

全周型立体表示装置

TWISTER V

概要説明書



株式会社 川渕機械技術研究所

[! 注意]

TWISTER V は，戦略的かつ創造的な研究者向けの最先端実験システムであり，前例や類例のないプロトタイプとして製作されております．設計と施工には細心の注意を払いましたが，本機の開発において耐久試験や破壊試験はなされておきませんので，壊れ易い箇所が存在する恐れや，一旦壊れると修理がとても困難な箇所を有します．つきましては，本機を使用する際は慎重なオペレートをして，極力損傷を招かぬようにお願いします．また，オペレータは良きも悪きも含めた本機の特徴・特性を把握することに努め，問題の早期発見に備えてください．

1 TWISTER V とは

TWISTER V(以後、本機と呼ぶ)は、東京大学 館研究室(<http://tachilab.org/>)が提唱する「回転型パララクスバリアによる没入立体画像提示方式」を実現する装置です。直径 2m の高速回転する円筒(以後、回転体と呼ぶ)の中心に立つ搭乗者に対して、特殊なメガネなどを搭乗者に付けさせることを必要とせずに、全周囲の立体映像を提示することができます。同時に、その搭乗者を全周囲から見た立体映像を撮影して、その画像を外部へ取り出すことが可能です。その主な特徴は以下の通りです。

- 直径 2m 高さ 1.2m の回転体の内壁上に多数の超高輝度 3 原色 LED チップが配置されており、全周にわたって 3200×600 pixel のフルカラー映像を生成できます。
さらにその映像は、回転体の中心に立つ搭乗者の右目と左目がそれぞれ見るべき二つの異なる映像として 2 重に生成され、かつパララクスバリア機構(後述)によって対応する目のみへ届くようになっております。
以上より、全周囲の高精細立体映像を搭乗者に提示することができます。
- 回転体の内壁に 36 台の VGA 画質の CCD カメラが搭載されており、画像提示と同時に、搭乗者を全周囲から見た立体映像を撮影することができます。
- 回転体を安定に吊り下げる自立型やぐら機構や、安全のために回転体を搭乗者や周囲環境から隔離する内側と外側のシールド機構を具備します。

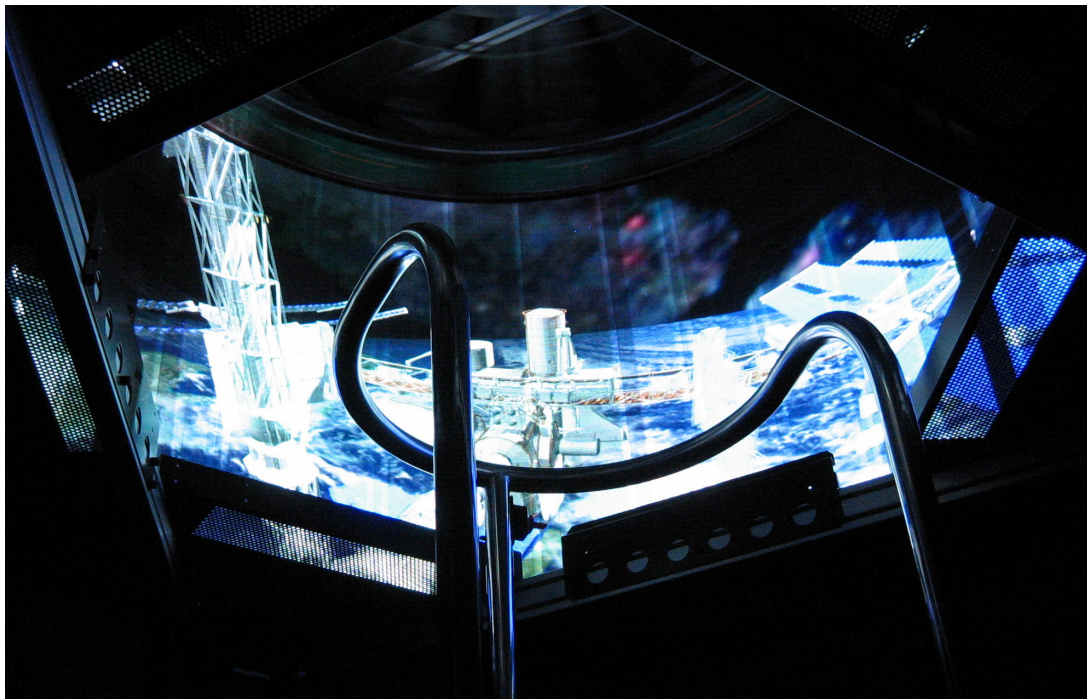


図 1 回転体内壁の全面に広がる高精細立体映像

2 基本的な原理と構造

冒頭で述べた「回転型パララクスバリアによる没入立体画像提示方式」とは、「LED アレイの走査・残像効果」によって 2 次元映像を生成し、同時に「パララクスバリア」を用いることで搭乗者の右眼と左眼に入る光線を分離して、搭乗者へ立体映像を提示する原理のことです。本機の構造はこの基本原理を忠実に実現するものであり、それを以下に説明します。（参照：<http://projects.tachilab.org/TWISTER/>）

