

# 目 次

2.1	開放端を持つ音響管の振動板による強制振動 ( $\tau$ は伝搬遅延時間, $r_l, r_g$ は端面での反射係数) . . . . .	3
2.2	1/4 波長の長さを有する音響管の負荷端における粒子速度波形。 $y(t)$ は負荷端での粒子速度の瞬時値, 縦軸中央付近に描かれてい るのはピストン振動板の振動速度 $v(t)$ 。いずれも $V_g$ で規格化し て表示。 . . . . .	4
2.3	平面波による微小体積部分の変位 . . . . .	5
2.4	音圧と粒子速度の分布を表す複素平面上の点 $\bar{P}$ と $\bar{V}$ . . . . .	6
2.5	終端反射係数 $r_l$ に対する伝達特性の変化。 $r_l = -1.0, -0.5, -0.2, l =$ $17 \text{ cm}, c = 340 \text{ m/s}$ 。 . . . . .	7
2.6	粒子速度源の配置位置と負荷端での粒子速度の関係 . . . . .	8
2.7	声道断面積関数 $A(x)$ の階段関数による近似 . . . . .	9
2.8	音響管の電氣的等価回路 . . . . .	10
2.9	分岐する音響管と等価回路 . . . . .	11
2.10	隣接する音響管における体積速度の前進波, 後進波成分の表現 . . . . .	12
2.11	声門インピーダンス $Z_g(t)$ と声門下部インピーダンス $Z_s$ を含む 等価回路 . . . . .	13
2.12	放射過程の電氣的な等価回路 . . . . .	14
2.13	無限平面パフルにセットされた円形振動板 . . . . .	15
2.14	無限平面パフルに設置された円形振動板の規格化放射インピー ダンスの実部 ( $R_r$ ) と虚部 ( $X_r$ )。規格化定数は特性インピーダン ス $\rho c / \pi a^2$ 。 $k$ 波数, $\rho$ 空気密度, $c$ 音速, $a$ 振動板の半径。 . . . . .	16
2.15	円形振動板の放射インピーダンスから求められる開口端補正 (振 動板の径 $a$ で規格化) . . . . .	17
2.16	声道モデルとして考える矩形管の非対称な接続 . . . . .	18
2.17	矩形音響管内の座標系 . . . . .	19
2.18	高次モードを含む音響管の等価回路 (各モードに 1 つの線路が対 応する) . . . . .	20
2.19	非対称に接続された 2 つの音響管 (斜線部分が共通領域) . . . . .	21

2.20	左端中央部から幅 5 mm のスリット状の速度源で駆動した場合の音圧分布 (4 kHz)。(a),(b) の各図で上が水平断面 ( $y-z$ 面), 下が垂直断面 ( $x-z$ 面) を表す。 . . . . .	22
2.21	管軸にランダム変動を与えた場合の伝達特性の変動 (50 セットの音響管を構成して重ね書きしたもの) . . . . .	23
2.22	歯列咬合を模擬したスリット間の音圧分布 (上図:振幅, 下図:位相)	24
2.23	音響管を用いたインピーダンス測定 . . . . .	25
2.24	口唇端反射係数の周波数特性。シンボル:/a/(I,III,IV,V),/u/(II) 発話時のレプリカを用いた測定値, 実線:付加的な 1 区間による近似特性。位相特性は $\pi$ だけシフトして描かれている (0 Hz で反射係数の値は-1 となる)。 . . . . .	26
2.25	口腔部レプリカ内部の正中矢状面での音圧分布 . . . . .	27
2.26	口腔部レプリカ内部の水平面での音圧分布 . . . . .	28

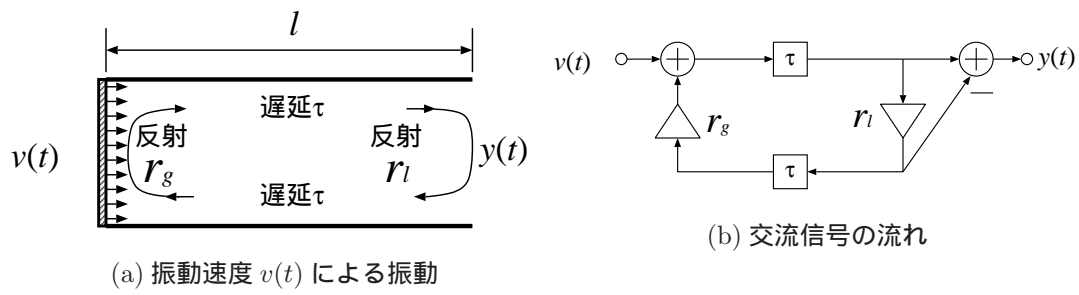
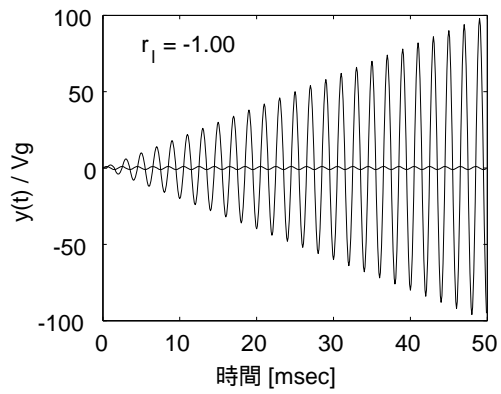
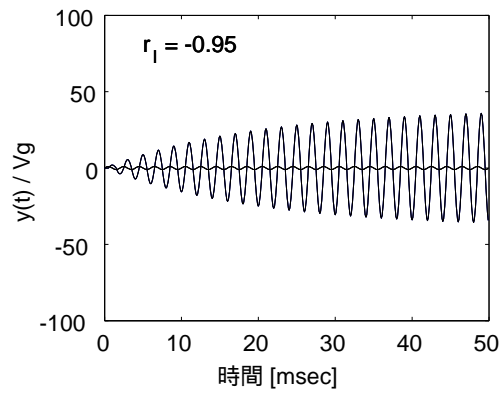


