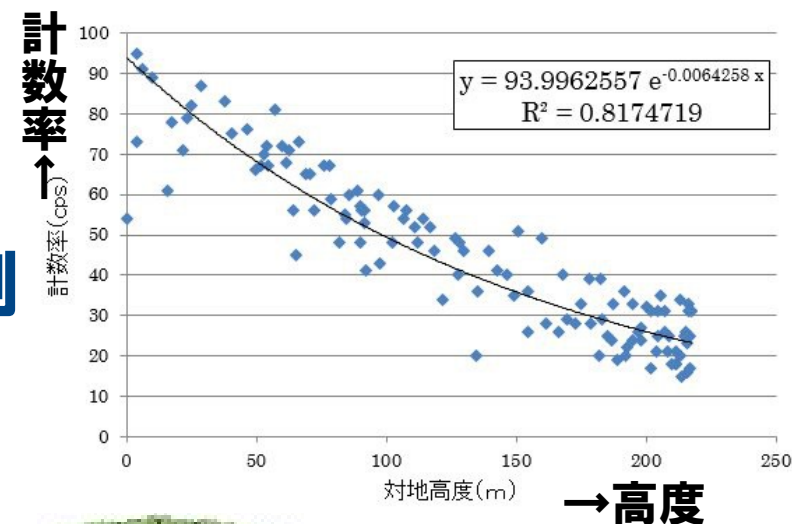
未除染水田

フレコンバック

フレコンバック

山林域における空間線量率計測の手順の確立

- ①DSMの作成ー飛行高度設定
- ②飛行ルート設定-衝突防止
- ③空間線量率の鉛直分布の計測
- ④オートパイロットによる飛行・計測
- ⑤1m高空間線量率へ変換



