

熟練オペレータによる油圧ショベルの掘削作業解析 掘削方向とバケット姿勢の関連

Analysis of Skillful Hydraulic Excavator Operation
-Correlation of Excavating Direction and Bucket's posture-

境田 右軌(土研) 正 中後 大輔(電通大)
正 山元 弘(土研) 正 川端 邦明(理研)
正 浅間 一(東大)

Yuki SAKAIDA, Public Works Research Institute, y-saka55@pwri.go.jp
Daisuke CHUGO, The University of Electro-Communications
Hiroshi YAMAMOTO, Public Works Research Institute
Kuniaki KAWABATA, RIKEN
Hajime ASAMA, The University of Tokyo

In recent years, some unmanned operation systems for the hydraulic excavator are required and some tele-operation systems are already developed. However, it is difficult to realize effective operation utilizing such systems, because the operator cannot sense condition of site. The skillful operator adaptive their operation to the excavating environment based on the experience, and realizing the efficient excavating.

In this paper, we described the experiment for extracting operator's skill for controlling unmanned hydraulic excavator. We discussed about relation of excavating resistance and bucket's posture from experimental results. Furthermore, we compared the operation of two skillful operators and tried to extract skill that is not individual but common between skillful operators on the same working environment.

Key Words: skill analysis, skillful operator, hydraulic excavator

1. 緒言

一般に、施工現場や災害現場等で、油圧ショベルが多く用いられている。これらの作業現場は、しばしばオペレータにとって劣悪な環境や危険な環境となる場合があるため、無人化施工技術が求められている。近年、遠隔操作による無人化手法の一部は実用化されているが[1]、これらのシステムでは、オペレータは現場に設置したカメラ等による映像を基に遠隔操作を行うため、実際の作業場所の確認をしながら作業することが困難である。したがって、単位時間当たりの作業効率は、オペレータが直接建設機械に乗り込んで操作する場合に比べて低下する。一方、油圧ショベル自身を自律化することによる無人化手法が考えられる。自律化手法は、限定した状況において適応性を高めるように設計されるため、あらかじめ想定していない状況に対しては対応が困難となり、逐次状況が変化する掘削作業には適用が難しい。これらに対して熟練オペレータは、経験に基づいて操作技術を獲得し、常に適応的かつ効率的な作業を実現しているものと予想される。

そこで本研究では、熟練オペレータの操作方法を解析することで操作技術を抽出し、それをとり入れた建設機械の自律制御システムを開発することを目的とする。Fig.1に著者らが提案するシステムの概念を示す。

著者らはこれまでに、オペレータ操作による実機実験から収集したデータと得られた知見について報告した[2][3]。本稿では、掘削時のバケットの姿勢が掘削抵抗に関連性があり、高効率作業の要因となっているとの仮定から、実験データに基づいて掘削作業時のバケットの動作方向と姿勢の変化に関する知見をまとめる。また、複数人の熟練オペレータを比較することによって、オペレータ固有でない共通の操作技術を抽出する。

2. 実験

操作技術を抽出するために、熟練オペレータによる実作業時の操作を計測する。本研究では、油圧ショベルとしてバ

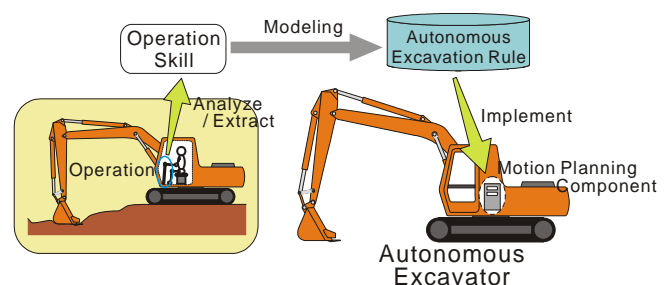


Fig.1 Concept of our study

クホウを想定する。バックホウのブーム、アームおよびバケットの各先端座標は、バケットの姿勢によって一意に定まるため、オペレータの操作技術はバケット軌跡に表れるものと考えられる。したがって、得られた計測データからバケットの動作について解析および考察する。

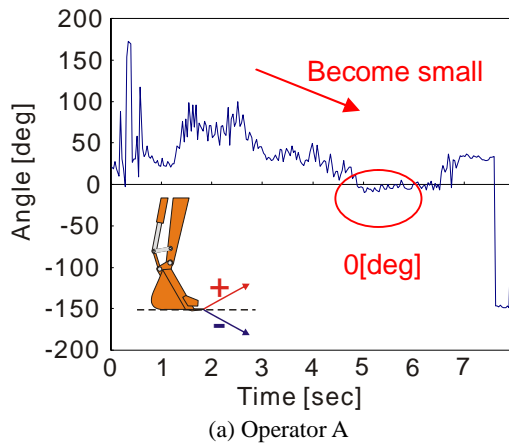
2.1 実験条件

本実験におけるオペレータの操作対象バックホウは、ZX120(バケット容量 0.5[m³], 機械総質量 1.2[t], 日立建機製)とした。掘削範囲は、バックホウの各リンクを前方に最大伸長した位置(クローラ手前から 6250[mm])からクローラ手前までを実験ケース 1, オペレータが掘削に最適な位置と判断する位置(実験開始前にオペレータが任意に決定)からクローラの手前までを実験ケース 2 として設定した。両ケースとも、掘削幅はバケット幅(1000[mm]), 掘削深度は 1000[mm]とした。

