

AWB 研究グループ 新井・太田研究室

新井 民夫 太田 順 杉 正夫

工学系研究科精密機械工学専攻

概要

AWB(Attentive WorkBench)による作業支援シナリオを四種類構成することで、AWB に必要な機能について考察する。その際に最も重要となる人間と複数エージェントの相互作用の仕方、インタフェースの仕方について考察し、コマンド体系の記述の仕方、人間の作業実現を支援する情報提示方法について述べる。

1 はじめに - AWB による作業支援 -

この研究は、製造業で培われた技術、特に組立工程で構築された技術を、サービス業やオフィス作業へ移転して、高効率・高信頼性でなおかつ心理的圧迫のない作業方法と作業環境を設計することを目的としている。

製造業は1960年代～1990年代の30年間、営々として、作業の効率化と信頼性向上に努めてきた。現在、サービス業やオフィスワークの従業者数がふえて、このセクタにおける効率向上が求められている。現状では、情報処理が低能率のまま放置されている場合が多く、よって、IT 応用が焦眉であるが、その根本となる物のハンドリング、在庫管理、作業の失敗防止などが今後重要性を増すことは明らかである。

しかしながら、製造業は専用工場あるいは専用ラインを構築することで多様な作業の実現を図ってきたのであり、オフィスワークのような極めて多様な作業に適用することはできない。また、流れ作業で代表される単調労働がもつ心理的圧迫などは避けなければならない。また工場環境においても労働力の老齢化は避けられない事態であり、身体能力が平均に至っていない人材を自動的に手助けする支援システムの存在は不可欠である。

以上のことから、本研究では、家庭内あるいはオフィス作業、工場内組立作業を高品質、高能率に実施でき、かつ身体的負担を調整可能な「手助けシステム」である作業配慮型支援システムを

構築する。このシステムは実世界で実作業を扱い、かつ、実際の作業者を直接支援するシステムである。

当研究室はこの AWB(Attentive WorkBehch)グループにおいて、人間の作業を支援する群制御システムの構築を担当している。ここでは以下の2点について報告をする。

1. 先に、AWB は家庭内作業、オフィス作業等において用いられると述べた。具体的な日常作業を考えた際に AWB の利用シナリオを考えることは AWB の機構設計、制御系設計を考える上で大変重要である。ここでは、そのシナリオについて考察したい。
2. 群制御の観点から AWB を眺めたとき、一人の人間が多くの自律エージェント(トレイ、カメラ、マニピュレータ等々)と相互作用しつつ、システム全体として効率の良い柔軟な作業実現をすることが考えられる。従来型のマンマシンインタフェース研究の多くが一人の人間と一つのエージェントという1:1の対応問題を扱ってきたのに対し、本研究では、人間一人が多数種類のエージェントと相互作用するモデル、すなわち1:Nの対応を扱う。このようなシステムにおける相互作用のあり方について考察をしたい。

上記二点についての考察を第2章、第3章でそれぞれ述べる。

2 . AWB 利用のシナリオ

AWB としてある共通の設定を準備し、その中で以下に示す相異なる4種類の作業実現を目指す。それによって、AWB が種々の作業に対して高い汎用性を有するための機能構成について考察する。それぞれのシナリオに対して、作業の概要、作業の特徴、AWB の動作設計原理、AWB へのプログラミング過程の四つの項目について考察を加えることでシナリオの多様性を評価する。

(1)朝のシナリオ (生活支援)

- (2)午前のシナリオ（組立て作業支援）
- (3)午後のシナリオ（オフィス作業支援）
- (4)夜のシナリオ（エンターテインメント支援）

(1)朝のシナリオ（生活支援）

[作業の概要]周囲にある複数種類の家電を用いて朝食の調理をして、朝食を配膳する。

[作業の特徴]決まったシーケンスのみではなく、その時の気分に応じて必要なものを指示できるシステム構築をする。概略が決まった状況(朝食)のなかで、適宜、変化を与えるシナリオを考える。さらにできれば日々のデータから健康管理(朝食の内容の管理)やスケジュール管理を行う。これには、Data Mining 的手法の適用が期待できる。

[動作設計原理]人間にとって快適な動作を取ることを目指す。

[プログラミング過程]使用者(素人)が自分のためにプログラムを自分でつくる。

(2)午前のシナリオ（組立て作業支援）

[作業の概要]電子機械産業で行われる組み立て作業を手助けするシステムを構築する。

[作業の特徴]人間作業は人間が中心であり、このシステムは手助けをするだけである。

[動作設計原理]フルプルーフ、ロバストな支援行動をとる。効率の良い行動をとる。

[プログラミング]作業指示が外部においてCADなどを用いて、作成される。

(3)午後のシナリオ（オフィス作業支援）

[作業の概要]事務作業の効率化に適する方法論を提供する。

[作業の特徴]物理的なハンドリング作業と情報処理作業との統合とを実現する。

[動作設計原理]情報処理を手助けするハンドリングを目指す。物理世界の情報記録、ならびにその逆過程を実現する。

[プログラミング]情報処理については、十分な作業指示が埋め込み的になされているが、それと物理世界のハンドリングとができていない状況が前提となっているため、そのつなぎあわせを行うためのプログラミングが必要。

