

R5 可動ディスプレイによる広域仮想空間表示システム

山田 敏志[†] 石井 郁夫[†] 高橋 章^{††} 今井 博英[†] 牧野 秀夫^{†††}
[†]新潟大学大学院自然科学研究科 ^{††}長岡工業高等専門学校 ^{†††}新潟大学工学部情報工学科

1. はじめに

人工現実感とはコンピュータが描き出す映像を単に表示するだけでなく、観察者の動きに反応する映像を表示することによって仮想世界をより現実的なものとして体感させる技術である。

本研究では、観察者が歩いて移動することによって生じる運動視差を実世界と同じように表現するために、ディスプレイを手押し台車上に設置し、画面をのぞき窓として広域の仮想世界(10数m四方の領域を想定)をウォークスルー可能な提示システムを制作した。

2. システム構成

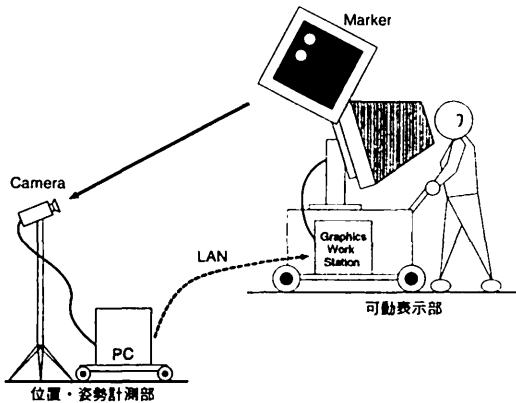


図1: システム構成

システム構成を図1に示す。可動表示部と位置・姿勢計測部で構成する。可動表示部は20インチ液晶ディスプレイ、位置・姿勢計測用マーカボックスおよび表示用PCを台車に搭載したものである。ディスプレイはレンチキュラ方式のメガネなし両眼視差立体表示方式とした。ディスプレイは長辺が縦になるように設置する。走査線が縦になるので、左目用、右目用各画像の走査線を交互に並べて、左右2本の走査線毎に1本のレンチキュラレンズを対応させる。走査線数は1024本、レンチキュラレンズは512本のパネル、垂直方向解像度は1280画素である。ディスプレイには開口部を絞りこんだフードをかけ、開口部を覗く方式で没入感を高めると共に観察者を容易に立体視可能な視域へ誘導する方式とした。設計視点はディスプレイ中央から法線方向に50cmである。レンチキュラ方式でディスプレイと立体視可能な視点位置の関係が一意に定まるため、ディスプレイの位置・姿勢を求めれば視点位置

も同時に定まる。

ディスプレイの位置・姿勢を計測するためにマーカボックスを取り付け、マーカを1台の固定カメラで撮影して位置・姿勢の画像計測を行う。ディスプレイとマーカボックスは一体構造で、仰角と高さの変更が可能である。手押し車の移動による3自由度、画面内の画像の回転とを合わせると6自由度の位置・姿勢設定が可能である。可動領域内の任意の位置・姿勢を1台の固定カメラで計測できるように、マーカボックスは一辺56.5cmの立方体で、ディスプレイ面に対して左右および上方2面の計4面に1辺42cmの黒色の正方形マーカを貼り付けた。マーカの周囲に白の縁取り領域を設けることにより、画像によるマーカの抽出処理を容易にした。

位置・姿勢計測部はカメラと画像処理用PCで構成する。カメラは1008×1018画素モノクロームデジタルカメラ(kodak ES4.0)で15フレーム/秒の転送速度を持つ。PCで画像中のマーカを抽出し、カメラに対するマーカの相対位置・姿勢を求める。得られたデータを無線LANにより可動表示部のPCへ転送し表示画像を制御する。

2.1 位置・姿勢計測法

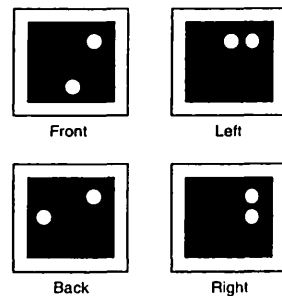


図2: マーカ

マーカボックスに貼られた4面のマーカの少なくとも1面が位置・姿勢計測部のカメラに完全に写っていれば、画像上のマーカの形と大きさからそのマーカ面の位置・姿勢が求まり、ディスプレイの位置・姿勢が得られる。

4面のマーカのどの面かを識別するために、各マーカ面に図2のような白色円(直径7cm)の識別コードを付ける。マーカの対角線上にある1個の白色円は、マーカの面内回転角の基準を与えるための頂点識別マーク

