

128x SSDAC and RIAA_EQ Dual 基板

SSDAC128_I2S-002Dual

取扱説明書

2023/11/4 Rev.0.00

SLDJ 合同会社

本製品はデジタルデータを3次自然スプライン関数によって補間する128倍スーパーサンプリングD/Aコンバータおよび、デジタルRIAAフォノイコライザのデュアル基板です。16ビットマルチプレイングDAC (DAC8820)からの出力に加え、2種類の搭載I2S DACデバイスAK4490, PCM5102からも音声を出力できます。

本製品は起動時の設定により、スーパーサンプリングD/Aコンバータまたは、デジタルRIAAフォノイコライザとして機能します。それぞれの機能の特徴は次のとおりです。

○スーパーサンプリングD/Aコンバータ

- ・パソコンからUSB接続によってオーディオ再生可能なスーパーサンプリングD/Aコンバータ
- ・128倍16bitまたは16倍24bitスーパーサンプリングによる音声出力
- ・I2S出力およびPCM1702用デジタル信号出力ピンヘッド付き

○デジタルRIAAフォノイコライザ

- ・パソコンからUSB接続によって、レコードからダイレクトリッピングしたオーディオ信号を入力することで、RIAAイコライジング出力が可能
- ・別売のDPEQ000基板をAmanero Combo384の代わりに装着することにより、レコードプレイヤーからダイレクトに入力し、リアルタイムでのRIAAイコライジング出力が可能
- ・RIAAフォノイコライザスペックは96kHz24bit

※ デジタルRIAAフォノイコライザ使用時は、スーパーサンプリングは機能しません。出力DACデバイスの仕様に応じたNOSまたはオーバーサンプリング出力となります。

※ スーパーサンプリングD/Aコンバータの詳細につきましては、添付資料の電気学会論文及び、トランジスタ技術2018年10月号をご参照ください。

1. 準備

①電源投入

AC電源入力J2にAC電源を接続し、電源を供給します。LED D19 (緑)とLED D20 (青)が点灯することを確認します。もしいずれかが点灯しない、点灯しても暗いなどの症状がある場合は直ちに電源を切り、製作マニュアルに従って実装、配線に間違いがないかよく確認してください。

②Amanero COMBO384 の装着

U11 ピンソケットに Amanero COMBO384 を装着し、2 本のスペーサを介してネジで固定します。基板の保護と絶縁のため、付属のプラスチックネジとスペーサーをお使いください。（プラスチックネジは壊れやすいので締め付けトルクにご注意ください。）次に Amanero COMBO384 の USB コネクタとパソコン（音源）を接続します。

パソコン側の音声フォーマットにより、表 1 に示すように LED D5～D8 が点灯します。

表 1. 音声フォーマットの LED 表示

	D5	D6	D7	D8
44.1kHz	点灯			
48kHz		点灯		
88.2kHz	点灯	点灯		
96kHz			点灯	
176.4kHz	点灯		点灯	
192kHz		点灯	点灯	
352.8kHz	点灯	点灯	点灯	
384kHz				点灯

（注）本 SSDAC 基板は、44.1kHz～96kHz まで対応しています。176.4kHz 以上は対応していません。

③パソコンの再生フォーマット（既定の形式）の設定

再生するファイルの音声フォーマットに合わせて、パソコンの再生フォーマット（既定の形式）を設定します。

例 1) CD からリッピングした WAV ファイル (44.1 kHz 16bit) の場合

【windows10 の設定例】

コントロールパネル→サウンド→再生タブ
→デジタル出力 (Amanero Technologies USB Driver X.X.XX) ※1 をダブルクリック
→詳細タブ→既定の形式
「2 チャンネル、**24 ビット**、44100Hz (スタジオの音質)」
または
「2 チャンネル、**32 ビット**、44100Hz (スタジオの音質)」
に設定 (※2)
→OK

※1 SSDAC でご使用の DD コンバータ

※2 windows10 においては、「既定の形式」を 16 ビット設定時にノイズが発生することが確認されましたので、**16 ビットの設定は使用しない**でください。