(4)夜のシナリオ（Entertainment 支援）

[作業の概要]趣味の世界を迅速に作り出すなどの非常に個別的な世界の構築

[作業の特徴]楽しい作業を進める方法

[動作設計原理]満足度を増すような動作。

[プログラミング]情報処理については、十分な作業指示が埋め込み的になされているが、それと物理世界のハンドリングとはできていない。更に

は利用者の個性に添った形での振る舞いが望まれる。

これらの4シナリオに共通している技術は、
・人間の意図を解釈する技術である。
・作業の中で具体的な物のハンドリングを必要とする

・フルプルーフなど産業界で使用された人とシステムとの協調方法の適用が考えられる。

・多様なソフトウェアを状況に応じて組みなおす必要がある。

これらのシナリオを共通の枠組みで達成可能なAWBシステムの構築を目指す。上記シナリオを実現するために必要と考えられるシステムは以下の通りである。

- ・メカニズム
モーショントレイ
マニピュレータ
- ・センサ
バイタルセンサ
ビジョンセンサ
- ・システム
自律分散制御系
作業指示系

3. 人間と複数エージェントのインタラクション

2章ではAWB利用シナリオを考えることで、システム構成について議論した。その一番最後に記述した作業指示系は人間からエージェントへの意図伝達、人間の無意識の意図認識等いくつかの要素技術を必要としており、非常に重要である。

前述したように人間と複数エージェントのインタラクション、複数エージェントを管理する人間のためのインタフェース等については多くの研究がなされているわけではない。本報告では、AWBで必要とされるインタフェースシステムについて考察するために、人間が操作する群ロボットシステム系を構築した。そのインタフェース機能について考察する。

まず、ロボット群操作システムのプロトタイプ設計を行った。ロボット群の「操作」に焦点をあて、実環境に適用可能なロボット群操作システムの要件として以下を挙げた。

- (A) 複数ロボットを対象とした操作システムに関しては研究例が少ない。また、操作指令の設計及びロボットに付与する自律機能が天下一の的である。操作者対ロボット群という一

対多問題のもとで操作者からの指令及びロボット群の自律機能の設計が必要である。

- (B) 操作性を向上させるためにはロボットが作業している環境の情報提示が不可欠である。また、意思伝達を容易とするインタフェースが必要である。

当該問題に対する考えられ得る具体的解決策について以下に示す。

(A)の操作指令に関して、ロボット言語における分類を参考とし、搬送作業を「移動」「対象物把持」「環境認識」といった局面に分割し、それぞれの局面に対して移動ロボット群の指令・自律機能の分類を行った。その結果、以下の結果が得られた。

- 指令対象、指令内容に基づき分類を行うことにより、各レベルにおいて必要とされる指令について明確化できた。
- さらに、各レベル間の機能の差を補完するよう機能を導入することで、必要となる自律機能が判明した。
- 最も単純かつ直感的な操作が可能であると思われる単体ロボットからボトム・アップ的に議論を進行させた結果、系統だった分類が可能となった。

次に指令分類に基づき、実際の操作指令の設計を行った。実際にプロトタイプシステムを構築し、挿入作業実験を行った。実験の結果、操作者がロボット群を操作する際に複数ロボットを群として扱い、群に対して指令を与えること、また、操作者からの指令とロボットの自律機能の妥当性が確認できた。反面、複数ロボットを群として扱うため、特にロボット群を直接操作する場合には移動により占有する領域が大きくなり、狭隘空間における細かい操作性の欠如が見受けられた。

(B)の情報提示に関して、作業指向大局的情報を操作者に提示するために仮想環境を構築し、操作を容易とするために GUI を設計・実装した。仮想環境は視点を自由に変更可能であり、また操作者が操作に必要な情報を把握する上で有効な手段である。また、GUI は文字ベースのインタフェースに比較して理解が容易であり、習得が短期間で済むという利点がある。それぞれ汎用性、ユーザとの親和性を考慮し、Windows アプリケーションとして実装した。

提案した手法を統合し、一つのシステムとして稼動することを確認し、有効性を評価するため、未知環境において搬送作業を行った。Fig.1 に実現した作業設定を、Fig.2 に指令とロボットの関

係を示す。ここでは、3台の小型移動ロボットにより、大型物体を搬送する作業を対象としている。前方のロボット2台が搬送作業を遂行する作業ロボットであり、後方のロボット1台が作業監督を行い、位置・姿勢計測を行う監督ロボットである。Fig.3 に作業遂行過程を示す。実験結果により、以下の点が確認できた。

