

解説

電子スチルカメラ 1989

橋口 住久

山梨大学工学部電子情報工学科 〒400 甲府市武田 4-3-11

(1989年3月29日受理)

Electronic Still Cameras 1989

Sumihisa HASHIGUCHI

Department of Electronics and Information Engineering,
Faculty of Engineering, Yamanashi University,
4-3-11, Takeda, Kofu 400

1. はじめに

電子スチルカメラは、映像を固体撮像素子で電気信号に変換してフロッピーディスクに記録するカメラである。1981年にソニーが発表したマビカ (magnetic video camera)¹⁾は、写真関連の業界に大きい衝撃を与えた。当時は資源問題がやかましく議論されていた時期であり、投機による銀価格の高騰もあって、電子スチルカメラがすぐにも銀塩写真に取って代わるかのようであった²⁾。

1983年に電子スチルカメラに関心をもつ企業が参加して電子スチルカメラ懇談会が結成され、1984年にはスチルフロッピーの統一規格を決定するに至っている (参加32社)。その後、1986年に音声記録とデータ記録の仕様が追加され (42社)、1988年にハイバンド記録の仕様について合意をみている³⁾。

電子スチルカメラは、暗室や現像処理が不要であること、撮影後ただちに鑑賞できること、電送に便利であること、高速連写が可能であること、書換えが可能であること、保存安定性がよいことなどの特長をもっているが、プリントの画質は従来の銀塩フィルムによる写真より劣っているので、銀塩写真と競合するのではなく、即時性を重視する新聞報道の分野や映像をTVディスプレイで鑑賞するという新しい分野で使われ始めている。1988年12月には普及型の電子スチルカメラが発売され、いよいよ普及期に入ったといえよう。

本文では、スチルフロッピーの規格と現在の電子スチルカメラの性能を紹介し、今後の展開について考える。

2. スチルフロッピーの統一規格^{4),5)}

スチルフロッピー規格は、525ライン60フィールド用と625ライン50フィールド用の二通りが定められているが、ここでは525ライン60フィールド (NTSC) 用のみを紹介する。

2.1 記録媒体

直径47mm厚さ40 μ mの塗布形メタルフロッピーディスク上に52本のトラックを設け、最外周のトラック1から順にトラック50までに信号を記録する。トラック51はガードバンドでありブランクにしておく。トラック52はコントロール信号を記録するキュートラックである。トラックの幅は60 μ m、トラックピッチは100 μ mである。このディスクを3600rpmで回転させ、1トラックに1フィールド (走査線262.5本、1/60秒間) の信号を記録する。

2.2 映像記録方式

色差線順次方式を用いている。この方式では、輝度信号Yと色差信号R-Yとを周波数分割多重したものと、輝度信号Yと色差信号B-Yとを多重したものとを、走査線1本ごとに交互に記録する。1フィールド262.5本の走査線のうち、たとえば、奇数番目の走査線にはYとR-Yとが記録され、偶数番目の走査線にはYとB-Yとが記録される。変調方式はFMである。

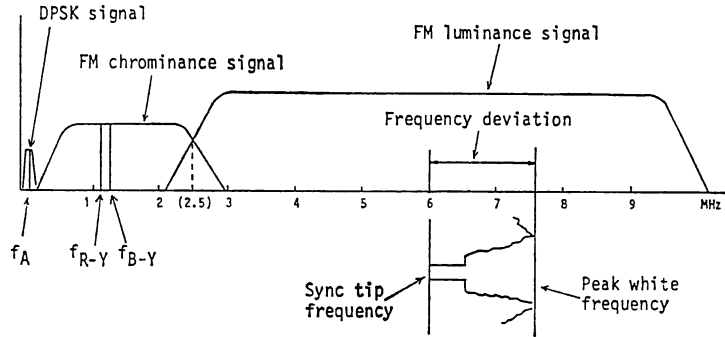


図1 ステルビデオフロップの記録信号周波数アロケーション

図1は、記録される信号の周波数アロケーションである。輝度信号Yの周波数偏移はシンクチップ6MHzからホワイトピーク7.5MHzにわたる1.5MHzであり、50%グレースケールの周波数は約7MHzである。Y信号の下側帯は2.5MHzにおいて色差信号の上側帯と交差する。したがって、Y信号の記録帯域幅は約4.5MHzである。色差信号R-Yのキャリア周波数は1.2MHzであり、周波数偏移は0.7MHzである。一方、色差信号B-Yのキャリア周波数は1.3MHzであり、周波数偏移は0.5MHzである。モノクローム記録のときには色差信号を記録しない。