・LED アレイの走査・残像効果による画像提示

LED などの高輝度の光源を直線状に並べて高速に動かした場合、LED アレイ自体は 1 次元であっても、光源の残像効果によって観察者の網膜上では 2 次元の画像として知覚されます。図 2 は縦に並ぶ 1 次元の LED アレイ上の各 LED チップを点滅させながら右から左方向へ高速に動かした時に 2 次元の画像が残像効果で提示される様子を表したものです。なお、搭乗者の目が LED アレイの運動を追うと残像効果が薄れるので、その移動速度および各 LED チップの輝度変化の応答性が十分に高いシステムが必要です。

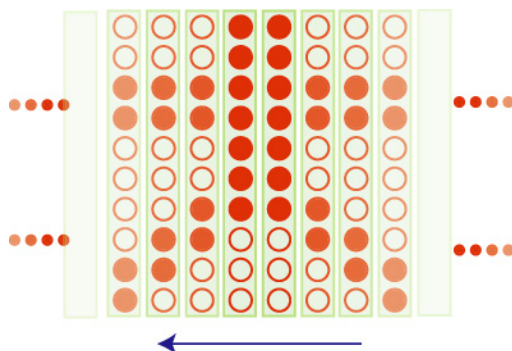


図 2 LED アレイの走査・残像効果

・回転型パララクスバリアによる光源分離

図 3 に示すように、2 本の LED アレイと黒色の遮光板(パララクスバリア)によって構成された機構を 1 組の提示ユニットとします。本機の回転体の内面には 36 組の提示ユニットが回転軸に平行かつ等間隔に配置されております。各提示ユニットにおける各 LED アレイから出た光はパララクスバリアによって遮蔽され、右目からは右側の LED アレイしか見えず、左目からは左側の LED アレイしか見えないようになっています。そこで、回転体が高速回転する状態において 2 本の LED アレイの発光を、搭乗者の右目と左目がそれぞれ見るべき視差の付いた二つの映像を生成するように制御すると、搭乗者へ全周囲の立体映像を提示できることとなります。同時に、高速に動くパララクスバリアは視認されなくなります。

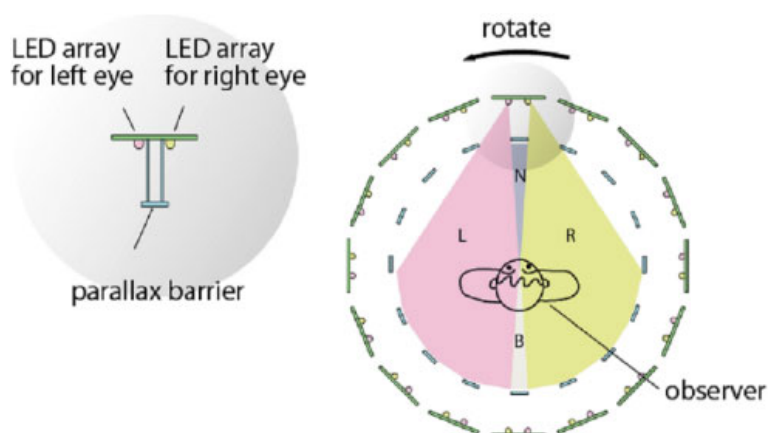


図 3 提示ユニット

本原理によると、1組の提示ユニットを超高速回転させれば立体映像提示が実現可能です。ただし現実的な制約として、遠心力や振動に対する回転機構と電装系の耐久性、LEDチップの輝度変化の応答性、LEDチップの光量、画像処理速度などの限界があるため、本機は36組の提示ユニットを用い、回転体の回転数を1.66rpsとします。

映像の縦方向の解像度は、1本のLEDアレイにおける3原色LEDチップの数と等しくなります。そこで、本機に用いられる3原色LEDチップの数は、600画素×2列×36組＝43,200個です。

・搭乗者撮影用カメラの搭載

複数のTWISTER Vを用いる遠隔コミュニケーションを実現するためには、搭乗者の立体映像の取得が欠かせません。本基本原理に基づくと、図4に示すようにLEDアレイ間にカメラを配置すれば、パララクスバリアと同様にそれは搭乗者から視認されなくなります。そこで、本機は36台のVGA画質のCCDカメラを搭載し、搭乗者を全周囲から見た立体映像を取得することができます。