である。マーカの対向する辺の中点を結ぶ線上にある白色円は4面のマーカの識別コードで、面ごとに異なる配置とする。

マーカの位置・姿勢を求めるための解析手順を述べる。処理の高速化のため、解析対象画素数を可能な限り削減する手法を考えた。画像歪みも含めたカメラの内部パラメータを予め計測し求めておくものとする。前フレームで抽出されたマーカの中央点の座標をシード座標とする。解析対象フレームのシード座標が黒でマーカ内部と推定される場合は、シード座標から走査線方向に辿り、輝度の急激な変化を手がかりにマーカの輪郭を探索する。輪郭候補点が見つかったら、マーカの輪郭に沿って1画素ずつ輪郭画素を探索し辿ってマーカを1巡する。抽出された輪郭がマーカの輪郭か否かをマーカ辺の直線性により判定する。マーカでないと判定した場合は、一定画素間隔で画像内を走査し新たなシードを探索する。

シード座標から輪郭へ向かう探索の途中で頂点識別マークやマーカ識別コードに突き当たった場合はそこが輪郭候補点と判定されるが、その後の輪郭画素探索と同じ処理を行うと識別マークまたは識別コードを迂回して元の走査線に戻ることを利用してマーカ輪郭と区別することができる。シード座標がマーカ内部と判断されなかった場合は、マーカ内部のシード点探索を行う。最初に与えたシード点から上下左右に一定間隔でマーカの黒画素を探索する。

マーカ1周分の輪郭を画素単位で求めた後、輪郭画素周辺の輝度勾配特性から輪郭点をサブピクセル単位で求める。得られたサブピクセル単位の輪郭点列の座標データに対して画像歪み補正を行いカメラ座標系に変換した上で最小2乗法によりマーカの4辺に対応した直線に回帰する。マーカの4辺の投影像を示す直線が得られるとカメラに対するマーカの空間中の姿勢が推定できる。得られたマーカの姿勢とマーカ像の大きさからカメラに対するマーカの奥行きが求められる。

仮想世界ワールド座標における位置・姿勢計測カメラの位置・姿勢を媒介として、ディスプレイのワールド座標における位置・姿勢を求め、仮想世界をディスプレイに透視投影することにより、台車移動に伴う情景変化を表示することができる。

2.2 実験

図3に示す12×12mの構造物のある仮想空間で表示実験を行った。ディスプレイの移動に伴う運動視差を良好に表示することができた。

マーカによる位置計測の精度を測定した。カメラとマーカ間の距離を変えて位置の計測誤差(計測値の

最大変動値)を求めた。その時の計測カメラ画像におけるマーカ1辺の画素数と共に結果を表1に示す。距離1100cm以上では画像中のマーカサイズが小さく奥行き誤差が急速に増大する。1400cm以上では仮想空間表示画像が不安定になる。

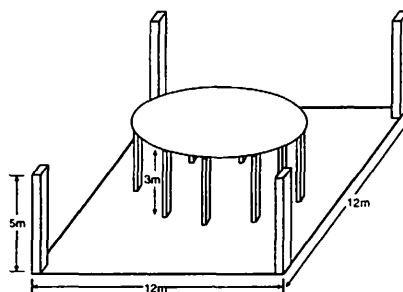


図3: 仮想空間

表1: 計測結果(レンズ:f=8.5mm)

距離	1辺の画素数	奥行き誤差	横方向誤差
500cm	76	0.12cm	0.03cm
600cm	64	0.28cm	0.06cm
700cm	52	0.22cm	0.08cm
800cm	46	0.37cm	0.15cm
900cm	40	0.63cm	0.18cm
1000cm	36	0.63cm	0.4cm
1100cm	32	1.25cm	0.43cm
1200cm	30	2.0cm	0.43cm
1300cm	28	2.3cm	0.5cm
1375cm	26	2.5cm	0.55cm

3. まとめ

CAVE型仮想空間表示方式に代わる広域仮想空間表示方式として、可動型ディスプレイを用いる方式を提案した。CAVEに比べて小規模で広範囲の移動が可能で、画像分解能も高い。およそ10m四方の領域で移動に伴う運動視差の表現が可能であった。

今後の課題として、位置・姿勢計測精度の向上と処理時間の短縮が挙げられる。本大会別報の仮想オブジェクトのマルチスケール表現法(若月他)と合わせて移動に伴う良好な仮想空間表示を追及したい。

参考文献

- [1] 高橋 章, 石井 郁夫, 牧野 秀夫, 中静 真, "人工現実感インターフェースのための単眼画像からのマーカの位置と姿勢の計測", 電気情報通信学会論文誌.VOL.J79-A NO.3.P804~P812.1996
- [2] 山田 敏志, 石井 郁夫, 高橋 章, 今井 博英, 牧野 秀夫, "可動型ディスプレイによる広域人工現実感提示の一方", 電気情報通信学会論文.1999