④起動モードの設定

本機は電源投入時の SW1 (DIP SW) の状態によって、スーパーサンプリング D/A コンバータモードとデジタル RIAA フォノイコライザモードを切り替えます (図 1)。

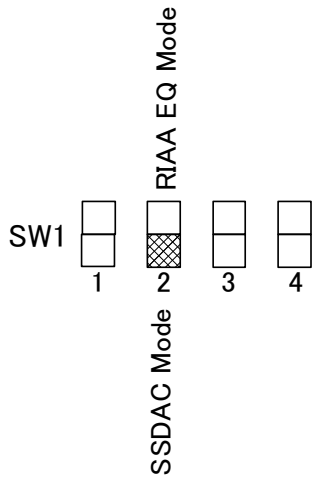


図 1. 電源投入時の SW1 によるモード切替
SSDAC モード時は D10 が点灯

電源投入時に図 1 に示すとおり SW1-2 の状態により、スーパーサンプリング D/A コンバータ (SSDAC Mode) またはデジタル RIAA フォノイコライザ (RIAA EQ Mode) として起動します。スーパーサンプリング D/A コンバータとして起動した場合のみ LED D10 が点灯します。

【注記】 本機の電源 ON/OFF 時は出力に大きなノイズが出ます。電源 ON/OFF は、必ずアンプの電源を OFF にした状態で行ってください。

2. 基本動作

2-1. スーパーサンプリング D/A コンバータモード

このモードでは、本基板はスーパーサンプリング D/A コンバータとして動作します。

① DIP スイッチ SW1 の初期設定

SW1 を図 2 に示すようにすべて OFF 側に設定します。

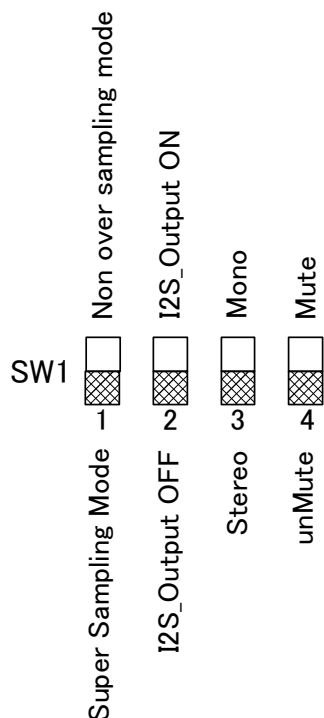


図 2. DIP スイッチ SW1 の初期設定

この状態で、128 倍スーパーサンプリングデータを 16bit マルチプライング DAC (DAC8820) で D/A 変換した出力が RCA ピンジャック J7 (Lch)、J9 (Rch) に出力されます。このときそれぞれの逆位相の信号が J8 (Lch)、J10 (Rch) に出力されます。SW1 の各ビットの機能は次のとおりです。

- ・ SW1-1 : NOS (スーパーサンプリングなしの生データ再生) とスーパーサンプリングモードを切り替えます。I2S 出力に対しても同様です。
- ・ SW1-2 : I2S 信号出力 (AK4490, PCM5102 および J3) を ON/OFF します。
- ・ SW1-3 : ステレオ、モノラルを切り替えます。
- ・ SW1-4 : ミュートスイッチです。

②I2S 接続デバイス設定

本基板では、①で説明した J7~J10 へのマルチプライング DAC 出力のほかに、4 倍、8 倍または 16 倍にスーパーサンプリングしたデータを I2S に出力し、AK4490 および PCM5102 から出力することができます。I2S 出力を有効にするには、DIP スイッチ SW1 を図 3 に示すとおり設定します。

I2S 信号出力時には図 4 に示すとおり、I2S 信号のスーパーサンプリング倍率を NOS (1 倍)、4 倍、8 倍、16 倍に設定できます (PCM5102 は NOS、4 倍、8 倍のみ)。

