

マイクロホンの一般論 ～基本原理を知り制作に生かす～

溝口 章夫

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

1. 業務用マイクロホンの種類

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

1. 業務用マイクロホンの種類

◆ 業務用マイクロホンの種類

- ダイナミックマイクロホン(動電型変換器)
 - ◆ 自ら発電して電気信号に変換(電源が不要)
- コンデンサーマイクロホン(静電型変換器)
 - ◆ 一般に電源が必要
 - ◆ エレクトレットマイクロホン
(民生用に多用されている)

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

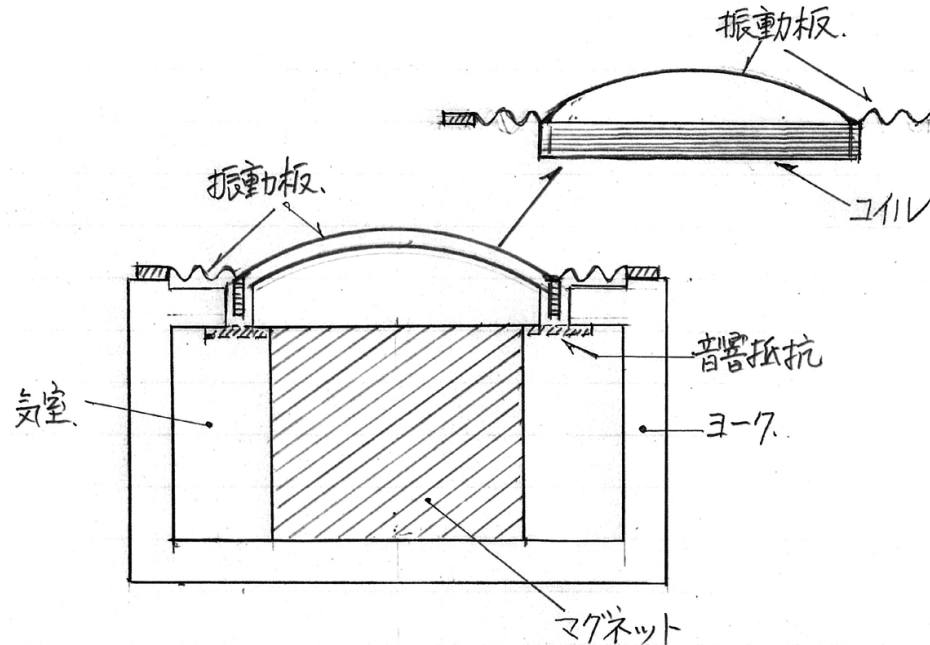
2. 電気信号への変換の仕組み

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

2. 電気信号への変換の仕組み

(1) ダイナミックマイクロホン

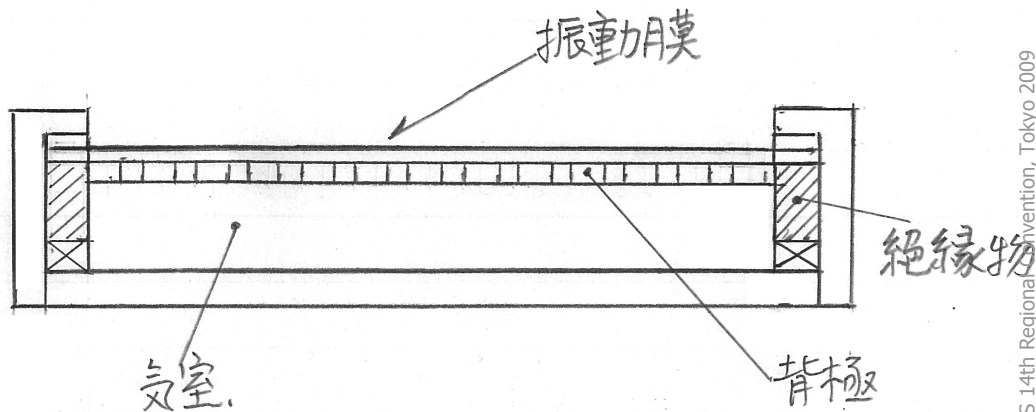
- ◆ 電気信号に変換するためのコイルは振動板に固定
- ◆ コイルはリング状の磁極空隙に挿入
 - 空隙にはコイルに直交する磁力線



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

(2) コンデンサマイクロホンの基本構造

- ◆ 振動膜と背極とが狭いギャップで対抗する構造
 - 膜と背極との間に静電容量が形成
- ◆ 振動膜と背極の間隔: $30\text{--}80\text{ }\mu\text{m}$
- ◆ 振動膜の上下振動→膜と背極の間隔が変化→容量変化
- ◆ 容量変化が電圧変化となり信号電圧として取り出す



