

人間-ロボット協働組立セルの作業支援のための実-仮想作業環境の構築（第一報） 仮想作業環境における作業体験

北海道大学大学院 情報科学院 システム情報科学コース ○西田 英明, 小野里 雅彦, 田中 文基

要旨

現在, 人間とロボットが協力して組立作業を行う「人間-ロボット協働組立セル」が提案されており, 本研究では人間-ロボット協働組立セルの実-仮想双対作業環境での協働支援手法の確立を目指す. 現時点で, AR を用いた仮想ロボットとの疑似的な作業体験内で, 作業者にロボットの予定軌道情報を提示し, 作業者の操作支援によりロボットの動作タイミングを決定することで, 人間とロボットの円滑な協働を可能とした.

1 結論

近年, ニーズの多様化や市場の変化の激しさを背景として製造業界では多品種少量生産の拡大が求められており, 生産方式の主流は少品種多量生産に適したライン生産から多品種少量生産に適したセル生産へと変化しつつある. しかし, 産業用ロボットは高速・高精度・長時間の作業が可能である一方, 臨機応変な細やかさが要求される作業が行えない欠点があり, 「人間-ロボット協働組立セル」が提案されている.

しかし, 人間とロボットによる協働の枠組みは完全には確立されていない.

そこで, 本研究では人間・ロボット協働組立セルにおける協働支援に着目し, Augmented Reality(AR)を用いた実-仮想作業環境で人間とロボットの円滑な協働を可能とすることを目的とする.

2 人間ロボット協働支援を実現する仮想作業環境

2.1 構築するシステムの構造

本研究では組立作業のシミュレーションを仮想空間上で実行・提示する. 構築するシステムの構造を図1に示す.

仮想空間上で行う作業体験内において, ロボットの動作タイミングは作業者の行動に基づき決定され, 作業者は視覚的に提示されるロボットの予定軌道情報に基づき衝突を回避する. 人間とロボットが相互に影響しあい円滑な作業を実現するこのシステムを本研究では「人間-ロボット協働支援システム」と呼称する.

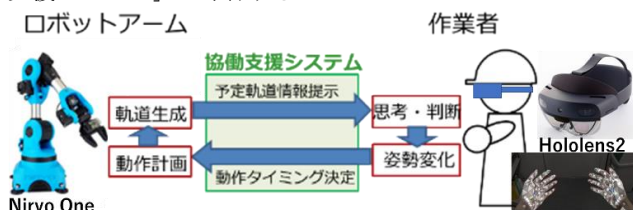


図1 構築するシステムの構造

2.2 仮想作業環境構築に使用するソフトウェア

・Unity[1]:

統合開発環境を搭載しマルチプラットフォームに対応する米 Unity Technologies 製のゲームエンジン.

・Mixed Reality Toolkit[2]:

米 Microsoft が開発・提供する Unity における VR・AR アプリケーション開発のためのツールキット. VR・AR アプリケーションにおける入力システムなどの機能の実装をサポートする.

・Robot Operating System (ROS)[3]:

米 Open Source Robotics Foundation が公開・運営する, ロボットアプリケーション開発を支援するためのツールを提供するオープンソースのソフトウェアプラットフォーム.

・Unity Robotics Hub[4]:

米 Unity Technology が公開する, Unity でのロボティクスのシミュレーションのためのレポジトリ. Unity Robotics Hub の主な3つのコンポーネントの機能を以下の表1に示す.

表1 Unity Robotics Hub の主なコンポーネントとその機能

コンポーネント	機能
ROS TCP Endpoint	ROS において Unity スクリプトからのメッセージを送信/受信する
ROS TCP Connector	Unity において ROS ノードからのメッセージを送信/受信する
URDF Importer	ロボットの構造を記述した URDF ファイルを Unity にインポートする

2.3 利用する機材

・Hololens2[5]:

米 Microsoft 社のヘッドマウントディスプレイであり, 頭部に装着することで Mixed Reality (MR:複合現実)を体験することができる.(外観は図1右上参照)

・Niryo One[6]:

仏 Niryo 社の6軸協働ロボットアーム. 仮想作業空間上で利用する協働ロボットとして用いる.(外観は図1左参照)

3 仮想作業環境の構築

3.1 仮想作業環境での動作シミュレーション

・ROS による協働ロボットモデルの制御

仮想作業環境において協働ロボットモデルをROSによって制御する. ロボットモデルの動作はROSのマニピュレータ用プログラミングフレームワークである MoveIt!によって生成する.(図2参照)

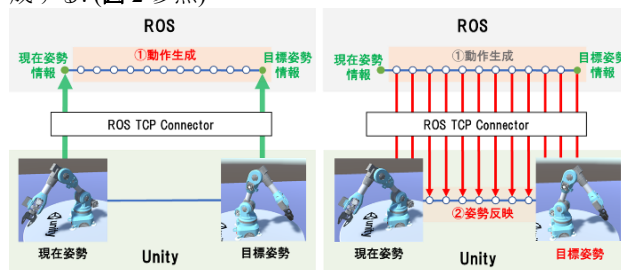


図2 ロボット制御の流れ

・ハンドモデルによるオブジェクトの把持

Hololens2 のハンドトラッキング機能により, Hololens2 装着者の手指の挙動を Unity 上のハンドモデルの挙動に反映する.(図1右下参照) 本研究ではオブジェクトの把持に対して厳密な物理演算は行わず, MRTK のスクリプトによる疑似的なオブジェクトの把持を行う.

