1. 民生用ビデオカメラシステムの現状と動向

正会員 岩 部 和 記[†], 正会員 小 西 正 弘[†]
正会員 中 野 克 宏^{††}

1. 全体の動向

本格的な導入期より 10 年余を経た小型ビデオカメラは、急激な普及期をも経て現在は製品としても、また技術的な面からも成熟期を迎えようとしている。このなかで最近 2 年間をみると、新機能の開発競争から本来の画質、ユーザの使いやすさに重点を置いた技術開発の流れの中にある。

撮像素子は 1/3 インチの 40 万画素が主流になっている。1/4 インチサイズの高画素 CCD も実用レベルに達しており、一層の小型化の傾向にある。

レンズ光学技術では、CCD の撮像面積の小型化に伴い、小型・高精度が要求され、一方ではズームの高倍率化が求められ、光学ズーム倍率も 18 倍が実現されている。また、流体プリズムを用いた光学の手ぶれ補正、高速なフォーカス機構などの、機能向上のための機構の開発も行われている。

信号処理技術では撮像信号処理部分のデジタル化がなされ、フィールドメモリーと併せて様々な機能開発や性能向上がなされている。記録のデジタル化に関する規格もメーカー間で合意を見ており、デジタル化による機能開発の方向は今後も高まると考えられる。また、マルチメディアの展開が模索されている現在、情報入力機器としての性格も今後新たに付加され、通信やハードコピー技術等の組合せで、多様な発展が期待されている。

2. 主要な技術動向

最近 2 年間の民生用カメラ技術開発の動向を機能面で分類し整理すると、以下のようになる。詳細な技術面での解説は後章にゆずるものとし、ここではその傾向をまとめた。

2.1 高画質化

高画質化はまず、録画する VCR がハイバンドが主流になってきたことがあげられる。これに伴いカメラ部も水平解像度 400 本以上が要求されるようになっており、画素数も 36 万画素以上の CCD が使用されている。原理的に画質劣化が生じない可変角度プリズムを用いた光学手振れ補正システム、電子式の手振れ補正においても、47 万～58 万画素の余裕の画素を持つ CCD を採用することで、補正時の画質劣化が原理的に生じない方式が一般的になっている¹⁾²⁾。

高級機種においては、業務用の技術である 2 板、3 板構成の CCD カメラが多く見られる。2 板構成は、R/B のモザイクフィルタを持つ CCD と白黒 CCD を G 色分解プリズムに接合する方式が採用されている。また、3 板は放送用と同様で、白黒 CCD 3 個を RGB 色分解プリズムに接合し、さらに解像度を得るために水平方向に G 画素を R/B 画素の中間位置に位置させる空間画素ずらし技術を採用している。いずれも民生用としてのコストとサイズを実現するための新規技術が採用されている³⁾。

信号処理はデジタル処理が主流になり、デジタルの特長を生かしての様々な適応型の処理を行うことにより、実質的な画質向上の試みもなされている。

2.2 高機能化

(1) 特殊効果

信号処理系のデジタル化とフィールドメモリーの搭載で、放送用の特殊効果装置で得られるような機能が小型カメラにおいても実現されている。また、電子ズームを用いた瞬間ズームアップなど、今までの光学

[†] 富士写真フイルム株式会社 電子映像事業本部 設計部

^{††} 松下電器産業株式会社 ビデオプロダクツ事業部 ムービ技術部

“A Short Review of the Recent Technology for the Consumer Video Cameras” by Kazuki Iwabe, Masahiro Konishi (Electronic Imaging Product Div., Fuji Photo Film Co. Ltd., Asaka) and Katsuhiro Nakano (Video Products Div., Matsushita Electric Industries, Co., Ltd., Osaka)

系では実現できないような新規能の開発もなされている。

(2) オート機能(オートアイリス, オートホワイトバランス, オートフォーカス)

