

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-687

立体画像入出力システムの試作および機能試験

本間幸造・山本浩通・中正夫

1995年9月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

立体画像入出力システムの試作および機能試験*

本 間 幸 造*¹ 山 本 浩 通*¹ 中 正 夫*¹

A Prototype 3-D Image Input/Output System and Its Functional Tests

Kohzo HOMMA, Hiromichi YAMAMOTO, Masao NAKA

ABSTRACT

In advanced image processing for future aerospace machine vision technologies, it is very important to understand the characteristics of imaging systems. In this study, a prototype 3-D image input/output system for this purpose was experimentally constructed, and functional evaluation tests have been performed for individual system components, especially the optical subsystems.

This prototype system has a couple of functions for 3-D image processing including a single/multi TV-camera rotation or translation, target object rotation, etc. With these functions, detecting 3-D distance information between a TV-camera and an object and measuring object shape can be performed.

Furthermore, in this study, sets of basic functional characteristics were obtained from evaluational tests. Overall system composition and system functional tests are discussed in detail together with the results of measurement.

Key Words : image input /output system, optical imaging system, multi-camera system, sensor characteristics, 3-D image processing, distance detection

概 要

外界を画像として立体的に捉え、その計測された情報をデジタル計算機により、画像処理し認識する、いわゆる機械ビジョン技術は、航空宇宙技術の高性能化・高信頼化技術へ連なる基礎的な技術である。

本研究では、立体画像情報の計算機入出力方式の検討と高度画像処理に供するための画像計測システムの特徴把握、特に、光学系の特性測定を重点的に行なうことを主目的とする。

ここでは、物体やカメラを回転させるか、あるいはカメラを移動することにより、画像から距離情報を求め、立体形状を測定することが可能な入出力システムの実験室モデルを試作し、システムの機能試験を実施した。ここで試作したシステムは、1台ないし複数台の CCD TV カメラによる立体画像処理技術開発を推進する方式であり、その基礎的特性を把握することができた。

1. ま え が き

近年、航空宇宙技術分野において、航空機・宇宙機などの自動航法・自動離着陸や月面等惑星探査用自走行車、あるいは宇宙における各種ロボット、マニピュレータなどの

ロボットビジョン等をはじめとするシステムの高度化が必然的となり、その大きな担い手として有望視されるのが画像情報の導入であり、画像解析、画像認識による知的高度化が重要な課題である。

従来の二次元画像としてのみならず、立体的な三次元情

* 平成7年7月10日受付 (received 10 July 1995)

*¹ 数理解析部 (Computational Sciences Division)

報として対象物の物体の状態を視覚し、飛翔体、自走車、マニピュレータ等の位置、姿勢などを立体画像情報から高精度に抽出することは技術課題の一つである。

また、人間が介在し、テレオペレーティングを行う際に有効な立体画像監視表示技術として、飛翔体の衝突防止、装置・機器等の異状の認識監視、宇宙ロボットビジョン、ランデブードッキング用監視、空港管制における航空機の形状認識、監視などの実現への展開が考えられる。

ここでは、このような観点に立ち、立体画像処理の基本的な技術として不可欠な立体画像情報の計算機入出力システムを、主に入力系を中心においたシステムの構築を検討した。

以下、第2章では立体画像処理における課題を、第3章では立体画像入出力システムのハードウェアの構成について論述する。また、試作システムにおいて画像入力系としては、光学系の装置(レンズを用いた)も含まれているため機能試験用に基準光源装置の製作も行ったので、これについても記述する。ハードウェアの制御、入力データの取込・出力などは、各種ソフトウェアにより行なわれるがこのソフトウェアに関しては第4章で記す。さらに本システムは、いくつかの機能の異なる装置を結合してシステム化を行っているため、光学的、電氣的、機械的な機能や特性が夫々異なる。そこで、各装置単体あるいは結合した場合の機能確認と特性把握の為、機能試験を実施した結果を第5章に記す。

2. 立体画像処理における課題

立体画像は、3次元空間を画像面へ写像し、物体を立体的にとらえる手段として、その処理技術の研究開発が行わ

れて来た。

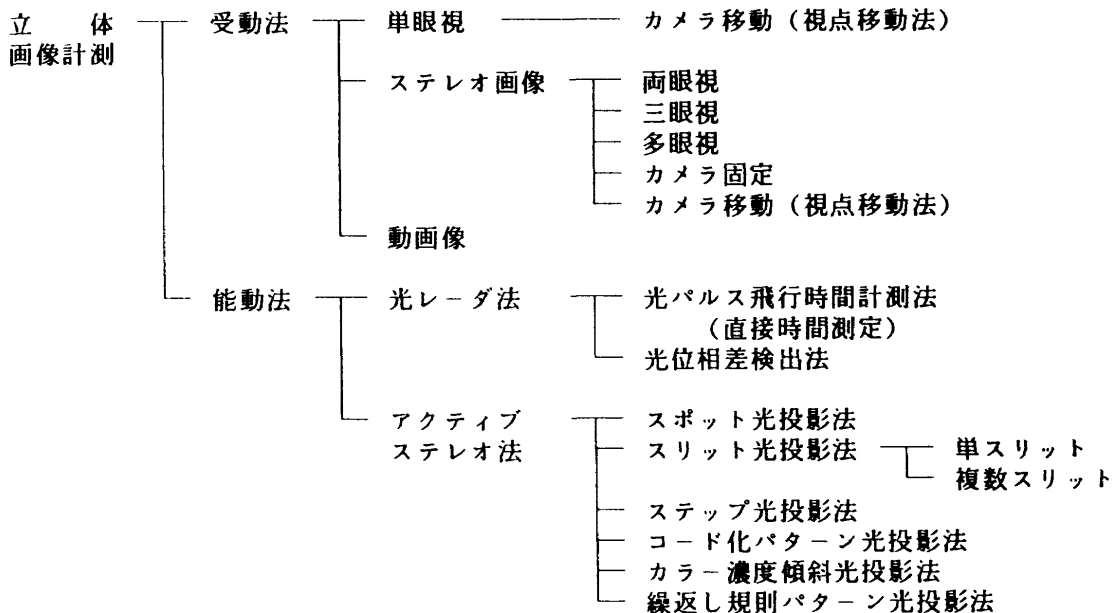
とりわけ、立体画像計測は、主に三角測量の原理を用いて距離を求めたり、干渉縞、スリットパターン投影法、モアレ法、あるいは物体やカメラを回転させることにより立体形状を求める方法などが各種提案されて来ている。また、立体画像処理手法としても、入力から処理、解析、結果の出力など新しい試みが各方面で研究されている。なかでも、表示部分では、レンティキュラスクリンなどを用いた立体画像表示や時分割眼鏡方式あるいは眼鏡無し方式などが提案されているが視覚位置や距離の点で問題点が多々あり、多くの研究課題が山積している。

さらに、立体表示に関しては、人間の視覚に関する研究が1つの示唆を与えている。人間が立体視可能な要因としては、両眼視差、輻輳、焦点調節、運動視差、網膜上の像の大きさ、陰影などが考えられている。この中で、特に両眼視差による立体視の表示方法としては、1)表示装置2台で右目用、左目用の画像を表示する方法、2)表示装置1台で時分割により右、左目用の画像を表示する方法、の代表的な2種類があり、他にいくつか考えられている。

一方、これら諸課題に於ける研究開発においては、立体画像処理技術、立体画像表示技術をはじめ、従来の二次元画像処理技術を越えた知見が要求される。

立体画像情報処理による距離や対象物の形状認識等の計測技術(表2-1参照)は、その画像データ量の膨大さ、解析処理の高度化要求等により、デジタル計算機を主体とした立体画像解析処理技術の研究開発が望まれる。とりわけ、立体画像の撮像条件は、撮像画像の質的劣化やそれに伴う解析処理方法の選定や解析精度等に大きな影響が考えられる。

表2-1 立体画像計測方式の種類



ここで試作したシステムは、この様な諸課題に対処する立体画像処理技術の研究を推進するための立体画像入出力用の装置である。以下で、試作システムの全系と、システム構成に必要な要素装置の研究試作と機能試験を示し、併せて立体画像入出力方式についても論述する。

3. ハードウェア構成

3.1 全体構成

ここで試作した立体画像入出力システムは、ハードウェア

とソフトウェアに大きく分けられ、なおかつ入力系、処理系、出力/表示系から構成されている。

立体画像入出力システム全体のハードウェア構成は、図3-1に示すように、入力系、処理系、出力/表示系共にシステム処理計算機によりシステム全体の制御を行う形態を採っている。立体画像情報は、入力系装置からの映像信号(NTSC ; National Television System Committee)としてA/D変換メモリ装置でデジタルデータに変換され、メモリに記録される。一方、A/D変換されたデジタル画像デ

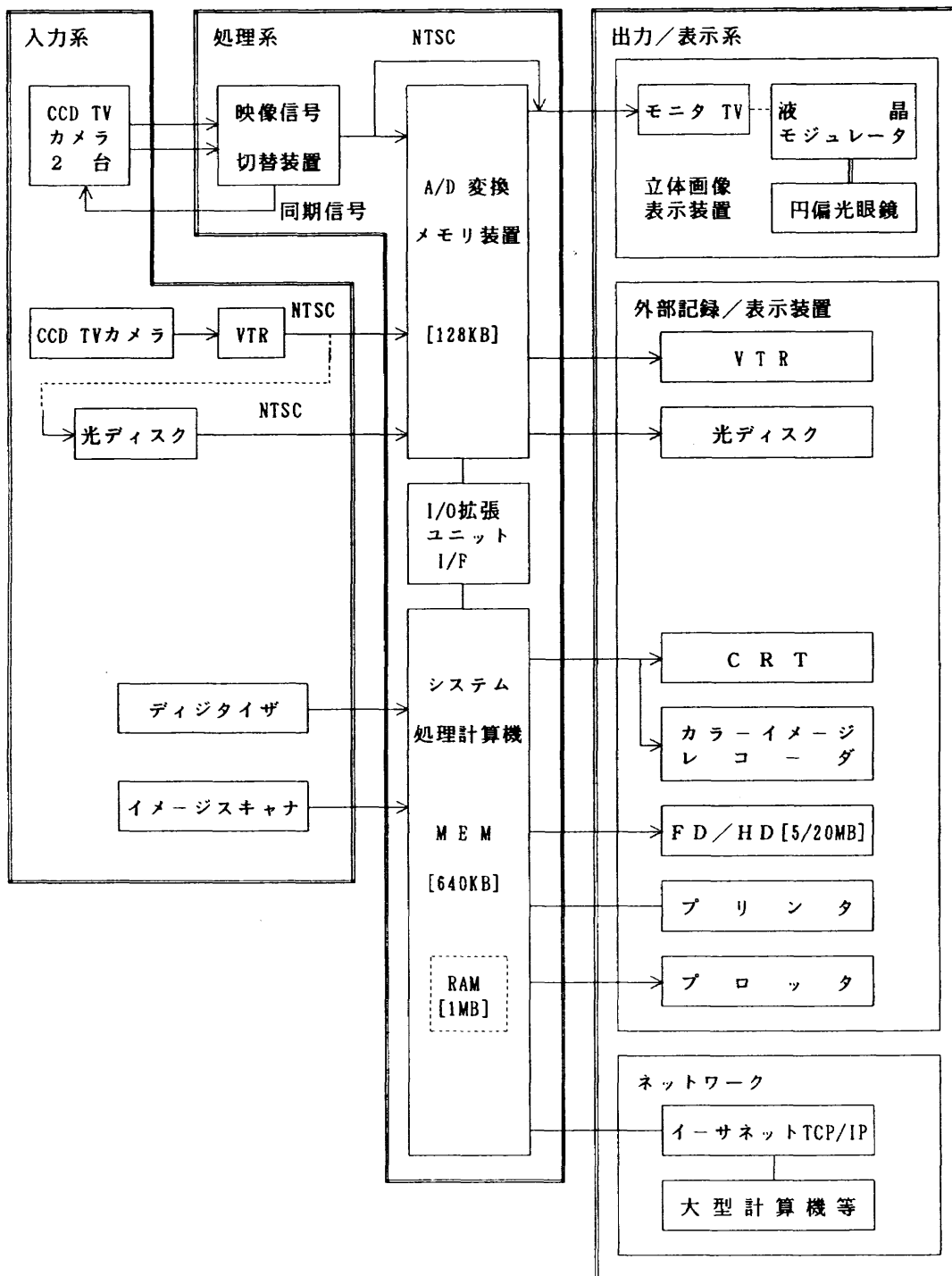


図3-1 ハードウェア構成図

ータや CCD TV (Charge Coupled Device Television) カメラから直接入力された映像信号は、立体画像表示装置のモニタ TV へ出力され、液晶モジュレータで立体表示される。

本システムの入力系の装置としては、特殊なものではなく民生仕様の CCD TV カメラ 2 台を用い、処理系の映像信号切替装置へ入力してやる。そして、映像信号としては VTR、光ディスクなどの信号も入力可能である。その他、画像生成データ入力装置であるデジタイザなどがあり、また写真や図面などの画像を直接入力するイメージスキャナも接続可能としている。

処理系は、映像信号の入力用である波形モニタ装置の一部機能を用いた映像信号切替装置、アナログ信号である映像信号を A/D 変換および記録を行う A/D 変換メモリ装置、システム処理計算機から成り、システム処理計算機では主に各装置の制御と計算処理を行なう。

出力 / 表示系の装置としては、システム処理計算機の出力を CRT (Carthode Ray Tube) に表示したり、CRT のハ

ードコピーを行うカラーイメージレコーダ、データ等のプリント出力に用いるプリンタなどが接続されている。

一方、表示は、立体画像表示する映像信号用モニタ TV とモニタ TV の前面に設置するフィルターの一種である液晶モジュレータなどから構成されている。なお、モニタ TV と液晶モジュレータで表示された映像は、円偏光眼鏡を用いることにより、左右画像を切替えながら表示され、多人数同時に立体視可能である¹⁾。

外部記録装置としては、立体画像の映像信号などのアナログビデオ信号を入力系と同様に直接 VTR や光ディスクを使用して出力保存する方法と、A/D 変換されたデジタル画像生成データや画像処理後のデータの保存用としてフロッピーディスク (FD) や 5/20 MB のハードディスク (HD) 装置がある。

また、ネットワークとしては、IEEE 規格のイーサネット (Ethernet) で TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocols) により大型計算機と直接結合してい

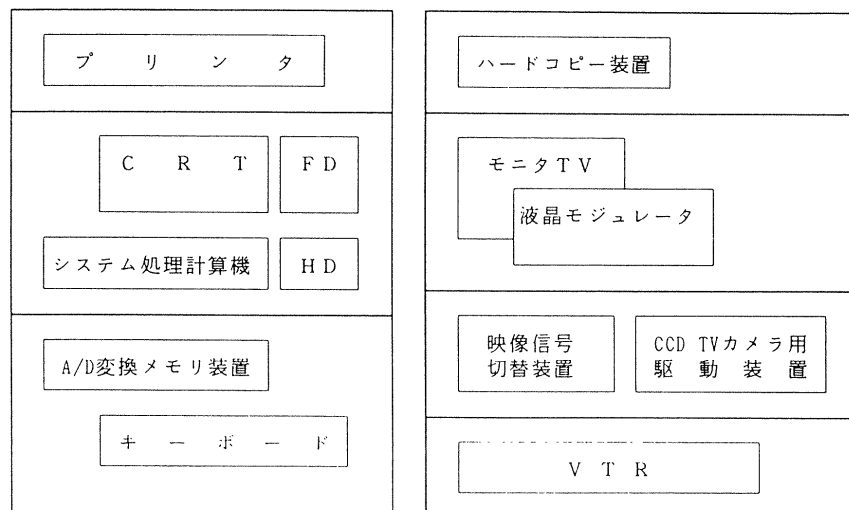


写真 3-1 システム構成配置図

る。

このシステムでは、特に映像入出力装置部分に A/D 変換メモリ装置を用いてシステム処理計算機と密に結合（メモリを連続して結合）することにより、最大 TV 画像 2 フレーム分の映像信号を実時間で入力可能としている。この A/D 変換メモリ装置はシステム処理計算機の拡張インターフェイス・ユニットで結合している。

ハードウェアシステムの構成写真 3-1 では、左のラックの上段からプリンタ、CRT、フロッピーディスク、システム処理計算機本体、ハードディスク、A/D 変換メモリ装置、キーボード、そして右のラックの上段からハードコピー装置、モニタ TV と前面に液晶モジュレータ、映像信号切替装置と横に CCD TV カメラ用駆動回路部、VTR などを示す。

以下、入力系、処理系、出力 / 表示系の 3 構成についての詳細を以下に記す。

3.2 入力系

入力系としては、画像撮像のために光波や電磁波などを用いた各種センサが考えられるが、ここでは人間が目で確認しやすく、容易に取扱える可視光を対象とした可視域（波長約 400nm～800nm）に限定し、被写体測定用としての入力センサ部に民生仕様の CCD TV カメラを用いた。同様に、記録 / 再生機器としては、光ディスク、VTR など CCD TV カメラと同じ NTSC 信号（R, G, B 信号などは

エンコーダを通して）が入力可能であるものを採用した。入力センサ部である CCD TV カメラ、光ディスク、VTR についての機能や撮像方法、および製作した CCD TV カメラユニット部の取付け方法を以下に記す。

(1) CCD TV カメラ

1) 入力センサ取付け部

入力センサ取付け部は、人間の眼球部に相当し、CCD TV カメラの取付け台座であり、視差間隔（ここでは人間の眼球間隔に相当する）や小型化を考慮し、図 3-2 に示すような構成を基準として台数や設定方法などを検討した。その結果を以下に記す。

① 1 台の CCD TV カメラによる方法

1 台の CCD TV カメラを、例えば図 3-2 の左側のある位置でまず撮像し、次に a [cm] 右側へ平行移動してその位置でまた撮像を行ったり、それぞれの位置で回転させながら撮像する。

② 2 台の CCD TV カメラによる方法

2 台の CCD TV カメラの場合は、図 3-2 に示すようにある間隔 a に設定し、固定またはその間隔を維持して移動、あるいはカメラの支持軸で回転させながら撮像する。

③ 3 台の CCD TV カメラによる方法

立体画像処理においては、複数の画像情報上の対応点が重要になる。前記①、②では、水平方向のみとしているが水平方向と垂直方向の夫々の対応点を取得するためには最低 3 台以上の CCD TV カメラが必要となる。

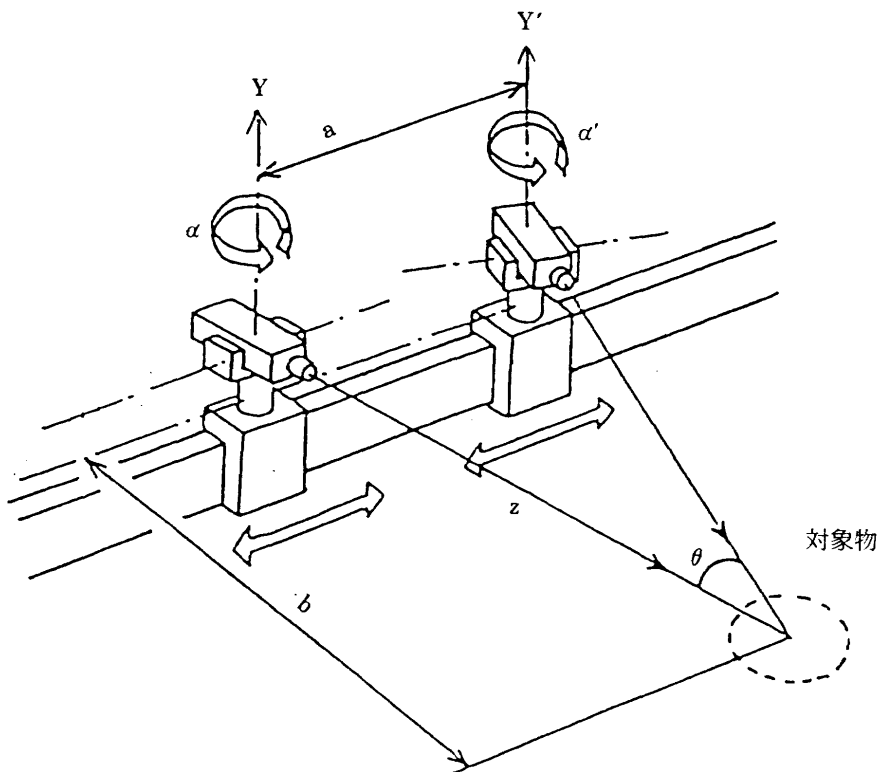


図 3-2 入力センサ取付け部

そこで、2台の CCD TV カメラによる方法と同様に CCD TV カメラを正面から見て縦配列（等間隔）、横配列（等間隔）、三角配列（正あるいは二等辺三角形）などで設定し撮像する。

