

平成 22 年度「総合研究機構プロジェクト研究」

研究成果報告書

プロジェクト名：作業者の動作の分節化に基づく人間共存型ロボットの安全性評価

プロジェクト代表者：琴坂信哉（理工学研究科・准教授）

1. 本研究のねらい、目的

近年、人間の生活環境下で、サービスを行う人間共存型ロボットの実用化への期待が高まっている[1]. しかし、実用化のためには、JIS に基づくリスクアセスメント[2]を実施する必要がある. これまでの産業用ロボット等では、事故の統計データの蓄積等を活用してリスクアセスメント実施されている[3]. しかし、これから導入が期待されている人間共存型ロボットには、そのような蓄積は存在しない. また、人間共存型ロボットは、用途が多岐にわたっていることから、従来機械と同様なリスクアセスメント手法では、個々の作業ごとの違いを評価に反映させることができないという問題点もある.

一般的にリスクの大きさは、危害のひどさと危害の発生確率の積で現される. 危害のひどさの見積りに関しては、これまで痛覚耐性に基づく手法[4]等が提案されているが、定量的な危害の発生確率の見積りに関する手法は存在しないのが現状である.

そこで、本研究では、人間共存型ロボットの衝突等の機械的危険源による危害の発生確率を見積もる手法を提案してきた[5]. 本手法では、高度に発達した人間共存型ロボットは人間型をしており、人間と同様の方法で作業を行うと想定し、ロボットに見立てた人間を作業環境に投入、そのロボット役の人間の動作履歴を用いて危害の発生確率の評価を行う[5].

しかしながら、この手法は、個々の作業における作業員やロボット（役の人間）の位置を用いて評価を行っているため、作業や環境が変わるごとに毎回計測を繰り返す必要がある. そこで、本報告の研究では、個々の作業を分節化してデータベースに蓄えておき、それを作業ごとに参照することによって、作業ごとに計測を行う必要性をなくすことを試みる.

2. 分節化された作業プリミティブ DB に基づく危害への暴露頻度評価システムの提案

本申請の研究で目指している危害への暴露頻度評価システムの構成を図 1 に示す.

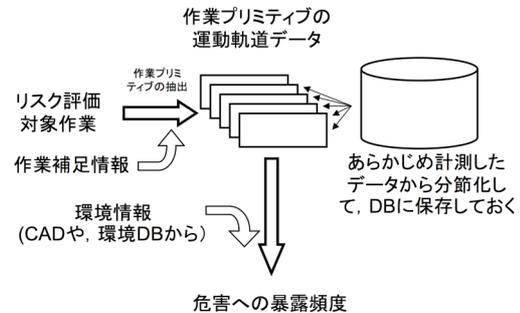


図 1 分節化された作業プリミティブ DB に基づく危害への暴露頻度評価システムの構想図

本システムでは、入力された対象作業の内容と補足情報（例：使用する工具）から、作業プリミティブを抽出し、あらかじめ計測を行っておいた各々の作業プリミティブの基本動作パターンと環境情報から、衝突、はさみ込みといった物理的危険源への暴露頻度を評価する. 環境情報は、CAD データや、Kinect 等の 3 次元計測装置等を用いて取得する.

3. 作業プリミティブ DB のための動作の分節化手法

これまで、数多くの人間動作の分節化の試みが行われてきた. 2 章で述べた作業プリミティブは、作業の側から見るとそれぞれの作業の共通項となる単位で切り出されていることが望ましい. また、暴露頻度評価の立場からすると位置情報を用いて頻度を評価するため、位置情報を基本としたプリミティブで構成されていることが望ましいことから、作業の特長量として、速度を境界として位置情報の分割点を抽出する手法[6]を採用した.

4. 人間動作の計測と、作業軌道の分節化実験

計測されたデータの分節化は、以下のような手順[6]で行った. まず、手先速度の極大値、極小値を求め分割点候補とする. そして、分割点候補の空間的距離に基づき過検出された分割点を削除し、最終的な分割点とする.

