

とのちのオーディオルーム 補足資料

Behringer CX3400 の評価



2022/03/01

アナログ・チャンネル・デバイダーBehringer CX3400 の評価

動作が不安定な自作チャンデバ CD-211B の代役として、Behringer CX3400 を一時的に使用することにしました。2019 年 2 月に 12,744 円という低価格で手に入れたチャンデバですが、果たして Gaudi II にふさわしい性能と音質を備えているのか、とのち流の評価を実施しました。

目次

CX3400 の概要	1
CX3400 の設定	2
測定データ	2
周波数特性	2
初期設定	2
クロスオーバー周波数の変更	3
ケーブルの変更	4
残留雑音	5
FFT 解析	6
方形波応答	6
チャンネル・セパレーション	6
電源オン・オフ時のクリック・ノイズ	7
音質	8
まとめ	8

CX3400 の概要

CX3400 は 1 万円台で買える安価なチャンデバですが、ステレオ 3 ウェイあるいはモノラル 4 ウェイをサポートする本格的なチャンデバです。クロスオーバー周波数の調整や各帯域のゲイン調整等の基本機能に加えて、低域のディレイ機能を備えているので、タイムアライメント調整が可能です。

本来はプロユースの製品ですので、EIA 規格 19 インチラックに取り付け可能な筐体に収められています。高さは 1U です。重量は 2.5kg と軽量です。入出力とも不平衡型接続をサポートしているので、ホームユースでも使いやすいです。



CX3400 の設定

CX3400 は以下のように初期設定しました。

- 構成: ステレオ 3 ウェイ
- クロスオーバー周波数: $f_{c1}=1.8\text{kHz}$, $f_{c2}=6\text{kHz}$
- ゲイン: 0dB
- リミッター: オフ
- 位相: 正位相
- ミューティング: オフ
- デレイ: 0msec

この設定は、測定・試聴結果により調整します。

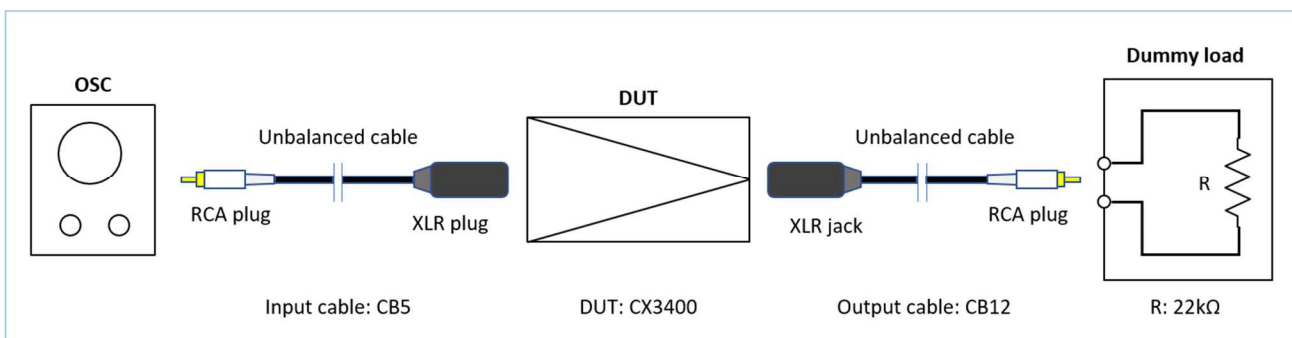
3ウェイ構成の場合、出力は低域、中域、高域の3つの帯域に分けられます。この文書ではそれぞれを LOW、MID、HIGH と表記します。特にチャンネルを区別したいときは、左チャンネルを表す-L、右チャンネルを表す-Rを加えて、LOW-L、LOW-Rのように表記します。

測定データ

測定時に接続する発振器(信号源)とダミー負荷は、ともに不平衡型ケーブルで接続します。信号源側ケーブルには CB5、負荷側には CB12 を用います(下図参照)。なお、発振器もダミー負荷も RCA ジャックを備えていないので、変換ケーブルを用いて接続します。