このように CCD TV カメラの設定方式としては、上記の①、②、③の方法が考えられるが、取付けの容易性と人間の目がほぼ水平にある点から前記①、②のように CCD TV カメラを1台ないし2台を使用し、人間の視覚にできるだけ近づけた方法とし、ある点に固定するか、あるいは平行移動する2種類の方式が妥当と思われる。但し、垂直方向に関しては、2台の CCD TV カメラを縦方向に並べる事を考慮する。

2) 駆動部

CCD TV カメラ移動に必要な駆動部は、電気系を除き機械系の XY や回転ステージ等を考え、CCD TV カメラを取付け回転、移動を行うものであり、CCD TV カメラの台数や設定する方法によるが、回転・移動するために操作の容易性と高精度が要求される。ここでは、システム構成の容易性に重点をおき、パルスモータ駆動方式ではなく手動による方式のため、ある程度精度を犠牲にし、CCD TV カメラの回転軸は一軸のみで他は固定し、間隔距離は手動で移動可能とした。

3) 入力センサ部

入力画像センサとしては、付録表 A-1 に示すように1/2インチ、約30万画素、超小型 CCD TV カメラ2台を使用することとした。この CCD TV カメラは、一般的に日本で使用されている NTSC 方式の飛越走査（ラインインタレース）方式であり、1/60秒で奇数ラインの1フィールド（フィールド周波数60 [Hz]）を走査し、次の1/60秒で偶数ラインの1フィールドを走査する。よって1/30秒で1フレーム走査（フレーム周波数30 [Hz]）を完了する。

NTSC 映像信号は、カラーテレビジョンの輝度信号と色差信号の赤、青、緑の3原色信号から1次変換された伝送信号であり、またサブキャリア（副搬送波）をこの信号に重畳し複合信号としたものがコンポジット信号である。このような映像信号を次の電気系駆動回路部へ入力する。

これら上記の機械系を考慮して試作したユニット台座上に入力センサ部の CCD TV カメラを設定した状態を写真 3-2 に示す。

4) 駆動回路部

駆動回路部は、CCD TV カメラヘッド部の電氣的駆動回路であり、可視域で撮像された NTSC 映像信号をカラー画像として出力する。立体画像処理の為に立体撮像を行うには2台の CCD TV カメラと駆動回路が2台必要である。

この駆動回路からのカラー画像の出力信号は次の映像信号切替装置へ2台分（2チャンネル）入力される。

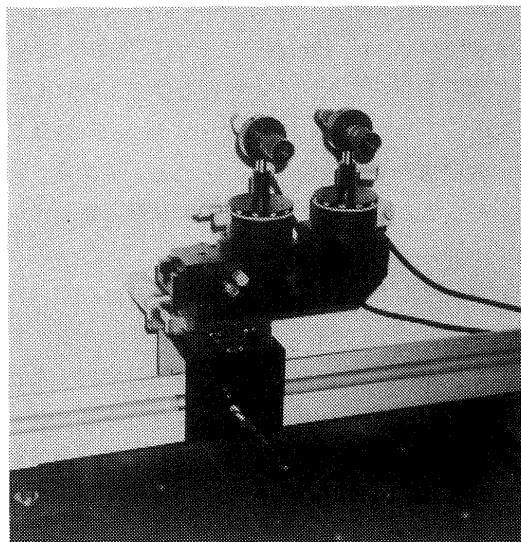


写真 3-2 ユニットと CCD TV カメラ 2 台

(2) 光ディスク

光ディスクは、入力系として CCD TV カメラからの映像信号（NTSC 標準ビデオ信号）を映像信号切替装置を通して切替えながら RS232C 制御等で同期を取り記録（ディスク容量は静止画で24,000フレーム分記録可能である）を行なう。記録画像は、直接モニタ TV へ出力したり、あるいは A/D 変換メモリ装置へ入力したりして立体画像化に利用される。但し、ここで使用している A/D 変換メモリ装置を通じた場合は、処理速度の関係でリアルタイムでの処理は不可能であるため、サンプリング処理する必要がある。

(3) VTR

入力系としての VTR は、CCD TV カメラで撮像された立体画像を記録したり、記録されている立体映像信号を主に出し、処理系や表示系へ入力するものである。特に、民生仕様の S-VHS の VTR を使用している関係で同期信号が取れず、非同期で動作させることを前提で計測 / 表示専用として使用する。

3.3 処理系

処理系のハードウェアとしては、入力系との結合部分の映像信号切替装置や A/D 変換メモリ装置とシステム処理計算機を主とした CRT、フロッピーディスク (FD)/ハードディスク (HD) などが中心となり構成されている。

処理系の動作としては、第一にシステム処理計算機により映像信号切替装置や A/D 変換メモリ装置を通して入力系の CCD TV カメラの撮像や光ディスク、VTR の映像信号入力制御あるいはモニタ TV への映像信号の出力制御、そして入力データの FD への書き込み、記録や読み出しなどソフトウェアにより同期制御を行なう制御系と、第二にシステム処理計算機や FD あるいはメモリを中心とした各

種画像処理を行なう画像処理系に大きく分けられる。以下に、これらについて記す。

(1) 制御系

1) 映像信号切替装置

映像信号切替装置は、ハードウェア構成図(図3-1)の矢印で示すように、2台の CCD TV カメラからの映像信号(NTSC)を、本装置との同期信号により、2台分(2チャンネル)を本装置で1/60秒づつ電氣的に切替え、右目用、左目用として奇数・偶数それぞれ1フィールドずつ走査し、その後信号を再び合成して、1フレームの NTSC 信号を出力する機能を有する。この出力信号は、直接モニター TV へ入力し、液晶モジュレータと円偏光眼鏡で立体表示したり、あるいは A/D 変換メモリ装置へ入力したりする。本装置は付録表 A-2 に示す規格で構成されている。

2) A/D 変換メモリ部

CCD TV カメラ用駆動回路までの映像信号は、通常 NTSC 信号であり、かつアナログビデオ信号であるのでシステム処理計算機に取り込むには、デジタル化のため 8 ビット(256段階)で A/D 変換をした後、画像メモリ(64KB×2)に書き込む必要がある。A/D 変換メモリ部は、A/D 変換システム処理計算機と画像メモリが結合され一体となっており、この画像メモリは TV 画面で 2 フレーム分を有する(付録表 A-3 参照)。

3) 処理装置

システム処理計算機は、A/D 変換メモリ装置の制御信号・同期信号により、映像信号を A/D 変換後メモリに一旦記録し、その後 FD・VTR・光ディスクに出力記録し、再びモニター TV に表示する。

また、光ディスクあるいは VTR に記録されている画像情報からの入力映像信号は、CCD TV カメラと同様に直接モニター TV に立体画像表示したり、A/D 変換メモリ装置のメモリに一旦記録し FD に記録される。但し、VTR の場合は非同期で行なう。また、メモリに記録されたデータは、画像処理に供されたり、この処理結果を FD に記録保存し CRT に表示される。特に、光ディスクは、同期信号と RS 232C の制御により、同期/制御を行いながら動作する。システム処理計算機の構成内容を付録表 A-4 に一例を示す。

(2) 画像処理系

前処理としては、主に入力されたデータの検討を行うため、ヒストグラム、各画素のレベル値、二値化、エッジ検出、強調などを行った。

後処理としての立体画像処理は、実時間で処理することが計算機やシステム全体の速度から不可能なため、第一に上記のように CCD TV カメラや光ディスク、VTR の映像信号を直接入力して A/D 変換メモリ装置で A/D 変換後システム処理計算機を介して画像処理を行ない、結果を立体画像表示する方式と、第二には、入力系から直接入力され

た映像信号を A/D 変換し、その画像データを一旦 FD 等に保存し、その FD データから各種画像処理手法により立体画像表示する方法で行った。

また、計算に長時間要するものや、大型計算機のユーティリティーを使用したり、大量なデータの処理は、ネットワークを介して大型計算機等で処理を行なうこととし、画像認識等は今後の課題とする。

3.4 出力/表示系

立体画像出力/表示系としては、画像出力処理と画像表示処理の二つに大きく分けて考え、またそれぞれの処理方式としても幾種類か考えられる。

画像出力処理としては、まず第一に CCD TV カメラ等から入力された映像信号の処理、第二に直接読み取った結果や模擬データの生成を行った結果の処理、第三に各種画像解析、認識などの画像処理結果などそれぞれを表示系や記録装置(光ディスク、VTR)の出力である。

次に、画像表示処理としては、付録表 A-5、表 A-6 に示す規格のモニター TV、液晶モジュレータを用いたり、システム処理計算機用の CRT を用いて各種入力系から映像信号や処理系の画像情報を直接立体画像表示する方法と、光ディスクや VTR に保存記録されている映像信号を画像出力処理して、その結果を立体表示する方法がある。

これらの画像出力処理と画像表示処理について以下に記す。

(1) 画像出力処理

1) 映像信号の画像出力

立体画像表示出力するには、CCD TV カメラや光ディスク、VTR などの映像信号(NTSC)を左右画像として同時 2 入力し、途中映像信号切替装置のスイッチング回路(1/60 or 1/120秒で切替)を通してモニター TV へ直接画像表示出力する。この出力信号と同期を取り、液晶モジュレータにも同時に駆動信号を入力する。あるいは、入力された映像信号は、A/D 変換メモリ装置で A/D 変換された後、画像処理を行ない、その結果を CRT やモニター TV の画像表示装置へ出力することも可能である。但し、2 入力同時に実時間出力処理は出来ない。その他、CCD TV カメラからの直接の映像信号や処理結果の出力を光ディスクや VTR に記録する。

2) 直接読取りデータ/模擬データ

デジタイザで直接読取ったデータや模擬データで形状を生成したものは、隠線処理を施し出来上がった形状図を各種投影、透視図法で表し、この形状図を回転、拡大、縮小、移動を自由に行なうようにし、CRT に表示することにより 2 色眼鏡で立体視可能である。

3) 画像処理結果

各種画像解析された結果は、最終的にモニター TV や CRT

あるいはプロッタなどに表示する必要がある。しかし、ここでは、簡単な前処理を行った画像データを用いて各種投影、透視図法で表し、回転、拡大、縮小、移動などを行なうのみとした。

(2) 画像表示処理

画像表示は、モニタ TV や CRT あるいはプロッタなどの装置へ出力することで2次元上に各種投影し透視図法で3次元表示する。

ここでの画像表示は、二種類の方法を取り上げる。その一つは、高解像度 CRT に [2×2ドット]×2 で1画素を形成し、2色眼鏡方式の赤と青でワイヤフレーム表示することにより立体表示するものである。

二つ目は、モニタ TV と液晶モジュレータを用いた方法で、モニタ TV 上にシステム処理計算機で処理された左右画像を1/60秒づつ切替えて表示した結果を液晶モジュレータに同期を合わせるにより円偏光眼鏡で立体視することである。この液晶モジュレータは、1/60秒毎の映像信号の電圧により液晶が90[度]位相変化することを利用し、円偏光眼鏡の左右がやはりそれぞれ90[度]位相が異なっているため液晶モジュレータと円偏光眼鏡で同期を取り、右画像は右目で、左画像は左目で見ることにより立体視できる。

また、システム処理計算機で処理された画像出力ではなく立体画像入力処理部の CCD TV カメラ等から直接入力された撮像画像をモニタ TV に直接表示し、液晶モジュレータと円偏光眼鏡で立体視することも同様に可能である。

このように立体画像表示方法としては、システム処理計算機で処理した結果を高解像度 CRT に表示する場合、NTSC 映像信号系を入力としたモニタ TV/液晶モジュレータによる表示の場合の二種の方式が可能である。

ここでは、高解像度 CRT とモニタ TV/液晶モジュレータ表示を対象とし、計算処理結果やフロッピディスクのデータなどをシステム処理計算機からの出力として高解像度 CRT あるいは直接モニタ TV/液晶モジュレータに表示する。

また、CCD TV カメラや VTR あるいは光ディスクなどの NTSC 映像信号として出力される装置からは、映像信号切替装置によって時分割してモニタ TV/液晶モジュレータに直接表示し、円偏光眼鏡で立体視することが可能である。これら画像表示部のブロック図を以下の図3-3に記す。

3.5 基準光源装置

立体画像入出力システムの入力系は、主に CCD TV カメラを用いているため光学的特性(入出力、感度等)を測定する必要があり、輝度レベルなどの変化、比較を行なうには基準光源が必要となる。このような理由から基準光源として、連続スペクトルを持つタングステンランプ(色温度2800~3100K)を使用した基準光源装置を製作したので以下にその構成を記す。

基準光源装置としては、初め図3-4のようなコリメータ(レンズ又は反射鏡の焦点位置にスリット又はピンホール

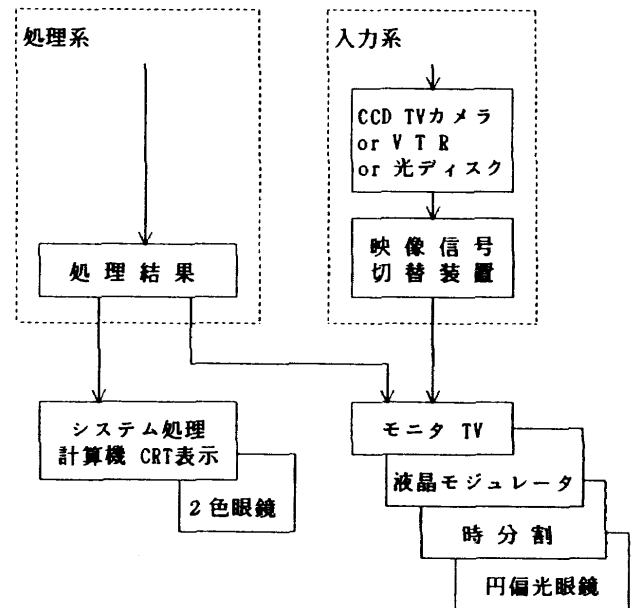


図3-3 出力/表示系ブロック図

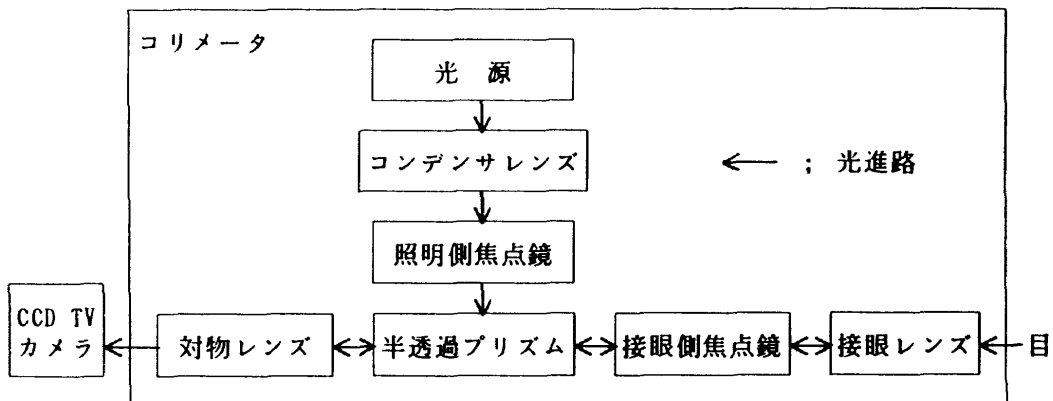


図3-4 コリメータブロック図

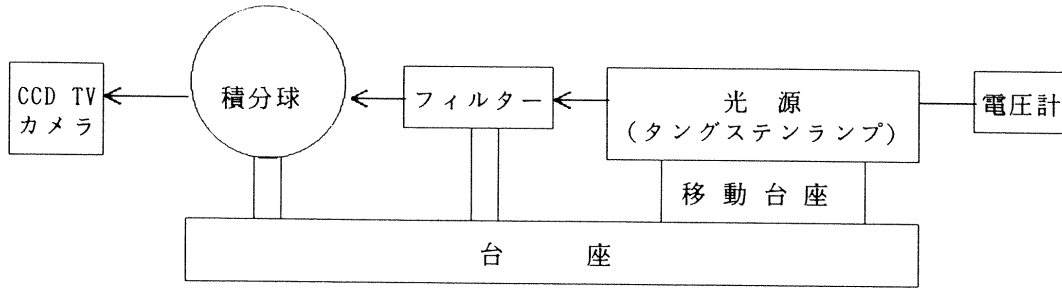


図3-5 基準光源装置ブロック図

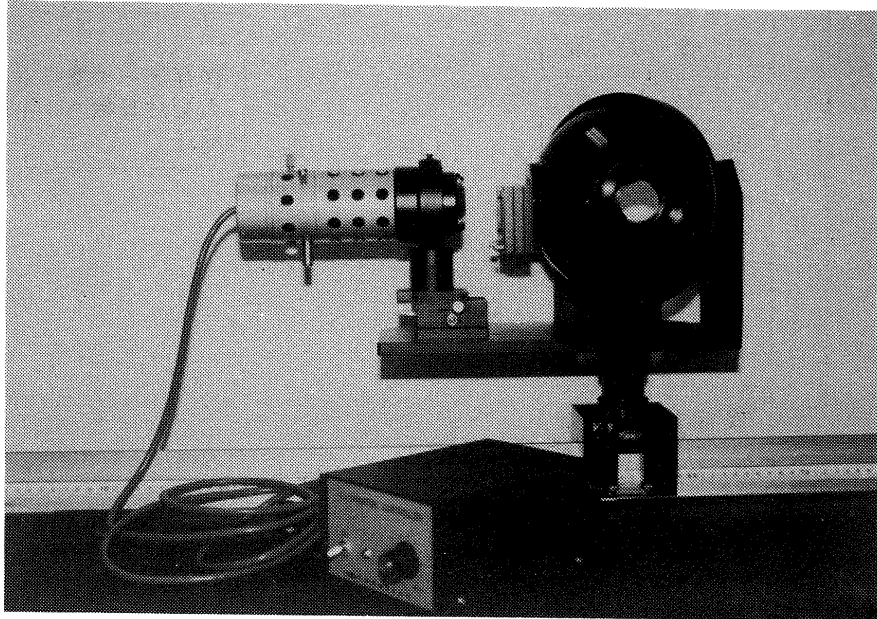


写真3-3 基準光源装置

などを置いて、これを通過した光を平行光線束とする器具)を中心とした構成で測定を行ったが半透過プリズムや接眼レンズの反射の影響で光束が中心部に突起状となり平行な一様光束が出力光として得られなかった。そこで、図3-5に示すようにタングステンランプと積分球(150mm ϕ)そしてフィルターを組合わせて新しく基準光源装置を製作し、この装置の外観を写真3-3に示す。

積分球は、内面に MgO の白色拡散反射塗料を塗布した中空の球で、球の中心に点光源を置き球の一部に測光用の窓がある装置をいう。

点光源の全光束は、すべての方向の光度と立体角との積を 4π 空間にわたって積分すれば求まる。そこで、積分球による全光束測定は、球内壁面上の拡散照度(光源からの直射光による照度を除いた照度)が内壁面上どこでも一定で、かつ球内で点灯した光源の全光束に比例するという原理に基づいている²⁾³⁾。

