

【OPS1】河川技術としてのリモートセンシングの計測技術とデータ解析

小テーマ1：画像解析による河床材料特性の推定方法

UAV 空中写真の河床材料調査 への適用性に関する検討

日本工営株式会社 秋田麗子

■対象論文(2稿)

① 垂直写真の画像解析から砂の平均粒径を推定する手法の検討

室内実験

① UAV空中写真の河床材料調査への適用性に関する検討

現地での検証

■河床材料調査との比較

	河床材料調査	UAV空中写真による 画像解析
手 法	砂：直接採取 礫：面格子・線格子	砂：輝度分布 礫：輪郭抽出
情報量	ポイント情報	面的情報
現地作業	要アクセス 要計測	アクセス不要 UAV撮影
効率性 スケールメリット	低	高

高度化

安全
迅速化

効率化

精度？ 労力？
適用範囲？

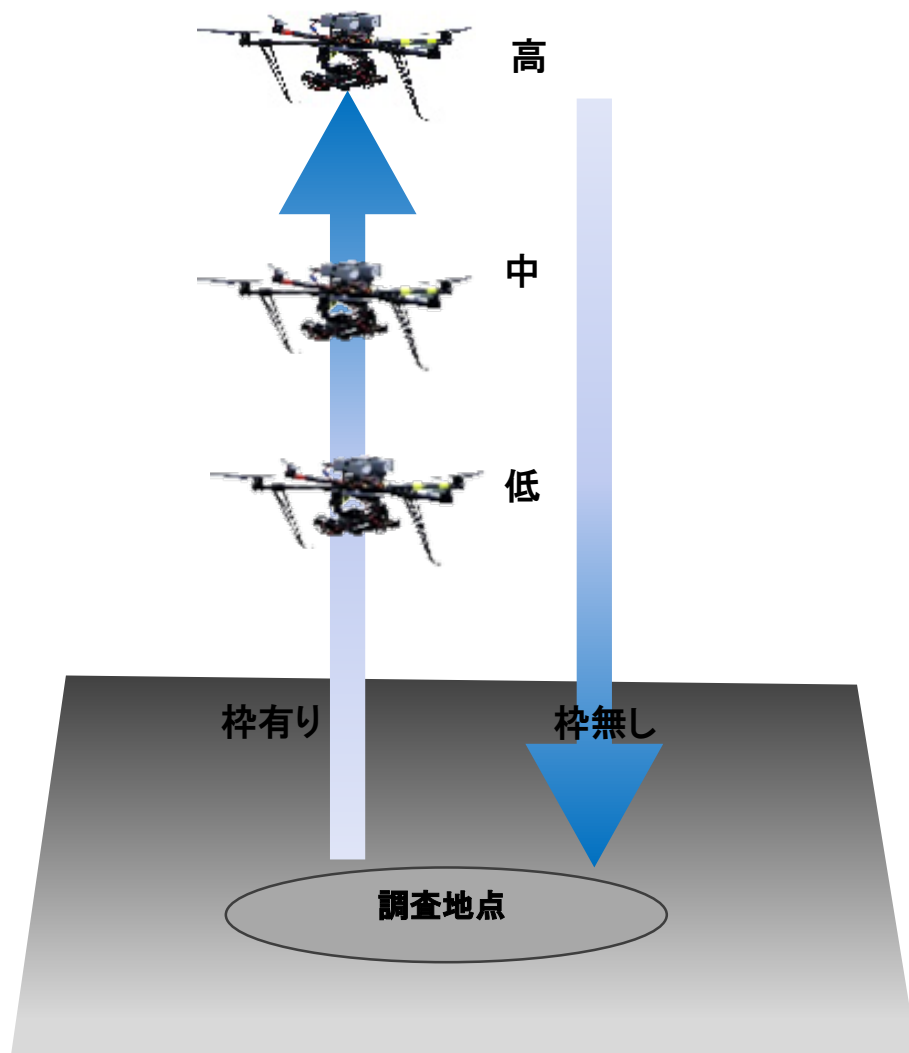
→実際に調査して把握

1. UAV写真撮影

撮影地点: 22地点

撮影高度 (解像度)

- 60m ($10\text{mm}/\text{pix}$)
- 30m ($5\text{mm}/\text{pix}$)
- 5m ($1\text{mm}/\text{pix}$)



1. UAV写真撮影

検証用の調査を同日に実施

礫卓越場

小礫以上



面格子法

砂卓越場

小礫以下



**直接採取
→室内粒度試験**

1. UAV写真撮影



UAV(SPIDER)

- ・ルーチェサーチ株式会社製
- ・最大搭載重量: 7.5kg
- ・最大飛行時間: 25分



カメラ(Sony α7R)

- ・ソニー製
- ・約3,640万画素



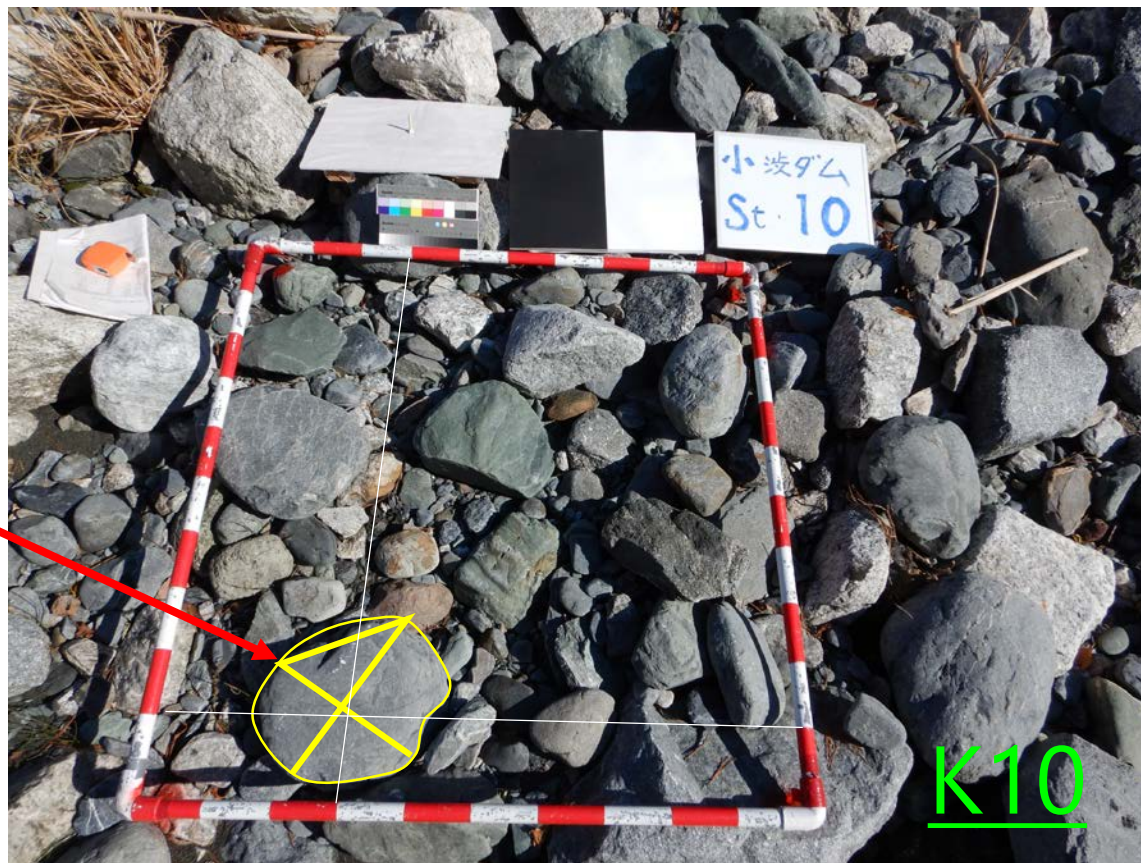
レンズ (FE35mm F2.8ZA)