接続ケーブルの詳細については、下記の資料をご覧ください。

https://nobody-audio.com/img/LineCable_Design.pdf



周波数特性

チャンドバにとって最も重要な周波数特性(f特)を真っ先に測定します。

初期設定

下図に初期設定での周波数特性を示します。

奇妙な f 特曲線が得られました。

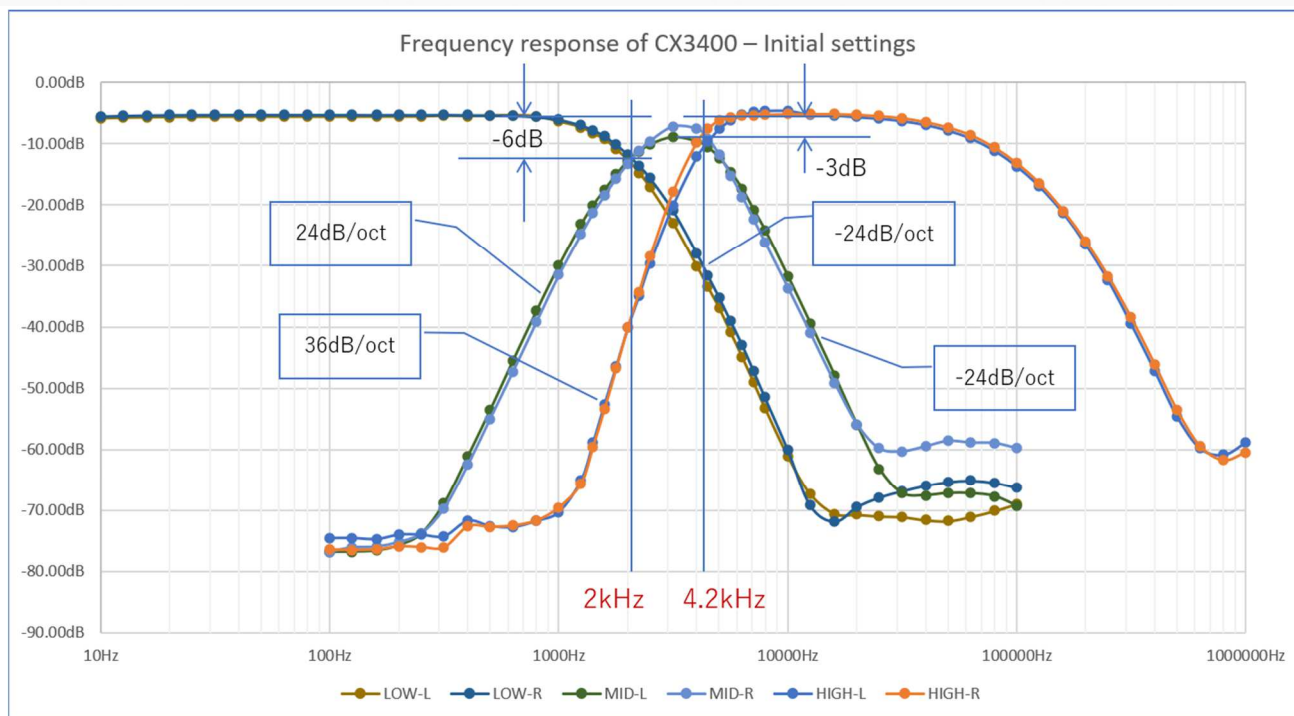
HIGH の曲線がいびつになっています。下側カットオフの勾配が何と 36dB/oct になっています。

f_{c2} を 6kHz にしたつもりが、4.2kHz とかなり低い周波数になっていて、これではツイーターに負担をかけてしまいます。ただ、減衰特性が 36dB/oct なので、実害はないと思いますが。

