

AWB 研究グループ 木村・鈴木研究室、佐藤研究室

木村文彦、鈴木宏正

工学系研究科精密機械工学専攻

佐藤洋一

生産技術研究所

概要

本研究では、作業者配慮型支援環境「AttentiveWorkbench(AWB)」を構築することを目的として、その課題抽出と実現性検討を、プロトタイピングによって行うとするものである。そのため、実世界指向ワークベンチとして、従来の拡張机型インタフェースに対してアクチュエータを導入し、アクチュエータによる作業者支援を試みる。拡張机型インタフェースとしては、佐藤の開発した EnhancedDesk を用い、そこにアクチュエータシステムを導入した。アクチュエータは独立2輪走行が可能な小型移動ロボットを用い、作業者に対して「ものを運ぶ」といった支援を行う。さらに、EnhancedDesk の主要な機能であるジェスチャー認識機能を利用し、作業者のジェスチャーに対して、アクチュエータが動作するシステムを試作した。そのプロトタイプによって、その概念の明確化や今後の研究課題の抽出を行った。

1 はじめに

近年、製造の現場において市場の変化に柔軟に対応できるよう、従来のライン生産方式から、作業者が多数の工程を抱えて一つの製品を作り上げるような「セル生産形式」へのシフトが進んでいる。そのような作業者に対して、何か手を差し伸べるような作業デスク環境を開発したいというのが本研究の基本的なアイデアである。そこで、作業デスクに関連する研究として、実物体とそれに関連する電子情報を統合的に扱うことが出来る拡張机型インタフェースに注目した。拡張机型インタフェースでは、従来のマウスやキーボードから脱却し、ユーザーの指先や実物体による

電子情報とのインタラクションの研究が進んでいる。

拡張机型インタフェースは、もともと実物体として紙媒体と電子情報との統合を目的とした研究であり、電子情報とのインタラクションに関する研究は盛んな一方、物理的な支援を必要とする作業者の支援環境としては、研究がまだなされていなかった。そこで本研究では、従来の拡張机型インタフェースに対して、「動力」による作業者の支援を行うアクチュエータの導入により、実世界レベルで作業者を支援できる作業者配慮型支援環境の構築を狙いとした。

本研究では、プロトタイプとして、机上におけるアクチュエータの制御システムを開発し、さらに、ジェスチャーによるアクチュエータとのインタラクションが行えることを示した。その際、ユーザーの指先認識や実物体認識機能を持った拡張机型インタフェースである EnhancedDesk の環境を使用し、アクチュエータとしては独立2輪走行を行う移動ロボットを用いた。移動ロボットは、ユーザーに対して物体を運ぶという支援を行う。

最初に、一般的なジェスチャーに関して分類を行い、EnhancedDesk の指先追跡システムをもとに、本システムで必要なジェスチャー認識を行えるようにする。大別して意思伝達のジェスチャーと操作的ジェスチャーという2種類の異なった機能を持つジェスチャーの認識が可能である。そして、アクチュエータ操作のためのコマンドに対してそれらのジェスチャーをマッピングすることで、ジェスチャーからコマンドを呼び出せるようにした。

一方、アクチュエータは基本動作として並進運

動と(並進を伴わない)回転運動をさせ、さらに、指定した目標位置まで障害物を回避しながら移動できる機能を持たせた。障害物の認識は、机上のカラーカメラ画像からの色抽出によって行う。また、アクチュエータ上部に電球を取り付け、机上に設置した赤外線カメラから随時現在位置を確認することで、アクチュエータが経路を走行しながら逐次経路誤差を修正できるようにしている。

本研究では、基本的な移動ロボット操作である、目標位置を指定して移動させる「間接操作」と、回転と並進を直接指定する「直接操作」をジェスチャーから行えるようにしている。

以上により、ジェスチャーを行うことによってコマンドを実行し、アクチュエータが動作することで、ジェスチャーとアクチュエータのインタラクションが可能になった。以下、より具体的に説明する。

