

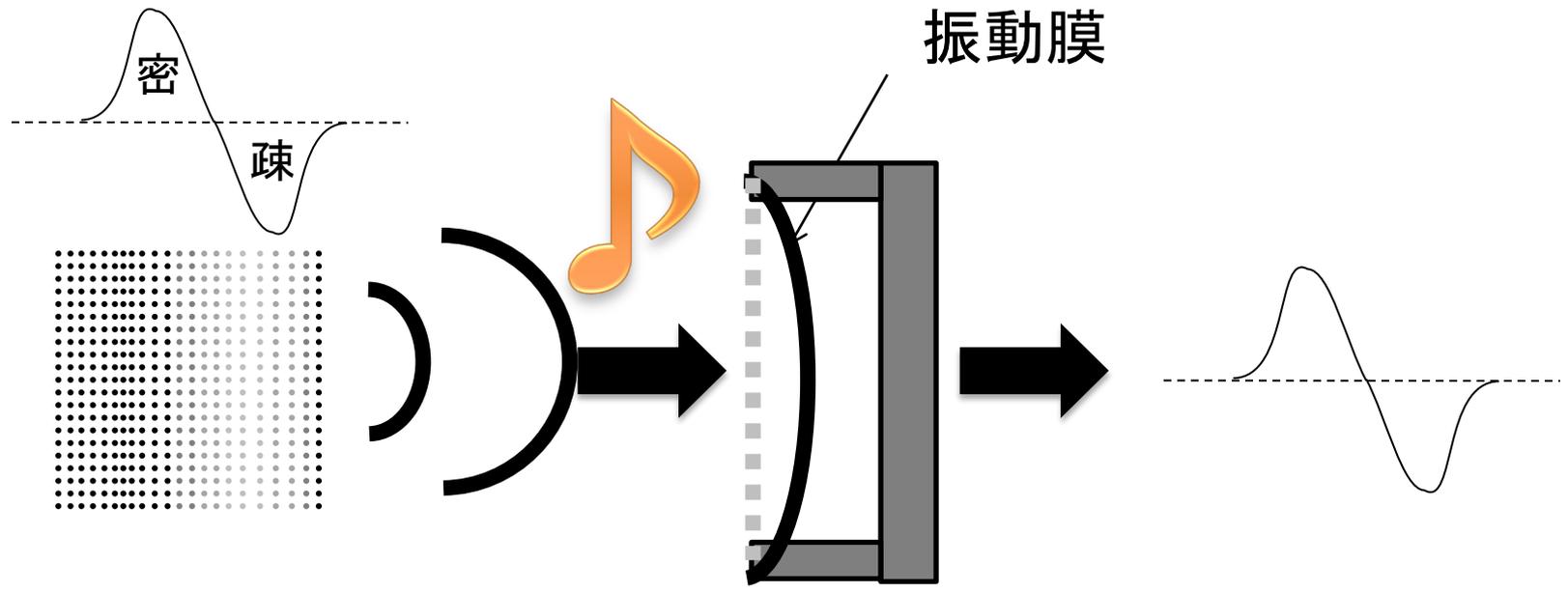
# マイクのキャリブレーションって どうやるの？

## A. 執筆担当

NHK技研 大出訓史

NHK-ES 小野一穂

# マイクロホン(以下、マイク)とは？

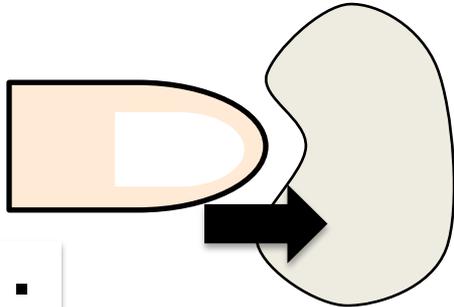


- ・音波(気圧の変化)を電気信号に変換する機器
- ・音波→振動膜の動き→電気信号の2段階で変換される

それぞれの変換はどうなっているか？

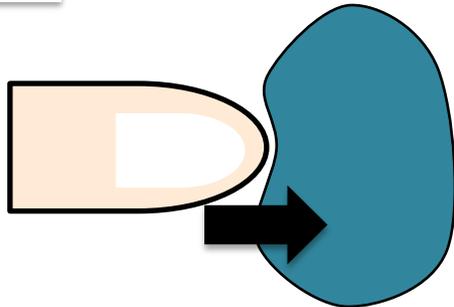
# 音波から振動膜の動きに変換

・空気の中でものを変形させている。例えていえば・・・



