

# AIを用いた石礫の 自動判読技術「グラッチェ」

～AI礫径判読システム～

株式会社オリエンタルコンサルタンツ  
石田美津希

# ～AI礫径判読システム「グラッチェ」～ 発表内容レジュメ

1. 背景と目的(目標)
2. 現状の問題点
3. 課題と解決策
4. 学習モデルの開発
5. 抽出精度の検証
6. 現地での活用検証
7. まとめ

# 1. 背景と目的(目標)

## 【社会的背景】

◆近年、激甚化する国土において、河川・砂防領域や道路法面の土砂災害が頻発している。これらの災害発生時にはテックフォース・自衛隊や建設コンサルタントが現地踏査を実施しているが、不安定な堆積土砂上や斜面での調査であり、**作業員の安全確保や短時間で精度の高い現地情報の取得**が求められる。

◆平成30年7月に発生した西日本豪雨災害では、広域かつ甚大な土砂災害が発生し、現場対応人材の不足により被害状況の把握に時間を要した。従って**生産性向上の観点から早期に災害実態が把握できる技術開発が必要**。

# 1. 背景と目的(目標)

## 【目的】

河川砂防等の**土砂災害発生時**や**通常業務の河川・砂防**調査・設計に必要なパラメータである**「石礫」**を**安全・迅速・高精度**で把握できる技術開発を目的とする。

## 【本提案の目標】

気候変動等に伴い、土砂災害・河川災害が頻発している最中、**「河川・砂防の業務で需要のある河床や溪流の土砂移動実態把握のため、A I を用いた自動判読を含めた技術の高度化」**を図る。



**土砂災害後は足場も悪く  
作業員の安全確保  
作業工程の遅延  
計測精度の低下や誤差  
が懸念される**

**テックフォースによる災害調査状況**

## 2. 現状の問題点

### ① 現地踏査は常に**危険**と隣り合わせ

◆ 従来の河川・砂防や道路法面の現地踏査は、足元の悪い礫床の河川や溪流、自然斜面を徒歩で調査していることから、常に怪我・事故と隣り合わせの状況である。

⇒ 現地踏査の実施にあたり、作業者の安全確保が求められる。

### ② 作業者による計測**精度のバラツキ**が多い

◆ 河川・砂防や道路法面で実施する簡易な計測作業は、ポール横断による現場情報の取得を行うことが一般的であるが作業者の主観・立ち位置によって計測精度にバラツキがある。

⇒ 作業者の違いによる計測精度の誤差は品質低下を招く。

### ③ 作業**工程の遅延**

◆ 限られた時間内に所定の成果を作成するためには、短時間で効率的に作業を実施することが重要である。作業者による踏査実施の場合、短時間で成果を上げるためには多くの人手が必要となる。

⇒ 特に災害現場の情報取得にあたっては不安定な足場を調査する必要性から現場作業に時間を要し、必要な情報取得に時間を要する。

### 3. 課題と解決策

現状の課題① : 作業員の安全確保

提案コンセプト① : UAV等の航空機撮影画像の活用  
による作業の安全確保

現状の課題② : 調査の精度向上

提案コンセプト② : 航空機撮影画像の判読による  
調査精度の向上

現状の課題③ : 調査工程の短縮

提案コンセプト③ : AI技術・クラウドサービス化による  
判読作業の自動化

### 3. 課題と解決策① 「安全確保」

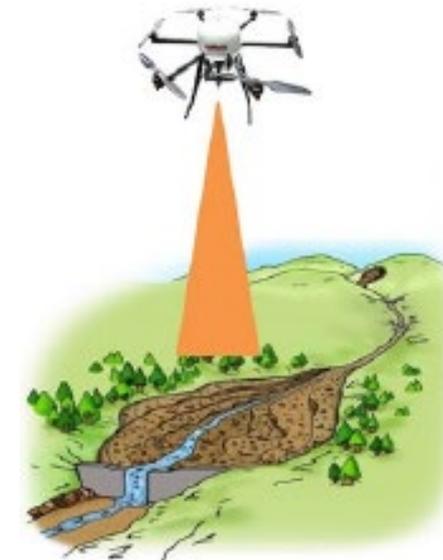
#### ① UAV等の航空機撮影画像の活用による作業の安全確保

現地踏査の実施により作業者の安全確保が求められる。  
 斜面崩壊箇所や溪流・河道の足場の悪い場所での調査は空撮画像  
 を取得することで、危険箇所に接近することなく状況を把握できる。

【地表の現地踏査】

【ドローンを用いた調査】

礫河床の現地踏査(現状)



**作業員の安全性・生産性向上  
 作業時間・工期の短縮！**

# 3. 課題と解決策② 「精度向上」

## ② 航空機撮影画像の判読による調査精度の向上

作業者の違いによる計測精度の誤差は品質低下を招く。

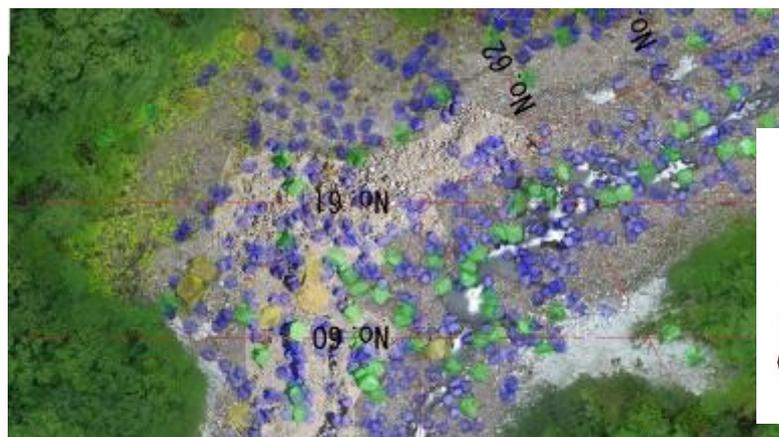
空中写真を用いた判読作業を行うことで地表の目線による踏査の見落としを防止し、調査精度の向上を図ることができる。【航空機撮影画像を用いた礫の判読】

### 【地表の現地踏査】

#### 地表踏査での礫の計測(現状)

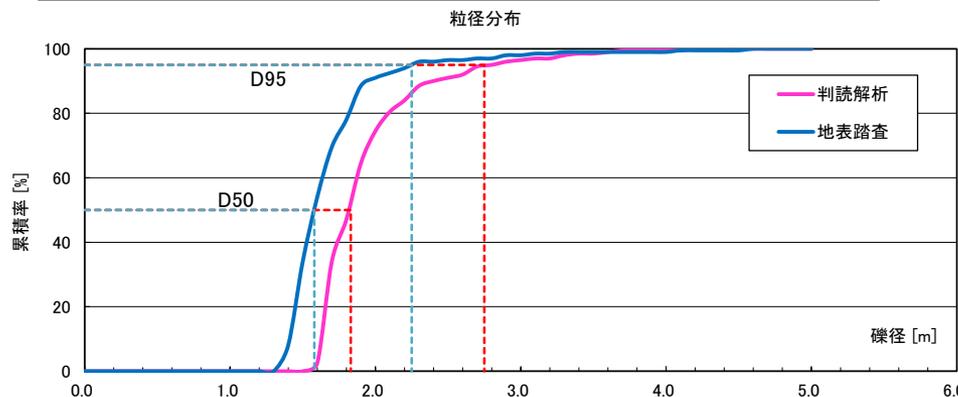


**多量の礫が堆積する現場の場合、最大礫径（D95）を調査することは地表（作業者）の目線では見落としがあり精度が劣る**



- 1m未満
- 1～2m未満
- 2～3m未満
- 3～4m未満
- 4～5m未満
- 5～6m未満
- 6m以上

### 作業員と判読による最大礫径結果の比較例



# 3. 課題と解決策③ 「工程の短縮」

## ③ AI技術・クラウドサービス化による判読作業の自動化

特に災害現場の情報取得にあたっては不安定な足場を調査する必要性から現場作業に時間を要し、必要な情報取得に時間を要する。防災担当者が航空写真をクラウドサービスにアップロードするだけで、AI技術によって自動的に礫の大きさ・量を判読する。

### 【AI技術による礫の判読手順】

#### 1. 礫の抽出・測定

「物体検出」の手法で礫を抽出し、抽出した礫の大きさを測定



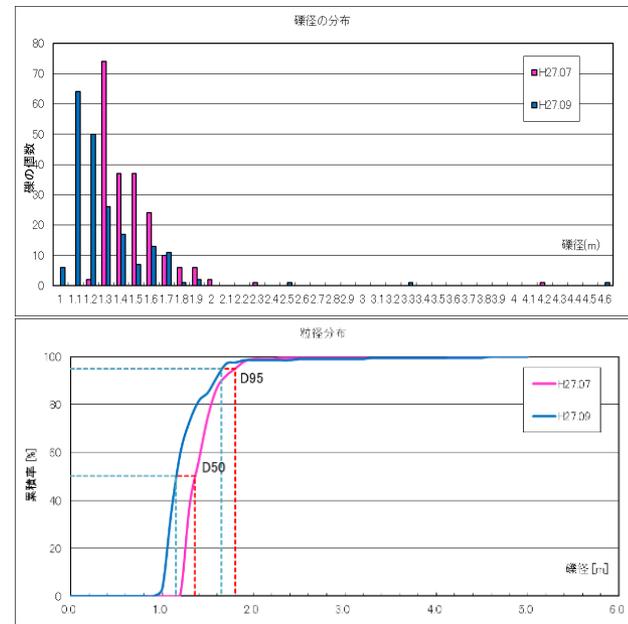
#### 2. 空間フィルタ処理

ユーザが指定した範囲の集計と、判読結果のユーザによる修正が可能



#### 3. 礫径分布グラフ自動生成

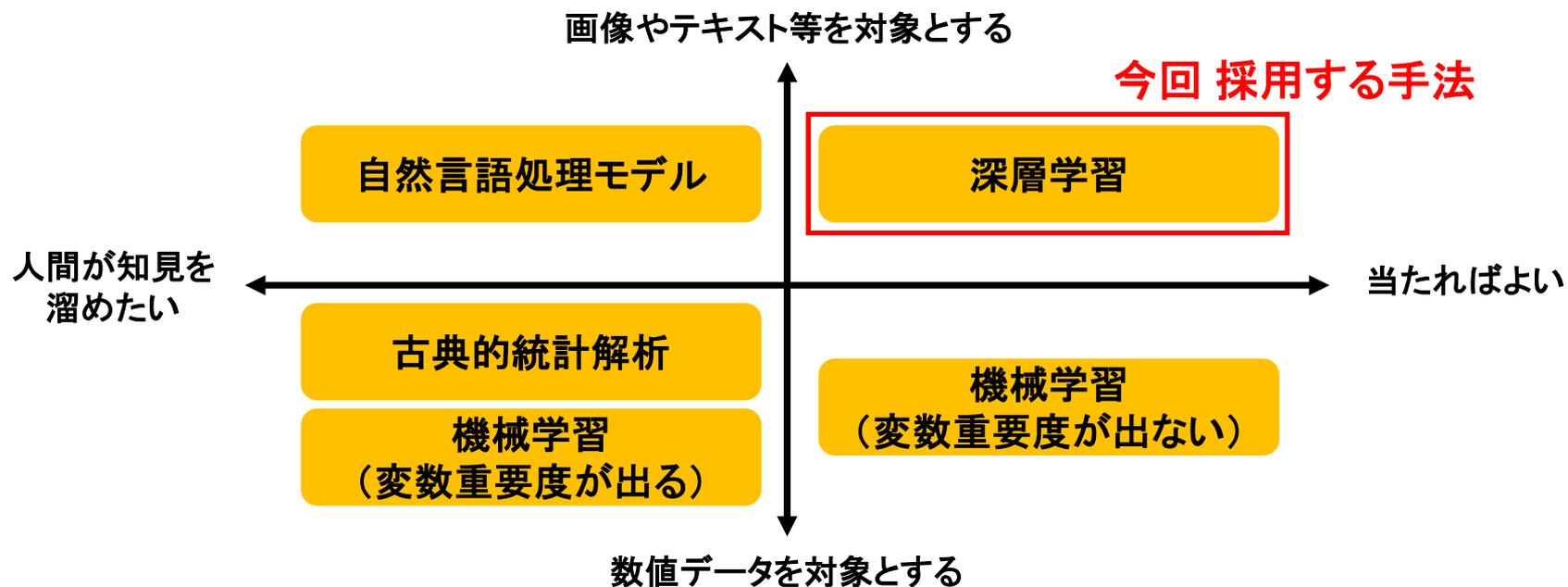
実務で使用する形式で自動判読させた礫の数をサイズごとに自動プロット



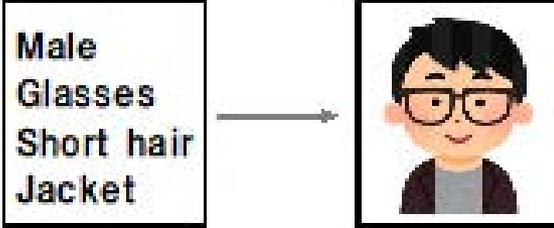
# 4. 学習モデルの開発 (1) 学習モデルの選定

分析対象データと目的により「適切なAI技術」を選択する必要がある。今回は画像を対象とし、碟の判読ができればよいため、「深層学習」を採用した。深層学習による画像認識の手法のなかで、認識したい物体を矩形で囲って抽出する「**物体検出 (ObjectDetection)**」を採用した。

