

AURAL SONIC の反射音で
「言葉の聞き取り」改善

日本文理大学 工学部

情報メディア学科

福島 学 教授

Aural Sonic の反射で「言葉の聞き取り」改善

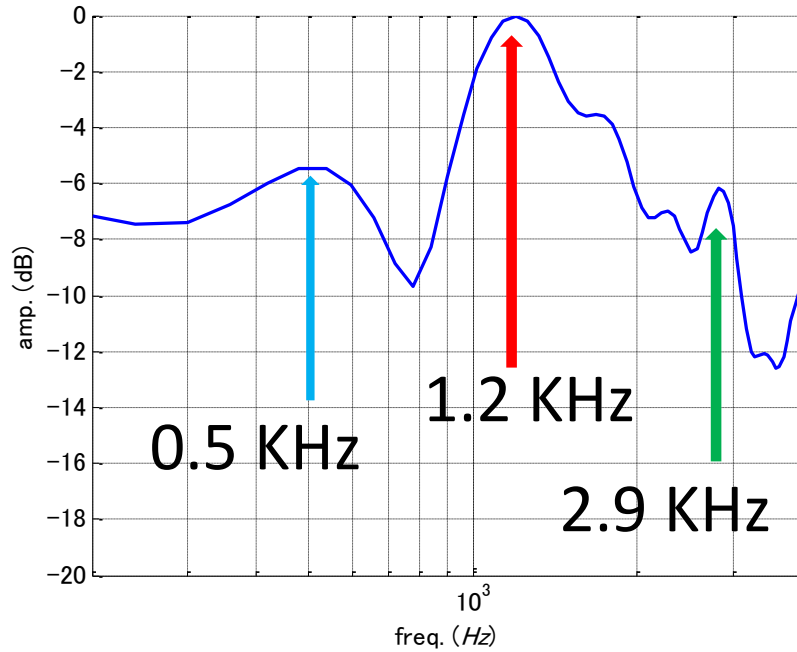
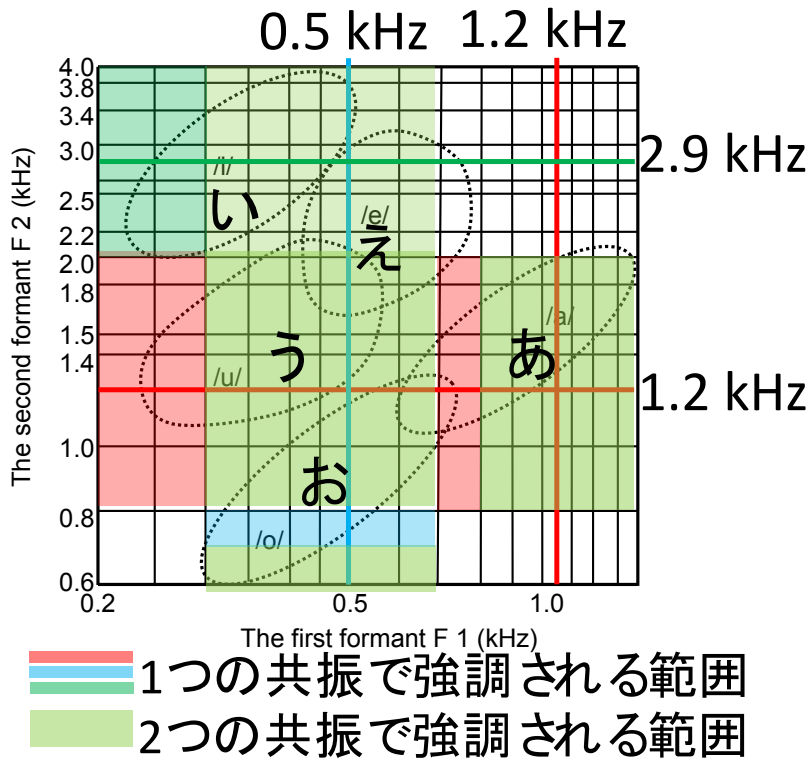


図1 Aural Sonic の反射特性（周波数振幅特性）



フォルマント分布図は理科年表掲載図面

AuralSonic 基礎物理計測結果報告

1. 物理特性計測条件

音源（ラウドスピーカ）から計測用信号を放射し、
音源 マイク 反射物
の位置関係で、マイクとして精密騒音計を使用し、反射物として
ベニア板（0.9m×0.9m）
Aural Sonic（0.9m×0.9m）