パン生地など  
柔らかいものは、  
大きく凹む

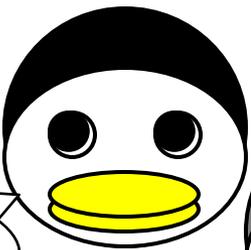
同じ力(圧力)で押しても・・・



粘土など  
柔らかくないものは、  
あまり凹まない

彼女が押したら、  
お餅は5cm凹んだぞ

ぼくが押しても1cm。  
僕の力は5分の1だな



わたしが押しても、  
粘土は1cmしか凹まないわ

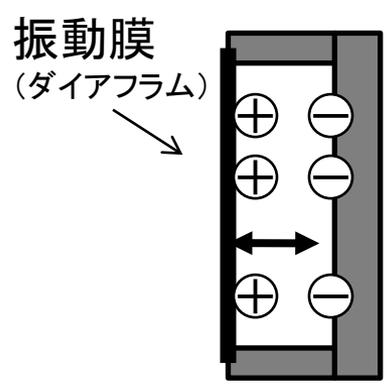


彼が押しても、2mm  
しか凹まないはずね

振動膜の動きやすさはマイクによって違う

# 振動膜の動きから電気信号への変換

## ・コンデンサマイクを例に説明



振動膜と固定電極によりコンデンサを構成  
