

feature article

# 薄型テレビ搭載HDD技術の進化

Hard Disk Recording Technology for Flat Panel Display TV

石野 千春 Chiharu Ishino

江田 隆則 Takanori Eda

大喜多 史雄 Fumio Ohkita

石黒 幹根 Mikine Ishiguro

中野 康啓 Yasuhiro Nakano

茂原 猛一 Takekazu Shigehara

2007年から録画機能付きデジタルテレビの需要は堅調な伸びを示しており、アナログ放送が停波する2011年には、出荷されるデジタルテレビの約半数が録画機能搭載型になると予測されている。

このような中、各社からBlu-ray DiscやHDDを内蔵した録画機能付きテレビが相次いで製品化されている。

一方、録画機能で先行するハイビジョンレコーダでは、内蔵HDDの大容量化、ダブル録画と並んで、N倍録画といった長時間録画技術に関心が高まっている。

「Wooo 03シリーズ」では、進化した録画技術として、H.264/AVC形式による高圧縮技術を実装し、ハイビジョン画質相当で最大約200時間の長時間録画を実現した。

また、HDD録画技術を基盤としたネットワーク技術の連携により、

全機種ホームネットワーク機能およびアクトピラダウンロードサービスに対応している。

## 1. はじめに

日立は、2003年5月に、HDD (Hard Disk Drive) を内蔵し、リモコンボタン一つで簡単にハイビジョン番組を録画できる「Wooo 5000シリーズ」を発売した。以来、録画機能付きテレビの利便性を訴求し、電子番組表 (EPG: Electronic Program Guide) との連携など、予約操作の快適性を追求し、研究開発を行ってきた。

2006年4月には、ViXS社のトランスコード技術を搭載し、内蔵HDDにハイビジョン画質相当で約50時間の録画を可能とした「Wooo 9000シリーズ」を発売した。2007年4月には、リムーバブルHDD「iVDR-S (Information Versatile Device for Removable Usage-Secure)」に対応するなど、録画時間の長時間化に取り組んできた。

最大約200時間の長時間録画モードを備えた「Wooo 03シリーズ」(2009年4月)は、宅内ネットワークの標準仕様であるDLNA (Digital Living Network Alliance) に準拠したプレーヤ機能を備えるとともに、録画した番組を宅内ネットワークに配信するサーバ機能を標準で搭載するなど、充実したネットワーク機能を提供している (図1参照)。

ここでは、WoooシリーズにおけるHDD録画技術の進化の概要と、「Wooo 03シリーズ」でのH.264/AVC (Advanced Video Coding) による長時間録画技術、およびHDD搭載を生かしたネットワーク機能の開発について述べる。

## 2. 長時間録画への取り組み

### 2.1 トランスコード技術の採用

長時間録画を実現するためには、HDDの容量を増やす

方法と映像のビットレートを低減する方法がある。前者において50時間のハイビジョン録画を考えた場合、500 Gバイトの容量が必要となる。9000シリーズ開発時、5000シリーズに内蔵した160 GバイトのHDDと比較すると、約3倍のコストが発生する課題があった。

そこで、9000シリーズからは、録画した映像のビットレートを低減する手段として、ViXS社のトランスコード技術「XCodeHD」<sup>※1)</sup>を導入した。

XCodeHDによるMPEG-2 (Moving Picture Experts Group Phase 2) トランスコード技術は、一度デコードした映像を再び符号化する方式ではなく、入力されたMPEG-2 TS (Transport Stream) のビットレート、動きベクトル情報、ピクチャ構造などを再利用して符号化する方式であり、演算量およびメモリの使用量を低く抑えられる点で優れている。また、解像度変換を併用することで、ハイビジョン画質相当で2倍の圧縮性能を実現し、この2倍録画を「TSEモード」として実装した。

