



DAC搭載ヘッドフォンアンプ

E1

『創造』は井深さんが好きだった言葉。

いっさいの妥協をせず、徹底したこだわりで、唯一無二の世界最高峰を。

Hi-Vision LD、Blue-spec CDの生みの親で

Blue-ray Mastering Headを開発し世界的に普及させた

ソニー開発部門出身の中山邦男が技術屋魂を込めて開発。

通常の大量製造プロセスでは不可能な、搭載部品ひとつひとつを楽器製造のごとく開発設計者自らが見極めて、一台一台を手作りで製造します。月産最大1~5台予定。



妥協なき究極の原音再生のために一切の装飾を排して、Direct、Straight、Pureな設計思想を徹底。信号増幅では小型筐体により最小距離の配線、回路基板を新開発。

- ・ 帰還型として世界初『Current Drive（電流駆動型）』信号増幅回路（特許申請中）
 - ・ 従来必要とされたインピーダンスに依存するヘッドホン毎のゲイン切り替えが不要に
 - ・ 圧倒的なドライブ能力と限りなく原音に忠実な音場&超解像度を両立
- ・ 4重安定化電源 & コンデンサーの癖を廃した各増幅段電源駆動（特許申請中）
- ・ 標準35 μ m以下のところ業界規格外の超厚銅箔4層基板、
 - ・ 電源、GND配線用第2層、第3層には200 μ mの分厚い無酸素銅
 - ・ 超低インピーダンス配線によるハイスピード、超高解像度を実現
 - ・ 信号用に第1層、第4層は銅厚約100 μ m
 - ・ アナログ部はレジスト塗装せず金フラッシュ仕様
- ・ DSD 11.2MHz対応 Advanced Current Segment方式 USB-DAC
 - ・ DACは軽薄さがなく中低域の厚みに定評あるPCM1792A採用
 - ・ 業界初1ppm/°C偏差電源供給を礎とした精密なアナログ変換
- ・ 選び抜いた最高品質の部品を使って試聴を繰り返してチューニング
- ・ 航空機グレードのアルミニウムブロックから削り出した堅牢な筐体

Technology Summary

アンプ設計の大前提を覆す下記新技術を余すことなく統合開発

① 世界初『Current Drive（帰還型電流駆動）』

ヘッドフォンの動作法則に基づく理想の駆動方式。市場に出回るヘッドフォンアンプの凡そ99.99%は『電圧』駆動。従来の『電圧』駆動から、コペルニクスの転換となる、帰還型として世界初『Current Drive（電流駆動）』信号増幅回路は、『電流』駆動により、究極の高解像度と圧倒的な駆動力、透明感と相反する再生を同時に実現。

多くのヘッドフォンは、磁界の中で振動板を『電流』で駆動し、空気を動かして音声に変換するモーター（リニアモーター）の基本構造を持つ。その磁気による駆動力=カF（音の大きさ）は、フレミングの左手の法則に由来。当法則では、カF（音の大きさ）は電流Iと磁界Bとの積（ $F=I \cdot B$ ）。ここには『電圧』というパラメータは存在せずその駆動力エネルギーの主役は『電流』。そうしたヘッドフォンの基本原理と法則に基づき、帰還型として世界初『Current Drive（電流駆動）』増幅回路を新たに開発。

新開発『Current Drive（電流駆動）』により、従来必要とされたインピーダンスに依存するヘッドホン毎のゲイン切り替えが不要に。

② 『4重安定化電源』

4重安定化電源（Four-ply Stabilized Power Supplies）採用により、最終段AMPにおいて負荷による電源変動を皆無なまでに抑え込むことに成功。

③ 『One on One Direct Power 電源回路』

電源回路をAMPと1対1構成で基板を挟んで正反対に実装し、最短でAMP電源端子に接続する究極のレイアウトを新開発。

④ ドライブアンプ最終段『コンデンサーを排除』

従来議論せざるを得なかった電源用コンデンサーの音の癖を排除。

⑤ 『Advanced Current Segment方式』 DAC

最近のDAC製品の採用傾向として $\Delta\Sigma$ 型を使用する機会が多い中、マルチビット型をベースに $\Delta\Sigma$ 型の利点を取り入れたAdvanced Current Segment方式DAC（PCM1792A）を採用。当PCM1792Aも、基準電源に基づいた電流加算、電流出力の基本設計を採用し、前述のE1ならではの電流駆動と同じ設計思想をもつことから、E1が標榜する音出し、音色の世界観を統一。

