

# 気球搭載用低速走査テレビカメラの特性

吉田安徳・佐下橋市太郎・丹羽 登

A Performance Test of Balloon-Borne Slow-Scan Television Camera

By

Yasunori YOSHIDA, Ichitaro SAGEHASHI and Noboru NIWA

**Abstract:** A narrow band and slow-scan television camera (STV Camera) with electronic shutter function for space use was developed, and it has been used successfully as a finder system for a balloon-borne solar telescope. We have developed a new model slow-scan television camera for balloon observation (BSTV Camera). Design of the new model with larger pick-up tube has been improved according to the experiences of several balloon flights. Its features are 1) storage type pick-up tube (image memory tube) 2) electronic shutter function 3) narrow band (100 kHz) 4) 580 horizontal scan lines 5) slow-scanning (2.1 seconds frame time) etc. We have tested the performance of the BSTV Camera and it proved that the camera has good performance for our balloon observation.

## 概 要

宇宙観測用の電子シャッター機能を有する狭帯域・低速走査テレビカメラ (STVカメラ)を開発し、気球搭載太陽望遠鏡のファインダー装置として利用し、好結果を得てきた。STVカメラの数度にわたる気球搭載実験に基き、大形の撮像管を使用した気球搭載用の低速走査テレビカメラ (BSTVカメラ)を開発した。その主要性能は1) 撮像蓄積管使用 2) 電子シャッター方式採用 3) 狭帯域 (100 kHz) 4) 水平走査線 580本 5) 低速走査 (1フレーム 2.1秒) などである。筆者らは、これらの機能および特性について測定した。測定結果から、BSTVカメラは、気球観測用として十分な特性を有することが確認された。

## 1. 序

筆者らは、宇宙観測用の狭帯域テレビカメラを開発・試作・実験を行ってきた。当初はロケット搭載を想定して、電子シャッターとぶれ補正回路 (ロケットのスピンのブレを補正し、静止画像を得る) を有するTVカメラ [1~4] を試作し、室内実験を行った。次いで、実用に耐え得る宇宙観測用TVカメラ (以下STVカメラ) を作成し、ロケット搭載の予備実験として、気球搭載実験を行った。

STV カメラの性能テストは1969年、1970年に行い [5~10]、1971年以降は、東京天文台太陽物理部からの要請に基づき、気球搭載太陽望遠鏡のファインダーとして使用し、実験の都度回収し、8回にわたる気球搭載実験を行ってきた [11, 13~16, 18]。1978年2月に打ち上げられた科学観測衛星 EXOS-A (きょっこう) に搭載された真空紫外オーロラ撮影用のテレビカメラ [17] には、この STV カメラの経験が生かされている。

他方、気球による観測は、1) 自由度のある装置で観測が行える。2) 長時間の観測が行える。3) 経済的である。などの理由から、二次元の情報が得られるテレビカメラに対する要望も強い [15]。東京天文台において直径 30 cm の気球搭載太陽望遠鏡を作成中で、それに合わせて、気球搭載用の低速走査テレビカメラ (以下 BSTV カメラ) を作成したので、その特性を報告する。

## 2. BSTV カメラ主要性能

BSTV カメラは、現在まで使用してきた STV カメラに比較して、機能および性能の向上を主眼にして作成され、伝送系および地上再生装置は従来のものである。ただし、気球搭載用という前提のもとにつくられたので、温度・振動などの環境基準は、ロケット搭載規格に比べ、ゆるやかなものとなっている。BSTV カメラの外観を写真1に示す。

BSTV カメラの主要性能を第1表に示す。使用した撮像蓄積管は、耐震形 2 インチの HTV-N 824 で、光電面は S-20、マルチアルカリ系のものである。映像帯域幅は、STV カメラと同じく 100 kHz、映像信号は白レベルにおいて正の 1V が得られる。