2 実世界指向インタフェースと AWB の特徴

本研究で開発する AWB は、これまでの実世界指向ワークベンチシステムに対して新たにアクチュエータとして「動力」を導入しようとするもので、これが本研究において最も特徴的な点である。ワークベンチ上で動力を活用することにより、ユーザに対して実物体レベルで attentive (気が利く)な、作業者配慮型支援環境を構築することが出来る。元来ワークベンチシステムでは、実物体としては静的な物体しか用いられてこなかった。それらは主にユーザのシステムの操作性向上に主眼を置いた、インタフェースとしての役割を果たすものであった。AWB では、動力を持つ物体、すなわちアクチュエータを備えたロボット系を導入することで、ユーザの作業を実世界レベルにおいても支援したいと考えた。

ユーザとアクチュエータとのインタラクションでは、アクチュエータ操作に不慣れなユーザでも容易に操作が行える必要があり、キーボードやマウスのみでの入力方法ではない、マルチモーダルなインタラクション方法が必要とされる。本研究では、ジェスチャーを介したインタラクションにより、直感的なアクチュエータの操作を可能にする。

3 AWB プロトタイプの構成

本研究において目標とする AWB の機能要件を、以下のように設定した。

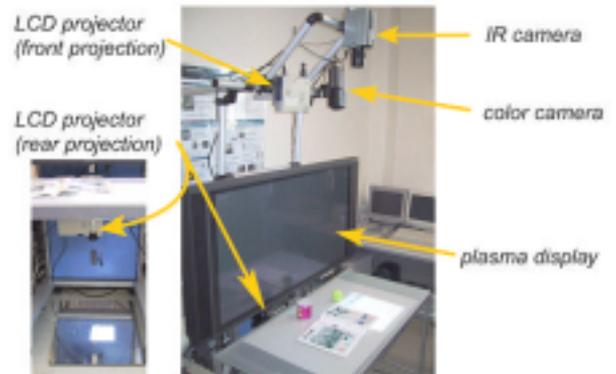


図 1 EnhanceDesk の構成



図 2 小型移動ロボット Khepera

1. アクチュエータとして移動ロボットを使用し、机上での障害物回避機能を備えている。

2. ジェスチャーによる移動ロボットの操作が可能である。

1. に関して、今回はまず「物体を運ぶ」という基本的な役割を担うアクチュエータとして、移動ロボットを使用することにした。移動ロボットの機能としては、机上の障害物を認識し、目標地点までの経路を探索し、目標まで速やかに移動出来る必要がある。

2. に関しては、まず机上でなされたジェスチャーを認識出来る必要がある。さらに、そのジェスチャーをロボットへの指令として解釈、判断し、移動ロボットの移動が実行がなされる必要がある。また、どのようなジェスチャーや指令内容がふさわしいかに関しても、考案する必要がある。

このような機能要件を達成するため、EnhancedDesk のアプリケーションシステムとして、開発を行った。EnhancedDesk システムは図 1 のような構成になっている。まず、システムは、投影された仮想物体と実物体の両方を、ユーザー

が統合的に操作できる環境を提供しているシステムである。ユーザの手を認識してその位置情報を得たり、机上の実物体を認識してその情報を取得し、さらにプロジェクタによる机上への画像投影が行える。またユーザの手の動きを読み取って、ジェスチャーの判断も行える。

次に、アクチュエータ制御部分であるが、これは、EnhancedDesk で獲得した情報をもとに、アクチュエータの動作計画・制御を行うものである。EnhancedDesk の物体認識システムで机上の障害物情報が得られ、それをもとに経路の探索を行い、ユーザの手とインタラクションを行いながら動作の制御を行っていく。実際には図2に示すような Khepera というロボットを用いた。

