

## 2段バスレフによるSPシステムの低域特性改善

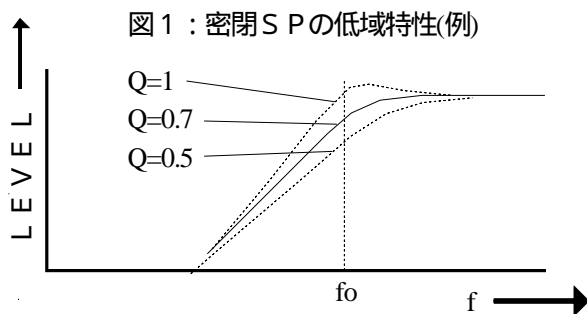
カイキ日蝕仮面(studioそんぴ)

当研究所ではこれまで、SP（スピーカ）システムは専ら密閉に絞って研究・開発を進めてきた。その成果をもとに新たな進展をみるに至ったのでここに報告する。

### \* 密閉SPの低域特性 \*

密閉型SPでは、低域特性はユニット自体の持つ定数とエンクロージャ（以下「箱」）の容積のみによって決まるとされている。

図1に代表的な密閉SPの低域特性を示す。



密閉SPの設計には次の式が用いられる。

$$V=355 \cdot a^4 / \text{fo}^2 \cdot \text{Mo} \quad (\text{式 1})$$

ただし  $\text{fo} = (\text{foc}/\text{fo})^2 - 1 = (\text{Qoc}/\text{Qo})^2 - 1$

V:容積(l) a:振動板有効半径(cm)  
fo,Mo,Qo:ユニット固有の値(Hz,g,無次元)  
foc,Qoc:箱組み込み時のfo,Qo

Q = 0.7の時臨界制動となり、最もセトリングが早くなるというのは動力学の基礎なのだが、ことSPの動作に関してはこの点は多少疑問を残している。計算上0.5~0.6ぐらいになる筈の設定が音質的に最も好適であったり、実際に0.7になる設定をしたら聴くに堪えない音になったりする事は日常茶飯事である。これは理論に問題があるのかも知れないし、実際の定数の設定に問題があるのかも知れない。

計算によって得られる値は参考程度の役にしか立たず、最終的に頼れるのは耳だけというのが現段階までの密閉SP研究の結論とせねばならないのは甚だ残念な事である。

現在市場に多く出まわるアコースティック・エアサスペンション方式は密閉の中でも箱内の空気バネを積極的に利用してユニット自体は極めてスティフネスの小さな設計とする方式として知られるが、実際に市場に出まわるものの多くは箱内を吸音材で充填し、数値上のQを強引に抑えたり、振動板を過度に重くして無理矢理foを下げたりしたものばかりで、しかも磁気回路やVCが脆弱なためまるで「歌わない」。希にヤマハNS-1000Mなどのようにこの方法によってよい結果を出しているものもあるが、これとてアンプのフォースを法外に要求するため、発売から10年以上はまともに鳴らないSPと思われる。

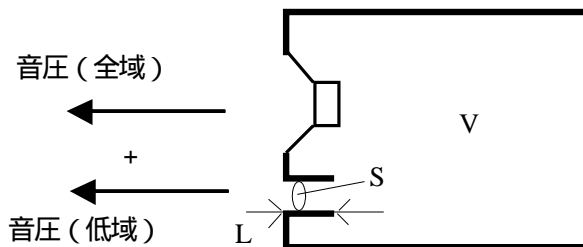
「SPは駆動するもの」という基本思想からアンプ・SPの在りようを研究してきた当研究所では、アコ

ースティックサスペンション思想を全面的に採り容れながら、吸音材に頼らず容積でQを制御する方針を採ってきた。この方法によると箱の容積は自由でなくなり、ユニット毎に最適容積が決まってしまう。しかし吸音材によるデッドニングはまさに音を死なせるものである事を経験的に痛感していたため、音を犠牲にして箱を小さくする技法は断固拒絶した。

