

人とロボットの協調作業に関する研究

稲葉 昭夫* 西村 太志*

Study on Man-machine Systems for Collaborative Manipulations

Akio Inaba* and Futoshi Nishimura*

あらまし 近年、汎用的に使用できるロボットには、省人・省力化だけでなく、作業支援に関しても大きな期待が寄せられている。本研究では、寸法等が未知のワークに関する搬送作業を対象に、ロボットが人との協調作業により作業支援を行うための制御およびコミュニケーション技術に関して検討する。本年度は、作業支援を行うための基本的な作業支援モデルについて検討し、作業ごとにコントローラの特性を切り替える新たな作業支援モデルを提案した。

キーワード 人間機械協調, 作業支援, インタフェース

1. はじめに

企業の生産現場において、省力化が遅れている工程に組立工程があり、製品製造にかかる人件費の中でこの工程に関係する部分が大きな割合を占め、コストダウンを行う上でのネックになっている。特に、オーダーメイドによる生産や試作を行う製品に関しては、手作業で行われている場合がほとんどである。このような作業において自動化が進展していない大きな理由には、作業内容が複雑であるため、これに対応する自動機を作ることが非常に困難であることがあげられる。一方、少子化・高齢化社会の到来による労働人口の減少により、企業現場において各種の作業を行う労働者不足が深刻になることが予想されている。また、一般社会においては、高齢者の作業を支援する種々の機器に対する要望が高まりつつある。このようなことから、汎用的に使用できるロボットには、省人・省力化だけでなく、作業支援に関しても大きな期待が寄せられている。このため、近年、ロボティクスの研究において、作業支援についても積極的に取り組まれるようになった。しかし、これまでの取組[1][2]においては、ある1つの基本タスク(例えば持ち上げ動作)のみを対象としたり、ワークの移動方向に大きな制約を設定するなど基礎的な議論にとどまっている。

このような状況を踏まえ、本研究では、寸法等が未知のワークに関する搬送作業を対象に、ロボットが人との協調作業により作業支援を行うための制御およびコミュニケーション技術に関して検討する。本年度の研究においては、作業支援を行うための基本的な作業支援モデル

ルについて検討し、作業ごとにコントローラの特性を切り替える新たな作業支援モデルを提案する。

2. 協調作業の形態

本研究で対象とする協調作業を次のように仮定する。

- 1) 人とロボットがそれぞれワークの両端を把持して搬送する(図1)。
- 2) 協調作業を行うロボットには、手先に力覚センサを搭載する。
- 3) 搬送するワークは、剛体である。
- 4) 搬送するワークの基本形状は柱状部品とし、詳細な寸法等は未知とする。

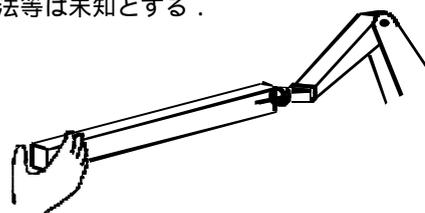


図1 協調作業の形態

Fig.1 A collaborative manipulation

3. 作業支援モデル

本研究では、搬送作業を次式に示すようなインピーダンス制御[3]に基づいてアシストする。

$$F = M\ddot{x} + D\dot{x} \quad (1)$$

但し、

F : ロボットの手先に作用する力ベクトル

x : ロボットの手先の位置ベクトル

M : 目標慣性係数マトリックス

D : 目標粘性係数マトリックス

* 応用担当, 関市

Application Division, Seki -shi

である。

このとき、ロボットの手先に搭載した力覚センサには、ワークを単に平行移動しようとした場合においても、モーメントが作用する。このため、インピーダンス制御による作業支援を行う場合、このモーメントをキャンセルする必要がある。搬送するワークの形状と人のワークの把持位置が既知であればこれを計算により補正することは可能である。しかし、本研究では、これらを未知としているため単純にキャンセルすることは困難である。このため、本研究では、平行移動と回転移動を同時には行わないと仮定し、これらを別々に制御することとする。

