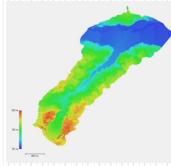
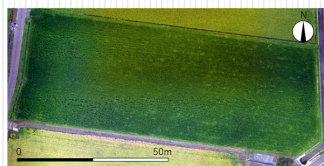




2019年5月17日 福井県ニューレスブ協会技術講習会 資料
於 ふくい産業支援センター

UAVを用いた現地調査支援について

～斜面崩壊形状，水稻の活性度，
吹付法面のひび割れの把握～



福井工業高等専門学校 辻野和彦

自己紹介

辻野和彦 (TSUJINO, Kazuhiko)

福井工業高等専門学校 准教授 環境都市工学科

専門 空間情報工学

◎授業では，測量学，応用測量学，空間情報工学に加え，
構造力学，実験実習（RC梁・トラス・水理実験）等を担当

◎研究では，衛星画像を用いた斜面崩壊に関する画像解析
斜面崩壊発生箇所の特徴の分析→予測につなげる

最近では，**UAVによる空撮画像の活用**

UAVを用いたモルタル吹付法面のひび割れ抽出

UAVを用いた水稻の活性度調査

空撮画像とLiDARデータを用いたスギ林の材積推定

空撮画像を用いた河床形状の把握

辻野研究室が所有するUAV(1)

名称	情報科学テクノシステム社製 GrassHOPPER
地上解像度	1.1cm(高度30m) 3.3cm(高度100m) 5.5cm(高度150m)
主な計測対象	小範囲向け
質量	2.0kg
サイズ	80cm×80cm×30cm
ペイロード	600g
推奨飛行距離	操縦者から半径200m
飛行高度	航空法に基づき150m以下
離発着条件	GPSが取得可能で1m四方 程度の平らなスペース
耐風性	7m/sec



GrassHOPPER

○オートパイロット
(飛行ルートの指定)
○プロポで操縦

※Bizworks社より現在は，
Hornetとして販売されている機種

辻野研究室が所有するUAV(2)

名称	DJI社製 Phantom 3 Professional
カメラ	Sony EXMOR 4Kビデオ撮影 (3840×2160画素) 12メガピクセルの静止画撮影 (4000×3000画素)
主な計測対象	小範囲向け
サイズ	60cm×60cm×20cm
ライブHDビュー	iPadで確認
バッテリー	4480 mAh



Phantom 3
Professional
※3台所有

辻野研究室が所有するUAV(3)

名称	DJI社製 Inspire1 Professional
カメラ	Zenmuse X5 4096×2160画素 16メガピクセルの静止画撮影 (4608×3456画素)
飛行時間	約18分
最大速度	22m/sec(79.2km/h)
ライブHDビュー	iPadで確認
バッテリー	4500 mAh



空気力学を考えた変形設計
カメラを載せ替えることも可能

辻野研究室が所有するUAV(4)

名称	DJI社製 Phantom 4 Professional
カメラ	1" CMOS 4Kビデオ撮影 (4096×2160画素) 20メガピクセルの静止画撮影 (5642×3648画素)
主な計測対象	小範囲向け
サイズ	60cm×60cm×20cm
ライブHDビュー	iPadで確認
バッテリー	5870 mAh



赤外線センサーでぶつからない機体
カタログ値では、約30分の飛行が可能

福井高専環境都市工学科の測量教育とUAV

本科1年 専門基礎Ⅱ 2単位 (座学：距離・角・平板・多角)
(実習：距離・トランシット、平板)
本科2年 測量学 2単位 (水準・面積体積・地形・地図編集・写真・基準点)
実験実習Ⅰ 2単位 (構内の地図作り (多角・水準・平板測量))
本科3年 応用測量学 1単位 (路線・GNSS・測量数学)
実験実習Ⅱ 2単位 (UAVによる3D点群測量の基礎等)
空間情報工学 (学際1単位) 衛星リモートセンシング、UAV等
専攻科2年環境都市システム工学 (2単位) 空撮画像の活用 (座学・実習)

※本年度より、本科3年次の実験実習において、UAVを用いた空撮を実施。

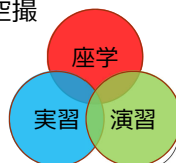
1週目 30分：UAVの話、フライトシミュレーションの体験

60分：飛行訓練

45分：飛行高度と画素数の関係、オートパイロットによる空撮

2週目 135分：exif toolsによる標高の補正

Photoscanによる3Dモデルの生成



本日の内容

昨年度のはなし

- 2009年スマトラ島沖地震による調査
- 地上基準点や重複度の違いが3Dモデルに与える影響
- 2018年台風18号による斜面崩壊 (越前町八田の事例)
- 河床形状の把握 (岐阜県長良川分流 (今川) の事例)
- 吹き付け法面の点検

本年度のはなし (昨年度の卒業研究 + α)

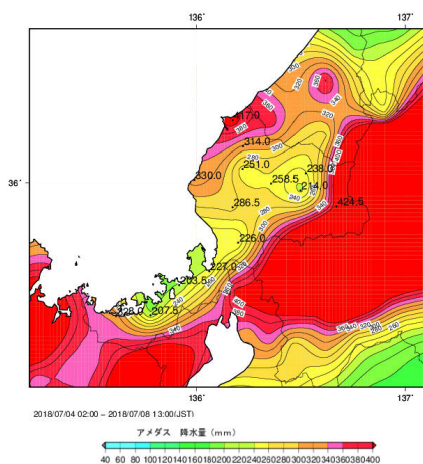
- 2018年7月豪雨による斜面崩壊の調査
- 水稻の活性度と土壌栄養分との関係
- UAVによる河床形状の把握～日野川の事例～
- 空撮画像とLiDARデータによるスギ林の材積の推定
- 吹き付け法面の点検 (ひび割れ抽出法の検討)

2018年7月豪雨による斜面崩壊の 現地調査と斜面安定解析

はじめに

- 近年、i-Constructionの流れを受けて、建設現場におけるUAVの活用が盛んになってきている。
- 福井県内の官公庁や建設会社、建設コンサルタントにおいてもUAVの導入が進んでいる。
- 平成30年7月豪雨を誘因として発生した斜面崩壊箇所について空撮を行い、**3Dモデル**や**オルソモザイク画像**、**数値表層モデル（DSM: Digital Surface Model）**を生成した。
- 今回はGNSSによる基準点測量は実施していないため、位置精度はXYZ方向ともに誤差が含まれることに注意を要する。

