

# 油圧ショベルのイージーオペレーション化のための 操作装置と支援システム

## Development of an Operational Unit & Support Systems for the Easy Operation of a Hydraulic Excavator

伊藤直幸\*, Eric Rohmer\*, 中野栄二\*, 久武経夫\*\*, 佐々木知行\*\*, 丹後修一\*\*

Naoyuki Ito\*, Eric Rohmer\*, Eiji Nakano\*,  
Tsuneo Hisatake\*\*, Tomoyuki Sasaki\*\*, Shuichi Tango\*\*

\*東北大学, \*\*システムテクニカル株式会社

\*Tohoku University, \*\*System Technical Co., Ltd.

キーワード: 油圧ショベル (excavator), モノレバー (monolever), 遠隔操作 (remote control),  
バイラテラル (bilateral), グリッパ (gripper)

連絡先: 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉01 東北大学 大学院情報科学研究科 中野研究室  
伊藤 直幸, Tel.: (022)217-7025, Fax.: (022)217-7023, E-mail: ito@robotics.is.tohoku.ac.jp

### 1. 緒言

油圧ショベルは、両手で2本のレバーを操作し運転している。各レバーにより関節をそれぞれ独立に操作する方式であり、ショベルの先端を直線的に動かすなど、複数のレバーを同時に操作しなければならない複雑な操作には長年の熟練を要す。そのため現場ではスケジュールに合わせた熟練者の確保に頭を悩ませている。

この問題に対し、中野らにより、片手で操作でき、熟練を要しない「モノレバー方式」が提案された<sup>1)</sup>。

本研究ではこのモノレバー方式の原理・特徴を踏まえ、応用として

- 遠隔操作化
- グリッパを取り付けたハンドリングマシン

を考えている (Fig. 1)。

本発表ではまず、モノレバー方式の原理を説明し、その後、遠隔操作化への取り組みについて述べる。

### 2. モノレバー方式の原理

ショベルの操作性を改善するために、モノレバー方式は、

- 1) 直感的な入力装置
- 2) 直線動作を容易に実現可能
- 3) 席を離れることができる
- 4) 作業反力を感じることもできる

という機能を念頭に置いて構成されている<sup>1)</sup>。

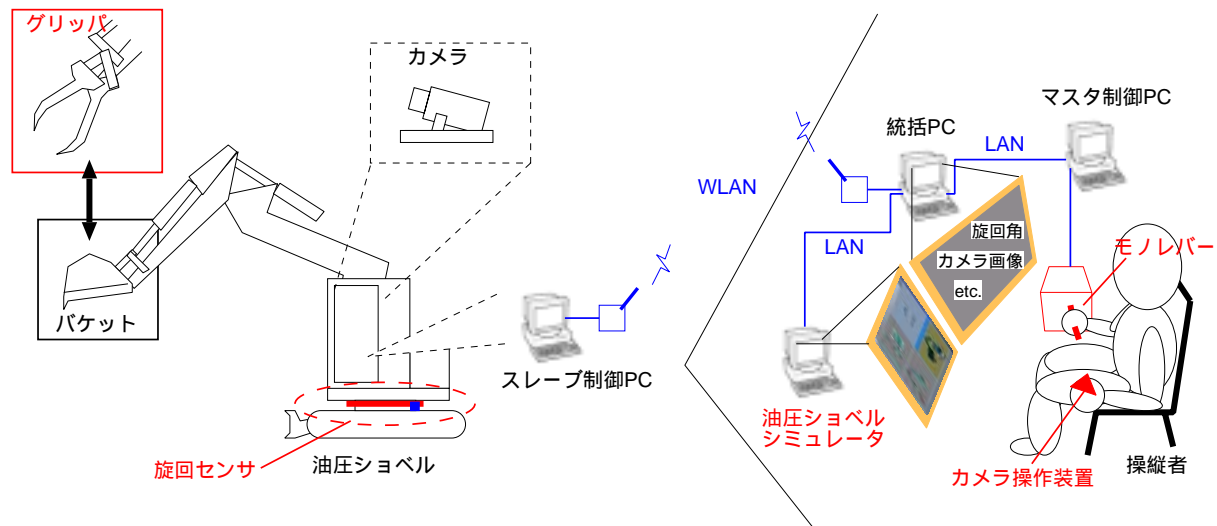


Fig. 1 無線モノレバーシステムと周辺装置

これらの機能を実現する入力装置と油圧ショベルの構成を次に示す。

## 2.1 入力装置

ショベル先端で実現できる動作に合わせ、前後、上下、回転ができる入力装置である。そのため直感的な操作が可能である(Fig. 2)。アーム、ブーム、バケット全ての操作が一本のレバーに集約されているため、片手で操作することができる。

