

MPEG-4 オーディオ・ロスレスと ストリーミング配信について

NTT エレクトロニクス (株) 遠藤 真
NTT コミュニケーション科学基礎研究所 原田 登・鎌本 優・守谷 健弘

本稿では「オーディオ&ホームシアター展 TOKYO」(音展)で開催されたセミナー「MPEG-4 ALS 最新ロスレス符号化による楽曲ストリーミング配信実証システム」から MPEG-4 オーディオ・ロスレス技術とストリーミング配信の内容および関連する情報を以下に紹介する。

1 MPEG 国際標準 MPEG-4 Audio Lossless Coding (ALS)の概要 (原田,鎌本,守谷)

1.1. MPEG 国際標準のロスレス符号化方式 MPEG-4 ALS の概要

CD と同等以上の高品質なフォーマットで音楽を楽しみたいという要求を背景に、音響信号の可逆圧縮符号化ツールである MPEG-4 Audio Lossless Coding (ALS)が ISO/IEC で標準化された。

MPEG-4 ALS を用いることで、波形データを完全に再構成することを保証しつつ、多チャンネル信号や高サンプリングレートでサンプリングされた信号をひずみ無く元のサイズの 15~70% のサイズに圧縮することが出来る。MPEG-4 ALS 符号化および復号化の基本構成を図 1 に、MPEG-4 ALS が対応する入力フォーマットを表 1 に示す。

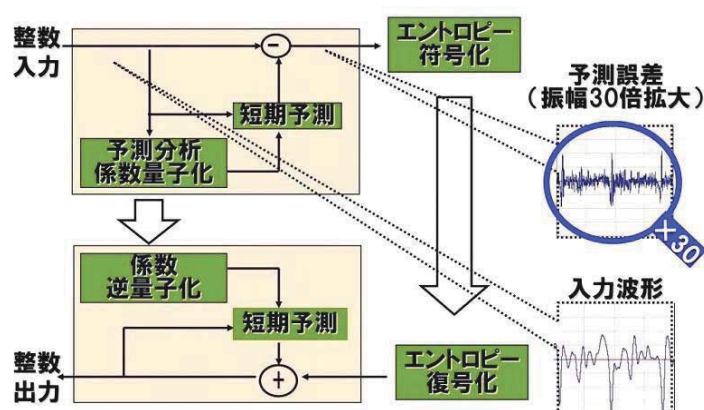


図1 MPEG-4 ALS 符号化・復号化の基本構成

MPEG-4 ALS では線形予測という予測符号化モデルとエンタロピー符号化を用いて情報を損なうことなくデータサイズの圧縮を実現している。

サンプリング周波数	192kHz まで試験済
量子化ビット数	PCM(最大 32 ビット), IEEE754 32 ビット浮動小数点信号
チャンネル数	最大 65536 チャンネル
ファイルフォーマット	Raw, WAVE, AIFF, BWF, BWF with RF64, Sony WAVE64

表1 MPEG-4 ALS が対応する入力フォーマット

1.2. MPEG-4 ALS の性能

MPEG-4 ALS を用いて 96kHz, 24bit, 2ch のデータを圧縮した場合の圧縮率と復号時間を図 2 に示す。縦軸は圧縮後のサイズを元のサイズに対する百分率でプロットしており、値が小さいほど圧縮率が高く高性能であることを示している。横軸は 30 秒の音声データを復号するのにかかる時間をプロットしたもので、値が小さいほど復号処理に必要な演算量が少なく、同じ CPU を用いた場合には高速に処理が行われることを示している。尚、データの計測は ISO/IEC よりソースが公開されている MPEG-4 ALS RM18、および、互換性を保ったまま高速化した MPEG-4 ALS fast、他のフリーソフト等について、2.39GHz の AMD Opteron プロセッサ 250 を用いて行った。

