

## オーディオ・インタフェースの入出力特性について\*

◎志賀正徳, 小林慶弘, 落合裕一, 金田豊 (東京電機大・工)

## 1 はじめに

近年、高性能で低価格な USB オーディオ・インタフェース(以下 AIF と略す)の開発が進み、音響計測用として注目されている。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、AIF の直流除去フィルタの特性について報告を行った。本報告では、折り返し歪防止のための低域通過フィルタ (以下 LPF:Low Pass Filter) の特性の調査結果について報告する。

## 2 折り返し歪防止のための LPF

AD 変換器のサンプリング周波数を  $F_s$  と表す。サンプリング定理より、 $F_s/2$  以上の周波数が含まれると折り返し歪が発生する。したがって、AD 変換器の前段には、 $F_s/2$  以上の周波数成分をカットする LPF が設けられている。

この LPF にはハードウェア LPF とソフトウェア LPF がある。本稿では AIF に設けられた LPF をハードウェア LPF と呼ぶことにする。

一方、ソフトウェア LPF は、PC 内でソフトウェア処理される LPF である。通常、AIF は、スイッチやダイヤルで設定される AIF 自身のハードウェア的なサンプリング周波数  $F_{so}$  を持っている。しかし、例えば、Windows に標準搭載されている MME というドライバを使うと、任意のサンプリング周波数  $F_s$  ( $F_s \leq F_{so}$ ) をプログラムで指定することができる。その際 AIF において  $F_{so}$  でハード的にサンプルされた信号が、指定のサンプリング周波数  $F_s$  にダウンサンプルされる時に使用されるのが、ソフトウェア LPF である。

## 3 周波数振幅特性

## 3.1 測定方法

図 1 に示すように、発振器の出力を AIF 入

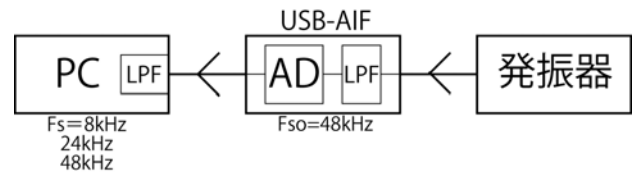


図 1 測定接続図

力に接続し、周波数が  $F_s/2$  付近の正弦波を入力して LPF の周波数特性を求めた。この時、 $F_s/2$  以上の正弦波は、折り返された周波数の正弦波としてデジタル化されるが、LPF の特性としては元の周波数に変換して表示するものとした。今回の調査対象としては Roland 社製 UA-1EX、UA-25、UA-101 の 3 機種とした。AIF のサンプリング周波数  $F_{so}$  は、AIF のダイヤルやディップスイッチで 48kHz に設定し、プログラムで指定するサンプリング周波数  $F_s$  を 8, 24, 48 kHz と変化させて測定を行った。

## 3.2 測定結果

図 2~4 に測定結果を示す。各図において横軸は  $F_s/2$  で正規化した周波数を表す。測定結果から次のような特徴がわかった。

- (1) 全ての条件において、LPF の通過周波数域の平坦性を確保するために、 $F_s/2$  でも減衰量は小さく、その結果、 $F_s/2$  の 1.1 倍~1.5 倍の周波数に対しては折り返し歪が発生している。よって、 $F_s/2$  以上の成分を含む広帯域信号を AD した場合には、 $F_s/2$  の 0.85 倍~0.9 倍までの周波数に折り返し歪による測定誤差が発生するものと考えられる。
- (2) 図 2 は、 $F_s(8 \text{ kHz}) \neq F_{so}(48 \text{ kHz})$  であるので、ソフトウェア LPF の特性となり、AIF の機種によらない一定の特性となることが確認できた。また、図 3 も同様にソフトウェア LPF の特性となるが、図 2 と比較してわかるように、横軸を  $F_s/2$  で正規化した場合には  $F_s$  の値によらず同一

\* On the input-output characteristics of audio interface for PC by SHIGA, Masanori, KOBAYASHI, Yoshihiro, OCHIAI, Yuichi, KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University)

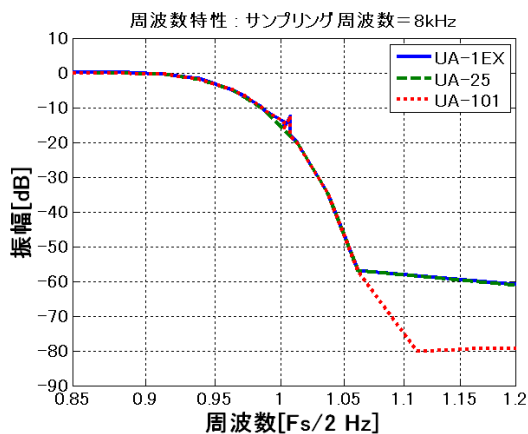


図2 LPFの周波数振幅特性 ( $F_s = 8 \text{ kHz}$ )

