

〔非公開〕

TR-C-0063

ステレオ画像を用いた
指先位置の実時間計測

中 村 雄 一
Yuichi Nakamura

石 淵 耕 一
Koichi Ishibuchi

竹 村 治 雄
Haruo Takemura

1 9 9 1 . 2 . 2 8

A T R 通信システム研究所

[実習報告書]

ステレオ画像を用いた
指先位置の実時間計測

1991年2月28日

知能処理研究室学外実習生

豊橋技術科学大学情報工学課程4年

中村 雄一

テーマ ステレオ画像を用いた指先位置の実時間計測

実習期間 1991年1月8日～2月28日

1. はじめに

臨場感豊かな通信の実現のための研究例として、仮想空間を用いる研究が盛んである[1-2]。仮想空間は両眼立体視表示、広視野表示などの表示技術を駆使し、コンピュータグラフィックスを用いて実時間で生成され遠隔地の人々を合成表示することで、あたかも同一の空間に存在しているような感覚で会話、会議を行なうことを可能にする。このような仮想空間内で、作業を行なうための技術課題として、マン・マシン・インタフェース技術の確立があげられる[3]。現時点で仮想空間内での作業を行なうためのマン・マシン・インターフェースとして磁気センサで手の位置を計測し光ファイバーセンサを用いて指の曲がりぐあいを検出するデータグローブが使われている。しかし実際の会議等においてグローブを装着するのは不自然であり、より現実感をだすためにも非接触で手の情報を得ることが望まれる。それにはカメラを用いて手画像を取り込み、その画像から手の情報を得る方法が考えられる。そこで今回の実務訓練ではステレオ画像を用いて実時間で指先の空間位置計測について検討した。

2. 実験

2. 1 目標・仮定

一様背景の前におかれた手をステレオカメラで撮像し手の重心および指先の位置を実時間で3次元計測する。手画像は一様背景の前におかれ容易に抽出できる。画像処理システムとしてVICOMをもちい、そのホストとしてSUNを使用した。

2. 2 実験内容

(1) 人差指の指先位置検出

指さす格好の手を入力し、ステレオカメラを用いて指先の3次元位置を実時間計測する。

(2) 複数指先位置検出

入力する手の形状が指さす形状になっているとは仮定しないで、複数の指先を任意の形状から検出する。

(3) 仮想空間システムへの接続

上の検出法で得られたデータを実際に仮想空間システム [4] に与えて、動作の確認等を行なう。

2. 3 方法・対策

2. 3. 1 人差指の指先位置検出

指先検出方法として、手画像全体の重心と端点とから指先の位置を決定する方法を用いた。入力された手画像に対して図 2. 1 のように左上からサーチを行なう。このときリアルタイム処理のため、サンプリング間隔を 5 ピクセルとし、重心の位置を求める。また手画像の 4 つの端点（上端点、下端点、右端点、左端点）も求めておく。この 4 つの端点を指先候補とし、これからサーチ境界線にかかっていないもののうち重心点から最も遠い端点を求める指先とする。

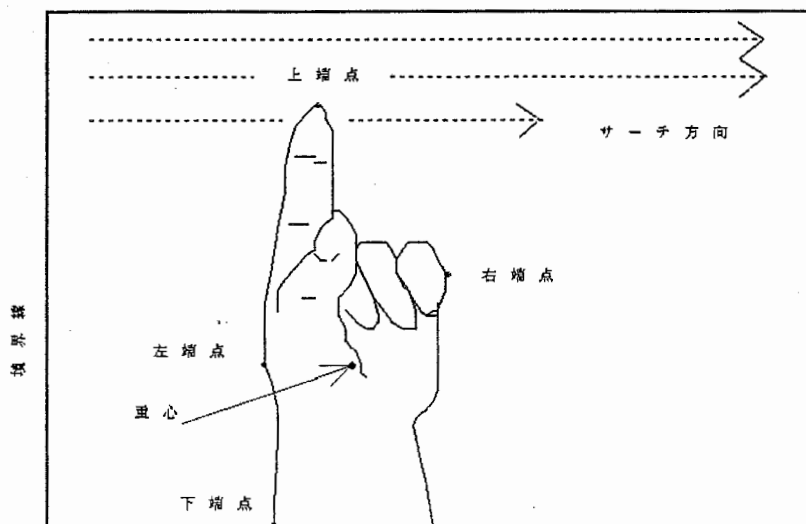


図 2. 1

3次元計測の方法としてステレオカメラ撮像による位置測定を用いた。これは一様背景の前におかれた手をステレオカメラで撮像し両カメラの視差を利用して、手の3次元位置を計測するものである。原理を以下に示す。