の 2 種類で実験を行った。

信号伝送特性（信号がどのようにしてマイクに届いたかの伝送上の特性）を計測し、時間領域表現（インパルス応答）、周波数領域表現（伝達関数）を求めた。ベニア板の結果と、同寸法の Aural Sonic の結果を図 1 に示す。

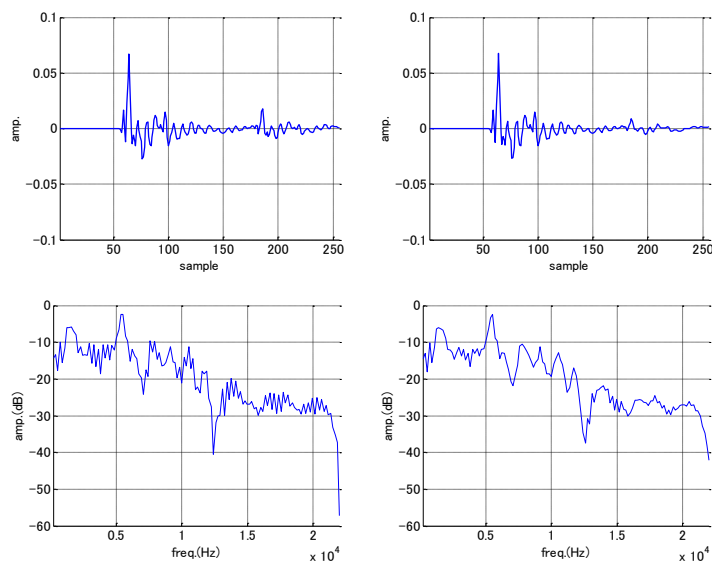


図 1 ベニア板（左）と Aural Sonic（右）の伝達特性の比較

上段：時間領域表現（インパルス応答） 横軸：時間 縦軸：振幅

下段：周波数領域表現（伝達関数） 横軸：周波数 縦軸：振幅（dB）

2. 結果の見方（時間領域表現（インパルス応答）の持つ情報）

信号伝達特性の時間領域表現であるインパルス応答は「時間が進むにつれてどのように音が伝わっていくか」を表現するもので、図 2 に示すように音源信号がマイクに到達にかかる時間（図中①・初期遅延）、最初にマイクで観測される音源（図中②・直達音）、反射物で跳ね返ってきて観測される信号（図中③・反射音）を示している。