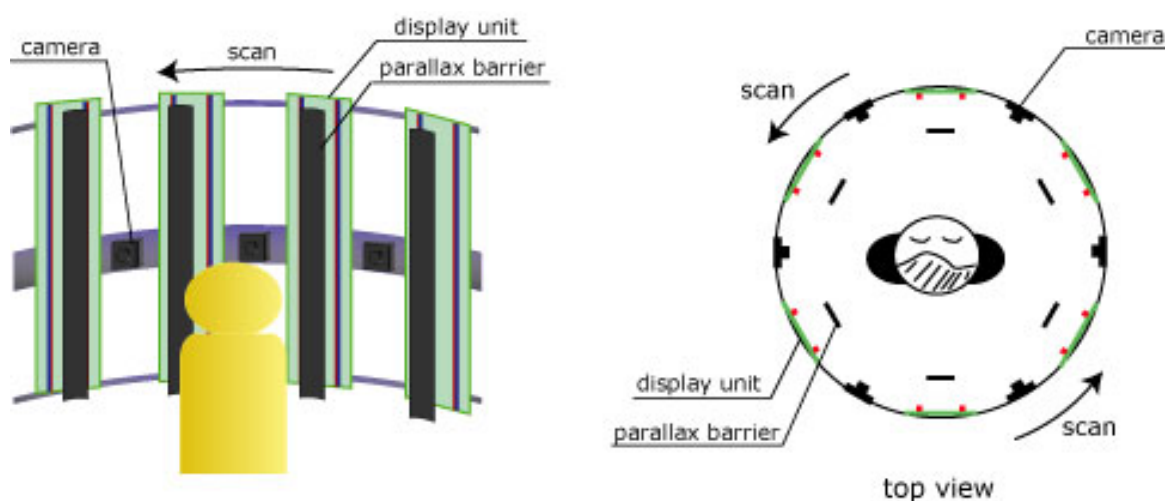


図 4 搭乗者撮影用カメラ

3 機構の全体像

本機構の全体像を図 5, 6 に示します. 昇降台は搭乗者の目線を LED アレイ高さの中間＝ CCD カメラの高さへ合わせるために用いられるものであり, その上下操作を搭乗者が単純なスイッチ操作で行うことができます. さらに, 制御装置や PC を搭載したサイドボックス (図 7) が付属します.

