TIMEDOMAIN mini・light ・華 Thiele/Small Parameters

「華」の問題点の考察

1）T-D mini T/S Parameters

Re	=	3.592	Ω
Fs	=	160	Hz
Qts	=	0.847	
Qes	=	1.1815	
Qms	=	2.9905	
Le	=	0.3353	mH
Mms	=	1.0158	gram
Vas	=	0.21	Liter
Dia	=	Φ40	mm
SPL	=	80.8	dB/W/m

Box Parameters（ボックス パラメータ）

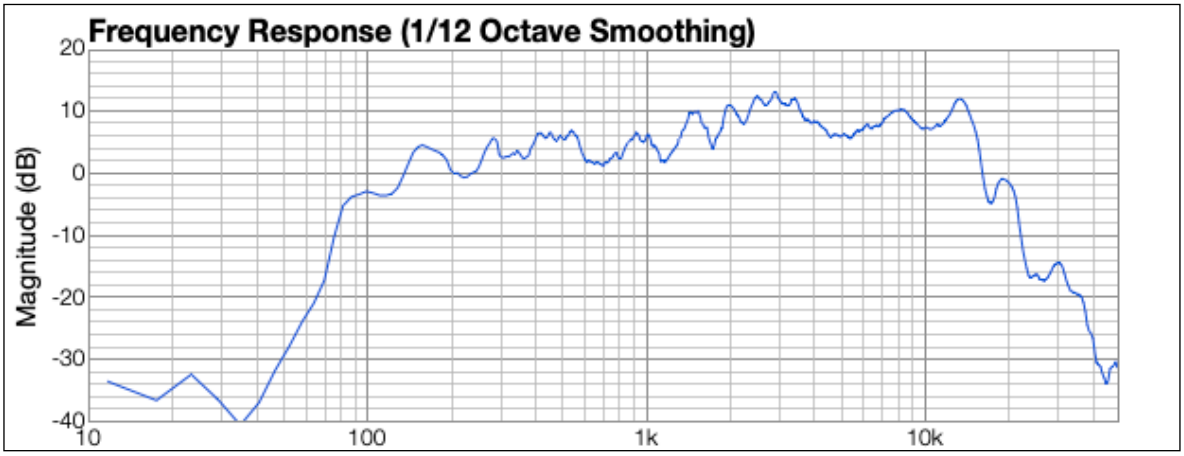
Vb（容積）	=	0.44	Liter
Fb（共振）	=	100	Hz

Vent Parameters（ダクト寸法 たまご後部にダクト）

Dv（径）	=	Φ14	mm
Lv （長）	=	95	mm
Nv（数）	=	1	

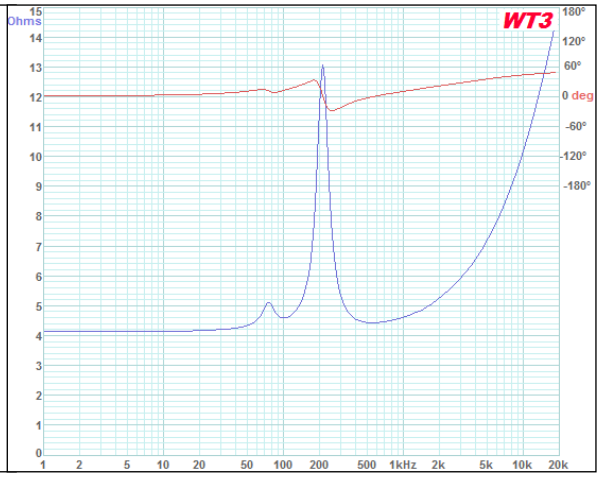
System：

Vented System（バスレフ）



周波数特性 実測値 軸上５０cm（Tune UP タイプ）

外　観



インピーダンス特性 実測値

2）T-D light T/S Parameters

Re	=	3.776	Ω
Fs	=	245	Hz
Qts	=	1.025	
Qes	=	1.357	
Qms	=	4.191	
Le	=	0.1588	mH
Mms	=	0.5832	gram
Vas	=	0.05	Liter
Dia	=	Φ28	mm
SPL	=	79.5	dB/W/m

Box Parameters（ボックス パラメータ）

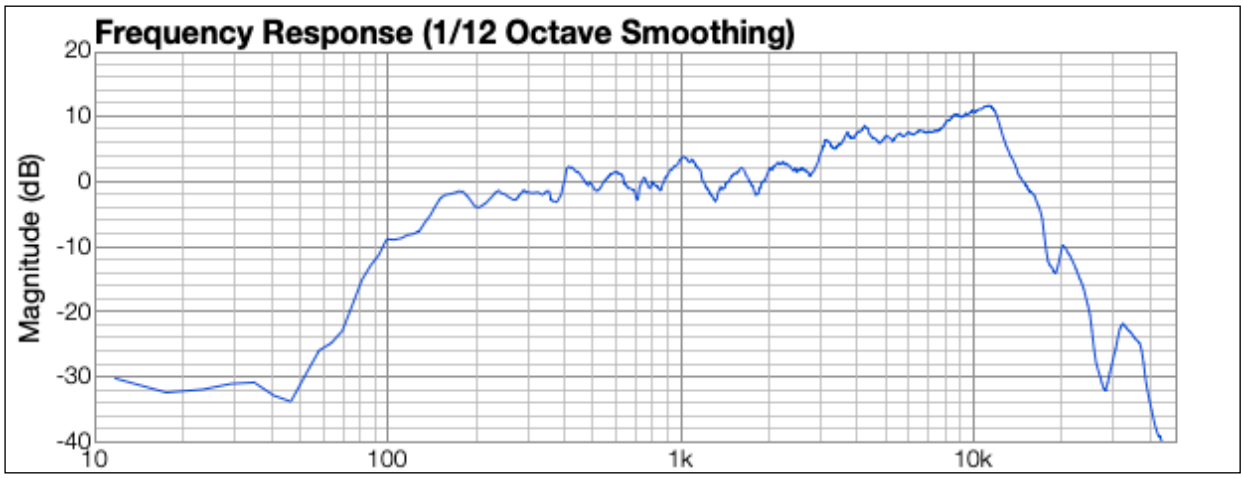
Vb（容積）	=	0.21	Liter
Fb（共振）	=	100	Hz

Vent Parameters（ダクト寸法 たまご後部にダクト）

Dv（径）	=	Φ6	mm
Lv（長）	=	35	mm
Nv（数）	=	1	

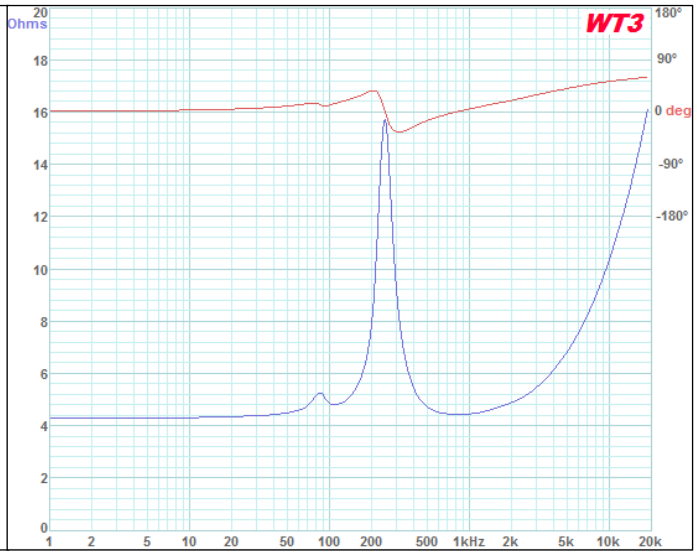
System：

Vented System（バスレフ）



周波数特性 実測値 軸上５０cm

外　観



インピーダンス特性 実測値

3）T-D「華」T/S Parameters（初期バージョン、2019年12月）

Re	=	3.577	Ω
Fs	=	272.5	Hz
Qts	=	1.042	
Qes	=	1.390	
Qms	=	4.157	
Le	=	0.1742	mH
Mms	=	0.6238	gram
Vas	=	0.0384	Liter
Dia	=	Φ30	mm
SPL	=	79.37	dB/W/m

