



TN139

QUALIFYING AN AUDIO INTERFACE FOR APx500 FLEX

本テクニカルノートについて

2019年、Audio PrecisionはAPx500 Flexの販売を発表致しました。このソフトウェアはAudio Precisionのハードウェアを利用せず測定できるものです。APx500 Flexと3rdパーティーのASIOドライバー（オーディオインターフェースやサウンドカードを利用可能にするドライバー）を使うと、一揃いのオーディオ測定がAPx500ソフトウェアを使って、安価で利用することを可能と致しました。

このテクニカルノートでは、APx500 Flexを使ったオーディオテスト向けに適切なオーディオインターフェース処理を解説、説明していきます。

APx500 Flexについて

APx500ソフトウェアはASIOドライバー ver3.1以降のソフトウェアをサポートしています。すなわち、APx入出力接続として、ASIOデバイスを選択することができます。このAPxFlex500及びAPxソフトウェア5.0.2以前では、以下の二つの制約事項があります。

1. APx500オーディオアナライザ端末はソフトウェアを走らせたPC経由での利用となります。
2. ASIOデバイスは入出力を割り当てたデジタル単位(DまたはFS)を介して、デジタルIOデバイスを駆使致します。これは、ASIOデバイスを使ってアナログ電圧信号を発信、解析するのには適しておりません。

APxソフトウェア5.0.2対応しているAPx500 Flexを使うと、これらの成約から解放されます。APx500 Flex Keyを接続すると、ASIOデバイスは入出力接続として選定が可能となります。また、ASIO I/Oチャンネルはパスカルや/dBSLを使って自動的に電圧をスケーリングする機能があります。

図1はAPx500 v5.0.2でASIO入出力を設定したスケーリングモードやファクターを表示しております。各スケーリングモードはデジタルまたはアナログで選択できます。デジタルで選択した際は、信号の単位はDまたはFSになります。アナログで選択した際は、スケーリングファクター制御は可視化できるようになります。

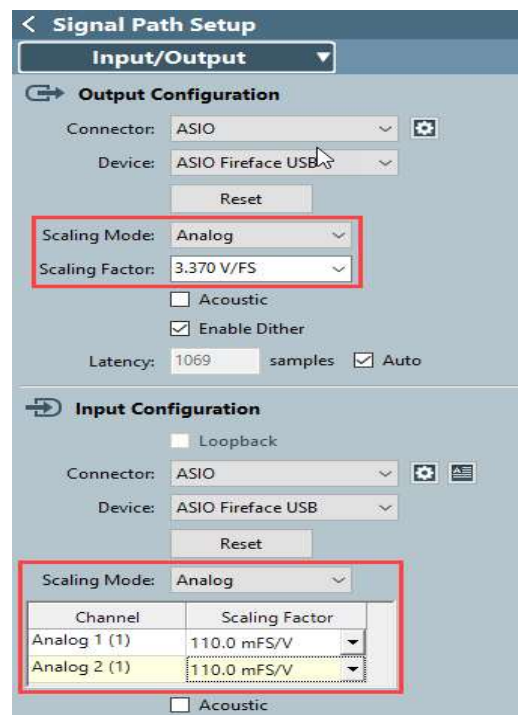


図1. ASIOスケーリングモードとファクター制御(Ver5.0.2)

オーディオインターフェースの基本的な校正と適正化の違い

基本的なオーディオの校正はアナログI/Oを使ってオーディオ測定を行う前に実行されることが望ましいところです。また、AC電圧計またはオーディオアナライザを使って単純なステップで実行されます。測定には、入出力のスケールリングファクターの測定やAPx500ソフトウェアのSignal Path Setupを使った条件、制御の割り当ても含まれます。

オーディオインターフェースのアナログのオーディオの測定や信頼度の高い測定のできる基本的なI/Oの校正が十分であれば、オーディオインターフェースは最適となっています。このためには、オーディオインターフェースのキーとなる入出力の性能・特性を測定するよう、以下の測定条件も網羅しております。

- 感度 (またはスケールリングファクター)
- 周波数応答
- 残留歪み
- ノイズ
- 測定範囲
- 遅延補正、安定化

欠落や漏れ等の有無

オーディオインターフェース接続

テスト用のオーディオインターフェースを使う際、最も考慮すべき点は、DUTに対して正しい接続をしているかということです。物理的な接続に加え、接続タイプ(バランスまたはアンバランス)も重要になってきます。