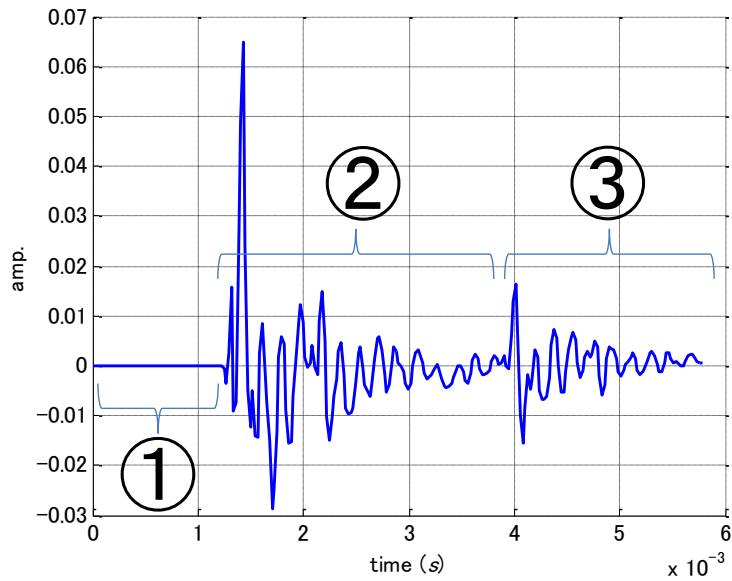


図2 前報に示した伝達特性の時間領域表現（インパルス応答）に含まれる情報
 ①初期遅延，②直達音，③反射音（ベニア板 0.9m×0.9m）（図1左上）

計測品質を確認するため，図2に示したインパルス応答の振幅絶対値をdBで示したものを図3に示す．

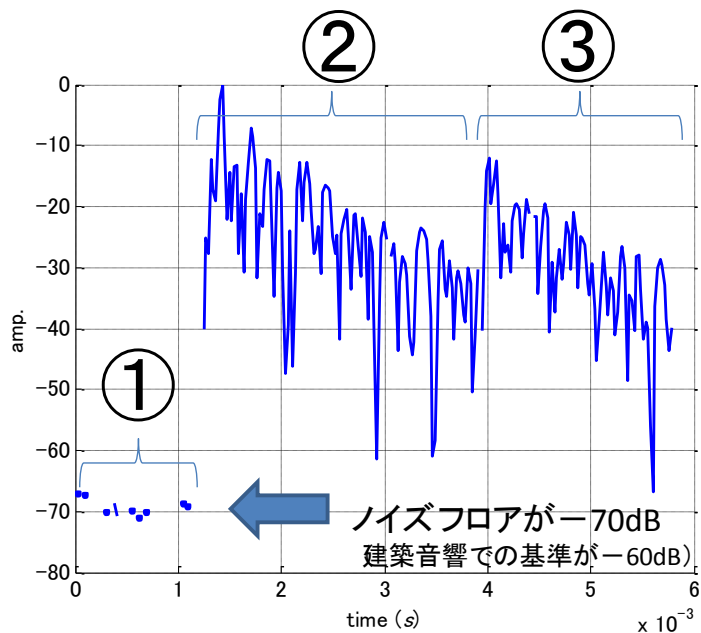


図3 計測品質を確認するためインパルス応答の振幅絶対値をdBで表示
 （ベニア板 0.9m×0.9m）（図1左上）

3. 計測精度の確認

図3によりベニア板の計測精度を確認した. 同様に比較対象の Aural Sonic の計測精度を確認する. その結果を図4と図5に示す.

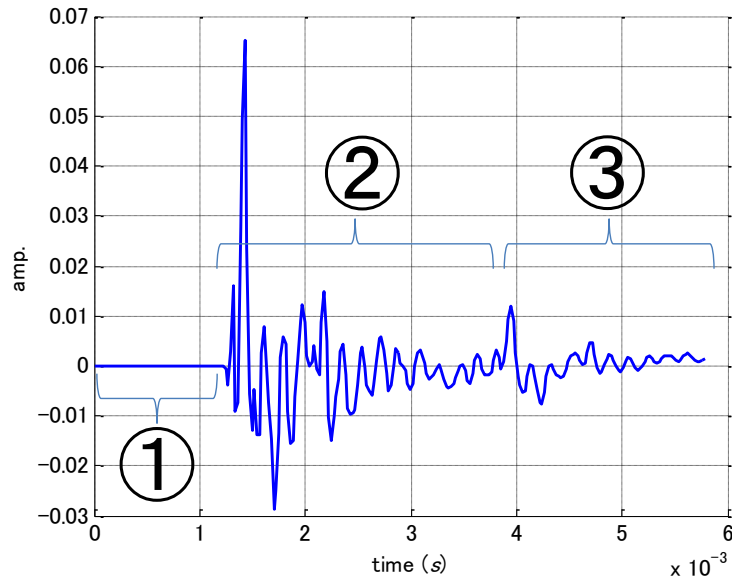


図4 前報に示した伝達特性の時間領域表現 (インパルス応答) に含まれる情報
①初期遅延, ②直達音, ③反射音 (Aural Sonic 0.9m \times 0.9m) (図1右上)