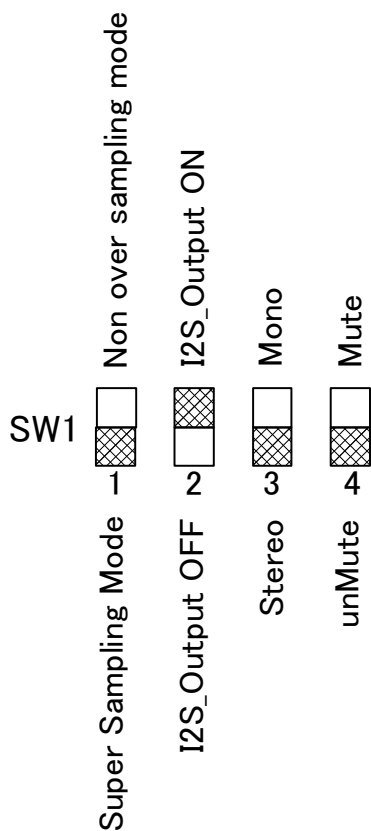


図 3. I2S 出力 ON の設定

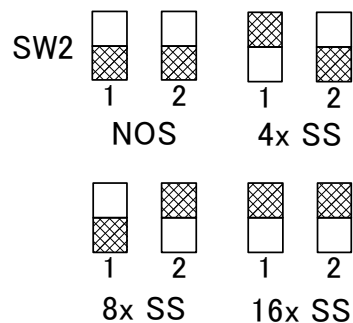


図 4. I2S 出力のスーパーサンプリング倍率設定

②-1 AK4490 の設定

スーパーサンプリングした I2S 信号を AK4490 から再生するための設定を行います。

・ジャンパピン J11 の設定

J11 のジャンパピンを図 5 のとおり設定します。

PDN はパワーダウン、DIF0~DIF2 は信号フォーマットを設定します。本基板ではこの設定でお使いください。

・DIP スイッチ SW3 の設定

SW3 を図 6 のとおり設定します。

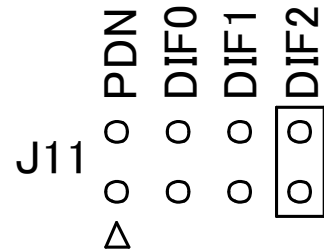


図 5. J11 ジャンパピンの設定

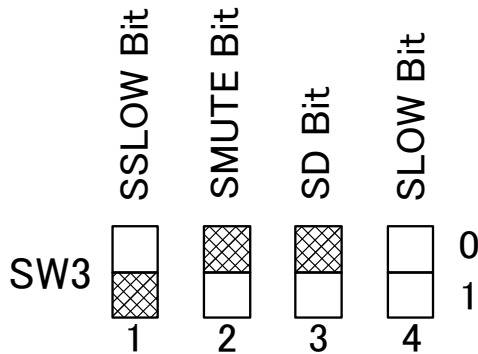


図 6. DIP スイッチ SW3 の設定

表 2. AK4490 モード設定

SSLOW	SD	SLOW	MODE
0	0	0	Sharp roll-off filter
0	0	1	Slow roll-off filter
0	1	0	Short delay sharp roll-off filter
0	1	1	Short delay slow roll-off filter
1	0	-	Super Slow roll-off filter
1	1	-	Low dispersion Short delay filter (AK4490REQ only)

この状態で、スーパーサンプリングされたデータを、I2S を介して AK4490 で D/A 変換した出力が RCA ピンジャック J12 (Lch)、J13 (Rch) および JK1 に出力します。スーパーサンプリングと NOS の切り替えは SW1-1 で、I2S スーパーサンプリング倍率 (4 倍~16 倍) は SW2-1, SW2-2 で切り替えられます。

SW1-1 で NOS モードを選択した状態では、AK4490 に内蔵されたデジタルフィルタを設定して評価することができます。デジタルフィルタの設定は SW3 に割り当てられた SSLOW、SD、SLOW の組み合わせによって行います。デジタルフィルタ設定については、使用するデバイスに応じて AK4490EQ または AK4490REQ の仕様書をご参照ください。