f_{c1} における減衰が -6dB であるのに対して、 f_{c2} では -3dB となっています。

チャンネル間偏差は小さく、両チャンネルとも同じ動作をしています。

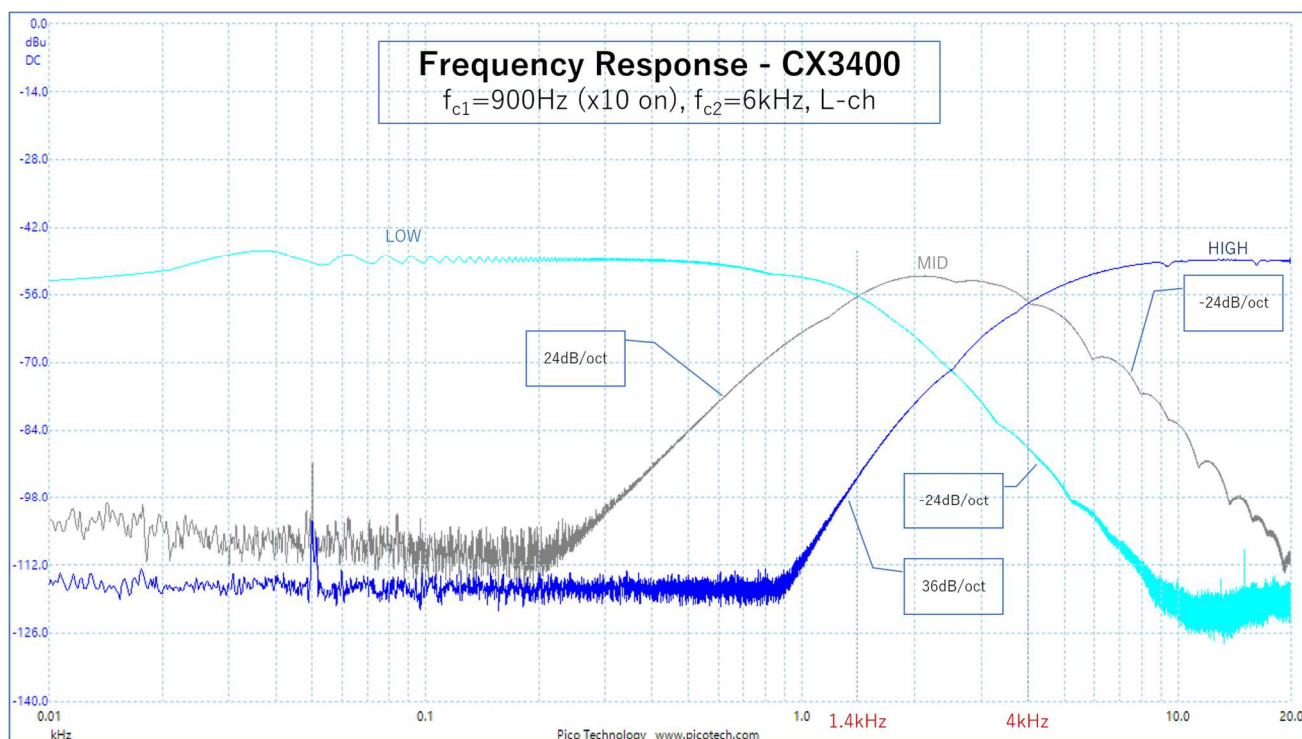
全体として、どう解釈してよいか分からない特性です。



クロスオーバー周波数の変更

一通り測定を行い、試聴した結果、 $f_{c1}=1.8\text{kHz}$ は高すぎるという結論に達しました。音があまりにも歪っぽかったのです。 $f_{c1}=900\text{Hz}$ に変更して、再度 f 特を測定しました。

なお、チャンデバの周波数特性の測定には手間がかかるので、正弦波スイープとFFTを用いた自動測定にやり方を変えました。また、チャンネル間偏差がほとんどないので、左チャンネルのデータのみを掲載しています。



f_{c1} が 1.4kHz となり、狙った値とかけ離れています。

f_{c1} を調整するツマミの目盛には 2 種類あり、背面の「XOVER FREQ」ボタンを押し込むと周波数が 10 倍(x10)、戻すと 1 倍(x1)となります(下図参照)。1.8kHz に設定するには x10 にしなければいけないので、「XOVER FREQ」ボタンを押し込んだ状態にしています。

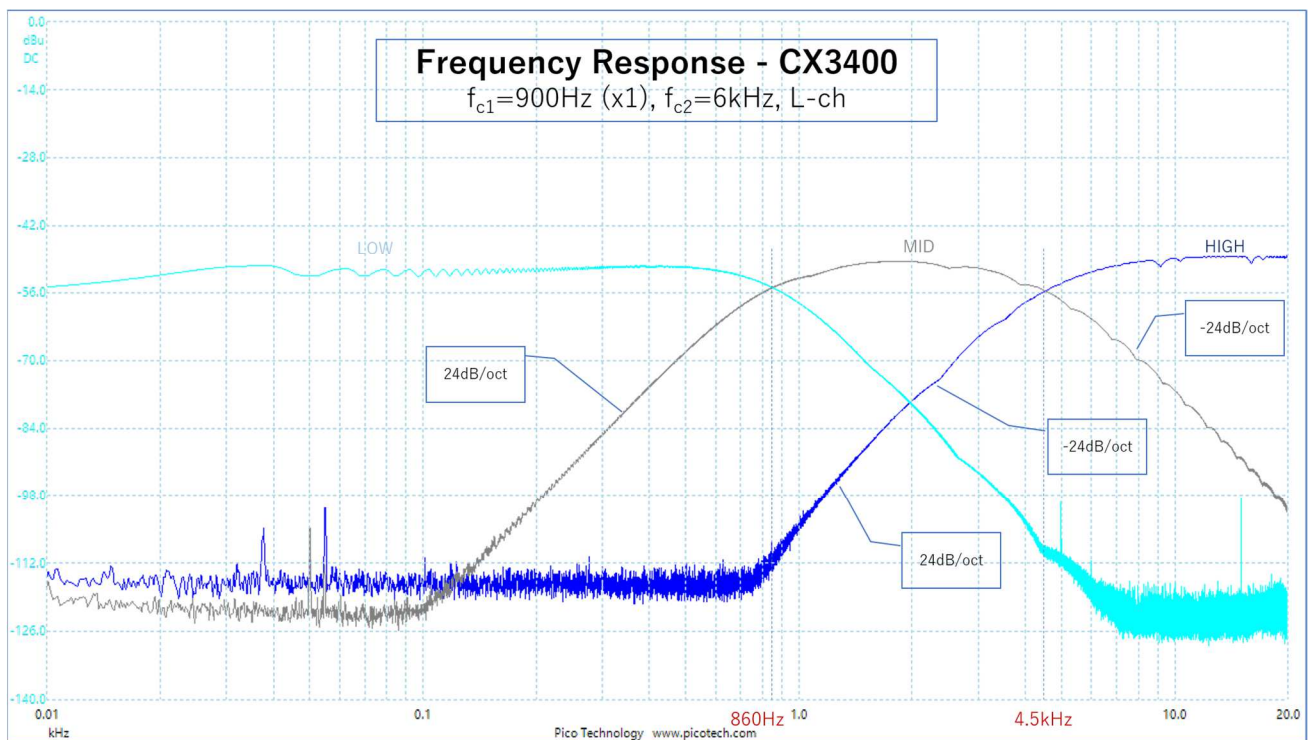
900Hz であれば、x1 でも設定できるので、試しに x1 にして測定してみました。