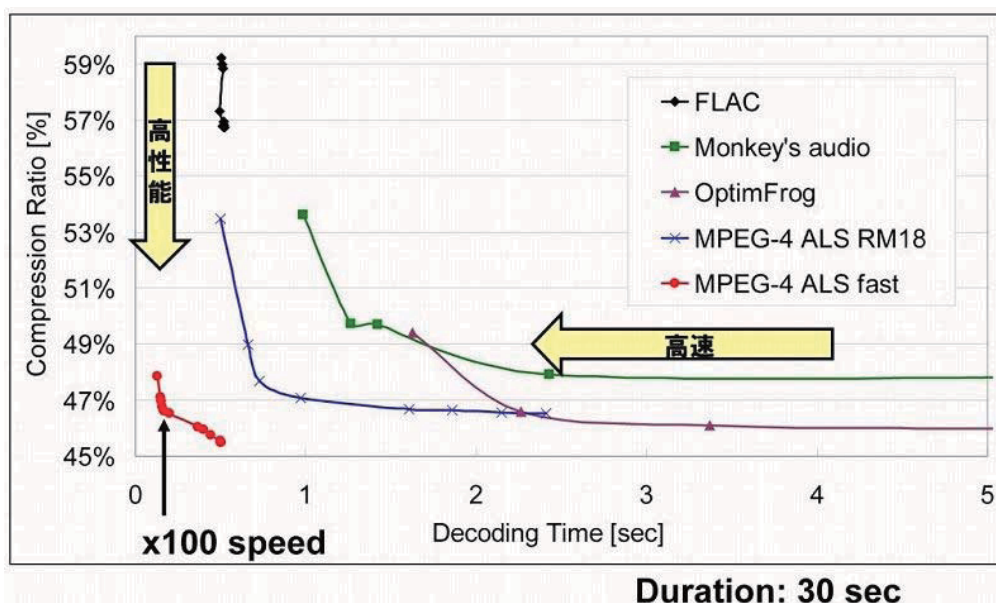


図 2 96kHz, 24bit, 2ch のデータの圧縮率と復号処理時間

1.3. MPEG-4 ALS に関連した国際標準・国内標準

MPEG-4 ALS に関連した国際標準および国内標準には、以下のようなものがある。

- ARIB 高度衛星デジタル放送サービスのロスレスダウンロード放送規格 (ARIB STD-B32)
- ARIB ISDB-Tmm モバイルマルチメディア放送用のロスレスダウンロード規格
- MPEG-2 Systems TS with MPEG-4 ALS bitstream
- ISO/IEC/JTC 1/SC29/WG11 (MPEG) ISO/IEC 23000-6: MPEG-A Professional archival application format (PA-AF)
- IEC/TC100 IEC 61937-10: Non linear PCM bitstream according to MPEG-4 Audio Lossless Coding (ALS) format

これらの標準を用いて、放送に用いたり、ALS 圧縮されたままのデータを機器間で伝送したりすることが出来る。

2 MPEG-4 ALS の適用分野

2.1. MPEG-4 ALS の適応分野

MPEG-4 ALS は、プロ用途から一般用途まで、次に示すように様々なレベルの応用が考えられる。

- オーディオファイルのインターネット配信（ストリーミング、オンラインミュージックストア、ダウンロード）
- 高品質ディスクフォーマット
- 携帯ミュージックプレーヤ
- アーカイブシステム（放送・スタジオ・レコード、デジタル配信・伝送）
- スタジオ編集（保存・蓄積、伝送、遠隔協調作業）

2.2. オーディオアーカイブへの応用例

音響信号の可逆符号化方式である MPEG-4 ALS は、完全にひずみ無く元のデータを復元できるという特性を活かして、音楽制作現場での作業用ファイルの共有やコンテンツデータの長期保存・アーカイブにも利用することが可能である（図3、図4）。

