NHK におけるカラーカメラの開発¹⁾

NHK 総合技術研究所 和久井孝太郎

われわれの社会には、いろいろなシステムが存在するが、これらのシステムにおいて重要な役割りを果たすものが入出力装置である。このような意味あいにおいても、カメラの研究はテレビの発展にとって大切なものであるが、ここでは NHK におけるカラーカメラの研究、開発の経過をふりかえると同時に、今後の進展について検討した。

1. ま え が き

われわれの社会には、いろいろなシステムが存在するが、これらのシステムにおいて重要な役割りを果たすものが入出力装置である。

すなわち、この部分の性能によってシステムの形態や質が左右されることが多い。テレビシステムでは、カメラや受像装置、視覚系などがこれにあたる。

テレビの先輩格にあたるラジオや音響の分野における今日までの努力をみても、入出力装置であるマイクロホンやスピーカーなどの改良に大きな努力が払われてきたことから、このことがうかがわれる。

このような意味においても、カメラの研究はテレビの発展にとって大切なものであるが、ここでは NHK におけるカラーカメラの研究、開発の経過をふりかえり、さらに今後の発展について検討する。

現在につながるカラーカメラの研究は、昭和 26 年に始められた。これより昭和 30 年代の中頃までが研究の第 1 フェーズで、主として方式的な検討や調査に力がそそがれた。

昭和 30 年代の後半から現在に至る第 2 フェーズでは、特性改善や実用化に多くの努力が払われた。

今後は第 3 フェーズに入ることになるが、システムの質的な向上や、さらに大きな可能性を発見するために、視聴科学や撮像素子などの基礎的な研究の進展を基盤としての研究開発が、さらに強化されるだろう。

このように、カラーカメラの研究開発には多くの要素があり、NHK におけるカラーカメラの進展は、多くの先輩、関係諸氏の努力によるものである。

2. カラーカメラの研究、開発の変遷

近年における NHK のカラーカメラの調査検討は、戦後まもなく開始された。具体的にカラーカメラの研究試作に着手したのは昭和 26 年であった。当時ただちに具体化しうる方式として、フィールド順次式を採用することが良いと考えられたので、カラーテレビにおけるいろいろな特性の調査を行なうことを主眼として、CBS 方式のカラーカメラの開発が計画された。

昭和 28 年からは現在の標準方式である NTSC 方式の研究に切換えられ、昭和 31 年末には NHK カラーテレビ実験局が開局された。これらの成果は、昭和 35 年のカラーテレビ本放送開始へと引継がれた。

NHK における、最も新しいカラーカメラの開発は、CCS カラーカメラと呼ばれる昭和 43 年に完成した I.O + 3P 形式の中継用カラーカメラと、3P 形式のスタジオ用カラーカメラである。表 1 は昭和 26 年から昭和 43 年までの、NHK におけるカラーカメラ（主としてライブカメラをとりあげた）の研究・開発年表である。なお、カラーカメラに密接な関係のある周囲の情勢や関連研究の状況も、できるだけとり入れた。

3. カラーカメラの研究、開発の方向

カラーカメラは、図 1 に示したように、System Engineering, Material & Device Engineering, Assemble Engineering などに属する、いろいろな技術要素のからみ合いにおいて成り立っているものであるから、研究には、総合的な協力態勢が必要であり、実用化開発には、needs と各技術要素の進展状態を把握して、適切な目標とタイミングを決定しなければならない。

現在、各方面から出されている放送用のカラーカメラに対する要望の主なものを整理すると次のようになる。

¹⁾ "Development of Color Camera in NHK" by Kotaro Wakui (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

