

プログラム名：タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名：田所 諭

プロジェクト名：ロボットインテリジェンス

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 8 年 度

研究開発課題名：

操作ゲインの決定および適応技術に関する研究

研究開発機関名：

早稲田大学

研究開発責任者

岩田 浩康

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

脚ロボットでは、完全自律動作が望ましいが、災害現場では転倒やセンサ故障などの自律動作が困難なエラー状態が存在する。このようなエラー状態では遠隔操作が有用となるが、遠隔操作では操作性が低下することが一般に知られている。そこで、脚ロボットでは腹ばい移動の後にコンクリート削孔を行うなど移動動作と手先動作が連続的に遷移することが想定されるため、操作性を高めるためには、これらに対応可能なインタフェースが必要である。また、リーチングや細かい位置決めなどの作業状態に応じて要求される精度が異なる。そこで、本研究グループでは、単腕単軸である建設機械において入力に対する出力であるゲインを作業状態によって調整する手法を構築しており、これにより操作性が向上することが示唆されている。しかし、脚ロボットのような複腕複軸においては検討されていない。以上から、当該年度の研究では①手先・移動動作の連続遷移に対応可能なインタフェースの開発、②複腕複軸である脚ロボットの作業状態に応じたゲイン調整手法の構築を目的とする。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

#### ①手先・移動動作の連続遷移に対応可能なインタフェースの開発

手先動作と移動動作が連続遷移しても1つのシステムで対応可能になるようにマスタ・スレーブ方式を採用した(図1)。手先動作には、磁気センサとデータグローブを用い、肩を基準とした手先位置姿勢と腕姿勢を入力可能なシステムを、移動動作には、手を使わずに入力が可能となるようにフットペダルを用いて機体重心速度を入力可能なシステムをそれぞれ開発した。

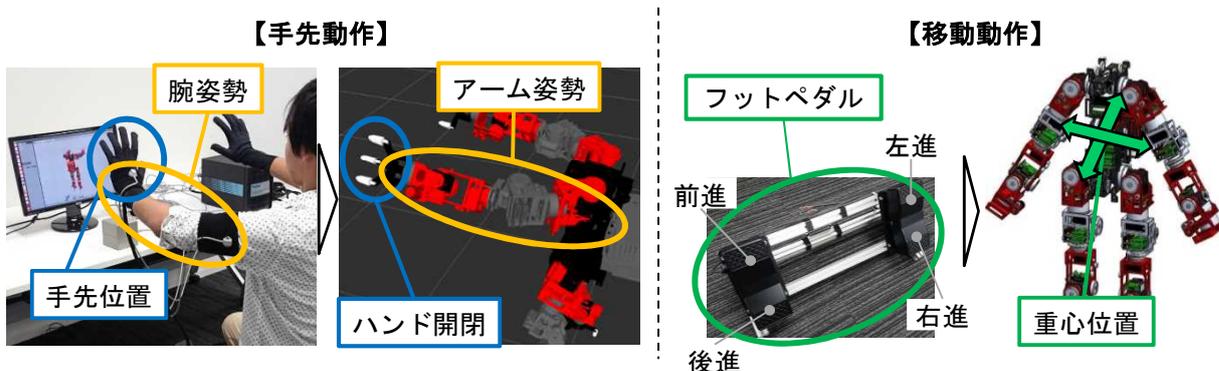


図1. 手先・移動動作の連続遷移に対応可能なインタフェース

#### ②複腕複軸である脚ロボットの作業状態に応じたゲイン調整手法の構築

ゲイン調整の効果が大きいと予想される手先動作に着目し、ゲイン調整手法の構築を行った(図2)。オペレータの入力は、肩を基準とした手先位置であることから、肩から手先までの距離にゲインをかけた。リーチングなどの大きな動作では、腕を伸ばす必要があるため、身体負荷が懸念される。そのため、このような動作では、要求される精度が低く、手先移動量が大きいことから、ゲインを相対的に大きく設定した。これにより、少ない手先移動量で作業を行うことが可能になるため、楽な姿勢で作業を行えることが予想される。一方、位置決めなどの細かい動作では、微調整が困難となり、精神負荷が懸念される。そのため、このような動作では、要求される精度が高く、手先移動量が小さいことから、ゲイン