ここで実際に使用する積分球の場合は、球の中心に光源を設置することが不可能な為、外部から光源を入射する方法を用いた。

この基準光源装置を使用して CCD TV カメラの入出力

特性を測定するには、基準光源の電圧を変化させることにより何種類かの入力輝度レベルを積分球に入射することができる。そして、積分球を CCD TV カメラで撮像することにより、映像信号を A/D 変換し、測定データが出力され、入力輝度レベルに対する CCD TV カメラの出力特性が得られる。

また、波長の異なるフィルターを用いることにより波長特性も測定可能である。

4. ソフトウェア構成

前章では立体画像入出力システムのハードウェアについて述べて来たが、ここではこれらハードウェアを動作させるためのソフトウェアの構成と各処理ルーチンについて以下に記す。

4.1 ソフトウェア全系構成

ソフトウェアとしては、立体画像入出力システム起動用(システム処理計算機用ソフトウェア)と、画像解析処理用の2種類に分けられるが、ここではシステム処理計算機用を中心に取り上げて記す。

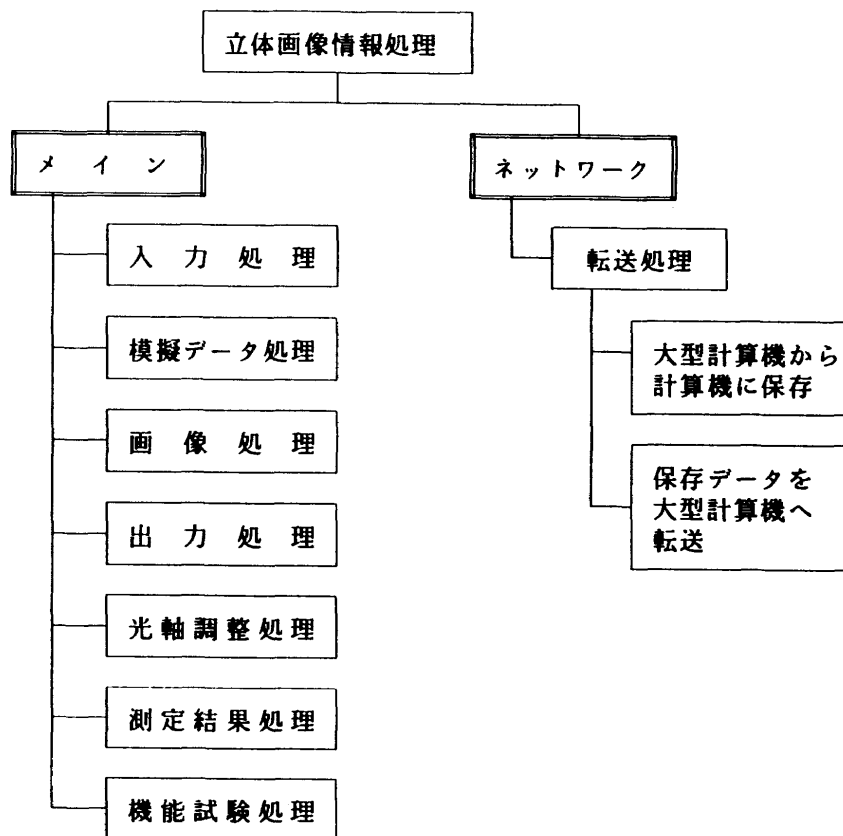


図4-1 ソフトウェア全系構成図

システム処理計算機用ソフトウェアは、大きく分けてメインルーチンとネットワークルーチンの2種類から構成され、メインルーチンは、更に図4-1に示されるように入力処理、模擬データ処理、画像処理、出力処理、光軸調整処理、測定結果処理、機能試験処理の7種類の各ルーチンからなる。一方、ネットワークルーチンは、ハードウェア構成で示したようにイーサネット (TCP/IP) を介して大型計算機とシステム処理計算機間のリード/ライトやデータ保存などの転送処理ルーチンから構成され、これらは一部既存 (メーカー提供) のものを使用しているためここでは省略する。以下に各処理ルーチンについて記す。

4.2 入力処理ルーチン

入力処理ルーチンとしては、CCD TV カメラの起動、撮像、モニタ TV 表示と入力信号のメモリへの取り込みなどの制御が主なものである。光ディスクや VTR についても起動や記録、再生などの処理を行なう。特に、ここでは CCD TV カメラの制御と処理を中心に記す。

CCD TV カメラにより撮像、測定された画像データは、アナログビデオ信号の映像信号 (NTSC) であり、システム処理計算機に入力するために2画面分の画像信号を一旦 A/D 変換し、デジタル化したデータを A/D 変換メモリ装置のそれぞれ2つのメモリに記録しておく。一方、CCD TV カメラからの入力画像は、同時に直接モニタ TV でモ

ニタを行う。その後、メモリ上のデータは、CRT 表示、プロフィール、データのフロッピーディスク (FD) 保存などの各種処理が行われる。また、すでに FD に保存されていたデータは、メモリに直接ロードし記録され再処理や表示に供される (図4-2)。

これらの制御や処理をプログラム化するため以下の5項目を設定し、その内容を記す。

(1) 画像データカメラ入力/モニタ TV 表示

CCD TV カメラから入力された映像信号は、A/D変換メモリ装置で A/D 変換した後に指定されたメモリへ1画面分ずつ最大2画面分記録される。入力装置としては、CCD TV カメラの台数あるいは他の VTR 装置や光ディスク装置等の種類を選択する。次に、A/D変換メモリ装置と結合されたシステム処理計算機にこれらの入力条件を設定する。設定し終わると条件に沿って映像信号が入力され、A/D変換後、画像データとしてメモリに記録し、同時に映像信号はモニタ TV に表示される。

(2) 画像入力生データ FD 保存

メモリ上の画像データは、新たな撮像データ入力により以前記録された画像データが消去されてしまうため、保存する必要がある場合 FD に記録処理する。

(3) 保存画像入力生データメモリロード

FD に保存されている画像データは、メモリにロードしメモリ上に記録する処理である。

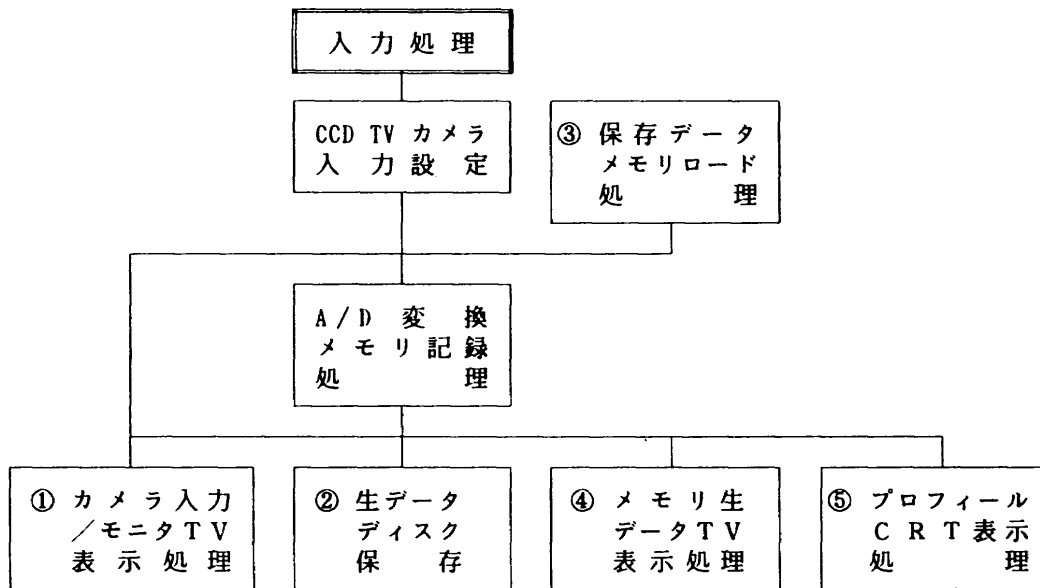


図4-2 入力処理ルーチンブロック図

(4) メモリ入力生データ TV 表示

メモリ上にある画像データ表示は、直接モニタ TV 表示する場合と、簡単な処理を施した後の結果をメモリ上に書き込みこのデータを表示する場合の二種類がある。

(5) 画像プロフィール CRT 表示

FD に保存してあるデータをメモリへロード(読み込み)、あるいは直接撮像入力され、メモリ上にある画像データを CRT 上に 3 次元的(3 軸)に表示処理する。

4.3 模擬データ処理ルーチン

模擬データ処理ルーチンに関しては、機能についてのみ記す。

本ルーチンは、立体画像データ入力部やハードウェア構成で述べたように、主に 2 色眼鏡方式の画像データの生成としてデジタイザを用いてデータを直接入力処理したり、キーボードにより模擬データ入力処理することで立体画像表示用生成データを構成するプログラムである。

デジタイザ入力処理は、デジタイザからデータを入力し作図処理を行った後 CRT に表示する。

一方、キー入力したデータは、データ編集処理(新規作成、追加、削除、置換、挿入等)を行い、画像データを生成し、やはりデジタイザの場合と同様に CRT に表示する。

これら生成された画像データは、ワイヤフレーム画像として 2 色眼鏡用に立体画像表示として用いられるが、また、FD に保存、編集、表示処理が行えるようになっている。

4.4 画像処理ルーチン

画像処理は、今後の課題であり、ここでは機能試験に必

要な処理ルーチンの内容を以下に列記する。

(1) 領域指定

1 画面の画像データ(256×240)のうち任意の範囲の画像データを指定する。

(2) エッジ抽出

領域指定で指定された範囲の画像データについて 3×3 のサイズのオペレータを用いて空間微分を行い画像の中からエッジ部分を抽出する。

(3) 2 値化処理

エッジ画像の輝度レベルを 2 値(0 と 1)にする。

(4) 雑音除去

エッジ画像を 2 値化する際にエッジでない部分が雑音として現れる。この雑音を 3×3 のサイズの雑音パターン(33 種類)と一致する部分を除去する。

(5) ラベル付け

2 値化し雑音除去したエッジ画像においてエッジで囲まれた領域ごとにラベル付け(輝度レベルを設定)を行い、領域分割する。

(6) 境界細線化

領域の境界線(エッジ)の細線化を行う。

(7) 重心算定

ラベル付けされた画像の必要とする領域の面積重心を求める。

(8) 面積算定

領域内の画素数に相当するものを算定する。

(9) 拡大/縮小

画像の縦/横を任意の整数倍(1/整数分)で拡大/縮小する。

(10) その他

保存画像データのメモリロードや FD に保存あるいは画

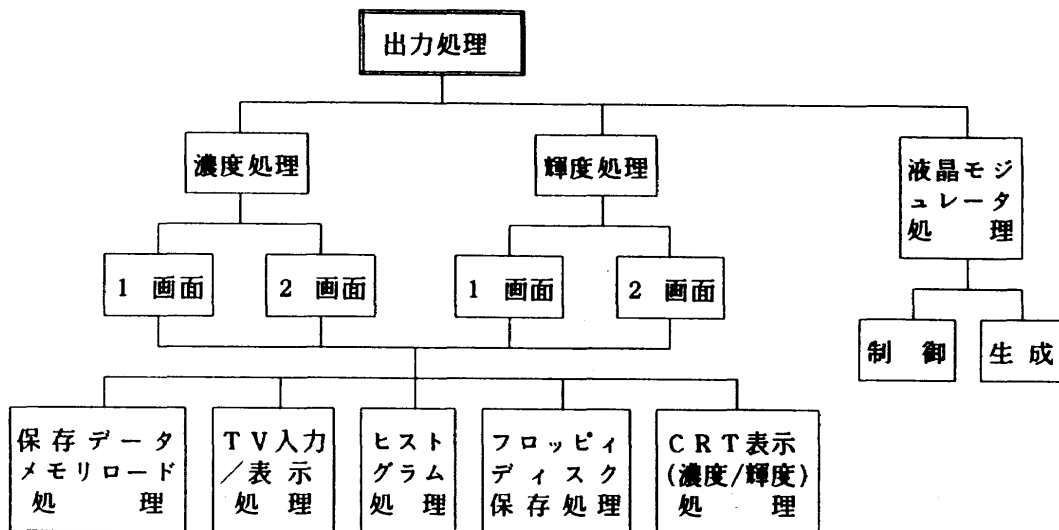


図4-3 出力処理ルーチンブロック図

像データのヒストグラム，CRT表示，モニタTV表示処理などは，上記の各処理ルーチン内で行う。

4.5 出力処理ルーチン

出力処理としては，図4-3に示すように入力処理，画像処理等が施された結果をCRT上に4ドットあるいは16ドットで一画素を構成し，濃度情報は濃度処理で，輝度情報は輝度処理で表示するものと，モニタTV表示する液晶モジュレータ処理がある。

濃度処理と輝度処理において一画素が4ドットで構成される時は，16種類の濃度か輝度で同時に2画面分がCRT表示可能であり，16ドットでは2倍の面積であるので16種類の濃度か輝度を拡大した形で1画面分として表示する。特に，輝度情報で出力した場合は，プリンタ出力が不可能なのでカラーイメージレコーダでハードコピーとして出力する。

また，CRT表示の他に入力処理ルーチンと同様にFDに保存されているデータのメモリロード，TV入力/表示処理，ヒストグラムを求めたり，FDへの保存処理も行っている。

一方，液晶モジュレータ処理は，CCD TVカメラの入力画像データや光ディスクあるいはVTRなどの映像信号の記録/再生制御と，システム処理計算機のメモリ上にフィールドデータを生成するプログラムから構成される。また，処理された結果は，表示装置へ出力する。

4.6 光軸調整処理ルーチン

本ルーチンは，CCD TVカメラの光軸調整を行なうもので被写体である各種パターン（基準パターン等）とCCD TVカメラ間の入力系の設定を行い，その後，各種測定に供するものである。

そこでまず第一には，CCD TVカメラの規格として撮像面積（ 6.39×4.88 [mm]），有効画素数（ $570H \times 485V$ ），画角（ $45^\circ \times 35^\circ$ ）などがあり，それぞれの寸法とA/D変換メモリ装置のメモリ配置がどのように対応するかを検討するためにパターン生成処理を行う。

第二には，パターン生成処理で検討した結果に基づき上記3種類（撮像面積，有効画素数，画角）のうちの1種類を選択し，パターン生成を行い，それに対応した被写体として基準パターンを設定し，光軸調整を実際に行う。

第三に，ステレオカメラ入力の場合は，CCD TVカメラを2台使用する関係で人間が目視で光軸位置合せを行うためにはそれぞれのカメラを切替えながら繰返しモニタTVに表示するルーチンが必要である。

2台のCCD TVカメラの光軸を合せる方法としては，まず最初に基準パターンを仮に設定し，基準パターンの左半分を撮像し，左のCCD TVカメラの光軸をモニタTVで観察しながら設定する。次に，右カメラを眼球間隔だけ移動した位置で左カメラと同様に基準パターンの右半分を光軸を撮像しながら設定する。これを前後，上下，左右，回転方向についてと基準パターンの設定調整を何回か繰返し調整を行う。

このような手順で光軸合せを行う為には，常時2台のCCD TVカメラの画像を交互に切替えて撮像，モニタTV表示する必要があり，また基準パターンの中心とCCD TVカメラの光軸中心を一致させるために一台のCCD TVカメラの場合と同様にA/D変換メモリ装置のメモリに十字パターンや撮像面積/有効画素数/画角に相当する位置を容易に認識できるように，予めパターン生成を行っておく。そして，入力映像信号とこのパターンを合成してモニタTVに表示する必要がある。

第四には，光軸調整を行った結果のデータ保存，保存デ

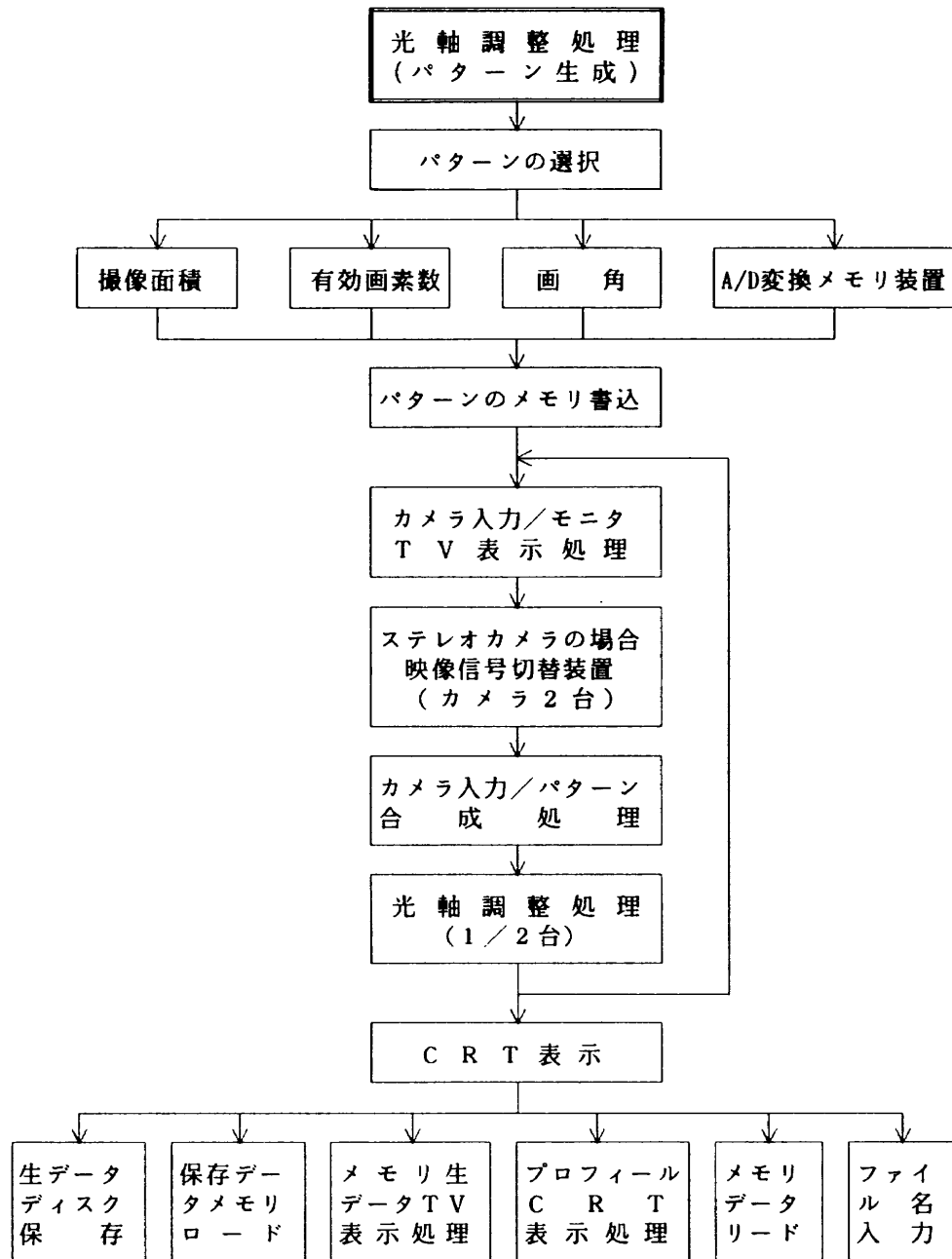


図4-4 パターン生成 / 光軸調整処理ブロック図

ータの再生、生成パターンとの合成表示などの処理を行う。
これらの処理の内容とその流れを図4-4に記す。

(1) パターン生成処理

撮像面積、有効画素数、画角、A/D変換メモリ装置の寸法に対応するパターンは、システム処理計算機上のメモリにそれぞれ生成する。

これら各パターンの寸法は、CCD TV カメラの像面の関係から A/D 変換メモリ装置のメモリ上に生成する大きさを決定するがモニタ TV の大きさの関係で上下左右が一部切れてしまう場合があるため、以下の表4-1のようにメモリ生成寸法と縮小寸法で補助線も生成している。