x方向およびz方向について

図 2. 2 より

$$R1 + R2 = H \quad \dots (1)$$

$$r_1 / r_2 = R_1 / R_2 \quad \dots (2)$$

$$R_1 / r_1 = z / d \quad \dots (3)$$

ここで H:左右カメラ間隔, d:焦点距離

3 式より

$$x = R_1 - H/2 = (r_1 - r_2) * H / (2 * (r_1 + r_2)) \quad \dots (4)$$

$$z = H * d / (r_1 + r_2) \quad \dots (5)$$

y 方向について

図 2. 3 より

$$y = z * r_y / d = r_y * H / (r_1 + r_2) \quad \dots (6)$$

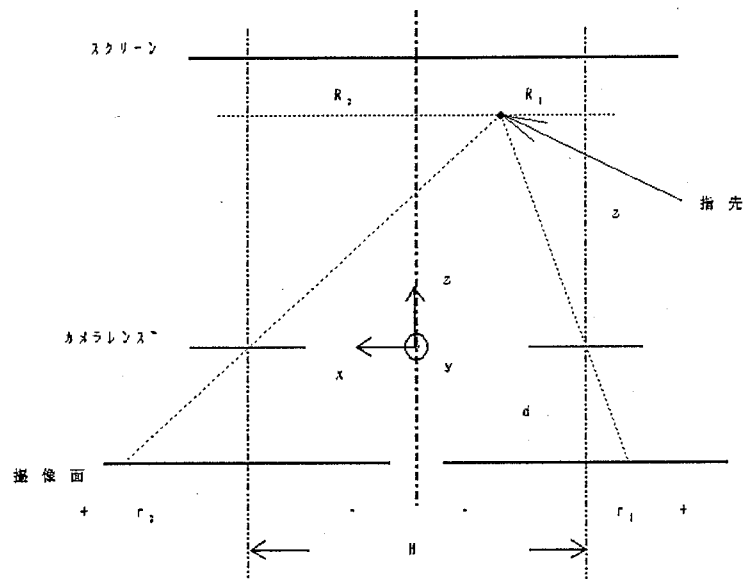


図 2. 2

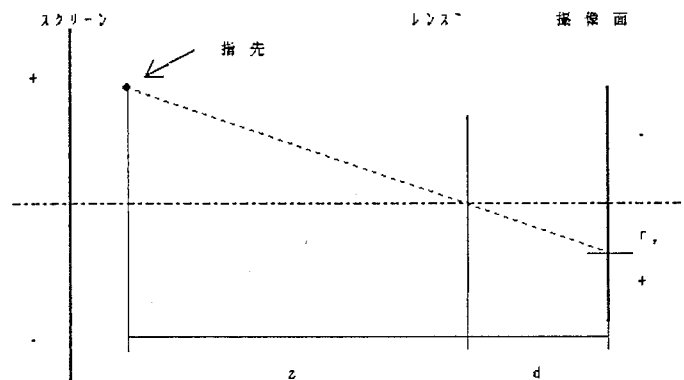


図 2. 3

2. 3. 2 複数指の指先位置検出

複数の指先の検出方法として、次の三つの方法を考察した。

(1) 同心円サーチ

手の形状から考えて単純な直線的なサーチでは各指の指先位置は検出できない。同心円サーチはある一点を中心定め円形にサーチを行い中心からの距離をもとに指先を検出する。2. 3. 1 で用いた方法により手画像の重心位置をもとめ、その点を中心同心円を描きながら0 (背景) 1 (手) 0のパターンを見つける。これらのパターンのうち重心から最も遠い5点を指先として検出する。