- 「対象データ」「結果として何を得たいか」により、分析手法は異なる



# 4. 学習モデルの開発 (1) 学習モデルの選定

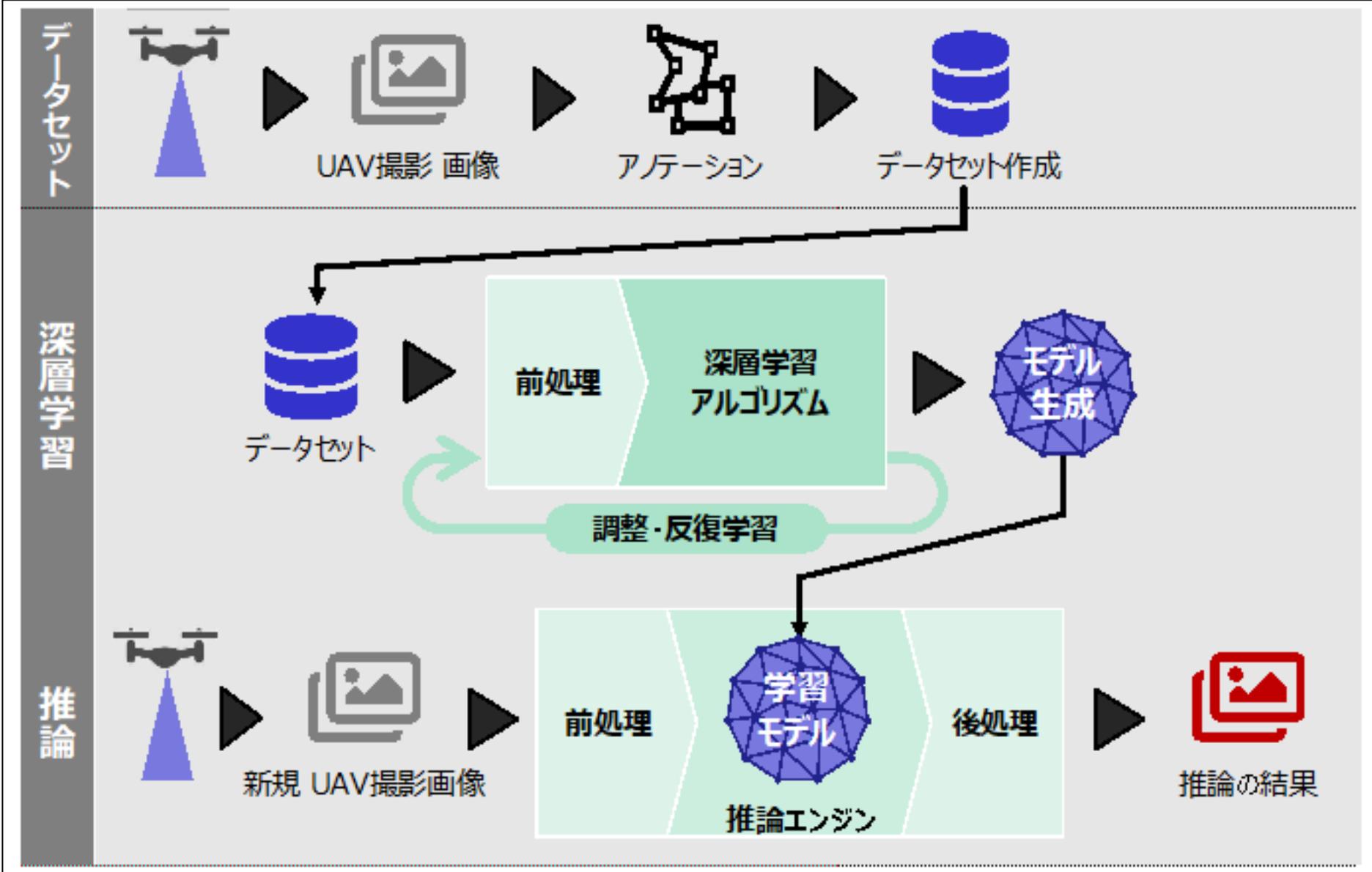
手法	概要	イメージ
領域分割 Segmentation	認識したい物体の領域をピクセル単位で分割	
物体検出 Object Detection	認識したい物体を矩形で囲って抽出	
分類 Classification	画像が予め設定した分類項目の何にあたるかを検出	
生成 Image generation	画像からその内容、状態をテキスト、さらにテキストから画像を生成	

## 4. 学習モデルの開発 (2) 学習モデルの開発手順

選定した物体検出手法を用いて、撮影した画像を深層学習アルゴリズムに読み込みし、モデルを生成させたのち推論の結果を出力するものとした。

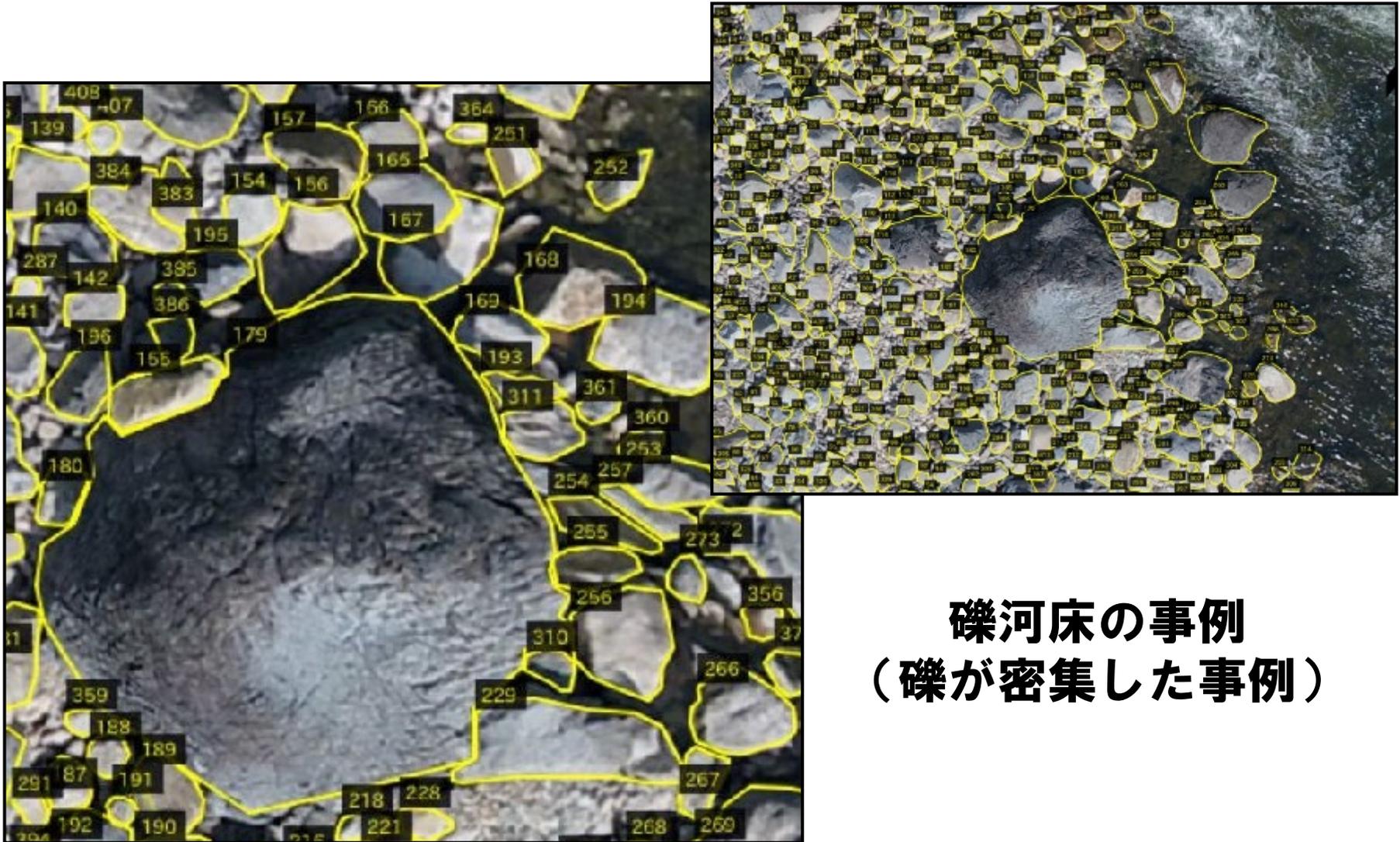
深層学習は与えた教師データに対して調整・反復学習を繰り返す仕組みであり、条件の異なる様々な教師データを用いて繰り返し演算処理を行うことで物体検出の精度が向上する。従って、様々な色彩・形状が含まれたパターンの画像を認識させることが重要である。

