

ISSN 0452-2982
UDC 535-15:
536.5:
681.3.02

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-514

赤外線温度計測装置 (I)ハードウェア

三 村 富嗣雄 ・ 吉 田 豊 明 ・ 柳 良 二
能 瀬 弘 幸 ・ 高 原 北 雄

1983年6月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

目 次

1	まえがき	1
2	計測装置一覧と主な仕様	1
3	非定常赤外線温度計測装置 (Inframetrics 510)	4
3.1	概要	4
3.2	構成要素	5
3.2.1	検知・表示部	5
3.2.2	コンピュータユニット	6
3.2.3	データ処理ユニット	6
3.2.4	フロッピディスクユニット	7
3.2.5	データサンプリングユニット	7
3.2.6	カラー化ユニット	9
3.2.7	デジタル画像収録装置	10
3.2.8	グラフィック表示制御ユニット	11
3.2.9	インプットスイッチャーユニット	11
3.2.10	カラーモニタユニット	12
3.2.11	モノクロモニタユニット	13
3.2.12	プリンタ	13
3.2.13	ビデオカセットレコーダー	13
3.2.14	パワーユニット	14
3.2.15	リモートコントローラ	14
3.2.16	リモートカラーモニタユニット	14
3.2.17	サーモカメラCT-4Bデータ収録インタフェースユニット	15
3.2.18	キャラクタディスプレイ	15
3.3	操作方法	17
3.3.1	ケーブル接続	17
3.3.2	電源投入及び切断	17
3.3.3	データ処理装置の始動と停止	22
3.3.4	赤外線カメラ系の調整	24
3.3.5	システム・VTR等の調整	26
3.3.6	実験・データ処理	31
3.4	画像の大きさ	31
3.4.1	概要	31
3.4.2	DFM, GRA	32
3.4.3	CT-4B	33
3.4.4	Model 510, 525	34
3.4.5	DSU	34
3.5	検知特性と校正	34
3.5.1	概要	34
3.5.2	Model 510, 525	35

3.5.3	CT-4B	37
3.5.4	ふく射率	37
3.6	赤外線透過材	38
3.7	周辺機器	39
3.7.1	カラーイメージレコーダー(CIR-100)	39
3.7.2	三次元画像処理装置(SK-1610)	41
3.7.3	赤外線透過窓	43
3.7.4	位置基準体・反射鏡	45
4	定常赤外線温度計測装置(CT-4B)	46
4.1	概要	46
4.2	仕様と操作方法	46
5	定常一点計測用温度計	48
5.1	Optitherm12-8722	48
5.2	Mark I	49
6	黒体炉	50
6.1	概要	50
6.2	BB1500	50
6.3	6T31	51
6.4	BS450	51
7	まとめ	52
8	あとがき	52
9	参考文献	52

赤外線温度計測装置

(I)ハードウェア*

三 村 富嗣雄** 吉 田 豊 明** 柳 良 二**
能 瀬 弘 幸** 高 原 北 雄**

1. まえがき

本資料は原動機部・熱伝達研究室・タービン研究室で使用している各種赤外線温度計と校正に必要な黒体炉の特徴と仕様の詳細・主な操作要領及び特性等をまとめたものであり、赤外線温度計測の計画又は遂行時の技術資料とすることを目的としている。

タービン熱伝達研究室では、航空機用をはじめ、作動温度の高いガスタービンの高圧タービン部の研究開発を主要なテーマの一つとして行っている。高圧タービン部は燃焼器を出た高温ガスの有するエネルギーの一部を動力に変えて圧縮機を駆動する要素であるため、高温状態で高負荷に耐えなければならない。このため構成部材には超耐熱合金が用いられ、さらにタービン翼部等主要な部分は燃焼する以前の高温空気が圧縮機から抽気されて冷却される。中でもタービンノズル翼・動翼は最も高い熱負荷をうけるので、できるだけ少い冷却空気量で有効な冷却効果が得られるように周到な冷却構造を有しなければならない。実験研究はこの観点に立って、単純化した模型による基礎試験・拡大翼模型の翼列試験、さらに実機大模型による高温試験等、様々な手段で総合的に行っている。これら実験研究において最も重要な温度計測には熱電対を使用しているが、計測点数、位置の選定には限度がある。しかし実験結果の解析に際しては分布の二次元的な広がりとか温度変化の激しい部分における空間分解能の向上が必要とされる場合が多い。

赤外線温度計はこれらの要求を満足するので、実

験研究には各種の赤外線温度計を併用している。次章に計測装置の一覧と主な仕様を概説し、第3章以後に個々の装置の内容を述べる。なお二次元温度分布を測定する計測装置では広汎な画像処理ができる。本報ではそのハードウェアについて記述するが、画像処理を含むデータ処理のソフトウェアについては別報で詳細にまとめた¹⁾。

ここで記載している計測装置は、通商産業省工業技術院の大型工業技術研究開発制度(大プロ)における「航空機用ジェットエンジンの研究開発」および大型省エネルギー技術研究開発制度(ムーンライト)における「高効率ガスタービンの研究開発」の一環として航空宇宙技術研究所が行っている開発研究に資するために、設計製作又は購入されたものが多い。

2. 計測装置一覧と主な仕様

各種赤外線温度計は、研究の対象・目的によって適切な機種を用いる必要がある。選択の主な基準は、(イ)温度範囲、(ロ)温度変化の速度、(ハ)空間分解能、(ニ)二次元計測か一点計測か等である。本資料に記載する装置は二次元走査型赤外線温度計二種類(Inframetrics 510, CT-4B)と一点計測用赤外線温度計二機種(Optitherm 12-8722, Mark I)であり、上記基準に沿った機種の選択がある程度可能である。本報では二次元走査型赤外線温度計システムの詳細が主要な部分を占めるが、赤外線温度の計測に関連する周辺機器(黒体炉、三次元画像処理装置、カラーイメージレコーダー等)の記述も含め、総合的な技術資料とした。図2.1は構成装置の一覧と主要システムの線図を示す。図中には形式名及び本報で述べる章節(§)を参考として付記した。

* 昭和57年11月16日受付

** 原動機部

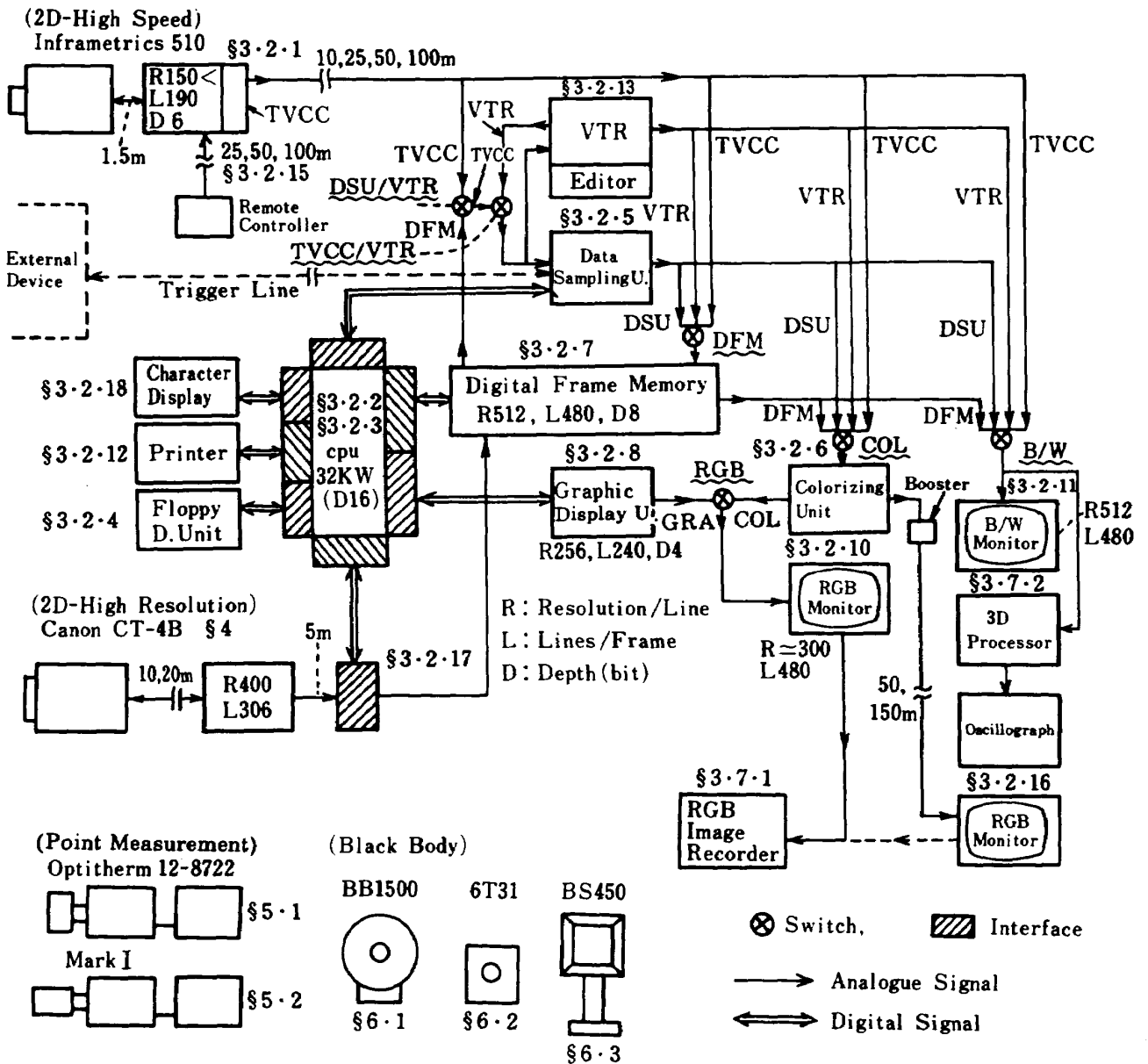


図 2.1 赤外線温度計測装置の構成とシステム線図

非定常赤外線温度計測装置の内容については次章で詳細に述べるが、図 2.1 中の (2D-High Speed) Inframetrics 510 と記した部分がカメラ本体と信号表示部であり、赤外線の熱像図は、テレビ信号変換回路 (TVCC) ユニットにより、通常のテレビ信号 (走査線数 525 本、映像複合同期信号 $1V_{p-p}$ 、フィールド周波数 $60Hz$) となって、データ処理システムへ伝達される。別途既存の Inframetrics 525 モデルは同様なテレビ信号の出力を出すので、このモデル専用のリモートコントローラを含め、Inframetrics 510 に代って使用することができる。このよ

うにデータ処理装置は標準のテレビ信号 (たゞしモノクロ) を受けるので、赤外線カメラに限らず、通常のテレビカメラ又は VTR 出力を接続すれば、このシステムによるデータ処理のすべてが行える。

High Speed 系のカメラユニットからリモートコントローラを含むデータ処理システムまでのケーブルの長さは 10, 25, 50, 100m のいずれかが選択できる。このケーブル長の違いによる出力の微調整はカラーライジングユニットにおいて行う。一方 High Resolution 系ではカメラと信号処理部間のケーブル長が 10m 又は 20m であり、信号処理部とデ

ータ処理システム間は5mである。

他方RGBモニターの一つはブースターなしで50m, ブースターを介すれば総延長150mの遠隔地でシステムに組込まれたRGBモニターと同一の画像が見られる。

図2.1中のTrigger Lineは全く別に独立のデータ処理装置から又は装置へ短絡のトリガー信号が伝達されるので, 次章に述べるデータサンプリングユニットにおいて任意の指定点の温度の時間変化を採取する開始のタイミングを指定できる。通常はキャラクタディスプレイからのコマンドでサンプリングを開始する。なおこのLineの長さは任意であり, 30mで満足に作動させた経験がある。

図2.2は二次元走査型赤外線温度計システムの概観を示す。この図にはリモート監視用RGBモニターも見られるが, 三次元画像処理装置, RGBイメージレコーダー, キャラクタディスプレイは含まれていない。

表2.1は図2.1に示した装置の主な仕様である。

ここに掲げられている装置は, 赤外線の検知による温度測定の手備範囲のかなりな部分を受持つことができる。しかしたとえば, 測定物が微小なもの, カメラが設置できないような空間的制限又は高温条件のあるもの, 測定物の温度変化が非常に早いもの(例: 高速回転体)等については測定できない。

表2.1(a)でわかるように, 二次元温度分布については時間変化のある温度の測定も必要な場合にはInframetrics 510を使用し, 温度場が安定している場合は解像度の高いCT-4Bを使用する。ただし後者はカメラヘッド系が大きく重いので, 設定場所の確保が困難なこともあるが, 反射鏡をうまく配置してこの困難性が解決されることも考えられる。一水平走査あたりの画素数はカメラの電子回路系の周波数応答から保証されているカタログ値であるが, データ処理における画素数は異なっている。(3.4節参照)。図2.3(a), (b)には二次元走査型の赤外線温度計における走査光学系の構造を示す。図aは高速度型モデル510, 図(b)は高解像度型モデル

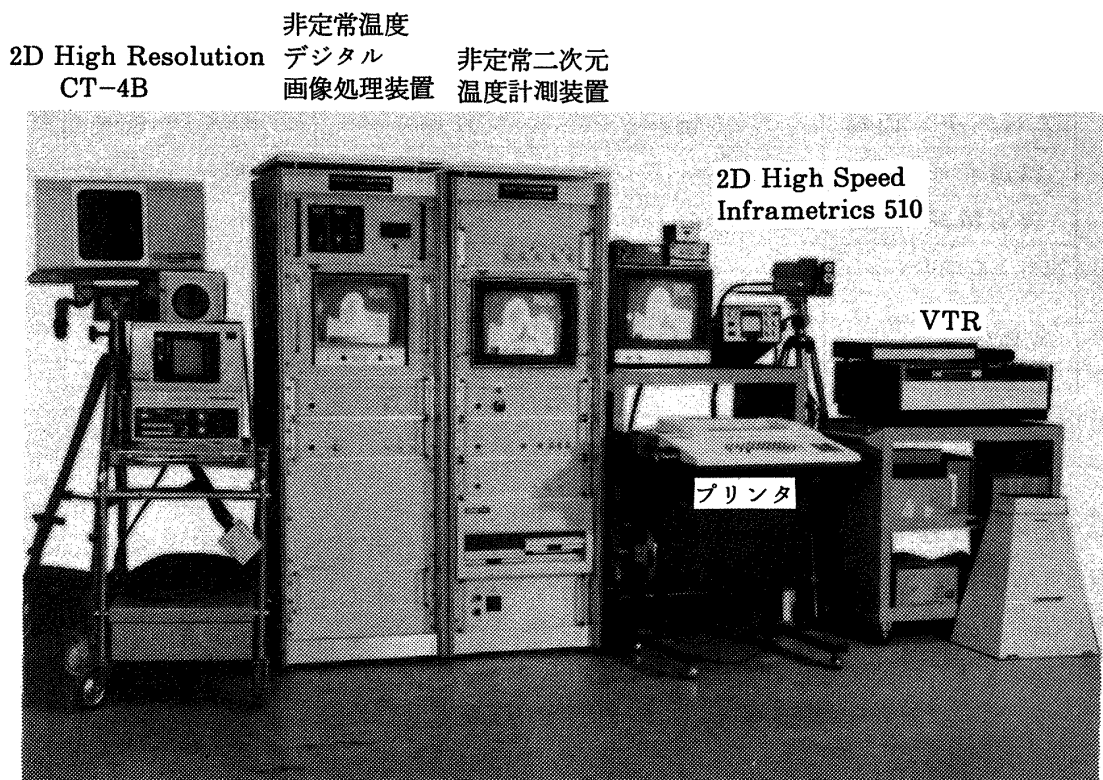


図2.2 二次元走査型赤外線温度計システム概観

表 2.1(a) 赤外線温度計の主な仕様

機種	Inframetrics 510	Canon CT-4B	Optitherm 12-8722	Mark I 3-IL00-02
特徴	二次元、高速度型	二次元、高解像度型	一点、高温型	一点、常温型
画素数 (水平×走査線数)	150×190	400×306	1	1
走査速度	30 フレーム/秒 60 フィールド/秒 (1/2 インタレース)	5 秒/フレーム 1 秒/フレーム (1/5 インタレース)	レスポンス 50 mS	0.25 s
視野 (水平×垂直)	19°×18° 5.4°×4.5° (4倍ズーム)	30°×18°	—	—
視野角	2 mrad	1.3 mrad	0.7°	0.6° * 3 mrad
焦点範囲	12 cm～∞	12 cm～∞	15 cm～∞	15cm～∞* 72～132cm
温度範囲 (°C)	-20～1200	-20～1850	250～1200	65～300
温度分解能 (°C)	0.2 at 10°C レンジ	0.12 at 30°C レンジ	1	2.5
検出器	HgCdTe	InSb	PbS	PbS
検出波長 (μm)	8～12	1.2～5.6	2.0～2.6	2.0～2.6
冷却法	液体窒素	液体窒素	不要	不要
カメラヘッド 大きさ HWL(mm) 重さ (kg)	127×114×159 8.8	322×535×319 30	167×146×387 3.2	120×76×291 1.8

* 微小アタッチメント付

表 2.1(b) 黒体炉の主な仕様

機種	BB1500	6T31	BS-450
アパーチャ面積	25 mmφ	12 mmφ	80×80 mm
温度範囲 (°C)	RT*～1177	RT～300	RT～450
設定精度 (°C)	1	0.5	2
温度上昇率 (°C/min)	30	7	5
黒体炉 大きさ 重さ	19cmφ×20cm 6.5 kg	120H×105W×320L mm 3.1kg	160H×160W×55L mm 5.0kg

* RT: 室温

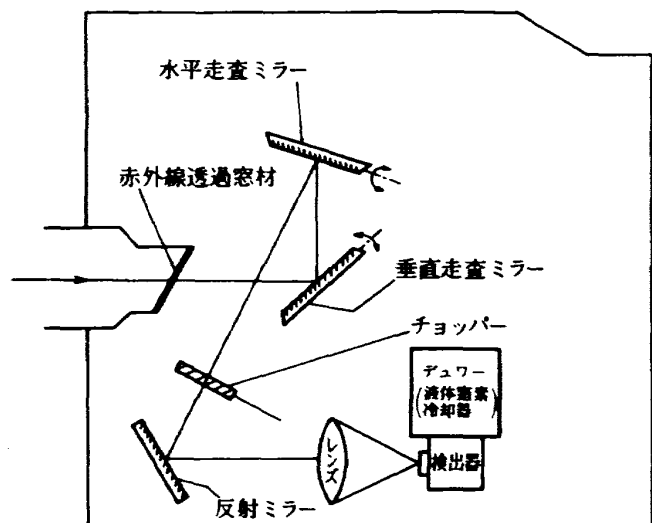
CT-4Bの構造をそれぞれ示している。

一点の温度計測は温度が250°C以上で視野角が0.7°でもよい場合Optithermが使用できる。一方視野角の小さいMark Iを用いて近い距離で温度100°C～400°Cの対象物を測定することができる。ただし両者ともにレスポンスはそれほど早くない。

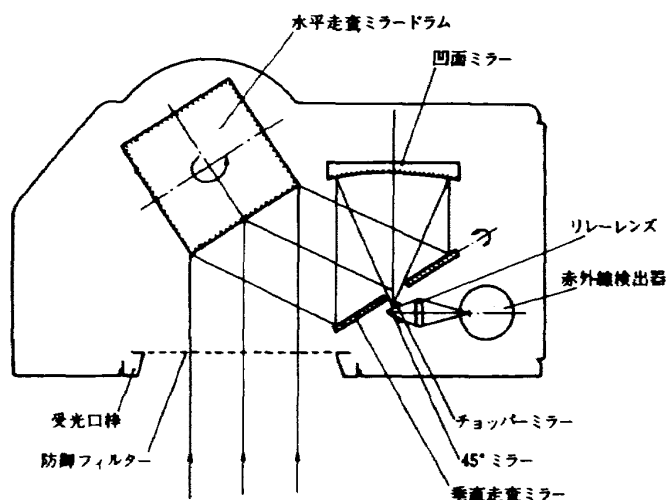
3. 非定常赤外線温度計測装置 (Inframetrics 510)

3.1 概要

「非定常赤外線温度計測装置」は「非定常二次元温度計測装置」と「非定常温度デジタル画像処理装置」とで構成されている。「非定常二次元温度計測装置」は、急速に変化する物体の温度過渡現象を



(a) 高速度型モデル Inframetrics 510



(b) 高解像度型モデル CT-4B

図 2.3 二次元赤外線温度計の走査光学系の構造

測定し、データ処理を行うもので、物体の温度測定は、モデル 510 Infrared Thermal Imaging Unit にて温度画像を作成し、このユニットにテレビ信号変換回路 (TVCC) を附加して温度画像を、テレビモニターで観察できるようにしてある。テレビ信号になった温度画像信号から、データサンプリングユニットにて任意の温度測定点を縦横のカーソル線で選択して、任意のサンプリングインターバルにて A/D 変換を行い、その点の温度データを順次メモリーに記憶し、そのデータと測定条件から、コンピュータでデータ処理を行いデータ表を作成する。又ビデオテ

ープレコーダーを用いる事により、TVCC からの温度画像、カーソル線、測定条件文字を加えた画像及び同期用トリガー信号を同時に記録することができる。フィールド No はトリガー信号と同期して順次映像に書き込まれる。VTR を再生した時は ON LINE のテレビ信号を扱かうのと全く同様に処理できる。

「非定常温度デジタル画像処理装置」は「非定常二次元温度計測装置」により得られる二次元温度分布の実時間の画像を、デジタル画像処理装置 (フレームメモリー) にて、デジタル化し、データ処理ユニットにて任意の指定点の温度測定を行ったり、所定の一面面を静止画としてデータを得る事ができ、そのデータをもとに各種の演算処理、例えば、温度画像の着目する領域の拡大、温度の補正、形状の補正、等温線の作画、水平垂直方向の温度分布の作成等を行って演算結果の画像表示やグラフィック化が行える装置である。

3.2 構成要素

3.2.1 検知表示部

(1) 機能

検知表示部は測定する物体に向けて設置する赤外線カメラと赤外線カメラから送られてくる信号を処理し、画像を作成する表示部とで構成されている。

表示部は CRT を含むディスプレイ機構を持ち、CRT の輝度調整、CRT の濃淡調整、バックグラウンドのレベル調整、4 倍のズームアップができる Field of View 機構が付いている。又 Mode としては、

(a) Normal Image 二次元表示

(b) Line Selection 二次元表示とワンラインの位置表示

(c) Line Scan ワンライン温度分布表示

(d) Isotherm 等温表示

(e) Isometric 三次元表示 (CRT のみ表示)

があり使用目的に合わせて用いる。

温度レンジは 10℃, 50℃, 100℃, 200℃, 500℃ の切換え方式である。

(2) 仕様

赤外線カメラの仕様は表 2.1 a 参照。

3.2.2 コンピュータユニット

(1) 機能

データサンプリングユニットに指令を出して、測定条件のセット、データ測定の開始終了、データの記憶を行い、収集したデータから所定の演算を行い、データ表をプリンタに打出すものである。

(2) 仕様

(a) LSI11/02 CPUモジュール

・4個のマイクロプロセッサコントロールによる1ボード16ビットのセントラルプロセッサユニット。

- (i) パラレル I/Oバスポート
- (ii) PDP-11 命令セット使用可
- (iii) ダイレクトメモリーアクセス可 (833kw/sec)
- (iv) オクタルデバッキングテクニクルーチン内蔵

ン内蔵

- (v) ASCII/コンソールルーチン内蔵
- (vi) ブートストラップルーチン内蔵
- (vii) 固定、浮動小数点演算可能
- (viii) 8.5 × 10.436 × 0.5 インチ PC ボード

(b) MOS MEMORY モジュール

- (i) リフレッシュ回路内蔵
- (ii) 16KBit DYNAMIC MOS RAM使用
- (iii) 4Kw アドレスバウンダリ

(c) SERIAL LINE UNITモジュール

シリアルラインユニットはQ-BUSにアドインできるシリアルデータ入出力デバイス用のインタフェースモジュールでデバイスアドレス、ベクタアドレス、ポーレート選択可能。

- (i) BUSY信号使用可
- (ii) EIARS 232 C可
- (iii) 20_{mA} カーレントループ可
- (iv) 全二重モード
- (v) ポーレート 110 ~ 9600 ボー
- (vi) READER START信号有
- (vii) 8.5 × 10.436 × 0.5 インチ PC ボード

(d) BACK PLANE

CPU, メモリ, インタフェース等のカードガイドアセンブリで1台につき8個のスロットを持ちLSIバス(Q-BUS)を構成している。

(e) DSU INTERFACEモジュール

データサンプリングユニットとLSI-11 コンピュ

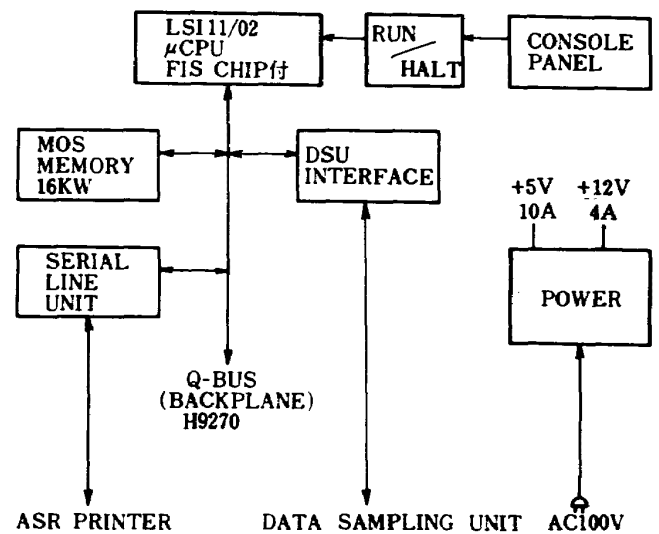


図 3.2.1 コンピュータユニットブロック線図

ータを接続するための専用インタフェースモジュール。

(f) 拡張演算用チップ

拡張演算命令を付加するためのマイクロプログラムチップで固定小数点の乗除算、浮動小数点の四則演算の命令をLSI-11に追加するチップ。

(3) ブロック線図

コンピュータユニットのブロック線図を図 3.2.1 に示す。

3.2.3 データ処理ユニット

(1) 機能

本ユニットは、コンピュータユニットのQ-BUSラインを延長してきたもので、メモリモジュール、フレームメモリーインタフェースモジュール、グラフィックディスプレイインタフェースモジュール、ブート/ターミネイトモジュールを挿入してあり、本ユニットをコンピュータユニットのQ-BUSと接続する為にバスケーブルモジュールを用いている。

(2) 仕様

(a) バスケーブルモジュール

コンピュータユニットとイクスパンションユニットとのQ-BUSを接続する為の2枚のモジュールとフラットケーブル(1.5m)4本で構成されている。

(i) 適合コンピュータバス LSI 11・BUS

(ii) ケーブル 40芯フラットケーブル

(b) ブート/ターミネイトモジュール

フロッピディスク等をブートストラップするた

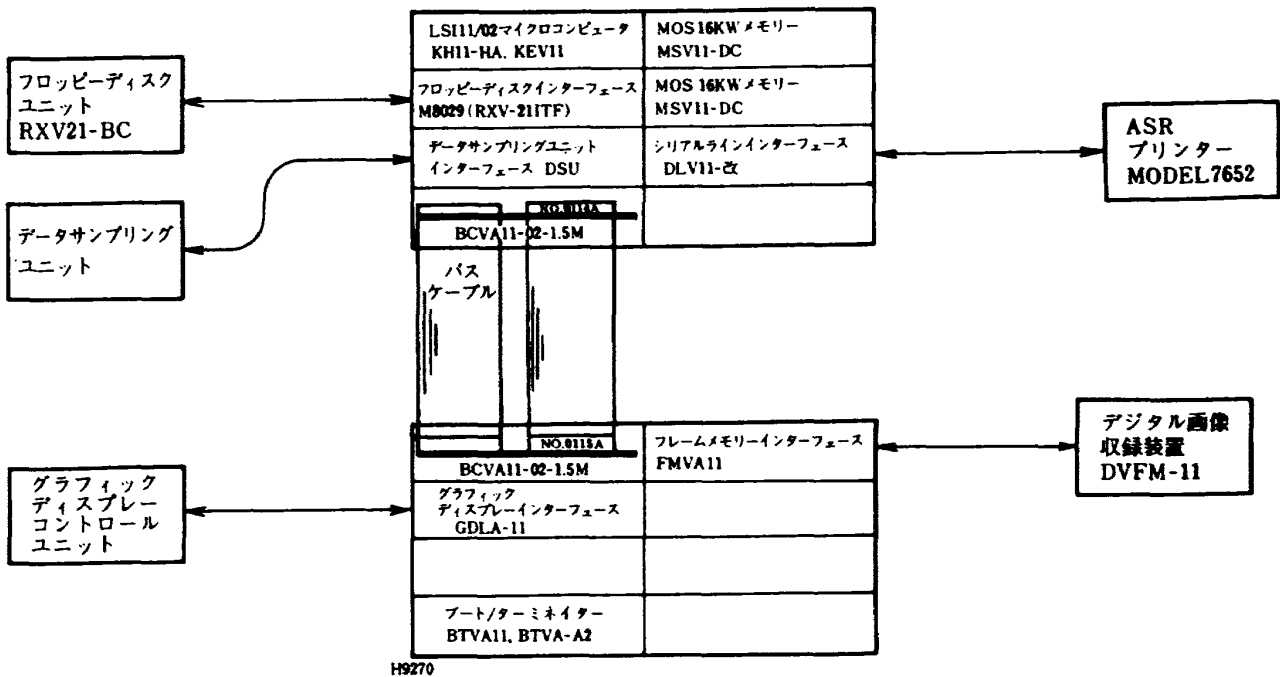


図 3.2.2 データ処理ユニットブロック図

めのROMとQ-BUSのターミネイトを兼ねているモジュール。

(3) ブロック線図

データ処理ユニットブロック線図を図 3.2.2 に示す。

3.2.4 フロッピーディスクユニット

(1) 機能

本ユニットはデータ処理ユニットと接続され、データ処理ユニットにて各種の演算処理を行うためのシステムプログラム、サブルーチン、フォートラン、リアルタイムモニタ等の各種プログラムのファイルを行うシステムである。又温度画像静止画のデータファイルを行う外部メモリとしても使用できる。