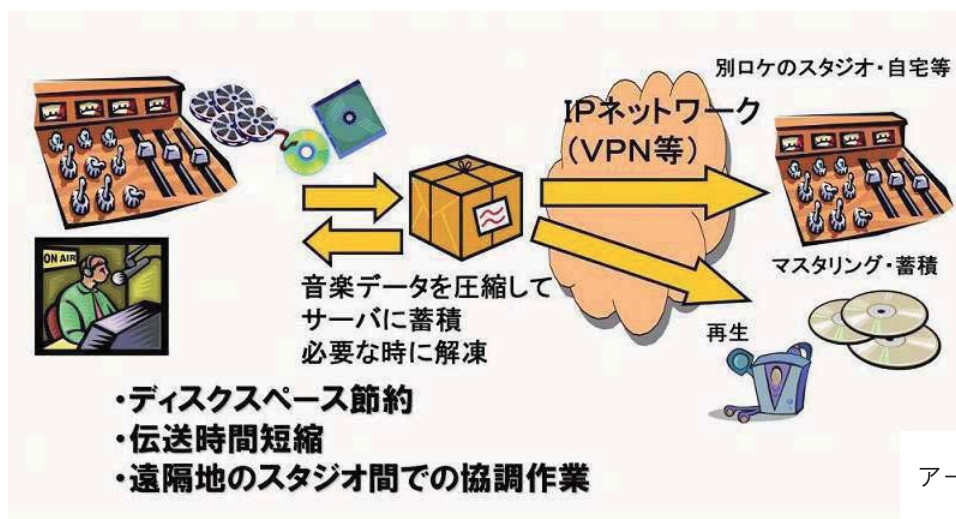


図3
アーカイブ・ファイル共有への応用の例



図4
デジタル・ライブラリの概念図

高品質オーディオコンテンツの普及に伴い、近年の音楽制作現場では編集作業に用いる中間データの送料は増加の一途を辿っている。曲に必要なデータサイズを円柱の体積で表現した場合の例を図5に示す。