# 4. 学習モデルの開発 (2) 学習モデルの開発手順



# 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

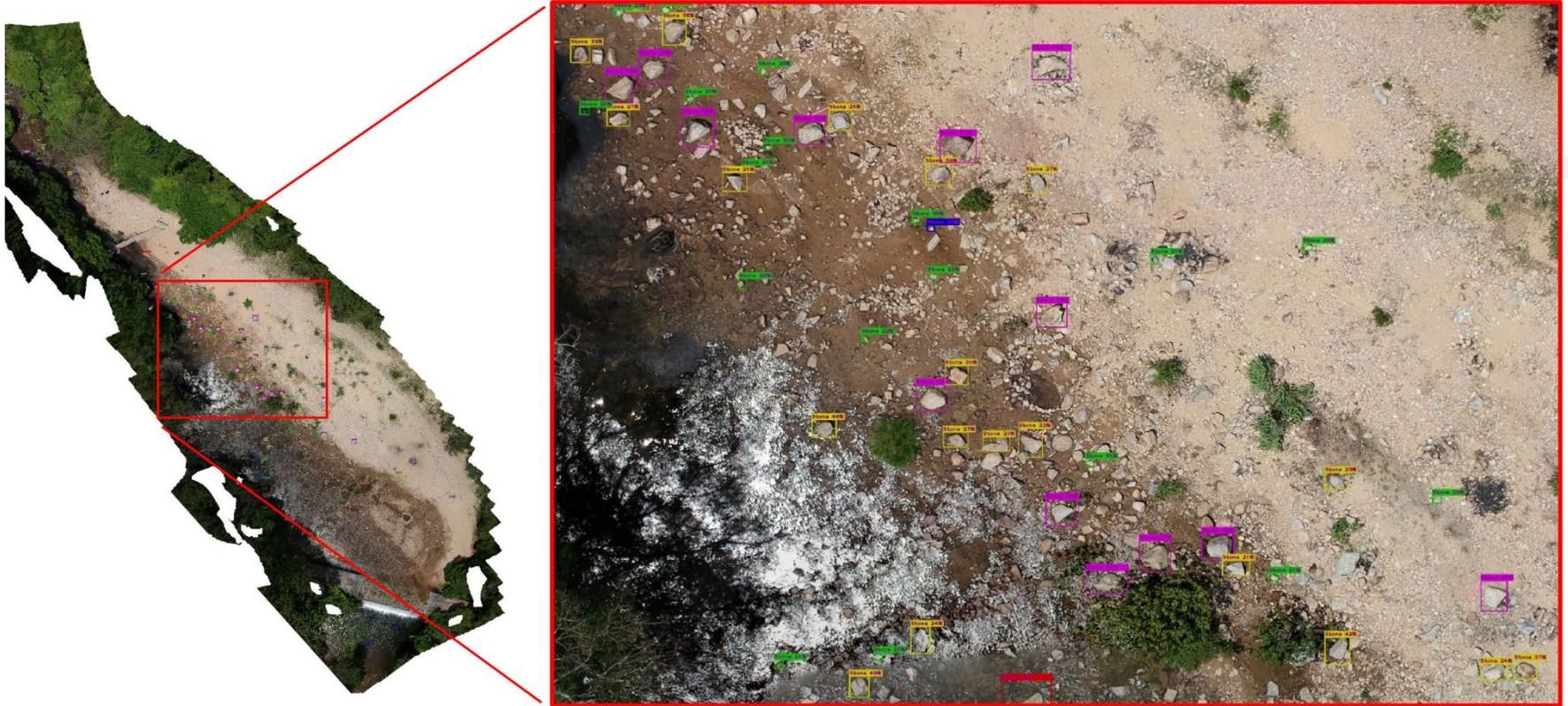
◆ AI精度の向上のため、教師データを作成



**礫河床の事例  
(礫が密集した事例)**

# 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

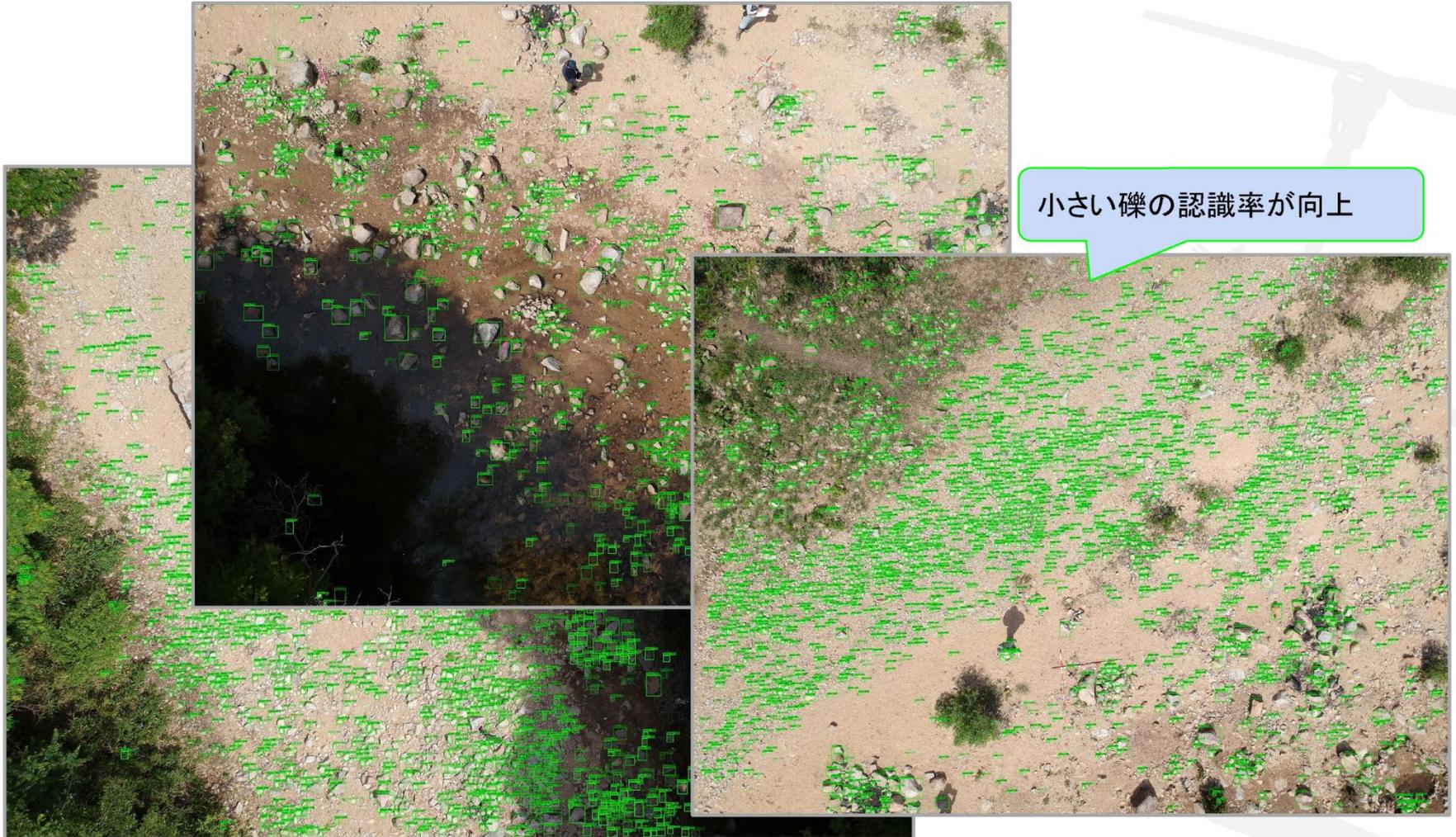
- ◆ AI精度の向上のため、教師データを作成



**花崗岩の事例  
(礫が点在した事例)**

# 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

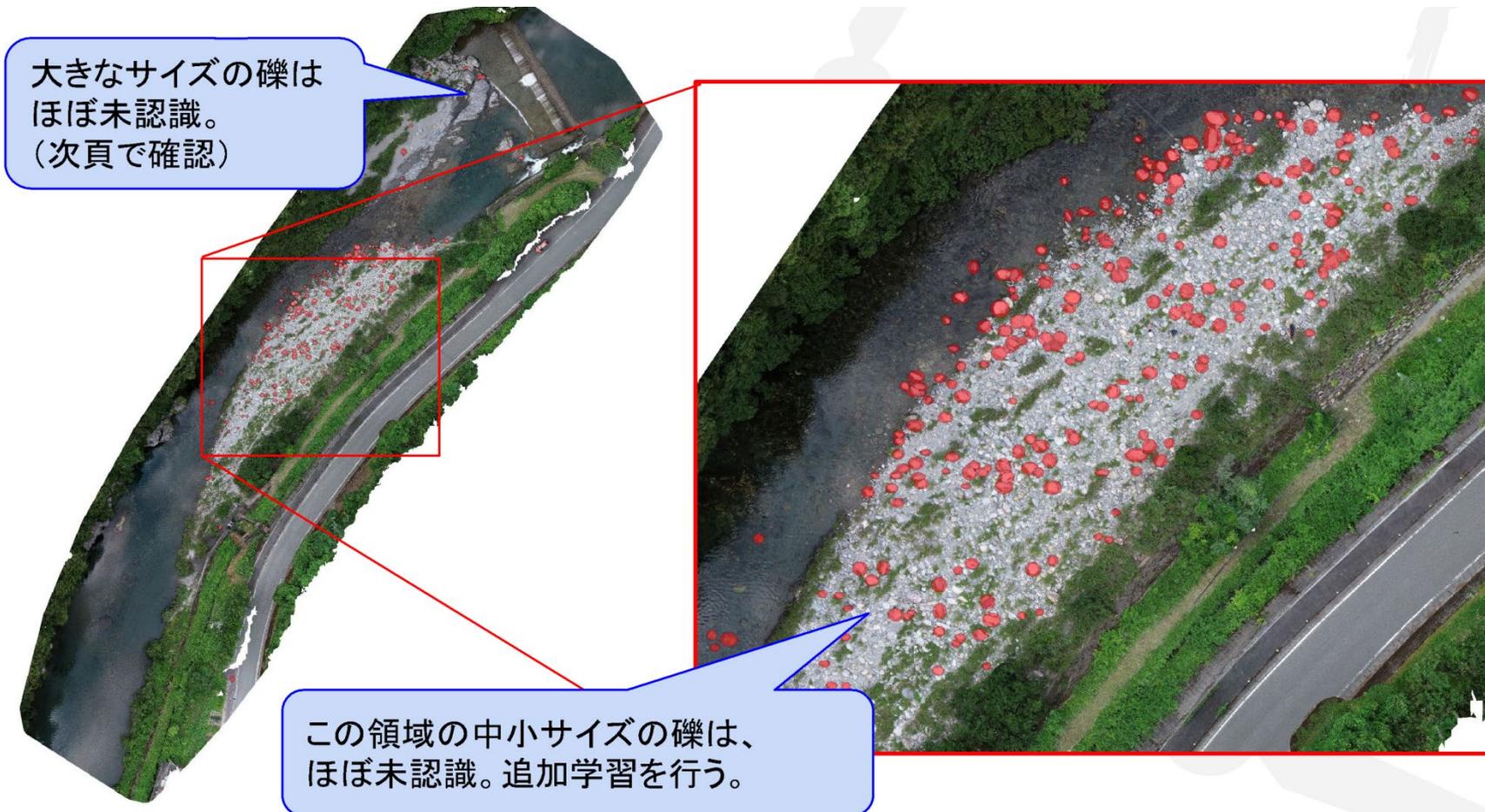
◆ AI精度の向上のため、教師データを作成



学習モデルの精度向上後の再学習結果

# 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

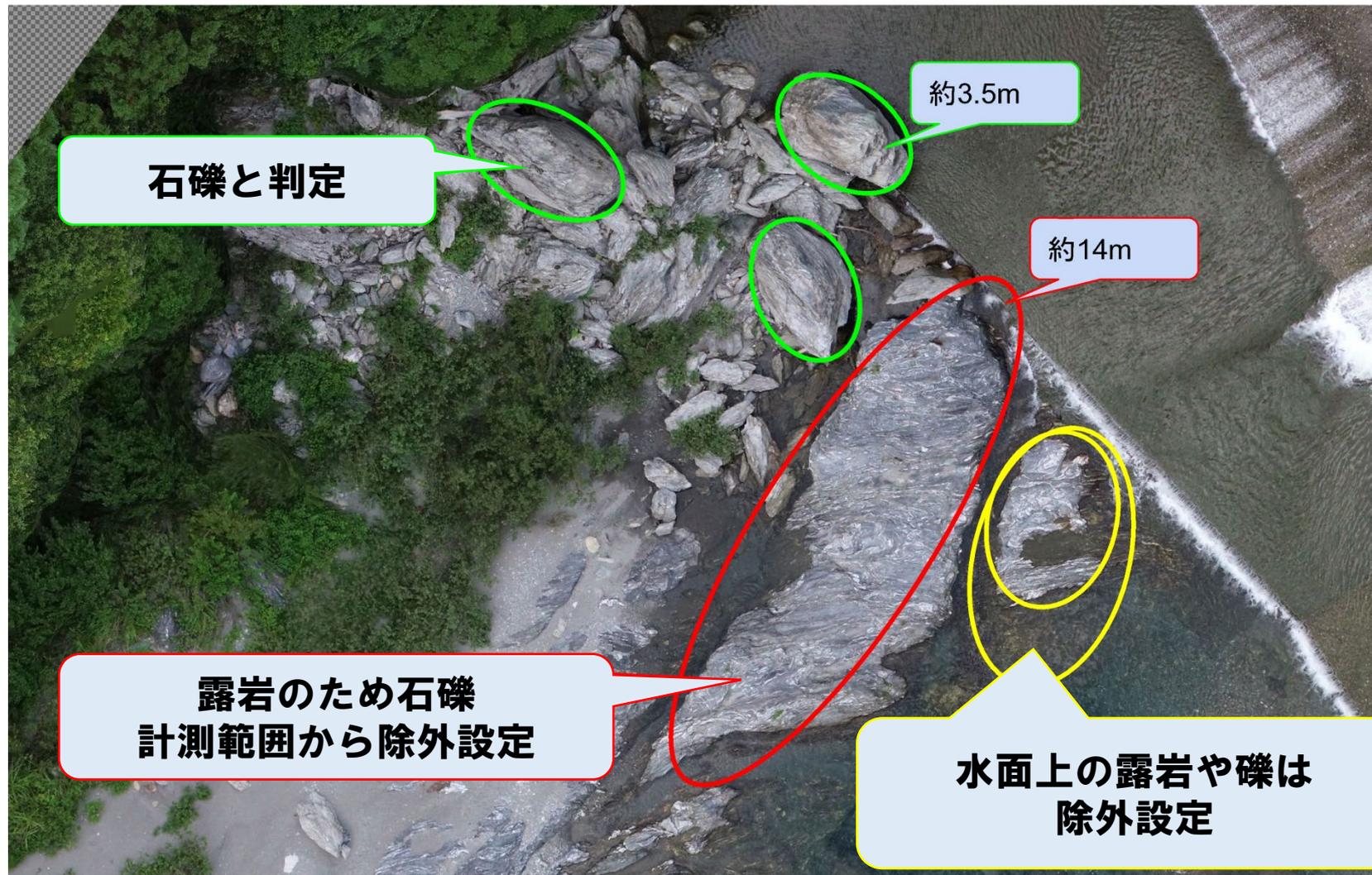
- ◆ AI精度の向上のため、さまざまな教師データを追加



(露岩が含まれる事例)