フロッピーディスク1枚で512Kバイトの容量があり、本ユニットは2ケのドライブを有しているので1Mバイトの容量を持っている。

一方にシステムプログラムを入れ、他方をデータファイル用に使用すると、デジタル画像収録装置にて静止画像2フレーム分のファイルが可能である。

(2) 仕様

(a) ドライブ数 2台

(b) ディスケット 片面倍密度 512バイト/ディスク

(c) データ転送

ディスクからコントローラバッファ $2\mu\text{s}$ / ビット

バッファからCPUインタフェース $1.2\mu\text{s}$ / ビット

(d) 回転速度 360 rpm

(e) トラック密度 48トラック/インチ

(3) ブロック線図

フロッピーディスクユニットのブロック線図を図 3.2.3 に示す。

3.2.5 データサンプリングユニット

(1) 機能

ユニットの入力はビデオ信号(温度画像等)である。ユニットではコンソールで指定した任意の温度測定点のデータを、縦横のカーソル線の交点で選定し、指定したサンプリングインターバルにてサンプルホールドされ、A/D変換の後インタフェースを介してコンピュータへデータが順次伝達される。

また、測定条件はコンソールから英数字を入力して、温度画像に重ね合わす事もできる。さらに表面パネルスイッチ操作にて、カーソル線の移動、カーソル線の画像へのON/OFF、文字のON/OFF、入力信号の切換(TVCC/VTR)が可能である。

- (2) 仕様
- (a) VIDEO入力信号 $1V_{p-p}$ (75Ω 終端)
 - (b) A/D分解能 8Bits
 - (c) サンプリングインターバル $1/60$ 秒×整数倍 (1~60)
 - (d) カーソル線 HOR: 0~287 位置, VER: 0~209 位置
 - (e) 測定条件表示文字 文字数: 36 字×21 行
文字コード: ASCII-64 種
- (3) ブロック線図
データサンプリングユニットのブロック線図を図 3.2.4 に示す。

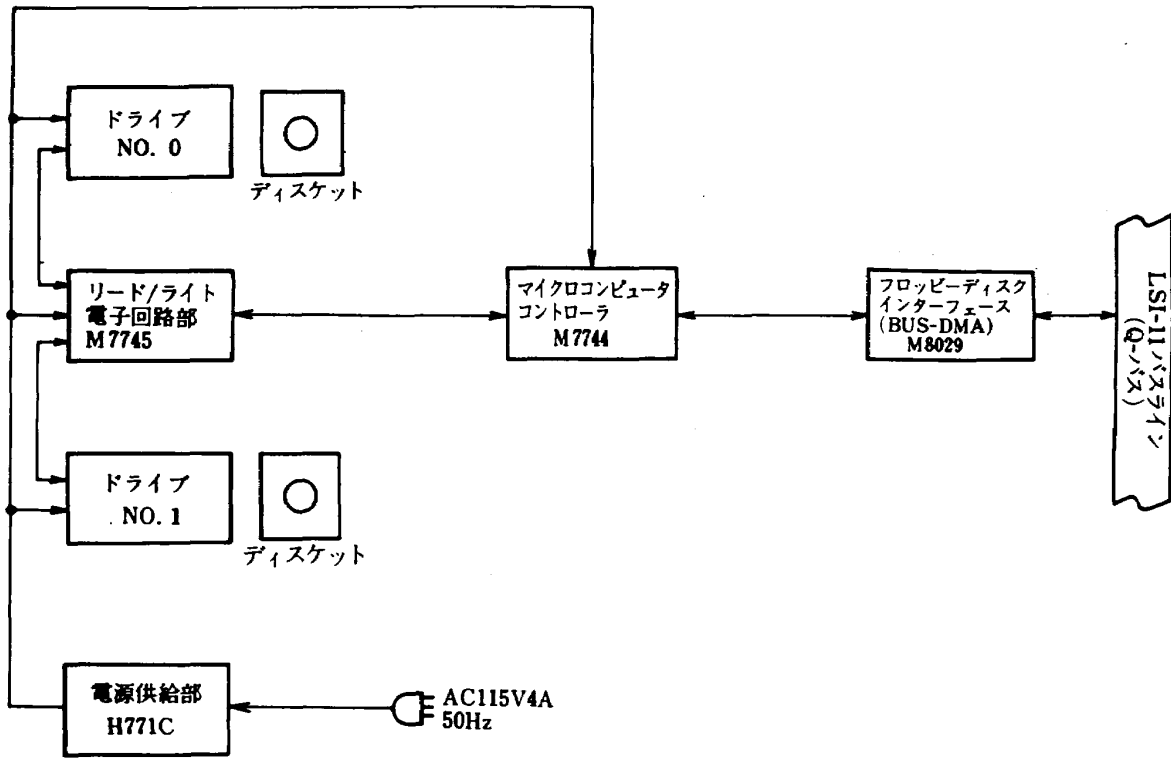


図 3.2.3 フロッピーディスクユニットブロック線図

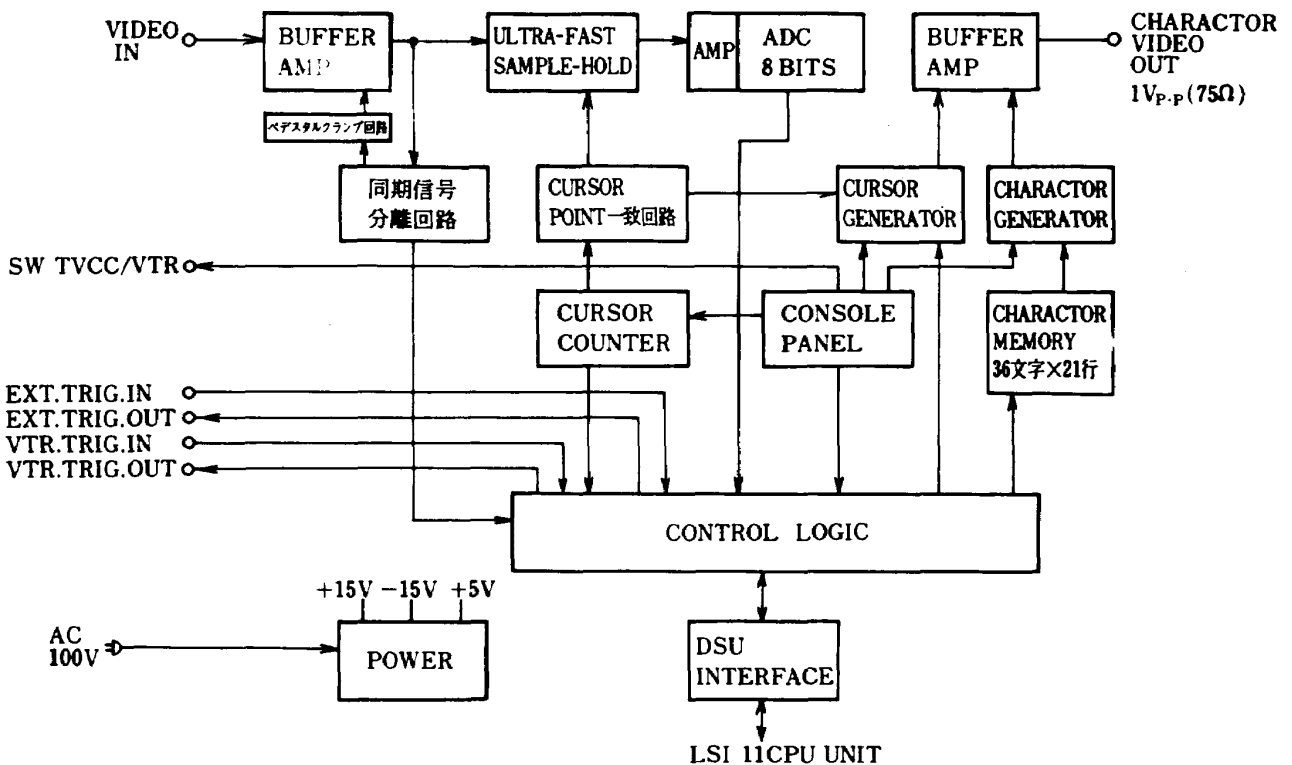


図 3.2.4 データサンプリングユニットブロック線図

3.2.6 カラー化ユニット

(1) 機能

テレビ信号になっている温度画像のゼロからフルスケールまでの信号を12色又は7色に分割して、温度差をカラーで表示させる事が出来、又モノクロ用として温度画像を12階調又は7階調の白黒画像として、同一カラーディスプレイモニタ上に表示する事もできる。

温度の指定範囲は12色(階調)又は7色(階調)のうち、両端を除く10色(階調)又は5色(階調)の範囲に設定される。指定範囲以下は黒色、以上は白色となる。

カラーズングユニット内にはIR-TVCC VIDEO信号とVTRのVIDEO信号を切替えた時、同一レベルのVIDEO信号がデータサンプリングユニット及びVTR、カラーズング回路に出力させる為

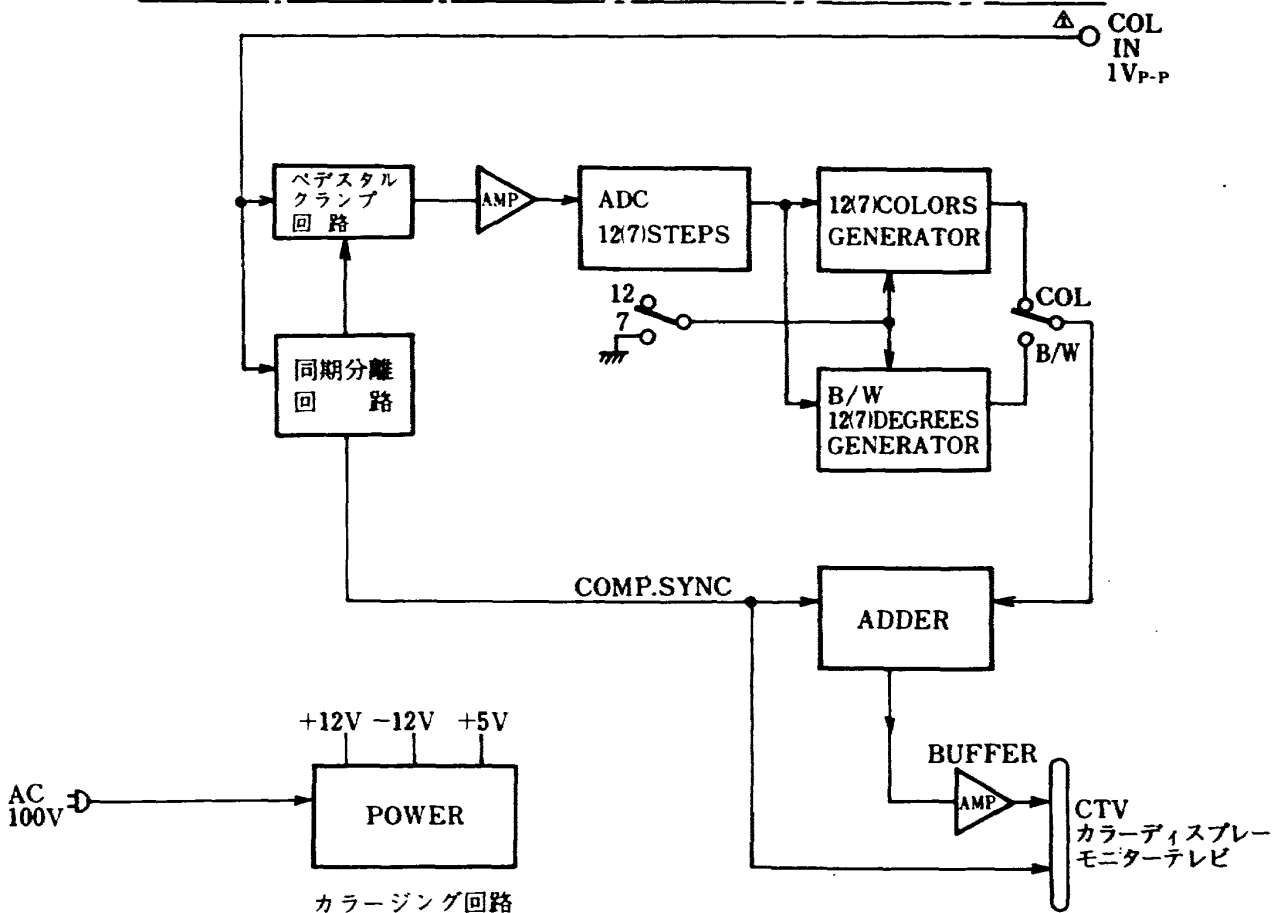
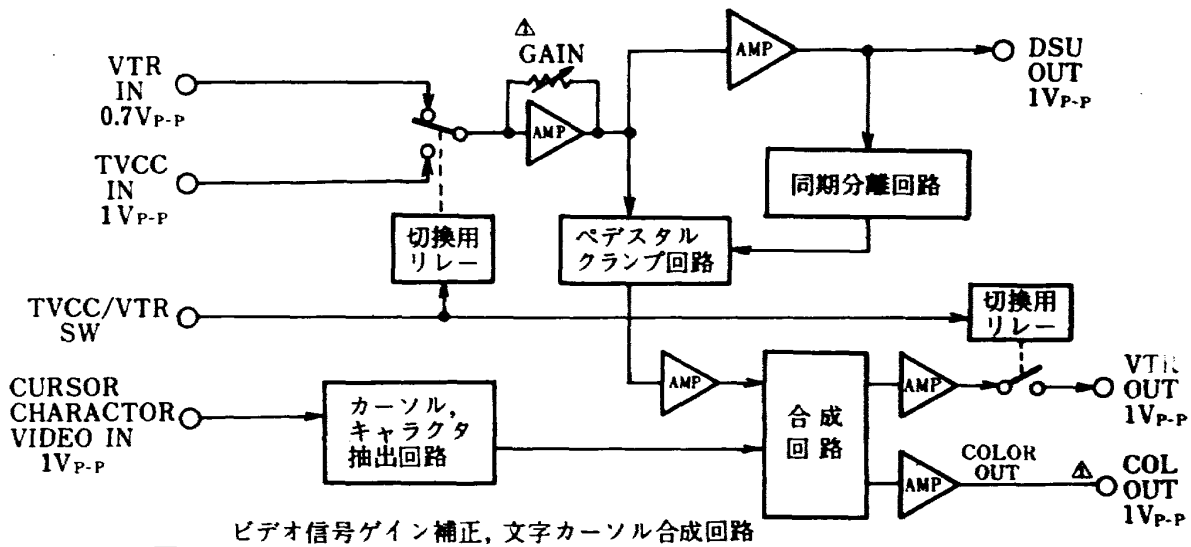


図 3.2.5 カラーズングユニットブロック線図

の補正用 VIDEO AMP が内蔵されている。

さらにデータサンプリングユニットより送出されてくる、カーソル線とキャラクタのテレビ信号を入力した温度画像信号に合成して出力する事もできる。

(2) 仕様

(a) 入力信号 TVCC $1V_{p-p}$, VTR $0.7V_{p-p}$, CHARA $1V_{p-p}$ (各 75Ω 終端)

(b) 出力信号 DSU $1V_{p-p}$, VTR $1V_{p-p}$, CTV RGB COMSYNC 共 $1V_{p-p}$ (各 75Ω 終端)

(c) カラーディスプレイモニター CDM-14

1c. RGB方式

(d) 周波数帯域幅 4MHz

(3) ブロック線図

カラーリングユニットのブロック線図を図 3.2.5 に示す。

3.2.7 デジタル画像収録装置

(1) 機能

本装置は赤外線カメラの信号変換機構 (TVCC) 又はデータ収録装置 (VTR) からのビデオ信号を、高速 A/D 変換器を介して実時間で、1 画面分 (1 フレーム) の情報をデジタル IC メモリに記憶する。

この情報は、安定した画像情報であり、データ処理ユニットの指令により種々の画像処理を行う事が

できる。

(2) 仕様

(a) ビデオ入出力信号 複合同期信号を含んだ標準映像信号 $1V_{p-p}$ (75Ω 終端) 正極性

(b) 同期信号 垂直 60Hz, 水平 15.75KHz

(c) 画面解像度 512 画素/ライン, 480 ライン/フレーム

(d) 画素分解能 8ビット (256 階調)

(e) 記憶容量 RAMIC (16KB ダイナミック RAM)

(f) 量子化周波数 約 10 MHz

(g) サンプリング時間 1/30 秒 (1 フレーム)

(h) デジタルインタフェース TTL レベル

(3) ブロック線図

デジタル画像収録装置のブロック線図を図 3.2.6 (A) に示す。

(4) フレームメモリーインタフェース

デジタル画像収録装置とデータ処理ユニットとの相互のデータ交換及びコントロールを行うものである。フレームメモリーインターフェース線図を図 3.2.6 (B) に示す。

(a) データ転送方式 プログラムによる入出力制御方式

(b) 命令数 15 種

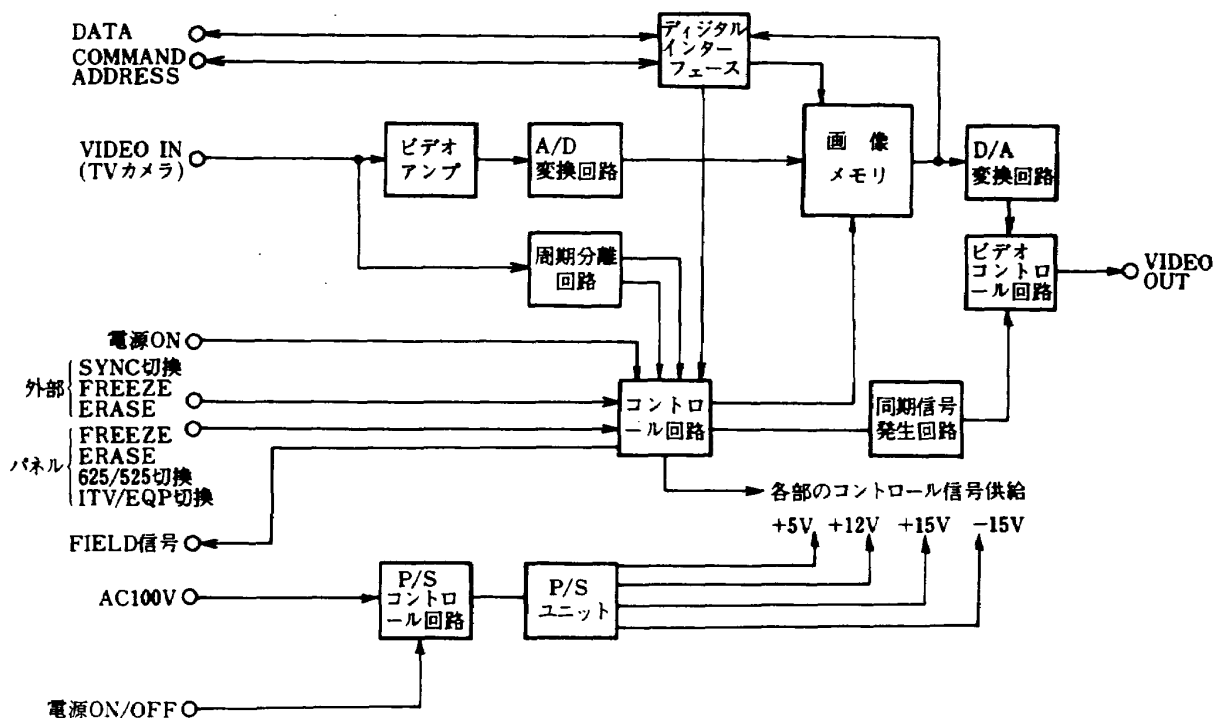


図 3.2.6 (A) デジタル画像収録装置ブロック線図

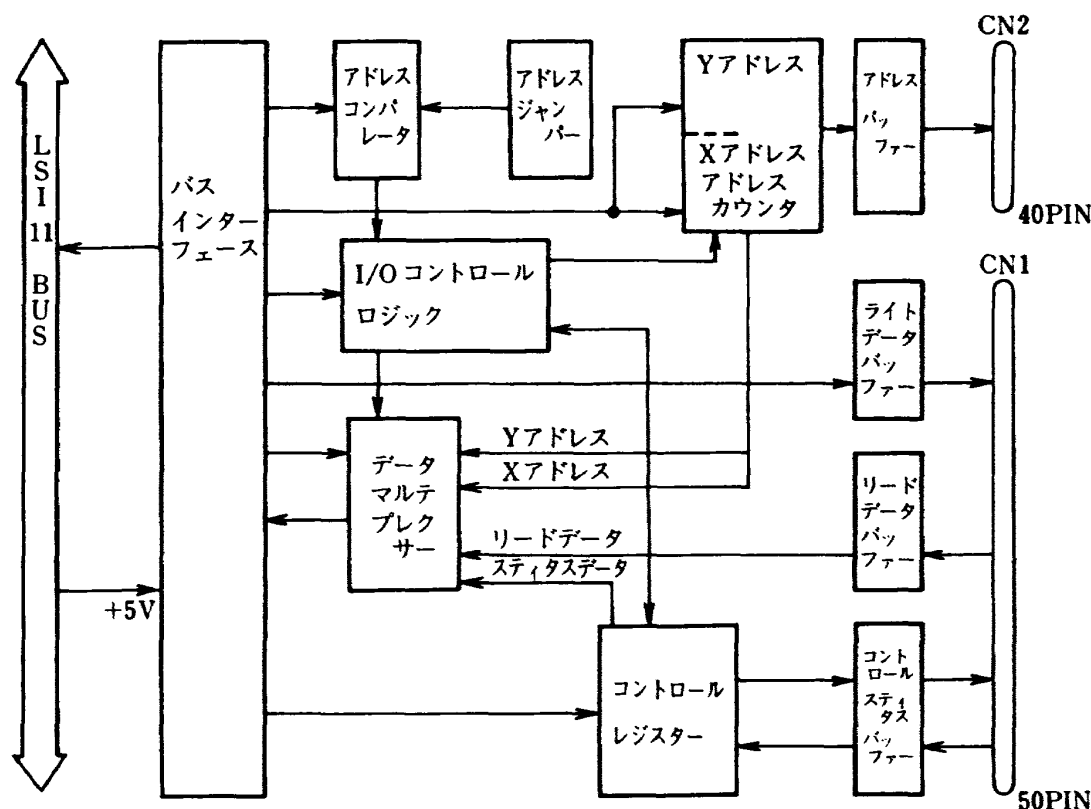


図 3.2.6 (B) フレームメモリインタフェースブロック線図

3.2.8 グラフィック表示制御ユニット

(1) 機能

本装置は、データ処理ユニットによって、任意の一画面の様々なデータ処理（着目する領域の拡大、温度補正、等温線、水平垂直方向の温度分布等）の結果を、カラーモニターテレビ上に表示させるデジタルグラフィックディスプレイユニットである。

水平方向 256 画素、画面構成ライン数 240 本で画像を構成し、画素は 12 階調又は 7 階調のカラー及びモノクロで表示でき、又映像に重ね合わせて、36 文字 24 行文の英数記号とデータ処理の日付やパラメータを表示する事も出来る。

(2) 仕様

- (a) 映像出力信号 RGB SYNC 信号
- (b) 記憶素子 RAMIC
 - (i) 画像メモリ 256×240×4 Bits
 - (ii) キャラクタメモリ 36×24×7 Bits
- (c) キャラクタ表示
 - (i) 文字数 36 字 1 行× 24 行
 - (ii) 表示方法 5×7 ドットマトリックス
 - (iii) 種類 英数記号 64 種

(iv) 使用コード ASCII

(3) ブロック線図

グラフィック表示制御ユニットのブロック線図を図 3.2.7 に示す。

(4) グラフィックディスプレイインターフェース

本インターフェースは、データ処理ユニットの指令により、グラフィックディスプレイコントロールユニットを制御して、様々なデータ処理の結果をカラーモニターテレビに表示させるものである。

- (a) 命令数 7 種
- (b) 入出力信号 TTL レベル負極性
 - (i) アドレス/データ 16 本
 - (ii) コントロール 2 本

3.2.9 インプットスイッチャーユニット

(1) 機能

本ユニットは、各種の入出力信号を所定の装置やユニットに分配する切換スイッチで入出力インピダンス及びゲインを適合させる為にビデオ増幅器を内蔵している。

(2) 仕様

- (a) ビデオ入出力信号 $1V_{p-p}$ (75Ω 終端)

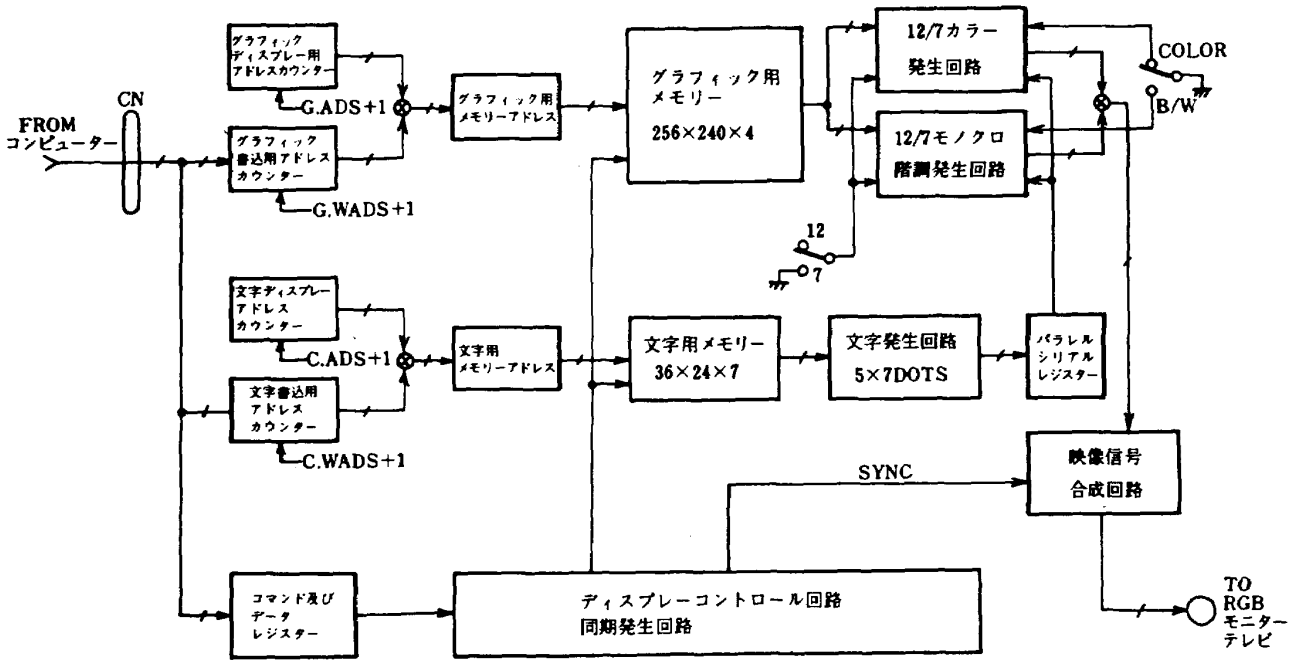


図 3.2.7 グラフィックディスプレイユニットブロック線図

(b) 切換ユニット

- (i) デジタル画像収録装置
- (ii) データサンプリングユニット
- (iii) ビデオテープレコーダ
- (iv) 赤外線カメラ用TVCC
- (v) モノクロモニターテレビ
- (vi) カラーモニターテレビ
- (vii) グラフィックディスプレイコントロール

ユニット

(3) ブロック線図

インプットスイッチャーユニットのブロック線図を図 3.2.8 に示す。

3.2.10 カラーモニターユニット

(1) 機能

温度画像信号や、VTRの画像信号又はデジタル画像収録装置の静止画像等の映像を表示する為のカラーディスプレイモニター (RGB方式) である。

(2) 仕様

- (a) 収納モニターテレビ CDM-141C
- (b) 走査周波数 H: 15.734KHz V: 60Hz
- (c) 有効画面 280 (幅) × 210 (高) mm

