

油圧ショベルによる都市土木作業のためのタブレット端末を用いた直視遠隔操作インターフェース

A Tablet Interface for a Direct Vision Teleoperation of an Excavator for Urban Construction Work

福井 類 (東大), ○高木 充 (東大), 安住 仁史 (SONY), 富樫 良一 (コマツ), 北岡 博之 (コマツ), 大井 健 (コマツ)

背景と目的

◎ 研究背景

都市土木作業における省人化, 高効率な施工の実現

非搭乗型の直視遠隔操作型油圧ショベル

【直視遠隔操作コントローラの制約条件】

1. 多能工オペレータが他の作業実施時に支障にならない**携帯性**
2. 多種の建設機械に使用可能な**汎用性**
3. 非熟練者である多能工オペレータでも操作可能な**操作性**

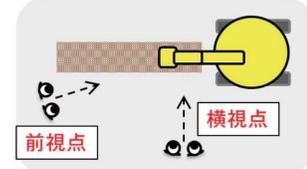


現状の遠隔操作コントローラ

・熟練を要する操作系 (JIS レバー), 携帯性低, 汎用性低



◎ 自由な油圧ショベルと操作者の相対位置



どんな相対位置が良いかは不明

◎ GUI に提示可能な多様な情報

- ・操作視点により提示すべき情報は異なる
 - ・提示情報により GUI を見ながら操作する割合が変化
- 提示情報の設計・操作性の検証が必要

◎ 研究目的

1. 非熟練者でも直感的に操作可能な直視遠隔操作 GUI の設計手法
 2. 油圧ショベルと操作者の相対位置による操作性の違いの検証
 3. 提示情報の設計手法
- これらを**ユーザビリティ実験**で明らかにする

提案手法: タブレット端末を用いたグラフィカルユーザインターフェース

○携帯性, ○汎用性, ○情報提示機能, ? 操作性?

✓ 油圧ショベルの直視遠隔操作に適した **GUI の設計手法は未検証**



GUI の設計と実機遠隔操作システムの開発

◎ GUI の設計項目

・入力対象・入力方法の対応関係
3種類の組み合わせに決定

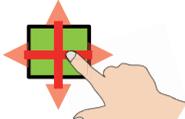
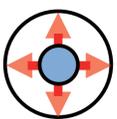
操作器	仮想ジョイスティック	操作対象の移動・回転
入力対象		
関節角速度	◎JISレバー模擬	◎速度入力不可
バケットの速度	◎バケット速度レバー	◎速度入力不可
バケットの位置	◎先行研究で操作性悪し	◎バケット位置タッチ

・入力対象

1. 関節角速度 (従来方式)
2. バケットの速度ベクトル
3. バケットの位置・姿勢

・入力方法

連続的に入力を調整できるドラッグ操作を用いた操作器に決定

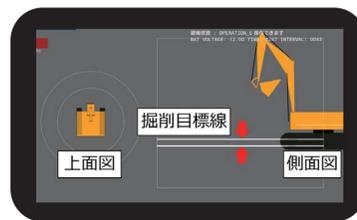


1. 仮想ジョイスティック
2. 操作対象の移動・回転



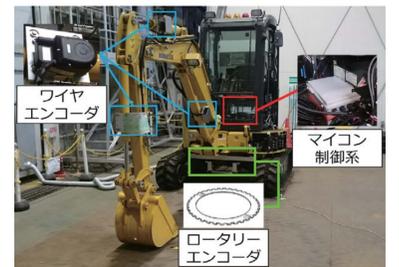
◎ 情報提示機能

- ・油圧ショベルの現在姿勢
側面図と上面図をリアルタイム表示
- ・作業対象物
掘削目標線を提示



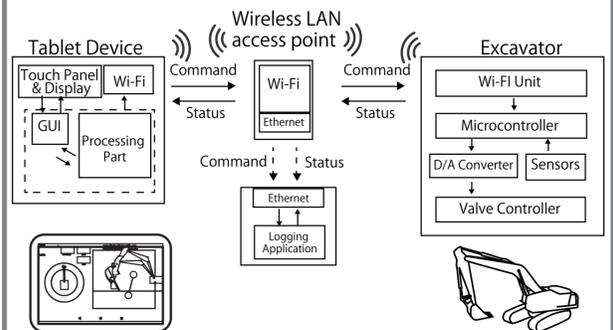
◎ 実機油圧ショベル (機体重量 3t 級)