# 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

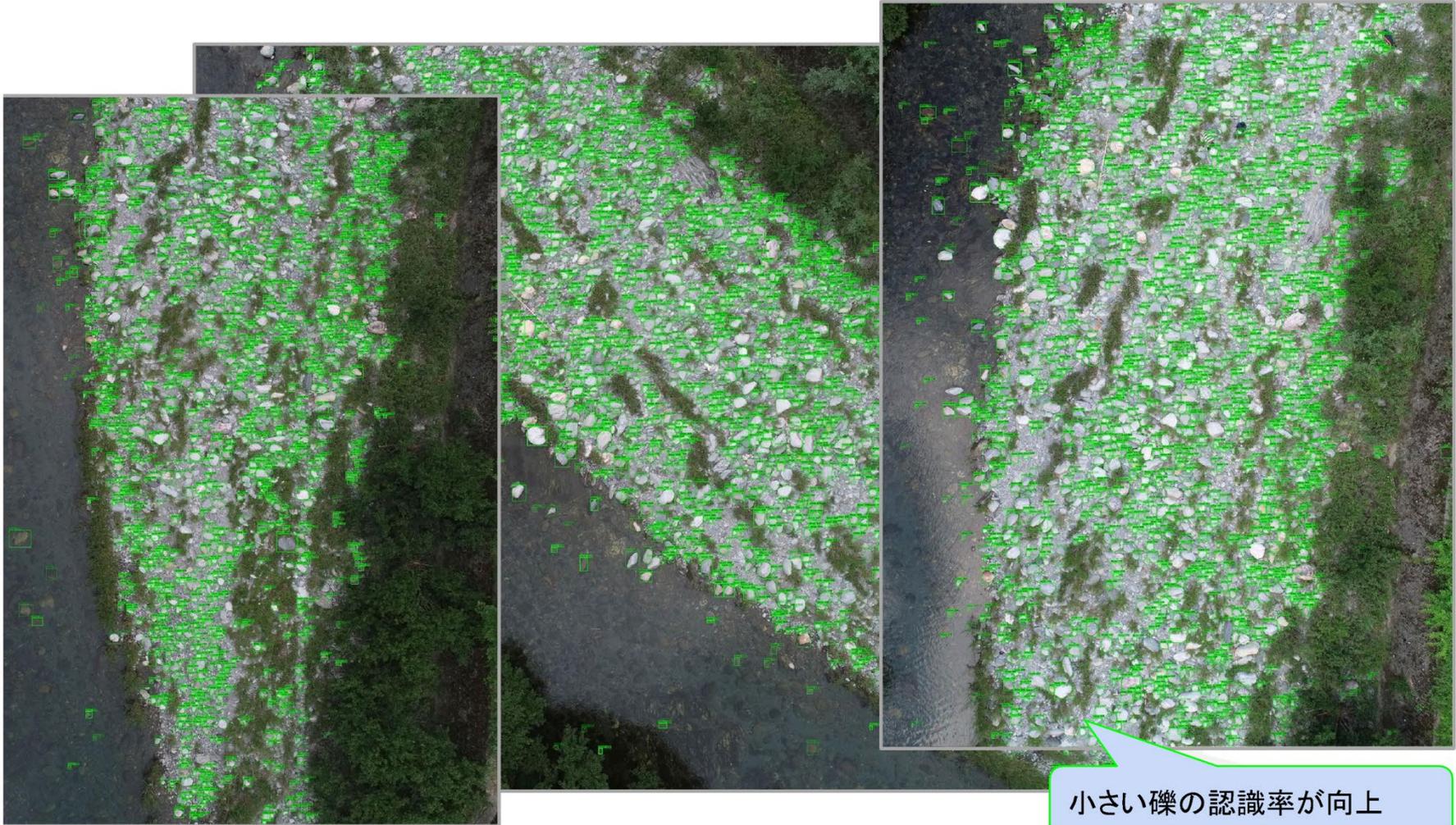
- ◆ AI精度の向上のため、教師データを追加



(露岩が含まれる事例)

