

第8回 1ビット研究会

自作作用ボードキットによる 11.2MHz/1bit音源の 高音質再生の試み

2013-12-20

中島 千明 ・ 的場 文平
(デジタル・オーディオ装置自作愛好家)

最初に

■ 本日の発表の目的

- 1ビットコンソーシアム公開の11.2(11.2896) MHz/1 bit音源を、議論はさておき、参加者の皆様にお聴きいただくこと

■ 発表者の基本的スタンス

- オーディオ分野におけるデルタ・シグマ変調技術応用の実用的価値を強く認識
- 今回の11.2 MHz/1 bit音源再生楽音の生々しさに、従来の2.8 MHz/1 bit、5.6 MHz/1 bitとは異なる感動をうけた
- 仮説： デジタルも、ある分解能を超えると急に自然さが増すのではないか
- 限られた条件下での、たった一例の実演であるため、その評価は皆様のご判断または今後の他事例に基づく評価に任せたい

■ 発表者の背景

- 仕事ではなく、全くの趣味として、キットレベルのデジタル・オーディオボードを製作し、一部はオーディオ製品取り扱い会社から頒布してもらっている
- この分野のまとまった経験はせいぜい4年以下のため、その音質評価能力は、長い経験を持つ業界のベテラン・熱心なオーディオ愛好家には及ばない

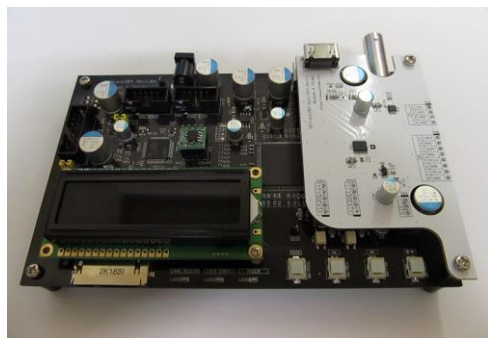
再生音源

- 1ビットコンソーシアム公開 11.2 MHz/1 bit音源
 - “ストラディバリソサエティのバイオリン(クリストフ・バラティ)” 永野桃子, 大場治子
http://www.acoust.rise.waseda.ac.jp/1bitcons/data10/2006_nagano_ohba.wsd
 - (録音の経緯と詳細は、後ほど山崎先生より口頭でご説明いただく予定)
 - ダウンロードしたままでは、通常のプレーヤソフトでは再生不可
- 発表者が行ったDSDIFF形式へのフォーマット変換
 - オリジナルファイルの拡張子はWSDだが、WSDヘッダを持たない
=>手製のヘッダを付加。ここでサンプリングレート値は2.8 MHzに設定
 - Korg AudioGateを用いて、WSD形式 => DSDIFF形式に変換
 - 汎用バイナリファイルエディタを用いてDSDIFF形式ファイル中のゼロデータを削除、サウンドデータチャンクの長さを修正。 サンプリングレート値を、11.2 MHzに設定
 - 以上の操作により、DSDIFF形式を扱えるプレーヤでの再生が可能に
- 周波数スペクトル観測用PCM WAV形式へのフォーマット変換
 - DSDIFFヘッダ中のサンプリングレート値を2.8MHzに書き換え
 - Korg AudioGateを用いて44.1 KHz/24 bit WAVに変換
 - WAVヘッダのサンプリングレート値を176.4 kHzに修正

