

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 9 年 度

研究開発課題名：

高機能・高速ハンドリングのための遠隔操作システムの開発

研究開発機関名：

千葉大学

研究開発責任者

並木 明夫

# 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

本プロジェクトでは、特に脚ロボット用多指ハンドをターゲットとして、操作者が直観的に自在に動かすことが可能なロボットハンド制御用マスタ・スレーブ制御システムを開発することが目的である。当該年度の研究課題については下記の通りである。

課題1. ロボットハンド・アームのためのマスタ・スレーブ制御システムの開発

課題1-1. 脚ロボット用のマニピュレーションのためのマスタの開発と改良

課題1-2. マスタ・スレーブにおける操作者の手と脚ロボットハンドのマッピングの最適化

課題1-3. 脚ロボットシステム全体でのマスタ・スレーブ

課題2. ロボットのセンサ情報を操作者に視触覚提示可能なトレイグジスタンス機能

課題2-1. AR機能を備えた視覚提示システム

課題2-2. 触覚トレイグジスタンス機能の改良

課題2-3. マスタの演算能力の高性能化

課題2-4. 視線検出機能と視覚提示システム

課題3. 人間の意図推定とロボットの高速センサフィードバックによる自動操作アシスト機能

課題3-1. リーチング・キャッチングの操作補助

課題3-2. 遠隔操作のための3次元ビジョンユニットの開発

## 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

課題1. ロボットハンド・アームのためのマスタ・スレーブ制御システムの開発

課題1-1. 脚ロボット用のマニピュレーションのためのマスタの開発と改良

前年度までに開発した上半身計測可能な軽量モバイルマスタのプロトタイプシステムの改良を引き続き行った。手の形状を計測するFSGについての改良結果の評価試験を行った。

課題1-2. マスタ・スレーブにおける操作者の手と脚ロボットハンドのマッピングの最適化

シナジーとスレーブのセンサフィードバック制御に基づく最適マッピングの方法を開発した。

課題1-3. 脚ロボットシステム全体でのマスタ・スレーブ

FST, リアルタイム動作計画システム, Gazebo リアルタイムシミュレータを統合した, マスタ・スレーブ操作システムを開発した。脚ロボットのマニピュレーション作業において実証実験を行った。

課題2. ロボットのセンサ情報を操作者に視触覚提示可能なトレイグジスタンス機能

課題2-1. AR機能を備えた視覚提示システム

AR提示機能と実機による定量的評価を行った

課題2-2. 触覚トレイグジスタンス機能の改良

掌の触覚提示機能の改良について検討を行った。

課題2-3. マスタの演算能力の高性能化

マスタ側の映像処理装置の小型化について検討を行った。

#### 課題2-4. 視線検出機能と視覚提示システム

操作者の意図検出機能の定量的評価を行った。

#### 課題3. 人間の意図推定とロボットの高速センサフィードバックによる自動操作アシスト機能

##### 課題3-1. リーチング・キャッチングの操作補助

片手物体での任意物体の操作アシスト機能の改良を行った。

##### 課題3-2. 遠隔操作のための3次元ビジョンユニットの開発

複数の物体が散在する環境下での3次元対象検出機能の開発を進めた。

## 2-2 成果

### ① 極限作業用ロボットハンドのための遠隔操作マニピュレーションシステムの開発（課題

1-1, 1-3, 2-2, 3-2)

極限環境下で人間の代わりに救援, 調査活動するロボットのための遠隔操作システムの開発を行った。開発したシステムは, 操作者の姿勢を計測し視触覚情報を提示するFSTシステム, マニピュレータの運動計画・制御システム, 実時間シミュレータからなる。

本年度は, 昨年度までに開発したシステムを改良した。改良したシステムを用いて, 評価会で, 脚ロボットの実機を用いてバルブの操作とドリル操作の実験を行った。また, 並行して, アシスト制御を統合するためにスレーブ側の3次元視覚認識ユニットの開発を行った。

### ② マスタ・スレーブシステムにおけるシナジーに基づいた把持制御（課題 1-2)

人間の規範となる把持パターンを抽出するためにシナジーを利用し, スレーブハンドのマスタ・スレーブ制御手法に応用した。シナジーとは把持姿勢のデータから主成分分析により抽出した把持の特徴量であり, 少数のパラメータで把持姿勢を表現することが可能となる。本研究では, シナジーを利用することで, マスタとスレーブの手の異構造性を補償したマスタ・スレーブにおける把持制御手法を提案した。また, スレーブにおいて視覚フィードバック制御を導入することで, 把持の適応性を高めることができた。

