



SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Established 1927

ソフトウェアで構成された風船形状スピーカ

芝浦工業大学 工学部 機械機能工学科
教授 細矢 直基
准教授 前田 真吾

1. 従来技術とその問題点
2. 新技術の特徴・従来技術との比較
3. 想定される用途
4. 実用化に向けた課題
5. 企業への期待
6. 本技術に関する知的財産権
7. 産学連携の経歴
8. お問い合わせ先

1. 従来技術とその問題点-1

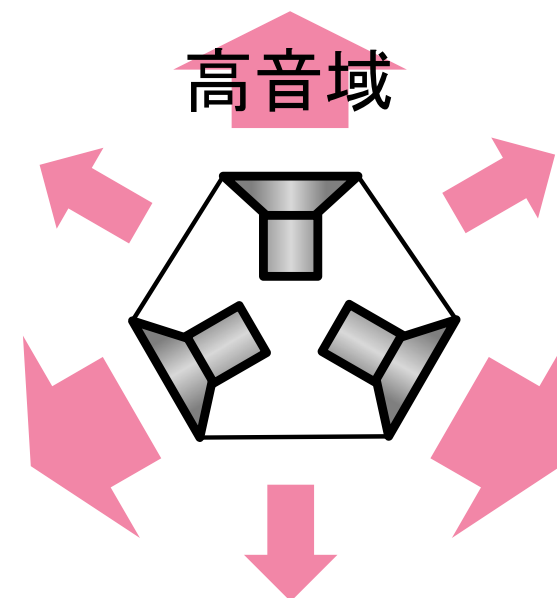
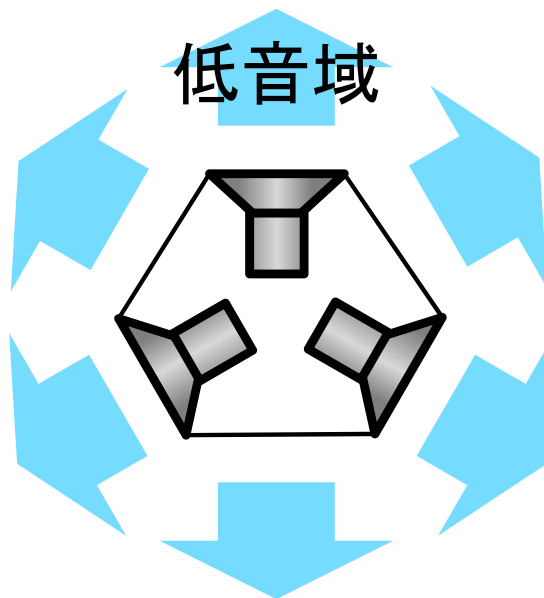
音響特性の把握には、点音源を用いた音響試験による残響時間計測を実施することが理想的



複数のスピーカを取り付けた多面体スピーカを使用



低周波数域 ほぼ無指向性
高周波数領域 指向性



✓ 計測対象音場に比べてスピーカが大きいと、点音源とみなせない

(1) レーザー誘起プラズマにより生成された衝撃波

(N. Hosoya, et al., J. Sound Vib. 333 (2014) 4254–4264. DOI:

10.1016/j.jsv.2014.04.050, N. Hosoya, et al., Exp. Mech. 56 (2016) 1305–1311. DOI:
10.1007/s11340-016-0167-9)

(音響計測対象室内に点音源を生成するためのデバイス(例えば, スピーカーや配線)が不要, 広／高周波数帯域の音響計測が可能)