図3に EnhancedDesk と、アクチュエータ部の関係を示す。また、図4に、システムの動作のダイアグラムを示す。

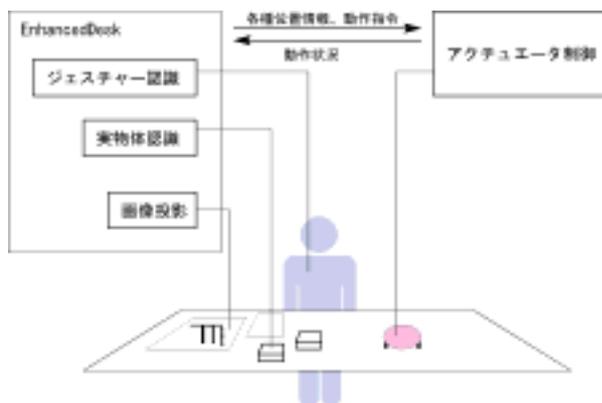


図3 システム構造

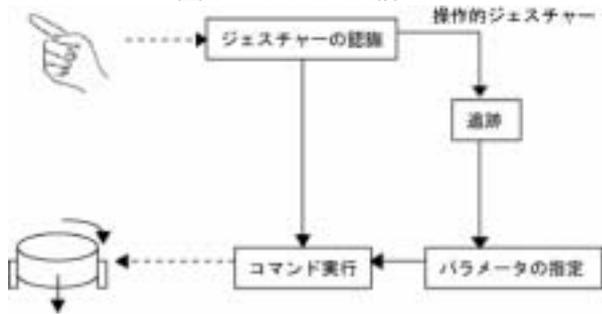


図4 システムの動作ダイアグラム

4 試作実験

プロトタイプにおいて実装した内の、A、B の二つのコマンドについて説明する。まず、A に関連するものについて説明する。目標位置の指定はシンボリックジェスチャーによって行う。図5は、デスクを上部から見た図である。上部にある十字マークのついた「PORT」は、机領域外から来た

移動ロボットが来る場合を想定して、始めに到着する場所として作業領域外に設定したものである。PORT は、つまみジェスチャーにより移動することが出来るが、業領域内に侵入できないよう、左右にのみ移動することが出来るようにしている。作業中に移動ロボットが必要なくなった場合、最終的にここに退避させる。

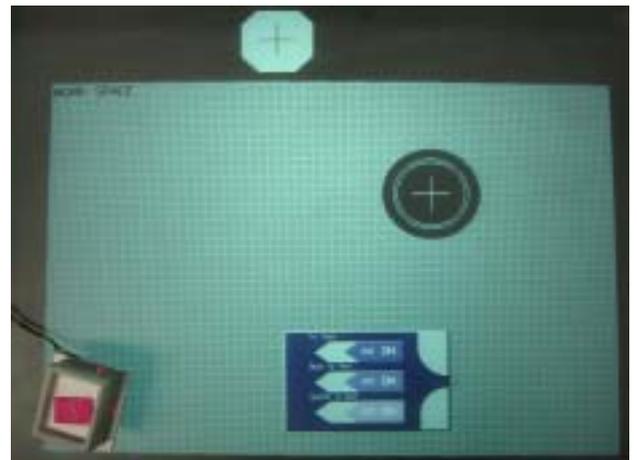


図5 作業机全景

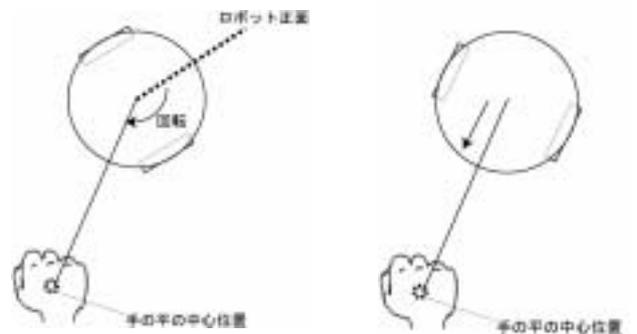


図6 ジェスチャー



図7 実験の様子

続いて、図5右側にある円状の「DOCK」であるが、これは作業領域内で、移動ロボットのデフォルト基地として設けた。これもつまみジェスチャーにより自由に移動可能である。