2. 画像からの粒径推定【礫】

礫卓越場

小礫以上

10cm格子下の
礫の輪郭(2径)
を判読して粒度
分布を作成



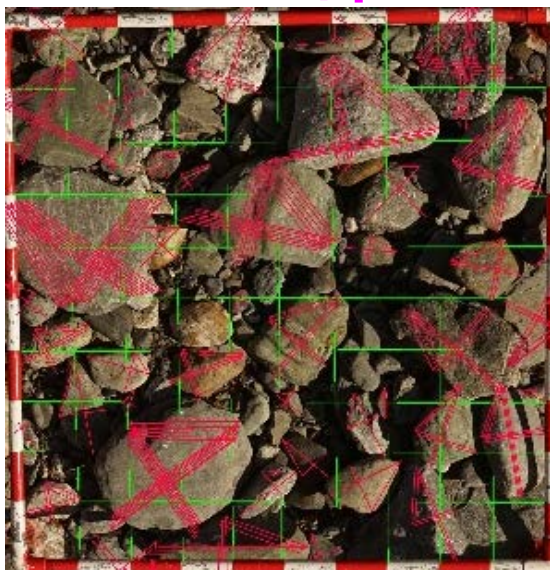
➡ 現地の面格子法(平面2径計測)と比較

2. 画像からの粒径推定【礫】

礫卓越場

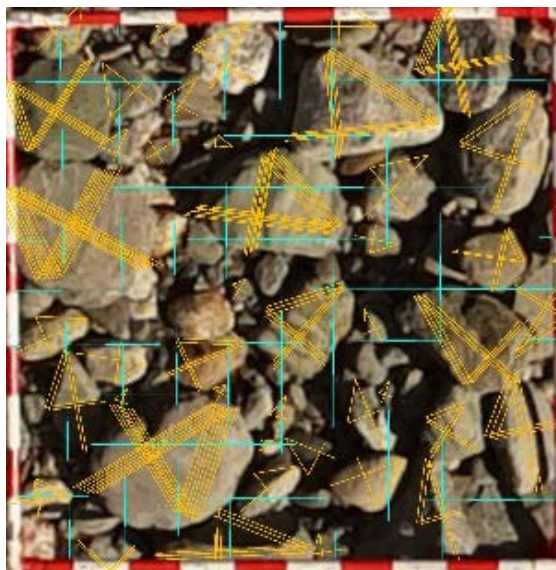
解像度が粗くなるほど、
輪郭が読み取りづらい K10

高度5m
(0.7mm/pix)



90個を判読

高度30m
(4.2mm/pix)



90個を判読

高度60m
(8.4mm/pix)

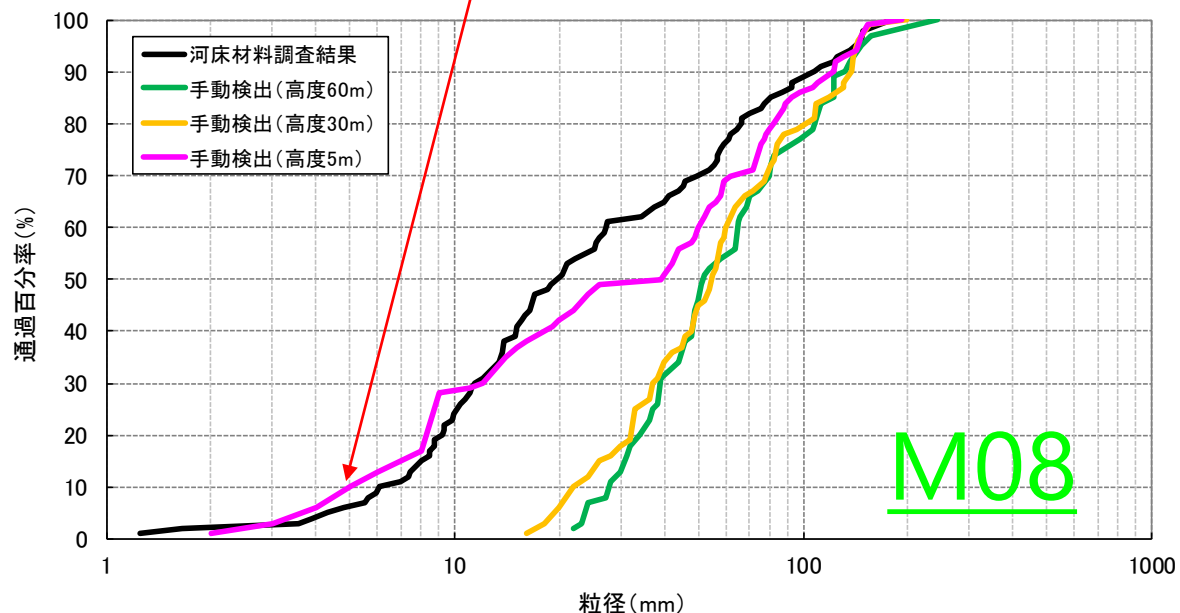
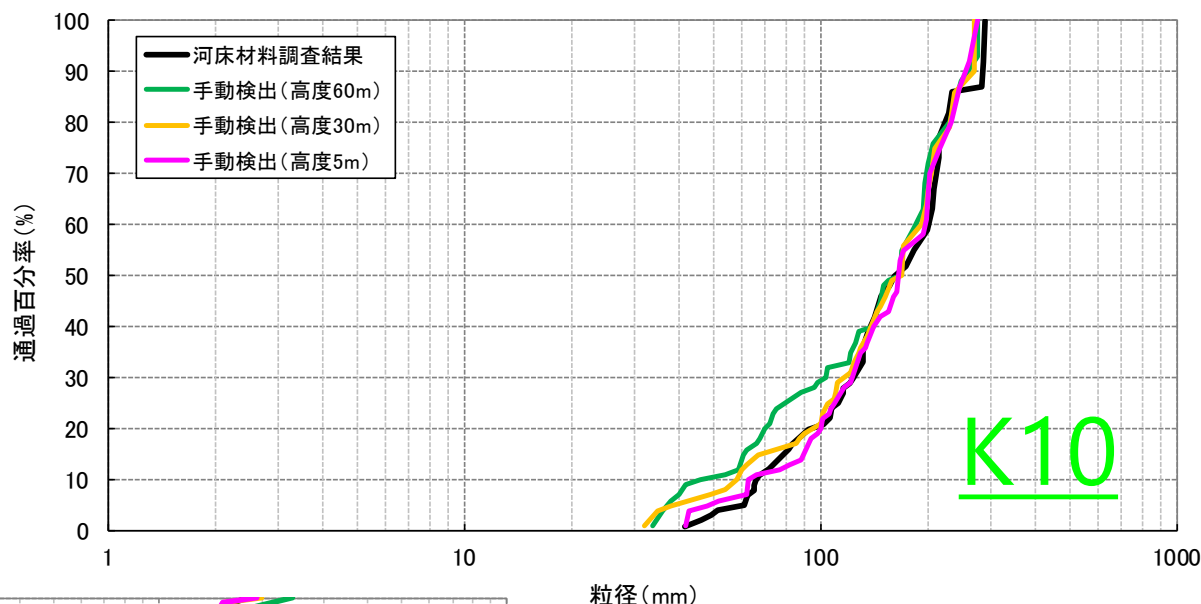


86個を判読

2. 画像からの粒径推定【礫】

礫卓越場

高度5mでは5mm
程度まで判読可



解像度が高い
ほど、粒度分布
が合致

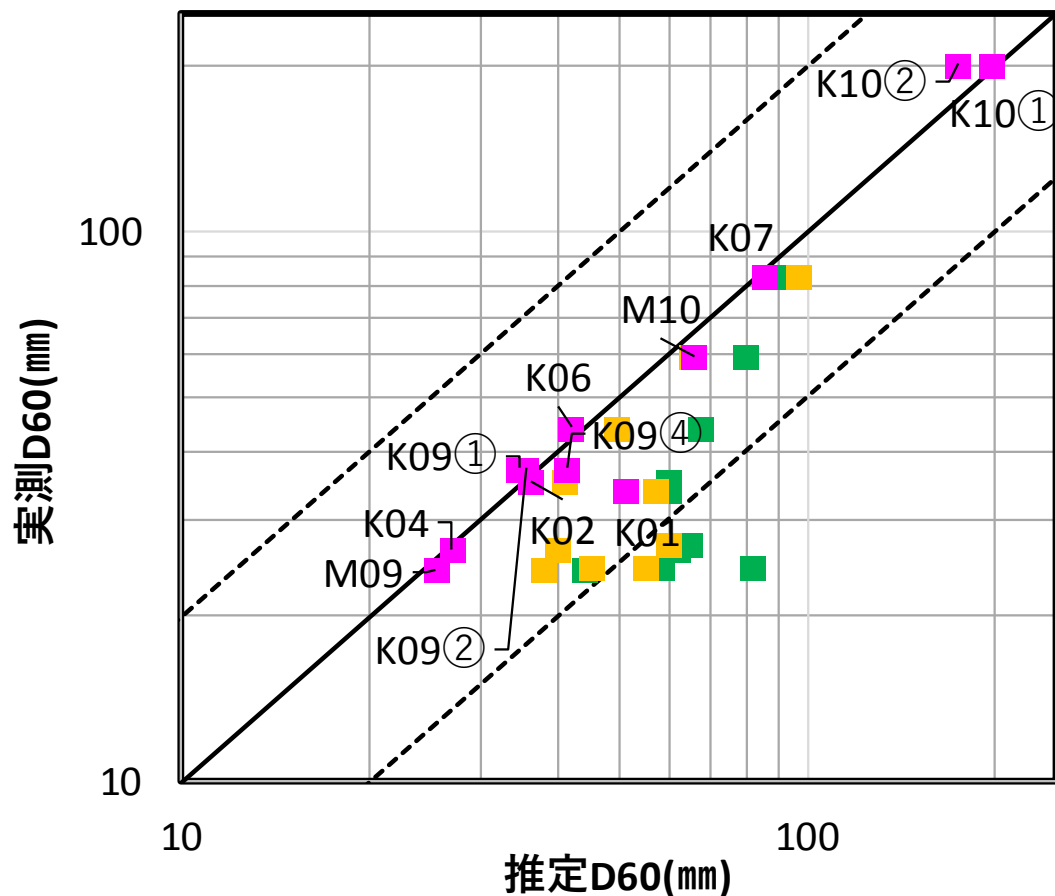
2. 画像からの粒径推定【礫】

礫卓越場

解像度が高いほど、推定精度が良好



高度5mでは、
d60粒径±4%の
精度で推定可能
(d60粒径: 24~83mm)