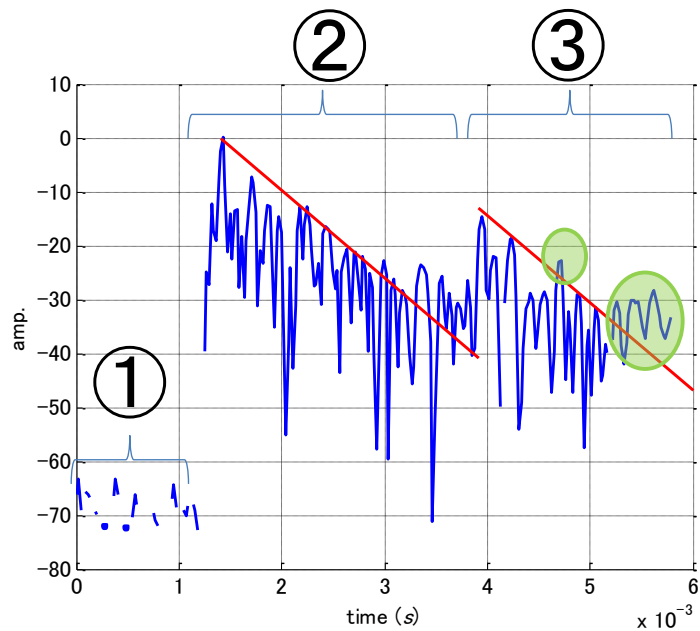


図5 計測品質を確認するためインパルス応答の振幅絶対値を dB で表示
(Aural Sonic 0.9m \times 0.9m) (図1右上)

図5の①が十分小さい範囲（-60dBよりも低い値）であることから計測精度が適切であることが確認できる。

ここで、図3の③は「物理的に一般的な単純減衰（直線的に減少）」しているのに対して図5に示した Aural Sonic の反射音（図中③）が必ずしも単純減衰しておらず、特に図中緑○でしめした範囲に特徴的な時間応答を示している。

