電子シャッターとぶれ補正回路をもった 狭帯域テレビジョン装置

東京大学宇宙航空研究所 丹 羽 登
浜松テレビ株式会社 晝 馬 輝 夫

高速移動体の撮影に要するシャッター速度を求めた。それを実現するために、新しく開発した撮像蓄積管を使った狭帯域テレビ装置を研究、試作した。撮像蓄積管のイメージ部の加速電極に加えるパルス幅を変えることにより、露光時間が 0.2~30 ms 連続可変であり、動く部分のない純電子シャッターが実現された。カメラの回転や振動による像のぶれは、像の変位に応じて撮像管イメージ部の磁界を動かすことにより補正しうることが確かめられた。

1. ま え が き

宇宙観測用テレビ装置は、

- (a) 放射線検出装置など二次元的データの送量
- (b) 飛しょう体とその周囲の動く部分の状況の観測
- (c) 天体、地表面などの撮影
- (d) 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の期待が寄せられている¹⁾。

日本でも気球およびロケットによる宇宙科学観測がかなりの実績をもつに至り、宇宙観測用テレビへの要望が増加してきた。そこで、当面の設計目標として、

- (a) スピンしているロケットから外景を写す。
- (b) カメラは、現用の観測ロケットに搭載可能な重量、形状、耐環境性をもつ。
- (c) 最高映像周波数: 100 kHz

を選び、かつ将来に備えて、できるだけ多くの可能性を追求するとともに、日本独自の方式をうち立てるべく調査、開発、試作を試みてきた。最近、

- (a) 露光時間 0.2~30 ms 連続可変、全画面同時露光の電子的シャッター²⁾
- (b) 撮像ぶれ補正方式⁴⁾
- (c) 低速および標準走査切換えが簡単⁹⁾

などの特長をもつ装置を試作し¹⁰⁾、移動体に対する撮影能力なども確かめ得たので、ここに報告する。

2. 被写体の移動に対する 許容シャッター速度

カメラと被写体が高速度で相対的に移動あるいは回転している場合、画像のぶれを止めるためには、その動きに応じてシャッター速度を早くする必要がある。

2.1 光軸と平行な軸で回転する画面

カメラの光軸と平行な軸で回転している画面を撮す場合である。簡単のために図 1 右上のように、撮像面(一辺: l の正方形とする)の一辺の中央(O 点)を中心として角速度 $\omega (=2\pi S, S=\text{スピン数/sec})$ で回転している画面中、対向する辺の中点 P の、露光時間 τ 中のぶれ Δl を求める。これを絵素の大きさ e の $1/\alpha$ 倍まで許すとすれば、 $\Delta l = \tau\omega l = e/\alpha$ 。ここで、ぶれ解像度を $r_m (= \alpha r, r = l/e = P$ 点を通る一辺の解像度) と名づければ、

$$r_m = \frac{re}{\tau\omega l} = \frac{1}{\tau\omega} \quad (1)$$

図 1 光軸と平行な軸で回転する画面の解像度
Relationship between the resolution of rotating picture, spin rate and exposure time.

"A Narrow Band Television System with Electronic Shutter and Image Motion Compensator" by Noboru Niwa (Institute of Space and Aeronautical Science, University of Tokyo, Tokyo) and Teruo Hiruma (Hamamatsu TV Co., Ltd., Hamamatsu)

(1)式を常用範囲について図表化したのが図1である(縦軸は右側に目盛ってある)⁸⁾⁹⁾。

ぶれ解像度 $r_m=350$, $S=1\text{Hz}$ とすると $\tau=0.5\text{ms}$ の短い露光が必要になることがわかる。

なお、図1左下のように、画面の中央を軸として回転するときのP点のぶれ解像度は同様の計算により、

$$r_m' = \frac{2}{\tau\omega} \quad (1')$$

となり、図1左側縦軸にその値を目盛ってある。

2.2 光軸とスピンの軸が直交する画面

図2の右側のカメラ(焦点距離: f , 回転方向の画角: β)部分が角速度 ω で光軸と垂直なスピンの軸を中心として回転している(気象衛星 ESSA¹⁾がこの方式)。露光時間中の光像の移動距離は、 $\Delta l = \tau\omega f = l/r_m$ から、

$$r_m = \frac{2(\tan \beta/2)}{\tau\omega} \quad (2)$$

これを図表化したのが図3である⁹⁾。図中の小円を結んだ矢印で例示したように、 $S=0.5\text{Hz}$, $\tau=1\text{ms}$, $\beta=40^\circ$ のカメラのぶれ解像度は、約250に低下することがわかる。

2.3 光軸に垂直な面内で動く画面

図2で、カメラからの距離 H にある被写体が、速度

図2 光軸とスピンの軸が直交するカメラ
Camera, perpendicularly rotating to its optical axis.

