1. 概要

—動画ディスクカメラ用ストレージメディアの動向と展望—

正会員 中村 慶久[†]

キーワード：動画ディスクカメラ，カムコーダ，ハード磁気ディスク装置(HDD)，光ディスク装置(ODD)，DVD，カメラ一体形 VTR，ストレージメディア

1. ま え が き

映像を電子的に記録するために VTR(Video Tape Recorder)が生まれて 40 数年、今やほとんどの動画像の収録に磁気テープ装置(VTR)が使われている。その間 VTR は、体積当たりの大容量性や高速データ転送性の点で相当の進展が図られ、デジタル化も進んだ。

しかし VTR には、どうしても克服できない本質的な問題点がある。ランダムアクセス性である。長いテープに連続的に収録してある映像を、瞬間的にサーチするのは苦手である。このため半導体メモリーや磁気ディスクなどに動画像を書込むことが望まれてきた。しかし、標準画像を 1 時間記録するのに非圧縮で 100 GByte(以下 GB)、ハイビジョン画像では 500 GB もの情報量がある¹⁾。これをストレージ(蓄積)するには、テープ以外不可能と思われる。幸いにもデータ圧縮技術が急速に進み、さらに HDD(Hard Disk Drive)や ODD(Optical Disk Drive)、フラッシュメモリーの高密度大容量化技術も進んで、静止画だけでなく動画も、これらに収録できる可能性が出てきた。

以下では、高速アクセス性をもつ小形ストレージ装置と一体化させた高性能動画カメラを実現する観点から、ストレージ一体形カメラ(カムコーダ：Camcorder)と、そのためのストレ-

ジメディアの動向と将来展望を概説する。

2. 歴 史 と 動 向

2.1 ストレージ一体形カメラ

それまでは別々であったテレビカメラが VTR と一体化されたのは、1980 年頃からである。家庭用として数社から発表され、統一規格化が進んで、1985 年に 8 mm VCR(Video Cassette Recorder)が発売された²⁾。

一方、ENG(Electronic News Gathering)用としては、ホームビデオ用 VHS やベータカセットを用いたものが 1982 年に発表された³⁾。記録時間は 20 分程度で、アナログ記録であった。その後、メタルテープを用いるなどして高密度化が図られてカセットも小形化され、画質も機能性も格段に改善された。

LSI 化技術の進展とともに、1993 年頃からカメラ一体形 VTR もデジタル化され³⁾、1998 年には HD(High Definition)仕様も開発された⁴⁾。また 1994 年には、HD 仕様などへの発展性をもった家庭用 D-VCR(Digital VCR)の規格がまとめられ、翌 1995 年に市場に出た⁵⁾。これは、これまで日本で培われてきた VTR 技術の集大成ともいえる VTR 一体形小形高性能なデジタル動画カメラである。これをベースに業務用に一部を変更した DVC-PRO も開発された³⁾。

一方、ディスクに画像を記録するものとしては、1981 年に電子スチルカメラが開発された⁶⁾。47 mm 径の FD(Floppy Disk)に静止画を 25 枚書込めるものであった。画質が充分でなく、映像を再生するのに専用の装置が

必要であったこともあり、さほど普及しなかった。1995 年頃から、フラッシュメモリーを用いるデジタルスチルカメラが急速に普及したが、同様の画質で 1.44 MB 容量の 3.5 インチ径 FD に 40 数枚記録できるものも再び市場に出た。パソコンに搭載されている FDD(Floppy Disk Drive)に撮影済みの FD を挿入して容易に画像化でき、書類に組み込んだり、ネットワークで伝送できる。

動画カメラと一体化させたものでは、2.5 インチ径 HDD 2 台が搭載された ENG 用が 1995 年に発表された。映像圧縮率 1/7、データ転送レート約 4 MB/s で、ニュース素材を数 10 分収録でき、ノンリニア編集もできた⁷⁾。2 年後、PCMCIA カード形 260 MB 容量の HDD を搭載した民生用ディスクカメラも発売された。MPEG-1 で動画 20 分、静止画 3000 枚が収録できるものである。

