

実世界情報システムプロジェクト ～木村・鈴木研究室、佐藤研究室 研究グループ～

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、実世界指向アプローチによるワークベンチとして、従来の拡張机型インタフェースを応用した作業者支援環境の構築を試みる。拡張机型インタフェースとしては、佐藤の開発したEnhancedDeskを用いている。今年度は、遠隔地にいる作業者同士が作業をする環境を2台のEnhancedDeskを接続することによって開発した。これはAWBにおける作業者支援の一つの可能性を提案するものとして位置付けられるものである。プロトタイプを開発することによって、その概念の明確化や今後の研究課題の抽出を行った。

なお、本研究には、上記メンバーの他、下記メンバーが参加しており、主として佐藤研究室において実施された。

東京大学工学部システム創成学科 村上美和
東京大学生産技術研究所 鬼頭哲郎, 岡兼司
電気通信大学 小池英樹, 中西泰人
東京大学 杉正夫

1 はじめに

AWBで志向する作業環境を考える上で、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、また作業者の動きを認識できる拡張机型インタフェースは重要な役割を果たす。そもそも人間とコンピュータとのインタフェースの研究は、文字入出力による操作を行うCharacter User Interface(CUI)から、ビットマップディスプレイ

やマウスなどの入出力デバイスを用いてウィンドウ上に表示されるメニューやアイコンを操作するGraphical User Interface(GUI)へと発展してきた。CUIではユーザが入力するコマンドを覚えなければならないため習熟に時間を要するのに対し、GUIではウィンドウ上のメニューやアイコンを用いた操作が実現されており、ユーザにとって直感的で分かりやすいという特長がある。一方で、GUIでは人間対人間のインタラクションで重要な役割を果たしている非言語的な情報(ジェスチャ、表情など)が考慮されていないという限界が存在した。このようなことから、より自然で使いやすいインタフェースを実現するための枠組みとして知覚型インタフェースPerceptual User Interface(PUI)が注目を集めるようになってきている。従来のインタフェースと比べて、このPUIでは音声処理や画像処理を用いて非言語的な情報も積極的に活用しようとする点が大きな特長となっている。

これまでに佐藤らは、PUIの枠組みを用いたインタフェースシステムとして拡張机型インタフェースシステムEnhancedDeskを提案している。このシステムは、机上における書類などの実在メディアとマルチメディアコンテンツなどの電子メディアを統合的に利用するための環境を提供することを目的として設計されており、カラーカメラや赤外線カメラなどの各種センサからの入力画像を処理することにより、ユーザの手指動作の実時間計測や実物体の認識などの機能が実現されている。さらに、計測された手指動作をもと

に異なるジェスチャを識別することも可能となっている。図1に EnhancedDesk の概観を示す。

2. 本年度の研究

昨年度は、EnhancedDesk を用いて AWB のプロトタイプの実装した。ここでは、ジェスチャやメニューを用いた操作により、拡張現実環境内において自走式トレイによる部品の搬送などを実現した。

本研究ではさらに EnhancedDesk を強化することによって実現できる様々な作業支援のシナリオを考察した。その考察を通じて、ユーザの対面性、作業空間の共有を伴う、複数人のユーザによる協調作業を支援する環境の構築を目的とし、そのシステム設計と技術課題抽出、そしてその実装を行った。

EnhancedDesk の延長上に考えられる AWB として、遠隔地通信を利用した複数人のユーザによる協調作業の支援が考えられる。先行研究でも遠隔地通信を取り入れているものは存在するが、その多くは遠隔地のユーザに対する情報提示にとどまっておき、遠く離れた相手と作業空間を共有し、相手の空間を実際に操作できるアプリケーションの実装が望まれている。

そこで、本研究では従来の EnhancedDesk の機能を拡張し、複数台の EnhancedDesk 間のやりとりを可能にすることで、2台の EnhancedDesk 間での協調作業を支援できるような環境を構築する。その概念図を図2に示す。