表 1 カラーカメラ開発に関する年表

昭和(年)	カラーカメラの開発	その他の特記事項
26	・フィールド順次式カラーカメラの試作研究を開始した。	・米国CBSカラーの商業放送開始(7月)。 ・朝鮮動乱発生のためCBSカラー放送を中止(10月)。
27	・NTSCフィールド順次式カラーカメラ(CBS方式)完成(2月)。 ・放送記念日(3月22日)には技研スタジオでフィルム、人物などを撮像し、4000MHz マイクロ中継によって会館スタジオでカラー画像を公開した。 ・東京三越本店で一般公開(6月)。 ・公開実験と並行して送像フィルター、色、照明の研究を行なった。	・テレビ学会誌に初めてトランジスタの解説記事が掲載された(6月)。
28	・NTSCカラーテレビ方式の研究を開始した。 ・イメージオルシコン、ビジコンの国産化研究。 ・CBS方式カラーカメラ東京、仙台、札幌、新潟、小倉で公開。 ・NTSC同期信号盤製作。 ・カラーテレビ用高色温度電球の研究を行なった。	・NHK東京テレビジョン局開局(白黒テレビ(2月))。 ・商業テレビNTV開局(8月)。 ・米国において10社18台のテレビ受信機によってNTSC方式のフィールドテストが行なわれた(3月)。 ・ニューヨーク、ウォルドーフ・アストリア・ホテルにおいて、FCCに対するNTSC方式のデモンストレーションが行なわれた(10月)。 ・FCC、NTSCカラーテレビ方式を承認。 ・テレビ学会誌にダイクロックミラーの記事が掲載された(12月)。
29	・NTSCカラーテレビ方式研究のため3Vカラーカメラの試作研究を行なった。 ・干渉フィルターの研究を開始した。 ・カラーコーダー、カラーバー信号発生器などの周辺機器の試作を行なった。 ・フライングスポット式スライドカラーカメラを開発した。	・米国、NTSCによるカラー放送が開始された。 ・テレビ回路のトランジスタ化研究を開始した。 ・RCA、3I.O カラーカメラ TK-40A を発表。 ・EEV、4.5インチイメージオルシコンを発表。 ・テレビ学会誌にCATVの解説記事が掲載された。
30	・3Vカラーカメラの試作を完成し、基礎的な実験を行なった。 ・3色受像管15GP22(15インチ)、21AXP22(21インチ)を用いたテレビ受信機を試作した。	・カラーテレビ放送用空中線として螺旋形空中線の試作に着手した。 ・トランジスタ化ワイヤレスマイクを試作した。
31	・前年度試作した3Vスタジオ用カラーカメラを改良し、カラー番組の撮像を公開した(5月)。 ・3I.O カラーカメラの試作研究を行なった。 ・RCAの3I.O カラーカメラ TK-40 を輸入。 ・フライングスポットカメラによるカラーズライド送像装置の研究を完了した。 ・3Vカラーカメラによりフィルム送像実験を行ない、カラーフィルム演色性の研究を実施した。 ・送像回路トランジスタ化の研究を開始した。	・NHK カラーテレビ実験局が開局し、670MHz テレビ放送機(映像出力80W)により試験放送を開始した(12月下旬より毎週金曜日)。 ・米国ではフィルム送像を中心としてマスキング増幅器などが話題となった。
32	・直接分解形の3Vカラーカメラの開発をした(5月)。 ・直接分解形の3I.O カラーカメラの実験を行なった(8月)。 ・フールドバックランプ回路などカラー送像装置の基本回路の研究に努力した。 ・カラーシングナルアナライザー、直線性測定器などを開発した。	・わが国の国情に適したカラーテレビの研究と技術の現状調査のため、カラーテレビ調査会が発足し、NHKはこれに協力した(6月)。 ・VHF電波によるカラーテレビの受像試験を開始した(12月)。 ・テレビ学会誌にプリント配線に関する解説記事が掲載された。 ・イメージオルシコンの焼付防止器が話題になった。 ・Amplex がビデオテープレコーダーを発表した。
33	・NTSC、変形NTSCなど方式的な研究に力を入れた。 ・NHK-I形3I.O カラーカメラを完成した(5月)。 ・屋外中継への3Vカラーカメラの適応性の研究を行なった。 ・カラー送像装置周辺機器のトランジスタ化研究を開始した。 ・色再現研究のため視感式測色計を開発した。 ・色度計算機の研究を行なった。	・第3チャンネルで定期的にカラーの実験放送を行なった。 ・電電公社と共同し、東京～札幌マイクロー回線によるカラー信号の長距離伝送試験を行なって好成績をおさめた。 ・技研で17形カラー受像管の試作に成功した。 ・カラーテレビ調査会第一次中間報告を発表(11月)。
34	・NHK-II形3I.O カラーカメラを開発した(9月)。 ・トランジスタ化小形3Vカラーカメラの試験研究を行なった。 ・カラーテレビ系の色再現の研究が本格化した。2色法の色再現限界などについても検討された。 ・蛍光灯カラー照明の研究を開始した。	・カラーVTRの実験が本格化した。 ・カラーテレビ同期結合装置の研究を行なった。 ・トランジスタ式白黒テレビカメラが4月10日、皇太子御成婚パレードで初めて使用された。 ・技研におけるカラーテレビ実験放送を終了、実験は本館に移った(9月)。 ・Fairchild 社ブレナー技術を発表。 ・カラーテレビ調査会第二次中間報告を発表(12月)。
35	・NHK-II形3I.O カラーカメラの実用機、TK30-II形3I.O カラーカメラがメーカーで完成し納入された。 ・トランジスタ化小形3Vカラーカメラの特性改善を行なった。 ・はめ込みパルス方式のカラー信号分析器を開発した。	・テレビ速報装置を開発してローマオリンピックの実況中継に使用し好評を得た(8月)。 ・NHK、NTVなどカラー本放送開始(9月)。 ・トランジスタ式ヘリコプターカラーカメラ開発(8月)。 ・Maiman レーザーの発振に成功。 ・Fairchild 社RTL ICを発表。