### \* 位相反転SPの低域特性 \*

位相反転（バスレフレックス、以下「バスレフ」）方式の構造を図2に示す。

図2：バスレフ箱の構造

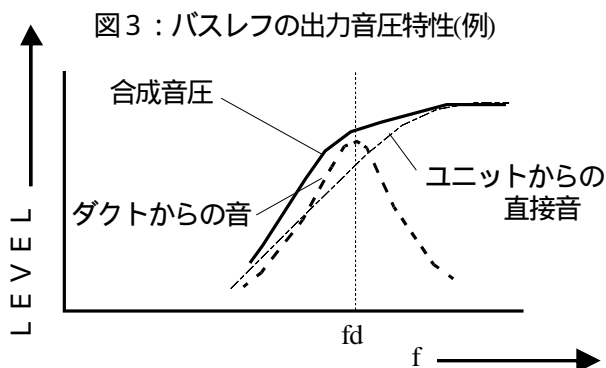


バスレフ箱では、ユニット背圧をただ閉じ込めるのではなくヘルムホルツレゾネータの原理により位相反転し外へ出す事により特定帯域の出力音圧を増強する。しかしこの方法では共鳴周波数以下ではダクトからユニット背圧が筒抜けとなるため、超低域ではむしろ密閉よりも出力音圧が小さくなる。このため量感では優るが質感となると必ずしもバスレフが優れているとは言えなくなる。

ダクトの共鳴周波数は式2で求められる。

$$fd=160 \quad (S/V \cdot (L+a)) \quad (\text{式 2})$$

この周波数でダクトから振動板と同相の音圧が得られる。開口面積を大きくするとダクトからの音圧は大きくなるが、fd以下のカットオフは急峻になる。バスレフ方式のSPシステムの特性例を図3に示す。



fd付近では箱内の空気が振動板の負荷となるため、振動板の振幅が小さくなり音圧は専らダクトから放出されるようになる。ヤマハのASTはこの性質を積極的に利用したものである。バスレフのダクトから出る低音は直線性に問題があると言われていたが、SPユニットのダンパーの直線性も決して格段に優れているとは言い難く、振動板が直線性のよい微小振幅領域で動作するようによく調整されたバスレフはむしろ中高域まで抜けのよいシステムに仕上がる。これは低域の

大振幅で中高域がドブプレー効果により変調を受ける量が減るためでもある。

バスレフもユニットを無理矢理小さな箱に詰めてそここの低音を出すための方式として使われてしまう傾向があるが、むしろ臨界制動よりも大きな箱で  $f_{oc}$  を下げてゆったりと鳴らしつつ下がりとなる低域の量感を補う使い方でこそ、その真価を発揮する。

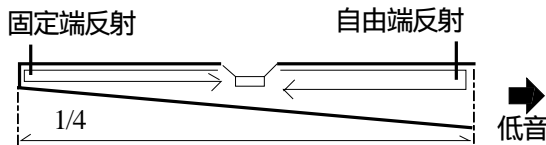
密閉ではユニットに固有の適正容量が一意に定まるが、バスレフはより大きな箱でも箱内の空気を有効に働かせる事を可能とし、箱設計の自由度を上げる方式であると言える。

\* より複雑な方式 \*

S Pの設計は空気との対話である。空気は機械系で駆動するにはあまりに軽く、粘性も低い。振動板の質量を制動する抵抗負荷として利用するのは困難である。そこで有限の容積に閉じ込めてスティフネスを稼いでみたり、レゾネータを形成して特定の周波数で見掛け上大きなスティフネスを実現したりと、工夫がなされてきた。中でも出色はホーン負荷であろう。ホーン負荷は広い帯域にわたり空気を抵抗負荷として振動系にのしかからせる。ホーン負荷をかけた振動系は少ない振幅で大きな空気振動を起こし、非常に高能率なシステムができる。しかし低い周波数まで有効なホーンは巨大であり、音道の長さも時間差が問題になる程になる。また、構造材の鳴きも起き易く、特有の「ホーン臭」というキャラクタが指摘される。入念な設計と、何より物量が必要となる。特に設置場所の十分な広さを要求するに至っては、日本の家屋事情では非現実的である。更に、ホーンは振動板が小さい程長くなるため、ユニットの小型化が全体の小型化を意味しない。このため低音用ホーン負荷の理想的なものは一般家庭では望むべくもなく、僅かに後方負荷（以下B L）ホーン等が実用化されるに留まっている。B Lホーンも通常の家屋に設置可能な規模のものはカットオフ周波数やフレアが充分でなく特性にかなりの暴れを残すため、同体積の密閉・バスレフに比して必ずしも優れているとは言い難い。幾重にも折り曲げられるのが普通のその構造は複雑を極め、経験に裏付けられた勘によってのみ高品位なS Pセットを製作可能なため、専ら自作の対象として現存している。充分な規模が確保できない環境下では、むしろ2段バスレフや1/4波長管（以下QWT）等の方式が好結果を期待できる。