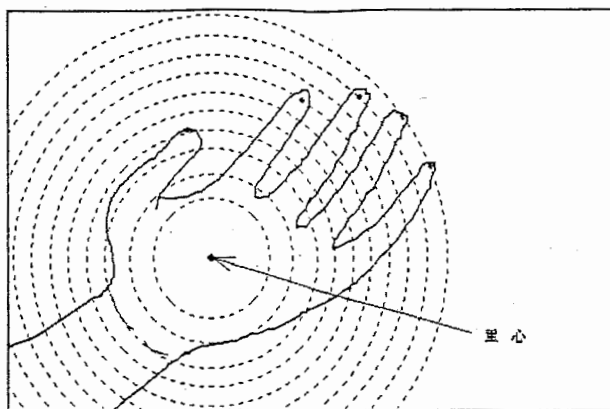


図 2 . 4 同心円サーチ

(2) パターンマッチング

まず(1)の同心円サーチを用いて指先位置をもとめ、その点を中心とする指先の画像パターンを記録しておく。次画像に移って、前指先位置から指先が移動する範囲を推測し、その範囲内の画像パターンと指先パターンを比較し、誤差評価関数を最小にする点を今回の指先位置とし、再び指先画像を記憶する。

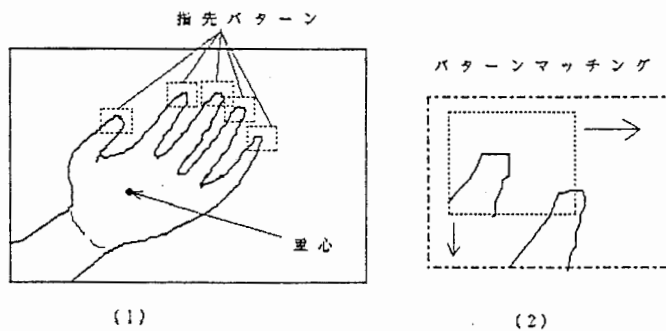


図 2 . 5 パターンマッチング

(3) 分岐式サーチ

まず手画像の重心位置および指先方向を求める。この重心から指先方向に向かうベクトルに垂直な直線の傾き m を求め、重心から指方向に5ピクセルだけ進めた点で傾き m の線分を引き、0 (背景) 1 (手) 0 のパターンを見つけ、そのパターンの中心点に同様な操作を施していく。この時、0 1 0 パターンが複数見つければ分岐点とする。

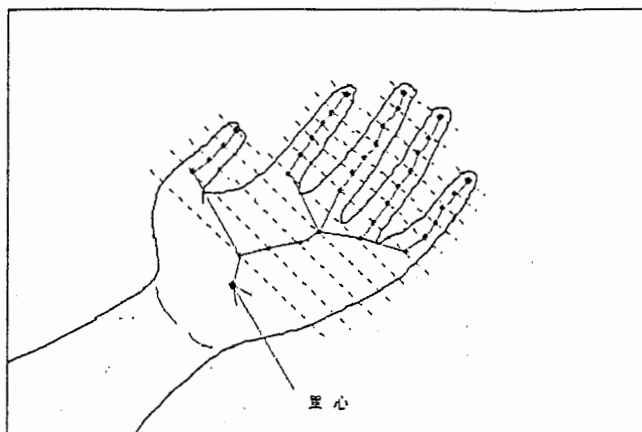


図 2 . 6 分岐検出法

2. 3. 3 仮想空間システムへの接続

TCP/IPをもちいてsunでえられた手の空間位置情報をHI実験室の仮想空間システムに伝送する。

3. 実験結果および検討

3. 1 人差指の指先検出

カメラに対して横方向および縦方向の計測精度はほぼ十分であるが、奥行き方向の精度が良くない。また、カメラを一方向からしか撮っていないので指の像が掌の像に隠れてしまう問題がある。今回の実験では処理速度を重視しサーチ間隔を粗くしたので解像度が十分とはいえなかった。この解決法として二組のステレオカメラを用いて、一組のカメラで掌の位置を検出し、もう一組のカメラで掌部分をズームし指先の細かい形状を検出すればよい。しかしこの方法は二組のカメラを制御しないとならないので処理速度の問題がある。

図3. 1, 3. 2に検出結果を示す。3. 1のように指と腕がまっすぐに伸びている状態ではほぼ正確に指先が検出された。しかし3. 2のように指が曲がっていて指先が端点になっていない状態ではうまく検出できなかった。重心の位置に対して指のある方向の推定はほぼうまくいく。

