実空間強化とヒューマン・ロボットインタフェース
–対話型レンジファインダ機能の構成–

○山下 雅也 (中央大学)　佐藤 信 (中央大学)　坂根茂幸 (中央大学)

Augmented reality and human-robot interface
-Implementation of an interactive range finder function -

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

Abstract – A prototype system of human-robot interface using augmented reality is under development. The paper describes a subsystem which allows an interactive and active range finder to extract 3D information of the robot task environment.

Key Words: augmented reality, human-robot interface, digital desk, randomdot stereo, range finder

1　はじめに

AR(augmented reality)はコンピュータの生成する仮想的な世界と実世界とを融合し、その実空間で人間にコンピュータとのインタラクションが可能なシステムを構成する。Wellnerらが構成したDigitalDesk [1] もその試みの一つであり、机の上にさまざまな記号やパターンを投影し、それに対する人間の手の動作認識というサイクルを繰り返して、柔軟なインタラクションが可能となることを示した。そこには、コンピュータの画面の前に座ってキーボードやマウスで入出力する従来のGUIとは異なる、実世界指向のインタフェースの可能性を見ることができる。

筆者らは、この情報投影とそれに対する人間の行動認識を基礎とする枠組みを参考に、人間とロボットとの協調作業における自然な相互インタラクションを構成することを目指したインタフェースシステムの開発を行なっている。これまでに、仮想操作パネルを用いた情報入力、実画像の投影による作業教示 の機能[2] 、さらに、実空間に直接マークを投影する指さしポインタ機能[3]を構成してきた。本報告では、このヒューマン・ロボットインタフェースの一環として構成する対話型レンジファインダ機能について述べる。

2　レンジファインダ機能の構成

ロボット作業教示では、システムが作業環境の3次元情報を入力する機能をもてば、それに基づく環境理解が可能となり、より効果的な作業教示を可能にする。

2.1　対話型レンジファインダ.

本システムでは、プロジェクタを用いて情報投影を行なうので、その機能を拡張すれば各種の光パターンの投影に基づくアクティブレンジファインダの構成が可能になる。例えば、（1）点図形の投影によるスポット光レンジファインダ、（2）多数点の投影によるランダムドットステレオ[4]、（3）線図形の投影によるスリット光投影レンジファインダ（線の傾きも変えることができる）、（4）格子パターンによる空間コード法、などのレンジファインダが構成可能である。従って、オペレータは多様なレンジファインダ方式を用いて、対象物の形状や状況に応じて選択するシステム化（仮想操作パネルの利用）、そして、指さしポインタ機能 [3] と結合した部分的な3次元情報の入力システム化への拡張が可能となる。

本報告では、視覚情報処理に用いているトラッキングビジョン装置の利用を考慮して、上記方式（2）のランダムドットステレオの構成を試みた。このランダムドットステレオ方式のレンジファインダにより、対象物のラフな3次元形状情報が得られる。

2.2　ランダムドットステレオによるレンジファインダ.

ステレオ視における重要な課題は左右両眼の対応点探索問題であるが、ランダムドットパターンの生成により誤対応を減らすことができる。対象物の測定面が一様で画像特徴のない面であっても、その面に模様をつけることに相当するのでエッジ画像に基づくステレオ法と比較して多くの対応点の情報が得られる利点がある。相関演算を用いるレンジファインダ方式なので、トラッキングビジョン装置 [5] との相性が良い。また、対象物のエッジ部での相関が正しく得られない問題点については、他の方式の併用で補うことを検討している。

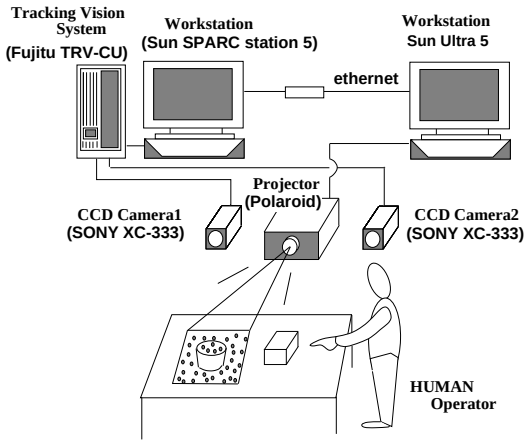

図 1：Hardware of the randomdot stereo range finder

3 システム構成と実験

3.1 システムの構成.