(2) パターン生成 / 光軸調整処理

光軸調整は、予めメモリに書き込まれた生成パターンと

CCD TV カメラから入力された映像信号をモニタ TV 上で合成し、これを見ながら被写体（基準パターン等）との光軸を調整する。

(3) ステレオカメラ光軸調整処理

ステレオカメラの場合は、前記の光軸調整とほぼ同様であるが、ブロック図に示すようにステレオカメラであるため、映像信号切替装置により2台の CCD TV カメラを交互に切替えながら光軸調整を行う。

(4) 光軸調整データ処理

本データ処理は、光軸調整後の CCD TV カメラ入力データと何種類かの生成パターンを比較検討するためのプログラムである。

表 4-1 パターン生成のメモリ上の寸法

パターンの種類	規格寸法	メモリ生成寸法	縮小寸法	備考
撮像面積	6.39x4.88mm	256 x 196	210 x 162 ⁻¹	-1 70x3=210, 54x3=162
有効画素数	570H x 485V	256 x 218	228 x 196 ⁻²	
画角	45° x 35°	256 x 200	210 x 162 ⁻¹	-2 114x2=228, 98x2=196
A/D変換メモリ装置	256 x 240	256 x 240	210 x 162 ⁻¹ 228 x 196 ⁻²	

4.7 測定結果処理ルーチン

本処理ルーチンは、CCD TV カメラで画像を撮像し、その測定結果より4種類の処理を行う。以下にそれぞれの処理内容を記す。

(1) FD 生データ表示

この処理ルーチンは、測定した撮像生データが直接 FD に書き込まれている場合の処理であり、システム処理計算機のメモリ上に画像データをロードし、モニタ TV 表示、数値表示、一画面のみのヒストグラム表示を行う。

(2) ライン・ピクセルデータ処理

この処理ルーチンでは、モニタ TV 表示、CRT 表示、数値表示、ラインレベル表示、2画面のヒストグラム表示、ライン・ピクセルに相当するデータをプロットし各ライン毎の詳細表示や簡単な2値化処理を行った結果を表示する。

(3) 基準パターンデータ処理

この処理ルーチンでは、モニタ TV 表示、ステレオ基準パターンの2画面同時ヒストグラム表示、2画面の2値化処理、2画面輝度表示を行う。

(4) 歪曲収差検出処理

この処理ルーチンでは、モニタ TV 表示、CRT 表示、数値表示、ラインレベル表示の他に歪曲データ曲線表示で収差を詳細に検討するために拡大表示を行う。

(5) 最小2乗法直線回帰処理

直線回帰処理は、主に入出力特性の測定データより、合計、平均、分散、標準偏差など統計処理計算を行い、最小2乗法による直線回帰を求める。また、ここで相関係数を計算することにより測定値の直線性の評価を行う。

4.8 機能試験処理ルーチン

機能試験処理としては、図4-5に示すように立体画像入出力システムの機能を試験するために、ある数時間の間の変動量を求めるドリフト特性や、入力レベルに対する出力変動を測定する入出力特性、あるいは各画素の感度を測定する感度偏差特性試験など3種類の試験を行なうルーチンである。

上記各特性試験の測定実行処理の他に、生データのモニ

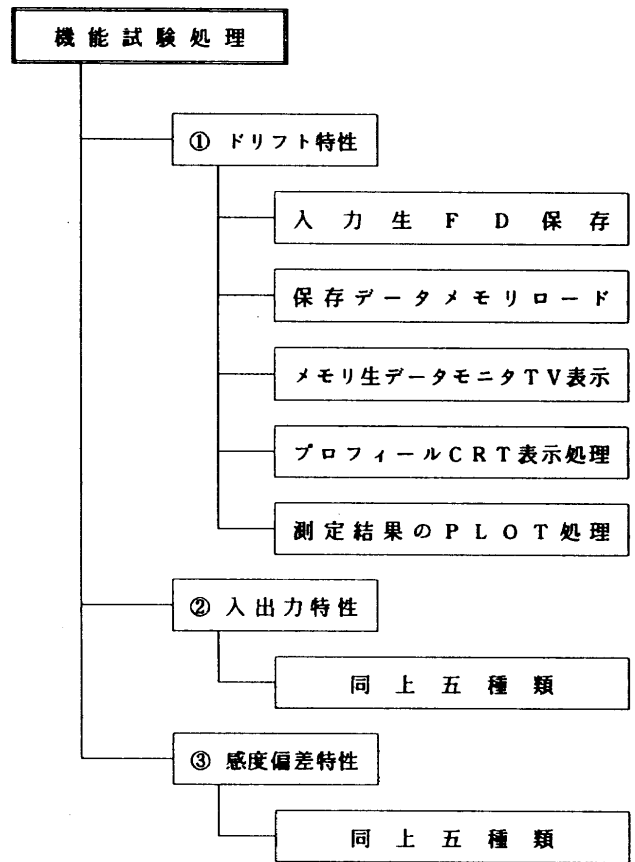


図4-5 機能試験処理ルーチンブロック図

タ TV 表示、メモリ上にある画像データや FD に書き込まれているデータをメモリへ読み込む、CRT 上に3次的に表示するプロフィール、測定結果のグラフ表示などがある。又、測定された結果からライン毎の最大、最小、平均や、あるいはフレーム毎の最大、最小、平均を求めるルーチンから構成している。

5. システム機能試験

ここでは、試作した立体画像入出力システムの機能、性能を確認するために光学系や各装置の機能試験を行った。なお、装置の機能試験としては、各装置の機械的、電気的、光学的機能が十分に満足するものかどうか試験する為

に各装置の単体での機能試験と、全装置を結合し実際に使用状態とした総合機能試験に分けて行った。

また、機能試験内容としては、上記のように、機械的、電氣的、光学的の3種類が挙げられるが、装置によってそれぞれ単独または結合して行なう必要がある。

機能試験に先立ち、先ず第一に第3章で記したように光学系の基準となる基準光源装置を製作したので入出力特性を測定し、その後、この装置を用いて CCD TV カメラ、A/D 変換メモリ装置等の入出力特性試験、感度偏差特性試験を行った。次に、各装置単体や全装置を結合した状態でドリフト特性試験を測定した。

特に、単体試験では、基準ビデオ信号発生器などビデオ機器専用の測定器を使用せず、CCD TV カメラは波形観測のみとし、A/D変換メモリ装置はメモリ機能やドリフト特性を中心とした。総合試験では、全装置を結合し、装置全体のドリフト特性、入出力特性、感度偏差特性などの測定を行った。以下では、単体、総合結合による測定特性項目別についてそれぞれ分けて行ない、それらの内容と結果を記す。

5.1 機能試験概要

ドリフト特性試験は、装置の入力を遮断あるいは短絡等でダークレベル、あるいは任意のレベルの入力で数時間の間を連続動作させ、その間の出力変動を測定し安定性を評価するものである。この測定は、長時間にわたって行われるので、連続的にデータを収集すると多量のデータとなり、後処理が大変であるため、それほど変動が大きい場合は一定間隔の途中の測定結果のみを FD に自動的に記録するように、前章の機能試験処理の中のドリフト特性試験測定用ソフトウェアを使用して行った。

入出力特性試験は、CCD TV カメラに基準光源を入射し、光源の電圧を変化させるか、あるいは透過率フィルター (ND ; Neutral Density) で光量を調節し、何種類かの入力輝度レベルに対して基準光源を撮像し、A/D変換後の出力値を測定したり、あるいは CCD TV カメラの代わりにホットメータ (PHOTODYNE 社製) で基準光源を直接測定を行った。但し、ここで用いたホットメータは、入力光パワーに対して出力は電流に変換されリニア表示となっている。

また、ホットメータは $r=1$ の特性であるため入出力特性は直線性を示す⁴⁾。

感度偏差特性試験は、入出力特性試験と同様に測定を行ない、特定のラインの各画素の感度偏差を測定データから求める。この感度偏差特性試験の測定データ箇所としては、A/D 変換メモリ装置の1フレーム分に相当するメモリエリア (256画素×240ライン) の数箇所について数回測定したが、一番レベルの高く精度的に良い部分として中心ラインに相当する120ラインの1ライン分の測定データの平均を表示した。

5.2 基準光源装置の特性

製作した基準光源装置の入出力特性は、画像での階調特性と同様に考え、出力電圧 e (または電流 i) は入力光の明るさで示される照度 E (あるいは輝き具合の輝度 B) の r 乗と定数 K を乗算して表わされ、 $r=1$ なら直線性を示すが、1 以上の場合には急激に変化することを利用した⁵⁾⁶⁾。

ここでは、照度の代わりに輝度測定を行い、図5-1に示す構成で、光源の電圧を変化させるコントローラレンジの位置をそれぞれ変え、入力電圧を3[V] (ランプ点灯の最低電圧) から5.2[V]迄の間を0.2[V]間隔で変化させた時の光パワーをホットメータで6回測定し、その結果の平均値を図5-2に示す。又、測定結果より最小2乗近似直線の計算を行ったところ相関係数は、0.991であった。

次に、入力電圧を変化させる代わりに入力電圧を一定として透過率フィルターを用いた入出力特性試験では、図5-3に示すように透過率とホットメータの出力値をグラフに示したが直線性はあまり良くない。この原因として、光源に対する透過率フィルターの波長特性による減衰や干渉の影響が考えられる。そこで、今後透過率フィルターを用いる場合には、光源とフィルターのそれぞれの波長特性を求め、より詳細な測定をする必要がある。また、ここで使用した透過率10~70[%]のフィルターの ND-10 から ND-70 までの透過率フィルターの波長特性を図5-4に示す⁷⁾。

5.3 単体機能試験

立体画像入出力システムは、CCD TV カメラをはじめ A/D 変換メモリ装置、システム処理計算機などいくつか

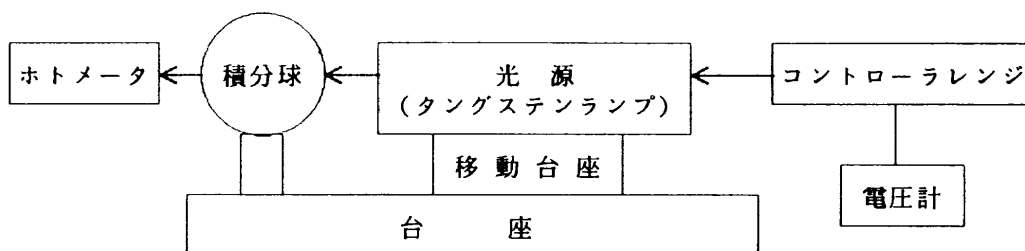


図5-1 基準光源装置輝度測定ブロック図

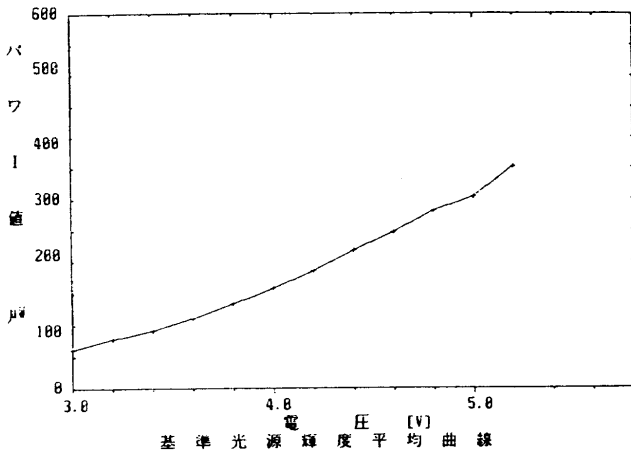


図5-2 入力電圧・光パワー特性(平均値)

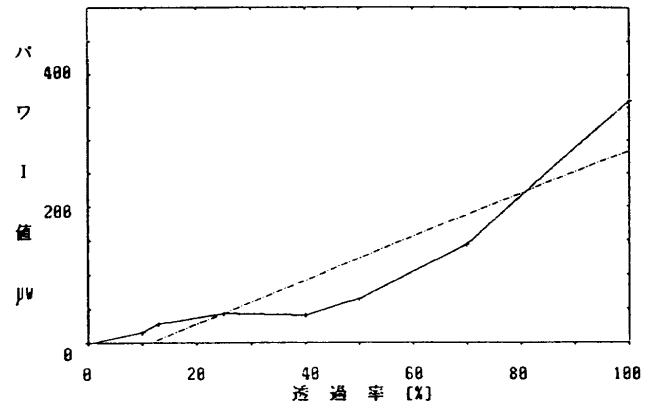


図5-3 透過率・光パワー特性

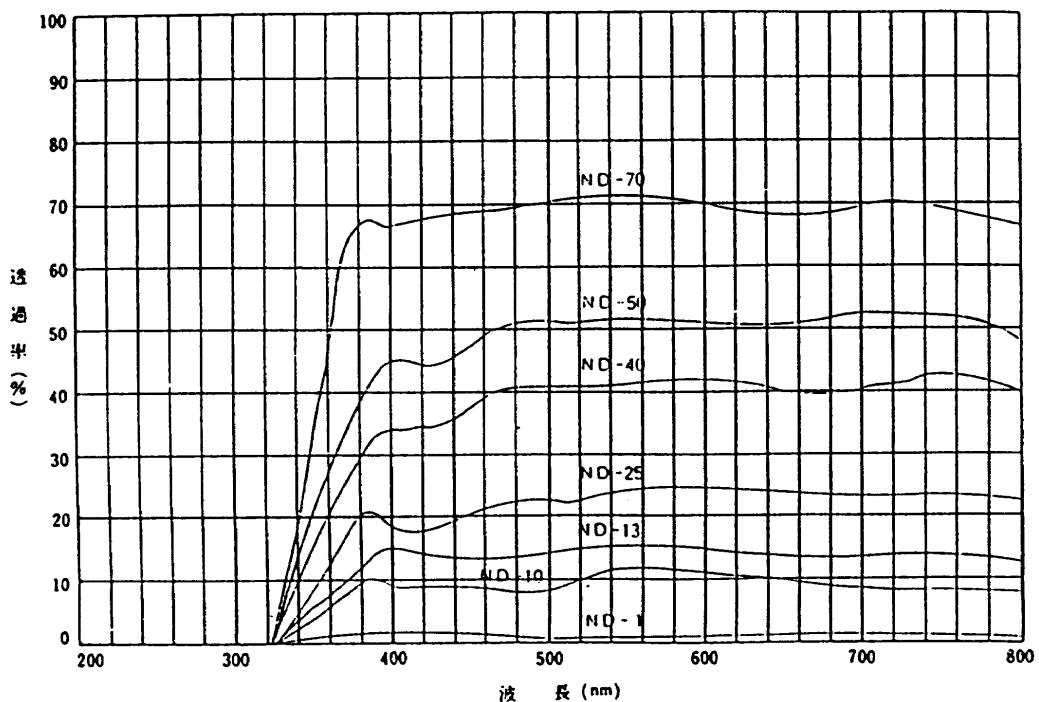


図5-4 透過率フィルター波長特性

の装置を結合してシステム化を行っている。そこで、まず各装置が単体で電氣的、光學的、機械的に正常に計画通り機能しているかどうかを確認すること、各装置の特性を把握する為の試験を行う必要がある。なぜなら、各装置単体で機能試験を実施しておかないと、装置間を結合した時に特性の変化や異常が発生した場合、どの装置の特性なのか、あるいはどこで異常が発生しているのか判断がつかなくなるからである。よって、それぞれの装置について単体試験を行なうのが最良であるが、映像信号切替装置については、ハードウェア構成の章で記したように波形モニタ装置の一部切替機能を用いているため、この装置自身が測定器であり、単体機能試験を行うには、より高性能な測定器が要求される。しかし、モニタ TV や液晶モジュレータは

波形モニタ装置で十分と考え、試験することとした。

2台の CCD TV カメラの単体試験としては、光学系と電氣的な特性がそれぞれ異なるので、これらの特性を把握する為波形観測を行った。次に、A/D 変換メモリ装置は、メモリ機能試験と入力短絡の状態での波形観測についてのみ行った。また、ここで使用した CCD TV カメラは、構造上光学レンズと CCD 素子が一体構成されている為、光學的な試験と電氣的な試験を併合して行なう必要がある。以下では、これらの試験結果について記す。

(1) CCD TV カメラ / 駆動回路

CCD TV カメラは、2台使用し、夫々光学系であるレンズの特性により入力輝度の影響とダークレベルにおける電気回路系の特性を夫々2台の CCD TV カメラについて把

握する目的で単体機能試験を行った。

CCD TV カメラ / 駆動回路の単体機能試験は、図 5-5 に示すように CCD TV カメラと駆動回路は物理的に分れているが、電気的には CCD TV カメラヘッド部と駆動回路部とが一体となっており分離できないので、基準光源装置から光を CCD TV カメラに入射し、駆動回路を通して CCD TV カメラの特性の写真を映像信号切替装置であるところの波形モニタ装置で観測撮影した。

入射光は、ダークレベルの場合と基準光源装置のタングステンランプの輝度調整用電圧コントローラレンジを適当にセットしたレベル(この場合目盛8.5)で行なった。

第3章で述べたように CCD TV カメラは、NTSC 方式であり、写真 5-1 ではダークレベルの波形の場合を示し、水平方向に時間軸を $1 [\mu\text{S}/\text{div}]$ 、垂直方向に IRE (Institute of Radio Engineers) 単位の黒レベル(ダークレベル)を 0 [%]、白レベルを 100 [%] とし、入力信号を 1 [V] に正

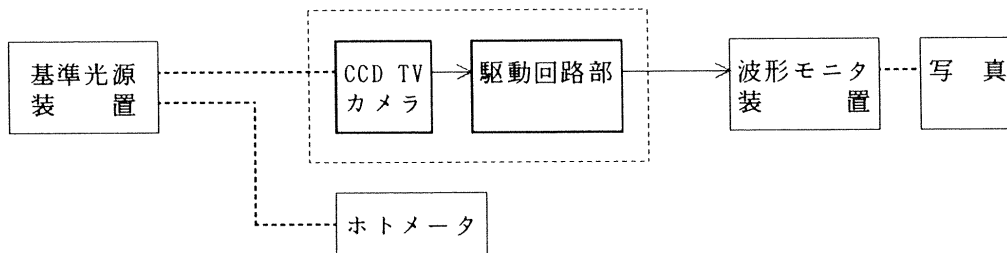
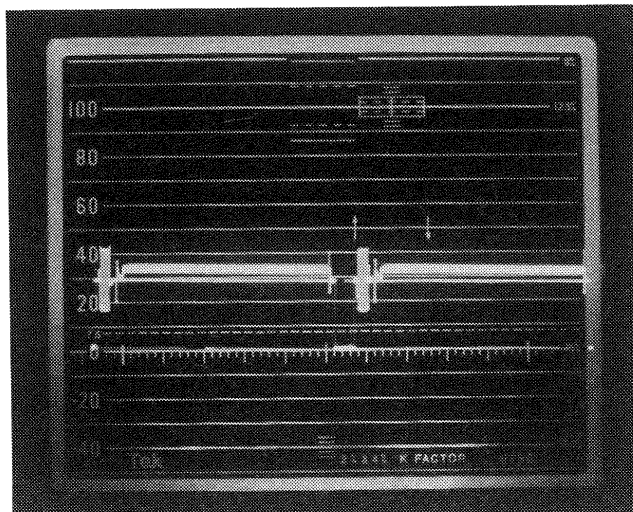
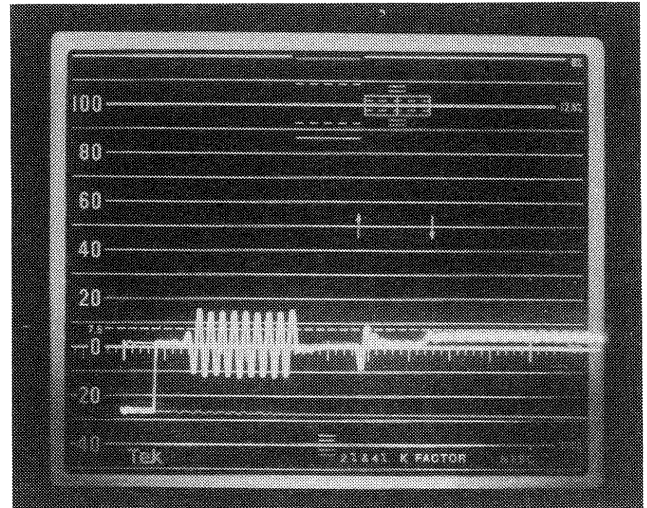


