撮 像 管 の 運 用 と 管 理

NHK 技術本部 安 國 五 雄

カラーカメラの性能向上、小型カラーカメラの軽量化などが、強く要求されている一方で、運用経費の低廉化も、現実の大きな課題のひとつである。撮像管の運用にあたっては、その特性の長所を生かし、不足な点は、どのように補うか回路的手段を含めた画質改善技術が、カラーカメラの性能を決定する要因となる。また、撮像管は一般的に高価であるので、その管理の方法が運用経費の大小に深くかわり合いをもってくる。本文では、現在使用しているライブカメラ用撮像管の問題点とその画質的改善技術ならびに管理手法を中心に紹介し、さらに撮像管の運用状況にも触れた。

1. ま え が き

撮像管は、カラーカメラの開発設計に当って、その性能を決めるキイパーツであり、かつカメラを長い期間運用してゆくに当って、一定の性能を維持してゆくにもきわめて重要なパーツでもある。

現在、ライブカラーカメラ用撮像管は、イメージオルシコンの時代を終えて、光導電型撮像管が隆盛をきわめている。これらのうちブロッキングタイプの撮像管（プランビコン、サチコン、ハイセンシコンなど）は、各特性のバランスが良く、安定で、かつコスト的にも低廉化に向っているのが特長としてあげられる。しかし、残像、解像度、コメットテール、額縁現象などについては、回路的手段で補正されているので、カラーカメラの画質として高品位に保たれている。また焼付き、膜きず、感度を含めたこれらの特性は、撮像管の寿命の限界を決める要因ともなり、その“廃棄基準”のあり方が撮像管を効率的に運用することの決め手となる。

撮像管の寿命時間については、その性能によるところが大きい。カラーカメラの使い方（運用形態）による点も大きいので、単純な時間表現には注意する必要がある。つまり、連続運転と間欠運転のカラーカメラで使った場合、同一品種の撮像管でもその平均的寿命時間に差異があり、前者の方がかなり長いことがフィールドデータで実証されている。

2. 撮 像 管 の 運 用

撮像管の運用で重要なことは、カラーカメラの設計に当って、撮像管の特性上の長所を生かし、短所を補って、充分な画質と安定度を得るように設計的に考慮すべき点と、カラーカメラの運用に際して、撮像管の損傷防止にも配慮するなど、本来の撮像管の性能を充分に発揮させてゆくことが、運用上、重要なポイントと考えられる。

2.1 設計的に考慮すべき事項（表1）

2.2 運用上考慮すべき事項（表2）

2.3 撮像管の種類と規格

表 1

要 因	補 償 手 段
容量性残像	バイアスライトによる改善
解 像 度	輪郭補償回路による補正
コメットテール	ACT または ABO による改善
額 縁 現 象	パラボラシェーディング補正
シェーディング	シェーディング補正
焼 付 き	カメラ電源 OFF 時のレンズ絞り close

表 2

要 因	取 扱 い 注 意 項 目
ハイライト焼付き	電源 OFF 時のターゲット面へのハイライト入射防止。 いったん焼付いた場合、電源 ON、OFF の繰り返し、または数時間の休止により回復する。
カソードのエミッション	予備撮像管など長期間保管する場合は、1年ごとに現用管とローテーションするか、1年に1回エージングすることが望ましい。

“Maintenance and Operation of Television Camera in Broadcasting Station” by Ito Yasukuni (Headquarters of Technical Administration and Construction, NHK, Tokyo)