- 指令レベル分類に関して、微調整のような即応性、精度を要求される作業は逐次指令的な直接操作、把持位置への移動、対象物持ち上げ後の搬送のような自動化が可能な部分は目標位置を与える間接操作といった指令レベルの使い分けが有効であることがわかった。
- 操作者に対して、作業指向大局的情報は仮想環境にて、局所的情報はロボット搭載カメラ画像にて情報提示を行った。操作者は通常、作業環境周囲の必要情報が提示された仮想環境を監督しつつ作業を行い、対象物把持の際など局所的情報が必要な場合はカメラ画像を見る。このように情報の詳細度により提示手法を変化させることで操作者の情報把握が容易となることを確認できた。

システム全体として作業遂行能力があることを確認できた。

結論として、ロボット群の「操作」を念頭においたシステムを構築したことを述べた。構築したシステムはプロトタイプであり、ロボットの踏破性能の向上・通信の安定性の確保、マニピュレータ機構の改良等、実際の使用に供するためには問題点も残っているが、上記の2点が重要であることは実用面においても同様である。

4. まとめ

本報告では、AWB の群制御のためのシナリオの構築並びに人間と群ロボットとのインタラクションについての考察を行った。

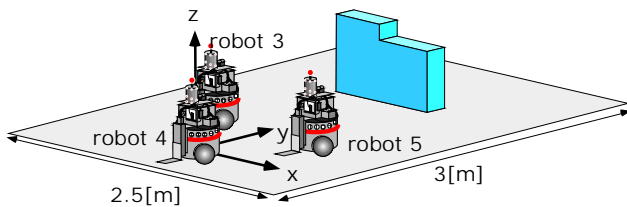


Fig. 1 実験環境

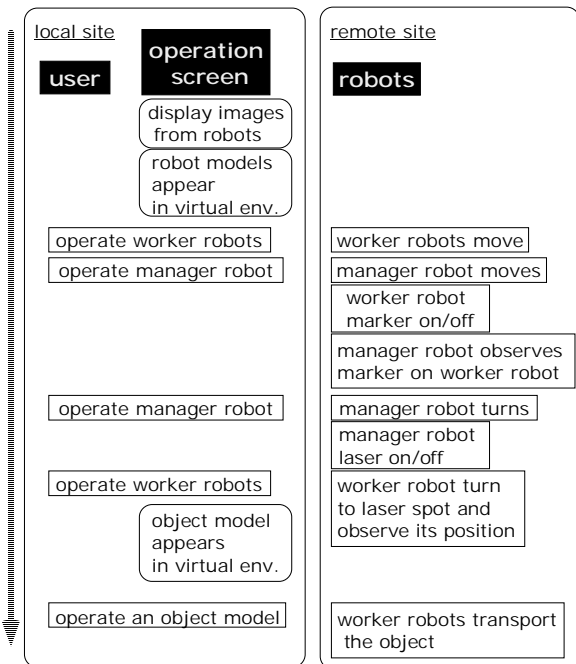
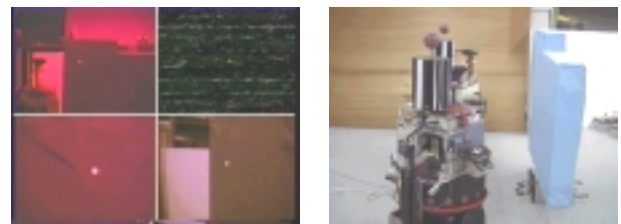


Fig. 2 作業指令とロボットの動作の関係



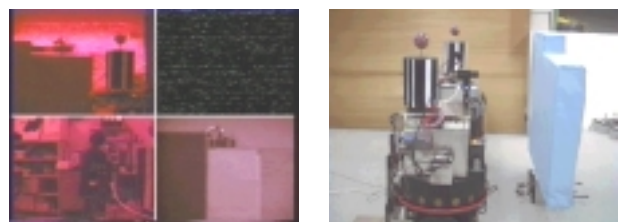
(a) 監督ロボット4, 作業ロボットマーカ点灯時 画像取り込み



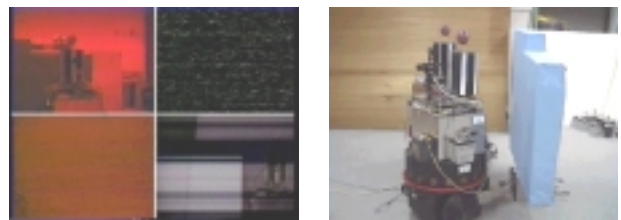
(b) 監督ロボットレーザー照射(物体左端), 作業ロボット回転後画像取り込み



(c) レーザー照射位置認識結果に基づく物体モデル導出



(d) 物体把持位置への移動開始



(e) 仮想環境上で指示した位置へ移動終了

Fig.3 作業実現過程