Technology ①

『Current Drive（電流駆動）』

『電流』駆動はヘッドフォンの動作法則に基づく理想の駆動方式。市場に出回るヘッドホンアンプの凡そ99.99%は『電圧』駆動。従来の『電圧』駆動から、コペルニクスの転換となる、帰還型として世界初『Current Drive（電流駆動）』信号増幅回路を開発。

・『電流』駆動により、究極の高解像度と圧倒的な駆動力、透明感と相反する再生を同時に実現。

・新開発『Current Drive（電流駆動）』により、従来必要とされたインピーダンスに依存するヘッドホン毎のゲイン切り替えが不要に。

・一般的な音声変換の仕組み

ヘッドホンやスピーカーはモーターとして考えられ、モーターの動き(力)が空気を動かし音声に変換します。その力は「**フレミングの左手の法則**」に由来します。すなわち、力 F (音の大きさ)は電流 I と磁界 B との積 ($F=I \cdot B$) であらわされます。ここには電圧というパラメータは存在せず**駆動力エネルギーの主役は電流**であると言えます。

・従来の『電圧駆動』の問題点

ほとんどのヘッドホンアンプは電圧駆動を採用しており、音声信号は電圧としてヘッドホンに接続されます。ヘッドホンの負荷抵抗でオームの法則により、電流へ変換されます。ここで見過ごせない下記の問題が発生する可能性があります。

1. ヘッドホンの抵抗差(数 Ω ~数100 Ω)によるGain差

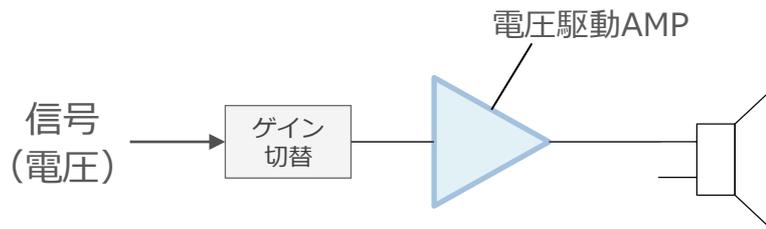
- ・ 負荷抵抗が変われば同じ電圧でも電流が変わる = F (音の大きさ)が変わる = アンプのGainが変わったことと等価
- ・ 例えば30 Ω と高め300 Ω のヘッドホンでは同じ電圧で電流は10対1の差 = 10倍のゲイン差(電圧差を補正しないと同等にならない)
- ・ ボリュームでは実用上の調整範囲を超えるためゲイン切替えスイッチが必須に

2. 接続ケーブルの影響を受ける

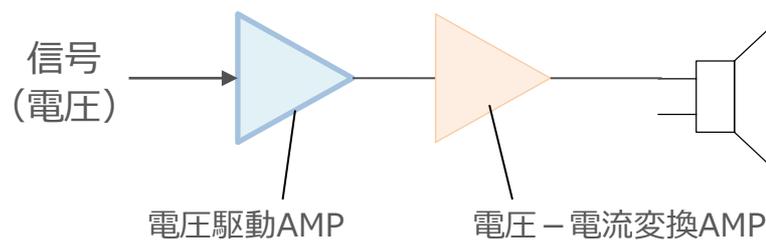
- ・ 接続ケーブルの抵抗がアンプの負荷の一部となる
- ・ ヘッドホン負荷に直列接続され、ケーブルの抵抗と駆動電圧を分け合う
- ・ 接続ケーブルで一部のエネルギーが消費される
- ・ 接続ケーブルには容量成分、インダクタンス成分がある
- ・ 接続ケーブルの消費エネルギーが周波数に対して一定ではない = 原理的に音質に影響を与える (音質変化が約束されていると言える)

3. ヘッドホンの抵抗が周波数に対して一定ではない

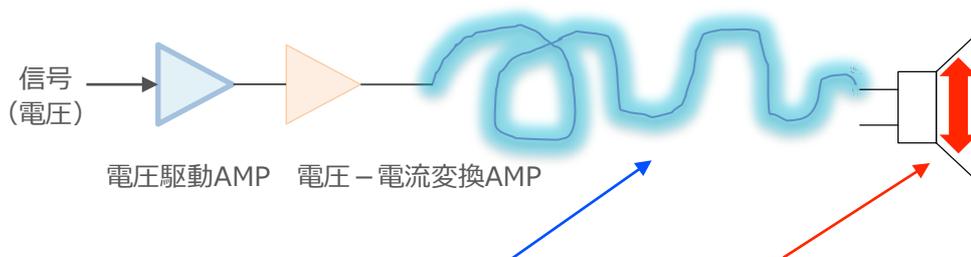
- 抵抗が周波数に対し一定であることが理想
- インダクタンスによる高域の抵抗増加がある
= 高域の電流低下による高域特性の劣化
- メカ共振による急激に抵抗増加する周波数が存在することがある
= 共振点(付近)では抵抗が増加、電流が低下する
- 共振点の挙動は入力音楽信号とは相関のない動き
= 正しい音源再生とは言い難い、これはむしろヘッドホンの問題