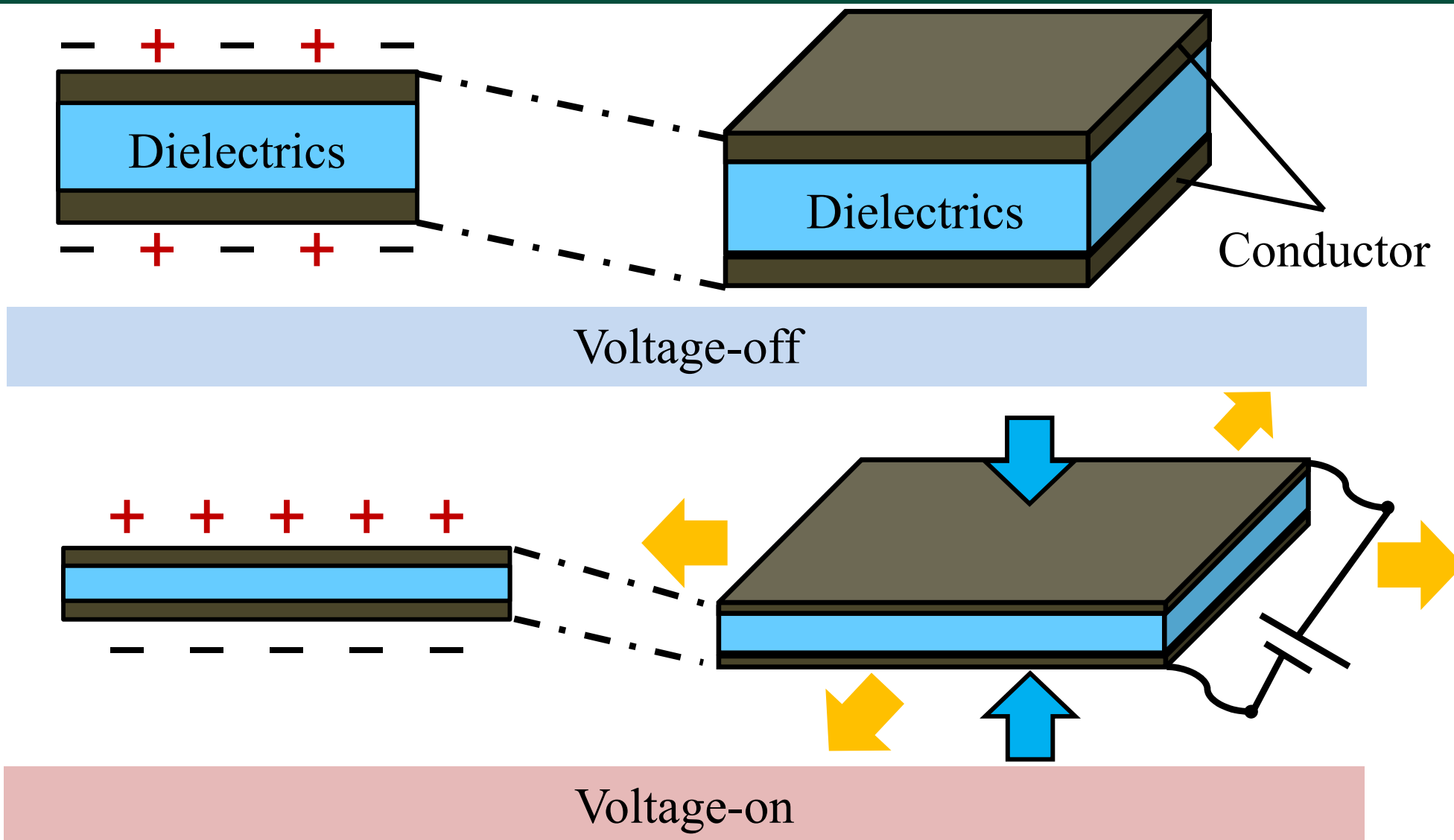
→ 音響計測対象室内において火気が禁止されている場合(例えば, 対象音場が強い可燃性の媒質で満たされているなど)には使用不可

(2) パラメトリックスピーカー

(U. Sayin, et al., J. Acoust. Soc. Am. 134 (2013) 1899–1907. DOI: 10.1121/1.4817905)