以上の2つの widget は、目標位置の指定をショートカットできるように設定した。目標位置指定の自由度は狭まるが、ロボットのすばやい退避を行いたい場合に有効である。

最後に真中下のコマンドコンテナであるが、これはコマンドの実行インタフェースである。上記の3つの目標別に、スライダーが設けてある。

次に、Bに関連するものについて説明する。まず、その場回転運動(spin)についてであるが、先程も述べたように、操作的ジェスチャーとして、手を握るジェスチャーを用いた(図6)。手を握ったまま、停止中の移動ロボットに対してある一定距離まで近づけると、その手の中心点を目標角としてコマンドが実行され、ロボットが回転する。回転角度に関しては、移動ロボットの周り360度を16分割し、手がそのセル内にあるときは、そちらを向いたままにするようにしている。これにより、作業者が手を止めているつもりでも、わずかに手がぶれていたり、手の位置の測定誤差によって移動ロボットがぶれるのを防いでいる。

続いて、並進運動(go)であるが、これについては先の回転運動と同様のジェスチャーを用いた。ユーザーは移動ロボットをジェスチャーで並進させたいとき、まず並進させたい方向に向けることになる。従って、その場回転運動と連続的に操作が行えるように同じジェスチャーを用いている。並進コマンドの実行は、手の位置が移動ロボットの進行方向に存在していたらなされる。手を移動ロボットからある一定距離以上遠ざけてしまおうか、または逆にある一定距離内に近づける、もしくは手を握るジェスチャーをやめる(例えば指を1本出す)ことで、停止コマンドが実行され、ロボットが停止する。

図7は、実験の様子である。実験では、手の動きについてロボットが移動する例と、また、目標位置を示して、そこまで障害物回避を行って自動的に進む例を行った。

5 まとめ

本研究では、作業者配慮型支援環境の構築を狙いとして、従来の拡張机型インタフェースに対してアクチュエータという新たなパラダイムを持ち込み、実世界レベルでのユーザー支援の実現を

目的とした。その実現へ向けての第1段階として、拡張机型インタフェース EnhancedDesk 上で、移動ロボットを、ジェスチャーにより操作するために、まず、ジェスチャーの分類を行い、それをもとにそれらのジェスチャー認識を可能にした。さらに、移動ロボット操作のためのコマンドを把握し、コマンドに対して必要と思われるジェスチャーのマッピングを行った。また、一部にジェスチャーとGUIのインタラクションも用いることで、利用者の利便性向上も図った。

一方、EnhancedDeskのハードウェアを用いて机上の障害物、さらにはロボットの位置を認識した。そして、ここでは示さなかったが、ロボット経路計画のために必要な実空間の構造化を行い、それに基づいて経路計画を立て、経路を走査するための機構を構築することが出来た。

これらによって、ジェスチャーによってコマンドの実行が行われ、ロボットが動作するという一連のシステムの構築を行うことが出来た。

これらのプロトタイピングによって、以下のような知見を得ることができた。まず、体系的な観点からは、

1. ロボットに対する指令のレベル(作業レベルか、動作レベルか)
2. 移動ロボットの搬送機能
3. 複数ロボットによる支援
4. 障害物の認識方法

さらに、本質的なものとして、ジェスチャーによる移動ロボットとのインタラクションに関しては、多くの課題が残った。例えば、作業指示のような場合には、むしろ widget の利用が直接的であるようなことが分かった。

本研究の結果については、現在も評価作業を続けており、それによって、次年度以降のシステムの設計や、さらには、AWBの有効利用法の検討に結び付けていく。基礎的なプロトタイピングではあったが、以上のような知見を得る上では有効な試みであった。

なお、Khepera は、精密機械工学専攻の新井研究室の所有するものをお借りした。ここに謝意を表す。

(文責 鈴木宏正)