

宇宙観測用テレビジョン系の気球による飛しょう試験

丹 羽 登・佐下橋 市太郎・吉 田 安 徳

1. は し が き

宇宙観測用テレビジョン装置は、

- 1) 放射線検出装置など二次元的データの観測
- 2) 飛しょう体とその周辺の動く部分の状況の観察
- 3) 天体、地表面などの撮影
- 4) 飛しょう体の姿勢（天空、地表に対する）の確認

など種々の目的に対して、宇宙の眼として期待が寄せられている。[1]

とりわけ、同時性を要求される観測では、撮影したフィルムを回収する方式にくらべてすぐれている。

このたび1) ロケットおよび衛星搭載用テレビジョンカメラ（以下 STV カメラと呼ぶ）の設計資料を得ること、2) 気球工学の観測分野に新たな観測方法を提供し、気球、落下傘が高度、時間によって形状、大きさなどが変化する様子を観察することを目的として、新たに開発した自動光量調整装置を備えた STV カメラを気球に搭載し高層における、地上および気球などの撮影、ならびにコマンドによるフィルタ選択、鏡を用いた撮影方向変更機構の試験などを行ない良好な結果を得ることができた。

2. 装置の概要

今回使用した STV カメラの詳細については文献 [2], [3], [4] および STV カメラ全般については文献 [1] に譲るが、次のごとき特長を持っている。

2.1 主要な特長

a) 高速度露光 [5], [6], [7]

宇宙観測では移動する被写体が多いので、露光時間を短くする方が有利である。新しく開発した機械的に動く部分のない電子シャッター方式では 0.2 ms までの露光時間が可能であるが、今回使用したものの最短時間は 0.8 ms におさえた。なお、コマンドによるバルブ露光により十分長い露光も可能である。

b) 自動光量調整 [8]

宇宙観測では被写体の明るさが不明な場合が多く、またフィルタを交換した場合に入射光量が変わるので、これらに対処するために撮像管の光電流の合計が一定値に達するとシャッターを閉じる TTL-EE 方式を開発した。露光時間の自動可変範囲は 0.8~60 ms である。

c) トリガ信号による撮影

2 秒に一枚ずつの連続撮影のほか，トリガ信号（機上の検出器，あるいは地上からのコマンド信号）による撮影ができる。

d) 撮像ブレ補正 [7], [9]

今回は使用しなかったが，カメラの光軸と直角方向に被写体が動く場合，その角速度がわかれば，純電子的に露光時間中のブレを止めることが可能である。たとえばスピンしているロケットから軸の直角方向を写す場合に有効であり，他の機械的方式に比べ追従速度は大きい。

2.2 テレビジョンカメラ

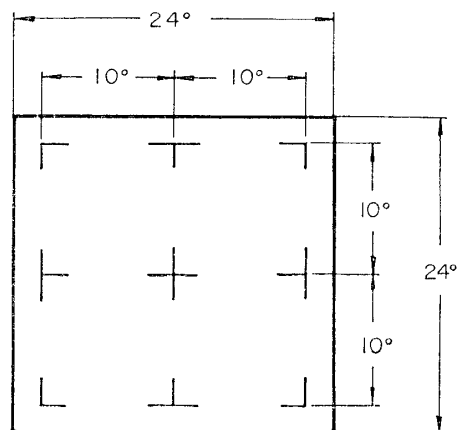
カップ型 9M ロケットに搭載することを仮定して製作した狭帯域，低速走査方式のものである。おもな特性は第 1 表に示す。撮像管は宇宙開発用に新しく開発した撮像蓄積管 [10] を使用した。

画面上の位置の確認と，ひずみの補正に使用するため第 1 図のような目盛線を光電面に付けた。

焦点距離 25mm の標準レンズ使用時，飛しょう高度に対応した撮影範囲は高度 1km のとき約 0.43×0.43 km，高度 26km のとき約 11×11 km となる。

第 1 表 気球実験に使用した STV カメラの主要特性

走査線数	580本
水平周波数	325 Hz
垂直走査時間	1.78 S
消去・準備・記録	310 mS
繰返し周期	2.09 S
映像帯域幅	100 kHz
画面比	1: 1
露光時間	自動光量調整方式 0.8~60 mS
撮像管	HTV N 337
レンズ	25 mm f: 1.4 画角 $24^\circ \times 24^\circ$
電源	14.5 V 1.26 A YA-10
大きさ	$240 \phi \times 390$ mm
重量	11.3 kg



第 1 図 光電面に付した目盛線
(数値は焦点距離 25 mm のレンズを使用した時の画角)