# 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

- ◆ AI精度の向上のため、教師データを追加

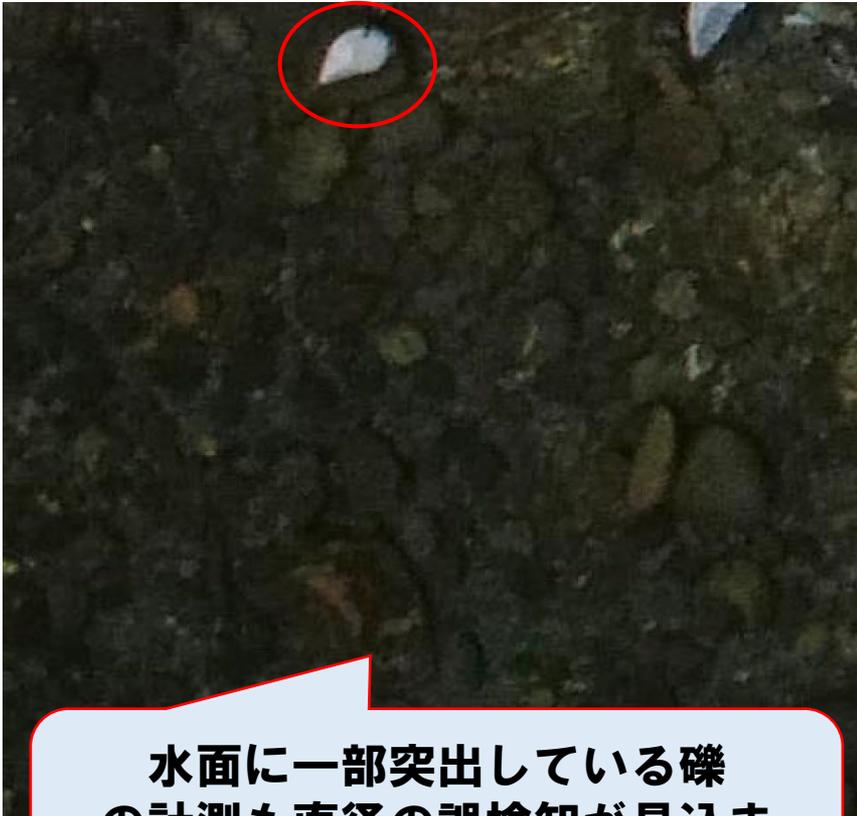


小さい礫の認識率が向上

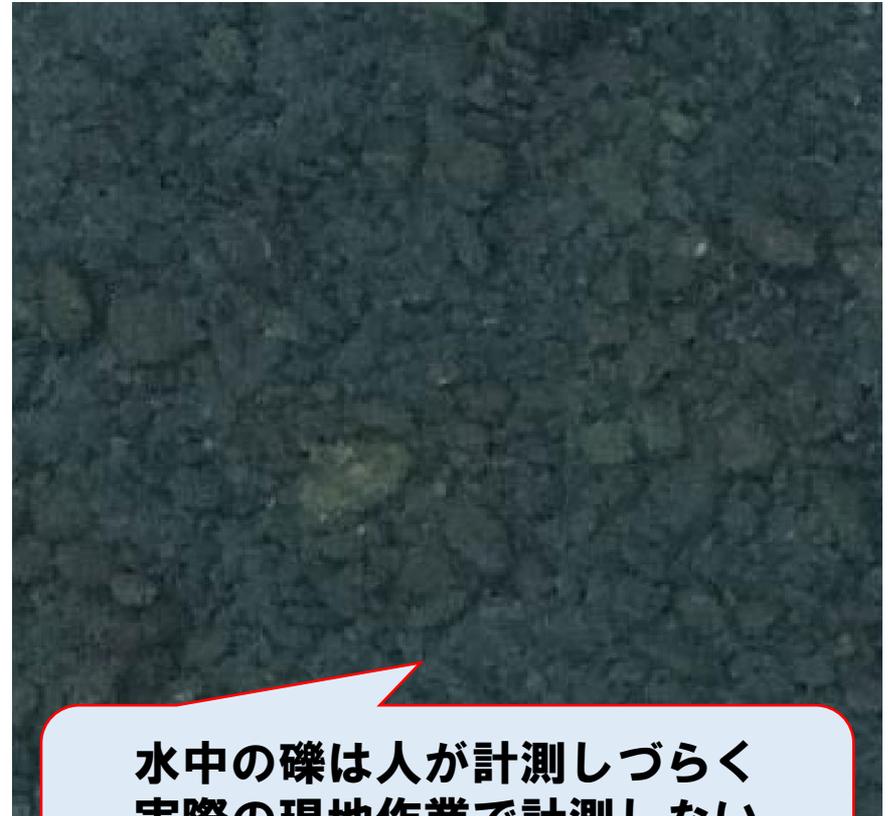
**学習モデルの精度向上後の再学習結果**

## 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

- ◆ AI精度の向上のため、教師データを追加



水面に一部突出している礫  
の計測も直径の誤検知が見込ま  
れるため計測対象外

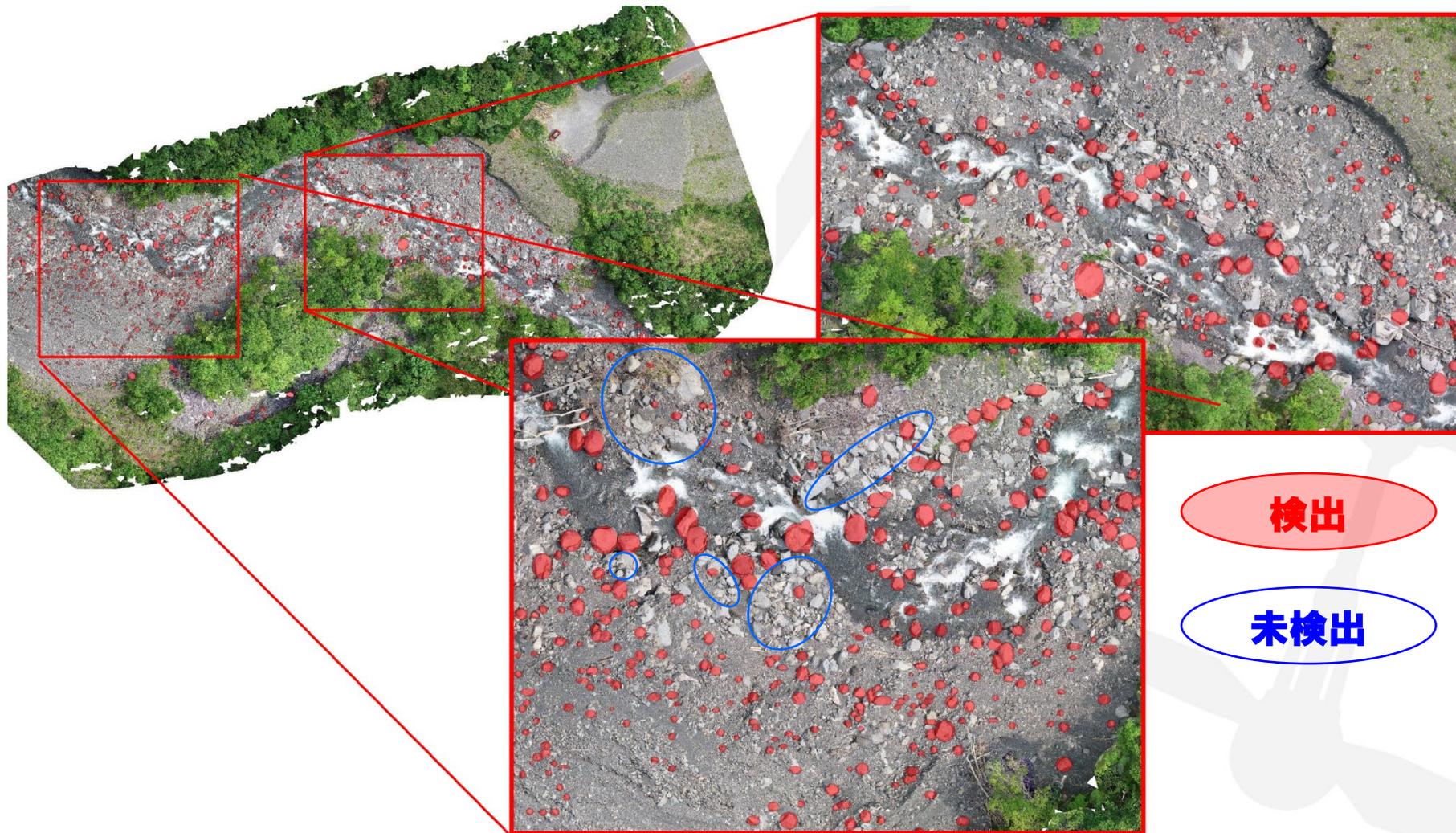


水中の礫は人が計測しづらく  
実際の現地作業で計測しない  
ため計測対象外

(水中の石礫が含まれる事例)

# 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

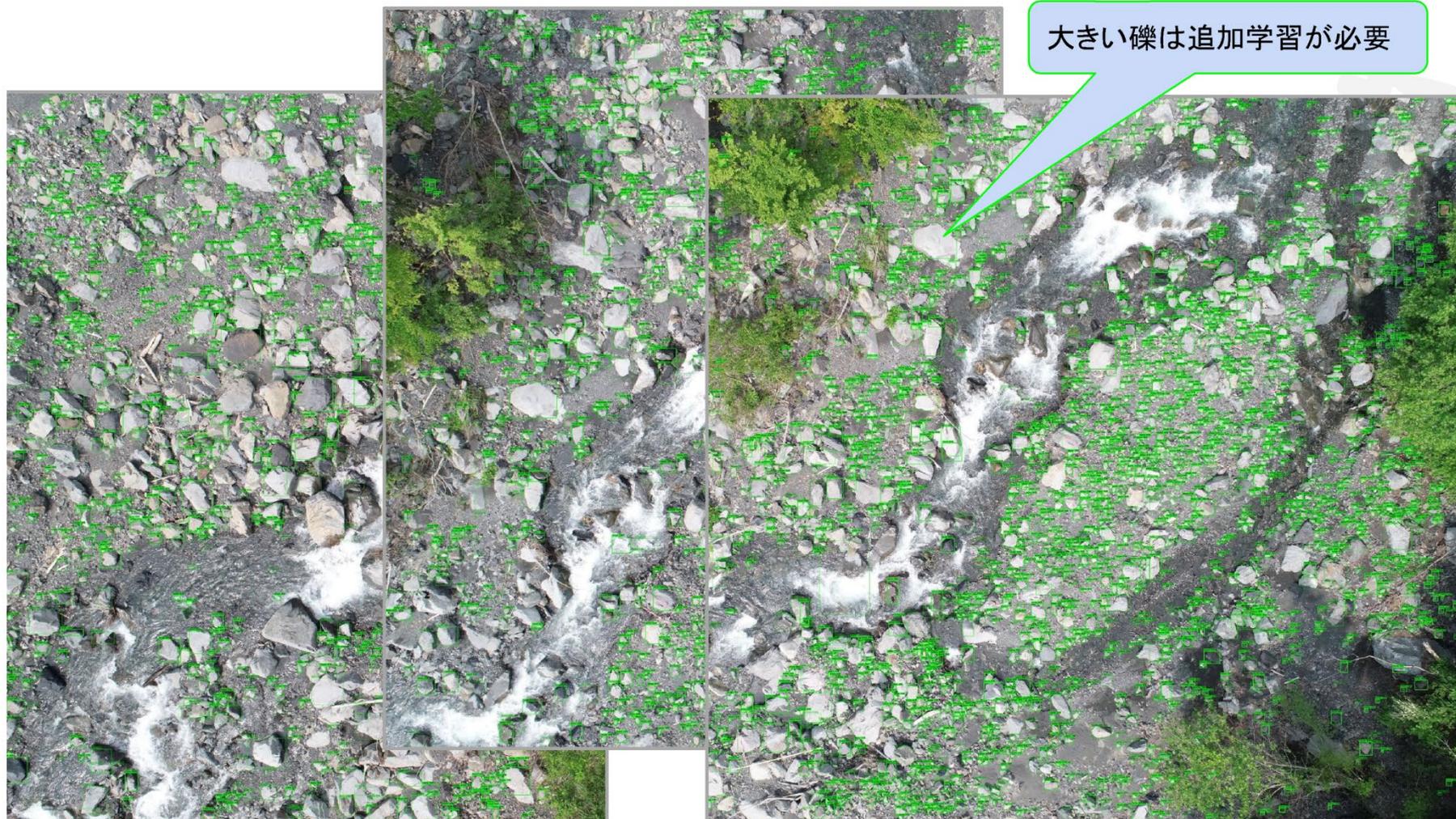
- ◆ AI精度の向上のため、教師データを追加



(流水のある溪流：砂礫質土砂・礫の堆積)

# 4. 学習モデルの開発 (3) 教師データ作成

- ◆ AI精度の向上のため、教師データを追加



学習モデルの精度向上後の再学習結果

## 4. 学習モデルの開発 (4) 学習モデルによる礫抽出結果



学習モデルの製作にあたり、試行的に作業を進め、Ver.01から改良を加えて精度向上を図りながらVer.06抽出精度を確保するまでに至った。

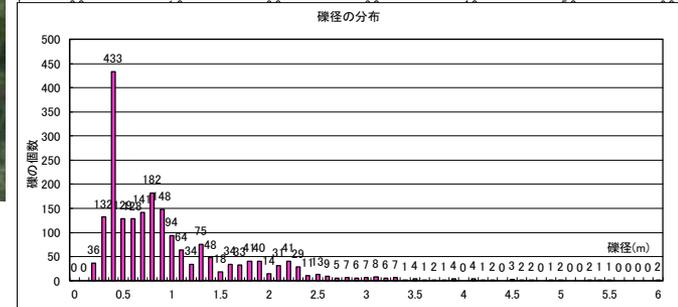
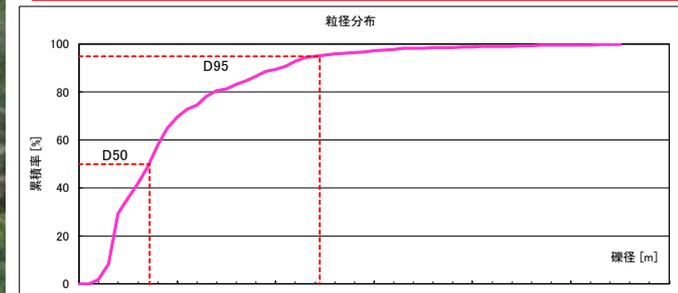
Ver.1：学習時間を判定し20～30時間程度で十分な検出能力を得られることを確認

Ver.5：教師データを組合せることで大小様々な礫を認識

Ver.6：認識率の向上のため、教師データをVer.05と同一のまま深層学習アルゴリズムのパラメータのみを礫向けに調整。その結果、同一の教師データから礫検出数を向上させることができた。本モデルの検出精度は、**人が数えた目視判読の礫の個数に対して判読礫径1m以上の場合、検出率70%程度**となった。

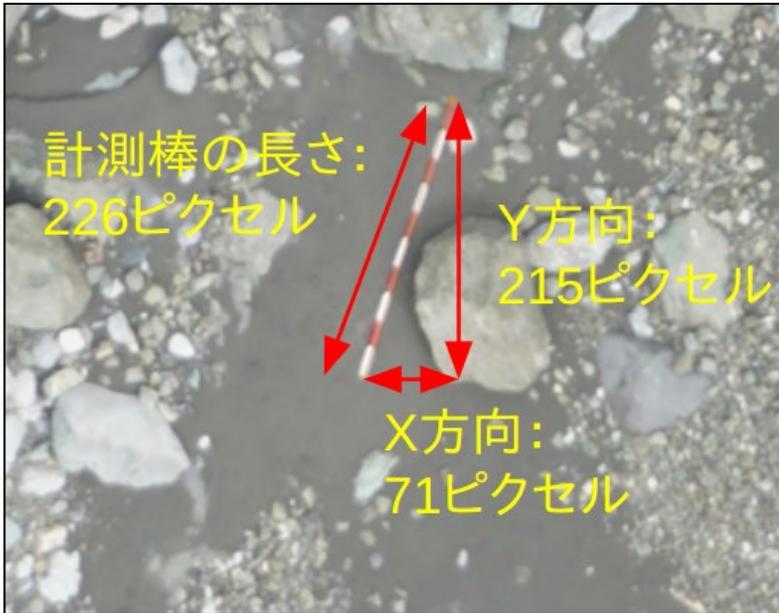
学習モデル	教師画像数	学習時間	礫認識数
Ver.01	8814個	220時間	700個
Ver.02	1416個	19時間	1451個
Ver.03	3332個	20時間	1754個
Ver.04	4410個	20時間	1000個
Ver.05	12146個	29時間	1346個
Ver.06	12146個	29時間	2042個

# 4. 学習モデルの開発 (4) 学習モデルによる礫抽出結果



# 5. 抽出精度の検証

認識した礫画像の検証には、実際に撮影画像内に計測棒（2m赤白ポール）を設置し、演算時に1ピクセルあたりの大きさを設定した。また、地表での計測礫と演算した礫の対比検証を合わせて行うことで、自動判読結果との検証を行った。



項目	人力作業	人工知能 (AI)
抽出可能な礫径	10cm～上限なし	30cm以上～上限なし ※解像度による
礫の認識率	100%	礫径100cm以上で 70%以上
礫の誤検出率	定量評価困難 人による目視誤差	8.6% ※本開発実施段階
礫の抽出個数	400個 長時間	数千個 短時間