• E1 『Current Drive (電流駆動)』 の場合



電圧増幅AMPの後ろに電圧⇒電流変換回路を付加すれば、入力電圧に応じた電流を流すことができます。この回路は電流駆動AMPとして働き、上記1～3の諸問題に影響されず、(ヘッドホンの抵抗特性、接続ケーブルの特性に因らず) 予め設計値として取り決めた電圧に比例した電流が確実にヘッドホンを通過します。したがってゲイン切り替えスイッチを備える必要はありません。



『ケーブル等による伝送経路』 『ヘッドホンの電気特性』
の影響を受けず**入力信号に忠実な電流駆動を実現**

Technology ②③④

『4重安定化電源』ほか電源回路

・ 電源本来の役割とこれまでの問題点

電源の役割はAMPに対するエネルギーの安定供給と動作基準であることにつきます。

現実の機器では

1. ACからのノイズと電圧変動要因
2. 電源回路及び部品自身のノイズと電圧変動
3. 負荷(AMP負荷)による電圧変動

が考えられ、1～3がAMP動作に作用し、結果的に音質に影響を与え問題となります。

1と2は従来技術(回路、部品の選択と組み合わせ)でノイズと電圧変動を押えることができます。3のAMP動作による電圧変動は根が深く、AMP自身が動作することにより

電圧が変動し、その電圧変動が自身とあらゆる他のAMP及びDAコンに影響が及びます。

機器全体の回路を構成する複数のAMP,DAコン同士の相互干渉(クロストーク)が発生し、音が混濁し、立上り、音像定位、余韻などに悪影響を与えます。

安定化電源のパフォーマンスが供給先のAMP動作についていけないことが唯一の原因

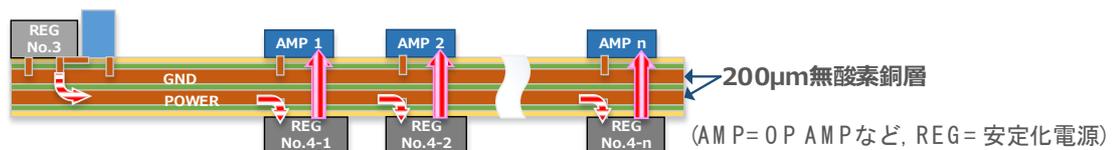
です。1,2の影響の(少)ないバッテリー駆動に於いてもバッテリー形状により各AMPの電源端子までのすべての配線距離を最短に結ぶことは困難で配線インピーダンスの影響が残ります。これは遠まわしに従来の電源回路構成では配線パターンを工夫しても限界があるということも意味します。

・ 新開発『4重化電源』

4重安定化構成の内1, 2段目は目的別の電圧を生成する機能を達成しながら各回路と使用部品を選びすぐることで1,2の問題を克服し、3段目と4段目電源間は銅厚200umの電源・GND無酸素銅層によるローインピーダンス配線により4段目電源の動作を確実なものとし、4段目の電源は供給相手のAMPよりも優れた特性のドライブアンプを用いることでAMPの動作を掌握し、電流を過不足なく供給します。

- ・ アンプドライブ最終段で『コンデンサー排除』

ドライブアンプ出力のコンデンサー負荷はむしろ変動抑圧能力(Gain)と周波数帯域を狭めるためドライブアンプ(=4段目電源)出力とAMPの電源端子間は一切コンデンサー(パスコン)を廃しています。



- ・ 『One on One Direct Power 電源回路』

電源回路をAMPと1対1構成で基板を挟んで正反対に実装し、最短でAMP電源端子に接続する究極のレイアウトとなっています。

さらに、4段目の電源は温度偏差 1 ppm/°C以下となる最高水準ローノイズ電圧リファレンスを基準に動作しています。

- ・ 新開発『4重化安定電源回路ほか』のまとめ

以上、最高度に練り上げたこれまでにない特徴的な回路及び基板構成により、最初に挙げた前述「3. 負荷(AMP負荷)による電圧変動」を克服すると同時に、従来議論せざるを得なかった電源用コンデンサーの音の癖をも排除しました。唯一無二、正に究極の電源回路を目指しています。