再生装置の構成

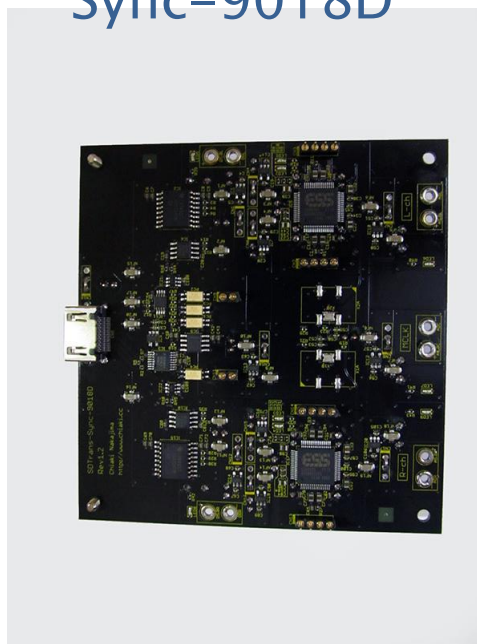
■ トランスポート

SDTrans384
+ Sync-SDT



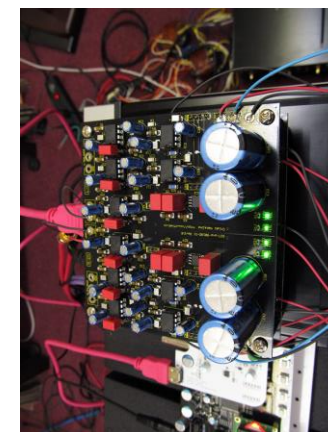
DAC

Sync-9018D



DAC I/Vステージ

9018D-IV



または
ファインメットコア・ライン・トランス

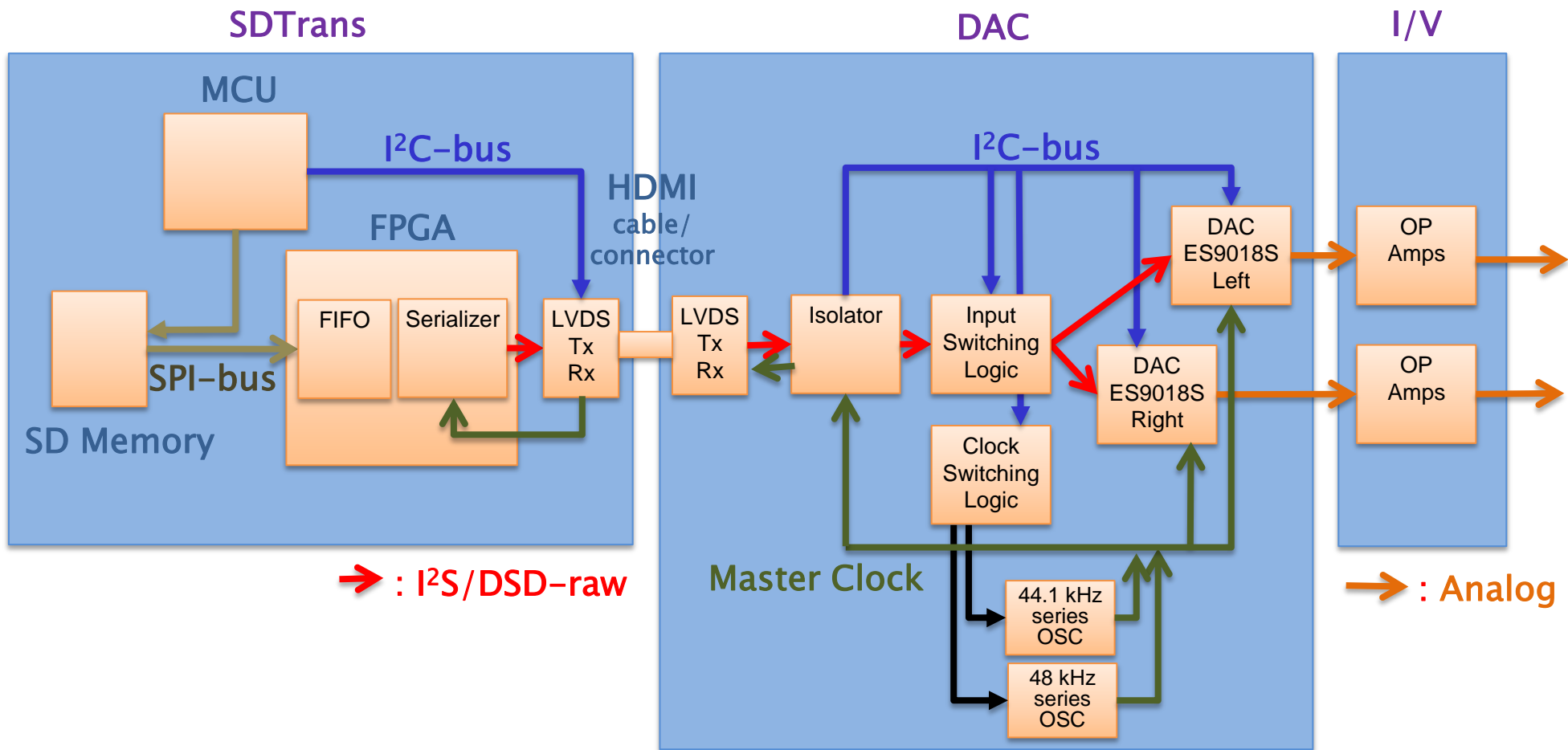


再生装置の仕様

■ SDメモ리카ード トランスポート SDTrans384

- 発表者 的場の要望を受けて、発表者 中島が全くゼロから開発・製作
- SDメモ리카ードに保存されたオーディオデータを一切加工することなくそのまま、I²SまたはDSD-raw信号を出力することが第一目的 (S/PDIF出力を備えるが、補助的なものとしての扱い)
- 取り扱えるオーディオデータ
 - ◆ PCM WAV形式、44.1 kHz/16 bit ~ 384 kHz/32 bit
 - ◆ 1 bit DSDIFF(DFF)形式、2.8 MHz(44.1kHz系) ~ 12.3 MHz(48 kHz系)
- SDメモ리카ード
 - ◆ FATまたはFAT32でフォーマットされたSD、SDHC (アダプタを用いて、Mini/Microも可) => 最大ボリュームサイズ 32GB、最大ファイルサイズ 4GB
 - ◆ 読み出し方式: ネイティブ・モードではなく、SPIモードのみ => 読み出しレートに制約
- クロック
 - ◆ 位相ノイズ特性の良好な部品(NDK NZ2520SDまたはNDK NZ2520SA)を設計・試作段階でチョイス
- 電源
 - ◆ 多数のポイント・レギュレータ、ノイズ・フィルタ、バイパスコンデンサを配置して音質に配慮

