

## 論文の内容の要旨

論文題目 全周囲裸眼立体提示撮像システムを用いた空間共有に関する研究

氏名 林 淳哉

本論文は、TWISTER (Telexistence Wide-angle Immersive STEReoscope) という全周囲裸眼立体提示撮像システムの設計・製作と、TWISTER を用いた通信システムの構築について述べたものである。

### 研究の背景

研究の背景として、相互レイグジスタンスという概念が挙げられる。互いに遠隔地にいるユーザ同士があたかも目の前にいるかのようにコミュニケーションを行うためには、臨場感の高いディスプレイシステムと、あらゆる方向から利用者を撮影する撮像機能が不可欠である。本研究で扱う TWISTER は、立体没入映像を提示するディスプレイ性能と、利用者を全周から撮影する撮像機能をあわせ持っており、相互レイグジスタンスを実現するデバイスとして有効である。

また、TWISTER の持つ裸眼立体視という特徴は撮像の面からも有効であり、特殊なデバイスをつけていない利用者を撮影することで、コミュニケーションの質を上げられると考えられる。

### 映像提示の原理

TWISTER の形状は人が入れるほどの大きさの円筒であり、ディスプレイ部は円筒状に配置された複数の LED アレイからなる。LED アレイを高速に動かしながら通過点に応じた点灯パターンを提示することによって、1次元 LED アレイの残像が、2次元映像として利用者に知覚される。なお、LED の輝度は十分大きいため、高速走査をしても十分な輝度で画像を提示することができる。

LED アレイの高速走査に加え、TWISTER では回転型パラクスバリアという原理によって利用者の右目と左目に異なる映像を提示している(図1)。また、TWISTER の提示ユニットは2本の LED アレイと幅数 cm 程度の遮光板(パラクスバリアと呼ぶ)からなり、LED アレイとパラクスバリアのエッジによって構成される平面は円筒型回転部の中心軸を含むような配置に設計されている。そのため、機構の中心に立った利用者が正面方向の提示ユニットを見たとき、パラクスバリアによる遮光効果によって、右目からは右側の LED アレイだけが見え、左目からは左側の LED アレイだけが見える。この状態を保ったまま、複数の提示ユニットを利用者の周りで高速移動させることで、利用者の右目と左目に別々の全周映像を提示し、利用者はステレオ映像を見ること

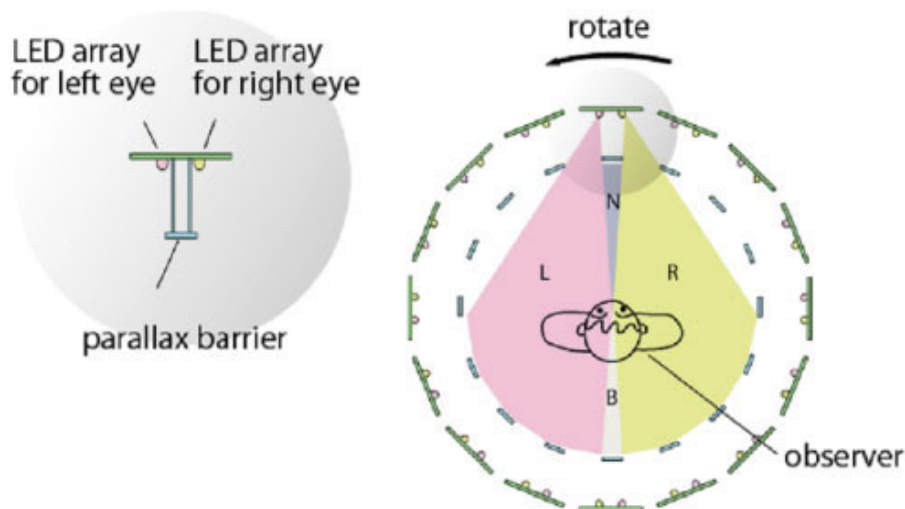


図 1 回転型パララクスバリア

ができる。

### 映像撮影の原理

TWISTER では、提示ユニットである LED アレイの配置が疎であるため、その間にカメラを配置してユーザ周りを高速周回させることができる。

図 2 に示すように、被写体を周回する 1 台のカメラのシャッタタイミングを制御すると、被写体周り 360 度、任意の位置から被写体を撮影することができる。このとき、得られる映像のフレームレートは周回周期と一致し、1 周あたり 1 フレームの映像が、任意に指定された特定地点から得られることになる。TWISTER の撮像系では実際には複数台のカメラが搭載されているため、ユーザの全周から数十 fps で撮像することが可能である。