Technology ⑤

『Advanced Current Segment方式』 DAC

マルチビット型を基本としたAdvanced Current Segment方式のDAC（PCM1792A）を採用。当PCM1792Aは、基準電源に基づいた電流加算、電流出力の基本設計を採用し、E1ならではの電流駆動と同じ設計思想をもつことから、E1が標榜する音の世界観を統一。最近のDAC製品の採用傾向として $\Delta\Sigma$ 型を使用する機会が多い中、マルチビット型をベースにしたAdvanced Current Segment方式DAC（PCM1792A）を採用した理由は下記のとおり。

従来の『 $\Delta\Sigma$ 型』の特徴

1. マルチビット型と比べて工業的に作りやすい
= $\Delta\Sigma$ 変調の次数、サンプリング周波数によってノイズレベルを決められる
2. 音声帯域外のノイズが膨大で後段のアナログ的処理が重要になる
3. クロックタイミングでの変換の積み重ねはクロックJitterが信号レベル方向へ直接影響するため、Jitterの信号再現性への影響が大きい
=様々なClock周波数に対応するためのPLLはJitterを極小にすることが困難で特にDPLLはゲインを高く取れるが離散的傾向がありJitterの信号再現性に特徴的影響がある
4. 一般的に音質は繊細、癖のないさわやかさは時間的なエネルギー分散が覗かれる

E1が採用した『マルチビット型』の特徴

1. 電流加算量を決める高精度な抵抗アレーはレーザートリミングが必要になる場合製造に不向き
2. ノイズは主に自然発生的な熱雑音である
3. クロックJitterは信号レベルには無関係
4. 音質は中低音に重厚さがあり、鮮やかな音出

『Advanced Current Segment方式』 DAC（PCM1792A）の特徴

PCM1792Aは、繊細な表現が得意な $\Delta\Sigma$ 型の特徴と中低音が重厚で明るい音出の特徴を併せ持ち、両者の長所を生かす構成を採用しています。具体的にはフルスケールに対して下位18Bitを $\Delta\Sigma$ 変調で変換し、上位6Bitのマルチレベルステップ信号と統合後、電流加算を行う手法であり、 $\Delta\Sigma$ 型の欠点であるクロックジッターの影響と帯域外ノイズ量を抑える効果とマルチビット型の欠点を回避するレーザートリミング不要の製造の容易さ等のバランスを考慮した設計となっています。

Technology ⑤

『Advanced Current Segment方式』 DAC

PCM1792Aの『DSD再生』

DSD再生は多くのDACが採用しているDSD⇔PCM変換を必要とせず、 $\Delta\Sigma$ 変調を備えた上述の電流加算器がローパスフィルターの役割を果たし、直接アナログ変換を行います。したがってPCM音源とDSD音源を理想的に扱える設計であると言えます。

PCM1792A『電流出力』からアンプ『電流駆動』へ設計統合

PCM1792Aの基準電源に基づいた電流加算、電流出力の基本設計は、E1のアナログ段の電流駆動と同類の概念。E1ではこうした特徴を最大限に引き出すため、前述した4段目の安定化電源回路をPCM1792A用にアレンジしL,Rチャンネル個別に供給しています。通常、推奨アプリケーションでデジタルノイズが観測されるアナログ用電源端子はデジタルノイズはもとより、あらゆる信号再生シーンで電圧の変動は皆無です。

また、アプリケーションで推奨しているコンデンサーはケミカルコンデンサーですがE1はすべてフィルムコンデンサーを使用しています。さらにリファレンス抵抗には許容差 $\pm 0.01\%$ 、温度係数 $\pm 2\text{ppm}/^\circ\text{C}$ の高精度抵抗を含めた抵抗群で試聴を繰り返しながら音出しを調整しています。

DAC以降のアナログ回路は前述の電流駆動と同様の一連の設計思想を徹底し、E1が目標とするデジタル部からアナログ部まで電流駆動で統合した回路設計を実現。

Technology

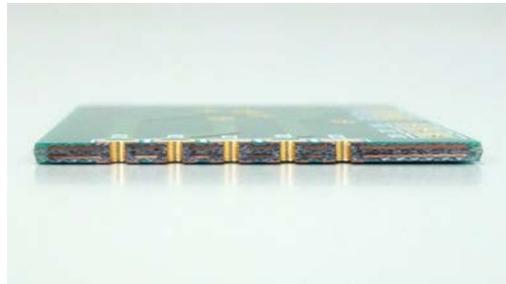
- 業界規格外の超厚銅箔4層基板の採用により、超低インピーダンス配線によるハイスピード、超高解像度を実現