一方、ODD が搭載されたものでは、1996 年に直径 12 cm の相変化形ディスクの片面に 20 分記録できる業務用デジタルディスクカメラが試作された。記録容量は片面約 4 GB、記録レート 34 Mb/s、映像転送レート 26 Mb/s であった。また最近になって、DVD(Digital Versatile Disk)が市場に出て、DVD-RAM を用いる動画カメラも試作された⁸⁾。直径 80 mm、記録容量 1.5 GB のディスクにデータ転送レート 6 Mb/s の MPEG-2 画像が 60 分記録できる。

2.2 ストレージメディア

図 1 は、各種ストレージメディアの面積当たりの記録密度の変遷である。VTR や HDD などの磁気記録装置は、

[†] 東北大学 電気通信研究所
"General Displication; Recent Progress and Prospect of Storage Media for Camcorder"
Yoshihisa Nakamura (Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, Sendai)

図1 記録密度の変遷

1990年頃まで、年率30%(10年10倍)の割合で面記録密度を向上させてきた。アジマス記録方式の採用もあって、VTRの記録密度の方がHDDより高かった。

しかし、1991年頃からHDDの面記録密度が年率60%(5年10倍)の勢いで急激に増大した。低ノイズCo-Cr系薄膜磁気ディスク、高感度MR(Magneto-resistive)読出しヘッド、ノイズに強いPRML(Partial Response Maximum Likelihood)信号処理方式が、ほぼ同時に採用されたためである。VTRは、カセットテープに可換性が求められ、またベースが可撓性であるため、HDD並みにトラック幅を狭めることが難しく、面記録密度は1992年頃にHDDに抜かれた。

これに対し光ディスクは、光ビーム径でピット寸法が決まるため、HDDよりはるかに高い面記録密度が期待された。大きく分けて、再生専用ROM(Read Only Memory)、1回だけ記録できるWORM(Write Once Read Memory)、書換え可能なRAM(Random Access Memory)がある。またRAMには、相変化(PC: Phase Change)形と光磁気(MO: Magneto Optical)形があり、いずれも光ビー

ムで熱記録している。

PC形は、GeやSb、Teなどの金属膜が温度の急冷により非晶質状態になるのを利用して書込み、徐冷して結晶質に戻し消去する。結晶質と非晶質との反射率の違いで信号を検出する⁹⁾。

一方MO形は、光ビームの照射で昇温した部分に弱い磁界を加え、磁性膜を磁化反転させて書込み、これをカー(Kerr)やファラディ(Farady)効果などで磁気光学的に読出す。このため、温度によって保磁力が大きく変わり、かつ磁気光学特性の良いTbFeCo系薄膜などが記録膜として用いられる⁹⁾。

DVDが開発されるまで、書換え形といえばMOディスクであった。しかしDVDにPC形が採用されて形勢が逆転し、MOは影が薄れつつある。しかし、着々と技術開発が進められ、

磁気超解像(MISR: Magnetically Induced Super Resolution)技術を用いて、3.5インチ(90mm)径ディスクに面記録密度約2.5 Gb/in²で記録容量1.3 GBのものが実現されている¹⁰⁾。MISRは、ディスクの磁気的な構造を工夫して、光ビームの中に複数のビットが書込まれていても、読出し時にその中の1つだけを浮かび上がらせるものである。書込むビットを微細化できるほど、記録容量をさらに増すことができる。

一方、PC形を採用したDVD-RAMは、直径120mmのディスク片面に2.6 GBの情報が書込める。面記録密度はまだ1.5 Gb/in²程度で、記録容量4.7 GBのDVD-ROMに比べ低いが、両面で5.2 GBにすることが予定されている¹¹⁾。また動画ディスクカメラ用にDVD-ROM並の高密度化も進められている¹⁰⁾。