平成30年7月豪雨の概要



2018年7月4日から8日にかけての
福井県の総降水量
(出典：福井地方気象台)

2018年7月3日、台風7号が東シナ海を北上し、4日には台風が日本海を北東に進み4日15時には日本海中部において温帯低気圧に変わった。その後、8日にかけて梅雨前線が本州付近に停滞し、南から暖かく湿った空気が流れ込んだため、大気の状態が非常に不安定となり前線の活動が活発となった。このため、福井県上空の大気の状態も非常に不安定となり大雨となった。

7月4日から8日までの総降水量

◎九頭竜：424.5mm

◎三 国：417.0mm

◎越 廼：330.0mm

アメダス観測点の三国や越廼などでは、7月7日0時頃から30mm/hour程度の降雨が6時間継続し、総降水量を急激に増加させた。

→平成30年7月豪雨地盤災害調査団のメンバーとして、現地調査を実施

使用したUAV

- 本調査ではDJI社製Phantom 3 Pro.を使用
- 4,000画素×3,000画素の静止画、リアルタイムのHDビデオ(4K)の動画撮影
- 機体サイズは、590mm×590mmで機体重量1,280g（小型かつ軽量）。バックパックに一式を収納できるため可搬性も優れている。
- 今回の調査箇所は林道沿いなどの山間部が含まれ、携帯電話の電波が届かない場所が多かった。

→電波が届くエリアに関してはオートパイロット（オーバーラップ80%，サイドラップ60%）で撮影

→電波が届かないエリアに関しては、オーバーラップ80%以上およびサイドラップは60%以上を目標として手動で空撮。

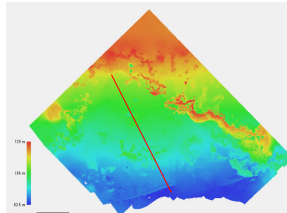


本調査で使ったUAV
(DJI社製Phantom 3 Pro.)

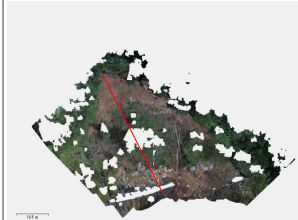
梅浦の切土斜面崩壊



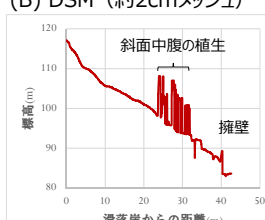
(A) 3Dモデル



(B) DSM (約2cmメッシュ)



(C) オルソモザイク画像
(約1cmメッシュ)



(D) 崩壊の中心線の断面図

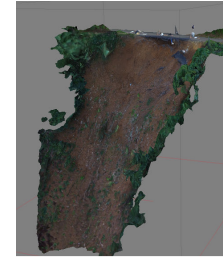
- ・国道365号線沿い（調査当日は通行車両に注意しながら空撮）
- ・勾配45度程度の切土法面 幅約50m, 長さ約50mにわたって崩壊 経験上、鉛直方向にコースをとって撮影

・Agisoft社製PhotoScanを用いて3D点群データを生成→3Dモデル, DSM, オルソモザイク画像

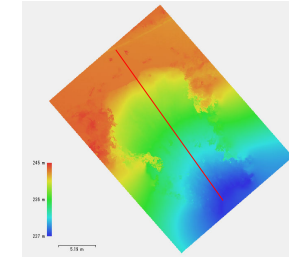
オルソモザイク画像の欠損は、中腹の植生により画像が得られなかった場所。

プロフィール画像を確認すると斜面の形状は概ね捉えられていることが判る。

越前西部2号線の盛土斜面崩壊



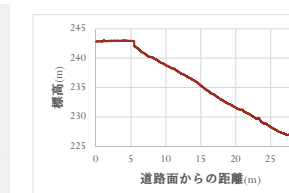
(A) 3Dモデル



(B) DSM (約6mmメッシュ)



(C) オルソモザイク画像
(約6mmメッシュ)



(D) 崩壊の中心線に関するプロフィール

- ・幅が約10mと小規模
- ・写真枚数が少なかったため、最高品質で3Dモデルを生成（オルソモザイク画像, DSM共に6mmメッシュ）
- ・滑落崖から傾斜角は約40°でほとんど変わらずに崩落している。

越前西部3号線の盛土斜面崩壊と土石流



画像取得日：2015年4月26日

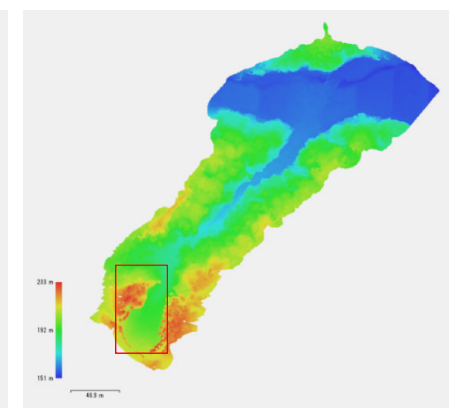


- ・Google Earth®において、土石流発生前（左図）と土石流発生後（右図）を比較
- ・現地にて流木が確認されたが、谷筋や林道沿いの若いスギが流されたことが判る。

越前西部3号線の盛土斜面崩壊と土石流



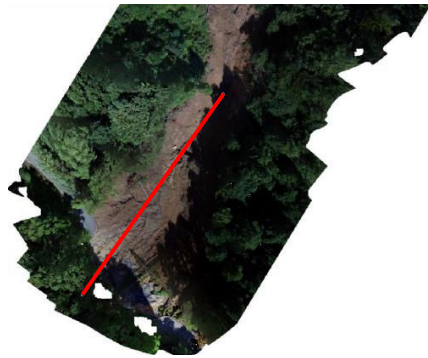
オルソモザイク画像 (約2.8cmメッシュ)



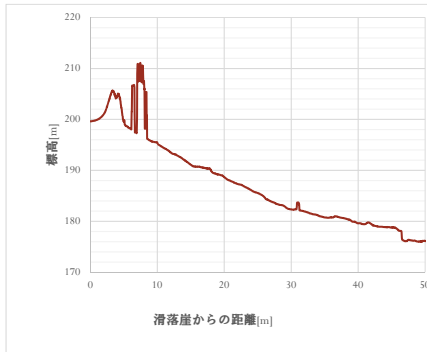
DSM (約5.6cmメッシュ)