→ 高周波数域での指向性は未改善

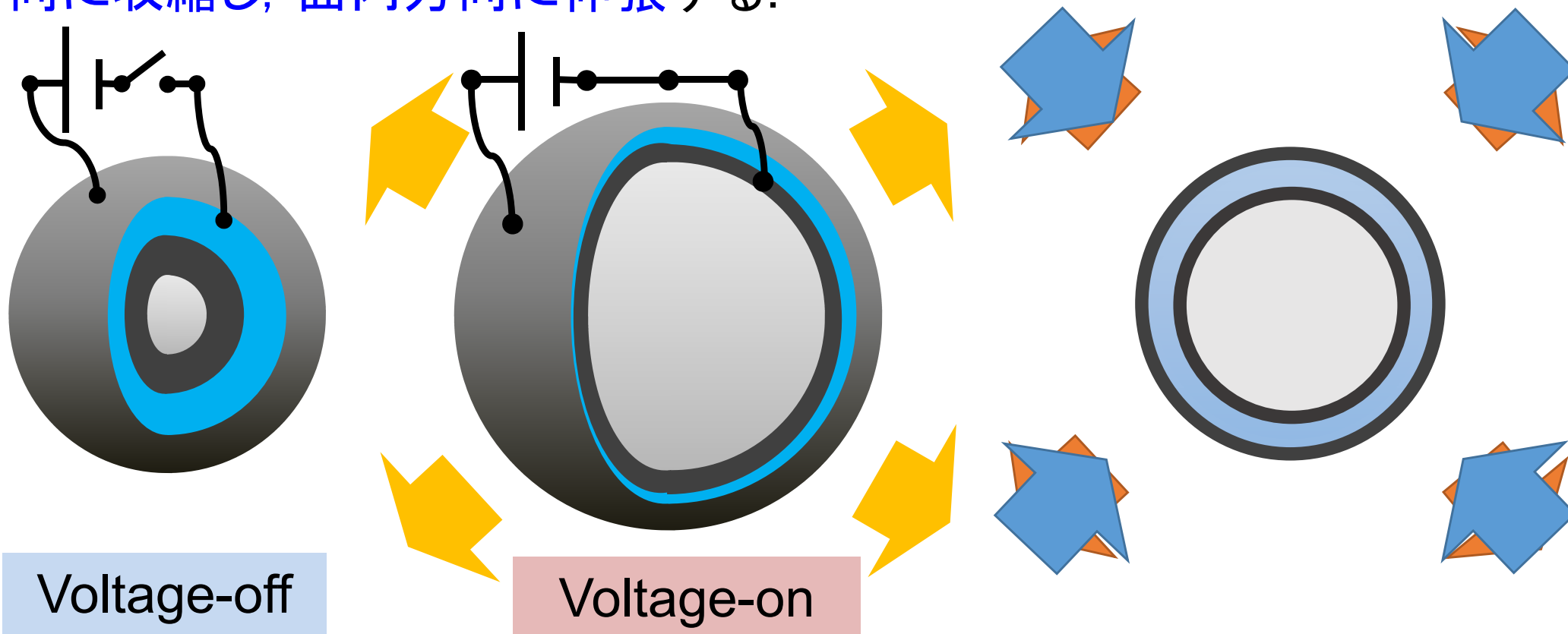
2.新技術の特徴(誘電エラストマーアクチュエータ)



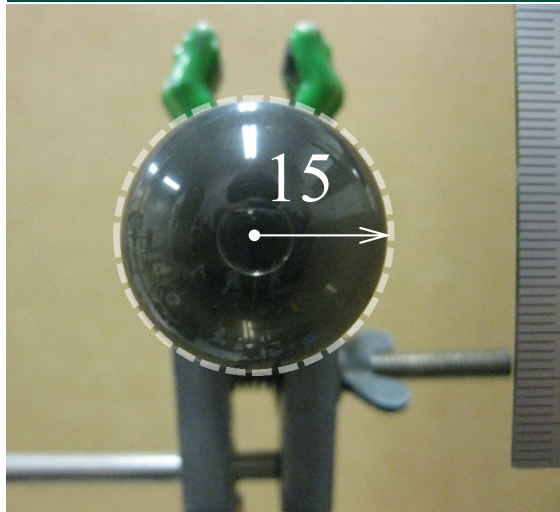
- ✓ 誘電エラストマーアクチュエータ(DEA)を利用
- ✓ 材料が高分子であるため軽量, 形状の変更が容易

2.新技術の特徴(3次元形状)

DEAとは, ゴム状の薄い高分子誘電膜を伸び縮み可能な**柔軟電極**では挟んだキャパシタ構造になっており, 電極間に電位差を与えることで静電気によって電極同士が互いに引き合うことで, 高分子膜が**面外方向に収縮し, 面内方向に伸張**する。



