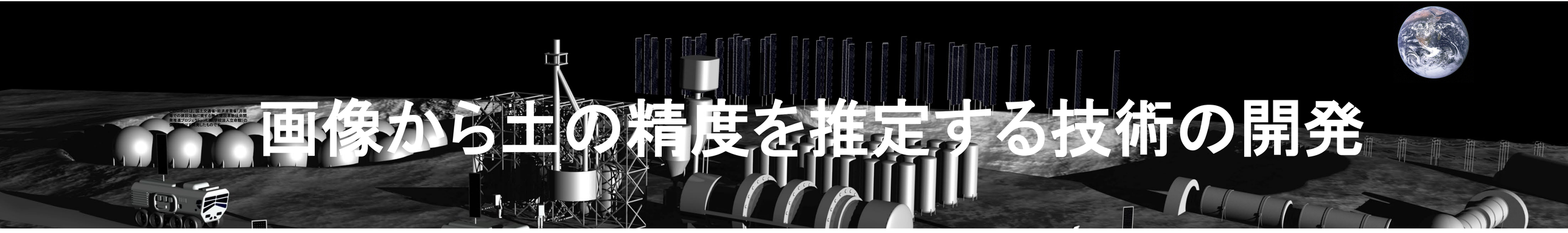


画像から土の精度を推定する技術の開発

基礎地盤コンサルタンツ株式会社、学校法人立命館

□研究目的

✓研究の背景

・画像から土の粒度分布を予測するAIモデルがあり、プリング無しでの粒度データ収集が可能となりうる

✓宇宙利用における利用場面

・探査ローバー搭載のカメラで撮影された画像から探査位置の土の粒度分布を把握する

✓解決すべき課題

・開発済みのAIの粒度測定レンジを拡大させる必要がある
（現状：0.075～10mm）⇒（目標：0.001～100mm）

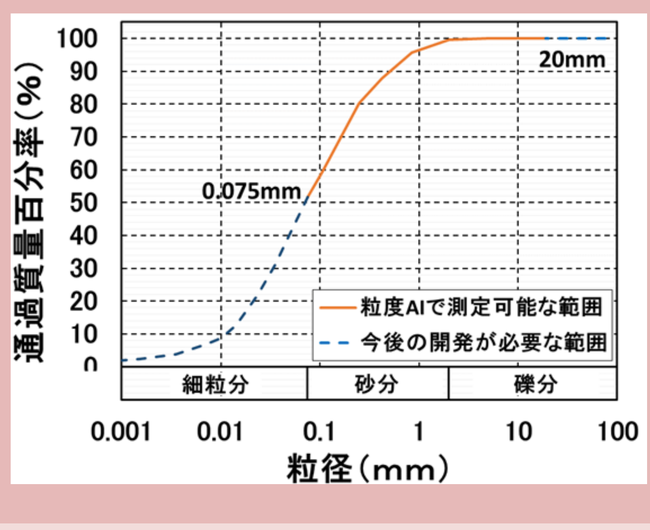
✓解決するための方法

① 様々な土への開発済みAIモデルの検証
② 既存AIアルゴリズムの改良や撮影距離補正技術の確立
③ レゴリス・シミュラントやアポロデータから、新技術の適用性を確認

✓地上技術としての利用（デュアルユース）

・土構造物の施工時における日々の品質管理等

このロボットは、国土交通省・経済産業省「月面等での建設活動に資する無人建設革新技術開発推進プロジェクト」（代表：学校法人立命館）の委託を受けて開発したものです。



□研究内容

✓具体的課題解決手法

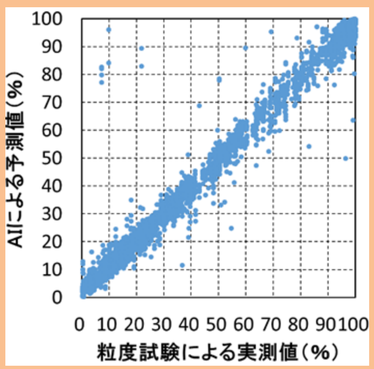
① 種々の調整土を用いたAIの精度確認を行い、必要に応じて再現性の高いAIとなるよう再学習する
② 既存AIの改良およびデータの外挿予測導入等の手法を用いた適用範囲の拡大・精度向上の検討
規格化されたAI入力画像サイズの抽出範囲10倍、または撮影高さ10倍を変えた実験を行い、スケーリング補正方法を見出す
③ アポロ計画により蓄積された月面画像と粒度分布のデータを用い、強化されたAIの検証を行う
既存技術：粒度分布予測装置、機械学習装置、粒度分布予測方法、及び、機械学習方法（特許第7496858号）

✓研究達成目標

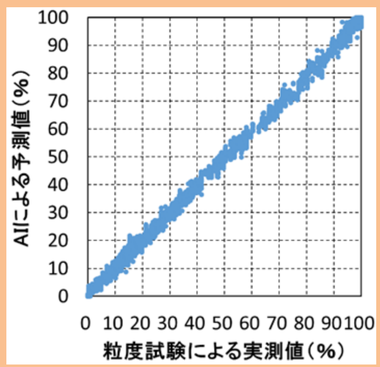
① 粒度調整された種々の材料土の粒度予測誤差±5%とする
② 粒度予測範囲を現状（0.075～10mm）以上に拡大させる手法を考案する
③ 質量含有率の誤差を0.075mm粒径で±5%、0.01mm粒径で±10%程度とする