2.3 自動光量調整装置 [8]

STV カメラが撮影する被写体の輝度は相当広範囲にわたると考えられる。したがって，入射光量の変化に対応して適正露光を得るためには，絞りあるいは露光時間を，コマンドまたは自動的な方法により調整しなければならない。この場合，絞りを機械的に変える方法，露光時間を機械的または電子的に変える方法などがあるが，比較実験をおこなった結果，加速度，振動に対して，より安定な電子的に露光時間を変える自動光量調整方式を採用した。

なお，露光時間をテレメータにより伝送し，被写体の輝度を観測した。

2.4 搭載装置電源

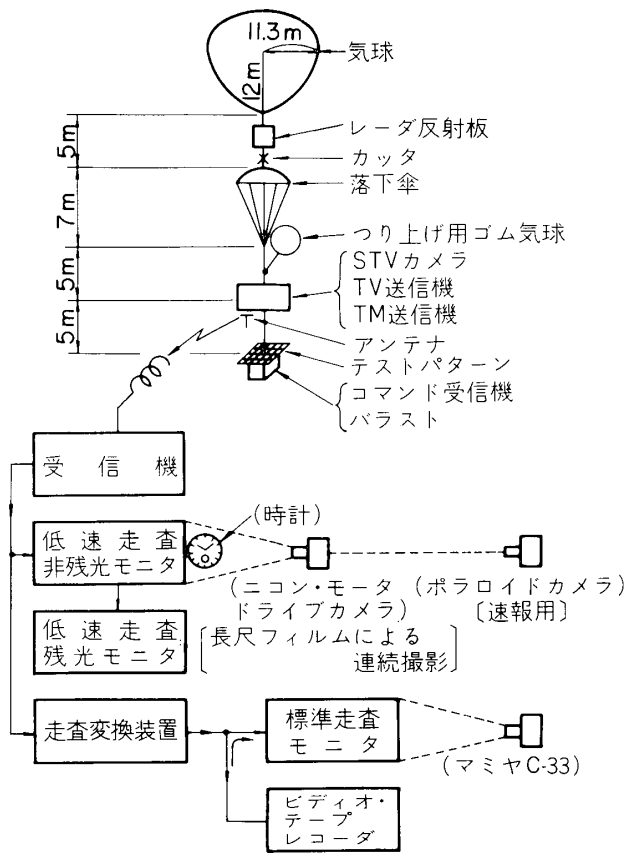
気球搭載実験では、ロケットに比較して重量・大きさの制限はきびしくないが、使用時間が長く（当初6時間を予定）、電力も大きいことから、STVカメラと送信機用電源にはロケット搭載用電池と同じく、小型で容量の大きい酸化銀電池を密閉容器に収納して使用した。STVカメラはYA-10を使用し、14.5V, 1.26A, 18.3W, 送信機はYA-5を使用24.5V, 0.78A, 19.1Wである。ほかの搭載機器にはマンガン電池を使用した。

2.5 送, 受信機

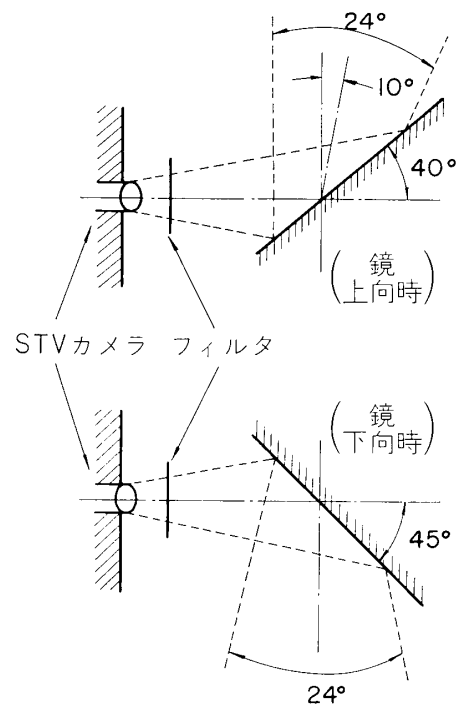
- a) 送信機 黒レベル 914.5MHz (ITV用の新周波数割当中, K-9M-11号機に使った915MHzに近いもの), FM, 1W, ダイポール無指向性アンテナを使用した。
- b) 受信機 K-9M-11号機用としての915MHzの受信機をそのまま流用し, 利得15dBの1素子ヘリカルアンテナを使用した。