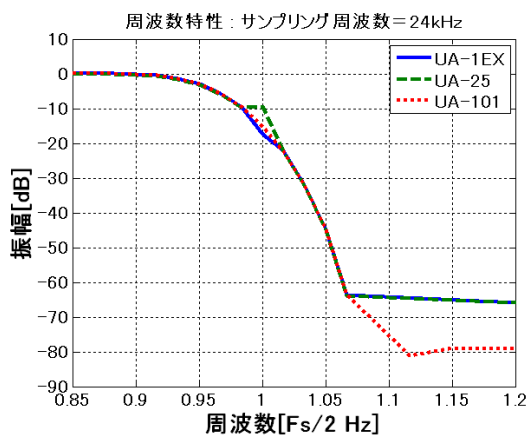


図3 LPFの周波数振幅特性 ( $F_s = 24 \text{ kHz}$ )

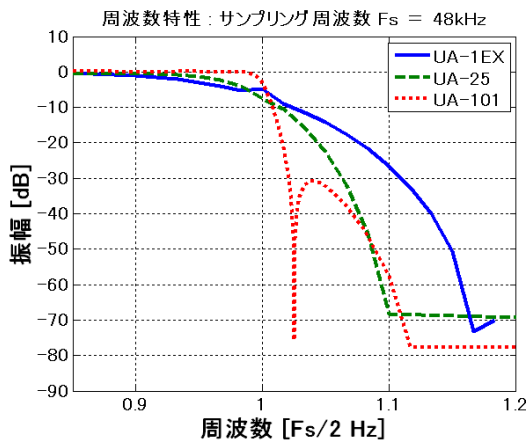


図4 LPFの周波数振幅特性 ( $F_s = 48 \text{ kHz}$ )

の特性であった。一方、図4は  $F_s = F_{s0}$  であるので、個々のAIFが持つハードウェアLPFの特性が表れている。

#### 4 時間応答

信号の時間波形に注目した測定や実験を行う場合には、フィルタの時間応答を把握しておくことが重要である。そこでAIFのDAとADを直結して、インパルス応答を測定した。

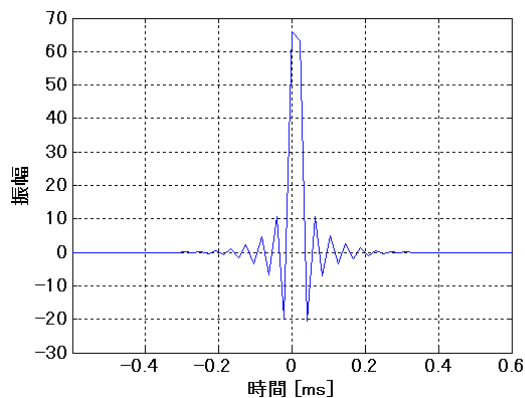


図5 UA-1EX 時間応答

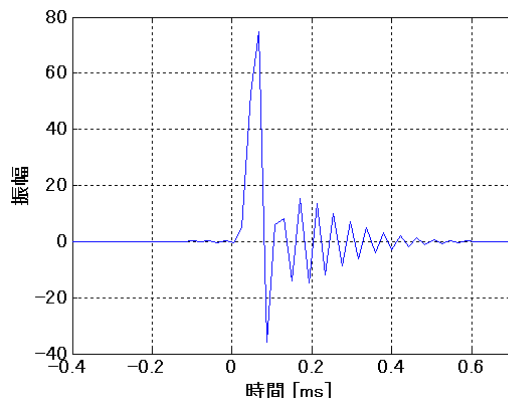


図6 UA-101 時間応答

図5、図6にUA-1EX、UA-101のインパルス応答を示す。

UA-1EXでは、デジタルLPFの応答としてよく見られる直線位相特性を持った(左右対称の)sinc関数の応答波形となっている。これに対して、UA-101ではsinc関数の右半分のみのような形をしており、過渡信号をADやDAする場合に、非因果的な部分にプリエコーなどが生じない応答特性と考えられる。

#### 5 むすび

折り返し歪防止のためのLPFの特性を調査した。その結果、通過周波数域の平坦性を確保するために、ADの前段の折り返し防止フィルタは  $F_s/2$  でもあまり減衰させておらず、折り返し歪による測定誤差が発生する点に注意が必要なのことがわかった。また、時間応答には直線位相性を重視したフィルタと応答の因果性(立ち上がり)を重視したフィルタがあることを示した。

#### 参考文献

- [1] 小林, 金田, 音講論(秋), 769-770, 2008.