実機に姿勢測定用センサ, 制御基板, 無線子機を搭載
タブレット端末からの指令が可能



◎ 計測システム

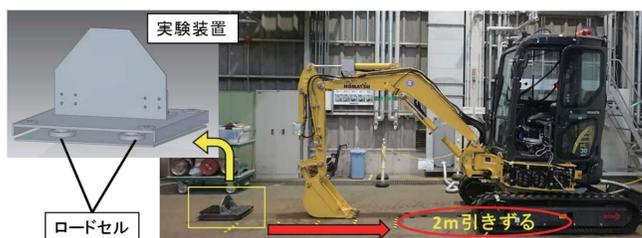
無線ネットワーク経由でオペレータの**操作履歴**や実機の**動作履歴**を記録



ユーザビリティ評価実験

◎ 実験タスク

実機を用いて**精密掘削模擬実験**を実施
実験装置を 2 m 手前まで引くまでの時間を計測



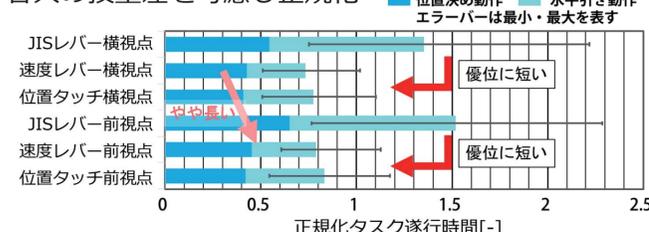
◎ 実験パターン

パターン	GUI	操作視点
1	JISレバー模擬	横から
2	バケット速度レバー	油圧ショベルをみる (横視点)
3	バケット位置タッチ	
4	JISレバー模擬	斜め前方から
5	バケット速度レバー	油圧ショベルをみる (前視点)
6	バケット位置タッチ	

◎ 実験結果

・正規化タスク遂行時間

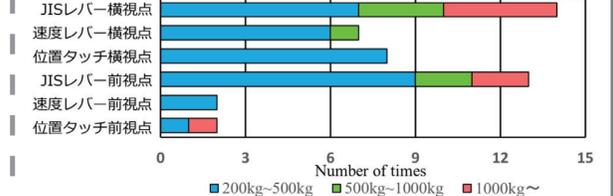
バケットが装置に触れるまで (**位置決め**) と
実験装置を引きずる (**水平引き**) 時間を計測
各人の技量差を考慮し正規化



- ・速度レバー, 位置タッチ入力は JIS レバー模擬 (従来手法) より, タスク遂行時間が短い
→ **入力対象と入力方法の対応の有効性**が検証された
- ・横視点は前視点よりもタスク遂行時間が短い
→ 作業機の**関節角の把握が容易**だった

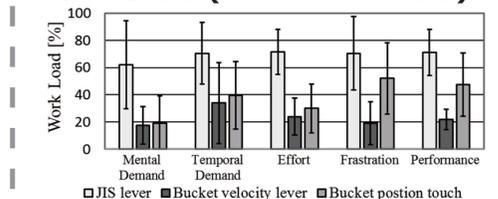
・ロードセル荷重計測回数

一定荷重以上のロードセルの荷重計測回数



- ・横視点よりも前視点のほうがロードセルの荷重計測回数が少ない
→ **前視点はバケット刃面の視認がしやすく**, 精密水平掘削に適す

・精神的負荷 (NASA-TLX 準拠)



→ 全項目で, 速度レバー, 位置タッチ入力は JIS レバー模擬より優れた結果