2.3 IDコード記録方式

画像を記録する際に、1トラックに単独の画像を記録するフィールド記録と、二つのトラックにまたがって2フィールドを記録して1フレームの画像を構成するフレーム記録とを選択することができる。フィールド記録かフレーム記録かを識別するのに必要なためIDコードを信号スペクトルの下端にDPSKで記録する。IDコードのキャリア周波数は水平走査周波数の13倍の204.54kHzである。ID信号は、フレーム/フィールド識別のほか、トラック番号、年月日などが記録される。

2.4 音声記録方式

音声信号は時間圧縮してFM記録される。圧縮の倍率は、1/320倍、1/640倍、1/1280倍から選択できる。1トラック(1/60秒)に記録できる音声の長さは、1/640倍の圧縮のとき約9.6秒間である。音声信号は数トラックにわたって連続して記録することができる。FM記録のキャリア周波数は約6MHzである。周波数偏移は、圧縮率1/320倍のとき±2MHz、1/640倍のとき±1.5MHz、1/1280倍のとき±1MHzである。

2.5 データ記録方式

フォーマット時には、1トラックは4セクタに分割され、1セクタは128データフレームから構成される。1

データフレームには32byteのデータを記録できる。したがって、1トラックの記録容量は16384byte、フロップ1枚の記録容量は800kbyteである。

2.6 ハイバンド規格

ハイバンド規格ではシンクチップ周波数を7.7MHz、ホワイトピーク周波数を9.7MHzとしている。50%グレースケールの周波数は約9MHzであり、輝度信号Yの帯域幅は6.5MHzとなる。輝度信号の周波数偏移は2MHzである。輝度信号以外の信号は元のままである。

3. 要素技術

3.1 撮像素子⁶⁻¹⁵⁾

電子ステルカメラに用いられている固体撮像素子は、ホトセルとCCDとを組み合わせたCCDエリアイメージセンサーが主流である。カラーセンサーでは、ホトセルに原色(R, G, B)または補色(Ye, Mg, Cy)のフィルタをとりつけている。原色フィルタは色再現性に優れ、補色フィルタは分解能がよいといわれる。画素数は40万弱、感度はISO100程度である。半導体メモリの集積度の上昇と歩調を合わせて固体撮像素子の画素数も増加してきており、HDTV用には200万画素のCCDも発表されている。しかし、画素数の多いものは歩留りが悪い。

固体撮像素子では、一つのホトセルの信号が隣接するホトセルに漏れるブルーミングとスミアによって画像の質が低下するので、これらを少なくする方向で改良が進められている。

固体撮像素子の特長は、撮像素子自身にシャッター機能をもたせることができることである。CCDエリアセンサーでは、ホトセルで発生した電荷をいったん全部掃き捨て、掃き捨てた直後から所望の時間(シャッター秒時に対応)にわたって電荷を蓄積する。所望の時間が経過した後に蓄積された電荷を一挙にCCDに移す。このよう

にして得られるシャッター効果は電子シャッターと呼ばれている。実現できるシャッター秒時の上限は1/10000秒より短く、また、原理的には連続的に任意の秒時を選択できる。CCD エリアセンサーの電子シャッターはシャッター開口率が100%であり、原理的には全速にわたってストロボ同調可能である。

3.2 ディスクドライブと録再ヘッド^{16,17)}

撮影の直前にステルフロッピーが回転を始め、短時間で定速回転に達する必要がある。回転の立上りに大きい電流が必要であるので電源の負担が大きい。電子ステルカメラを小型軽量にするには、フロッピーディスクドライブ自身を小型軽量した上で、消費電流も小さく抑えることが必要である。これまでに小型化はかなり進んでいるが、消費電流はまだ大きい。

