PARTNER: 人間とロボットの相互の作業教示を支援する プロジェクタベースト AR - 人間作業の支援 -

○山下 雅也 (中央大学)　坂根 茂幸 (中央大学)

PARTNER: Projector-based AR for teaching new tasks between human and robot - Assistance in human tasks -

*Masaya YAMASHITA, Chuo University,　Shigeyuki SAKANE, Chuo University

Abstract – A human-robot interface system, PARTNER, is under development that takes into account the flexibility of augmented reality approach. The prototype consists of a projector subsystem for information display and a real-time tracking vision subsystem to recognize the human's action. This paper presents an annotation function which guides and assists in human operator's task using the rangefinder capability. We will show preliminary results of the function in an unfolding task of a portable OHP device.

Key Words: human-robot interface, augmented reality, annotation, rangefinder, projector

1　はじめに

２１世紀の高齢化社会の到来を控え，ユーザーの意図を汲んで働く優しいヒューマン・ロボットインタフェース技術が求められている．一方，人間とコンピュータのインタフェースでは，近年，コンピュータの生成する仮想世界と実空間を融合し，その実空間上で人間との柔軟なインタラクションを可能にする AR (Augmented Reality) の技術が注目されている．

我々は，AR 的アプローチをとり入れた優しいヒューマン・ロボットインタフェースシステム：PARTNER (Projector-based AR for Teaching NEw tasks between human and Robot) を開発している．これまでに開発してきたサブシステムには，実空間上において情報入力を可能とした仮想操作パネル [1]，オペレータが指さし動作によって環境中のオブジェクトや位置を指示するインタラクティブ・ハンドポインタ [2] などがある．これらは，人間がロボットに作業を指示するシステムである．本論文では，人間が行なう作業をシステムがガイド／支援する機能とそのサブシステム化について述べる．

2　PARTNER の人間作業支援への拡張

近年，製品の携帯性が重視され小型軽量化・多機能化が進んでいる．しかし，それは逆に操作の複雑さを招く原因にもなっている．ユーザーが製品の特性等を十分把握していることが要求されることは，使い易いマン・マシンインタフェースというニーズに逆行する．

AR を用いた annotation は，実物上あるいはその周辺に作業の指示や注釈を提示する利点がある．従って，ユーザがマニュアルを参照し，それから実物を見ることが融合される．例えば，プリンタの操作をガイドする AR の例で知られる KARMA[3] では、HMD(Head-Mounted Display) を用いて annotation を実現した．しかし，HMD は装着型なので，対象のモデルを実画像に重畳するためには頭部の位置・姿勢の追跡が必要になる．また，多人数を対象とする環境では効率的でない．これに対して，プロジェクション環境を使用すれば，頭部の追跡は不要になり，多人数ユーザにも対応できる．

図 1：**Unfolding of a portable OHP device is a difficult task without consulting the manual.**

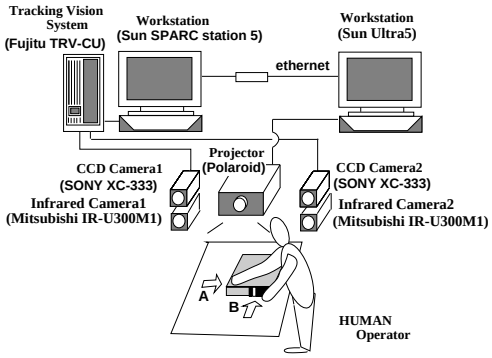

図 2：**The prototype system**

本研究では，コンパクトな折り畳み式の OHP(図 1) の組み立て作業を対象に，人間作業のガイド／支援を行うシステムを PARTNER の拡張機能として構成する．

3　人間作業支援の実例

3.1　プロトタイプシステムの構成.

本システムのハードウェア構成図を図 2に示す．描画用コンピュータ (Sun Ultra5) の Xserver 上に環境の三次元計測のための投光パターン，および，オペレータへの annotation 情報を描画し，その画面をプロジェクタ (POLAROID, COLORVIEW Light) により作業環境に投影する．２台の CCD カメラ (SONY XC-333) から画像を入力し，トラッキングビジョン装置(Fujitsu TRV-CU)[4]

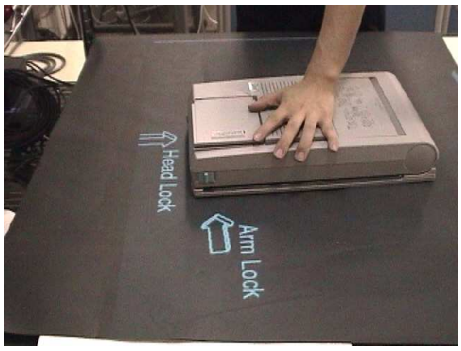

図 3 : An example of annotation to guide the unfolding task

により相関演算等の処理を行なう．人間の動作監視を信頼性良く行うために，赤外線カメラ(三菱電機, IR-U300M1)を併用している．また，システムの上位のプログラムはEusLisp[5] を用いて実装した．

3.2 レンジファインダ機能.