■ 手動60m ■ 手動30m ■ 手動5m — 基準線
推定誤差: 64% 27% 4%

3. 画像からの粒径推定【砂】

砂卓越場

小礫以下

輝度分布の
統計解析から
平均粒径を推定

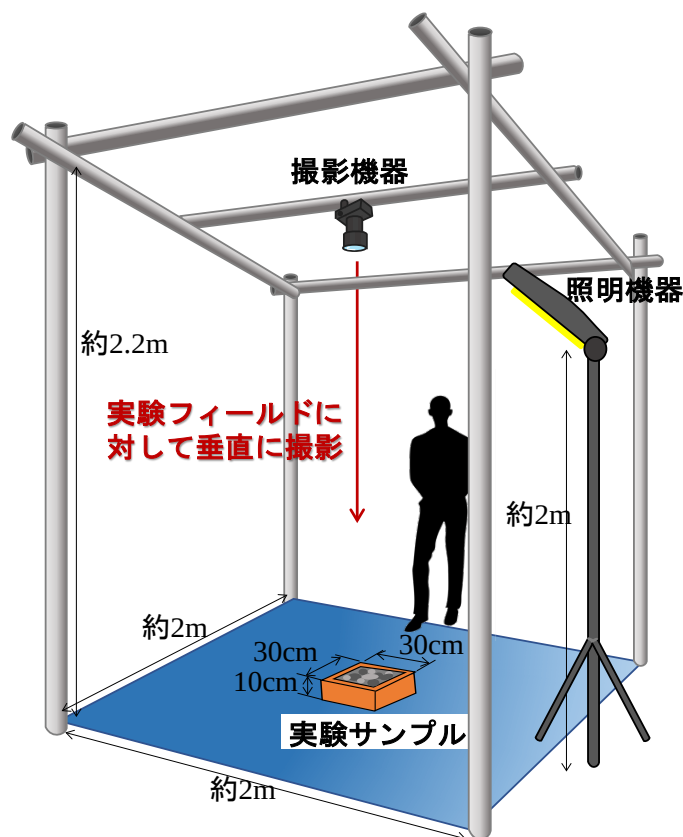


➡ 現地の直接採取(室内粒度試験)と比較

3. 画像からの粒径推定【砂】

砂卓越場

事前に現地発生土砂を用いた
「室内実験」を実施



3. 画像からの粒径推定【砂】

細礫 4~8mm



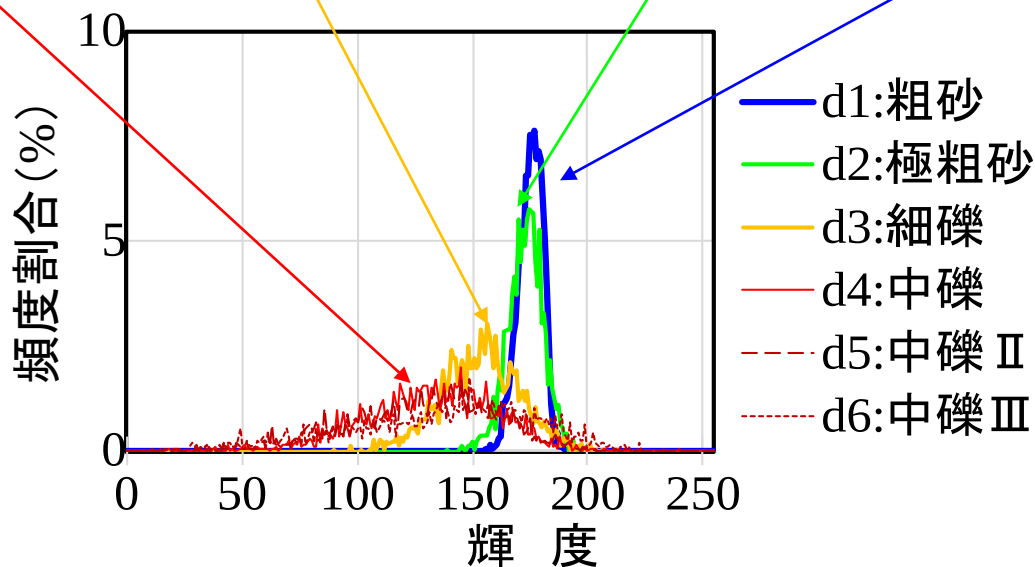
細礫 2~4mm



極粗砂 1~2mm



粗砂 0.5~1mm



砂卓越場

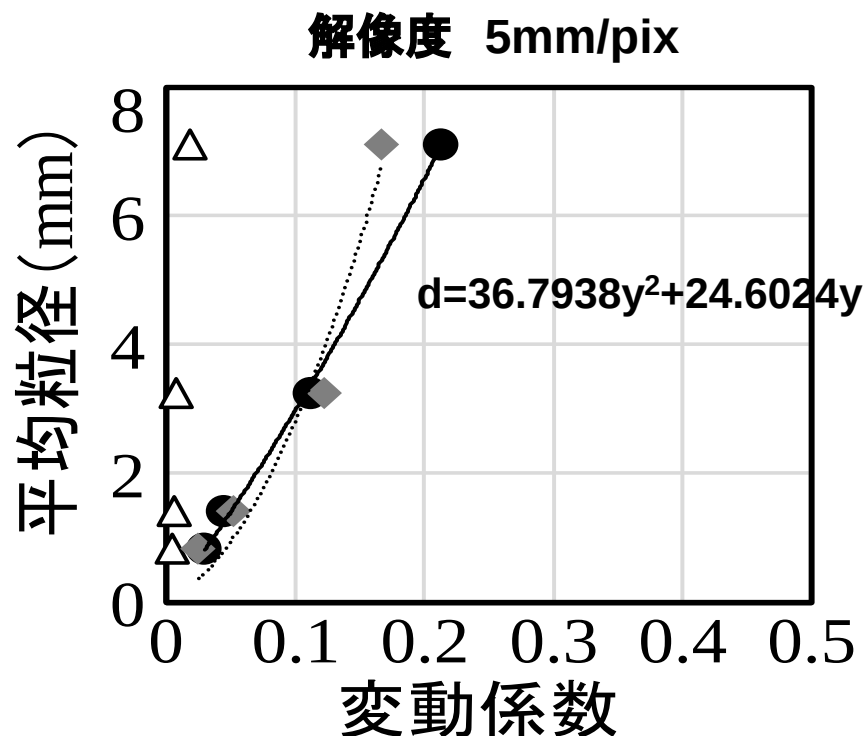
3. 画像からの粒径推定【砂】

砂卓越場

「室内実験」より
一定条件下での
“輝度からの粒径
推定式”を作成



実粒径±20%の精度
で推定可能
(粒径:0.5~8mm)



- 黒灰色材料(照明角度60度、照度100%)
- ◆ 黒灰色材料(照明角度90度、照度100%)
- △ 白色材料 (照明角度60度、照度100%)