- 電源GND配線用第2層、第3層には200 μm の分厚い無酸素銅

電源の配線は太い線とよく言われますが基板はどうでしょうか。

小型化、量産化のためには基板化は必須ですが、これまで使用している銅箔はわずか35 μm 程度。前述の電源回路だけではなく、基板自体の構造と造りにも徹底的にこだわり、分厚い無酸素銅箔により低インピーダンス給電を可能としています。

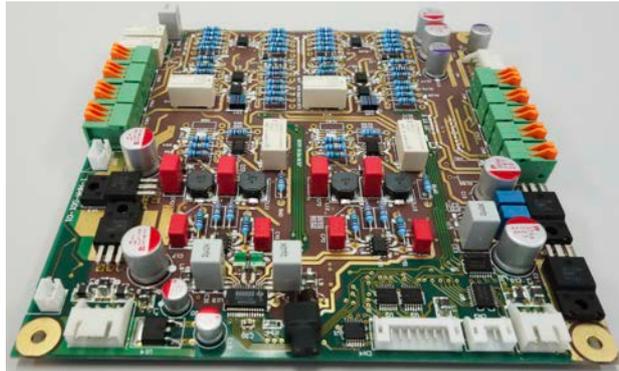
基板断面



- 信号用に銅厚約100 μm （第1層、第4層）銅箔

信号用の基板についても業界規格外の銅箔を使用。アナログ部はレジスト塗装しない金フラッシュ仕様により音質を重視しています。

部品面



裏面



Technology

- 業界規格外の超厚銅箔4層基板
 - 厚銅のため、ガラスエポキシにもかかわらず基板を曲げて戻らない。



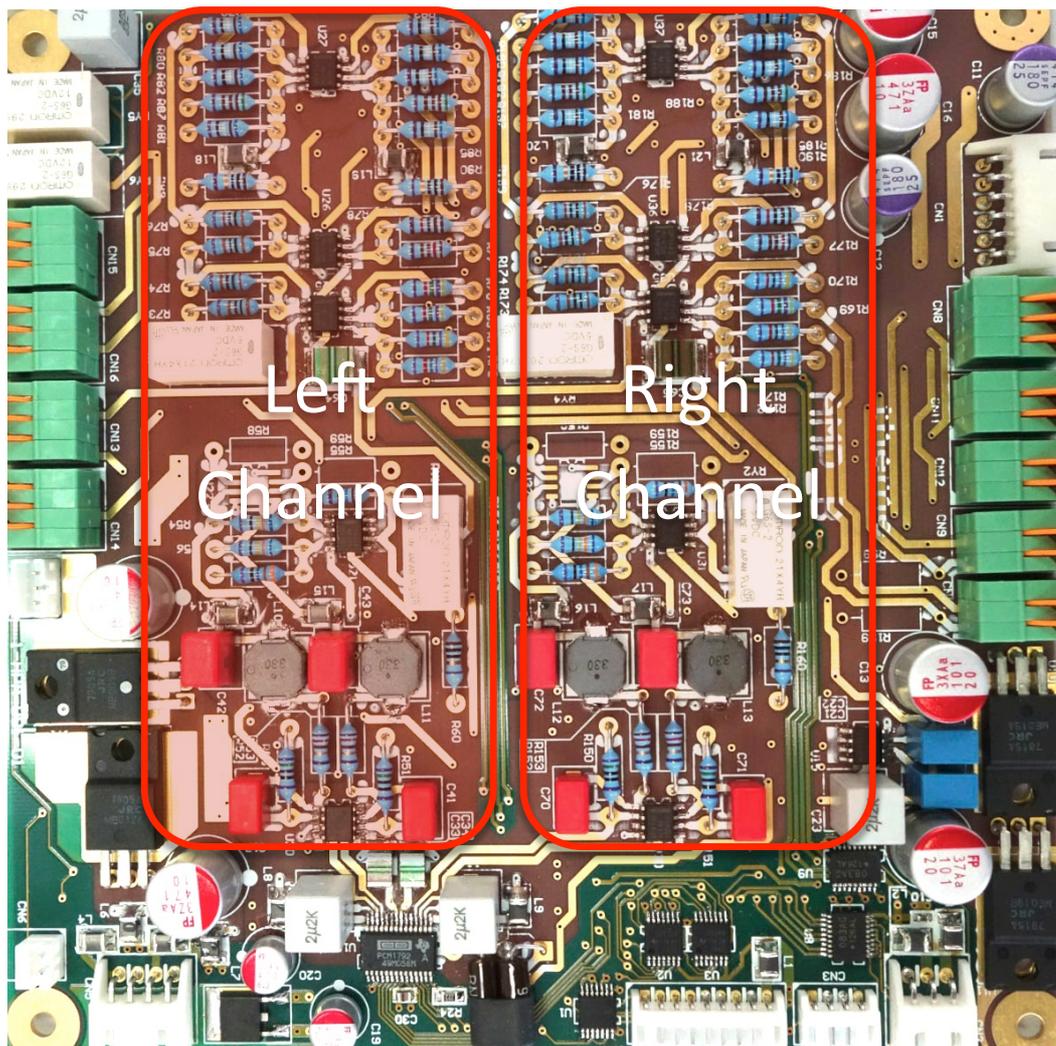
- 重量は一般のユニバーサル基板の約2倍。熱伝導が極めて高く、はんだごてでの熱が逃げるため、通常ホットプレート加熱しながら全ての回路部品をひとつひとつ丁寧に手作業による微細なはんだ付け作業を行っています。



