

オーディオ・インタフェースのDA変換器におけるクリッピング歪について*

☆志賀正徳, 金田豊 (東京電機大・工)

1 はじめに

オーディオ・インタフェース (以下、AIF と略す) は、DA 変換器 (以下 DA) と AD 変換器 (以下 AD) を内部に持ち、パーソナルコンピュータ (以下 PC) から音響信号を入出力するためのインタフェースである。近年、高性能で低価格な AIF の開発が進み、音響信号の計測・研究用途に広く利用されるようになってきた。しかし、本来、オーディオ用として開発された AIF を計測用途として用いる場合には、注意すべき特性も有している。筆者らは前報[1]で、そのような特性の一つとして、入出力のフィルタ特性について報告を行った。本報では AIF の DA 変換時におけるクリッピング歪の発生と、その対策についての検討結果を報告する。

2 AIF の DA 変換とクリッピング歪

Fig.1(a)に示すように、旧来の DA 変換では、PC から DA へデジタル信号 (数列) を入力し、DA はその数列に応じた振幅を持つホールドされた波形を出力する。そしてそのホールド波形に対しアナログの LPF (低域通過フィルタ) を通すことで波形を再現する。

一方 AIF などに含まれる近年の DA 変換を Fig.1(b)に示す。PC から入力されたデジタル信号は、まず、デジタル補間フィルタによりオーバーサンプリングをされる。その後、DA とオーバーサンプリング用アナログ LPF を通すことで波形を再現する。

旧来の方式ではアナログ LPF で行っていた波形の補間動作を、AIF ではデジタル演算で行っており、アナログ LPF への要求条件が緩和されるという利点を持つ。しかしその反面、補間されたデジタル波形が規定のビット数で表現出来る値を超える場合には、旧来方式では起こらないクリッピング現象が発生することが見出された。次にその現象を確かめるために行った実験結果を報告する。

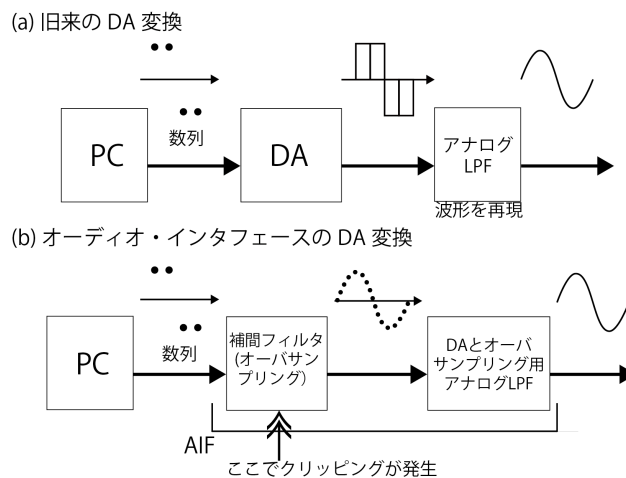


Fig. 1 旧来の DA 変換と AIF の DA 変換の違い

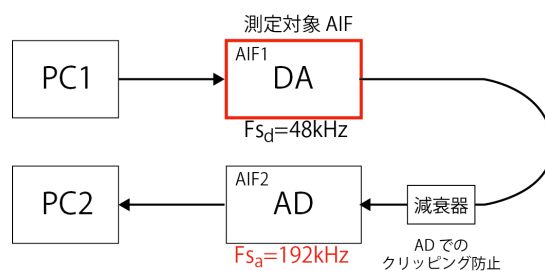


Fig. 2 測定のプロック図

3 実証実験

3.1 実験条件

Fig.2 に示すように、2 台の PC と AIF を用意し、PC1 から AIF1 に 2 種のデジタル信号 $[a, a, -a, -a, a, a, \dots]$ 及び $[a, a, -a, -a, a, a, \dots] \times 0.5$ を出力した。但し、 a は、AIF1 に対する最大デジタル入力値で、 n -bit の DA 変換器に対して、 $a = 2^{n-1}$ (MATLAB 等では $a = 1$) である。この信号の出力は $F_{s_d}/4$ (F_{s_d} : DA のサンプリング周波数) の正弦波となることが期待される。AIF はローランド社 UA-101 を用いた。

AD 入力の前段には、過大入力によるクリッピングが起きないように、減衰器で振幅を $1/10$ にして PC2 に録音した。また AD のサンプリング周波数 F_{s_a} を $192kHz$ と広帯域に設定すること

* On the clipping distortion caused by a DA converter in an audio interface, by SHIGA, Masanori and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