## 6. 現地での活用検証(1) 小型無人飛行機による撮影

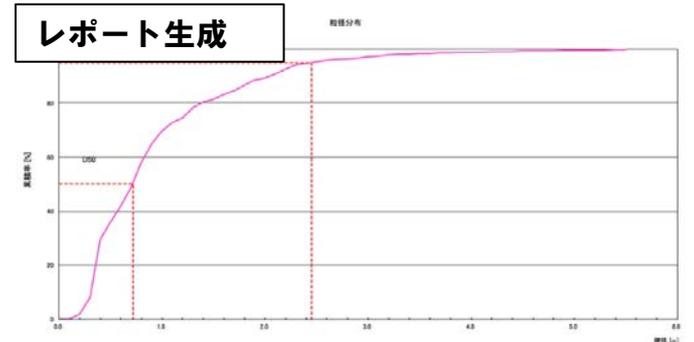
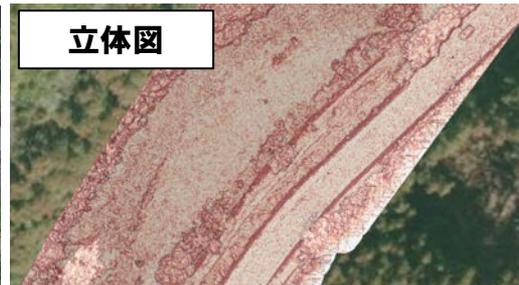
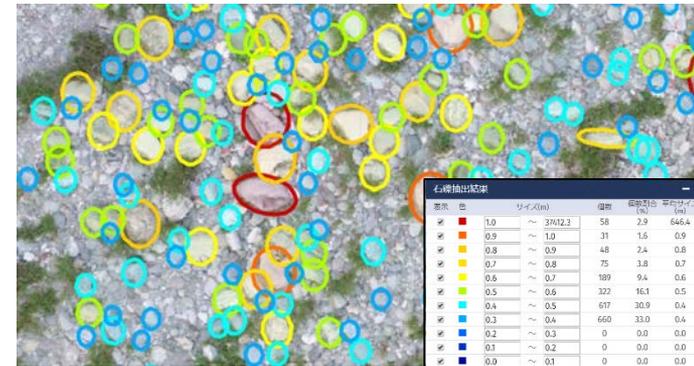
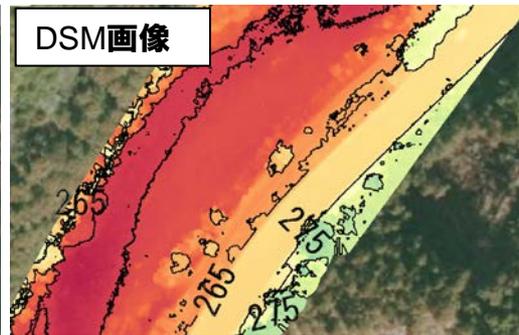
砂防堰堤計画地点の石礫の分布を把握するため、小型無人飛行機による空中写真撮影を実施。撮影条件は次工程で実施する空中写真を用いた自動判読に必要な条件として表に示す内容とした。計測した各溪流の空中写真は判読段階でひずみが無い状態の基図として用いるためオルソフォトを生成した。

項目	条件等
解像度	1cm以下
撮影高度	40m以下
撮影範囲	200m×1000m以内
オーバーラップ率	90%以上
サイドラップ率	60%以上
撮影範囲内の指標	撮影写真内にポール等の配置
計測目標石礫の規模	1.0m以上

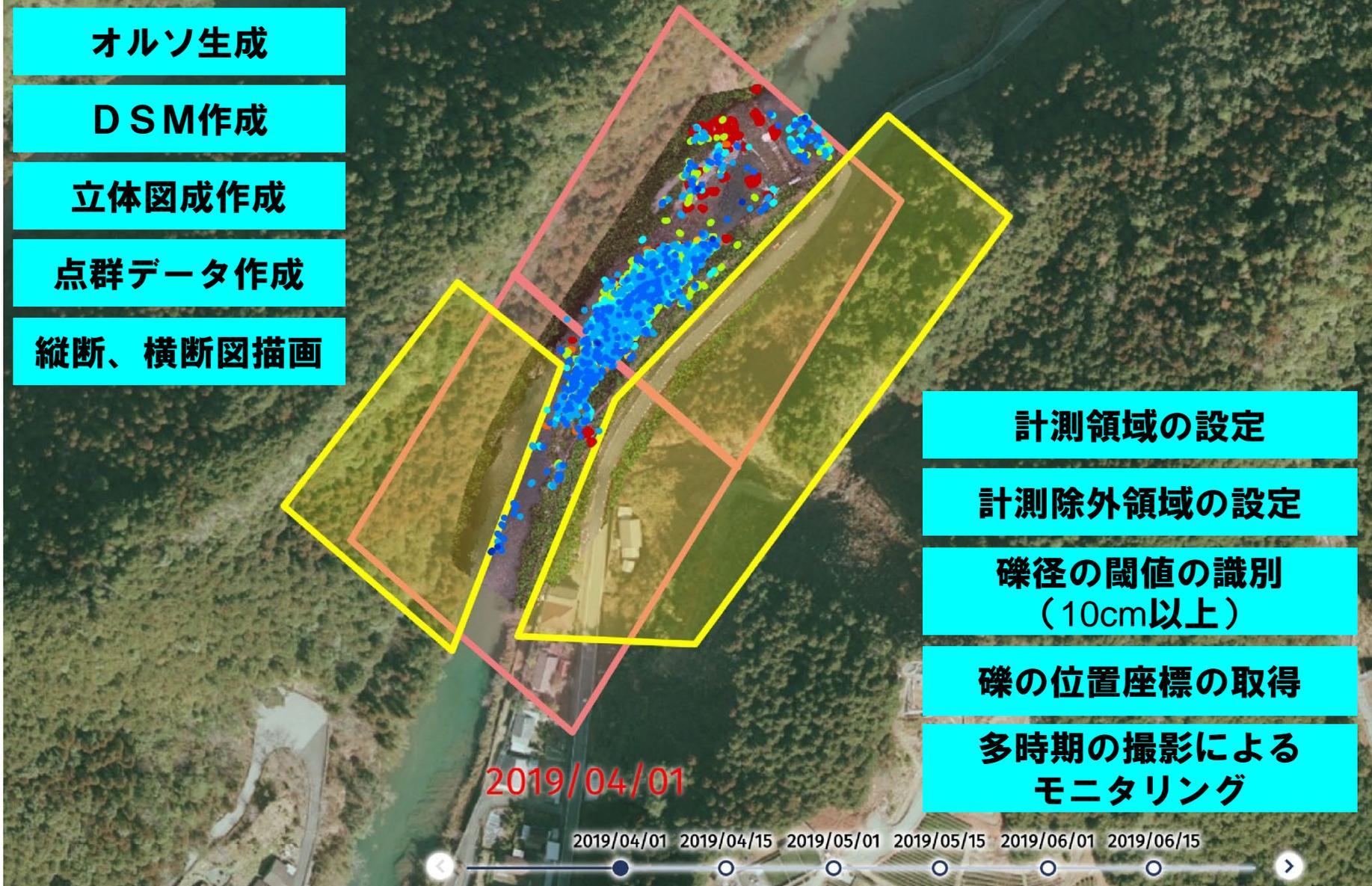
# 6. 現地での活用検証 (2) 自動判読クラウド作成

- 利用者が撮影してきたドローン画像をクラウドサービスにて、オルソ画像等の各種データを作成し、AIにより石礫を自動判読するサービス。
- AIによる石礫自動判読はあくまで作業補助ツールであり、AIによる抽出結果を利用者が確認、補正するサービスである。各種データはクラウド上で確認でき、データとしてダウンロードすることが可能。

## <石礫自動判読AI>



# 6. 現地での活用検証 (2) 自動判読クラウド作成



オルソ生成

DSM作成

立体図成作成

点群データ作成

縦断、横断図描画

計測領域の設定

計測除外領域の設定

礫径の閾値の識別  
(10cm以上)

礫の位置座標の取得

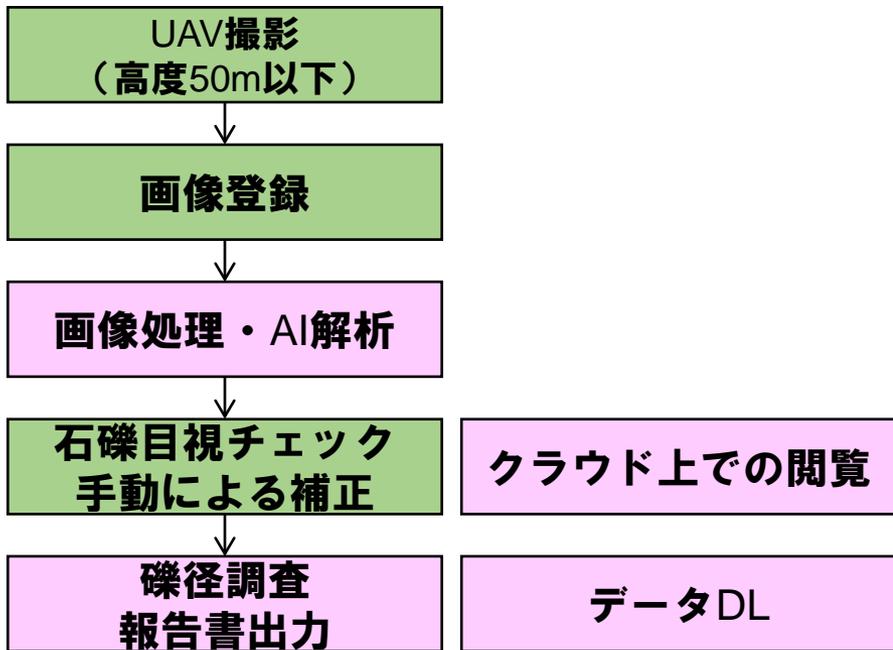
多時期の撮影による  
モニタリング

2019/04/01

2019/04/01 2019/04/15 2019/05/01 2019/05/15 2019/06/01 2019/06/15

# 6. 現地での活用検証(2) 自動判読クラウド作成

- AIにより抽出された石礫の結果を、利用者がチェックし補正作業を行うツールである。
- 従来の人手による計測方法はポールを当てた大まかな計測であり人的誤差を含んでいた。
- 本システムで読み取る石礫のサイズは、オルソ画像をもとに計測した石とそのサイズが証拠として提示できるため、従来の方法より精度は高いと考える。



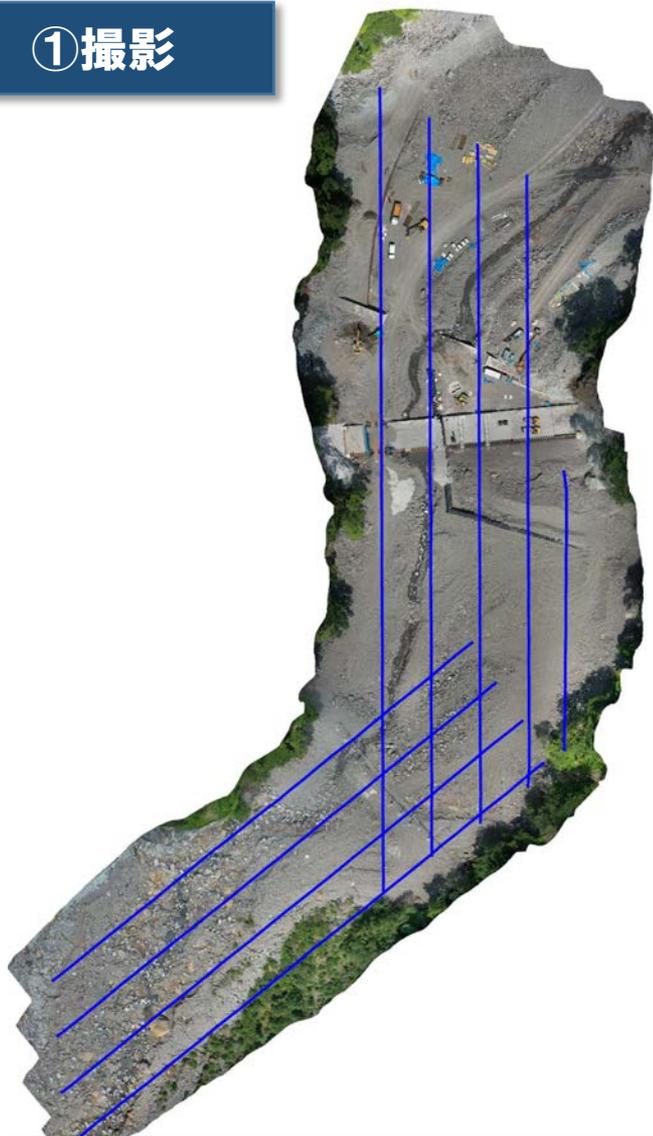
<本システムの精度>



■ 本システムが提供するサービス  
■ 利用者が実施する項目

# 6. 現地での活用検証 (3) システムを用いた調査結果

## ① 撮影



撮影コース

項目	内容
撮影箇所	日光砂防管内大事沢
撮影日時	2020/8/26 11~12時
天候	晴
気流	微風
撮影枚数	323枚
使用機体	MAVIC 2 PRO
コース数	9
オーバーラップ率	90%
サイドラップ率	67~80%
対地高度	約40m
画像解像度	約1cm/pix
シャッター速度	AUTO
絞り値	F5.6
ISO感度	400