Technology

- LR完全独立回路構成

- DAコンバーターへの電源供給を含め、各AMPへの電源供給とLR信号の流れとを完全に独立しています。 これにより、チャンネル間クロストークはもちろん、同チャンネル間のクロストークを極限まで抑えています。



Design

- 電源部とアンプ部を分離し、縦横両方で設置可能な小型筐体
- 横置きでは通常13インチノートPCの約半分の大きさ。室内や机上の微細な震動も隔絶するコーンスパイク型インシュレータにより横置き時の操作性も向上



- 特にE1ならではの『縦置き』では、主たる操作を行うPCの横や机上で場所を取らない最小フットプリントを実現。（免震効果に優れた特殊ポリカーボネート製『E1専用縦置きスタンド』（透明色）は別売予定）



- 操作系の配置からボリュームノブの大きさまで人間工学に基づく操作性を極めたシンプルなUXデザイン。各種極太ケーブルを本体前後に接続しても、電源スイッチとボリュームノブがちょうど手を伸ばして自然な姿勢で操作可能なリスニングポジションを実現。



Design

- ・ 徹底した物理的シールドのため、筐体本体にはネジが一切ないシールド一体構造



- ・ ミニマルな直線と曲線から構成される本体と各筐体部品は究極の切削技術が求められ、自動車『Formula 1』基幹部品を製造する国内提携工場ならではの微細な金属精密加工が施されている。



