

環境調和型開発システムに関する研究

Studies on environment-friendly development systems



教授 高橋 弘
Professor
Hiroshi Takahashi

本研究室では、環境調和型開発機械施工システムの構築を目指し、建設副産物の再資源化、開発機械の知能化、土砂災害現場における地盤情報取得技術の開発などを行っている。特に土砂災害現場における地盤情報取得においては、2021年4月より「多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働AIロボット」のムーンショットプロジェクトに参加し、2023年は砂質土・粘性土を対象とした掘削実験を行うとともに、これまでの成果に基づく公開デモ実験を行った。さらにハンドガイド式軟弱泥土回収機械の開発に関する基礎研究、画像を用いた破碎堆積物粒度推定に関する研究などを実施した。

This laboratory aims to develop an eco-friendly construction system for development machinery and is engaged in the recycling of construction by-products, the development of intelligent development machinery, and the development of technology for acquiring ground information at landslide disaster sites. To acquire ground information at landslide disaster sites, we have participated in the Moonshot Project (Goal 3, collaborative AI robots for adaptation of diverse environments and innovation of infrastructure construction) since 2021 and have begun a study on estimating ground strength using excavating resistive force. In 2023, we conducted the excavation experiments on sandy and clayey soils, and a demonstration experiment based on our findings was shown to the public. We also conducted a fundamental study on development of a hand-guided sludge recovery machine and estimated the grain size of crushed rocks using images through bucket excavation.

掘削抵抗力を用いた地盤強度推定に関する研究

本研究室では、2021年度より、「多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働AIロボット」のムーンショットプロジェクトに参加し、「掘削抵抗力を用いた地盤強度推定」をテーマに研究を開始した。本年は以下の研究を行った。

(1) バケット掘削時における力覚情報および視覚情報を用いた地盤強度推定に関する研究：バケット掘削時の地盤変形をビデオ撮影し、画像処理により破壊形態を分類する手法について検討した。さらに破壊形態毎に地盤強度推定式を導出した (Fig. 1)。

(2) ブレードに作用する掘削抵抗力を用いた地盤強度推定に関する研究：ブレードモデルにより地盤を掘削した際に得られる波形データから地盤強度を推定するために有益であると判断される力覚パラメータを抽出し、地盤強度推定式を導出した (Fig. 2)。

(3) 地盤強度推定に関する公開デモ試験：宮城県大崎市三本木町のフィールドにおいて地盤強度推定に関する公開デモ試験を実施した。デモでは、地盤掘削時におけるミニショベルの油圧データから地盤強度を推定し、モニター上にカラー表示した。このデモの様子は建設

Estimation of ground strength using excavating resistive force

We have participated in the Moonshot Project Goal 3 since 2021, and we have begun a study on estimating ground strength using excavating resistive force. We conducted the following studies:

(1) **Ground strength estimation using force information and visual information during bucket excavation:** Ground deformation during bucket excavation was captured on video, and a method for classifying soil failure patterns by image processing was investigated. In addition, ground strength estimation equations were derived for each soil failure pattern (Fig. 1).

(2) **Ground strength estimation using excavating resistive force acting on a blade:** Force parameters considered useful for estimating ground strength were extracted from waveform data obtained when the ground was excavated with a blade, and an equation for estimating ground strength was derived (Fig. 2).

(3) **Public demonstration of ground strength estimation:** A public demonstration of ground strength estimation was conducted in a field in Sanbongi, Osaki City, Miyagi Prefecture. In the demonstration, the ground strength was estimated from the hydraulic

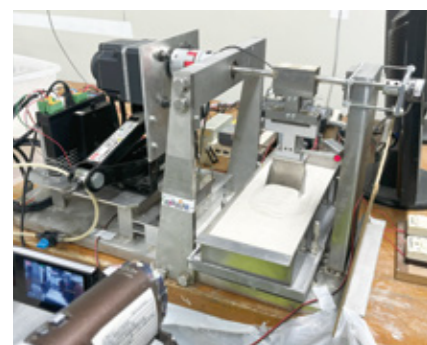


Fig. 1 Bucket excavation experiment

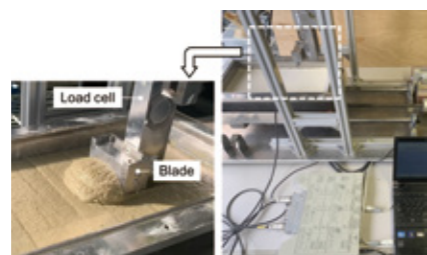


Fig. 2 Blade excavation experiment

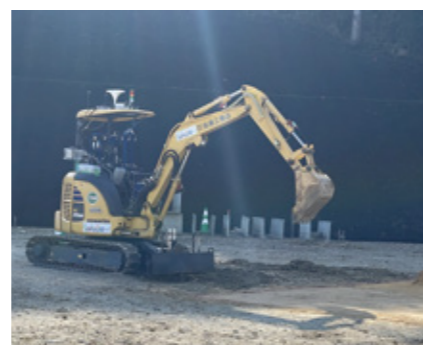


Fig. 3 Public demonstration



助教 里見 知昭
Assistant Professor
Tomoaki Satomi



特任助教 劉曉東
Assistant Professor
Xiao Dong Liu



助教 デリマケニー
バレンタイン シマルマタ
Assistant Professor
Delima Canny Valentine Simarmata



Group Photo

専門紙4紙に取り上げられ、成果を広報することができた (Fig. 3)。

(4) **マイクロショベルを用いた掘削実験：**ミニショベルよりも小型なマイクロショベルを用意し、油圧センサおよび距離センサを設置して地盤掘削実験を行った。本実験はバケット容量のスケール効果を調べる目的で実施したものであり、今後、模型実験の結果、マイクロショベルによる結果およびミニショベルによる結果を比較検討し、スケールアップ則を構築する予定である (Fig. 4)。