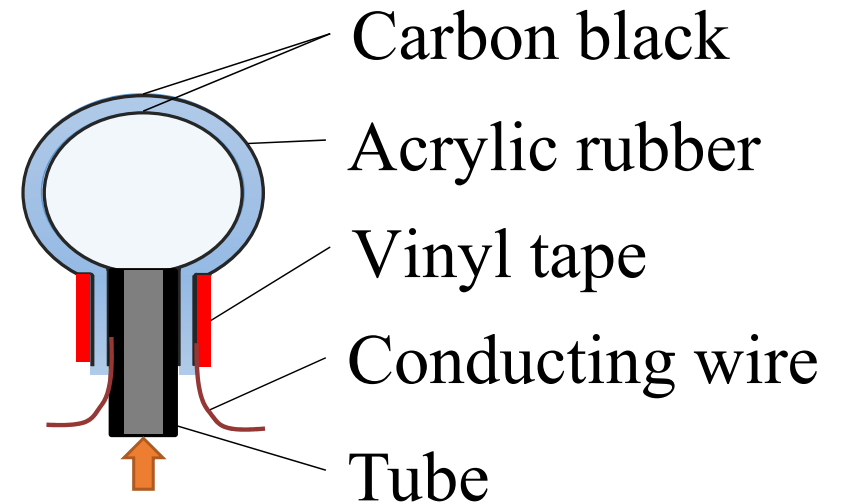
2.新技術の特徴(風船DEA)



Top view



Front view



Cross section

- ✓ 形状が球形
- ✓ 全てソフトマテリアルで構成
- ✓ DEAによる駆動
- ✓ 音響放射領域が $0^{\circ}\sim 270^{\circ}$
- ✓ 小型, 軽量
- ✓ ほぼ無指向性
- ✓ 安価
- ✓ 後述の半球形DEAスピーカに比べ電圧が0.4倍で, ほぼ同じ音圧を実現

DEAを用いた音響スピーカ

- (1) フィルムの気孔の曲げ振動 (R. Heydt, et al., J. Acoust. Soc. Am. 107 (2000) 833–839. DOI: 10.1121/1.428266)
 - (2) 半円筒の曲げ振動を利用した機構 (T. Sugimoto, et al., J. Acoust. Soc. Am. 130 (2011) 744–752. DOI: 10.1121/1.3605561)
 - (3) 透明電極スピーカ (C. Keplinger, et al., Science 341 (2013) 984–987. DOI: 10.1126/science.1240228)
- ✓ *DEAによる球形スピーカを製作し、呼吸モードで振動させることで、音響放射パターンを改善するための検討はなされていない。*

DEAを用いたスピーカ

(4) 半球形スピーカ (N. Hosoya, et al., J. Acoust. Soc. Am. 138 (2015) EL424–EL428. DOI: 10.1121/1.4934550)

- ✓ *DEAによる半球形スピーカを製作し、呼吸モードで振動させることに成功*
- ✓ *音響放射領域が $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$*
- ✓ *直径50 mm, 質量約5 g*
- ✓ *自立型*