3. 画像からの粒径推定【砂】

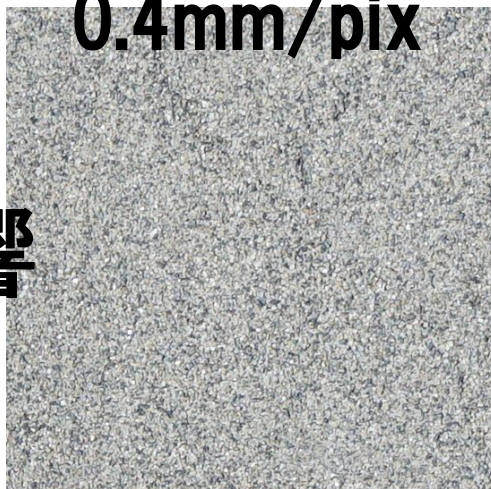
砂卓越場

解像度による影響

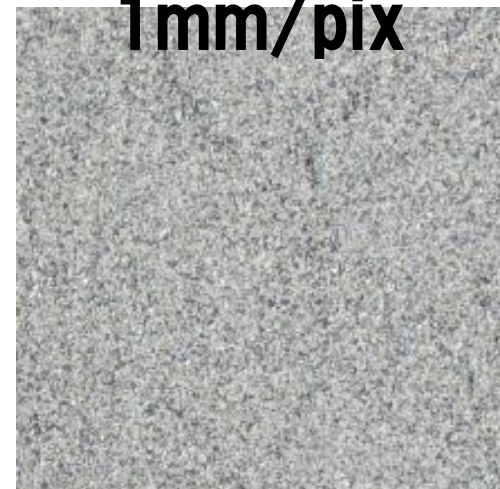
極粗砂の場合

1～2mm

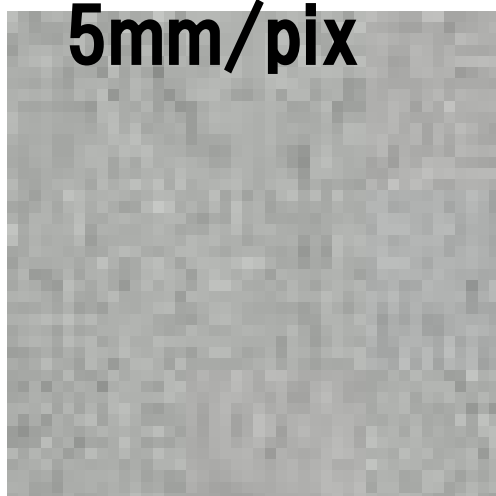
0.4mm/pix



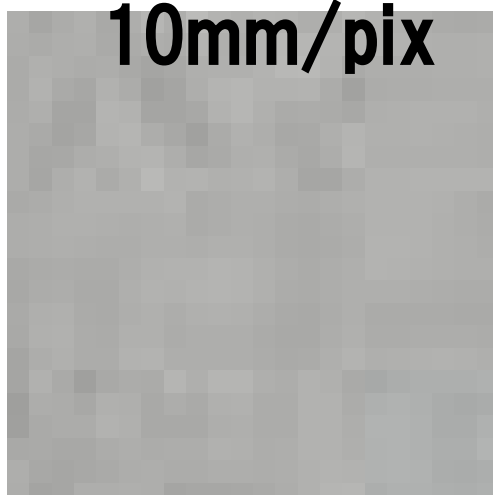
1mm/pix



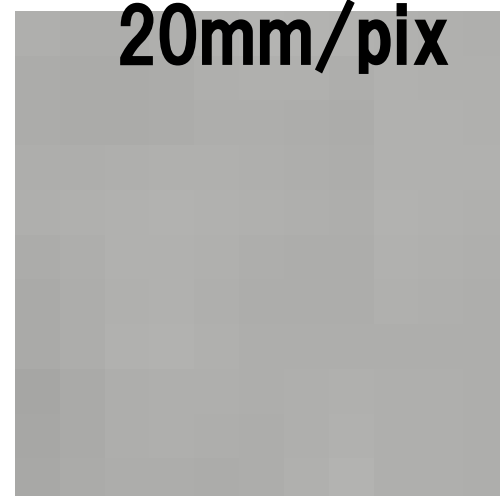
5mm/pix



10mm/pix



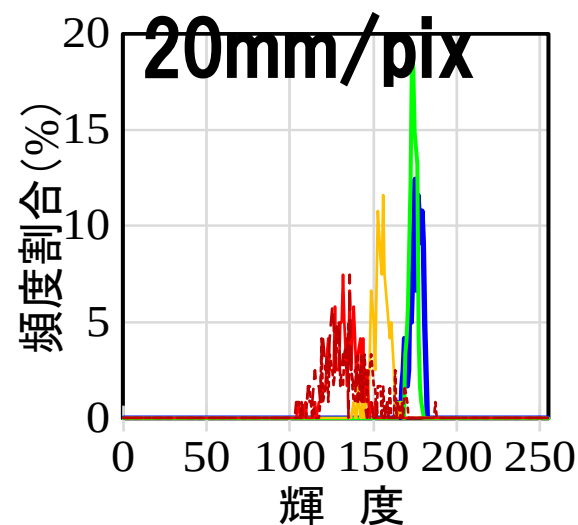
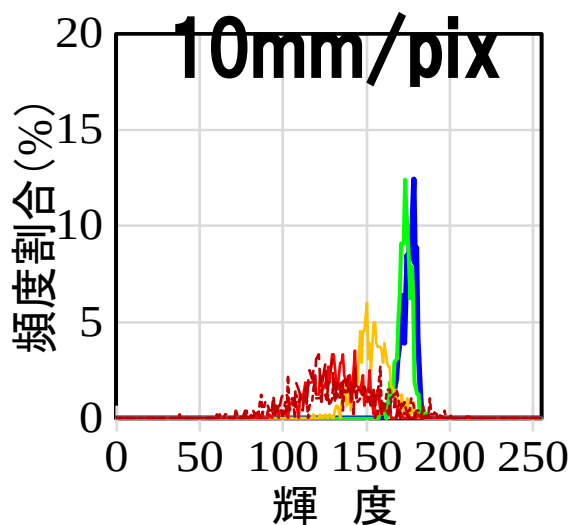
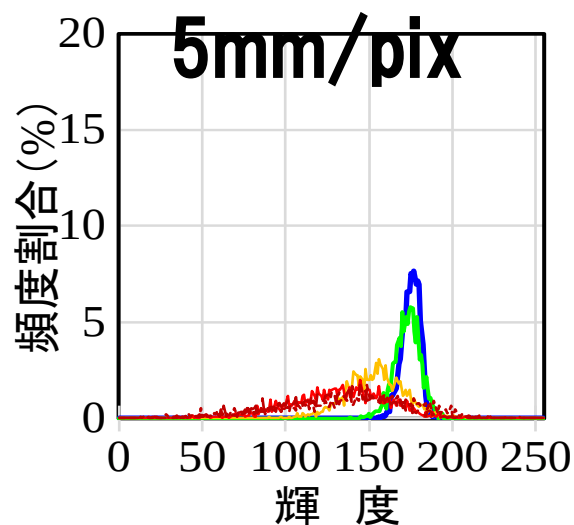
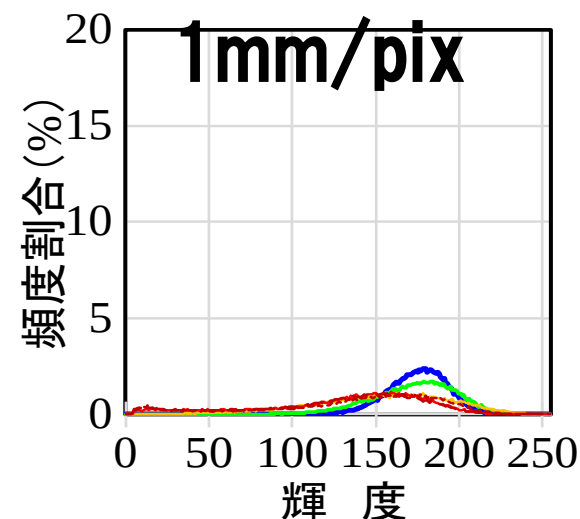
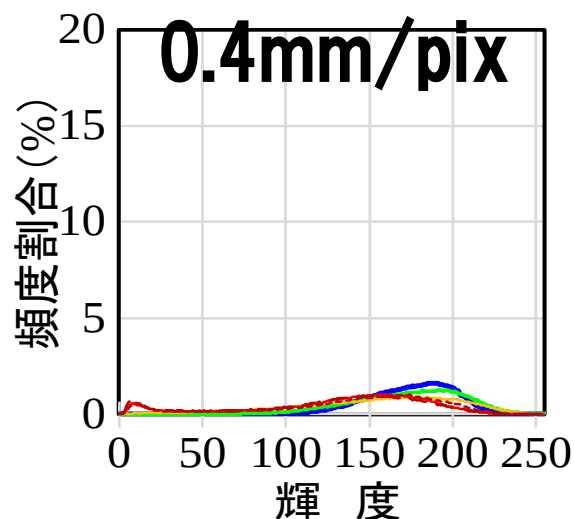
20mm/pix