図 2.1: 開放端を持つ音響管の振動板による強制振動 ( $\tau$  は伝搬遅延時間,  $r_l, r_g$  は端面での反射係数)



(a) 理想的に開放している場合 ( $r_l = -1$ )



(b) 95%の音波が反射する場合 ( $r_l = -0.95$ )

図 2.2:  $1/4$  波長の長さを有する音響管の負荷端における粒子速度波形。  $y(t)$  は負荷端での粒子速度の瞬時値，縦軸中央付近に描かれているのはピストン振動板の振動速度  $v(t)$ 。いずれも  $V_g$  で規格化して表示。

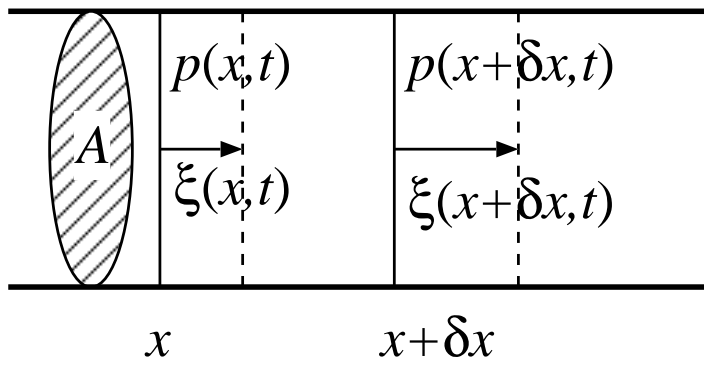


図 2.3: 平面波による微小体積部分の変位

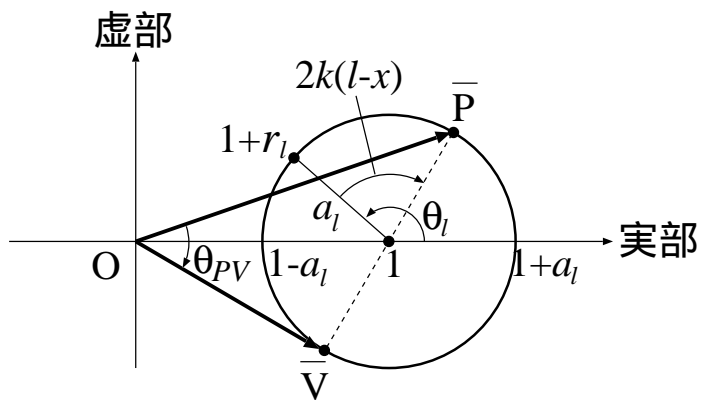


図 2.4: 音圧と粒子速度の分布を表す複素平面上の点  $\bar{P}$  と  $\bar{V}$

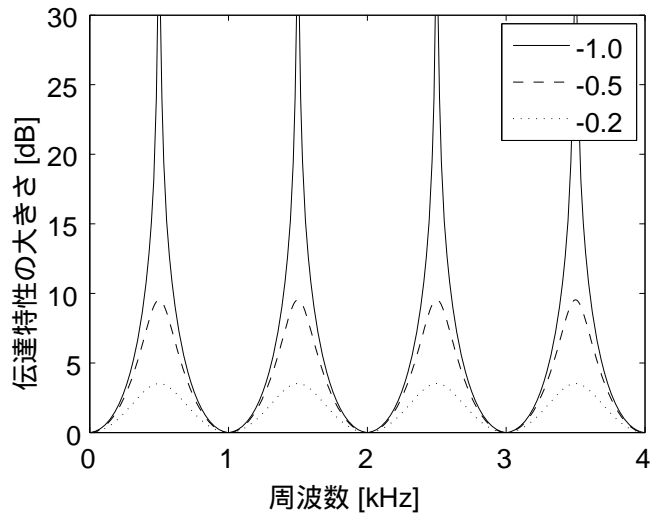


図 2.5: 終端反射係数  $r_l$  に対する伝達特性の変化。  $r_l = -1.0, -0.5, -0.2, l = 17$  cm,  $c = 340$  m/s。