②-2 PCM5102 の設定

スーパーサンプリングした I2S 信号を PCM5102 から再生するための設定を行います。

・DIP スイッチ SW4 の設定

SW4 を図 7 のとおり設定します。

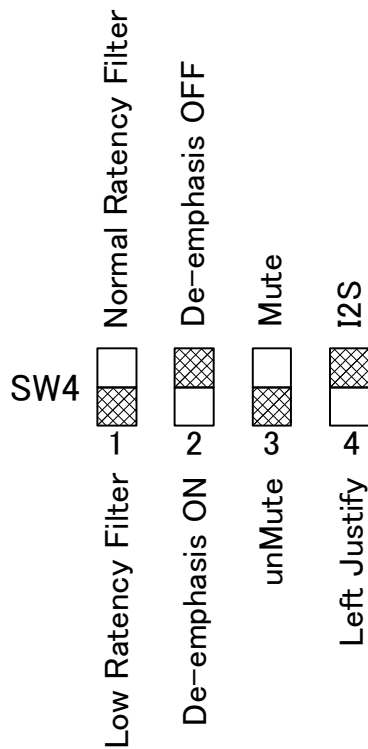


図 7. DIP スイッチ SW4 の設定

この状態で、スーパーサンプリングされたデータを I2S を介して PCM5102 で D/A 変換した出力が RCA ピンジャック J14 (Lch)、J15 (Rch) および JK2 に出力されます。スーパーサンプリングと NOS の切り替えは SW1-1 で、I2S スーパーサンプリング倍率 (4 倍/8 倍) は SW2-1, SW2-2 で切り替えられます。

SW4 の各ビットの機能は次のとおりです。

- ・ SW4-1 : デジタルフィルタのローレイテンシー/ノーマル (ハイ) レイテンシーの切り替えを行います。
- ・ SW4-2 : 44.1kHz サンプリング時のディエンファシスの ON/OFF を切り替えます。
- ・ SW4-3 : ミュートスイッチです。
- ・ SW4-4 : 信号フォーマットを選択します。

③LED の説明

SSDAC モード時の基板上の各 LED の表示内容を表 3 に示します。

Amanero COMBO384 が出力する信号フォーマットを示す LED については、表 1 に示したとおりです。

表 3. SSDAC の状態を示す LED

LED 番号	名称	説明
D1	VBUS	Amaneroから3.3Vが供給されているとき点灯
D10	SS_Boot	SSDACモードで起動しているとき点灯
D15	SSMODE	Super Sampling動作のとき点灯
D16	I2S_ON	I2S信号出力がONのとき点灯
D17	Clip L	Lch演算出力がクリップしたとき点灯
D18	Clip R	Rch演算出力がクリップしたとき点灯
D12	PCM1702	PCM1702モードのとき点灯
D19	+12V	+12V電源確認用
D20	-12V	-12V電源確認用

2-2. デジタル RIAA フォノイコライザモード

このモードでは、本基板はデジタル RIAA イコライザとして動作します。Amanero Combo384 の USB 入力による再生の他に、Amanero の代わりに別売りの DPEQ000 基板を装着することで、レコードプレイヤーからのダイレクト入力信号を RIAA イコライジングして再生することができます。

① DIP スイッチ SW1 の初期設定

SW1 を図 8 に示すようにすべて OFF 側に設定します。

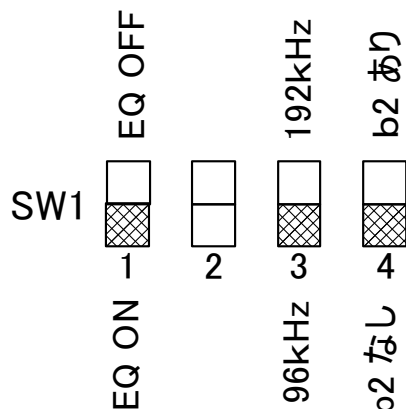


図 8. DIP スイッチ SW1 の初期設定

この状態で、デジタル RIAA フォノイコライジング出力がそれぞれ、16bit マルチプライング DAC (DAC8820) は J7 (Lch)、J9 (Rch) (逆位相の信号 J8 (Lch)、J10 (Rch))、AK4490 は J12 (Lch)、J13 (Rch)、PCM5102 は J14 (Lch)、J15 (Rch) に出力されます。