フレーム記録では、二つのトラックに約1msの間隔で連続して画像信号を記録する必要がある。1msで記録ヘッドを1トラック分移動させることはできないので、一つのヘッドだけフレーム記録を行なうことができず、100 μ mの間隔で配置した二つのヘッドを用いる。二つのヘッド間隔が小さいので薄膜ヘッドを用いる。また、ハイバンド記録では輝度信号の周波数が高いので、ギャップが狭い記録再生ヘッドが必要である。

4. 記録画像と音声の質

4.1 水平分解能

水平分解能は画面の横方向の画素数にTV画面のアスペクト(縦横)比3/4を乗じて縦方向に換算したものである。なお、2TV本が写真分解能の1本に相当する。

記録される画像の分解能は記録される信号の帯域幅で決まる。NTSC方式の画像では帯域幅1MHzについて約80TV本の水平分解能が得られるので、帯域幅4.5MHzのノーマル記録では水平分解能は約360TV本であり、帯域幅6.5MHzのハイバンド記録では水平分解能は約520TV本である。したがって、横方向の画素数はノーマル記録で480画素、ハイバンド記録で約690画素となる。

4.2 垂直分解能

フレーム画像の垂直分解能は有効走査線数に等しく、約490TV本である。フィールド画像の走査線数はフレーム画像の1/2であるので垂直分解能は約245TV本となる。CRTディスプレイ上では飛び越し走査を行なっているので、垂直分解能は約70%に低下しフレーム画像で約340TV本となる。

1フレーム当りの画素数は、ノーマル記録で約24万画素、ハイバンド記録で約34万画素である。

4.3 音 質

約6MHzのキャリア周波数に1/640倍に圧縮した音声信号を記録するとき、記録できる上限周波数は約9kHzである。実際に記録される音声信号の上限周波数はこれより低い。

5. 現 行 機 種¹⁷⁻²⁸⁾

表1は1988年に発売された電子ステルカメラであり、報道用、業務用、個人用の3種類に大別できる。

報道用は一眼レフ型TTLファインダーを備え、レンズ交換式であり、フレーム記録が可能である。フォーカルプレーンシャッターを装備している。カメラとしての機能は35ミリ一眼レフカメラと同等である。

業務用は報道用よりファインダーや機能の一部を簡略化して取扱いを簡単にしたもので、報道以外の業務(教育、流通等)に用いることを意図して開発されている。フレーム記録が可能である。フォーカルプレーンシャッターを装備している。

個人用は小型軽量で低価格であり、機能的には最も簡略化されている。フィールド記録専用であり、フレーム記録には対応していない。撮像素子の電子シャッター効果を利用したものが多い。

撮像素子はCCDが主流であり、サイズは2/3インチ型から1/2インチ型に移行しつつある。撮像素子が小さいほうがカメラの光学を小型にできるので、カメラ全体の小型化軽量化につながる。

カラー画像の水平分解能は300~400TV本であり、ステルフロッピーの水平分解能の上限に達していないので、今後さらに向上する余地がある。

電子ステルカメラの特長は高速連写が可能なことである。現行機種ではフィールド記録で毎秒20コマが最高である。1フィールドの記録は1/60秒で完了するので電気的には毎秒60コマの記録が可能であるが、記録ヘッドの移動速度を考慮すると毎秒50コマ程度が上限であろう。ステルフロッピーの撮影可能枚数が50枚であることを考慮すると、毎秒20コマを大きく上回るような連写速度は実用的ではない。

電源にはいずれも二次電池を用いている。現状ではディスクドライブの消費電流が大きいことと、ストロボを内蔵した機種ではさらに大きい電流が必要であるためであるが、これが小型化の障害になっている。

表1 1988年に発売された電子スチルカメラの仕様 (発表順)