### ③ マスタ・スレーブロボットのための拡張現実感による視覚提示システム（課題 2-1, 2-3)

マスタ・スレーブロボットにおいて, 拡張現実感による視覚提示システムを開発した。具体的には, 操作デバイスであるFSTとスレーブロボットをCGで, また予測された把持対象までの距離を数値で, それぞれのヘッドマウントディスプレイ上の実画像に重ねて表記することで, 操作性の向上を図った。システムの有用性を評価するために, 熟練者と初心者にリーチングの実験を行い, 表示の種類によって操作効率や快適性に違いを検証した。

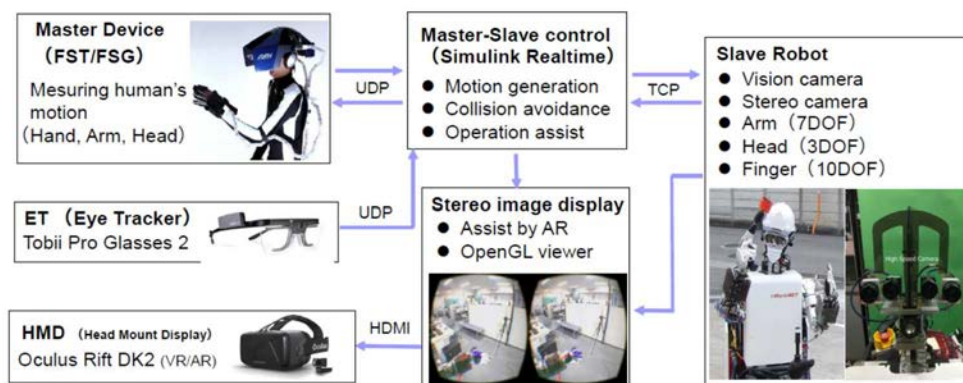


図 AR表示機能と視線トラッキング機能を統合した遠隔操作システム

④ マスタ・スレーブシステムにおけるアイトラッキングを用いた操作者の意図推定（課題 2-4）

ヘッドマウントディスプレイ上にアイトラッカーを統合し、マスタ・スレーブシステムにおける操作者の意図を推定するシステムを開発した。操作中の視線の方向から、操作対象物体を予測する手法について提案し、その有効性を検証した。

⑤ マスタ・スレーブシステムにおける手先軌道の最適化によるアシスト制御（課題 3-1）

本研究グループは、マスタ・スレーブによるリーチング等の動作をアシストする制御する手法として、スレーブ側の視覚フィードバックを基に予測的に操作をアシストする制御、V-PAC（Vision-based Predictive Assist Control）を提案している。これは、スレーブの視覚センサにより、あらかじめ操作者の視界内での把持候補物体の位置姿勢を計測しておき、操作者の動作開始時に、手の動きの初動と視線方向から把持位置姿勢を予測し、スレーブの動作を修正して、操作性を向上させる手法である。本年度は、修正する手先軌道を躍度最小軌道とベジエ曲線により表すことにし、評価規範に基づく最適化を行うことで、定量的に評価可能なアシスト制御手法を提案した。また、実機によりその有効性を評価した。

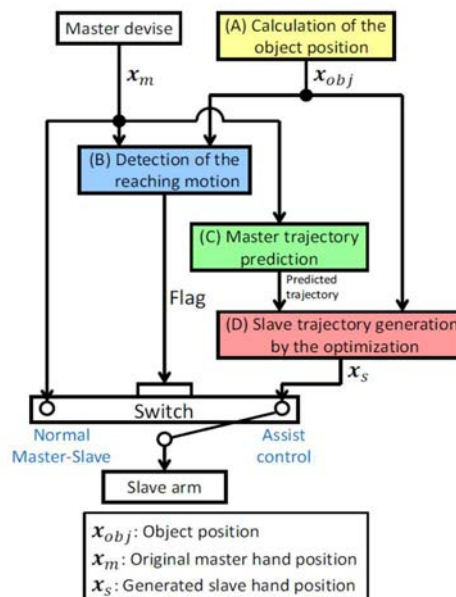


図 最適化に基づくアシスト制御

2-3 新たな課題など

本課題では、がれき撤去、道具の操作、バルブの開閉など複雑な操作に対応することが必要であり、操作者の負担を軽減するためには、本リーチング手法のようにスレーブ側でアシストすることが必要になると思われる。提案手法を拡張して複数の作業に対応できるように研究を進めている。

3. アウトリーチ活動報告

特になし。