画像信号のデジタル化で, 自動制御系は画像信号の分析によるデジタルフィードバック制御が可能になった。マイコンとの組合せで, 光源, 撮影環境, 主要被写体の分析を行い, 適応型のきめ細かい制御が可能となっている。

(3) 画像通信機能

マルチメディア時代を反映し, ビデオカメラにアダプタを接続することにより電話回線で画像を伝送する機能を実現している。これは単なるカメラでなく, 一番身近な家庭の画像入力端末としての将来の方向性を示唆している。

(4) 自動被写体追尾

電動の雲台と連動し, 撮影主要被写体を自動的に追尾する機能が開発されている。被写体の識別を色相を使って判別することで, 移動位置情報を抽出している。

2.3 簡単な操作

前述のような高機能, 高画質も実際のユーザの使用に際しては, スイッチ類の操作が複雑で, 本来の性能を発揮する状態で使用できないため, 結果として満足できる画質が得られないことになる。このような点は民生品としては重要な技術上の問題点であり, ユーザ層を拡げる上で改善が不可欠である。現実の問題として, 撮影時に小さな電子ビューファインダ画像を覗きながらズームや制御スイッチを操作することは, ユーザにとってかなりの負担になることも事実である。簡単に良い画像が撮影できるカメラとしての原点や, 将来性を考えた様々なコンセプト商品が開発された。以下に特徴を大別してまとめる。

(1) 単機能化

操作しなければならない要素は少なく, 機械としての動作がシンプルなほど扱い易いという原点に返り, 撮影の容易さと携帯性を重視した商品が開発された。NV-CS1(松下), FS-1, FS-30(富士フィルム), CCD-SC7(ソニー)などがこれにあたる。これらの技術的特徴をまとめると以下になる。

- ・光学ファインダの採用
- ・2焦点または低倍率のズームで全距離に焦点が合うパンフォーカスレンズの採用
- ・さまざまな被写体に対して無操作で高画質を実現する適応型オート機能の搭載
- ・軽量小型で突起がない形状で携帯性に優れている

こと

これらは光学系, 機構系の高精度化とデジタル制御技術に支えられて実現されており, 実際の使用感も銀塩フィルムの小型カメラに近くなるよう工夫されている。

(2) 液晶モニタ

ビューファインダへのカラー液晶の採用で, 撮影画像の確認性は向上している。画素も13万画素と, よりきめ細くなり画質の向上がなされている。しかしながら, 電子ビューファインダでは片目で覗き続ける疲労感は否めない。また, 再生画像を楽しむにはほど遠いのも事実である。この中で今まで“撮る機能”に“見る機能”を積極的に加えたものが, ビデオカメラに高輝度の4インチ液晶モニタを付加したVL-HL1(シャープ)である。機構的にもモニタの向きを変え, 撮影者と被写体の人との一体感, 撮影者自身が画像を見ながら, 被写体にもなりうる点が, ビデオカメラに新たな使い方を与えた。テレビチューナや画像通信機器などとの組合せで, 機能面でも様々な可能性を示している。

(3) 接続, 充電の簡易化

ビデオカメラの使用上の煩わしさのひとつに, バッテリーの着脱充電, 再生時のテレビモニタへのビデオケーブル接続がある。これを解決するために, あらかじめテレビに接続しておく, 充電機能をもったアダプタが提案されている。このアダプタへはビデオカメラは簡単に着脱でき, カメラの常置場所も兼ねる。バッテリーはカメラ本体から着脱することなく, アダプタに置いている間に充電される。ユーザにとっては便利であるとともに, アダプタに画像加工やテロップなどの付加機能を設けることも可能で, 使い方の可能性を拡げるものである。

(4) 操作の簡略化

前述のように, ビデオカメラの使いにくさの一つに, 多数のスイッチ操作の問題があげられる。これに一石を投じた技術が“視線制御の方式”(キャノン)である。一眼レフカメラにおいて実用化された技術で, 撮影者の眼球の反射を利用し, ファインダ上のメニューに視線を向けるのみで, それぞれの機能の作動ができる。オートフォーカス対象の被写体の選択などの新機能も実現されている。