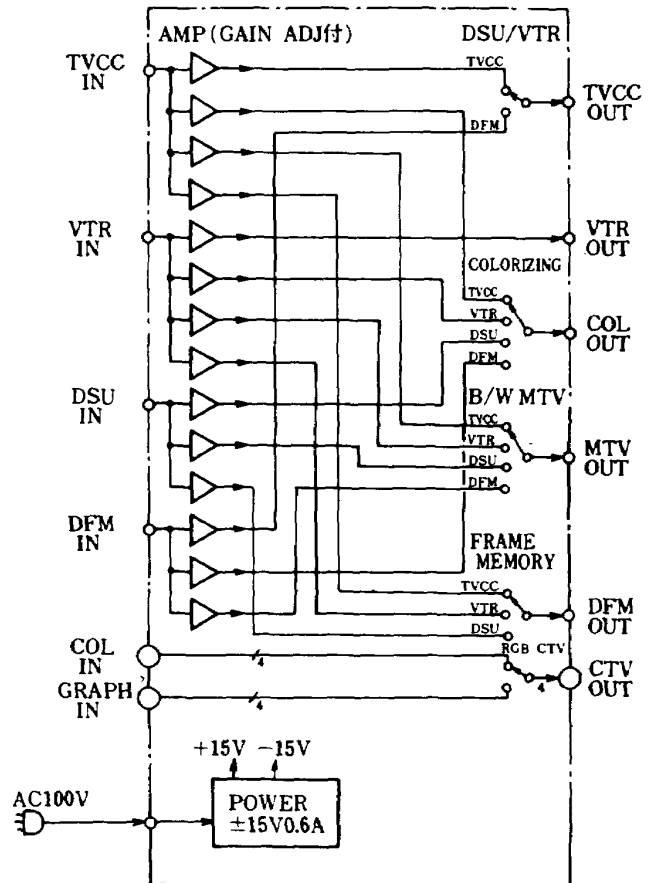


図 3.2.8 インプットスイッチャーユニットブロック線図

3.2.11 モノクロモニターユニット

(1) 機能

温度画像信号やVTRの画像信号、又はデジタル画像収録装置の静止画像等の映像を白黒でモニターする為のユニットである。

(2) 仕様

- (a) 収納モニターテレビ TPM-340A
- (b) 走査周波数 H: 15.75KHz V: 60Hz
- (c) 有効画面 250(幅)×188(高)mm

3.2.12 プリンタ

(1) 機能

キャラクタディスプレイからの指令で中央データ処理装置によりデータ処理した結果とその入力条件とか、データ処理プログラムの修正、追加、デバック等記録が必要な情報をタイプ印字するユニットである。

(2) 仕様

- (a) 通信方式
 - (i) 通信モード 全二重/全二重エコーバック/ローカル
 - (ii) 通信速度 300, 1200, 2400, 4800, 9600
ボー BUSY信号使用可能
 - (iii) 周期方式 調歩同期方式
 - (iv) データ形式 スタート1, 情報8, パリティ1, ストップビット1又は2
 - (v) 伝送コード ASCII
 - (vi) 受信マージン 30%以上
 - (vii) 伝送方式 TTLレベル, 20mA カーレントループ, EIA RS232C

(b) プリンタ

- (i) 印字方式 ワイヤドットマトリックスプリント方式
- (ii) 文字構成 7×7ドット
- (iii) 印字速度 140CPSバイディレクショナル, ロジックシーキング方式
- (iv) 印字桁数 80桁
- (v) 印字間隔 10字/インチ
- (vi) 用紙送方式 ピントラクタフィード
- (vii) 用紙送速度 連続時 24msec/行, 単独時 38msec/行
- (viii) 改行間隔 6行/インチ

(ix) 用紙幅 5~10インチ幅スプロケット穴付折たたみ用紙又はロール紙

(x) 文字種 MODIFIED ASCII 64種プラス英小文字及びカナ文字

(c) リーダ

- (i) 読取方式 LED式光学読取
- (ii) 読取単位 8単位を標準
- (iii) 読取速度 200CH/sec
- (iv) チェック機能 テープエンド自動停止

(d)パンチ

- (i) 穿孔方式 マグネット駆動方式
- 穿孔単位 8単位
- 穿孔速度 50CH/sec

(e) キーボード

- (i) キーボード ASCIIコードに準ずる。
- (ii) 出力コード パリティ付ASCII単位コード

ード

- (iii) キーシフト 2キーロールオーバー方式

(3) ブロック線図

ASRプリンタのブロック線図を図3.2.9に示す。

3.3.13 ビデオカセットレコーダー

(1) 機能

温度画像や測定条件の文字を加えた画像を記録する為の装置である。測定開始時のトリガ信号を音声チャンネルに書き込む事が出来、再生時には測定開始の画像と同期したトリガ出力信号が得られ、同一測定画面で測定点の違ったデータ収集を行う事ができる。

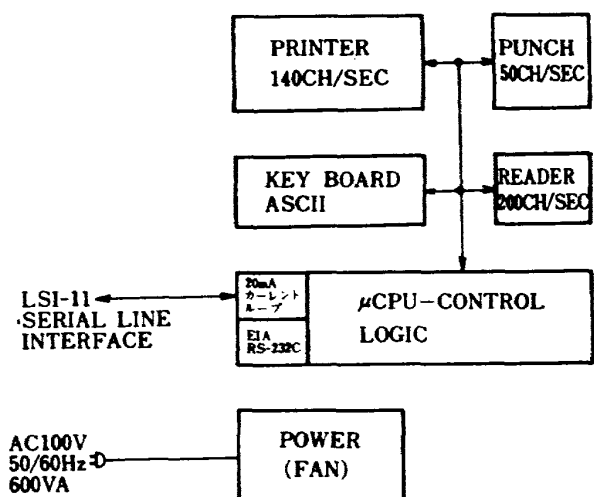


図 3.2.9 ASRプリンタブロック線図

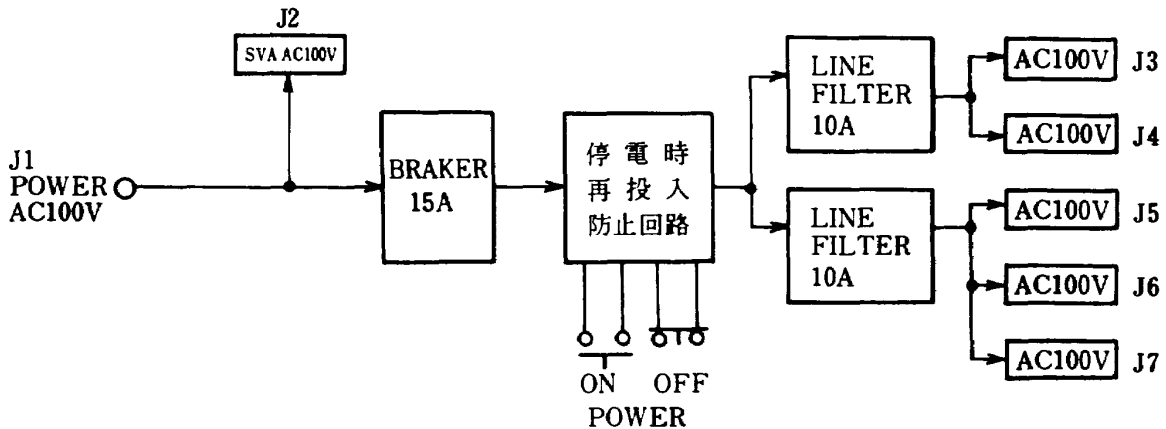


図 3.2.10 パワーユニットブロック線図

(2) 仕様

(a) 録画方式 回転2ヘッドヘリカルスキャン方式, 輝度信号 FM, クロマ信号 副搬送波低域変換

(b) 映像信号方式 NTSC カラー方式及び EIA 標準方式

(c) 水平解像度 白黒 330 本, カラー 260 本

(d) 特殊機能 自動編集, リモートコントロール, 逆転再生, スロー再生 1/20 秒, 静止画可能, ロングポーズ可能, タイマー記録可能

3.2.14 パワーユニット

(1) 機能

外部より電源を受けて, 各ユニットにラインフィルターを通した電源を供給するもので, 電源供給が 15A 以上になるとブレーカーが動作して, 電源の遮断を行うものである。

停電時, 再投入防止回路が付いており, 停電時外部電源が復帰しても Power On Switch を起こさない限り電源を供給できない構造になっている。

(2) ブロック線図

パワーユニットブロック線図を図 3.2.10 に示す。

3.2.15 リモートコントローラ

(1) 機能

本装置は赤外線温度計検知表示部を 25m ~ 100m の遠隔より操作し, 温度範囲の設定, 基準値設定の際, シャッター機構にて遠隔操作を行い, 又シャッター近傍の温度を熱電対温度計にて, デジタル表示できるようにしたものである。

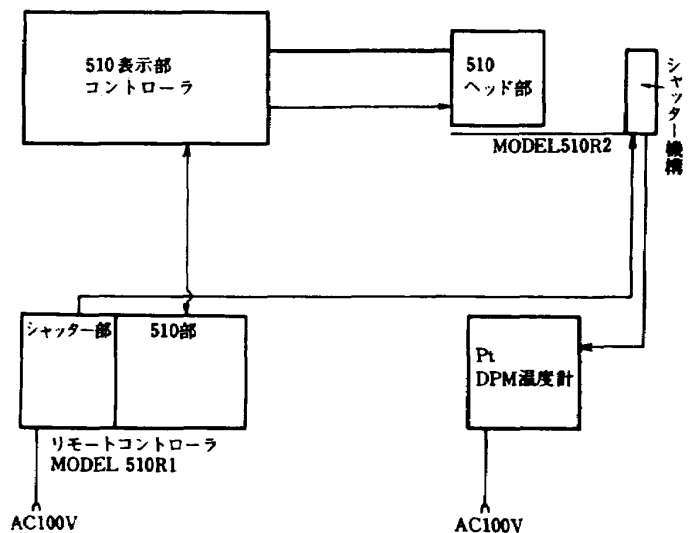


図 3.2.11 リモートコントローラブロック線図

(2) ブロック線図

リモートコントローラのブロック線図を図 3.2.11 に示す。

3.2.16 リモートカラーモニタユニット

(1) 機能

RGB方式のカラーモニタテレビ(CDM-140)を 150m 離れた場所で観察する事が出来, ビデオプースター, 中継ボックス及び 50m, 100m のケーブルで構成されている。

(2) ブロック線図

リモートカラーモニタユニットのブロック線図を図 3.2.12 に示す。

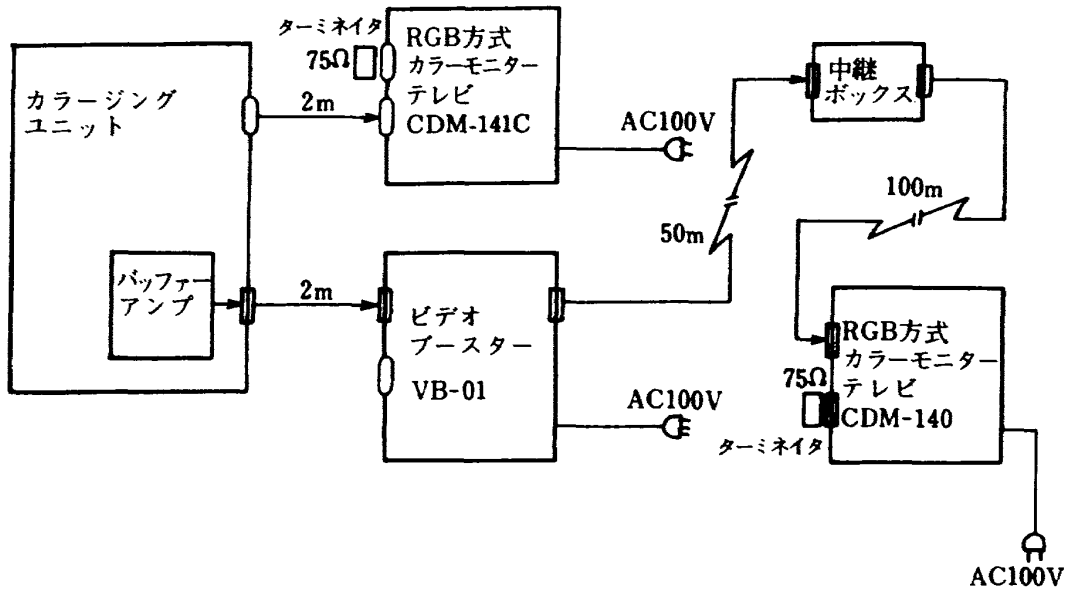


図 3.2.12 リモートカラーモニタユニットブロック線図

3.2.17 サーモカメラCT-4Bデータ収録インターフェースユニット

(1) 機能

本装置は「面走査型ふく射温度計（キャノン CT-4Bサーモカメラ）」と「非定常赤外線温度計測装置」を接続し、サーモカメラから得られる温度画像信号をデジタル変換して、ビデオフレームメモリに収録する為のものである。

ビデオフレームメモリに収録された温度画像データは静止画として、テレビモニタ出来、カラーズングによる等温分布表示も可能であり、コンピュータにより種々の画像データ処理を行うことができる。

収録する温度画像の画素数が多い為、精密な画像データが得られ、又サンプリングインタバルを可変する事により画像の縦横比を変える事が出来る特長を持っている。

(2) 仕様

(a) 入力ビデオ信号 $0V \sim +2V$ 15.5ms 周期中 2.5ms 映像

(b) 入力同期信号 H. BLANK TTL レベル 約 15.5ms 周期, V. BLANK TTL レベル 5秒 周期 約 4.5秒 映像

(c) 画像走査時間 5秒 固定

(d) 収録画素数 512画素/水平, 315ライン/垂直 (フレーム)

(e) 画素分解能 8ビット (256階調)

(f) A/D変換器 分解能 8ビット, 変換時間 $2.8\mu s$

(g) サンプル/ホールド アパーチャタイム 20ms アクイジションタイム $1\mu s$

(h) デジタルインタフェースマルチプレクサフレームメモリインタフェースとデータ収録インタフェースとの切換 アドレス 18ビット, データ 8ビット, コントロール 10ビット

(i) 水平方向サンプリングインタバル $3.8\mu s \sim 6.2\mu s$ /画素, (658画素) ~ (400画素)/2.5ms

(3) ブロック線図

サーモカメラCT-4Bデータ収録インターフェースユニットのブロック線図を図 3.2.13 に示す。

3.2.18 キャラクタディスプレイ

(1) 機能

データ処理システム全体と使用者の意志を結ぶ窓口であり、キーインによる様々な指令によりデータの出し入れ、処理、処理プログラムの作成、修正、デバッグ等を実行するユニットである。ユニットの概観を図 3.2.14 に示す。

(2) 仕様

(a) ハードウェア仕様

(i) メモリ RAM 2KB, ROM 4KB

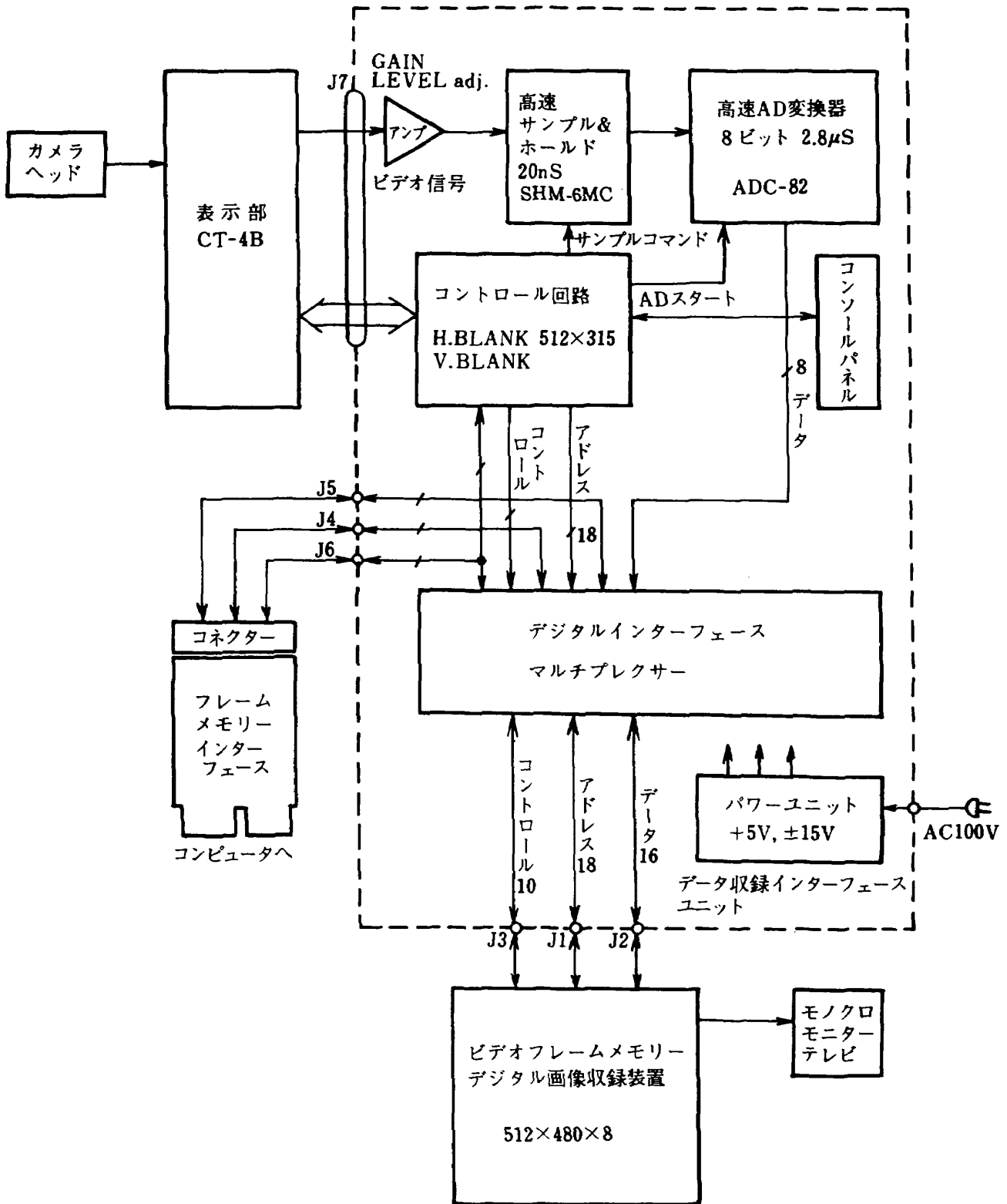


図 3.2.13 サーモカメラ CT-4B データ収録インタフェースユニットブロック線図

- (ii) キーボード ASCII, テンキー, カールコントロールキー, ファンクションキー
- (iii) 伝送形式 調歩同期式 (10, 11 ビット構成)
- (iv) 伝送モード 文字単位

- (v) 伝送コード JIS 7 単位, 8 単位に準拠
- (vi) 伝送方式 全二重, 半二重
- (vii) 伝送速度 75, 110, 150, 200, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 7200, 9600, 19200 ボー



図 3.2.14 キャラクタディスプレイ
(CRX-1000)の概観

(ただし 19200 は RS-232C のみ)

(vii) インタフェース RS-232C, カレントループ (20mA)

(b) 表示仕様

(i) 表示方式 ラスタスキャン方式

(ii) 使用CRT 12 インチ, 蛍光体 PI (発色緑)

(iii) 表示文字数 1920 字 (80 字 × 24 行)

(iv) 文字発生方式 5 × 7 ドットマトリクス (文字セル 8 × 12)

(v) カーソル表示方式 8 × 12 ドットインバース方式 (表示禁止も可)

(vi) 表示文字種 ASCII

(vii) 画面表示モード ページ/スクロールアップ

(c) 装置仕様

(i) 電源 AC 100V, 50/60Hz, 70VA (最大)

(ii) 温度範囲 動作時 0 ~ 40°C, 非動作時 -20 ~ 60°C

(iii) 湿度範囲 動作時 30 ~ 80% RH, 非動作時 10 ~ 90% RH

(iv) 外形寸法 本体 410(W) × 320(H) × 370 (D)mm キーボード 410(W) × 76(H) × 211(D)mm

(v) 重量 本体 約 14 kg, キーボード 約 4 kg

3.3 操作方法

非定常赤外線温度計測装置 (Inframetrics 510 系統) の使用手順は基本的には次の通りである。

イ システムケーブル・パワーケーブル接続

ロ 電源投入

ハ データ処理装置の始動

ニ 赤外線カメラ系の調整

液体窒素充てん → 5 分以上 → 電源投入

→ 30 分以上 → 焦点合せ等調整

ホ システム・VTR 等の調整

ヘ 実験・データ処理

ト データ処理装置の停止

チ 電源切断

以下に各項の概要を述べる。

3.3.1 ケーブル接続

システム信号ケーブル結線図 (図 3.3.1) 及びシステムパワーケーブル結線図 (図 3.3.2) を参照して各ユニット間及び装置間を所定のケーブルで接続する。

3.3.2 電源投入及び切断

電源投入は次の順序で行う。ただし主電源からこのシステム全体に供給する AC 100V は容量 30A 以上の定電圧装置を介することが望ましい。電源切断の場合は以下の順序と全く逆に行う。

イ 主電源, 定電圧装置投入

ロ システムラック電源投入

ハ ASR プリンタ電源投入

ニ VTR の電源投入

ホ 赤外線カメラシステム電源投入

ヘ 3D プロセッサ, オシロスコープ, カラーイメージレコーダ, リモートブースタ, リモートモニタ等の電源投入

(イ) と (ニ) はあらかじめ ON にしておいて (ロ) と同時に行ってもよい。(ホ) は次項で述べるが, 電源投入前に液体窒素容器の清掃と液体窒素の充てんをする必要があり, 投入前の時間待ちがあることに注意すべきである。

また (ロ) を行う時又は切断する時は必ずフロッピディスクドライブユニットにフロッピディスクが挿入されていないこと。

なお長時間システムを使用しない場合は, システ

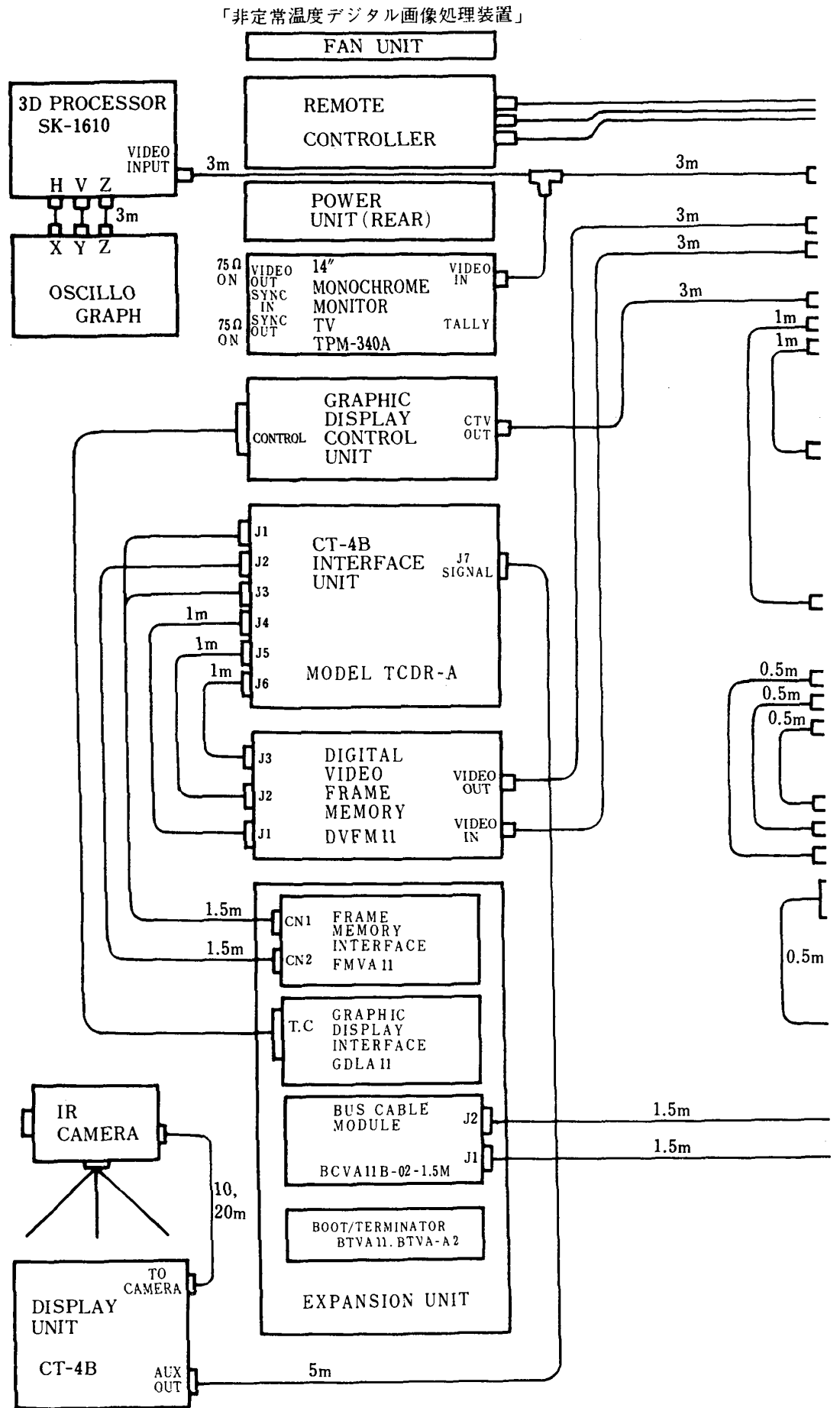
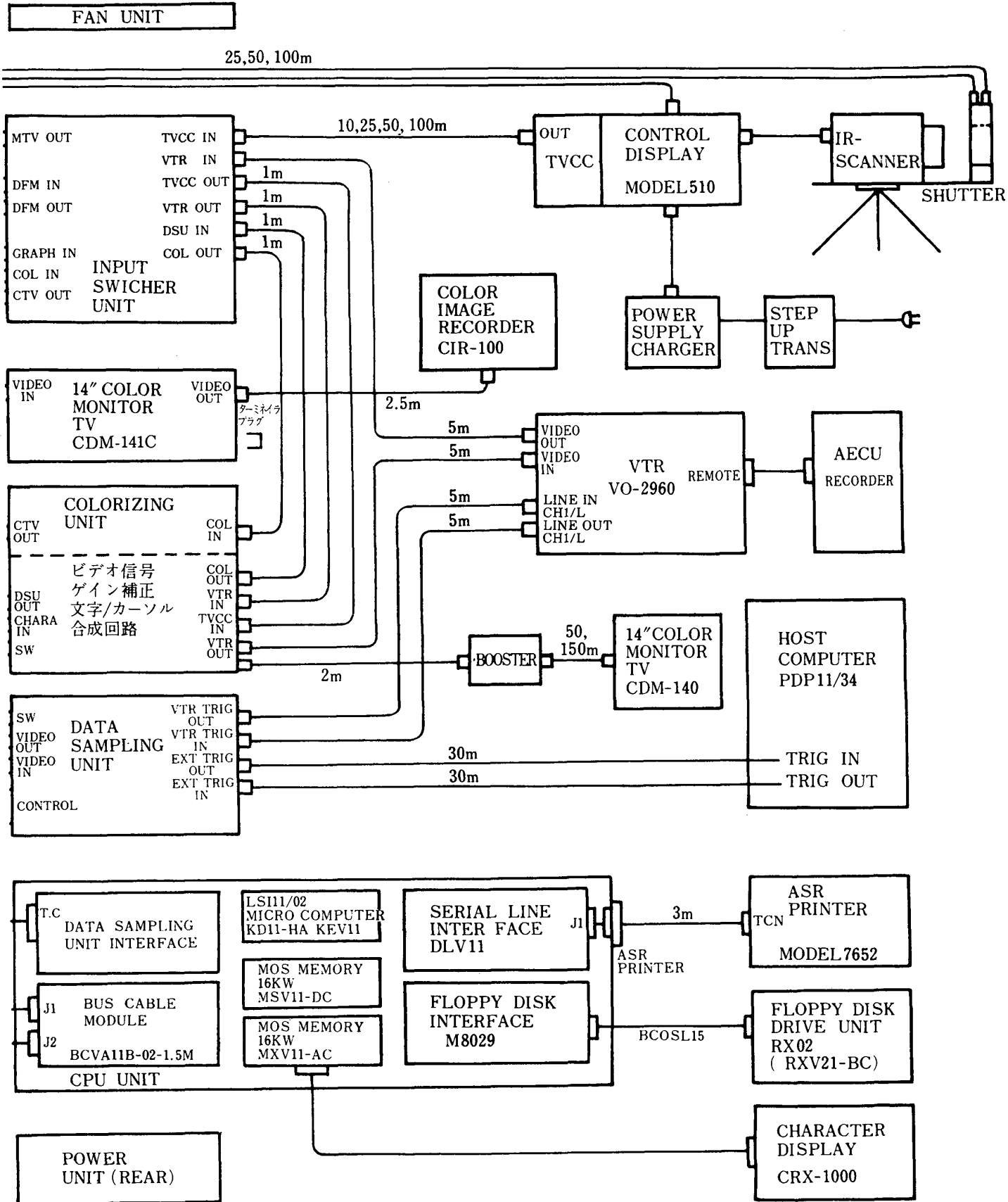