物理的な接続タイプ

長年、プロオーディオ部門では、バランス接続のアナログの3ピンのXLRコネクタを使っております。(図2左)このコネクタの構造は、ピン1はケーブルのシールドとして、ピン2, 3は正負極の異なる信号を流すAES-14の標準規格に則ったものとなっています。



図2. 標準XLRオーディオコネクタ(左)と1/4インチTRS、TRSフォンプラグ(右)

最近ではプロオーディオデバイスでも、バランス接続として、1/4インチのTRSフォンプラグ(図2右から2番目)を使い始めました。これはI/Oパネルにスペースがない点が理由としてあります。1/4インチのフォンジャックを使う場合の潜在的な欠点としては、アンバランス接続として利用される1/4インチTSフォンプラグ(図2右上)も挿入できるということです。仮にTRSジャックにTSフォンプラグを挿入したら、潜在的にバランス接続の片方がグランド接続となります。表示がない限りTRSかTSフォンジャックか否かは外部から見ても分かりません。

図3の#1, 2に示されている第三のXLRコンボジャックのようなオーディオインターフェースも出てきました。これらのコネクタはXLR雄コネクタまたは1/4インチフォンプラグとして受け入れられるようになります。これらは、マイクロフォンのプリアンプ回路に提供する1, 2チャンネルのオーディオインターフェースとしても使われております。XLRコネクタか1/4インチフォンプラグを挿入したかによって、入力特性は大きく異なってきます。例えば、コンデンサーマイクロフォン用のファントム電源と切り替えられるXLR機能を有すれば、1/4インチフォンジャックと異なるゲインや入力インピーダンスで利用することになります。



図3. XLRコンボジャック(#1, 2)とTRSジャック(#3, 4)を示したRME Fireface UCオーディオインターフェースの全面パネル

バランス/アンバランス接続

一般的にオーディオインターフェースはバランス入出力がある方多い傾向です。それはプロオーディオ部門で主に利用しているからです。実はこれは俗説では正しくなく、インターフェース間や多くのデバイスが異なった接続を持っている為、接続タイプも異なるのが実態です。例えば、バランスI/Oオーディオインターフェースから以下の変化、事例も見受けられます。

- アンバランス出力
- TRSコネクタが挿入されて自動的に入出力が切り替わったり、TSコネクタが挿入されたらアンバランスになる1/4インチフォンジャックのケース
- ソフトウェアでラインレベルを選択する接続や、レベルを入力していく装置の場合。ころらは各々異なった入力インピーダンスやゲインを入力していきます。
- ステレオヘッドフォンジャックや二つのアンバランスラインの出力をもった1/4インチTRSフォンジャック出力コネクタの場合。特殊な二つのアンバランスコネクタを持った、1/4インチTRSフォンプラグは、ラインレベルアウトモード仕様が必須となります。

基本的な校正

基本的なオーディオインターフェースの校正は精度の高いAC電圧計を使って測定致します。段取りとしては、

1. 電圧計にオーディオインターフェースの出力を接続します。バランス接続の場合、電圧計が浮遊(入力がグラウンドと接続していない事)を確認します。
2. APxデジタル設定において、スケーリングモード出力を使って、特定レベルの信号を発信します。(例、推奨としては1.0 FS)
3. チャンネルの電圧測定を記録し、各出力チャンネルの測定を行う。その後、平均値を計算。(例、3.370 Vrms)
4. #3の値/#2の値を実施。(例、3.370 Vrms / 1.0 FS = 3.370 V/FS)。
5. スケーリングモードの出力コネクタをアナログに切り替えて、#4で計算したスケーリングファクターを入力する。(注意事項:スケーリングファクターは実効値またはピークレベルの条件の元設定を行う事。電圧計の単位にあった感度で調整する事)ASIO出力は電圧で校正されています。
6. ASIOデバイス入力にASIO装置の入力を接続します。スケーリングモードの入力はデジタルで設定致します。
7. 分かりやすい電圧(1.0 Vrms)で発信し、FSの単位で各入力の測定を行います。(例、0.110 FS)その値を発信電圧で除算します。(例、0.110 FS / 1.0 Vrms = 0.110 FS/V)
8. スケーリングモードの入力コネクタをアナログに切り替え、#7で計算した値を各チャンネルのスケーリングファクターとして入力します。ASIO入力は電圧で計算されます。