35	<ul style="list-style-type: none">・トランジスタ小形3 Vカラーカメラの研究が終った。良好な画像を得るためには約4,000lxの照明が必要であることがわかった。・カラーテレビ特性改善の一方式として分離輝度撮像方式の研究を開始した。	<ul style="list-style-type: none">・色度線順次式カラーVTRアダプター完成(3月)。・2インチイメージオルシコンの試作を完了した(8月)。・14形カラーテレビ受信機を試作した(11月)。・ネガフィルム送像方式の検討を行なった。																																																																																																						
37	<ul style="list-style-type: none">・東京オリンピック対策が本格化した。・2撮像管式分離輝度撮像方式の基礎的な実験を開始した。・カラー用 MgO ターゲットイメージオルシコンの研究開発を開始した。	<ul style="list-style-type: none">・17形カラーモニターを開発した。・61カメラが完成し現業でのフィールドテストに入った(7月)。・接話マイクロホンを開発し、良好な結果を得た。これは後の東京オリンピックで活躍した。・日本コロムビアが周波数分離単管式カラー I TVを発表(11月)。																																																																																																						
38	<ul style="list-style-type: none">・3インチイメージオルシコンを2本使用した2 I.Oカラーカメラのパイロットモデルが完成した。ストライプ組数は75組である(11月)。・3 I.Oカラーカメラのレジストレーション不良による解像度低下を見かけ上軽減する方式として、簡易分離輝度方式を実用化した。・試作した色温度4,500°K、6,300lm、110 W 超高出力蛍光灯のカラー照明に対する適応性を検討した。・水晶遅延素子を用いた垂直アパーチャー補償器を開発した。	<ul style="list-style-type: none">・東京オリンピック用のスローモーションVTR装置の試作を完了した(9月)。・リレー衛星1号による日米間最初のテレビ中継実験に成功した(11月)。・PAL方式が発表された。																																																																																																						
39	<p>・オリンピック用2 I.O カラーカメラを完成した。2 中継車分6台(9月)。</p> <table><tr><th colspan="6">カラー放送の実施状況</th></tr><tr><th>10月10日</th><th>開</th><th>会</th><th>式</th><th>国立競技場</th><th>1,2号車</th></tr><tr><td>11日</td><td>ウエイトリフティング</td><td></td><td></td><td>渋谷公会堂</td><td>2</td></tr><tr><td>12日</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>2</td></tr><tr><td>13日</td><td>ホッケー</td><td></td><td></td><td>駒沢第3ホッケー場</td><td>1</td></tr><tr><td>14日</td><td>レスリング</td><td></td><td></td><td>駒沢体育館</td><td>2</td></tr><tr><td>15日</td><td>バレーボール</td><td></td><td></td><td>駒沢バレーコート</td><td>1</td></tr><tr><td>16日</td><td>レスリング</td><td></td><td></td><td>駒沢体育館</td><td>2</td></tr><tr><td>17日</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>2</td></tr><tr><td>18日</td><td>体操</td><td></td><td></td><td>操都体育館</td><td>1</td></tr><tr><td>19日</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>1</td></tr><tr><td>20日</td><td>柔道</td><td></td><td></td><td>道日本武道館</td><td>2</td></tr><tr><td>21日</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>2</td></tr><tr><td>22日</td><td>体操</td><td></td><td></td><td>操都体育館</td><td>1</td></tr><tr><td>23日</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>"</td><td>1</td></tr><tr><td>"</td><td>サッカー</td><td></td><td></td><td>国立競技場</td><td>2</td></tr><tr><td>24日</td><td>馬術</td><td></td><td></td><td>"</td><td>2</td></tr></table> <p>放送時間合計(VTR, プッキング等を含む) 1号車 40°10'(火入時間 83°30') 2号車 59°20'(" 81°20')</p>	カラー放送の実施状況						10月10日	開	会	式	国立競技場	1,2号車	11日	ウエイトリフティング			渋谷公会堂	2	12日	"	"	"	"	2	13日	ホッケー			駒沢第3ホッケー場	1	14日	レスリング			駒沢体育館	2	15日	バレーボール			駒沢バレーコート	1	16日	レスリング			駒沢体育館	2	17日	"	"	"	"	2	18日	体操			操都体育館	1	19日	"	"	"	"	1	20日	柔道			道日本武道館	2	21日	"	"	"	"	2	22日	体操			操都体育館	1	23日	"	"	"	"	1	"	サッカー			国立競技場	2	24日	馬術			"	2	<ul style="list-style-type: none">・東京オリンピック大会が10月10日から15日間、代々木の国立競技場を中心に開催された。・シンコム3号を使用し、オリンピック開会式の機軸がカラーで米国に中継された。NHKではSN比改善などのために新しい装置を開発し、ポイントマーカー受信基地に使用した。・RCA TK-42(4管式カラーカメラ)NAB大会出品(4月)。・Philips社、ブランビコン管を発表(7月)。・GoetzeらSEC管を発表(9月)。・IBM 固体撮像装置スキャニスターを発表(12月)。
カラー放送の実施状況																																																																																																								
10月10日	開	会	式	国立競技場	1,2号車																																																																																																			
11日	ウエイトリフティング			渋谷公会堂	2																																																																																																			
12日	"	"	"	"	2																																																																																																			
13日	ホッケー			駒沢第3ホッケー場	1																																																																																																			
14日	レスリング			駒沢体育館	2																																																																																																			
15日	バレーボール			駒沢バレーコート	1																																																																																																			
16日	レスリング			駒沢体育館	2																																																																																																			
17日	"	"	"	"	2																																																																																																			
18日	体操			操都体育館	1																																																																																																			
19日	"	"	"	"	1																																																																																																			
20日	柔道			道日本武道館	2																																																																																																			
21日	"	"	"	"	2																																																																																																			
22日	体操			操都体育館	1																																																																																																			
23日	"	"	"	"	1																																																																																																			
"	サッカー			国立競技場	2																																																																																																			
24日	馬術			"	2																																																																																																			
40	<ul style="list-style-type: none">・オリンピック2 I.O カラーカメラ(I形2 I.O カラーカメラ)の改良研究を行なった。・マルチアルカリ光電面をもった高感度イメージオルシコンを開発した。・レンズの評価を精密に行なうための自動測定装置を開発し、テレビレンズの評価研究を本格化した。	<ul style="list-style-type: none">・NHK放送科学基礎研究所設立。・衛星伝送などの目的でPAL方式などの研究を行なった。・Philips社の3 Pカラーカメラがわが国で初めて公開された(3月)。・CCIR, SGXI ウィーン会議でヨーロッパカラー標準方式が討議され、NTSC, PAL, SECAMの各方式が検討された。																																																																																																						
41	<ul style="list-style-type: none">・小形カラーカメラ開発に関してNHK, NBC間で協定が締結された(4月)。・II形2 I.O カラーカメラの実用化を行なった。・Philips製3ブランビコンカラーカメラについて、3 I.O カラーカメラなどとの比較試験を行なった。・実験用4管式カラーカメラを開発した。・次期カラーカメラ開発のためにCCSグループが発足した(12月)。・イメージオルシコンのSN比改善のため、高利得ダイオードを実用化した。	<ul style="list-style-type: none">・NHK技研、方式変換装置を発表(10月)。・テレビ学会誌にレーザーによるテレビ屋外伝送実験に関するレポート掲載(1月)。・電電公社の全国テレビ中継網高規格化が終了し、全国カラーテレビ中継が可能となった(3月)。・NAB大会にPhilips(PC-70), Marconi(Mark VII), GE(PE-250), RCA(TK-42, 43)を出品、カラーカメラの新作が全部出そろった(3月)。・NHK、三菱IC化同期盤を発表した(9月)。																																																																																																						
42	<ul style="list-style-type: none">・NBCより依頼されて開発した小形カラーカメラが完成した(4月)。・NBC、ニューヨークスタジオで小形カラーカメラのテストを行なった(5月)。・技術本部内に次期カラーカメラ(CCSカメラ)開発のための特別プロジェクトチームが組織された(8月)。・マルチアルカリ光電面、MgO ターゲット高感度イメージオルシコンによりイタリア歌劇を中継した(9月)。	<ul style="list-style-type: none">・2インチイメージオルシコンを使用した小形白黒カメラが完成し、全国に50台配備された(3月)。・NASA、オール固体化撮像装置開発中と発表(5月)。・カラー用スローVTRを実用化した(9月)。・テレビ学会誌にテレビ電話解説記事を掲載。・Norelco、小形3 Pカラーカメラを発表(10月)。・ネガカラーフィルムシステムが実用化された(11月)。																																																																																																						
43	<ul style="list-style-type: none">・CCSカラーカメラが完成した。中継用カラーカメラは30WM71形と呼ばれ、メキシコオリンピックに使用され(12台)、好成績をおさめた(10月)。・スタジオ用カラーカメラは12P S71形と呼ばれ、放送センターのスタジオを中心に23台が設備された(4月~7月)。・コンピューター内蔵の色再現性測定器を開発した。	<ul style="list-style-type: none">・RCA、イメージアイソコンC21093を発表。・テレビ学会誌、固体撮像装置の解説記事を掲載。・Philips、赤増感ブランビコンを発表。・関西電子工業センター、IC化カラーテレビ受信機を発表。・CBS、ワイヤレス式超小形3管式特殊ビジコンカラーカメラを発表。