図3 図2のカメラによる画像の解像度

Relationship between the picture resolution of the camera showed in Fig. 2, exposure time, angle velocity and angle of view.

V で l と平行に移動する場合(カメラが常に地表面に垂直である気象衛星 NIMBUS¹⁾がこの例)であり、(2)式に $\omega = V/H$ を代入すればよい。すなわち、

$$r_m = \frac{2 \tan \beta/2}{\tau} \cdot \frac{H}{V} \quad (3)$$

図3中の点線 H と左側縦軸 V とから ω を求めれば、あとは前項と同様に τ , β , r_m の関係を求める。

$V=140\text{cm/sec}$ で移動する物体を、真横から $H=80\text{cm}$ 離れて画角 $\beta=10^\circ$ のカメラで写すと(写真5がほぼこの例にあたる)、 $r_m=200$ まで譲歩しても $\tau=0.5\text{ms}$ の短い露光を要することがわかる。

2.4 シャッター方式

前節の考察から、移動体撮影用として、少なくとも 1ms 、できれば 0.3ms 位まで露光を短くしたいことがわかる。従来、衛星用で 1.5ms ¹⁾、ロケット用で 1ms ¹³⁾までの前例はあるが、この種の高速シャッターはフォーカルプレーン方式に限られており、スリットが画面を横切るのは数ms~20ms ぐらい必要である。したがって、画面上の位置によって露光時刻が異なるための移動体像のひずみを防ぐには、全画面が同一瞬間に露光される方式が望ましい。4.1節(3)項に述べるように、イメージ部に電子的シャッター動作をさせる撮像管の採用によりこの要望は達成された。

2.5 光量とシャッター速度

高速シャッターの使用にあたり、光量の不足を検討する必要がある。

上空から地上を撮影する際、気象衛星のデータ¹⁾、航空機上からの輝度計による実測値などから、数千fLの最高輝度は期待できる。平均値として、被写体の輝度を2,000fLとすれば輝度値 $BV^*=11$ である。撮像管の等価感光度 $SV^*=3$ (ASA: 25) とすれば、露光量 $EV^*=BV+SV=14$ となる。レンズの口径比を $f:1.4$ 、フィルター係数: $4=2^2$ にとると、 $AV^*=1+2=3$ であり、シャッター速度 $TV^*=EV-AV=11$ 、すなわち 0.5ms の露光も可能なことがわかる。

3. 撮像方式の選定

3.1 撮影・送像方式の選定

高速移動体の撮影のためシャッターを使用する撮影・送像方式としては、次の3種が考えられる。

(1) ルナオービターにおけるように、フィルムに撮影、現像したのち、走査、伝送する。

* BV , SV , EV , AV , TV はアベックスシステムによる露光量などの表示法(付録参照)。

(2) 気象衛星 ESSA, NIMBUS の AVCS や、火星を撮影、送像した Mariner 4, 6, 7 のように、テレビ方式による映像信号を機上でテープに記録しておき、あとで伝送する。

(3) 低速走査テレビ方式の映像を、ただちに伝送する。

画質は(1)が最高であるが、重量、所要時間の点からまえがきに述べた筆者らの目的には不適である。また、(2)は、録画方式がむずかしい。(3)の唯一の難点である撮像管の蓄積機能の点も、3.3 節に述べるように解決の見通しを得たので、この方式を選定した。

3.2 走査方式の選定

この種のテレビ系において、ビデオ信号の映像最高周波数は、送信機に許容される帯域幅および記録・再生用として受信機の直後にモニターと並列に接続するテープレコーダーの帯域幅で制限され、今回は種々の事情から 100kHz に限定された。

有効走査線数は水平走査線が目立たぬ程度という意味で約 600 本ほしい。最高映像周波数を与える周知の計算式から $n=600$ 本、 $f=100\text{kHz}$ に対する垂直走査時間は約 1.7sec となる。