Rear panel



Front panel



やっとそれらしい曲線が得られました。

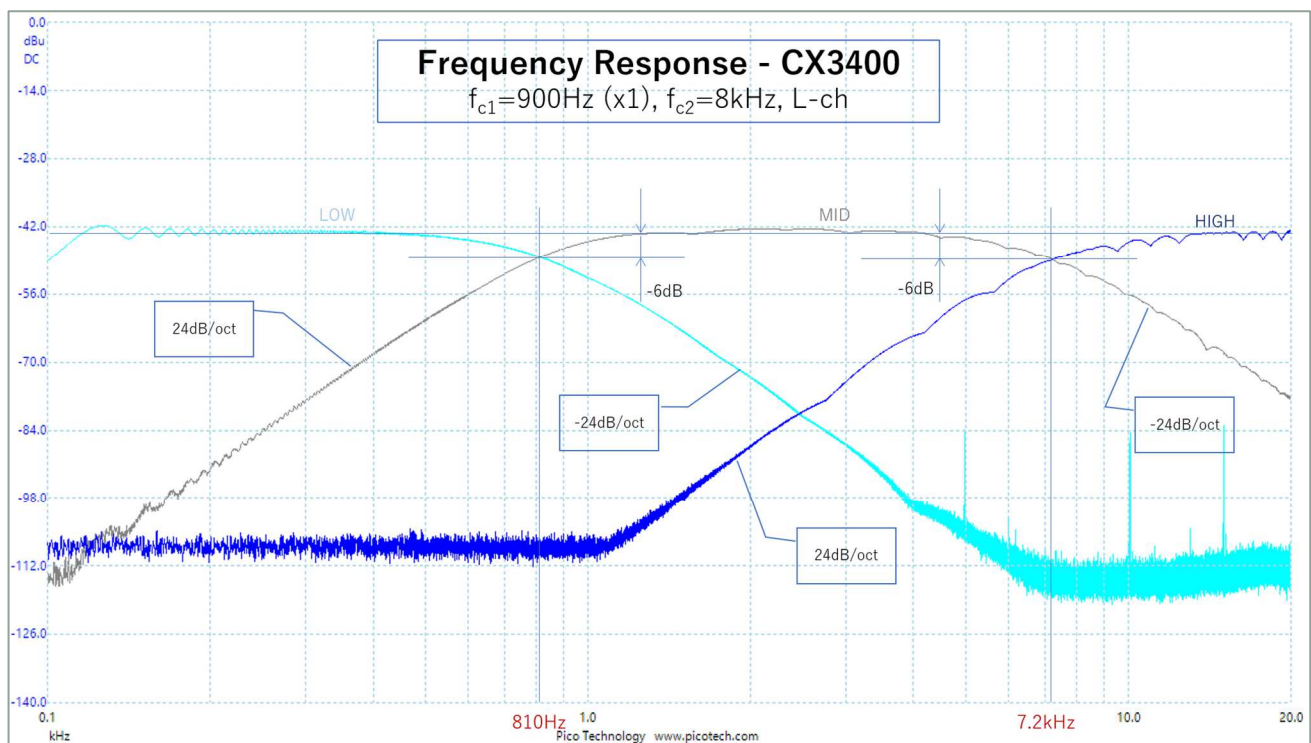
f_{c1} =860Hz となり、ほぼ狙い通りです。また HIGH の減衰特性が 36dB/oct から 24dB/oct となり、こちらも健全化(?)しました。

f_{c2} は 4.5kHz で、低いままです。

ケーブルの変更

CX3400 の取扱説明書に書いてあることなのですが、不平衡接続する時には出力の COLD ピンを GND に接続することが推奨されています。出力をグラウンドにショートすることが何となく抵抗があって、オープンのままにしていた。接続ケーブル CB12 を改造して、COLD ピンを GND ピンに接続しました。

f_{c2} も変更しました。ツイーターにダメージを与えるとまずいので、少し高めの 8kHz としました。



ようやく狙い通りの特性となりました。 $f_{c1}(=810\text{Hz})$ 、 $f_{c2}(=7.2\text{kHz})$ とも少し低目ですが、元々ツマミが小さくて正確に設定すること自体困難なので、これで許容範囲内です。