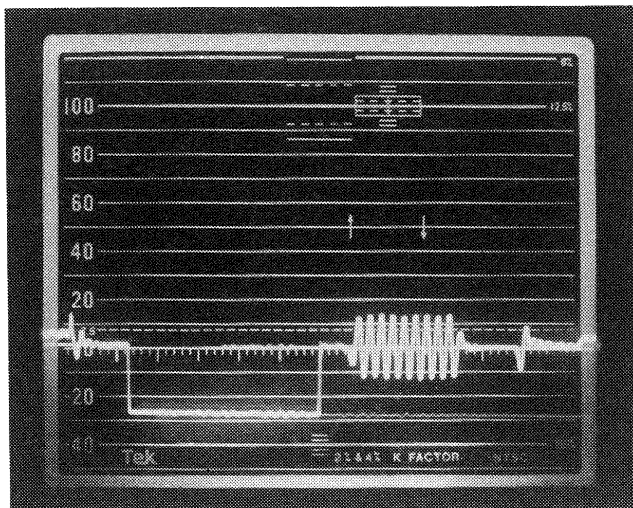
図 5-5 CCD TV カメラ / 駆動回路部単体試験構成図



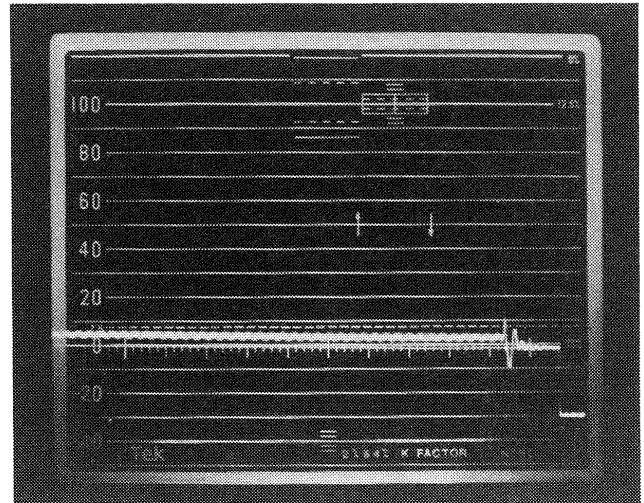
① Field 1, 2 : 水平同期信号, カラーバースト, 映像信号 (IK-M30, CT8)



② Field 1 : 拡大



③ Field 2 : 拡大



④ Field 2 : 映像信号, 262 line

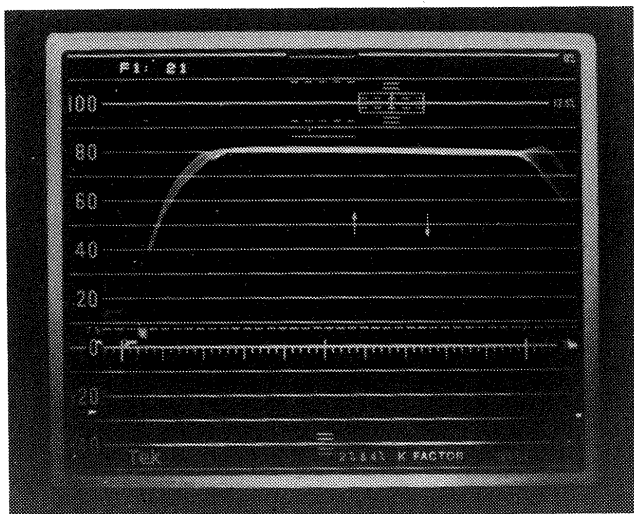
写真 5-1 CCD TV カメラ波形

規化して-40IREから+100IREの範囲で表わす。つまり、1IREは7.14[mV]に相当する⁸⁾⁹⁾。ここで①の写真では、表示の関係で垂直方向に約35IRE上方向に移動しており、左にフィールド1の、中央にフィールド2の水平同期パルスとカラーバースト(8~12サイクル)が20-40IREの範囲で示され、映像信号であるダークレベルが約35IREで表示されている。②の写真は、フィールド1で①の写真を拡大したものである。約-28IREから0IREまで水平同期パルスが立ち上がり、その後カラーバーストが9サイクルそして映像信号のダークレベルと続く。③の写真も同様にフィールド2を拡大したもので②と同様である。④の写真は、フ

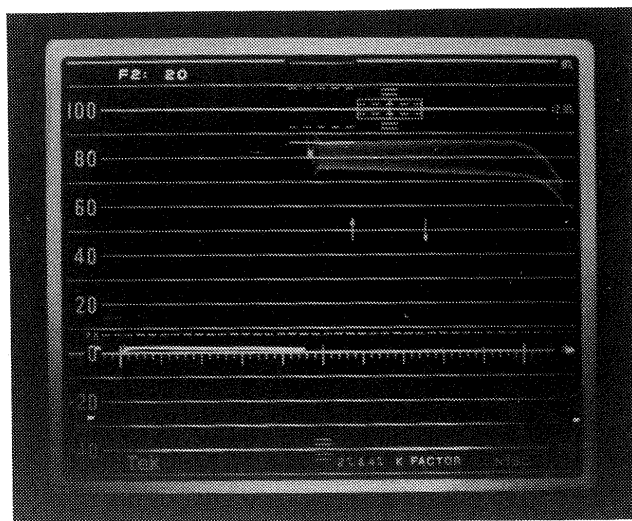
ィールド2の終わりの262ラインが右端で少しレベルとして示されている。

写真5-2では、フィールド1の21ラインにおける場合とフィールド2で20ラインの結果を示す。特にフィールド2では、入力系で述べたようにラインインタレースの為に1/60秒遅れてから映像信号が立ち上がっているのが判る。

このように波形観測からみる限りでは、入力光に対して水平同期パルスやカラーバースト、映像信号などタイミングやレベル等電気系には、特に異常はなく規格一覧の周波数やレベル値の範囲内であり、CCD TVカメラの機能を満足している。よって、2台のCCD TVカメラを結合する



① Field 1 : 21 Line/Range : 8.5



② Field 2 : 20 Line/Range : 8.5

写真5-2 CCD TVカメラ(フィールド1, 2/IK-M30, CT8)

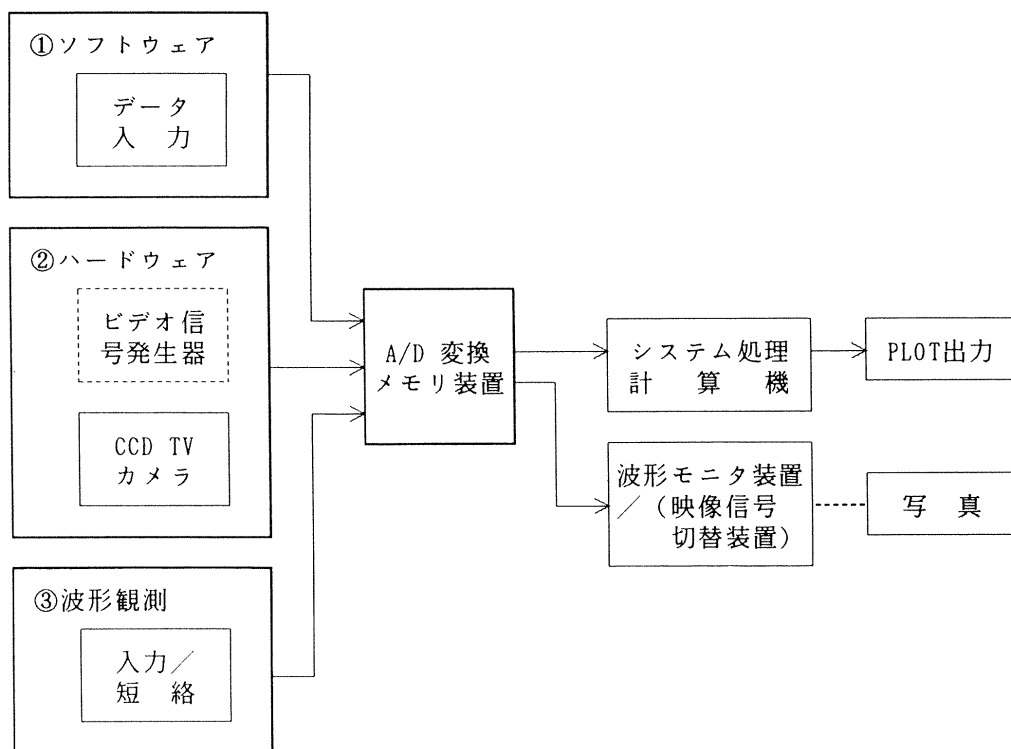


図5-6 A/D変換メモリ装置単体試験

上で、夫々の機能は十分満足していることが確認できた。

但し、ここでは、ステレオ用に CCD TV カメラを 2 台用いているのに対して、その中の 1 台についてのみ記しているが、他の CCD TV カメラについても同様の波形が観測されたので省略した。

波形観測からは、短時間のある瞬間における撮影の為、2 台の CCD TV カメラに関して詳細な特性の違いははっきりと確認することができなかったが、後に記す総合ドリフト特性では異なった結果が得られた。

(2) A/D 変換メモリ装置

A/D 変換メモリ装置の単体機能試験は、図 5-6 に示されるようにメモリ試験をソフトウェア(リード/ライト)で行うものと、ビデオ信号発生器を用いてハードウェアの試験を行う方法がある。

ソフトウェアでは、メモリ上にデータを書き込むライト試験と書き込んだデータを読み出すリード試験を行った。また、入力を短絡した状態で波形観測を行った結果についても示す。

ハードウェア試験の場合は、ビデオ信号発生器の映像信号を用いて行なう方法があるが、実際の使用に際しては CCD TV カメラの特性を把握しておけば十分であると考え、波形モニタ装置による観測のみとし、ハードウェア試験は省略した。

1) メモリ試験

A/D 変換メモリ装置のメモリ試験でソフトウェアによる場合は、おもにメモリのリード/ライト試験であり、A/D 変換メモリ装置の入力を短絡した状態と、任意の入力データ(ここでは数値 0,128,256)をキー入力し、メモリ上に書き込み、次に書き込んだメモリ上のデータを読み出し出力表示した。キー入力した条件のデータ出力結果例を図 5-7(a)~(d) に示す。

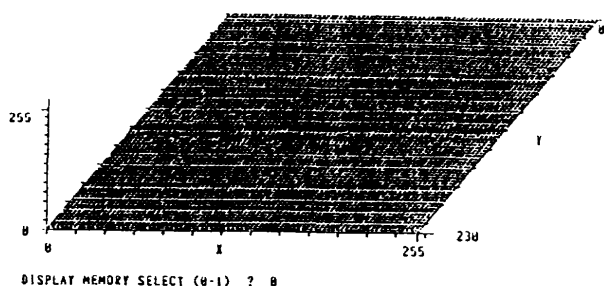
もしメモリに異常がある場合は、図からは解りにくいが実際には CRT 上で縦横色別にカラー表示し、全メモリに書き込みを行っており、1 個でもレベルが変化した場合には CRT 上で確認できる。

これらの図から全データ共に平坦でありメモリのリード/ライトの異常は認められない良い結果となっている。

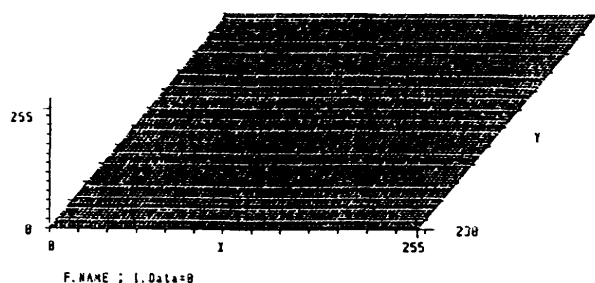
2) 波形観測結果

波形観測は、おもに制御信号部分であるフィールド 1, 2 の 3, 4 ラインの結果をそれぞれ写真 5-3 に示す。

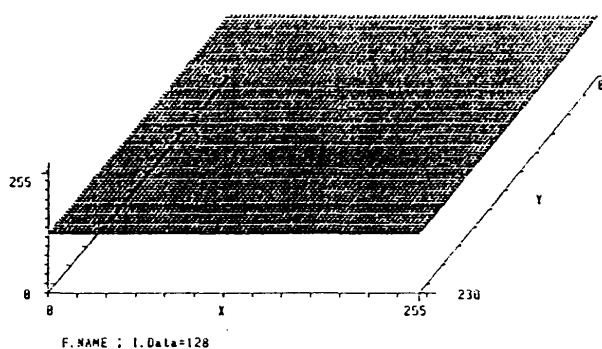
A/D 変換メモリ装置の場合は、制御信号が機能回路の違いにより CCD TV カメラの波形と異なり、ここでの写真には撮像されていないが波形観測から 10 ライン迄は制御信号でデータは 11 ラインから書き込まれていることを確認した。



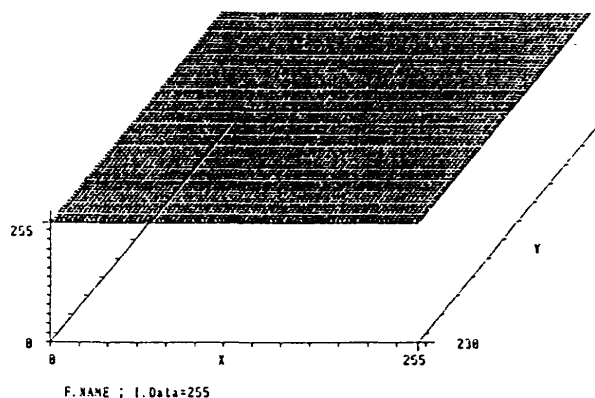
(a) 入力短絡 ; 75Ω ON



(b) 入力データ = 0

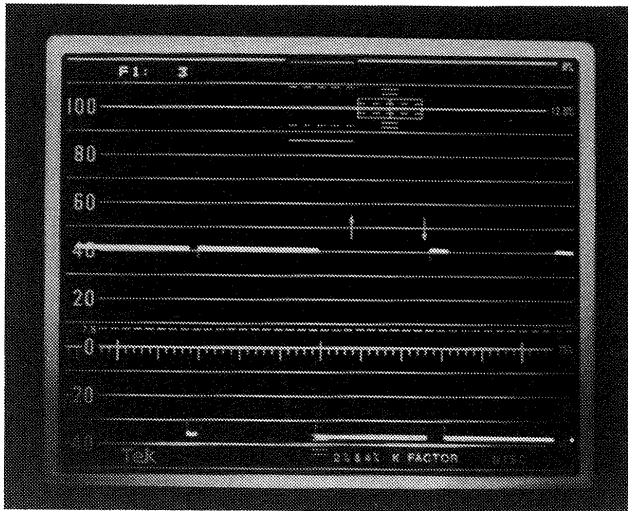


(c) 入力データ = 128

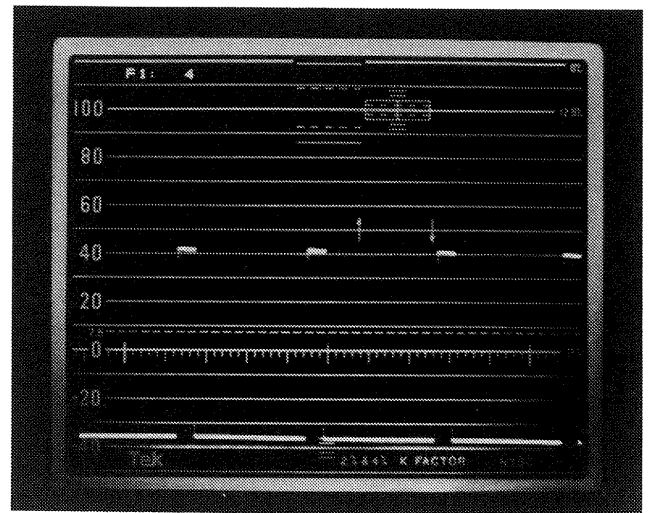


(d) 入力データ = 255

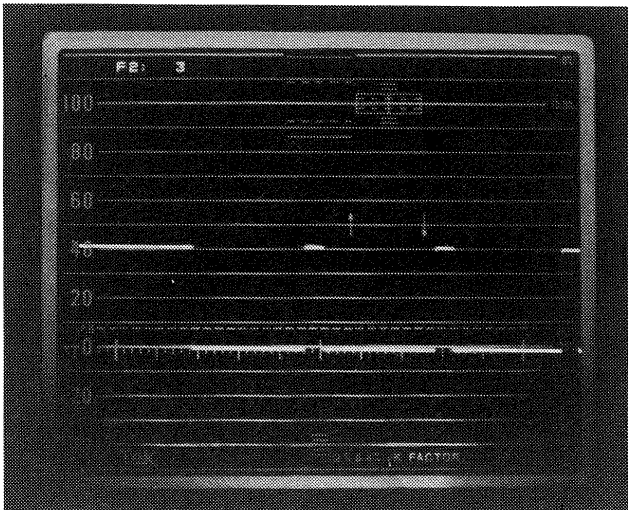
図 5-7 メモリ試験



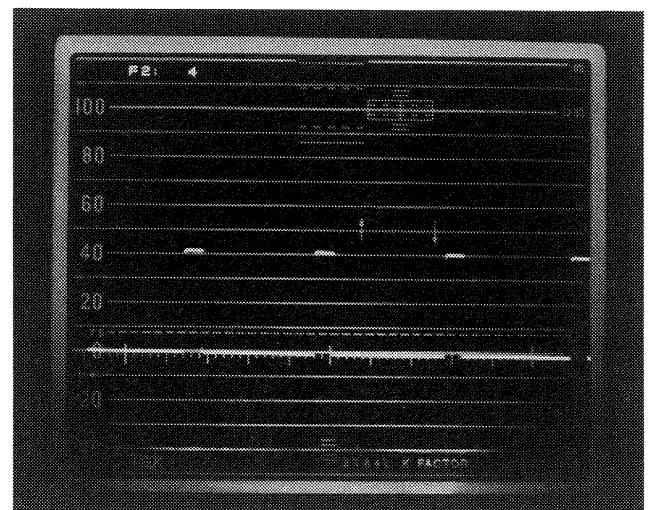
① Field 1 : 3 Line (Image-PC) 入力=短絡



② Field 1 : 4 Line



③ Field 2 : 3 Line



④ Field 2 : 4 Line

写真5-3 A/D変換メモリ装置

5.4 ラインレベル変動

アナログビデオ信号である NTSC 信号とデジタル化の為の A/D 変換装置の結合部分においては、デジタル化されたデータのタイミングと二次元的な位置（1 フレーム分）の関係で制御信号や映像信号が同期の点でどのようになっているのか確認しておく必要がある。

前節では、波形観測を行ったが、この結果に基づき制御信号の最初の部分のラインについて詳細に見るため、A/D 変換メモリ装置単体の場合と CCD TV カメラに A/D 変換メモリ装置を結合した場合のラインレベルの変動について測定した結果を以下に記す。

A/D 変換メモリ装置単体でのメモリ領域全体、つまり 1 フレーム分のうち最初の 5～6 ラインは、NTSC 方式の映像信号を取り込んだ場合、制御信号用（同期信号、カラーバースト等）に使用されているが、図 5-8(a), (b) に示されるように 3, 4 ラインまでレベルの変動が現れていない。

次に、CCD TV カメラ、A/D 変換メモリ装置を結合し

た場合の各ラインの特に時間の最初の方（左の方）を詳細に見てみると、ラインレベルについては、結合したことにより、図 5-9 に単体試験と同様に 3 ラインと 4 ラインを示すが、4 ラインの途中の画素から映像信号の一部で制御信号が現れていることが判る。これは、CCD TV カメラを結合したことにより、単体機能試験の場合と同様に 1/60 秒ずれて映像信号が表示された結果で正常に動作していることを示す。