Design

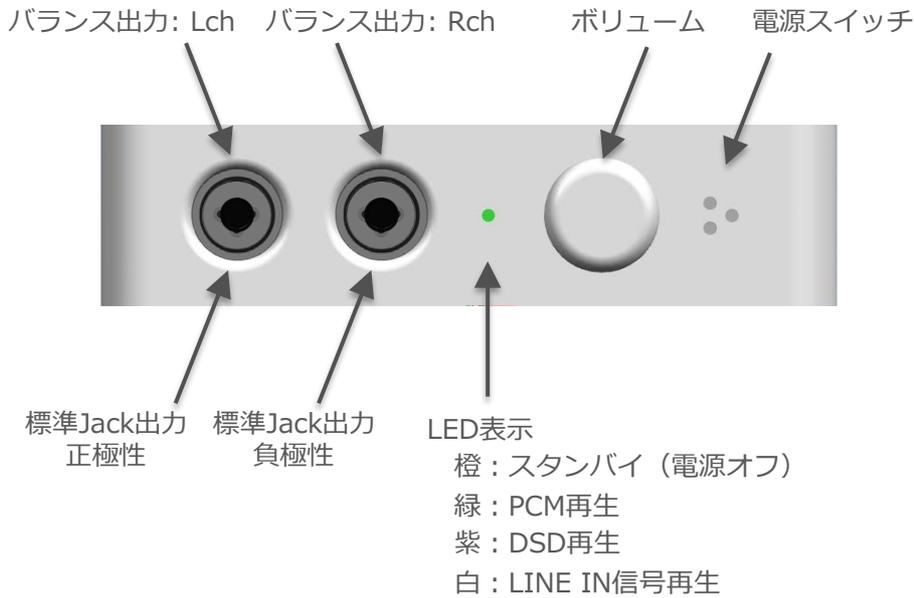


Design



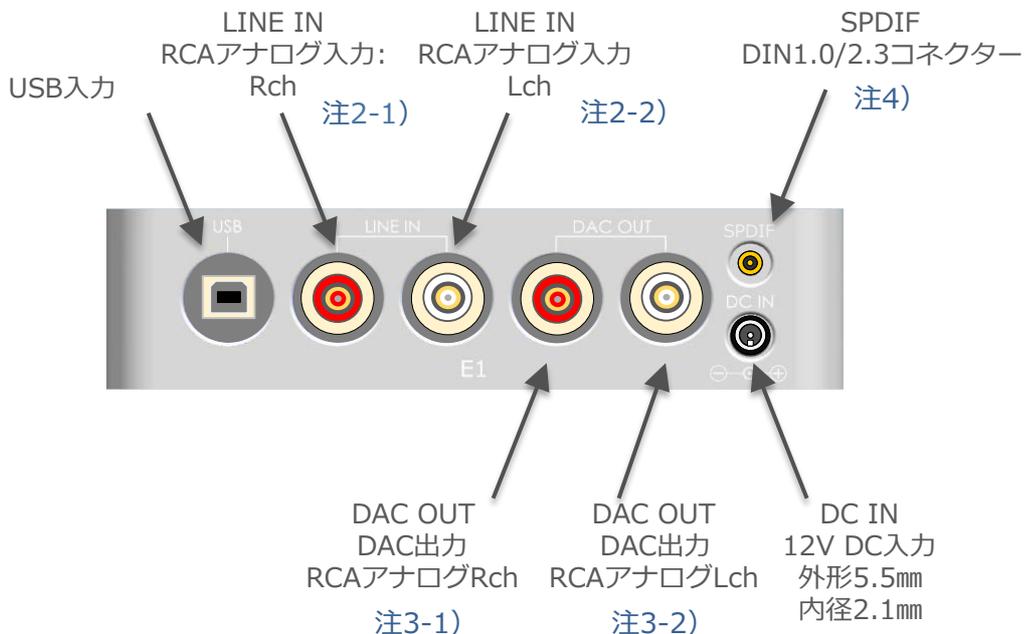
Interface & Operation

1. フロントパネル



注1) USB未接続或いはUSBが接続されていてもパソコンからのUSB電源供給が無い場合はLINE IN入力になります。

2. リアパネル



注2) オプションx、xdxの場合、XLRバランス入力となります。標準で2番Pin HOT、3番Pin COLDとなります。筐体の加工は上図とは異なります。

注3) オプションdx、xdxの場合、XLRバランス出力となります。標準で2番Pin HOT、3番Pin COLDとなります。デジタル入力ZERO（無音）で約-4.6Vが中心電圧となります。

注4) オプションsの場合、75Ω DIN1.0/2.3コネクタSPDIF 入力となります。

Interface & Operation

フロントパネル右端より

1. 電源スイッチ：小さな三点からなるスイッチは押すごとにON・OFF切り替わります。
2. ボリューム：反時計回りいっぱいまで最少、時計回りいっぱいまで最大のボリュームとなります。回転角300度。
3. LED：動作状態を表すインジケータとなります。各色の役割は下記の通りです。

橙：スタンバイ（電源オフ）

緑：PCM再生

紫：DSD再生

白：LINE IN信号再生

注1) 信号入力の優先順位はUSB> SPDIF> LINE INです。

4. ヘッドフォン出力：3Pin XLRと標準Jackのコンボタイプを採用しています。
 - ① XLRバランス出力；向かって左側コネクタがLch、右側コネクタがRchです。
 - ② 標準Jack出力；コンボジャックの中心が標準Jackとなっています。
バランス出力用にL、R各チャンネルに正相、逆相用2個、計4個のAMPが内蔵されています。向かって左側コネクタにはL、R正相どうし、右側コネクタには逆相どおしのAMPが接続されています。