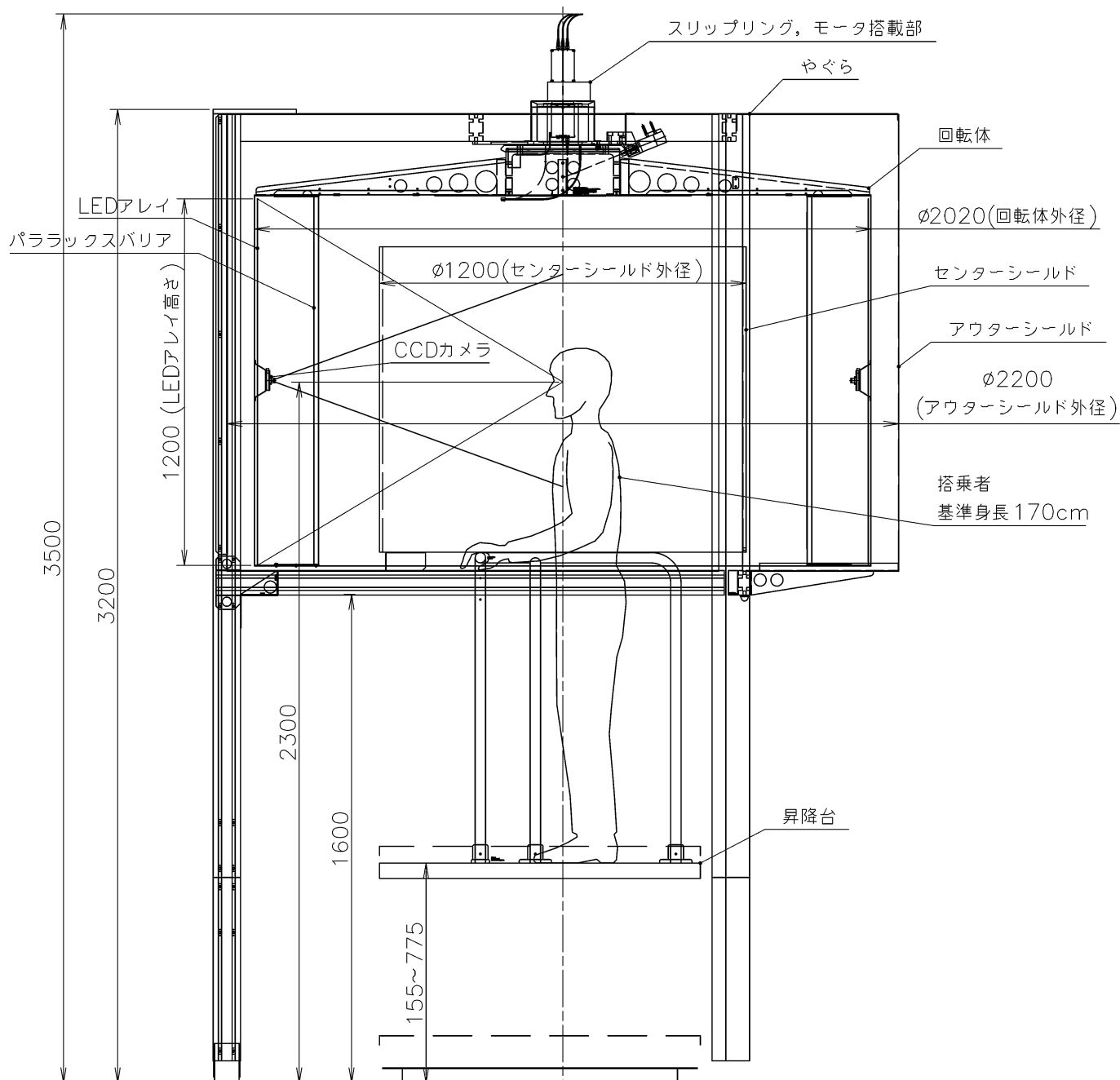


図 5 基本構造

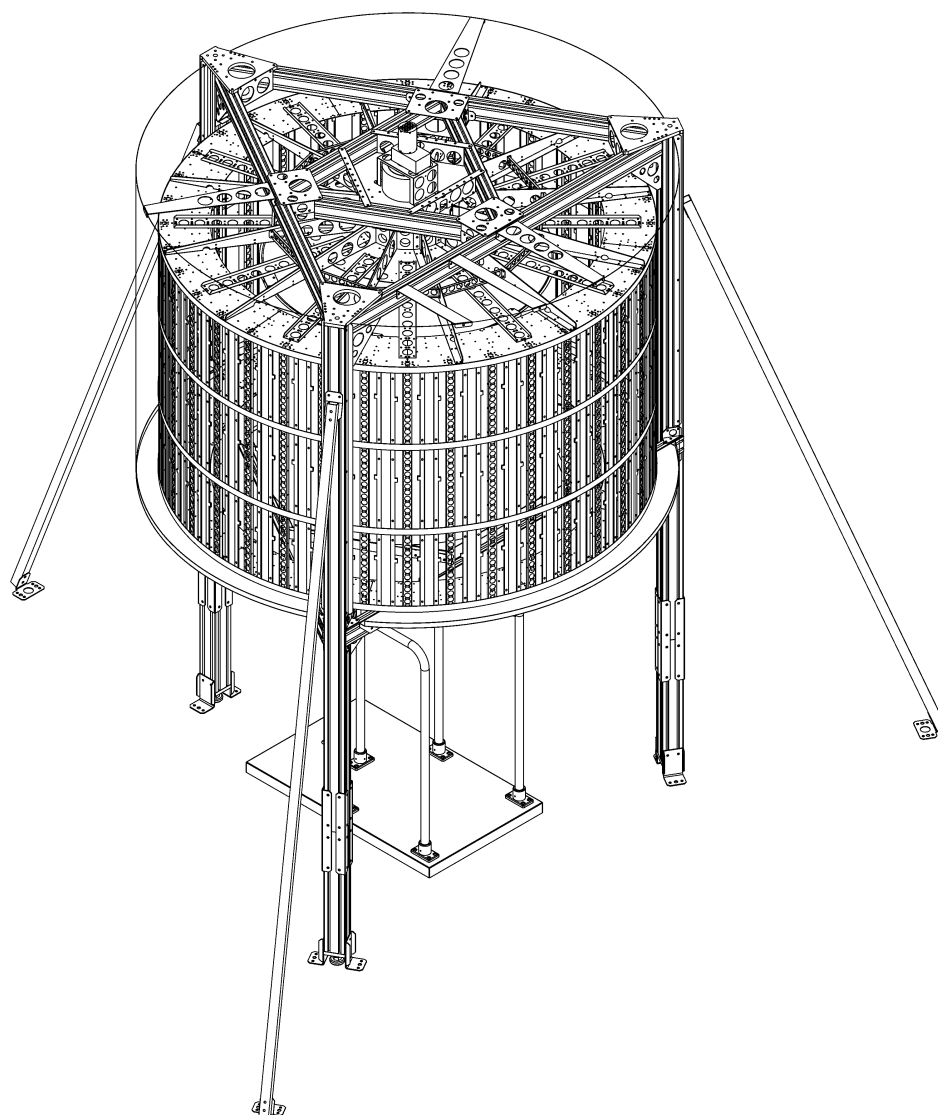


図 6 俯瞰全体像



図 7 サイドボックス

4 電装系の全体像

回転体が 1.66rps で回転すると、円筒側面における遠心力による加速度が約 10G となります。10G は一般的な電装基板や部品の耐久限界です。そこで電装基板や配線を極力小形、軽量、単純化する観点から、本機のほぼ全ての電装系は機構へピタリと勘合するように専用設計、製造されております。

回転体内部の主要な電装系を模式的に図 8 へに示します。提示ユニット 36 列と CCD カメラ 36 台は回転体の内壁に付けられます。回転体の天井中心にスリップリングがあるので、そこに画像処理の要となる[画像分配基板 A]が配置されます。画像分配基板 A の最大の役割は、スリップリングを経て外の PC から送られてくる DVI 信号の画像をフレームメモリ上へ展開し、そこから LED アレイの縦 1 列に表示されるべき画像を切り出して送出することです(図 9 参照)。その画像信号は回転体の天井を放射線状に広がる配線により、各提示ユニットへ伝達されます。配線実装の都合から、途中に[画像分配基板 B]が配置されます。