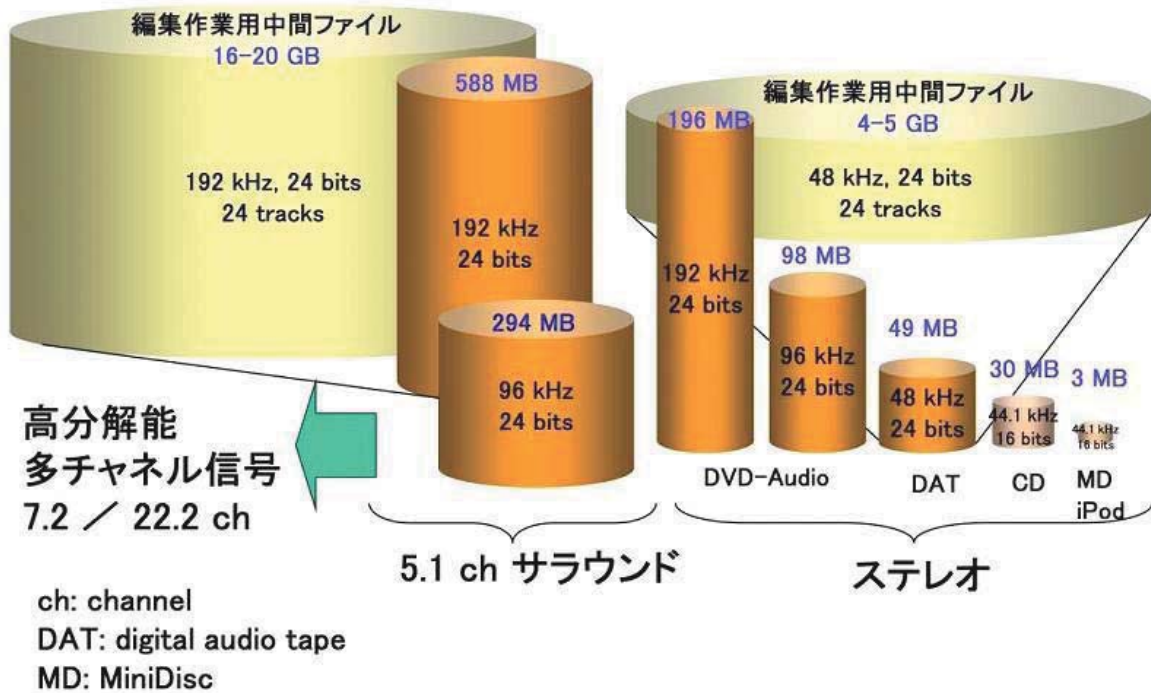


図5 曲に必要なデータサイズ

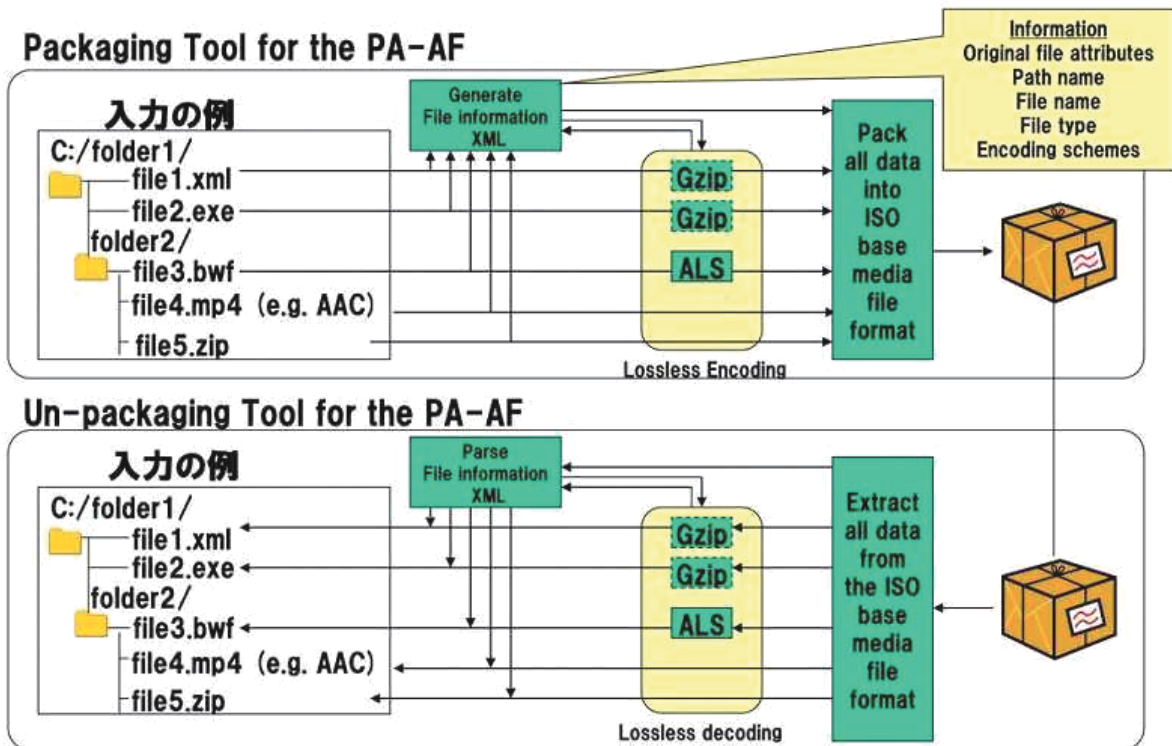


図6 MPEG-A PA-AF を利用したアーカイブパッケージの例

一方で、歴史的な録音音源のマスターテープや原盤金型は、再生に適さない状態にまで劣化したり再生機器自体が無くなってしまったりするなどの問題に直面している。録音されたオーディオ情報に加えてメタ情報ファイルやプラグインのバイナリ、楽譜の情報、画像情報など、音響信号以外のファイルをまとめて保存する機会が多いことから、ファイルをフォルダ階層構造ごとまとめてアーカイブパッケージとして保存する MPEG 国際標準 MPEG-A Professional Archival Application Format (PA-AF) と MPEG-4 ALS とを組み合わせることで、録音されたコンテンツの保存・蓄積・伝送・配信に利用することが出来る。