コンデンサマイクロホンの基本構造

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

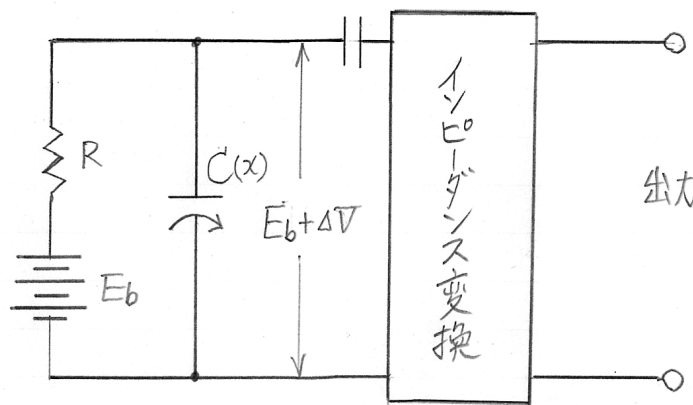
コンデンサマイクロホンにおける信号の変換方式

- ◆ 直流バイアス方式
- ◆ エレクトレット方式
- ◆ 高周波を用いた発振検波方式

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

直流バイアス方式

- ◆ 成極用直流バイアス電圧 E_b
 - 変換器の振動膜と背極の間に電荷を蓄えるため
- ◆ $C(x)$: バイアス電圧により一定の電荷が蓄えられる
- ◆ 振動膜の静止状態: 静電容量 $C(x)$ の両端の電圧 $= E_b$



直流バイアス方式の構成図

$R: 1,000\Omega$
 $\sim 2,000\Omega$

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

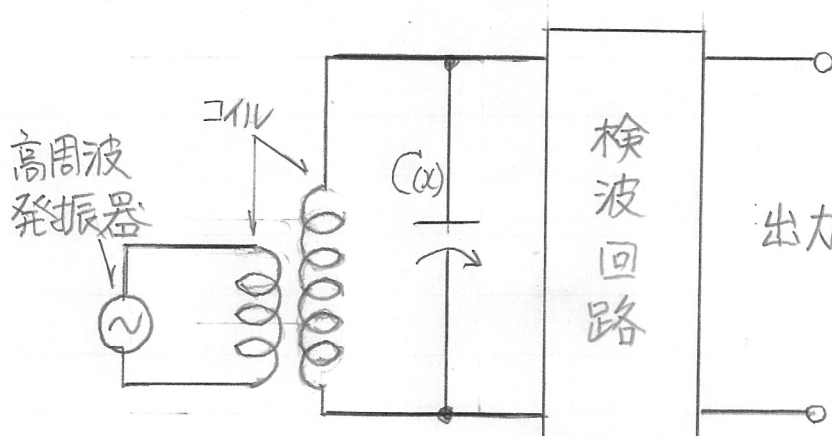
エレクトレット方式

- ◆ 電極に半永久的に電荷を蓄える
 - バイアス電圧を加える必要なし
- ◆ 実用化の初期
 - プラスチック振動膜に電荷を蓄えた（振動膜エレクトレット）
- ◆ 現在
 - 背極に電荷を蓄える方式（バックエレクトレット）が主流
- ◆ FETを用いたソースフォロアー回路を組み込むだけでよい
 - 民生用に多用されている
 - ただしFETの回路を働かせるための電源は必要

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

発信検波方式

- ◆ 変換器の静電容量とコイルとで並列共振回路を構成
- ◆ コイルに高周波発信器を電磁的に結合し共振回路に電流を流す
- ◆ この状態で $C(x)$ の両端電圧を検波し出力を取り出す