シャッター付蓄積形走査の場合は、垂直走査以外に消去・準備・露光時間を必要とする。Ranger や Mariner 6, 7 のように 1 組の伝送系に対し、画角の異なる複数個のカメラが交互に動作する方式では、この時間を充分にとることができるが、カメラと送信機が 1 台ずつしかない場合は、この時間をできるだけ短くとして、伝送系の利用率を高める必要がある。

筆者らの前記の目標に対して、2 台のカメラを積むことはむずかしいので、消去・準備・露光時間を短く選定する必要を生じ、後記のように撮像蓄積管の採用によりフレーム周期 1.97sec 中、垂直走査に 1.78sec をあてることができた。

3.3 撮像管の選定

数種の低速走査・耐震形ビジコンを含めて、撮像管の調査、実験を行なった結果²⁾⁷⁾、新しく開発された撮像蓄積管⁸⁾⁶⁾を使用すれば、

(1) 蓄積機能を有し、かつ走査速度を変えても信号出力は変化しない。

(2) 露光時間に等しいパルス長の電圧をイメージ部に加えることにより、シャッター動作を行なわせる³⁾。これは動く部分のない純電子的シャッターであり、高速露光および露光時間の連続変更を容易に行ないうる。

(3) イメージ部の磁界を露光時間中制御することにより、撮像ぶれ補正を行ないうる⁴⁾。

などの特長を有することがわかった。

試作機による予備実験の結果、少なくとも垂直走査時間約 2sec までの低速走査では、標準走査にくらべて感度は低下せず⁶⁾、0.2ms までの可変露光を行なうことができ(文献 3, 写真 2 参照)、また被写体の移動(2.2 および 2.3 節の場合)の角速度が既知ならば、ぶれ補正も容易に行ないうること⁴⁾も確かめたので、筆者らの目的に適するものと考えて、この撮像蓄積管を使用した。

4. 装置の試作

移動体撮影用に試作した狭帯域テレビ装置の構成を図 4 に示す。その主要な機能は、図のように 2 種に大別される。

図 4 狭帯域テレビジョン装置の構成

Block diagram of the narrow band television system.

(a) 低速走査 本来の使命である狭帯域低速走査モードであり、低速走査モニター上の画像をフィルムに撮影する(4.2 節参照)。

(b) 繰返し走査 カメラ側での切換えにより、標準に近い走査を繰返し、市販の標準形モニター上に同じ画像を出しつづけるモードである(4.3 節参照)。

4.1 カメラ

(1) 概要

写真 1 カメラ外観
Outside view of the camera.

表 1 主要性能
Camera characteristics.

	低速走査	繰返し走査
走査線数	580	240
水平周波数	325 Hz	15.6 kHz
垂直走査時間	1.78 sec	15.4 ms
ブランク時間	0.18 sec	
繰返し周期	1.97 sec 繰返し/それ以上任意間隔	
露光時間	0.2~30 ms	
画面比	1:1	3:4
映像帯域幅	約 100 kHz	約 4 MHz

図 5 低速走査と繰返し走査
Slow scanning and repeating scanning.

中高度（約 300 km）宇宙観測用として常用されている K-9M 形ロケットに載せることを想定して、写真 1 のように直径 235 mm、長さ 370 mm の円筒形におさめた。気密構造で、重量約 10 kg、所要電力は ± 14.5 V DC、0.7 A である。

主要性能を表 1 に示した。基本動作は、図 5 のように 1.78 sec の読取り時間と 0.18 sec のブランク時間との繰返しである。低速走査では同図上のように、読取り時間中に 1 回だけの垂直走査が行なわれるが、繰返し走査では、同じ時間中に同図下のように 15.4 ms の垂直走査を 116 回繰返すので、その画像は標準モニター上に容易に観察される。