図 3.3.1 信号ケーブル結線図

「非定常二次元温度計測装置」



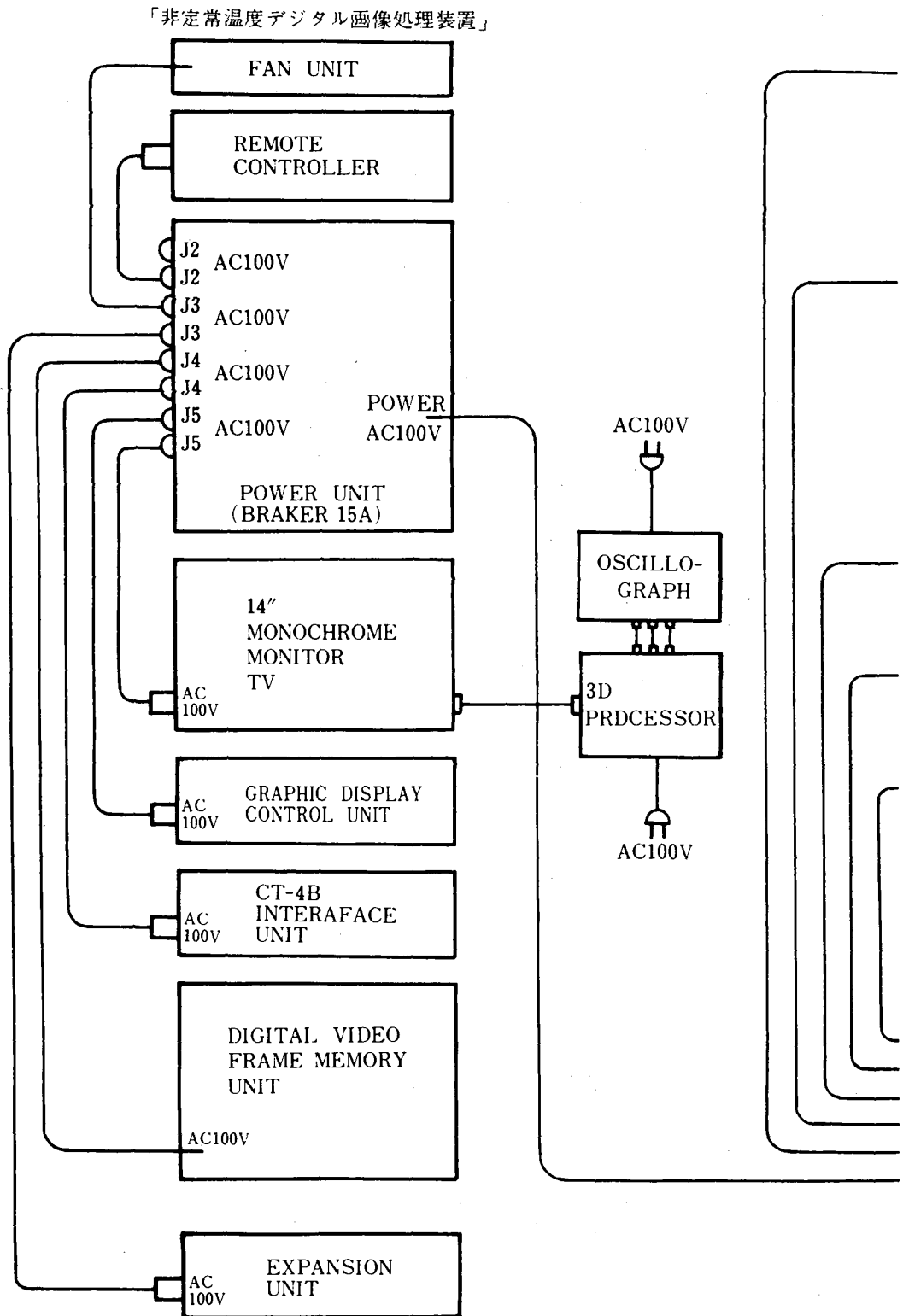
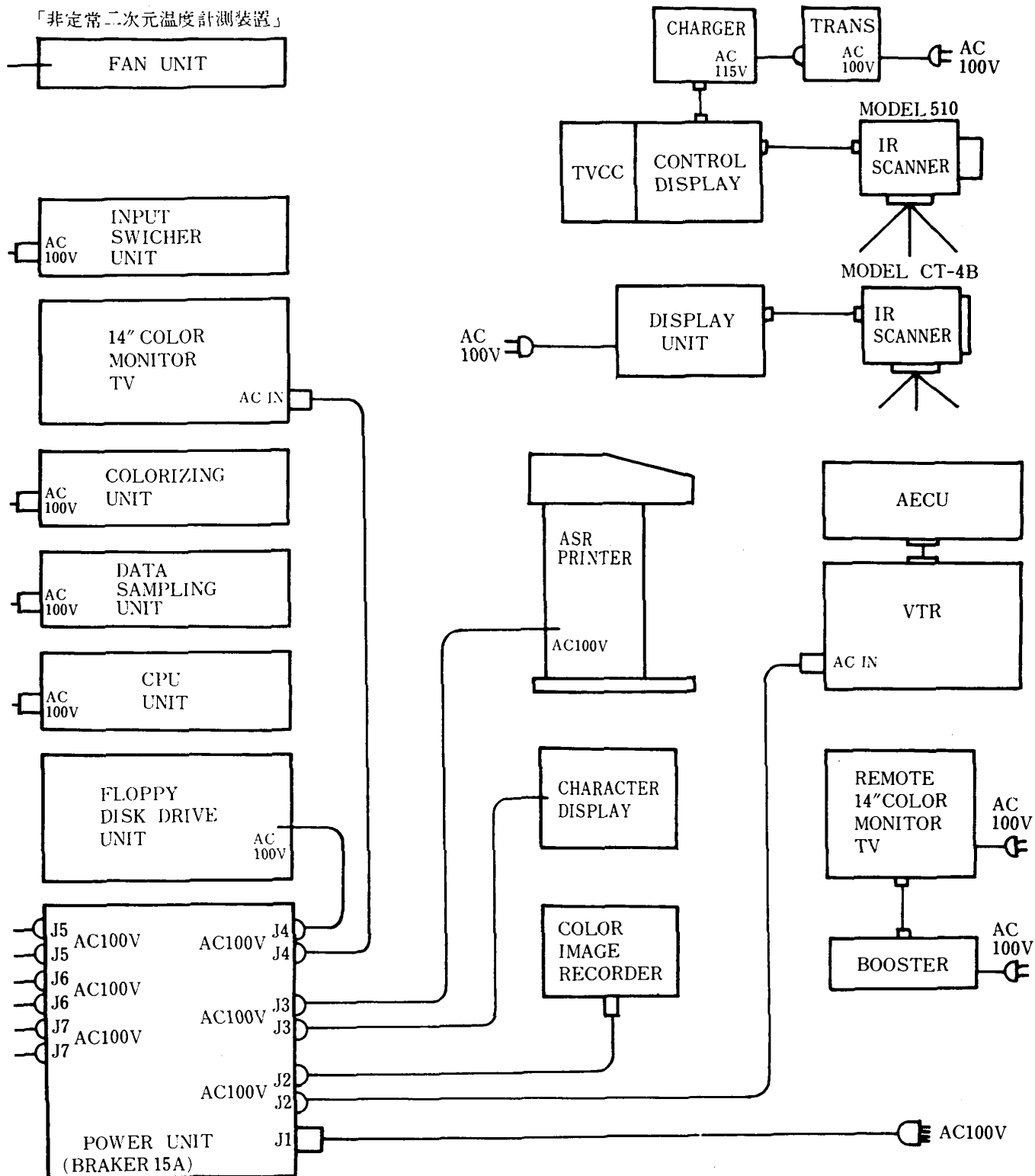


図 3.3.2 システムパワーケーブル結線図



- (d) AUDIO LIMITTER : ON
 - (e) VIDEO MODE : B & W
 - (f) VIDEO LEVEL : MAN
 - (g) INSERT MODE SELECT
 - : AUDIO CH1 OFF
 - AUDIO CH2 OFF
 - VIDEO OFF
 - (h) AUDIO MONITOR : CH1
 - (i) PHONE LEVEL : 1
 - (j) MEMORY : ON
 - (k) TRACKING : FIX
 - (l) SKEW : 中央
 - (m) AUDIO CH1 : 所定位置
 - (n) AUDIO CH2 : 任意
 - (o) VIDEO : 所定位置
- (11) DATA SAMPLING UNIT
- (a) POWER : ON
 - (b) HOR ←, → : 任意 カーソル垂直線の移動
 - (c) VER ↑, ↓ : 任意 カーソル水平線の移動
 - (d) CURSOR : OFF (通常) 白の垂直・水平線の表示で, 交点温度の採取の場合 ON にする。
 - (e) CHARACTER : ON (通常) 文字の表示
 - (f) MODE : TVCC 赤外線カメラ系からの映像信号を表示する場合
VTR VTRからの場合
- (12) INPUT SWITCHER UNIT
- (a) POWER : ON (背面)
 - (b) DSU/VTR : TVCC (通常)
 - (c) COLORIZING : DSU (通常)
 - (d) FRAME MEMORY : DSU (通常)
 - (e) B/W TV : DSU (通常)
 - (f) RGB COLOR TV : COL (通常)
- (13) CHARACTER DISPLAY
- (a) POWER : ON (背面)
 - (b) LINE/LOCAL : LINE (背面)
- (14) REMOTE CONTROLLER
- (a) SHUTTER CONTROL : OPEN
 - (b) DISPLAY CONTROL : カメラ表示部と同じ

(c) DPM : ON

電源投入の後, 以上のように各ユニットのスイッチ設定を行ったらフロッピディスクドライブユニットにシステムプログラムディスクレットを挿入し(左右どちらに入れてもよいが, 別のデータ処理又はファイル用ディスクレットも使用する場合が多いので, 左側のDYOに入れることにする), セット(フタを閉める)をすると, 自動的にシステムプログラムがローディングされる。使用中何かの理由でシステムプログラムを再スタートさせたい場合は, CPU UNITのENABLE/HALTスイッチをENABLEにし, RESTARTを押せばよい。ローディングが済むとディスプレイにはピリオド“.”が出力され, RT-11の各種コマンドが入力可能となる。システムが立上って後, 最初のコマンドには, 日付を次のように入力する。

・ DATE ␣ XX-YYY-ZZ (CR)

ここでXXは日付で1桁又は2桁, YYYは月で英語の月名の最初の3文字, ZZは西暦年の下2桁である。なお(CR)はキャリッジ・リターン・キーを押すことを意味する。

この日付情報はCPU UNITのRUNが点灯している限り保持される。ディスプレイは再びピリオド“.”を打って待機している。以後は実行する作業に応じたコマンドを入れる。通常は各種の作りつけソフトウェアを包括するAPDプログラムを作動させ, 必要なデータ処理に応じたコマンドを入力して作業を遂行する。すなわち次のように入力する。

・ R ␣ APD (CR)

・ *

ここで*はAPDプログラムが作動状態になり, 特定の作業をするためのコマンドを待っていることを示す。なおAPDプログラムの終了は*ENとする。この後ディスプレイは“.”を打って待機する。データ処理装置を停止したい時は必ずこの“.”の状態にしてフロッピディスクを抜き, 電源切断を行う。“.”の状態は強制的にCTRL/C(コントロールキーを押しながらCを押す)とするか, CPU UNITのENABLE/HALTをHALTにしても得られる。HALTの使用はディスプレイからの入力か不能の時のみにとどめること。APDプログラムの

詳細は別報 1) にまとめた。

通常の使用手順では * の状態まで行ったら、赤外線カメラ系、VTR系等の調整を行う。

3.3.4 赤外線カメラ系の調整

カメラ系の始動時手順は次の通りである。

- イ 電源スイッチがOFFになっているか確認
- ロ ヘッド及び表示部を実験場所に設置
- ハ ヘッドケーブル及び電源ケーブルを接続
- ニ 液体窒素容器(デュワー)内部を綿棒で清掃
- ホ 液体窒素を充てん
- ヘ 温度範囲を最高値(500)にセット
- ト 電源投入

(ロ)から(ニ)までは順序を問わない。液体窒素を充てんする際は、はじめ少しずつ入れ、冷やしながら追加する。充てんしてから5分以内は電源をONにしない。もちろん窒素がない状態で電源を投入してはならない。窒素は一回の充てんで約2時間持続するが周囲温度の影響で蒸発量が異なるので早目に補てんすることが望ましい。なおカメラの上下設置角度はこの液体窒素が十分デュワー内にとどまる範囲で自由に変えられるが、その限界は約45°である。電源投入後はウォームアップとして約30分間はそのまましておく。

このカメラには標準レンズの他に3倍拡大レンズがあるので、測定条件に応じていずれかを使用できるが、そのレンズ交換は電源が投入されていない時行わねばならない。その際表示部パネルのX1, X3 選択スイッチを使用レンズに合わせてセットすること。

カメラのウォームアップが済んだら測定位置、温度範囲の設定を行う。カメラ本体には焦点調整つまみがあり、表示部には次のつまみがある(図3.3.3参照)。

- イ LENS: レンズ選択スイッチ
- ロ BRIGHTNESS: 表示部CRTの輝度調整 (TVCC出力には影響しない)
- ハ TEMP RANGE(I): 測定温度の大まかな仕分け
NORMAL, 500°C ⇄ X10, MAX200°C
200°C以下の温度計測及び500°Cレンジ使用時にはNORMAL, 500°C側にセットし、

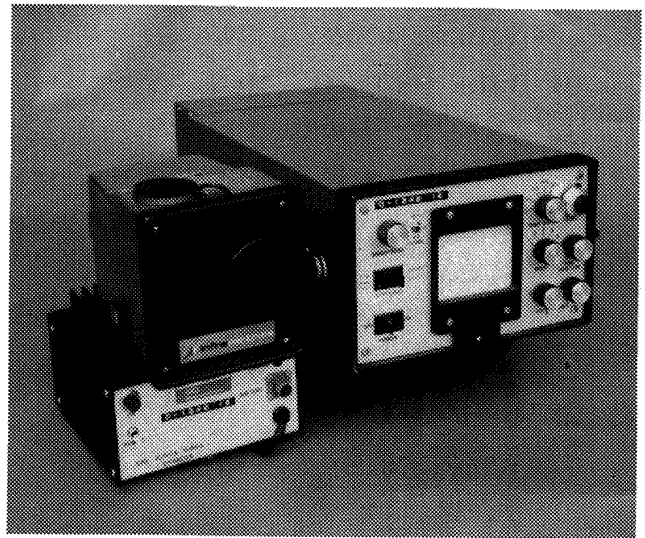


図 3.3.3 Model 510 カメラ・表示部概観

200°C以上の温度計測で、10°C, 50°C, 100°C, 200°Cレンジを用いる時は、X10, MAX200°C側にセットする。

- ニ POWER: 電源スイッチ
- ホ TEMP RANGE(II): 温度範囲の設定
10°C, 50°C, 100°C, 200°C, 500°C 切換え方式
- ヘ LEVEL: 測定温度の下限を設定する。
設定値以下の温度はすべてバックグラウンドとして等レベルになる。
- ト MODE: 画像表示のモード選択
 - (1) NORMAL IMAGE 二次元濃淡図
 - (2) LINE SELECTION NORMAL 画像と一水平ライン
 - (3) LINE SCAN 一水平ライン上の温度分布
 - (4) ISOTHERM 一等温線表示
 - (5) ISOMETRIC 三次元表示

表 3.3.1 にモードと表示の対応を示す。データ処理システムを用いる通常の場合はモード(1)を使用する。モード(5)の三次元表示はいわばモード(3)の温度分布が全走査線について重ね合わされたもので温度分布の高低、平坦さ等を認識するのに有効である。(3.7.2節参照)。
- チ LINE POSITION: 水平ラインの位置設定
又は等温線表示のレベル設定(表 3.3.1 備

表 3.3.1 カメラ表示部のモードとモニタ映像の対応

モード	カメラ表示部モニタ	データ処理システム		備 考
		白黒モニタ (TVCC, DSU)	カラーモニタ (TVCC, DSU)	
1	二次元濃淡図 (アナログ量)	二次元濃淡図 (64 階調) 下辺にグレースケール 左辺に使用温度範囲スケール	カラー又はグレー 12 階調画像 下辺にカラー又はグレースケール 同 左	カラーモニタ, DSU では階調の レベル (下限), ゲインの調整可
2	上図と一水平ライン	上図と一水平ライン	上図と一水平ライン	水平ラインの位置設定は LINE POSITION で行う
3	一水平ライン上の温度分布 ただし分布はアナログ量	左図と 11 本の野線 ただし分布は 64 階調	同 左	
4	(1) 図と一等温線 (白) 表示	(1) 図と一等温線 (白) 表示 ただしグレースケールはすべて白	(1) 図と一等温線 (白) 表示 ただしスケールはすべて白	左辺に 10 段階目盛と設定温度位 置の表示あり, ただし位置設定は LINE POSITION で行う
5	三次元表示	(1) 図	(1) 図	

考欄参照)。

リ FOV：視野角の拡大

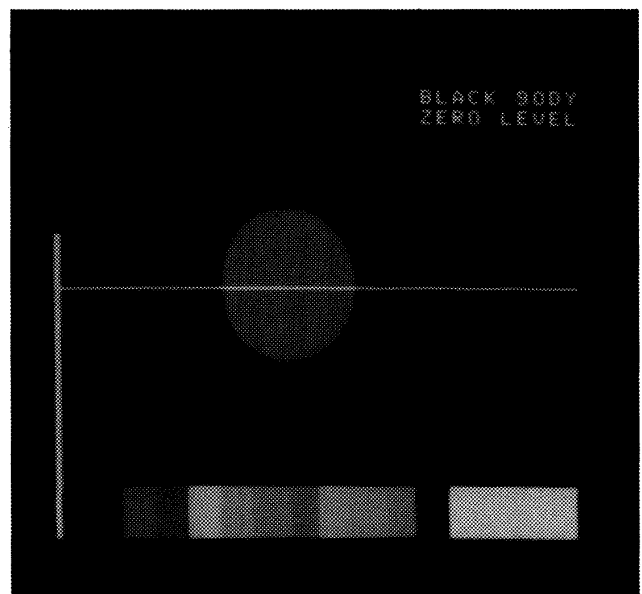
左にまわすと最高 4 倍までの拡大ができる。
カメラ本体内のミラーの走査角を変えるの
で実効画素数は変わらない。

ヌ CONT：表示部 CRT のコントラスト調整
(TVCC 出力には影響しない)

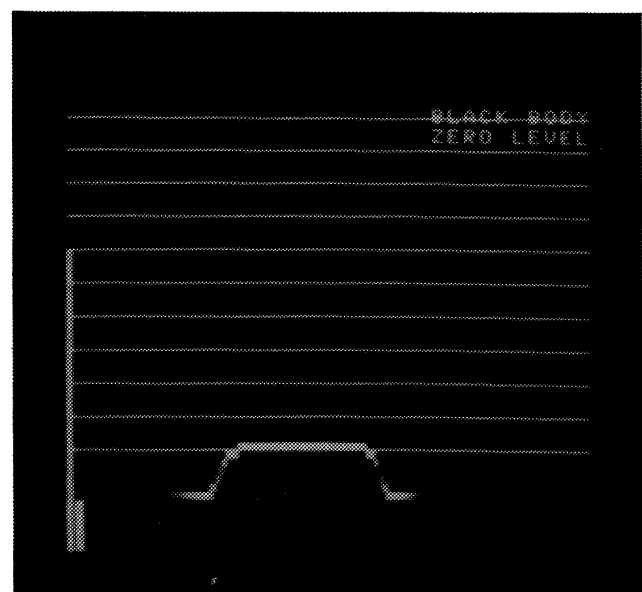
さてカメラ系の電源を投入して 30 分以上経過し
たら MODE を (1) にして, 表示部モニタ上に映像
が出るように LEVEL と TEMP RANGE (I), (II)
をいろいろ設定し, 濃淡の範囲が最も広く現われる
条件を見出す。カメラ本体の側面にある焦点調整つ
まみをまわし, 最も鮮明な映像が得られるよう設定
する。カメラの位置と FOV つまみの調整で観測視
野が変えられるから, カメラ位置が不適當であれば,
位置を変えて再度焦点合せの手順をとる。

次に LEVEL (下限温度) と温度範囲の設定を行
う。この調整は表示部においても可能であるが, 3.
2.15 節で述べたリモートコントローラを用い, デ
ータ処理システムにあるモニタ (B/W, RGB) を見
ながら行う方が便利で容易である。下限は温度既知
の黒体ふく射面で設定する必要がある, 適当な黒体
炉を用いればよいが, リモートコントローラには温
度表示つきのシャッタがあるので, 室温近傍を下限
とする通常の場合は, コントローラのシャッタスイ
ッチを ON にして設定すればよい。

下限温度の設定方法は 2 通りある。その一つは表
示部の MODE を (2) にして一水平ラインを既知の
温度領域を通るように設定し, MODE (3) にして
その温度を示す横線が最下段の野線に位置するよう



(a) MODE(2)



(b) MODE(3)

図 3.3.4 下限温度 (LEVEL) の設定方法

にレベル調整つまみをまわす。図 3.3.4 (a), (b) は黒体炉を基準にした時のそれぞれ MODE (2), (3) を示す。この方法は表示部においてもシステム側においても可能である。別の方法は RGB カラーモニタを見ながらでしか行い得ないが、MODE (1) の状態で既知の温度領域の色 (12 階調) が紫になったり黒になったりするようにレベルを調整する方法である。勿論このとき MODE (2) に切換えラインを当該領域にセットすれば MODE (3) では図 3.3.4 (b) のようになる。

温度範囲の設定は、スケールオーバーがない範囲で可能な限り多くの階調が表示されるよう考慮すべきである。特に被測定面のふく射率が 1 よりかなり低い場合とか、カメラと被測定面の間に赤外線透過材のある場合、カメラの検知器が受けるふく射エネルギーは減衰されるので、被測定面の実際の温度範囲よりも小さい範囲の設定の方が望ましい場合がある。一般には、測定の信頼性を上げ (反射の影響を除去する)、温度分解能をできるだけ小さくするために、被測定面を黒色塗装し、観測系の光学的、距離的關係を維持した状態であらかじめ出力を確認して、温度範囲を設定することが望ましい²⁾。表 3.3.2 はこのシステムで設定可能な温度範囲を示す。後に 3.5 節で述べるが、温度範囲の設定値はシステム内では電圧 (検知赤外エネルギー値に対応する) の一定値で行われるのに対し、電圧と温度の關係は直線的ではないので、ここで云う温度範囲は目安であって、正確な値はデータ処理の結果に表われる。表 3.3.3 は種々の設定値に対してデータ処理をした結果の温度スケールを表わす。表の中で 1200°C 以上の値はカメラの特性範囲を越えているので意味がない計算値 (特性曲線の直線外挿) である。表に見られる通り、例えば RANGE 10 で LEVEL がそれぞれ 10, 100, 300, 500°C のとき、得られる温度範

囲は 11.4 (10.0 → 21.4), 5.2 (100 → 105.2), 5.5 (300 → 305.5), 7.0 (500 → 507.0) となっている。表中の RANGE とあるのはデータ処理システムでは WINDOW の名称で用いられる。また MODE はデータ処理のソフトウェアに入っている電圧と温度の關係が 3 種類ある (表 3.3.2 参照) ことに対応している。この表は適切な温度範囲の選択に有用である。

実験中に温度範囲又は下限温度を変更する場合、特に後者の場合はかならず先に述べた下限温度設定の調整を行わねばならない。実験が数時間続いたり、短時間でも環境温度の変化が激しい場合は、時間の許す限り多く行うことが望ましい。

3.3.5 システム、VTR 等の調整

データ処理システムの調整とはシステムラック (図 3.3.5 参照) にあるカラーモニタ上の 12 階調のカラー又はグレースケールとデータサンプリングをする時の温度出力を一致させることである。カラーリングユニットに設けられている LEVEL と GAIN はこのスケールの調整のために用いる。調整は次のように行う。はじめにカメラ (TVCC) か又は VTR からの信号を使用する側に選択するためにデータサンプリングユニットにある TVCC/VTR 切換スイッチをセットする。次にスイッチユニットの COLORIZING を DSU にセットすれば、LEVEL と GAIN が調整可能となる。ここでカラー (グレー) スケールの境界がはっきりし最もきれいになる位置を LEVEL, GAIN 調整で見出す。

次にデータサンプリングをデータ処理プログラムにより行う。はじめに DSU ユニットの CURSOR-HOR と VER を用いてカラースケールの左端 (黒と紫の境界) にカーソルをセットし (図 3.3.6 (a) 参照)、その点の温度出力を得る (表 3.3.4 (a) 参照)。その方法は、3.3.3 節で述べた * の状態の後、表 3.

表 3.3.2 温度範囲の設定値

被写体温度 (ふく射率 = 1 の場合)	TEMP RANGE (I) (NORMAL or X10)	TEMP RANGE (II)	データ処理モード
200°C 以下	NORMAL (500C)	10, 50, 100, 200	3
200°C 以上	X10 (MAX 200)	10, 50, 100, 200	2
	NORMAL (500C)	500	1

表 3.3.3 温度スケール一覧表

LEVEL=10						LEVEL=300						
*	N	N	N	N	N	*	X10	X10	X10	X10	N	
RANGE	10	50	100	200	500	RANGE	10	50	100	200	500	
MODE	3	3	3	3	1	MODE	2	2	2	2	1	
TEMP	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	TEMP	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	
	11.2	17.2	26.5	47.9	83.2		300.5	303.0	307.3	317.2	346.0	
	12.3	23.8	40.4	76.1	135.3		301.1	305.9	314.5	334.9	392.1	
	13.5	30.1	52.6	99.2	180.6		301.6	308.9	321.8	352.9	440.3	
	14.6	35.7	63.9	119.6	225.2		302.2	311.9	329.3	370.4	495.9	
	15.8	41.1	74.1	138.5	269.8		302.7	314.8	336.9	388.1	557.2	
	16.9	46.2	83.5	156.4	315.5		303.3	317.8	344.5	406.1	627.1	
	18.1	51.3	92.3	173.2	361.9		303.8	320.8	352.1	424.5	704.4	
	19.2	56.1	100.8	189.2	408.4		304.4	323.8	359.4	443.4	793.0	
	20.4	60.8	108.6	204.3	458.5		304.9	326.8	366.8	464.2	894.3	
	21.4	65.1	116.5	218.6	515.8		305.5	329.9	374.2	486.0	1007.0	
**=TEMP RANGE(I) (N=NORMAL, X10=X10)						**=TEMP RANGE(I) (N=NORMAL, X10=X10)						
LEVEL=100						LEVEL=400						
*	N	N	N	N	N	*	X10	X10	X10	X10	N	
RANGE	10	50	100	200	500	RANGE	10	50	100	200	500	
MODE	3	3	3	3	1	MODE	2	2	2	2	1	
TEMP	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	TEMP	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	
	100.5	103.2	107.8	120.3	149.3		400.6	403.2	407.8	418.4	448.8	
	101.0	106.4	115.7	139.2	194.2		401.2	406.3	415.5	437.2	505.7	
	101.6	109.7	123.3	157.0	238.3		401.8	409.5	423.3	457.0	568.1	
	102.1	112.9	130.8	173.8	283.4		402.3	412.7	431.2	478.7	639.6	
	102.6	116.1	137.8	189.8	329.1		402.9	415.8	439.2	500.8	718.1	
	103.1	119.3	144.9	204.9	375.5		403.5	419.0	447.2	522.8	809.3	
	103.6	122.4	151.8	219.1	422.7		404.1	422.2	456.0	547.6	912.4	
	104.2	125.5	158.3	232.7	475.3		404.7	425.3	465.1	572.1	1026.8	
	104.7	128.6	164.9	245.7	534.0		405.3	428.6	474.2	598.2	1161.7	
	105.2	131.6	171.3	258.8	600.0		405.8	431.9	483.5	626.9	1311.8	
**=TEMP RANGE(I) (N=NORMAL, X10=X10)						**=TEMP RANGE(I) (N=NORMAL, X10=X10)						
LEVEL=200							LEVEL=500					
*	N	X10	X10	X10	X10	N	*	X10	X10	X10	X10	N
RANGE	10	10	50	100	200	500	RANGE	10	50	100	200	500
MODE	3	2	2	2	2	1	MODE	2	2	2	2	1
TEMP	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	TEMP	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
	200.4	200.5	202.9	207.0	216.7	243.9		500.7	503.8	509.3	522.0	561.8
	200.8	201.1	205.8	214.1	233.5	289.3		501.4	507.6	518.6	546.7	632.3
	201.1	201.6	208.6	221.1	250.5	335.1		502.1	511.4	528.3	571.3	710.1
	201.5	202.1	211.5	228.2	267.7	381.4		502.8	515.2	538.9	597.3	799.8
	201.9	202.7	214.4	235.4	285.3	428.9		503.5	519.0	549.4	626.0	901.9
	202.3	203.2	217.3	242.5	303.0	482.6		504.2	522.8	559.8	654.3	1015.2
	202.6	203.7	220.2	249.7	320.2	542.3		504.9	526.8	570.1	684.1	1147.9
	203.0	204.2	223.0	257.0	338.0	609.6		505.6	531.1	580.8	715.1	1296.8
	203.4	204.8	225.9	264.2	355.9	685.6		506.3	535.5	591.9	747.7	1448.4
	203.8	205.3	228.8	271.5	373.4	771.0		507.0	539.8	603.3	783.3	1600.0
**=TEMP RANGE(I) (N=NORMAL, X10=X10)							**=TEMP RANGE(I) (N=NORMAL, X10=X10)					

3.4 aに見られるようにDSUというコマンドを入力し、以後?で聞いている情報をキーイン(一行毎にその最後はCR)すればよい。結果はカラースケールの境界に対応した温度スケールの表示と、カーソル交点の温度の時間経過を示す。このサンプリン