TSEモードを搭載することで、250 Gバイトの内蔵HDDに約50時間のハイビジョン録画を実現した。

### 2.2 リムーバブルHDD「iVDR-S」対応

日立は、2007年4月発売の「Wooo 01シリーズ」から、リムーバブルHDD「iVDR-S」に対応した「iVポケット」を世界で初めて搭載した。

iVDR-Sは、iVDR向けの著作権保護技術「SAFIA

※1) XCodeHDは、ViXS Systems Inc.の登録商標である。

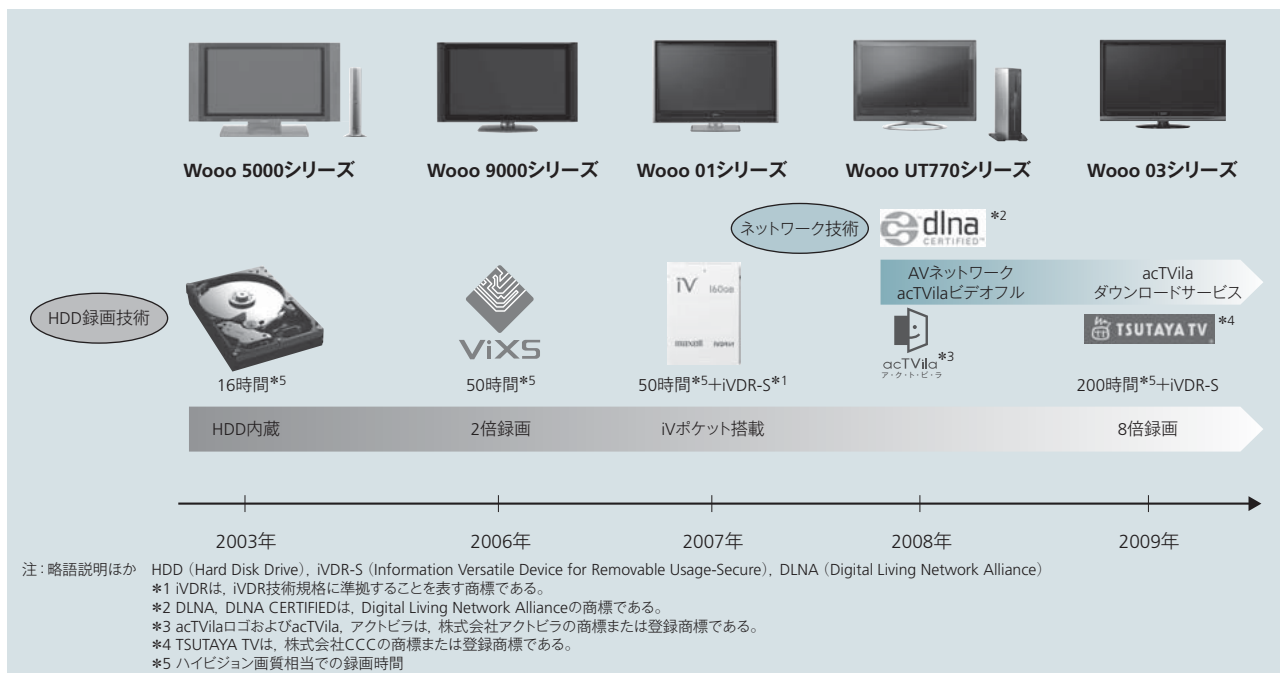


図1 Woooシリーズの進化

録画、ネットワーク機能に特化した、Woooシリーズの進化の歴史を示す。

(Security Architecture for Intelligent Attachment Device)』に対応し、コンテンツ保護が必須であるデジタル放送番組の録画が可能である。

SAFIAの特徴は、暗号化コンテンツの復号鍵などの秘密情報を安全に管理する「耐タンパ領域」をHDD内に持っていることである。これにより、認証、暗復号化などセキュリティ処理を安全に実行できる。さらに、コンテンツ復号鍵の送受信方式としては安全性の高い公開鍵基盤技術が採用されている(図2参照)。

iVポケットを搭載したことにより、ユーザーは内蔵HDDの残量を気にすることなく、iVDR-Sに高画質のまま簡単に録画、保存して楽しむことが可能となった。また、iVDR-Sは着脱可能なメディアであるため、録画したコンテンツを持ち出して、iVDR規格に準拠した他の機器でもコンテンツを楽しむことが可能である。市場で先行しているBlu-ray Disc<sup>※2)</sup>と比較しても、長時間の録画や高速ダビングが可能といった利便性がある(表1参照)。

