

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：

触覚を用いた極限ロボットの操作支援

研究開発機関名：

国立大学法人東北大学

研究開発責任者

昆陽 雅司

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

本研究開発では、操縦者の操縦能力、判断能力を飛躍的に高めるためのヒューマンインタフェース技術およびシミュレータを用いたトレーニング技術の基盤技術を確立する。特に、触覚情報の取得と提示を中心にマルチモーダルな情報提示に基づく操縦支援技術を開発する。

研究開発計画書（平成 28 年度）に定めた研究課題と目標の概要は以下の通りである。

1) 触覚提示提示用ハードウェア・ソフトウェア基盤の開発

- 触覚提示用コントローラの開発と、ジェスチャインタフェース等の汎用技術の整備。
- 摩擦感や衝突感等の新モデル提案とリアリティ向上
- ロボットの接触情報を操縦者に提示するための振動刺激法の提案と評価
- 通信帯域が限られる場合を想定した、振動情報の知覚に及ぼす影響の調査。

2) タフ・インタフェース技術

① ロボットと操縦者の触覚共有による、環境把握能力、操作能力向上技術

- ロボット筐体部に設置した少数のセンサから、筐体部大域の接触位置を推定。
- 索状ロボットを用いて、操縦性と状況把握能力を向上できることを実証。
- 単腕建設ロボットの遠隔操作に触覚フィードバックを実装し効果を検証。

② ロボットと操縦情報の再構成プレイバック技術

- 触覚を含むプレイバック技術により、記録情報からのロボットの状況把握を向上。

3) タフ・トレーニング技術

- 危機管理トレーニングシステム用触覚提示プロトタイプを製作（企業と共同開発）。
- ロボット用シミュレータの接触イベントから物理モデルで振動情報を再生
- 建設ロボットのシミュレーション環境を実装、課題を抽出。

2-1 進捗状況

実施計画 1) は、プロジェクト内での触覚提示用技術の共有に関し、索状ロボットにおいてはインタフェースを ROS で実装し、他グループの感覚情報との連携を進めつつある。建設ロボットにおいては、索状ロボットとマイコン等を共有化し、ROS 化を実現した。また、ジェスチャインタフェースの触覚提示の安定化技術、摩擦感や衝突感の新モデル、接触情報の定位と振動刺激法の提案、衝突感における通信帯域と知覚の影響の調査など順調に進捗している。

実施計画 2) は、対向 2 輪型移動ロボットの衝突回避動作の触覚サポートを検証した。接触位置の推定については、金沢大・鈴木助教と連携している。さらに、索状ロボットにおいて、先端部の接触方向の推定と視触覚提示を実現し、効果を検証した。一方、建設ロボットはプラットフォームが完成しておらず、振動情報の取得と触覚提示法の検討を行った。また、再構成プレイバック技術は、プラットフォーム全体の開発を優先したため開発が遅れている。

実施計画 3) は、企業との共同開発で機器管理体験シミュレータにおける触覚提示デバイスの開発を進めている。また、衝突現象の物理モデリングと振動刺激による再現の研究を進めており、双腕の建設ロボットシミュレータへの実装に向けて準備を行った。

2-2 成果

1) 触覚提示提示用ハードウェア・ソフトウェア基盤の開発

索状ロボットにおいて音響処理と触覚処理の基盤を共通化し、ROS 上で用意に統合可能になった。また、ジェスチャインタフェースにおいて HMM モデルを用いたジェスチャ推定と運動生成を行うことにより安定した触覚フィードバックを実現した(精度は評価中)。また、触感を向上させるために実験に基づき摩擦感や衝突感を詳細にモデリングした。さらに、衝突感に関しては、時間解像度や波形の分解能が触感に及ぼす影響を調査し、通信の要求性能を検討した。

2) タフ・インタフェース技術

① ロボットと操縦者の触覚共有による、環境把握能力、操作能力向上技術

2つの振動子を用いて衝突部位を提示させる新しい振動提示法を提案し、移動ロボットの衝突後の回避動作時間の短縮を確認している。また、索状ロボットでは、先端部の複数の振動センサから接触方向を 45° 程度の分解能で推定し、接触のタイミングと強度を振動提示することで、接触への反応時間と、狭隘部での接触回数を有意に低減できることを確認した。建設ロボットにおいては、2016年11月の評価会にて触覚伝達の実機デモを行った。また、連続して起こる衝突現象の振動波形を操縦者に分かりやすく提示する手法を提案した。

② ロボットと操縦情報の再構成プレイバック技術

1人称視点のカメラ映像からロボット動きを推定し、振動によって体感を強化する方法を検討した。評価は H29 年度に行う。

3) タフ・トレーニング技術

危機管理トレーニング用の没入型トレーニングシステム用の触覚提示装置のプロトタイプを開発し、機器管理シナリオに応じた刺激提示法を検討している。また、物理シミュレータ上で高周波の衝突振動を発生するための物理モデルの基礎検討を行った。建設ロボットのシミュレータについては、双腕モデルにおいて、Choreonoid と ROS を用いたシミュレータ上で、衝突時の振動提示を行うための実装を進めている。

2-3 新たな課題など

索状ロボットにおいては、より実用的なロボットの研究開発を加速するために、感覚機能の統合と駆動性能を向上したプラットフォームの開発を統括的に行う必要が有る。また、現実的な環境での限界性能試験や、消防用浮上ホースなどの新たな研究課題も挙がっており、次年度からプラットフォーム全体の開発にも主担当して取り組む予定である。

また、索状ロボット、建設ロボットともに、他の感覚情報や操縦入力など、全体のユーザインタフェースの最適化と操作性向上を進めていく必要がある。

3. アウトリーチ活動報告

フィールド評価会や技術セミナーにて、関係者、ユーザに開発技術を紹介するとともに、オープンキャンパスや仙台、東京における市民向けイベントにて、広く一般に研究開発技術の有用性をアピールした。