グした温度が温度スケールの下限値と一致しなければならない。下限温度はカラースケールの一定の位置から左ですべて同じ値となっているから、かりに最初のサンプリングで下限温度になっていてもカーソルを右方向に一段階寄せたところでの出力が下限温度

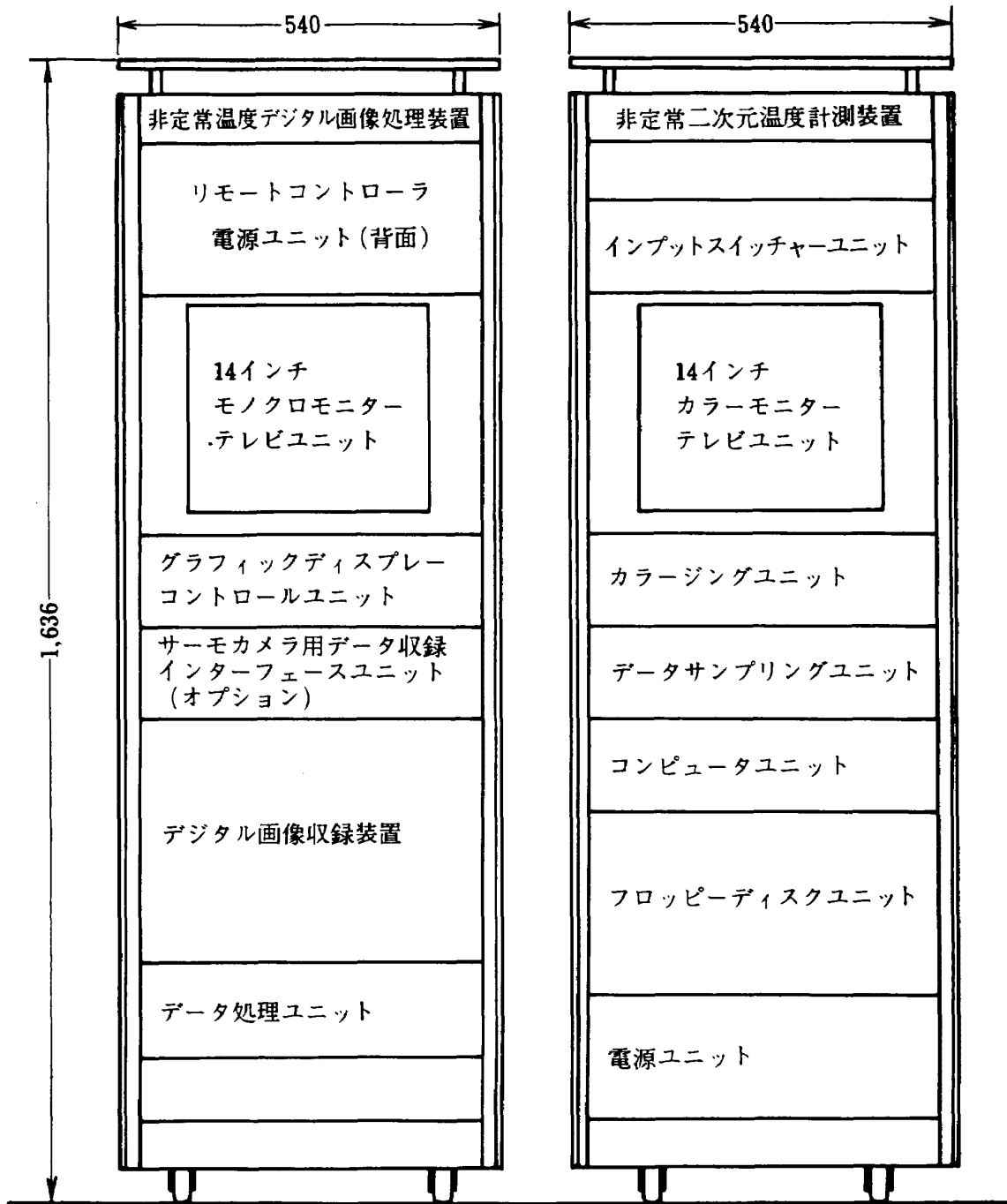


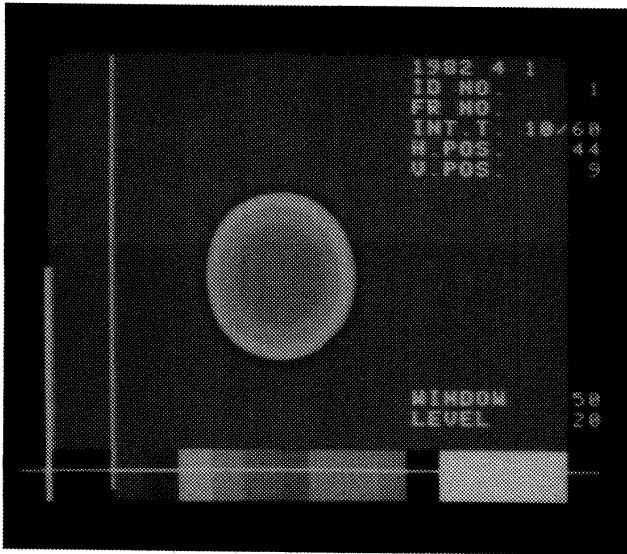
図 3.3.5 システムラックのユニット配置図

より高い値となっていることを確認しなければならない。次にカーソルを右端（赤と白の境界）に移動させ、その点の温度出力が温度スケールの上限值と一致するか確認する（図 3.3.6 (b), 表 3.3.4 (b)参照）。前と同様に境界から一段階左方位置の出力は温度スケールの上限值より低い値とならなければならない。

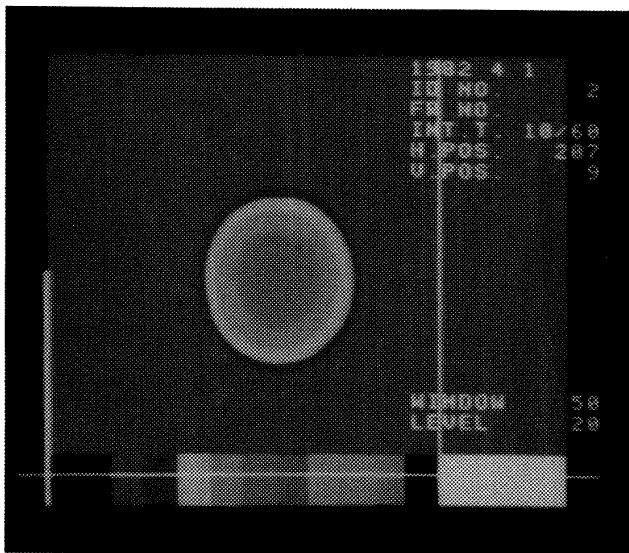
- DSU 以後の要領と意味については別報 1) で詳細に説明する。

通常カラースケールの最もきれいな位置がこの上限、下限の一致点となっているのでモニターのブラ

ウン管表面には目印がつけである。LEVEL, GAIN 調整を何回やってもカラースケールの鮮明さと出力値の一致が同時に得られない場合は、どちらか犠牲にせざるを得ない。しかしどちらかといえばカラースケールのきれいな方を選び、カラースケールと実際の温度スケール（データサンプリングで入手可能）との比較により後で補正する方がよいと思われる。なおカメラ系から送られてくるカラー（又はグレー）スケールの信号はカメラ系のレベル、温度範囲とは独立しているの、一度調整をすれば少



(a) 下限スケール(カラー)



(b) 上限スケール(カラー)

図 3.3.6 カラースケール位置調整

くともその実験中に大きな変化はない。

次にVTRの調整を行う。この調整はカメラ系とシステムの調整が済んでから行う。まずカメラ系のMODEを(1)にしてNORMAL画像をVTRに書き込み、次にVTRを再生して(DSU UNITのTVCC/VTRスイッチをVTRに切換えること)、カラースケールの位置がTVCCの時と同一になるようにしなければならない。再生した結果のカラースケールにズレがある時は、VTRのVIDEO調整つまみをまわし、再びTVCC信号を書き込み、再生してその結果を見る。以後この手順をズレがなくなるまで繰り返す。調整後はVIDEO調整つまみを固定すると良い。

VTR調整はそれほど重要ではない。というのはカラーリングユニットのLEVEL, GAIN調整を再生時に行えるからである。重要なことは書き込みの信号巾が上限か下限でスケールオーバーを生じていないことである。したがって実験前にこの点の確認をしておけば十分である。

なおVTR再生におけるデータサンプリング(*DSU……START, 出力)では、次の特長がある。すなわち録画時に(TVCC作動時に)、データサンプリングを行うとデータの取り始めの所で、トリガーが発生され(内部トリガー)、その信号はVTRテープの音声チャンネル(CH1)に書き込まれる。あるいは、外部トリガー(トリガーラインの短絡)をかけても同様に書き込まれる。したがって再生時にこのトリガー信号を利用して、録画時と同じ画像について、別の位置のデータサンプリングを行うことができる。それにはVTRを問題とする画像の直前で止めておき、カーソル位置の設定と*DSUの実行でサンプリング待機の状態(START)にしておいて、VTRを作動させればよい。この特長により、温度の非定常変化を同一画像について複数点行うことができる。複数点のサンプリング・計測は定常温度分布の場合もこの方法で勿論可能であるが、別報1)に述べるソフトウェアで別のコマンド(*CC, *SK等)を利用する方法の方が格段に容易である。

本システムで使用しているVTR装置は静止状態にセットすることができるけれども、テープの発熱、摩耗を避けるため約20秒以内にとどめることが望ましい。

三次元画像処理装置については図3.3.1及び図3.3.2の通り結線して、電源投入してあれば3.7.2節を参照して適切な画像を作ることができる。表示可能なオシログラフはX-Y二現像を表示出来るものであれば機種は問わない。プロセッサ側の出口信号とオシログラフ入力の対応はH→X, V→Y, Z→Zとなっている。ただしオシログラフのZ入力は外部ブランキング端子である。得られた画像の記録はオシログラフのCRTを写真撮影する。

カラーイメージレコーダはカラーモニタに得られた画像を写真記録できるユニットで、カラーモニタ

表 3.3.4 カラースケール位置調整時の温度出力

```

.DATE 1-APR-82

.R APD
*DSU

*** CONTROL PROGRAM ***
KEY IN PLEASE!

DATE                1982 4 1 ?
ID NB.(1-9999)     1 ?
INT. TIME(1-60)/60 SEC  10 ?
MODE (1-3)         3 ?
WINDOW(10-500)DEG C  200 ? 50
LEVEL < 1-500>DEG C  20 ?
E. (1-100)%        100 ?
TIME UP TB(1-2048) SEC  10 ? 2
DELAY(1-10)SEC      0 ? 1
CURSOR POSITION READ BK(Y/N) ? Y
HOR. P8S           44/287
VER. P8S           9/209
START              ? LEVEL
20.0  26.3  32.3  37.9  43.1  48.3  53.2  58.0  62.5  66.8  71.0

NO.  TIME(MILLISEC)  TEMP.(C)  ***** WINDOW *****
1      166.7          20.0      *
2      333.3          20.0      *
3      500.0          20.0      *
4      666.7          20.0      *
5      833.3          20.0      *
6     1000.0          20.0      *
7     1166.7          20.0      *
8     1333.3          20.0      *
9     1500.0          20.0      *
10    1666.7          20.0      *
11    1833.3          20.0      *
12    2000.0          20.0      *

```

(b)

```

*** CONTROL PROGRAM ***
KEY IN PLEASE!
CURSOR POSITION READ BK(Y/N) ? Y
HOR. P8S           207/287
VER. P8S           9/209
START              ? MAX
20.0  26.3  32.3  37.9  43.1  48.3  53.2  58.0  62.5  66.8  71.0

NO.  TIME(MILLISEC)  TEMP.(C)  ***** WINDOW *****
1      166.7          71.0      *
2      333.3          71.0      *
3      500.0          71.0      *
4      666.7          71.0      *
5      833.3          71.0      *
6     1000.0          71.0      *
7     1166.7          71.0      *
8     1333.3          71.0      *
9     1500.0          71.0      *
10    1666.7          71.0      *
11    1833.3          71.0      *
12    2000.0          71.0      *

```

のCRTが曲面状であるために目視される周囲部の画像の歪みがほとんどない。写真撮影はSX-70タイプのアタッチメントと35mmフィルム用のアタッチメントとがある。それぞれでアタッチメント着脱、カラーバランス設定、焦点距離設定等を行う必要がある。調整してあれば、プリントスイッチを下に押

さえるだけで(35mmフィルムの場合はフィルムの巻き取りも必要)記録が行われる。通常は約12秒の露出時間であるので記録したい画像はその間変化しないことが肝要である。したがって定常温度分布の場合はオンラインで行っても良いが、変化のある場合は必ず画像を止めなければならない。(フリ

ーズをかける，別報1)参照)。アタッチメント交換に伴う調整その他については3.7.1節で述べる。

3.3.6 実験・データ処理

前節までに述べたシステム全体の始動と調整が済めば実験計測可能となる。実験の内容によって計測と記録の重点が定まるが，基本的には次の作業を実験中に行うことになる。

- イ リモートコントローラにより観測条件に適したLEVELとRANGE (I), (II)を選定する。
- ロ 実験データとして必要と思われるものはすべてVTR記録を行う。
- ハ 実験点の設定が行われ，実験計測に入った時，写真による記録とその画像データをフロッピディスクに格納する。
- ニ 実験計測時の画像において特定の位置(100点まで)の温度を実験時にサンプリングする。

(イ)の作業をするには，APDプログラムを作動させ(.R_L APD)，コマンドDSU又はSSで実験条件等を画像に出しておいて，計測時にコマンドFR(フリーズ)により画像を止めて写真撮影とフロッピディスクへの格納を行う。温度分布が定常で，写真撮影のみでよい場合フリーズをかけない方が画質が良い。なおフリーズをかけてもスイッチャの選定に注意すれば，VTRには引続きオンラインデータが記録できる(図2.1参照)。

(ニ)の作業はコマンドCC, SK, SEなどを用いて実行できる。しかしオフラインでVTR再生又はフロッピディスク内のデータ読出しにより行うこともできるので，(イ)を実験中に行うならば，省略した方がよい。

オンライン・オフラインのデータ処理についてはその詳細を別報1)にまとめてある。

3.4 画像の大きさ

3.4.1 概要

赤外線温度計測装置において画像の発生源は，非常赤外線温度カメラ(モデル510及び525)，定常赤外線温度カメラ(モデルCT-4B)，ビデオテープレコーダ(VTR)，デジタルフレームメモリ(DFM)である。このDFMは中央データ処理装置(CPU:LSI 11/02)，フロッピディスクからか

又は上記カメラ(510, 525, CT-4B)，VTRのうちスイッチ設定，ディスプレイからのキーイン等により指定した一種類の画像情報を収録している。これらの画像はいずれも三原色カラー(RGB)，もしくは白黒(B/W)のTVモニター(走査線数525本，走査周波数H:15.75KHz, V:60Hz, 1/2インタレース)に表示される。また画像表示のハードウェアとして他に，カラーイメージレコーダ(CIR)と三次元画像処理装置の表示装置としてのオシログラフがある。(図2.1参照)

ここで云う画像の大きさは上記のうち画像発生源の有する大きさであって，表示装置の一つを固定してその特徴を比較説明することとする。上に述べた4種の表示装置はいずれも画像の水平・垂直のサイズ，平行移動等が可変であるので，物理的な大きさはある範囲内で選択可能である。通常はそれぞれの有効画面内で，できるだけ大きく，かつ被測定物の形状と相似に(例えば円形は円形に)表示されるよう調整する。

さて画像発生源のうちVTRとフロッピディスクの画像情報は，それぞれ何らかのオリジナルを記録しているものであるから，画像の大きさはそのオリジナルと同一である。そこで基本的に画像の大きさの種類は，赤外線カメラ510, 525, CT-4BとCPUでソフトウェアにより作成する画像の4種類となる。しかし本総合装置にはグラフィックディスプレイ制御ユニットがあり，これら4種の画像は，DFMとCPUを介してグラフィック表示をすると画像の大きさが水平方向に縮み，5/6倍となる。図3.4.1は本総合装置で得られる画像の種類すべてについて，大きさの仕様を示したものである。この図に示した寸法の比は，RGB・B/WモニタTV，オシログラフ，CIRいずれにおいても被測定物と相似の画像(円形は円形に)が表示されるよう調整した時，成り立っている値である。すべての画像のうちデジタル画像収録装置(DFM)の表示する画像(たて480ヶよこ512のデータ，一データの寸法はたてよこ比が1対1.2，従って全画面のたてよこ比は1対1.28)が最大であり，(図(a)参照)，データ処理を行う場合はこのDFM画像が基準となるので，他の画像の大きさはDFM画像との関係をはっきりさせ

ておくのが便利である。以下にそれぞれの画像の大きさ、特徴を述べる。なおデータ処理に必要な温度、色とメモリー内の値の関係等については別報 1) に述べる。

3.4.2 DFM, GRA

デジタル画像収録装置 (DFM) のメモリー配置は一画面分として、たて 480 ケ、よこ 512 ケのマトリクスとなっており一点が占める画像上の形状はたて・よこ比が 1 対 1.2 の長方形とみなしてよい。ソフトウェアで画像を作る場合あるいは種々の温度画像をデータ処理する場合、この仕様を基本とする。モニ

タ TV は 1/2 インタレース方式であるから 240 × 512 の画面を 2 枚 (1 枚あたり 1/60 秒、奇画面と偶画面第 1・第 2 フィールド) 重ね合わせて 1 画面 (1/30 秒、1 フレーム) としている。フロッピディスクでは 1 フィールド分を 240 × 256 のマトリクスとして記録しており、再生時には結果的に、たて・よこ共に 2 倍にデータが広げられる。すなわち、DFM の画像をフロッピに格納する場合は奇画面か偶画面を選択して行い (DFM 240 × 512 → フロッピ 240 × 256)、再生する場合はフロッピ 240 × 256 がたて・よこ 2 倍に拡大されて 480 × 512 の画面となるので格納は

	全画面	データ	一要素
たて	1	480ケ (フロッピ240ケ)	1
よこ	1.28	512ケ (フロッピ256ケ)	1.2

(a) DFM

	全画面	データ	一要素
たて	1	420ケ (スケール40ケ)	1
よこ	1.223	428ケ	1.2

スケール

(d) Model 510

	全画面	データ	一要素
たて	1	240ケ	1
よこ	1.0667	256ケ	1

(b) GRA

	全画面	データ	一要素
たて	1	430ケ (スケール30ケ)	1
よこ	1.395	500ケ	1.2

スケール

(e) Model 525

	全画面	データ	一要素
たて	1	315ケ (スケール9ケ)	1
よこ	1.410	370ケ	1.2

スケール

(c) CT-4B

	全画面	データ	座標 (たてよこ比)
たて	1	420ケ (カーソル座標210)	1 (1)
よこ	1.395	480ケ (カーソル座標288)	1.2 (1)

(f) DSU

図 3.4.1 各種画像の大きさ

別々に可能であっても奇画面と偶画面を再生時に重ねることはできない。しかし画質の観点から見た場合、ある1点のある瞬間と1/60秒後の値を並べる（奇・偶の重ね合せ）のと、ある瞬間の値を2つ並べる（フロップの再生）のとでは、どちらが良質とも云えないので、フロップの再生で奇・偶重ね合せができないことは、問題とならない。勿論フロップの記録・再生では画像要素の間引きと拡大があり、かつある瞬間に固定された値であるので、オンライン時に流れている画像（時間的に平均化された値が空間的により細かく出ている）と比べたらその画質は粗くなっている。フロップディスクにおいてこのようにDFMの1/4の情報で出し入れしているのは、要する時間（記録・再生共に約10秒）の短縮とフロップのメモリー容量（1枚で8フィールド格納）を節約するために行っている。時間をかけても高解像度の画像が必要な場合は、別途作成してあるソフトウェアを使用する。

グラフィック表示制御ユニット（GRA）は、中央データ処理装置（CPU）を介してDFMの内容を画像化する装置で次の二つの大きな特徴を持つ。その一つは、デジタル量でカラー（グレー）階調を仕分けした後、アナログ量に変換してRGB方式カラー画像を作るので、画像のチラツキが全くない。ちなみにDFM→カラー化ユニット→モニタTVの系統では、デジタル量のマトリクス→D/A→コンポジットビデオ信号→RGB方式カラー化→モニタという段階を経るので、各階調の境界はある巾をもって変動（チラツキ）がある。もう一つの特徴は図3.4.1(b)に示したように画像の大きさが一つの要素において正方形となるように配列されるので、図形は方眼紙上に配置されたようになり、図形処理が大変容易になる。ただし(a)DFMで円形の図形は縦に長い楕円となるので(b)GRAで円形を円形とするためには、注意を要する。すなわちCPUによる図形作成では $x^2 + y^2 = a^2$ でただちにaを半径とする円となるが、DFM→COL→モニタTVで円形は円形となるように調整されているModel 510, 525の場合はデータ処理で横方向の長さを6/5倍に大きくする必要がある。しかしCT-4Bの場合はインタフェースユニットに設けてあるサンプリングレート調整

ツマミによって、DFM, GRAどちらか一方が円形は円形になるよう設定もできる。勿論Model 510, 525と同様な方法をとってもよい。

3.4.3 CT-4B

定常赤外線温度計測装置において、カメラの信号処理部によって作り出される画像のうち、熱像図は走査線数にしてカラスケールを含んで315本分あり、一要素のたて・よこ比を1対1.2にした場合（円形は円形にする）横のデータ数は370ケ分ある（図3.4.1(c)参照）。もともとカメラ側の画像は5秒で一回形成され、光学的な水平走査は通常のTVとは逆に右から左に行われている。データ処理システムに入るためのインタフェース（3.2.17節参照）は上記の画像情報をDFMに順序よく格納するように制御をしている。ただし水平線上からデータをサンプリングできる数は可変になっており、その値

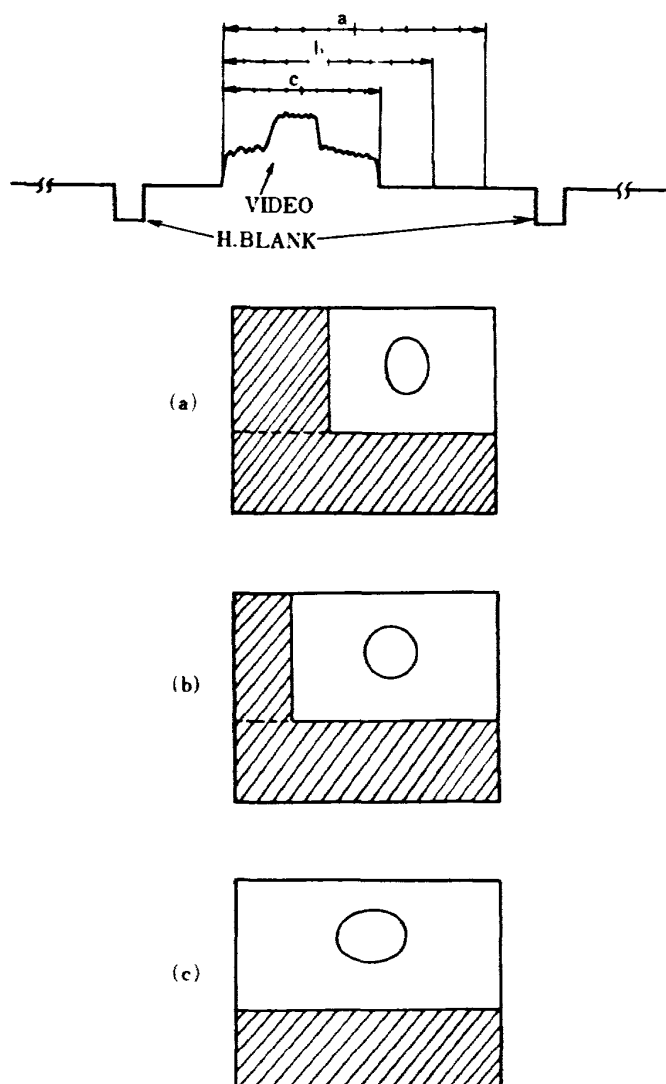


図 3.4.2 CT-4B 画像におけるサンプリングレート

によって画像は右端は動かないで左方が左右に移動する(上下は変わらない)。図 3.4.2はこの状況を図示したもので、サンプリングレートが遅い場合(図中の(a), 調整ダイヤル値:小)は縦長の画像となり、適切な場合(b)は相似形となり、早い場合(c)は横長の画像となる。適切な場合のダイヤル値はDFM相似条件の時約 250である。GRAでの相似条件が得られるダイヤル値はこれより大きい(図(c)の方向)。画質は図から判断されるようにいずれもあまり変わらない。

3.4.4 Model 510, 525

非定常赤外線温度カメラ 510, 525 の場合は、一般用のTVと同じ走査速度(1/60秒/フィールド, 1/2インタレース, 1/30秒/フレーム)である。ただし赤外線検知部の光学的走査は左右共に信号を処理しているので、通常のTV走査方式に変換するため、一回の左右往復分を一たん格納するデジタルメモリがある。また光学的走査のライン数は195(Model 510), 200(Model 525)であるので、TV方式では一ライン分の情報を二ライン分描いている。図 3.4.3はこの状況を模式的に示したものである。書き込み・読出しに使用されているメモリの深さはそれぞれModel 510で6ビット(64階調), Model 525で8ビット(256階調)である。システム内のB/WモニタTV(図 2.1参照)では、この階調を有する濃淡の画像が表示されている。

図 3.4.1(d), (e)に画像の大きさを示しているが、両者の大きさの違いは、TV方式信号変換部(TVCC)において、水平方向ではフロントポーチ、バックポーチの長さが異なり、垂直方向では水平信号のブラ

ンキング(H. Blanking)の数が異なるためである。

3.4.5 DSU

画像の任意の位置において、その点の温度の時間変化を解析するために、作りつけのデータ処理法として「DSU」がある。ここで位置を設定するために、たて・よこの白線カーソルを表示し、この白線を水平・垂直方向にスイッチ操作で移動させるようにしている(図 3.3.6参照)。設定する点はこのカーソルの交点であるが、点の移動できる範囲は図 3.4.1(f)に示す通りである。このデータ処理を行った時表示されるカーソル座標は方眼紙状の座標系でたてが210目盛、よこは288目盛となっている。

3.5 検知特性と較正

3.5.1 概要

本装置で使用している赤外線カメラの検出器は、量子型で熱起電力型のタイプであり、非定常温度測定用(Model 510, 525)は水銀・カドミウム・テルル(Hg-Cd-Te, MCT), 定常温度測定用(CT-4B)はインジウム・アンチモン(In·Sb)をそれぞれ使用している。どちらの検出器も被測定体の温度と検出されるエネルギーの間には一定の特性があり、この特性カーブより結果として温度を算出する。実際の観測場では被測定体のふく射率を1に近づけることが重要であるが、1でない場合はたとえふく射率が既知であっても、環境からの反射の影響があり、温度の絶対値の算出には注意深い較正を必要とする。通常は被測定体の温度を熱電対等により直接複数点計測できるようにし、これを参照温度として、赤外線温度計の計測値を補正することが望ましい

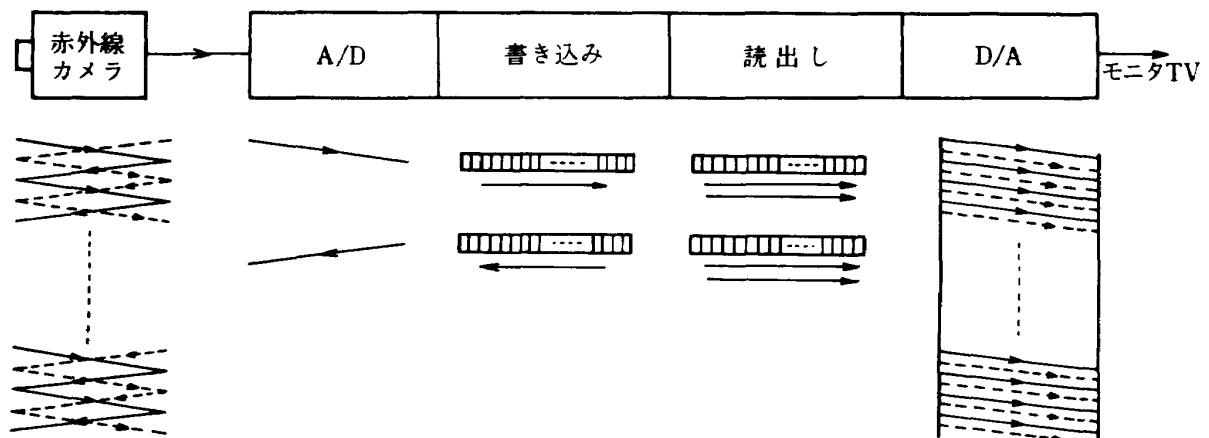


図 3.4.3 非定常赤外線カメラにおける画像信号の編成

(文献2)参照)。

検出器は被測定体が放射する全波長域の赤外エネルギーのうち一定の波長領域(表 2.1 a 参照)の積分値を検知し、その値が電圧として出力される。この電圧値と被測定体の温度との関係、すなわち検知特性は直線状ではなく、一般にS字状の曲線となっている。以下に Model 510, 525, CT-4B それぞれの検出器特性と校正結果等を述べる。