Box Parameters（ボックス パラメータ）

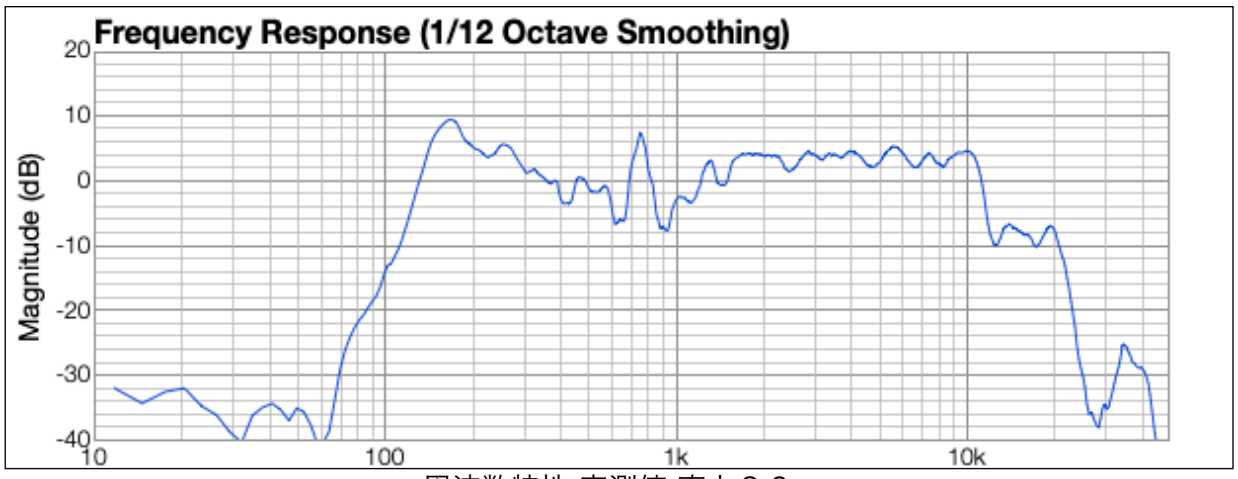
Vb（容積）	=	1.30	Liter
Fb（共振）	=	167	Hz

Vent Parameters（ダクト寸法　円筒底部中央にダクト）

Dv（径）	=	Φ22	mm
Lv（長）	=	13	mm
Nv（数）	=	1	

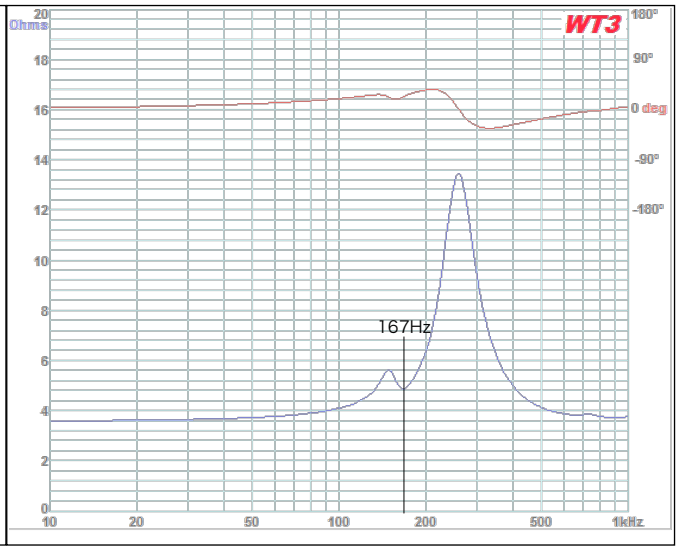
System：

Vented System（バスレフ）



周波数特性 実測値 直上３０cm

外　観



インピーダンス特性 実測値

４）測定機器・条件

◎ハードウエア

P　C：MacBook Pro 17” MacOS 10.7

DAC：EDIROL FA-66 (6 IN, 6 OUT, MIC IN 2ch)

MIC：NADY CM-100 Condenser Measurement Microphone (Phantom 48V)

T/S Parameter、Impedance 測定：DAYTON WT3 Woofer Tester

その他：SLIK Camera Stand、ケーブル各種

◎ソフトウエア（Mac 用）

FuzzMeasure 3.3：サインスイープ逆畳み込み周波数（FFT）アナライザー

WT3 Woofer Tester 用 Windows アプリ（Mac Boot Camp Win 7 使用）

FuzzMeasure、WT3 ともに現状では、古いバージョンであるが実用上問題は無い

◎測定条件

周波数測定：室内のため床等反射面との距離を充分取れなかったので
Impulse 取込窓にて反射波の除去は敢えて行わなかった。
Impulse 取込窓：Rectangular、取込時間：0ms - 86ms (Default)
測定距離 vs 時間：５０cm＝1.47ms、３０cm＝0.90ms

T/S Parameter 測定：
スピーカーユニットを取外し自由空間にて「質量付加法（デルタマス法）」にて行った。
別紙：ティール・スモール パラメーターの測定 参照

