

R1 空間変倍可能な立体カメラシステムの立体表示空間の歪みの計測

坂井 祐[†] 高橋 章^{††}
[†]新潟大学大学院自然科学研究科

石井 郁夫[†] 今井 博英[†]
^{††}長岡工業高等専門学校

牧野 秀夫^{†††}
^{†††}新潟大学工学部

1. はじめに

両眼立体視は容易に3次元の空間構成を把握できるため、医療や訓練に使われる機会が増えている。しかし、従来の立体視では原理的に撮影空間を再現できない。このため、奥行き方向の潰れ（書き割り効果）のように知覚される空間が歪むという問題があった。そこで我々は仮想スクリーン方式を提案し[1]、空間変倍可能な立体カメラシステムを作成した[2]。本稿では歪みのない空間変倍可能な両眼立体視システムを実現するために、仮想スクリーン方式立体カメラシステムにおける空間歪みと空間変倍時の拡大率を計測し、このシステムを評価することを目的とする。

2. 仮想スクリーン方式立体視システムの原理

仮想スクリーン方式では、図1(a)の撮影空間に対して同図(b)のように表示空間を設定する。撮影空間では、ステレオカメラ視点を C_L, C_R 、カメラ間隔を d_c 、画像面を I_L, I_R 、輻輳角を θ とする。表示空間では、観察者の左右の視点位置をそれぞれ E_L, E_R 、両眼間隔を d_e 、輻輳角を θ' とし、撮影された画像が仮想スクリーン I'_L, I'_R 上にあると仮定して、両眼視点を投影中心として実スクリーン S に透視投影表示する。 d_c と d_e 、 θ と θ' をそれぞれ等しく設定すると撮影空間と表示空間が合同になり、幾何学的には空間歪みがなくなる。実測した観察者視点を投影中心とした投影表示を行うことによって、 S と両眼視点の相対的位置関係が変動しても合同性が保たれる。また、 d_e/d_c を相似比とした相似空間を表示することにより空間変倍ができる。

図2は空間拡大のための立体カメラで、ピンホールレンズの先端にプリズムミラー(PM)を取り付け、 d_c を最小約7mmまで連続的に変化できる。 d_c が70mmの観察者の場合、最大相似比約10の空間拡大ができる。

表示装置は液晶シャッター眼鏡や偏光眼鏡を用いる一般的な立体表示装置と視点位置計測装置を組み合わせることで実現できるが、計測誤差や表示装置の画像歪みが空間拡大率や空間歪みの計測に影響を及ぼすと考えられるため、図3のような覗き穴方式のレンチキュラ式立体表示装置を用いた。この立体表示装置は、1024×1280画素20インチ縦型液晶表示器の画面にレンチキュラレンズを貼った裸眼立体表示器で、512本のレンチキュラレンズを配置した。表示面から50cm離れた位置に表示面と平行に遮蔽板を置き、遮蔽版に設けた数箇所の覗き穴から観察することにより視点位置を決定する。

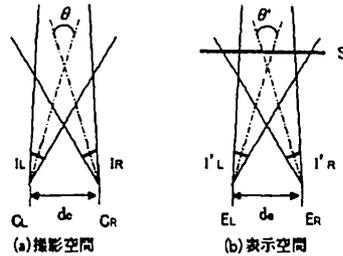


図1: 撮影空間と表示空間

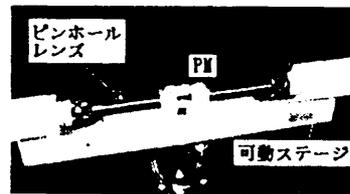


図2: 空間拡大立体カメラ

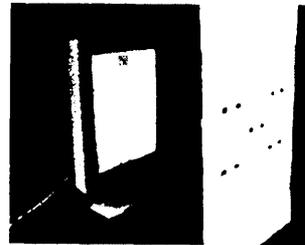


図3: レンチキュラ方式立体表示装置

3. 空間変倍率および空間歪みの計測法

両眼立体視融合像(以下仮想物体と呼ぶ)は実体がないため、その位置や形状を実測することが困難である。そこで、図4のような位置計測機能付き空間ポインティングデバイスを作成し、両眼立体視をしながら仮想物体の特徴点をポインティングしてその座標を計測する方式とした。ポインティングデバイスはペン型で、軸の2箇所に3次元位置計測装置(POLHEMUS社FASTRAK)の位置センサを取り付け、ペンの先端位置を計測する[4]。