SDTransとDACのブロックダイアグラムと接続



ここで、実演をお聴きいただきます

■ 最初 <オペアンプを使ったI/Vステージで>

- まず、類似の2.8 MHz / 1 bit音源

- 本題の11.2 MHz / 1 bit音源

- ◆ タイトル:パガニーニのバイオリン独奏曲

演奏者:クリストフ・バラティ

- ◆ 場所: シカゴ ストラディバリソサエティ

録音者:永野桃子, 大場治子, 山崎芳男

■ 続いて <ファインメット・ライン・トランスを使ったI/Vステージで>

- 本題の11.2 MHz / 1 bit音源

- その176.4 kHz/ 24 bit PCM変換音源

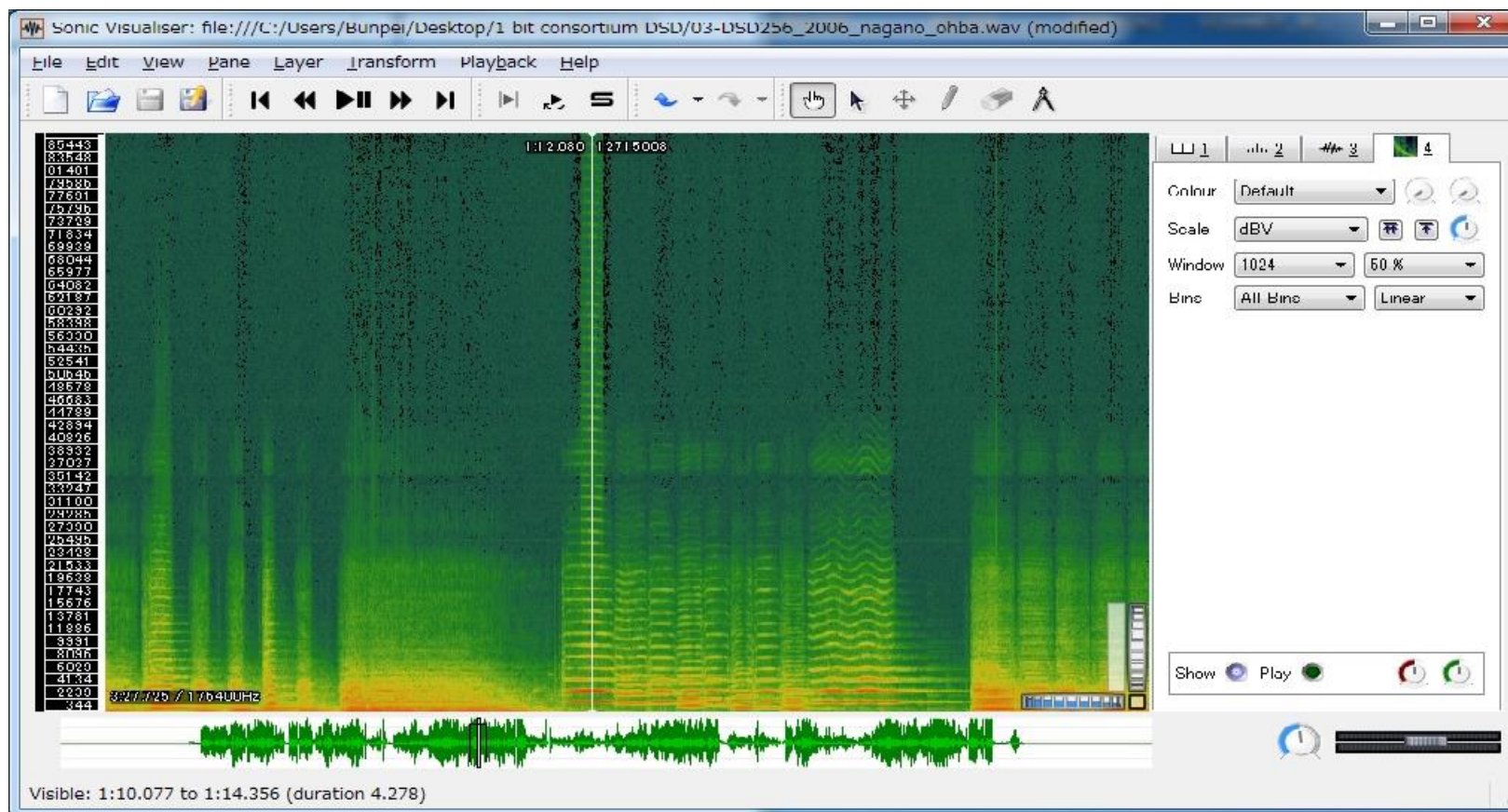
■ 11.2 MHz/ 1 bit音源を聴いたネットワーク上のオーディオ愛好家の感想

(<http://www.computeraudiophile.com/f6-dac-digital-analog-conversion/exasound-e20-dsd256-update-15221/index9.html>)

- Playing DSD256 file shared by Bunpei (which recorded in DSD256 sample rate) for the first time, my jaw literally dropped to the floor. Purity of presentation with amazing level of transparency is simply astounding. I played violin for last 20 years and I cannot believe how timbre and imaging can be so accurately portrayed on digital domain. [tgx78]
- It's amazing. The very high pitched screeches (done on purpose, of course, and likely has a more musical term for that effect on violin sul ponticello maybe) would send lower rez into panic, even DSD64. [ted_b]