撮影UAV: MAVIC 2 PRO

# 6. 現地での活用検証 (3) システムを用いた調査結果

## ②画像アップロード

アップロードは、対象画像をドラッグ&ドロップするだけで完了

\*プロジェクト名

\*調査地

調査日時

調査員

調査目的

撮影時天候

機種

撮影者名

撮影高度 (m)

\*は必須項目です



キャンセル 36 ファイルアップロード中 + Add more

 DJI_0836_1598408438000.JPG 13 MB	 DJI_0837_1598408442000.JPG 13 MB	 DJI_0838_1598408446000.JPG 13 MB	 DJI_0839_1598408450000.JPG 13 MB	 DJI_0840_1598408454000.JPG 13 MB
 DJI_0841_1598408458000.JPG 12 MB	 DJI_0842_1598408462000.JPG 12 MB	 DJI_0843_1598408466000.JPG 11 MB	 DJI_0844_1598409320000.JPG 11 MB	 DJI_0845_1598409324000.JPG 11 MB

Uploading: 89%

以下の撮影条件を全て確認しました

- 撮影コースが3コース以上あります
- 1コースあたり4枚以上撮影しています
- オーバーラップ率90%以上、サイトラップ率60%以上で撮影しています
- 撮影高度は40m以下、解像度は1cm以下で撮影しています
- 撮影範囲は20ha以内です

アップロード

プロジェクトへ戻る

# 6. 現地での活用検証 (3) システムを用いた調査結果

日光砂防大沢沢モニタリング  
2020-08-26 20:20:39

日光砂防大沢沢モニタリングへ戻る

解析基準ラインを指定してください。

解析対象外エリアをクリックして指定してください。

サイズの閾値を指定してください。  
0.5m  5.2m

最大抽出数を指定してください。  
上位

この条件を保存する場合は「抽出条件保存」ボタンをクリックして下さい。この抽出条件は、レポート出力時に使用されます。

**抽出条件保存**

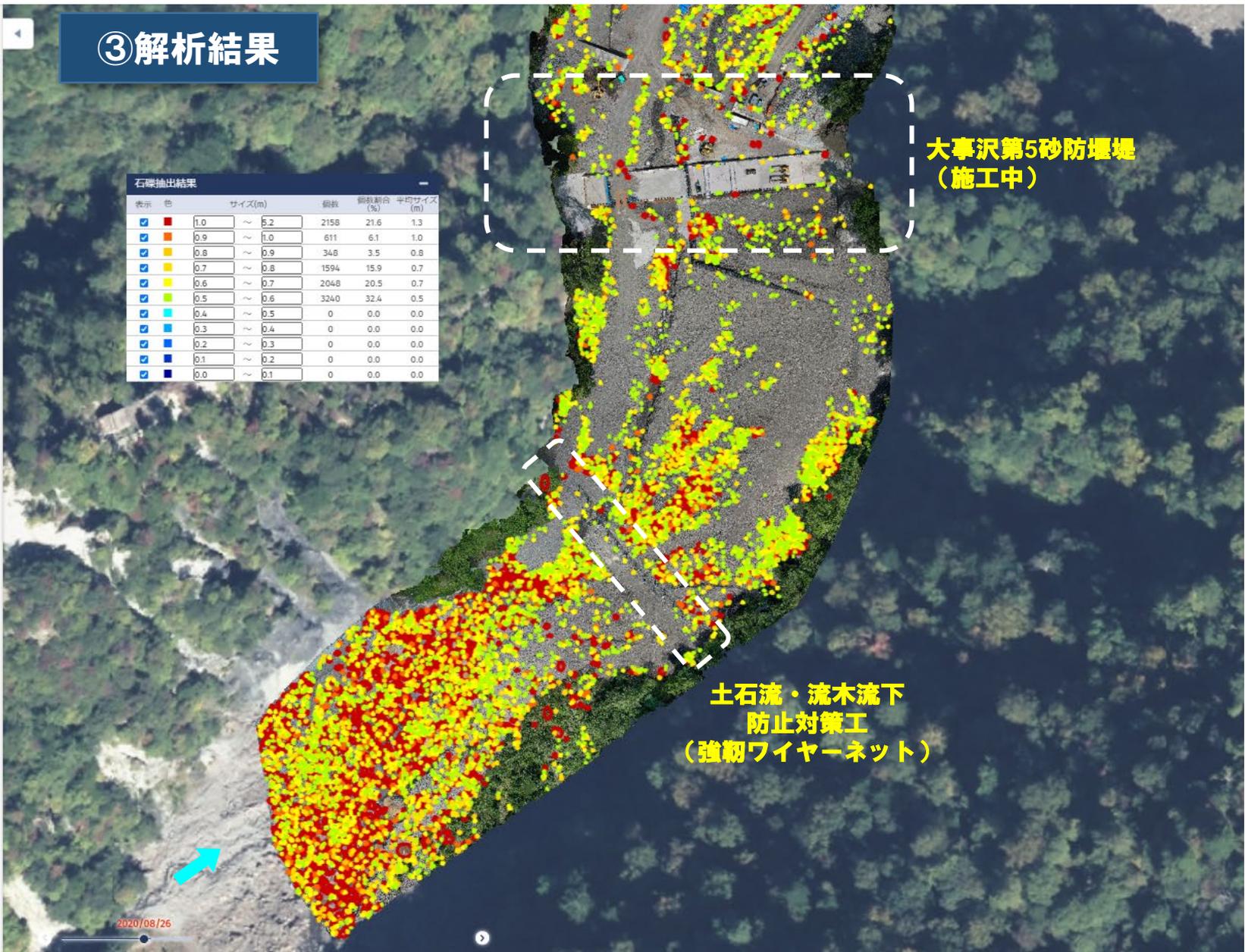
抽出条件一覧  
保存された条件はありません

**ダウンロード**

## ③解析結果

石礫抽出結果

表示	色	サイズ(m)	個数	割合割合 (%)	平均サイズ (m)
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1.0 ~ 5.2	2158	21.6	1.3
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.9 ~ 1.0	611	6.1	1.0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.8 ~ 0.9	348	3.5	0.8
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.7 ~ 0.8	1594	15.9	0.7
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.6 ~ 0.7	2048	20.5	0.7
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.5 ~ 0.6	3240	32.4	0.5
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.4 ~ 0.5	0	0.0	0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.3 ~ 0.4	0	0.0	0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.2 ~ 0.3	0	0.0	0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.1 ~ 0.2	0	0.0	0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.0 ~ 0.1	0	0.0	0.0



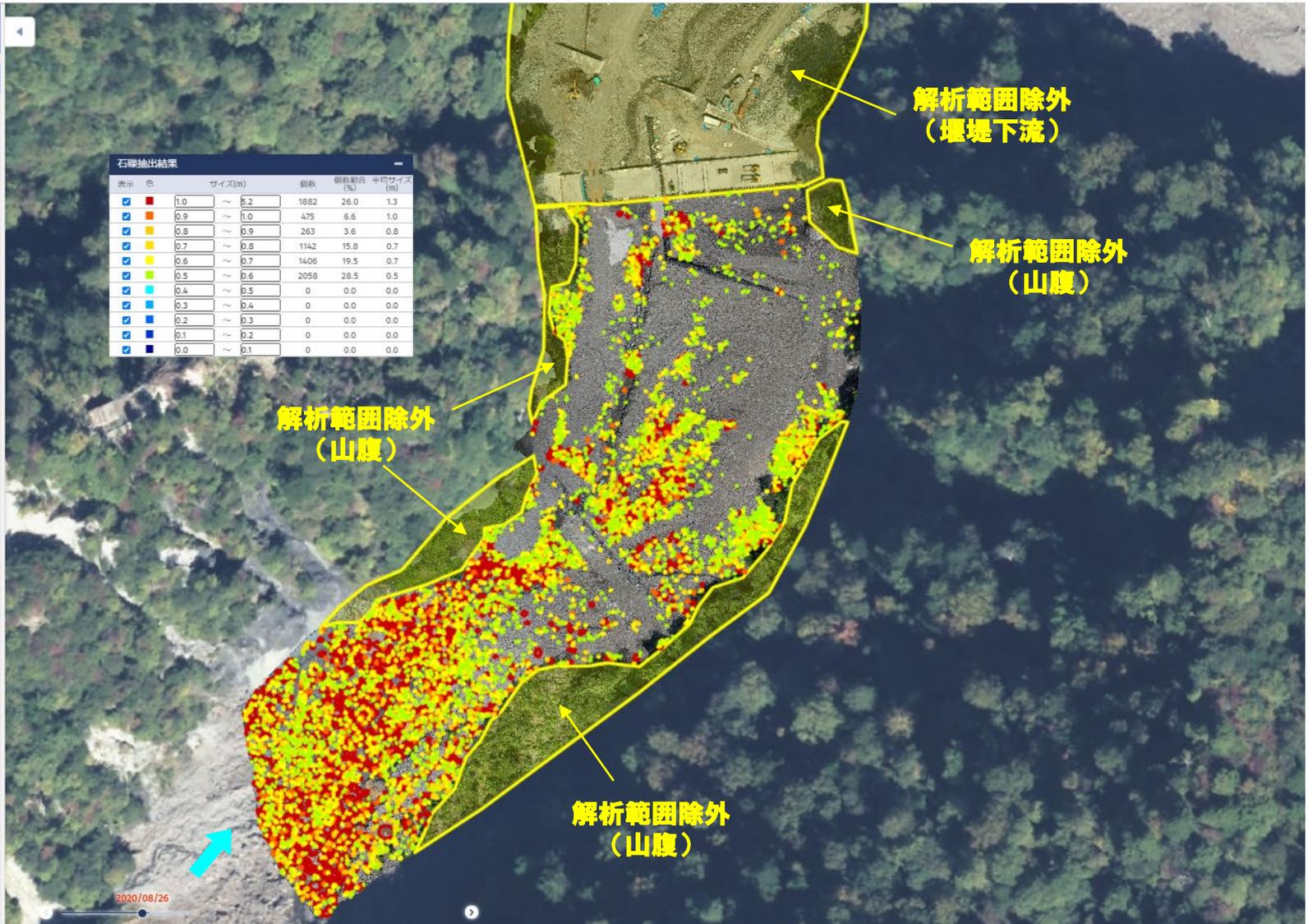
大事沢第5砂防堰堤  
(施工中)

土石流・流木流下  
防止対策工  
(強靱ワイヤーネット)

# 6. 現地での活用検証 (3) システムを用いた調査結果

## ④ 解析エリアの設定

山腹斜面や堰堤下流など、解析対象としない範囲を設定



# 6. 現地での活用検証 (3) システムを用いた調査結果

## ⑤ 礫の形状変更、追加、削除

礫の形状変更、新規追加、削除を画面上で実施し、礫径結果に反映



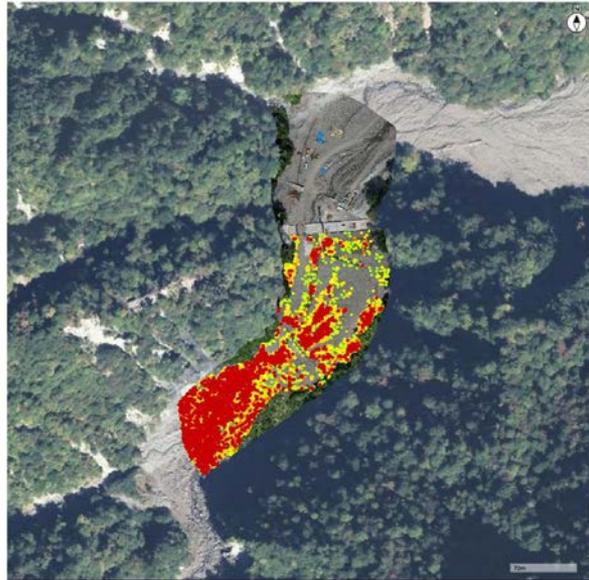
表示色	サイズ(m)	個数	個数割合 (%)	平均サイズ(m)
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0 ~ 5.2	1981	26.0	1.3
<input checked="" type="checkbox"/>	0.9 ~ 1.0	475	6.6	1.0
<input checked="" type="checkbox"/>	0.8 ~ 0.9	263	3.6	0.8
<input checked="" type="checkbox"/>	0.7 ~ 0.8	1142	15.8	0.7
<input checked="" type="checkbox"/>	0.6 ~ 0.7	1406	19.5	0.7
<input checked="" type="checkbox"/>	0.5 ~ 0.6	2058	28.5	0.5
<input checked="" type="checkbox"/>	0.4 ~ 0.5	0	0.0	0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	0.3 ~ 0.4	0	0.0	0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	0.2 ~ 0.3	0	0.0	0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	0.1 ~ 0.2	0	0.0	0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 ~ 0.1	0	0.0	0.0