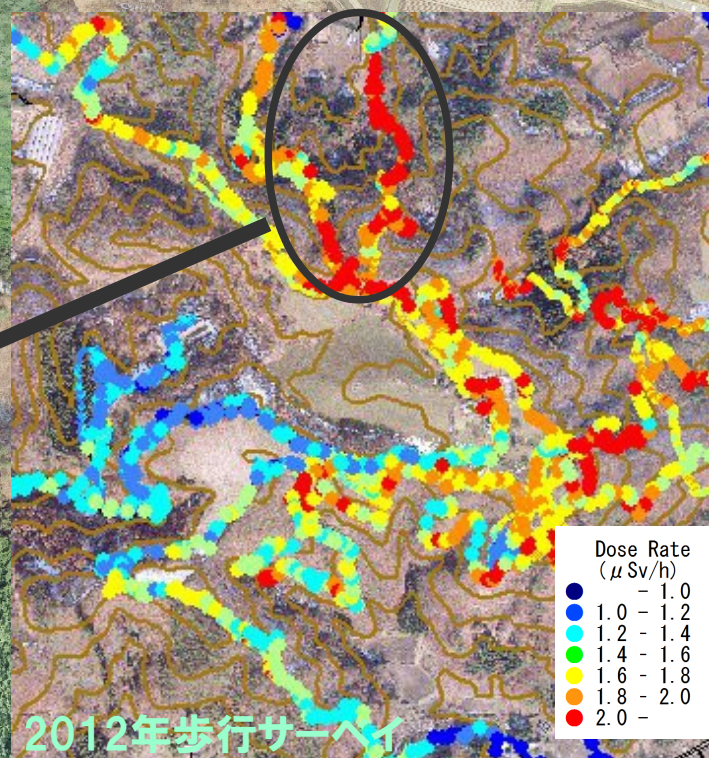
N

1m高空間線量率分布

離発着地点より30m高で測定



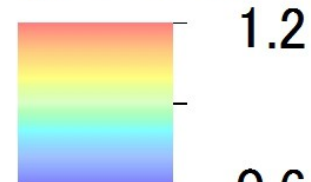
0 125 250 500 meters



凡例

UAV 1m高換算

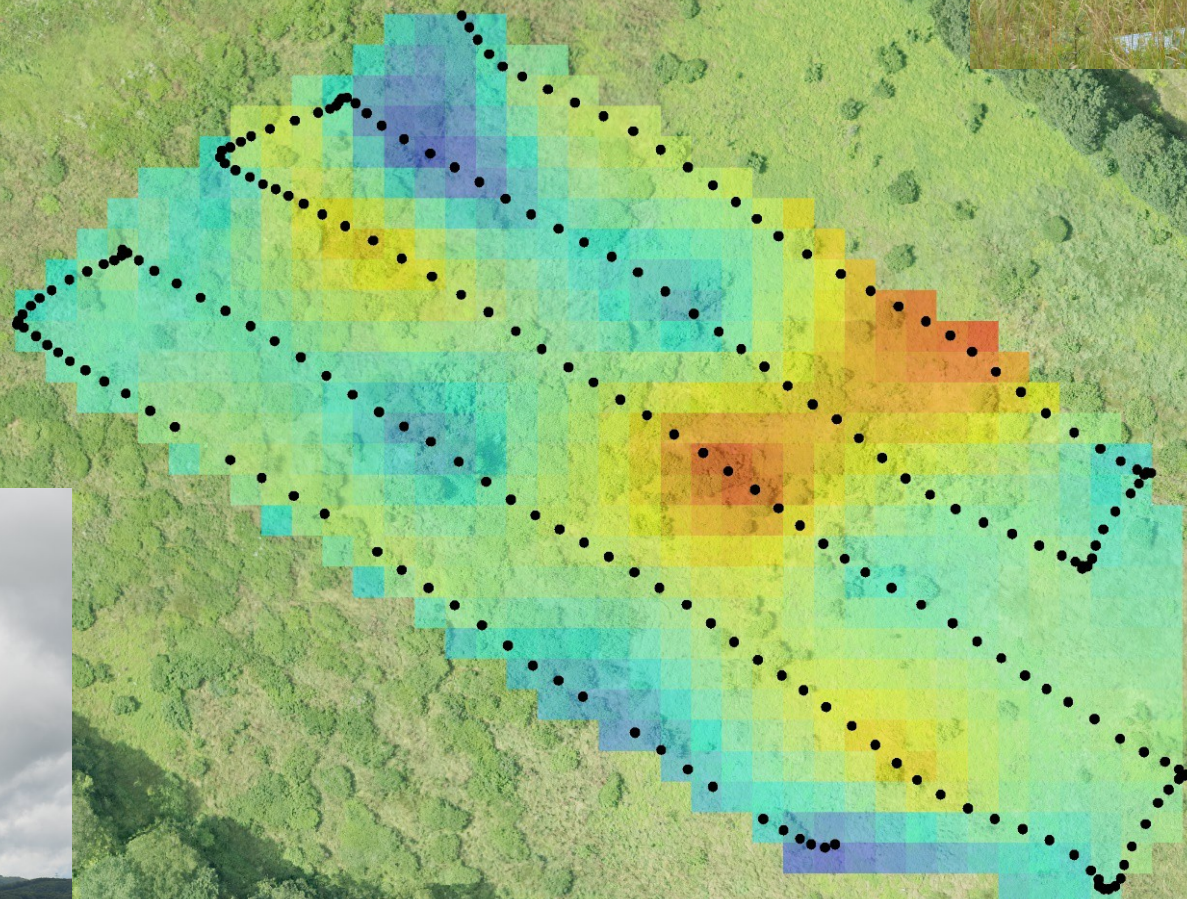
$\mu\text{Sv/h}$





1m高空間線量率分布

離発着地点より10m高で測定



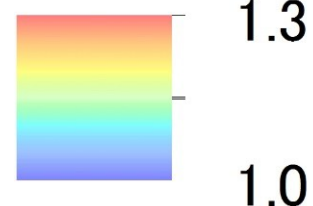
課題は斜面に沿った飛行—勇気！—



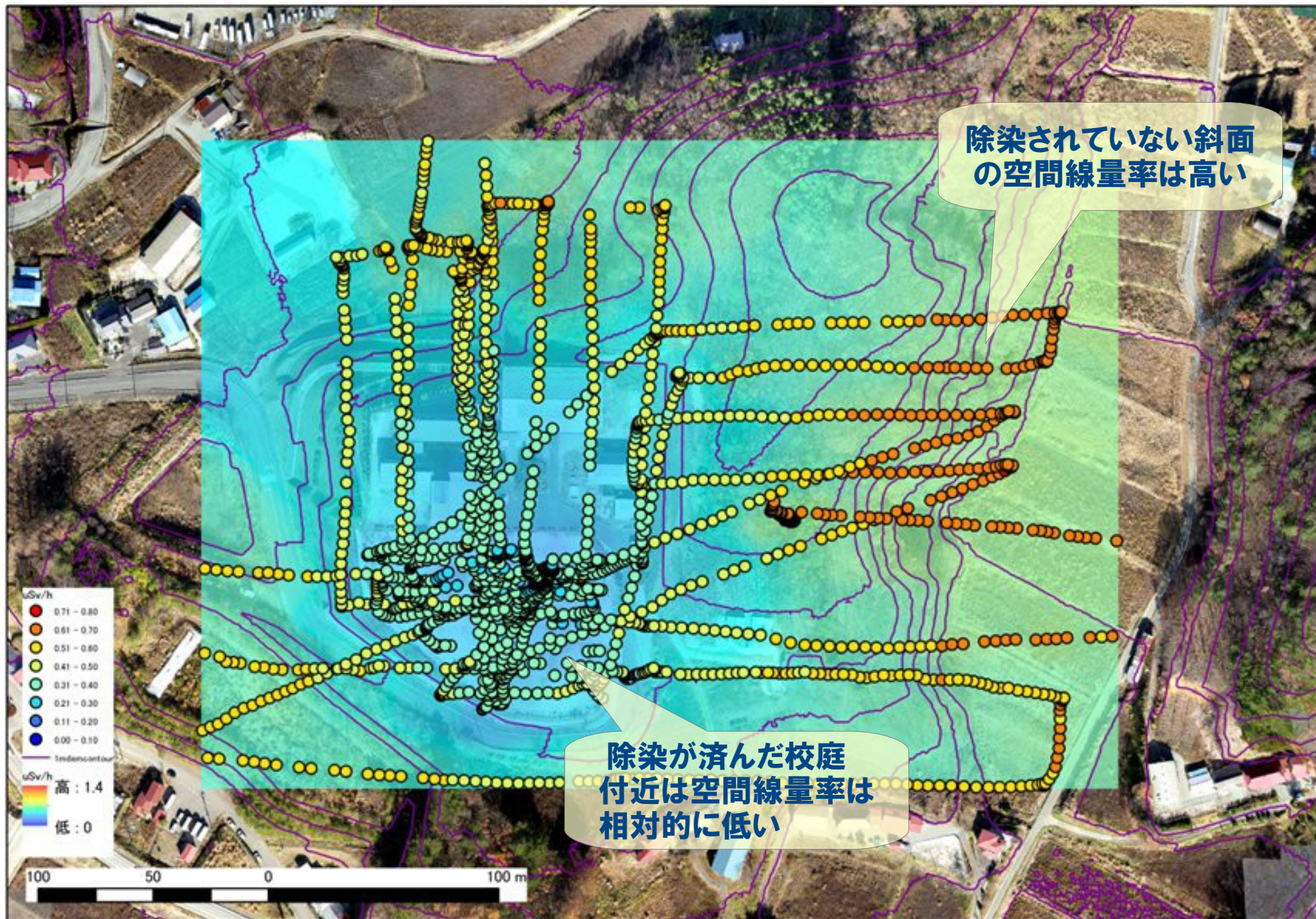
凡例

150719

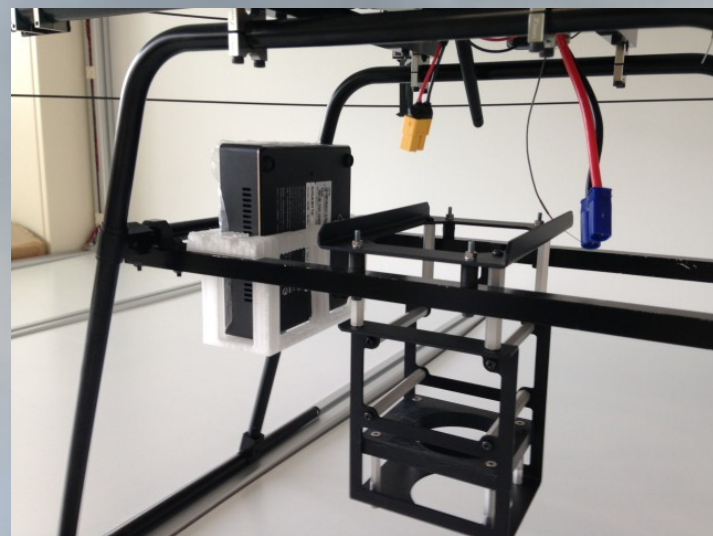
$\mu\text{Sv/h}$



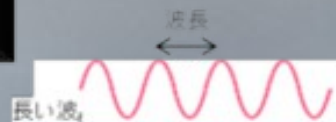