静電容量に応じた電荷を蓄積



振動膜の振動により膜と電極の距離が変化



静電容量※の変化より、電圧が変化し、  
振動膜の振動に応じた電気信号を発生

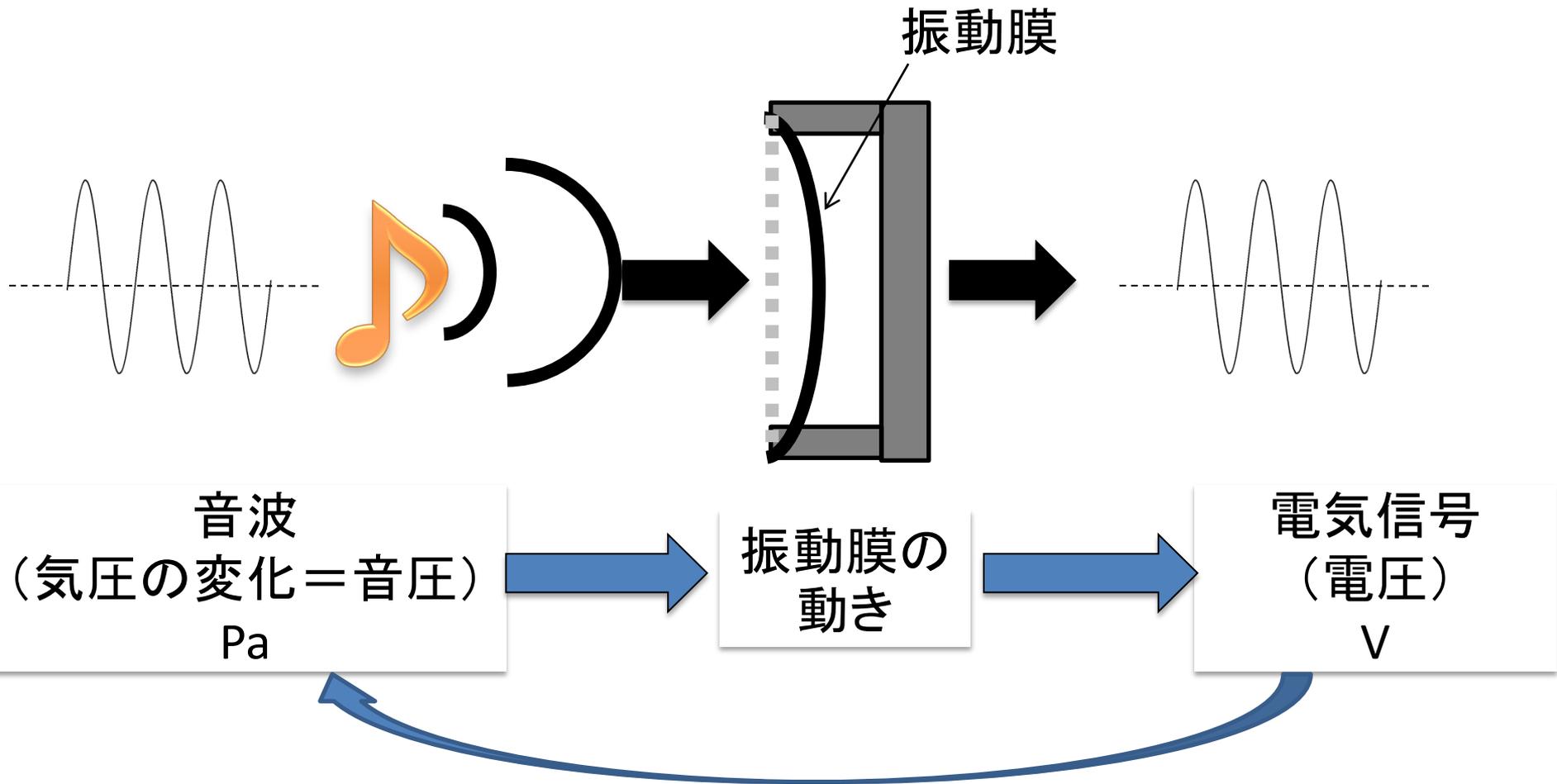
※振動板の面積や膜と電極の距離に異存

静電容量が大きいほど、電気信号の変化も大きい

コンデンサマイク

振動膜の動きで生ずる電圧はマイクによって違う

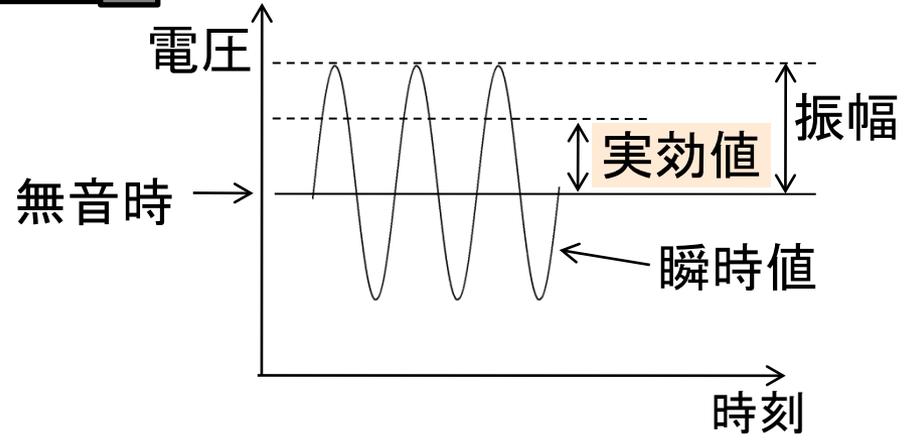
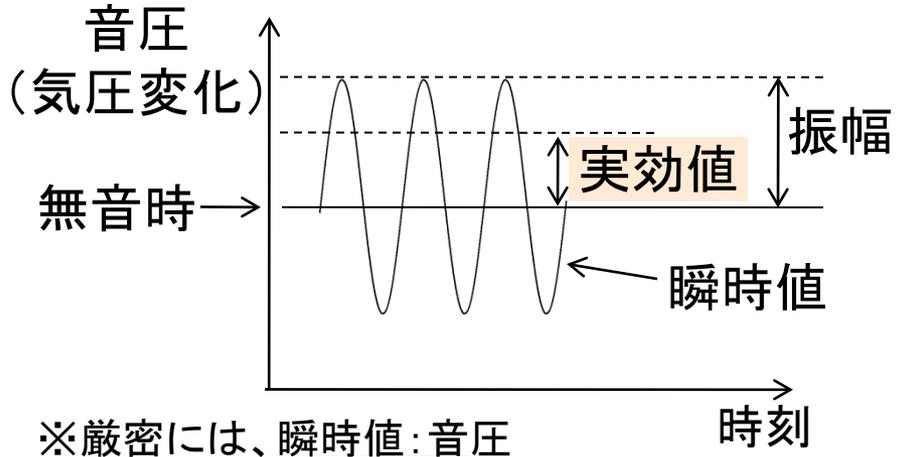
