

オペレータの地山状態推定方法と機械操作を模倣した鉱石掘削機械の自動制御

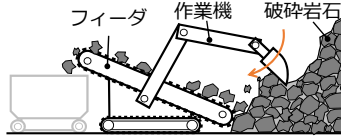
Imitation-based Control of Automated Ore Excavator to Utilize Human Operator Knowledge of Bedrock Condition Estimation and Excavating Motion Selection

福井類, ○仁保隆嘉, 中尾政之

[背景と目的]

◎研究背景

- 鉱山機械の高い生産性を有する自動化
- 本研究が自動化を目指す掘削機械
 - ・破碎堆積物(地山)の掘削
 - ・作業機で地山を上方から下方へ崩して掘削



◎自動地山掘削

- 地山状態に応じた掘削動作の必要性
 - ・掘削中の地山形状・粒度構成の変化
 - ・生産性低下につながる地山状態の存在
- 掘削動作の生成の難しさ
 - ・掘削対象の挙動予測と困難
 - ・動作の個別評価が困難



◎オペレータ模倣型自動地山掘削

「どのような地山状態での掘削動作を行うか」というオペレータの知識を機械が学び模倣

◎研究の目的

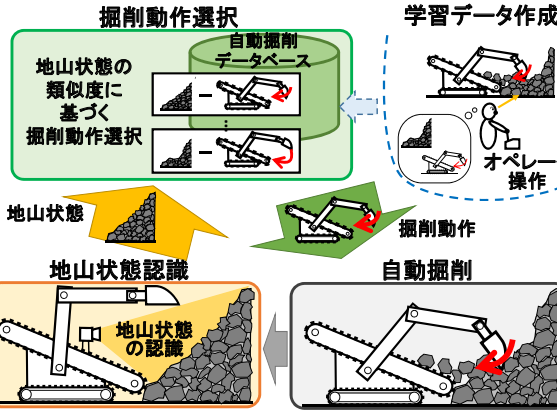
- ・オペレータ模倣型自動地山掘削手法の有効性検証
- ・地山状態記述用特徴量の解明
- ・生産性の高い自動地山掘削達成のための学習データの性質解明

[オペレータ模倣型自動地山掘削手法]

◎オペレータ模倣型自動地山掘削

- ・オペレータ操作時、地山状態と掘削動作を記録
- 自動掘削データベースを作成
- ・自動動作時、地山状態を認識し、地山状態が最も似た学習データを用いて掘削

課題: 提案手法の有効性検証



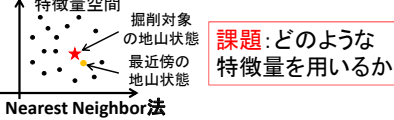
◎学習データ

- ・地山状態
 - : 掘削前の地山形状と表面粒度分布
 - 距離画像として持ち画像処理でこれらの値を取得
- ・掘削動作
 - : 地山状態に対する1回分の掘削動作
 - 作業機各関節角の時系列データ

課題: 高い生産性を有する自動化を実現する自動掘削データベースの作成方法解明
= 学習データ数の増加で、多くの種類の地山状態・生産性に寄与する掘削動作を集めることができるか

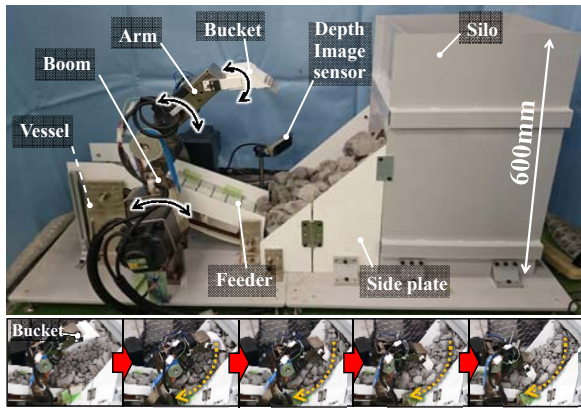
◎地山状態認識・掘削動作選択

Nearest Neighbor法の利用



Nearest Neighbor法

[実験用スケールモデルの開発・オペレータ模倣型自動地山掘削手法の実装]



◎開発したスケールモデル

○構成

- 掘削機械と地山
 - ・掘削機械: 作業機, フィーダ, ベッセル
 - ・地山: サイロと側板, 石

○アクチュエータ

DCモータ駆動

○センサ

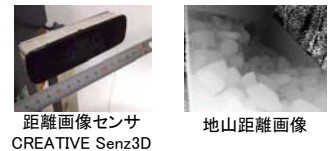
- ・ポテンショメータによる作業機姿勢計測
- ・ロードセルによるベッセル内質量計測
- ・距離画像センサによる地山撮影

○制御

- ・手動: 作業機各軸の速度制御
- ・自動: PID制御による作業機各軸の角度指令値追従

○学習データ作成機能

地山距離画像と作業機姿勢の同時記録

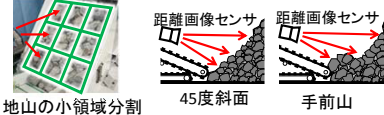


◎地山状態認識用特長量の設計

距離画像を用いて特長量を計算
地山表面を3×3=9個の小領域に分割

○地山形状

各小領域内の平均輝度が特長量



○表面粒度分布

- ・ぼかし処理とエッジ検出処理の組み合わせ
- ・各小領域内のエッジ量・変化量が特長量



◎掘削動作の分類と学習データ作成

アーチング有無, アーチング解消有無, 掘削成功不成功, で掘削動作を分類

アーチング アーチング の解消	なし		あり			
	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗
掘削 評価	成功 A	失敗 B	成功 C	失敗 D	成功 E	失敗 F

A, C, Dの掘削動作を、高い生産性に寄与する掘削動作とみなし、学習データとして採用

[自動掘削実験]

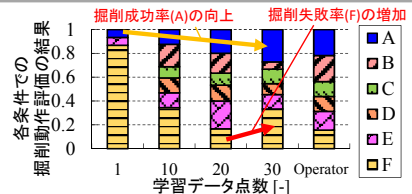
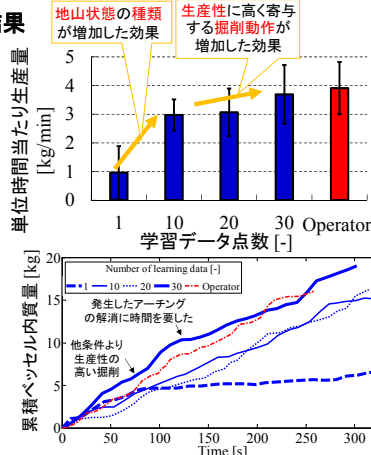
◎目的

- ・提案手法の有効性検証
- ・地山状態記述用特長量の有効性検証
- ・高い生産性を有する自動化を達成する自動掘削データベースの作成方法解明

◎実験設定

実験条件	・オペレータ ・自動掘削 (学習データ点数: 1, 10, 20, 30)
評価項目	単位時間当たり生産量, 掘削動作評価
掘削回数	各条件30回の掘削

◎結果



学習データ点数	1	10	20	30
アーチング解消動作の学習データ数	0	3	7	7

増加なし
= 数の増加だけでは、
生産性向上効果低

まとめ

- ・オペレータ模倣型自動地山掘削手法の有効性が示された
- ・形状と表面粒度に基づく地山記述の有効性が示された
- ・自動掘削データベース作成時は学習データ点数に加え、地山状態の種類と掘削動作の生産性への寄与度も考慮する必要がある