

デジタルオーディオ機器におけるサンプリング・ジッターの諸様相 — DVD オーディオ、デジタルケーブル、サウンドカードの場合 — *

西村 明、小泉 宣夫 (東京情報大)

1. はじめに

DA/AD 変換時のサンプリングクロックに生じる時間ゆらぎ (サンプリング・ジッター) は、録音や再生時にひずみをもたらす原因のひとつである。これまで我々は、解析信号を用いて、アナログ信号に生じているジッター波と振幅変動波を時間領域において測定する方法を提案し [1]、測定誤差の要因について検討をした [2]。さらにこれを、従来は困難であった音楽信号の録音再生時に生じるかもしれないジッターの測定法に拡張した [3]。本稿では前報に引き続き、それらの測定法を用いて実測したデジタルオーディオ機器のジッター特性を検討する。

2. 実測結果

測定は、CD プレーヤ (CDP) あるいは DVD オーディオプレーヤ (DVDA) にて CD-R メディアに記録した測定信号音を読み取り、内蔵 DAC あるいはデジタル接続した DAC から再生したアナログ信号を、ADC で変換したデジタル信号に対して行った。PC 用サウンドカードの場合は、測定用信号の WAV file を再生し ADC でデジタル信号に変換した。測定対象の機器には CDP1, DAC1 のように番号をつけ区別し、特徴的な測定結果のみを示す。

測定の結果得られるジッター波形について、1 秒間の Hanning 窓掛け後に FFT を行い、これを 0.5 秒ずつずらして 5 秒間の平均スペクトルを求めた。音楽信号を用いた測定のジッター振幅検知限は 3ns [3] であるが、それを越えるジッターは、音楽、純音いずれでも観測されなかったため、純音による測定結果のみを示す。全ての測定結果の再現性は高かった。

2.1 DVD プレーヤ

DVDA において、CD-R に記録した純音信号を再生した時の測定結果を Fig.1 に、音声トラック (24bit,96kHz) に純音が記録された DVD-Video デ

ィスクを再生した時の測定結果を Fig.2 に、DVD-Audio フォーマット (24bit,96kHz) にて記録を行った DVD-R ディスクを再生した時の測定結果を Fig.3 に示した。これらの中で、ジッタースペクトルが明らかに異なることが分かる。この原因が、メディア、記録フォーマット、DAC を駆動するサンプリングクロックのいずれであるか現時点では分からない。

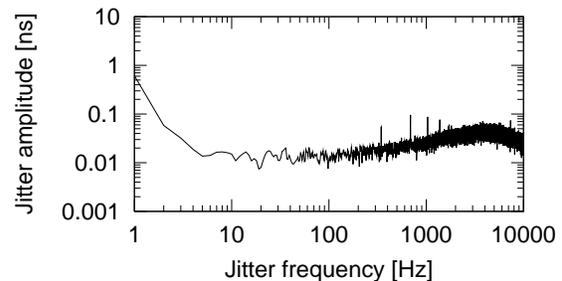


Fig. 1 . Jitter spectrum of DVDA.

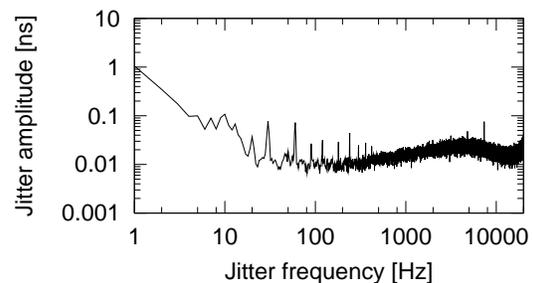


Fig. 2 . Jitter spectrum of DVDA reproducing a DVD-Video (24bit, 96kHz) medium.

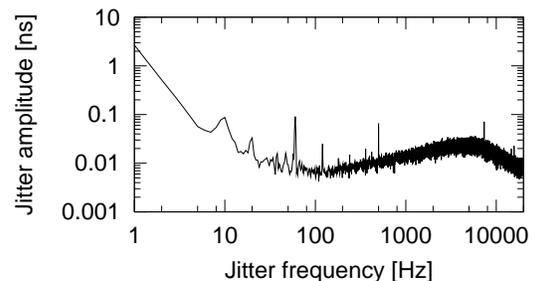


Fig. 3 . Jitter spectrum of DVDA reproducing a DVD-R medium of DVD-Audio (24bit, 96kHz) format.