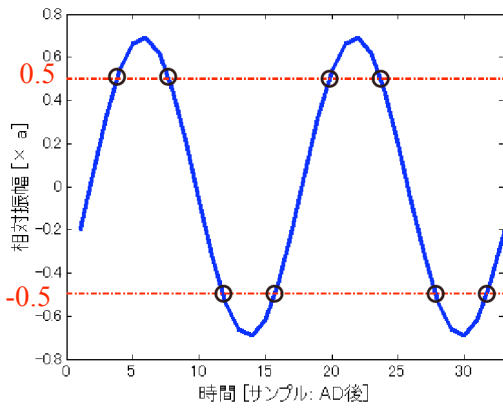


Fig. 3 AIF への入力最大入力の
0.5 倍の場合の AIF 出力波形

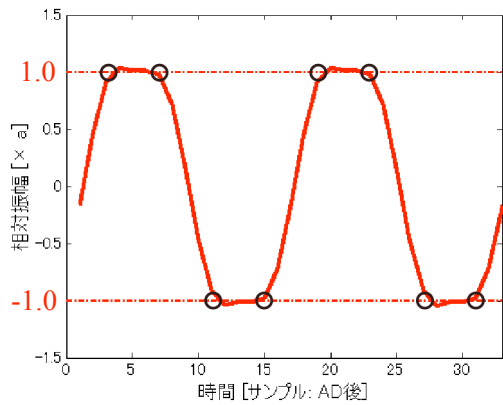


Fig. 4 AIF への入力最大入力
場合の AIF 出力波形

で DA のサンプルより時間間隔の細かい測定データを得た。

3.2 AIF 出力波形の測定結果

測定結果を Fig.3、Fig.4 に示す。縦軸は AIF 入力の最大入力値 a で正規化を行った。Fig.3 は AIF 入力が $\pm 0.5a$ の AIF 出力波形で、正弦波が正しく出力されている。一方、Fig.4 は AIF 入力が $\pm a$ の場合の AIF 出力波形である。図より出力波形は最大入力値 a でクリッピングされていることがわかる。この現象は図 Fig.1(b)の補間演算時のオーバーフローが原因と考えられる。

4 問題解決方法

この問題を解決する方法として、あらかじめ PC 内でデジタルデータ (数列) に対して補間計算を行い、その最大値が、AIF への最大入力値 a を超えない様にデジタルデータの最大値を調整することが有効と考えられた。

このことを検証するために振幅 $\pm a$ の M 系列信号[2] (Fig.5 の●印) を sinc 関数で補間して (Fig.5 の実線) その最大値を求めた。最大値は約 2.2 であった。これより M 系列の振幅を $\pm 0.45 (= 1/2.2)a$ 以下とすれば、補完をしても最

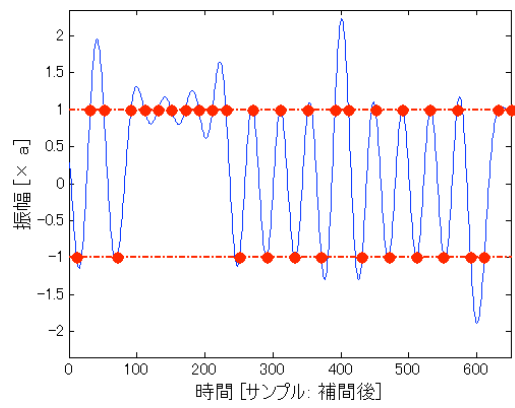


Fig. 5 M 系列信号と補間波形

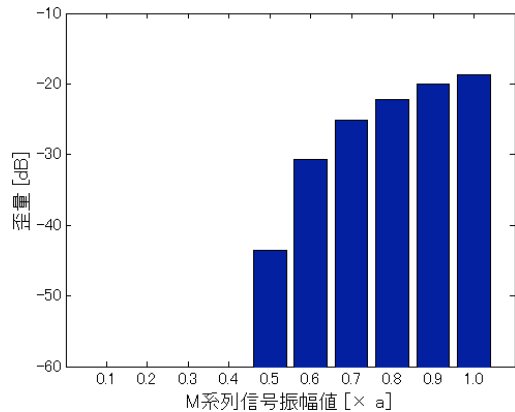


Fig. 6 M 系列信号の振幅と歪の関係

大値は a を超えず、AIF におけるクリッピングの発生を防ぐ事が出来ると考えられた。

次に、M 系列の振幅を $0.1a \sim a$ と変化させて、Fig.2 の系で再生録音して、M 系列の歪量 (非線形誤差[2]) を測定した。測定結果を Fig.6 に示した。図より振幅が $0.5a$ 以上にした場合にクリッピング歪が現れることがわかり、提案する問題解決方法の有効性が確認された。

5 まとめ

本報告では PC からオーディオ・インターフェース (AIF) への入力値 (DA 出力用データ) の大きさによるクリッピング歪の検討を行った。その結果、補間された信号が AIF 入力の最大入力値を超えるような値であった場合、AIF から出力される信号はクリッピング歪を起こすことを確かめた。そして、この歪を防ぐためには、信号を予め PC 内で補間し、その最大値が AIF への最大入力値 a を超えない様に調整してから出力することが良いことを示した。なお、本報と同様の結果は他社製品でも確認されている。

参考文献

- [1] 志賀 ほか, 信学技報, EA2009-67, 2009.
- [2] 金田, 日本音響学会誌, 52 巻 5 号, pp.752-759, 1996.