

1ビットオーディオ録音再生システムの開発

早稲田大学国際情報通信研究センター音響研究室 服部 永雄・及川 靖広・山崎 芳男

1. まえがき

20世紀のオーディオを振り返ると、ディスクメディアであるSP・EP・LPなどのアナログレコードを中心とし、演奏時間の長時間化、ノイズや歪の低減、再生帯域の拡大による音質向上といったアナログ技術の革新であった。これがCDの登場により、民生機器として初めてデジタル技術が採用されて、ノイズや歪の低減などに加え、利便性、小型軽量化という特徴がユーザーニーズを掴み急速に普及した。

しかしながら、現在、このデジタルオーディオ時代を牽引してきたCDに対し、新しい拡張されたフォーマットや符号化方式が提案され実用化されつつある。その一つが「高速標準化1ビット符号化」方式である。

この方式は標準化周波数と量子化ビット数の、2つのパラメータの積である伝送容量が重要な意味を持っており個々に論じられるものではないとの考えから提案された方法で、量子化ビット数は1ビットの2値しかもたないが標準化周波数を充分高くすることにより広ダイナミックレンジと広帯域を得ようとする方式である。デジタル信号でありながらアナログ信号のスペクトルをそのまま保存するという特徴がある。

このデジタルのよさを有しながら限りなく原音に近いなどの優れた特性を持つ1ビットオーディオ技術を次世代のオーディオニーズに応える技術の一つとして世に広く認知していただくことを目的とし、「1ビットオーディオコンソーシアム」が設立された。このコンソーシアムの活動の一環として、原音を1ビットで記録し簡単に再生するシステムの開発を行ったので報告する。

2. 1ビット記録・再生システム

1ビットでの記録、再生を簡単に行うシステムとして以下の4点を開発した。

- 1) ストリームデータとして録音再生可能な高速1ビットレコーダ
- 2) 1ビットファイルフォーマット (WSDファイルフォーマット)。
- 3) ディスク化のためのオーサリングツール
- 4) WSDプレーヤ

以下、個々について説明する。

3. 高速1ビットレコーダ

3.1 マルチトラックHDDレコーダ

本レコーダは高速1ビットマルチチャンネルコンバータとHDDレコーダからなる。高速1ビットマルチチャンネルコンバータは8チャンネルのA/D、D/Aコンバータを内蔵し、24bit 8チャンネルの汎用インターフェースであるadatインターフェース3系統により一般の24トラック24bitレコーダと接続される。レコーダは単なるデータストリーマとして用いられ8チャンネルの高速1ビット信号が記録できるものである。写真1にこの高速1ビットマルチチャンネルコンバータとレコーダとして用いたFostex D2424を示す。

回路構成は8チャンネルのA/D、D/AコンバータとFPGA、デジタル入出力およびマイクロコントローラからなる。構成を図1に示す。クロック入出力端子としてBNCコネクタを持つが通常のワードクロックのほか、本機を複数台同期運転する際にはワードクロックの768倍であるシステムクロックそのものを入出力することによりPLLを一切使用しないクロックをA/D、D/A変換器に供給することが可能である。



写真1 高速1ビットマルチトラックHDDレコーダ

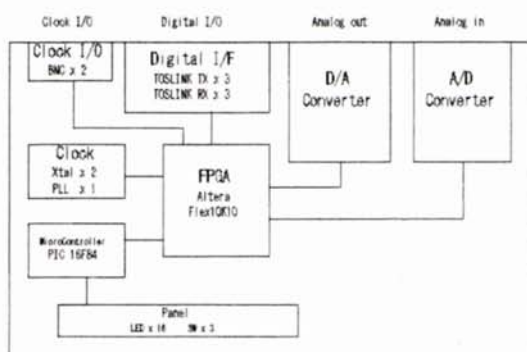


図1 高速1ビットマルチチャンネルコンバータの回路構成

Alesis社adatインタフェースを経由して市販のマルチトラックレコーダに記録する関係上レコーダの記録方式や容量に依存する。表1に記録モードを示す。なお、便宜的にレコーダの動作標準化周波数をfsと表現してある。