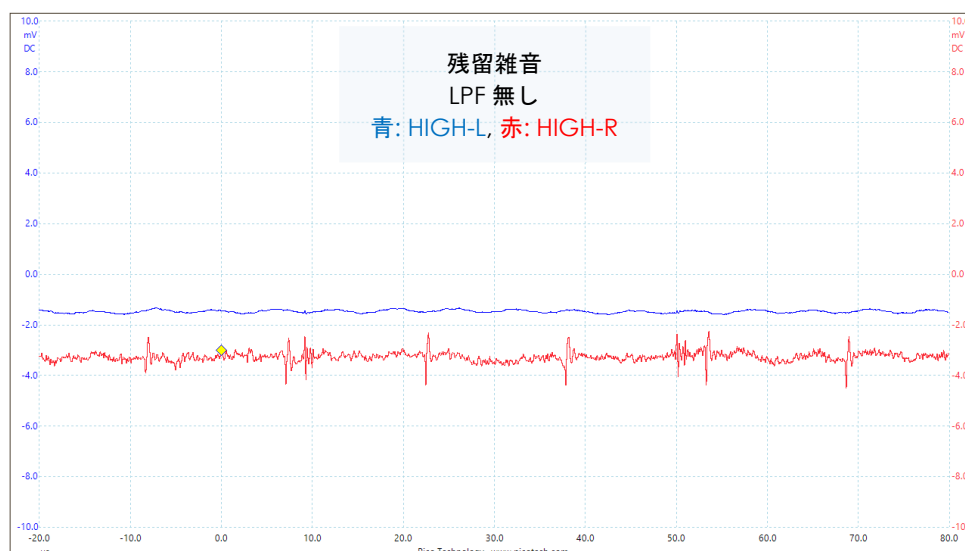
それにしても、負荷のつながり方でフィルターの特性がこれほど変わるとは驚きました。

残留雑音

右チャンネルには若干の高周波雑音が現れていますが、問題ないレベルです。

DC オフセットが大きめですが、本来平衡型の出力を不平衡で接続しているためにこのような結果になっていると思います。

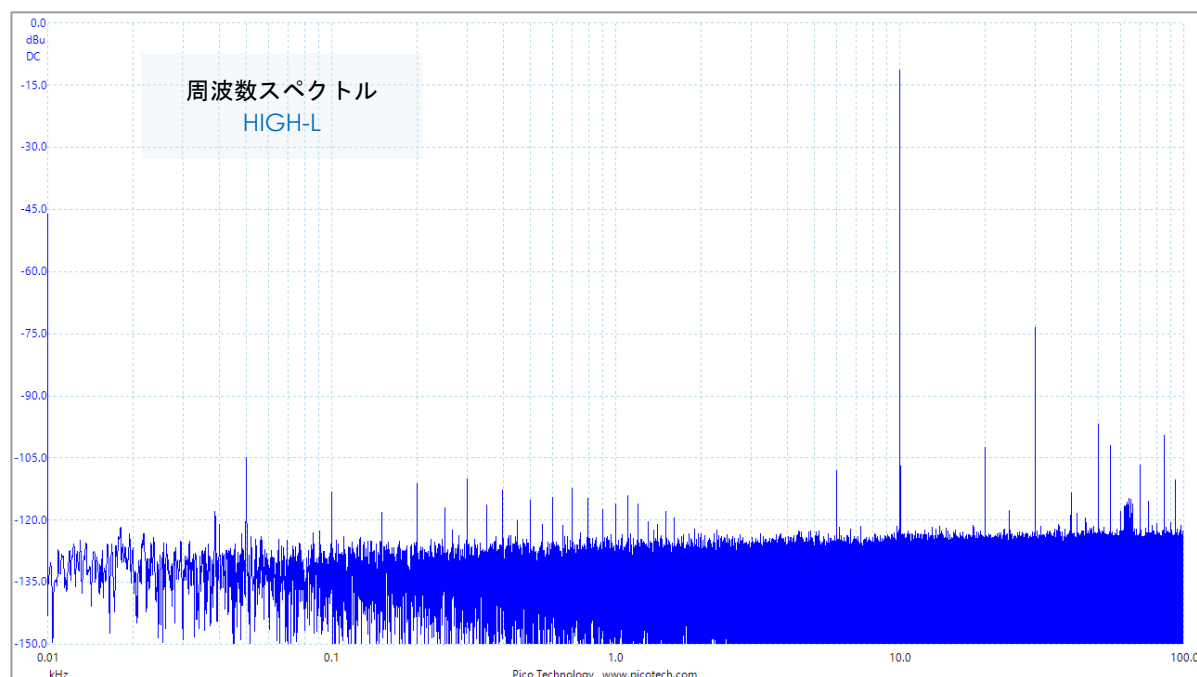
出力	左チャンネル		右チャンネル	
	AC (rms)	DC	AC (rms)	DC
LOW	76.1[uV]	-1061[uV]	199[uV]	-1830[uV]
MID	53.7[uV]	-3865[uV]	190[uV]	-3823[uV]
HIGH	56.1[uV]	-1451[uV]	186[uV]	-3255[uV]