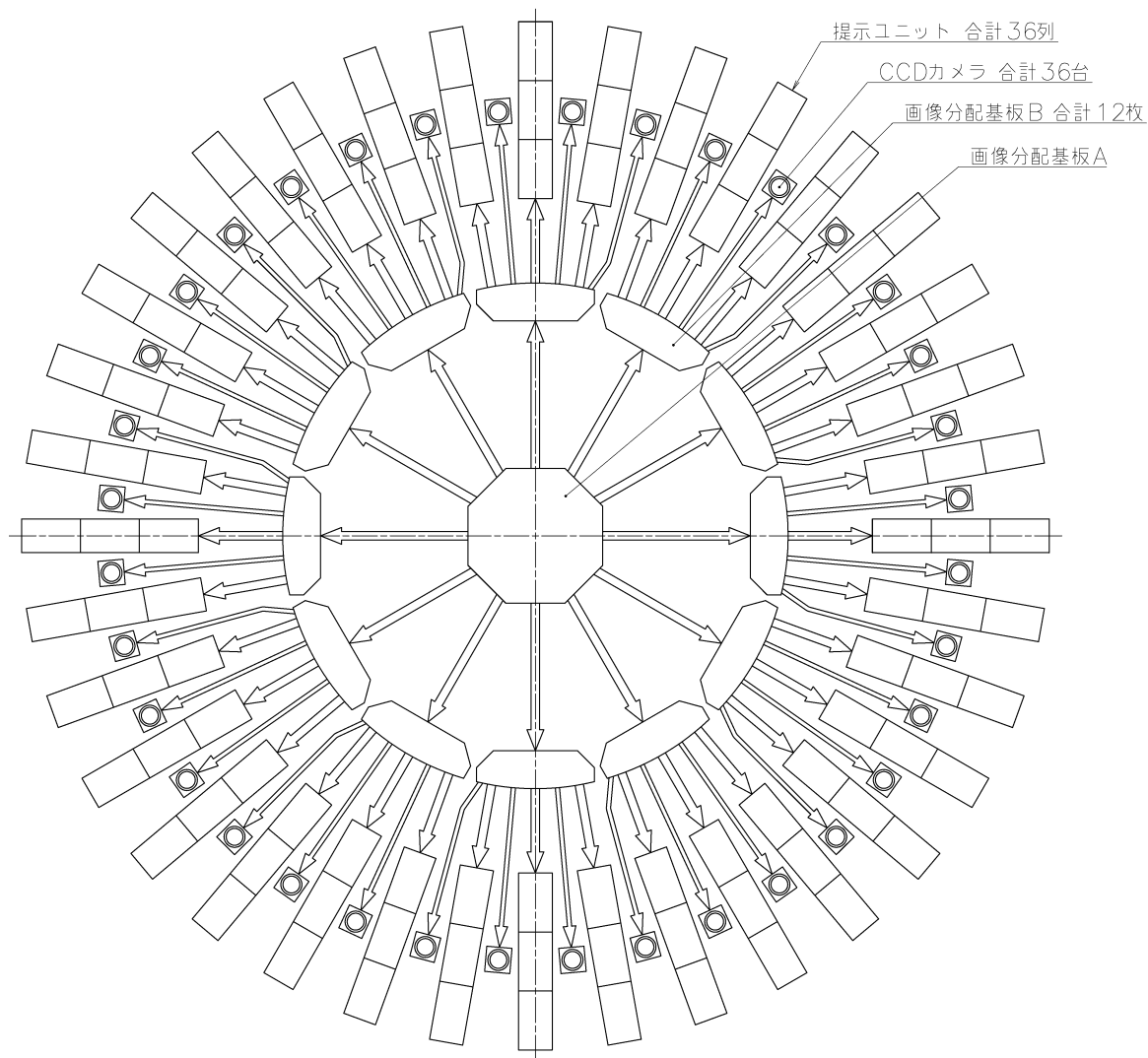
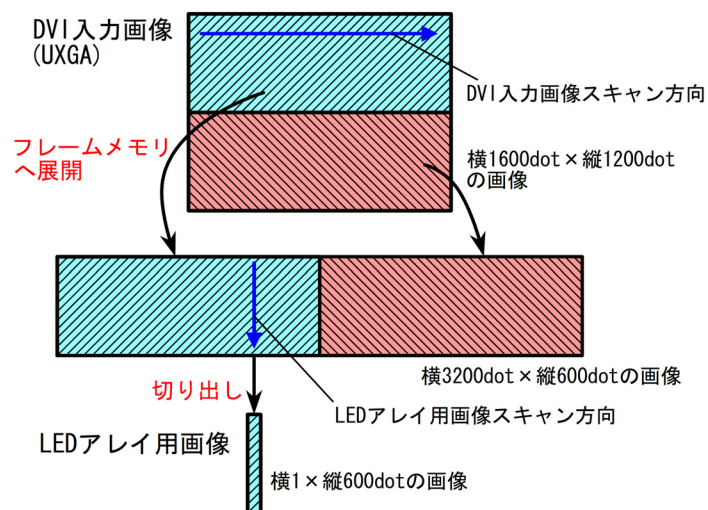