ブランク時間は消去、準備、記録（シャッター動作）に等分されているが、シャッター間隔については、次の 2 種の機能を使い分けしている。

（a）等間隔露光モード 上記の読取り時間とブランク時間とを繰返すモードで、1.97 sec ごとに自動的に露光される。

（b）トリガー露光モード 消去、準備ののち図 5 中の t sec 待った後に、トリガーパルスが到来すると、シャッターが動作する（4.1 節（5）参照）。

なお、消去には光照射あるいは、より長い消去時間が必要かとも思われたが、予備実験⁶⁾の結果、4 回の垂直走査（61.6 ms）だけですんだ。

また、撮像管のガンマ値を、1 および 0.5 の 2 段にス

イッチにより変更する回路をもうけた。

（2）撮像管

新しく開発した撮像蓄積管⁵⁾⁶⁾を、前項のカメラに収まるよう小形化し、かつ耐震形に改造した HTV-N 337 を使用した。その主要構造を図 6 に、外観を写真 2 に示したように、蓄積電極を介してイメージ部と走査部とを組合せたもので、イメージ部の外径が 3.8 cm、走査部は 2.5 cm、全長は約 18 cm である。

図 6 撮像蓄積管の構造
Image memory tube.

写真 2 撮像蓄積管 HTV-337 の外観
Image memory tube.

この撮像蓄積管は図 6 で明らかなように、通常のビジコンよりは構造が複雑であるが、宇宙観測用としての種々の特長をもっているため、予備実験を繰返した後、採用に踏切った。ロケット搭載用機器としての耐震試験¹¹⁾にも合格している。なお最高使用電圧は 360 V である。

また計測用として、画面上の位置の確認とひずみ補正に使うべく、図 7 のようなレチクルを光電面に付した。線の幅は 0.05 mm である。焦点距離 25 mm の標準レンズを使うと、レチクルで囲まれた正方形の画角は $20^\circ \times 20^\circ$ である。

図 7 レチクルの形状
Reticle pattern on the face plate of the pick-up tube.

（3）シャッター動作

撮像蓄積管のイメージ部の加速電極に正規の電圧を加

えれば、光電面からの光電子流は蓄積電極に達し、電子像が結ばれる。しかし、常時は光電面とイメージ部の各電極を等電位にしてあるので、光電子流は蓄積面に到達しない。したがって、露光時間のみ方形波電圧を加えれば、その時間だけ結像し、短時間露光を行なったことになる。露光時間はイメージ部加速電極に加える方形波電圧の幅と同じであり、シャッタートリガーに同期した可変幅パルス発生回路の $C \times R$ の時定数、あるいは直流電圧を変えることにより、連続的、かつ動く部分なしに制御しうる⁹⁾。

このことは、被写体の輝度の変化やフィルターの変更に対して自動的、純電子的に露光時間を調整しうる可能性を示している。

また、動く部分がないために、高速シャッターに適しており、予備実験では $60\mu\text{s}$ まで試みたが、パルス幅が短かすぎると加速電極、パルス回路などの分布容量のため波形が劣化し、像の質が低下した⁶⁾ ので、今回は短時間露光の限界を 0.2ms とした⁹⁾。

(4) ぶれ補正

図8の左端にある被写体が露光時間中に移動すると、光電面上の像も移動する。図9のように像の変位に対応した信号によって、それに比例する磁界を露光時間中イメージ部にかけることにより、蓄積面上での像のぶれは防止される。

変位量は直接測定されることもあるが、多くはスピニ計、ジャイロによる振動計などの角速度の値を積分して

得られる。

ぶれ補正は常時行なっていると、補正コイルの磁界が読取り走査に悪影響を及ぼすので、図9のように露光時間中のみ補正を行なった。また、光軸とスピン軸が直交する場合(2.2節)のように、変位が積算される場合(図9の右端)に対しても、この露光時のみの磁界変化が有効である。

宇宙用として、ぶれ補正回路に期待する例としては、(気象衛星 ESSA におけるように) カメラの光軸がスピン軸と直交する場合が多いことと、新しく提案⁴⁾ した機能の動作確認のため、今回の試作機は一方向のみについて補正を行なった。補正コイルは偏向コイルと同じ構造で、 $\pm 4\text{V}$ 、 $\pm 20\text{mA}$ までの小出力増幅器で駆動した⁴⁾。これにより、少なくともカメラから見た角速度 3.8rad/sec の移動体のぶれ(露光時間: 6.2ms 、画角: 11°) を補正し得ている(文献 10、図3の例)。

また、直交する2組の補正コイルを用いれば、二次元的補正は容易に行なえろと考えている。なお図1のように、回転する画面に対する補正は、この方式ではむずかしいようである。