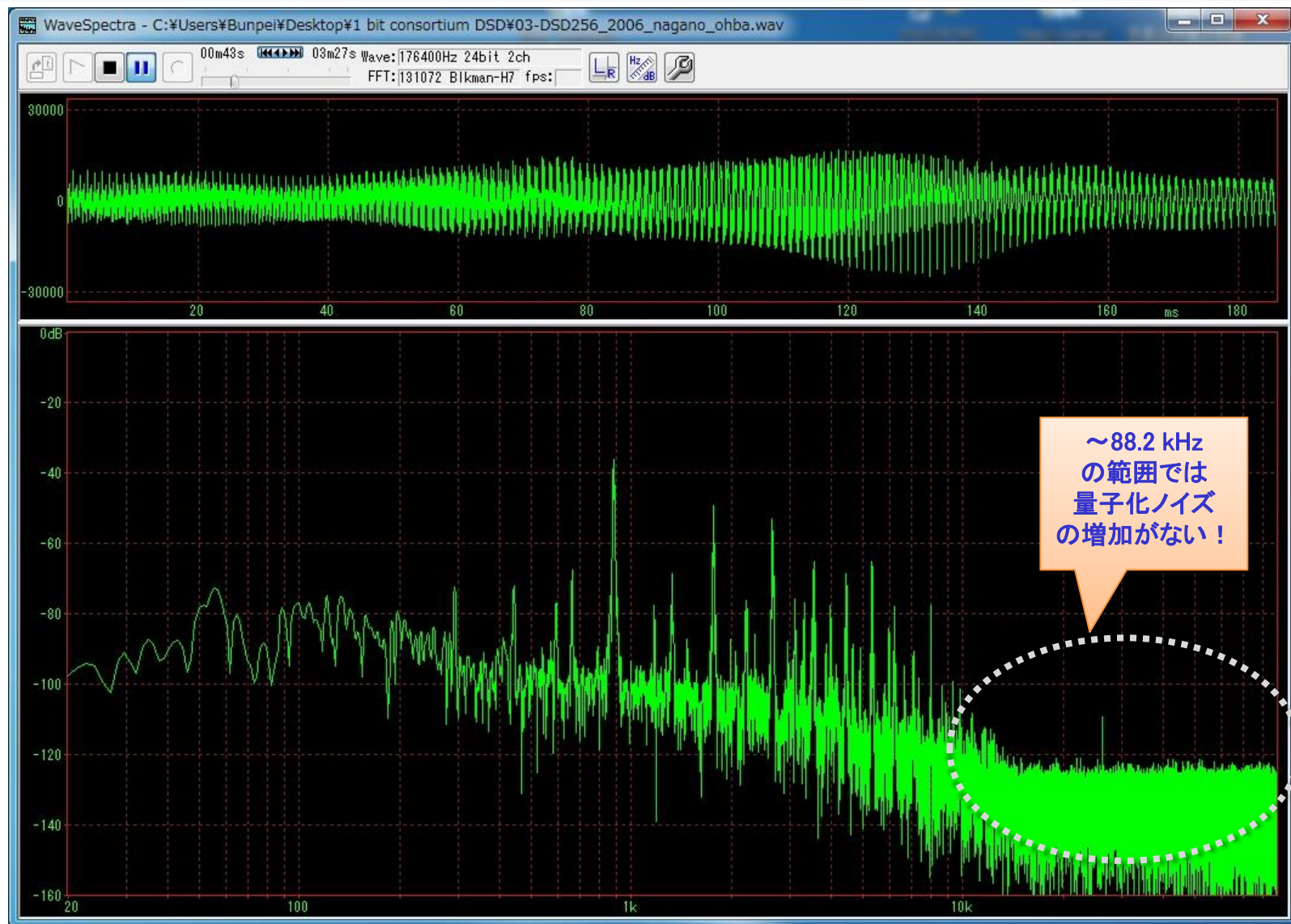
音源のFFTスペクトルの一部（その1）

■ スペクトログラム（Sonic Visualiserを使用）



音源のFFTスペクトルの一部（その2）

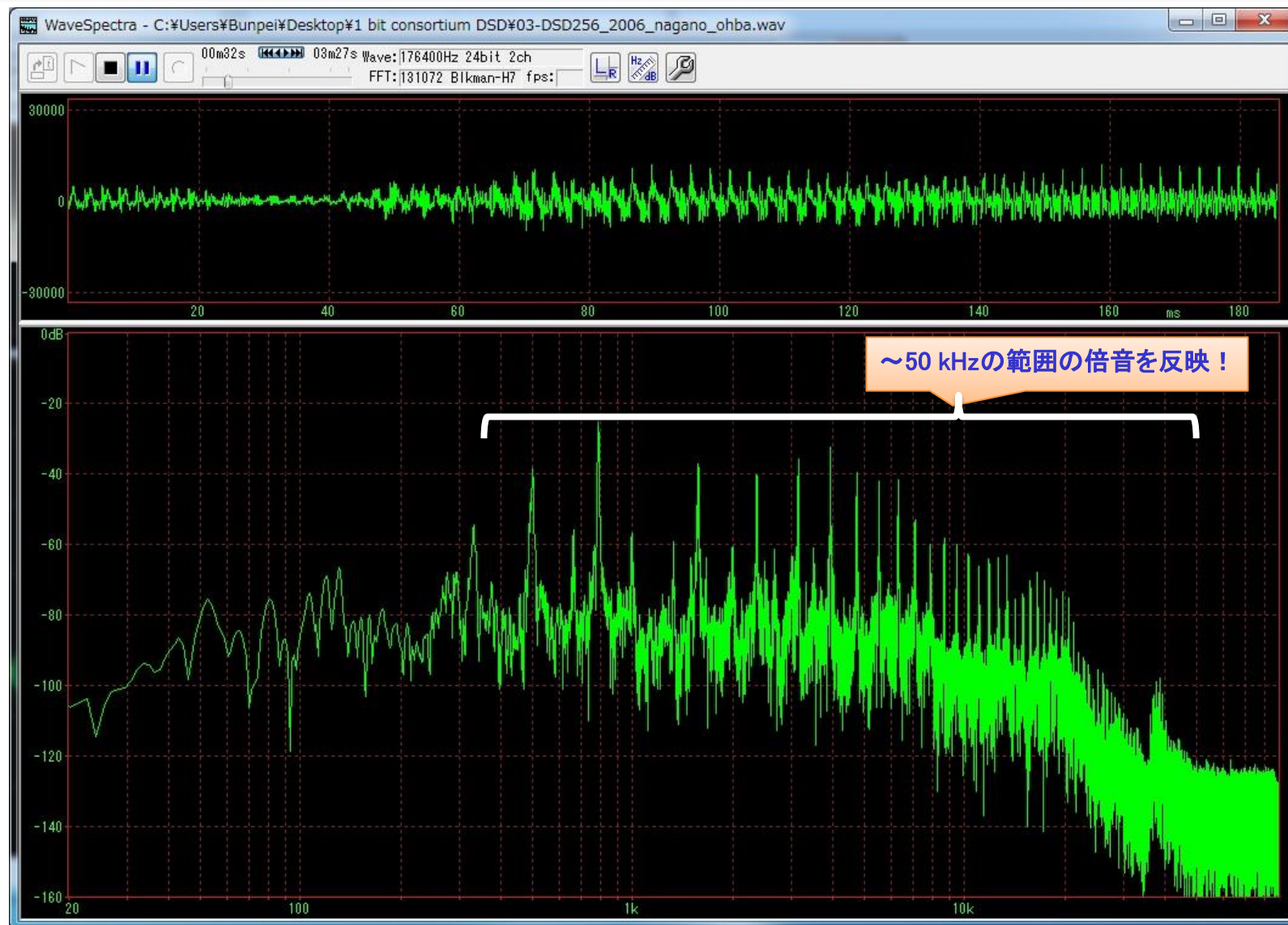
■ FFT スペクトル 例1



efu氏作
WaveSpectra
を使用

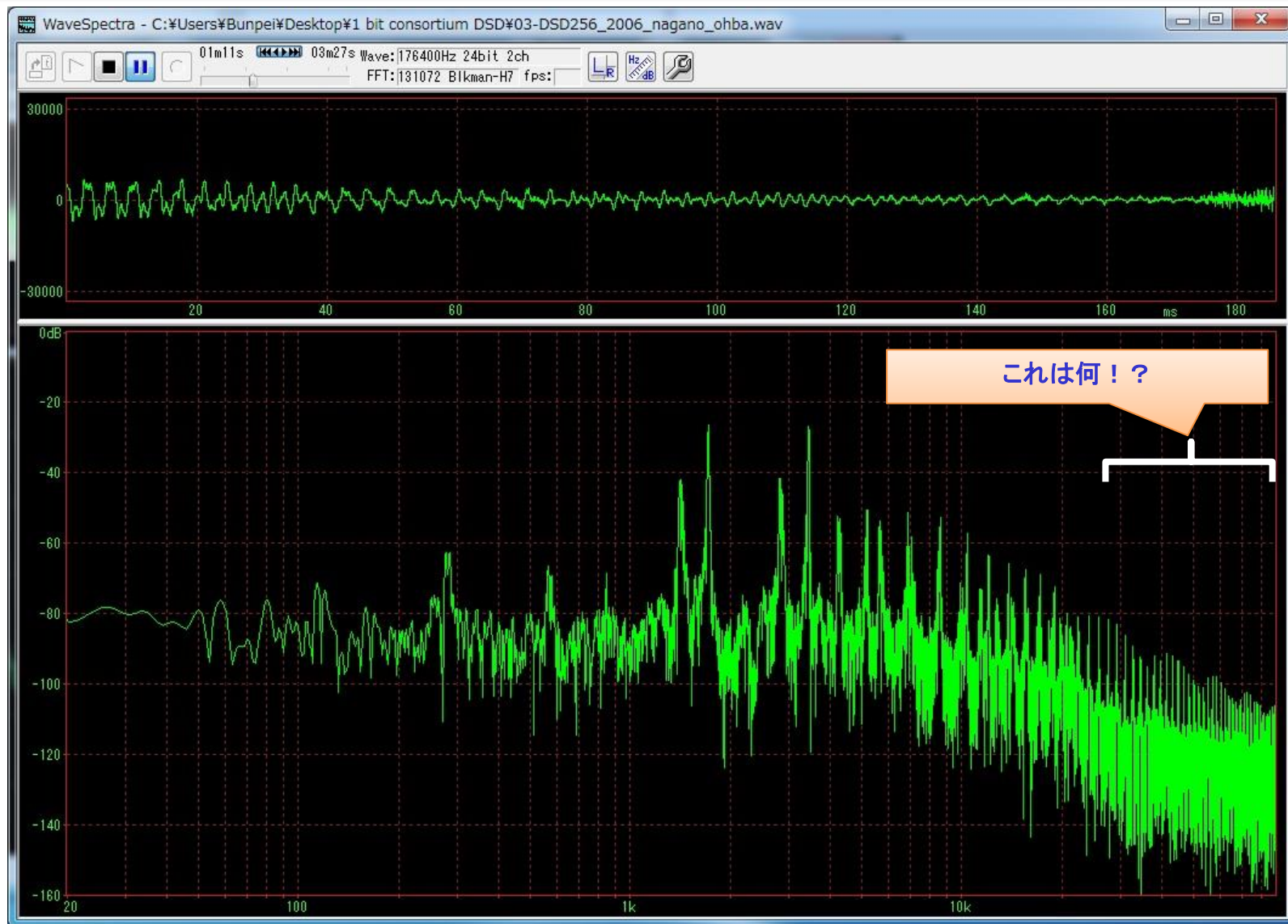
音源のFFTスペクトルの一部（その3）

■ FFT スペクトル 例2



音源のFFTスペクトルの一部（その4）

■ FFT スペクトル 例3



DACボードの仕様

- DACチップ
 - 米ESS Technologies ES9018S を LとRで1個ずつ使用
- 実装上の工夫点
 - 44.1 kHz系と48 kHz系の2つのMaster Clock (90.3168 MHz/98.304 MHz) を音源のサンプリングレートに応じて使い分け
 - DACへの入力信号(DSD-raw/I²S)はMaster Clockに同期
- 1ビット デルタ・シグマ変調信号のDACチップ内部での扱い [あくまでも推定]
 - DSD-raw/I²Sは同一の信号ラインを共用し、内部ロジックが入力種別を自動判別
 - チップ内部でのDSP処理により、Master Clockの1/64の周波数 (今回の場合は1.4MHz)の6ビット(65レベル)のデルタ・シグマ変調信号に変換される
 - 6ビット(65レベル)のデルタ・シグマ変調信号は、温度計コーディングの64個並列(チャンネル当たり)のMOS-FETスイッチでアナログ信号に変換される
 - 今回の場合は、LとRはそれぞれ8チャンネルパラレルのディファレンシャルなのでそれぞれ、 $64 \times 8 \times 2 = 1,024$ のスイッチの出力を合成したアナログ信号を聴いていることになる