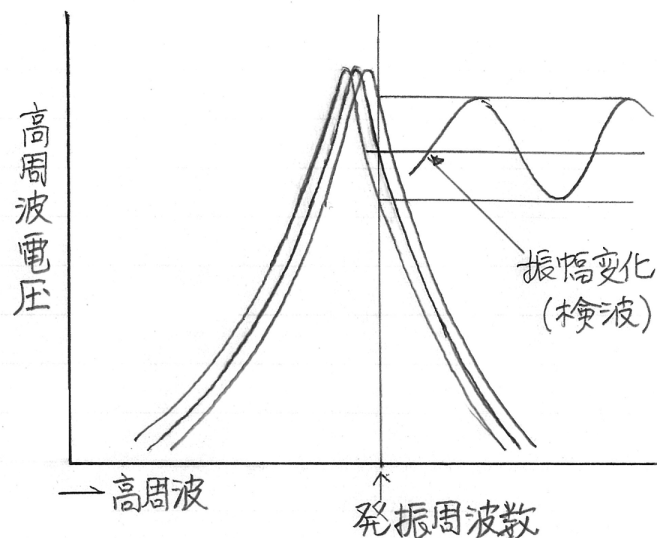


発信検波方式の基本回路

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

発信検波方式の検波の仕組み

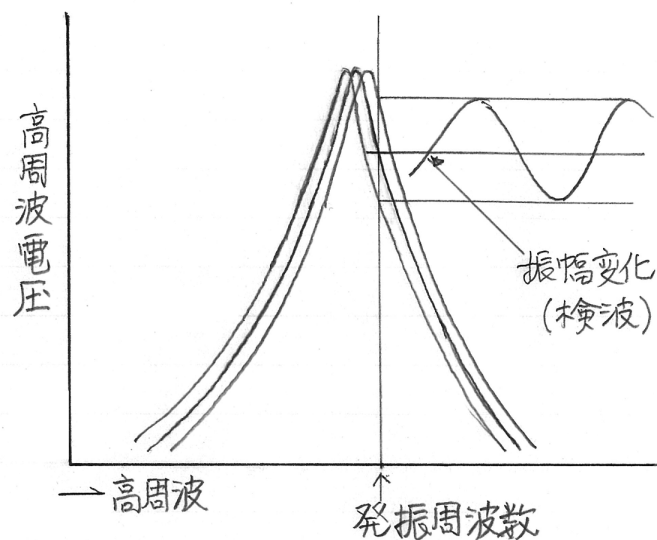
- ◆ 振動膜の振動により静電容量が変化
→ 共振周波数が変化
- ◆ 並列共振回路両端の高周波電圧が変化



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

発信検波方式の利点

- ◆ 電極間に電荷を蓄えないので吸引力が発生しない
 - 振動膜の張力を自由に設定可能
- ◆ 電気回路の雑音を小さくすることが可能
 - マイクロホンカプセルの雑音は変化なし



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

3. 指向性

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

3. 指向性

◆ マイクロホンの指向性の4タイプ

- (1) 圧力型(全指向性)
- (2) 音圧傾度型(両指向性)
- (3) 音圧傾度型と圧力型の組み合わせ
(単一指向性など)
- (4) 波動型(よりシャープな指向性)

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

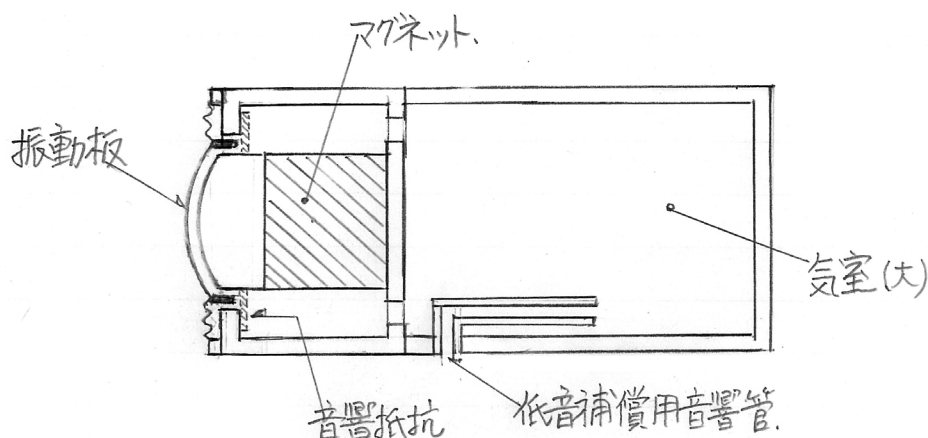
(1) 圧力型(全指向性收音)

- ◆ 理論的には音場内の一点の音圧(圧力変化)のみに感ずる、マイクロホン
→「圧力型マイクロホン」
- ◆ 音波がどの方向から来ても距離が同じであれば同じ音圧
→全指向性となる
※かつては「無指向性」と呼ばれていたが、
現在は、指向性とは感度を持つ方向の性質を表すもの
であることから、全指向性と呼ばれている
- ◆ 全指向性は振動膜の前面のみに音波を加えることで実現
- ◆ 具体的な構造について以下解説