図 2 映像撮影の原理

## TWISTER IV および V の設計と製作

従来の TWISTER III の後継機として、TWISTER IV および V を設計・製作した。TWISTER IV および V の発光素子に従来の約半分の大きさ(1.6mm x 1.5mm)の 3 色 LED を用い、通信部に光通信を導入することで、ディスプレイとしての性能が飛躍的に上がった。また、回転部の回転速度も従来の約 1.0rps から 1.66rps へと上げることで、これまでに課題だったフリッカーや眼の疲れ、立体視の困難さをかなりの部分改善した。さらに、提示ユニットの間にカメラを配置して利用者を周回させることで、全周から利用者を撮影する枠組みを導入した。

製作された TWISTER IV および TWISTER V の全体像は、図 3 に示したとおりである。

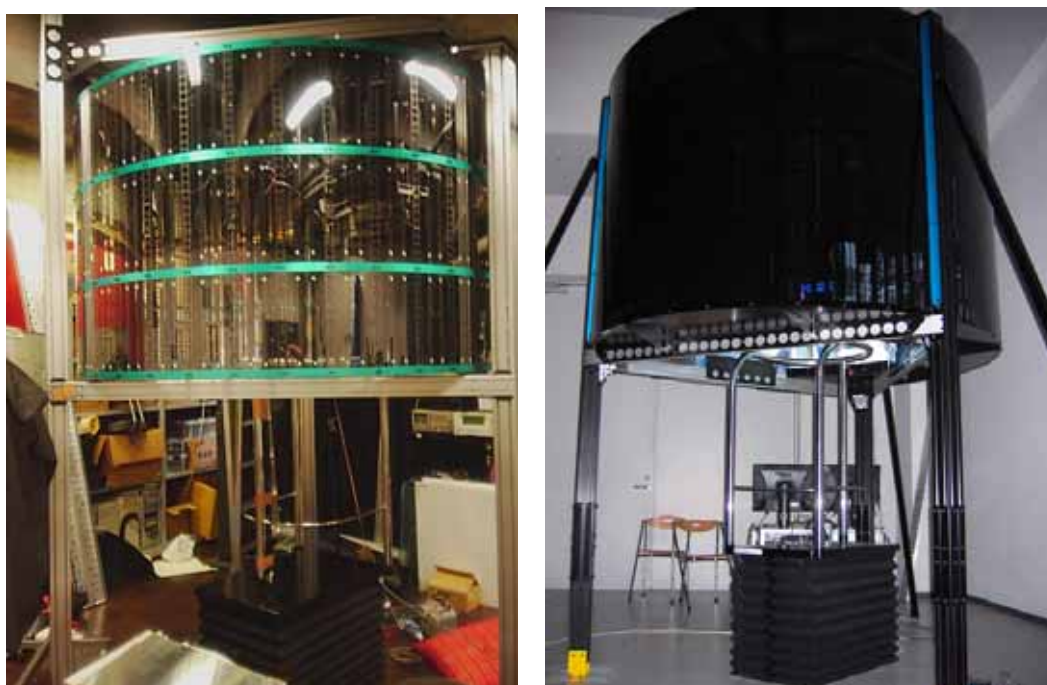


図 3 TWISTER IV (左図) と TWISTER V (右図)

## TWISTER に映像を提示するためのレンダリング手法

主に映像生成の側面から TWISTER の提示系に付随する問題に取り組み、TWISTER で実際に提示した映像について評価した。

一般に、2 眼の立体ディスプレイにおいては、ユーザに対して自然な立体映像を提示するために、ユーザの視点位置を限定、もしくは測定する。しかし、ユーザ視点位置の取得(または限定)は、ユーザ・デバイスの双方にとって負荷が大きいため、視点位置の取得を伴わない立体映像提示方法があれば、それなりの用途がある。TWISTER の場合、ユーザが立体視をするために、頭部位置をデバイス中心付近に置く必要があるが、少な

