

実世界情報システムプロジェクト～バーチャルリアリティ研究グループ～
空間型相互トレイグジスタンスルームの構築

舘 暲 川上直樹

情報理工学系研究科システム情報学専攻

概要

実世界と計算機内の情報世界の高度な融合を実現する画像提示技術として再帰性投影技術(RPT: Retro-reflective Projection Technologies)を提案し、これを実現する頭部搭載型プロジェクタ(HMP: Head-Mounted Projector)を開発した。

1 はじめに

近年の情報技術の発展に伴い、たとえ互いに遠く離れていても、あたかも時間と空間を共有するかのように出会ったり、会話したりといったコミュニケーションを可能にする「相互トレイグジスタンス」技術の実現の必要性が高まっている。我々は「空間型相互トレイグジスタンス」の実現のためのシステム構築について研究を進めている。現在、この概念の実現のため TWISTER (Telexistence Wideangle Immersive STERoscope : トレイグジスタンス広角没入型立体提示装置)と呼ぶ装置を開発している。本年度、その最新版である TWISTER IV を設計・製作した。第2章でその詳細を論じる。また、TWISTER と双対な光線再現型ディスプレイ SeeLinder を試作したのでこれを第3章で論じる。また、これらのディスプレイに代表される全周囲型のディスプレイ機器に表示する立体実画像を撮影するための全周囲型立体カメラについて第4章で論じる。

2 全周囲型立体ディスプレイ TWISTER IV

2.1 概略

我々は以前に円筒ブース型のデバイス(TWISTER: Telexistence Wide-angle Immersive STEReoscope) 試作3号機(TWISTER III)を開発し、三次元映像の提示を実現している。TWISTER の三次元映像提示においては、我々の提案する「回転型パララクスバリア」と呼ばれる手法を採用している。この手法により (1)水平方向 360 度の領域

に映像を提示(2)裸眼立体視可能、という 2 つの技術的特長を同時に満たす新規なディスプレイを構成する。裸眼と広画角を同時に満たすことで、コミュニケーションにおいて、非常に高い臨場感を提示できるディスプレイとなった。

試作と検討の結果、良好な立体視を行うには提示面までの距離が 1m 以上必要である(TWISTER III は 80cm)、回転速度が 500deg/s 以下であると、人間の眼球運動のひとつであるサッカードの影響が生じ画像が乱れて観察されるため、500deg/s 以上の回転速度 (TWISTER III は 360deg/s) が必要である、等数多くの設計上の指針が初めて明らかとなった。

これらの新たな知見を基に、更なる高解像度化を測った次世代試作機として TWISTER IV (図1)を試作した。本機では先に挙げた問題点を改善するため提示面の半径を広げ大型化を図り、画像の安定性を増すため回転速度を上げた。また、提示部の部品の見直しにより解像度を水平約 1.7 倍、垂直約 2.3 倍に向上させた。また、より滑らかな映像を提示するためフレームレートを 60fps(2倍)に、階調を 8bit から 10bit に向上させた。また、撮像系を搭載することで同時に提示と撮影を可能とした。

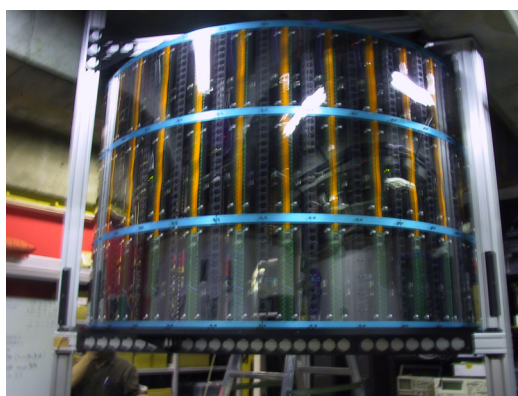


図1 TWISTER IV の概観

2. 2 提示系

TWISTER IV の提示系は2本のLEDアレイと1本のパララクスバリアからなる提示ユニット 36 組を円筒状に配置し、50rpm（目標値：100rpm）で駆動できるように実装した。入力信号は UXGA（DVI）2本で、それぞれ右目用、左目用の映像に対応している。TWISTER IV および TWISTER III 提示系のスペック比較（表 1）と、TWISTER IV による提示映像（図 2）を以下に示す。

表 1 TWISTER IV, TWISTER III 提示系スペック

	TWISTER III	TWISTER IV
全周画素数	1920 pixel	3200 pixel
垂直画素数	256 pixel	600 pixel
画素ピッチ	約 3.8 mm	約 2.0 mm
階調	8bit 256 階調	10bit 1024 階調
フレームレート	30fps	30fps (60fps)
入力信号	NTSC x 8	UXGA (DVI) x 2
提示半径	800mm	1000mm
筐体回転速度	60rpm	50rpm (100rpm)