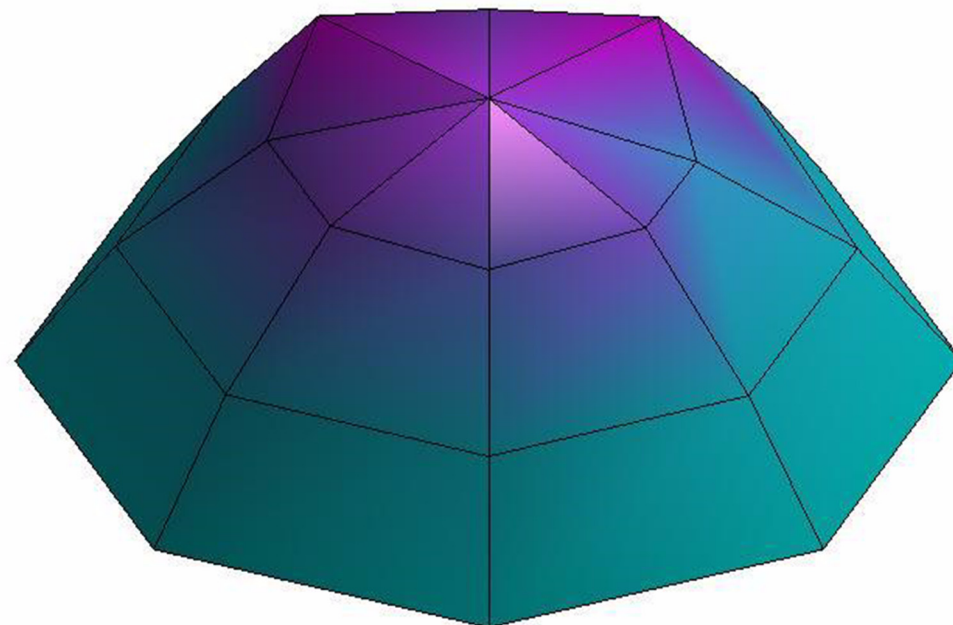
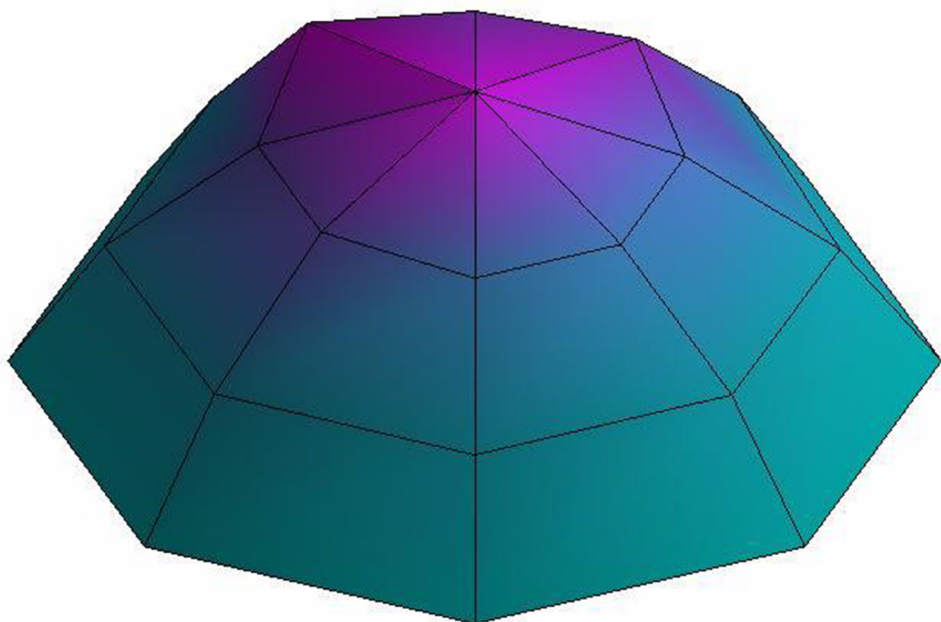


(4) 半球形スピーカの振動モード形



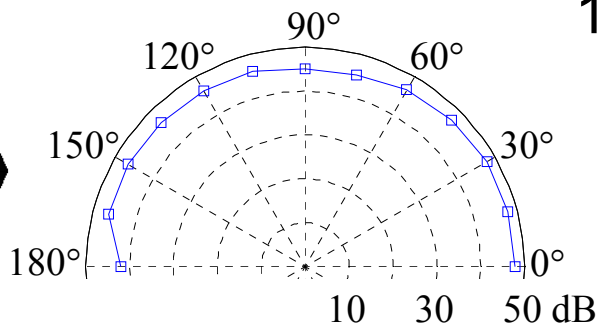
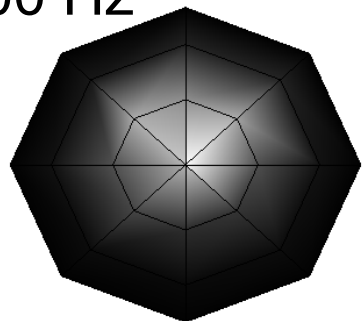
500 Hz

1 kHz

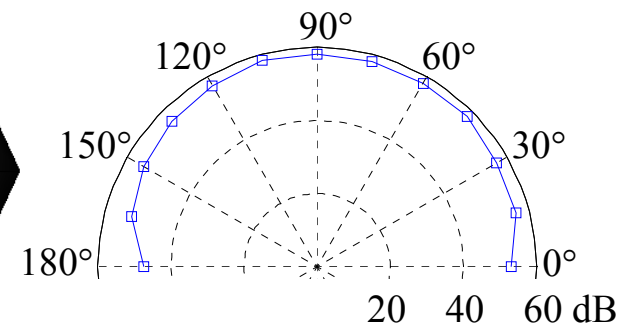
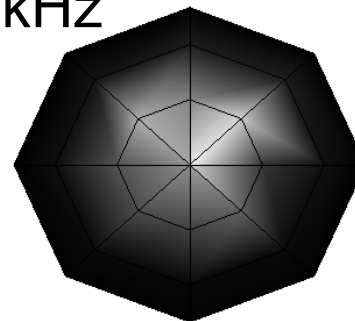