BSTV カメラでは、ラスタ歪を少なくするため、光電面の有効走査部分は  $16 \times 16$  mm である。STV カメラは、1.5 インチの撮像管で、走査面は  $11 \times 11$  mm であったから垂直・水平共に 45% 拡大されたことになり、解像度の点で改善されたことになる。又、太陽望遠鏡のファインダーとして使用する場合にも、視野角が広がったことになり、より有効的である。走査線数、水平周波数、繰返し周期などは、伝送系、地上再生装置との関係から、STV カ

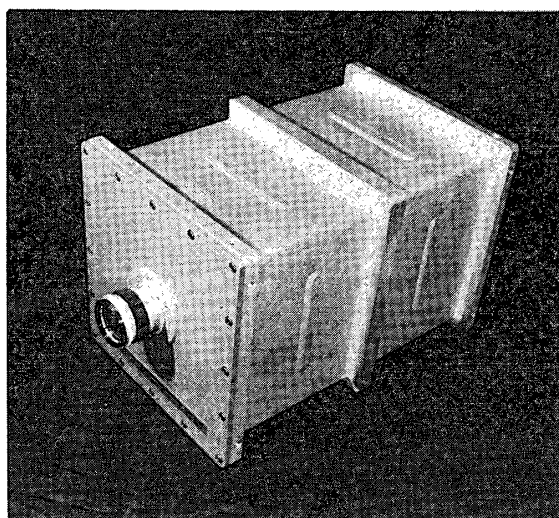


写真1. BSTV カメラの外観

第1表 主要性能

1 映 像 系	a) 使用撮像管	HTV N 824 (2インチ撮像蓄積管) 光電面 S-20 (マルチアルカリ系)
	b) 映像帯域幅	0~100 kHz±1 dB 以内
	c) 同期混合映像出力 (映像 同期)	1.4 V <sub>p-p</sub> , 75 Ω 1 V <sub>p-p</sub> (白正) 0.4 V <sub>p-p</sub> (負極性)
2 偏 向 系	a) 有効光電面面積	16×16 mm
	b) 走査線数	580本 (有効: 568本)
	c) 水平周波数	325.5 Hz (3.04 msec)
	d) 繰返し周期 (消去・準備・記録 読取)	2.09 *sec. 0.31 *sec. 1.78 sec. * (露光時間 60 msec. 以内では上記繰返し 周期であるが, 60 msec. より長い露光 時間では, 2.09 (0.31) + t が 1 周期と なる. (t = 露光時間 - 60 msec.))
3 電 源 系	a) 電源電圧	24 V ± 10%
	b) 消費電力 (平均) (消去 記録 読取)	1.25 A, 30 W 1.08 A, 25.9 W 1.42 A, 34 W 1 A, 24 W
	c) 許容周囲温度	-10~40°C
4 一 般	a) 寸法	260×260×410 mm
	b) 重量	15.5 kg
	c) 許容周囲温度	-10~40°C
	d) 耐衝撃	5 G (放球時の衝撃に耐えること)

メラと同じである。

電源は、現用の送信機に合わせる意味から 24 V を採用したが、撮像管が大きくなったことから、消費電力も 30 W と、STV カメラに比較し、1.5 倍に増加した。又、重量の点においても、STV カメラはロケット搭載を目的としたため、円筒型にし極力軽量化を計ったが、BSTV カメラは、気球搭載用ということから、取り扱いの便利さを考え、直方体としたため、気密構造にする必要から、ケース強度の点で大分重くなり 15.5 kg と約 40% の増加となった。

### 3. シャッター方式

STV カメラ・BSTV カメラ共に純電子的なシャッター方式を採用しているが、BSTV カメラは、以下に述べるような外部トリガーによるシャッター、長時間露光などの機能を有する。第 2 表にシャッター動作の一覧表を示した。