作業環境の三次元情報を入力するためのレンジファインダシステム機能として，本システムは対話型レンジファインダ [6] を実装した．これにより，市販のレンジファインダを用いることなく距離計測を実行できる．対象物の 3 次元幾何モデルを実空間で位置決めするために，まず，対象物のラフな位置・姿勢をランダムドットレンジファインダ機能により計測する．つぎに，物体の主軸方向に適応して駆動されるスリット光投影レンジファインダ機能を用い，より精密な計測が可能である．

3.3 処理手順.

OHP の組み立て作業における annotation では，以下のような処理を行なう．

1. レンジファインダ機能により 3 次元データを入力し，対象物の 3 次元幾何モデルを位置決めする．
2. 幾何モデルに基づいて操作すべき Lock の位置にプロジェクタから矢印と Lock 名称を投影し，オペレータに伝える（図3）．
3. 赤外線カメラにより手先位置の検出する（図4）．
4. 一定時間内に指示した場所に手がこなければ，メッセージを再度投影して必要な作業を促す（図5）．

赤外線画像の処理では，人間の指の端点の位置を細線化処理により抽出し，操作すべき Lock つまみ位置との距離を求めて，その最小値が一定の時間内に一定のしきい値以下になるかを監視する．従って，予想される作業進行から逸脱する動作をしている場合には，プロジェクタにより再度警告を表示する，というような対応が可能になる．

4 むすび

本論文では，ヒューマン・ロボットインタフェースシステム PARTNER の一機能として，現在構成している人間の作業に対するガイド／支援機能について述べた．従来の AR による annotation システムと異なる本システムの特長をまとめると，(1) プロジェクタを利用し HMD は不要，(2) システムが rangefinder 機能を合わせ持つ，(3) 人間の動作監視に基づき作業状況に応じた annotation を行う，(4) ロボットへの作業指示が可能，が挙げられる．

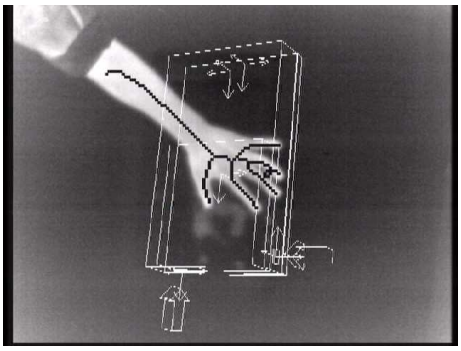

図 4 : An infrared image for detecting the human hand (The object model is superimposed.)

図 5 : Adaptive annotation by monitoring operator's action

今後の課題としては，対象が組み上がっていく途中でのインタラクティブな annotation 機能，より一般性のある作業ガイド／支援システム化への拡張などがある．

参考文献

1) 寺島, 坂根: 拡張ディジタルデスクを用いるヒューマン・ロボットインタフェース, 日本ロボット学会誌, Vol.16, No.8, pp.1091-1098, (1998).
2) S.Sato, S.Sakane: A human-robot interface using an interactive hand pointer that porjects a mark in the real work space, *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, pp.589-595, (2000).
3) S.Feiner, B.MacIntyre: Knowledge-based augmented reality, *Communications of the ACM*, Vol.36, No.7, pp.53-62, (1993).
4) 森田, 沢崎, 内山, 佐藤：カラートラッキングビジョン, 第14回日本ロボット学会学術講演会, pp.279-280, (1996).
5) 松井：幾何モデリング機能を備えたマルチスレッド並列オブジェクト指向言語 Euslisp, 日本ロボット学会誌, Vol.14, No.5, pp.650-654, (1996).
6) 山下, 佐藤, 坂根: 実空間強化とヒューマン・ロボットインタフェースの研究 - 対話型レンジファインダ機能の構成 -, 電気学会 システム・制御研究会資料 SC00-4, pp.19-22, (2000).