- ・林道（滑落崖）から約300mの区間、流木を伴いながら土石流が発生

越前西部3号線盛土斜面崩壊の滑落崖



滑落崖のオルソモザイク画像



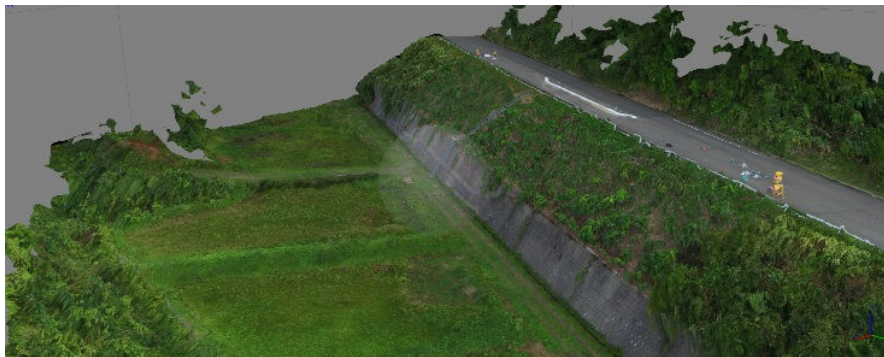
滑落崖から土砂の流送区域のプロファイル

- DSMは約3.5cmメッシュ.
- 滑落崖の傾斜角は約35°

土石流の動画（堆積域→滑落崖）



越前市黒川の盛土斜面崩壊



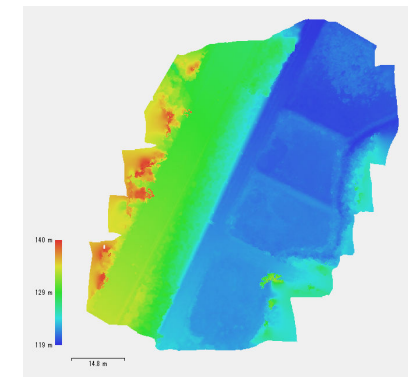
3Dモデル

- 崩壊には至らなかったがアスファルト舗装面にテンションクラックが見られた.
- 携帯電話の電波が届いたため、オートパイロットにて空撮を実施.

越前市黒川の盛土斜面崩壊

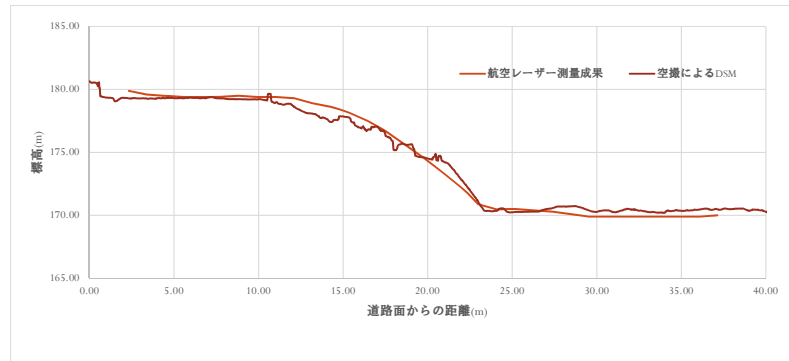


オルソモザイク画像
(約1.2cmメッシュ)



DSM
(約2.4cmメッシュ)

赤色立体地図とDSMとの比較



航空レーザー測量成果UAVによるDSMとの断面比較

レーザー測量による成果の道路面の標高、およびブロック積擁壁の法尻の座標値を参考にして空撮画像から得られたDSMをオフセットした。航空レーザー測量が1mメッシュであるため単純に比較することはできないが、形状としてはUAVで得たDSMの方が細密であり、三次元形状を精度良く捉えている。

空撮のまとめ

- 調査団（グループA）の一員として、4箇所の斜面崩壊箇所を対象としてUAVを用いて空撮を行った。
- 今回の空撮は、1箇所あたり15分程度で実施した。基本的にはバッテリー1本で斜面1箇所を調査することができた。
- 安全面を考慮すると周囲やUAVを監視する人員も必要であるが、少人数で空撮作業を実施することができた。
- 得られた画像から3Dモデル等を計算した。今回は、GNSS測量を行わずにUAVのGPSカメラの位置情報のみを用いているため、XYZ方向ともに誤差が含まれることに注意を要するが、どの斜面においても3Dモデル、数値表層モデル、オルソモザイク画像などから土砂災害の情報を得ることができた。
- 今後、他の地理空間情報と重ね合わせが必要な場所に関しては、DSMやオルソモザイク画像の幾何補正を行いたい。
- 崩壊前の地形が判るレーザー測量の成果は極めて有用。今後の構造物の維持管理にも役立てたい。

現地調査で採取した試料の土質特性

立命館大学 小林先生の成果

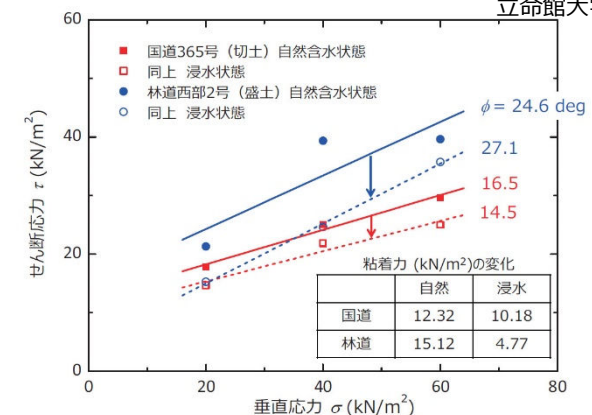
表1 採取した試料の基本的土質特性

項目		国道365号線（梅浦） （切土斜面）	林道西部2号（上山中） （盛土斜面）
粒度特性	工学的分類[JGS0051]	細粒分質礫質砂 [SFG]	細粒分質砂 [SF]
	礫分：砂分：細粒分 [%]	23 : 59 : 18	1 : 55 : 44
	平均粒径 D_{50} [mm]	0.11	0.48
	最大粒径 [mm]	19.0	9.5
土質特性	自然湿潤密度 ρ_t [g/cm ³]	1.590	1.968
	土粒子密度 ρ_s [g/cm ³]	2.574	2.532
	間隙比 e [-]	1.089	0.496
	含水比 w [%]	28.3	16.2
	飽和度 S_r [%]	68.3	83.0
強度特性	内部摩擦角 ϕ_a [deg]	16.5 (14.5)	24.6 (27.1)
	粘着力 c_a [kN/m ²]	12.32 (10.18)	15.12 (4.77)