5.5 ドリフト特性試験

(1) 単体ドリフト特性試験

単体ドリフト特性試験としては、A/D 変換メモリ装置単体でかつ入力を短絡した状態で 4 時間の間、1 時間間隔の測定を行なった結果について、図 5-10 に 1 時間毎のフレームデータの平均値によるドリフト特性を示す。電源投入後、最初の 1 時間半ほどは若干変動があるが、その後は零である。測定結果より、8 ビット A/D 変換した後で最大 4 カウ

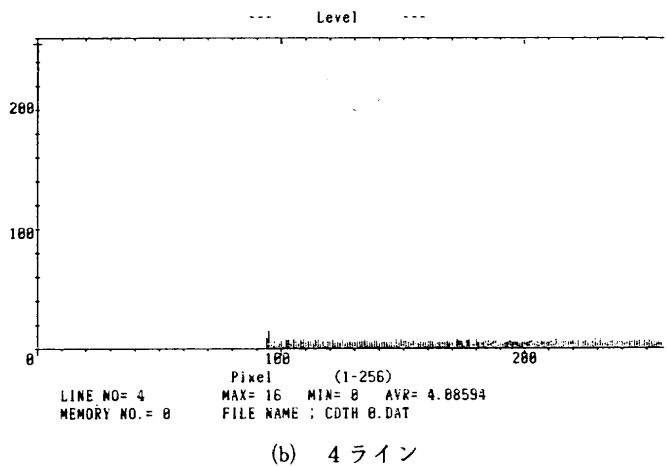
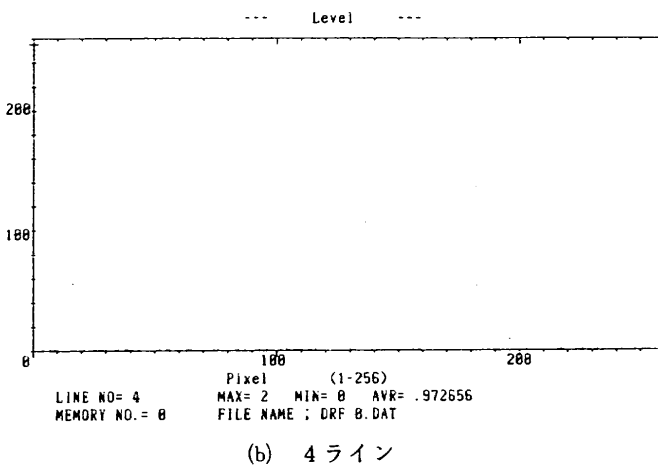
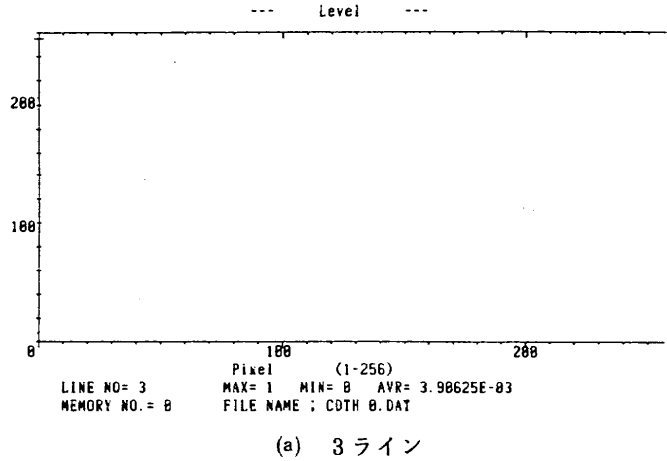
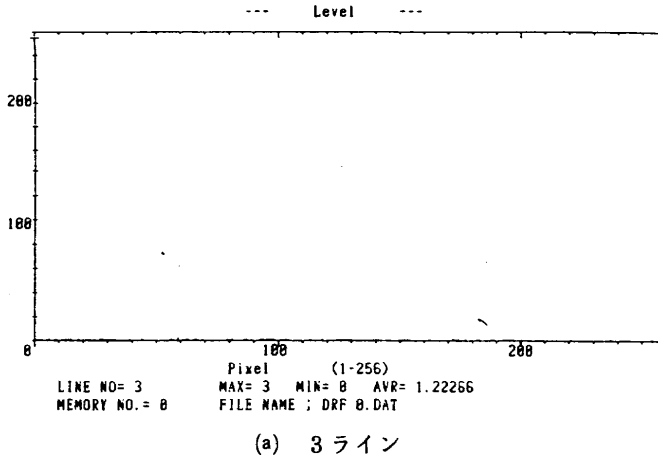


図5-8 ラインレベル(単体1)

図5-9 ラインレベル(結合1)

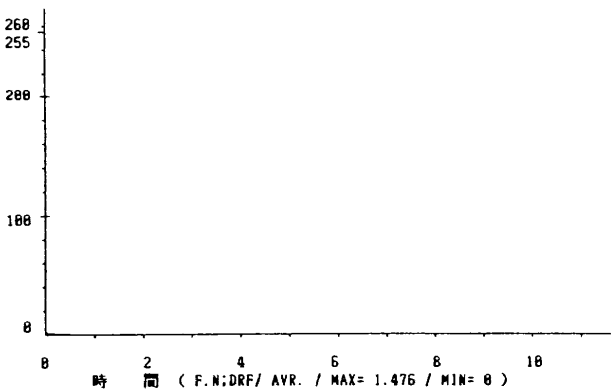


図5-10 単体ドリフト特性1(4時間, 1時間間隔, フレーム平均)

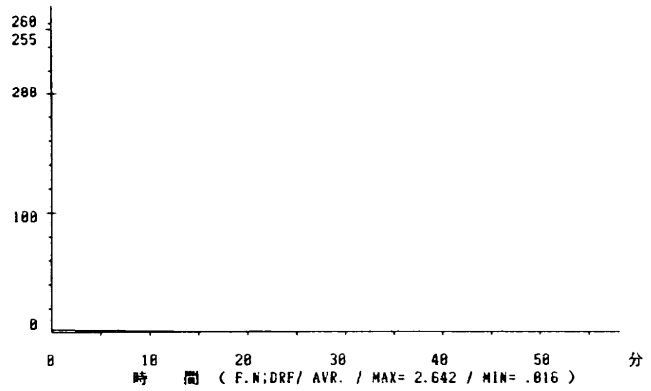


図5-11 単体ドリフト特性2(55分間, 5分間隔, フレーム平均)

ント, 最小0カウント, 平均1.476カウント, 誤差0.157[%]であった。

そこで4時間の間の測定においては, 最初の1時間半ほど若干変動が見られるので, この変動部分について同じように A/D 変換メモリ装置の入力を短絡した状態で50分の間を5分間隔で測定を行なった。その測定に対して, フレームの平均値のドリフト特性を図5-11に示す。この測定結果から, 最初の30分ほどは若干変動があるが, その後は零

であり, 最大5カウント, 最小0カウント, 平均2.642カウント, 誤差0.428 [%]であり, ドリフト誤差として問題ないと言える。

(2) 総合ドリフト特性試験

全体を結合する前に CCD TV カメラ, A/D 変換メモリ装置そしてシステム処理計算機の三装置を結合した状態では, 7時間の間を1時間間隔でドリフト特性測定を行ない, 結果は A/D 変換後のカウント値の比較で誤差3.382 [%],

5分間隔で誤差3.954 [%]であった。この測定結果からは、A/D変換メモリ装置の単体試験の誤差が0.428 [%]であったのに対して、ここでは3.954 [%]の誤差であり、CCD TVカメラを結合したことによる誤差の増加であると言える。

これらの結果に基づき、全装置結合した総合試験としてのドリフト特性は、全装置の電源を投入し、入力を閉じた状態（ダーク）で図5-12に示す構成とした。この構成で、先ず7時間の間を1時間間隔で2種類のCCD TVカメラをそれぞれ単独で駆動（1台は電源を入れずに）させ、映

像信号切替装置で1台ずつに切替えて測定し、次にCCD TVカメラ2台同時に駆動させた状態で、そのうちの1台について7時間の間を1時間間隔と55分の間を5分間隔の2種類の条件でドリフト特性測定を行った。

1時間間隔で測定した1台目と2台目のそれぞれの結果は、誤差2.40~4.22 [%]、誤差5.59~8.19 [%]であり、2台同時駆動のうちの1台の結果は、誤差3.627~5.539 [%]であった。

5分間隔の結果では、誤差3.856~5.850 [%]であった。

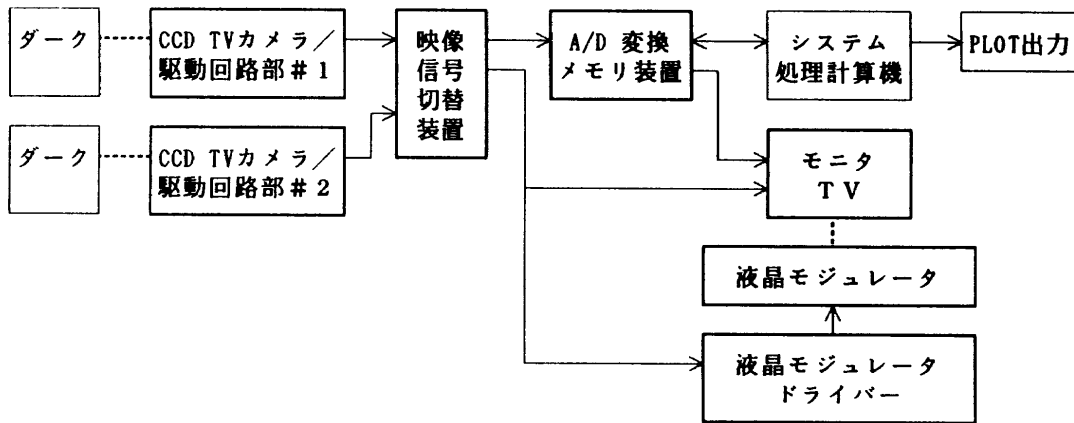


図5-12 総合ドリフト特性試験

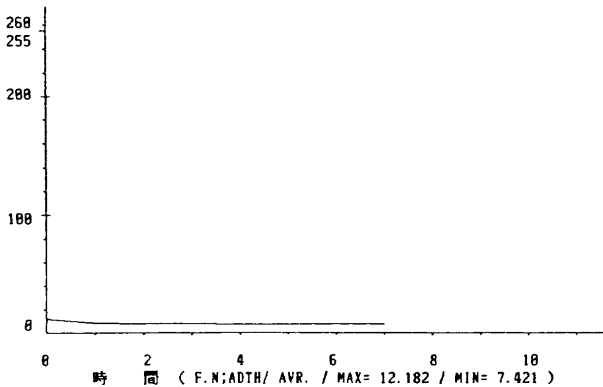


図5-13 総合ドリフト特性1（7時間，1時間間隔，フレーム平均，#1カメラ）

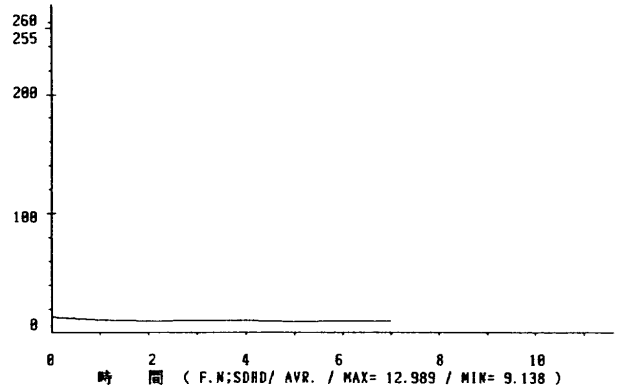


図5-15 総合ドリフト特性3（7時間，1時間間隔，フレーム平均，#1/#2カメラ）

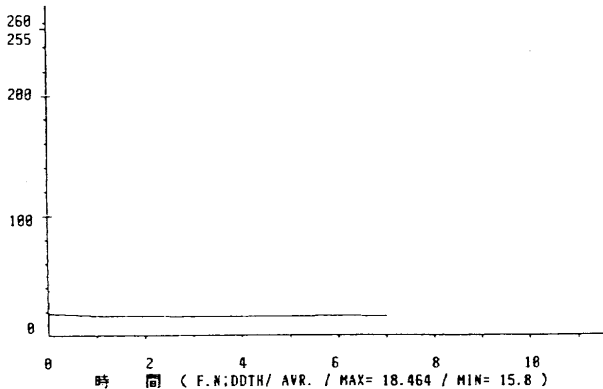


図5-14 総合ドリフト特性2（7時間，1時間間隔，フレーム平均，#2カメラ）

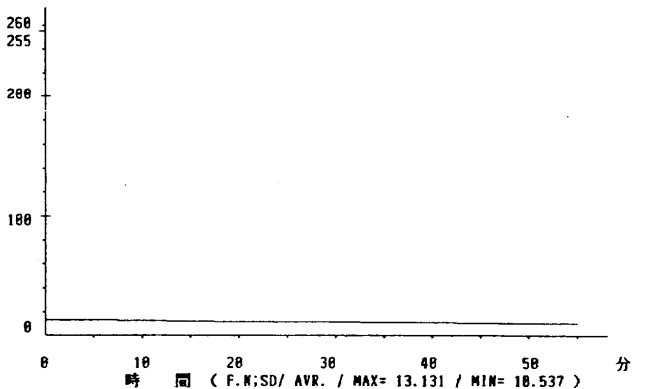


図5-16 総合ドリフト特性4（55分間，5分間隔，フレーム平均，#1/#2カメラ）

この結果をグラフとプロフィールで表わしたものを図5-13～図5-17に示す。

これらの結果を見ると、全体に7時間の間でA/D変換装置の分解能の最大値255に対して、最小で約2.4[%]、最大8.2[%]の変動であり、電源投入後1時間過ぎると安定することが確認された。1時間以内も5分間隔で測定した結果から最小約3.9[%]で最大5.9[%]という結果になった。

単体試験では、ほとんど変動がなく、一部結合した状態でのドリフト特性も変動が少ないのに対して、総合ドリフト特性試験ではやや変動があり、またバイアスが大きくなっている。これは、一つに映像信号切替装置が追加された影響が考えられる。

しかしながら、相対的に室温など熱の影響で電源投入直後は変動が大きいが、1時間過ぎると全装置とも電氣的にドリフト特性は一定に安定する結果が得られた。

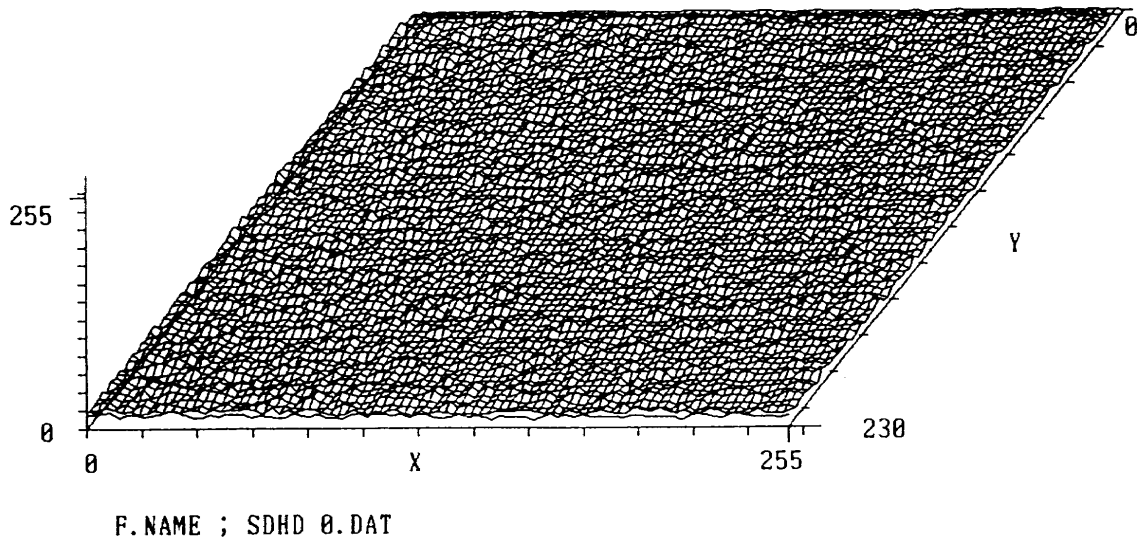
5.6 総合入出力 / 感度偏差特性試験

総合入出力と感度偏差特性試験としては、各装置全体を結合接続した状態（実際に使用する状態）で基準光源装置のタングステンランプの入力電圧により輝度を変化させ、その時の出力特性を得る場合と、入力電圧を一定とし透過率フィルターを用いて入力を変化させた場合の2種類の方法に分けて入出力特性、感度偏差特性の各試験を行なった。

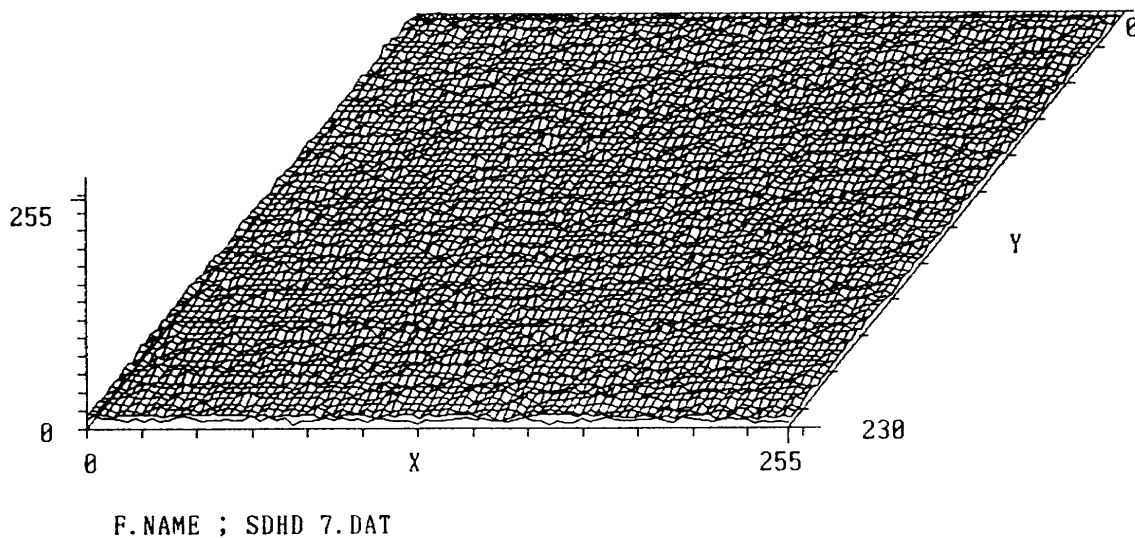
入出力特性、感度偏差特性試験では、特に2台のCCD TVカメラにレンズを装着した場合と、他の種類の異なる3台目のCCD TVカメラとしてレンズ無し（光学系の影響を受けない状態）で測定をした結果についても、以下に記す。