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁ずる。

全指向性ダイナミックマイクロホンの基本構造

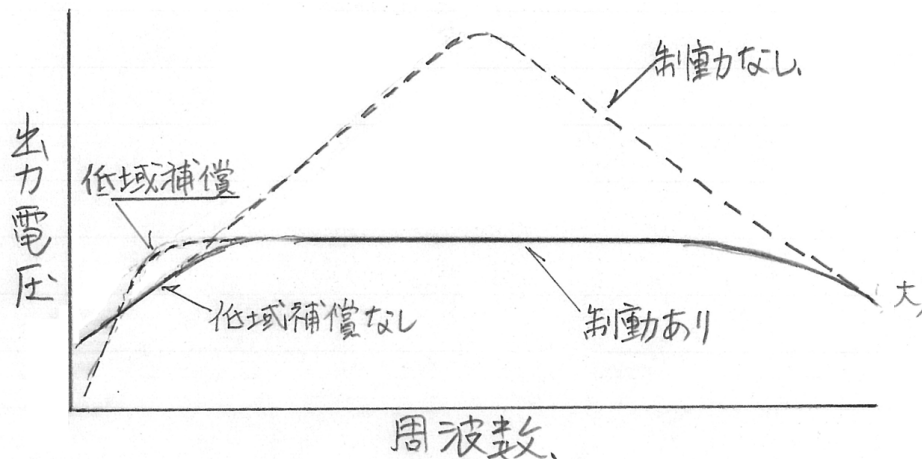
- ◆ 振動板の後方を小さい気室で閉じると中低域の感度が著しく低下
- ◆ 振動板後方の大きな気室内の空気の弾性と、振動板及び付随する音響的な質量とで共振を生じ、周波数特性が中域に山のある特性
- ◆ 振動板と気室の間に音響抵抗を挿入し、共振を著しく制動して平坦特性を得る



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁ずる。

全指向性ダイナミックマイクロホンの基本構造

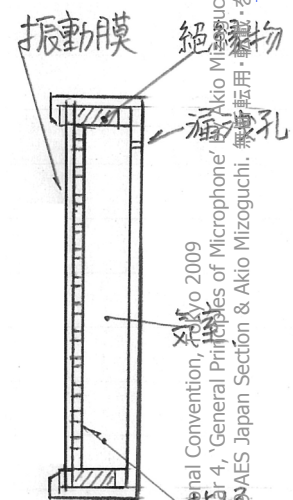
- ◆ 気室内の空気の弾性と、振動板及び付随する音響的な質量とで共振を生じ、共振周波数を中域に設定
(振動板の後方を小さい気室で閉じると共振周波数が高域に移動し、中低域の感度が低下)
- ◆ 振動板と気室の間に音響抵抗を挿入し、共振を著しく制動して平坦特性を得る



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

全指向性・コンデンサマイクロホンの基本構造

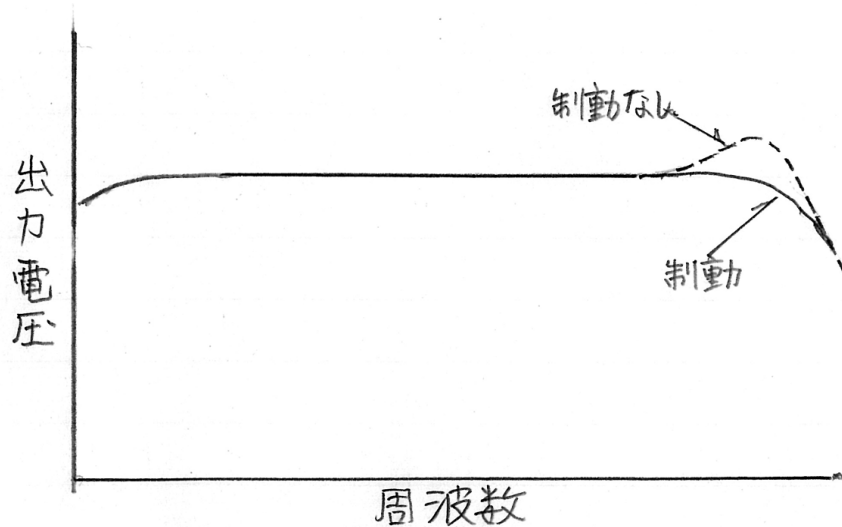
- ◆ 背極の後部を小さな気室で閉じる構造
- ◆ 振動膜の背面を密封すると、外気圧の変化で振動膜の位置が不安定になる
 - 振動膜や気室に極めて小さな穴(漏洩孔)をあけ空気を漏らす