FFT 解析

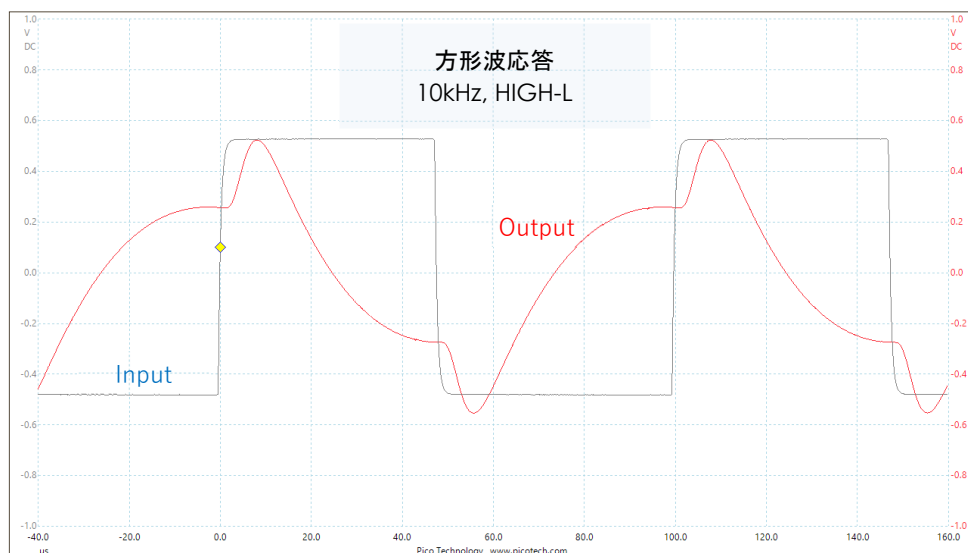
チャンドバは入力を帯域分割して出力するので、通常のように 1kHz の正弦波を入力して THD や SNR を測定することはできません。

10kHz の正弦波を入力し、HIGH 出力のスペクトルを観測しました。THD 等の数値は求めませんでした。



方形波応答

10kHz の方形波を入力し、HIGH 出力の波形を観測しました。両チャンネルとも全く同じ波形だったので、左チャンネルのみ示します。



入力波形とは似ても似つかない波形が出力されています。どう解釈すればよいのかわかりません。出力の COLD ピンを GND に接続してもしなくても同じ波形となります。