表1 記録モード

記録モード	1チャンネル当たり	対応レコーダ
64fs 8chモード	24bit3トラック (72bit)	24bit24トラック
96fs 6chモード	24bit4トラック (96bit)	24bit24トラック
48fs 8chモード (*1)	24bit2トラック (48bit)	24bit16トラック
64fs 6chモード	16bit4トラック (64bit)	16bit24トラック
32fs 8chモード (*1)	16bit2トラック (32bit)	16bit16トラック

*1: A/D,D/Aが8チャンネル分しか実装していないことによる制限

3.2 高速1ビット小型半導体レコーダ

高速1ビット小型半導体レコーダはA/D変換器と半導体記録メディアの制御のみからなる簡易録音機で、小型かつ高品質な録音機として可動部分からの機械音を出さずに省電力で電池駆動が可能である。機器間の結線をなくすことを目指し電波や光などにより複数台が自律的に同期運転するシステムをアンサンプルシステムと称し実現を目指している。個々

の機器は絶対時間に同期して録音し、同時に録音時間を絶対時間で記録して事後的にファイル上の時間を同期させる事を可能にするものである。

写真2にカウンタとコントローラを実装したCPLD Altera Max7256とスマートメディアおよびコンパクトフラッシュからなる高速1ビット小型半導体レコーダを示す。



スマートメディア型 (左) とコンパクトフラッシュ型 (下)



写真2 高速1ビット小型半導体レコーダ

4. WSDファイルフォーマット

録音した音源データはストリームデータファイルとなって、録音機のHDDおよびメモリーに記録されている。この音源データに標準化周波数、チャンネル数およびスピーカ配置など再生に必要なデータを、さらに曲名、演奏者、録音月日などの各種情報を追加し、1ビット符号化された一連のデジタル符号化データストリームをストレージメディアに格納するデータファイル形式を規定した。Wide band Single bit Dataの頭をとりファイルの拡張子をWSDと規定したことで、WSDファイルとよばれる。標準化周波数やチャンネル数を規定しない拡張性の高いフォーマットとなっている。

WSDファイルシステムはISO9660に準拠したものであり、ファイルそのものは以下の4つのエリアで構成されている。なお、その詳細は1ビットコンソーシアムホームページ (<http://www.acoust.>

rise.waseda.ac.jp/1bitcons/) に掲載されている。WSDファイルの構成を図2に、WSDフォーマットの構成を表2に示す。

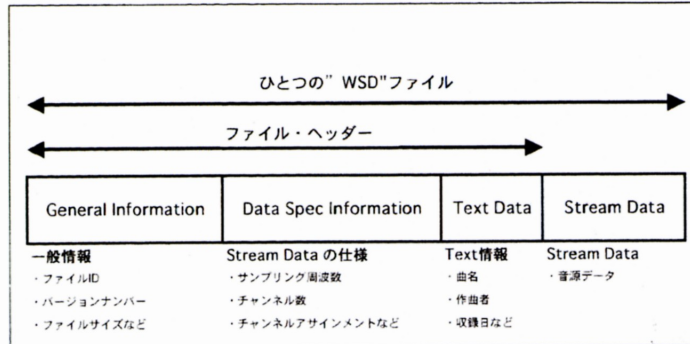


図2 WSDファイルの構成

表2 WSDフォーマットの構造

エリア	RBP		Field Name	Size: (Bytes)	内容	
General Information	0	to	3	File ID	4	File Identifier
	4	to	7	Reserved *1	4	拡張用予備Field (主にFile ID用)
			8	Version_N	1	Data File形式のVersion番号
			9	Reserved *1	1	拡張用予備Field
	10	to	11	Reserved *1	2	拡張用予備Field
	12	to	15	File_SZ	4	Fileサイズ
	16	to	19	Reserved *1	4	拡張用予備Field
	20	to	23	Text_SP	4	Text Data領域のスタートアドレスポインタ
	24	to	27	Data_SP	4	Stream Data領域のスタートアドレスポインタ
Data Spec. Information	28	to	31	Reserved *1	4	拡張用予備Field
	32	to	35	PB_TM	4	曲再生時間長
	36	to	39	fs	4	1-bit-coding標本化周波数
	40	to	43	Reserved *1	4	拡張用予備Field
			44	Ch_N	1	構成Ch数
	45	to	47	Reserved *1	3	拡張用予備Field
	48	to	51	Ch_Asn	4	Channel Assignment (スピーカ配置)
	52	to	63	Reserved *1	12	拡張用予備Field
	64	to	67	Emph	4	エンファシス有り・無し
	68	to	71	Reserved *1	4	拡張用予備Field
72	to	127	Reserved *1	56	拡張用予備Field	
		(if necessary)	Extension Area	Variable	注: Ver2.0以上の変更時に追加可能。	
Text Data	128	to	255	Title Name	128	曲のタイトル名
	256	to	383	Composer	128	作曲者名
	384	to	511	Song Writer	128	作詞者名
	512	to	639	Artist Name	128	曲のアーティスト名
	640	to	767	Album Name	128	曲のアルバム名
	768	to	799	Genre	32	曲のジャンル
	800	to	831	Date & Time	32	曲の収録日: 西暦/月/日/時/分/時差
	832	to	863	Location	32	曲の収録場所。
	864	to	1375	Comment	512	ファイル作成者のコメント
1376	to	2047	Reserved *2	672	拡張用予備Field	
Stream Data	2048 (pointed by Data_SP)		Stream Data 格納領域	Variable	Ch毎に1byteアライン、詳細は後述。	