2.6 テレメータ

映像信号レベル, 露光時間, フィルタ識別信号, 電池電圧, その他搭載機器の温度, およびゴンドラ内気温を白金抵抗線温度計と超音波気温計[11]で測温した結果を時分割により, 順次テレメータ信号として1,680MHzで地上に送信した。



第2図 STVカメラ気球搭載実験構成図



第3図 鏡による撮影方向の変更

2.7 気球搭載実験装置の構成

実験は第 2 図に示した構成によっておこなった。

STV カメラで 1 枚/2 秒で連続撮影した画像は地上に伝送され、受信した低速走査モニタ像を 2 台のモータドライブカメラを交互に使うて連続撮影し記録をおこなう。走査変換装置は、低速走査画像を標準走査画像に変換するもので、フィルタの交換や鏡の上下などコマンドによる撮影をおこなうための real time の作業には、残光モニタと共にすぐれた効果があった。また記録は、標準方式のビデオテープレコーダを併用した。

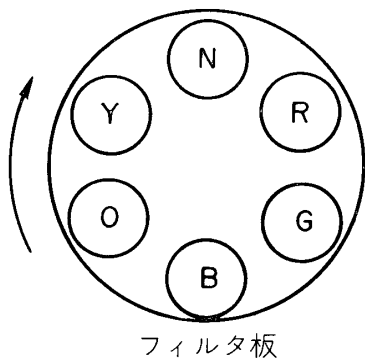
ロケットまたは衛星に搭載するときの予備実験として、STV カメラには、鏡による撮影方向の変更、フィルタ交換機構を付加した。第 3 図に鏡とレンズの関係を示す。STV カメラの光軸は水平方向に取付けられてあり、常時はレンズの前に設けた鏡を下方向にしておき、地上の状況を撮影し、コマンドによって鏡を上方向に向け、気球、落下傘などの形状を撮影した。またレンズと鏡の間にはコマンドにより回転する第 4 図のごときフィルタ板を設け、黄 (SC-54)、橙 (SC-56)、青 (BPB-45)、緑 (BPB-53)、赤 (SC-60) の 5 種のフィルタ、および素通し部をコマンドにより選択使用した。

なお、撮影結果の補正に使用するため STV カメラの下方 5m の位置にあるコマンド受信機用ゴンドラの上に第 5 図のごとき 9 段階グレイスケールと 3 原色のテストパターンを置き、下方向撮影時に画面の一部に写し込んだ。

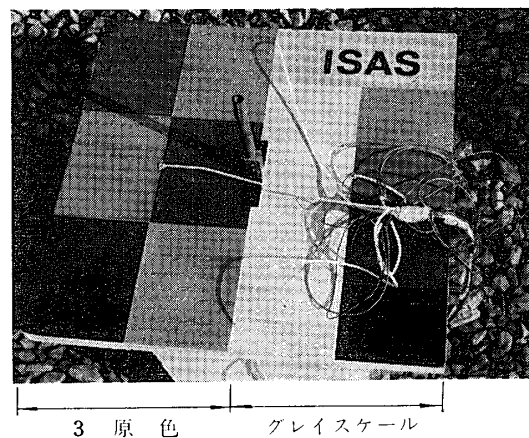
搭載機器を収めたゴンドラは、骨組みをアルミアングルで作って、発泡ポリスチロール板で囲って断熱構造とし、保温に注意をはらった。搭載機器をゴンドラに収め、全機器を動作状態にして低温室におき、機器の温度変化、電源電圧、映像信号レベルなどを測定し、コマンドによるフィルタ交換、鏡の回転動作などについて予備実験をおこない気球搭載実験のための資料を得た。