第2表 シャッター動作

	シャッタートリガー方式	露光時間・露光方式
1	オート (内部シーケンス回路による)	1~60 msec. 自動光量調整方式
2	マニュアル (外部トリガーによる)	1~60 msec. 自動光量調整方式
3	オート (内部シーケンス回路による)	1~60 msec. 外部からの 0.1~5 V の電圧に応じた露光時間
4	マニュアル (外部トリガーによる)	1~60 msec. 外部からの 0.1~5 V の電圧に応じた露光時間
5	マニュアル (外部トリガーによる)	60 msec.~30 分, 外部からのリレーマーク接点により, 任意の露光時間

- 1, 3 の内部シーケンスとは, 撮像蓄積管の動作機能により, [消去・準備・記録・読取] の1ピリオドが, シーケンス回路により制御される.
- 2, 4, 5 の動作の場合は, シーケンス動作が, [準備] のモードで停止し, 待ち受け状態になっていて, 外部からのトリガーにより, 記録 (露光) が行われ, 後はシーケンス動作となり, [読取→消去→準備] と働き, 再び待ち受けとなる.

### (1) 自動光量調整

試作機から採用された方式である. 入射光量に応じ, 光電面から蓄積面に向けて放射する光電子流を検出・増幅し, 積分値が一定値に達すると, 機械的シャッターを用いずに, 電子的にシャッターを閉じる方式で, 全面面同時露光が行える. 自動光量調整範囲は1~60 mS. である.

シャッター動作は, 内部シーケンス回路により制御されており, 第1表, 2d) に示したように消去・準備・記録 (露光) ・読取を1ピリオドとして, 繰返し動作が行われる.

### (2) マニュアル露光

(1) において, 光電子流の積分値が一定値に達するとシャッターを閉じる方式を採用していると述べたが, 外部からその光電子流に対応する電圧を積分器に入力すれば, 任意の露光時間が得られる. BSTVカメラでは, 0.1~5 V の電圧を加えることにより, 1~60 mS. の露光時間が得られる.

### (3) 外部トリガーによる露光

内部シーケンス回路を外部から制御し, 準備のモードでシーケンス動作を停止させ, 待ち受け状態にしておく. 任意の時にトリガーをかけることにより, シャッターを開いて露光し, 後はシーケンス動作に従い, 読取・消去・準備を行い, 次のトリガーを待つ.

これにより, 回転体・移動物体などの任意の瞬時の記録, 外部の現象に同期させた記録, 間欠記録など, 応用範囲は広い.

#### (4) 長時間露光

(3)と同様、内部シーケンス回路を外部から制御し、準備のモードで待ち受け状態にすると共に、シャッター回路を外部から制御し、連続的に光電子流が流れるようにすれば、任意の長時間露光が行える。この種の撮像蓄積管を使用した長時間露光として、30分間までの例もある [10]。

BSTVカメラでは実用上便利のように、リレーの接点を閉じている間、露光が行えるようにし、フィルムカメラのバルブ露光と同様な機能を持たせた。これにより、光量の不足する物体の撮像、移動物体の軌跡の撮像、などが行える。

以上述べたように種々のシャッター動作が可能であるが、撮像し、読出された映像信号は、残光性、および非残光性の低速走査モニターに表示されると共に、走査変換装置を介して、標準走査信号に変換され、標準走査モニターへの表示、ビデオテープレコーダーへの記録が行われる。写真としての記録は、非残光低速走査モニター像を、モータードライブカメラを用いて、TVカメラの垂直同期信号に同期させて、バルブ撮影する。これらの系は、STVカメラの地上再生装置を使用しているので詳細は文献 [5~9] を参照されたい。

### 4. BSTVカメラの特性試験

2・3章で述べたような機能、および特徴を持つBSTVカメラの諸特性を測定したので以下に述べる。測定に使用したテストチャートは、透過形・ライトボックス形で、日本電子機械工業会 (EIAJ) の規格 [19] に基く製品である。

BSTVカメラで撮像したテストチャートの一例を写真2に示した。使用したレンズは  $f: 50\text{ mm}$ 、 $F1.2$ を $F4$ に絞り、露光時間は $30\text{ mS}$ .であった。