表 3 撮像管規格一覧表

管 種 項 目	1" ACT プランビコン			1" プランビコン			2/3" プランビコン			2/3"サ チコン	2/3"縮 小管	1 1/4" プランビコン			1 1/4" ハイセンシコン		
	XQ 1085 R	XQ 1080 G	XQ 1080 B	XQ 1075 R	XQ 1075 G	XQ 1070 B	XQ 1427 R	XQ 1427 G	XQ 1427 B	H8397	H9336	XQ 1025 R	XQ 1020 G	XQ 1020 B	E 5055 R	E 5040 G	E 5040 B
中央振幅変 調度 400 TV本 (%)	min 35	35	40	35	37	45	320本 30	320本 38	320本 40	35	30	45	40	45	50	45	50
周辺 " (%)	min 25	25	30	25	25	31				20	10	30	25	31	35	30	35
焼 付 き $t=30s$ (sec)	max 10	7	7	10	5	5	7	5	5	5	5	10	5	5	10	5	5
感 度 ($\mu A/lm$)	min 75	125	32	90	130	32	75	125	32	R 75 G 125 B 70	R 75 G 125 B 70	90	130	32	90	130	32
残 像 50ms (%)	max 4.0	4.0	4.5	5.0	4.0	5.0	2.0	1.5	2.0	4.0	3.0	5	4	5	5	4	5
200 ms (%)	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	2.0						2	1.5	2	2	1.5	2
アライメント 電流 (mA dc)	max 20	20	20	20	20	20	20	20	20	2G= 20mA	2G= 20mA	5	5	5	5	5	5
ビーム遮断 電圧 (V dc)	-45 -110	-45 -110	-45 -110	-35 -100	-35 -100	-35 -100	-30 -80	-30 -80	-30 -80	-55~ -100	-55~ -100	-30 -100	-30 -100	-30 -100	-30 -100	-30 -100	-30 -100
出力静電容量 (pF)	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	4.5	2.5	2.5	2.5	3.5	3.5	max 6.0	max 6.0	max 6.0	max 6.0	max 6.0	max 6.0
映像出力均 一度 (%)	max 15	15	15	20	15	15	15	15	15	15	20	20	20	15	20	20	15
ガン マ	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.95	0.95	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1	0.9~1
暗 電 流 (nA)	max 1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
マイクロホ ニー (sec)	max 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5
カ ラ ー カ メ ラ	TK-301AK PK-33AK AK-937 ほか			TK-301A PK-33 ほか			NHK-I 形 MNC-61			NHK-I 形 " II 形 HK-309 ほか		12PS-71 PK-31 PC-60 ほか			12PS-71 PK-31 ほか		

現在、主に放送用カラーカメラに使用されている撮像管の種類と各特性規格値を表3に示す。

特性規格値は購入試験の規格値であり、データの代表値にくらべれば余裕をもっている。さらに、各撮像管を使用している主なカラーカメラも記載した。

2.4 撮像管の問題点と画質の改善技術

カラーカメラの画質的品位は、当該撮像管の特性のすぐれた点は生かし、不足な点は回路手段などにより、物性的にあるいは視覚的に補償することにより決まってくる。最近のカラーカメラの画質の改善手法について述べる。

2.5 残像の改善

光導電型撮像管の残像には、光導電性残像と容量性残像とがあるが、ブロッキング型ターゲットのものは後者が主要因であるといわれている¹⁾。この改善のために、

バイアスライト用光源を光学プリズムあるいは撮像管の中のライトパイプを通してターゲットに供給する手法が採られている。

最近の小型カラーカメラ用 2/3 インチサチコンのバイ

図 1 2/3 インチサチコンのバイアスライト量と残像値

アスライト量をパラメーターとした“残像特性”を図1に示す。

プランピコン、ハイセンシコンなどを使用した標準カラーカメラ、あるいは2/3インチプランピコンを使用した小型カラーカメラにおいても同様に“バイアスライト”が利用されており、改善効果をあげている。

2.6 額縁補正

光導電膜をもつブロッキング型ターゲットの撮像管はとくにバイアスライトを使用した場合、画面の周辺が立ち上がる、ちょうど白い額縁のような現象を生ずる。2/3インチサチコンを例とした場合、最近のものは改善されてきているが、現在使用しているものの代表値として水平、垂直とも基準レベルに対して3%程度が認められる。しかしカメラ側の補正回路で補っているの、ほとんど問題となっていない。