この歪は音質に悪影響を及ぼすことは間違いありません。

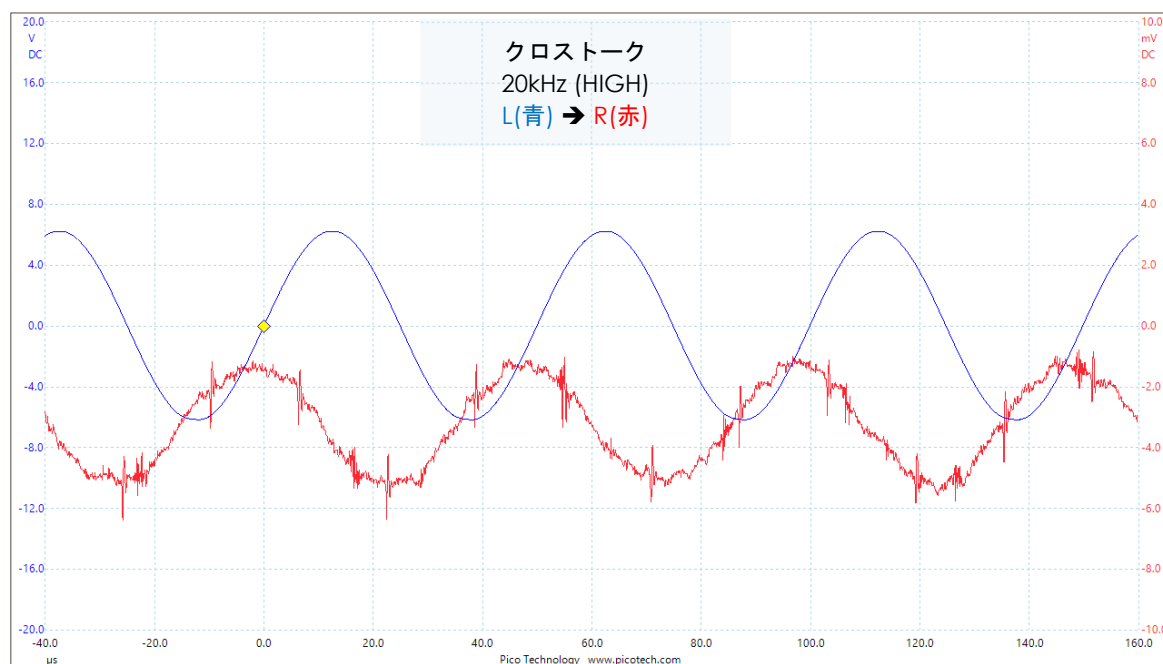
チャンネル・セパレーション

片チャンネルに最大許容レベル(4.4V)の正弦波を入力し、他チャンネルの出力を測定しました。

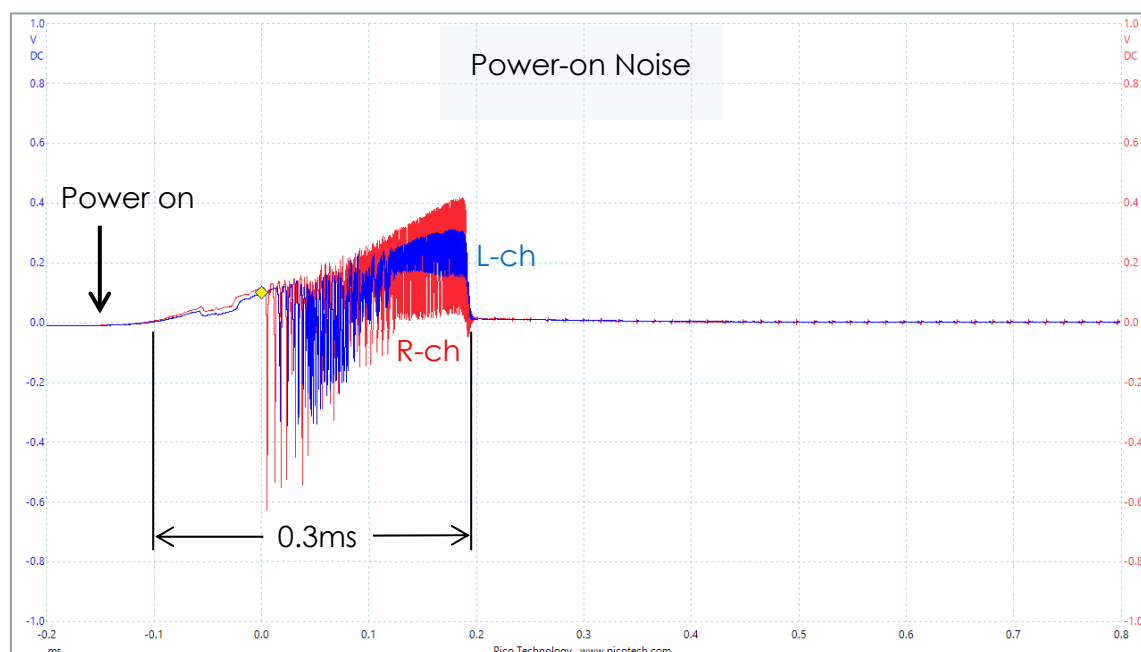
周波数は 20Hz、3.15kHz、20kHz で、それぞれ LOW、MID、HIGH の出力で測定しました。