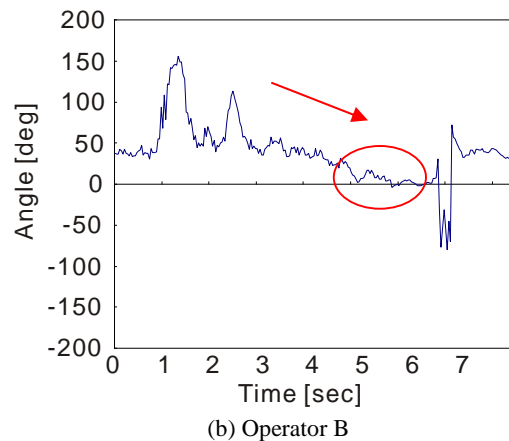
熟練オペレータ(経験 20 年以上)2 人に、それぞれ上記の掘削範囲を掘削する作業を行ってもらった。計測データ記録については、これまでに構築した計測システムを用いて[2], 主に各リンクを動作させるシリンダの変位のデータを収集する。

2.1 計測実験

実験は、以下の手順で行った。

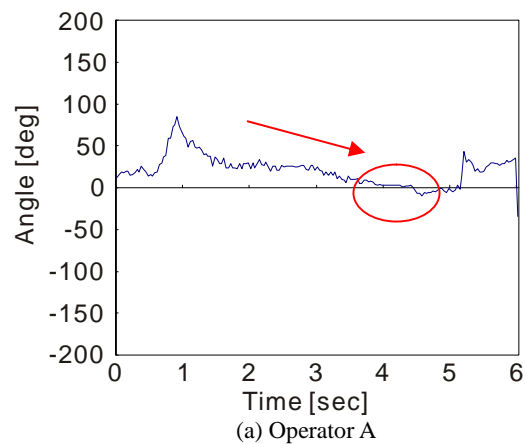


(a) Operator A

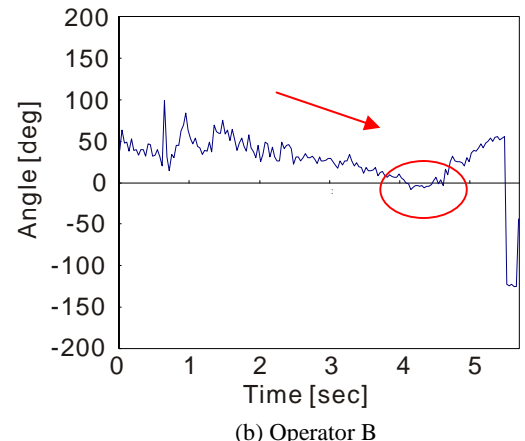


(b) Operator B

Fig.2 Angle between bucket bottom and excavating direction (CASE 1)



(a) Operator A



(b) Operator B

Fig.3 Angle between bucket bottom and excavating direction (CASE 2)

- ・オペレータの合図で作業開始
- ・掘削およびバケット引き上げ
- ・左に 90[deg] 回転して放土
- ・掘削および放土を作業終了まで繰り返す
- ・オペレータの判断で作業終了

各シリンダの変位量から各リンク間の角度を算出することで、各時間ステップにおける座標を導出する。

3. 実験結果

各リンクの角度からバケット姿勢を算出する。掘削開始から掘削終了、引き上げ開始の直後までの、掘削方向とバケット底面のなす角の変化を表した図を、ケース 1 について Fig.2 に、ケース 2 について Fig.3 に示す。角度が正の値である場合はバケット口側から掘削、角度が負の値の場合はバケット底面側から掘削、0[deg]の場合は掘削している方向とバケット底面の角度が一致していることを表す。

バケット貫入時の入射角はオペレータ毎の差がみられるものの、掘削範囲の違いに関わらず両ケースおよび両オペレータとも似た傾向が表れている。掘削開始時のバケット入射から、直線掘削への移行時に大きくなり、そこから掘削終了時までゆるやかに小さくなっている、引き上げ時にはほぼ 0[deg] になっている。すなわち、掘削開始時はバケット口側から掘削して徐々にバケットを抱えこむように動かしていることがわかる。これは、掘削開始時はバケットに多く土を入れるためにバケット口側から掘削し、バケットを引き上げる際にはできるだけ抵抗が少なくなるようにバケットを移動させるた

めであると推察できる。また、操作レバーを動かしやすいように掘削しているためであるととも推察できる。つまり熟練オペレータは、掘削の進捗に応じて適応的にバケットの姿勢を変化させ、掘削抵抗の低減や操作のしやすさ、バケットへの土の入りやすさ等を無意識に考慮することで、効率的に作業しているものと推定できる。

4. まとめ

実験データから、掘削作業時の掘削抵抗に関わる知見をまとめた。また、複数人の熟練オペレータを比較することによって、オペレータ固有でない共通の操作技術を抽出した。その結果、熟練オペレータは掘削の進捗に応じてバケットの姿勢を徐々に変化させて作業していることがわかった。

掘削時のバケット姿勢の変化に対する掘削抵抗の変化の調査が今後の課題である。

文献

- [1] フジタ：“ プレスリリース 雲仙普賢岳・水無川で無人化施工方法提案競争の防災ダムを受注 ”，
http://www.fujita.co.jp/release/topicnews/T2002/topicNews2002_1004.pdf，2002。
- [2] 境田，羽田，川端，嘉悦，浅間：“ 熟練オペレータによる油圧ショベル操作の解析 ”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2005，2P1-S-054，2005。
- [3] 境田，中後，川端，浅間：“ 熟練オペレータによる油圧ショベル操作の解析 - シミュレーションによるスキル解析 - ”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2007，1P1M07，2007。