(5) 等間隔露光モードとトリガー露光モード

4.1 節(1)項にも略記したように、読取り時間とブランク(消去、準備、露光)時間とを繰返して 1.97sec ごとに露光するのが等間隔露光モードである。

しかし、宇宙用カメラとしては、特定の現象が発生したときに露光するとか、地平線センサーなど、機上の検出器からのパルス、地上からのコマンドなどによる撮影も必要なので、トリガー露光モードを併用した。これは消去、準備ののち任意時間(図5中の $t\text{sec}$) 待った後に到来したトリガーパルスに応じて露光、撮影し、ただちに読取り時間に入る(読取りは低速走査でも繰返し走査でもよい)。走査終了後、消去、準備して次のトリガーパルスを待つ。読取・消去・準備時間中に入ってきたトリガーパルスは受け付けない。

試作機では、外部で接点を閉じることにより、トリガーパルスが発生する方式をとった。

4.2 低速走査モニター

カメラからの低速走査同期混合信号(1.4Vp-p 、白正)から映像信号を分離し、残光受像管(310KP7)で観察する。しかし残光受像管は移動体の撮影に際し、1枚ごとに異なる画像を連続観察するのに適しないことから、非残光受像管(310KB4)にさしかえて写真撮影する方法を併用した。250枚撮りニコンモータードライブカメラ(マイクロニッコール $1:3.5$ 、 $f=55\text{mm}$ 付)を用い、垂直同期信号でリレーを動作させ、垂直走査時間中パルス露光を行なう。シャッターを閉じた直後にフィル

図8 撮像ぶれ補正磁界による電子像の移動
Principle of the image motion compensation.

図9 撮像ぶれ補正方法
Relationship between the displacement of the image, image compensation signal and exposure time.

ムは自動的に巻上げられ、垂直同期信号とともに露光が繰返される⁹⁾。

なお、現用のモータードライブカメラでは、フィルム巻上げ、シャッター膜の走行などに約 0.25sec 必要であり、ブランク時間 (0.18sec) よりわずかに長い。限られた帯域幅の中での情報量を増すために、ブランク時間をできるだけ短く選んだためであり、現在ではやむをえず、低速走査モニター像は 1 フレームおきに撮影している。

この欠点は、宇宙観測などの本格的使用のためには許されないで、水平走査のみを行なう受像管上の走査線を、垂直方向に等速移動するフィルムに撮影するカメラを後日製作した¹⁰⁾ことによって問題は解消した。

本報告中の画像例は、いずれも本項のモータードライブカメラ方式によるものである。

4.3 繰返し走査

撮像蓄積管では、ビジコンと異なり走査速度を変えても信号強度が変化しない特長⁶⁾を利用し、カメラ側でスイッチを切換えることにより繰返し走査も可能にした。これは図 5 下方および表 1 右欄のように、垂直走査時間中にフレーム周期 15.4ms、水平周波数 15.6kHz、インターレースなしのフレームを 116 枚繰返し送るもので、画像は標準モニター上で容易に観察することができる⁹⁾。

この繰返し走査信号は、表 1 のように約 4MHz の映像帯域幅を有し、無線による狭帯域伝送は不可能である。しかし、映像を標準モニター上で見るができるということは、低速走査のみしか使えぬ場合に比してきわめて便利であり、カメラの調整、試験撮影直前の焦点、露光量のセット、動作させたままでの環境試験など、研究・開発段階におけるテスト用に有効であった。

5. 動作試験

5.1 静止像の撮影

静止している標準テストパターンの撮影例を写真 3 に示す。等間隔露光モード、低速走査にセットしたカメラに、ニッコールレンズ 1:1.2、 $f=55\text{mm}$ をつけ、絞り:4、露光時間 30ms で撮影したものである。テストパターンの白円 (最大輝度) 部分の輝度は約 1,000 fL であった。

5.2 シャッター速度測定

4.1 節(3)に述べたシャッター動作において、イメージ部加速電極に印加した電氣的シャッターパルス幅と、実際に露光が行なわれた時間との一致を確認する必要がある。しかし、蓄積形撮像管の場合は、露光と読取りが同時刻でないために、JIS B 7109 “レンズシャッター”、同 7126 “フォーカスプレキシャッター”におけるよう

写真 3 静止像例

Slow scanning picture of the resolution chart.