※ 括弧内は目標値



図 2 TWISTER IV による提示映像

2. 3 撮像系

TWISTER IV では回転する複数カメラのシャッタタイミングを制御して映像を出力し、ユーザまわり 360 度任意の方向からユーザ映像を取得する撮

像系が実装されている。回転速度が毎秒 N 回転でカメラ 1 台の場合、この方式で得られる映像のフレームレートは N (fps) となるが、カメラ台数を増やして出力映像信号を結合することで、フレームレートを増やすことが可能である。本システムではカメラ (Pointgrey 社製 Dragonfly, 解像度: VGA, IEEE1394b インタフェース) 18 台を 1 セットとして、ステレオ映像を撮影するために 2 セットのカメラ群を搭載した。(図 3 参照)

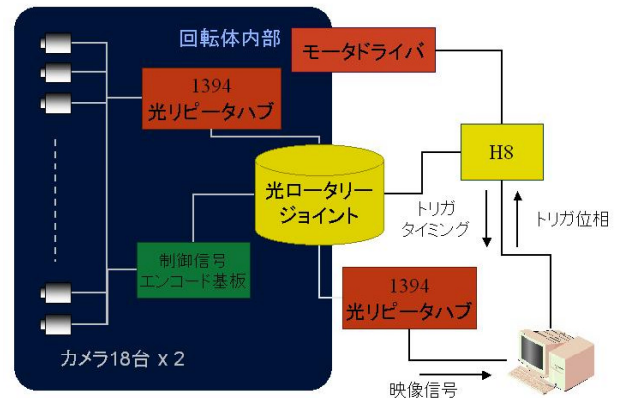


図 3 TWISTER IV 撮像系のブロック図

また、リピータハブによって各カメラの映像出力は 1 本の信号にまとめて、さらに電気信号から光信号に変換することで、回転体内部の各カメラから回転体外部の映像合成用 PC へ映像信号を伝送した。一方、映像合成用 PC から、エンコーダ出力を監視する。ワンボードマイコン H8 を介して各カメラのシャッタタイミングを制御した。

この結果、約 7.5fps のリアルタイム映像を取得することができた (図 4)。なお、各カメラのキャリブレーションは水平・垂直方向の画像の平行移動のみによって実装した。

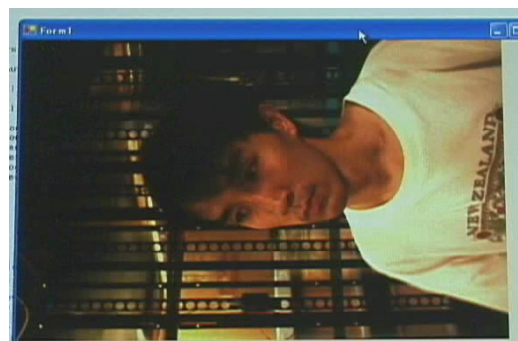


図 4 撮影された映像
(カメラは 90 度回転して取り付けられている)

TWISTER IV では、回転体の内外で広帯域のデータを通信しているが、本システムでは信号として光を用いた。特に回転接続部分において、従来のシステムでは金属のスリップリングを用いていたため信号の劣化が激しかったが、本システムでは光ロータリージョイント（日立電線製、12ch）を用いることで、回転体内外のデータ通信帯域を大幅に向上させた。

TWISTER IV では、12ch の信号線のうち、8ch を DVI 信号 2 本に用い、4ch を IEEE1394 信号 2 本に用いている。

TWISTER IV 撮像系の各カメラは、提示系の LED アレイの間に配置しているため、提示系に干渉せずにユーザの映像を正面から撮影することができる。また、TWISTER IV 提示系は裸眼のユーザに対してステレオ映像を提示するため、IPT 型や HMD 型のディスプレイシステムのようにユーザの顔面を眼鏡などが覆うことがない。この 2 つの特徴から、TWISTER 間でのコミュニケーションでは、視線と視線の一致した臨場感の高いコミュニケーションが期待できる。

また、非匿名性を重視するレイグジスタンスロボットのコックピットとしても有用である。操作者に対して臨場感ある映像を提示すると同時に、ロボットの周囲にいる人々に自然な形で操作者の映像を提示することが期待される。

現在の撮像系では光ロータリージョイントのチャンネル数の制約から、36 台のカメラの出力を 2 本の信号にまとめて伝送しているが、WDM（波長分割多重）を用いてより多くの信号を回転体外部に出力することで、36 台のカメラの同時撮影も可能になる。すると、次章で論じる SeeLINDER のような多眼立体ディスプレイに映像を提示するための撮像デバイスとしても期待できる。