図1 カラーカメラの研究、開発

画質の向上 現在のカラーカメラの画質は、数年前とは比較にならないほど良くなっているが、まだ充分ではない。特に抵抗なく安心して見られる画質といったものについては、今後の研究に待つものが多い。

機動性、操作性の向上 カラーカメラは白黒カメラと比較して感度、取扱いの容易さ、大きさ、重さなどの点で、さらに改善が必要である。

経済性の向上 直接的な経済性について考えても、現在のカラーカメラは、製作・設備・運用費が高く、カラー放送のいっそうの発展を望むならば、経済性の向上に努力する必要がある。

安定度、信頼性の向上 良好な画質の維持や省力化などの見地から、現在のカラーカメラで最も強く望まれている項目のひとつである。

以下、これらの要望に答えるための各 Engineering 分野での努力や、今後の研究方向など、その主なものについて考えてみよう。

3.1 System Engineering の分野で

図2は基本的なテレビシステムを示したものである。現在のカラーカメラは、測色的に忠実なことを第一義に組み立てられているが、もっと抵抗なく安心して見られるカラー映像を制作するには、番組面についてもカラーカメラに関しても、真の端局装置である聴視者の特性をもっと考慮する必要がある。

図2 テレビシステム

情報源である被写体から聴視者までを含め、一貫したカラーテレビシステムとして見なおしをする時期にきている。今後は、放送局間の画質差などの問題を含めて幅広く検討して行くことになる。

カラーカメラについては、表2のような、心理量と物理量、心理物理量と物理量、心理物理量と心理量などの対応を、従来よりいっそう明確にし、これを設計にフィ

表2 心理量と物理量の対応

<ul style="list-style-type: none"> ・美 し さ ・きめのこまかさ ・なまなましき (質感、迫力、臨場感) ・立 体 感 ・親 近 感 ・異 和 感 ・疲 労 ・... 	<p>→</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・コントラスト ・最 高 輝 度 ・ガ ン マ ・周 囲 照 明 ・解 像 度 ・色 再 現 ・S N 比 ・画 面 安 定 度 ・基 準 白 色 ・カ ラ ー 方 式 ・走 査 方 式 ・...
---	----------	---