ハンドガイド式軟弱泥土回収機械の開発に関する研究

災害現場では大量の軟弱泥土が発生するが、民家や道路の泥土は人力によって排除されている。そこで、昨年よりハンドガイド式の泥土回収装置の開発を目指し、要素研究を行っている。泥土回収には泥土のハンドリング性を向上させる必要があり、本研究では水溶性ポリマーの使用を想定しているが、ポリマーの添加量は液性指数で決定される。そのため本年は、ブレードに作用する抵抗力およびベーンに作用するトルクを基に、回収対象の軟弱泥土の液性指数を推定するための研究を実施した。対象泥土の性状を塑性・液性に自動的に分類する手法を提案するとともに、それぞれの領域において液性指数を推定する式の導出を行った (Fig. 5)。

画像を用いた破碎堆積物粒度推定に関する研究

碎石や石灰石の採掘現場では、はじめに岩盤を穿孔し火薬を装填して発破される。その発破起砕された原石 (以降、破碎堆積物) の大きさは、発破のよし悪し (成績) に影響する。そのため、破碎堆積物の粒度は、次の発破計画を立てるうえで不可欠な情報である。これまでは、破碎堆積物の表面を撮影した静止画像を用いてきたため、破碎堆積物の内側の粒度が得られない、破碎堆積物の重なりが解消できないといった問題があった。そこで、「バケットで破碎堆積物を掘削しながら破碎堆積物の粒度を推定する」という新しい観点に立ち、室内模型実験にて新たな推定手法が有用であることを示した (Fig. 6)。

data of a mini-excavator during excavation and displayed in color on a monitor. The demonstration was covered by four construction trade papers, and the achievement was publicized (Fig. 3).

(4) **Excavation experiment using a micro excavator:** We conducted excavation experiments using a micro-excavator, which is smaller than a mini-excavator, equipped with a hydraulic pressure sensor and a distance sensor. We conducted these experiments to investigate the scale effect of bucket volume. Based on the results of excavation tests using a model micro-excavator and mini-excavator, we will develop a scale-up rule (Fig. 4).

Development of a hand-guided mud recovery machine

A large amount of soft mud is generated at disaster sites, and mud deposited on private houses and roads is removed by hand. Since 2022, we have been conducting a fundamental study to develop a hand-guided mud recovery machine. The handling performance of mud needs to be improved for mud recovery, and this study assumes the use of water-soluble polymers. The amount of the polymers added is determined by the mud liquidity index. Based on the resistive force acting on a blade and the torque acting on a vane, a study was conducted to estimate the liquidity index of soft muds. A method for automatically classifying mud properties as plastic and liquid was proposed, and equations for estimating the liquidity index for each property were derived (Fig. 5).

Estimation of grain size of crushed rocks using images during bucket excavation

At crushed-rock and limestone quarries, the bedrock is drilled, explosives are loaded, and then blasting is performed. The crushed rocks' grain size affects the blasting operation's performance. Therefore, the crushed rocks' grain size is important information for the next blasting plan. As the previous method used a static image of the surface of crushed rocks, problems arose, such as the inability to determine the grain size of the inside of the crushed rocks and the inability to eliminate overlapping of the crushed rocks. From a new viewpoint of "estimating the grain size of crushed rocks during bucket excavation," laboratory model experiments showed that the new estimation method is effective (Fig. 6).



Fig. 4 Micro excavator equipped with various sensors

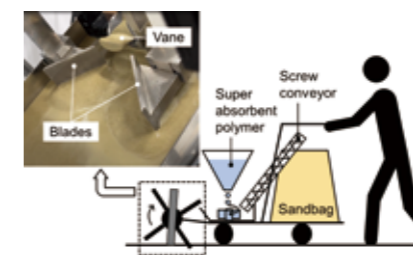


Fig. 5 Mud recovery with blades and vanes

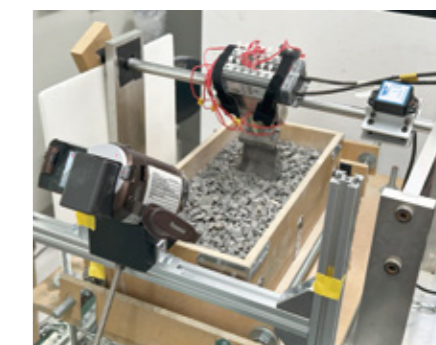


Fig. 6 Crushed rocks excavation experiment by bucket