ゴンドラに収めた装置の構成は第 6 図に示す。

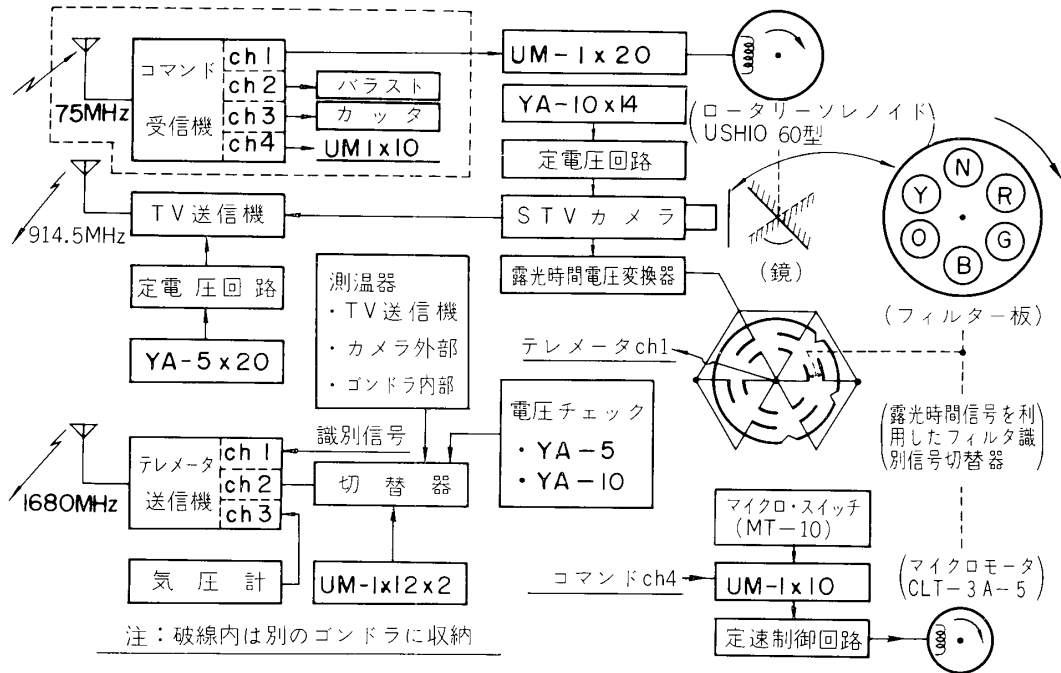
今回の実験は、ロケット実験にくらべると、搭載機器に加わる加速度、振動などは少ないが、将来ロケットに搭載することを考慮して、STV カメラ、送信機は東京大学ロケット搭載機器の環境試験法 [12] に従って試験をおこない、これに合格している。



第 4 図 フィルタ板



第 5 図 グレイスケールと 3 原色テストパターン



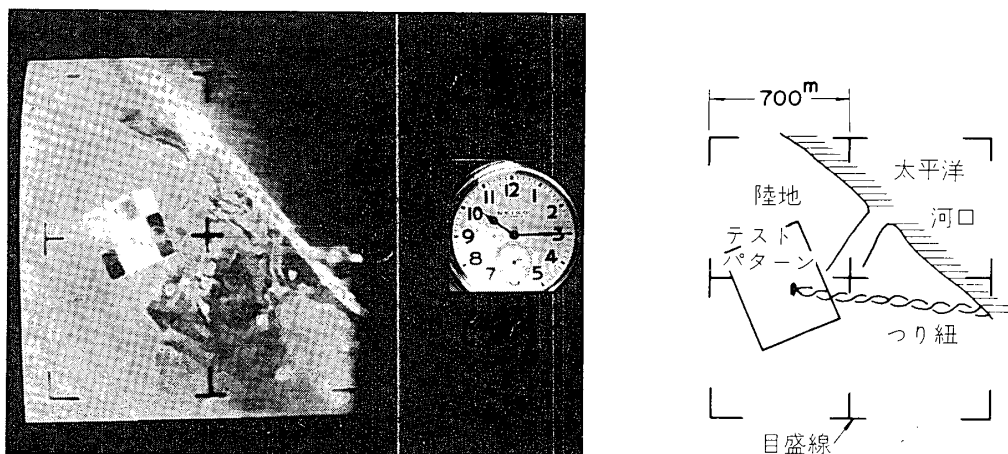
第6図 STVカメラ気球実験ゴンドラ内構成図

3. 気球による飛しょう実験

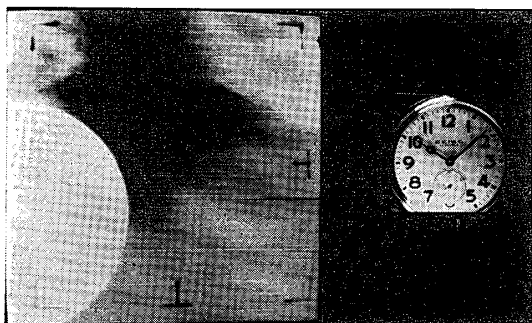
東京大学原町大気球実験場において1969年8月22日、気球 B₅-18 (5000 m³) に搭載して実験をおこない、10時に放球、約3時間30分飛しょうし、最高高度は約26kmであった。

飛しょう中、地上、海岸線、波の状況、大気球、落下傘などの形状変化を撮影し地上に伝送した。

当日は、台風9号の前日であり、絹雲のため高々度からの地上の撮影に障害となった。



第7図 原町市太田川河口 放球後16分、高度4km
 フィルタ：橙 (SC-56)、露光時間：6.1ms
 (鏡を1枚使用しているので左右逆)