3. 主要技術の説明

3.1 撮像素子

ビデオカメラの小型化, 低消費電力化, 低コスト化の観点から, 撮像素子の小サイズ化はビデオカメラの

図 1 最近の CCD の単位画素面積の比較

普及に不可欠の技術課題として、開発当初より追求され続けている。それぞれの世代が誕生する毎に、技術的な限界が叫ばれながら、半導体の微細加工技術の進歩と地道な技術改良により現在に至っている。

CCD の撮像素子の小サイズ化は、とりまなおさず単位画素の撮像素子の縮小が必要である。40 万画素 CCD の単位画素面積の比較を図 1 に示す。理論上は受光面積の縮小に比例して、画素当たりの光電変換効率および飽和電荷量が低下する。これは性能面では感度低下と S/N の劣化を招く。しかしながら、現実にはこれらの性能劣化は実用レベルでは問題視されていない。これは以下にあげるような項目での技術的な改良の成果である。詳細は参考文献を参照されたい^{4)~6)}。

(1) マイクロレンズ形状の改良

1/2 インチ世代以降の CCD は画素の開口部分に入射光を集光するために、画素の上にマイクロレンズが形成されている。小サイズ化に伴い、色分解フィルタおよびマイクロレンズの位置形状に関して幾何光学的な検討が行われ、光電変換効率の改善がなされた。

(2) フォトダイオード構造の改良

フォトダイオードの微細化は飽和電荷容量の低下を招く。これにはフォトダイオードの構造を、不純物を半導体基板の深さ方向に打ち込むことにより、深さ方向に拡大し、容量を確保している。垂直転送路の転送容量も不純物のプロファイルの最適化の技術改良が行われている。

(3) 電荷電圧変換アンプの効率改善

電荷電圧変換部の容量を微細加工によって小さくし、変換効率を改善している。さらに、ソースフォロアの

表 1 電池特性比較

項目	NiCd 電池	NiMH 電池	Li イオン電池
小型・軽量	△～○ 40 Wh/kg 130 Wh/l	○ 55 Wh/kg 180 Wh/l	◎ 100 Wh/kg 225 Wh/l
高出力性能 (連続)	◎ <10 C max	○ 4 C max	△～○ 2 C max
サイクル寿命	○ 500 回以上	○ 500 回以上	○ 500 回以上
形態自由度	◎	◎	△
充電容易度	◎	○	△
残量表示	△	△	○
自己放電特性	△	△	△～○
メモリー効果	×	×	◎
低温特性	○	○	△
安価・経済性	◎	△～○	△

損失改善も行われている。さらに MOS トランジスタのノイズ特性の検討もなされ、信号変換効率向上に合うノイズレベルの抑圧がなされた。

これらの改良はドラスティックな新規技術導入ではなく、むしろ地道な機能の改善の結果である。さらなる CCD の微細化に対しては、CCD 自身としては光ショットノイズによる S/N の限界が大きな課題となるであろう。また CCD 単体のみならず撮影光学系も含めた技術課題の克服が必要である。一例をあげれば、CCD の画素サイズとレンズ開口による回折理論分解能の限界がほぼ同じオーダになっている点などがあげられる。

3.2 バッテリー

表 1 に、現在ビデオカメラに使用されている 3 種のバッテリー：ニッカド (NiCd) 電池、Ni 水素電池と Li イオン電池の特徴比較表を示す。すべての点において優れているバッテリーはなく、それぞれに長所短所があるが、ビデオカメラ用としては小型・軽量・高容量であることが重要である。撮影途中にカメラがパワーダウンしては、せっかくの本体の性能・機能向上も役に立たないし、予備に持っていくバッテリーが嵩張って重いのでは、本体の小型・軽量化の効果も半減する。