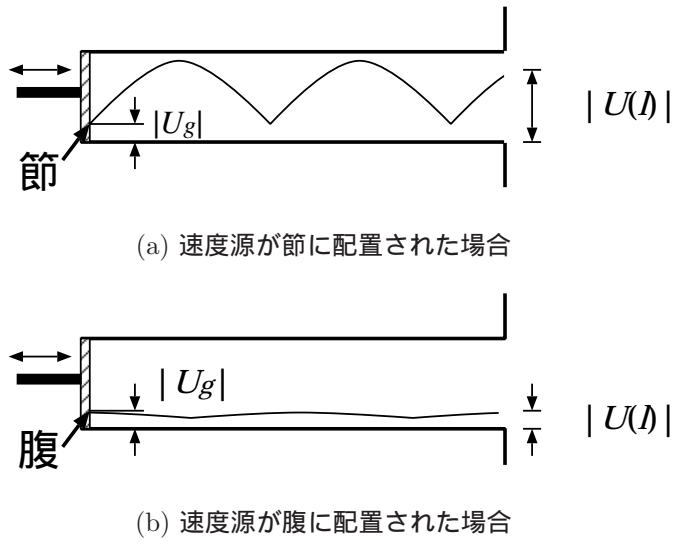


図 2.6: 粒子速度源の配置位置と負荷端での粒子速度の関係



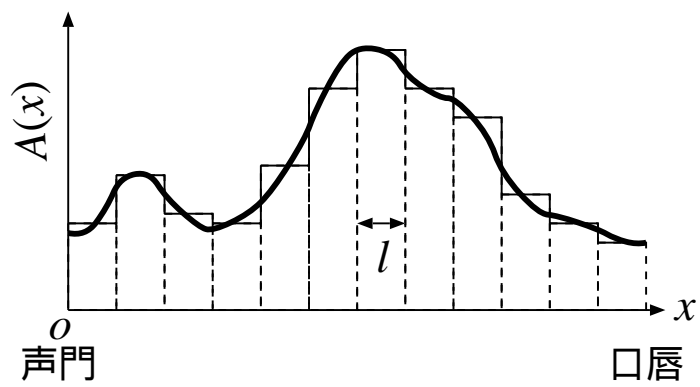
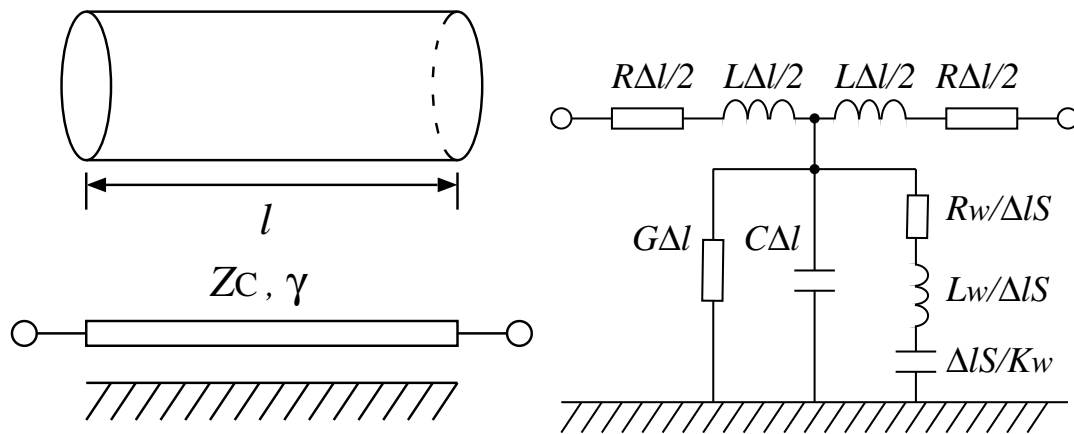


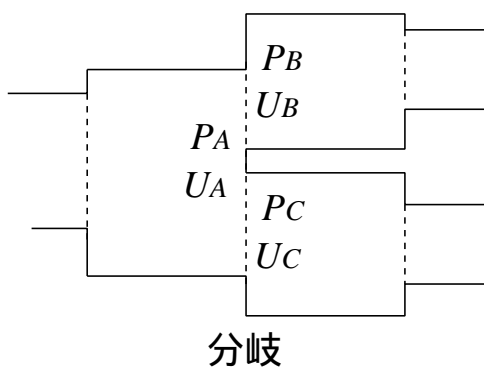
図 2.7: 声道断面積関数  $A(x)$  の階段関数による近似



(a) 伝送線路による等価回路 ( $Z_c, \gamma$  は音響管の特性インピーダンスと伝搬定数に対応)