3. 光線再現型ディスプレイ SeeLinder

本年度、前述の TWISTER と逆の構造を持つディスプレイ・システムとして SeeLINDER を開発した（図 5）。円筒形のパララクスバリアを用い、その内側で高速変調可能な 1 次元の光源アレイを回転させることによって、全周方向から立体像を観察できる方式である。さらに光源アレイと逆方向に円筒パララクスバリアを回転させることによって、従来の多眼式表示技術に比して細かい視差

間隔で画像を表示できるという特長があり、観察者が移動した場合の像の見え方の変化（運動視差）がなめらかに再現できる。（図 6）



図 5 SeeLinder概観

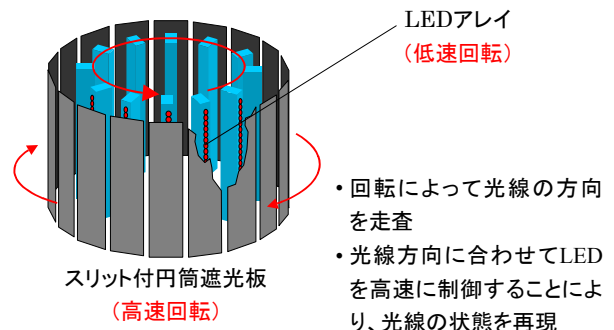


図 6 SeeLinderの構造

この方式は、まさに前述の TWISTER の内と外が逆になった双対構造であり、いわば逆 TWISTER ともいえる構造である。立体像の一例として人物頭部の実写画像を Fig. 2 に示す。このように前後左右から視点に対応した画像が観察される。実際に画像を見た印象としては、頭を静止した状態でも従来の立体ディスプレイと同様に両眼視差の効果によって立体的に見えるが、頭を左右に動かしながら観察すると運動視差の効果加わり、さらにははっきりとした立体感が感じられる。（図 7）



図7 さまざまな方向から観察

4. 全周型立体カメラ

TWISTERに代表される全周型ディスプレイ機器に表示する立体実画像を撮影するための全周型立体カメラの開発を行った。既存の立体映像用のカメラはある1方向の立体画像の撮影は可能であるが、全周囲の立体画像を撮影するには2台のカメラが互いにもう一方の視野の一部分を遮蔽しあってしまう問題を解決しなくてはならない。本システムは、この問題を無偏光ビームスプリッタと双曲面ミラー光学系によって解決している。(図8)また、光学系の影響で、垂直なシーンがまっすぐに写らないという現象が見られたため、これを補正した。補正は、出力された画像に対し、その垂直方向の仰角によって、水平方向にシフトするという方法で行った。この幾何補正の効果を図9に示す。

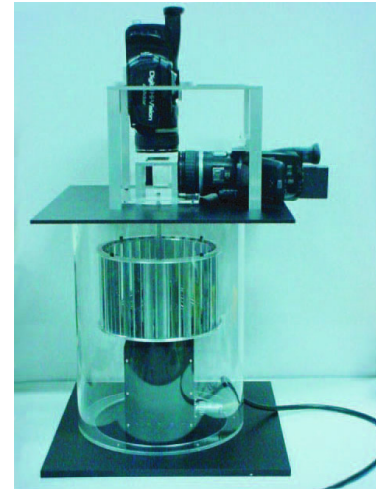
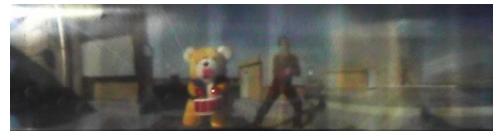


図8 全周型立体カメラ

幾何補正前



幾何補正後

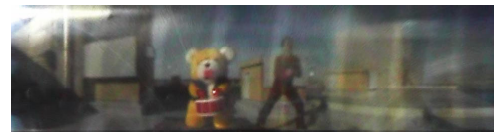


図9 全周立体画像

5. まとめ

一昨年度は全周型の没入型高臨場感ディスプレイ TWISTER III を試作し、昨年度は実世界と情報世界の融合に適した HMP を試作した。本年度は TWISTER III の改良版である TWISTER IV や光線再生型立体ディスプレイ SeeLinder およびこれらの装置で全周実写画像を提示するために必要な全集型立体カメラを試作した。

来年度以降はこれらのディスプレイの改良を続けるとともに、これらを用いた実世界と情報世界の融合技術の研究やアプリケーションの開発を行い、最終的な研究の完了を目指す。

参考文献

- [1] Susumu Tachi(Ed.): Telecommunication, Tele-immersion and Telexistence, ISBN 4-274-90586-1 Ohmsha(2003)