※（カッコ）内の数値は、浸水供試体のデータ

一面せん断試験の結果

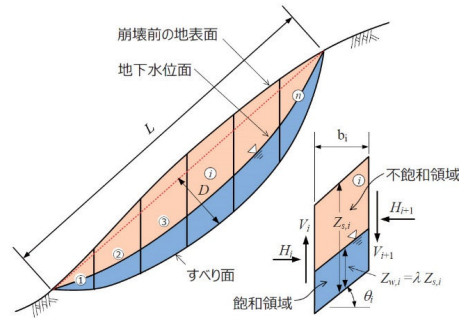
立命館大学 小林先生の成果



- 浸水によって切土斜面で約2割、盛土斜面で約7割の粘着力の低減が見られた。
- 浸水によるサクシオン低下で見かけ粘着力が小さくなっていることを確認。
- 両試料は、いずれも砂質土に分類される土質であるものの、内部摩擦角が一般的な砂質土に比べて小さく、降雨浸透による粘着力低下によって、斜面の不安定化が進行したことが示唆される。

すべり土塊の分割

立命館大学 小林先生の成果



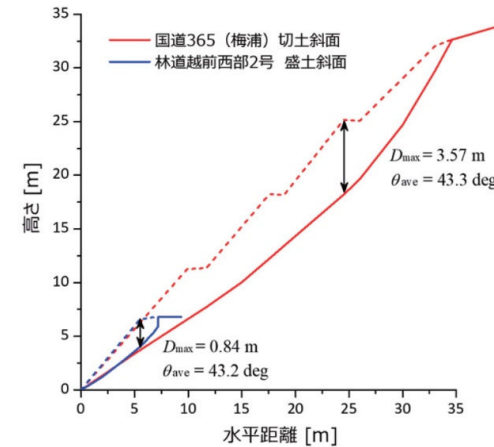
斜面安定解析を行い、土質力学的な観点から崩壊に至ったメカニズムを検討調査によってすべり面形状が判明していることを受け、非円弧すべり面に適用できる簡易ヤンプ法による解析を行った。

ここに、 c ：粘着力、 ϕ ：内部摩擦角、 W_i ：スライスの土塊重量、 $\Delta\theta_i$ ：スライス底面の傾斜角、 b_i ：スライス幅、 u_i ：スライス底面に作用する水圧であり、添字の i はスライスの番号

$$F = \frac{1}{\sum W_i \tan \theta_i} \sum \left\{ \frac{cb_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi}{\cos^2 \theta (1 + \tan \theta_i \tan \phi / F)} \right\}$$

安定解析に用いたすべり面断面図

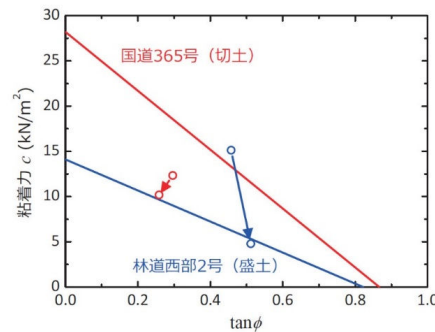
立命館大学 小林先生の成果



土質パラメータと左図（すべり面断面図）を用いて安定解析を実施。
○断面図は、両斜面の崩壊部下端を原点にとり、実線をすべり面（UAV写真測量による実測値や対策工検討時の図面参照）、点線を崩壊前の地表面（国土地理院発行の等高線地図に基づく推測）で表している。

安全率の計算結果

立命館大学 小林先生の成果



	国道365号線（梅浦） 切土斜面	林道西部2号（上山中） 盛土斜面
自然湿潤状態（降雨前）	0.768	1.638
浸水状態（降雨後）	0.650	0.966

斜面安定解析のまとめ

立命館大学 小林先生の成果

- UAVによる写真測量で生成したすべり面形状と採取した試料の土質試験結果に基づいて簡易ヤンプ法を用いた安定解析を行った。
- 浸水供試体による一面せん断試験 雨水の浸透によって粘着力が低下
- この結果を安定解析に反映させて、降雨前後の斜面の安全率の変化を評価した。

降雨前でも安全率が1を切るという不合理な結果となった斜面もあったが斜面の不安定化に粘着力低下が大きく影響することが示された。
雨水浸透による強度定数変化の計測が行える試験機が一般化していない中で、その影響をどのように反映していくかがひとつの課題になる。
土質の不均質性の高い現場では、原位置で試料を採取したとしても、その現場の特性を代表するものには必ずしもならない
入力パラメータをどのようにして得るのか・・・