用機メモ記	種カ方録	途名一式	報道 RC-760 キヤノン ノーマル	報道 QV-1000 C ニコン ノーマル	業務 ES-20 富士フイルム ノーマル	個人 Q-PIC キヤノン ハイバンド	業務 RC-470 キヤノン ハイバンド/ノーマル	個人 MVC-C1 ソニー ハイバンド	個人 KC-300 コニカ ノーマル	業務 AG-ES 10 松下電器 ハイバンド/ノーマル
水平分解能力	カラー フィルム	カラー フィルム	カラー フィルム	モノクローム フィルム	カラー フィルム	カラー フィルム	カラー フィルム	カラー フィルム	カラー フィルム	カラー フィルム
撮像素子数	360 TV本 2/3インチ CCD	約 450 TV本 2/3インチ CCD	約 450 TV本 2/3インチ CCD	約 450 TV本 2/3インチ CCD	300 TV本以上 1/2インチ CCD	300 TV本 2/3インチ MOS	400 TV本以上 1/2インチ CCD	320 TV本 1/2インチ CCD	400 TV本以上 1/2インチ CCD	400 TV本以上 1/2インチ CCD
ISO感度	1212 H 500 V 160	38万	400, 800, 1600	400, 800, 1600	160, 320	786 H 250 V 100	722 H 494 V 160	30万	30万	36万
フィルム交換式	SLR 交換式	SLR 交換式	SLR 交換式	SLR 交換式	アルパダ式 12.5-25 mm F 2.8	実像式 11 mm F 2.8	実像式 9 mm F 2 16 mm F 2.5	アルパダ式 12 mm F 2.8	アルパダ式 12 mm F 2.8	実像式 9 mm F 2 16 mm F 2.5
シャッター形式	フォーカルプレ ン	フォーカルプレ ン	フォーカルプレ ン	フォーカルプレ ン	フォーカルプレ ン	レンズシャッター	フォーカルプレ ン	電子シャッター	電子シャッター	フォーカルプレ ン
ストロボ同期	1/8-1/2000	1/8-1/2000	1/8-1/2000	1/8-1/2000	1/2-1/1000 1/60-1/200	1/30-1/500 1/125	1/30-1/1000 1/150	1/15-1/2000 全速	1/15-1/2000 全速	1/30-1/1000 1/150
オート露光モード	マニュアル S, P 補正可 オート/マニュアル	マニュアル M, A, S, P —	マニュアル —	マニュアル —	オート P, 補正可 オート/マニュアル	固定焦点 P, 補正可 オート	オート P, 補正可 オート	固定焦点 P 固定	固定焦点 P 固定	オート P, 補正可 オート
ホワイトバランス	オート/マニュアル	—	—	—	—	—	—	—	—	—
毎秒連写速度	2, 4, 6	4	4	4	5	3	5	—	—	5
フィルム/秒	10	20	—	—	—	—	—	—	—	—
再生機能	なし	なし	なし	なし	なし	あり	なし	あり	なし	なし
消費電源	ニッケル 8.4 V 250 mAH	ニッケル 146 W 180 H	ニッケル 1000	ニッケル 146 W 180 H	ニッケル 6 V 600 mAH	鉛蓄電池 8 V 200 mAH	鉛蓄電池 8 V 200 mAH	ニッケル 6 V 400 mAH	ニッケル 7.2 V 300 mAH	鉛蓄電池 8 V 200 mAH
ショット/チャージ	300	162 W 101 H	1000	146 W 180 H	500	800	500	500	500	700
寸法 (mm)	51.5 D	88 D	88 D	88 D	138 W 118 H	142 W 84.5 H	147.5 W 87 H	144 W 56 H	114 W 57 H	160 W 89 H
重量 (g)	975	980	980	980	900	420	650	106 D	114 D	72 D
価格 (円)	590,000	450,000	450,000	450,000	170,000	98,000	238,000	69,800	99,000	690 (B)
発売時期	1988.2	1988.12	1988.12	1988.12	1988.10	1988.12	1988.11	1988.12	1988.12	1988.12

a) 交換レンズ: キヤノン RC-760 用 11-66 mm F 1.2, 50-150 mm F 2.8, 13-52 mm F 1.8, 6 mm F 1.8, ニコン QV-1000 C 用 10-40 mm F 1.4, 11-120 mm F 2.

b) 露光モード, M: マニュアル, A: 絞り優先 AE, S: シャッター速度優先 AE, P: プログラム AE.