を相対的に小さく設定した。これにより、大雑把な入力で細かい位置決めが可能になるため、楽な動作で作業が行えることが予想される。

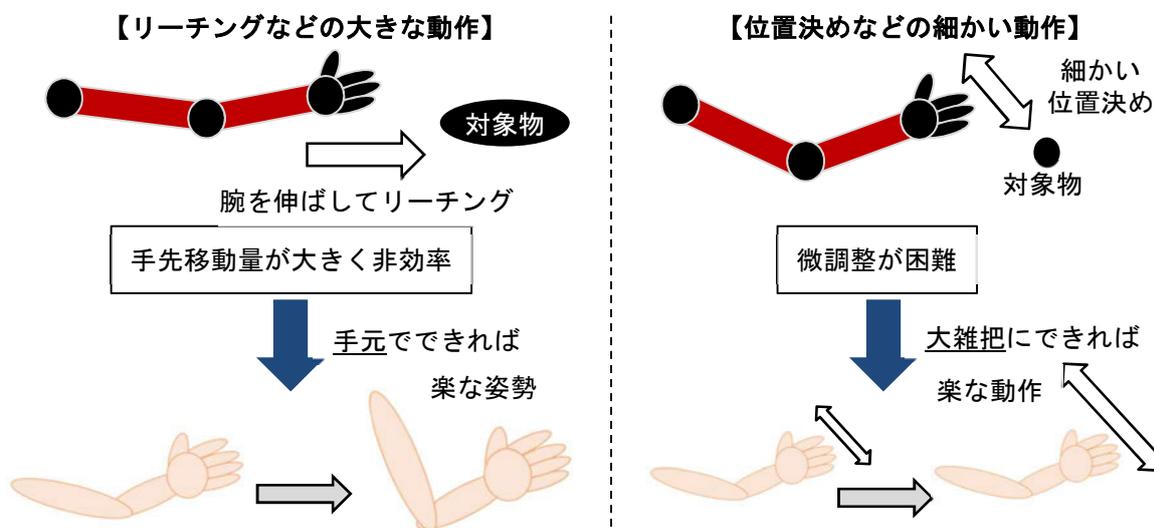


図2. 作業状態に応じたゲイン調整手法

## 2-2 成果

提案したインタフェースとゲイン調整手法の有用性を検証するため、脚ロボットでの作業を模擬したVRシミュレータを構築し、実験を行った。タスクは、物体にリーチングして把持した後、移動しながら運搬し、目標に位置決めしてからリリースを行うものとした(図3)。

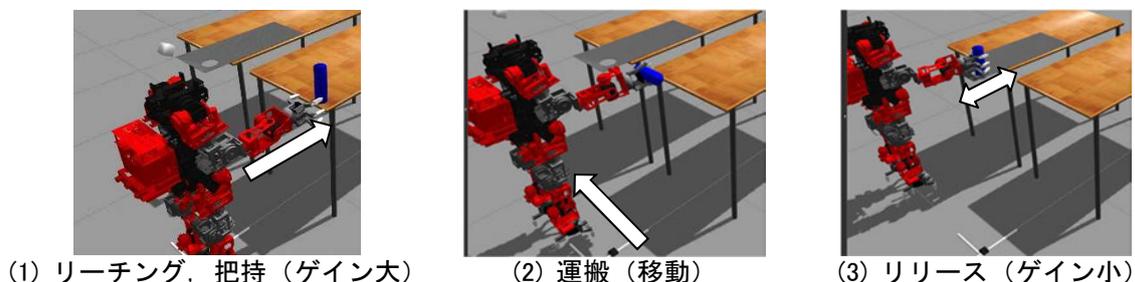


図3. 実験タスク

### ①手先・移動動作の連続遷移に対応可能なインタフェースの開発

提案したインタフェースを用いることで、物体の把持(手先動作)、運搬(移動)、リリース(手先動作)が1つのシステムで行えることがわかった。以上から、**提案したインタフェースで手先・移動動作の連続遷移に対応可能**なことが示唆された。

### ②複腕複軸である脚ロボットの作業状態に応じたゲイン調整手法の構築

ゲインを作業状態に応じて変更した場合と一定の場合を比較した結果、作業状態に応じて変更することで、作業時間を有意に低減できることがわかった。また、アンケートより、身体負荷が軽減できる傾向がえられた。以上から、**提案したゲイン調整手法で操作性が向上可能**なことが示唆された。

## 2-3 新たな課題など

実験より、状態に応じてゲインをかける物理量(入力)を変化させる必要があることがわかった。今回は、肩から手先位置までの距離にゲインをかけていたことから、ゲインを変更すると手先位置も

変化する。そのため、リーチング（大きな動作）してから把持（細かい動作）をするようなタスクでは、リーチングではゲインの値を相対的に大きく設定し、把持では相対的に小さく設定することが望ましいが、ゲインを変更すると手先位置が変化してしまい、操作性が低下してしまう。以上から、作業状態に応じてゲインをかける物理量を変化させる必要がある。そこで今後は、リーチング時には基準を肩に、把持時には基準を把持に状態が遷移した時の手先位置に、それぞれ設定するなど基準を状態に応じて変更することで対応していく予定である。

### 3. アウトリーチ活動報告

特になし。