2.2 パソコン用オーディオ機器

パソコン用サウンドカードには、ジッター以外にもノイズや歪みが聴感上明らかに目立つ製品も多い。

* The aspects of sampling jitter in digital audio equipments. — DVD audio player, digital cables, audio cards —
By Akira Nishimura, Nobuo Koizumi (Tokyo University of Information Sciences)

今回の測定で主に使用した ADC は、アナログ信号入出力部を PCI カード外に持つ PCI カードであり、DAC/ADC チップに高級オーディオ用のものを採用し、ジッター量は非常に低かった。Fig.4 には、2 台のパソコンにこのオーディオカードをインストールし、一方の DAC 出力をもう一方の ADC で録音したときのジッタースペクトルを示した。なお、測定はサンプリング周波数 48kHz と 96kHz で行ったが、結果に大きな違いは無かった。Fig.4 には 2kHz 付近に 30ps 程度のピークが見られるが、この ADC を使用した他の測定結果 (Fig.1~3, 5~7) には、そのようなピークは見られないことから、このカードの DAC のジッター特性であることが分かる。

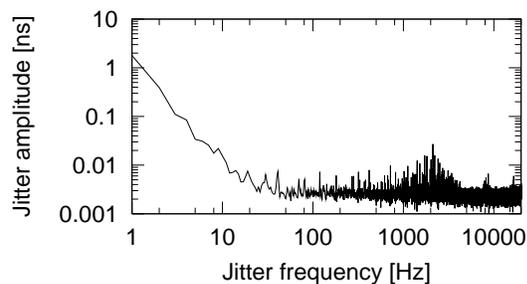


Fig. 4. Jitter spectrum of PCI audio cards. Sampling frequency is 96 kHz.

2.3 信号に依存するジッター: J-test signal

Dunn [4] は信号のビットパターンに周期性のある特殊な信号 (J-test signal) を再生する際にサンプリング・ジッターが生じることを指摘した。それは主としてデジタル信号伝送経路のローパス特性によって、信号波形になまりが生じ、電位ゼロクロス時刻からビットクロックを抽出する際に偏差が生じることが原因である。ここでは、100 サンプル周期の 16bit 精度の J-test 信号を用いて測定を行った。

プレーヤと DAC をデジタルケーブルによって接続した場合、振幅の大小はあったが、最大 2ns 程度のジッター成分が J-test 信号周期に生じた。プレーヤとその内蔵 DAC を用いるとき、J-test 信号によってジッターが発生したのは CDP1 のみであり、そのジッタースペクトルを Fig.5 に示した。

2.4 デジタルケーブル

Fig.6 には CDP2 と DAC1 を光ケーブルで接続した場合の測定結果を、Fig.7 にはそれらを同軸ケー

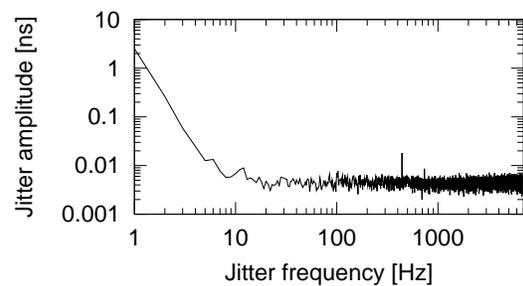


Fig. 5. Jitter spectrum of CDP1 induced by J-test signal.

ブルで接続した結果を示した。これらと比較すると、ジッタースペクトルにはかなり違いが見られる。

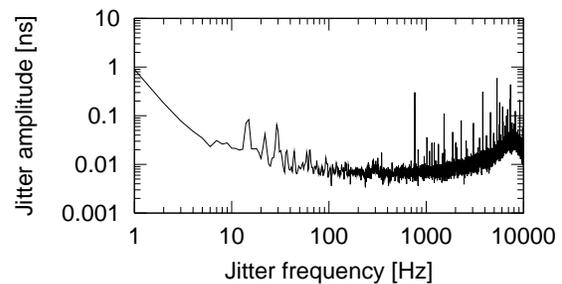


Fig. 6. Jitter spectrum of DAC1 connected to CDP2 via an optical digital cable.

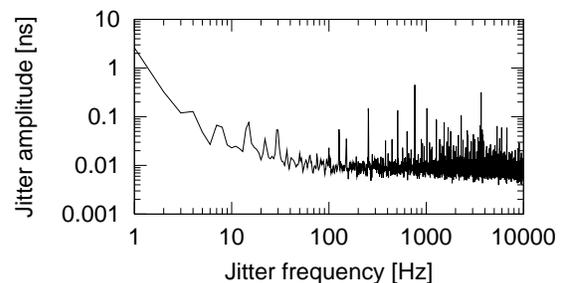


Fig. 7. Jitter spectrum of DAC1 connected to CDP2 via a coaxial digital cable.

3. まとめ

解析信号を用いたジッター測定は、機器や接続による微細なジッター特性の違いを明らかにした。機器の音質が、微細なジッター特性の違いと対応しているのかについては、今後の検討課題であろう。

参考文献

- [1] 西村明, 小泉宣夫, “AD/DA 変換器におけるサンプリング・ジッターの測定,” 日本音響学会講演論文集, 秋, 659-660 (2001).
- [2] 西村明, 小泉宣夫, “解析信号を用いたサンプリング・ジッター測定における誤差の検討,” 日本音響学会講演論文集, 秋, No. 3-P-25, 629-630 (2002).
- [3] 西村明, 小泉宣夫, “音楽信号を用いたサンプリング・ジッターの測定手法,” 電子情報通信学会技術研究報告, HDA2002-1, 1-7 (2002).
- [4] Julian Dunn, “Jitter Theory,” Audio Precision TECHNOTE, 23, 1-23 (2000).