

TAO-3

通信・放送機構 3次元動画像遠隔表示プロジェクト
一人にやさしい立体映像システムを目指して

Advanced 3-D Tele-Vision Project

in Telecommunications Advancement Organization

(Toward the realization of Viewer-Friendly 3-D Tele-Vision System)

本田 捷夫
Toshio Honda

1: 概要

このプロジェクトは、実質的に2期(10年間)続き、2002年9月に終了する。

第1期は、電子ホログラフィーのデータ生成・表示に重点を置いて研究開発をおこなった。しかし、この原理による立体動画像の通信・表示は、技術的バリアが高く、当分実用化の見込みはないと判断するに至った。これに代わる立体像表示の概念として、第1期の途中から、より現実的な“超多眼条件”を満足する立体像表示方式を提案し、第2期では、(右段の上に続く)

- ①自然な三次元動画像表示技術の研究開発
- ②多視点画像の撮像および高速処理技術の研究開発
- ③自然な三次元画像の実現に向けた人間の立体視覚研究

のそれぞれについて、有機的連携を図りながら、研究開発を進めた。そして、将来展望への見通しを明確にした。図1に各研究・開発テーマの関係を示す。

以下それぞれについての成果を簡単に述べる。

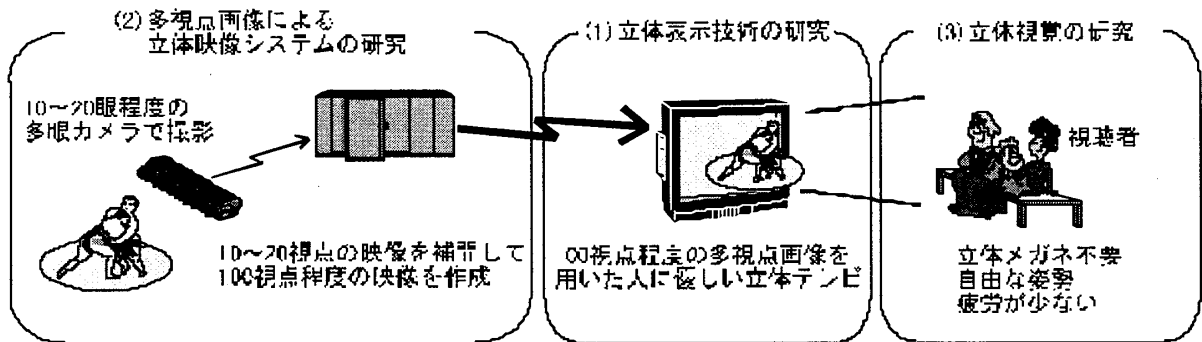


図1: おこなった研究開発の分類と全体的関

2. 自然な三次元動画像表示技術の研究開発

2.1. 超多眼条件

このプロジェクトでは一貫して、違和感なく自然に長時間観察しても疲れない立体映像表示方式の開発を目指している。その立体映像表示方式は“超多眼条件”を満足することが必要であることをこれまでの研究で明確にしてきた。¹⁾

“超多眼条件”とは観察者のそれぞれの眼の瞳に複数の少しだけ異なる視差画像(列)が入力される条件を意味する。この条件を満足する立体映像表示をおこなえば、眼の(ピント)調節と量目の寄り眼の状態(輻輳という)が、いつも同じ位置(注視点)に合う。現実の3次元物体を見る時には、人の目はこの調節と輻輳が常に連動している。

“超多眼条件”を満たす立体像表示では、前記のことが満たされる可能性があることを、図2に示す。この条件を満たすことができる3つの立体映像表示方式について、述べる。

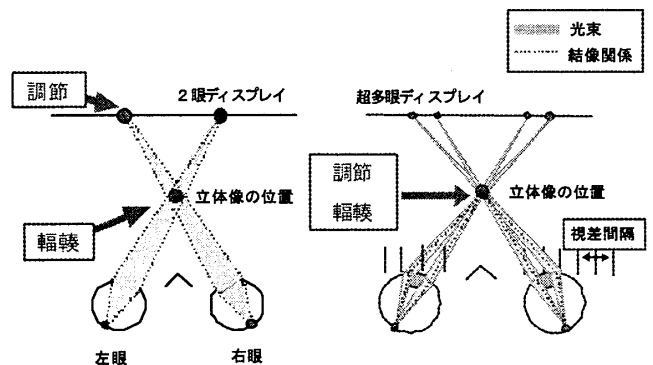


図2: “超多眼条件”を満たせば、調節と輻輳が一致する可能性があることを示す図

2.2. 投影光学系扇型配列方式 (FAPO方式)

超多眼条件を満足する表示方法として、投影光学系扇型配列による立体表示(FAPOと略)システムを開発した²⁾。ビデオカメラにより、被写体を扇形状に一定角度間隔の視差画像列を並列的に撮影し、表示系の液晶パネル(LCDと略)に表示する。そして扇形状に配列された投影光学系により、その像をビデオカメラと等しい角度間隔で凹面鏡へ投影する。小さい光源から発散された光は、コンデンサーレンズによって投影レンズに集光し、投影レン

ズにより LCD 表示画像を凹面鏡面に投影(結像)する。そして凹面鏡によって光は再び集光し、集光点(光源の像の位置)に眼を置くことによって表示像全体を見ることができる。

観察者は設定した視域内で左右眼に対応する視差画像を観察し、両眼視差により立体像を知覚する。更に両眼それぞれに複数の視差画像が入射する超多眼条件を満たせば、自然な立体像を観察できる可能性がある。30眼式のカラービデオ映像システムを試作し、視点追従の機能を加えて視域の拡大を計った。

