

PC における AD・DA 同時動作の問題点*

守谷直也 金田豊 (東京電機大・工) 阪内澄宇 (NTT サイバースペース研究所)

1. はじめに

近年、PC オーディオ系の高品質化は著しく、PC に標準的に内蔵されている AD・DA 変換器を用いても、高い SN 比の測定結果が得られるようになった。しかし、筆者らが PC を利用してインパルス応答計測を進めてきた結果、AD・DA 系を同時に動作させる場合には、1) AD と DA のサンプリング周波数の不一致、2) 起動時間のズレ、の問題があることがわかったので以下に報告する。

2. サンプリング周波数の不一致

PC 上の再生・録音ソフトウェア (MATLAB、Windows Media player、サウンドレコーダー等) を用いて、AD と DA に同一のサンプリング周波数を指定して動作させたところ、実際に動作するサンプリング周波数は、AD と DA では微小な差が見られる場合があった。注) PC オーディオ系の特性は個々のオーディオ系に依存することが多く、本報告の結果も、必ずしも全ての PC オーディオ系には普遍できない。

2-1 不一致の現象

図 1 に示すように DA 出力端子 (通常はヘッドホン端子) と AD 入力端子 (通常はマイク端子またはライン端子) をケーブルで直結する。この状態で、正弦波信号を再生し、録音すれば同じ正弦波となるはずである。しかし実際には、再生信号と録音信号の周期は微小に異なり、これらを加算すると図 2 に示すような「うなり」が見られる場合があった。

2-2 不一致の原因

2-1 の現象は、DA と AD のサンプリング周波数が微小に異なっていることが原因と考

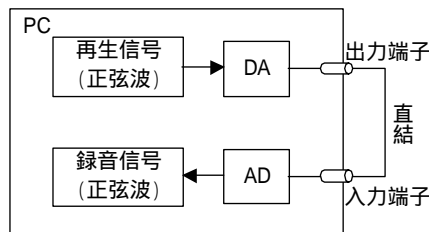


図 1 正弦波の再生と録音

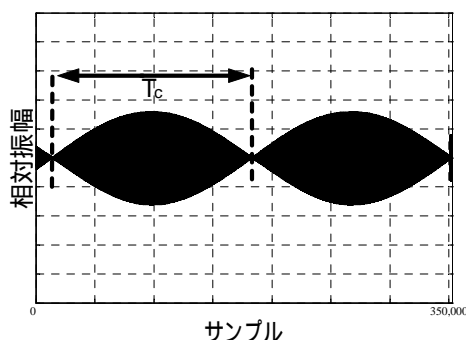


図 2 再生信号と録音信号を加算した波形例 (PC1, $F_s = 44.1\text{kHz}$, $T_a = 8.82$ サンプル)

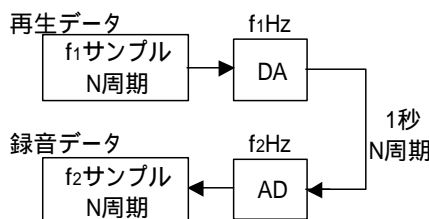


図 3 データの周期不一致の説明図

えられる。図 3 に示すように f_1 サンプルの再生データをサンプリング周波数 $f_1\text{Hz}$ で再生することを考える。この時、再生時間は 1 秒である。また、再生データは、 N 周期を含んだ正弦波であるとする。この時、DA と AD を直結してサンプリング周波数 $f_2\text{Hz}$ で AD 変換すると、1 秒の録音データを得る。この録音データは N 周期の正弦波であり、データ数は f_2 サンプルである。

* Problems of simultaneous operation of PC's AD and DA.

By Naoya Moriya, Yutaka Kaneda (Tokyo Denki Univ.), and Sumitaka Sakauchi (NTT Cyber Space Laboratories).

ここで、再生データおよび録音データの周期を T_a 、 T_b (単位はサンプル) と表すと、

$$T_a = \frac{f_1}{N}, T_b = \frac{f_2}{N} \quad (1)$$

この式より、DA と AD のサンプリング周波数 f_1 、 f_2 が異なると、それに比例して再生・録音された信号の周期 T_a 、 T_b が異なることがわかる。

2-3 不一致の実測

サンプリング周波数 f_1 、 f_2 の不一致率 を次のように定義する。

$$\alpha \equiv |f_2 - f_1| / f_2 \quad (2)$$

式(1)の関係を代入すると、

$$\alpha = |T_b - T_a| / T_b \quad (3)$$

となる。

一方、図2に示したうなりの周期 T_c は

$$\frac{1}{T_c} = \left| \frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_b} \right| = \left| \frac{T_b - T_a}{T_a T_b} \right| = \frac{\alpha}{T_a} \quad (4)$$

となる。したがって T_c を測定すれば α の値は

$$\alpha = T_a / T_c \quad (5)$$

と得られる。

2-4 測定結果

測定は機種、サウンド IC の異なる 3 種類の PC について行い、その結果を表1に示す。- はうなりなし (= 一致) を示す。例えば、PC1 の 44.1kHz の場合、サンプリング周波数のズレは $44.1 \times 10^3 \times 5.2 \times 10^{-5} = 2$ [Hz] で、1 秒間に約 2 サンプルのズレが発生し、インパルス応答測定や、エコーキャンセリングに悪影響を及ぼすことが予想される。

表1より、不一致の度合いはサンプリング周波数 F_s に依存している。PC によって大小の差はあるが、 $F_s=48\text{kHz}$ と、その 2^N の約数である 24k、12k 以外で「不一致」が発生していることがわかった。これは、詳細は不明であるが、低価格で普及しているサウンド IC の多くが $F_s=48\text{kHz}$ の 1 種類のみしか持たず、それ以外の F_s には、サンプリング周波数変換

表1 サンプリング周波数と不一致率

サンプリング周波数 [kHz]	不一致率		
	PC1	PC2	PC3
48	-	-	-
44.1	5.2×10^{-5}	-	1.3×10^{-3}
32	8.0×10^{-7}	3.1×10^{-3}	3.1×10^{-3}
24	-	-	-
16	9.0×10^{-6}	6.4×10^{-3}	6.3×10^{-3}
12	-	-	-
8.82	1.0×10^{-1}	1.4×10^{-2}	1.4×10^{-2}
8	3.7×10^{-6}	1.2×10^{-2}	1.3×10^{-2}

を行って対応している^[1]ことに起因するものと考えられる。

3. 起動時間のズレ

DA と AD の起動時間にはズレがあり、AD の開始が遅れる場合、見かけ上、測定系の「時間進み」が発生するので注意を要する。例えば M 系列や TSP 信号を用いて円状畳み込みを利用したインパルス応答測定を行う場合、信号を 2 周期発生させて、2 周期目の録音信号を利用するが、AD 開始が遅れる場合には信号を 3 周期発生させて 2 周期目を利用するなど、起動時間のズレに対処させる必要がある。この起動時間のズレの大きさもサンプリング周波数に依存し、 $F_s=48\text{kHz}$ とその 2^N の約数では、ズレは小さいことがわかった。

4. むすび

PC において、AD・DA 同時動作を行うと、AD と DA でサンプリング周波数の不一致や、起動時間のズレなどが発生することを示した。さらに、サンプリング周波数を 48kHz またはその 2^N の約数である 24、12kHz とすれば、この現象は発生しないことを見出し、一般的な PC を用いた計測におけるサンプリング周波数設定の重要性を示した。

参考文献

- [1] “Audio Codec '97 Component Specification”, Revision 2.3 Revision 1.0, Intel Corp. April 2002.