図2にサチコンの額縁現象を、また図3に額縁補正回路を示す。

2.7 コメットテールの軽減対策²⁾³⁾

光導電型撮像管を使用したカラーカメラでは、ハイライトの被写体に対してビーム不足に起因するコメットテールや、ブルーミング現象があり、以前からこの改善が望まれていた。1インチプランピコンではすでにACT(Anti Comet Tail, XQ 1080 シリーズ)管が発表されており、昭和48年秋以降、NHKホールの標準カラーカメラを初めとして使用してきている。しかし、小型カラーカメラ用のACT管は開発されていないため、小型カラーカメラの活用頻度が増大するにつれて、いっそうコメットテールの防止対策が要求されていた。

この問題点を軽減、防止する手段としてABO(Automatic Beam Optimizer)システムをNHKと日立グループが共同で開発しIC化したものを、昭和52年度以降整備した小型カラーカメラに実装し運用している。その結果、小型カラーカメラのダイナミックレンジを広くする目的において好評を得ているので、概要について述べる。

(1) ABO システム

小型カラーカメラに実装するために開発したABO-ICは、次のとおりである。

HA-11252 ……ヘッドアンプ

HA-11253 ……プリプロセス

HA-11254 ……ビーム制御部

実装する方法として、これらのABO-ICをすべて使用する標準的なシステムABOと、既

図2 額ぶちの現象

図3 額縁補正回路系統図

設計のカメラにあとからビーム制御部のみを実装する簡易型ともいえるシステムの2つの方式を採用しているが、前者について述べる。

この方式は、NHKⅢ型ハンディーカメラに採用した方式である。

この回路の系統図を図4に、ビーム制御回路を図5

図4 標準型 ABO システムの概念系統図

図5 ビーム制御部

写真 1 ABO 基板

写真 2 Ⅲ型ハンディーカメラ

に、また、写真1、写真2にABO基板と、ハンディーカメラを示す。

HA-11252, HA-253 を使用したヘッドアンプ、プリプロセスは、全般を直結方式にし、クランプ回路を省略することにより、クランプノイズやストリーキングを改善することができた。

(2) 性能

小型カラーカメラにおいて得られた性能は表4のとおりである。

(2) 運用結果

ABO-IC をカメラに実装し運用した結果、被写体の条件によって、コマットテールを完全には防止できない部分もあるが、改善感が大きく好評である。

窓際で空をバックにして逆光で動く人物や、蛍光灯の入る画面などは、とくに改善感が強い。したがって、ア

表 4

ABO システム		
項 目	標準型 ABO	簡易型 ABO
改善ダイナックレンジ	基準信号電流から4レンズストップ	3ストップ
基準信号電流	200 nA	
ビームセット	基準信号電流の3～2倍	
消費電力	1.8 W	1.75 W

イリス調整などカメラ操作が容易になるので、カメラの運用性が向上している。

2.8 撮像特性⁴⁾

プランビコンとサチコンとは、撮像特性において幾分異なっている。

サチコンを用いた小型カラーカメラの撮像特性については、その運用上、1インチ3プランビコンカメラとともに使用することが多いことから、プランビコンカメラと色再現が一致するように設計している。

当初、サチコンを使用したカラーカメラは、肌色の再現性がプランビコンカメラにくらべて赤みを帯びて見えるといわれてきた。この原因を調べるために、ショットベリリ・フィルター* を撮像して、サチコンカメラとプランビコンカメラの撮像特性を比較したのが写真3である(この場合、両カメラの3色分解系プリズムの分光特性は同一であり、従来の1インチプランビコンカメラの撮像特性と同じものを使用した)。

これより、Rチャンネルの撮像特性が互いに異なっていることがわかる。このRチャンネルの違いが肌色の再現に影響している。プランビコンカメラでは、Rチャンネル撮像特性のピーク波長は約595 nm であり、急しゅんな特性をもっている。一方、サチコンカメラではピーク波長が約605 nm であって、長波長側にふくらんだ特性となっている。