ードバックして行かなければならない。

カラーテレビシステムにおける設計や評価は、心理的問題の困難さのほかに、測定の困難さが大きな問題である。最近、NHK では 図 3 に示したような小形コンピュータを内蔵した色再現性測定器を開発した²⁾。この測定器は、さきの CCS カラーカメラの色再現性評価などに役立てられたが、今後さらに基本的な問題の研究に役立てられるだろう。

3.2 Material & Device Engineering の分野で

(1) 撮像デバイス

この分野でというよりは、カラーカメラにとって最も重要なものが、撮像デバイスである。カラーカメラの性質の大半が、撮像デバイスの性質によって左右される。

撮像デバイスのうちで、現在テレビ放送用のカラーカメラに使用されているのは、撮像管と呼ばれる一属であり、撮像板やその他の撮像デバイスが近々数年以内に、放送用のカラーカメラで実用化される可能性は非常に少ない。

現在の撮像管は、外部光電効果を用いるものと、内部光電効果を用いるものに大別される。外部光電効果を用いるものは、増倍機構をもたせることが比較的容易で、一般に高感度であるが、光電変換の量子効果が低いこと、SN 比が低いこと、大形なことなどの欠点がある。

内部光電効果を用いるものは、光電変換の量子効率の良い点が終局的には有利であり、構造も小形であるが、増幅機構をもたせ難いこと、残像が多いことなどが欠点である。

(a) 感度向上 カラーカメラでは常に感度向上に努力が払われてきた。現在のカラー用撮像管を代表するものは、イメージオルシコンとプランビコンであるが、3 管式カメラに利用した場合を想定して、光学絞り対 SN 比の形で感度を表わすと、図 4 のようになる。ただし絞値は被写体照度 1500lx とした場合の値で、プランビコンの F 値もイメージオルシコンのそれに換算してある。

この図において、評価曲線の上側、ハッチをほどこした領域におちる撮像管があれば、新しい放送用の撮像管として着目されるだろう。

図 4 カラーカメラの感度と SN 比

SEC 管 (Secondary Electron Conduction Tube): 高感度管として最も期待されている。SEC 管はあらゐ多孔質のターゲットに高速で電子を衝突させ、そのときに発生する二次電子の伝導を利用したもので、イメージオルシコンの高利得化をはかり、また戻りビームを使用せずにターゲットから信号電流を取ることにより SN 比も改善される。

あらゐ多孔質のターゲットを用いるため、素地が悪くなりやすいこと、ターゲットの走査側の減速電界をあまり高くできないため、解像度を高くし難いなど、今後の研究に待つところも多い。

イメージオルシコン: 現在のところマルチアルカリ光電面を用いたイメージオルシコンが最も高感度であるが最近ではさらに高い感度の光電面を得るために GaAs などの利用も検討されている。しかし、実用化までには、まだ多くの時間が必要であろう。

イメージアイソコン: イメージオルシコンの SN 比改善、とくに暗部での SN 比を上げる目的で古くから検討されていたが、最近では EEV 社で X 線用として 3 インチ、4.5 インチ管を市販している。また、RCA でも放送用を目的とした試作管を発表しているが、その性質上白の SN 比がそれほど良くないこと、調節がむずかしいこと、変換特性などに問題が残されている。

この他に透過形二次電子増倍管、I.I 付プランビコンの開発なども考えられるが、まだ多くの困難を解決しなければならぬ。

(b) 高品位化 カラー用撮像管にとって高品位化は、高感度化とともに重要なテーマである。高品位化の中には SN 比、分光特性の改善、偽信号、残像、焼付、シェーディング、フレーアの軽減、鮮鋭度の向上、変換特性の均一化、ダイナミックレンジの圧縮など、非常に多くの問題を含んでいる。

プランビコン: 当初 55875 形で出発したプランビコンは、その後セパレートメッシュ形の XQ1020 形となり、

図 5 アンチコメットテール・プランビコン

最近では赤増感形、アンチコメットテール形の開発へと発展している。

図 5 はアンチコメットテール管の概念図³⁾で、垂直帰線期間にコントロールビームを流すことによって、コメットテールの防止と、見掛上のニー特性を得ようとするものである。

一方、プランビコンにおいて感度を制約しているものは SN 比ではなく、残像などの偽信号の発生であるが、残像の軽減に対しては、バイアスライトの効果などが検討されている。表 3 はバイアスライト効果の一例を示したものである⁴⁾。

NHK では、この種の撮像管として As₂Se₃ 管の可能性を検討している。

イメージオルシコン: SN 比、鮮鋭度の改善、アンチゴースト化などのために、拡大ターゲット形イメージオルシコンが検討されている⁵⁾。これは従来のイメージオルシコンの外廻りの構造を変更させることなく、内部電極構造設計を合理化し、高品位化をはかるようとするものである。

この場合、アセンブリーの設計をも含めて、従来のイメージオルシコンとの互換性を損なわないようにすることが必要で、フォーカス磁界のパターンの設計などに工夫が必要である。