しかし、これら光ディスクの面記録密度も、1997年頃にHDDの急速な進展に抜かれた。

3. 将来展望

主なストレージメディアの、面記録密度、記録レート、カセットあるいはカートリッジの体積当たり記録容量を表1で比較する。記録レートが早いほど記録時間は短くなるが、高画質で記録できる。また体積当たりの記録容量が大きいほど、ストレージ装置を小さく、したがって、これを搭載させるカメラを小さくかつ軽くでき、また高画質で長時間記録できる。

DVC-Sは、すでに市場に出ている家庭用D-VCR用の小形カセットである。圧縮率1/5で1時間収録できる。面記録密度は他に比べて最も低いが、体積当たり記録容量は断然大きく、記

表1 各種小形ストレージメディアの性能比較

	DVC-S	2.5インチ HDD	micro HDD	DVD-RAM
面記録密度 (Gb/in ²)	0.26	6	5	1.5(3)
記録速度 (Mb/s)	25	20	45	11
記録容量 (GB)	11	6	0.34	2.6(5.2)
カートリッジ寸法 H×W×D (mm)	48×66×12	100×70×7.5	43×36×5	137×124×7
カートリッジ体積当たり記録容量 (kB/mm ³)	289	114	44	22(44)

録速度も速い。このため、家庭用ではあるが、業務用にも近い画質で収録できる。

これに対し DVD-RAM は、体積当たりの記録容量が最も小さく、記録速度も遅い。すなわち動画カメラに搭載するには、記録密度をさらに高め、カートリッジを小さくすることが求められる。その努力は、すでに図られているが¹⁰⁾、記録映像がどこまでプロの目に耐えられるかも課題である。

光ディスクの記録速度が遅いのは熱記録のためである。磁化は数 ns 以下で反転するのにに対し、光スポットの照射による記録膜上の温度上昇と下降に、少なくとも数 10 ns が必要である。このため、光ビームを照射したまま磁界変調で書込む MO の方が、記録レートも早くでき、高密度化も容易であるといわれている¹⁰⁾。しかし、これは光(熱)アシスト磁気記録であり、光ヘッドの他、広い範囲で均一磁界を発生するコイルか、光ヘッドと一体となって動く書込み用磁気ヘッドが必要になる。

一方、最近の HDD は、体積当たりの容量も記録速度もかなり DVC に肉薄してきた。2.5 インチ径 HDD の面記録密度は、すでに 10 Gb/in² のものが市場に出て、1~2 年後に 20 Gb/in² になることが実験で示されている。実現すると、2.5 インチ径 HDD の記録容量は 20 GB ほどになり、DVC-S カセットを優に抜く。可換形マイクロ HDD でも 1.36 GB になり、MPEG-2/6 Mb/s の画質で 30 分記録できる。

このような HDD の問題は、記録速度は早い、映像のような大きなデータファイルを読出すためには、サステインドデータレートが遅いことである¹²⁾。元来 HDD は計算機用であり、数値や文字などのテキストデータを記録再生するのに便利ように作られている。データ群を細かく分割してディスク上の空いているセクタに分散して書込んでおり、ヘッドシークなどに時間が取られる。また読込まれたデータにエラーがあると、読み直すためにデ

ィスクが一周するのをさらに待つことになる。

これらに要する時間はそれぞれ 10 ms 前後である¹²⁾。しかし書込まれた映像の 1 フレームを再生するには、33 ms の間にコンポーネント標準信号で 5.5 Mb のデータを連続的に読出さなければならぬ。データの流れが数 10 ms も止まると、再生映像が大きく乱れるため、映像専用の HDD を望む声もある。