水稻の活性度と土壌栄養分との関係

はじめに

農業就業人口（農業のみ・兼業（農業が主））

2010年
約260.6万人

約85万人減

2019年
約175.3万人

生産者の高齢化

65歳以上 68.5% 平均年齢 66.8歳



農業



少子化による
担い手不足

新規就農者が苦勞
約7割は生計が
立てられない

スマート農業（ロボット技術やICTの活用）

農機の
自動走行

UAVによる
圃場情報収集

人員不足の改善，品質管理などへの活用

研究の目的と概要

研究目的

UAVを用いた水稻の活性度と土壌栄養分との比較

概要

UAVを用いた空撮

3Dモデル等の生成

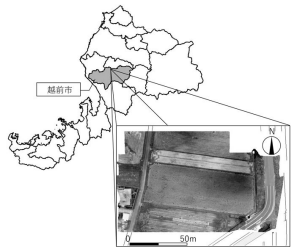
近赤外画像の解析

稲穂高さの検出

活性度の把握

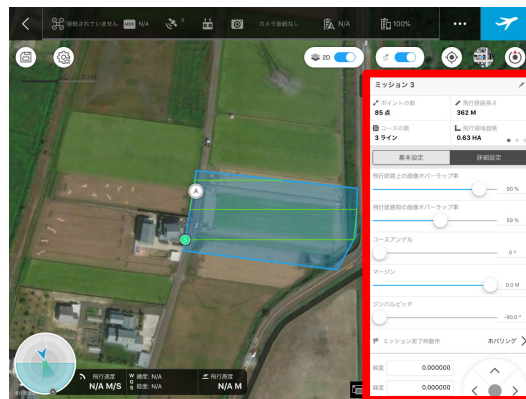
水稻の生長の把握・土壌栄養分の分析結果との比較

オートパイロットによる空撮



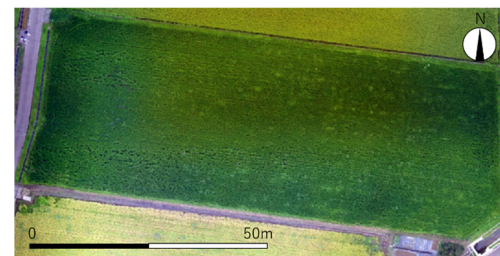
調査対象の圃場（福井県越前市）

株式会社イーの越前様の圃場
福井高専の農工連携プロジェクトで
利用
米の品種：日本晴（晩生）
6月上旬に田植え

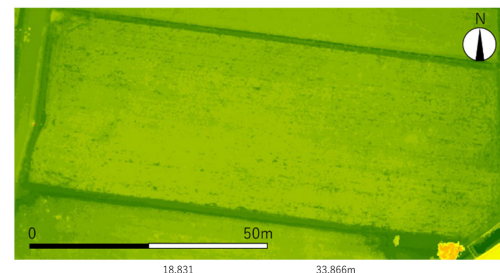


オートパイロットの設定画面の一例
オーバーラップ80%，サイドラップ60%
飛行高度28.6m（地上画素寸法は約1.2cm）
飛行速度3m/sec

オルソモザイク画像とDSMの一例



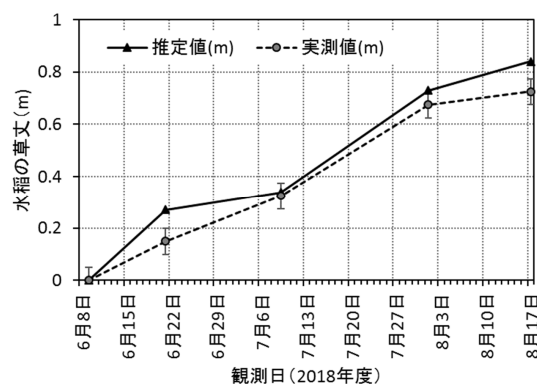
オルソモザイク画像（地上画素寸法：約1.2cm）



DSM（地上画素寸法：約3.6cm）

○本研究は、2017年度からスタート
○代掻き直後をベースの高さとし、田
植え後から約2週間に1回空撮を実施

草丈の実測値と推定値の比較



栄養生長期における草丈の実測値と
DSMからの推定値の比較

実測値と比較して平均で約+7.6cm
最大で+12.0cmの誤差

空撮実施日の風速は3m/sec以下
であったが、風による揺らぎの影響を
受けている可能性もある。

全ての結果が実測値を上回る
→ベースとなるDSMの誤差が影響して
いる？

概ね生長（草丈）は把握できる。

NDVI（正規化植生指標）について

$$NDVI = \frac{NIR(近赤外) - RED(可視域赤)}{NIR(近赤外) + RED(可視域赤)}$$

赤⇒植物の活性が高い⇒1 青⇒植物の活性が低い⇒-1



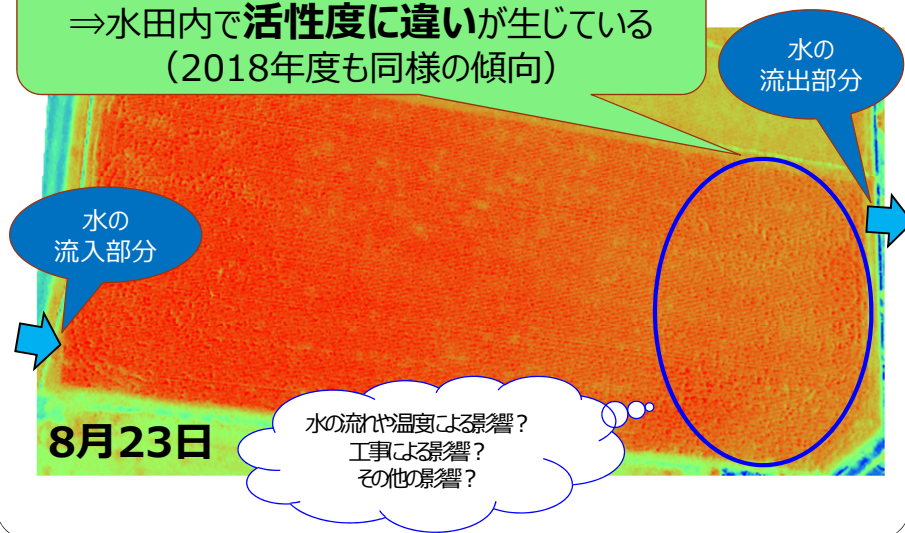
2017 水稻の生長と共に色が変化
⇒水稻の活性度の変化を捉えている

2017年7月26日

2017年9月8日

水田内におけるNDVIの分布

水田西側と比較すると活性度が**低い**
⇒水田内で**活性度に違い**が生じている
(2018年度も同様の傾向)



仮説1：工事による影響？

Google Earthへのインポート



出典:Google Earth

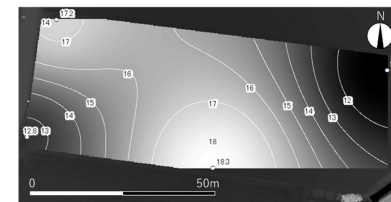
仮説2：土壌栄養分との関係？

植物の成長に欠かせない三要素として**窒素**、**リン酸**、**カリウム**

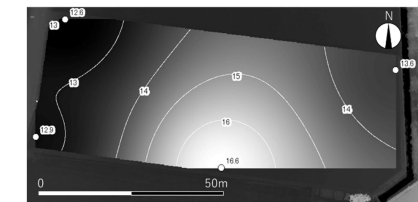
- 窒素：主に植物を大きく成長させる事に必要不可欠な栄養素。窒素が不足すると作物は生育不良となる。
- リン酸：植物の花や果実の成長と収穫量を助け、主に生殖成長を促す栄養素。生育初期の元肥時期に施肥する必要がある。
- カリウム：植物の根や植物全体の組織形成に作用に大きな役割を果たす栄養素。リン酸と同様、組織を丈夫にする効果があり、耐病虫害性、耐寒・耐暑性など、品質の向上にも役立つ肥料。
- カルシウム：植物の細胞壁に不可欠な成分であり、植物の体を支える材料とも言える。
- マグネシウム：農業の現場では「苦土」とも呼ばれる。「苦」の由来はにがりであり、植物にとってのマグネシウムは、とくに光合成作用に大きく関係する。