※2) Blu-ray Disc, Blu-ray Discロゴは、Blu-ray Disc Associationの商標である。

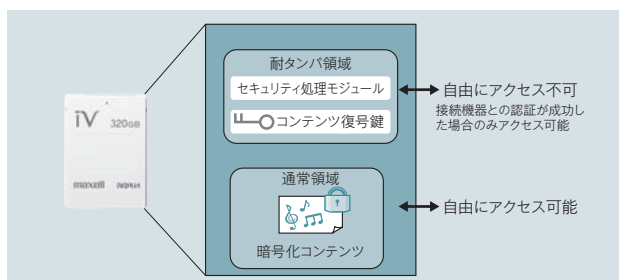


図2 iVDR-Sの機能ブロック図

iVDR-Sの内部データ管理領域の構成と領域ごとのアクセス可否を示す。

表1 iVDR-SとBlu-ray Discの比較

iVDR-SとBlu-ray Disc単体での機能比較結果を示す。録画時間は、地上デジタル放送をTSモードで記録した場合である。

	iVDR-S	Blu-ray Disc (BD-R/RE)
最大容量*	320 Gバイト	50 Gバイト 2層タイプ
録画時間	約41時間	約6時間
最大データ転送速度	729 Mビット/s	216 Mビット/s: BD-R (×6タイプ) 72 Mビット/s: BD-RE (×2タイプ)
ムーブ (記録コンテンツの移動)	ダビング 対応機器      両方向にムーブ可能	ダビング 対応機器      Blu-rayへのムーブのみ可能

\* 2009年7月時点

### 3. Wooo 03シリーズの長時間録画技術

#### 3.1 H.264/AVCによる高圧縮技術の概要

近年、H.264/AVCの高圧縮技術は、日本の1セグメント(ワンセグ)放送をはじめ、Blu-ray Disc、IP (Internet Protocol) ネットワークを利用した映像配信など、その応用範囲が広がっている。N倍録画のアプリケーションソフトウェアにおいても、H.264/AVCによる高圧縮技術が主流となっている。

H.264/AVCは、2003年5月にITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector: 国際電気通信連合 電気通信標準化部門) およびISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構) によって策定され、映像圧縮技術として最新の国際標準規格となっている。

H.264/AVCが提供する要素技術は、従来のMPEG-2と比べて、イントラ予測、動き補償、可変長符号化の拡張、

デブロッキングフィルタの追加実装の点で優れており、より効率的な符号化が可能である(表2参照)。

### 3.2 H.264/AVCトランスコード技術

H.264/AVCでは、豊富な符号化ツールの中から最適なツールを実装することが、デバイス設計上の課題となる。

符号化の方式としては、オリジナルの圧縮映像をデコードした後、H.264/AVCに再符号化する「H.264/AVCエンコード方式」と、オリジナルのビットレートや動きベクトル情報、ピクチャ構造などを利用して効率よく変換を行う「H.264/AVCトランスコード方式」の2種類がある。後者は、演算量、メモリの使用量を低く抑えることができ、符号化ツールを多数実装することが可能である。

Wooo 03シリーズでは、H.264/AVCエンコード方式とH.264/AVCトランスコード方式それぞれのCODEC(Coder Decoder)において画質評価を行った結果、高い性能を確認できたため、H.264/AVCトランスコード方式を採用した。

### 3.3 H.264/AVCトランスコード画質評価

長時間録画を実現するには、圧縮によって劣化した映像の画質評価が不可欠である。画質評価は、テレビ画質評価の国際基準であるITU-R BT.500-11勧告書を踏まえ、画質評価の非専門家15名による主観評価で行った。被験者はオリジナルと比較した際の劣化の度合いを5段階で評価した(表3参照)。

約20 Mビット/sのオリジナル映像をH.264/AVCでトランスコードした5 Mビット/sの映像と、従来のMPEG-2でトランスコードした10 Mビット/sの映像を比較した(図3参照)。従来のMPEG-2による圧縮映像に対し、ほぼ同等の画質が得られたため、これを4倍録画「TSX4モード」とした。また、同一ビットレートの映像で、他のH.264/AVCエンコード方式のCODECと比較した場合、良好な画質性能が得られることを確認した(図4参照)。

表2 MPEG-2とH.264/AVC要素技術の比較

H.264/AVCの要素技術はMPEG-2に比べて拡張されており、自由度が高い。

要素技術	MPEG-2	H.264/AVC
変換	実数精度8×8DCT	整数精度4×4DCT
イントラ符号化	DC係数の予測	4×4単位(9種類), 8×8単位(9種類), 16×16単位(4種類)の予測
動き補償ブロック	16×16画素	16×16画素~4×4画素の7種類
動きベクトルの精度	1/2画素精度	1/4画素精度
動き補償ループフィルタ	なし	デブロッキングフィルタ
可変長符号化	二次元VLC	CAVLC, CABAC