MPEG-A PA-AF のパッケージの例を図 6 に示す。

2.3. 超高品質ライブ配信への応用例

MPEG-4 ALS の別の応用例として、超高品質音楽配信や、劇場間配信（ライブ中継）などがある。

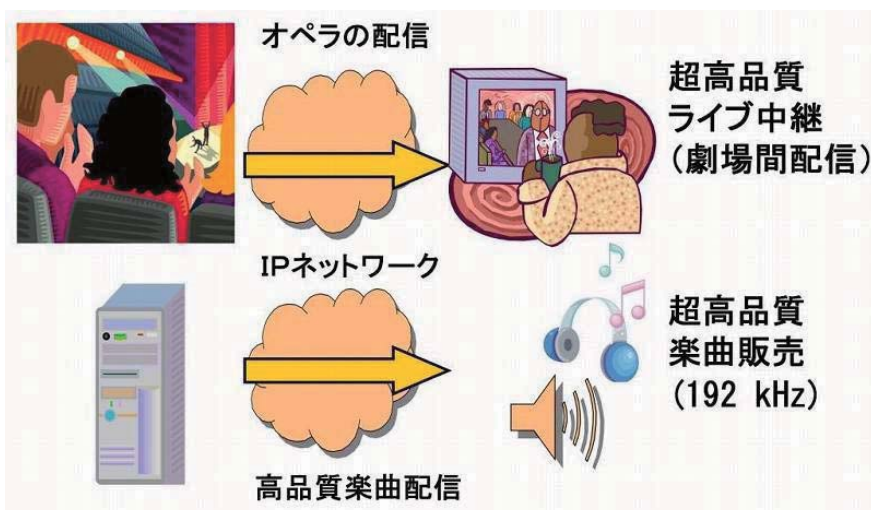


図 7
MPEG-4 ALS を用いた
超高品質ライブ中継・
楽曲販売のイメージ

MPEG-4 ALS と、同じく MPEG 標準の画像符号化方式 MPEG-4 AVC/H.264 組み合わせて、5.1ch のロスレスオーディオ信号と、HD サイズの映像をリアルタイムに伝送する装置を作成し、実験を行った。PCM 信号では 48kHz, 24bit, 5.1ch のデータを伝送するためには 6.9Mbit/s 程度の伝送帯域が必要となる。これに対して、MPEG-4 ALS を組み合わせることで、ALS でロスレス圧縮した残りの余剰帯域を画像に割り当てることができ、音も絵も高品質に伝送することが可能になる。余剰帯域の割り当ての概念図を図 8 に、実験に使用した映像・ロスレス音響多重伝送装置を図 9 に示す。

この装置を用いて、2010 年 9 月 12 日に「宝塚歌劇 雪組公演 東京宝塚劇場千秋楽」を、角川シネプレックス幕張にライブ伝送し有料公演を行った。マイクやラインから集音した 60 チャンネルのデータを送信元の東京宝塚劇場側で 5.1ch にダウンミックスしてロスレス信号を伝送した。これにより、従来の AAC を用いた 2ch の伝送と比較して、同程度の伝送帯域を用いてより臨場感の高い伝送を行えることが確認されている。



図8 オーディオ信号をロスレス圧縮して得られた余剰帯域を映像に割り当てる例



図9
映像・ロスレス音響
多重伝送装置

3 MPEG-4 ALS の応用例 (遠藤)

3.1. MPEG-4 ALS による超高品質楽曲ストリーミング配信実証システム概要

音展において NTT 及び NTT 研究所の協力で NTT エレクトロニクス(株)、(株)NTT ぷらら、NTT アイティ(株)が設けた「超高品質楽曲ストリーミング配信実証システム」の概要を図 10 に示す。