SW1 の各ビットの機能は次のとおりです。

- ・SW1-1 : RIAA イコライザの ON/OFF を切り替えます。EQ OFF ではプリアンプで増幅した入力信号をイコライジングなしで出力します。

- ・SW1-2：未使用
- ・SW1-3：サンプリング周波数を設定します。DPEQ000 基板では PCM1808 (96kHz24bit) を使用しているため 96kHz に設定します。
- ・SW1-4：フィルタ係数 b2 の有無を設定します。通常は b2 なしを設定します。b2 有無は次のような特徴があります。

b2 なし：ゲインが正確だが高域の位相誤差が大きい (18.6deg@10kHz、37.2deg@20kHz)

b2 あり：位相が正確だが高域のゲイン誤差が大きい (-2dB@20kHz)

②I2S DAC デバイス (AK4490 および PCM5102) の設定

AK4490 および PCM5102 からの出力は、各デバイスの設定に応じたオーバーサンプリング処理が適用されます。

a AK4490 フィルタモード設定

本説明書 5 頁の図 6 および表 2 に示すとおり、AK4490 のフィルタモードを設定します。各フィルタモードの詳細は、AK4490 の仕様書をご覧ください。

b PCM5102 フィルタモード設定

本説明書 6 頁図 7 に示すとおり、PCM5102 のフィルタモードを設定します。各フィルタモードの詳細は、PCM5102 の仕様書をご覧ください。

③LED の説明

RIAA フォノイコライザモード時の基板上的各 LED の表示内容を表 4 に示します。

表 4. RIAA フォノイコライザの状態を示す LED

LED 番号	名称	説明
D1	VBUS	Amaneroから3.3Vが供給されているとき点灯
D10	SS_Boot	SSDACモードで起動しているとき点灯 (消灯)
D13	b2_ON	フィルタ係数b2がONのとき点灯
D14	96/192	192kHz サンプリングのとき点灯
D15	RIAA_On	RIAAイコライザがONのとき点灯
D17	Clip L	Lch演算出力がクリップしたとき点灯
D18	Clip R	Rch演算出力がクリップしたとき点灯
D19	+12V	+12V電源確認用
D20	-12V	-12V電源確認用

3. 各コネクタの信号説明

① J1 Amanero COMBO384 信号モニタ出力 (オプション)

Amanero COMBO384 から出力される各信号のモニタ出力です。出力信号は表 5 に示すとおりです。

表 5. J1 Amanero 出力モニタ (オプション)

1	MUTE	Amanero MUTE信号
2	PLUG	Amanero PLUG信号
3	3.3V	Amanero 3.3V
4	GND	Amanero GND
5	MCLK	Amanero MCLK信号
6	LRCK	Amanero LRCK信号
7	BCLK	Amanero BCLK信号
8	SDATA	Amanero SDATA信号

② J2 AC 電源入力コネクタ

電源トランスより AC 電源を入力します。表 6 に示します。

表 6. AC 電源入力

1	ACin1a
2	ACin1b
3	NC
4	ACin2a
5	ACin2b

③ J3、J16 I2S 出力および電源出力ピンヘッダ

J3 は、I2S 出力端子です。4 倍～16 倍でスーパーサンプリング処理した信号を I2S フォーマットで出力します。I2S デバイスを外付けすることで、スーパーサンプリング動作させる場合の評価を行うことができます。

NOS/スーパーサンプリングの切り替えは SW1-1 で、スーパーサンプリング 4 倍～16 倍の切り替えは SW2-1, SW2-2 で行います。出力信号を表 7 に示します。