第 8 図 つり上げ用ゴム気球，放球後 10 分，
高度約 3 km

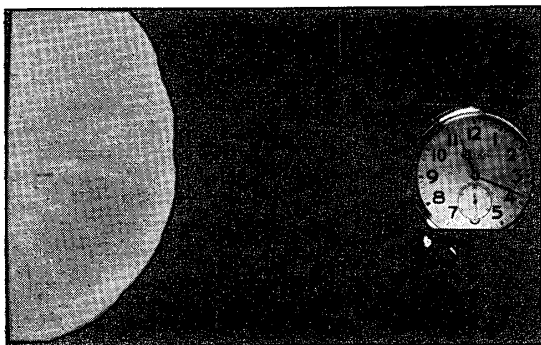
また気球が上昇するに従って膨張していく様子や，つり上げ用ゴム気球，落下傘の開き具合などを観測した．第 8 図はつり上げ用ゴム気球，第 9 図は高度，時間に対する気球の大き

なお，回収後も搭載機器は正常に動作をした．

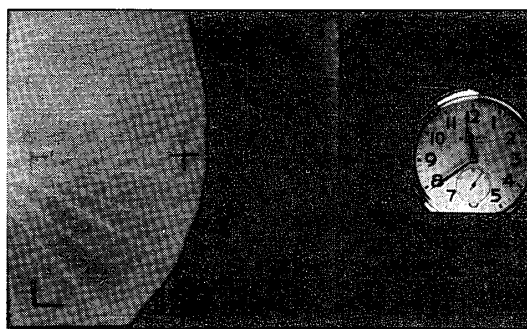
3.1 撮影結果

放球後，海上にでるまでは，道，畑，川，海岸線など地上の状況がよく撮影できた．海上では波，航跡などを撮影した．海岸線上空を通過したときの撮影結果を第 7 図に示す．

高度 26 km で再び陸地上空に戻ってきたとき，海岸線，道路を撮影したが，雲が多く，解像度は低下している．



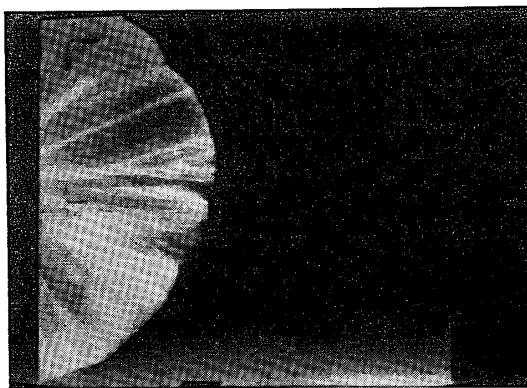
a) 放球後 80 分，高度 25 km 水平浮遊に入った直後
フィルタ：橙 (SC-56) 露光時間：1 ms



b) 放球後 100 分，高度 26.4 km (最高高度)
フィルタ：橙 (SC-56) 露光時間：1.2 ms



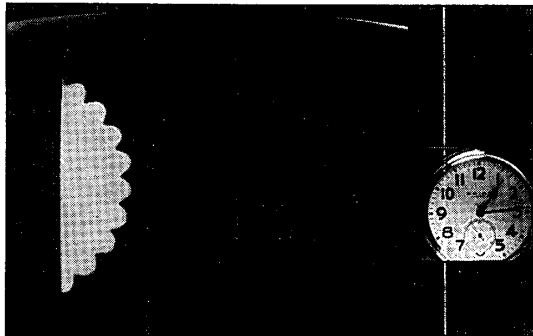
c) 放球後 180 分，高度 24.1 km 容積 1/3 収縮
フィルタ：黄 (SC-54) 露光時間：0.8 ms



d) c) と同時刻，走査変換時にコントラストを変更
フィルタ：黄 (SC-54)