SDTransにおいて11.2 MHz/1 bit音源再生のために工夫した点

- 11.2 MHz/1 bit = 22.6 Mbps のデータストリーム速度を確保することが必要
 - SDメモ리카ードからのSPI経由実効読み出しレートを上げるために、以下の方法を採用
 - ◆ MCU(Silicon Laboratories製、C8051互換8bit CPU/100MHz)をアセンブラ言語でコーディングし、SPIの読み出しコマンドを発行
 - ◆ SPI-busに出た信号をFPGAが直接吸い上げてFIFOに格納

- PCMと交互に、または1 bitでも異サンプリングレートを交互に再生しても、音源のつながり目で、クリックノイズが出ることを無にするために
 - 1 bitデルタ・シグマ変調信号をトランスポートが送り出す際に、楽曲の先頭では、無音状態から、音源の最初のデルタ・シグマ1ビットパターンにスムーズにつながるようにFPGAの中で先行ビットパターンを生成して付加
 - 同様に、楽曲の最後尾が無音状態にスムーズにつながるようにFPGAの中で後置ビットパターンを生成して付加し、ポーズ状態の無音デルタ・シグマ1ビットパターンにつなぐ
 - (教訓: 当初は、1 bitデルタ・シグマの無音データ表現の定義及びそれが1種類のビットパターンではないことを知らなかった)

SDTrans以外の自作デジタル・オーディオ用キット製品の 高サンプリングレート1ビットオーディオ対応状況



■ USBインターフェース

製作元	国	製品名	最大レート	方式
exaDevices	カナダ	exaU2I	22.6 MHz	独自転送方式 独自プレーヤ
Amanero	イタリア	Combo384	22.6 MHz	ASIO 2.1 DSDネイティブ対応
ElectrArt	日本	USB Dual Audio 2	22.6 MHz	バルク転送方式 独自プレーヤ
ArcadiaDigital Audio	日本	オリジナルDoP基板	22.6 MHz	ASIO 2.1 DSDネイティブ対応

■ 11.2 MHz 以上の1 bit信号を再生することができたDACチップ

製作元	国	型名	最大レート	方式
Texas Instruments	米国	PCM/DSD 179xシリーズ	22.6 MHz	アドバンスド・セグメントのDA部 をアナログFIRとして使用
新潟精密	日本	FN1242A	22.6 MHz	(上記と類似と推定される)
ESS Technologies	米国	ES901x シリーズ	22.6 MHz	(65レベルデルタ・シグマに変 換と推定される)

11.2 MHz/ 1 bitを録音可能な市販の機器/ボードキットの例

製作元	国	製品名	ADCチップ	出力方式
Ayre Accoustics	米国	QA-9	AT1201(*)	SDIF-2
Merging Technologies	スイス	Horus	AT1201(*)	PyramixシステムのI/O機器として
ElectrArt	日本	ADC	AT1201(*)	SDIF-2

米国 Arda Technologies社製:

11.2 MHz/6 bitマルチレベル・デルタ・シグマ変調信号の出力が可能。

1 bitデルタ・シグマ変調信号も出力可能であるがそのノイズ・シェーピング特性が良くないため、上記のいずれの機器も、6 bitマルチレベル・デルタ・シグマ変調信号を独自に処理して1 bitデルタ・シグマ変調信号を出力している模様

11.2 MHz/ 1 bitによるレコーディング情報

- Boston Baroque (conductor Martin Pearlman)
 - Joseph Haydn, Missa in Angustiis 'Lord Nelson Mass', Symphony No. 102
 - Merging Technologies, Pyramix 8.1 + Horusを使用
 - ~ 2013年5月録音
 - 2013年10月
Linn Recordsから CD・SACD・192 kHz/24 bitダウンロードとして発売
(11.2 MHz/1 bit音源としては、発売されず)
- Soka International Jazz Festival
 - The Delfeayo Marsalis Octet他 計7グループが演奏
 - Merging Technologies, Pyramix 8.1 + Ravenna + Horusを使用
12チャンネル
 - 2013年9月録音
 - 発売情報未入手



御清聴ありがとうございました！