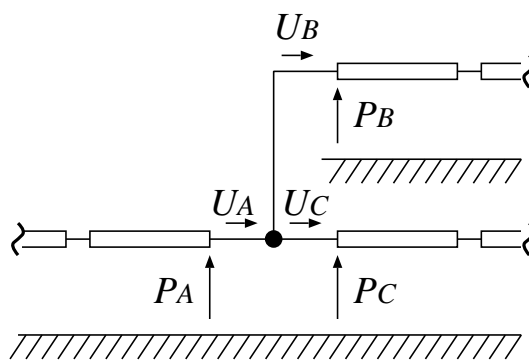
(b) 微小長  $\Delta l$  の T 形等価回路

図 2.8: 音響管の電氣的等価回路



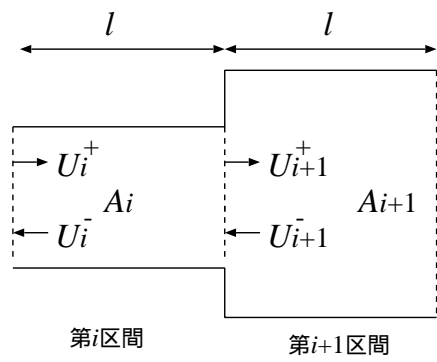
分岐

(a) 分岐のモデル

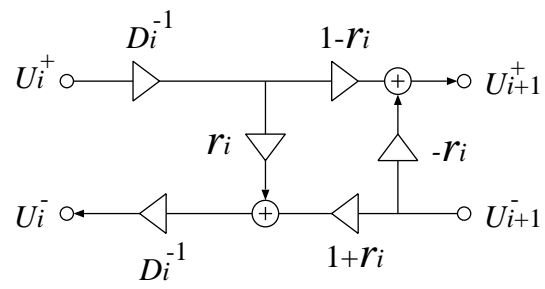


(b) 伝送線路による等価回路

図 2.9: 分岐する音響管と等価回路



(a) 隣接する音響管



(b) 体積速度のシグナルフロー

図 2.10: 隣接する音響管における体積速度の前進波, 後進波成分の表現

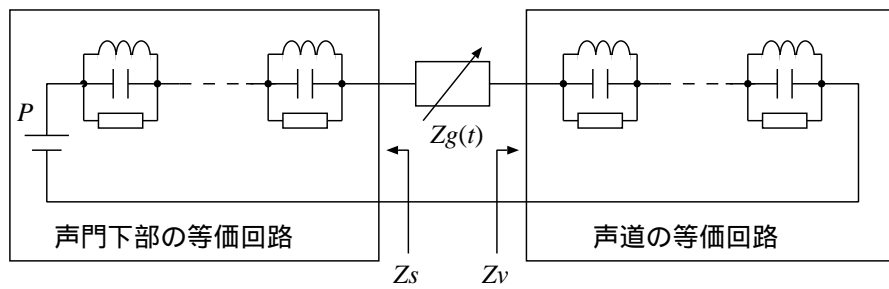


図 2.11: 声門インピーダンス  $Z_g(t)$  と声門下部インピーダンス  $Z_s$  を含む等価回路