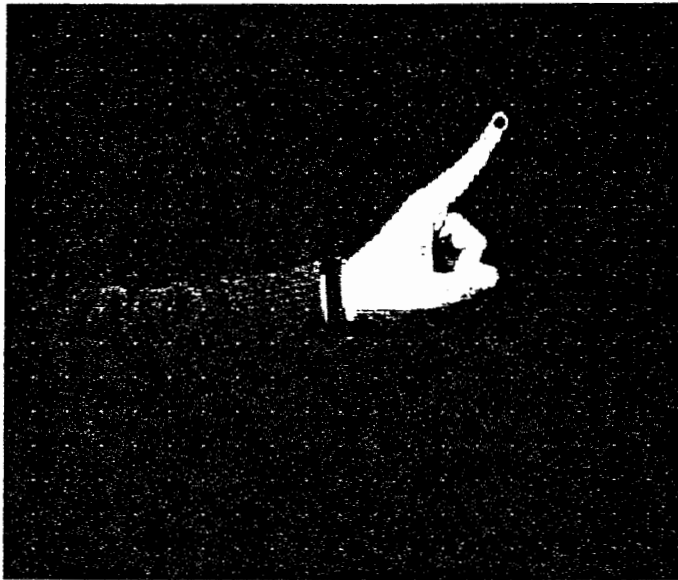


図 3. 1

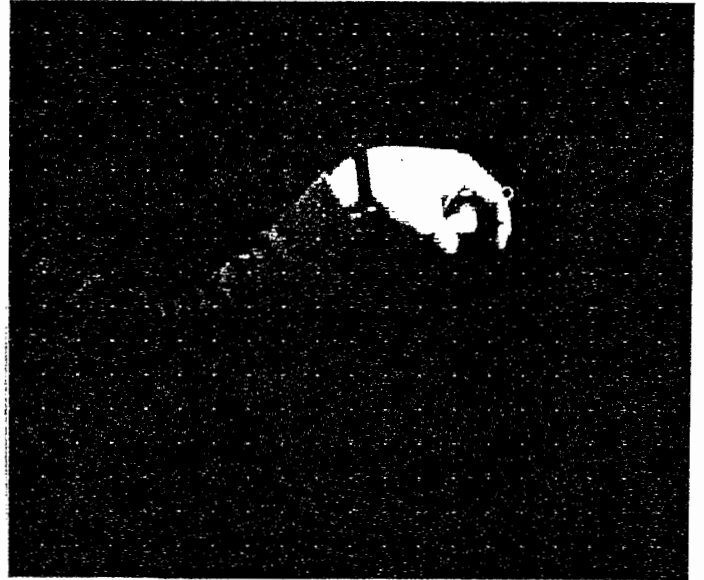


図 3. 2

手画像抽出の改善について

手画像は一樣背景の前におかれると仮定しているが、背景画像をとっておき手の入っている画像との差分をとり、しきい値で分割してやれば任意の背景に対しても手を抽出できる。今回の実験でも一樣背景の条件をつくり出すのが余りうまくいかなかったので上記の方法を用いた。図2. 7は原画像、図2. 8は背景画像との差分をとったもの、図2. 9は2. 8にしきい値をかけ2値化した画像である。