第 9 図 気球の形状の高度・時間による変化

a), b), c) は非残光低速走査モニタ像，d) 走査変換後の標準モニタ像

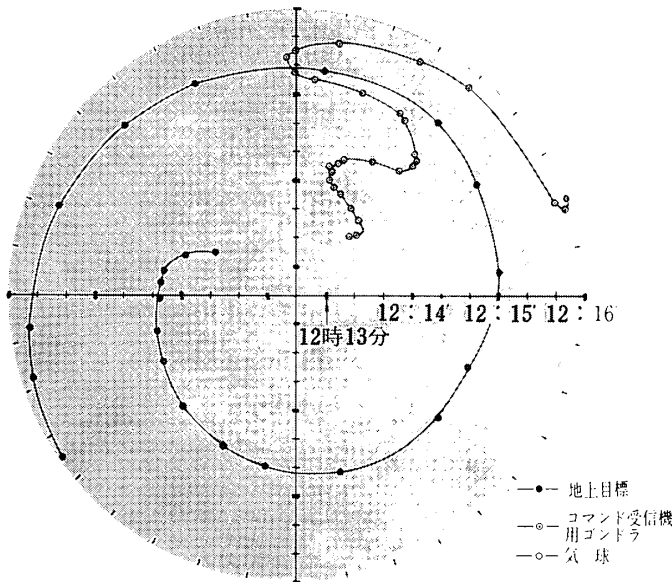


第10図 落下傘，切離した後8分44秒

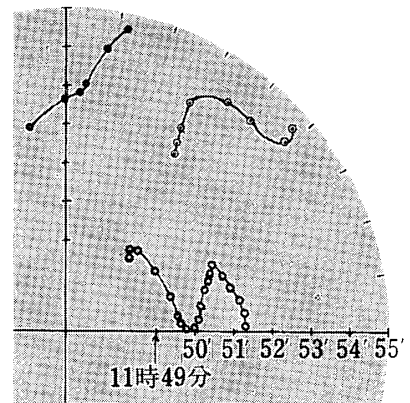
さの変化，第10図は落下傘の撮影例である。

なお2秒ごとに連続撮影した画像を観察すると，画像中の目標物が回転することから，STVカメラよりみた地上目標，コマンド用ゴンドラ，および気球の回転を求めた，第11図A，Bにその一例を示す。

以上約3時間30分にわたって，連続撮影をおこなったが，その間被写体の輝度の広範囲にわたる変化やフィルタ交換による入



第11図(a) STVカメラからみた地上目標，コマンド受信機用ゴンドラと気球の回転



第11図(b)

射光量の変化などに対応して，新しく開発した自動光量調整装置が働き，適正な露光時間を得ることができ，よい撮影がおこなえた。

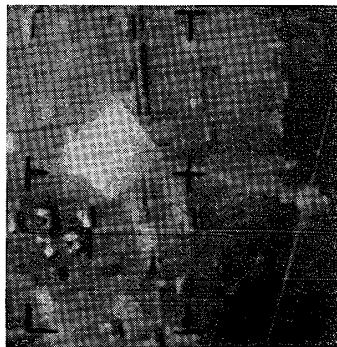
第12図にフィルタ交換による撮影効果を試験した例を示す。フィルタ露光係数に対応して露光時間が変化している。

第13図に自動光量調整した露光時間と，大別した被写体との関係を示した。

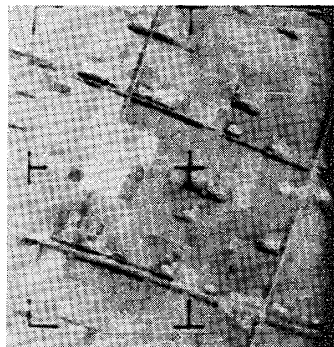
しかし，光量測定が全画面の平均測光であるため，雲間から地上を撮影する場合には，地上部が露出不足となった。

3.2 受信レベル

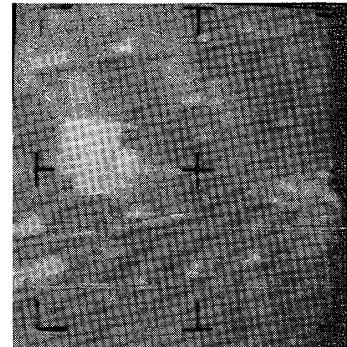
2.3 に示したように，送受信機間の周波数のちがいのため，総合感度が不足し，受像が中断される場合があった。しかし，テレメータ信号の記録によれば，映像信号レベル，露光時間信号等が正常に観測されており，STVカメラ側は，全期間正常に動作していることが