ここではまず、図2に示したベニアのインパルス応答と図5に示した AuralSonic のインパルス応答を減算し、直達音領域が等しいことの最終確認とする。

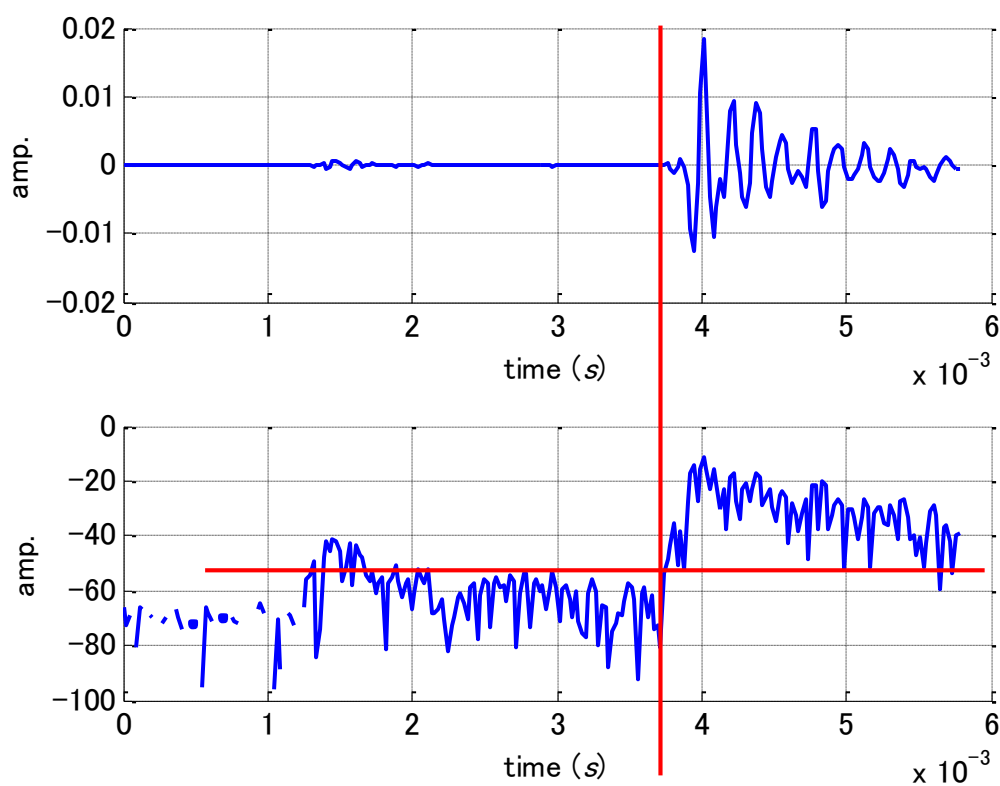


図6 サイズの同じベニア板と Aural Sonic のインパルス応答の差分
上段：振幅リニア表示 下段：振幅 dB 表示

図6から直達音領域の精度が十分であることとその範囲が 3.719 ms までであり、ここが直達音領域と反射音領域の分離ポイントであると判断する。

4. 反射信号の分析

図 1 右側・上段に示した計測データから反射部を分離し「Aural Sonic の反射音」のみとした時間波形とその周波数特性を図 7 に示す。

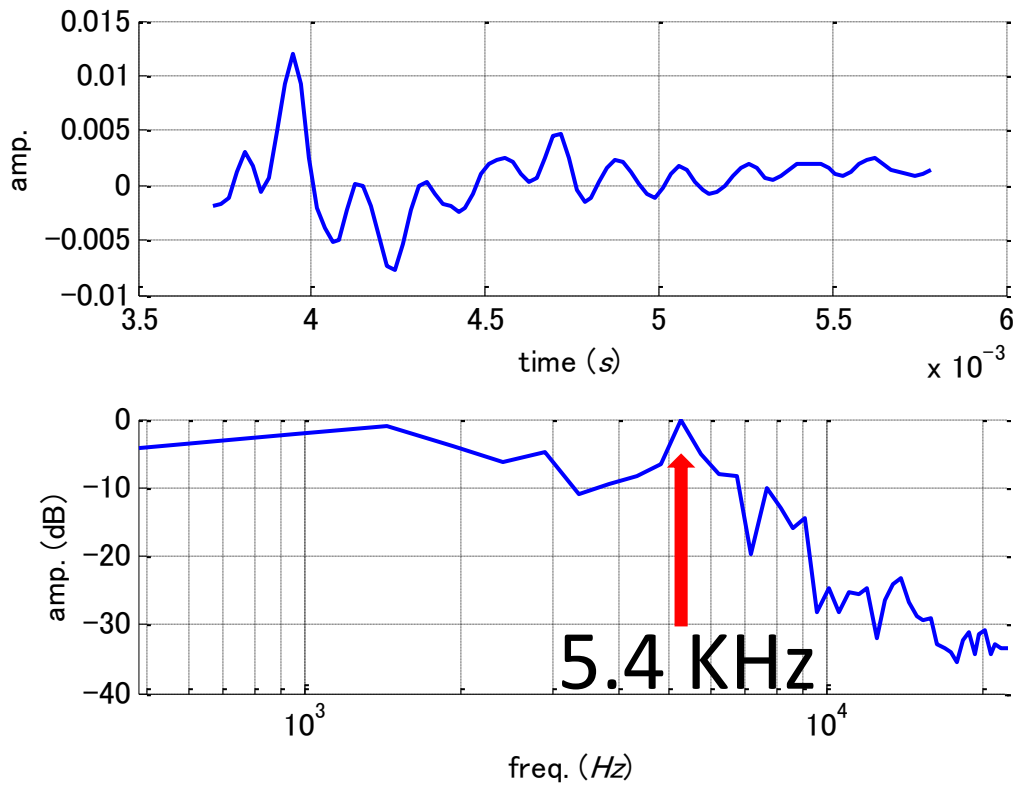


図 7 Aural Sonic (0.9m×0.9m) の反射特性

上段：時間波形（時間領域表現） 下段：周波数振幅特性（周波数領域表現）

図 7 より、反射波は 5.4 KHz に共振点があることがわかる。しかし、図 7 上段から時間区間が短いことがわかる。このため図 7 下段は周波数分解能が低い。そこで、内挿補完により周波数分解能を上げた周波数振幅特性を図 8 に示す。これにより、周波数分解能が低いために区別できない共振点等の特徴を見ることが出来る。