注:略語説明 MPEG (Moving Picture Experts Group), AVC (Advanced Video Coding), DCT (Discrete Cosine Transform), DC (Direct Current), VLC (Variable Length Coding), CAVLC (Context-based Adaptive Variable Length Coding), CABAC (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)

Wooo 03シリーズでは、TSX4モードに加えてハイビジョン相当の画質を維持したまま、8倍に圧縮した「TSX8モード」を用意した。TSX8モードは、アニメーションやドラマなど比較的動きの少ないコンテンツにおいて高画質な映像を提供することができ、より長時間の録画が可能となった。

## 4. HDD技術の進化とネットワーク技術の連携

### 4.1 2.5インチHDDの採用

近年、地球温暖化防止に向けた環境保全活動が活発化している。Wooo 03シリーズにおいては3.5インチHDDに代えて、2.5インチHDDを新規に採用し、電力低減を図った。電源供給を5V単一方式に変更することで、録画再生時の消費電力を6.4 Wから1.8 Wへ、省電力モード時では2.0 Wから0.2 Wに削減した。

また、HDD筐(きょう)体の質量、体積ともに約1/3に

表3 画質評価基準

被験者は5段階の数字が大きくなるほど、高画質であると判断する。

評価値	評価基準
5 (Excellent)	劣化がわからない
4 (Good)	劣化がわかるが気にならない
3 (Fair)	劣化がわずかに気になる
2 (Poor)	劣化が気になる
1 (Bad)	劣化が非常に気になる

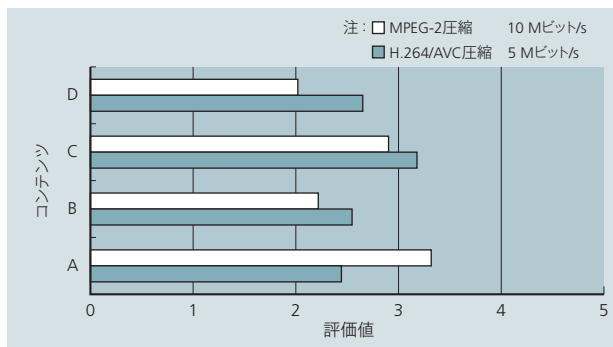


図3 H.264/AVC圧縮とMPEG-2圧縮(従来機種)の主観評価

B, C, Dの各映像でH.264/AVC 5 Mビット/sは、MPEG-2 10 Mビット/sよりも高画質となった。

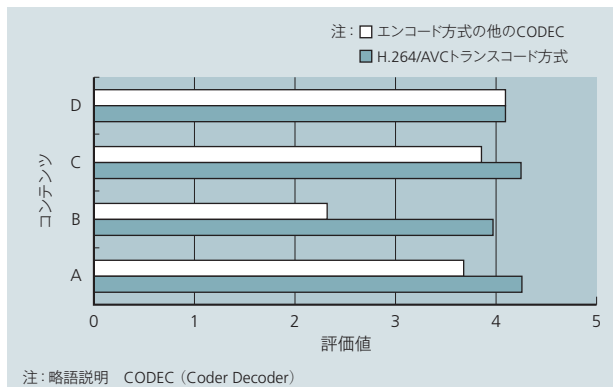


図4 H.264/AVCトランスコード方式とエンコード方式の主観評価

すべての映像で「H.264/AVCトランスコード方式」が、「H.264/AVCエンコード方式」のCODECを上回った。

小型軽量化し、構造部品および物流コストの低減にも貢献した(表4, 図5参照)。

#### 4.2 アクティブダウンロードサーバ機能

株式会社アクティバは、従来のストリーミング型サービスに加え、2008年12月にダウンロード型サービスを開始した。リアルタイムにコンテンツ再生を行うストリーミング型サービスでは視聴時に通信速度の影響を受けるが、HDDにダウンロードして視聴するダウンロード型サービスは視聴時に通信速度の影響を受けない。そのため、高ビットレートコンテンツの提供が可能となり、最大20 Mビット/sの高画質コンテンツを視聴することが可能である。