一般に日本人の肌色は600 nm 付近で長波長側にステップ状に立ち上るスペクトル特性を持っている。したがって、肌色を撮像すると、サチコンカメラのほうがプランビコンカメラよりRチャンネル信号が大きくなり、再現画像ではサチコンカメラのほうが赤みを帯びて見えることになる。

最近の小型カラーカメラでは、このような肌色再現の差をなくし、プランビコンカメラの撮像特性と合致させるために、カット波長640 nm の赤外カットフィルター

写真 3 赤外カットフィルター挿入前のサチコンカメラと標準プランビコンカメラの撮像特性の比較

* ショットベリリ・フィルター: 400 nm～700 nm までのスペクトル色が連続して印刷されている透過型パターン。

写真5 赤外カットフィルターを挿入したⅡ型ハンディーカメラと標準3プランビコンカメラの撮像特性の比較

を挿入してある。これを用いると、写真4のように両カメラの撮像特性はほぼ等しくなる。赤外カットフィルターは、プリズムの前に入っているダミーガラスに蒸着してある。このフィルターを挿入したことによるカメラの感度低下は、 F 値で $1/5$ 以下にとどまっている。

以上の結果、サチコンとプランビコンの両カメラの色再現性の違いは、再現画像で識別できない程度に近接させることができた。

2.9 耐環境性

カラーカメラを運用する環境について、撮像管からみた場合、画質に影響する要因として、温度による“焼付き”の増減がある。撮像管のフェースプレートの温度を $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{C}$ を基準にみた場合、 20°C で $1\sim 2\%$ のネガの“焼付き”が、また 50°C 以上の温度ではポジに焼付くものもあったが、その後改善されてきている。

ほこり（ごみ）も画質劣化に影響する要因としてあげておきたい。とくにフェースプレートにフレヤー防止用チップをもたない撮像管は、フェースプレートにごみが付着した場合、光学像がフォーカスする面に近接しているためその陰影が目立ち易いので、運用上注意したい。

機械的振動あるいはドラム（太鼓）などの音によりマイクロホニーを生ずることがあるが、最近のものはメッシュ電極の材料が選択され、その剛性が改良されている

図6 低ブルーミング SIT 管の実測値

ので、大きな問題にはなっていない。

2.10 超高感度管 (SIT* tube) の問題点

被写体の照度が数 lx でも撮像できる SIT カラーカメラは特殊な条件のもとでは有能なカラーカメラであるが、放送用カラーカメラとしては画質の点で難点がある。ブルーミングについては幾分改良されたが S/N 、残像も含め、いっそうの改善が望まれる。現在使用しているブルーミング改良型 SIT 管の実測値を図6に示す。

3. 撮像管の管理

撮像管は、カラーカメラの画質を決めるキイパーツであり、また一般的に高価であるので、その管理に当っては全国的な視野での画質品位の統一と、コストの低廉化をねらいとした考え方が基本となる。

例えば、“撮像管の廃棄基準”は、下限画質品位つまり寿命の限界を決める判断の一助となり、また同一品種の一括購入はコスト的な有利さに結びつくものと考えられる。しかし、これらを成就するには各放送局間の緊密な情報連絡が必要な条件となる。情報連絡の手段として撮像管の補給整備に際し使用する“保有状況調査票”また初期故障（不良）時に使用する“調査依頼票”があるが、ここでは“整理カード”を一例として示す。

3.1 撮像管の整理カード

すべての撮像管は“整理カード”を持っている。

これはいわば撮像管の身分証明書と履歴書ともいうべきもので、初期の特性データから経理的データ、さらには、使用時間などの履歴に至るまで記入できるようにしている。

当該撮像管の、ゆり籠から墓場までの経歴は、このカード1枚で大概わかる仕組みになっている。図7、図8に整理カードを示す。

3.2 撮像管の寿命原因

光導電型撮像管の寿命原因は、ターゲット膜に生ずる障害が最も多いが、使用時間が、ほぼ5,000時間を越えるものについては、カソードのエミッション不良によるものが多い傾向にある。