J16 は±12V の電源を出力します。I2S デバイス以外の用途にも使用できます。出力信号を表 8 に示します。

表 7. J3 I2S 出力

1	+3.3VD
2	MCLK
3	+3.3VD
4	BCLK
5	GND
6	SDATA
7	GND
8	LRCK
9	GND
10	+3.3VA

表 8. J16 I2S 出力用電源出力

1	-12VA
2	+12VA
3	GND
4	GND

④ J4 FPGA ダウンロードケーブル (USB Blaster) 接続コネクタ

FPGA のプログラム時に USB Blaster を接続します。ピン配置を表 9 に示します。

表 9. FPGA ダウンロードケーブル (USB Blaster) 接続コネクタ

1	TCK
2	GND
3	TDO
4	VCC
5	TMS
6	NC
7	NC
8	NC
9	TDI
10	GND

⑤ J6 LED 信号出力コネクタ (オプション)

LED D15~D18 への信号を出力します。LED 信号を外部に引き出す場合に使用します。電流制限抵抗は入っていないのでご注意ください。ピン配置を表 10 に示します。

表 10. LED 信号出力コネクタ（下段括弧内は RIAA イコライザモード時）

1	3.3V	
2	SSMODE (RIAA_On)	Super SamplingモードのときH (RIAA EQ オンのときH)
3	I2S_ON (機能なし)	I2S信号出力がONのときH (機能なし)
4	Clip L	Lch演算出力がクリップしたときH
5	Clip R	Rch演算出力がクリップしたときH
6	GND	

6. PCM1702 モード（スーパーサンプリング D/A コンバータモード時のみ）

J3 および J16 から外付けの I2S デバイスのほかに PCM1702 を駆動することができます。

表 11 に、PCM1702 モード時の J3 のピン配置を示します。J16 はすでに述べたとおり、±12V 電源供給用です。

表 11. PCM1702 モード時の J3 ピン配置

1	+3.3VD
2	LE(Lch)
3	+3.3VD
4	CLOCK (LR共通)
5	GND
6	DATA (LR共通)
7	GND
8	LE(Rch)
9	GND
10	+3.3VA

表 8. J16 I2S 出力用電源出力（再掲）

1	-12VA
2	+12VA
3	GNDA
4	GNDA

PCM1702 モードとするため、DIP スイッチ SW1, SW2 を図 9 のとおり設定します。

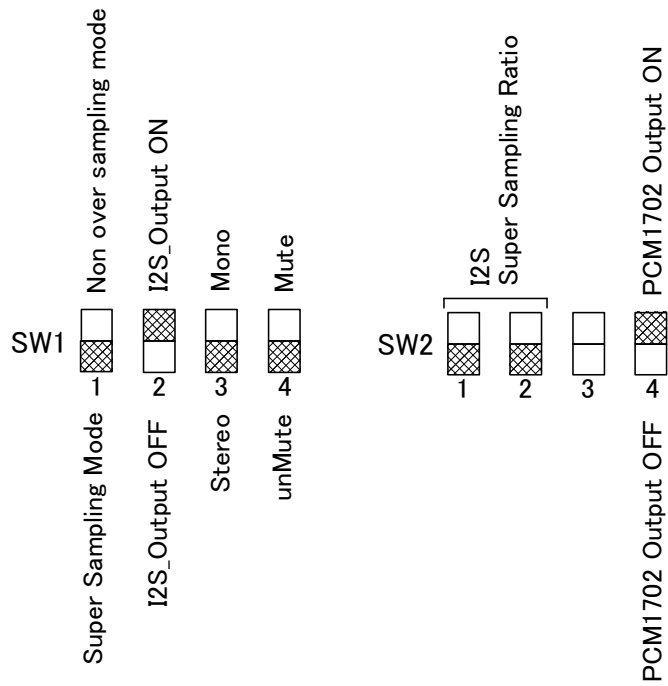


図 9. PCM1702 モードの SW1, SW2 設定

- PCM1702 モード時も SW1-1 で NOS モードが選択できます。
- PCM1702 モードのスーパーサンプリングは 8 倍固定です。(SW2-1, SW2-2 は無効)

