

人の姿勢予測に基づいた協働ロボットの動作計画

坂本 健太郎[†] 山内 悠嗣[†]

[†] 中部大学

1. はじめに

人と同じ空間で働くことができる協働ロボットが開発され、小型かつ軽量であることから様々な産業への導入が進んでいる。協働ロボットの安全方策としては、接触時の緊急停止や人の接近に伴い動作速度を低下させる等の対応策が採られているが、これらは生産性を低下させることに繋がる。

そこで、本研究では安全を確保しつつ作業の生産性を維持するために、人の姿勢予測に基づいた協働ロボットの動作計画を提案する。これにより人とロボットの接触を予測すると、ロボットの動作を変更するため、生産性の低下を抑制することが出来る。

2. 提案手法

人とロボットが協働で作業を行い、予測した人の姿勢に応じてロボットの動作を変更することで作業効率を低下させないシステムを提案する。図 1 に提案システムの流れを示す。提案システムは3つの処理から構成される。まず、カメラから観測した映像より人物の3次元姿勢を推定する。次に、3次元姿勢から人の姿勢予測を行う。最後に、姿勢予測の結果を考慮してロボットの動作計画を行う。



図1 提案システムの流れ。

人物の姿勢推定

映像から OpenPose[1]により人物の2次元姿勢を推定する。そして、推定した2次元の関節座標から3D-Pose-Baseline[2]により3次元の関節座標を推定する。

人物の姿勢予測

人物の姿勢予測には Predict&Cluster[3]を用いる。Predict&ClusterはEncoder-Decoder型のネットワークで構成されており、観測した50フレームの人物の各関節の3次元座標をEncoderに入力して潜在変数を得る。潜在変数をDecoderに入力することで次フレーム以降の人物の3次元姿勢を出力する。また、潜在変数をk-NN法によりクラスタリングし、動作の種類を出力する。

動作計画

ロボットの動作には、動作計画に関連した機能が実装されたMoveIt!を用いる。ロボットが行う作業に応じてMoveIt!により動作計画を行う。この際、予測した30フレーム目、約3秒後の人物を直方体などの簡易的な障害物群として設置する。これにより、障害物を回避した動作計画を行うことが可能となる。

3. 評価実験

提案手法の有用性を確認するために評価実験を行う。

作業内容

協働ロボットには、カワダロボティクス製の人型双腕ロボット Nextage Openを使用する。人がロボットの前に1つずつブロックを置き、4つのブロックをロボットが指定された場所に移動させる。ブロックは1辺が50[mm]の大きさの立方体となっており、ブロックの3次元位置・姿勢を推定できるようにARマーカが貼りつけられている。ロボットが頭部のカメラでARマーカを認識し、ブロックをIDと対応した箱の位置まで運ぶ。

実験内容

上記の作業を実施した時と衝突するような異常な動作を含めた作業を実施した時の作業時間を比較する。5人の被験者が上記の作業と異常な動作を含めた作業を10回ずつ行い、その平均時間を比較する。

実験結果

実験結果を表1に示す。

表1 平均作業時間。

通常	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D	被験者 E
67.7 秒	69.4 秒	70.2 秒	70.9 秒	69.4 秒	69.7 秒

異常な動作を含むことで平均作業時間が2.2秒増加した。この増加分が全体の作業時間において占める割合は2.8[%]ほどである。衝突を検知してロボットを停止させる場合には、安全を確認した後に作業を再開するため、より多くの時間を要する。そのため、本研究は衝突を未然に防ぎ、さらに生産性を低下させることなく作業を継続することが可能である。

5. まとめ

本稿では、人の姿勢予測に基づいた協働ロボットの動作計画を提案した。提案するシステムは、衝突の危険を未然に防ぎ、さらに生産性を低下させることなく作業を継続できた。今後は予測した動作を考慮することで危険予知の精度を向上させる予定である。

参考文献

- [1] Zhe Cao et al., "Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields", CVPR, 2017.
- [2] Julieta Martinez, et al., "A simple yet effective baseline for 3d human pose estimation", ICCV 2017.
- [3] Kun Su et al., "Predict & cluster: Unsupervised skeleton based action recognition", ICCV, 2020.