これらのうちP, K, Ca, Mgを分析（物質工学科後反研究室）

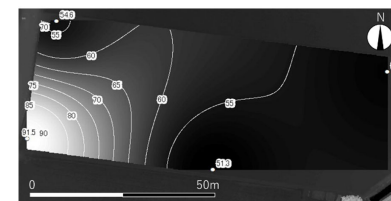
仮説2：土壌栄養分との関係？



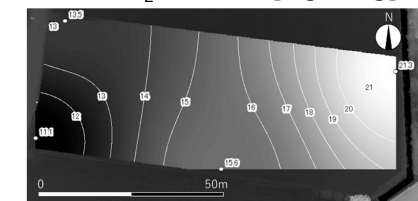
可給態リン酸含有量 [mg/100g]



カリウム (K₂O) 含有量 [mg/100g]



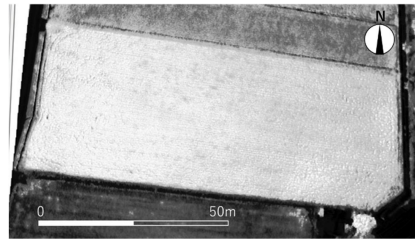
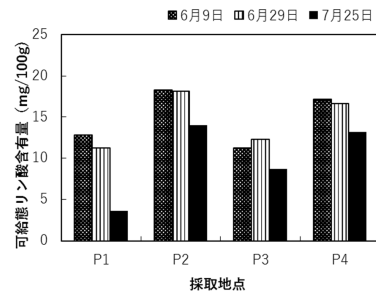
カルシウム (CaO) 含有量 [mg/100g]



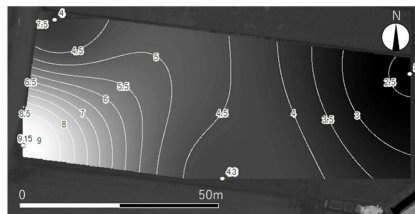
マグネシウム (MgO) 含有量 [mg/100g]

施肥直後の土壌栄養分の分布（2017年6月9日に測定）

可給態リン酸の減少量との比較



NDVI (2017年8月23日)



土壌中の可給態リン酸減少量 [mg/100g]

全ての測点において水稻が成長するにしたがって土壌中の可給態リン酸含有量が減少傾向。これらの中で測点1（水の流入口付近）が最も減少している
水田西側のNDVIが高い理由の一つとして、土壌中の可給態リン酸を吸収することで、水稻の活性度が高くなった

まとめ

- ① 約2週間に1度の頻度でUAVを用いた空撮を実施し、DSMから水稻の生長を観察した。田植え前のDSMの誤差や風による水稻の揺れなどの影響も考えられるが、水稻の生長は空撮画像から概ね捉えられる。
- ② NDVIと水稻の草丈を比較した結果、栄養生長期に草丈が大きくなるにしたがって、NDVIも高くなることが確認できた。
- ③ 2017年度と2018年度のNDVIは、西側（水の流入口側）の方が高く、東側（水の流出口側）が低い傾向が見られた。また、土壌栄養分の化学分析結果より、土壌中の可給態リン酸の減少量は水田の西側で大きいことが判った。この減少量を水稻の吸収量と仮定すると土壌中の可給態リン酸を吸収することで水稻の活性度が高くなった一つの要因と考えることができる。

→展望として水田土壌中の窒素や酸素量、水温の影響を確認したい。

吹付け法面の点検について

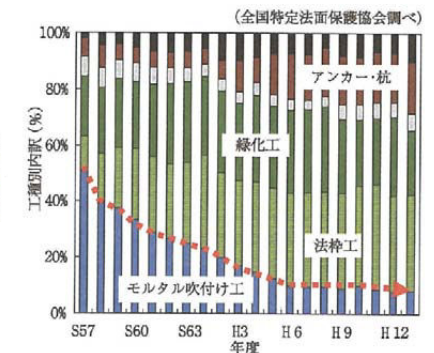
研究の背景

背景：

現在、モルタル吹付法面において老朽化が進行しているが、人材・予算・時間が不足していることから十分な点検が行われていない。法面の損傷を把握するために地上から写真撮影を行い、ひび割れ損傷図が作成される。



モルタル吹付法面の施工事例



法面保護工の施工実績の推移
(構造物の維持管理技術に関する研究報告書)

ひび割れ調査の課題

- 1: 長大法面では、ロープアクセス調査に頼られ調査員の安全性向上が課題
- 2: 高所作業車の場合は、作業車の確保、交通規制による地元住民の負担が課題
- 3: データ処理では、写真の加工や、ひび割れのトレースなどの工程が必要