フィルタなし
露光時間 3.7 ms



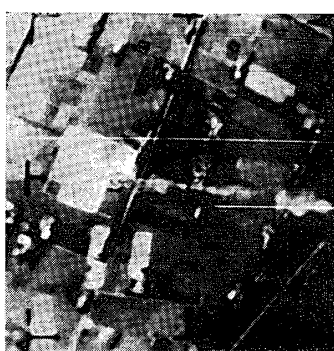
フィルタ橙 SC-56
露光時間 10 ms



フィルタ青 BPB-45
露光時間 21 ms

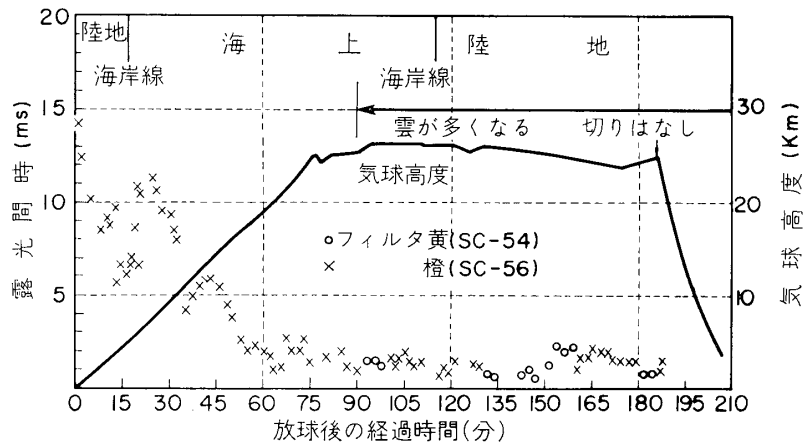


フィルタ緑 BPB-53
露光時間 15 ms



フィルタ赤 SC-60
露光時間 11 ms

第 12 図
地形撮影に対するフィルタ交換の
効果
入射光量変化に対する自動光量調
整装置の効果

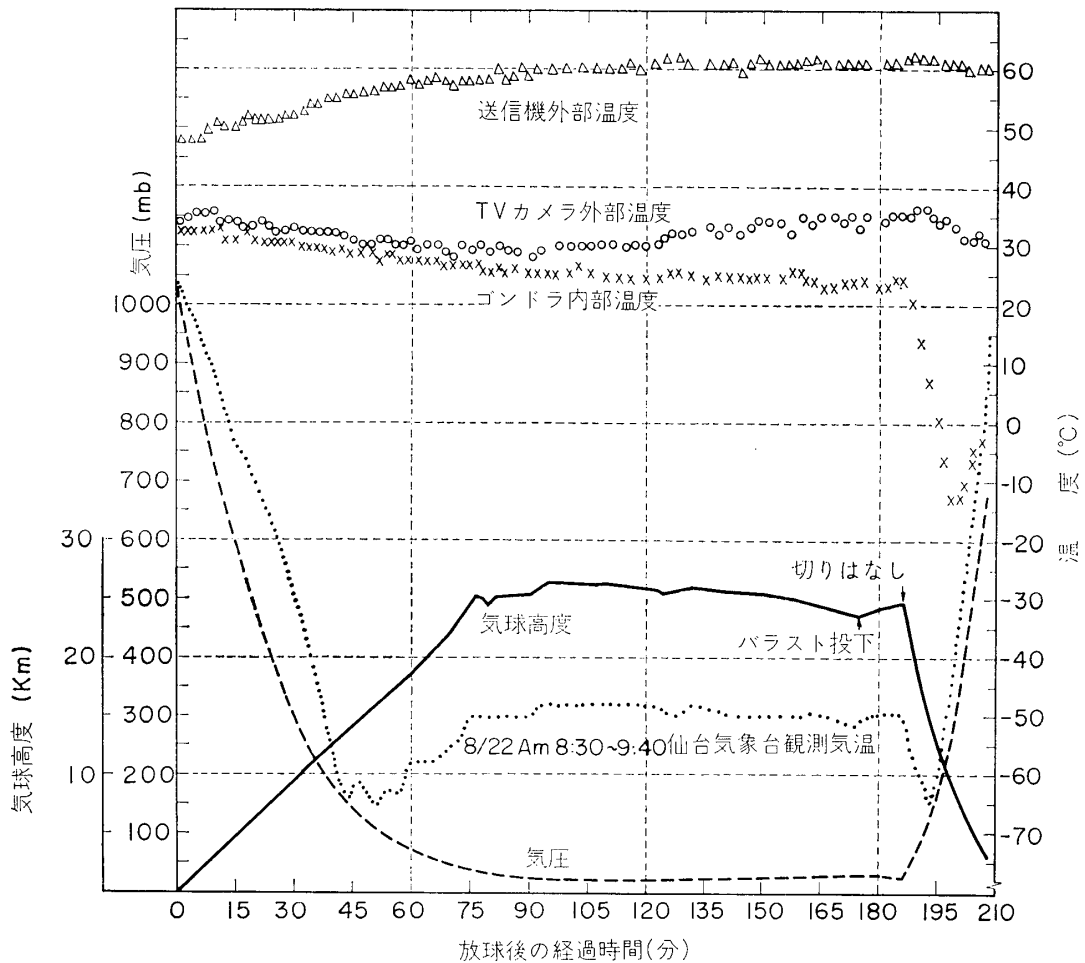


第 13 図 露光時間のテレメータによる観測

わかった.