3.5.2 Model 510, 525

Model 510 と 525 は形式・構造がほとんど同じであるが、検出器の特性はわずかに異なる。ここでは Model 510 について述べるが、Model 525 については特性を表わすデータが少し異なることを考慮するのみで扱いは全く同じにしてよい。

図 3.5.1 (a), (b) は Model 510 の特性カーブを示したものであり、(a) は測定温度 200℃ 以下(厳密には 250℃ まで可能)の場合を示し、(b) は 200℃ 以上(厳密には 0℃ 以上で測定可能)の場合を示す。温度測定に必要な設定事項は (イ) TEMP RANGE (I) : スイッチ設定, (ロ) TEMP RANGE (II) (WINDOW とも称する) : スイッチ設定と入力データ, (ハ) LEVEL : スイッチ設定と入力データ, (ニ) MODE : 入力データ (イ) と (ロ) の組合せで決まる、図 3.5.1 (a)(b), 表 3.3.2 参照) の 4 種類である。(イ) と (ロ) が決まると 2 種類の特性カーブのうちのどちらに該当し、WINDOW はいくつであるかが定まる。さらに (ハ) の LEVEL 指定によって特性カーブ上の位置が定まるので、計測される点のエネルギー値 (E) は温度 (T) で何度であるかが算出できる。図 3.5.2 はこの状況を模式的に表わしている。温度算出に際してのソフトウェアの具体的内容については別報 1) で述べる。

図 3.5.3 は黒体炉 (BB1500, 6.1 節参照) を用いて Model 510 を校正した結果の例を示す。温度計システム全体については勿論すでに述べた調整 (図 3.3.6, 表 3.3.4 参照) を行っている。しかし図に見られる通り T システム指示値は設定の LEVEL, WINDOW によって黒体炉温度との差が異っている。一般的な傾向として LEVEL が高いと差は小さく、WINDOW が小さいと差は小さい。これらの差は T

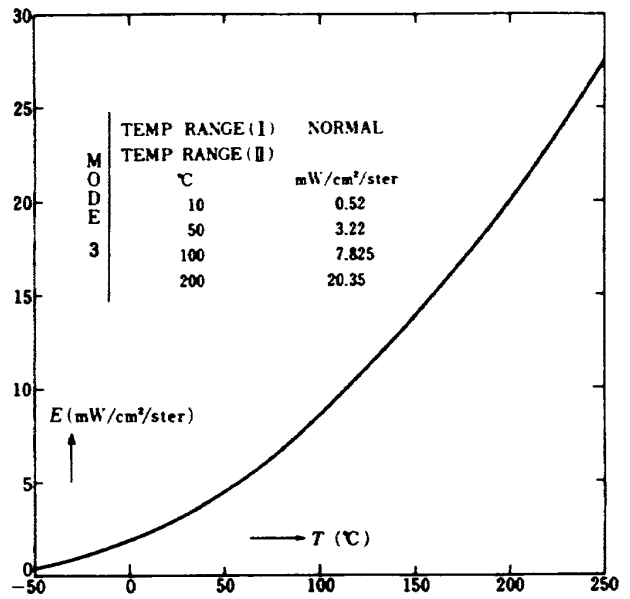


図 3.5.1 (a) 検出器特性カーブ (I) Model 510

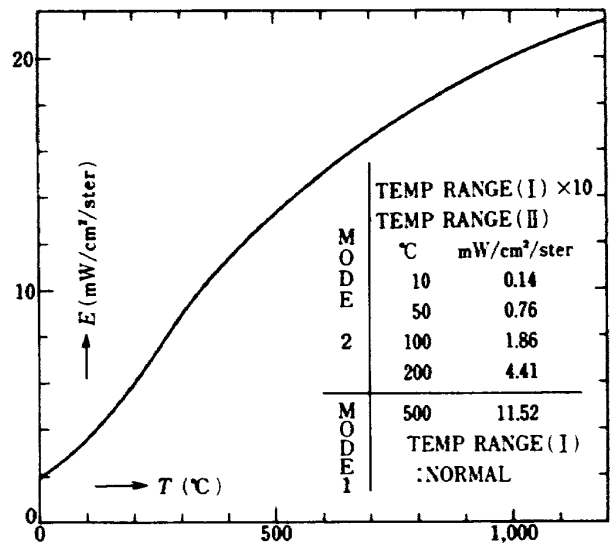


図 3.5.1 (b) 検出器特性カーブ (II) Model 510

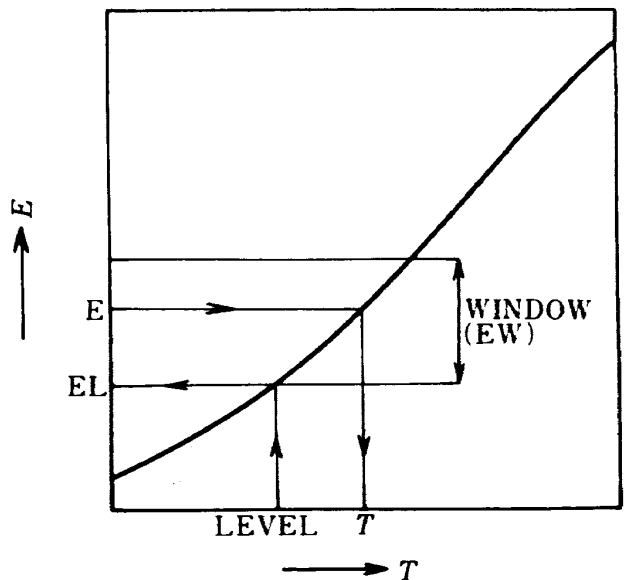


図 3.5.2 温度算出法の模式図

システムの特徴が図 3.5.1 に示した通りになっていないことに起因するとみなさざるを得ない。すなわち検出器自身と電子回路部品の経時特性変化，対環境性能の劣化のいずれかが原因と思われるが今のところ調査は進んでいない。ちなみに納入当初の校正結果では最大 1/64 (1 ビット分) のズレの範囲内で測定されていた。図 3.5.3 ではカメラと黒体炉の距離が一定 (65 cm) の場合の結果であるが，もう一つの大きな問題はこの距離を変えると指示値が変ることである。図 3.5.4 は距離の T システム指示値に及ぼす影響を測定した一例である。これによれば，距離 (L) が 75 cm の時指示値は黒体炉の温度と一致し，L が小さいほど指示値が高くなり，L が大きいほど指示値は下がっている。この図が示す結果と別に顔や手を視野に入れて L を変えると，明らかに遠ざける程指示値が下り，一方ある一定距離でカメラにある拡大ネジ (FOV) を調整して視野の大きさを変えても値は変わらないことを確認しているので，指示値の距離依存性は，検出器が感知する赤外エネルギーが空気により減衰することに起因すると考えざるを得ない。この検討には，検出器の波長特性が空気中の

水蒸気，炭酸ガス，微小浮遊物等にどのような影響を受けるのかを調べる必要があるが，実証する段階には至っていない。

前節 3.5.1 でもふれたが，ここに示した特性カーブの傾向から見て，温度の絶対値算出のためには，

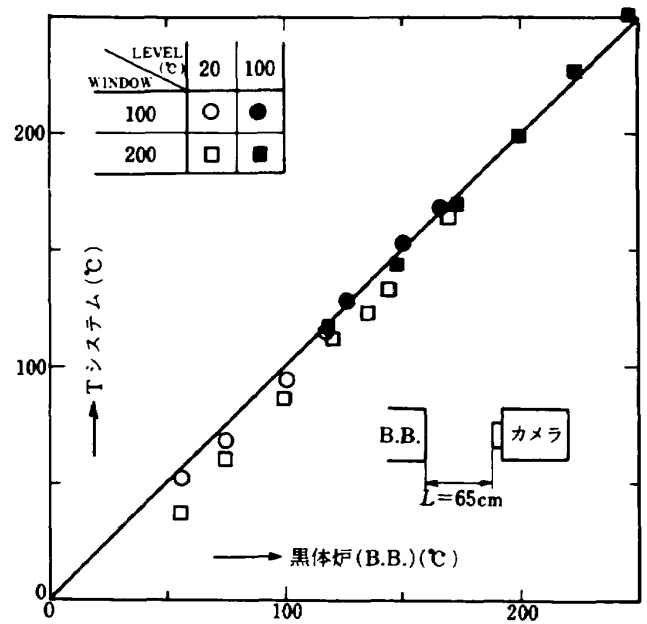


図 3.5.3 Model 510 の校正結果例

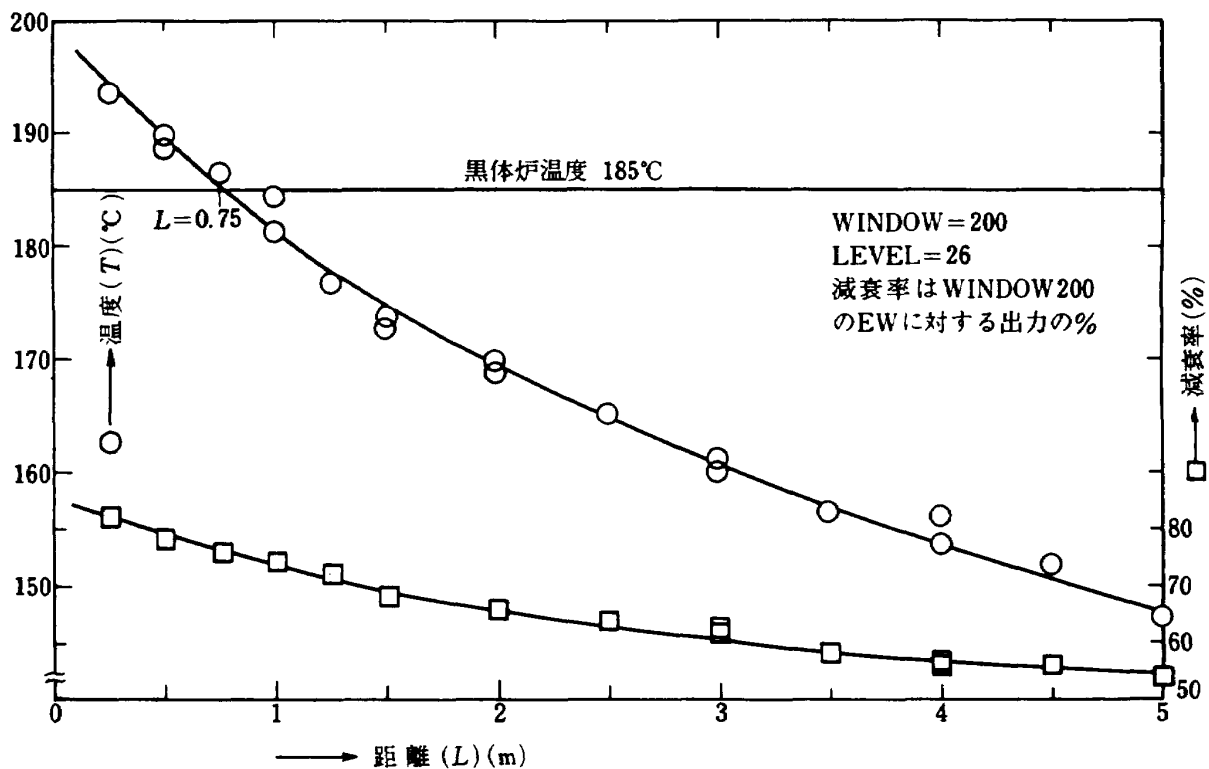


図 3.5.4 T システム指示値の距離依存性 (Model 510)

(イ) 熱電対等による参照温度からの換算, (ロ) 実験条件と同じ状態 (WINDOW, LEVEL, 距離) で実験と同じ時期 (直前が望ましいが, 直後でも許されよう) 黒体炉等による校正を行う, という方法の少くともいずれか一方を行わなければならない。

3.5.3 CT-4B

CT-4Bは第4章で全般に述べるが, もとものの製品 (撮像部, 表示部) は電子回路による様々なアナログデータ処理が行われ, その結果温度が濃淡画像, 波形等によって直読できるようになっている。しかし赤外エネルギーから温度を換算する方法は基本的に前節と同じである。図3.5.5はCT-4Bにおける検出器 (InSb) を検知する赤外エネルギーの相対強度と温度の関係を示す。表示部において設定するのは図中の RANGE1 ~ 6, (°C), 及び RANGE

(%), LEVELである。例えば RANGE3, RANGE (%) 10%と設定した場合, 観測できる温度範囲は $15^{\circ}\text{C} (= (250 - 100) \times 0.1)$ であり LEVELが 200°C であれば結果として 200°C から 215°C までが測定される。電子回路では図3.5.5に示す特性カーブの演算によりこの温度範囲内の赤外エネルギーを温度に換算して, 温度が直読できるような画像を作っている。インタフェース (図2.1及び3.2.17節参照) を介してデータ処理システムに入る画像の処理については温度を算出するのに必要な LEVELと表示温度範囲を付随データとして入力しなければならない。

3.5.4 ふく射率

前の節3.5.3, 3.5.4では被測定体のふく射率は1であるとして説明したが, 1でない場合はこれを

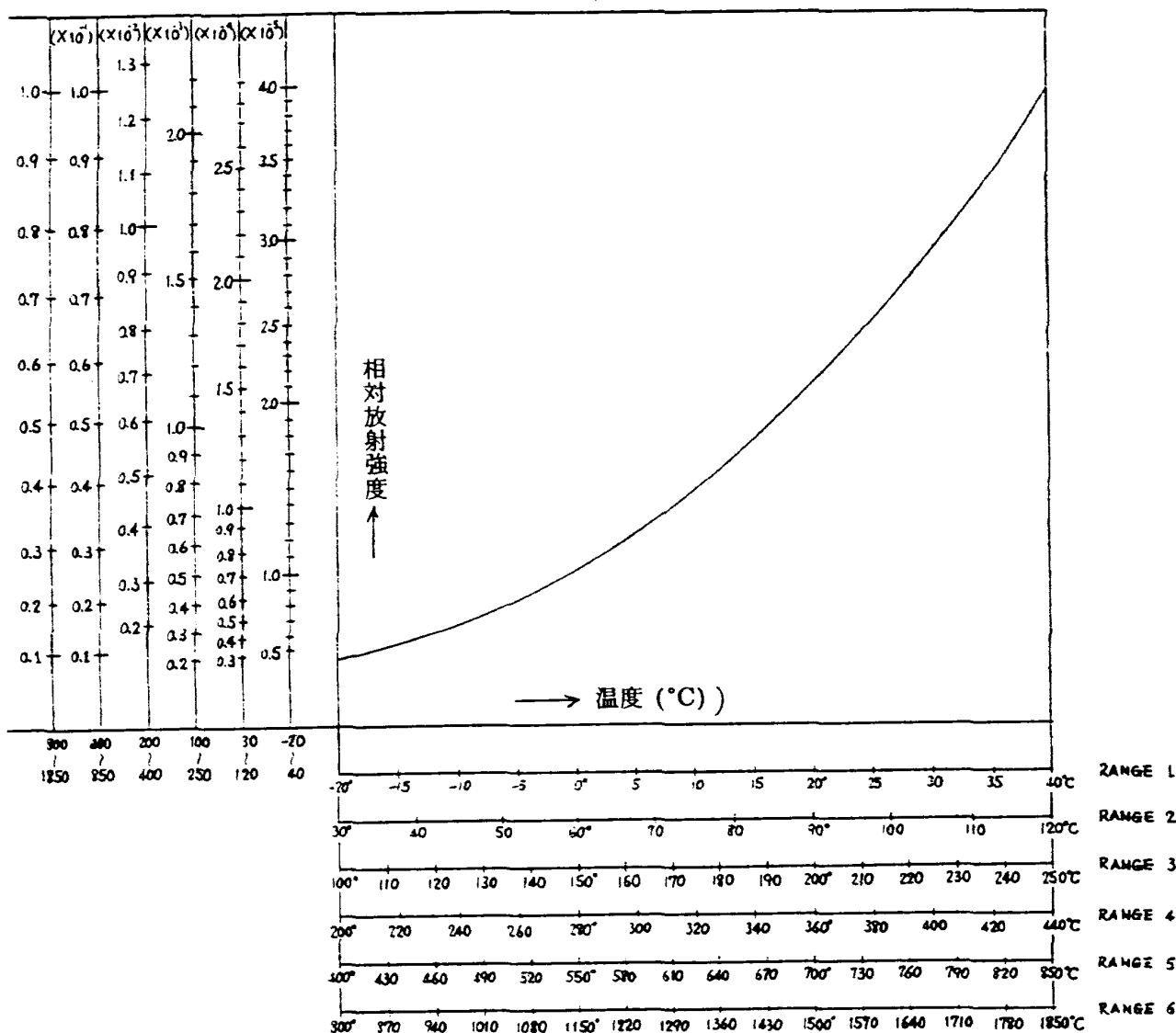


図 3.5.5 検出器特性カーブ (III) CT-4B

考慮しなければならない。熱電対等による参照温度から換算する場合はふく射率も含んだ結果であるから特に問題はない。被測定体のふく射率(ϵ)が既知であれば、Model 510, 525ではキーイン, CT-4Bではスイッチ設定(表示部)とキーインを行うことによって赤外エネルギー値を割増して換算されるようになっている。すなわちModel 510, 525ではEW/ ϵ , CT-4Bでは相対放射強度/ ϵ が計算される。

ふく射率を知る方法は実験的に求めることが望ましいが、概数でよい場合は、種々の表から見つけることもできる(たとえば文献3)。実験的には黒体ふく射について校正したTシステム特性と実際の被測定体について測定した特性(参照できる表面温度の測定が必要)とを比較して得られる。

ふく射率に関する一般的知識に関しては別途資料(文献2)を参考に調べられるので省略する。

3.6 赤外線透過材

赤外線カメラで被測定体を観測する場合、タービンの各種研究においては、空気又は高温ガスが被測定面の上を流れている。従って観測系ではこれら作動流体の流れ場を乱すことなく、赤外線を透過する窓材が必要となる。低速風洞を用いた平板・円筒・翼列等供試体の実験においては、空気流の圧力(大気圧近傍)、温度($\sim 40^\circ\text{C}$)ともに大気条件とそれほど変わらないから観測用窓材としてはフィルム状のマイラー紙(ポリエステル)で十分である。アクリル樹脂、ガラス等可視光域で透明なものでも多くの材料は残念ながら吸収・減衰が大きくてほとんど観測不可能である。一方高温又は高速の風洞試験では機械的強度の高い観測窓と窓材を用意しなければならない。赤外線透過窓については後節(3.7.3節)で述べる。

実験条件に適した窓材を選ぶには、透過波長域、物理的強度、耐熱、耐水性、色、耐化学反応性、加工可能な大きさ、価格等を検討しなければならない。それには材料のカタログを入手すればよいが(例えば国産品では応用光研工業(株)、堀場製作所(株)、広汎な技術資料としては文献4)が有用である。

我々が使用している窓材はフッ化カルシウム(CaF_2)、KRS-5(Thallim-Bromide-Iodide)、

セレン化亜鉛(ZnSe)である。図3.6.1にこれら窓材の波長透過特性を示す。赤外線カメラの検出波長域は1~12 μ にすべて含まれる(表2.1 a参照)。図に見られる通り透過率は一般に波長依存性があり、かつ当然のことながら厚いほど透過率は下る。図3.6.2は高温高圧風洞で使用してきたフッ化カルシウムのModel 510を用いて測定した実効透過特性である。Model 510の波長検出域は8~12 μ であるから図3.6.1(CaF_2 , 10mm厚)を見ると透過率の積分平均値は10%前後にしかならないにもかかわらず実際に測定した結果は厚さ10mmのフッ化カルシウム1枚で50~80%の値となっている。図3.6.1の出典は各種カタログと文献4)であり、 CaF_2 , 10mmについては2種の出典が一致しているのでその信頼性は疑い難いが、一方実測結果の方は実際の高温翼列試験においても確かに透過率は50%以上の様相を呈している。今のところこの不一致の理由は分らない。図3.6.2においてフッ化カルシウムを2

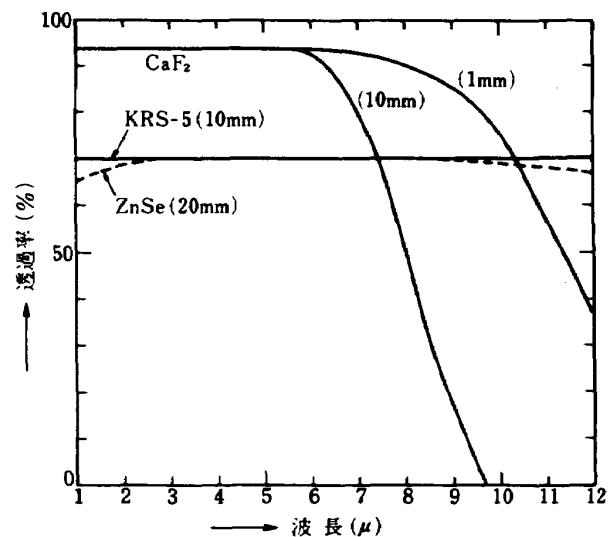


図 3.6.1 赤外線透過窓材の波長透過特性

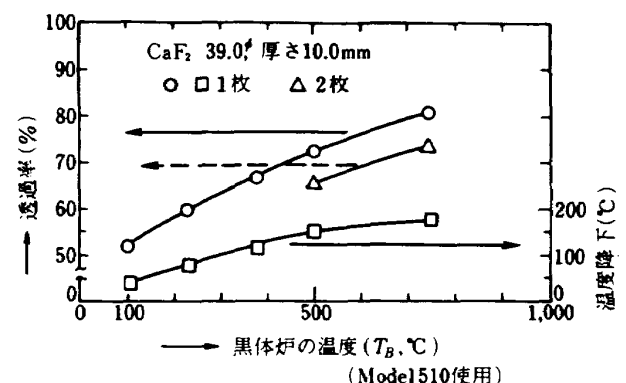


図 3.6.2 フッ化カルシウムの実効透過特性

枚使用した場合の結果を見ると1枚を透過した赤外エネルギーはその大部分(91%)が2枚目を透過することが示されている。

なおこれらの窓材の使用前のクリーニングは軽微であれば光学レンズと同様であり、ひどい場合はアセトンを軟らかい布に侵してふきとればよい。

大気条件近傍で使用しているマイラー紙のフィルム(ポリエステル9 μ)については、CT-4Bを使用した場合の温度低下量が得られており、その結果は図3.6.3に示す通りである。このマイラーフィルムは試験部窓のみならず防塵のためCT-4Bカメラ前面に取付けて使用している。図中のフィルターとはマイラーフィルムのことである。フィルター1枚による温度低下量は各レンジを通じて大略 $^{\circ}\text{C}$ で換算で5~8%とみなすことができる。

既知の透過率は先に述べたふく射率と同じ扱い方で(相当ふく射率=ふく射率*透過率として)スイッチ設定とかデータ入力を行えば、被測定体の温度が得られる。

赤外線透過窓材は鉱物・金属の結晶が大部分であり、ここに述べた材料の他にサファイヤ、シリコン、ゲルマニウム、ダイヤモンド等特性の上からは大変適しているものがあるが、加工可能な大きさに限界があり、何よりも価格が高いことが問題である。

3.7 周辺機器

3.7.1 カラーイメージレコーダ(CIR-100)

(1) 概要

本装置はカラーモニターTVの信号を接続してカラーハードコピー(カラー写真)を作成するものである。カラーモニターの画像を直接撮影すると、CRTの画像面が平坦でないため、写真の画像において歪が生じ、特に周辺部では大きい。CIR-100では内蔵されているモノクロCRTにR(赤)、G(緑)、B(青)信号による映像が写し出され、対応するカラーフィルタを通してカラーフィルムに重ねて露光される。この内蔵CRTは画面の主要中心部が平坦であり、有効画像はこの部分に作成されるので画像の歪はほとんど見られない。また距離、色バランス、露光等撮影条件を調整して最適状態とし一定の条件で撮影できるので、失敗がなくかつ画像の幾何学的形

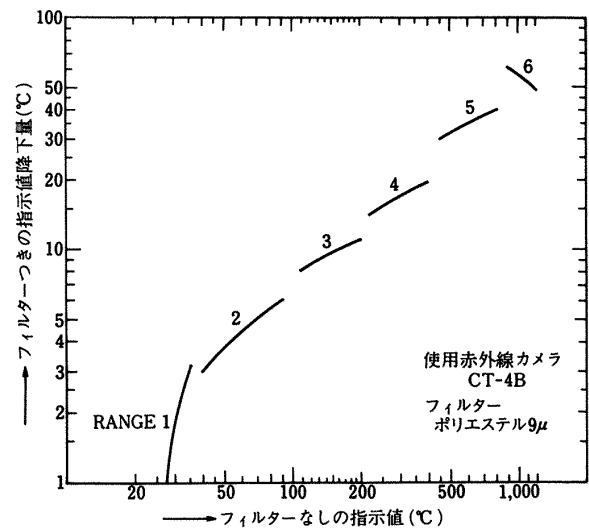


図 3.6.3 マイラーフィルムの実効透過特性

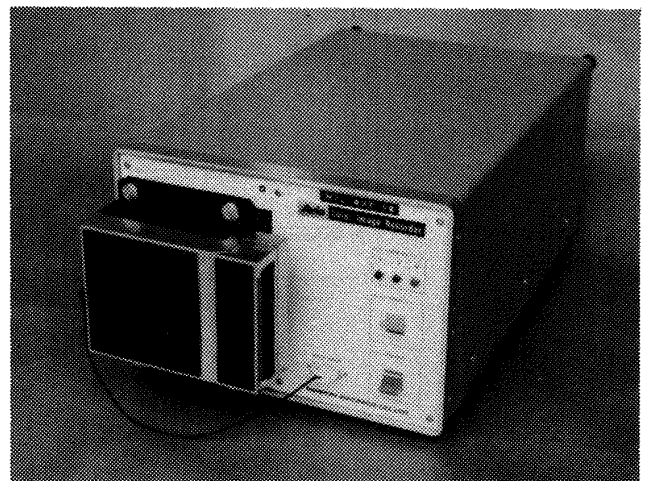


図 3.7.1 カラーイメージレコーダ(CIR-100)の概観

状、大きさ等を写真により検討することができる。図3.7.1に装置の概観を示す。

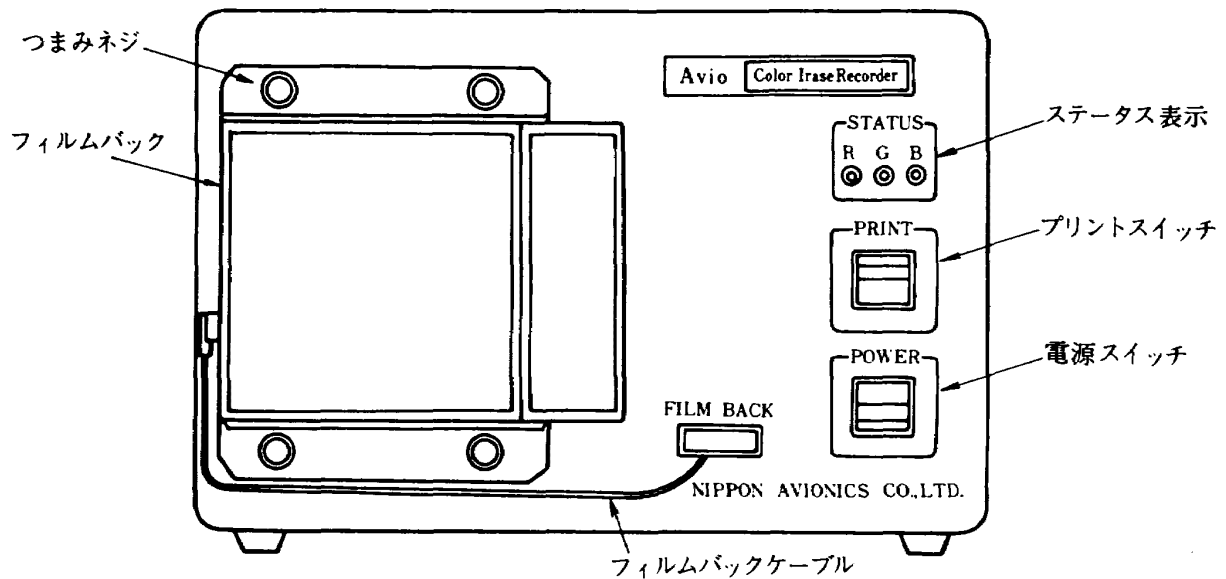
(2) 仕様

- (a) カラー方式 R・G・B加色方式
- (b) 動作速度 露光時間 10秒以下(SX-70)
- (c) ビデオ入力 R・G・B・SYNC, 信号レベル: 0.5~2.0V_{p-p}, またはTTL信号, 走査モード: 525本, 60Hz, 2:1インタレース
- (d) 電源 AC100V \pm 10%, 1A, 50/60Hz
- (e) 使用環境 温度: 10~40 $^{\circ}\text{C}$, 湿度: 15~90%
- (f) 寸法 298(W) \times 198(H) \times 462(D)mm (本体)

- (g) 重量 13 kg (本体)
- (h) フィルムバック A:ポラロイド・スーパーカラー SX-70, C: 35m/m カラーフィルム (ASA 100)
- (3) 操作方法
- 図 3.7.2 (a), (b) に装置のスイッチ等配置を示す。
- 操作の手順は以下の通りである。

- (a) フィルムバック (A または C) の取付
- (b) 暗箱位置をフィルムバックの種類に合わせて設定する。
- (c) リアパネルの FILM・BACK スイッチをフィルムバックの種類に合わせて設定する。
- (d) 電源ケーブル接続
- (e) 信号ケーブル接続