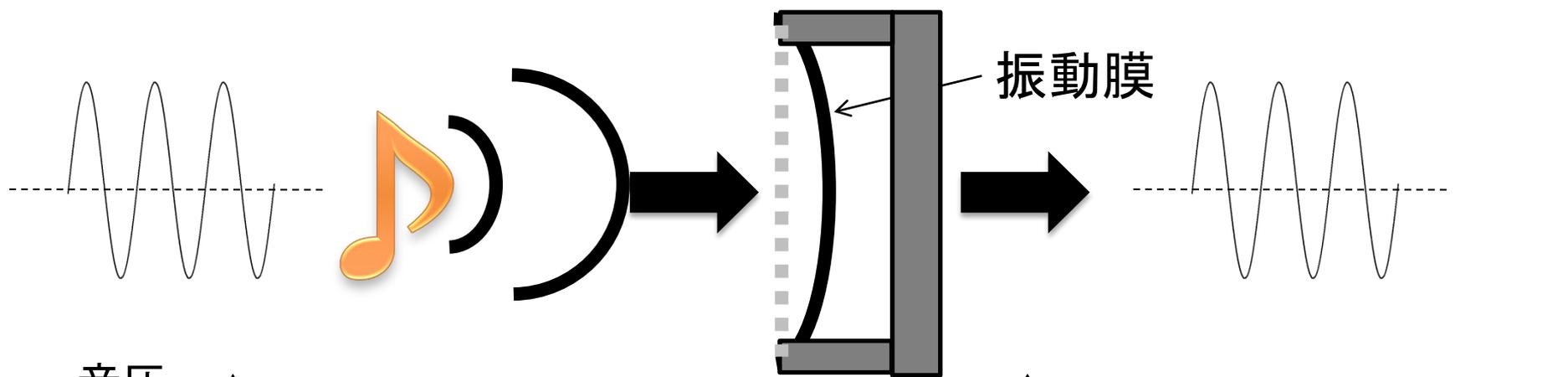
# マイク(マイクロホン)の感度とは？



音圧と電圧の関係を規定するのが「感度」

感度レベルとしてdB (V/Pa)で表記

# 音圧や電圧は通常実効値で表す(本資料もこれに従う)

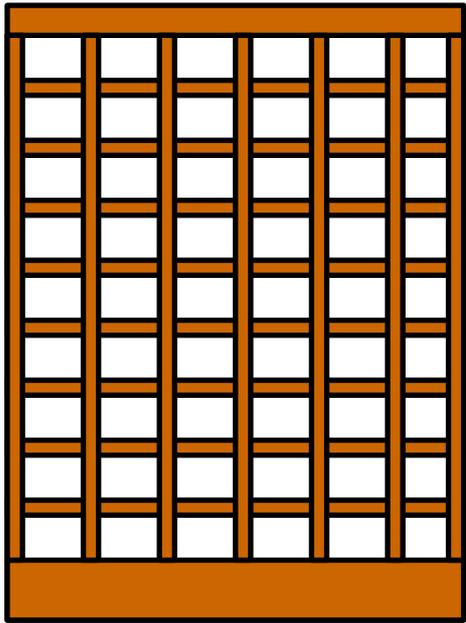


※厳密には、瞬時値: 音圧  
実効値: 音圧レベル(dBで表示)

実効値 (RMS): 振幅  $\times \frac{1}{\sqrt{2}}$  ←  $\left( = \sqrt{\int_0^T \text{振幅}^2 \times \sin^2 2\pi \frac{t}{T} dt} \right)$