図9は不良となった1インチプランビコンのサンプルしたものの寿命原因の分布を示す。

昭和46年の使用当初は、カメラ電源のOFF状態で長時間の入射光による“焼付き”の発生、またターゲットリングと管壁に手あかやセロテープが付着して、ノイズを生じた現象など、使用の不慣れによる不良発生もあったが、現在は品質の安定化と使用する側の熟達により寿命時間が10,000時間を越えるものも珍らしくなってきた。

* SIT: Silicon Intensifier Target

図 10 1 1/4 インチ形プランピコンの寿命原因分布

間を越えたものに多い。

1 インチ ACT 管の寿命は、XQ 1070 シリーズにくらべほとんど変わらないが、あるスタジオのカラーカメラでは平均的には短くなっている。これは演出上、直接スポットライトが画面に入るなど、運用条件の過酷さと画質評価のきびしさが life span を決めていることは、品質の評価に当て見逃せない大事な点である。

2/3 インチサチコンは、使用当初プランピコンでも経験してきたように“マイクロホニー、膜きず、残像、焼付き”に対して、実用上、多少問題もあったが、その後のサチコン膜の改善、電極の改善により運用上支障のないレベルに特性も向上し、現在安定期に入っている。さらに今後のフィールドデータに注目し、特性の改善資料を提供することで、一段の品質向上に役立てたい。

3.3 撮像管の廃棄基準

廃棄基準の設定の目的は、全国各放送局における、撮像管に起因する画質品位の下限値のばらつきを少なくすること、寿命延長による運用経費の節減に大きなねらいがある。したがって実行に当たっては、障害の程度を定量的かつ客観的に評価できることが望ましい。

しかし、廃棄の諸要因としての膜きず、残像、焼付きおよび解像度不良など、各放送局ですべて計測器で測定するのは現状では困難であるので、当面“評価基準”として活用しやすく、かつ効果が期待できる“膜きず”を中心とした“廃棄基準”を設定している。

廃棄の要因としての“残像”については、当初“残像”が原因として主観評価により廃棄された撮像管について定量的に調査した結果、画質に影響する妥当性が認められた。したがって、残像について現在は映像管理担当者の主観の評価によって寿命の限界を決めているのが実態であるが、使用を開始して 3,000~4,000 時間で不良となっている例が最も多い。

カソードのエミッション不良は、使用時間が 5,000 時間を越えたものに多い。

24 時間運転するカメラの撮像管では 10,000 時間を越える長寿命のものもあるが、そのほとんどはカソードの

エミッション不良で寿命が尽きる。

焼付きは、使用時間よりもむしろカメラの使用状態によって生ずることが多い。ハイライトの被写体を長時間撮像したり、電源を入れないでハイライトを入射させた場合など“焼付き”を呈するが、その程度のいかんにより、いったん電源を OFF することで回復するものから、数時間から数十時間 OFF することで消滅するものもある。最近の小型カラーカメラは、電源の OFF 状態ではレンズ絞りがクローズになるようにカメラ設計側で配慮しているので、この種の“焼付き”は未然に防止できるが、いずれにせよ使用する側の気の配り方も肝要と思われる。

3.4 “廃棄基準”作成、運用の基本概念

(1) カラーカメラの画質を劣化させる撮像管の諸要因について評価する基準は、実際にカラーモニターで観察し、視覚的な影響の程度はどうか、ということに基本をおくことにしている。

(2) 3 管式カラーカメラにおいて撮像管の画質劣化の影響度は、グリーン、レッド、ブルーのチャンネル別にウェイトが異なる。したがって、膜きずの“廃棄基準”にも G, R, B のチャンネル順にウェイトをかけている。

(3) 画質劣化の諸要因について、定量的かつ客観的な評価基準とする必要があるが、現実の問題として、撮像管の品種、カメラの機種、制作番組の種類、内容などにより、撮像管の廃棄の限界を一定の線で定めるのは困