図 8 主要電装系の展開図



回転体内部から見た基板や配線の実際の状態を図 11, 12 に示します。

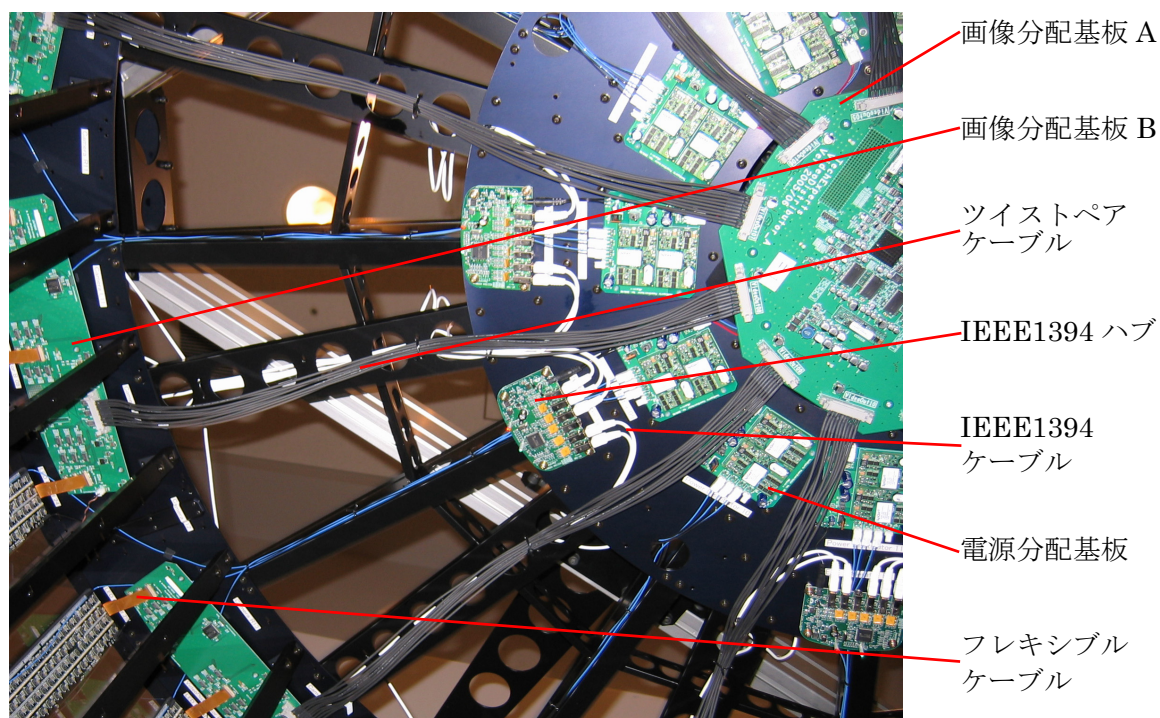


図 11 回転体天井の電装系

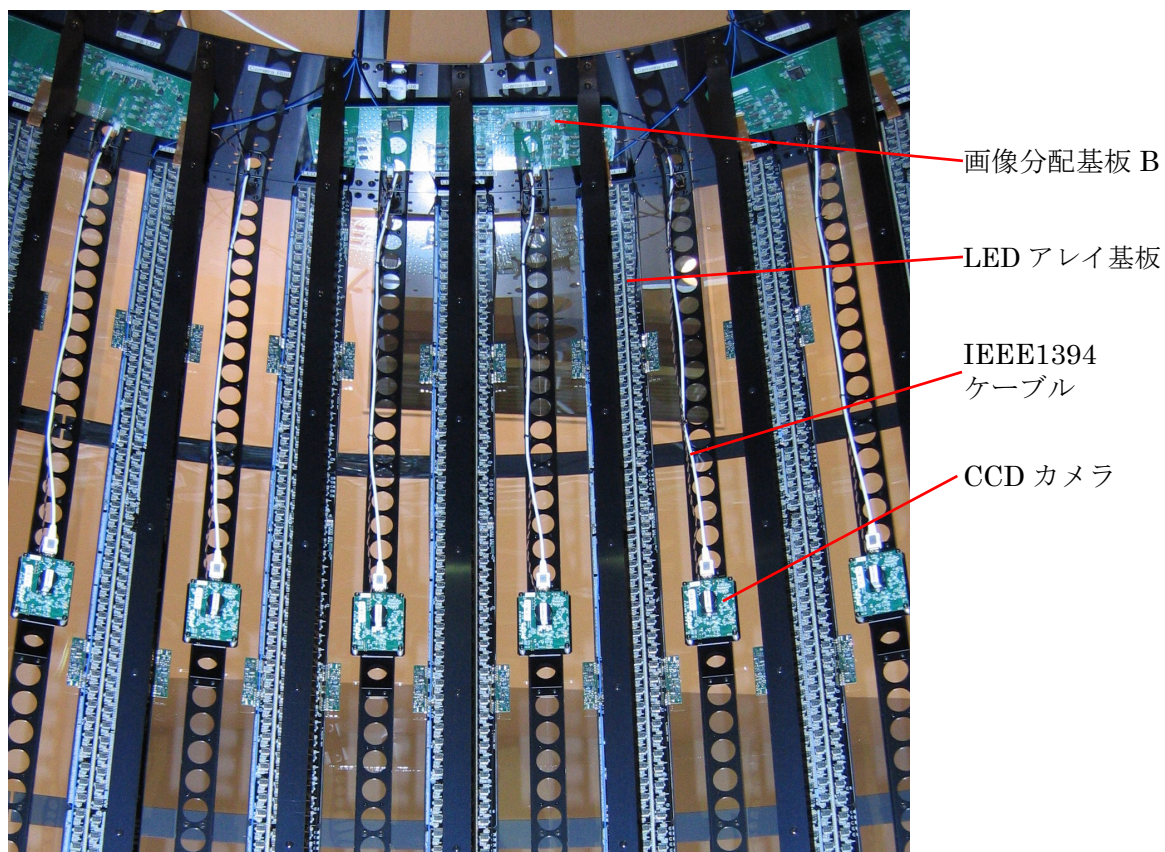


図 12 回転体内壁の電装系

1 列の提示ユニットは、図 13 に示される[LED アレイ基板]を縦に三つ連結して構成されます。1 枚の LED アレイ基板には、ピッチ 2mm で 200 個×2 列の 3 原色 LED チップが搭載されます。連結される基板間における LED チップのピッチも正規の 2mm となるように、それは基板の端ギリギリまで付いておりますので**扱いに注意**してください(図 14 参照)。