に、光の透過時間をパルスカウンターで直接測る方法は使えない。そこで、下記の方法で移動する物体を撮影し、その移動量とシャッターパルス幅 (シンクロスコープによる) との関係求めた。いずれも誤差 10% 以内に入っている。

(1) 回転円板による測定

放射状の 3 本の黒線を描いた直径 40cm の白紙を回転させながら撮影すると、外周部の黒線は幅が広く写る。その移動距離を実測し、その位置の半径、回転速度から露光時間が求まる³⁾。測定値と印加シャッターパルス幅との関係を図 10 に示す。図中 □ 印は 387rpm、△ 印は 495rpm での測定である。

(2) 標準テレビ放送水平走査線による測定

前項の方法は、高速シャッターに対しては、より早い

図 10 シャッター速度測定結果

Measured exposure time compared with the shutter pulse width applied to the electrode of the image section.

回転を必要とするため、高速で移動する被写体として標準放送用テレビ受信機の走査輝点を利用する方法を併用した。

標準放送受像中の画面を低速走査カメラで撮影し、写っている水平走査線の本数および水平走査周期 $63.5\mu\text{s}$ の積として求めた露光時間と、印加したシャッターパルス幅との関係を求めるものである。図 10 中に○印で測定結果を示す⁹⁾。テレビ受信機とカメラの水平走査線は互いに直交するようににおいてある。露光時間の短いときは、カメラを受像面に接近させて、画面の一部を拡大撮影することにより、水平走査線数を数えやすくした。その端数を正確に求め得ないために、 τ の短い場合に誤差がやや増大している。露光時間 $\tau=0.74\text{ms}$, 0.19ms のときの例を写真 4 に示した。水平走査線が一部分しか写っていないのは、放送中の画面に濃淡があったためである。

(3) 輝点による測定

前項の方法では受像管の残光によって誤差を生ずる可能性があるので、移動する輝点を撮影し、フィルム上の黒線の長さを測る方法も併用した。小電球を入れた箱を回転円板上に固定し、外壁にあけた小孔を輝点として使う。カメラはトリガー露光モードにしており、輝点が画

写真 4 標準放送水平走査線の撮影による露光時間測定
Horizontal scanning times of standard broadcasting picture by short exposure time.

面中央に近づくにつれ接点によりトリガー信号を得てシャッターが動作する。実測値と印加パルス幅との関係を、図 10 中に $\times$ 印で示した。

5.3 撮像ぶれ補正

移動する被写体に対して撮像ぶれ補正回路を動作させて解像度の低下を防いだ例を写真 5 に示す。3 枚とも撮像条件 ($\tau=30\text{ms}$, 絞り: 5.6, 白部輝度: 約 $1,000\text{fL}$) は同一であり、下半分のテストパターンはカメラ正面に

写真 5 撮像ぶれ補正方式の効果

Effect of image motion compensation. (Lower half test pattern in not moving)
(a) Upper half is also not moving. (b), (c) Upper half test pattern is moving horizontally.
(b) Image motion compensation circuit is not used. (c) Compensation circuit is used, so lower half is seen as if it is moving.

固定されている。

上半分のテストパターンは、(a)では静止しているが(b)、(c)ではカメラから $H=80\text{cm}$ 前方で、 $V=139\text{cm/sec}$ の速度で水平方向に移動している (78rpm で回転する水平円板の外周半径 17cm の位置に垂直に取付けである)。カメラは低速走査、トリガー露光モードの状態、移動するテストパターンが正面に来たとき、接点でトリガー信号を出し、露光が行なわれる。5.1 節と同じレンズを使い、画角 $\beta=11^\circ$ なので、(3)式にこれらの値を代入すると $r_m=3.7$ となる。すなわち、露光中に画面幅の $1/3.7$ も像が移動するわけで、(b)図の上半分が示すように、許容し難いぶれ量である。

(c)は被写体の速度に比例した電圧を積分して得た変位信号によって、4.1 節(4)項のぶれ補正回路を動作させて、ぶれを止めた例である。上半分のテストパターンは、(b)におけると同じ速度で水平に移動しているにもかかわらず、見かけ上静止し、その代り下半分がぶれている。またレチクルは上下ともぶれている。これらの現象は、ぶれ補正方式が期待どおり動作したことを示している。