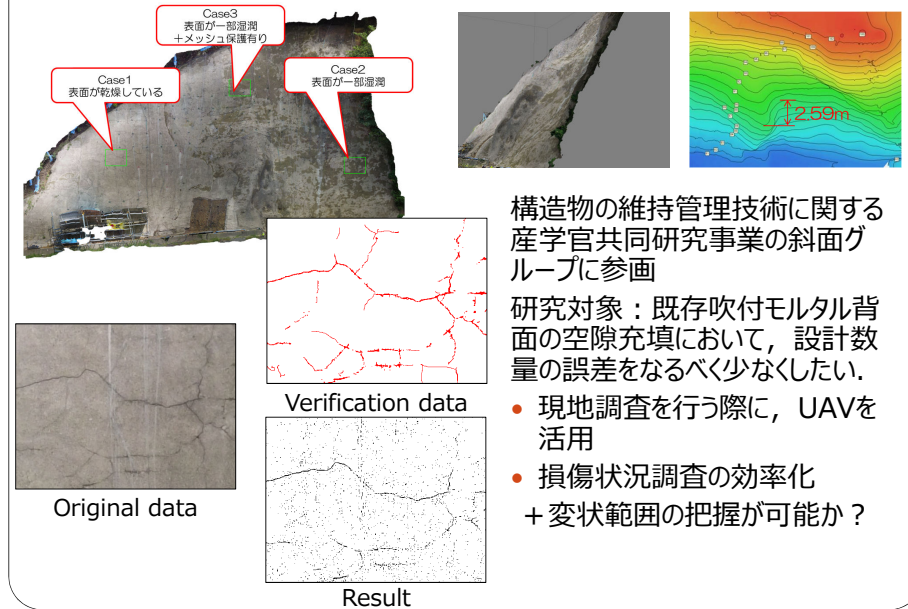
UAVを用いると・・・

- ・ロープアクセスをしなくてもひび割れの確認を行うことができる。
- ・短時間の道路規制で点検が可能。



ロープアクセスの様子
(構造物の維持管理技術に関する研究報告書)

昨年度の成果（モルタル吹付法面のひび割れ抽出）



研究の目的

目的：

ひび割れ抽出の精度向上
最終的に1mmのひび割れを抽出すること。

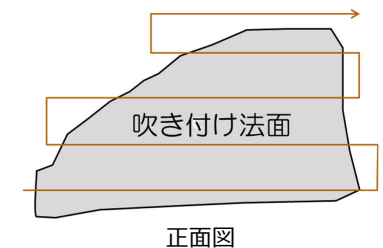
昨年度の研究を踏まえて・・・

今年度の課題：

- ・他の斜面によるひび割れ抽出（事例を増やすこと）
- ・熱画像による内部欠陥の推定ができるか？



使用したUAV



鉛直方向にコース取り、オーバーラップ
80%程度、サイドラップ60%程度を確
保しながら手動飛行。

調査の概要



斜面Aにおけるひび割れ調査

対象斜面：福井県内の斜面A
調査日時：平成30年7月11日（曇）

・幅：約75m，高さ：約19.5m
・画素：4mm/pix



斜面Bにおけるひび割れ調査

対象斜面：福井県内の斜面B
調査日時：平成30年9月3日（快晴）

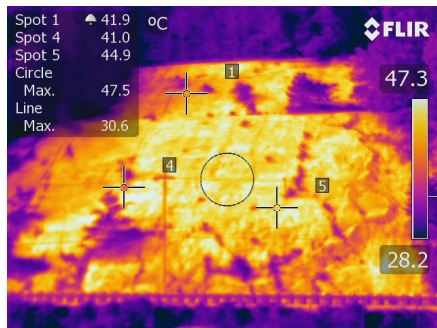
・幅：約55m，高さ：約32m
・画素：7mm/pix



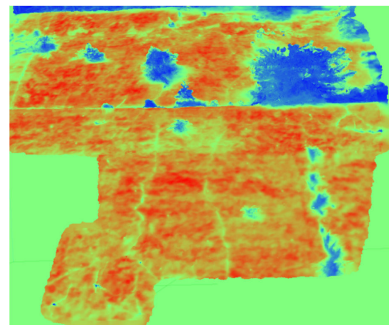
斜面Bの小段のひび割れの確認



熱画像カメラによる調査



地上より熱画像カメラで遠方から撮影



Inspire1に取り付けた
熱画像カメラで近接で撮影

※内部欠陥を把握するために、熱画像を地上およびUAVから撮影

- ・9月3日15時～16時頃（気温：32度）
- ・夕刻のため、内部欠陥箇所は温度が高く健全な場所は温度が下がってくると予想

→地上からの画像でも温度差を確認できるが、近接で撮影した方が明瞭

ひび割れの抽出方法

◎考慮すべきこと

なるべく簡易な手法が良い・・・

抽出精度を高めたい（ノイズ除去）・・・

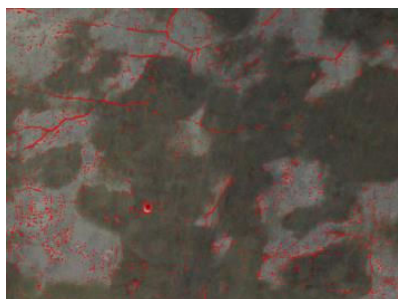
- ①平滑化→ Laplacian→2値化
- ②Laplacian→平滑化→2値化
- ③Laplacian→2値化→平滑化→2値化
- ④MM（Erosion-原画像）→平滑化→2値化
- ⑤2値化→ MM（Opening（Erosion→Dilation））

※MM：Mathematical Morphology

ノイズ除去



原画像



方法① Laplacian

昨年度の研究成果の一例

ノイズ：本来、ひび割れではない箇所がひび割れとして抽出された画素
微細な表面の凹凸など

エッジ抽出の考え方

• Laplacian (画像の二次微分)

• Mathematical Morphology
(数理形態学)

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

8点近傍

<4つの基本演算>

Dilation：膨張

Erosion：収縮

Opening：収縮→膨張

Closing：膨張→収縮

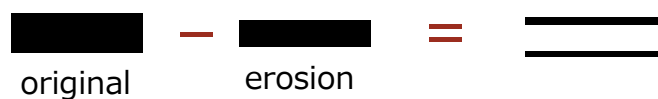


原画像



処理結果

MM(Erosion処理)



original

erosion



原画像



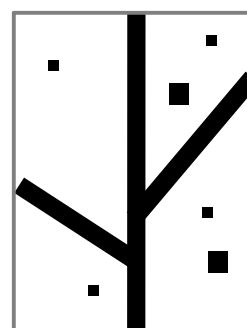
収縮処理



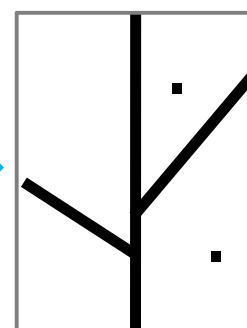
処理結果

(原画像-収縮処理) によるエッジ抽出の概念

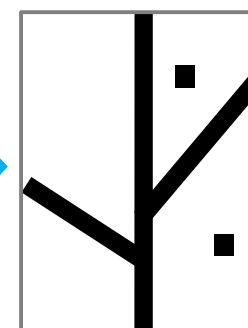
MM(Opening処理)