図 11 撮像管を life end とするルーチン

表 5 撮像管の廃棄基準 (Gチャンネルの一例)

管 種	項目	廃 棄 基 準			
プランピコン	きず	きずの大きさ、レベル、数量ならびに位置について次のとおり基準を定める。			

(1) 白きずのチャンネル別廃棄基準表（許容限界）→許されるきずの数

Green 管、 膜きずの大きさ	zone きずのレベル	0.10(V) ≥ きずのレベル		0.10(V) < きずのレベル	
		第 1	第 2	第 1	第 2
		第 1	第 2	第 1	第 2
走 査 線	6本 ≤ x*	0	0	0	0
	4 ≤ x	0	0	0	0
	3 ≤ x	0	2	0	0
	2 ≤ x	1	3	0	1
	1 ≤ x	2	5	1	2
	1 > x	4	7	2	3

* きずの大きさ

(2) きずの集合（廃棄限界） 大きさ、走査線2本以上のきずが 1/4 (Height) の円内に5個以上発生した場合。

(3) 黒きず 白きずに準じて基準を適合するが、あくまでもカラーモニターによる画質劣化の影響の大きいものについて廃棄する。

難な点が多い。したがって最終的には映像管理担当者の判断によることになるので、寿命限界を決める判断の一助になるものとして定めている (図 11)。

3.5 廃棄基準

撮像管の廃棄基準の一例として、プランピコンのGチャンネルのものを表5に示す。

4. む す び

ライブカメラ用撮像管はイメージオルシコンの時代を終えて完全に光導電型撮像管の時代に入っている。社会的要求に応じて、高品位のスタジオカメラ用撮像管から小型カラーカメラ用の撮像管と、多品種の光導電型撮像管の時代がしばらく続くものと推測されるが、これから新しく誕生する撮像管は、さらに品質のすぐれたもので

あることと、そのときの社会的要求に合致したものが広く普及するものと思われる。

すぐれた品質とは静特性のバランスの良いものであることはいうまでもなく、安定度と寿命にもすぐれ、さらにコストの低廉なものであることを強調しておきたい。

昭和47年度から53年度までの7年間のNHKにおけるテレビカメラ台数と、その運用に要した撮像管の維持運用費の推移をみた場合、カラーカメラ台数でおよそ1.6倍、カメラ台数 (モノクロカメラ含む) で1.2倍に増加したにもかかわらず、維持運用費は約65%と小さくなっている。イメージオルシコンに代わる光導電型撮像管の安定した品質と、使用する側の熱達による寿命の延長、ならびに価格の低廉化によって運用経費が節減できたことは、きわめて意味が大きい。

将来、固体撮像デバイスの時代の到来が予測されているが、画質品位のみならず、コスト、運用経費の低廉化にも期待したい⁵⁾。

しかし、そこに至るまでにしばらくは高品位で多品種の光導電型撮像管の時代がつづくものと思われるので、運用管理の側面からも注目してゆきたい。

以上、撮像管の運用と管理について述べてきたが、幾分でも参考になれば幸いである。

稿を終るに当り、機会を与えて下さった中村部長、後藤、田辺各担当部長、ご指導をいただいた杉本主管、また障害情報の収集、等に御協力をいただいた関係各位に深く感謝を申し上げます。

(昭和54年1月8日受付)

【参 考 文 献】

- 1) 西田：光導電形撮像管，テレビ誌，28，11 (1974) 859-865
- 2) 安国ほか：ABOシステムと小形カラーカメラへの応用，テレビ全大 (1978) 75
- 3) 安国，大西：ABOシステムと，その運用結果，NHK技研月報，Jul. (1978)
- 4) 鈴木，北原：NHK II形ハンディカラーカメラ，NHK技研月報，Oct. (1977) 417-420
- 5) 二宮，和久井ほか：撮像工学，コロナ社 (1975)