3.3 テレメータ

テレメータによる STV カメラ, 送信機, ゴンドラ内空気の時温結果と, 外気温度, 気球高度との関係を第 14 図に示した.



第 14 図 気球高度とテレメータによる搭載機器測温結果

このほか、電池電圧、映像信号レベル、露光時間、フィルタ識別信号等をテレメータにより観測した。

4. む す び

一時受信感度が不足することがあったが、テレメータ信号の観察結果を加えると、全期間にわたり搭載機器は正常に動作し、道、海岸線、波、航跡、雲などの状況や、気球、落下傘の高度、時間による形状変化などを撮影した。また気球、搭載機器用ゴンドラ、コマンド用ゴンドラの3者が水平面で回転をしている様子を観測した。

また、宇宙観測用として新しく開発した自動光量調整装置も正常に動作し、被写体の輝度の広範囲な変化、フィルタ交換による入射光量の変化などに対応した適正露光時間を得ることができた。

また、コマンドによるフィルタ交換、鏡による撮影方向の変更などの機構も正常に動作した。

なお、テレメータにより搭載機器の温度、電池電圧、映像レベル、露光時間等各部の動作状況を観測した。

撮影画像の階調、色特性、ひずみなどの補正については現在準備中である。

以上 STV カメラ装置の新しい設計資料を得ることができた。

また、STV カメラが気球工学の分野で新しい観測手段としてすぐれていることを示した。

5. 謝 辞

このたびの気球搭載実験に際し、東京大学宇宙航空研究所斎藤所員、野村所員、西村所員、広沢所員、西村研究室の方々のご指導を感謝申し上げます。

また、大学院学生渡辺孝次郎、羽田野甫両君には装置の製作、検討、飛ばし実験に非常な協力を受けた。ここに感謝の意を表します。

なお、STV カメラの製作にあられた浜松テレビ K.K. の倉沢、鈴木、土屋の各氏、送受信機の製作にあられた日本電気 K.K. の宮城、伊藤、布宮、蓮井の各氏に感謝の意を表します。基礎実験に使った自動光量調整装置付レンズを貸与されたキャノン K.K. の方々に感謝申し上げます。

1970年2月5日 計測部

参 考 文 献

- [1] 丹羽：宇宙観測用テレビジョン装置（解説），テレビジョン学会誌，**22**，**4**（1968）270～279
- [2] 丹羽，野村，斎藤：ロケット搭載用 TV の試作，電気・電子・照明・テレビジョン学会昭和 44 年連合大会 No. 2232（1969. 3）
- [3] 丹羽：わが国の宇宙観測用テレビジョン装置，昭和 44 年度電子通信学会全国大会シンポジウム“わが国のスペースエレクトロニクス” S-6-5（1969. 9）
- [4] 斎藤，丹羽，野村：ロケット搭載用テレビ方式の問題点，電子通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会資料 ANE-67-12（1967. 10. 30）
- [5] 丹羽，倉沢，鈴木：ロケット搭載用テレビカメラシャッタの高速化，昭和 44 年電子通信学会全国大会，No. 234（1967. 10）
- [6] 丹羽，佐下橋，綾部：電子シャッタ付狭帯域 TV 装置による移動像の撮影，第 4 回テレビジョン学会全国大会予稿集，No. 11-3（1968. 10）
- [7] 丹羽，屋間：電子シャッタとぶれ補正回路をもった狭帯域テレビジョン装置，テレビジョン学会誌 **24**，**1**（1970. 1）36～43
- [8] 倉沢，土屋，佐下橋：イメージ・メモリ管による自動感度制御，テレビジョン学会産業応用研究委員会，No. 15-3（1969. 12. 8）
- [9] 倉沢，丹羽：テレビカメラにおける撮像ぶれ補正方式，昭和 42 年度電子通信学会全国大会 No. 235（1967. 10）
- [10] 鈴木：撮像蓄積管，第 3 回テレビジョン学会予稿集，No. 3-11（1967. 10）
- [11] 渡辺，佐下橋，丹羽：共振型超音波気温計の高層での使用，電気・電子・照明・テレビジョン学会昭和 45 年連合大会 No. 2443（1970. 4）
- [12] 高木，斎藤，野村：東京大学におけるスペースエレクトロニクスの開発研究，電子通信学会誌 **50**，**6**（1967. 6）1095～1132