3. 画像からの粒径推定【砂】

砂卓越場

- d1:粗砂
- d2:極粗砂
- d3:細礫
- d4:中礫
- - - d5:中礫Ⅱ



3. 画像からの粒径推定【砂】

砂卓越場

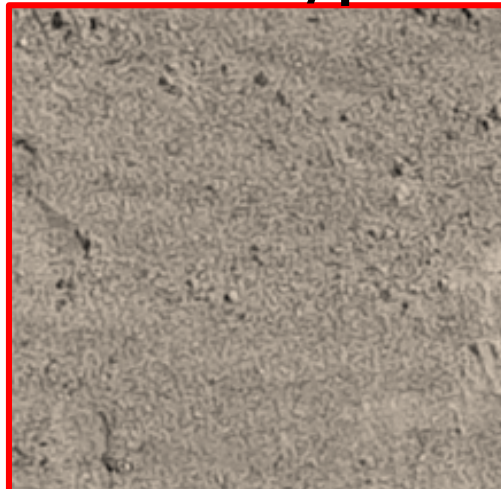
室内実験で得た推定式で算出

高度5m
(0.7mm/pix)



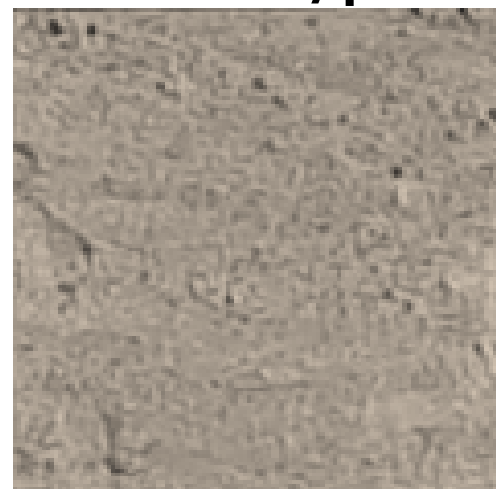
推定値：
11.8～13.7mm

高度30m
(4.3mm/pix)



推定値：
3.8～4.2mm

高度60m
(7.7mm/pix)



推定値：
13.3～14.9mm

M01

※現地採取による分析結果は2.5mm

3. 画像からの粒径推定【砂】

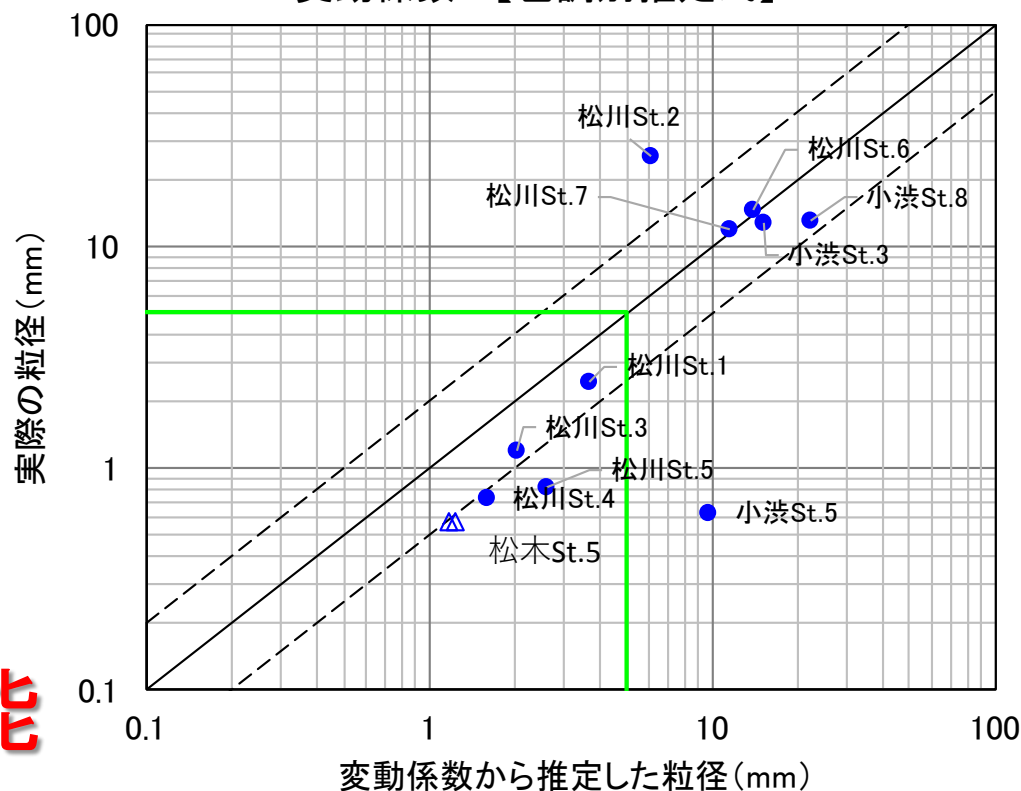
砂卓越場

高度30m(5mm/pix)
の画像の推定精度
が最も良好



実粒径±70%の精度
で推定可能
(粒径:0.5~24mm)

中解像度(5mm/pixel)
変動係数 【色調別推定式】



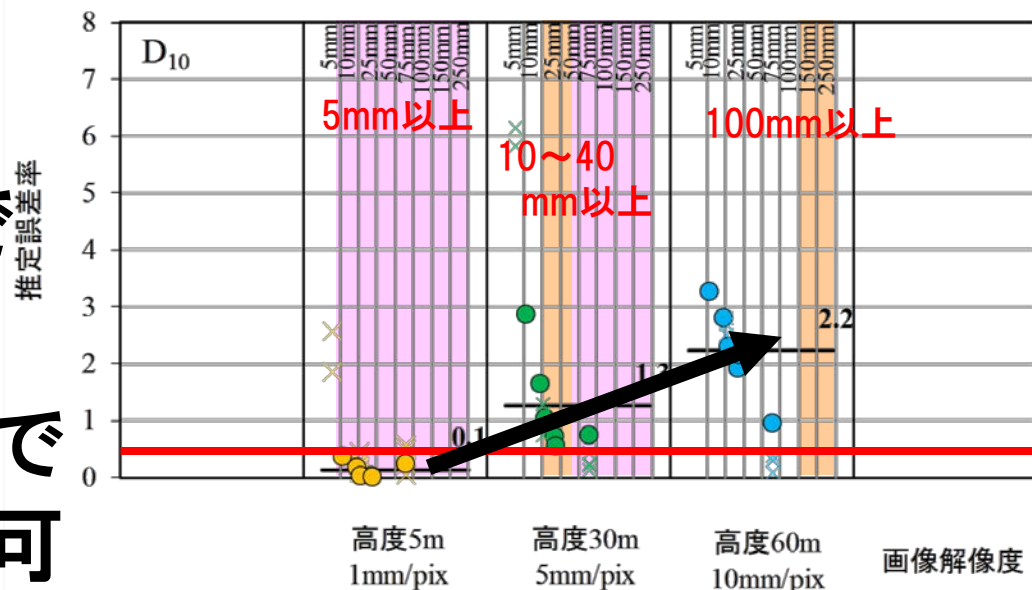
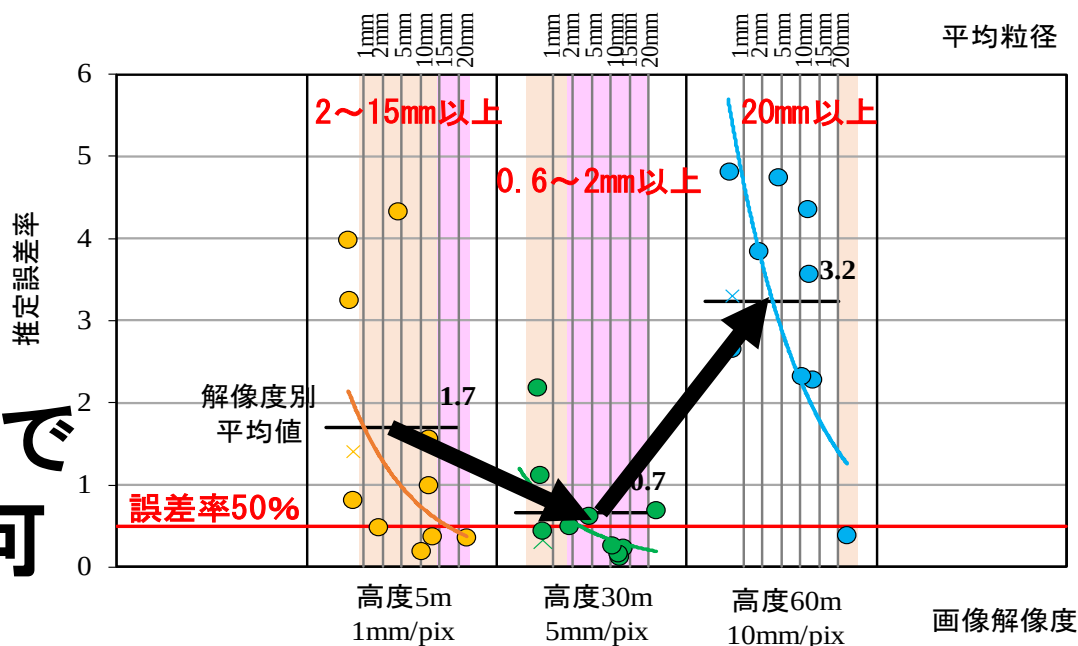
4. まとめ