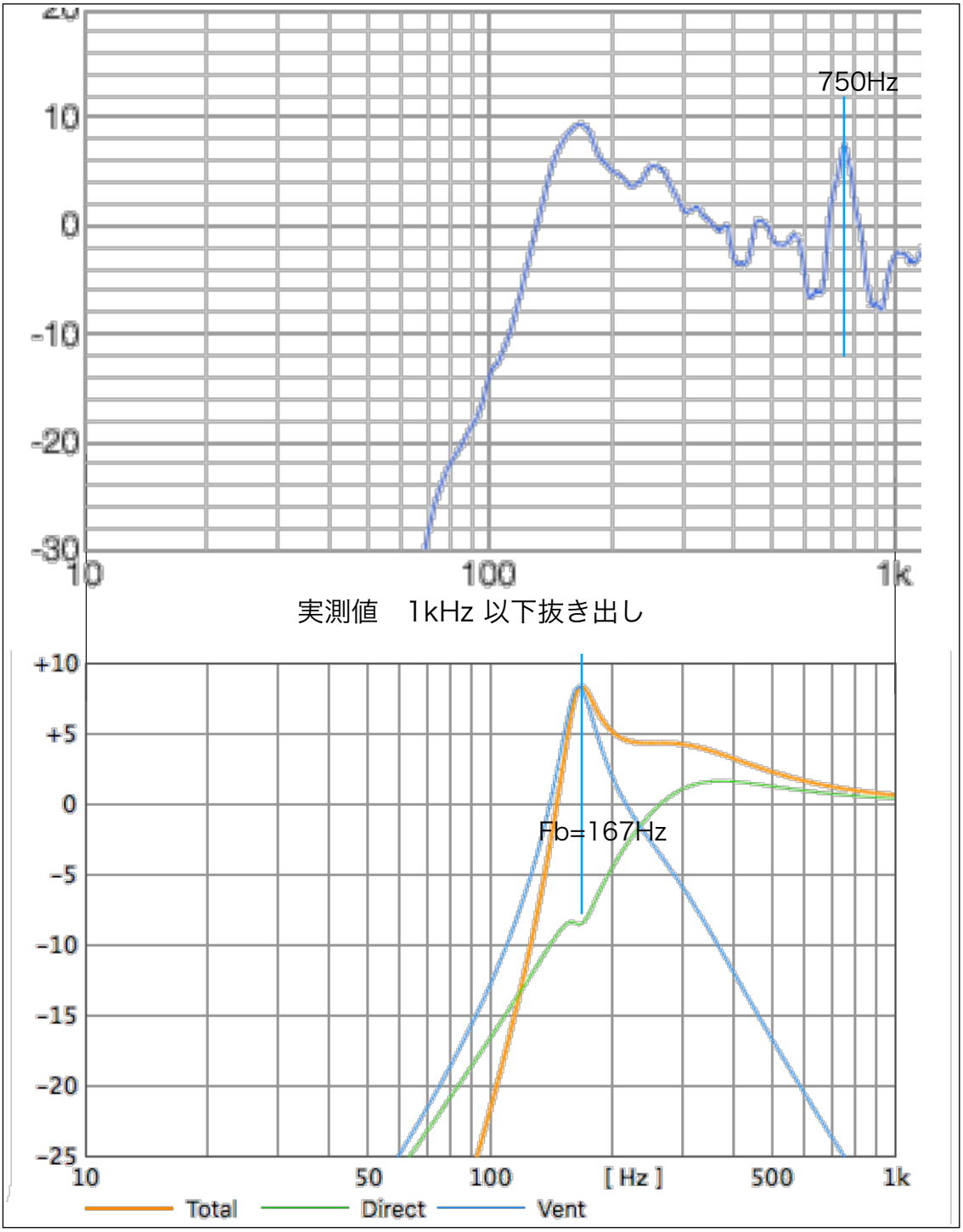
Impedance 測定：
ユニットをエンクロージャーに戻し通常の動作状態にて測定リードをベントより引き出し行った。

５）T-D mini・light・華　特性と問題点

mini と light は、100Hz から 10KHz にかけ 2.0dB/oct から 2.5dB/oct で右上がりで上昇する特性でありホワイトノイズの特性に似ている（ホワイトノイズは 3dB/oct）その為か初めは、高域がキツく感じるが暫くすると慣れ寧ろ自然の音に感じる様になる。
華は、170Hz 付近にピークあり 1KHz から 10KHz は、比較的フラット、750Hz 辺りにもピークがある。750Hz のピークは、鋭く聴感的に殆ど気にならないが、　170Hz +10dB 程のピークは帯域が広いため「相川浩アナ」のアナウンスが胴間声になる。
ただし以前試聴したＢ＆Ｗでも酷い胴間声だったが音楽では、殆ど気にならず逆に良い評価を受けているものもあるので一概に悪い評価は出来ないが個人的には、論外だと思っている。フラットに拘る訳では無いが！
また、10dB ものピークにより入力レベルが小さくなりマージンも小さくなっている。
追記：ベント（バスレフ）共振周波数は、インピーダンスカーブの２つの山間の一番低い点の周波数である。

6）華・170Hz ピークの検討

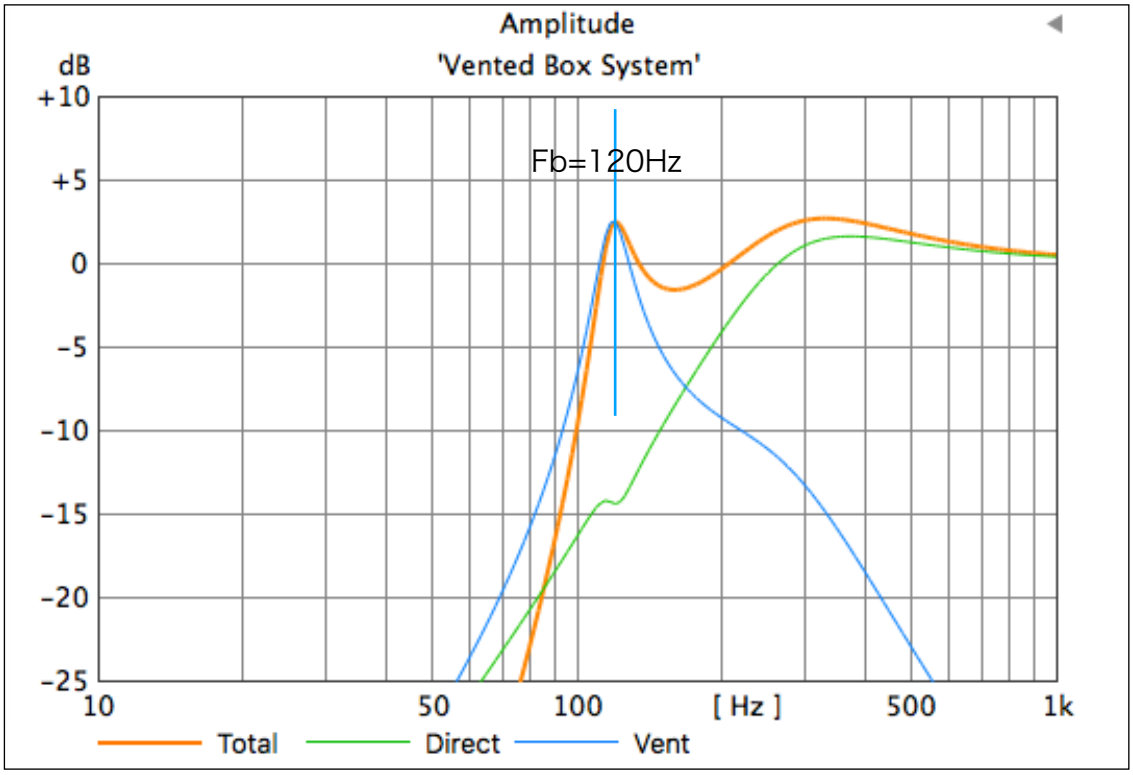
　華 170Hz ピークの原因を探るため、拙アプリ「BoxDesigner」に測定した T/S Parameter を入力しシミュレーションを行って比較してみる。
シミュレーション値は、３頁の T/S Parameter をベースに、
同頁、Vb（容積）= 1.3 Liter、Fb（共振周波数）= 167 Hz を入力した特性である
シミュレーション値は、測定値をほぼ再現できていると思われる。
シミュレーション青線は、Vent（ダクト）出力であるので Vent 出力が高すぎる、即ち Fb（共振周波数）が高すぎると思われる（緑は、ユニット直接音）750Hz ピークは、シミュレーションでは再現されていないが考察は、後の章に回す。