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

圧力型・コンデンサマイクロホンの基本特性

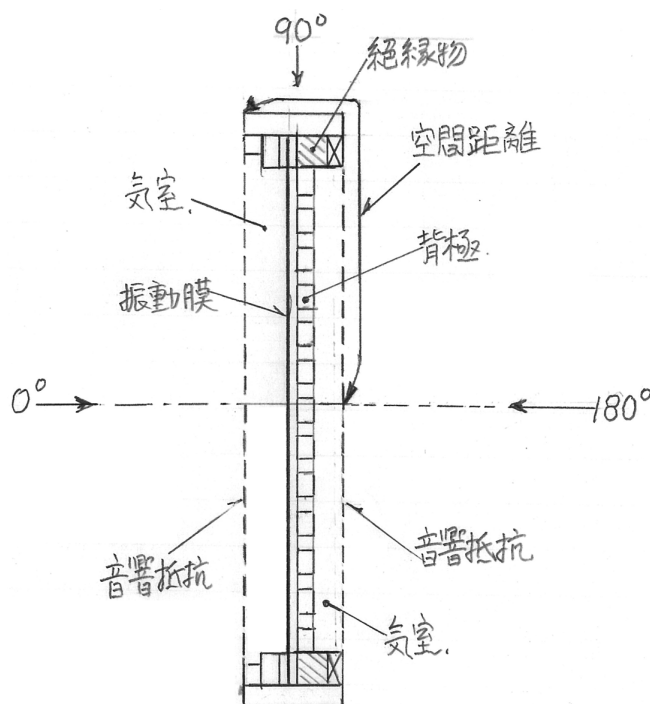
- ◆ 気室内空気の弾性と振動膜質量との共振
→ 高い周波数で特性にピーク
- ◆ 空気の粘性抵抗などで制動