1stエリア General Information

全体のデータファイルを総合管理するための情報を格納するエリアである。全体の容量、音源データのスタート位置などを規定している。

2ndエリア Data Specifications Information

音源データであるストリームデータに関する各種仕様を格納するエリアであり、再生システムはこのエリアに記述された各情報を取得し、再生条件を決定する。

3rdエリア Text Data

ストリームデータに関する一般的な情報、例えばタイトルや演奏者、収録日などのテキスト情報の格納エリアである。

4thエリア Stream Data

一曲に相当する1ビットコーディングされた音源データ(ストリームデータ)を格納するエリアである。

5. オーサリングツール

音源データと各種情報からWSDファイルを生成し、最終的にWSDファイルを書き込んだDVDディスクを作成するオーサリングソフトである。

オーサリングソフトでは標準化周波数、チャンネル数を選択し、チャンネル毎にデータファイルを指定する。また、付加情報として曲名、作者名などのテキストデータを入力し、1曲分のWSDファイルが生成される。このファイルをDVD-R/RWに書き込むことによりWSDディスクが作成される。図3にオーサリングソフトを示す。

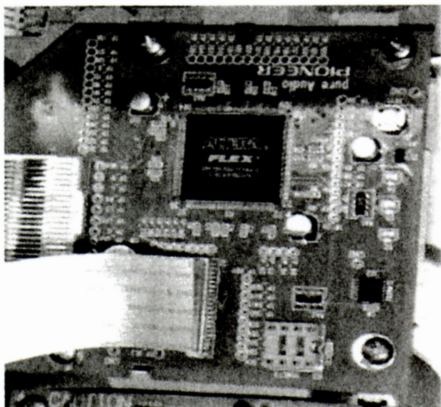


写真3 1ビットデコーダ

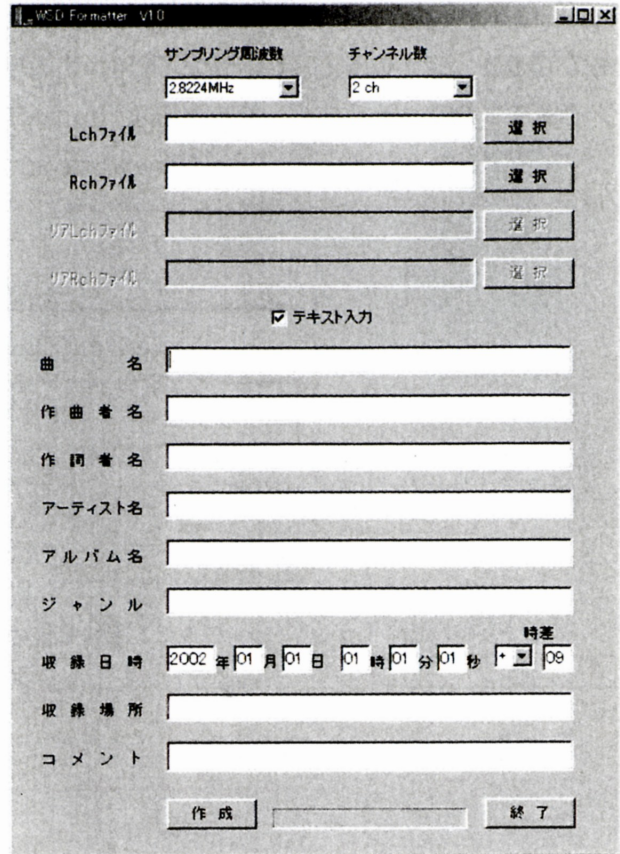


図3 オーサリングソフト

6. WSDプレーヤ

パイオニア株式会社の協力により市販DVDオーディオ/ビデオ・SACDプレーヤであるPioneer DV-S747Aに対して、FPGAを用いた1ビットデコーダを新たに追加することにより製作した。1ビットデコーダ部の写真(写真3)とブロック図(図4)を示す。