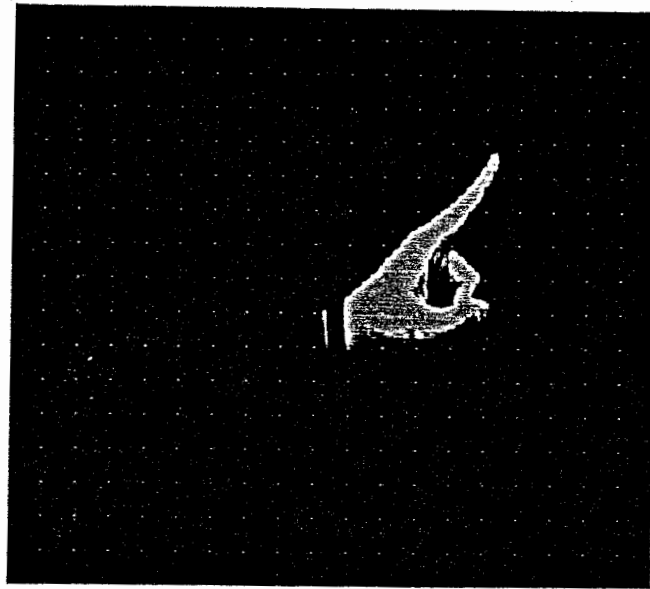


図 2. 7 原画像

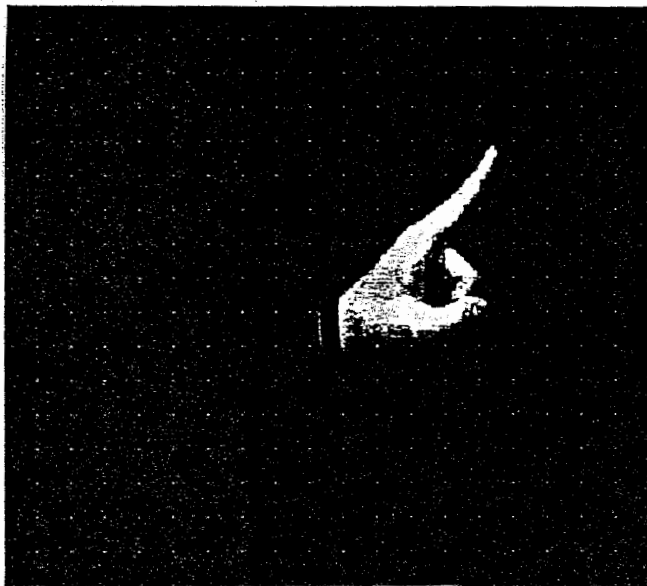


図 2. 8 差分画像

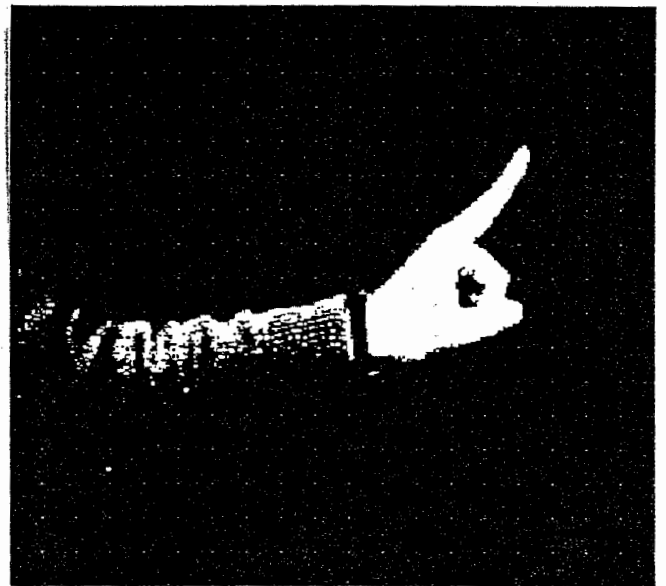


図 2. 9 2値化画像

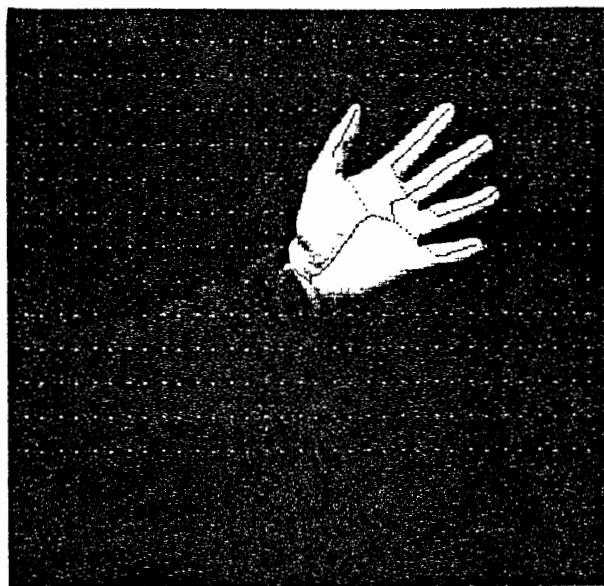


図 3. 3

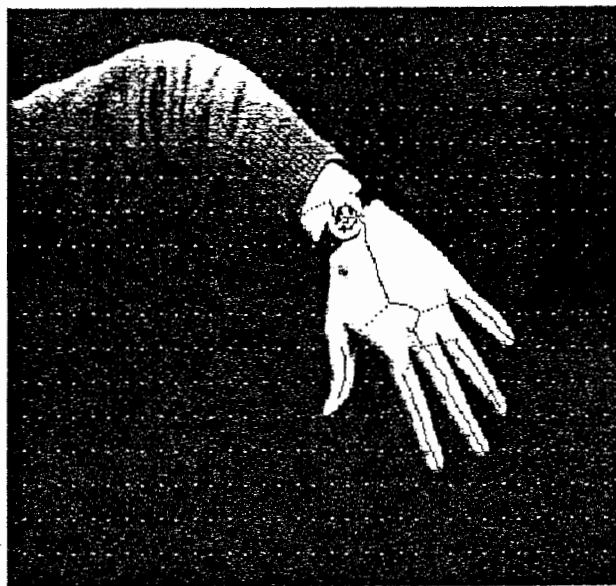


図 3. 4

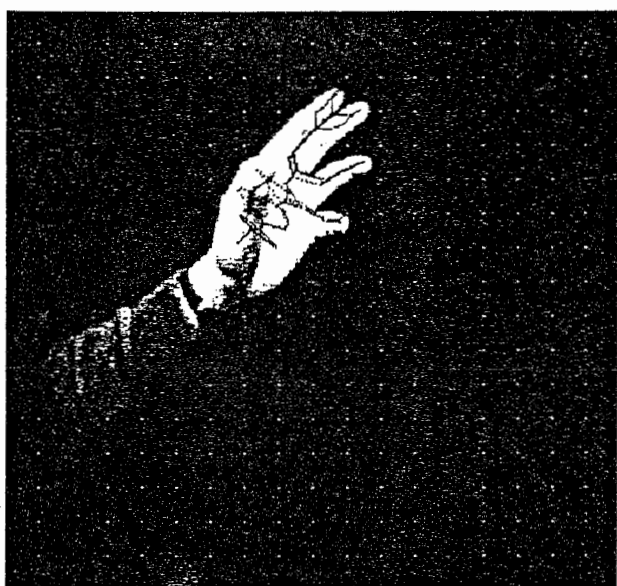


図 3. 5

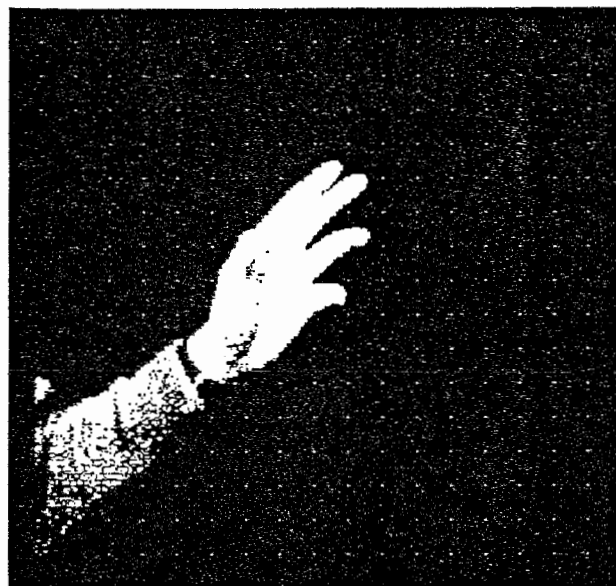


図 3. 6

3. 2 複数指検出について

上に述べた3方法について次の様な主観的評価を行なった。

	同心円	パターンマッチング	分岐検出
検出精度	○ 全方向性のため回転につよい	△ パターンの誤差が積み重なる回転に弱い	◎ 指に沿って検索していくので精度は他より良かった
処理速度	△ 1コマ / 1 sec 三角関数計算に時間がかかる	△ 0.5コマ / 1 sec パターン評価に時間がかかる	○ 2コマ / 1 sec 線形サーチのため他より速い
分散処理化	△ 各同心円の処理の分散かが難しい	◎ 各指先の処理を分散して行える	○ 分岐の回数がある程度判っているので分散化可能
応用性	△ 手画像から得られる情報は指先の位置のみでその他の有効な情報は得られない	△ 同心円サーチと同様に有効な情報は指先の位置のみで他の方法との組合せが望まれる	◎ ある程度の手の形状が得られるので形状認識などに有効