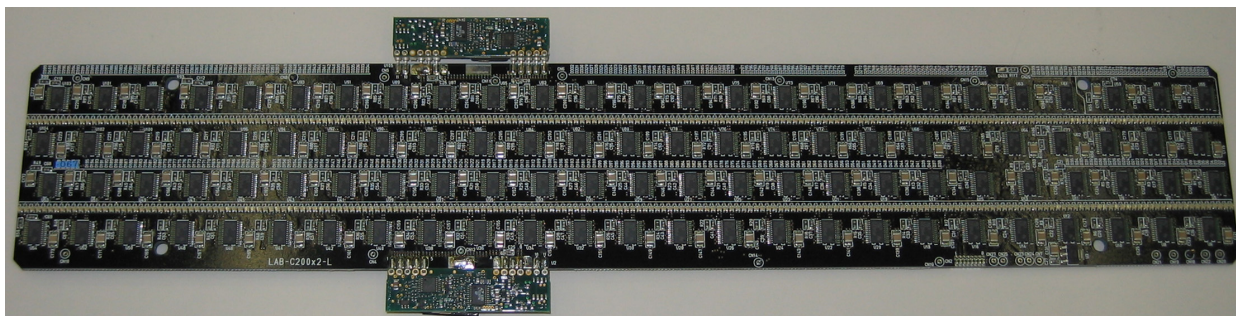


図 13 LED アレイ基板 (400mm×70mm)

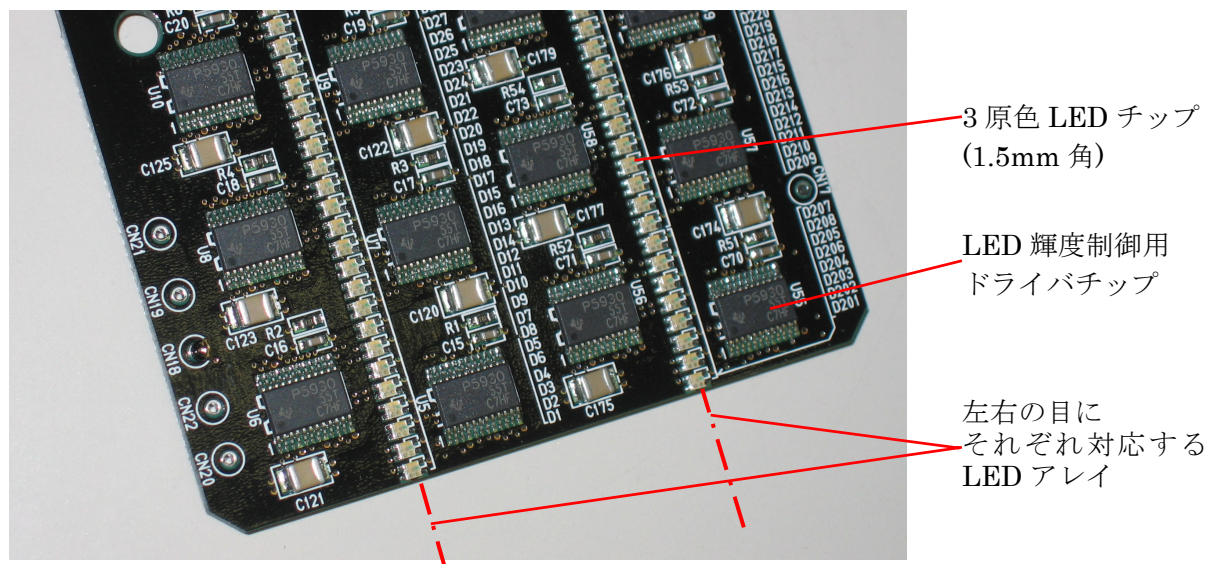


図 14 LED チップの搭載状態

搭乗者を撮影するために搭載された 36 台の CCD カメラは、一つ置きに右目もしくは左目に対応する画像を撮るものです。各 CCD カメラの出力は IEEE1394 信号であり、右目系列および左目系列のカメラから出力される信号が IEEE1394 ハブによって一つずつの IEEE1394 信号まとめられ、スリップリングを経て回転体の外部に取り出されます。