(1) 総合入出力特性試験

全装置を結合した状態の総合入出力特性試験は、図5-18に示すように2台のCCD TVカメラを同時に駆動し、基



(a) 0時間



(b) 7時間後

図5-17 総合ドリフト特性3（#1/#2カメラ）

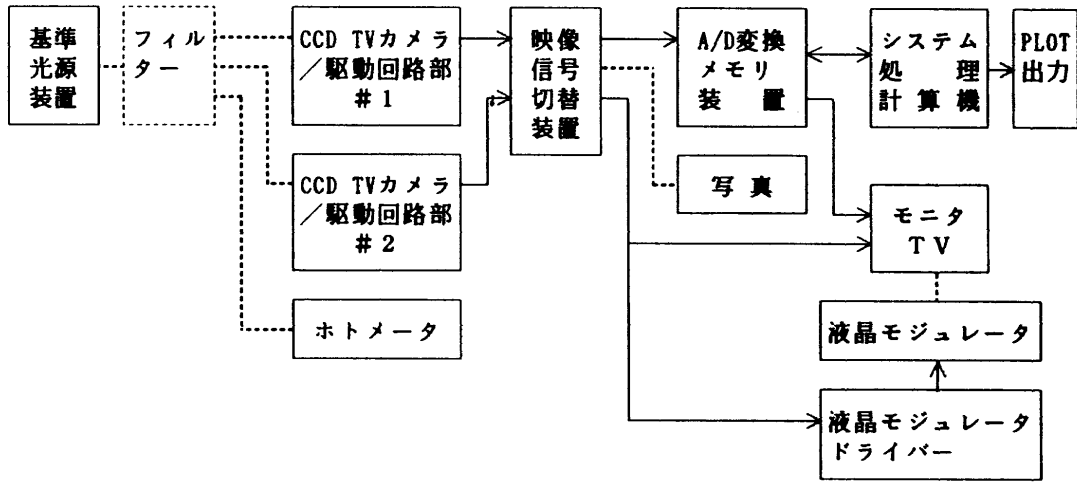


図5-18 総合入出力特性試験構成図

準光源装置のタングステンランプの入力電圧を変化させて映像信号切替装置により CCD TV カメラを1台ずつ切替え、絞りを1/2の位置に設定した場合と開放にした2ケースについて測定した。また、透過率フィルターを用いた構成では、図の点線で囲んで示すように数種類の透過率フィルターに対して、絞りはやはり1/2と開放の2ケースで、飽和直前の電圧に基準光源装置のタングステンランプの電圧を一定に調整し、フィルターで入力輝度を変化させ、この時の CCD TV カメラの出力値を測定し入出力特性を求めた。

それぞれの条件の測定結果について以下に記し、最後に、上記の CCD TV カメラと異なる CCD TV カメラでレンズを外し、光学系の影響を除いた状態で入力電圧を変化させた場合の入出力特性を測定した結果も記す。

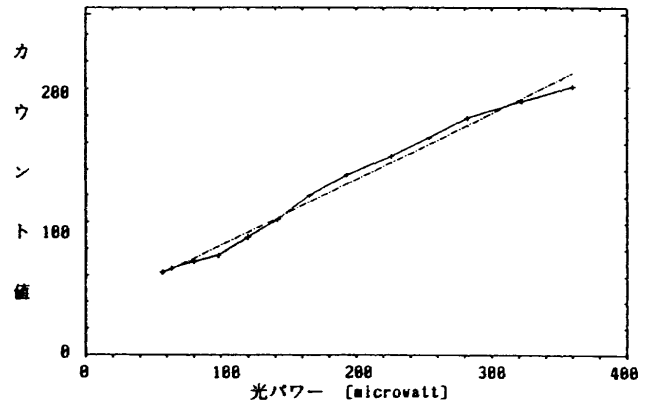
1) 入力電圧変化(輝度変化)の場合

入力電圧変化による入出力特性は、輝度変化に相当するので入力電圧をタングステンランプの点灯開始の関係から最小電圧を2.90[V]とし、その後3.00[V]から0.2[V]間隔で、かつ CCD TV カメラの絞り1/2の場合は5.20[V]まで、開放のときは4.40[V]まで変化させ、なおかつ CCD TV カメラ2台をそれぞれ1台ずつに分けて(但し同時駆動)A/D変換後の出力値の測定を行った。

その測定結果は、フレーム平均とフレームの中心のラインである120ラインの平均値がほとんど一致しているので、ここではフレーム平均値のグラフを絞り1/2の場合と開放の場合を、図5-19、図5-20にそれぞれ示す。

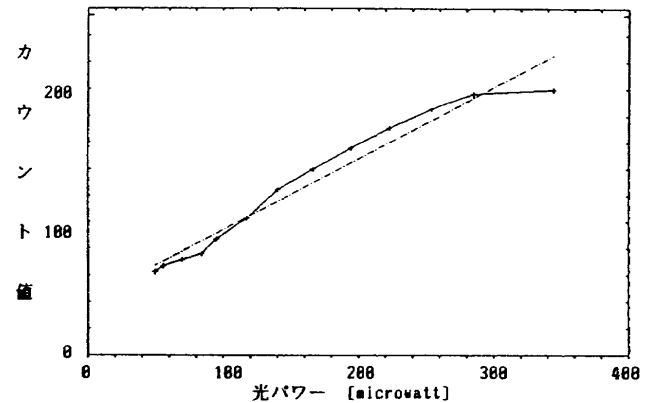
これらの結果から、絞りを1/2の位置にした場合は、光パワー(輝度)とカウント値のグラフも直線性が良く、2台の CCD TV カメラそれぞれ測定データから計算により求めた最小2乗近似直線で相関係数を計算すると約0.97ないし0.99という結果になった。

絞りを開放にすると4.20[V]付近で飽和となり、相関係数も0.92から0.97と少し悪くなっている。



SN801.DAT-SN14.DAT/CU2,(CT8)/AGC=UP/f=1/2/FRAME AVR.

(a) #1カメラ, f=1/2



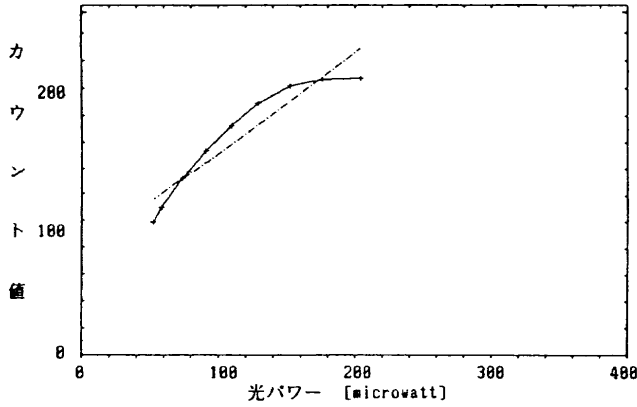
SN801.DAT-SN14.DAT/CT8,(CU2)/AGC=UP/f=1/2/FRAME AVR.

(b) #2カメラ, f=1/2

図5-19 総合入出力特性1(入力輝度変化; フレーム平均)

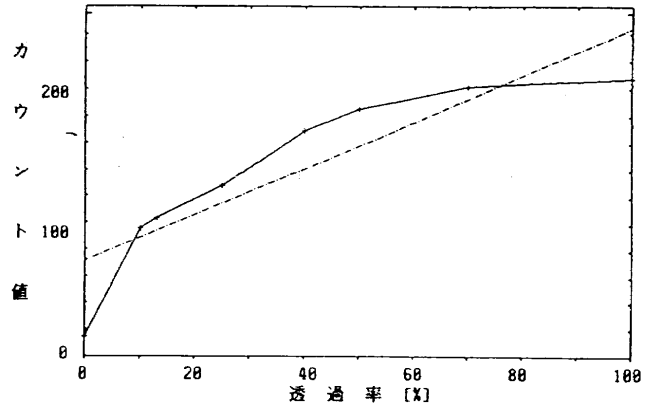
この原因としては、タングステンランプが時間による発熱と温度で不安定となって変動し、測定誤差として現れたと推定される。

また、絞りを開放としたときは、輝度のダイナミックレ



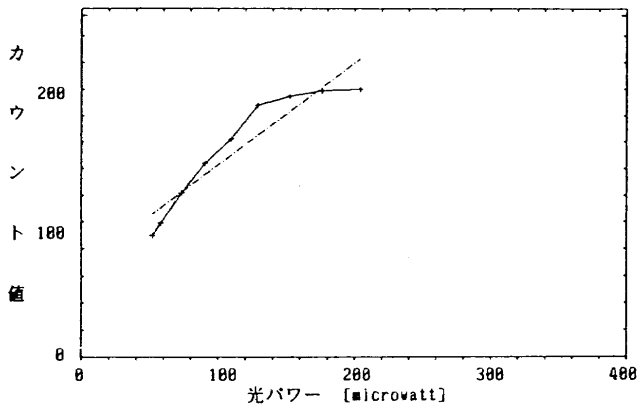
SLB01.DAT-SLB10.DAT/CU2,(CT8)/AGC=UP/f=OPEN/FRAME AVR.

(a) #1カメラ, f=開放



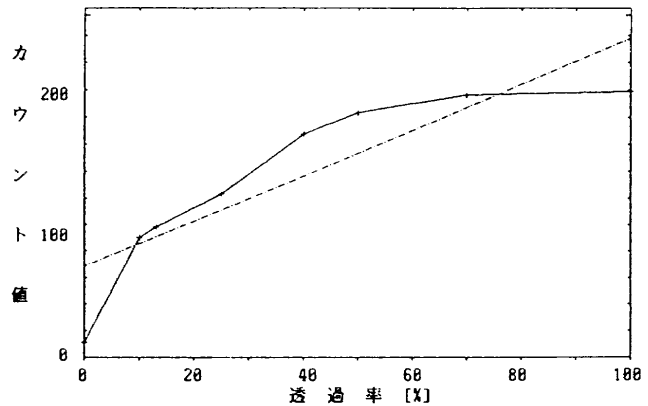
SDC01.DAT-SDC08.DAT/CU2,(CT8)/AGC=UP/f=OPEN/FRAME AVR.

(a) #1カメラ, f=開放



SLB01.DAT-SLB10.DAT/CT8,(CU2)/AGC=UP/f=OPEN/FRAME AVR.

(b) #2カメラ, f=開放



SDD01.DAT-SDD08.DAT/CT8,(CU2)/AGC=UP/f=OPEN/FRAME AVR.

(b) #2カメラ, f=開放

図5-20 総合入出力特性 2 (入力輝度変化; フレーム平均)

図5-21 総合入出力特性 (透過率変化; フレーム平均)

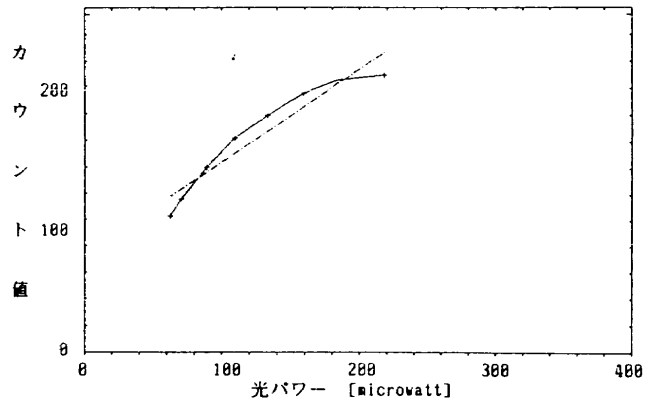
レンジが狭くなり測定点が少なく、すぐ飽和してしまった。入力電圧間隔を0.2[V]以下に設定できれば良いが、上記のように温度による不安定な変動要因があり、入力電圧を細かくして測定を行うことは極めて困難である。

2) 透過率フィルターを用いた場合

透過率フィルターを用いての測定は、前記の測定を参考に絞り 1/2 と開放、入力電圧それぞれ5.20[V]と4.40[V]に最大値を設定した。

透過率フィルターの透過率を10, 13, 25, 40, 50, 70[%]の6種類を使用し、透過率フィルターを外した状態を透過率100[%]、ダークレベルを0[%]とした。このような条件で測定した結果を図5-21に示す。

透過率に対するカウント値は、0[%]から10[%]までの誤差が大きく、測定データから計算で求めた相関係数は絞り開放で0.85から0.88と悪い結果となっている。この原因として考えられることは、透過率フィルターの光学特性で特に波長特性とタングステンランプの波長特性が影響していると思われる。そして、CCD TV カメラの光学系の波長特



SDE01.DAT-SDE12.DAT/8502,(8519)/AGC=OFF/FRAME AVR./NO LENS

図5-22 総合入出力特性 5 (入力輝度変化; フレーム平均)

性も影響を及ぼしていると考えられる。

3) CCD TV カメラのレンズを外した場合

前記までの各種測定は、CCD TV カメラにレンズを装着した状態(実際にはカメラヘッド部にレンズと CCD 素子が一体となっている)で行った。

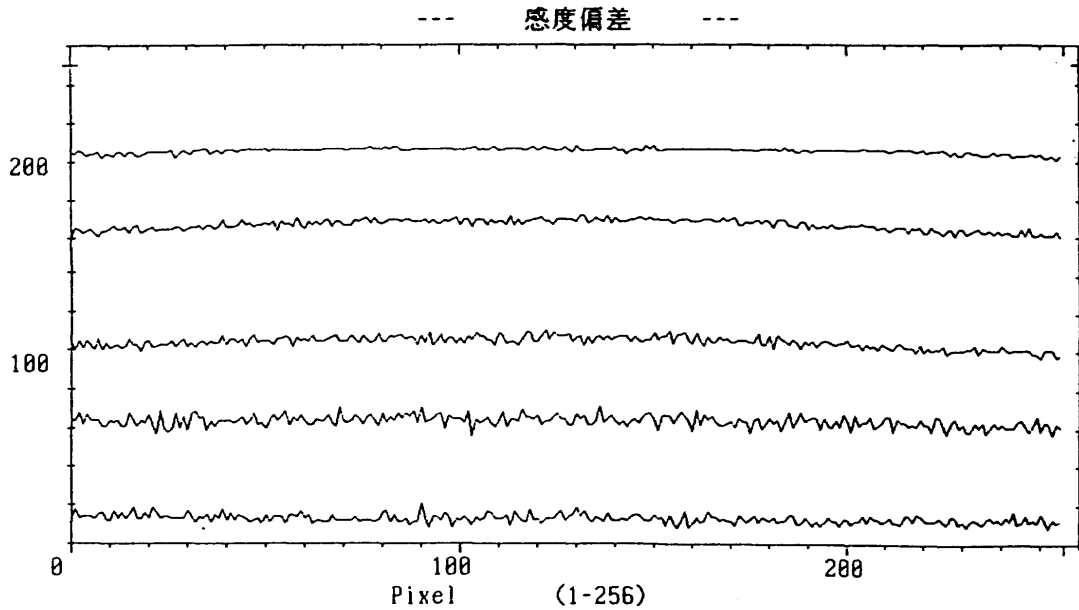
ここでは、光学系、特にレンズによる収差が入出力特性に影響していると考えられるので、前記までに用いた CCD TV カメラと異なった別の CCD TV カメラを用い、CCD TV カメラのレンズ部分を外し、CCD素子に直接光を入射させ、光学系の影響を除外した状態で入力電圧を変化させ、輝度変化に相当する入出力特性を測定した結果について図 5-22に示す。

入出力特性についてみると、レンズが装着された#1のカメラの場合と特性はあまり変わらない結果となった。

これは、CCD素子と回路が γ 特性を考慮して構成されているものと思われ、レンズの影響は直接現れない結果となった⁵⁾⁶⁾。

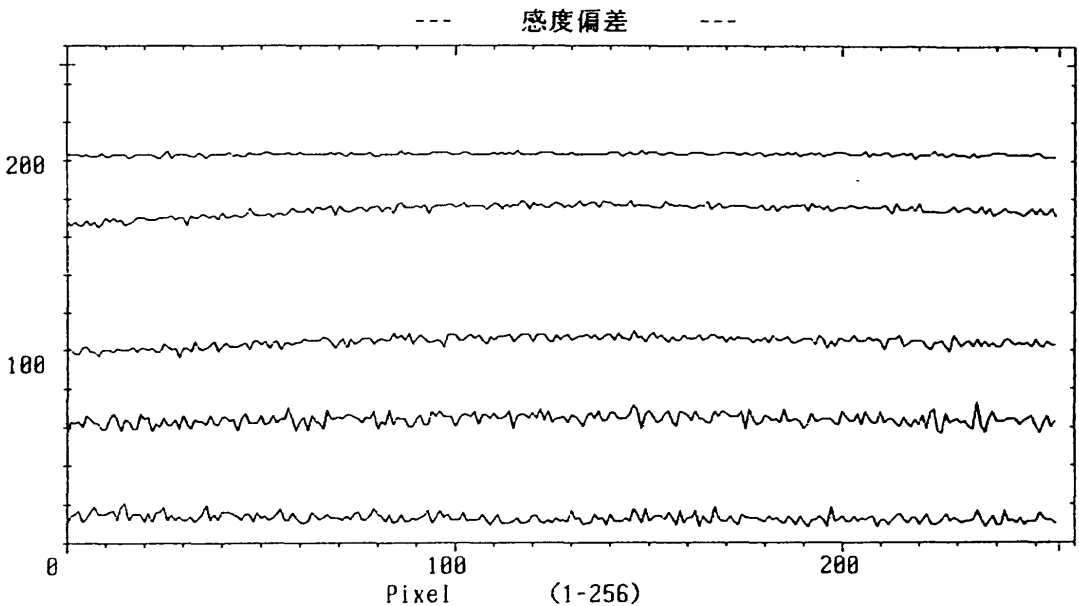
(2) 総合感度偏差特性試験

本特性試験は、総合入出力特性試験と同じ方法で行い、



LINE NO= 120
F. Name ; SHA01.DAT SHA02.DAT SHA07.DAT SHA11.DAT SHA14.DAT

(a) #1カメラ



LINE NO= 120
F. Name ; SHB01.DAT SHB02.DAT SHB07.DAT SHB11.DAT SHB14.DAT

(b) #2カメラ

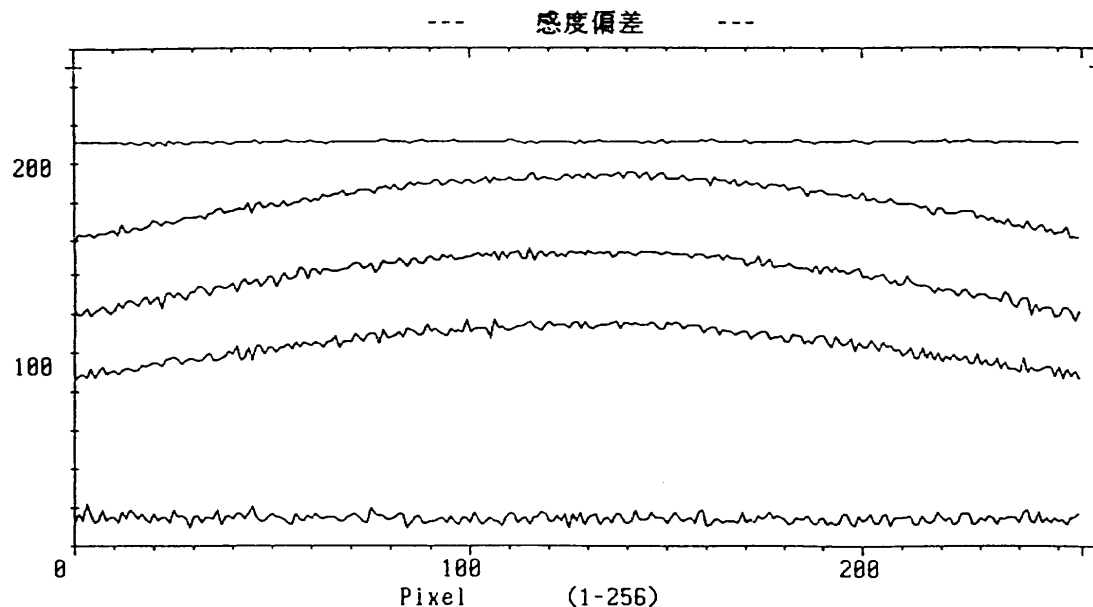
図5-23 総合感度偏差特性 1 (入力電圧変化 ; $f=1/2$)

結果の一部を用いて縦軸にカウント値、横軸にピクセル番号で示し、総合感度偏差特性を求めた。

2台の CCD TV カメラ共に絞りが 1/2 の時は、図5-23 に示すように平坦であるが、開放の時は、図5-24 のように入力レベル（輝度レベル）が高くなるに従い、両端が下がり傾向となっていることがわかる。これは、光学系の収差や周辺減光の影響を受けていることを示す。