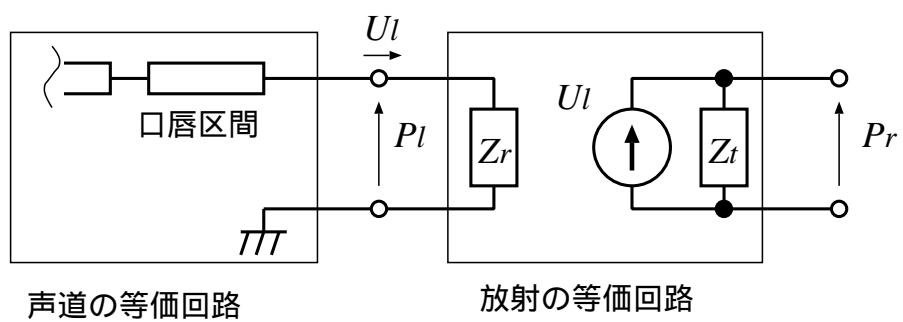


図 2.12: 放射過程の電気的な等価回路

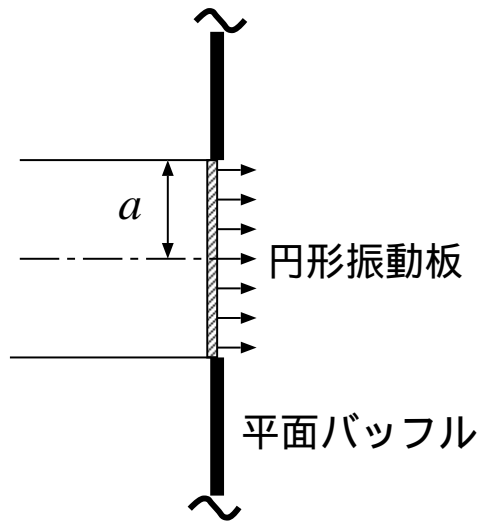


図 2.13: 無限平面バフルにセットされた円形振動板

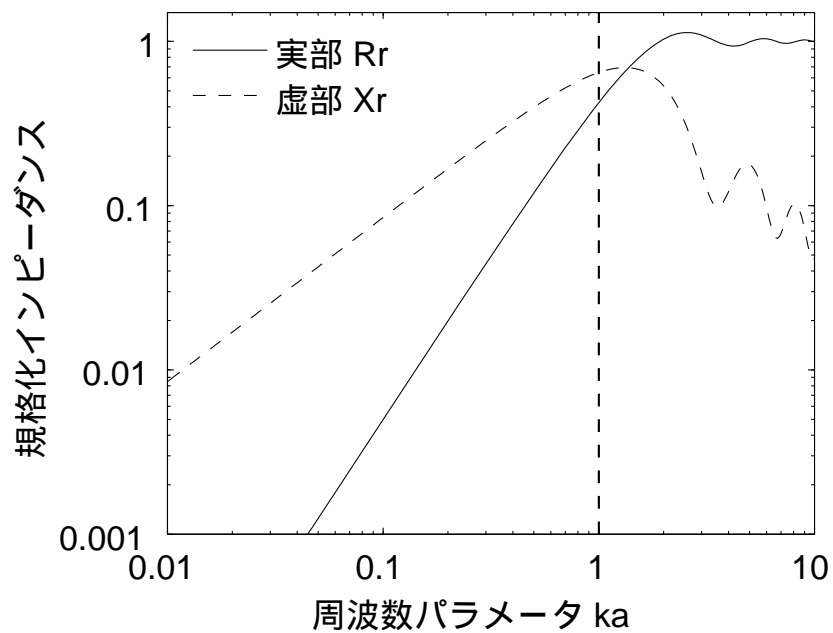


図 2.14: 無限平面バフルに設置された円形振動板の規格化放射インピーダンスの実部 ( $R_r$ ) と虚部 ( $X_r$ )。規格化定数は特性インピーダンス  $\rho c / \pi a^2$ 。  $k$  波数,  $\rho$  空気密度,  $c$  音速,  $a$  振動板の半径。



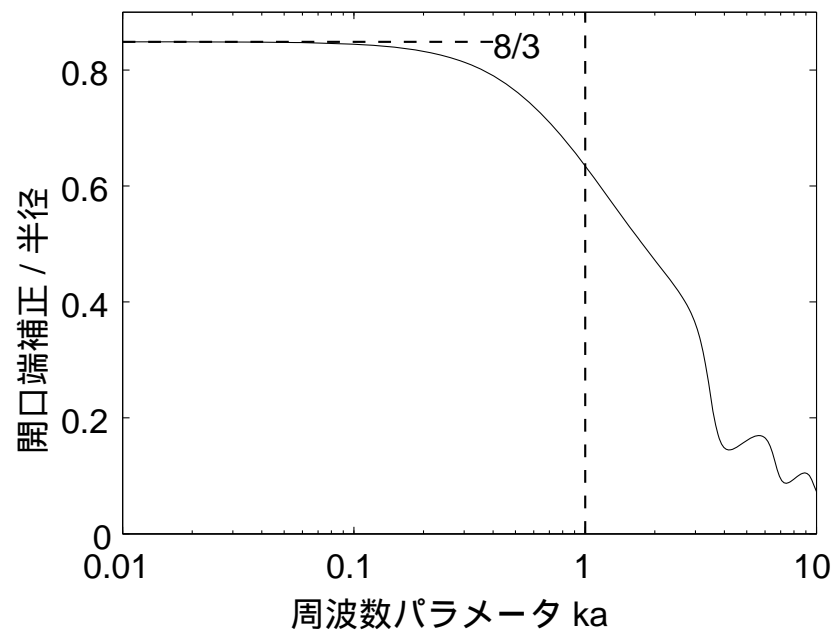


図 2.15: 円形振動板の放射インピーダンスから求められる開口端補正 (振動板の径  $a$  で規格化)