主な電装基板の詳細は、以下の別紙カタログをご覧ください。

- [画像分配基板 A] 高解像度ビデオ信号集中分配システム
[TEX-VideoDistributionCenter – UXGA×2]
- [画像分配基板 B] LVDS ビデオ信号変換分岐システム
[TEX-LVDS Transfer – MAX×9]
- [LED アレイ基板] LED アレイ基板 [TEX-LAB-C200×2-L]

5 安全設計と安全装置

本機は戦略的かつ創造的な研究者向けの最先端実験システムであり，前例や類例のないプロトタイプとして製作されております．したがって，本機の開発において耐久試験や破壊試験はなされておられません．他方で，1.66rps で回転する回転体の外周速度は約 40km/h であり，人間や想定外の障害物と接触すると巻き込まれや破壊が生じる恐れが高くて危険です．そこで安全性を確保するために，本機の設計では回転体について以下の安全設計方針を立てました．

- 軽量 = 破壊時に放出されるエネルギーが小さい．
- 柔軟 = 破壊時にやぐら機構が受ける衝撃力が小さい．
 地震時のやぐら機構の多少の変形に順応する．
- 非破砕 = 破壊時に部品が飛散しない．

回転体の実際の質量は電装系を含めて約 100kg です．機構や電装系の規模に比較して，極めて軽量であると考えます．この性能を実現するために，回転体の側壁を厚さ 1 mm のポリカーボネート板で作りました．ポリカーボネートは柔軟で割れない樹脂であり，防弾板としても使われます．これを用いることで，回転体の柔軟性と非破砕性も合わせて実現しました．強い遠心力による変形を防ぐために厚さ 1 mm のアルミ製リブが縦横に付けられておりますが，それ以外の側壁の材質はポリカーボネートです．また締結要素として，緩み防止機能を有するネジと，樹脂リベットののみを用いました．

さらに，安全装置として以下のものを具備しました．

- センターシールド（厚さ 10 mm のアクリル製一体整形円筒．重くて強固です）
- アウターシールド（厚さ 1 mm のポリカーボネート板）
- 落下時安全用ローラ
- ワンフィンガー操作で徐々に停止させる自動制御装置
- 安全用クッションやガイド表示灯（各部）
- 緊急停止スイッチ（図 15）

回転体の内側と外側に強固な固定シールドが存在するので，万が一回転体が破壊しても，このシールド間に構造部材を閉じ込めることが可能と考えます．



図 15 緊急停止スイッチ

6 主な仕様

表 1. 提示画質

項目	諸元	単位
解像度 (水平/全周)	3200 (最大) 3168 (実用. 3200 に最も近くかつそれ以下の 36 の倍数)	pixel
解像度 (垂直)	600	pixel
提示面半径	1000	mm
提示面高さ幅	1200	mm
画素ピッチ	2	mm
視力換算	0.148 [注] 幅 2.5m のスクリーンに画質 SXGA の画面を投影し, 1m 離れて見たときと同程度	
フレームレート	60	frame/s
リフレッシュレート	60	Hz
輝度諧調	10	bit
光源光量 (赤)	60 (10mA 駆動時)	mcd
光源光量 (緑)	96 (10mA 駆動時)	mcd
光源光量 (青)	30 (10mA 駆動時)	mcd
画面明るさ	約 1000 (理論的最大値)	cd/m ²
入力フォーマット	DVI (UXGA) × 2 ch.	
3 原色 LED ユニット	STANLEY : FRGB1313CE × 43,200 個	
LED ドライバ	Texas Instruments : TLC5930 × 10,800 個	

表 2. 撮像画質

項目	諸元	単位
解像度	600×480 (VGA)	pixel
焦点設置半径	950	mm
画角	45	°
フレームレート	30	frame/s
出力フォーマット	IEEE1394 × 2 ch.	
CCD カメラユニット	POINTGREY : DragonFly ColorVGA × 36 台	
カメラ制御方式	外部指令によるトリガシャッター方式	

表 3. 機構系

項目	諸元	単位
全高	3500	mm
設置面直径	2300 (補助支柱含まず) 4500 (補助支柱含む)	mm
全質量	350	kg
回転体外径	2020	mm
回転体高さ	1380	mm
回転速度	1.66	rps
提示ユニット数	36	組
LED アレイ左右間隔	30	mm
LED アレイ長	1200	mm
パララクスバリア幅	24	mm
パララクスバリア設置半径	800	mm
センターシールド直径	1200	mm
センターシールド肉厚	10	mm
回転動力	300	W
映像系電装用電源容量	4500	W
サーボモータ	安川電機製 : SGMAH-01 (100W) × 3 台	
DC 電源装置	COSEL : PBA1500F-48 (48V,1500W) × 3 台	
光学式スリップリング	日立電線 : HRJ-12RF-SR (12ch.) × 1 台	
電源用スリップリング	Poly-Scientific : AC6098-6 (50V100A) × 1 台	

株式会社 川渕機械技術研究所

東京都大田区蒲田 2-10-1

大田区産学連携施設 205 号室

URL : <http://www.kawabuchi-lab.com/>