図4にT（テーパード）QWTの構造を示す。

図4：TQWT(参考)



甲府市の工房「林道」の協力により、2段バスレフの試作をした。密閉で培った基本姿勢によるアプローチはそのまま応用する。

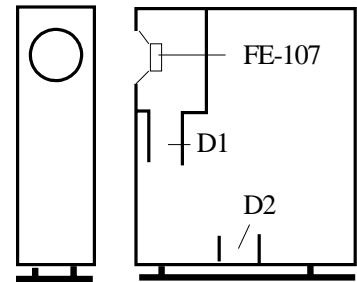
\* 2段バスレフ \*

2段バスレフではユニット背圧は2つの空気室を介して外へ抜ける。1次空気室は密閉時に  $Q_{oc}$  が臨界か、僅かに高めに設定し、 $f_{d1}$  は  $f_{oc}$  と近接して設定、 $f_{d2}$  はそれより1 oct.程度下にするのが基本となる。

$f_{d2}$  では1次空気室は「筒抜け」状態となっているため、全体でひとつの共鳴室として動作する。D2から放出される低音成分は主に  $f_{d2}$  が中心となると予想される。しかし、興味深い事に  $f_{d1}$  から  $f_{d2}$  に至る1 oct.がかなりの音量でD2から放出されているらしい。この1 oct.の領域では振動板の振幅は極めて小さく、背圧は振動板に負荷としてのしかかっている事が解る。それでも音圧はむしろ豊かに出ているのである。

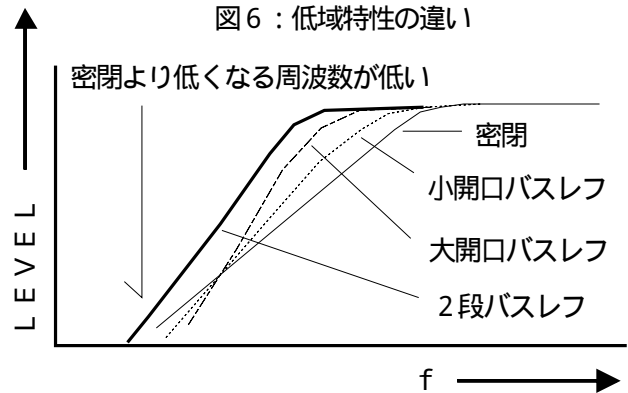
図5：試作機の構造

H500mm  
W140mm  
D350mm



試作機（図5）ではFOSTEXのFE-107を使い、内寸幅11cmの箱で実効約15lとした。密閉ではQが低過ぎて痩せてしまう容積だが、2段バスレフとした事により予想以上の低音の量感が得られた。 $f_{d2}$  の70Hzまですっきり伸びている。 $f_{d2}$  以下の低音についても、1段バスレフのように急峻なカットオフではない。

図6：低域特性の違い



これはエンジン排気系の消音器と同じ構造で直流抵抗を抑えながら多段フィルタで音波のみを抑える構造になっているためと思われる（図6参照）。

バスレフは自由度が高くなるが、よい結果を得られる設定は少なく、難しい方式である。多段バスレフでは複共振系の減衰振動を利用して吸音材によらない制動を実現し、2段で1 oct.程度にわたりB Lホーンに準ずる制動効果を得る。しかし設定のクリティカルさは1段の比ではない。

\* \* \*

バスレフを単なる「低音増強」ではなく「箱内の空気の有効利用」と捉える事により、密閉とは異なる、しかし同様に魅力的な音作りが可能であると解った。データ収集に協力して戴いた「サウンドハウス林道」に深く感謝の意を表す。今後はQWTなど更に別の方式も研究して電気音響変換への理解を深めていきたい。

\* 参考文献 \*

FOSTEX「マイオリジナルサウンド」