(c) 小形化、撮像管多重 現在のところ放送用として実用化されているカラーカメラは、そのほとんどが多管式であり、単管式は研究の段階である。このため、カラーカメラの小形化をはかるには、撮像管を小形化する

表 3 55875 B に対するバイアスライト効果の一例

信号電流 I_s (μA)	バイアス 照 明 I_B (μA)	立 上 り (%)			残 像 (%)						備 考
		1 フィー ルド	2 フィー ルド	3 フィー ルド	1 フィー ルド	2 フィー ルド	3 フィー ルド	4 フィー ルド	5 フィー ルド	6 フィー ルド	
0.20	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	
"	0.02	100	100	100	0	0	0	0	0	0	
0.10	0	90	100	100	3	0	0	0	0	0	3 P カメラ標準撮像 状態
"	0.02	100	100	100	0	0	0	0	0	0	
0.05	0	54	100	100	9	6	5	3	0	0	標準状態より 1 絞り 絞る
"	0.01	100	100	100	0	0	0	0	0	0	
"	0.02	100	100	100	0	0	0	0	0	0	
0.025	0	27	81	100	22	12	8	4	3	0	標準状態より 2 絞り 絞る
"	0.01	88	100	100	7	5	3	0	0	0	
"	0.02	100	100	100	0	0	0	0	0	0	

Color Video from the Apollo spacecraft—both interior and exterior shots of the earth and moon—will use a 15-pounds Color Camera adapted by Westinghouse for the flight.

The small camera makes massive use of medium scale integration (MSI) hybrid circuit to get commercial broadcast quality color from space.

MSI microcircuits with reducing the complex color system to capsule-size. A 1×1 inch sync generator with 44 flipflops and gates has been fabricated using IC slices.

Most of the camera MSI arrays are digital, but some linear circuit arrays are also used.

Apollo を引合いに出すまでもなく、IC はカラーカメラにとって小形・軽量化、信頼性向上、経済性向上、特性向上をはたすうえで重要な素材であると考えられる。

デジタル IC は、コンピューターをはじめとする定着した需要層と、工業界における各方面での利用にささえられて急速な発展をみている。カメラなどで多く用いられているのは、バイポーラ IC で DTL, TTL が主であるが、今後、よりスピードの速いものや MSI, LSI などの適用についても検討する必要がある。

カメラでは、現在のところアナログ量で処理したほうが都合のよい部分が非常に多い。アナログ IC の問題点のひとつは、回路の標準化が困難なところにあるが、モノリシックアナログ IC では、製造プロセスの標準化が進んできたことが、今後の実用化に大きく寄与するだろう。

カメラの IC 化を考える場合、取扱う信号レベルに問題がある。たとえば、デジタル IC で取扱うのに都合のよい信号レベルは、だいたい 1V 以下である。しかし現在のカメラシステムでは 4V (75Ω) なるパルス信号レベルが設定されている部分が多い。それでは、1V にしたらよからうとの意見もあるが、他の機器との関連もあり、簡単ではない。しかし、将来は映像信号 0.5V、パルス信号 1V といったレベルで検討することも考えられる。

このような問題以外にも、撮像管や受像管とのレベルマッチングなど、解決しなければならない問題が多い。現在のカメラ回路やシステム構成は、必ずしも IC 化に適しているとはいえない。IC 化方式の検討にあたっては、従来の手法にとらわれず、基本的なものから考えなおすことも必要であろう。

カメラの IC 化では、いかに回路をマイクロパワー化するかが大切である。裏返していえば、マイクロパワー化が困難な部分では、さしあたり IC 化にはそれほど大きな期待ができない。

表 4 設計にあたって検討すべき要素

1. 性能	性能の良さ	運用上で
2. 正確さ		
3. 信頼性	信頼できる程度	
4. 機能性 (functionability)		
5. 有用性 (availability)		
6. 寿命 (耐用年数)		
7. 適応性	強さ	
8. 脆弱さ		
9. 保守性	調達および保守のしやすさ	
10. テスト性		
11. 運用時の調達性 (procurability)		
12. 交換性 (reproducibility)		
13. 互換性	使いやすさ	製造上で
14. 操作性 (operability)		
15. 使用性 (usability)		
16. 融通性 (多目的使用)		
17. 拡張性 (付加目的使用)	経済性	
18. 運用期間における経済性		
19. 生産性	作りやすさ	
20. 生産時の調達性		
21. 測定性		
22. 生産に要する費用	当初コスト	

3.3 Assemble Engineering の分野で

(1) 設計の質の向上

方式に関する基本的な研究や素材の研究が進み、needs がはっきりすれば、実用化研究という段取りになる。ここでは、方式に関する構想や素材を生かし、かつ表 4 に示したような項目のバランスのとれたハードウェアを開発することが要求される。

これがためには、設計の質の向上が最も重要なことである。最初の研究段階はともかくとして、実用化の段階では、だいたいこうなるはずだといった程度の設計をもってしては、信頼性の向上などは及びもつかないことである。

設計の質の向上といったことから、設計のきめの細かさが要求されるようになり、簡単な近似法による解析手法から精度の高い解析手法へ、また徹底した実験へと必然的に移行をせまられることになる。