① 既存AIの再学習

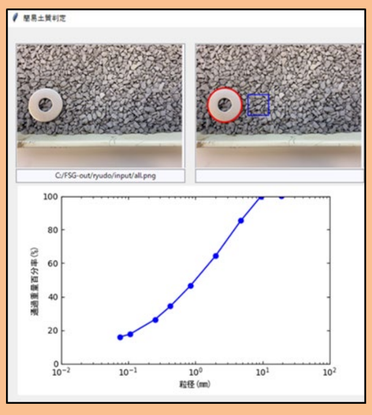
既存AIの弱点であった均質な材料の粒度分布再現性を改善するため、様々な粒度調整土データを用いてカスタマイズを行った

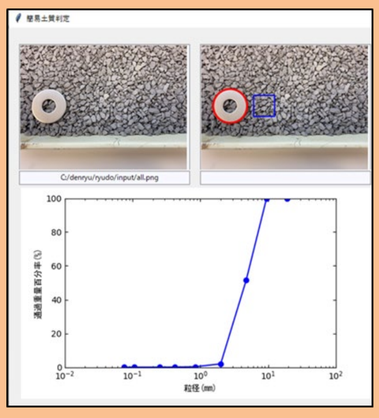


改良前の粒度AIの精度



改良後の粒度AIの精度



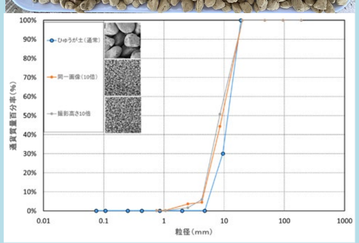


その結果、砕石７号を例に出すが、既存粒度AIに対して大きな改良効果が認められている

② 適用範囲の拡大・精度向上

（1）10mm以上

右の写真は、未学習のひゅうが土（Φ5～20mm以上）である
この試料に対して、通常の□20mmおよび□200mmの範囲について粒度AIで分析した結果が右図であるが、拡大した割合だけ粒度を補正すると両者の曲線はほぼ重なる。なお、撮影距離を変えた場合も同様の結果を得ている

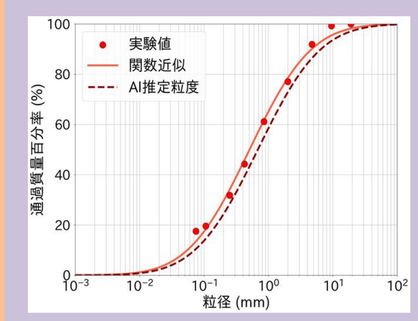


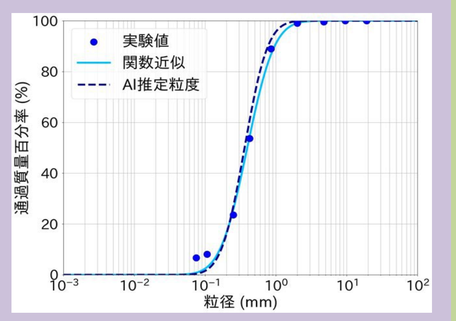
②-2　0.075mm未満

以下の対数正規分布の μ と σ を推定することした

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

μ と σ は、改良後粒度AIから求められた0.075mm～20mmのデータで求めている

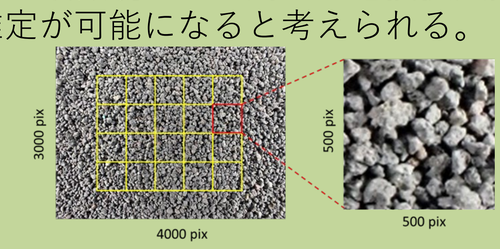




以下は、その結果の一例となるが、全体的な傾向をうまく捉えることに成功している

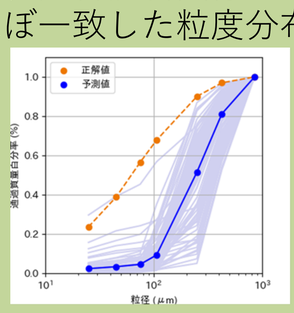
③レゴリス（シミュラント）への粒度AIの適用性の議論

画素よりも小さい粒径の粒子の推定は原理的に困難となる。月レゴリス（シミュラント）のように細粒分を多く含む土を対象とする場合、遠距離から撮影した画像では粒度の特徴が画素内に埋もれてしまう可能性が高い。逆に、微細な粒度を持つ土であっても、マクロレンズや顕微鏡などを用いた近接拡大撮影によって、粒度推定が可能になると考えられる。

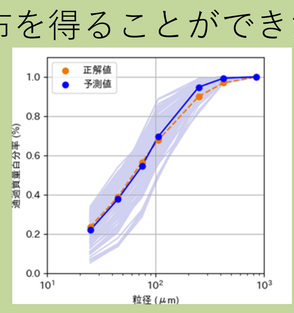


5mm×5mm

分級試料画像モデルでは予測値が正解値から大きく外れたが、混合試料画像モデルでは平均値をとると正解値とほぼ一致した粒度分布を得ることができた



(a) 分級試料画像モデル



(b) 混合試料画像モデル

学習画像を月レゴリスシミュラント（FJS-1）に限定し、かつ、順伝播型のオーソドックスなニューラルネットワーク構造による推定モデルでも、拡大画像を用いることで粒度の推定が可能になることを示すことができた