本システムのハードウェア構成を図1に示す。描画用コンピュータ(Sun Ultra 5)でランダムドットのパターンを描画し、接続した液晶プロジェクタ(POLAROID, COLORVIEW LIGHT)により実空間に投影する。2台のCCDカメラ(SONY XC-333)でこのパターンを投影した環境の画像を入力し、トラッキングビジョン(Fujitsu TRV-CU)により相関演算を行なっている。上位のプログラムはEusLisp[6]により実装した。

3.2 ランダムドットステレオによる三次元情報の推定.

右カメラ画像(640×480pixel)において、32×32 pixelを1ブロックとする領域を画面縦横に8pixelずつ移動させたものに区分けする。横64×縦52の合計3328ブロックを各参照画像とし、ブロックサイズ8×8、間引き率4で左カメラ画像との相関演算を行ない、対応する画像上の位置を求める。両カメラの対応点の位置と、予めキャリブレーションにより求めたステレオの変換行列に基づいて3次元位置を計算する。相関の精度はランダムドットの径の大きさと分布密度に依存するので、誤対応の発生頻度が少ないドットの径と密度の組合せを調べ、ドットの径を10pixel(実空間で12mm相当)、ドット数を2500個とした。投影したドットパターンの実空間での大きさは約 920mm ×700mmの領域である。

図2はこの方法で求めた作業環境の3次元データの例を示している。垂直方向の軸はZ座標値である。水平方向の2軸はX,Y座標値ではなく、測定データを格納する配列(64×52)のインデックスの値そのままで示している。全画面にわたる相関演算と対応点の3次元座標の計算に要した時間は約1.33 secであった。

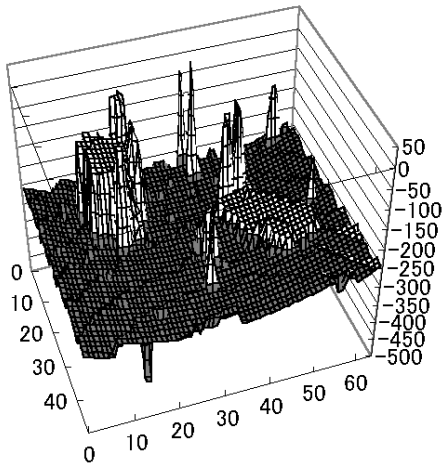

図 2：An example of 3D data extracted by the range finder

4 むすび

拡張DigitalDeskを用いた柔軟なヒューマン・ロボットインタフェースシステムの一環として構成している、対話型レンジファインダの機能について述べた。ここでは、プロジェクタとトラッキングビジョンというハードウェア構成を、そのまま光投影方式のレンジファインダに用いることができる。今後は、ランダムドットステレオ以外のレンジファインダ方式の実装とそれらとの結合を予定している。また、本機能で得られた3次元情報とこれまでに開発してきた諸機能を用いる作業教示への発展も、今後の課題である。

参考文献

1) P.Wellner, Interacting with paper on the DigitalDesk, Communications of the ACM, Vol.36, No.7, pp.87-96, 1993.
2) 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).
3) 佐藤,寺島,坂根:実空間強化とヒューマンロボットインタフェース - 指さしポインタの構成 -, 第16回日本ロボット学会学術講演会, pp.23-24, (1998).
4) 橋本他：ランダムドットパターン投光ステレオを用いた物流ロボット視覚システムの開発、日本ロボット学会誌、Vol.17, No.1, pp.48-49, 1999.
5) 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).
6) 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).