このシステムを使って計測を行う場合に想定される誤差要因と、対策を以下に示す。

- 視点位置の誤差対策：
 観察者の両眼間隔を計測する。覗き穴により観察位置を制限し、両眼間隔を考慮して視点位置を求める。

- ポインティングデバイスの計測誤差：
FASTRAK は電磁界による位置計測装置であるため周辺の金属などの影響で誤差が生じる。そこで、あらかじめ計測空間のキャリブレーションを実施しておく。キャリブレーションはディスプレイの手前に格子状に $5 \times 9 \times 4$ の参照点群を配置し、それらの点のポインティングデバイス計測値を求めておく。実測値に対して最も近い4個の参照点の値からの線形補間により較正值を求める。
- 仮想特徴点とポインティングデバイス先端点の位置関係認識時の誤差：
両眼視による立体像の融合特性には個人差があるため、仮想特徴点とポインティングデバイス先端点の位置関係の認識にも個人差が含まれる。また、仮想物体と実物体が空間中で重なるような場合、実物体は仮想物体を遮蔽するが仮想物体は実物体を遮蔽しないので、実物体が常に見えていることなど、実物体同士では起こりえない現象が認識に影響を与える可能性がある。このような観察者の判断によって生じる誤差については対策が困難である。そこで、多くの計測値を得て平均化することにより特性を把握する。

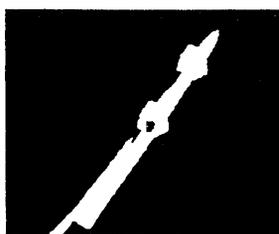


図 4: ポインティングデバイス

4. 実験

1. 等倍表示空間の計測

図2の空間拡大立体カメラを用い、 d_c を d_e と等しく設定する。図5右に示すような1辺53mmの実物体の立方体フレームから200mmの位置に立体カメラを置き、 $d_c = d_e$ としてカメラ光軸を立方体中心で交差させるように輻輳角 θ を与えて撮影する。取得画像を仮想スクリーン方式でレンチキュラ立体表示装置に表示し、いくつかの覗き穴から両眼立体視を行い、立方体の頂点をポインティングデバイスで指し示して座標データを獲得する。 θ' のいくつかの値に対して空間歪みがどのように変化するかについても測定する。

2. 拡大表示空間の計測

図5左に示すような1辺13mmの実物体の立方体フレームから50mmの位置に立体カメラを置き、 $d_c = d_e/4$ としてカメラ光軸を立方体中心で交差させるように輻輳角 θ を与えて撮影する。仮想スクリーン方式でレンチキュラ立体表示装置に表示すると、実空間の4倍の空間が再現されることになる。いくつかの覗き穴から両眼立体視を行い、立方体の頂点をポインティングデバイスで指し示して座標データを獲得する。 θ' のいくつかの値に対して空間歪みがどのように変化するかについても測定する。

実験結果については会場で報告する。

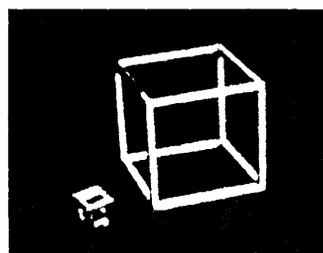


図 5: 実験用被写体

5. まとめ

歪みのない両眼立体視を実現するために作成した空間変倍可能な立体カメラシステムについて、空間歪みと空間拡大率を計測する手段として、観察者が知覚する仮想物体の位置・形状を3次元計測できるポインティングデバイスを作成した。視点位置の固定や3次元位置計測におけるキャリブレーションによって、実験誤差を極力排除するような実験方法を提案した。

参考文献

- [1] 沢井研己, 石井都夫, 高橋章, 牧野秀夫: “時分割ステレオビジョンにおける像の歪みの除去方法について”, 電子情報通信学会信学技報, OFS-97-34, IE97-72, pp7-12, 1997.09
- [2] 坂井祐, 高橋章, 石井都夫, 今井博英, 牧野秀夫: “空間歪みを抑制したスクーリング可能な立体視システムについて”, 電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, p6, pp325-326, 2001.10
- [3] 沢井研己: “時分割ステレオビジョンにおける像の歪みの除去方法について”, 平成10年度修士論文
- [4] “3SPACE FASTRAK ユーザーズ・マニュアル”, 日商エレクトロニクス