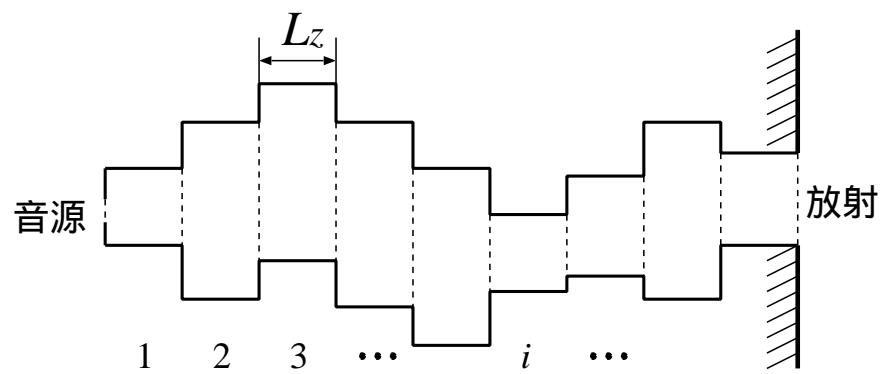


図 2.16: 声道モデルとして考える矩形管の非対称な接続

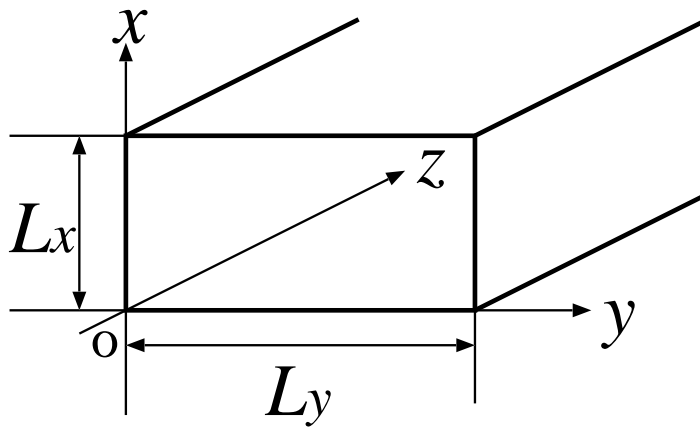


図 2.17: 矩形音響管内の座標系

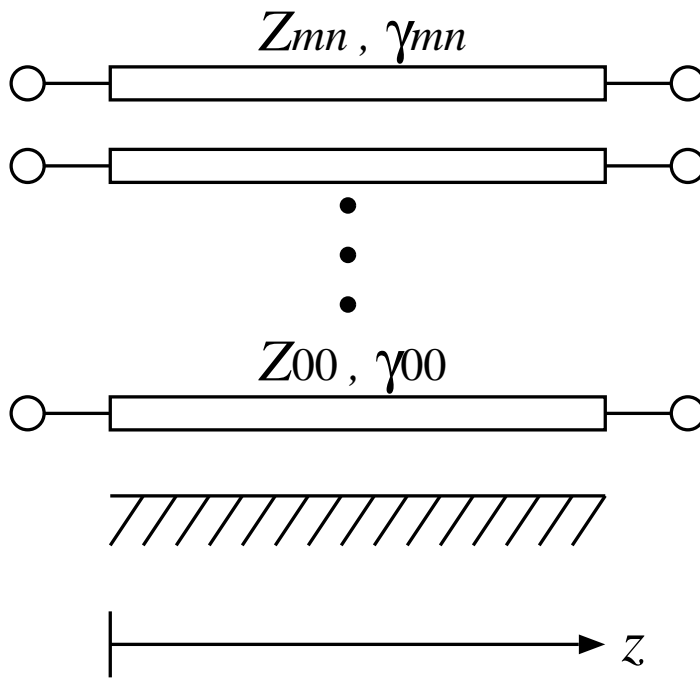


図 2.18: 高次モードを含む音響管の等価回路 (各モードに1つの線路が対応する)

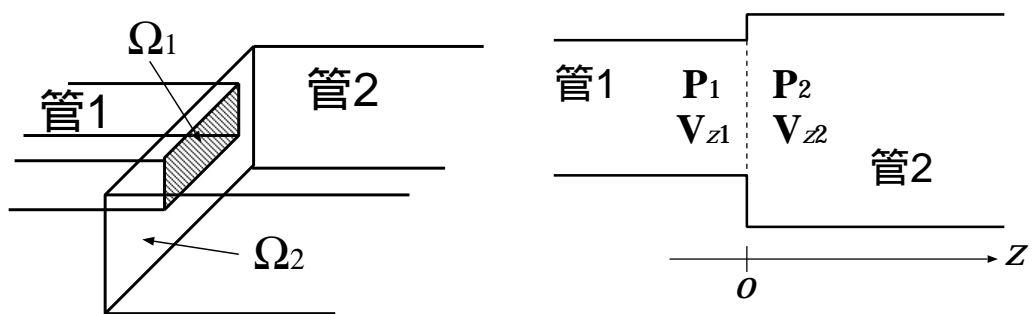


図 2.19: 非対称に接続された 2 つの音響管 (斜線部分が共通領域)

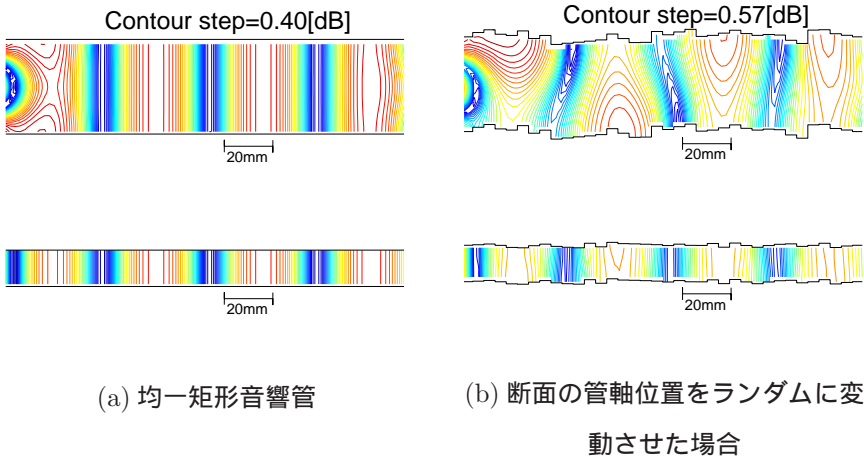
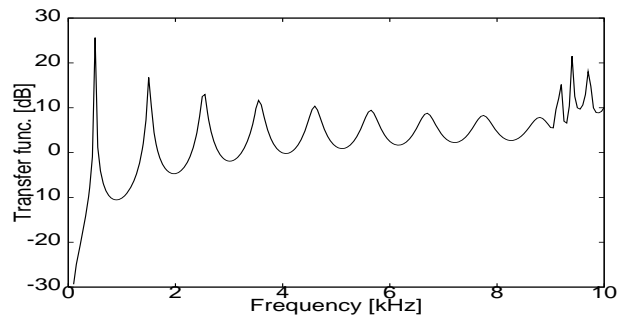
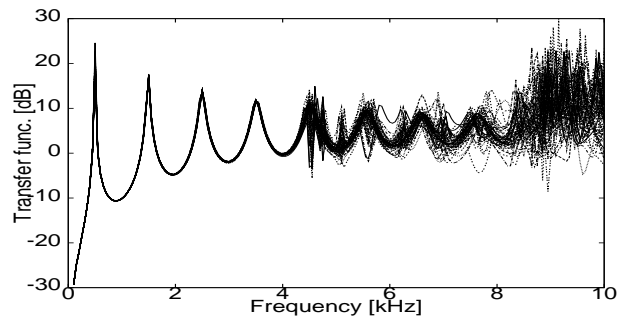