表 3. 1 複数指検出法の比較評価

以上の結果、分岐式検出法が最も良く、これの実際の指先検出結果を図3. 3～図3. 6に示す。図3. 3, 4は5本とも検出されているが図3. 5は検出がうまくいっていない。図3. 6は3. 5の二値化画像であるが親指は掌にかくれ、人差指と中指の境界がはっきりしていないのがわかる。

3. 3 仮想空間システムへの接続

図3. 7に接続状況を示す。カメラを人に対して右横に設置しているので手の上下方向および前後方向の動きにはほぼ対応している。しかし左右方向の動きに対しては実際の手の位置とスクリーンに映し出された手の位置にずれが生じ不自然な動きになってしまった。

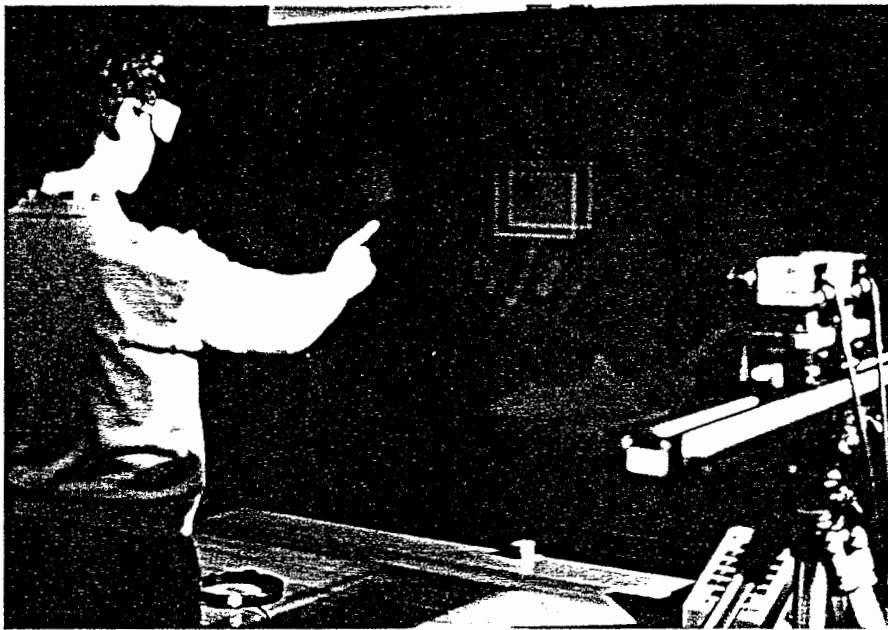


図 3. 7

4. 今後の課題

今回の実験では実時間位置計測という条件のもとで、指先の検出を行なった。1秒間に1～2コマと実時間処理とはいいがたいものであったが、今後の分散並列処理化などに期待すればまずまずの結果であったといえる。また、本実験では指先の検出を行なったのみでどの指が親指でどの指が人差指といった処理や、ものを握っているといった手の状態を判断する認知・知能処理的なことは行なっていない。今後、手の形状認識による仮想空間へのインターフェースとしての研究が期待される。

謝 辞

今回の実務訓練での研究の機会を与えて頂いた A T R 通信システム
研究所知能処理研究室の方々に感謝いたします。

参考文献

- [1] 竹村, 伴野, 岸野: " ステレオグラフィックスを用いた仮想操作環境について " グラフィックスと C A D 43-6(1990.2.23)
- [2] 岸野: " 臨場感通信 " 第2回情報伝送と信号処理ワークショップ
- [3] 伴野, 小林, 山下: " 臨場感通信のためのヒューマンインタフェースへのアプローチ " 情報処理学会 H I 研究会 24-2
- [4] 竹村, 伴野, 岸野, 小林: " 大型 3 次元表示装置を用いた仮想操作環境の試作 " 1989 年第 20 回画像工学コンファレンス 9-3