くとも見回し運動に関しては、以下の手法で提示することが出来る。

デバイスの中心軸を軸として、ユーザの頭部をバーチャルに回転させる。このとき、各頭部位置において、ユーザの正面方向の情報のみを取得し、これらをつなぎ合わせたものを、全周の描画映像とする。このようにして得られた画像は、ユーザの見回し運動時の各ユーザの頭部位置において、少なくとも正面方向については、確からしいものとなる。真正面以外の画像情報は近似であるが、本来提示されるべき画像に近いものなので、ユーザはこれらの画像をもとに立体視をすることができる。

本論文では、レンダリングに対するこの2つのアプローチを円筒座標系を用いて数学的に解き、描画手法として確立した。また、理論を元に TWISTER に対して映像を提示した。提示映像の例を図4に示す。

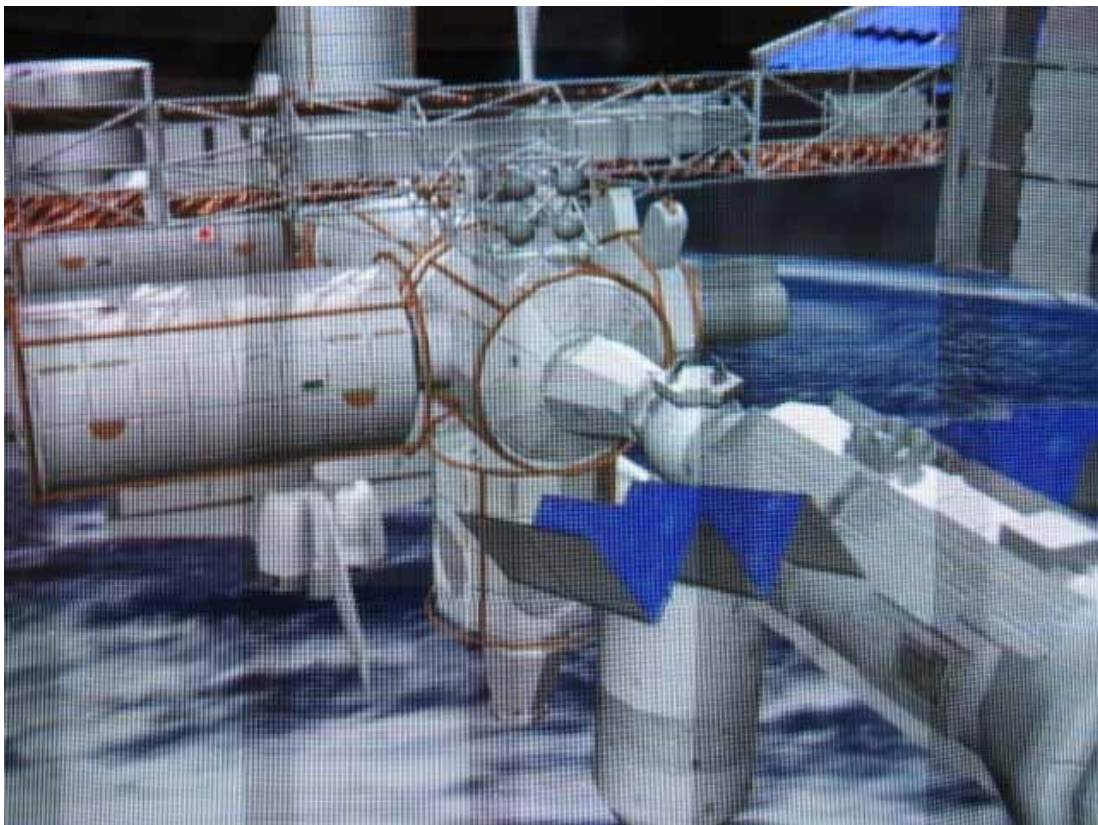


図4 TWISTER V での提示映像

#### **TWISTER を用いたユーザの全周撮影**

TWISTER というハードウェアを活かし、いかに全周撮像を実現するかについて実験を交えて述べた。また、ユーザの周りをカメラが周回する TWISTER 撮像系と等価