技術的な課題は残ってはいるが、環境問題および高容量・軽量化の面から Li イオンバッテリーを採用する機種が増加している⁷⁾。

3.3 高密度実装技術

ここ数年来、小型ビデオカメラは小型高密度実装技

術の進歩において先駆的役割を果たしてきた。1.0 mm×0.5 mm サイズの面実装抵抗、0.5 mm ピッチのコネクタ、0.8 mm 厚みの6層プリント基板など、小型ビデオカメラにおいて初めて実用化された技術は枚挙にいとまがない。

最近の技術的な動向としては、回路のデジタル化で周辺の受動部品数が減少傾向にあるのに対して、入出力ピンが100ピンを越えるICを多数実装する等、傾向の変化が見られる。このなかでリードピッチ0.4 mmのICパッケージの採用、半導体ベアチップ実装による面実装モジュール(松下電器)について解説する。

(1) リードピッチ0.4 mmのICパッケージ

168ピンのQFPパッケージを考えた場合、従来の0.5 mmと0.4 mmを比較すると実装面積差は176 mm²になる。この面積差には実に抵抗が184個実装可能である。このように、リードピッチの狭小化は小型化に大きく寄与する。一方、ICとしての部品信頼性、実装時のマウント不良の発生等の技術的な問題を克服することが不可欠であるが、

- ・パッケージ材料、ダイパット形状の改良によるICの信頼性の向上
- ・実装時のハンダの粘度調整や印刷の高精度化およびプリント板のランド形状の最適化

の2点の試行錯誤を含めた改良により実現された。

(2) ベアチップ実装

従来からハイブリッドICにおいてベアチップ実装は行われていたが、最近ハイブリッドICはコストの点や高背形状であり面実装が主流の現在の技術になじまない等で、あまり用いられていない。CCDの駆動IC2チップをセラミック基板実装し、この基板自身がプリント板に面実装可能であることが新規な点である。

今後もプロセス技術の異なる半導体の組合せ、電力系のデバイスの放熱性の向上などの観点で、ベアチップ実装の優位性が発揮されていくと考えられる。

(1994年10月14日受付)

【参考文献】

- 1) 日下ほか：“高画質手ぶれ補正システムの開発”，テレビ学技報，18，8，CE 94-2 (Jan. 1994)
- 2) 佐藤ほか：“光学式手振れ補正システム”，テレビ学技報，17，5，CE 93-3 (Jan. 1993)
- 3) 中山ほか：“3 CCD ムービー用信号処理システム”，テレビ学技報，17，5，CE 93-5 (Jan. 1993)
- 4) 広田ほか：“1/3 インチ有効38万画素IT型CCD撮像素子”，テレビ学技報，16，18，CE 92-9 (Feb. 1994)
- 5) 大前ほか：“1/4 インチEIS高画素CCD撮像素子”，テレビ学技報，18，16，CE 94-10 (Mar. 1994)
- 6) 加藤ほか：“1/4 インチ38万画素CCD撮像素子”，1994 テレビ年次大，29-2 (1994)
- 7) “6社以上からLiイオン2次電池，軽さを評価し採用始まる”，日経エレクトロニクス，No. 539，pp. 111-120 (1993)

いわべ かずき
岩部 和記 昭和51年，東京教育大学大学院修士課程修了。日立電子(株)を経て，昭和60年，富士写真フイルム(株)に入社。電子映像事業本部設計部にて，電子スチルカメラなどの電子映像機器の設計に従事。正会員。

こにし まさひろ
小西 正弘 昭和54年，東北大学工学部通信工学科卒業。同年，富士写真フイルム(株)に入社。電子映像事業本部設計部にて，CCD周辺回路，電子スチルカメラなどの開発および設計に従事。正会員。

なかの かずひろ
中野 克宏 昭和61年，慶応義塾大学理工学部応用化学科卒，同年，松下電器産業(株)入社。ビデオ事業部にて，ムービー用ハイブリッドIC，ベアチップモジュール等の工法開発に従事。