オーディオインターフェースの適正化

非常に低い残留ノイズと包括的なオーディオ測定を行うには、オーディオアナライザはオーディオインターフェースの品質を測定する最善のツールです。加えてAPのオーディオアナライザはワールドワイドでも認知されている校正ツールでもあり、APx500ファミリーは多くのインターフェースよりも、はるかに良い性能を誇示しております。次の章では、家庭でのスタジオ録音やモバイル録音向けの2チャンネルのオーディオインターフェースの適正化の結果をお見せ致します。デバイスは\$200以下の、2チャンネル入出力、24ビット解像度でサンプリングレートは192KHzまで対応している製品です。

入力オーディオインターフェースの適正化

入力接続

オーディオアナライザのバランスの出力部に入力チャンネルのインターフェースを接続致します。サンプルのオーディオインターフェースは2つのXLRコンボジャックになっています。今回1/4インチTRSフォンジャックを使って、XLR部のコンボジャックにマイクロフォン尾のプリアンプ回路を接続します。

インターフェース調整

GainやMix、Pan等を設定するにノブやスライダーは測定を行うにあたって最善の位置に配置します。ノブの場合は、反時計回り、時計回りに何度も繰り返すできるように設定致します。

テストレベルの発信

測定用の適正な発信レベルを選びます。今回は、+4 dBu (1.228 Vrms)を設定致します。これは一プロオーディオの録音において一般的な参照レベルにあたります。S/N比のような測定の際のレベルは、最小限のゲインである+24 dBu (12.28 Vrms)における最大の入力ラインレベルに合わせます。

ゲイン測定(入カスケールリングファクター)

ASIOスケールリングファクターをデジタルに入力して、レベルとゲインを駆使して、+4 dBuのゲインを測定致します。サンプルオーディオインターフェースとして、以下の測定を行いました。

Channel 1	64.07 mFS/Vrms
Channel 2	62.71 mFS/Vrms

上記は、アナログスケールリングファクターを使って、デバイスの入力を校正しております。スケールリングモードがアナログに切り替わり、スケールリングファクターが1.0 Vrmsのレベルで発信すると、二つのチャンネルで測定したRMSレベルは、小数点3位まで電圧を合わせこみ、入力校正を補正致します。

一度校正を施したら、残りの測定に関しては、アナログまたはデジタルのスケールリングモードで実行されます。

入力周波数応答

周波数応答は非常に重要なオーディオ品質計測になります。図4は192KHzのサンプリングレートにおけるサンプルオーディオインターフェースの応答を示しています。測定にはチャープというAPxでは高速でのログをスイープするサイン波のテクニックを使って、周波数応答を測定しております。このデバイスはメーカーが規定している周波数15k~22kHzにおいて、平坦度 ± 0.2 dB内に値しています。今回アナライザのハイパスフィルタをDC結合で設定しております。これはアナライザのAC結合と混同を避ける為に行っております。

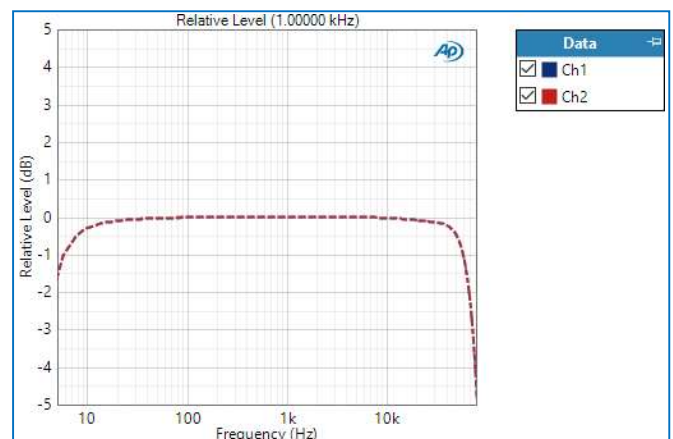


図4. 周波数5Hz~80KHz間のあるオーディオインターフェースの相対レベル応答です。これはAPxの周波数応答を使って測定しております。

最大入力レベル

今回の例となっているオーディオインターフェース最小ゲイン設定において、最大+24 dBu入力レベルまで規定できています。しかし、図5の通り、-60 to +24 dBuの間でステップレベルスイープを実行すると、0.001% (+19 dBu時) から6% (+24 dBu時) と急激に歪みが増えていることが分かります。この結果から、+20 dBu (7.75 Vrms) 以上のオーディオ電圧測定は控えることをお勧め致します。