2乗平均の平方根  
(T: 周期、t: 時刻)

# マイク感度は一定？



和室にある障子を例にとると・・・

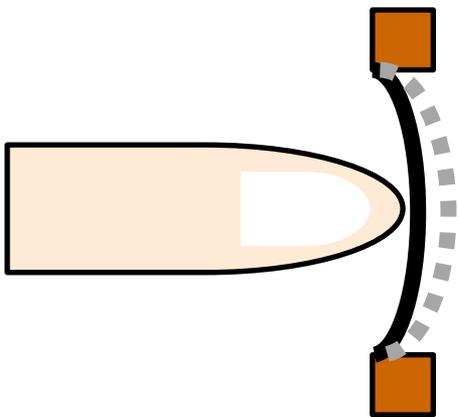
- ・同じ力で押しても、どれも違う押し具合になる
- ・貼った時と比べて、時間とともに変化する
- ・気圧や室温、湿度などによっても変化

マイクロホンも同様に・・・

- ・同じ音圧で押しても振動膜の変化量は違う
- さらに・・・

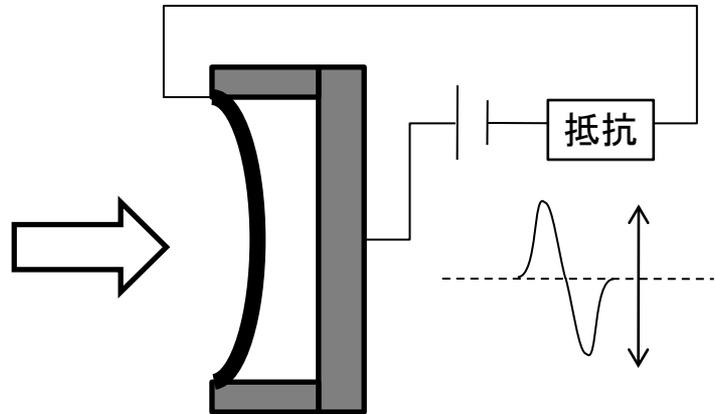
- ・マイク内の電気回路で調整するのも限界がある
- ・振動膜や電気回路は経年変化する

※ 実際のマイク、特に計測用のマイクは、極力感度が変化しないように作られている



マイクの感度は一定でない

# マイクのキャリブレーションー感度を調べるー



キャリブレーションとは・・・  
・音圧⇔電圧の関係(感度)を調べる



感度の基準：  
1 Paの音圧で電圧1 Vを出力する場合を0 dB

マイク感度は、1Paの音圧に対し

出力信号が1 mV	→	$10\log(1 \times 10^{-3}\text{V})^2 / (1\text{V})^2$	=	-60 dB (V/Pa)	← 感度レベル
出力信号が10 mV	→	$10\log(10 \times 10^{-3}\text{V})^2 / (1\text{V})^2$	=	-40 dB (V/Pa)	
出力信号が100 mV	→	$10\log(100 \times 10^{-3}\text{V})^2 / (1\text{V})^2$	=	-20 dB (V/Pa)	