山木屋小学校周辺の空間線量率計測



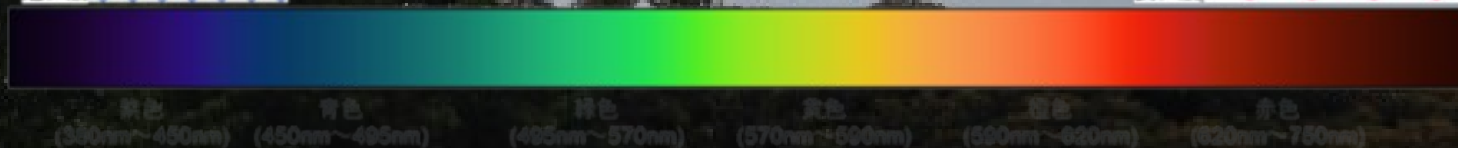
MS-6L ハイパースペクトルカメラ搭載準備中



今年の課題: HyperSpectrumによる様々な計測の可能性を追求



(C)エバ・ジャパン株式会社



いくつかの事例を紹介してきました

- | | |
|--------------|------------|
| ① オルソ空中写真の作成 | SfM-MVSの応用 |
| ② 作物の生育診断 | 水稲への応用 |
| ③ 外来生物の分布 | ナガエツルノゲイトウ |
| ④ 地表面・水面温度 | 生育診断、環境計測 |
| ⑤ 空間線量率の分布 | 原子力災害への取組 |
| ⑥ その他 | |



UAVリモートセンシングとして 様々な応用が可能です！



測量・環境計測のツールとして UAVの可能性を皆さんと一緒に 拓いていきたいと思えます！

講演資料：<http://dbx.cr.chiba-u.jp/>