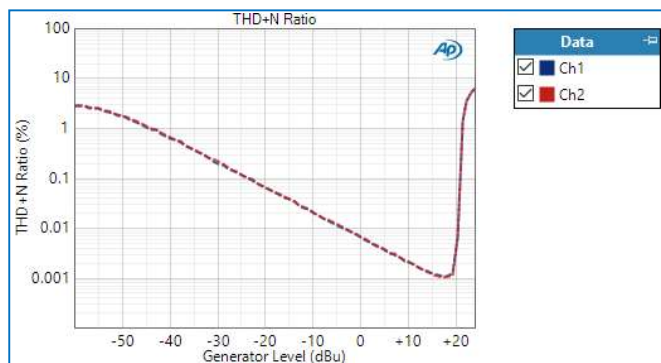


図5. 入力THD+Nに対する-60 to +24 dBu間の発信レベル (stepped level sweepにて測定)

入力時ノイズ、SNR、クロストーク、位相

残りのオーディオ品質はオーディオインターフェースの入力適正で見極めていきます。但し、SNR測定は最大入力レベルの+20 dBu 時で測定致します。

Noise (20 Hz to 20 kHz)	3.2 μ Vrms
SNR (+20 dBu at 1 kHz)	103.7 dB
クロストーク (+4 dBu at 10 kHz)	-82.4 dB
チャンネル間位相 (1 kHz)	0.01 deg

このような測定で、周波数レンジや入力電圧等でオーディオインターフェースの入力信号を推し量ることは可能です。

Qオーディオインターフェース出力の適正化

出力部の接続

オーディオインターフェースの出力部をオーディオアナライザのバランスの入力に接続します。例として、1/4インチTRSプラグをXLR雌バランスケーブルにつなぎます。

インターフェース調整

ボリュームやMixやPan等の設定にあたり、ノブやスライダーを使って測定できる環境を作っていきます。ノブの場合は、反時計回り、時計回りに何度も繰り返すように設定致します。今回モニターやMixノブやスライダーコントローラーを0 dBにします。

最大出力レベルとリニアリティ

出力側はオーディオインターフェースの最大に発信できる信号は、0 dBFS (または1.0 FS)になります。信号が0 dBFSを超えることが出来ない為、全出力レンジを見渡すことは重要なこととなります。図6は出力部のTHD+Nに対して、-60から0dBFSを1 dBステップで出力レベルとして電圧を示しております。図7は同じステップレベルスイープで-20 dBFSのレベルに対する出力のリニアリティを示しています。これらの結果はTHD+Nが全てのレベルで高調波の歪みよりもノイズが占めている点や、出力が広範囲のレンジでリニアである点を示しています。すなわち、このデバイスにおいて、最大レベルである0dBFSまで測定できることを示しています。

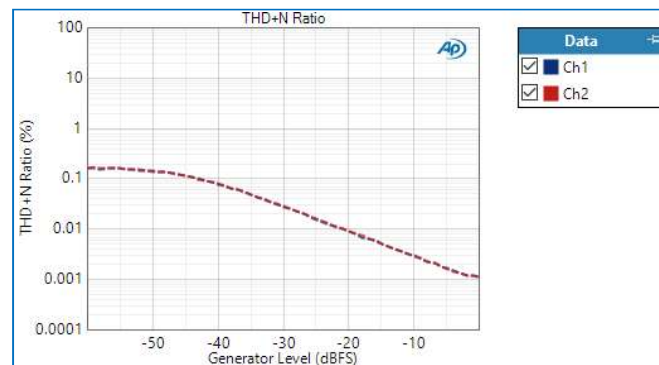


図6. 出力部のTHD+Nに対するレベル測定 (-60 to +0 dBFSにおけるステップレベルスイープで測定)