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

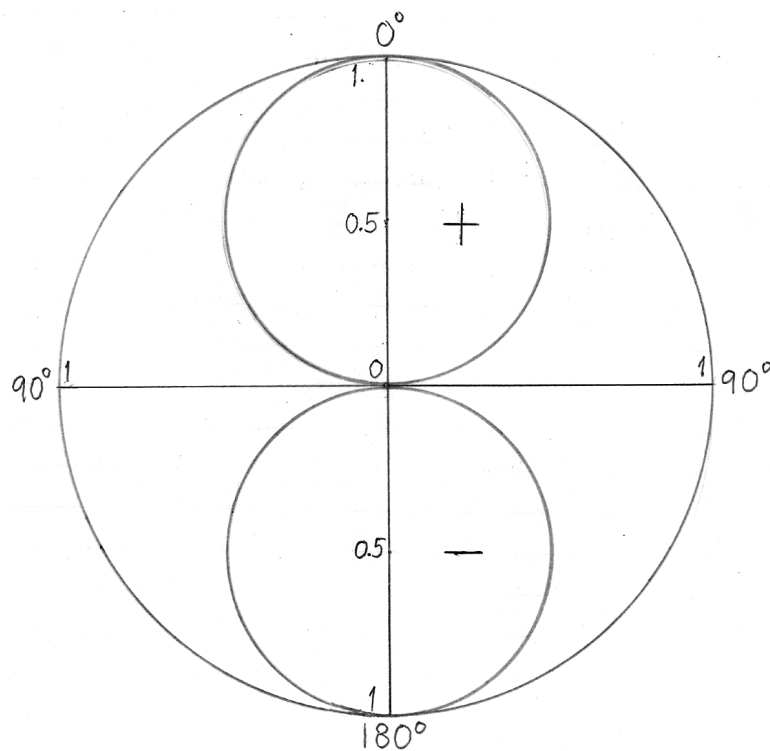
両指向性・コンデンサマイクロホンの基本構造

- ◆ 背極には音波を通すように多数の小穴



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

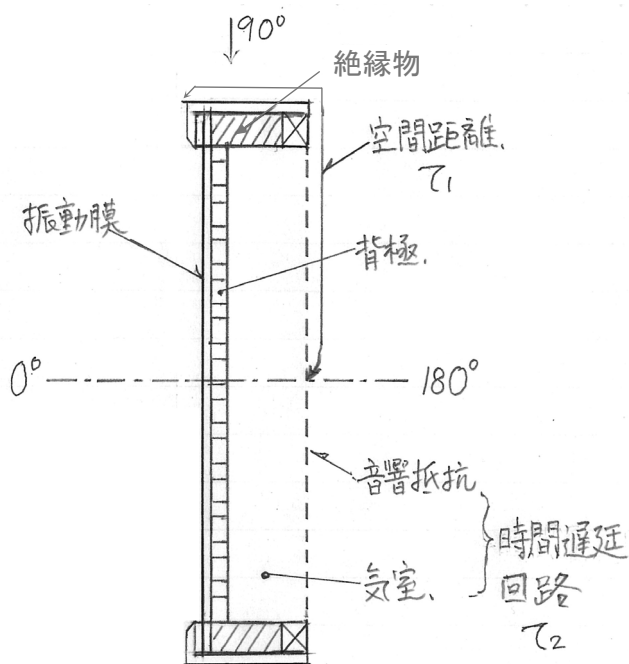
両指向性の指向性パターン



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

音圧傾度型と圧力型の組み合わせ

◆ コンデンサマイクロホンの例

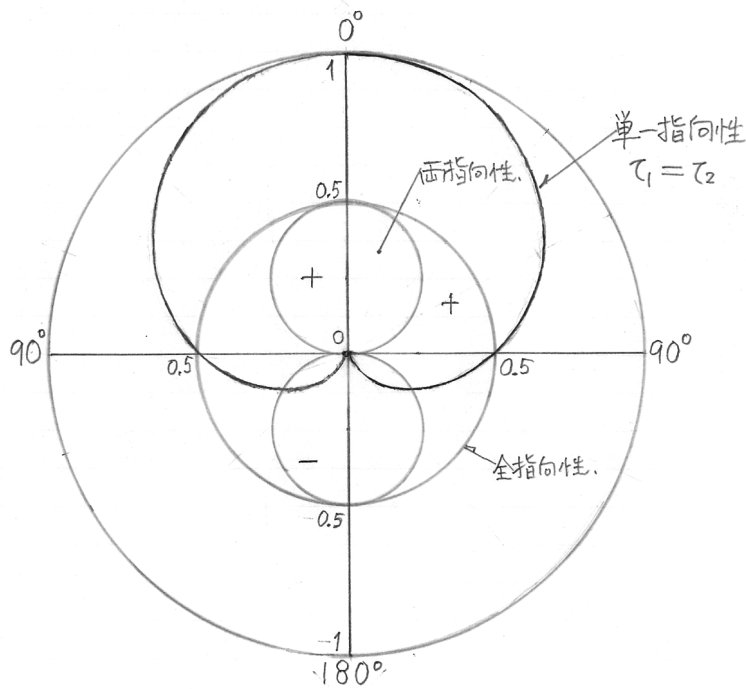


単一指向性静電型変換器の基本構造

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

音圧傾度型と圧力型の組み合わせ(続)

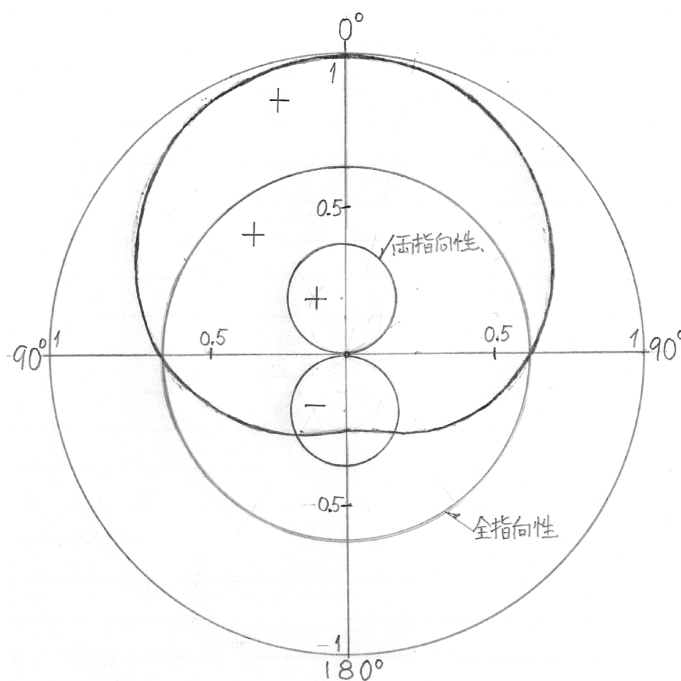
◆ $\tau_1 = \tau_2$ の場合: 単一指向性



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

音圧傾度型と圧力型の組み合わせ(続)

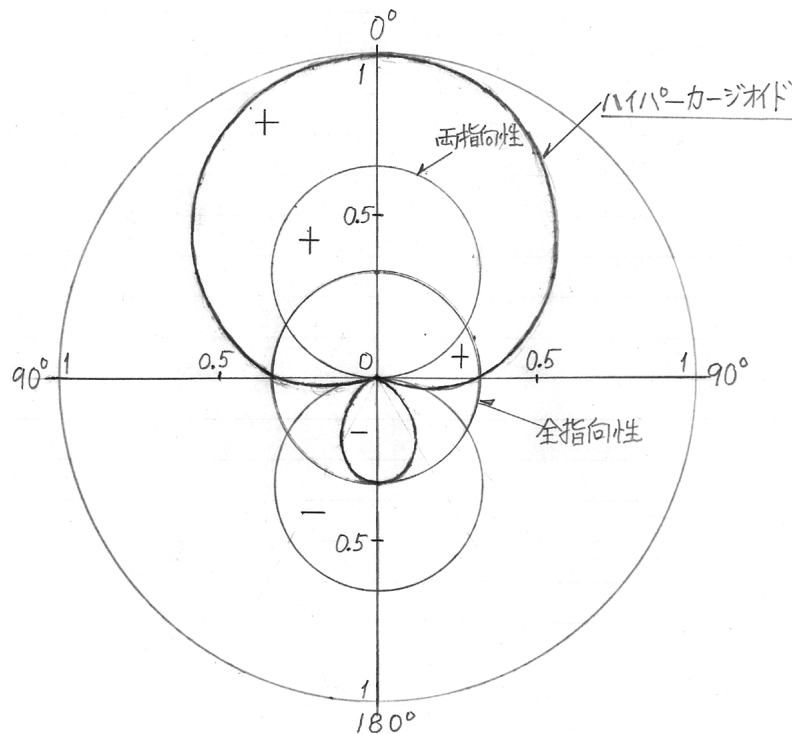
◆ $\tau_1 < \tau_2$ の場合: 全指向性に近づく



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

音圧傾度型と圧力型の組み合わせ(続)