一方、人間同士が協調作業を行う場合、お互いの意志を言葉やワークからの反力により確認しながら行っている。また、人とロボットが協調してワークを搬送する場合、その移動方向の目標粘性係数を小さくし、それ以外の方向の目標粘性係数を大きくすると、搬送しているワークが移動方向以外へは移動しにくくなり、作業も行いやすくなると考えられる。このため、本研究では、図2に示すような作業ごとにコントローラの特性を切り替える作業支援モデルを提案する。提案するモデルにおいて、人の作業意志とロボットの作業状態をオブザーバが観測する。その結果をスーパーバイザが受け取り、協調作業を行うためのコントローラを選択する。人の作業意志の把握にはいろいろな手法が考えられる。本研究では、あらかじめ登録した単語を用いた音声によるインターフェースを使用することとする。このインターフェースの具体的な設計法に関しては今後の研究において検討する。このようなインターフェースを選択した理由は、協調作業を行う人の操作とは独立してコミュニケーションを行うことが可能である（作業指示用のペンダントやジェスチャ等によるインターフェースは作業に対する制約が生じる）ことと、近年の音声認識技術の発達により認識率が向上しかつパソコン等で容易に使用できるソフトウェアが販売されていることである。

4. 基礎実験

本研究で提案したモデルに基づいて、円筒部品の協調搬送（図1）に関して平行移動と回転移動を行った基礎実験の結果を図3に示す。実験に用いたロボットは、川崎重工業（株）のJS-10であり、各モード（平行移動、回転移動）の切り替えはキーボードから行った。実験結果において、人が加えた力に応じて協調作業が実行されたことが確認できる。

5. まとめ

本研究では、寸法等が未知のワークに関する搬送作業を対象に、人とロボットの協調作業により作業支援を行うための基本的な作業支援モデルを提案した。今後は、オブザーバの設計や各作業に対する適切なインピーダンス特性の設定法などについて検討する。

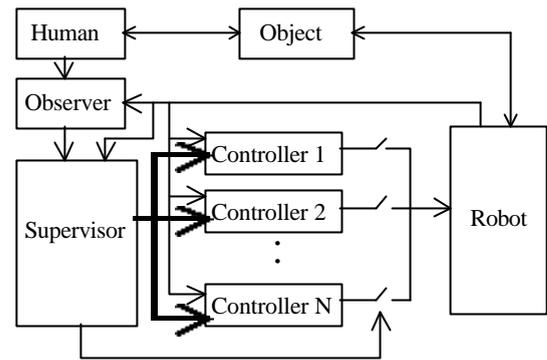


図2 提案モデル

Fig.2 Proposed model

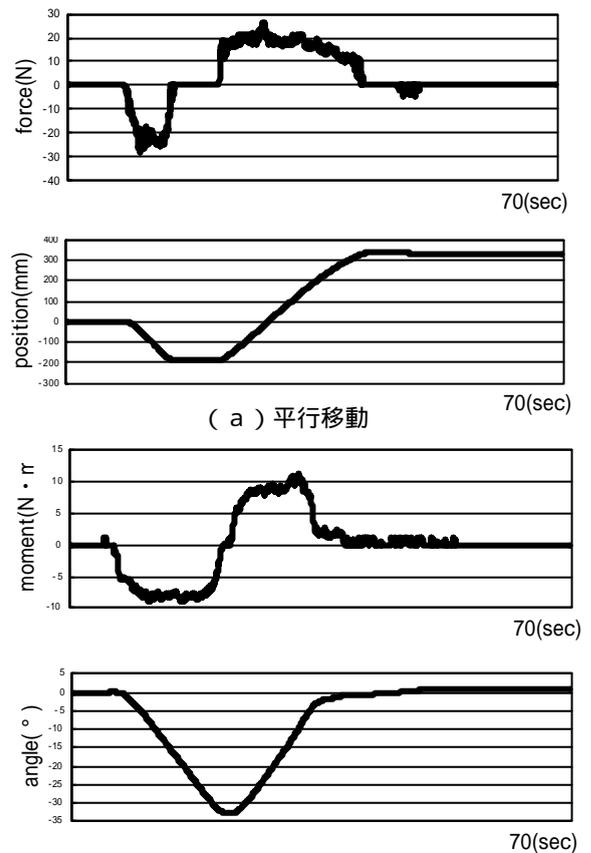


図3 実験結果

Fig.3 Results of experiments

文献

- [1] 園田幸伸, 林原靖男, 荒井裕彦, 谷江和雄, “協調行動モデルに基づく人間とロボットの協調運搬”, ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集, IP2-75-107, 1999
- [2] 小菅一弘, 風村典秀, 佐藤学, 荒尾真樹, 恵木守, 河野淳一, 島村純児, “人間協調型ロボットを用いた物体の持ち上げ動作”, ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集, IP2-75-105, 1999
- [3] 小菅一弘, “力制御法の分類と制御システムの構築法”, 日本ロボット学会誌, Vol.9, No.6, pp.751-758, 1991