(a) フロントパネル



(b) リヤパネル

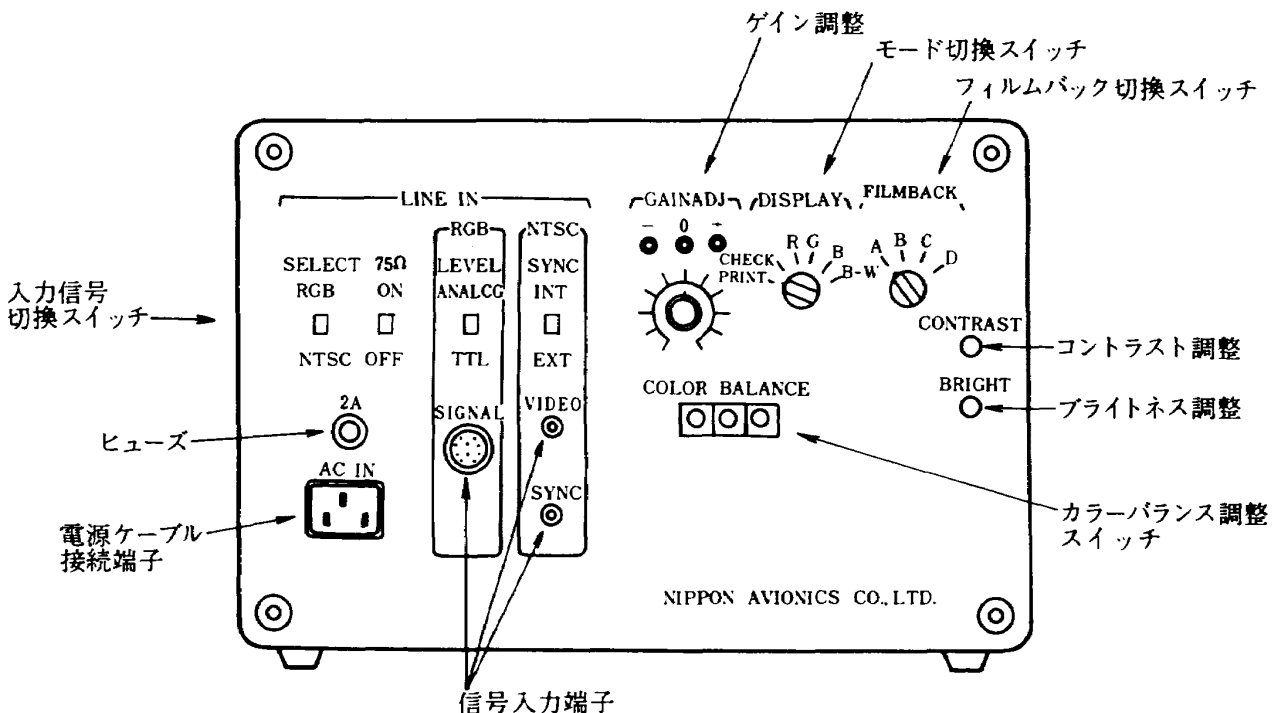


図 3.7.2 カラーイメージレコーダ (CIR-100) のパネル概要

(f) リアパネルのLINE INにおけるスイッチを接続する信号に対応して設定する（赤外線温度計測装置ではSELECT：RGB，75Ω：ON，RGB LEVEL：ANALOGとする）。

(g) フィルム装填

(h) 電源スイッチ投入

(i) ゲイン調整をリアパネルのGAIN ADJによって信号レベルが適正になるよう調整する。このときDISPLAYスイッチは「CHECK」の位置とする。信号レベルの確認は本体左側面のモニタ窓を開けて目視検査をし窓を閉めて、プリントし、結果の写真による判定する。

(j) プリントはフロントパネルのPRINTスイッチを押す。このときDISPLAYスイッチは「PRINT」位置であること。

(4) 撮影条件の調整

カラーTV信号のソースが変わる時、フィルムバックを変える時、以下の撮影条件を調整する必要がある。

(a) ゲイン調整 (3)-(i)参照，信号レベルの調整を行っており，LEDの0が点灯した時適正露光が得られるように調整されている。

(b) 色バランス調整 リアパネルのCOLOR BALANCE R・G・Bそれぞれを設定する。ここで

はそれぞれの色における露光時間を変えている。フィルムバックA（SX-70）では5，5，5，フィルムバックC（35m/mフィルム）では4，2，6が基本的な設定位置である。

(c) コントラスト調整

(d) ブライトネス調整

(c)，(d)の調整は一たん始めると組合せが大変多くなり長時間の注意深い作業と大量のフィルムを要するので可能な限りふれない方がよい。

3.7.2 三次元画像処理装置（SK-1610）

(1) 概要

本装置はサーモカメラシステムで得られた温度画像を三次元処理してX-Yモニター上に出力するもので得られる画像はビデオ画面の水平軸をX軸，垂直軸をY軸としたX-Y平面上に温度をZ軸としてプロットした三次元画像である。この画像はスイッチ等の操作により各軸まわりの回転，画像の拡大縮小，クロップ（長方形領域を指定するトリミング機能）及び任意の温度レベルを基準としたスライシングが可能で温度分布の視覚的認識を高める上で非常に有効である。図3.7.3は黒体炉を観測した場合の一例を示す。

(2) 構造及び機能

本装置のブロック図を図3.7.4に示し，概観を図

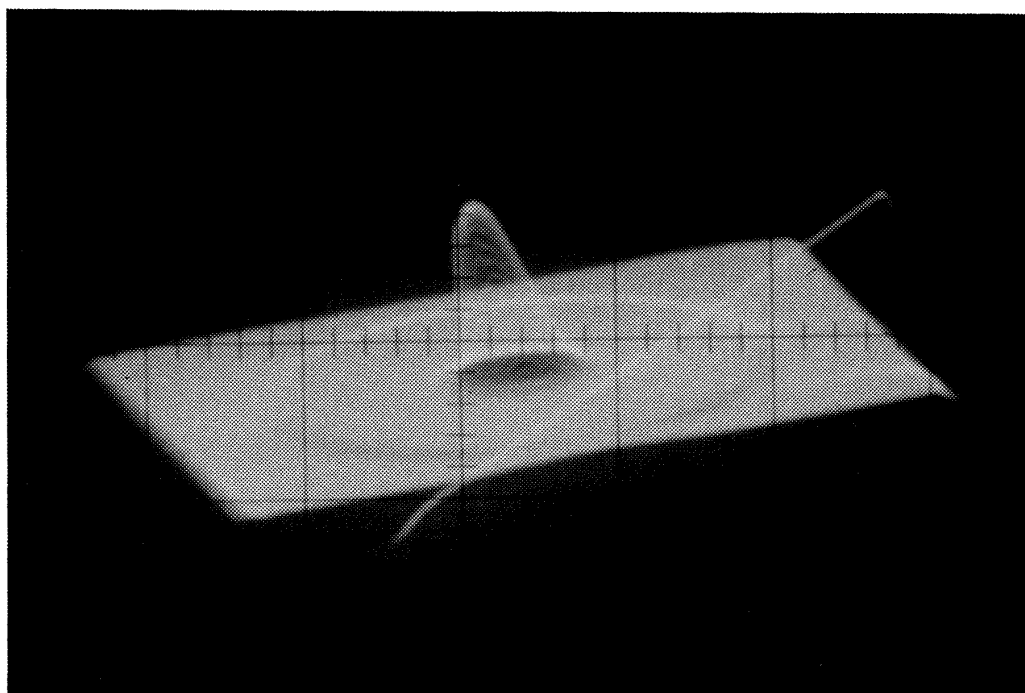


図 3.7.3 三次元画像処理装置による処理の一例

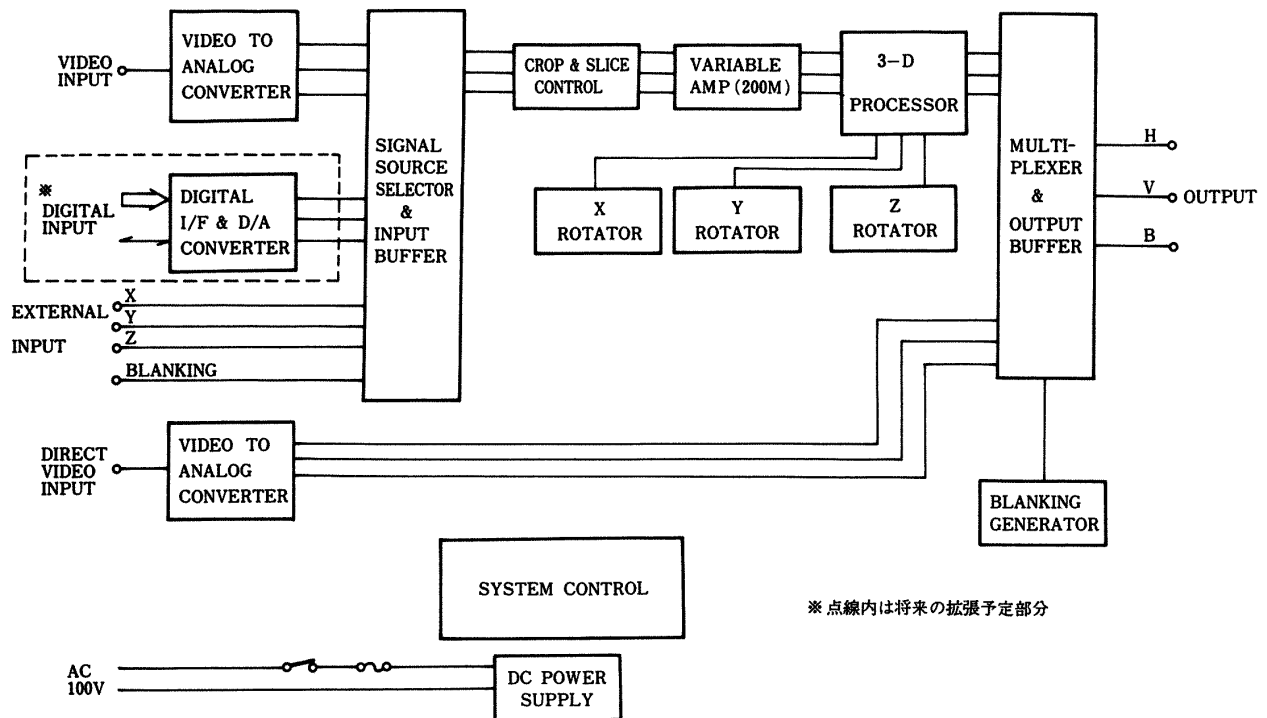


図 3.7.4 三次元画像処理システムブロック図

3.7.5に示す。装置の外形寸法はW483×H177×D463mm, 重さは約15kgであり, 電源AC100±10V, 環境温度0℃～45℃で使用する。主要な機能は次の通りである。

(a) 入力

(i) コンポジットビデオ信号入力

サーモカメラシステムで得られた温度画像である白黒ビデオ信号を入力する端子である。

(ii) 外部入力

X, Y, Zの三次元画像信号を直接入力する端子である。

(iii) 直接ビデオ信号入力

文字情報など三次元処理を行わずに表示したい信号を入力する端子である。

(b) 出力

(i) モニター出力

X-Yモニター用の出力端子で, X, Y及びブランキング信号が出力される。信号レベルは, ±10V/F. S. で画像は通常のオシロスコープで観察する事が出来る。

(c) 三次元機能

(i) クロップ



図 3.7.5 三次元画像処理装置 (SK-1610) の概観

X-Y面上の任意の長方形部分のみを表示する機能である。

(ii) スライシング

任意の温度レベル以上又は以下の部分のみを表示する機能である。

(iii) ズーム

クロップ又はスライシングによって切り取られた部分を拡大して表示するもので, これにより任意の部分の任意の温度の場所のみを詳細に観察する事が出来る。

(iv) 回転

ポテンショメータにより各軸ごとに 0° ~ 360° まで画像を任意に回転させる機能である。これにより最も観察に適した視点から温度画像を見る事が出来る。

(v) トランスレーション

X-Yモニター上で画像を上下左右に移動する機能である。

(vi) パースペクティブ

画像に遠近感を持たせるため視点より遠いものを小さく表示する機能である。

(d) その他

(i) 入力セクター

入力信号としてコンポジットビデオ信号と外部信号を選択するもので、各軸ごとに0~1倍のバッファアンプがついているため、各軸の増巾度を個別に設定する事が出来る。

(ii) 出力マルチプレクサ

三次元処理された信号と、直接ビデオ信号とを重複させて出力するもので、三次元画像上に文字等を重ねて表示するためのものである。

3.7.3 赤外線透過窓

既に3.6節で述べたように被測定面上を流体が流れる場合、流れを妨げないで赤外線を観測する窓を設けねばならない。作動流体が空気で大気圧条件とそれほど変わらない場合は適当な枠にマイラー紙のフィルム(サランラップ、ポリエステル)を流路の形状に合わせて、しわのないように張りつけばよい。一方高温翼列実験のように流路内の作動ガスが高温・高圧の場合は適切な窓材を保持する観測窓が必要となる。一般にこの観測窓は流路壁面から流体流れと反対方向(外側)へ円筒状に突起させて、その先

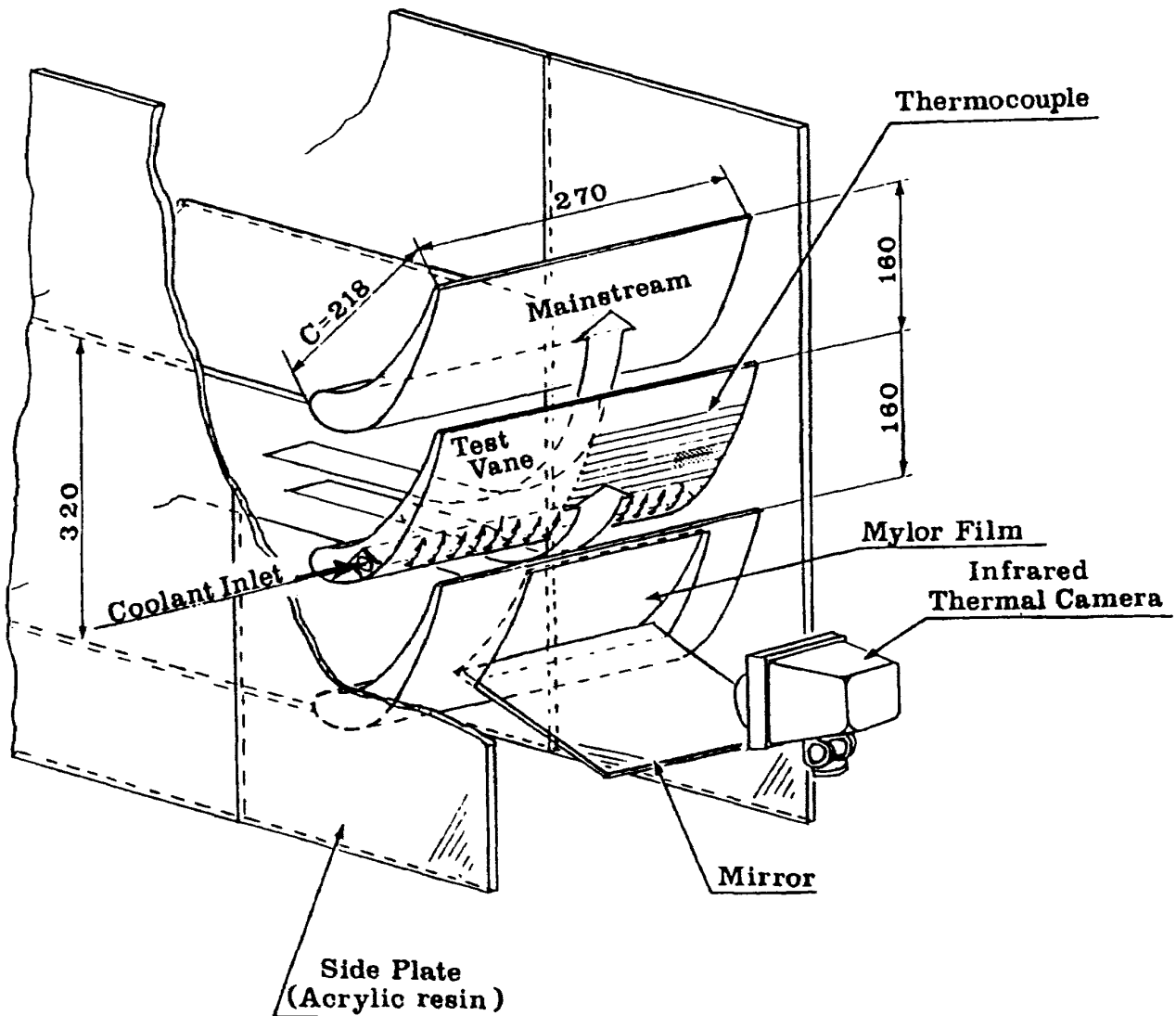


図 3.7.6 低速風洞の翼列試験における赤外線温度分布の計測状況

端付近に窓材を設置する構造をとる。そして作動流体の圧力・温度に対処した耐圧・耐熱（冷却）の方法が考慮される。

図 3.7.6 は低速翼列風洞において供試冷却翼模型背側のフィルム冷却孔列近傍を赤外線窓、反射鏡を介して観測している状況を示す。⁵⁾

図 3.7.7 は高温高圧翼列試験用に設計した赤外線透過窓の構造を示す。この試験では最高圧力 10 ata、翼列部の燃焼ガス最高温度は部分的に 1200℃ に達する場合があるので、図のように透過窓を二重構造にした。被測定体の供試タービン冷却翼は図の左方に設置されている（文献 6）参照）。使用窓材は透明なフッ化カルシウム（39φ、10mm 厚）である。この透過窓には作動流体の圧力より少し高いか同等の圧力の圧縮空気か又は窒素ガスを図中下方の 2 本の管から供給している。従って左側の供試体に近い方の窓材では左右の圧力差が小さい。しかし温度の

方は右側の窓材に比べて高い負荷に耐えなければならない。ただしパーズ・冷却用のガス、及びケーシング冷却用空気が窓材に直接高温ガスがふれるのを防いでいる。他方カメラに近い方の右側の窓材は、供給ガスの圧力と大気圧の差圧分に耐えねばならないが、温度はあまり高くない。この設計では中の窓材を冷却するために円周状に配置した冷却孔から冷却材を窓材に吹きつける構造にしたが、実際に使用してみると局所的に窓材の温度不均一を生じ、表面の汚れ（水分の凝縮と微小ダストの付着）をきたした。これは観測不能となるので、試みにこの窓材をはずして実験したところ、結果は良好であった。ただし冷却材のパーズを忘れるとただちに凝縮が始まり、作動圧・温度が高い場合は破損する。破損の様相は結晶のへき開面に亀裂が生じ、進展して次第に細片になって行くが、砕けて飛び散ることはない。この経験により高温高圧ガス用観測窓の構造として

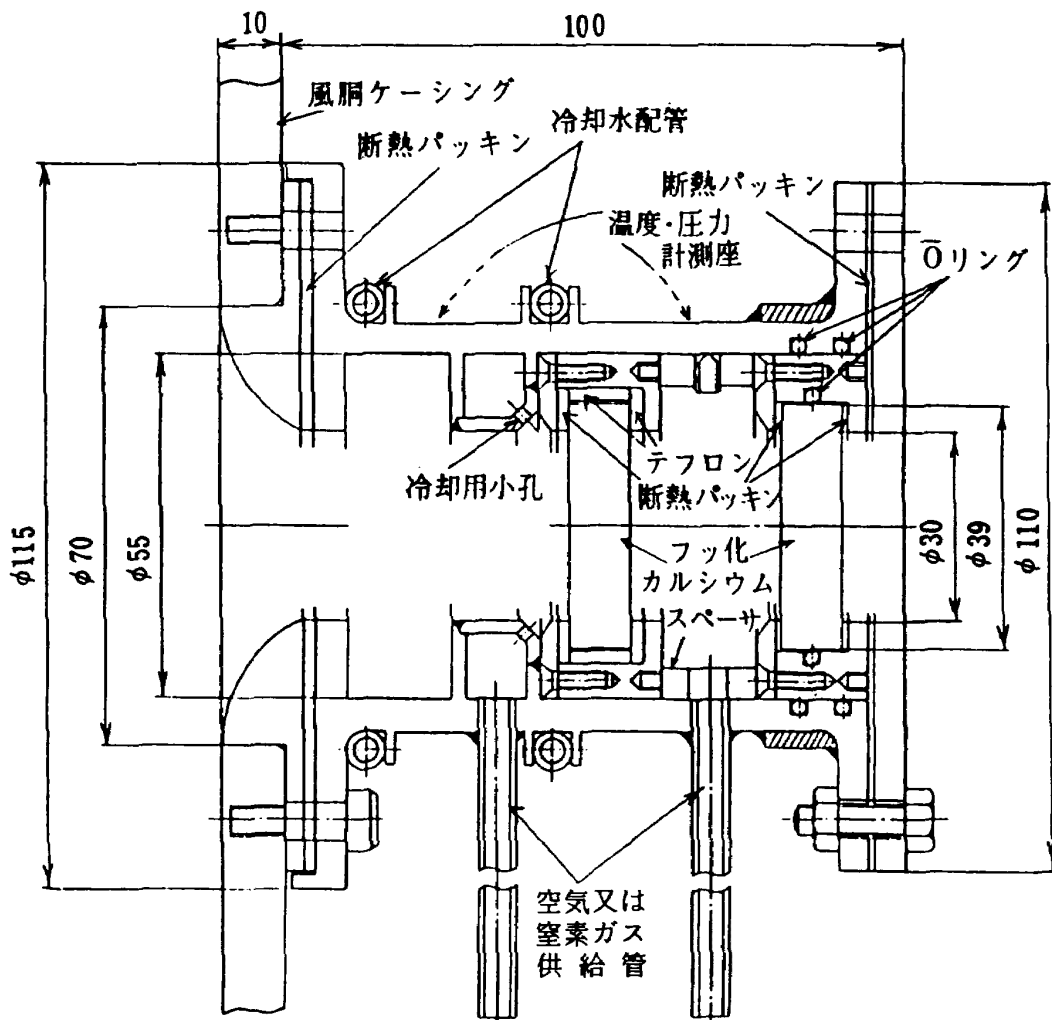


図 3.7.7 高温高圧流路用赤外線透過窓の構造

は、(イ) 作動ガス流路から十分離れたところまで筒状の光路を確保する。(ロ) この筒、窓材の冷却を十分行う。(ハ) 窓材は耐圧・耐熱性を考慮した寸法で1枚のみとし、筒の最先端部に設置する。(ニ) 窓材を強固に止める構造は避け、Oリング、パッキン等を用いて耐圧とシールを図る、などを考慮すべきであると思われる。なお反射の影響を避けるため透過窓内面にはすべて黒色コーティングを施すべきである。

3.7.4 位置基準体・反射鏡

(1) 位置基準体

赤外線温度計により熱像図を得て、温度分布を考察する際に常に必要なのは被測定体の物理形状に対応させることである。これには熱像図の中に位置を断定できる参照点のあることが望ましい。この目的のためにはたとえばアルミ箔の小片を被測定面の適当な位置に貼付けるとか、反射性の強いペイントを塗布する方法が簡便である。もともと被測定面の反射率が大きく、黒色コーティングする場合は、コーティングしない部分を残し、その役目をさせればよい。被測定面の温度が高くなりかつ温度条件の種類が多い場合には、カートリッジヒータ、ランプ、ワイヤヒータ等を用い、ヒータ温度を調整して最適表示をねらう方法がある。ただしこの場合は肝腎の被測定面に温度場のかく乱を与えないよう位置と大きさ、温度調整、熱移動防止対策に十分留意しなければならない。

高温高圧翼列試験では被測定体のタービン冷却翼が小さく(翼弦長、翼高さともに約30mm)、温度がかなり高くなる(最高800℃)ので参照位置を直接設けることが難しい。そこで基準位置判定用のヒータ付ポジションマーカを別に作って、作動ガスを流さない時、供試翼列のすぐ後流に取付け、ヒータを加熱して、カメラの最適位置、視野の決定を行った。図3.7.8にポジションマーカの概略寸法、構造を示し、図3.7.9に概観を示す。本体は銅ブロックで、シース付ヒータを埋込んである。前面にはステンレス薄板製の十文字状標識を取付けた。ブロックと標識の温度差・ふく射率差があるため、画像でははっきりとした標識の形状が識別される。

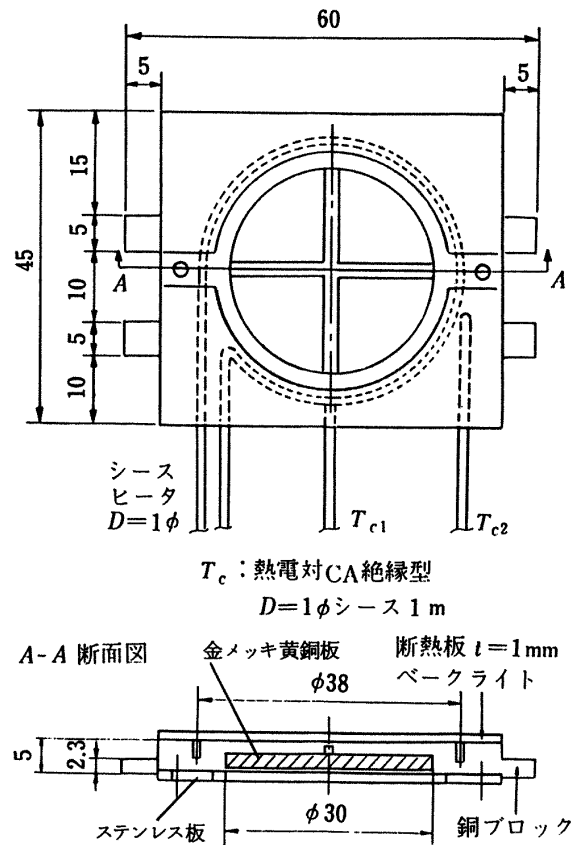


図 3.7.8 ポジションマーカの概要

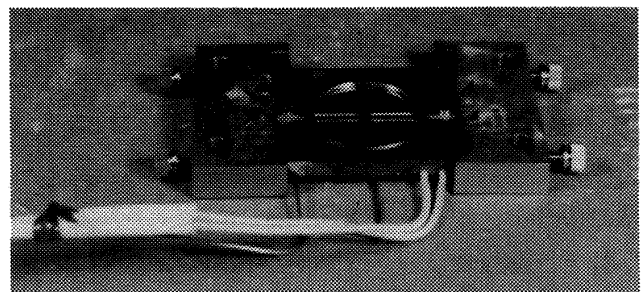


図 3.7.9 ポジションマーカの概観

(2) 反射鏡

被測定面を設定可能なカメラ位置から直接観測できない場合とか、直接カメラを設置することがカメラにとって危険な場合(使用者は一たん設定すれば現場にいる必要がない)は、反射鏡を光路の途中に置いて観測することになる。この反射鏡は赤外エネルギーの反射率が大きく、かつ平坦度のよいものであれば何でもよい。珪素系の一般用ガラスを用いた鏡はガラス内で往復する赤外エネルギーが大部分吸収されるので、使用には適さない。一般用ガラス板金属板表面に金、クロム等を蒸着又はメッキをしたものが使われる。図3.7.10は高温高圧翼列試験に使用した金メッキ製の反射鏡の概観を示す。大きさ

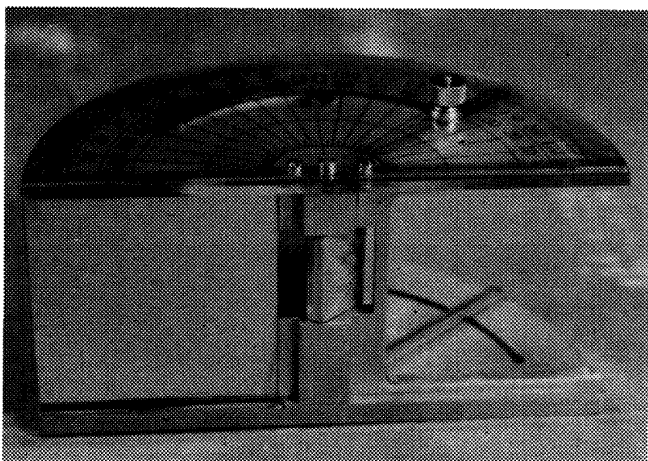


図 3.7.10 金メッキ反射鏡の概観

は 50 × 50 mm であり，角度が 130° の範囲で任意に設定できる。この反射鏡を Model 510 を用いて検定した結果は RANGE (II) (表 3.3.2 参照) 50, 100, 200, 500, LEVEL 28°C, 黒体炉温度 78 ~ 534°C の範囲において，反射率 98.5 ± 0.5% を得た。表面のクリーニングはアルコール(エチルー，イソプロピルー)を軟らかい布に侵して，軽くふきとるとよい。

4. 定常赤外線温度計測装置 (CT-4B)

4.1 概 要

モデル CT-4B についてはすでに主な仕様を第 2 章の図 2.1, 図 2.2, 表 2.1 a, 図 2.3 b に示し，総合データ処理装置へ入力するためのインタフェースを 3.2.17 節に，画像の大きさを 3.4.3 節，検知特性を 3.5.3 節，防塵フィルタの透過特性を 3.6 節にそれぞれ述べた。