#### 4-1 自動光量調整特性

自動光量調整特性を第1図に示す。入射光量を変えた場合、露光時間がどのように変わる

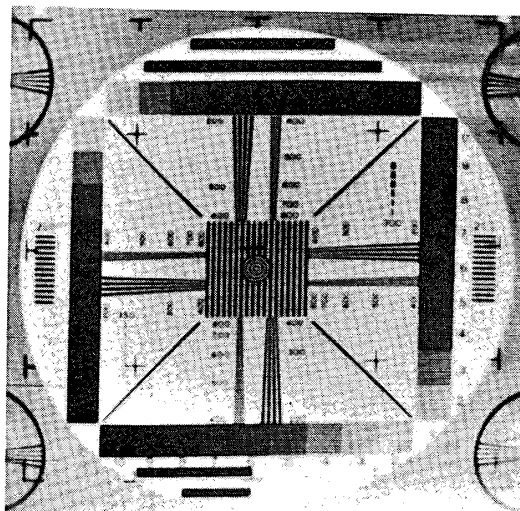
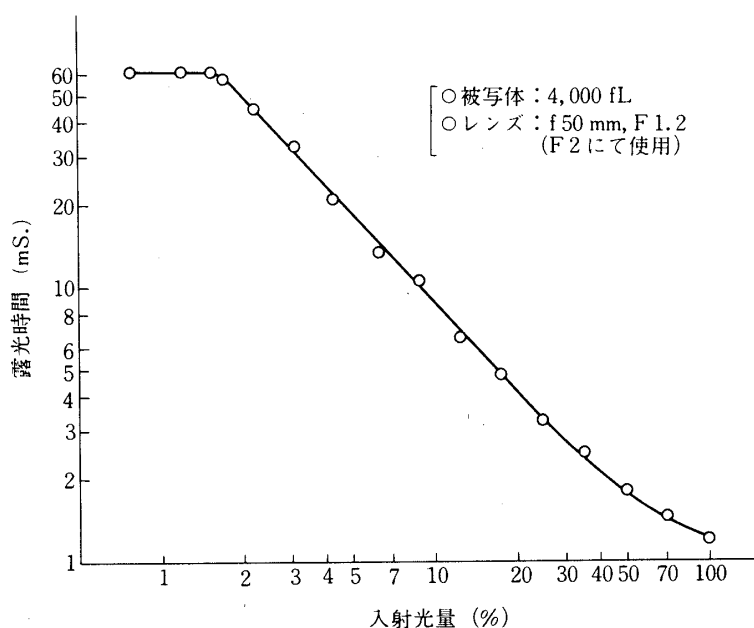


写真2 BSTVカメラの撮像例  
(被写体は、テストチャートA)



第1図 自動光量調整特性

か測定した結果である。被写体は、ライトボックスのスリガラス面を直接撮像したもので、被写体輝度は約4,000 fL、TVカメラのレンズは  $f: 50 \text{ mm}$ 、 $F 1.2$ を  $F 2$ に絞って使用した。図では、 $F 2$ の時の光量を100%として表示し、TVカメラへの入射光の調整はNDフィルター、レンズ絞りを併用した。図から解るように露光時間3~60 mS.では直線性が良い。