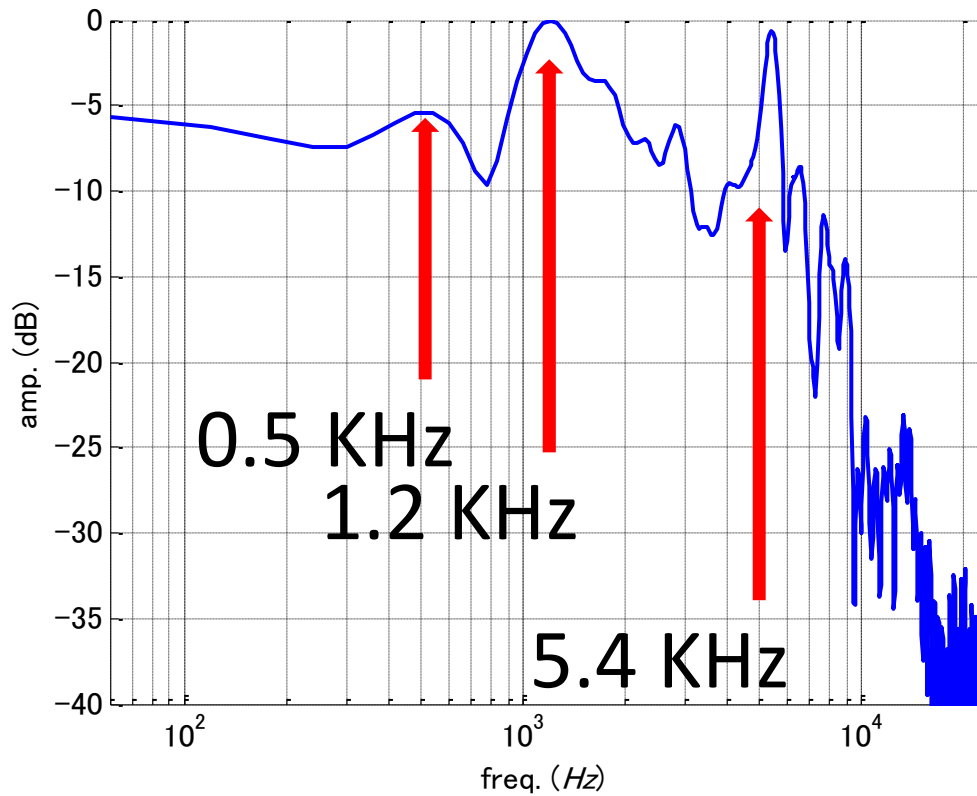


図 8 Aural Sonic (0.9m×0.9m) の反射特性 (周波数領域表現 (振幅特性))

図 8 は共振点が, 0.5 KHz, 1.2 KHz, 5.4 kHz, の 3 か所にあることを示していることがわかる. 確認のため, ベニア板の反射特性を確認する. その結果を図 9 に示す.

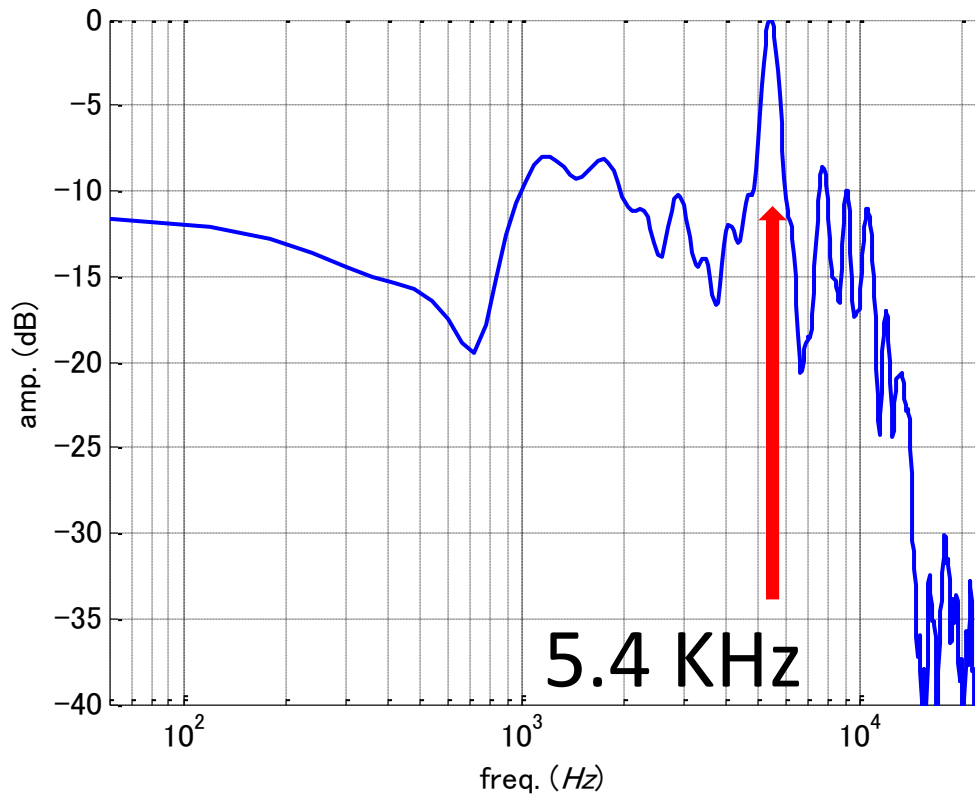


図9 ベニア板 (0.9m×0.9m) の反射特性 (周波数領域表現 (振幅特性))