2008年6月発売の「Wooo UT770シリーズ」ではHDD搭載を生かし、このダウンロード型サービスに当初から対応した。その後のWooo 03シリーズにおいてはHDD搭載の全機種に展開した。

また、アクティバで採用されている著作権保護技術「Marlin」からSAFIAへの暗号変換機能を実装したことにより、セル作品をiVDR-Sへダビングし、どこでも視聴することが可能となった。さらに、HDDに記録されたコンテンツを宅内ネットワークへ配信するサーバ機能において、Marlinから配信に必要な著作権保護技術「DTCP (Digital Transmission Content Protection) -IP」への暗号変換機能を実装した。これにより、録画番組だけでなくダウンロードしたコンテンツも、DLNA対応プレーヤで宅内のどこにいても視聴することが可能になった。

表4 3.5インチHDDと2.5インチHDDの仕様比較

Woooで採用した3.5インチおよび2.5インチHDDの仕様比較を示す。2.5インチHDDでは質量と体積が約半になる。ディスクへのデータ転送レートは低下するが、面記録密度が向上し、テレビの録画再生に対して十分な性能を持っている。

	3.5インチHDD	2.5インチHDD
回転数 (min. <sup>-1</sup> )	7,200	5,400
面記録密度 (kビット/mm <sup>2</sup> )	286	314
ディスク転送レート (Mビット/s)	1,138	683
消費電力 (W)	6.4	1.8
質量 (g)	550	102
体積 (cm <sup>3</sup> )	390	67

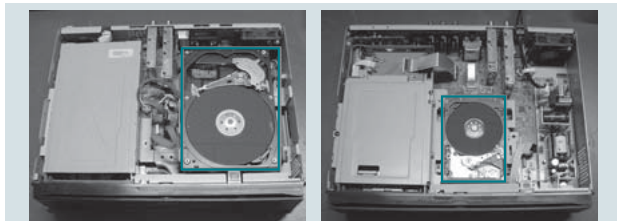


図5 3.5インチHDD搭載(Wooo UT770シリーズ) 2.5インチHDD搭載(Wooo UT800シリーズ)

図5 3.5インチHDDと2.5インチHDD採用機種の外観

2.5インチHDD搭載機種「Wooo UT800シリーズ」では省スペースを生かして電源ユニットを取り込んだ。

#### 5. おわりに

ここでは、WoooシリーズにおけるHDD録画技術の進化の概要と、Wooo 03シリーズでのH.264/AVCによる長時間録画技術、およびHDD搭載を生かしたネットワーク機能の開発について述べた。

今後は、高圧縮録画の性能をさらに改善し、ネットワーク機能との連携を深めることで、高品質な映像コンテンツをどこでも手軽に楽しめる環境を提供していく所存である。

#### 参考文献

- 1) 駒井, 外: パーソナルストレージiVポケット搭載Wooo新シリーズ, 日立評論, 89, 10, 772~777 (2007.10)
- 2) 森, 外: 「Wooo UT770シリーズ」におけるネットワーク技術, 日立評論, 90, 10, 838~841 (2008.10)
- 3) ITU-R BT.500: Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures (2002)

#### 執筆者紹介



##### 石野 千春

1991年日立製作所入社, 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 デジタルコンシューマ事業部 映像ソリューション本部 開発部所属  
現在, デジタルTVのハードウェア開発に従事



##### 大喜多 史雄

2001年日立製作所入社, 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 デジタルコンシューマ事業部 映像ソリューション本部 開発部所属  
現在, デジタルTVのハードウェア開発に従事



##### 中野 康啓

2006年日立製作所入社, 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 デジタルコンシューマ事業部 映像ソリューション本部 開発部所属  
現在, デジタルTVのハードウェア開発に従事



##### 江田 隆則

1992年日立製作所入社, 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 デジタルコンシューマ事業部 映像ソリューション本部 開発部所属  
現在, デジタルTVのソフトウェア開発に従事



##### 石黒 幹根

1996年日立製作所入社, 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 デジタルコンシューマ事業部 映像ソリューション本部 開発部所属  
現在, デジタルTVのソフトウェア開発に従事



##### 茂原 猛一

2001年日立製作所入社, 日立コンシューマエレクトロニクス株式会社 デジタルコンシューマ事業部 映像ソリューション本部 開発部所属  
現在, デジタルTVのソフトウェア開発に従事