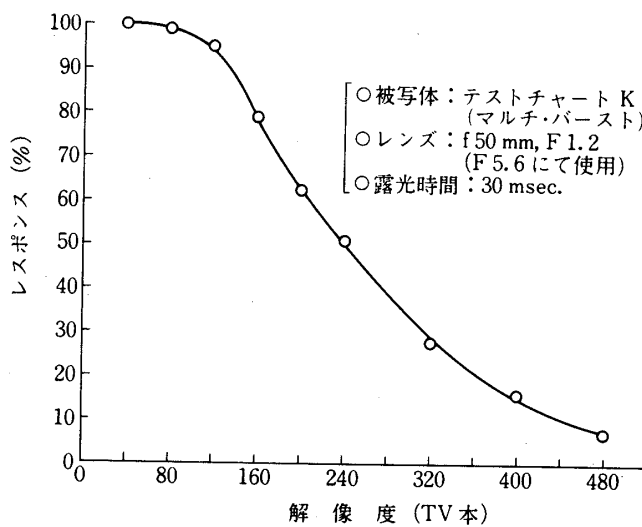
#### 4-2 ビデオ出力特性

入射光に対し、どのようなビデオ出力特性を示すかを表したのが第2図である。測定は、TVカメラの露光時間を10 mS. (第2表3の動作)、レンズ絞り  $F 2$  固定として、中央に5 mm程の穴を明けた黒い紙(ラシャ紙)でライトボックスを被い、その穴の部分のみの光がTVカメラに入射するようにして行った。光量はEIAJテストチャートC2(グレイスケール)の各階調を利用して、穴の部分に1階調ずつ透過させ、その時のビデオ出力を測定した。実験では、階調④(透過率55%)のビデオ出力が1Vとなるように光源を調整し、階調の①~⑨に応じた出力を順次オシロスコープ上で測定した。図の入射光量は、透過率55%の点を100%として横軸に示し、それぞれの透過光量におけるビデオ出力を示した。

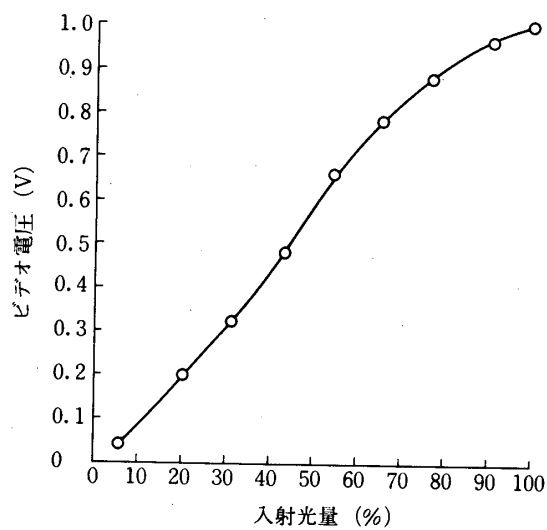
結果から見ると、入射光量に対し直線とならず、白い方がつぶれた感じとなっている。太陽面を撮像する場合には、白レベル付近における階調を出す必要があり、映像増幅器系の調整が必要と思われる。

#### 4-3 解像度

BSTVカメラの解像度特性を第3図に示す。被写体はテストチャートK(マルチバースト)を使用し、TVカメラの露光時間は30 mS.、レンズは  $f: 50 \text{ mm}$ 、 $F 1.2$ を  $F 5.6$ にて使用した。この場合の解像度レスポンスは



第2図 ビデオ出力特性



第3図 解像度特性

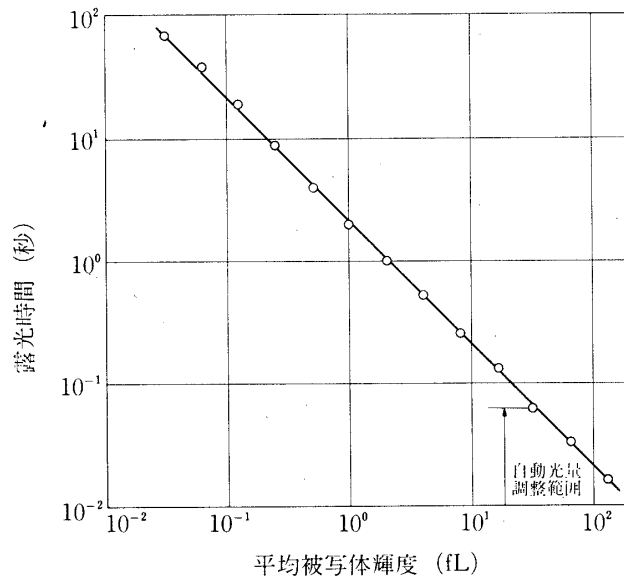
$$\frac{\frac{\text{ビデオ電圧}(V_{\max} - V_{\min})}{\text{ビデオ電圧}(V_{\max} + V_{\min})}}{\frac{\text{テストチャート(白透過率 - 黒透過率)}}{\text{テストチャート(白透過率 + 黒透過率)}}} \times 100 (\%)$$