図8と図9より、ベニア板と比べて Aural Sonic の反射特性の違いは、0.5 KHz と 1.2 KHz の共振点であることがわかった。

一方、5.4 KHz の共振が共通である。両方の部材の寸法が等しいため、サイズに起因するものであるとも考えられるが、AuralSonic の背面に形状保持のためベニア板 (計測用ベニア板と同種・同サイズ) を使用していることからベニア板の特性とも考えられる。いずれの場合も「Aural Sonic 固有の特性ではない」。また音声の母音の特徴を決定する主要な周波数 (フォルマント周波数) が概ね 4 KHz であることから、周波数範囲を 0.6 KHz から 4 KHz までを拡大する。その結果を図 10 に示す。

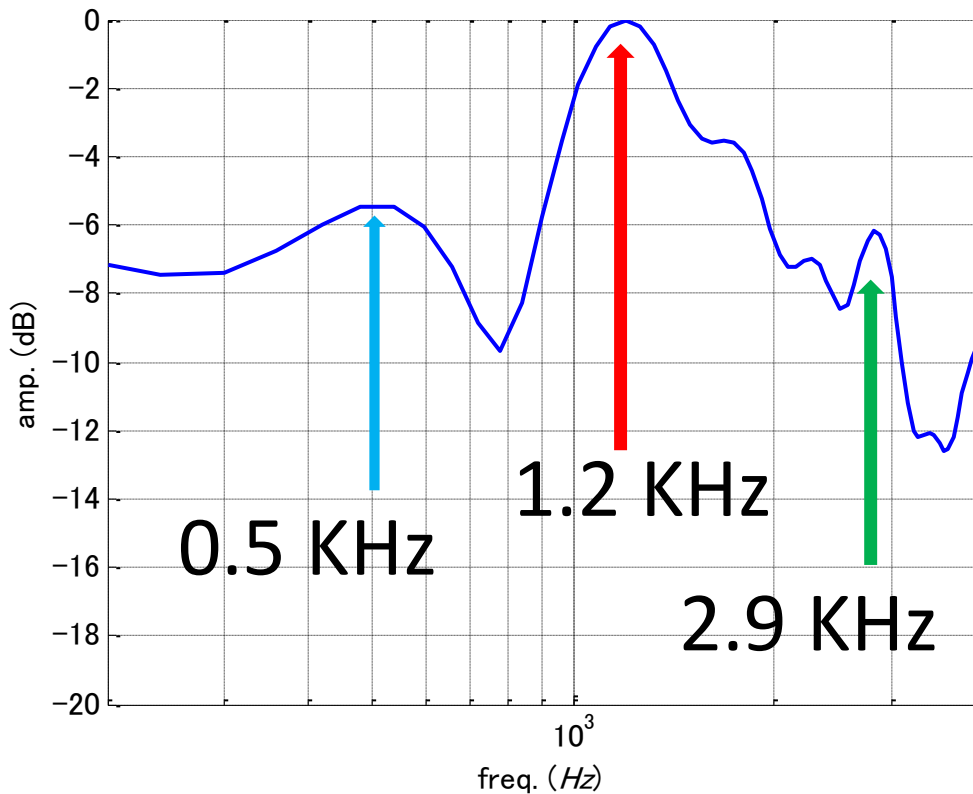


図 1 0 Aural Sonic で生じる反射特性の周波数表現 (周波数振幅特性)

図 10 より Aural Sonic の反射音に 3 つの共振点があることがわかった。縦軸の数値が持つ意味は次の通りである。

3dB の差	エネルギーが 50%	振幅が 71%	聞いてわからない程度
6dB の差	エネルギーが 25%	振幅が 50%	聞き分けられる
12dB の差	エネルギーが 6%	振幅が 25%	明らかな差