作業の分節化を行った例を以下に示す. 計測には、

PGR 社製の Flea3 を 2 台用いてステレオ計測を行った。サンプリングスピードは、60[Hz]である。ロボット役の人間の身体の特徴的な点に赤外線反射マーカーを取り付けて計測を行った(図2)。計測された画像データから 3 次元運動解析ソフト DITECT 社製 DippMotion Pro を用いて、被験者につけたマーカの 3 次元位置を算出し、その手先位置データの分節化を行った。図3に分節化の結果を示す。作業の特長(大きく向きが変わる点や、ゆるやかにカーブしているところは適当な間隔で)点を抽出することができた。

5. 周囲空間の分割による暴露頻度評価手法

個々の計測された軌道単位で衝突の可能性を判定しようとする非常に煩雑になるため、人間及びロボット(役の人間)の周囲の空間を分割し、その分割された空間単位の重なりで危害への暴露頻度を評価することにした。先程の分節化された手先軌道は、どの分割空間を貫いているかをあらかじめ分類、作業プリミティブ DB に入力しておくことにする。人

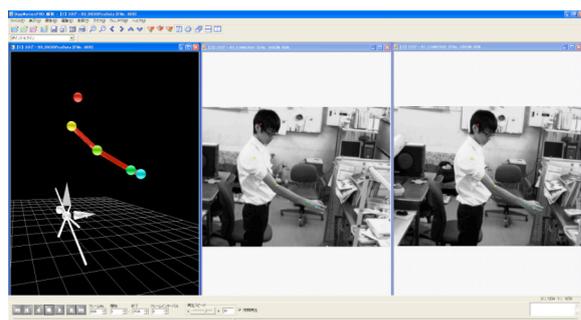


図2 運動の計測風景

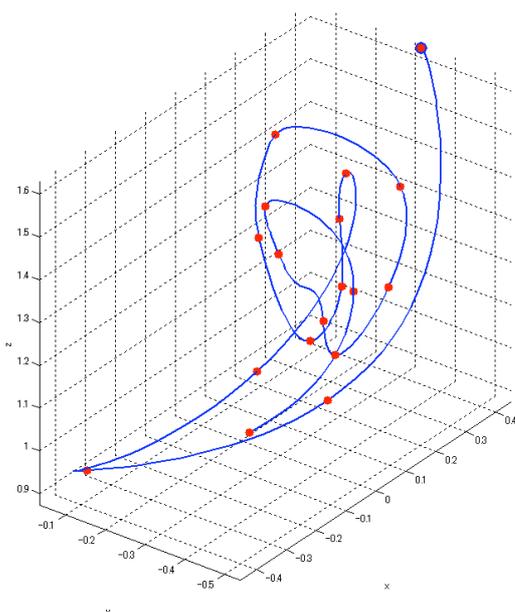


図3 分節化された手先作業軌道の3次元表示

間とロボットの分割空間の重なりがあったところが、すなわち危害の発生確率の高い所となる。接近具合に応じて発生確率が評価できるように、図4のように周囲空間を分割することにした。

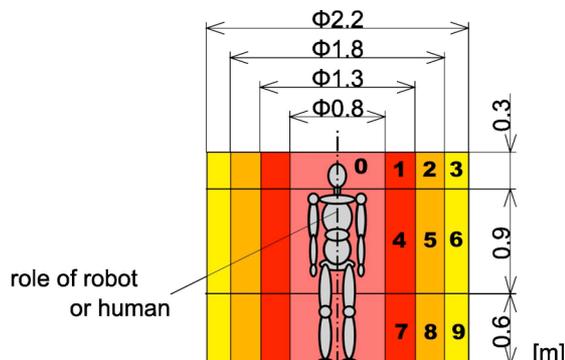


図4 周囲空間の分割方法

6. まとめと本研究の成果

本研究では、まず、ロボット役の人間の動作計測による危険源への暴露頻度評価手法の基本構想について2010年5月に発表を行った。図4の周囲空間の分割法に関しては、2011年5月末に開催される日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'11のロボット安全に関するセッションにて講演を行う予定である。これまで、人間共存型ロボットのリスクアセスメントがいくつか試みられてきているが、どれも危害への暴露頻度は、直感的な数値により評価されてきている。本研究は、それに定量的な根拠を与えることができる。引き続き、目標とする作業のプリミティブへの分解と分節化された作業プリミティブとのつきあわせ、環境情報を用いた暴露頻度評価を行う手法の開発を続けていく予定である。

参考文献

- [1] 技術戦略マップ2009, 経済産業省, 2009.
- [2] 日本規格協会, “JISB9702 機械類の安全性—リスクアセスメントの原則”, 2006.
- [3] 厚生労働省, 中央労働災害防止協会, “機械設備の安全化に係るリスクアセスメントデータ集I~III.
- [4] 山田, 杉本, 人間の痛覚耐性値の評価, 日本ロボット学会誌 vol.13 no.5 pp.639~642,1995.
- [5] 琴坂, 小柳, 人間の移動履歴に基づく人間共存ロボットのリスク見積り-機械的危険源の危害の暴露頻度評価, 日本機械学会ロボメカ講演会'10, 2010.
- [6] 大崎, 嶋田, 上原, 速度に基づく切り出しとクラスタリングによる基本動作の抽出, 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 5, pp., 878-886, 2000.