原画像



Erosion処理



Dilation処理

Opening処理 (収縮処理→膨張処理) による
ノイズ除去の概念

• ひび割れの抽出方法

- ①平滑化→ Laplacian→2値化
- ②Laplacian→平滑化→2値化
- ③Laplacian→2値化→平滑化→2値化

④Mathematical Morphology①→平滑化→2値化

⑤2値化→ Mathematical Morphology②

• 平滑化

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

• 2値化

しきい値を設定して境界をはっきりさせる。

検証データ

*斜面Aにおけるもの



原画像



検証データ

*斜面Bにおけるもの



原画像



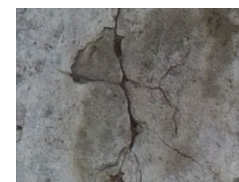
検証データ

抽出精度の考え方

$$\text{抽出率} = \frac{\text{抽出したひび割れの画素数}}{\text{検証データの画素数}}$$

$$\text{適合率} = \frac{\text{検証データの画素数}}{\text{ひび割れとして推定した画素数}}$$

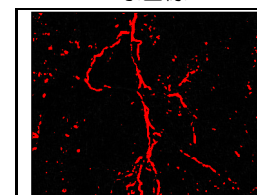
斜面Aにおける抽出結果と抽出精度の一例



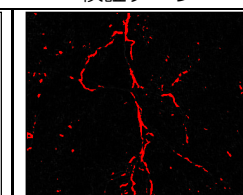
原画像



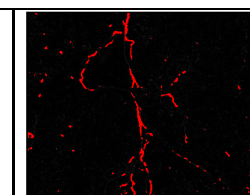
検証データ



しきい値10



しきい値15

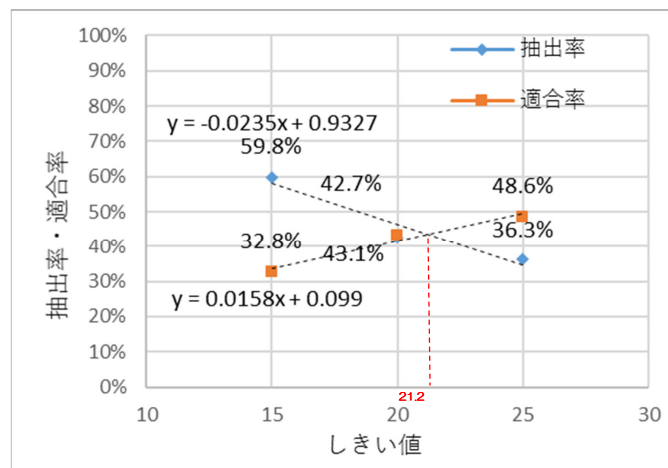


しきい値20

抽出率	59.8%	42.7%	36.3%
適合率	32.8%	43.1%	48.6%

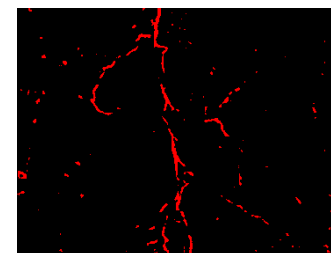
方法4 MM(Erosion)→平滑化→2値化

方法4の最適なしきい値



方法4 2値化のしきい値の違いによる抽出率と適合率の推移

斜面Aにおける抽出結果（方法4）



しきい値21による抽出結果



検証データ

考察

大まかなひび割れの形状は捉えている。
 ひび割れが消えている箇所も見られる。
 細かなノイズを拾っている。

斜面Aにおける抽出結果と抽出精度の一例



原画像



検証データ



しきい値70



しきい値75

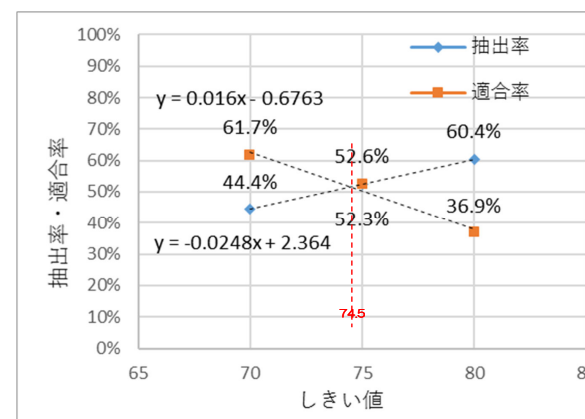


しきい値80

抽出率	44.4%	52.3%	60.4%
適合率	61.7%	52.6%	36.9%

方法5 2値化→MM（Opening処理）

方法5の最適なしきい値



方法5 2値化のしきい値の違いによる抽出率と適合率の推移

斜面Aにおける抽出結果（方法5）



しきい値75による抽出結果



検証データ

考察

方法4よりも精度は高いが、ひび割れの抽出形状は途切れている。
細かなノイズは消えている。

収縮処理で消えなかったノイズは、膨張処理により目立つかたちになっている。

まとめ

- ・UAVによる法面の点検では、道路面からは確認できない小段のひび割れなどを現地で確認することができた。
- ・ひび割れを抽出する場合、Laplacianフィルタを用いるよりもMathematical Morphologyを用いた方が、抽出精度が高い。
- ・Mathematical Morphologyを利用してひび割れを抽出する場合、細かいひび割れを抽出する目的であれば、原画像からerosion処理した画像を引く方法の方が優れ、太いひび割れを抽出する場合には原画像を二値化しOpening処理を施す方が良い結果が得られた。

福井高専公開講座の紹介

- UAVを用いた三次元地形モデル構築講座
- 日時：令和元年9月4日（水）13時～17時
- 会場：福井高専
- 募集定員：8名（約6,000円/人）
- 内容

写真測量の概念やUAVを用いた現地調査支援の事例紹介を講義形式で行います。また、UAVの飛行訓練と空撮、数値表面モデルやオルソモザイク画像、鳥瞰図の生成に関する演習を行います。

2019年5月17日 福井県ニューレスプ協会技術講習会 資料
於 ふうい産業支援センター

Thank you for your attention.

UAVを用いた現地調査支援について
～斜面崩壊形状、水稻の活性度、
吹付法面のひび割れの把握～

福井工業高等専門学校 環境都市工学科 辻野和彦
tsujino@fukui-nct.ac.jp