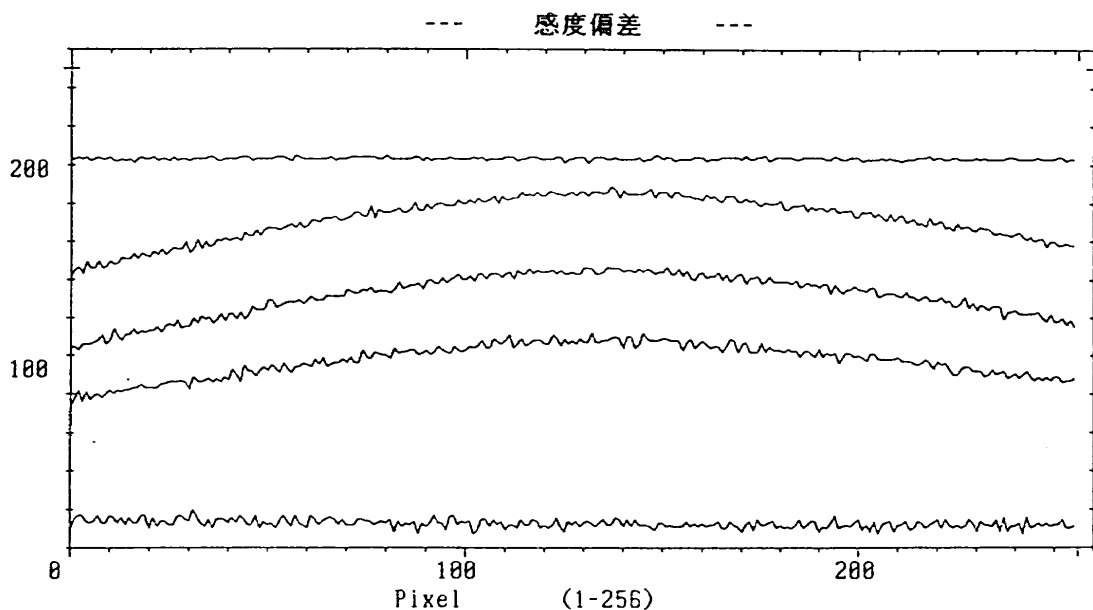
特に、#2 の CCD TV カメラについてのプロフィールを、絞り 1/2 で暗電流と最大レベルの時の感度を図5-25に、絞り開放でやはり暗電流の時と入力電圧 3.2 [V] の時のフレーム表示を図5-26に示す。この図でわかるように、絞り開放では四隅が若干下がりぎみとなっている。

一方、今まで使用した 2 台の CCD TV カメラとは異なる CCD TV カメラでレンズを外した状態での感度偏差特



LINE NO= 120
F. Name ; SLH01.DAT SLH02.DAT SLH04.DAT SLH06.DAT SLH10.DAT

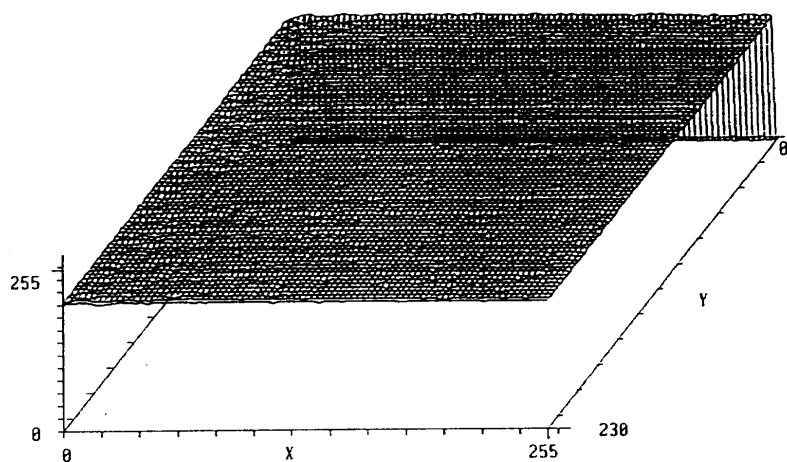
(a) #1 カメラ



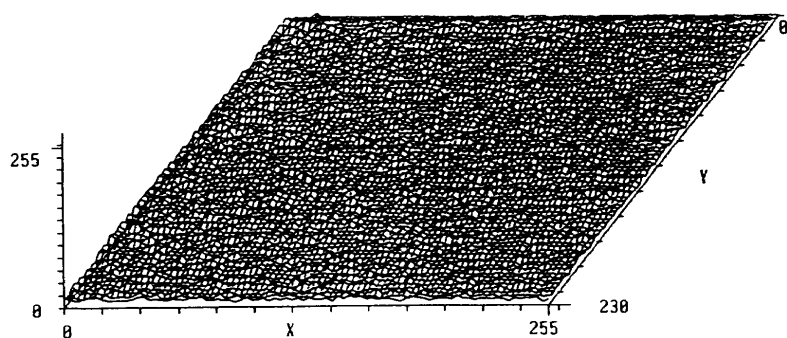
LINE NO= 120
F. Name ; SLB01.DAT SLB02.DAT SLB04.DAT SLB06.DAT SLB10.DAT

(b) #2 カメラ

図5-24 総合感度偏差特性 2 (入力電圧変化 ; f=開放)

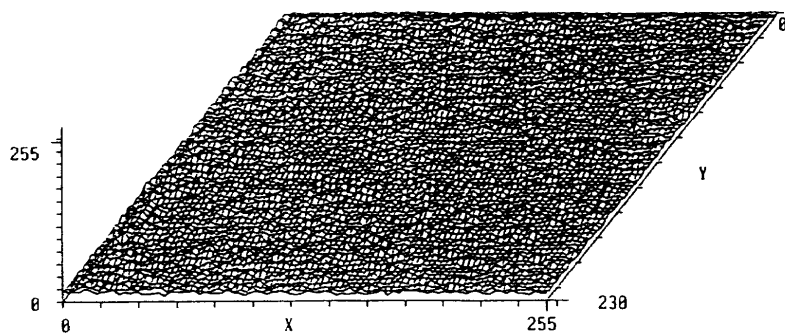


F. NAME ; SHB14. DAT

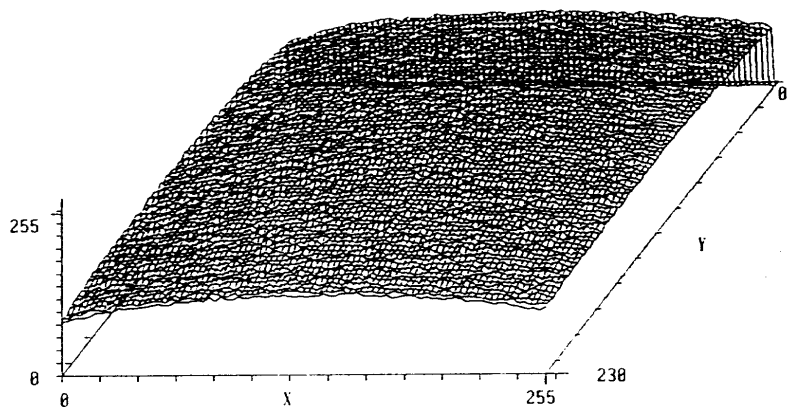


F. NAME ; SHB01. DAT

図5-25 総合感度偏差特性フレーム表示1 (#2カメラ ; f=1/2)



F. NAME ; SLB01. DAT



F. NAME ; SLB04. DAT

図5-26 総合感度偏差特性フレーム表示2 (#2カメラ ; f=開放)

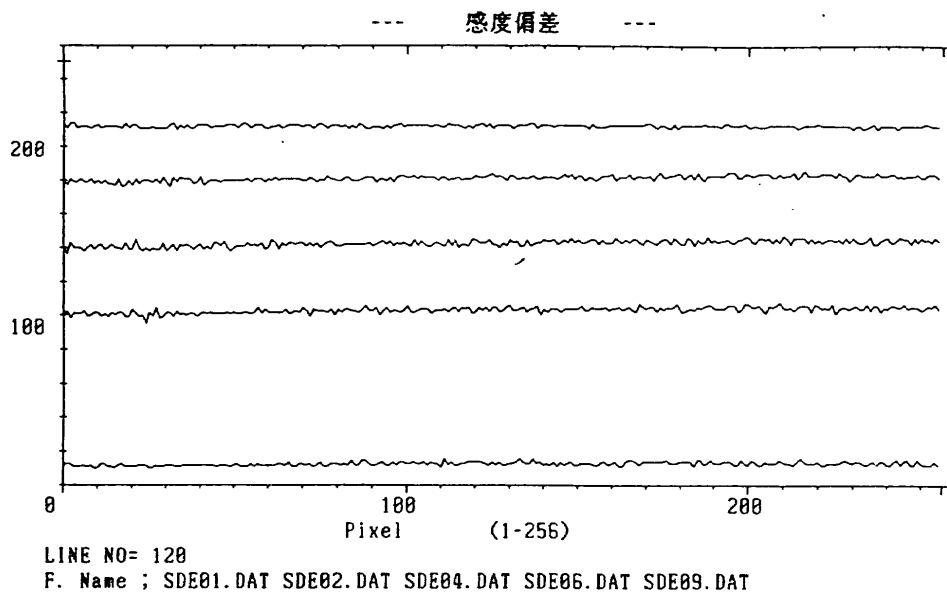


図5-27 総合感度偏差特性3 (入力電圧変化; レンズ無し)

性は、図5-27に示すようにどの入力レベルに対してもほぼ平坦で、光学系の収差や周辺減光の影響が除外された状態がよく解る。

6. あとがき

1台ないし複数台の CCD TV カメラによる立体画像入出力システムの試作を行い機能試験を実施した。

その結果、各機能については、特に CCD TV カメラの電気的特性やレンズの光学系の収差特性がカメラ1台1台異なるため、映像信号に影響を与えることが明らかになった。また、映像信号切替装置などの影響もあり、無視することができない事が判明した。このように、装置から得られる映像信号を計算機処理する上で、各種特性の影響が大きいため、高精度画像処理を行うにはこれらの事を考慮した処理が必要と言える。

システム全体が電氣的に安定するまでには、ドリフト試験より約1時間位かかる事も判明した。

また、特に光学系の特性を正確に測定するために基準光源装置の製作を行った。しかしながら、この基準光源装置の光源が温度による変化が激しく、今後電源の直流化など改良する必要がある。

さらに、立体画像入出力システムとしては、立体画像を扱う上でステレオ画像としてシステム化を行ったが、2台の CCD TV カメラの特性を完全に一致させることは、入出力特性試験、感度偏差特性試験結果などから明らかのように CCD TV カメラの特性がそれぞれ異なるため不可能であり、よってそれぞれのカメラの特性を把握しておくことにより、撮像された画像情報から補正を試みる必要がある。

立体画像表示に関しての機能試験は省略したが、今後必

要となるので光学系の波長特性の測定や液晶モジュレータの同期特性等を測定する必要がある。

ここでは、基礎的なシステムの試作を行ったが、各システム要素の高性能化、高機能化に対応して置き換えていく必要がある。

また、本システムの試作では、特に入力部分の立体画像計測を中心とした機能や出力処理である立体画像モニタ表示方式に限定し、この2種類を取り上げたが、画像解析、認識等は別途論述する。

参 考 文 献

- 1) 本間幸造, 山本浩通, 中 正夫; 宇宙立体画像情報処理システムについて, 第33回宇宙科学技術連合講演集 (1989), pp.798-799
- 2) 日刊工業新聞社; 計測辞典, (昭和37)付録 p.9
- 3) 電子通信学会; 電子通信ハンドブック, (昭和54) pp.134-136
- 4) 本間幸造, 中 正夫, 輿石 肇; 固体画像センサ性能評価システムの試作研究, 航技研資料 TM-591 (1988) pp.30-32
- 5) 木内雄二; イメージセンサ, (昭和54) p.45, 日刊工業新聞社
- 6) 辻内順平, 村田和美; 光学情報処理, (昭和54) p.9, 朝倉書店
- 7) 東芝色ガラスフィルターカタログ, (昭和56) p.7
- 8) ソニー・テクトロニクス; NTSC テレビジョン・システムの側定, PT-1301-12, (1993.10), pp.2-14
- 9) テレビジョン学会; テレビジョン・システム評価用チャート解説書, (1982.5) p.29

付録 規格一覧

表 A-1 CCD TV カメラ / 駆動回路部規格一覧表 (IK-M30)

項 目		規 格
消費電力		3.8 [W]
撮像素子		1/2 インチ CCD イメージセンサ 有効画素 570H x 485V = 276,450
撮像面積		6.39 x 4.88 [mm]
走査方式		2 : 1 インターレース
走査周波数		水平 15.73 [KHz], 垂直 59.94 [Hz]
同期方式		内部 / 外部同期 (自動切換)
解像度		水平 360 TV 本以上 垂直 350 TV 本以上
標準被写体照度		200 [lux] 以上 (F1.6 , 3000 [°K])
最低被写体照度		15 [lux] (F1.6 , 3000 [°K])
S / N 比 映像出力		46 [dB] VBS 1.0 [V] p-p NTSC方式準拠
レンズ	焦点距離	f 7.5 [mm]
	明るさ (手動絞り)	F 1.6 ~ F 18
	撮影可能距離	レンズ先端から 20 [mm] ~ ∞
	画角 (∞にて)	35 [°] x 45 [°]
直流電源	電圧 電流容量 リップル電圧 コネクター	+12 ± 0.5 [V] 800 [mA] 以上 50 [mV] 以下 ヒロセ電機(株) HR10A-7P-4S 1,2 Pin +12 [V] 3,4 Pin アース
	重量	カメラヘッド 約 25 [g] カメラ制御部 約 750 [g] AC アダプター 約 760 [g]
寸法	ヘッド、制御器	17.5φ x 52.9mm , 44.8H x 110W x 161Dmm

表 A-2 映像信号切替装置規格一覧表 (波形モニタ装置1730型)

項 目	規 格
信号入力	ビデオ信号および外部基準信号
最大入力信号	± 5 [V] (DC+ピークAC)
入力インピーダンス	15 [K Ω]以上
ビデオ入力チャンネル	A, Bチャンネルともループ・スルー75[Ω]終端
内部同期	コンポジット・ビデオ
外部同期	143 [mV] ~ 4 [V]のシンク・パルス
EXT REF入力	DC入力インピーダンス 15[K Ω]以上
ピクチャモニタ出力	A, Bチャンネル切替 60 [HZ]
周波数応答	50 [KHZ] ~ 6 [MHZ]で 3 [%] 以内
DCレベル	75[Ω]負荷で 0.5 [V]以下
出力インピーダンス	75[Ω]
CRT表示領域	80 x 100 [mm]
トレース・ローテーション	8 [°]レンジ
高 度	4.575 [m]
温 度	0 [°C] ~ +55 [°C]
消費電力	最大 25 [W]
寸 法	13.3(H) x 21.6(W) x 46.0(D) [cm]
重 量	約 3.8 [Kg]

表 A-3 A/D変換メモリ装置規格一覧表 (IMAGE PC ED-1181)

項 目	規 格
画像入力信号	日本テレビジョン標準方式(NTSC) 映像信号 VS 1 [V]p-p 75 [Ω] 同期信号 SYNC 4 [V]p-p 75 [Ω]
画像出力信号	日本テレビジョン標準方式(NTSC) 映像信号 VS 1 [V]p-p 75 [Ω] 同期信号 SYNC 4 [V]p-p 75 [Ω]
画像メモリ	256 x 256 x 8 [bit] x 1 64 [kB](標準) → 128 [kB] (実装)
画像表示ドット数	横 256 , 縦 240 [ドット]
サンプル周波数	約 6 [MHz] , (166 [nsec])
アスペクト比 (縦横比) 誤差	画像メモリのアスペクト比は、1 : 1とする ± 5 [%]以内
画像表示輝度レベル	256 段階 (8 [bit])
画像A/D変換レベル	256 段階 (8 [bit]) , 66 [ms] (Max)
カラー / 白黒映像信号変換	3.5 [MHz]の色信号除去用フィルター内蔵

表 A-4 システム処理計算機規格一覧表 (PC98XL)

項 目		規 格	
CPU		70116 (ノーマル) / 80286 (ハイレゾ)	
クロック		8 / 10 [MHz] 切替え可能	
メモリ	ROM	96 [Kバイト]	
	RAM	標準	1 [Mバイト]
	増設		0.5 [Mバイト]
VRAM	テキスト	12 [Kバイト]	
	グラフィック	512 [Kバイト]	
CRT	テキスト表示	80 文字 x 25 行	
	グラフィック表示	モノクロ	1,120 x 750 [ドット] (VRAM上は1,120 x 936 [ドット]) 16 階調濃淡表示 1 画面 モノクロ表示 4 画面
		カラー	1,120 x 750 [ドット] (VRAM上は1,120 x 936 [ドット]) 4096 色中 16 色 1 画面
キーボード		J I S 標準配列準拠	
フロッピーディスク (内蔵)		1[Mバイト] 5" 2台	
フロッピーディスク (外付け)		1[Mバイト] 8" 2台	
固定ディスク (外付け)		20[Mバイト] 1台 (ノーマル)	
マウスインタフェース		オプション	
拡張スロット		4 スロット	
外形寸法 / 重量		470(W) x 420(D) x 150(H) mm / 15.1Kg	
消費電力		135W (最大160W)	

表 A-5 モニタ TV 規格一覧表 (SONY PVM-1442Q)

項 目		規 格
CRT	偏向/型 ピッチ幅 最大輝度	90 [°]、14型 0.40 [mm] 45 [fL]
画 面 寸 法		268(幅) x 201(高さ) x 332(対角) [mm]
解 像 度		600 TV本 (コンポジット信号) 900 x 200 [ドット](RGB)
色 温 度		9300 / 6500 [°K] (スイッチ切替)
走 査 周 波 数		水平 15.625 [KHZ]、垂直 50 [HZ]
周 波 数 特 性		コンポジットビデオ ; 7 [MHZ] , Y/C ; 8 [MHZ] アナログ RGB ; 8 [MHZ]
リニアリティ		水平 ; ±4 [%] 以下、垂直 ; ±5 [%] 以下
映 像 入 力		ビデオ ; 8ピン、ラインA/B ; BNC、Y/C ; 4ピンミニDIN アナログRGB ; BNC、コンポーネント ; BNC、 デジタル RGB ; D-sub9ピン、TTLレベル
映 像 出 力		ラインA/B ; BNC、ループスルー、 アナログRGB ; BNC、コンポーネント ; BNC
外 部 同 期 入 / 出 力		BNCx2 (入力・出力 各1)
音 声 入 力		ビデオ ; 8ピン、ラインA/B・Y/C ; ピン x 3 (各1)
音 声 出 力		ラインA/B ; ピン x 2 (各1)
コ ン ト ロ ー ル S 入 / 出 力		ミニ x 2 (入力・出力 各1)
電 源		AC 100 [V], 50 [HZ]
消 費 電 力		99 [W]
寸 法		346(W) x 340(H) x 412(D) [mm]
重 量		16.5 [Kg]

表 A-6 液晶モジュレータ規格一覧表 (SGS-410)

品 名	項 目	規 格
液晶モジュレータ (16インチモニタ用)	寸 法	13.2" x 17.2" x 1"
	重 量	2.5 lb (ポンド)
液晶モジュレータ ドライバ	ラストモード フレームシンク	30Hz / 60Hz
	ラストモード フィールドシンク	60Hz / 120Hz
	ベクタモード	ゲート入力、ラッチ入力、 シングル入力
	コントロール入力レベル	TTL Level
	コンポジット同期レベル	0.2V neg. sync (<5V P-P Video and sync)
	映像信号端子	75Ω ±5% (Switchable, BNC #1only)
	電 源	100V , 0.3A(Max) , 48~60Hz
	寸 法	4" x 5.5" x 2"
	重 量	1 lb
直 流 電 源	寸 法	4" x 3" x 2.5"
	重 量	2 lb
眼 鏡		円偏光眼鏡 円偏光クリップ・オン眼鏡

航空宇宙技術研究所資料 687号

平成7年9月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1
電話三鷹(0422)47-5911(大代表)〒182
印刷所 株式会社三興印刷
東京都新宿区西早稲田2-1-18