本表はカメラとしての機能をまとめたものであり、撮影と再生に直接関係のない機能については記載を割愛した。価格は1989年3月末現在。

6. 今後の方向

6.1 画質

スチルビデオの輝度信号の分解能は、ノーマル記録では SVHS-VTR (周波数偏移 5.4~7.0 MHz) よりわずかに低く、ハイバンド記録では ED β -VTR (周波数偏移 6.8~9.3 MHz) と同じ程度である。CRT ディスプレイ上では垂直分解能 340 TV 本との釣合から水平分解能は 360 TV 本程度でよいが、ノンインターレース CRT ディスプレイで鑑賞するときに垂直分解能は 490 TV 本であるのでハイバンド記録が必要となる。スチルビデオの画質はプリント用としては十分ではない。35 ミリフィルムの画素数はスチルビデオの 34 万 (ハイバンド) の 10 倍以上 (350 万) であるので、将来とも画質の点ではスチルビデオが銀塩フィルムを超えることはないと思われる。したがって、スチルビデオは、CRT で鑑賞することを主な用途とし、ランダムアクセス可能な簡易画像ファイルとしてとらえるべきである。

現在の電子スチルカメラの記録画像の分解能は、規格の範囲内で実現できる上限に達していない。記録媒体やヘッドや信号処理回路の改良によって、カメラの記録性能は向上することが期待できる。

6.2 カメラ機能

個人用の電子スチルカメラは、高画質化するとともに小型化軽量化と低価格化が進むであろう。小型化のためには省電力化が必要である。フロッピーディスクドライブは省電力化の余地があるが、ストロボについては必要な電源の大きさはストロボの光量で決まるので省電力化の余地は小さい。それゆえ、高エネルギー密度の電池の開発が望まれる。

撮像素子の電子シャッター機能は個人用の普及機に採用されているのみであり、シャッター秒時は 1/2000 秒止まりである。将来、撮像素子の感度が向上して ISO 400 相当以上になれば、さらに高速の電子シャッターが搭載されることになろう。

付加機能としての音声記録については、スチルフロッピーの記録容量 (フィールド画 50 枚) が必ずしも多くないことや音声記録時間が短いことから、用途が限られよう。音声記録ができるのはソニー MVC-A 7 AF のみである (1989 年 3 月現在)²⁹⁾。

6.3 デジタル化の試み

早い時期から画像の記録媒体にデジタルメモリを用いる試みがあり、デジタルスチルカメラが試作されている³⁰⁾。1988 年 9 月には 16 Mbit の半導体メモリー

ドを用いたスチルカメラを富士写真フィルムが発表した。さらに 1989 年 3 月に、20 Mbit のメモリーカードに情報量を圧縮して記録するデジタルスチルカメラを東芝が開発し、標準フォーマットの制定を提案している。

ハイバンド相当の画像 (34 万画素) を 256 階調で表示するとデータ量は約 330 kbyte となるので、半導体メモリに記録するには情報量を圧縮する必要がある。画像記録に適した (情報量の圧縮率が大きく画像の質を低下させない) 圧縮方式を開発することが必要である。今後、半導体の集積度の向上に伴って半導体メモリチップの記録容量は向上するので、将来の記録媒体としてはおおいに有望である。

7. おわりに

電子スチルカメラの大きさが“フロッピーサイズ”になったとき、本格的に新しいメディアとして普及すると予想される。さらに、記録媒体は磁気シートから半導体メモリーカードに変わっていくであろう。

