



文書番号 RILSRT008

スピーカーのD Fと過度特性の関係について

2011年12月8日

今井 明

1. 目的

スピーカーおよびヘッドホンのD Fと過度特性の関係を調査すること。

2. 測定日

2011年12月3日～4日

3. 測定機材

1) 過度特性の測定

- ・測定プログラム : My Speaker 過度特性 → サインショット : 20Hz ~ 20KHz
- ・マイク : ベーリンガー ECM8000
- ・パソコン : 富士通ノート FMV-BIBLO-L00XC/E50

2) スピーカー及びヘッドホンについて

No.	メーカー	ユニット	インピーダンス	m ₀	BOX等
1	フォステクス	FX120	8Ω	5.3g	24L 密閉型
2	フォステクス	F200A	8Ω	18.6g	60L 密閉型
3	コーラル	15L60	8Ω	90g	170L 密閉型
4	ゼンハイザー	HD595	50Ω	不明	開放型

- ・過去の経験よりバスレフ型と密閉型では過度特性に僅かに差異があるので、全て密閉型に統一した。
- ・慣性の法則より、振動系実効質量が過度特性に影響を与えると考えて、5.3g、18.6g、90gの3水準について測定した。更に、ヘッドホンは、振動系実効質量が小さいので測定に加えた。

3) アンプ

- ① スピーカー用：音響FR-N7SX（コンポ付属アンプ）
- ② ヘッドホン用：12AU7A パラシングル真空管自作アンプ ※参考資料参照

4) 低周波発信機

- ① 低周波発信器：MAX038 秋月電子通商（キット）

4. 測定方法

1) アンプのインピーダンス測定

- ① 抵抗ON-OFF法（並列）により出力インピーダンスを測定

② アンプ入力：サイン波 1kHz

2) マイクの設定

①スピーカー：スピーカーとマイクの距離は、5cmとした。

②ヘッドホン：厚さ1cmのコルク板に穴を開けマイクを差し込みヘッドホン耳当てに密着した。

5. DF の調整

アンプ出力端子に5水準の抵抗を挿入し、ON-OFF 法により出カインピーダンス測定し、DF を算出した。

1) スピーカー用アンプ

No.	挿入抵抗 (Ω)	E1 (V)	E2 (V)	Zo (Ω)	DF	※DF計算値
1	0	1.720	1.557	0.783Ω	10.22	-----
2	0.8	1.573	1.333	1.471Ω	5.44	5.05
3	3.2	1.578	1.174	3.515Ω	2.28	2.01
4	7.3	1.769	1.154	7.645Ω	1.05	0.99
5	15.7	1.795	1.055	15.740Ω	0.51	0.49
6	101.2	1.235	0.637	102.733Ω	0.08	0.08

$$\text{※ DF計算値} = 8 \div (0.783\Omega + \text{挿入抵抗})$$

2) ヘッドホン用アンプ

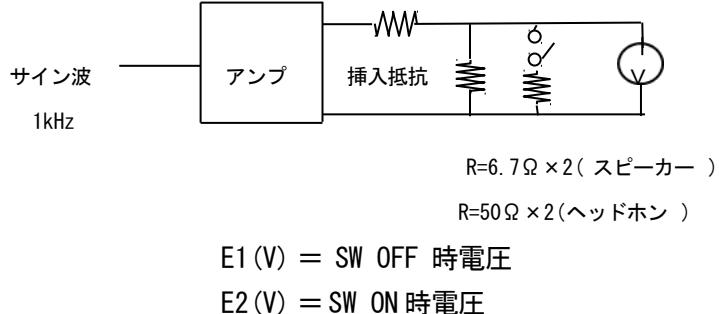
No.	挿入抵抗 (Ω)	E1 (V)	E2 (V)	Zo (Ω)	DF	※DF計算値
1	0	1.124	1.076	2.33Ω	21.46	-----
2	4	1.052	0.934	7.23Ω	6.92	7.90
3	7.3	0.995	0.843	11.00Ω	4.55	5.19
4	20	0.814	0.613	24.39Ω	2.05	2.24
5	44.9	0.619	0.417	46.97Ω	1.06	1.06
6	704	0.120	0.061	1475Ω	0.03	0.07