6. む す び

移動体の撮影に要するシャッター速度を検討するとともに、高速シャッター性能および撮像ぶれ補正機能を有する狭帯域テレビ装置を試作して、移動体撮影能力を確かめた。

宇宙観測を目標としたものではあったが、今回は可能性を検討するための試作機であり、画質(解像度、ひずみ)、カメラの重量、所要電力など残された問題も多い。送受信機を通しての試験、低速走査モニター以外の地上記録装置、走査変換装置などについては、今後の実験をまわって報告したい。

なおこの研究は、東大宇宙航空研究所観測ロケット特別事業の一環として行なったものである。

ご指導、ご討論いただく東大 高木昇名誉教授、斉藤成文、野村民也教授、林友直助教授他に深謝するとともに、実験を担当された東大宇宙研 佐下橋市太郎、綾部広一、吉田安徳の諸氏、撮像蓄積管および装置の開発設計、製作を担当された浜松テレビ KK 鈴木義二、倉沢一男、土屋裕の諸氏などのご協力を付記して、これを謝す。

(昭和 44 年 7 月 7 日 受付)
(昭和 44 年 8 月 18 日再受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 丹羽: 宇宙観測用テレビジョン装置 (解説), テレビ誌, 22, 4 (1968) 270-279
- 2) 斎藤, 丹羽, 野村: ロケット搭載用テレビ方式の問題点, 信学会宇宙航行エレクトロニクス研資料, ANE-67-12 (1967, 10, 30)
- 3) 丹羽, 倉沢, 鈴木: ロケット搭載用テレビカメラシャッターの高速化, 昭 42 年信学全大予, 234
- 4) 倉沢, 丹羽: テレビカメラにおける撮影ぶれ補正方式, 昭 42 年信学全大予, 235
- 5) 鈴木: 撮像蓄積管, 第 3 回テレビ全大予, 3-11 (1967)
- 6) 鈴木, 倉沢: 小型撮像蓄積管, テレビ学会電子装置研資, No. 26 (1968, 5)
- 7) 丹羽: ロケット搭載用テレビジョン装置について, テレビ学会伝送研資, No. 4-6 (1968, 3)
- 8) 丹羽: 電子シャッター付低速走査テレビジョン装置の試作, テレビ学会産業応用研資, No. 8-1 (1968, 7)
- 9) 丹羽, 佐下橋, 綾部: 電子シャッター付狭帯域 TV 装置による移動像の撮影, 第 4 回テレビ全大予, 11-3 (1968)
- 10) 丹羽, 野村, 斎藤: ロケット搭載用テレビジョン装置の試作, 昭 44 年電気四学会連大予, 2232
- 11) 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(総合報告), 信学誌, 50, 6 (1967) 1095-1132
- 12) カッパ 9M による TV 送像実験 (ニュース欄), テレビ誌, 20, 9 (1966) 652
- 13) 草薙ほか: ロケット搭載テレビカメラ用シャッター, 第 1 回テレビ全大予, 11-6 (1965)
- 14) 安藤ほか: ビジコンのバルス走査, 第 1 回テレビ全大予, 3-2 (1965)

<付 録>

アベックスシステムによる露光量の表示法

被写体の輝度や露光量を論ずる際、絞り値とシャッター速度の 2 つの情報を伝えねばならぬ不便さをさけるための表示法である。

下表が、被写体の輝度、感光材料の露光指数、シャッター速度(sec)、絞りをそれぞれ BV, SV, TV, AV で示した値であって、露光量 (EV) は輝度とフィルム感度できまるから、

$$EV = BV + SV$$

その要求を満たすための絞り値とシャッター速度は、

$$EV = AV + TV$$

を満足する任意の組合せを選定しうる。

fL	BV	ASA	SV	シャッター 速度	TV	絞り	AV
1	0	3	0	1	0	1	0
2	1	6	1	1/2	1	1.4	1
4	2	12	2	1/4	2	2	2
8	3	25	3	1/8	3	2.8	3
16	4	50	4	1/15	4	4	4
32	5	100	5	1/30	5	5.6	5
64	6	200	6	1/60	6	8	6
125	7	400	7	1/125	7	11	7
250	8	800	8	1/250	8	16	8
500	9	1600	9	1/500	9	22	9
1000	10	3200	10	1/1000	10	32	10
2000	11						
4000	12						