ユーザは自分の机上の物体、映像及び情報に対して操作することに加えて、相手に向かって手を伸ばすことで、相手の作業空間に入り込み、相手の机上の映像及び情報に対しても操作することができる。すなわち、ユーザの作業空間は自分の机上のみならず、相手側の机上にまで及ぶことになる。このように遠隔地に置かれた2台の EnhancedDesk に向かうユーザ同士が作業スペースを共有し、あたかも一台の大きな机に対面して作業しているような環境を構築する。

また、ユーザ同士の対面性及びインタラクティブな協調作業を実現するために、机上に相手の手

の画像を表示する。これによってユーザが自分の手の状態を確認しながら相手の机上に対して操作することが可能となる。

なお、本研究ではサーバコンピュータへの通信及びビデオ画像の配信は既の実現されているものとして実装している。

3. 実現手法

2台の EnhancedDesk のそれぞれに新たにカラーカメラを1台追加し、机上の画像とユーザの顔画像を取得する。取得した2つの画像はもう1台の EnhancedDesk に送られ、2台の EnhancedDesk が

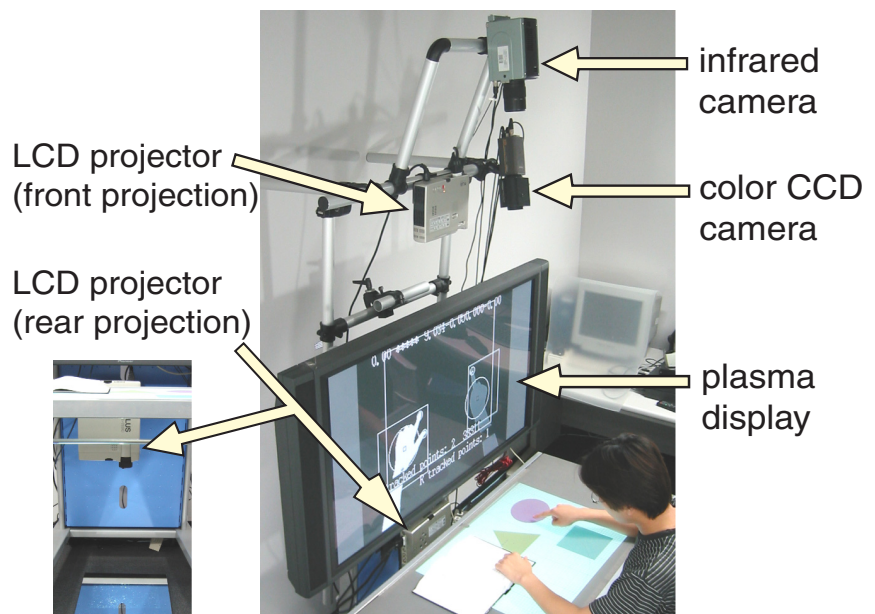


図1 EnhancedDesk システム

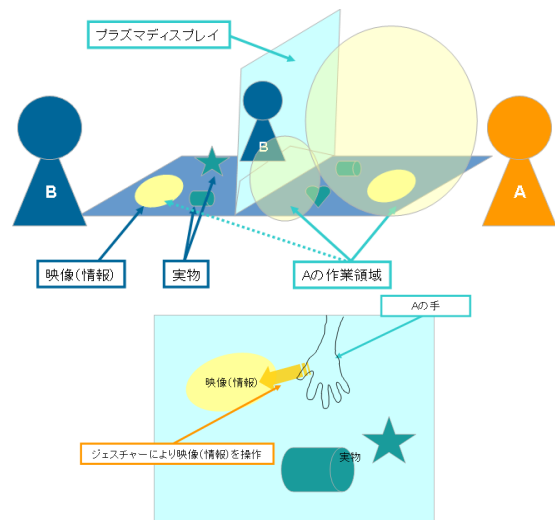


図2 システムの概念図

向かい合うように合成され、立面のプラズマディスプレイに表示される。

また、頭上からの赤外線カメラを用いた指先の追跡に関しては、それぞれの EnhancedDesk が固有のデータ（検出された指先の数、手指の座標、アプリケーションで選択されたコマンドなど）をラベルつきで同一サーバに書き出すことを実現した。これによって机上のアプリケーションは自分のデータだけではなく、相手のデータもサーバから取得することが可能となった。