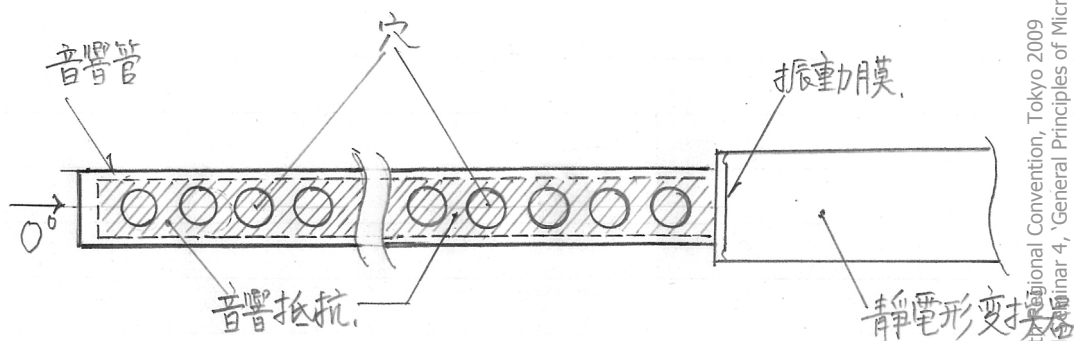
◆ $\tau_1 > \tau_2$ の場合の例: ハイパーカーディオイド



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

波動型(よりシャープな指向性)

- ◆ 一般にはラインマイクロホンと呼ばれる
- ◆ 直径1cm程度の細長い音響管の側面に多数の小穴もしくはスリット:ここに音響抵抗を貼り付け
- ◆ 管の先端は閉じる場合が多い

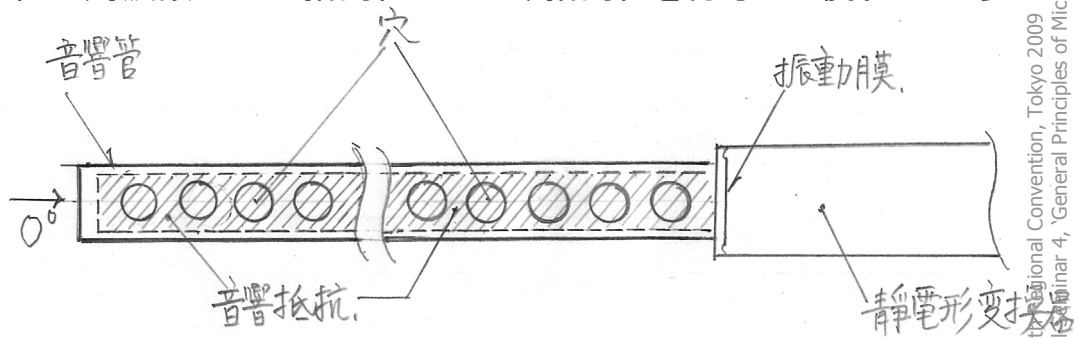


波動型ラインマイクロホンの基本構造

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

波動型(よりシャープな指向性)

- ◆ 正面方向:
 - 各穴から入った音波は振動膜面上で全て同相で合成
- ◆ 横方向:
 - 各穴から振動膜までの距離が異なる
→ 位相差により振動膜面上での音圧が正面よりも小
- ◆ 後方:
 - 各穴に入る音波の空間距離による位相差も加わる(横方向の2倍)
- ◆ 低い周波数では全指向性のため、指向性を付与して使うことが多い