2. 3. 視域制限スリット制御方式

テキサス・インスツルメント(株)で開発された Digital Micro-mirror Device 素子(DMD と略)面を投影レンズで拡散板上に拡大投影し、その像を第1レンズにより、第2レンズ面に結像させる。第1レンズ面に置かれた可動スリットの第2レンズによる実像面に観察者の目を置く。

この光学系をハーフミラーにより、2組を合わせることで、左右の眼で立体像を観察できる。スリットをリニアステージを用いて水平方向に移動させることで、視域を制御する。垂直方向の視域を拡大させるために、第2レンズ面にレンチキュラ板を重ねた。DMD素子照明光源としては130Wの高圧水銀灯を使用し、視域幅を水平3mm、垂直100mmにおいて100cd/m²以上の画面の明るさを得ることができた。³⁾

2. 4. 円筒型パララクスバリア走査(PLMP)方式

従来の多視点画像表示方式(多眼式)の1つとしてパララクスバリア方式がある。これは縦方向に多数のスリットが入った遮光板を通して画像を見ることにより、観察位置によって異なる画像を見せる技術である。この方式は他の多視点画像表示方式に比べて構造が単純で、レンズ等の光学素子を用いないため収差等による画質劣化の問題がないという特長がある。しかし光の回折現象による制限から超多眼表示を実現することは困難であった。

当プロジェクトではパララクスバリアと1次元の光源アレイを走査することによってこの問題を解決する方式を提案し、この技術を用いた全周型立体ディスプレイシステムを開発した。⁴⁾これは円筒形状であるため周囲360°から観察できるという特長も併せ持つ。

3. 多視点画像の撮像および高速処理技術の研究開発

三次元の空間を様々な方向から観察できるように記録するには、多眼カメラによる撮像が適している。多眼カメラとして、100台程度のカメラを角度0.5度程度の細かな刻みで密に並べて三次元空間を忠実に記録することも考えられるが、実用性を考えると10~20台程度のカメラを数度程度の刻みで配置して撮像し、得られた多視点画像を高速に視差補間処理する構成が現実的である。

このことを念頭に、数度程度の刻みで配置した多眼カメラの映像を高速に補間処理し、立体ディスプレイに伝送する技術の研究を行った。具体的研究・開発項目は、
ア 多眼カメラによる多視点動画の撮像技術
イ リアルタイム視差補間・視点変換技術
ウ 多視点動画の伝送技術

である。このうち、特にイ、ウについては名古屋大学谷本研究室に研究協力を依頼し、処理のアルゴリズムなどは並行して行われる同研究室の研究成果を採用し、当

プロジェクトでは多眼カメラ・高速データ処理装置・立体ディスプレイなどからなる立体テレビジョンシステムを実現した。⁵⁾

4. 自然な三次元画像の実現に向けた人間の立体視覚研究

超多眼領域の多視点画像による立体テレビジョンは、従来の立体メガネ方式、両眼ステレオ方式とは抜本的に異なる表示方式であるため、視差の刻みなどのパラメータが視聴者に与える影響には未知な部分が多い。

本研究開発テーマでは、立体像と視聴者の立体視覚、生体反応、心理特性との関係を調べ、立体ディスプレイの設計や情報処理の際の画像劣化に対する指針を得ることを目標とした研究開発を行うと同時に、今後の情報通信社会の発展を見据えて、高度三次元動画像に対する画像評価技術の確立を目指した研究を行った。具体的には、
ア 多視点画像による立体ディスプレイの視覚特性
イ 三次元画像に対する生体反応とその計測技術
ウ 三次元画像に対する心理特性
エ 投影光学系扇形配列(FAPO)立体ディスプレイにおける調節・輻輳反応

エの実験では、刺激はジューメンスター(円形放射状の視標)を上下に分離したものをを用いた。その結果、超多眼条件を満足する立体像表示システムは、調節と服装が連動し、三次元実物体の観察に近く、観察者にやさしいことが、明確になった。

5. 研究全体の関連

研究開発を進める上で、前述の3つのテーマ①②③について、半ば独立的に研究・開発し、プロジェクトの後半では、これら3つの研究・開発を有機的に関連づけた。

即ち、①で開発した立体像表示装置に実際に立体像を表示し、それを観察した場合、③で開発した眼の制御状態の計測・解析システムを用いて観察者の眼の制御状態を計測することにより、その立体像表示方式はどの程度自然に長時間観察できるかを予測する研究をおこなった。また①と②を接続することにより、観察者が主に左右方向へ移動した場合、その観察者の動きに伴い、表示装置に表示する画像を眼の位置の移動に伴って変えていくシステムを開発した。

関連ある外部発表のリスト(参考文献)

- 1) Y. Kajiki, H. Yoshikawa, T. Honda, Ocular accommodation by Super Multi-view stereogram and 45-view stereoscopic Display, Proc. of 3-rd International Display Workshop (IDW'96), vol. 2, p. 489-492(1996)
- 2) 下松雅也、本田捷夫、投影光学系扇形配列による立体映像表示装置(FAPO)の開発、3次元画像コンファレンス'02予稿集、p. 81-84(2002)
- 3) 今井浩、稲垣隆二、本田捷夫、視点追従型超狭視差ピッチ立体ディスプレイシステムの開発、3次元画像コンファレンス'02予稿集、p. 77-80(2002)
- 4) 圓道知博、本田捷夫、全周型3次元動画ディスプレイカラー動画表示システム一、3次元画像コンファレンス'02予稿集、p. 89-92(2002)
- 5) 浜口忠彦、藤井俊彰、本田捷夫、超多眼ディスプレイに向けたリアルタイム視差補間システム一処理の実装と評価一、3次元画像コンファレンス'02予稿集、p. 129-132(2002)