# 6. 現地での活用検証 (3) システムを用いた調査結果

## ⑥ 礫径結果のレポート作成

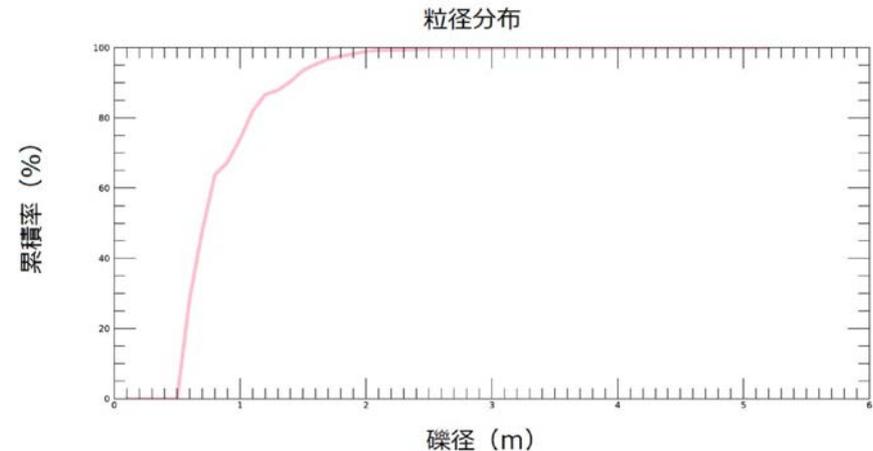
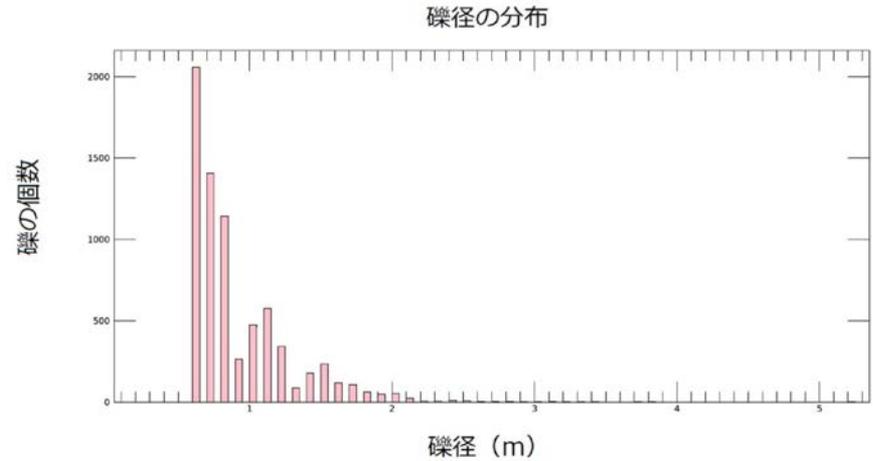
対象とした範囲の礫径抽出結果をレポートとして出力

石礫抽出結果



色	サイズ (m)	個数	個数割合 (%)	平均サイズ (m)
■	1.0 ~ 5.2	1882	26.0	1.3
■	0.9 ~ 1.0	475	6.6	1.0
■	0.8 ~ 0.9	263	3.6	0.8
■	0.7 ~ 0.8	1142	15.8	0.7
■	0.6 ~ 0.7	1406	19.5	0.7
■	0.5 ~ 0.6	2058	28.5	0.5
■	0.4 ~ 0.5	0	0.0	0.0
■	0.3 ~ 0.4	0	0.0	0.0
■	0.2 ~ 0.3	0	0.0	0.0
■	0.1 ~ 0.2	0	0.0	0.0
■	0.0 ~ 0.1	0	0.0	0.0

礫径分布



# 6. 現地での活用検証 (3) システムを用いた調査結果



①長径2.8m×短径1.5m  
平均2.15m



②長径1.5m×短径1.5m  
平均1.5m



④長径1.8m×短径1.4m  
平均1.6m



③長径2.3m×短径1.8m  
平均2.05m



礫 径

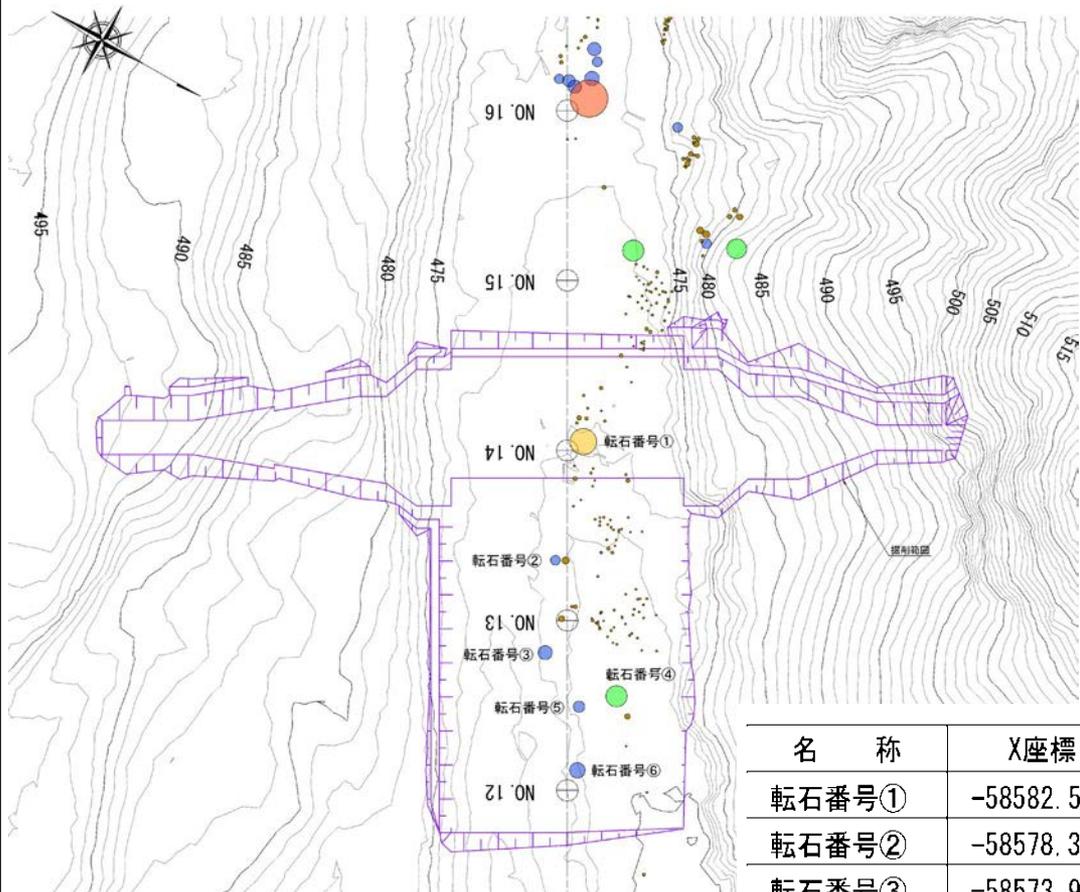
- 1m未満
- 1～2m未満
- 2～3m未満
- 3～4m未満
- 4m以上

AI判読礫径と現地計測礫との精度検証



⑤長径2.6m×短径1.9m  
平均2.25m

# 6. 現地での活用検証 (3) システムを用いた調査結果



工事発注図面の作成にあたり、規模の大きな礫は現場で破碎処理を行っている。

転石破碎工の対象となる礫の位置座標・大きさ (平均礫径) を瞬時に計測可能

名 称	X座標	Y座標	長径 (m)	短径 (m)	平均礫径 (m)
転石番号①	-58582.501	-15054.622	3.50	3.00	3.25
転石番号②	-58578.343	-15040.905	1.50	1.00	1.25
転石番号③	-58573.946	-15030.880	2.00	1.00	1.50
転石番号④	-58564.212	-15030.573	3.00	2.00	2.50
転石番号⑤	-58567.378	-15027.342	2.00	1.00	1.50
転石番号⑥	-58563.804	-15020.743	2.00	1.50	1.75

## ◆メリット

1. オルソ画像等の各種データが迅速に自動生成される。
2. クラウド上でいつでもデータが確認でき、ドローンで取得した大量のデータ管理が容易。
3. 現地の確認モレ、写真撮影モレなどに対し、オルソ画像等で現地を確認することができ、追加で現地調査に行くことを抑制できる。
4. 礫の計測を従来の手計測に比べ、高精度に根拠も明確にして計測できる。
5. 現状、5人で2日程度かけている現地調査を簡略化できる可能性がある。

## ◆デメリット

1. 砂防の現場は木が茂る箇所が多く、ドローンで河床が撮影できない現場の場合、本システムは適用できない。
2. ドローンで撮影できる小流域はAI技術で判読可能であるが、高度が高く、画像が鮮明に撮影できない高度（概ね50m以上の計測写真）では、解像度によっては判読精度が劣る（もしくは解析できない）

# 7. まとめ

対象業務	効果の種別	NOW	Future
UAV撮影データを用いた礫径の自動判読技術の開発	①作業時間の短縮	調査範囲の礫を人力作業で調査を実施しており 「人工×時間」を要している。	斜面や河床における調査をUAV計測とすることにより、 人工と時間の短縮が図れる。
	②作業中の安全性向上	調査範囲の礫河床上を歩行するため、浮石や転石からの落下や歩行時転倒による 事故リスクが高い。	調査範囲を空中からの観察することで、作業員の安全確保が可能となり、 事故リスクが大幅に減少する。
	③作業精度の向上	「目視」による調査手法であり、調査員の見落としや主観が入るため、 精度にバラツキが生じる。	空中から観察することで <u>確実に一定規模の礫を判別・抽出</u> することができ 精度の向上が図れる。

# 7. まとめ

調査手法	特徴	現地調査に要する時間	礫径の判読に要する時間	費用
<p>現状</p> <p>地表踏査</p>	<p>課題</p> <p>①現地踏査は危険と隣り合わせ</p> <p>②調査員による計測精度がばらつき</p>	<p>現地作業 4時間 (3人/班)</p>	<p>手作業 8時間 (1人)</p>	<p>・現地踏査 (12時間) ・データとりまとめ (8時間) = 合計20時間 ※技師C単価 1万円/h</p> <p>約20万円</p>
<p>本技術</p> <p>UAV + AI</p>	<p>長所</p> <p>①現地踏査を短縮することができ、安全性向上</p> <p>②計測精度の個人差は少ない</p> <p>③スピードアップ</p>	<p>UAVフライト + 現地作業 2時間 (2人/班)</p>	<p>手作業 1時間 (1人) PC稼働 (10時間)</p>	<p>・UAVフライト+地表踏査 (4時間) ・AI自動判読 (オルソ生成含) = 30万 ・データとりまとめ (1時間) = 合計5時間 ※技師C単価 1万円/h</p> <p>約35万円</p>

**ドローン × AI 技術**により

砂防現場に**革新**を！

御静聴ありがとうございました