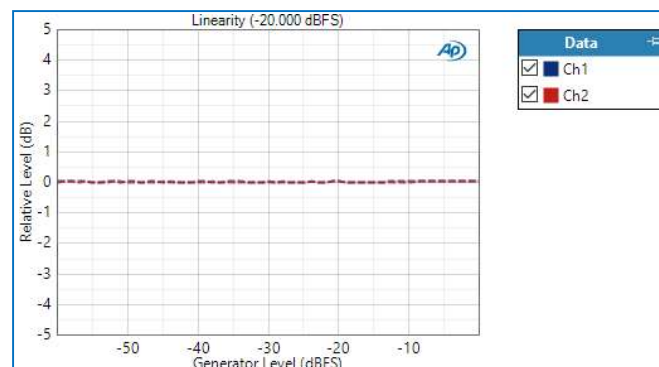


図7. -20dBFSにおける出力リニアリティthe-60 to +0 dBFSにおけるステップレベルスイープで測定)

今回のデバイスは最大出力レベル+10 dBuを規定しており、10.332 dBu (2.545 Vrms、0 dBFS時)の測定レベルであることが分かります。

ゲイン測定

ASIO出力のスケールモードで、レベルとゲイン測定を使って、0 dBFS (1.0 FS)時の測定を行います。例として、以下の測定を行ったところ、

Channel 1	2.555 Vrms/FS
Channel 2	2.535 Vrms/FS
Average	2.545 Vrms/FS

平均値はデバイスの出力を校正する為にアナログのスケールリングファクターを使っています。スケールモードをアナログに切り替えて、スケールリングファクターを1.0 VrmsW と入力したら、実効値レベルは両チャンネルとも±0.004 Vrms (±0.035 dB)内で測定でき、出力校正も更新されます。

一度校正が更新されると、アナログまたはデジタルのすけーりんモードで測定が実行されます。

出力部の周波数応答

図8は192KHzのサンプリングレートにおける応答を示しています。(APxのステップ周波数応答測定を利用)この場合、ステップスイープを使っています。結果、このデバイスは15 Hz ~22 kHzにおいて、±0.2 dB以内でメーカーの規定した平坦度に収まっていることが分かります。

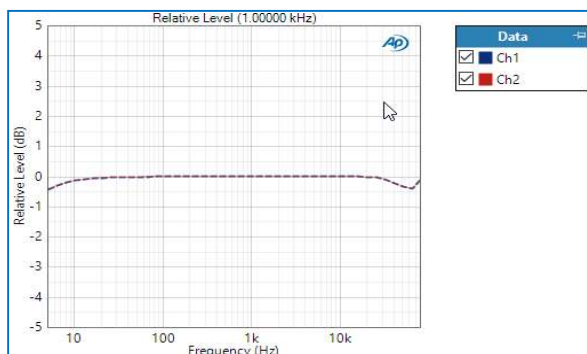


図8. 5 Hz to 80 kHzにおける周波数応答 (APx ステップ周波数応答で測定)

出力ノイズ、SNR、クロストーク、位相

残りのオーディオ品質はオーディオインターフェースの入力適正で見極めていきます。このデバイスはチャンネル2で-118 dB、チャンネル1で-99 dBのクロストークが測定されています。

Noise (20 Hz to 20 kHz)	49.0 μ Vrms
SNR (0 dBFS at 1 kHz)	94.3 dB
Crosstalk 0 dBFS at 10 kHz)	-99.0 dB
Interchannel Phase (1 kHz)	0.008 deg

このような測定で、周波数レンジや入力電圧等でオーディオインターフェースの入力信号を推し量ることは可能です。

ループバックによるインターフェースの適正化

最終的にはループバックによるオーディオインターフェースを適正化していきます。このモードで欠陥や抜け、遅延等のテストに加え、レポートを行います。

欠陥や抜け(落ち度)

オーディオインターフェースはデバイスとPC間でのデータ伝送を行えるよう、サンプルとして、規定長のバッファを使っています。バッファの大きさは、デバイスのASIOコントロールパネルから選択できます。バッファの大きさはデバイスによって異なります。例えば、今回のTechnoteでテストしたオーディオインターフェースは32~8192までバッファを設定できます。