また、ショベルで検知した作業反力を操作者に伝えるために、各自由度にはサーボモータが取り付けられている。

さらに、安全のために静的なバランスが保たれるよう設計されており、操作者が手を離しても、レバーが自重で動かないように工夫されている。

## 2.2 油圧ショベル

ショベル先端の指令に合わせて関節の角度を制御するため、関節の角度を計測する必要がある。そのため、シリンダに平行にリニアエンコーダを配し、シリンダの長さから角度を得ている。

また、コンピュータからの電気信号で関節のシリンダを駆動するために、従来の機械式のパルプ

から電気式のパルプに変更している。

さらに、作業反力を検出するために、シリンダに圧力センサを設けている。

## 2.3 バイラテラル制御

操作者が作業機械に指令を送ることに加え、作業反力などの情報を操作者にフィードバックすることができる双方向の制御方式をバイラテラル制御という。

モノレバー方式ではこのバイラテラル制御を用い、入力装置の操作量をもとにショベルを速度制御し、ショベルで検出した作業反力を入力装置のモータで再現することで作業反力を操作者にフィードバックする。

## 3. 遠隔操作のための支援システム

悪環境下や危険な環境下では、安全性を確保するために、遠隔操作による無人施工が望ましい。本研究では、遠隔操作に対応するために、

- システムのモジュール化
- カメラ操作システムの開発

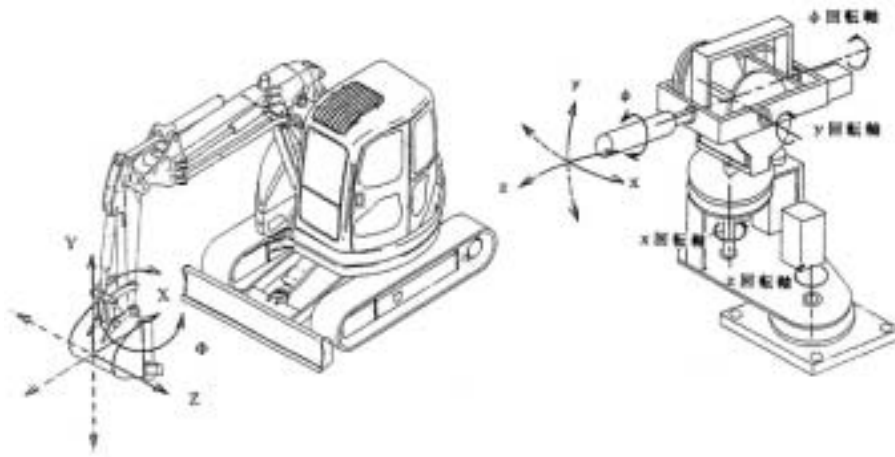


Fig. 2 油圧ショベルとモノレバーの動きの関係

● シミュレータの開発

を行った。

3.1 システムのモジュール化

従来のモノレバー方式は一台のコンピュータによりすべての処理が行われていた。一台のコンピュータが全てのセンサ情報を取得し、全てのアクチュエータを制御していた。

遠隔操作化を容易にするためにこの方式を見直し、プログラムをショベル側モジュール、マスタ側モジュールに分け、それぞれ独立のコンピュータで実行可能にした<sup>2)</sup>。プログラム間の通信はTCP/IPプロトコルを使用しているため、無線LANによる無線化やネットワーク化が容易にできる。

また、モジュール同士は角度や、力の情報を通信するが、それらの情報は一旦共通の座標系に置き換えられているため(Fig. 3)、別の構造のショベル、または、別の構造の入力装置であっても、容易に変更が可能である(Fig. 4)。