これは新譜 CD などの高品質音源を MPEG-4 ALS で圧縮してサーバに格納し、CD ショップなどに設置された端末で試聴することを想定したシステムである。MPEG-4 ALS は CD 原盤と等しい音質で試聴できるというメリットがあるが、配信では原盤データを守るためにサーバから端末までを「閉じた」系として外部アクセスから遮断する一方で、回線コストを抑えるために専用線ではなく一般の光回線を用いて VPN 技術によって「閉じた」系を実現している。サーバには MPEG-4 ALS でロスレス圧縮した音源のほか CD ジャケットや曲名などの楽曲に関するメタデータを格納しているが、コンテンツ保護の観点から、端末に楽曲を蓄積しないストリーミング配信技術を用いている。万一端末ごと持ち出されても CD データは安全である。また、端末機器ごとに付けられた ID で個別に認証することによって不正な端末のアクセスから保護することができる。このように一般の楽曲配信と異なり、ストリーミング配信に VPN 技術と端末認証技術を組み合わせてセキュアで比較的安価なシステムを実現できる。音展会場では PC サーバと端末をそれぞれ個別の光回線で NTT ぷららの IP ネットワークに接続して実際の環境と同等にした。

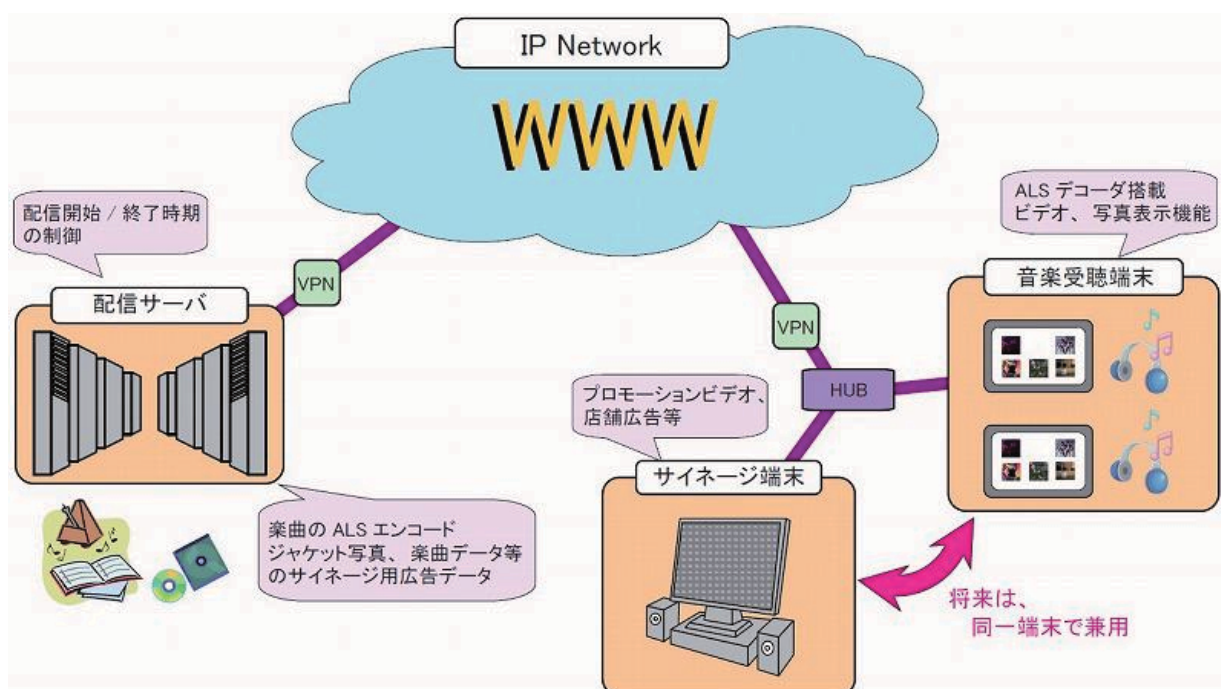


図 10 超高品質楽曲ストリーミング配信実証システム

試聴端末のハードウェアは汎用性と調達の容易性と継続性を考慮するとともに、ネットワーク接続の端末として色々なサービスに展開可能なように市販の 10 インチ液晶画面とタッチパネルの Android 端末を使用した。ネットワークとの接続には今回は有線 LAN を用いた。端末には MPEG-4 ALS デコーダソフトウェアをインストールしてストリーミング再生をさせ、外付けのヘッドフォンアンプとヘッドフォンで来場された方々に試聴いただいた。タッチパネルの操作によってサーバ上の楽曲をジャケット映像から選択したり、再生開始、停止させたりできる。また展示では試聴端末とともにデジタルサイネージ端末を並べ、CD ショップなどにおける実際の使用では試聴端末で両機能を兼ね備えて、楽曲とともにプロモーション映像や店舗の広告を流せることをアピールし、MPEG-4 ALS の高品質と使いやすさ、将来性で好評を得ることができた。