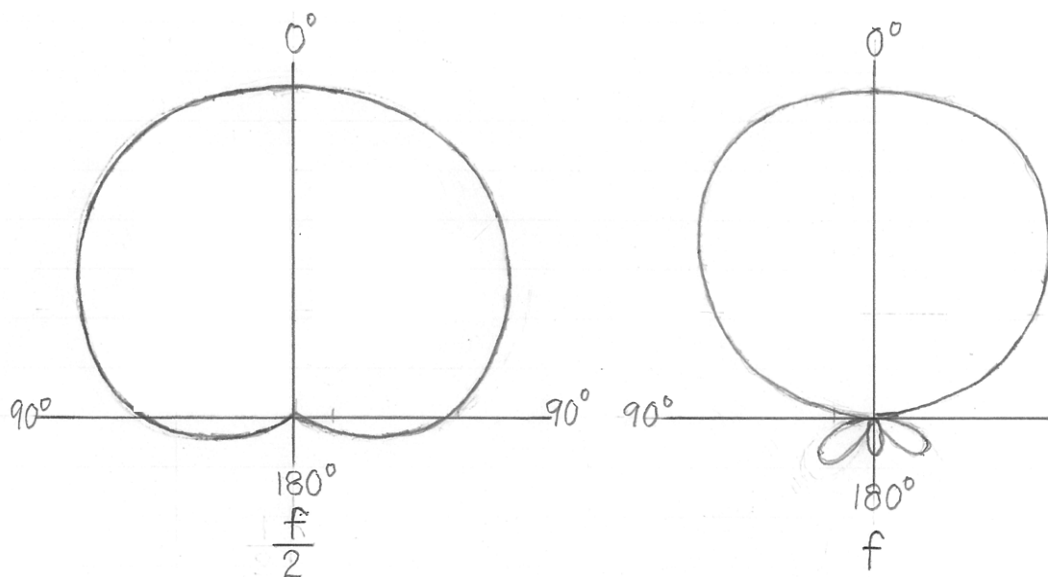


波動型ラインマイクロホンの基本構造

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphones' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

波動型ラインマイクロホンの指向性

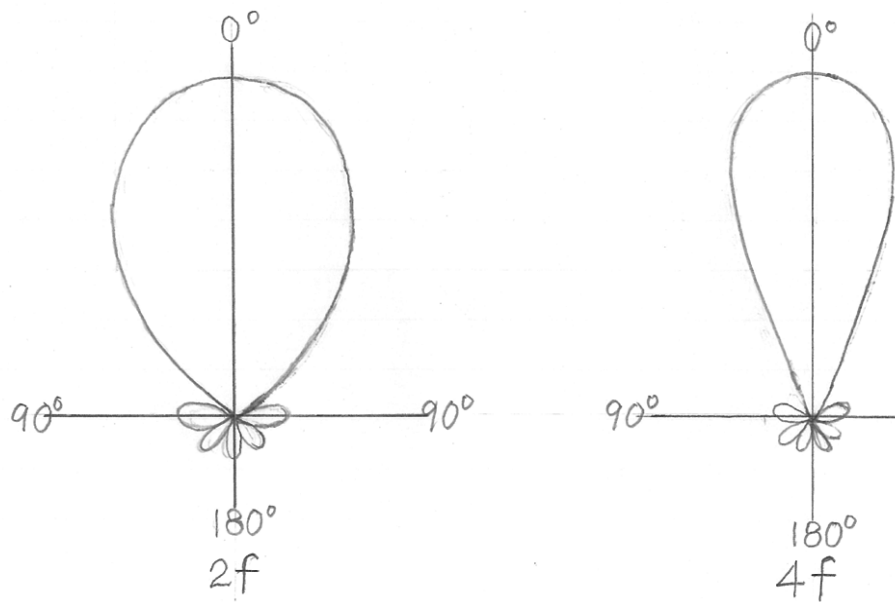
- ◆ 高い周波数ほどシャープな指向性



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphones' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

波動型ラインマイクロホンの指向性(続)

◆ 高い周波数ほどシャープな指向性



AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

4. マイクロホンの感度と 雑音の表示

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

4. マイクロホンの感度と雑音の表示

◆ 感度表示

- 1kHzで1Pa(パスカル)の強さの音圧を加えたとき、出力に生ずる電圧
- 1Vを0dBとしてデシベル値で表示される

◆ 1Paの音圧: 音圧レベルで表すと94dBSPL (音圧レベルの0dB: 2×10^{-5} Pa)

- 以前はCGS単位系の 1μ barの音圧レベルでも測定
- 1μ barの音圧レベル: 74dB 感度も20dB低く表示

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。

マイクロホンの固有雑音

◆ 発生源によって2種類に分類

- 電気系雑音: 電気回路から発生
- 音響機械系雑音: 変換器で用いる音響抵抗から発生

◆ 固有雑音の表示

- 出力に生ずる雑音を、A特性を重み付けし、マイクロホンへの入力音圧レベルに換算した等価音圧レベルで表示。
- マイクロホンの位置に、雑音の等価な音圧が存在すると考えればよい

AES 14th Regional Convention, Tokyo 2009
Tutorial Seminar 4, 'General Principles of Microphone' by Akio Mizoguchi.
Copyright 2009 AES Japan Section & Akio Mizoguchi. 無断転用・転載・を禁じる。