3.2 カメラ操作システム

遠隔操作では、視覚情報を確保するために車載のカメラ映像を使用するが、作業の進行に合わせてカメラの角度を調整する必要がある。

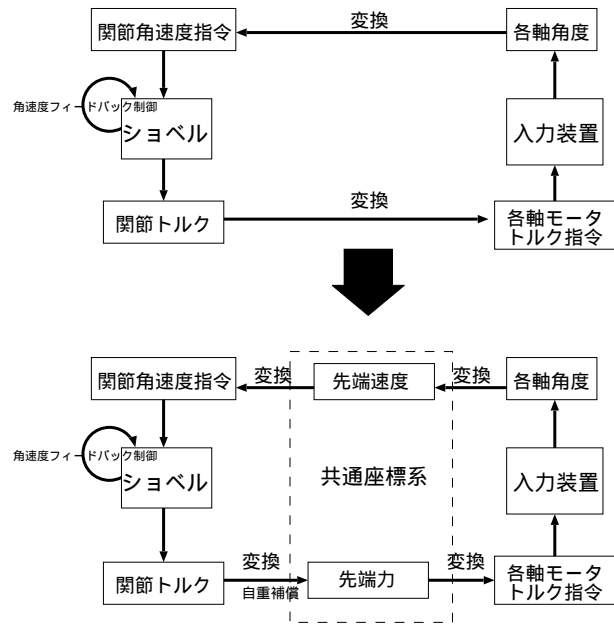


Fig. 3 制御システムの比較

従来はこの調整のために、一旦操作の手を休めるか、カメラ調整用の人員を配していた。

モノレバーシステムでは、ショベルの操作が片手で済むため、空いた手を使用すればショベル操作と同時にカメラの調整をすることができる。

無駄な人員を削減でき、操作者の意志通りのカメラ調整が可能となるため、効率化を図ることができる。

本研究では同時操作用のカメラ調整システムを開発した(Fig. 5)。

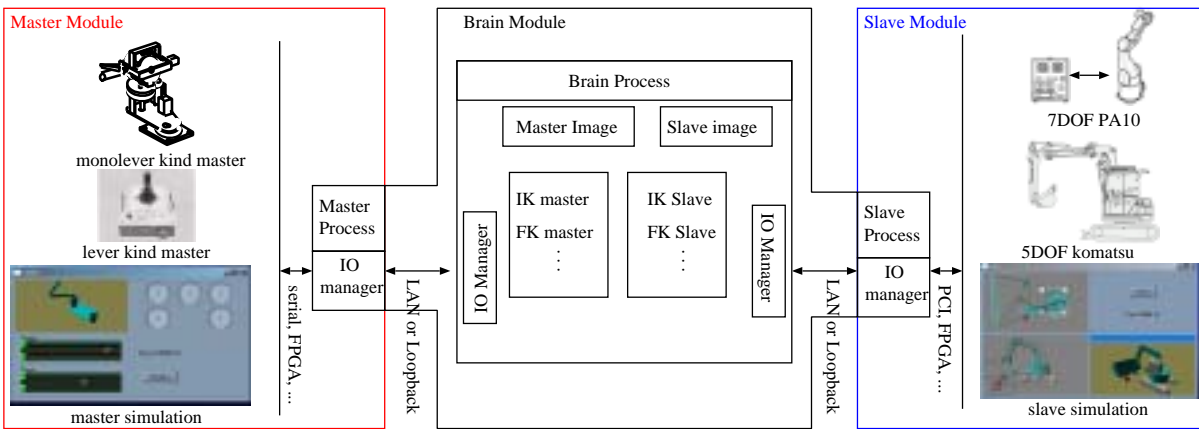


Fig. 4 モジュール化されたシステム

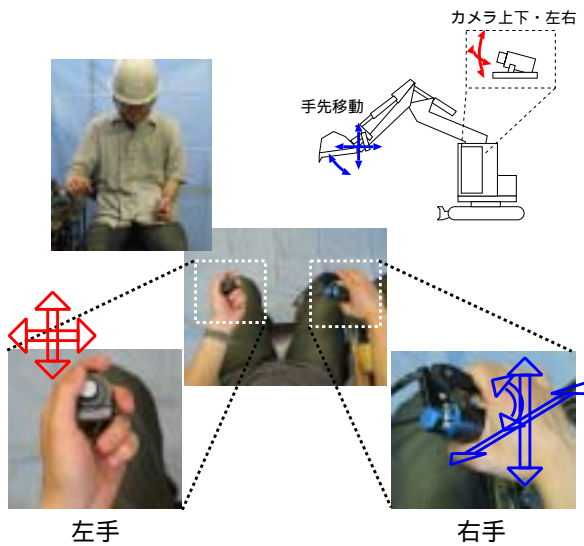


Fig. 5 右手で入力装置, 左手でカメラ

### 3.3 シミュレータ

実際のショベルを使用できない遠隔地での作業の事前練習や、ソフト開発の効率化のために、シミュレータを開発した。このシミュレータはグラフィカル表示機能を備えたリアルタイム3Dシミュレータであり、シミュレータ内の仮想的作業現場環境との接触力を計算し、実際のショベルと同様な力フィードバックを行うことができる。

このシミュレータもモジュールとして構築されており、他のモジュールとの接続や切替えが容易に行える。

また、このシミュレータをディスプレイとして

実際の油圧ショベルを使つての作業時に併用することで、オペレータは、油圧ショベルの動きをあらゆる角度から眺め、確認することができる。そのため、カメラ映像だけの時よりも安全性、作業効率などが著しく向上するとともに、オペレータの疲労を軽減することができる。

## 4. 結言

モノレバー方式を踏まえた遠隔操作化への取り組みについて発表した。

今後はフィールドテスト等を行いこのシステムの有効性を評価していく。また、本発表では述べなかったが、グリッパを搭載したハンドリングマシンとしての応用についても研究を進めていく。

## 参考文献

- 1) E. Nakano, N. Tsuda, K. Inoue, K. Kayaba, H. Kimura, T. Matsukawa: Development of an Advanced Way of Improvement of the Maneuverability of a Backhoe Machine, *9<sup>th</sup> ISARC*, Tokyo, JAPAN, 215/222 (1992)
- 2) E. Rohmer, T. Takahashi, E. Nakano: Modular platform for a bilateral master/slave manipulator for hydraulic machines, *ECECONF2003*, Cebu, Philippines (2003)