加えて、赤外線カメラによって得た手の画像を2値化し、得られたモノクロ画像をビットマップ形式でファイルに保存している。これを別のユーザの EnhancedDesk が読み出して頭上のプロジェクタから机上に投影することにより、相手の手が影のように机上に映り、相手が自分の作業領域に操作する様子を確認することが可能である。

同時に、ユーザは相手の机上における自分の手の状態を立面プラズマディスプレイに映る机上画像から確認することができる。処理順序の都合上生じる立面プラズマディスプレイへの動きの反映の遅れは一秒弱に抑えられている。

さらに、机上アプリケーションの1つとして共同レイアウト作業支援ツールを作成した。ユーザは左手位置に表示されるメニューから左手人差し指でコマンドを選択し、右手人差し指でポインティングをすることにより、単純な形状の図形を机上の任意の位置に描画、配置することができる。同様に、既に描画した図形に対して両手のポインティングを行うことにより図形の切り取り、複製、色変更が行える。また、右手の親指と人差し指を用いて図形をつまむような動きをすることにより図形を選択して移動することができる。これらの機能は個々の EnhancedDesk に固有の作業空間において実現されるが、加えてサーバから相手の指先座標、選択されたコマンドを読み出し、そこから得られるジェスチャ認識を新たなコマンドとして適応することにより、ポインティングを利用した2台の EnhancedDesk 間における図形の送受信、つまむことによる相手図形の移動をも可能にした。図3、4にその様子を示す。このツールを用いることにより、ユーザは対面して1つのプロジェクトに関するレイアウト作業を共同でかつ直感的に行うことが実現された。

4. まとめ

本研究では拡張机型インターフェイスの発展形として、複数台の机型インターフェイス間の通信を利用した、遠隔地における協調作業支援を提案した。そして、ユーザ同士のインタラクティブな

協調作業を実現するための要件を抽出し、そのような協調作業を支援するシステムを考案した。最終的に2台の EnhancedDesk 間の通信を含むアプ



図3 システムの概観



図4 対話によるレイアウト作業

リケーションを実装し、遠隔地間で作業空間を共有し、簡単な図形に対して複数人で操作可能な環境を構築することに成功した。この環境を発展させて、操作する電子図形に新たに固有の情報を付加することにより、遠隔地においてプロジェクトにおける人員配置の考案や電子書類の管理を共同で行うことが可能になり、電子会議室システムにおける共同プロジェクト管理の支援などへの応用が実現できると考えられる。

本研究では、AE（作業配慮型支援環境）に対して、遠隔地の複数の作業者が対面し、さらに作業空間を共有するというコンセプトを導入した。今後実現すべき課題としては、電子図形に情報を付加すると共に、拡張机型インターフェイスとしての性質を活用することにより、机上の実物体と電子物体を関連付けることや、共有する作業空間

に実物体を含めることなどが考えられる。このように実物体も含めて共有するために、相手方の環境に実物体を操作するようなマニピュレータを導入し、それを操作する必要がある。今後、本プロジェクトで導入されている移動トレイシステムと統合化し、遠隔地の EnhancedDEsk のトレイをジェスチャ等と連動して操作することなどは面白い実験となろう。また各種のセンサーやプロジェクタなどの装置の数が増し、それを分散処理するために、多数の PC が接続され、ネットワークも輻輳して来ている、つまり、システム全体がまさにユビキタス化してきており、より効率の良い実装方法を検討すべき段階に来ている。一方、今回の実装では行っていないが、リアルタイムの画像の通信の負荷なども、今後、問題となろう。

次年度は、今回の研究成果をベースに、AWB への統合を視野に入れ、EnhancedDesk を強化する予定である。

(文責 鈴木宏正)