図 8 はカラーカメラにおけるいろいろな設計検討レベルを示したものであるが、質の高い設計をより短時間で経済的に仕上げるためには、日頃の技術の蓄積、整理、情報の収集、検索といったことや、新しい設計手法が必要となってくる。Computer Aided Design (CAD) は、新しい設計の道具として、今後の発展が期待される⁷⁾。

(2) 安定度、操作性の向上

カラーカメラの運用性、信頼性を良くするために、安定度の向上が強く望まれている。カラーカメラの安定度で最も重要なものは、レジストレーションとカラーバランスの安定度である。

(a) レジストレーションの安定化 カラーカメラのレジストレーションに関する問題は、理想的な単管式

図 8 カラーカメラの設計検討のレベル

図 9 レジストレー
ション測定器

カラーカメラが完成するまで、解決されないのではない
かとの意見もある。

レジずれについては、撮像管の光電面上で 10μ 程度の位置ずれが問題になり、現在の工業水準からすれば、多くの困難な問題を含んでいる。さきに、図 7 に示した分解光学系の熱ひずみなども、このような問題点のひとつである。

いずれにしても、レジストレーションの安定度向上はカラーカメラにとって欠くべからざるものであるから、改善に最大の努力をしなければならない。問題の解決には、その不都合の度合いを数値化して表現する手法を確立することが、解決への早道である。このような見地から筆者らは、レジずれの程度を数量化して測定するようなレジずれ測定器、図9を開発して使用し、効果をあげつつある⁸⁾。

図 10 は測定結果の一例で、測定精度は水平方向 50

図 10 実験用カラーカメラにおける水平センタリングの変動

ns, 垂直方向走査線 1 本分で, デジタルカウンタによって読みとることができる.

(b) カラーバランスの安定化 この問題は、ほぼ

テレビジョン

図 11 精密多項目映像レベル測定器

図 12 カラーカメラ映像系の温度安定度

映像増幅・プロセス系の電気回路の安定性の問題に帰着することができる。安定度向上に関しては、信号レベルの 1/1000 台の偏差が問題になる場所もあり、回路の各部における偏差の様相、時間的なずれなどを正確に把握する必要がある。

ここでもレジずれ同様、測定手法が問題となるが、精密多項目映像レベル同時測定器、図 11 を開発して使用し、効果をあげつつある⁹⁾。

図 12 は測定結果の一例であるが、同時に数多くの箇所の変動を測定することができるので、変動に対するそれぞれの部分の寄与の度合いを的確につかむことができ有効である。この例では、プリアンプのレベル変動が問題であることがわかる。

(c) 信頼性の向上 機能の拡大、安定度の向上といったことも、高い信頼度を確保することができて初めて生きてくるわけである。信頼性の根源は設計の質にかかっているものであるが、信頼性技術は、統計的な概念に立つ技術であるから、信頼性データの蓄積や、フィールドデータの設計へのフィードバックが重要である。

カラーカメラの部品点数は、白黒カメラの部品点数と比較して、数倍程度のものとなるのが通常である。このため、設計に充分留意しても、Inherent Reliability は白黒カメラのそれと比較して低くなる。計算上の MTBF は約 200 時間程度である。そこで、放送効果などの面で悪影響がでないようにするためには、運用、保守の形態

なども充分検討し、Use Reliability を上げるように工夫し、総合的な信頼性をおとさないように努力しなければならない。現状での MTBF は数十時間である。

(d) カラーカメラと DDC カラーカメラ設計の基本的な態度は、できうる限り簡素な形で所要の性能が得られるように努力することである。しかし、残念ながら新規に開発されるカラーカメラは、要求される機能などの関係でますます複雑化する傾向にある。これは設計の方向としては望ましい方向ではない。

そこで、このような問題を解決するひとつの方法として、カメラ自身に従来より高度の判断機能をもたせ、システム全体としての設計をすっきりさせる方法が考えられる。いうなれば、Direct Digital Control (DDC) カラーカメラシステムである。

現時点では一般に用いられている制御用コンピューターは、形も大きく、信頼性、経済性の面でもまだ充分とはいえないが、近い将来このような問題は解消されると考えられる。

DDC カラー撮像システムが成功すれば、安定性、操作性の面ばかりでなく、運用性その他の面でも、現在とは違った進展がカラーカメラの分野に見られるようになる。

(3) カラーカメラの機動性の向上

カラー放送も本格化するに従い、取材範囲の拡大が要求され、これに伴ってカラーカメラの機動性の向上が必

図 13 緊急ニュース取材のフローチャート

要となってきた。

図 13 は緊急ニュース取材のフローチャートである。カラーの緊急ニュース中継番組については、実績にとばしいので、はっきりしたことはわからないが、現在のカラー中継の状況から類推すると、なんらかの対策を施さなければ、カメラのセッティング、ウォームアップ、調整に多くの時間を必要とし、白黒テレビ中継と比較して放送開始の状態に至るまでに、最低1時間程度は時間がのびるものと予想される。

夜間であれば、これにさらに照明セッティングの時間が加算される結果になり、カラーカメラの感度も機動性を制約する大きな因子となる。カラーカメラの機動性を向上するには、カメラの小形化の他に、感度の向上、操作性の向上、ウォームアップ時間の短縮、安定度向上、信頼性向上、カメラケーブル細心化、ワイヤレス化などの広範囲な検討が必要である。