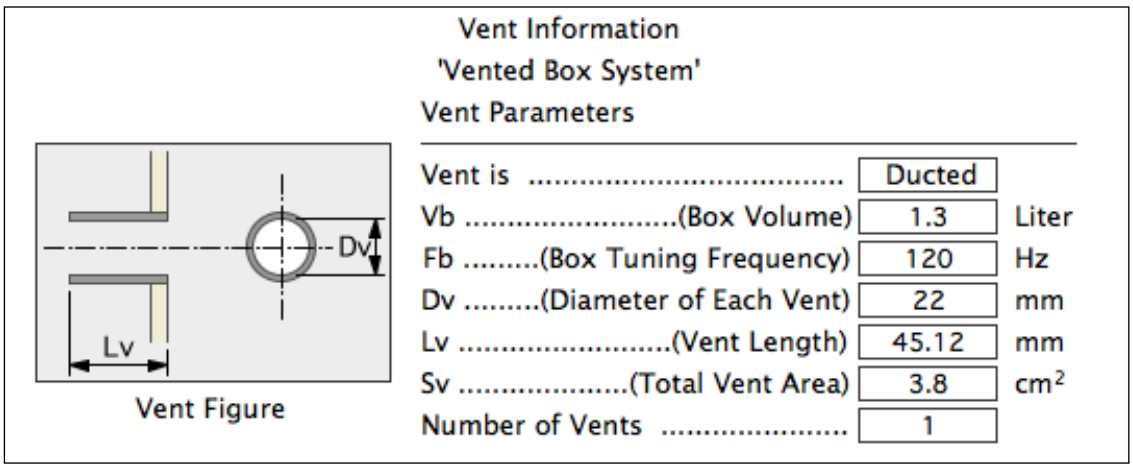
BoxDesigner でのシミュレーション値

7）華・170Hz ピーク解消案をシミュレーションして見る

ダクト共振周波数＝167Hz が高すぎると思われるので下げた周波数でシミュレーションしてみる、ただしこれには、正解がないので参考値としてである。



Vb=1.3 Liter, Fb=120 Hz でのシミュレーション値



上図の時の Vent（ダクト）寸法

上の図は、Vb=1.3 Liter、Fb=120 Hz でのシミュレーションであるピークは、2.5dB 程に下がっているがもう少し周波数を下げればピークは、さらに小さくなる、その下の図はダクトの寸法で 径φ22（等価値）、Lv（長さ）45mm となるが、穴はＳＰユニットの重り（仮想アース）を通す穴も兼ねているので実現はかなり難しい様に思われるので、同じバスレフ方式での現実案を思案中である。

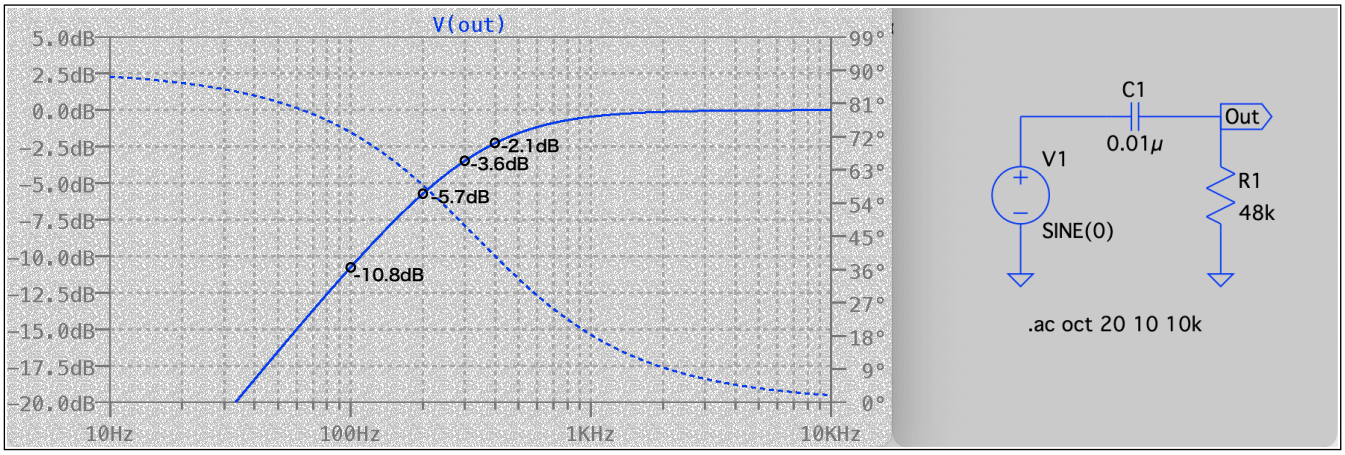
8）華・その他のピーク解消案

８－１．底面ダクトを塞ぐ

ダクトをパテ等で塞ぎ単純な密閉型にすればピークは、解消されるが（750Hz ピークも解消され最もフラットな特性を示した）TIMEDOMAINのコンセプトから離れるのであまりやりたくないし密閉化によりコーンストロークが制限され音の伸びが無くなるのでは？との懸念がある。

８－２．アンプ入力にコンデンサーを直列に付ける

華付属のアンプ入力に 0.01μF を直列に付ける事によりローカットしピークを解消する。付属アンプの入力ボリューム＝50kΩ（実測 48kΩ）で、カットオフ＝332Hz になりバスレフ効果を保ったままピーク解消がある程度出来る。