バッファサイズはオーディオ信号発生時からPCで処理できるまでの待ち時間やCPUの負荷にも影響を及ぼします。オーディオインターフェースが録音やモニタリングに使われている際、バッファサイズはオーディオ信号発生時からPCで処理できるまでの待ち時間やCPUの負荷にも影響を及ぼします。オーディオインターフェースが録音やモニタリングに使われている際、この待機時間(バッファ)は望ましい値で設定されています。しかし、バッファサイズが小さすぎると、他のタスクとオーディオの伝送を維持しようとすることからオーディオサンプルが欠損することもあります。これが欠陥や抜けとなります。この欠陥が可聴できるか否かにかかわらず、オーディオインターフェースがテストで利用されている中では、好ましいものではないところです。短い待機時間は殆どのオーディオテストでは重要な要素ではございませんが、バッファ長は欠陥が発生しないようある程度は考慮しておく必要がございます。APx500ソフトウェアは測定レコーダとして測定を実施致します。これはオーディオの欠陥、欠損を検知するものとして有用な手段になります。

このソフトウェアはシーケンスモードで20回のプロット/秒までの時間に対して、RMSレベルや周波数、THD+N等信号を発信したり、録音を実行します。サイン波を発する際、THD+Nの結果はこの欠損に対して、非常に繊細です。192kHzのサンプリングレートにおける信号のロスもTHD+Nと時間軸のグラフでは大きなスパイクが見られます。例えば、図9はTHD+Nと時間軸のグラフを示しております。条件としては、512と2048のASIOバッファサイズでループバックモードを使って60秒間測定致しました。バッファサイズは512の場合、60秒間の録音時で多くの欠損が発生しております。一方2048の場合は、全く発生していません。512のようなバッファサイズでは、このデバイスでのオーディオテストとしては、小さすぎると言えます。

欠損が見られる周期はアプリケーションにも依存しております。例えば、30秒よりも短い時間でオーディオテストを行う場合、欠損が発生しないような最低限の時間を確保する必要があります。しかし、欠損が何時間も、何日も発生しているならば、余裕をもった時間を確保する必要があります。APxソフトウェアは最長7日間測定ができるような仕様になっています。

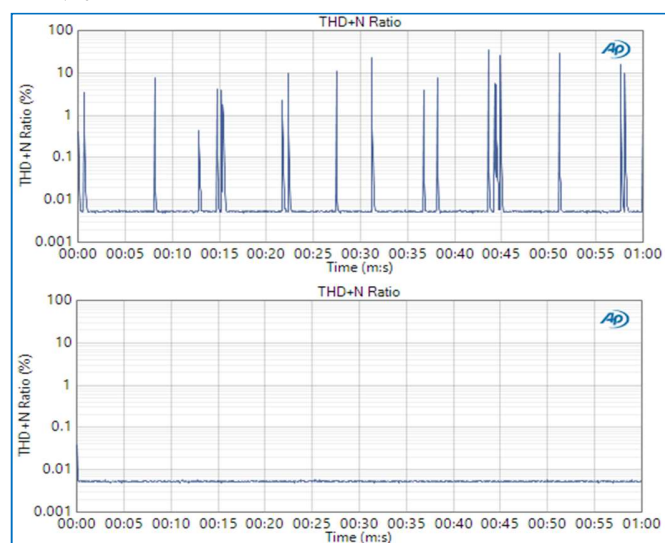


図9. 上図はASIOバッファサンプルを512で設定し、ループバックで測定したTHD+N、時間軸の測定結果で、下図は2048サンプル時の結果を表示しています。

遅延レポートと遅延の安定化

一度欠損がない状態でオーディオ伝送がなされれば、遅延のレポートと安定化のテストができるようになります。ASIOデバイスドライバは入出力の待機時間を見極め、適正化していきます。

APxソフトウェアのASIO入出力コンフィグパネルのLatency Auto checkboxesがチェックすると、ソフトウェアは自動的に信号の発信、受信時にデバイスの遅延を補正するように致します。Autocheckboxesがチェックされていないければ、ユーザは待機時間の入出力を登録する必要があります。デバイスの遅延報告機能が正しければ、ループバック時の際、遅延は0として測定されます。遅延が何度か測定されその値が同じであれば、その測定遅延は安定化していると言えます。APx500ソフトウェアはDUT Delayといわれる測定機能があります。これはデバイスを通して、疑似ランダム信号を発したり、オリジナルの信号でDUT出力の相互相関関数を使う事で遅延を測定致します。