このため、図 10 に示した周波数範囲で最も小さな反射である「3 KHz を超えた周波数」で「-12dB」である。これを基準として反射のピークを見ると、

1.2 KHz	約 12dB の差
0.5 KHz, 2.9 KHz	約 6dB の差

となっていることがわかる。

この共振周波数がどのような影響を与えるかについて検討するため、母音を構成する周波数であるフォルマント周波数の分布図で検討することとする。

第 1 フォルマント周波数と第 2 フォルマント周波数の分布図に、共振周波数および共振の影響が出る範囲に網掛けをした結果を図 11 に示す。

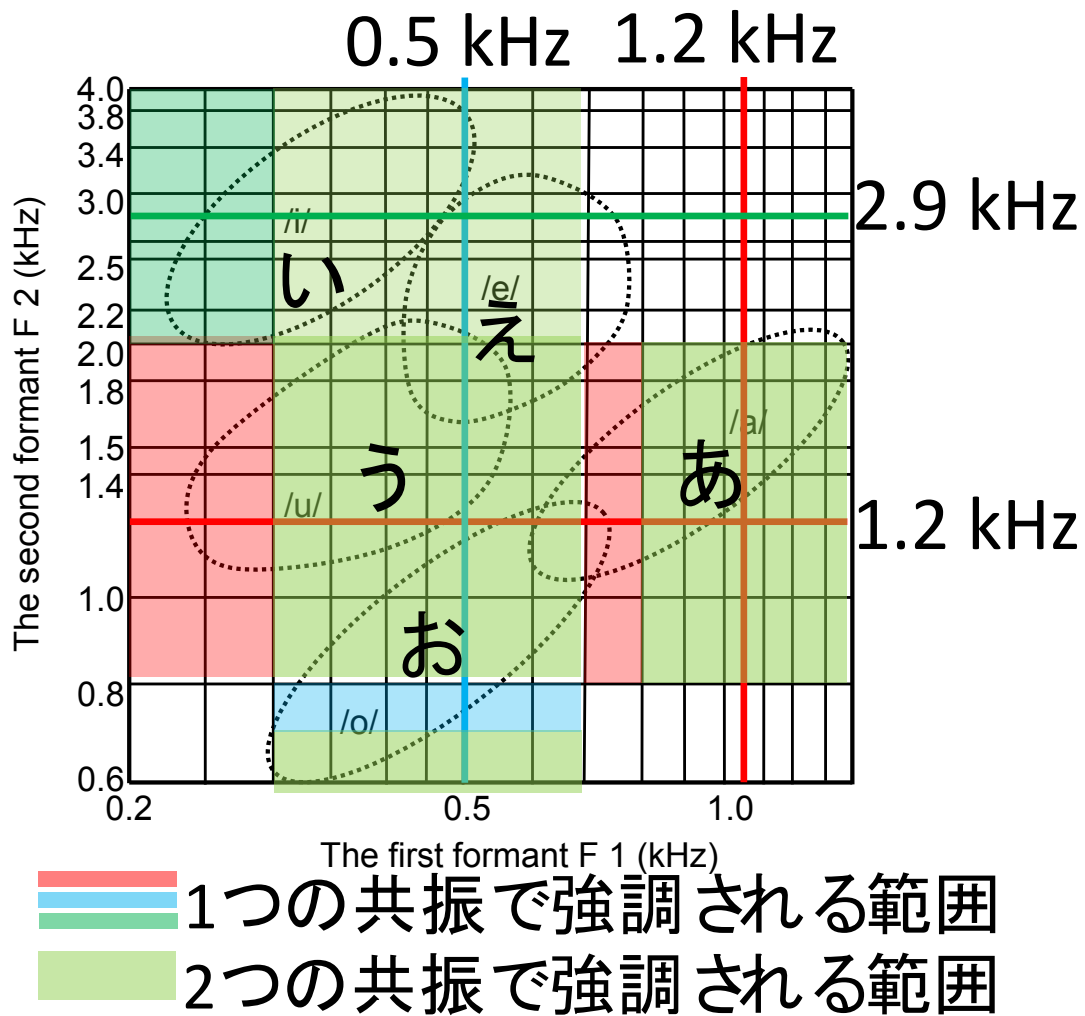


図 1 1 「第 1・第 2 フォルマント周波数と母音の関係（理科年表）」と Aural Sonic の反射音の共振特性を重ねた図

図 11 は Aural Sonic の反射音に含まれる共振特性が、母音を区別するのに重要な周波数帯域の主要部分と重なっていることを示している。このことから、Aural Sonic 設置により「聞き取りやすさ」が改善することが期待されることがわかった。

以上