砂卓越場

高度30m(5mm/pix)で
0.6~2mmまで判別可

礫卓越場

高度5m(1mm/pix)で
5mmまで
高度30m(5mm/pix)で
10～40mmまで判別可



4. まとめ 礫・砂の手法の併用により 幅広い粒度分布に対応可能

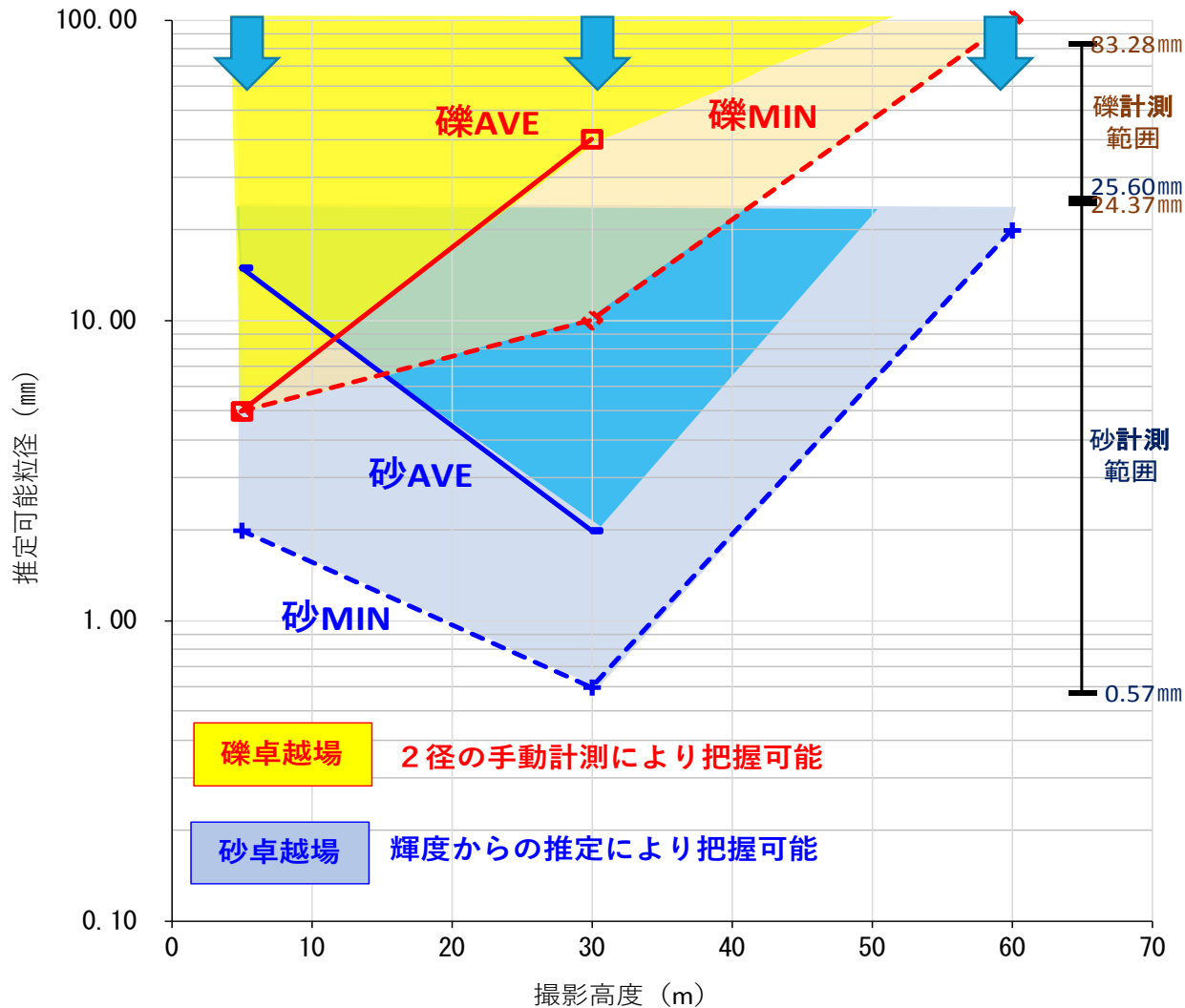


表4-2-3 粒径の分類と呼称

日本で使用されている名称*		Udden-wentworth scale**	AGUの分類		粒径範囲(mm)		φ 尺度***
巨 礫	巨 礫	巨 礫	boulders	very large boulders large boulders medium boulders small boulders		4096~2048 2048~1024 1024~ 512 512~ 256	— -11 — -10 — -9 — -8
玉 石	大 礫	大 礫	cobbles	large cobbles small cobbles		256~128 128~ 64	— -7 — -6
砂 利	中 礫 (pebbles)	中 礫 (pebble)	gravel	very coarse gravel		64~32	— -5
				coarse gravel		32~16	— -4
	細 礫	小 礫 (gravel)		medium gravel		16~ 8	— -3
					fine gravel		8~ 4
				very fine gravel		4~ 2	— -1
砂	極 粗 砂	極 粗 砂	sand	very coarse sand	2~1	2~1	— 0
	粗 砂	粗 砂		coarse sand	1~1/2	1~0.5	— 1
	中 砂	中 砂		medium sand	1/2~1/4	0.5~0.25	— 2
	細 砂	細 砂		fine sand	1/4~1/8	0.25~0.125	— 3
	微 細 砂	微 細 砂		very fine sand	1/8~1/16	0.125~0.062	— 4
シ ル ト	粗 粒 シ ル ト	シ ル ト	silt	coarse silt	1/16~1/32	0.062~0.031	— 5
	中 粒 シ ル ト			medium silt	1/32~1/64	0.031~0.016	— 6
	細 粒 シ ル ト			fine silt	1/64~1/128	0.016~0.008	— 7
	微 細 粒 シ ル ト			very fine silt	1/128~1/256	0.008~0.004	— 8
粘 土	粗 粒 粘 土	粘 土	clay	coarse clay	1/256~1/512	0.004~0.002	— 9
	中 粒 粘 土			medium clay	1/512~1/1024	0.002~0.001	— 10
	細 粒 粘 土			fine clay	1/1024~1/2048	0.001~0.0005	— 11
	微 細 粒 粘 土			very fine clay	1/2048~1/4096	0.0005~0.00024	

* 主として河川工学の分野で使用されている。土質工学の分野では、礫(2.0mm以上)、粗砂(2.0~0.42mm)、細砂(0.42~0.074mm)、シルト(0.074~0.005mm)、粘土(0.005~0.001mm)、コロイド(0.001mm以下)として分類している。