サンプルオーディオインターフェースにおいて、ループバック時に入出力待機時間をAutoで設定してDUT Delayを実行したら、-41.67 μ sをコンスタントに測定致しました。この結果は、遅延は安定化していることを意味しています。しかし、遅延報告の結果が良くなければ、遅延は安定していないことを意味致します。例えば、サンプリングレート192kHzで41.67 μ sの遅延した結果は8サンプルで一致致しました。一方で、8サンプルで異なった入出力の待機時間の値が報告されました。これは、入力または出力のLatency Auto checkboxのチェックを外したり、待機時間を調整することで修正が可能です。入力のLatency Auto checkboxチェックを外して、レポートされた値から待機時間を2912から2904に減らしたところ、DUT Delayは0秒という結果がコンスタントに表示されるようになりました。

テスト用のオーディオインターフェースの利用

オーディオインターフェースの入出力を適正化や欠損をなくすこと遅延を補正すべく全ての測定環境を完備することは、デバイスがオーディオテストを正しく実行できるように準備することを意味致します。オーディオテスト用のオーディオインターフェースを使うと、以下の重要な点が確保されます。

- GainやPan、Mix Volume等のハード、ソフトウェア制御は正しい位置にあるはずで、それは、オーディオインターフェースが適正化されている事、校正されていることを意味致します。
- テストの際に利用する接続タイプや接続コネクタはオーディオインターフェースを適正化し、校正を施した全く同じものを使うことが必須です。

インターフェースとハードウェア解析

オーディオインターフェースにおける賛否

専用のオーディオアナライザよりかなり安価なものを保有することは、アプリケーションにもよりますが、オーディオテスト用のオーディオインターフェースを使う以下の利点があります。

- 多くのオーディオインターフェースは一個または複数のマイクロフォンプリアンプフィルターを持っています。これは主に、コンデンサーマイクロフォン用のファントム電源をサポートしております。アコースティック測定を行う必要があるユーザーは図10に示しているオーディオプレシジョン製376M03のようなファントム電源の測定マイクロフォンを使うことで最大限の効果を発揮できます。
- 殆どのオーディオインターフェースはステレオヘッドフォンの出力ジャックがあります。これはヘッドファンやイヤフォンのテストを行うにあたって最大限効果を発揮します。
- オーディオインターフェースは一般的にハードウェアのアナライザよりは簡素な機能を保有している。それは利便性や携帯性の高いアプリケーション用に作られている点が背景となっています。例えば、USBを介して電源供給するものもあります。



図10. オーディオプレシジョン376M03ファントムパワーマイクロフォン

オーディオテスト用のオーディオインターフェースを使うにあたっての最大の欠点は、デバイスの校正状態をいつの間にか簡単に設定を変更していることです。校正基準から外れたノブやスライダーや複数のコントローラ等のハード、ソフトウェアが一般的には該当致します。さらに、校正時に接続したものと異なった入出力の接続の場合は、誤った測定結果を引き起こします。

ハードウェアオーディオ解析の是非

ハードウェアのオーディオアナライザ業界をけん引してきましたオーディオプレシジョンから見ると、オーディオテスト用のインターフェースよりもハードウェアのオーディオ解析は以下の複数の理由から優れていることに疑っておりません。

- 国際基準に沿った工場認証の校正でのテスト、測定用に設計された装置である点。
- 過電圧保護機能を持った強靱なI/O回路
- 3年間の製品保証
- 長年の経験、培った技術を駆使し測定にフォーカスしている点
- オーディオインターフェースよりもはるかに高い入出力電圧
- DC信号を発信、測定できる性能
- 残留THD+Nやノイズ性能を最適化する自動化機能を使った複数の入出力レンジ
- Blue-tooth, HDMI, PDM and digital serial (DSIO)のようなオプションデジタルモジュール。
- コモンモード除去 (CMR)のような特殊なオーディオ測定機能
- ジッター発信や調整
- ループバック機能
- 外部からのスイッチやリレー等から制御やセンシングができるGPIOポートの搭載
- 装置の性能を更新するセルフテスト機能
- 誤った測定データを容易に測定するノブやスライダーの不足を表示する機能

ハードウェアのオーディオアナライザはオーディオインターフェースよりもはるかに優れた機能を持っております。

結論

オーディオプレシジョンは様々な必要なオーディオインターフェースを網羅しております。R&D、技術部門のエンジニアチームが使っているAPx500ハードウェアアナライザでも互換性のあるAPx500Flexをサポートできる環境を整えております。