コンデンサーローカットのカット特性 LTSpice シミュレート

８－３．Aperiodic（エイピリオディック）音響抵抗型エンクロージャー　英語資料

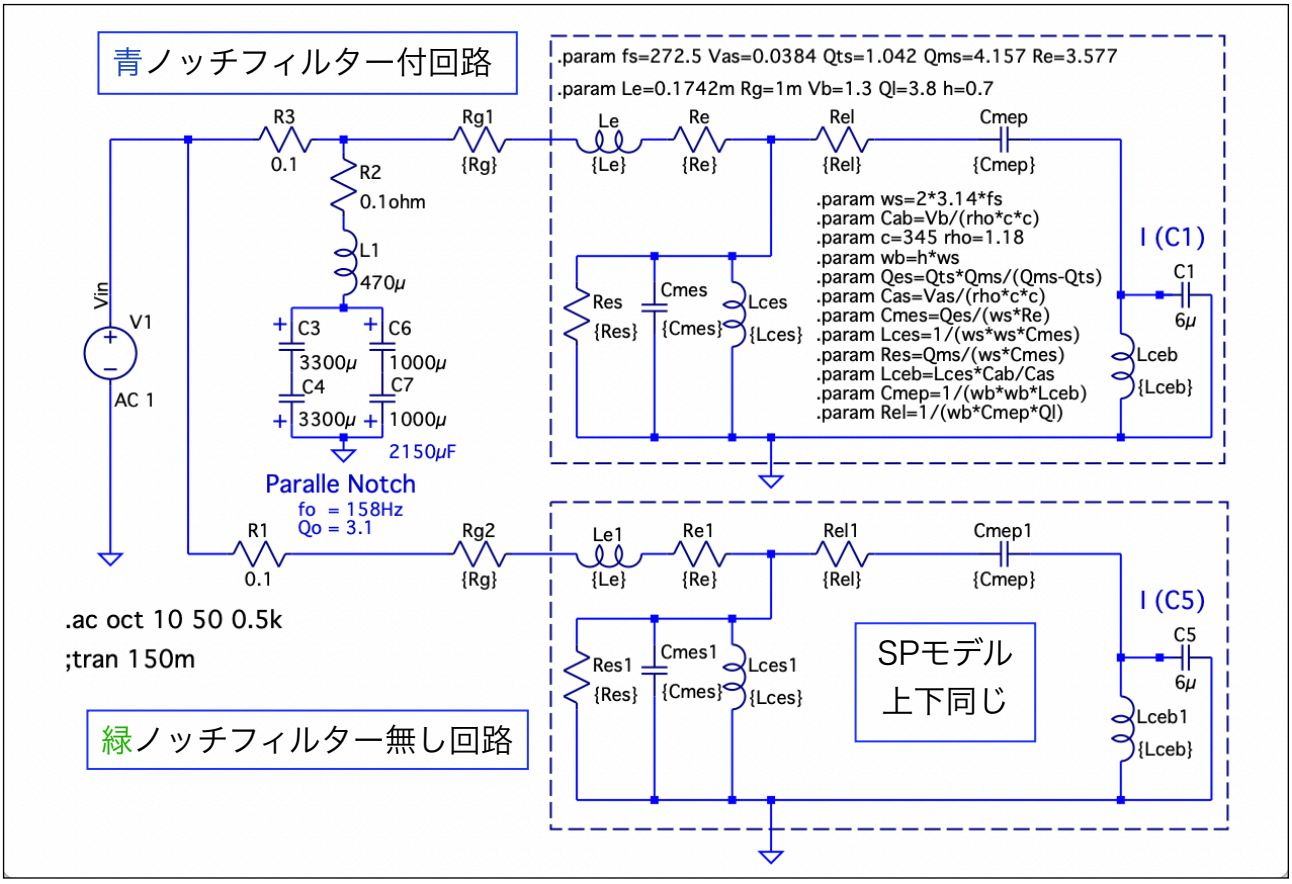
近頃知ったのですが、分かり安く言うと「非共振型エンクロージャー」とでも言うのでしょうか？密閉型でもベンテッド型にしても何らかの周波数で共振する訳ですが、内部に吸音材を詰め且つ空気が程よく抜ける様に綿等を詰めたベント穴を設け無限バッフルと密閉の中間的動作をさせ共振を出来るだけ排除したエンクロージャーです。
この方式に言及した資料は古くは、７０年程前からある様ですが殆ど実用化されていません、興味深い方式ですが実現には、かなりの実験と研究を必要とすると思われます。
可能性の一つとして言及してみた。

８－４．スピーカー入力にパッシブ型ノッチフィルターを入れる

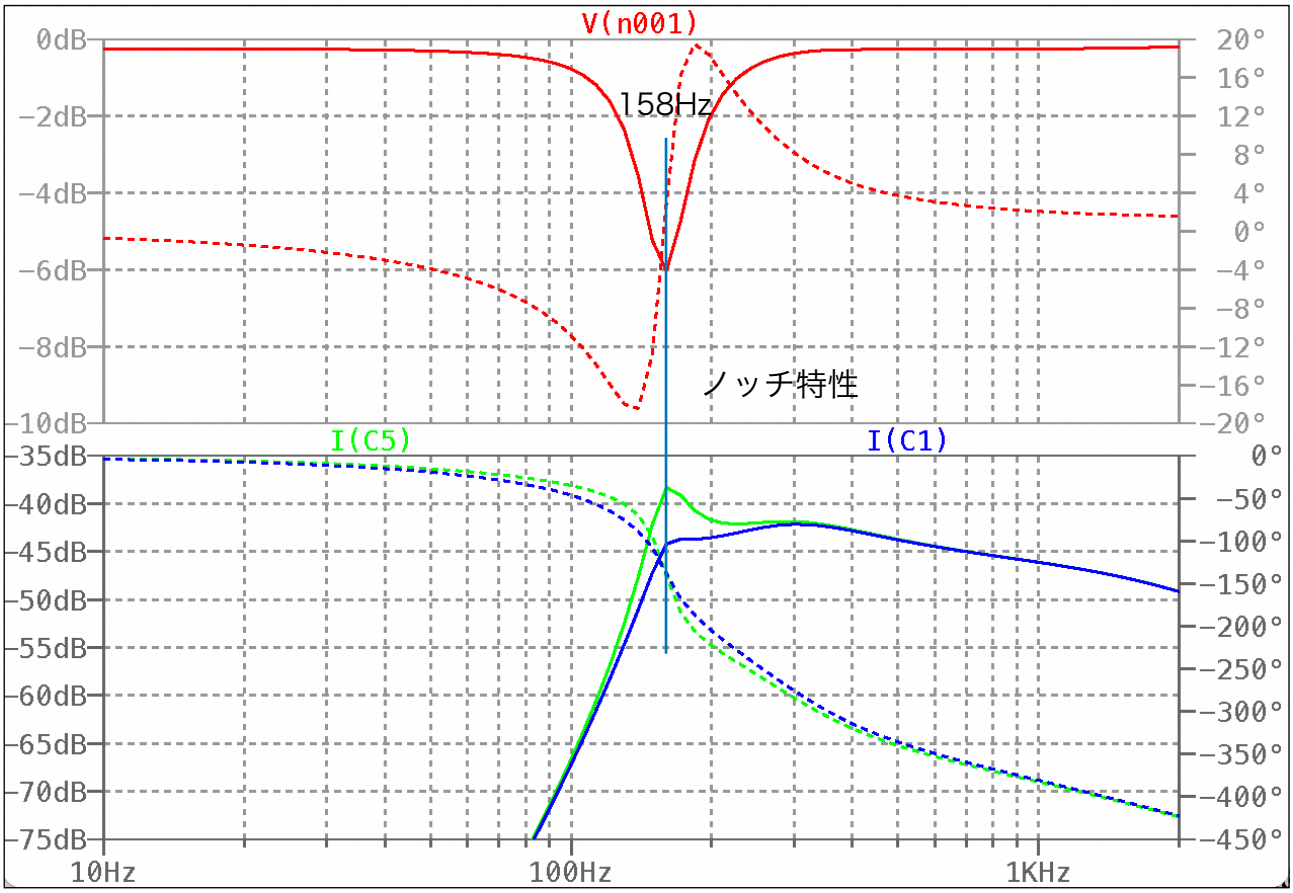
ＬＣＲを使用したノッチフィルターを入れピークをキャンセルする。
パッシブ型ライン入力用も検討したが、Ｌが数十Ｈとなり実用的でなく却下した。
受動素子を使用するので電源等を必要とせず割合手軽に作る事が出来る。
パラレル型とシリアル型を検討したが実現し易いパラレル型でシミュレーションした、
ただ、ノッチ特性を生じさせる為入力に直列に 0.1Ω を入れる必要がありダンピングファクターに於いて不利な面がある。