図 2.20: 左端中央部から幅 5 mm のスリット状の速度源で駆動した場合の音圧分布 (4 kHz)。(a),(b) の各図で上が水平断面 ( $y-z$  面), 下が垂直断面 ( $x-z$  面) を表す。

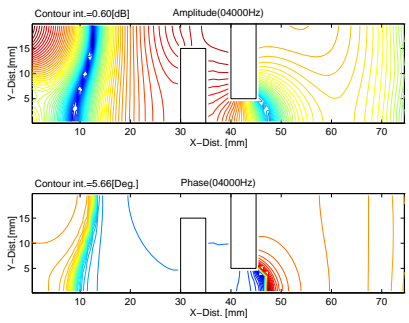


(a) 均一な矩形音響管

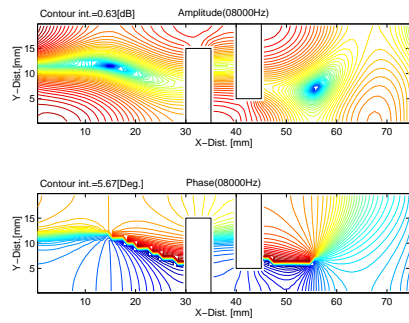


(b) 管軸位置に変動のある多区間の音響管

図 2.21: 管軸にランダム変動を与えた場合の伝達特性の変動 (50 セットの音響管を構成して重ね書きしたもの)



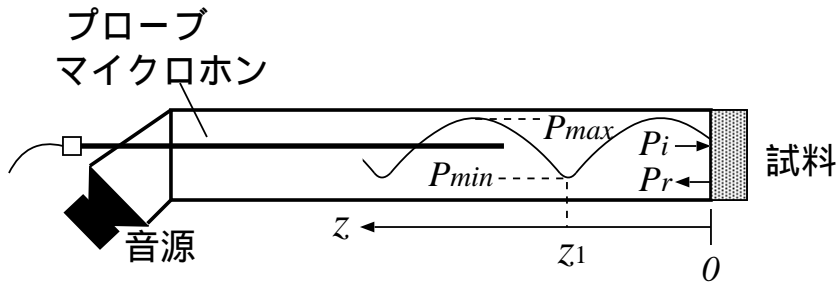
(a) 4kHz



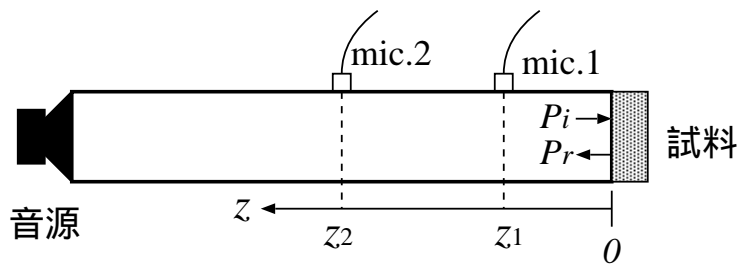
(b) 8kHz

図 2.22: 歯列咬合を模擬したスリット間の音圧分布 (上図:振幅, 下図:位相)