HDD では、早ければ 2010 年頃までに 100 Gb/in² の実現を目指すプロジェクトが日米で動きつつある。これができる 2.5 インチ径 HDD で 100 GB、マイクロ HDD ですら 6.8 GB の容量をもち、HD 画像も記録できる。一方、MO 形でも、SIL (Solid Immersion Lens) や近接場を用いる超高密度化の研究が進められている。しかし PC 形では、昇温や冷却の時間が狭められる記録膜の開発か、ビーム径を狭められる青色レーザの実用化以外には、高密度化への道筋が HDD に比べ明確でない。

4. む す び

HDD や ODD の高密度大容量化が進んでも、カメラ一体形 VTR の記録速度や体積当たり記録容量での優位性は当分変わることはない。薄膜ヘッドや MR ヘッドの開発も進み、VTR の飛躍的は高密度化や高速化にも展望が開けつつある。しかし、アクセス性も含めると、半導体メモリーに高密度大容量化に革新的技術が生まれない限り、ストレージ一体形動画カメラには、HDD が最適である。2.5 インチ径 HDD でも、DVC-S カセット程度の記録容量を間もなくもつ。

しかし、可換性や耐衝撃性、価格なども含めて総合的にみると、ODD も捨てがたい。日本の独自技術である光ディスクを活用することも重要である。しかし、光ディスクが必ずしも万能ではないことも認識すべきである。ROM や WORM は、大容量性と高トラッキング精度性、低価格性などで、

きわめて優れた可換メディアである。しかし、RAM は、熱記録である限り、ハイビジョン仕様など、これからますます厳しくなる高速化や高密度化の要求に対して応えられなくなる可能性もある。

すべてのシステムがコンピュータで支配される 21 世紀に向けて、世界で受け入れられる動画ディスクカメラシステムをどう構築するのか、ホームサーバーなど情報家電の構築と共に、これまでこの世界を牽引してきた日本のこの分野の開発技術者の見識が、いま問われている。(1999 年 7 月 12 日受付)

〔文 献〕

- 1) 映像情報メディア学会編、中村慶久監修：“画像のデジタル記録”，p. 9，オーム社 (1997)
- 2) H. Sugaya and K. Yokoyama: “Video Recording”, Magnetic Recording Vol. III edited by C.D. Mee and E.D. Daniel, McGraw-Hill Book Company, pp. 19-148 (1988)
- 3) 三上繁美、村山捷昭: “2. テープ記録システム 2.1 テープ記録システムの動向と展望”，テレビ誌，50, 11, pp. 1649-1652 (1996)
- 4) 大島英男ほか: “映像情報メディア年報 1-3 画像情報記録”，映像学誌，52, 8, pp. 1081-1088 (1998)
- 5) 映像情報メディア学会編、中村慶久監修：“画像のデジタル記録”，pp. 145-154，オーム社 (1997)
- 6) 水島昌洋: “1. 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”，テレビ誌，39, 9, pp. 756-759 (1985)
- 7) 映像情報メディア学会編、中村慶久監修：“画像のデジタル記録”，pp. 288-292，オーム社 (1997)
- 8) 麻倉怜士: “DVD-RAM 革命”，pp. 224-240，オーム社 (1999)
- 9) 映像情報メディア学会編、中村慶久監修：“画像のデジタル記録”，pp. 138-208，オーム社 (1997)
- 10) 麻倉怜士: “DVD-RAM 革命”，pp. 148-160，オーム社 (1999)
- 11) 寺尾元康: “2. DVD-RAM ディスク”，映像学誌，51, 7, pp. 947-951 (1997)
- 12) 青柳彦彦: “3-3 ハードディスク装置”，映像学誌，52, 10, pp. 1416-1420 (1998)

なかむら よしひさ
中村 慶久

1968 年、東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程修了。同年、東北大学助手電気通信研究所。1971 年、助教。1987 年、教授。一貫して、磁気記録の高密度化に関する研究に従事。最近、垂直磁気記録方式による超高密度・大容量・高速ストレージシステムの研究開発に従事。正会員。