(a) 機動性と画質、安定性などのバランス いかに小形カラーカメラといえども、画質が視聴者の期待を裏切るようなものであっては、役に立たないであろう。たとえば、ニュース番組では、その情報量のほとんどが音声や輝度信号に含まれ、色信号で補足される情報は、たとえば事件で傷ついた人々の生々しい血の色や、燃え盛るぐれんの炎であろう。これは画面の迫力を盛上げ、臨場感を増大するのに役立つ。しかし、このときのカラー情報は視聴者の期待を裏切ってはならない。ここでは、きれいだという以上に実実感を伝えることが必要である。照明条件が悪かったからといって、紫色の「日の丸」を送像したのでは、逆効果をもたらすことになる。

残念ながら、現在のカラーカメラは、順応性にとばしく、常に視聴者の期待を裏切らないとはいえない。これらの問題は今後に残されたテーマであり、設計技術以外の面でも、演出など関係者間でよく検討する必要がある。

る。

(b) カメラヘッドの小形化 カメラヘッドの小形化によって得られる効果の度合いは、直線的なものではなく、階段的なものであると考えられる。

すなわち

- ① 数人掛りでなければ移動セッティングのできないもの (50kg 以上)
- ② 2人で移動セッティングの可能なもの (50~30kg)
- ③ 1人で移動セッティングの可能なもの (30~10kg)
- ④ 手持撮影が可能なもの (10~5kg)
- ⑤ 手持撮影が容易に行なえるもの (5~2kg)
- ⑥ かくし撮りのできるほど小形のもの (2kg 以下)

などに分類できるであろう。もっとも、カメラヘッドがいかに小形化されても、太いケーブルで他の制御装置を接続することが必要であったり、バックパックの重量が重かったりすれば当然、機動性、操作性が制約される。

(c) ケーブル細心化、ワイヤレス化 カラーカメラからカメラケーブルがなくなって、自由に動けたら非常に便利であろうとは、誰しもが考えることである。すでに白黒テレビ時代にも、Walkie Lookieを初めとしていろいろなワイヤレスカメラが開発された。図 14 は、TWLX-2 と呼ばれる NHK におけるワイヤレスカメラの2号機を示したものである¹⁰⁾。これらの経験によれば陸上競技上のフィールド内などの見通しのよい場合には充分な効果が得られるが、障害物の影響、多重伝搬による妨害など、効果を減殺する問題もまた多い。

将来、静止衛星回線などが手軽に利用できるような状態にでもなれば別であるが、現時点ではワイヤレスカメラの使用は特殊用途に限られるのではなかろうか。

これに対して、太いカラーカメラのケーブルを細心化することは、その効果が大きいと考えられる。このため

図 14 TWLX-2 形ウォークマン・ルッキー

には カメラヘッド自体を無調節化して制御項目をへらすことが第一に必要なが、やむを得ないものについては、多重技術を適用してケーブルの心線数を極力少なくする必要がある。

映像回線の多重化では FDM 手法などが、また制御回線では、デジタルコマンド手法などが利用できる。このような技術を利用したカメラケーブル細心化のもうひとつのメリットは、カメラケーブル長を従来のそれと比較して長くすることができる点などがあげられる。

しかし、いずれにしても系は複雑化する方向にあり、操作性、信頼性の確保に充分留意する必要がある。

4. む す び

前半では、NHK におけるカラーカメラの研究、開発の足どりをたどった。また後半では、今後の研究、開発の方向について、その一端にふれてみたが、読者のご参考になれば幸いである。

カラーカメラは、カラー放送そのものの質を左右する重要な機材のひとつであるが、本文中でも繰返し述べたように、総合技術の上に立っているものであるから、その進歩、発展のためには、関連部門の一致した協力が大切である。

最後に、NHK においてカラーカメラの開発に努力し

てこられた先輩や同僚の方々、メーカーなど関係方面の各位に敬意を表する。

筆者らは、より良い放送を目指して、今後もいっそうの努力を惜しまないつもりである。各位のなおいっそうのご指導、ご協力をお願いする。

本文では、部内資料によった部分も多い。引用させていただいた資料等の筆者に感謝する。

(昭和 44 年 10 月 7 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 和久井: NHK におけるカラーカメラの開発, NHK 技研, 創立記念講演会予稿 (1969. 6)
- 2) 斎藤: カラーカメラの色再現測定器, NHK 技研月報, 12, 5 (1969) 195
- 3) 1969 年, NAB 大会資料
- 4) 杉本, 江沢: プランビコン・カラーカメラの残像軽減, テレビ全大予 (1969)
- 5) 山下ほか: 拡大ターゲット形イメージオルシコン, テレビ全大予 (1969)
- 6) 前 CCS グループ: 新しく開発したカラーカメラ, NHK 技研月報, 12, 2 (1969) 2
- 7) 和久井, 川島: 計算機を用いた回路解析, NHK 技研月報, 12, 7 (1969) 305
- 8) 丸林, 磯野: カラーカメラのレジストレーション測定法, テレビ全大予 (1969)
- 9) 村上, 樽田: 高精度映像レベル測定器の試作, テレビ全大予 (1969)
- 10) 植渡, 藤村ほか: 全トランジスタ化ウォークマン・ルッキー, NHK 技術研究, 11, 3 (1959)