装置の特徴は 5 秒で 1 回の熱像図が得られ，その画素数が多いこととカメラヘッドが大きく重いことである。従って比較的大きい被測定面の定常温度分布を細かく測定するのに適している。以下にまだふれていない装置の仕様と操作方法を述べる。

4.2 仕様と操作方法

図 4.2.1 に装置の概要を示す。図(a)は撮像部(カメラ)で専用の三脚に取付けて，測定位置に設置する。図(b)は信号処理を行う表示部で，これも専用の架台上に置いて，操作に容易な場所に設置する(図 2.2 参照)。カメラと表示部を結ぶケーブルは 10

m 延長ケーブルを接続して 20m のどちらかとする。

準備・始動の手順は次の通りである。

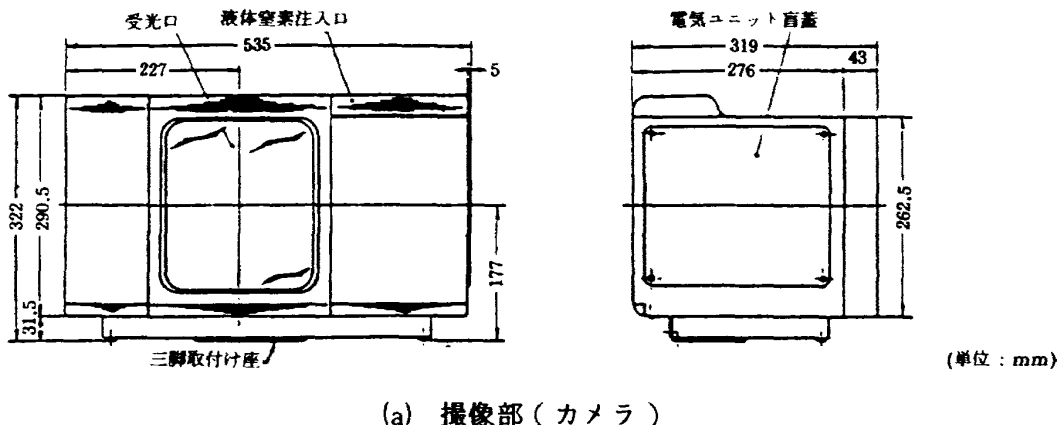
- イ 電源スイッチが OFF になっているか確認
- ロ カメラ及び表示部を測定場所に設置
- ハ 信号ケーブル，電源ケーブルを接続
- ニ 撮影フードを表示部前面に取付ける
- ホ ポラロイドカメラ又は 35m/m カメラを撮影フードに取付ける
- ヘ 液体窒素容器(デュワー)内部を綿棒で清掃
- ト 液体窒素を充てん
- チ 電源投入(表示部前面の POWER ON)

(ロ) から (ヘ) までは順序を問わない。液体窒素を充てんする際は，はじめ少しずつ入れ，沸騰が治まるのを待って注入を続ける。充てんしてからしばらく(約 5 分)は電源を入れない。液体窒素は一回の充てんで約 4 時間半持続するが途中で補てんしてもよい。電源投入後安定な作動となるまでには約 20 分を要する。

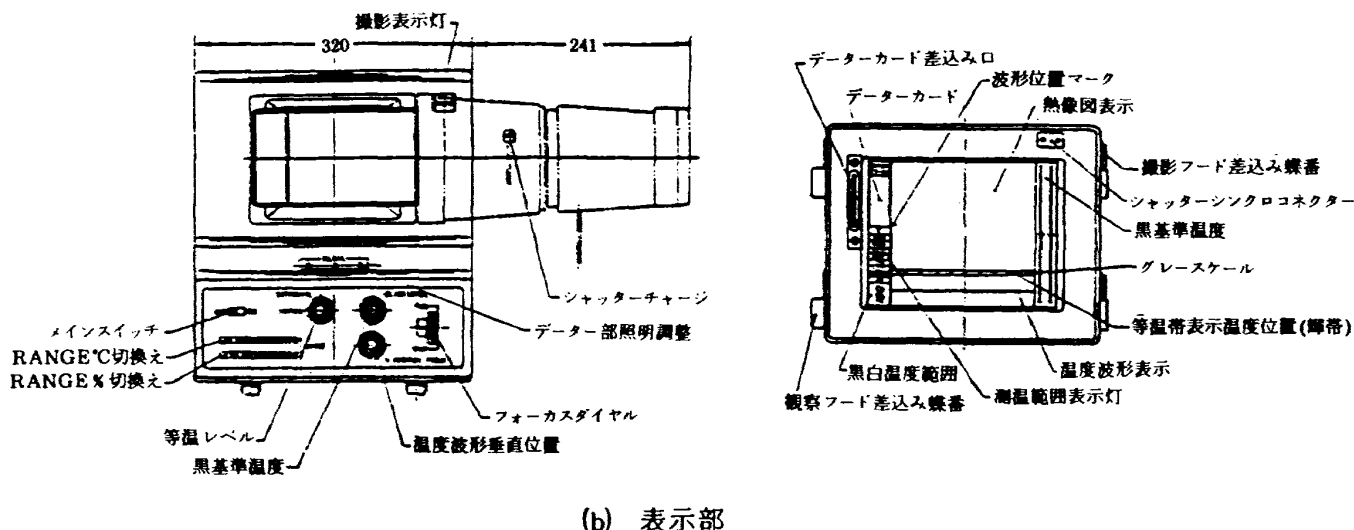
表示部 CRT の熱像図等を写真撮影するのは，すでに述べたデータ処理システムに CT-4B を接続してデータ処理を行うことができない時必要となる。付属品のポラロイドカメラ又は 35m/m カメラを専用のアダプタを用いて取付け，さらにフード内にあるシャッターシンクロコネクタを表示部に接続する(図 4.2.1 (b) 参照)。カメラの撮影条件は次の通りである。

- イ ポラロイドカメラ
フィルム：ランドパックタイプ 107 (B/W)
シャッター：B (バルブ)，絞り 11 - 16 中間
- ロ 35m/m カメラ
レンズ：FL 50mmF/1.8 又は FD 50mmF/1.8，
距離は "∞" とする。
フィルム：ASA 100 35m/m フィルム (B/W)
シャッター：B (バルブ)，絞り 5.6

撮影する時は，撮影フードを閉じ，シャッターチャージレバーを押し下げ，シャッターを押す。押し続ける時間は約 5 秒間(表示部前面右上の "PHOTO" ランプが消えるまで)であるのでリリースロックつまみを使用すると便利である。なお上記の撮影条件



(a) 撮像部 (カメラ)



(b) 表示部

図 4.2.1 高解像度型赤外線カメラ CT-4B の概要

は標準的なものであり、濃淡図、温度波形、データ部照明それぞれの明るさ等に過不足のある場合は表示部前面中央の ILLUM、調整ネジ（左端：データカード、RANGE °C、RANGE %、右端：BLACK LEVEL 表示目盛、中央：温度波形図目盛）と表示部右側面のフタの内部にある PICT・BIAS ツマミ CRO・BIAS ツマミ等を調整する。

カメラ系のウォームアップが済んだら実験計測に入るための操作を行うことになるが、操作に必要な表示部のスイッチ・ダイヤル等は次の通りである。

- イ FOCUS : 12 cm ~ ∞
- ロ RANGE °C : 1 ; - 20 ~ 40, 2 ; 30 ~ 120, 3 ; 100 ~ 250, 4 ; 200 ~ 400, 5 ; 400 ~ 850, 6 ; 800 ~ 1850
- ハ RANGE % : 2, 5, 10, 20, 50, 100

- ニ DISPLAY MODE : NORMAL (濃淡図), SINGLE-ISO (1本の等温線), VARIABLE (SINGLE-ISOの温度帯選択), MULTI-ISO (多段の等温帯表示)
- ホ STEP : 5-STEP, 10-STEP (5, 10段階等温表示)
- ヘ BLACK LEVEL : 表示の下限温度選定
- ト V. POSITION : 一水平方向温度表示に対応する位置選定ツマミ
- チ EMISSIVITY : ふく射率設定ツマミ 0.1 ~ 1
- リ 倍率ツマミ : X1, X3 (X3はX1画像の一部を電気信号で3倍に拡大した画像)
- ヌ 走査時間 : 1秒, 5秒

はじめにカメラと被測定面との距離に合わせてフォ

ーカスダイヤルを設定する。次に被測定面の温度範囲に応じてBLACK LEVELとRANGE °C, RANGE %を設定する。例えばLEVELを20°CとしRANGE °C : 1, RANGE % : 10とすれば表示される温度範囲は20°Cから26°Cまでである($26 = 20 + (40 - (-20)) \times 0.1$)。被測定面のふく射率が既知である場合はその値を事前に設定すべきであるが、黒色コーティングを施してある場合とかふく射率が未知の場合(参照温度を基に後で補正可能)は1としておく。このようにして熱像図が表示されたら、適切な視野、焦点距離、温度範囲となるようさらに調整すべきである。視野と焦点距離に関しては熱像図の鮮明さと水平温度分布波形(V. POSITIONにて温度変化の大きい位置を選択する)のシャープな度合を見て最もよいところを見出す。走査時間を1秒にセットすると画像は1/5の粗さで5倍早く変化するので焦点合せの目的に使用することができる。

データ処理システムを使用しない場合は、画像表示のモードではMULTI-ISO(5又は10段階の等温線表示とNORMAL画像の重ね合わせ)が最も解析に適しているが、データ処理システムを使用する場合はNORMALとし、後の様々なデータ処理に供すればよい。

CT-4B系の電源切断について特に留意することではなく、単にPOWERスイッチをOFFにすればよい。

5. 定常一点計測用温度計

5.1 Optitherm 12-8722

高温型の一点計測用赤外線温度計Optitherm 12-8722の主な仕様は表2.1(a)に示した通りである。

被測定面のふく射率が1のとき250~1200°Cの範囲を測定でき、その値は表示部前面にデジタルで1°C単位まで表示され、同時に裏面では0~10Vのアナログ電圧信号が出ている。図5.1.1にカメラと表示部の概観を示し、図5.1.2に光学系の構成を示す。

カメラは一般写真用三脚に取付けられ、接眼部から被測定面の位置、焦点を確認できる。焦点合せは、レンズ部をゆっくり前後に摺動して行き、合ったところを止めネジでロックする。レンズ部には副尺付きのスケールをつけて焦点距離の記録、再現性の容易さを図っている。

表示部のスイッチ類は、POWER(ON, OFF), EMISSIVITY(0.2~1), RANGE(250~600°C, 500~1200°C)である。

始動に際してはカメラを常温物体に向け、EMI-SSIVITYを1にしてからPOWERをONにする。安定な作動は約10分後に得られる。このときデジタルパネルメータは0と表示される。この後カメラ



図 5.1.1 Optitherm 12-8722 の概観

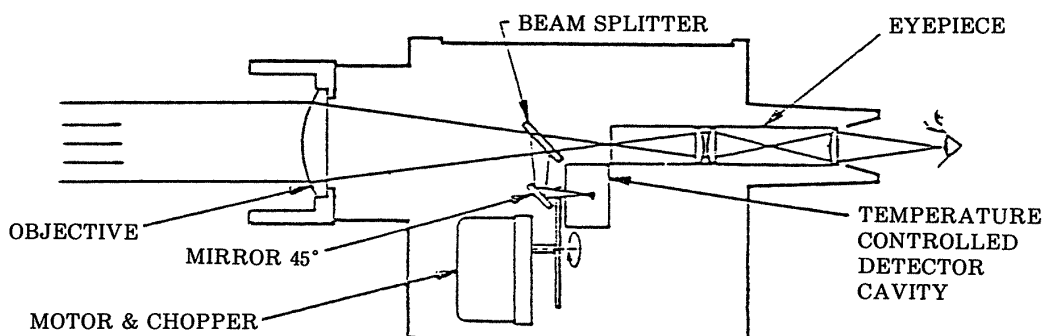


図 5.1.2 Optitherm 12-8722 の光学系構造

を測定物に向けて、焦点合せを行う。温度範囲、EMISSIVITYを対象の状況に応じて設定すれば、計測状態となる。

オーバースケールを長時間又は度々起すと検出器を劣化させるので注意を要する。またカメラは環境温度40℃まで耐えられるが、その近傍からさらに超えると予想される場合はファン、湿った布等を用いるなどして何らかの防熱対策をとらねばならない。

5.2 Mark I

この一点計測用赤外線温度計は製品としては比較的低温領域(65～300℃)を測定できるもので前節のOptithermと比べると視野角がほぼ同じであるから、温度範囲の分担が異なるものと考えてよい。しかし別の特長は、視野角が標準(0.6°)の約1/3に小さくなるアタッチメント(3ミリラジアン)をオプションとして有していることである。主な仕様は表2.1(a)に示してあるがこの微小アタッチメントを付けた場合の測定可能な温度範囲と分解能はまだ検定されていない。

図5.2.1にカメラと表示部の概観を示し、図5.2.2に光学系の構成を示す。

カメラは前節と同様一般写真用三脚に取付けられ、

接眼部から被測定面の位置、焦点を確認できる。焦点合せは、レンズ部をゆっくり左右に回して行う。

表示部のスイッチメータ類は、スケールセクター(OFF, A, B, C, D, CAL)とふく射率(0.1～1)であり、メータは針の指示によるアナログメータでスケールA, B, C, Dそれぞれ温度目盛がある。表示部裏面にはそれぞれのスケールで0～100mVのアナログ電圧信号が出ている。測定温度範囲はおよそ次の通りである。A：190～300℃、B：140～220℃、C：100～160℃、D：65～115℃。

始動に際してはカメラを常温物体に向け、EMI-SSIVITY 1にしスケールスイッチをAにする。安

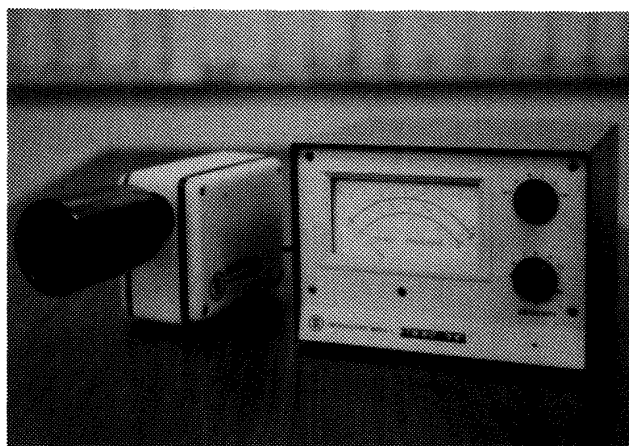


図 5.2.1 Mark I の概観

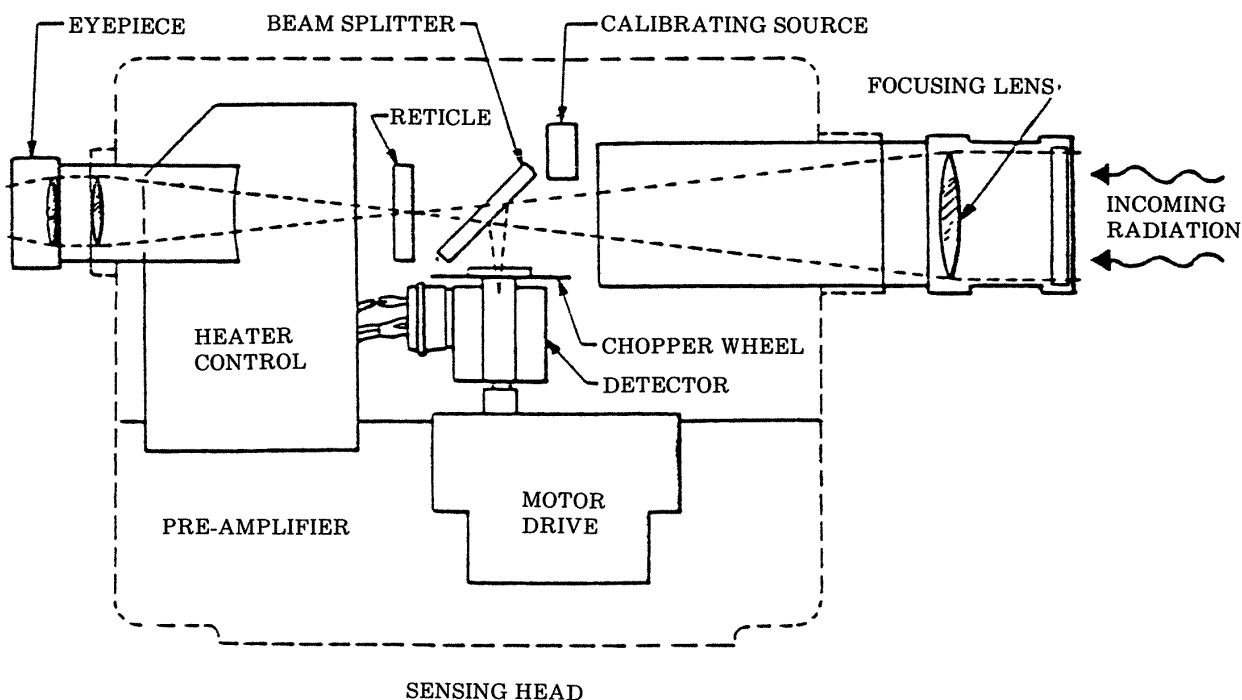


図 5.2.2 Mark I の光学系構造

定な作動は約 15 分後に得られる。その後スケールスイッチを CAL にして、メーターの針が目盛板の CAL の範囲に入っていれば作動可能となる。この後カメラを測定物に向けて焦点合せを行う。対象の状況に応じて温度範囲、ふく射率を設定して計測状態となる。

オーバースケール、カメラユニットの防熱についての注意は前節と同様である。

6. 黒体炉

6.1 概要

赤外線温度計による温度測定は、その絶対値算定に様々な困難（ふく射率・透過率の把握、反射の影響の考察）があるので測定の信頼度を高めるためには、できるだけ観測場のふく射率を 1 に近づけねばならないが、一方カメラ系の校正を既知の基準黒体温度源により行うことも不可欠である。以下に我々の使用している基準黒体温度源 3 種についてその概要を述べるが、主な仕様については既に表 2.1 (b) に示してある。

6.2 BB 1500

この黒体炉は設定温度範囲が室温から 1200℃ 弱まで、観測可能なアパーチャーのサイズが 25mmφ であり、取扱いが容易なので 3 種類のうち最も使用に便利である。構成は炉本体とコントロール表示ユニット（表示部）とからなる。図 6.2.1 に装置の概観を示す。表示部の前面パネルにはデジタル表示（1℃ 単位まで）、POWER スイッチ、温度設定ダ

イヤル（0～1000）、ヒーター表示ランプとがあり、裏面にはアナログ電圧の出力コネクタが 2 種類と温度設定を周期的に行うため（0～+15V の範囲で Volt vs Time の指令を外部より与える、通常は OFF）の端子がある。アナログ電圧の出力コネクタの一方は Monitor（高インピーダンス用）で電圧計に接続する。他方は低インピーダンス用で、その出力を 0.25mV で割った値が℃となるよう調整されている。

操作は単に POWER スイッチを ON にし、温度設定ダイヤルを所期の値にもって行けばよい。ダイヤルは 1 回転で約 120℃ であるが急激な温度上昇率とならないよう注意しなければならない。約 30℃/min 以下が適切である。また温度を下げる時も急激な下向を避けるため 200℃ までは約 50℃/min 以下の下降率となるようにする。その後は POWER OFF にしてもよい。表 6.2.1 はより精密な黒体炉と $P_t - P_t \cdot R_h$ 熱電対を用いてこの黒体炉を校正した結果を示す。

温度設定後表示部前面の右側のランプが明るい時は加熱温度上昇中を示し、暗くなった時安定状態となっている。ただし 1000℃ 以上の場合にはランプが明るい状態のまま安定する。いずれにしても表示されている温度を見れば安定状態は確認できる。

炉本体は加熱の度合に応じて熱くなるので、置場所と周囲環境に注意しなければならない。対策とし

表 6.2.1 黒体炉 BB1500 の特性

基本ダイヤル 設定値	指 示 値	較 正 値
	℃	℃
50	62	61.5
100	122	122.0
200	243	244.1
300	363	364.6
400	482	485.6
500	604	607.9
600	723	728.1
700	842	848.0
800	963	969.4
900	1079	1086.4
1000	1192	1199.9

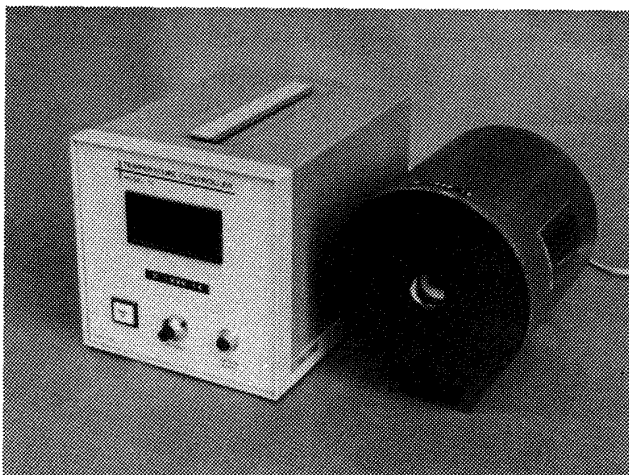


図 6.2.1 黒体炉 BB1500 の概観

て、炉本体を熱伝導率が大きく、放熱面積、熱容量が大きい台上に置くとか、ファン等による強制冷却を図ることがよい。ただしアパーチャー近傍への影響がないよう配慮すること、過度な冷却は温度の安定時間を長くしかつ上限温度の低下をもたらすことに留意すべきである。

6.3 6T31

この黒体炉は設定温度範囲が室温から 300℃まで、アパーチャーのサイズが 12mmφである。従って前節の BB1500 と比べ使用することは少ないが、二次元走査型赤外線温度計を校正する時、BB1500 と二つを使って 6T31 の方を下限温度 (LEVEL) の設定に使用すると校正が早くかつ同時に LEVEL と任意温度の測定ができるので大変有用である。構成は前節と同様、炉本体と表示部とからなる。装置の概観を図 6.3.1 に示す。表示部の前面パネルには、POWER スイッチ、二つの温度設定ダイヤル (SET, DETECT)、及びゼロバランスを見るアナログメータがある。温度設定ダイヤルは 0～1000 目盛となっている。

操作は POWER スイッチを ON にし、SET ダイヤルを所定の値にセットし、メータの針の動きを見ながら DETECT ダイヤルを回してメータの針がゼロ位置となるところを見出す。この時の温度は、DETECT ダイヤル値と温度の関係を表わす特性表 (グラフ) から読みとる。表 6.3.1 は 6T31 の特性表である。



図 6.3.1 黒体炉 6T31 の概観

表 6.3.1 黒体炉 6T31 の特性

温度 ℃	目 盛	温度 ℃	目 盛
40	1.0	180	165.8
50	13.2	190	176.9
60	25.2	200	188.1
70	37.3	210	199.1
80	49.3	220	210.4
90	61.0	230	221.6
100	72.8	240	233.1
110	84.6	250	243.9
120	96.3	260	254.8
130	107.9	270	265.7
140	119.6	280	276.5
150	131.4	290	287.4
160	142.9	300	298.3
170	154.4		

前節と同様過度な温度上昇率を避けるため SET ダイヤルの設定は高い値の場合、段階的に行うべきである。温度上昇、安定の度合はアナログメータの針の動きによって確認できる。

炉本体の温度上昇についての注意は前節と同様であるが、設定上限温度が 300℃で比較的低いので、比較的軽微な対策でよい。

6.4 BS450

これは我々が設計した基準黒体温度源で特長は検定可能な面積が大きいことである (黒体面の幾何学的大きさ 120 × 120mm, 有効面 80 × 80mm)。設定温度範囲は室温から 450℃までである。この黒体面は特にカメラと被測定面の距離が遠い場合 (~20m) にその観測場で校正を行う時有用である。

主要部の概観を図 6.4.1 (a) に示し、温度分布測定結果の一例を図 6.4.1 (b) に示す。主な構造は次の通りである。すなわち発熱体は銅のブロック (120 × 120 × 35mm) に 6 本のカートリッジヒータ (120V, 250W, 10φ × 120mm) を挿入したものであり、周囲の保温、保持枠はアスベストランバー製である。測定表面は平坦な面に黒色塗料 (住友, 3M Nextel Velvet Coating) をスプレーしてある。銅ブロックの表面近くには 5 本のシース付 CA 熱電対を中心と 80φ円周上 4 点に埋込んであり、温度分布と絶対

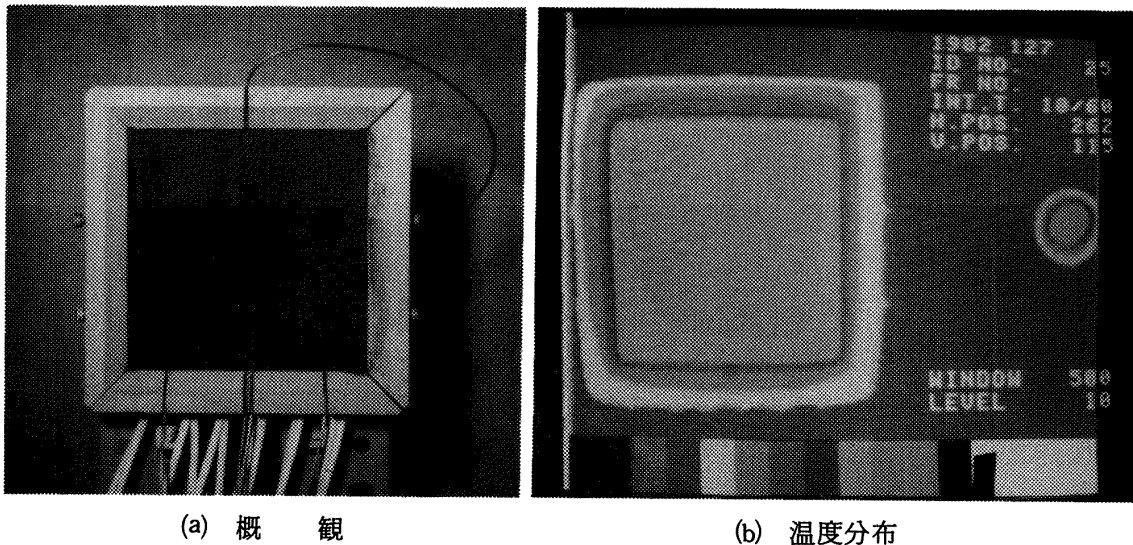


図 6.4.1 基準黒体温度源 BS 450 の概要

値の監視・測定ができる。図(b)はモデル 510 を用いて測定した結果で、ブロックの温度は 290°C 、5 点間の偏差値は $1 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ であった。ヒータ電圧は 3 系統（中心部 1 本，両端部 2 本，中間部 2 本）に分け，スライダックで調整して画像を見ながら温度分布が均一になるようにしている。図(b)中右方の小さい円状の温度分布は，大きさ，分布等を比較するために BB 1500 を横に置いて測定しているためである。

この基準温度源で較正した赤外線カメラ系の特性は，同じ黒色塗装を施した試験体の測定にはふく射率の値を気にする必要なくそのまま適用できる利点がある。

7. ま と め

原動機部・熱伝達研究室・タービン研究室で使用している各種赤外線温度計とデータ処理装置，周辺機器等の特徴と仕様の詳細，主な操作要領をまとめた。データ処理のソフトウェアについては量が多いので別途詳細にまとめることとしている。これらの技術資料により，試験体の特徴に応じて適切な機種を選び円滑な実験計測を図ること，又実験を計画する際の参考となることを期待している。

ここに述べた装置はいずれも取扱説明書等詳細な資料があるので実際に使用して何か不明なところが生じた場合はそれらを参照することができる。

8. あとがき

本資料に記載した装置は，大部分通商産業省工業技術院の大型工業技術研究開発制度（大プロ）と大型省エネルギー技術研究開発制度（ムーンライト）のいずれかの支援を得て計画・導入できたものである。ここに記し，関係の各位に深甚の謝意を表する。

また装置の計画・導入・製作等に際しては，日本バーンズ（株），日本インダストリアル（株），アドバンスシステムズ（株），キャノン（株），ソニー（株），日本アビオニクス（株），三恵エンジニアリング（株），鈴木精器工業所（株）の方々の御尽力を得た。ここに感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 吉田豊明；赤外線温度計測装置(II) ソフトウェア，航技研資料 TM- 提出予定，(1982)。
- 2) 吉田豊明；赤外線温度計による温度計測，日本機械学会，第 543 回講習会教材（昭和 57 年 7 月），pp. 107-126。
- 3) M.A.Bramson；Infrared Radiation(1968)，Plenum Press。
- 4) W.L.Wolfe & G.J.Zissis；The Infrared Handbook(1978)，Environmental Research Institute of Michigan。

- 5) 坂田公夫, 進藤重美, 後藤哲哉; 曲面上のフィルム冷却に関する実験(第3報), 第10回ガスタービン定期講演会・講演論文集(昭和57年6月), pp. 133-138.
- 6) 坂田公夫ほか; タービン翼冷却試験用高温高圧翼列風洞(I)計画・設計製作, 航技研資料TM-488, (1982).

航空宇宙技術研究所資料 514号

昭和58年6月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町1880
電話武蔵野三鷹(0422)47-5911(大代表)〒182
印刷所 株式会社三興印刷
東京都新宿区信濃町12三河ビル