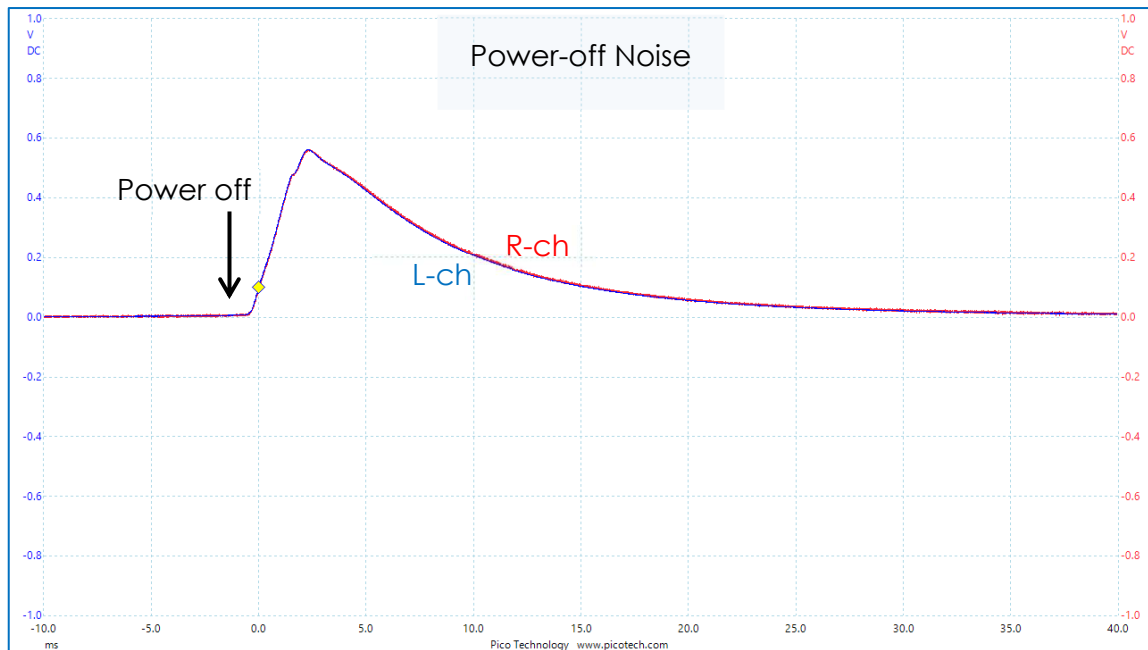
周波数が高いほどセパレーションが低下しています。20kHz でのセパレーションは低すぎです。

周波数	方向	セパレーション
20 [Hz]	L → R	91.6 [dB]
	R → L	93.9 [dB]
3.15 [kHz]	L → R	82.3 [dB]
	R → L	86.7 [dB]
20 [kHz]	L → R	70.1 [dB]
	R → L	83.1 [dB]



電源オン・オフ時のクリック・ノイズ





電源オン時にもオフ時にも大きな雑音が発生します。

電源を入れる時はパワーアンプより先に、切る時はパワーアンプの後に行う必要があります。

音質

最初に Gaudi II に組み込んで音を出した時には、耳をふさぎたくなるほどひどい音でした。

次のような段階を経て、徐々に音質が向上しました。この変化は周波数特性の向上と連動しています。（「測定データ」―「周波数特性」を参照のこと）

1. f_{cl} を 1.8kHz から 900Hz に変更
2. XOVER FREQ スイッチを x1 に変更
3. 出力ケーブルの COLD ピンを GND ピンに接続

音質が改善されたとはいえ、まだ違和感を覚える音がします。CD-211B と比べると、明らかに聞き劣ります。方形波応答の波形がひどく歪んでいることと関係しているのではないかと考えます。

CX3400 は LOW Delay 機能を備えています。LOW 出力を最大 2msec まで遅らせることができます。この機能を利用して、ウーファーとスクーアーから発する音が、聴取位置に同時に到達するよう調整できます（スクーアー・ツイーター間の調整はツイーターの位置をずらすことで調整）。このような調整をタイムアライメント調整と言います。

タイムアライメント調整を行った結果、音像がより明確になり、定位が安定することが分かりました。この点は期待通りです。

しかし、やはり違和感のある音であることに変わりはなく、CX3400 の音質は Gaudi II にふさわしくない、という結論に至りました。

まとめ

CX3400 の音質は Gaudi II にふさわしくないと結論しましたが、あくまでも入出力を不平衡型で接続した場合の評価です。平衡型出力をもつプリアンプと平衡型入力をもつパワーアンプを用いて、平衡型接続すれば、違った評価になるかもしれません。

メーカー製チャンデバを用いれば、様々な調整をスイッチとツマミの操作だけでできるので、楽でいいと高をくっつけていましたが、意外に手こずりました。

入力信号波形や負荷のつながり方で、動作が大きく変わるというのは、まったく予想外でした。

CX3400 はあくまで臨時採用ということで、なるべく早い機会に、システム設計通りデジタル・チャンデバに置き換えるつもりです。

なお、システムに組み込む前に測定を行ったので、スピーカー・ユニットを傷めるなどのトラブルを事前に防げました。メーカー製コンポーネントであっても、このぐらいの用心はした方が良いでしょう。

また、音質に満足できない場合、測定データを見れば、原因を特定あるいは推定できます。

[END OF DOCUMENT]

NOBODY Audio

とのちのオーディオルーム 補足資料