【付録】

1. 本基板デジタル RIAA フォノイコライザのフィルタ係数

デジタル RIAA フォノイコライザモードの RIAA イコライザ回路 (FPGA 回路) は、次の式①で示される IIR フィルタ (BiQuad フィルタ) で構成され、各係数は表 A のようになっています。

$$EQ(z) = \alpha \cdot \frac{1 + b1 \cdot z^{-1} + b2 \cdot z^{-2}}{1 + a1 \cdot z^{-1} + a2 \cdot z^{-2}} \dots\dots\dots \text{式①}$$

表 A. 各フィルタ係数

	α	b1	b2	a1	a2
96 k Hz b2なし	0.26	-0.96776821	0	-1.866663974	0.867089332
96 k Hz b2あり	0.126	0.03223179	-0.96776821	-1.866663974	0.867089332
192 k Hz b2なし	0.134	-0.98375427	0	-1.931223326	0.931333201
192 k Hz b2あり	0.066	0.01624573	-0.98375427	-1.931223326	0.931333201

各係数は、RIAA 規格の時定数に対してプリワーピング補正を加味した双一次変換によって算出しています。ゲインは+6dB@1kHz となるように、 α を設定しました。

b2 項については、算出値をそのまま採用する場合 (b2 あり) と、b2 の算出値を b1 にシフトして b2=0 とする場合 (b2 なし) の 2 通りを実装しています。b2 の有無により次の特徴があります。

b2 なし：ゲインが正確だが高域の位相誤差が大きい (18.6deg@10kHz、37.2deg@20kHz)

b2 あり：位相が正確だが高域のゲイン誤差が大きい (-2dB@20kHz)

本基板に装着する DPEQ000 基板 (別売) は ADC デバイスに PCM1808 を採用しており、フォーマットは 96kHz24bit が上限となっていますが、本基板の RIAA 演算回路は 192kHz24bit をサポートしています。DPEQ000 基板の代わりに 192kHz24bit を出力する基板を搭載し、DIP スイッチ SW1 を設定することで、192kHz24bit のデジタル RIAA フォノイコライザが構成可能です。

2. RIAA 偏差の実測値

本機によるゲイン、位相の実測値と理論値を表 A に示します。

表 A. ゲイン・フェイズ実測値の RIAA 偏差

			20	100	1k	10k	20k	Hz	
b2なし	Gain	実測値	19.376	13.093	0	-13.894	-19.746	dB	
		偏差	0.105	0.002	0	-0.155	-0.127	dB	←①
	Phase	シミュレーション値	-20	-54.5	-47	-62	-48	deg	
		偏差	0	0.3	2	18.6	37.2	deg	←②
b2あり	Gain	実測値	19.451	13.123	0	-14.249	-21.655	dB	
		偏差	0.180	0.032	0	-0.510	-2.036	dB	←③
	Phase	シミュレーション値	-20	-55	-49	-81	-86	deg	
		偏差	0	-0.2	0	-0.4	-0.8	deg	←④
理論値	Gain		19.271	13.091	0	-13.739	-19.619	dB	
	Phase		-20	-54.8	-49	-80.6	-85.2	deg	

- ① b2 なしでのゲイン実測値の RIAA 偏差は、最大で-0.155dB@10kHz で非常に小さい。
- ② b2 なしでの位相シミュレーション値の RIAA 偏差は最大 37.2deg@20kHz と大きい。
- ③ b2 ありでのゲイン実測値の RIAA 偏差は、最大-2.036dB@20kHz とやや大きい。
- ④ b2 ありでの位相シミュレーション値の RIAA 偏差は最大-0.8deg@20kHz と非常に小さい。

以上により、b2 係数の有無によって、ゲイン偏差と位相偏差がトレードオフの関係になっており、一般的には b2 なしでゲイン偏差を優先するケースが多いと思われます。