付属のアンプは非力な為直列抵抗 0.1Ω では正常に動作しない可能性があるので適宜抵抗値を増加する必要があるかも知れません。

パッシブ ノッチ型フィルター 回路と特性

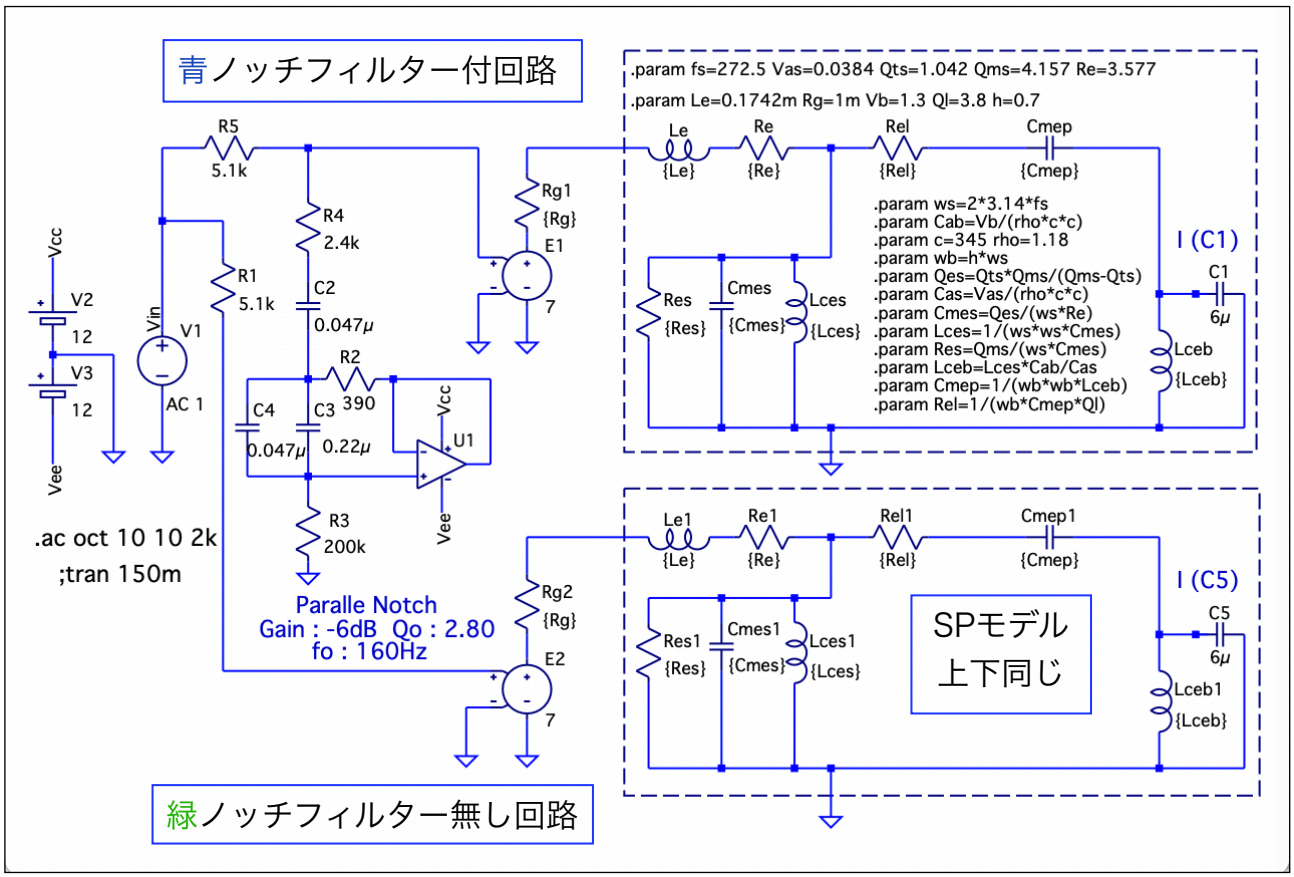


LTSpice によるパッシブノッチフィルターと華エンクロージャーモデル

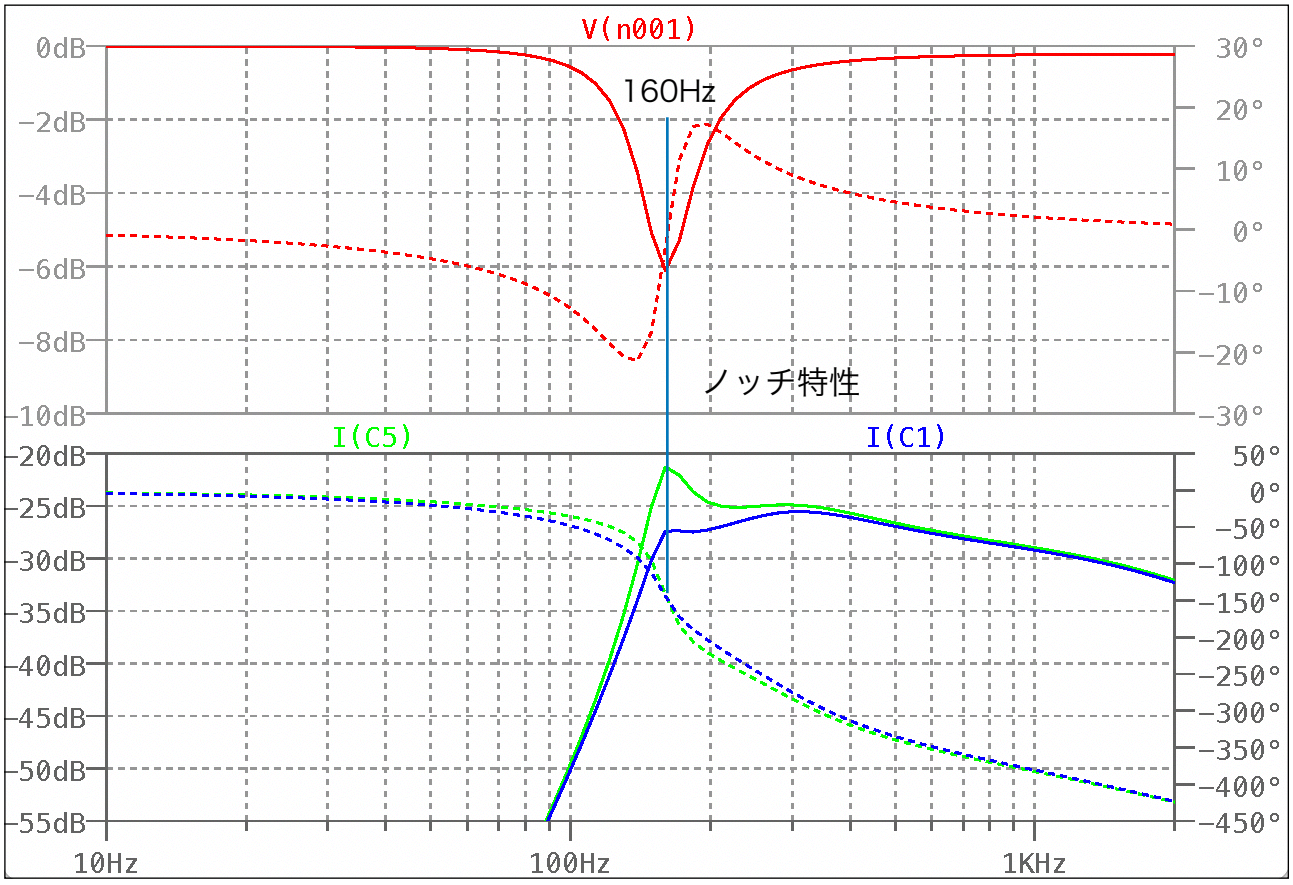


パッシブ型　緑：ノッチ無しの特性　青：ノッチ付特性

8－5．説明は次ページ　　**アクティブ ノッチ型フィルター 回路と特性**



LTSpice によるアクティブノッチフィルターと華エンクロージャーモデル



アクティブ型　緑：ノッチ無しの特性　青：ノッチ付特性

９ページの説明

８－５．アンプ入力にアクティブノッチフィルターを入れる

　別にオペアンプが必要になりますが、オペアンプを使用したノッチフィルターをアンプ入力に入れる、オペアンプをシミュレーテッドインダクタとして使用しノッチフィルターを構成し10dBのピークを抑える。