(a) 定在波法



(b) 伝達関数法

図 2.23: 音響管を用いたインピーダンス測定

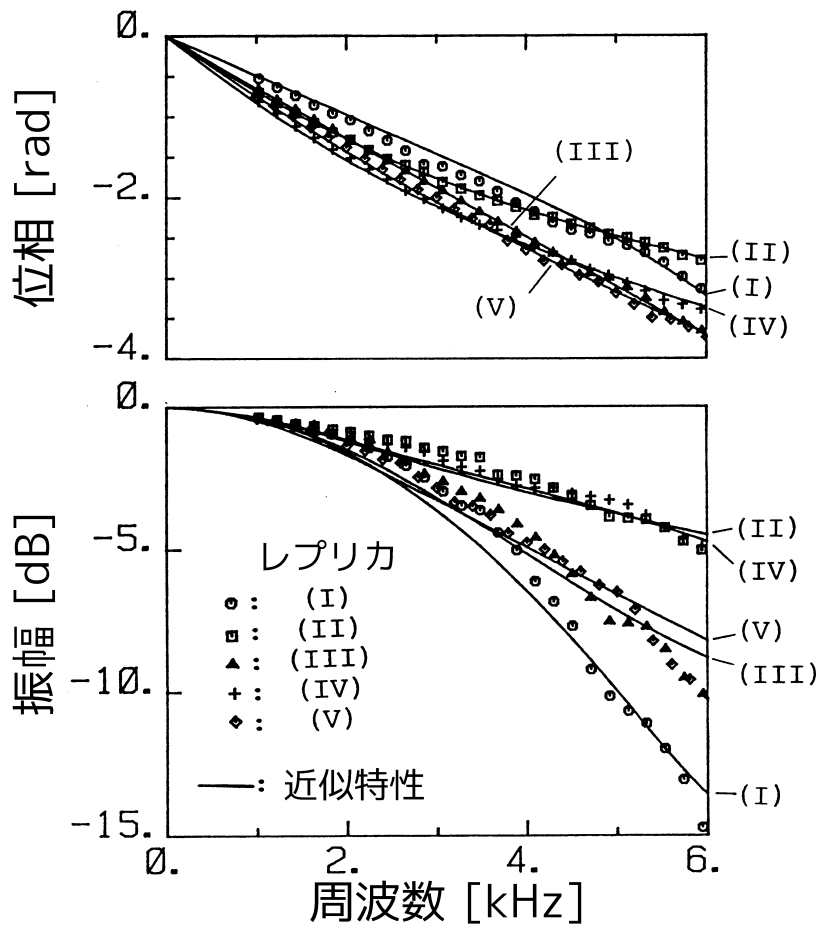


図 2.24: 口唇端反射係数の周波数特性。シンボル:/a/(I,III,IV,V),/u/(II) 発話時のレプリカを用いた測定値, 実線:付加的な 1 区間による近似特性。位相特性は  $\pi$  だけシフトして描かれている (0 Hz で反射係数の値は-1 となる)。

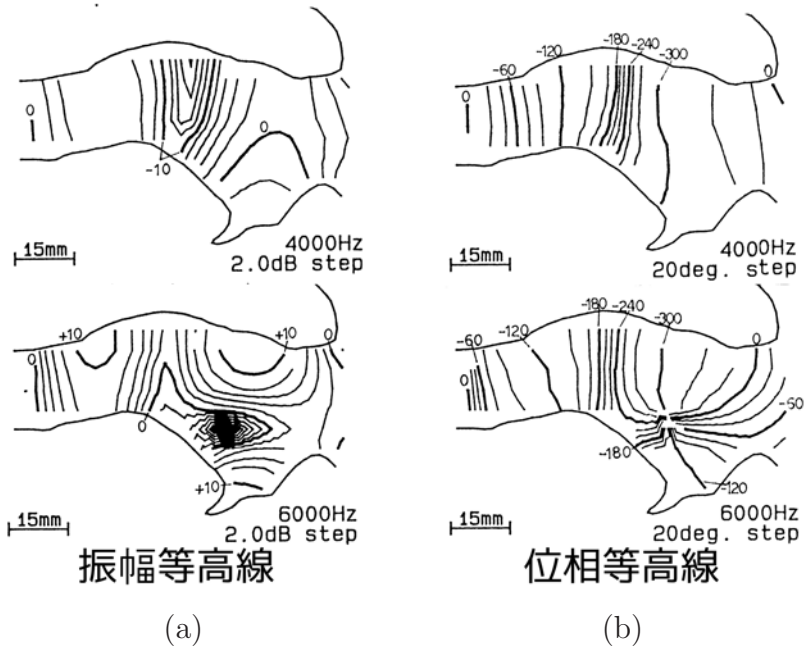
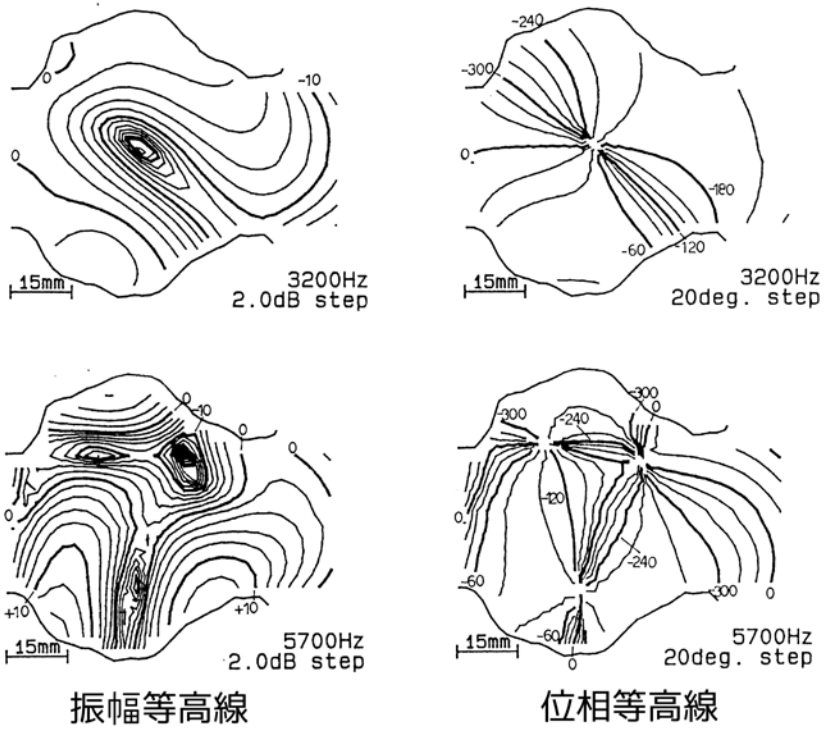


図 2.25: 口腔部レプリカ内部の正中矢状面での音圧分布



(a)

(b)

図 2.26: 口腔部レプリカ内部の水平面での音圧分布