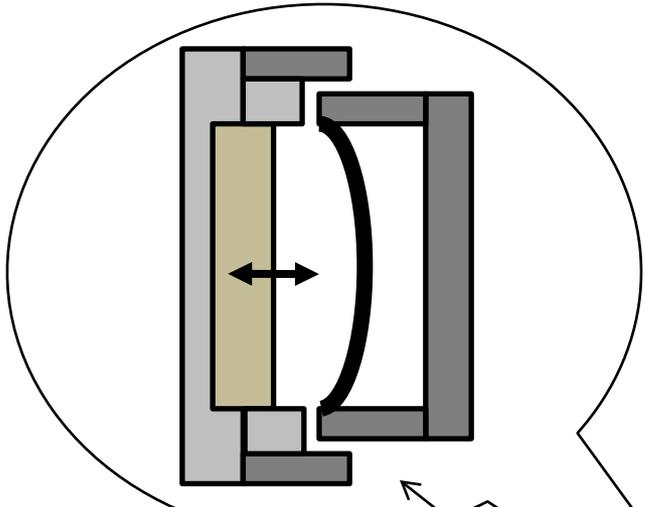
既知の音圧で振動膜を振動させ電圧を測定し感度レベルを求める

# キャリブレーションの方法

代表例として、  
音響校正器(ピストンホンなど)を使った方法を紹介

- ・音響校正器: 既知の音圧を発生する装置  
例: 124dB@250Hzや94 dB@1kHzなど
- ・音響校正器にマイクロホンを挿入し  
電気信号を測定
- ・マイクロホンの仕様(マイク感度)と出力  
される電気信号が一致するか確認

感度の校正には音響校正器が必要



音響校正器

マイクロホン



音響校正器

アダプター(適切なサイズを用いること)

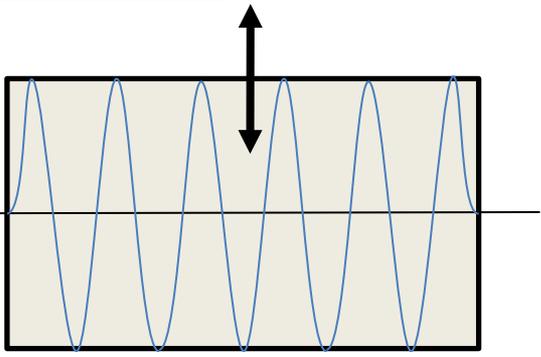
すっぽりはめる



マイクロホン

プリアンプ

# 「キャリブレーション」の方法(続)

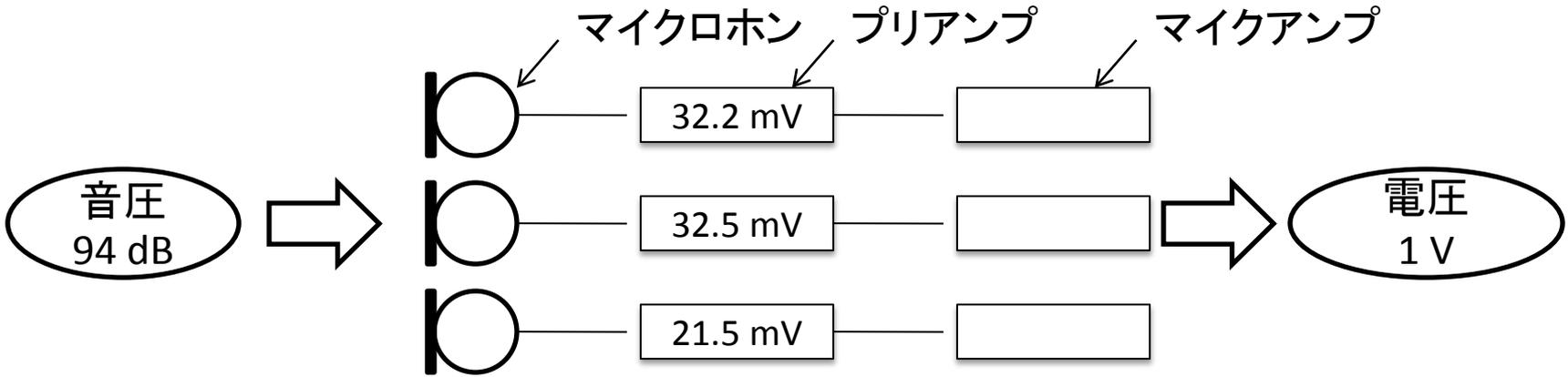


- ・測定された感度が仕様と異なる場合、音圧を求める際に修正する
- ・マイクアンプで出力される電圧を調整することも可能(後述)