$$\text{※ DF計算値} = 50 \div (2.33\Omega + \text{挿入抵抗})$$

・計算式 $Z_o = [6.7 \times (E1 - E2)] \div [2 \times E2 - E1] \dots \text{スピーカー}$

$Z_o = [50 \times (E1 - E2)] \div [2 \times E2 - E1] \dots \text{ヘッドホン}$

・回路図



DF 実測値と計算値では、誤差があるが、実測値の方が真値に近いと考える。

6. 測定結果

過度特性の評価について

- ・単発正弦波の波長の長さを360度で表現しています。360度以降に観察される波形が小さいほど制動性が良好となります。理想波形は、360度以降の波形が“ゼロ”になります。

※左側の数字（単位：Hz）

1) FX120 の過度特性

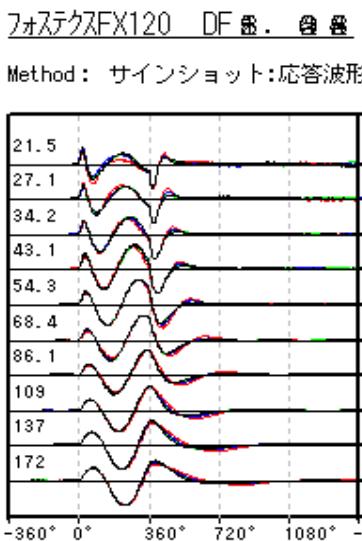


図1-1 FX120(12cm フルレンジ)

DF10.22、DF5.44、DF2.28、DF1.05 の重ね合せ

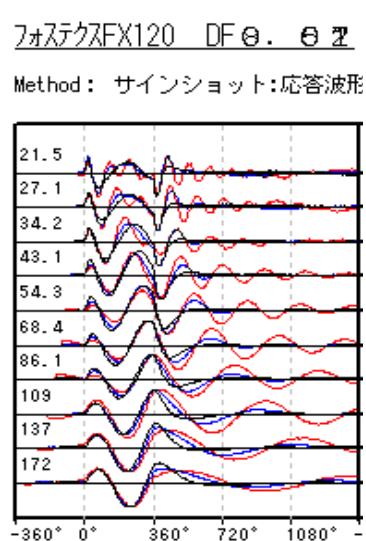


図1-2

黒 DF10.22、青 DF0.51、赤 DF0.08

2) F200A の過度特性

フォステクスF200A DF図. 録音

Method: サインショット:応答波形

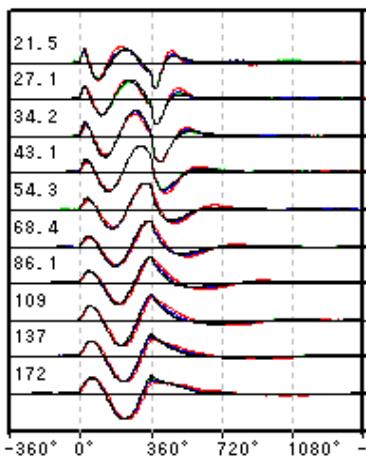


図 2-1 F200A (20cm フルレンジ)

DF10.22、DF5.44、DF2.28、DF1.05 の重ね合せ

フォステクスF200A DFθ. θ図

Method: サインショット:応答波形

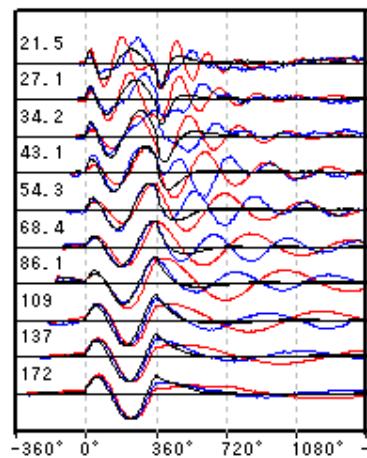


図 2-2

黒DF10.22、青 DF0.51、赤 DF0.08

3) 15L60 の過度特性

コーラル1 15L60 DF図62

Method: サインショット:応答波形

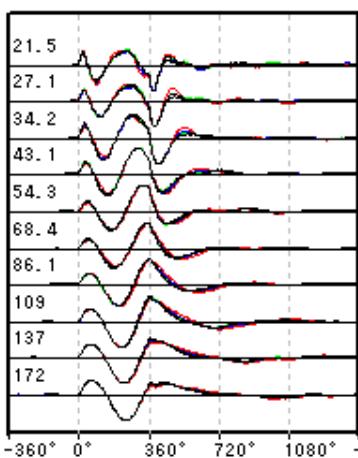


図 3-1 15L60(38cm ウーファー)