3.2 仮想作業環境で行う作業体験

・作業対象モデルの作成

仮想作業環境で体験する組み立て作業として、工程ごとに人間とロボットが交代して4つの部品を上から組付ける作業を想定し、作業対象モデルを作成した。(図3参照)

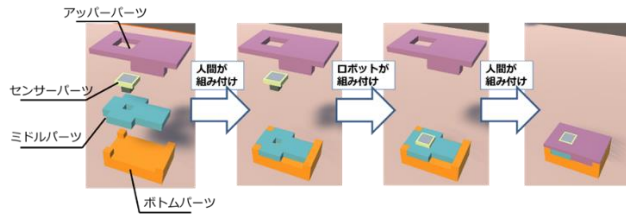


図3 作業対象モデルを組み立てる流れ

・組立セルモデルの作成

作業体験を行う仮想作業環境として、作業者が協働ロボットと作業する組立セルを設定し、そのモデルを作成した。(図4、図5参照)

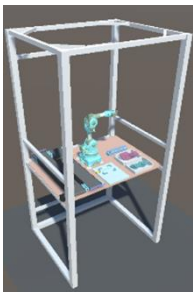


図4 組立セルモデル外観

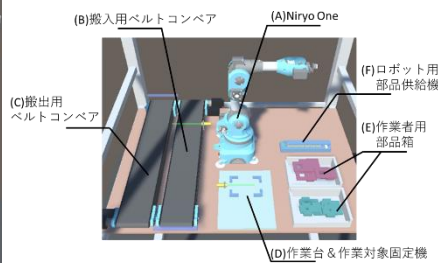


図5 組立セルモデルの諸要素

3.3 仮想作業空間における人間-ロボット協働システム

・協働ロボットの予定軌道情報の提示

本研究では、作業者に協働ロボットの予定軌道情報を視覚的に提示することで作業者への心理的・身体的ストレスを低減することを目指す。ロボットの予定軌道情報を、(1) 予定動作表示、(2) 予定中間姿勢表示、(3) 予定手先軌道表示の3つの手法により提示する。(図6参照)

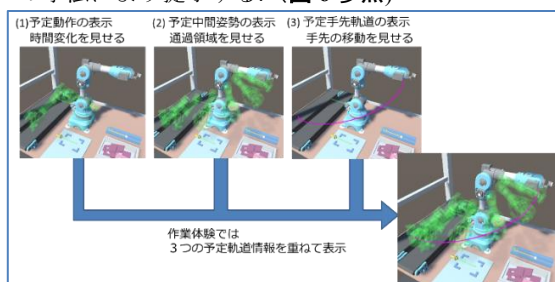


図6 ロボットの予定軌道情報の提示法

・人間の操作支援によるロボット動作タイミング決定

本研究で構築する人間-ロボット協働支援システムは、作業体験内における作業者利き手の位置変化情報をもとに作業者の工程の進行状況を判断し、作業者の動作に合わせてロボットの動作タイミングを動的に決定することで人間とロボットの円滑な協働作業を実現する。

仮想作業空間に作業者利き手(ここでは右手)の侵入検知エリアを5つ配置し、Ah, Aw, Af, Am, Auと呼称し区別する。作業者右手の侵入タイミングに基づきロボットの動作タイミングを決定する。(図7、図8参照)

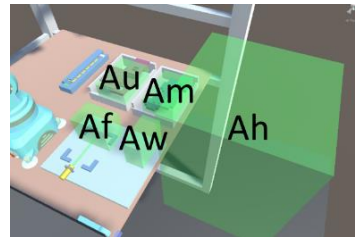


図7 侵入検知エリアの対応

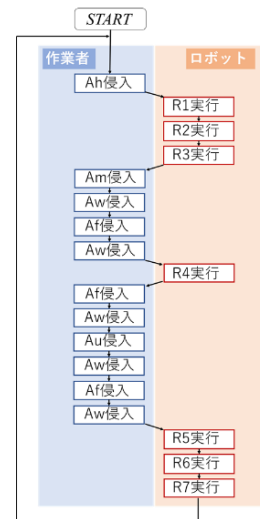


図8 動作決定の流れ

4 作業体験の実行

本研究では、開発用のPCでUnityプロジェクトとして人間-ロボット協働支援システムを搭載した仮想作業環境を構築し、完成したUnityプロジェクトをHololens2にUnityアプリケーションとして移植した。システムを起動し作業体験を行う際は、Hololens2上で移植したUnityアプリケーションを実行する。作業体験の様子を図9に示す。

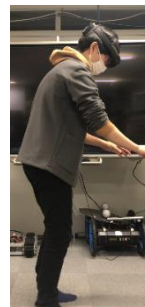


図9 作業体験の様子

5 結論

本研究では以下の内容を行った。

- (1) ロボットモデルを導入した仮想作業空間の構築
- (2) 作業者に対するロボットの予定軌道情報の提示
- (3) 作業者の操作支援によるロボットの動作タイミング決定以上により、人間-ロボット協働組立セルにおける協働支援を行う仮想作業環境が構築された。

今後の課題として現実空間にロボットアームや作業対象部品を導入し、Hololens2をMRのディスプレイとして用いることで仮想作業環境と実作業環境のデジタルツインを実現することがあげられる。

参考文献

- [1] Unity (<https://unity.com/ja>)
- [2] MRTK (<https://github.com/microsoft/MixedRealityToolkit-Unity>)
- [3] ROS: Home (<https://www.ros.org/>)
- [4] Unity-Robotics-Hub (<https://github.com/Unity-Technologies/Unity-Robotics-Hub>)
- [5] Microsoft HoloLens (<https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>)
- [6] Niryo One (<https://niryo.com/fr/product/niryo-one/>)