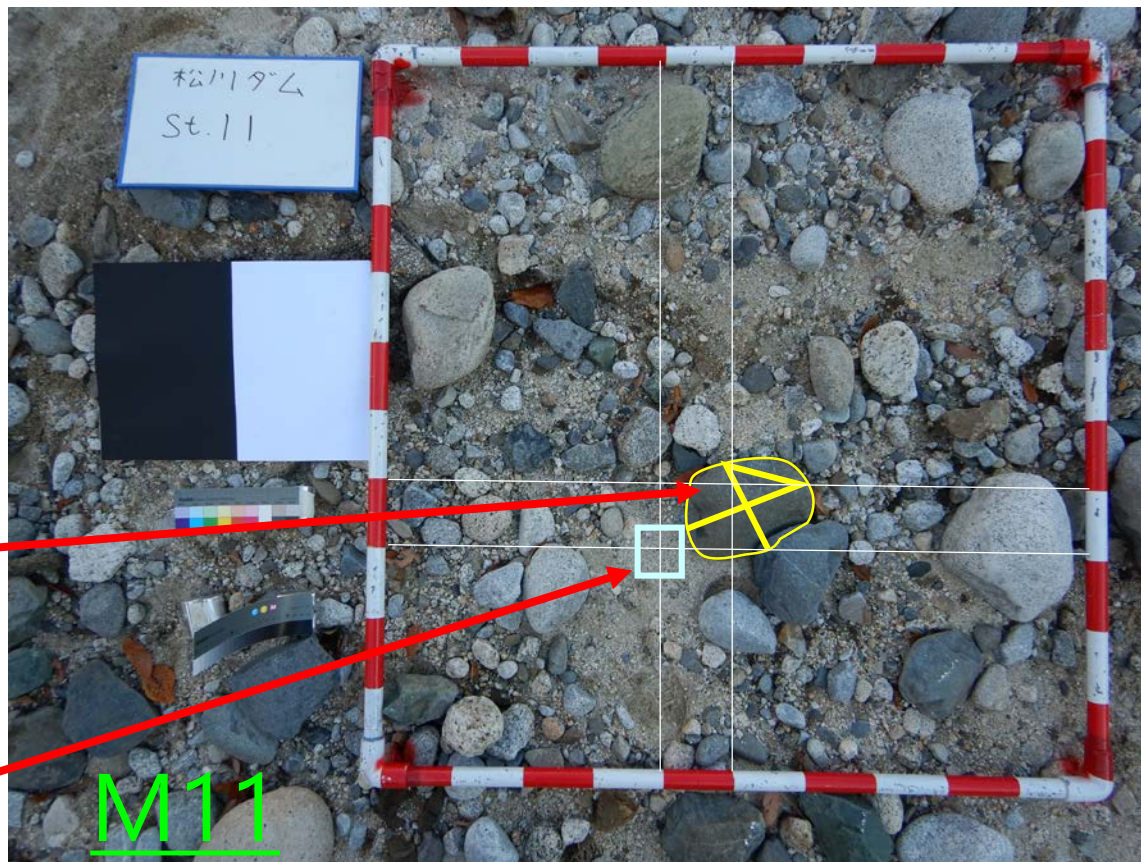
** 元々は地質学の分野で使用されていたが、Cummins(1962)が河川生態学の分野に採用した。

*** φ 尺度 $\phi = -\log_{10} d$ (d: 土砂粒子の大きさ(mm))

5. 砂礫混在の場の粒度分布

砂礫場

10cm格子下
礫：輪郭(2径)
を判読
砂：輝度分布
から推定



➡ 現地の面格子法(平面2径計測)と比較

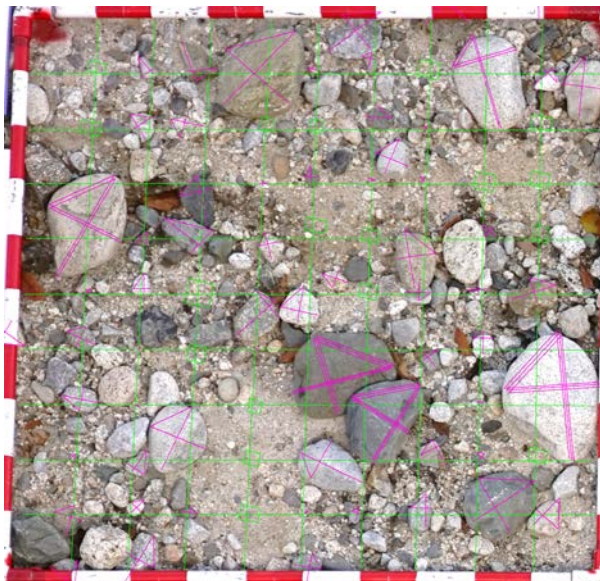
5. 砂礫混在の場の粒度分布

砂礫場

解像度が粗くなると、
砂かどうかの判断も困難

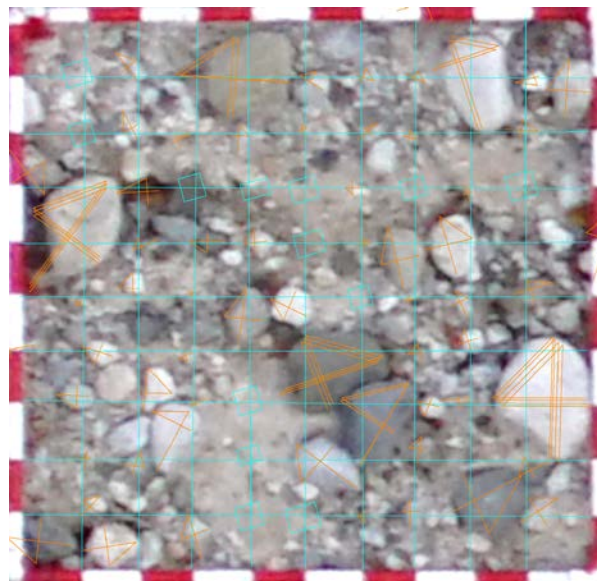
M11

高度5m
(0.7mm/pix)



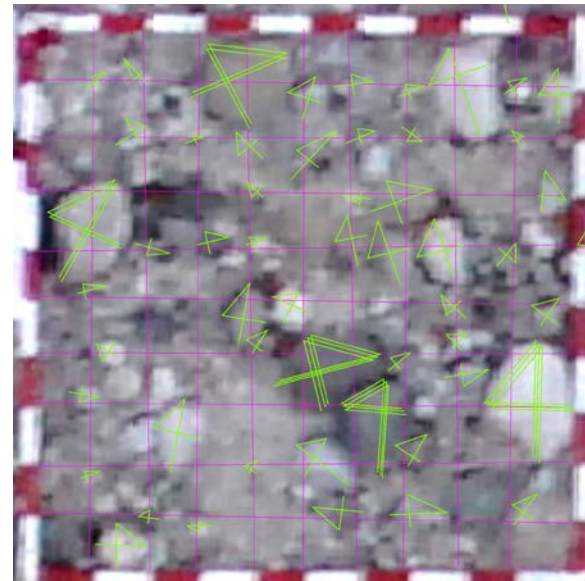
礫72個を判読
砂18地点を抽出

高度30m
(4.2mm/pix)



礫72個を判読
砂12地点を抽出

高度60m
(8.4mm/pix)