DF10.22、DF5.44、DF2.28、DF1.05 の重ね合せ

コーラル1 15L60 DFθ62

Method: サインショット:応答波形

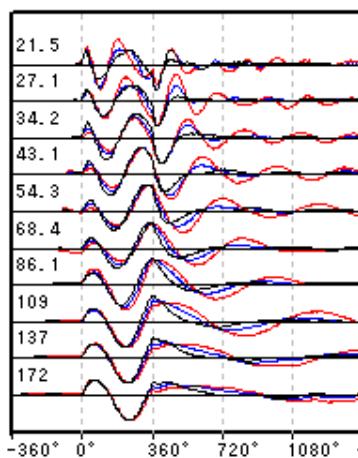


図 3-2

黒 DF10.22、青 DF0.51、赤 DF0.08

4) 3スピーカーの重ね合わせ (DF10. 22)

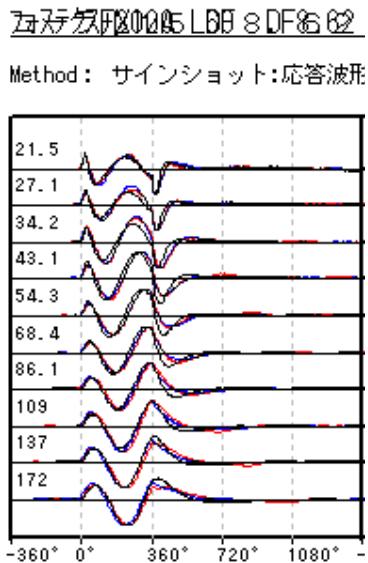


図4 黒FX120、青 F200A、赤 15L60

5) HD595(ヘッドホン) の過度特性

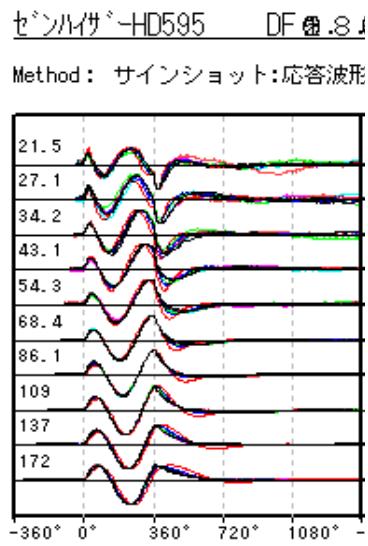


図5 DF21.46、6.92、4.55、2.05、1.06、0.03 の重ね合せ



文書番号 RILSRT008

7. 考察

1) スピーカーについて

- ・図1～3の様に、各スピーカー共に、DF10.22、5.44、2.28、1.05に於いて周波数21.5Hzから172Hzまでの過度特性は、ほぼ同等の波形を示した。DF=2以上であれば過度特性は、ほぼ一定と考える。
- ・各スピーカー共に、DF0.51、0.08では、周波数137Hz以下で制動が効かない状態であった。
- ・図4において振動系実効質量の影響についてDF=10.22で3スピーカーを重ね合せたが、共に同等の波形を示した。実験計画時は実効質量が、過度特性に影響するものと考えたが、スピーカーにおいては、実効質量の影響は、ほとんどなかった。

2) ヘッドホンについて

- ・図5のヘッドホンでは、DF21.46～0.03まで、ほぼ同等の波形を示した。スピーカーと異なり、周波数137Hz以下においても制動が効いていた。ヘッドホンは実効質量(mo)が極めて小さいので制動が効くものと考える。

以上

参考資料

- ・ヘッドホン真空管アンプ設計者、DFと低域F特性および出力インピーダンス測定法
<http://seppotl.web.fc2.com/index.html>
<http://seppotl.web.fc2.com/zht02/df0.html>
<http://seppotl.web.fc2.com/zht04/dfsoku.html>