に基づき、ラインセレクトしたオシロ波形によるビデオ電圧から、各 TV 本数におけるレスポンスを求めた。

BSTV カメラの撮像管有効走査面は、STV カメラに比較し大きくなっており、解像度が改善されたことが解る[12]。写真1に示したテストチャートにおいても、中心ではほぼ500本割れている。

#### 4-4 長時間露光特性

長時間露光特性を第4図に示す。測定は、EIAJ テストチャートC2 (グレイスケール) を被写体とした。グレイスケールは、全チャート撮像した時、白レベルから黒レベルまでが得られるように全体の輝度分布が調整されており、階調の①白レベルは56%、⑨黒レベル3%、バック濃度13%の透過率である。このことから白レベルが1Vとなるような露光時間を選べば、全画面にわたって平均的な適正露光が得られる。



第4図 長時間露光特性

実験では、レンズ (f: 50 mm, F1.2) 絞り F2 を基準として、入射光量は、ND フィルター、絞り、および光源の輝度を変えて、各点ごとに①が1Vとなるような露光時間を選んだ。図における被写体輝度は、チャートの平均的な輝度であるバック濃度の輝度を表した。

第4図のデータに基づき、輝度および露光時間を決め、数点にわたって屋外の景色を撮像し、モニター像の結果から判断すると、いずれも適正露光が得られている。

この長時間露光機能を利用し、自然の風景を夜間撮像した例を写真3に示す。これは、1978年12月20日、夜12時頃、14号館の実験室の窓から、13号館南側の玄関付近を撮像した一例である。13号館と14号館の間の道路には、14号館側に水銀灯があり、玄関付近は、わずかに照明されており、ドア左側のレンガ部分は、0.015 fL の輝度であった。これを f: 35 mm, F2 レンズを使用して4分間の露光で撮像したもので、左下の明るい部分は、自転車と自転車置場であり、この辺では明るすぎてハレーションを起している。又、全体に右側が明るいのは、光源からの距離が近いためである。又、長時間特性から、輝度と露光時間との関係を求めてみると、4分間の露光は、ドア付近では露出オーバーであった。



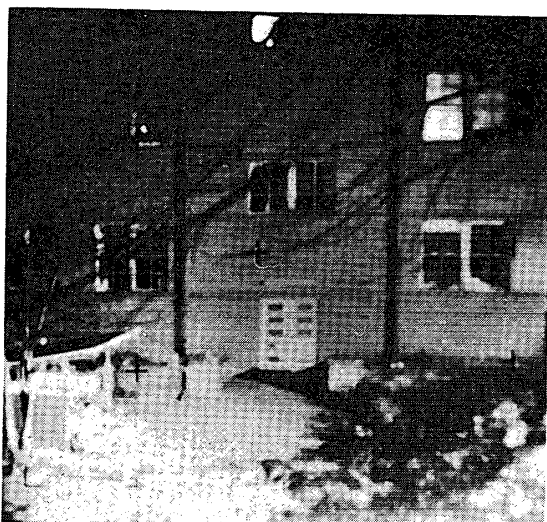


写真3 長時間撮像の一例（露光時間4分）

## 5. 結 言

気球搭載用低速走査TVカメラの機能および特徴的な特性について測定した。当面は、東京天文台太陽物理部において作成中の気球搭載用30cm太陽望遠鏡のファインダーとして使用する予定であるが、太陽面撮像にあたっては、白レベルにおける階調の出力特性を再調整する必要があり、地上実験に基づいて、調整点を選ぶ予定である。