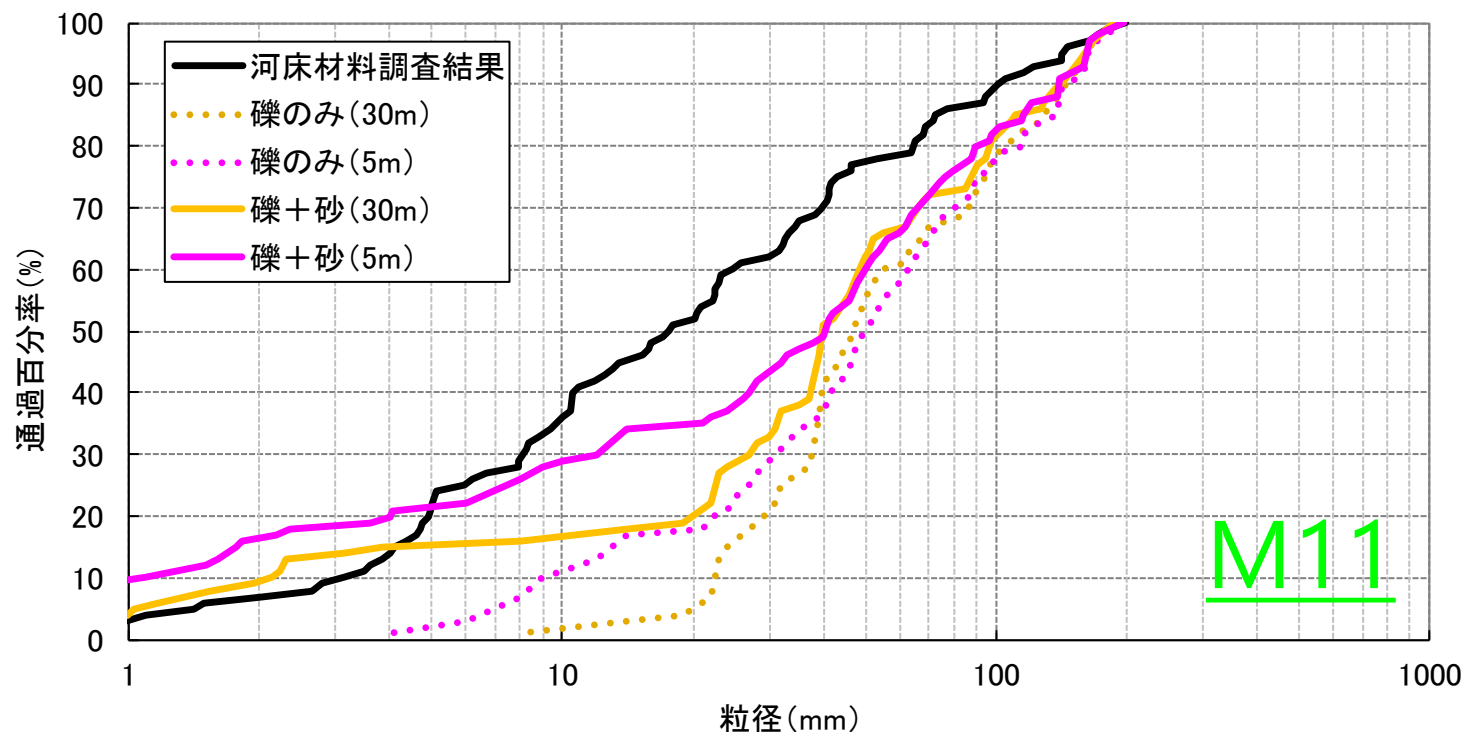


礫62個を判読
砂の抽出なし

5. 砂礫混在の場の粒度分布

砂礫場

礫・砂の手法を併用すると、
砂礫混在場の粒度分布の
推定精度がやや向上する。



6. 今後の課題

砂卓越場

- 河床材料の色調に大きく依存
鉍物組成、影、湿潤状態
- 各種条件(変数)の取込み
画像解像度、照明角度
- 混合粒径への対応

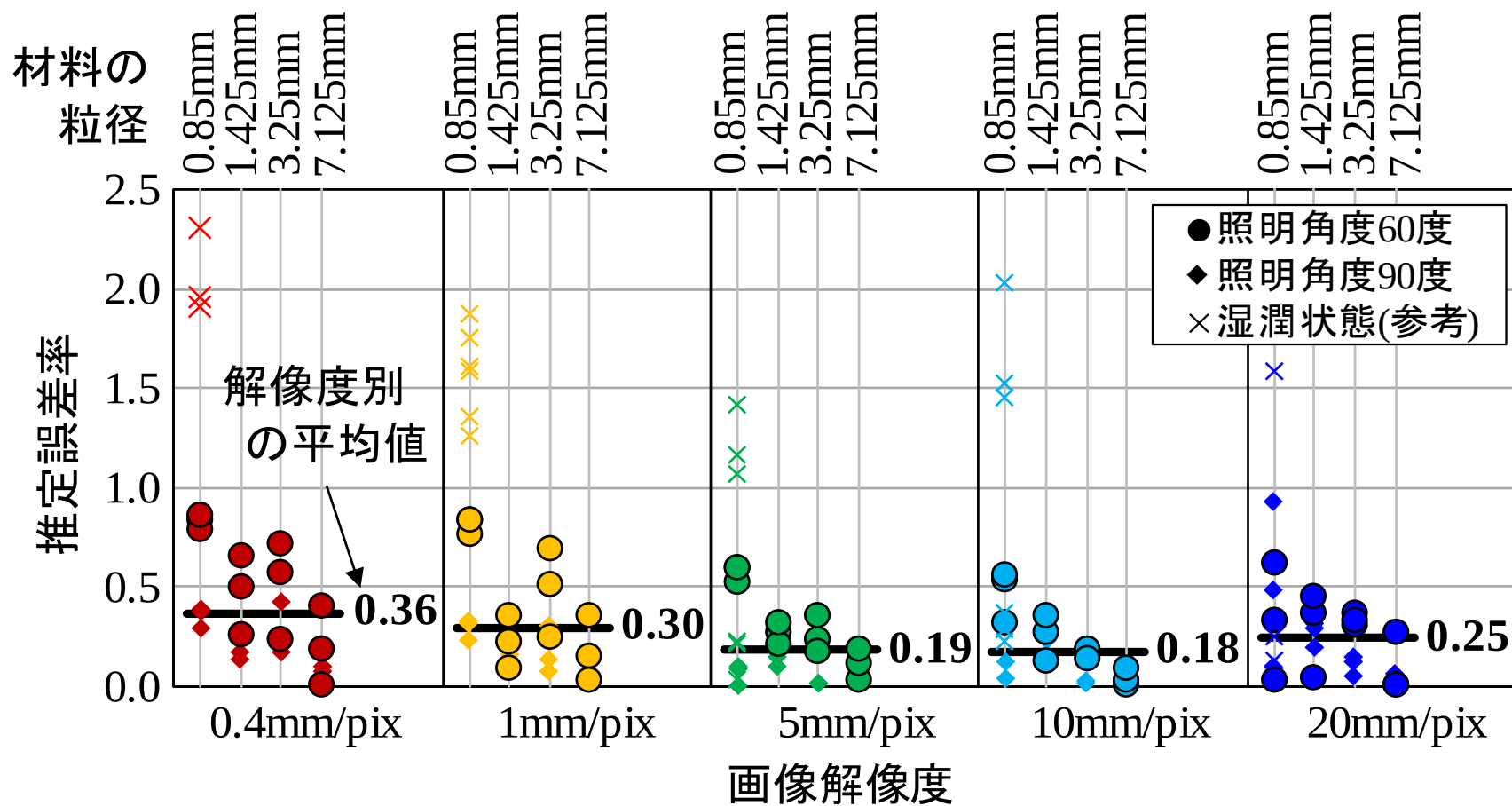
6. 今後の課題

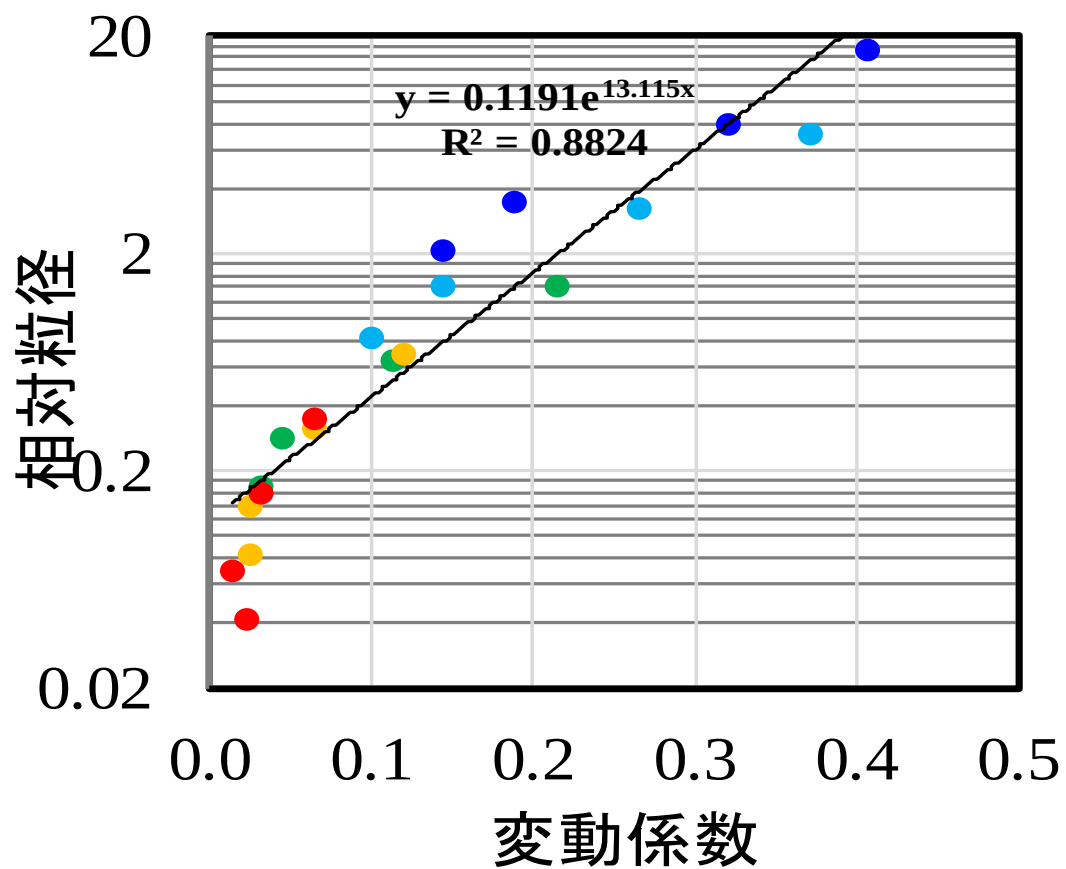
礫卓越場

- 最適な撮影高度の特定
- 判読にかかる労力の省力化
(1箇所にも20分程度)

全般

- 調査枠の必要性
- 水中の解析
- 河床管理への活用提案





- 0.4mm/pix
- 1mm/pix
- 5mm/pix
- 10mm/pix
- 20mm/pix