アンプ入力と並列に回路を挿入することにより回路への音色的影響を少なくする様に出来る。ノッチ回路により本来の低域特性への影響も少なく出来る

　今回、ノッチフィルターに関しパッシブ型とアクティブ型を検討したが特性的には、同じような特性であった、どちらが良いかは試聴に寄るしかないと思われる、まぁどうしてもピークを解消したい場合ですが！

９）華・実測値の考察

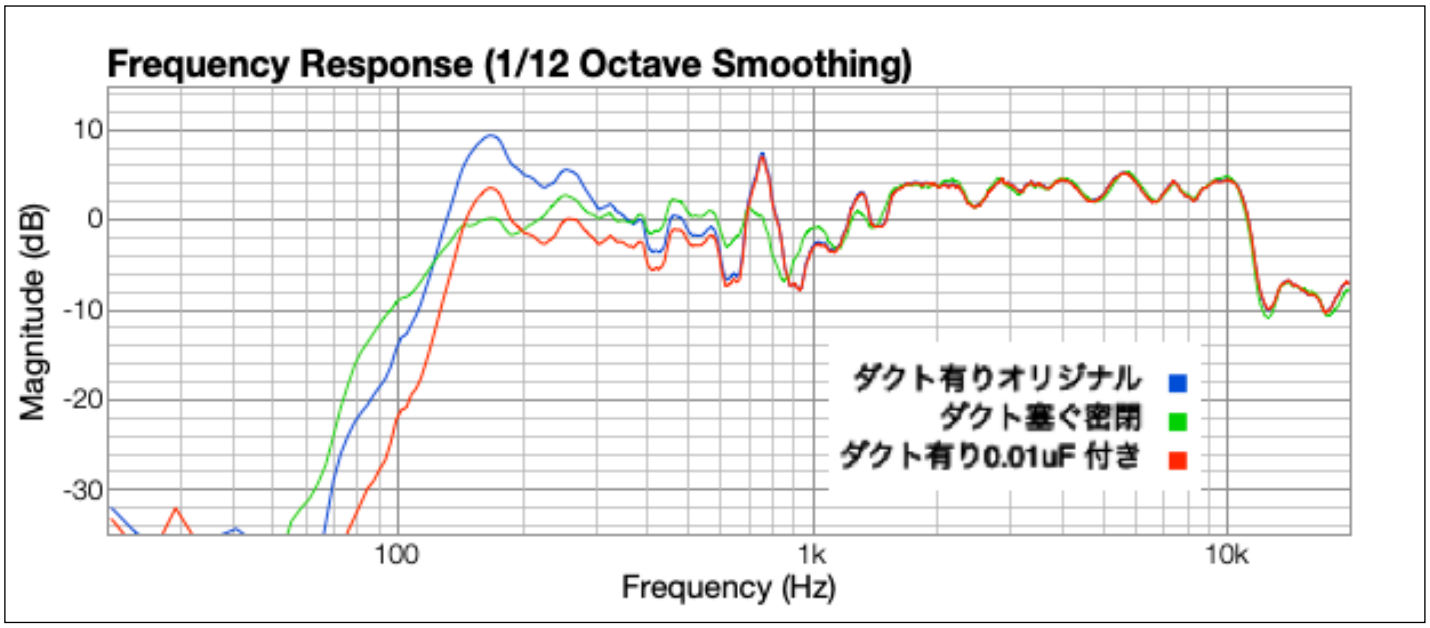
■「ダクト有りオリジナル」特性

■「ダクト塞ぐ密閉」は、中域でかなりフラットになりますが前述のごとく本来の音作りコンセプトから離れると思われる。

また、750Hz のピークが解消している。

■「ダクト有り 0.01μF 付き」は、ピークが -6dB 程下がり且つスピーカー自体にに手を加えていないので現状実用的では無いかと思われる。

ただ、750Hz のピークに変わりが無い。何らかの内部共振か？



３種の特性実測値

１０）華・その他、気になった点

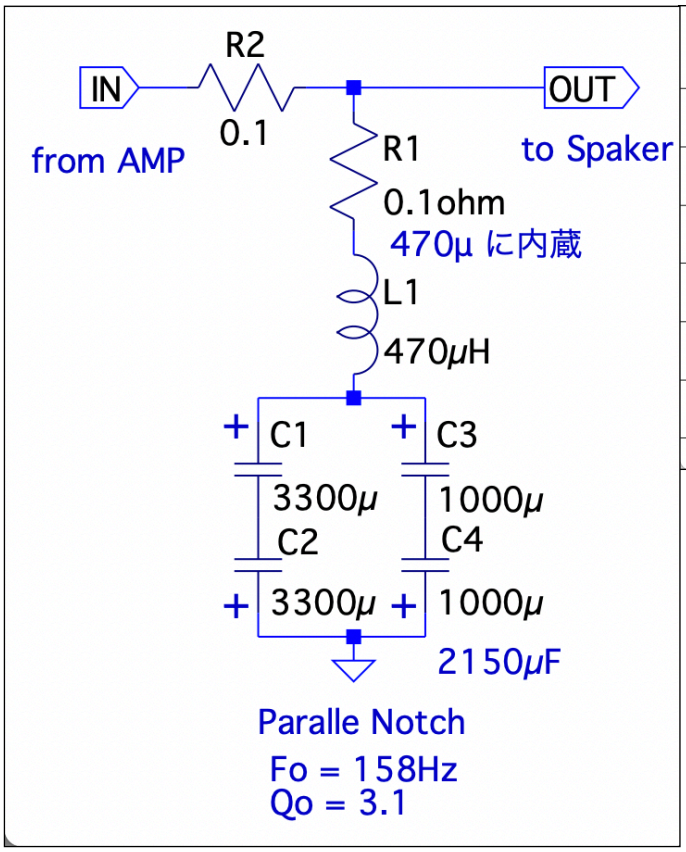
2019年に入手し初めに気になったのは、付属アンプのパワー不足か大きめの入力時に中域に於いて歪みが目立った事である、半自作のデジタルアンプ 10W+10W にした所かなり解消されたので、付属アンプで入力コンデンサーローカットにより更に解消され、更に電源アダプター12Vを24Vに変更（付属アンプ内蔵電源コンデンサーを24V対応に変更改造）によりかなり解消されたが、Facebook「華の里」に電源ノイズフィルターも含め報告したところ「充分な検証の無い改造は、控えるべき」との指摘があった、まぁ、取り敢えずの処置であったのでしょうがないが！「いいな」の人も何人か居たので同様の思いの人も居たのだと思った。暫く使用したが問題は無かった。
その後、華のマグネットに接着してある重り（アンカー）がＬ・Ｒとも取れてしまい其のままである。
現在、主装置は、mini ＋自作サブウーファー＋自作 2.1ch Crossover Mixer ＋Sub 用デジタルパワーアンプであり取り敢えず満足しているが、早めに「華」をメインに据えたいと思っている。
750Hz ピークについては、原因究明が十分では無いが取り敢えずの対応として対処療法ではあるがノッチフィルターを入れて見るのも良いかと思っている。
今回、主に測定とシミュレーションを元にしての考察であったがオーディオは、タイムドメイン理論が主眼とする時間軸を元にしたあくまで聴感を主体とすべきものであると考え従来の静特性的測定は、エビデンスの範囲での信頼に留めておくべきと考える。
未だ、オーディオを含む音響・脳聴覚機能に関する多く（殆ど）が解っていない事を常に自覚して置くべきであると日頃から思っている。