2章・3章に述べたように、BSTVカメラは種々の特徴を有するので、今後の応用が期待される。

今回のBSTVカメラの製造を担当された浜松テレビ株式会社、鈴木義二氏、倉沢一男氏、水島広氏の各氏に感謝の意を表す。

1979年1月17日 計測部

## 参 考 文 献

- [1] N. Niwa and T. Hiruma: A Narrow Band Television System with Non-mechanical Shutter, Proc. 8th International Symposium on Space Technology and Science pp. 681~686, (1968).
- [2] 鈴木・倉沢：小型撮像蓄積管，TV学会，テレビ用電子装置研究委員会，(1968/12)
- [3] 倉沢・土屋・佐下橋：イメージメモリ管による自動感度制御，TV学会産業応用研究委員会資料，No. 11-3，(1969/12)
- [4] 丹羽・昼馬：電子シャッターとぶれ補正回路を持った狭帯域テレビジョン装置，TV学会誌，24-1，(1970/1)
- [5] 丹羽・佐下橋・吉田：宇宙観測用テレビジョン系の気球による飛しょう試験，宇宙研報告，6-1(C)，(1970/3)
- [6] 丹羽・佐下橋・吉田・倉沢・土屋：自動光量調整付宇宙観測用テレビ系の気球による飛しょう試験，TV学会誌，24-5，(1970)
- [7] 丹羽・佐下橋・吉田・羽田野：宇宙観測用テレビジョンカメラによる気球の形状などの観測，宇宙研報告，7-1(C)，(1971/3)

- [ 8 ] N. Niwa, I. Sagehashi, Y. Yoshida and H. Hatano: Flight Test of Narrow Band Television System, Proc. 9th ISTS, pp. 679~685, (1971).
- [ 9 ] 佐下橋・吉田・広沢・丹羽：宇宙観測用テレビジョン系の気球搭載実験，信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会資料，SANE 71-26, (1972/2).
- [10] 土屋・倉沢・鈴木：撮像蓄積装置，TV学会，TV技術応用研究会資料，(1972/12)
- [11] 吉田・佐下橋・丹羽：気球搭載用太陽望遠鏡のファインダーとしてのテレビジョン方式，宇宙研報告，9-1(B)，(1973/3).
- [12] 吉田・佐下橋・丹羽：試作宇宙観測用テレビカメラの特性，1973年度TV学会全国大会，No. 4-8, (1973/6).
- [13] N. Niwa, I. Sagehashi, Y. Yoshida and H. Hatano: A Narrow Band Television System for Balloon-Borne Telescope, Proc. 10th ISTS, pp. 749~754, (1973).
- [14] 吉田・佐下橋・丹羽：気球搭載用太陽望遠鏡のファインダーとしてのテレビジョン方式 (No. 2)，宇宙研報告，10-1(B)，(1974/3).
- [15] 佐下橋・吉田・丹羽：気球搭載望遠鏡のファインダーとしてのテレビジョン装置，TV学会誌，31-5, (1977).
- [16] N. Niwa, I. Sagehashi, Y. Yoshida and F. Moriyama: A Narrow Band Television System as a Finder for Balloon-Borne Solar Telescope, Proc. 12th ISTS, pp. 227~231, (1977).
- [17] 金田・丹羽・高木・宮木・倉沢・鈴木：人工衛星(きょっこう)からの真空紫外オーロラの撮像，1978年TV学会全国大会，9-6, (1978/7).
- [18] 吉田・佐下橋・丹羽：気球搭載用太陽望遠鏡のファインダーとしてのテレビジョン方式 (No. 3)，宇宙研報告，14-3(B)，(1978/8).
- [19] 日本電子機械工業会規格，ET-81A，撮像管試験方法(1976/9).
- (STVカメラに関する文献は主要なもののみを紹介した。詳細は[14][18]を参照されたい。)