銀塩フィルムカメラや VTR では実現できない機能やそれを生かした用途を開発することが急務である。

文 献

- 1) 木原信敏, ほか: “マビカシステム”, テレビ学技報, TEBS 80-5 (1982) 25-30.
- 2) 村上敬之助: “電子スチルカメラ 現状と動向”, テレビ学誌, 39 (1985) 760-764.
- 3) 水島昌洋: “電子スチルカメラ懇談会の活動とビデオフロッピー規格”, テレビ学誌, 39 (1985) 756-759.
- 4) “Specifications of still video floppy systems,” The Electronic Still Camera Conference (1985).
- 5) Electronic Still Camera Standardization Committee: “Agreement reached on still video hi-band format” (1988).
- 6) 井出祐二: “電子スチルカメラ 撮像部”, テレビ学誌, 39 (1985) 765-770.
- 7) 井上英彦, ほか: “電子シャッター付き CCD カメラ SP-3A”, 放送技術, 8月号 (1987) 70-74.
- 8) 浜崎正治, ほか: “可変速電子シャッター付 IT-CCD 撮像素子”, テレビ学技報, TEBS 88-6 (1988) 31-36.
- 9) 笹野信祐, ほか: “可変電子シャッター付 1/2 インチ 40 万画素 CCD センサ”, テレビ学技報, TEBS 88-7 (1988) 37-41.
- 10) 永野賢治, ほか: “200 万画素高精細度 CCD イメージセンサ”, 信学技報, ED 87-174 (1988) 45-50.
- 11) S. Manabe, *et al.*: “A 2-million pixel CCD imager overlaid with an amorphous silicon photo-conversion layer,” IEEE ISSCC (1988) pp. 50-51 and p. 297.
- 12) 荒川賢一, ほか: “可変速電子シャッター付 2/3 インチ 40 万画素 CCD エリアイメージセンサ”, 東芝レビュー, 43 (1988) 540-543.
- 13) 横川 寛, ほか: “1/2 インチ 35 万画素 CCD エリアイメージセンサ”, 東芝レビュー, 43 (1988) 544-547.
- 14) 三田勝久, 飯塚康雄: “CCD イメージセンサ用色フィル

- タ技術”, 東芝レビュー, 43 (1988) 548-552.
- 15) 藤原茂一: “CCD イメージセンサを用いたビデオカメラ”, 東芝レビュー, 43 (1988) 573-576.
 - 16) 中山正明, ほか: “電子スチルカメラ 記録・再生部”, テレビ学誌, 39 (1985) 771-776.
 - 17) 永岡 隆, ほか: “電子スチルカメラ, AG-ES 10”, テレビ学技報, TEBS 88-49 (1988) 25-30.
 - 18) 塩沢和夫: “CCD 電子シャッタを用いた小型スチルビデオカメラ”, テレビ学技報, OPT 88-14 (1988) 1-6.
 - 19) 竹前三喜夫, ほか: “ニコンスチルビデオカメラシステム”, テレビ学技報, OPT 88-14 (1988) 7-12.
 - 20) 岩部和記, ほか: “スチルビデオカメラ ES-20”, テレビ学技報, OPT 88-14 (1988) 13-18.
 - 21) 真栄田雅也, ほか: “キヤノンフロッピーカメラ, Q-PIC”, テレビ学技報, OPT 88-14 (1988) 19-24.
 - 22) 島田 勝: “マピカ”, テレビ学技報, OPT 88-14 (1988) 25-27.
 - 23) 橋口住久: “電子スチルカメラ 1988”, テレビ学技報, TEBS 88-45 (1988) 1-6.
 - 24) 辻 隆男: “キヤノンフロッピーカメラ Q-PIC”, テレビ学技報, TEBS 88-45 (1988) 7-12.
 - 25) 磯口成一, ほか: “スチルビデオカメラ コニカ KC-300 について”, テレビ学技報, TEBS 88-45 (1988) 13-18.
 - 26) 金子清隆, ほか: “スチルビデオカメラ ES-20”, テレビ学技報, TEBS 88-45 (1988) 19-24.
 - 27) 村田治彦, ほか: “小型電子スチルカメラの開発”, テレビ学技報, TEBS 88-45 (1988) 31-36.
 - 28) 堀井浩司, 角田 浩: “電子スチルカメラ用音声 IC の開発”, テレビ学技報, TEBS 88-45 (1988) 37-42.
 - 29) 橋口住久: “スチルビデオ最近の技術動向”, 写真学誌, 51 (1988) 30-35.
 - 30) 大西和則, 和久井孝太郎: “全デジタル化電子スチルカメラ”, テレビ学誌, 37 (1983) 863-868.