3.2. MPEG-4 ALS による圧縮例

MPEG-4 ALS による圧縮率は楽曲の内容によって変化する。たとえば CD の楽曲であれば 16 ビットフルレンジで全周波数帯域にわたって大音響が続くような場合にはあまり圧縮できない傾向がある。ここでは MPEG-4 ALS と比較のためフリーソフトの FLAC によって実際の市販 CD の楽曲を圧縮した例について表 2 に示す。楽曲では総じて 60% 以下のサイズに圧縮できており、クラシックなどは緩徐楽章の効果で 40% 以下になっている。また、ほとんど音声のみの語学教材は 20% 以下である。なお参考までに IC レコーダによる 48kHz/16 ビットサンプリングの会議録音の例では約 25% であった。語学教材の CD より若干圧縮率が悪いのはスタジオ録音と比較して背景ノイズも収録されるためと思われる。また、表の例では MPEG-4 ALS の圧縮率は FLAC と比較して 10% 弱良い結果となっている。96kHz/24 ビット以上のいわゆるハイレゾ音源に対しては MPEG-4 ALS の性質上、圧縮率がさらに高くなることが期待される。

今後、測定結果を蓄積していくとともに、CD や IC レコーダなどの PCM フォーマットに対する優位性も明らかにしていきたい。

分類	CD トラック 数	WAV	MPEG-4 ALS		FLAC		ALS/FLAC
		サイズ [GB]	サイズ [GB]	圧縮率 (ALS/WAV)	サイズ [GB]	圧縮率 (FLAC/WAV)	
クラシック (交響曲)	211	13.50	5.19	38%	5.77	43%	90%
ジャズ	116	5.53	2.83	51%	3.02	55%	94%
ポップ	410	15.50	9.19	59%	9.78	63%	94%
ロック	67	4.32	2.41	56%	2.58	60%	93%
ビートルズ	230	6.18	2.44	39%	2.66	43%	92%
語学教材	161	2.35	0.46	19%	0.50	21%	91%

表 2 MPEG-4 ALS による CD 圧縮例

4 MPEG-4 ALS ソフトウェア (遠藤)

MPEG-4 ALS のエンコーダ、デコーダソフトウェアは表 1 のフォーマットが扱える SDK として NTT エレクトロニクス(株)が配布している。

前述の通り国際標準として公開されているものと比較すると NTT 研究所の最適化によって 1~2 桁高速なものになっている。表 3 に必要 CPU 性能とメモリ量を示す。携帯機器にも内蔵可能で、実際に携帯電話やモバイル端末など幾種かの端末でプロトタイプを動作させた実績がある。

	ARM9E		x86	
	エンコーダ	デコーダ	エンコーダ	デコーダ
CPU(MHz)	53	21	36	21
プログラムコード(kB)	66	49	82	50
データ ROM(kB)	6	1	2	2
RAM(kB)	56	23	91	24

表 3 MPEG-4 ALS 必要 CPU とメモリ量

5 まとめ (遠藤)

MPEG-4 ALS のロスレス圧縮の対象はサンプリング周波数やチャンネル数が現在の楽曲使用に留まらないがゆえに長い寿命が期待できる方式である。また国際標準として特定のプラットフォームに依存しない点で、楽曲圧縮の共通方式として広く受け入れられる素地を持っている。現在 NTT ではパテントプールを準備中で、AAC 並みの普及を目指している。今後は業務用、民生用を問わず高品質の楽曲を誰でも享受できるようにしていきたい。