注2) バランス出力の片側ともう一方のコネクタの標準Jackとの同時接続はおやめください。故障の原因となります。

リアパネル背面より向かって右端から

5. DC IN：付属のACアダプターのDC Jackを接続してください。12V DC入力、コネクタ形状は外形5.5mm、内径2.1mmの仕様となっています。
6. SPDIF入力（オプション）：75Ω DIN1.0/2.3コネクタ仕様となっています。オプション選択時に付属の専用ケーブルをご使用ください。尚、USB接続優先の構成になっており、SPDIFを有効にするにはUSB接続を外す必要があります。パソコンからの操作でも構いません。
7. DAC OUT：D/A変換、フィルター後の信号を直接出力しています。PCMとDSDの音量差補正等一切の回路を通過させておりません。RCA出力（オプションによりXLRコネクタ）。
8. LINE IN：入力インピーダンス47KΩのアナログ入力です。内蔵のDAC以外の外部音源をアナログ接続にてお楽しみください。尚、USB、SPDIF接続優先の構成になっており、LINE INを有効にするにはUSB、SPDIFの接続を外し、それぞれのData通信を行わない状態にする必要があります。
9. USB：USB2.0インターフェースによるUSB接続となります。コネクタはUSBタイプBです。パソコンと接続し、パソコン内（あるいは外部接続メディア）の音楽Dataをパソコン内の再生ソフトによりUSBを通じて当機へData転送いたします。当機は動作安定性、音質に優れた、「combo384 OEM」DDCをE1用アレンジし、USBからのDataを非同期でD/AコンバータPCM1792Aへ転送しています。

DAC搭載ヘッドフォンアンプ

E1 仕様

名称	ヘッドホンアンプ(DSD 及び PCM 24bit/192kHz対応USB-D/Aコンバーター付属)
型式	E1 (2016 model)
入力端子	USB Series B Type SPDIF (75ΩDIN1.0/2.3コネクター・・・注1) アナログ入力：RCA 2ch入力 (またはXLR 2chバランス入力・・・注2)
出力端子	D/Aコンバーターアナログ音声出力：RCA 2ch出力 (またはXLR 2chバランス出力・・・注3) ヘッドホン出力：XLR 2 c Hバランス出力、標準ジャック共用コンボタイプ
周波数特性	20Hz～20kHz(PCM/44.1kHz動作時) 20Hz～40kHz(PCM/96kHz動作時) 20Hz～75kHz(上記以外)
ヘッドホン出力	20mA (Max) インピーダンス600Ωまで インピーダンス600Ωを超える1.2KΩまではバランスを推奨
電源電圧	DC +12V
消費電流	標準1.5A (Stand by 時 10mA)
外形寸法/重量	約179(W)×227(D)×44.5(H)mm (ポリウム等突起部含まず) 約2.5Kg
対応パソコン	USB2.0 (480Mbps Hi-Speed対応) インターフェイスを搭載Windows PC及びMac PC USB Audio Class 2.0準拠
入力フォーマット	USB: DSDデータ 2.8224MHz/5.6448MHz/11.2896MHz (DoP Standard準拠のマーカ付) リニアPCM 24bit/16bit・192 k Hz/176.4kHz/96 k Hz/88.2 k Hz/48kHz/44.1kHz SPDIF: リニアPCM 24bit/16bit・192 k Hz/96 k Hz/88.2 k Hz/48kHz/44.1kHz
対応OS	Windows7、Windows8、8.1、Windows 10、MacOS X 10.7以降
付属品	ACアダプター (DC12V) USB2.0ケーブル (2m) SPDIF E1専用ケーブル (注1) ステレオジャック変換 (ミニジャック→標準ジャック) フット ドライバーソフト (Windows用) 取扱説明書 保証書
製造国	日本
特記事項	1. USB1.1インターフェイス不对応。 2. foobar2000などの再生ソフトをご利用ください。 3. DSD音源を再生する場合は、DoP_DSD対応ファイルが必要です。

* 電流駆動の特性として強い共振点をもつヘッドフォンでは共振によって音割れが発生することがあります。

* ヘッドフォンの能率が概ね90dB～80dB/mW以下の場合は予めご確認の上ご購入ください。

(注1) SPDIFオプション (サンプリング周波数176.4KHzは対応していません)

s (SPDIF入力を追加した場合)

(注2) 及び (注3) XLR入出力とオプション名

1. x (アナログ入力をXLRバランス入力とした場合)
2. dx (D/Aコンバーターアナログ出力をXLRバランス出力とした場合)
3. xdx (アナログ入力とD/Aコンバーターアナログ出力をXLRバランス入出力とした場合)

Made in Japan by RE・LEAF Inc.

RE・LEAF株式会社

<http://www.releaf.co.jp/products/audio/e1.html>

audio@releaf.co.jp