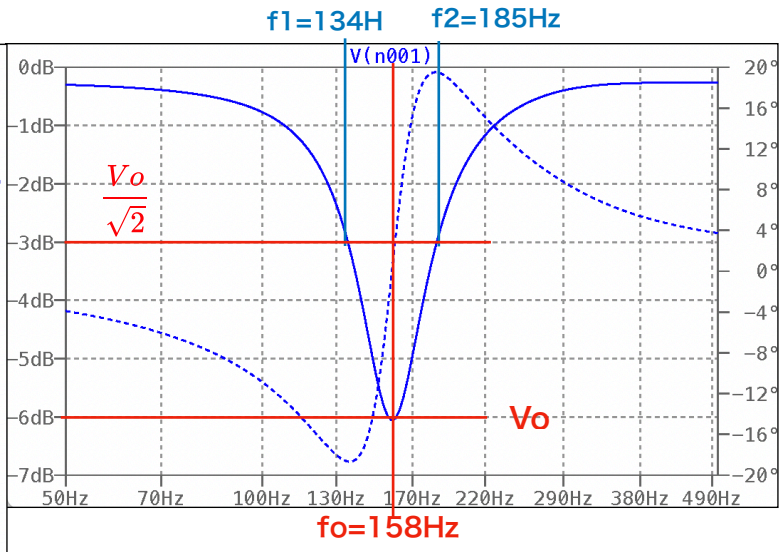
以上、TIMEDOMAIN mini・light ・華 の Thiele/Small Parameters 測定、「華」の問題点を探り解決策を考えてみたが中々一筋縄では、行かないと言うのが現状である。

付録：ノッチ回路を試したい方に部品入手ＵＲＬと回路図を以下に記します。
全て秋月電子で入手可能（１セット当たり）
トロイダルコイル：470μH
ＤＣ抵抗が100mΩなので直列抵抗の 0.1Ω は不要
コンデンサー：1885μF ＝ 3300μF x 2、1000μF x 2
どちらも電解コンデンサーなので無極性接続にする
金属皮膜抵抗.：3W0.1Ω

注意：シミュレーションのみで実際に製作してないので動作を保証する物ではありません
あくまで自己責任にて御願い致します。

パッシブ ノッチ回路





ノッチ特性の Qo を求める公式は付加回路の影響で当てにならないのでグラフから読み取った数値にて計算した。

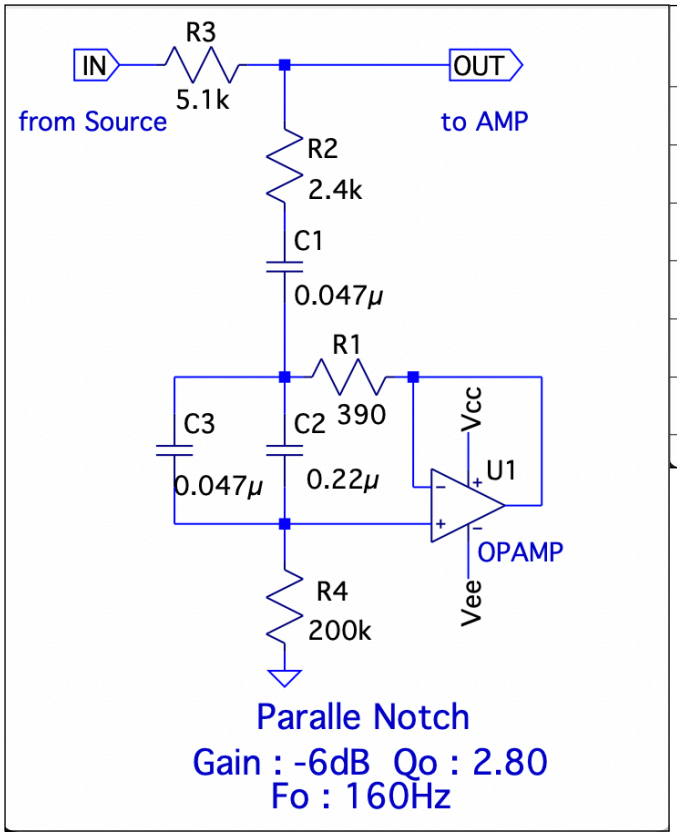
$$Qo = \frac{fo}{f2 - f1} = \frac{158}{(185 - 134)} = 3.1$$

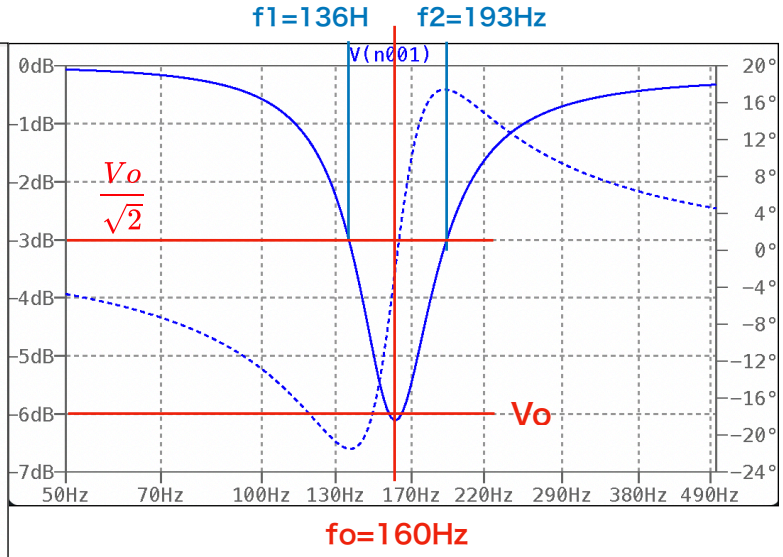
$$fo = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{470\mu He-6 \cdot 2150\mu Fe-6}} = 158Hz$$

因みに数値計算よる Qo 値は以下である。

$$Qo = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{0.1\Omega}\sqrt{\frac{470\mu He-6}{2150\mu Fe-6}} = 4.67$$

アクティブ ノッチ回路





$$Qo = \frac{fo}{f2 - f1} = \frac{160}{(193 - 136)} = 2.80$$

$$fo = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C1 \cdot (C2 + C3) \cdot R1 \cdot R4}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{0.047\mu Fe - 6 \cdot 0.267\mu Fe - 6 \cdot 390 \cdot 200k}} = 160Hz$$

数値計算よる Qo 値は数値的に整合性が無いので省略する。

2021/9/15 - - 2023/9/15 改2 - - 2024/1/15 改3　by　Y. Hasegawa