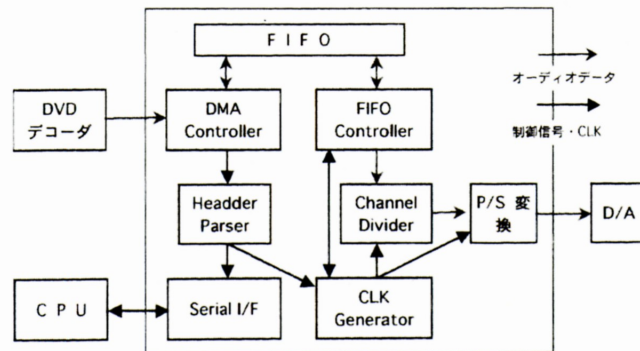


図4 1ビットデコーダ

プレーヤ本体のDVDデコーダ出力にはディスクから復調されたWSDファイルが得られる。1ビットデコーダボードではこのファイルヘッダより、標準化周波数、チャンネル数などの再生に必要な情報を読み取り、最終的にストリームデータをD/Aコンバータに出力することで再生を可能とする。また、抽出されたテキストデータの一部は本体のディスプレイパネルで、全部はリアパネルにある映像出力端子からモニタを通して表示することが可能である。

写真4は昨年10月に行われたA&Vフェスタ2003に出展した試作WSDプレーヤであり、前述の機材で収録しオーサリングソフトによりDVD-Rに記録したWSDファイルの再生風景である。その音質の良さが来場者より好評を得ていた。また、昨年12月に開催された1ビットコンソーシアム主催の1bitForum2003、国際シンポジウム～オーディオと文化～にてこの試作WSDプレーヤはその開発成果に対して特別賞をいただき、表彰された。写真5はコンソーシアム代表の早稲田大学山崎教授より賞をいただいている写真である。

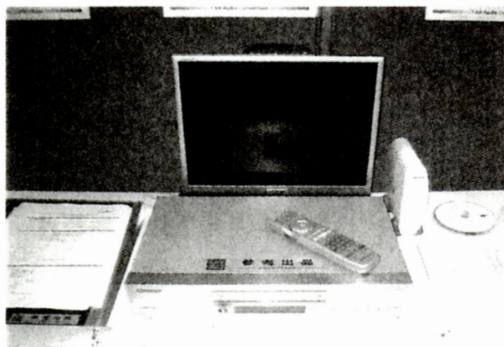


写真4 試作WSDプレーヤ

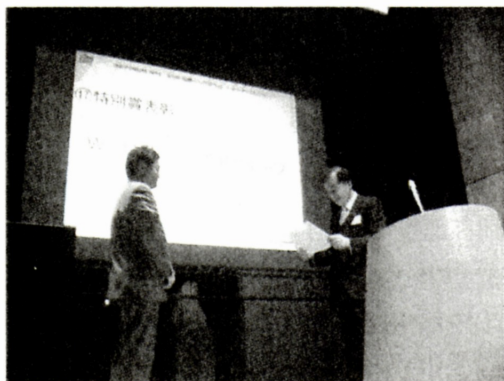


写真5 1bitForum2003での表彰風景

7. むすび

今回、1ビットオーディオ録音再生システムについて紹介した。これら一連のものをWSDディスクと共にモニタ用に貸し出す予定である。また、これらシステムにて収録した音源はホームページでも公開されている。

現在、WSDファイルをPCでも再生可能とすべくインターフェースとソフトの開発を行っている。1ビットコンソーシアムとしては、近い将来、多くのDVDプレーヤなどにWSDファイル再生機能が備えられ、より自然に近い音質を数多くの方がより簡単に手に入れられるよう、今後とも活動を展開していく。