感度が著しく変わってしまっているマイクは使わない方が無難

# マイクアンプによる出力の調整

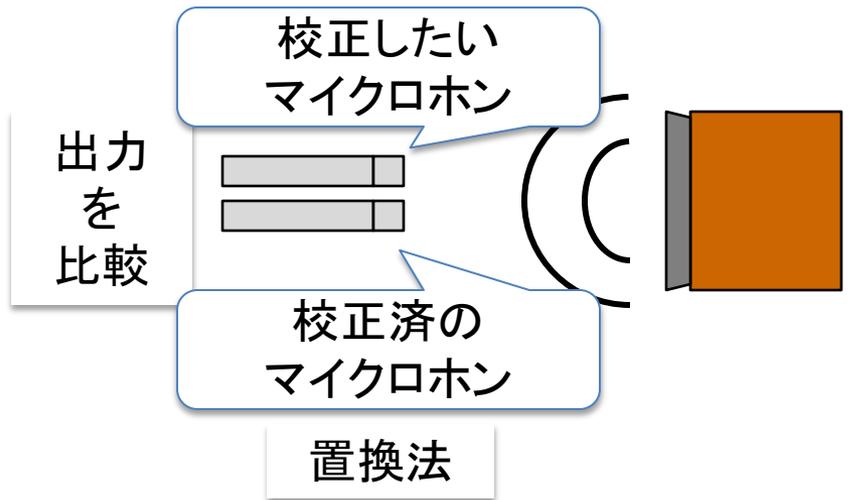
- ・電気信号のレベルと感度を記録し音圧に換算するのが基本
  - ・複数のマイクを使用する場合、マイクごとに感度を測定・記録するのは煩雑
- マイクアンプによっては出力レンジを調整し、同じ音圧に対して出力電圧を揃える機能がある



- ・上の例では、マイクアンプに感度を入力することにより、全てのマイクで、音圧94 dBの入力に対して出力1 Vとなるように出力を調整

マイクアンプの便利な機能を活用できる

# キャリブレーションは特定の周波数だけでいいの？(余談)



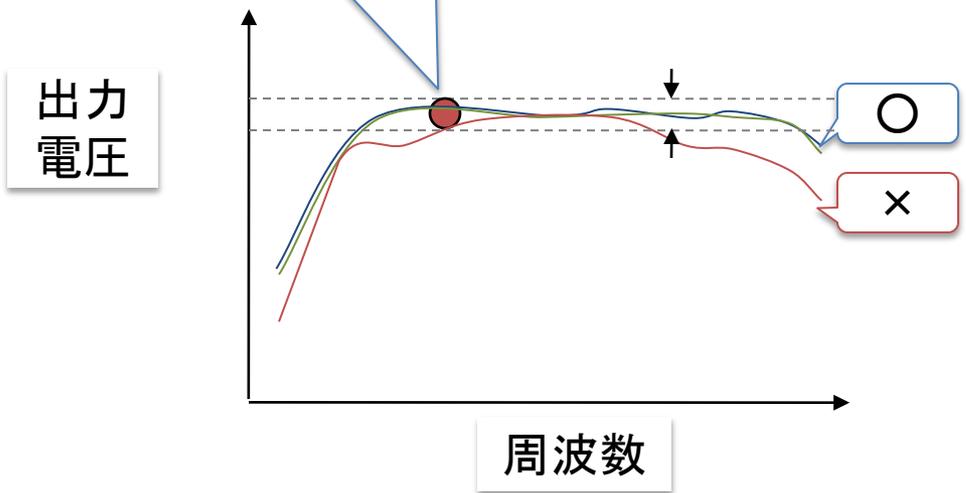
・測定という意味では、どの周波数でも均一な特性が理想



・周波数ごとに校正するには、置換法※などが用いられる。

※校正済のマイクと比較する方法

音響校正器は、250 Hzとか1kHzで確認



- ・マイクロホンの特性を調整するのは困難
- ・実際、周波数特性が平坦なマイクのみが測定用として販売
- ・校正はその品質を「確認」するが多い

音響校正器による校正は品質の「確認」

# 深く勉強したい人は・・・

- AIP HANDBOOK OF CONDENSER MICROPHONES  
Theory, Calibration, and Measurements  
Editors : George S. K. Wong, Tony F. W. Embleton  
American Institute of Physics (1994)
- Technical Documentation  
Microphone Handbook volume 1  
Brüel & Kjær  
<http://www.bksv.jp/doc/be1447.pdf> (1996)