な被写体回転系を構築し、大掛かりなシステムに撮像機能を組み込む前の予備実験を行った。TWISTER ではカメラが被写体の周りを周回するが、逆にカメラを固定して被写体を回転させることで、TWISTER と同じ状況をより安価にシミュレートした。

また、自由視点映像の合成に関しては、現在の TWISTER のスペックでは実現できないものの、TWISTER の撮像機能の自然な発展として、多視点映像の取得と合成について議論した。また実験として、12 台のカメラを制御して、1 台ないし 2 台のバーチャルカメラ生成を実現している現在の TWISTER V の構成について述べた。

### TWISTER 間の通信

提示と撮像という TWISTER の 2 つの機能を活かした通信アプリケーションについて述べた。通信に関する研究は、TWISTER 本体の個体数が少ないことから、まずは TWISTER 一台で完結するアプリケーションとして、バーチャルミラーを実装した。また、TWISTER IV と TWISTER V の間での通信についても設計し、相互テレイグジスタンスの実現への道筋を示した。

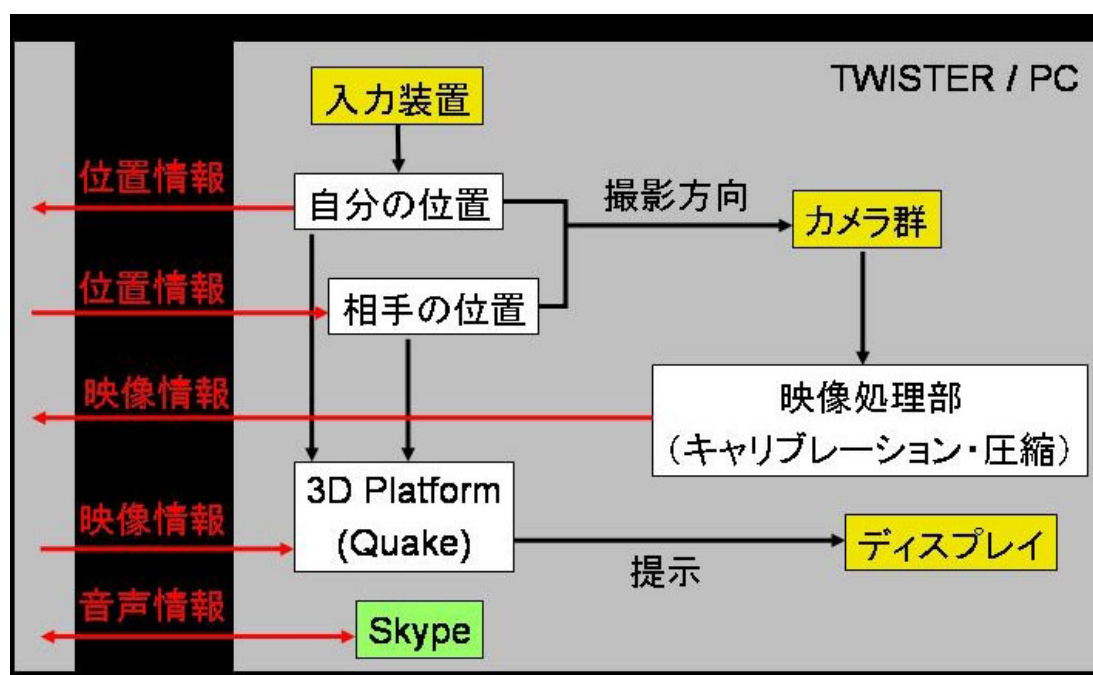


図 5 相互通信システムの設計

### まとめ

TWISTER IV および V という全周型裸眼立体提示撮像システムを構築し、その提示機能と撮像機能を評価した。また、TWISTER 間の通信の道筋をつけた。