(4) 半球形スピーカの音響放射特性

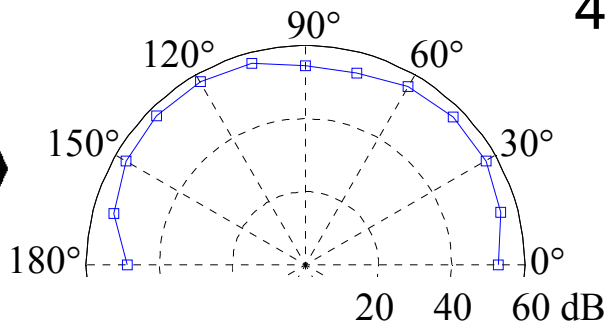
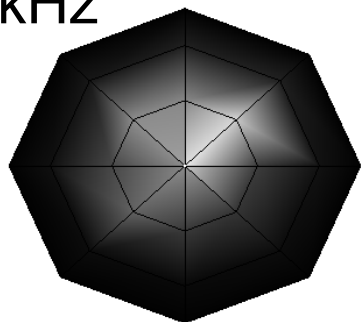
500 Hz



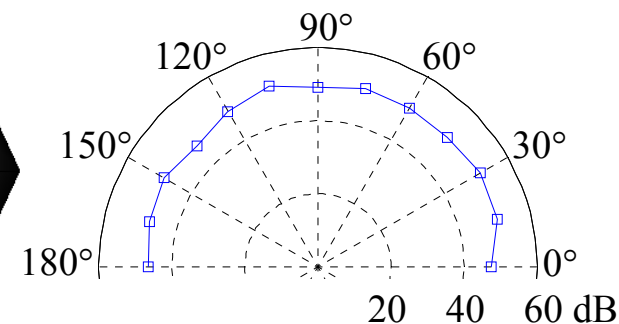
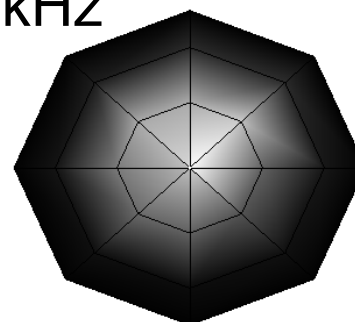
1 kHz



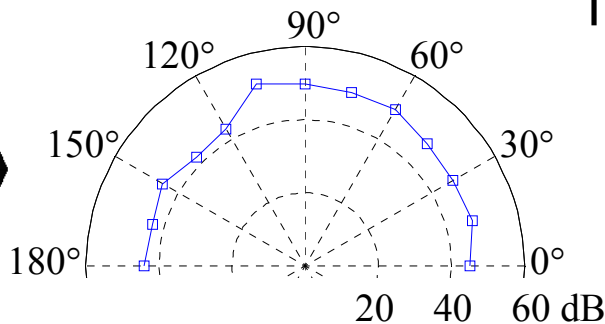
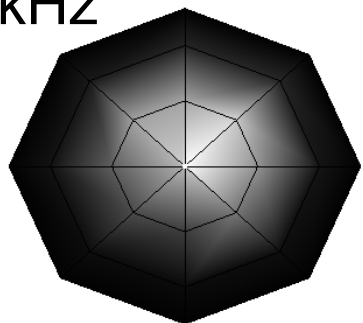
2 kHz



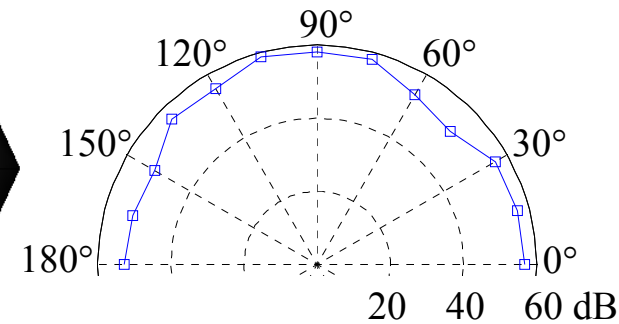
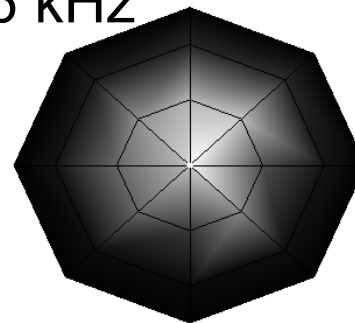
4 kHz



8 kHz



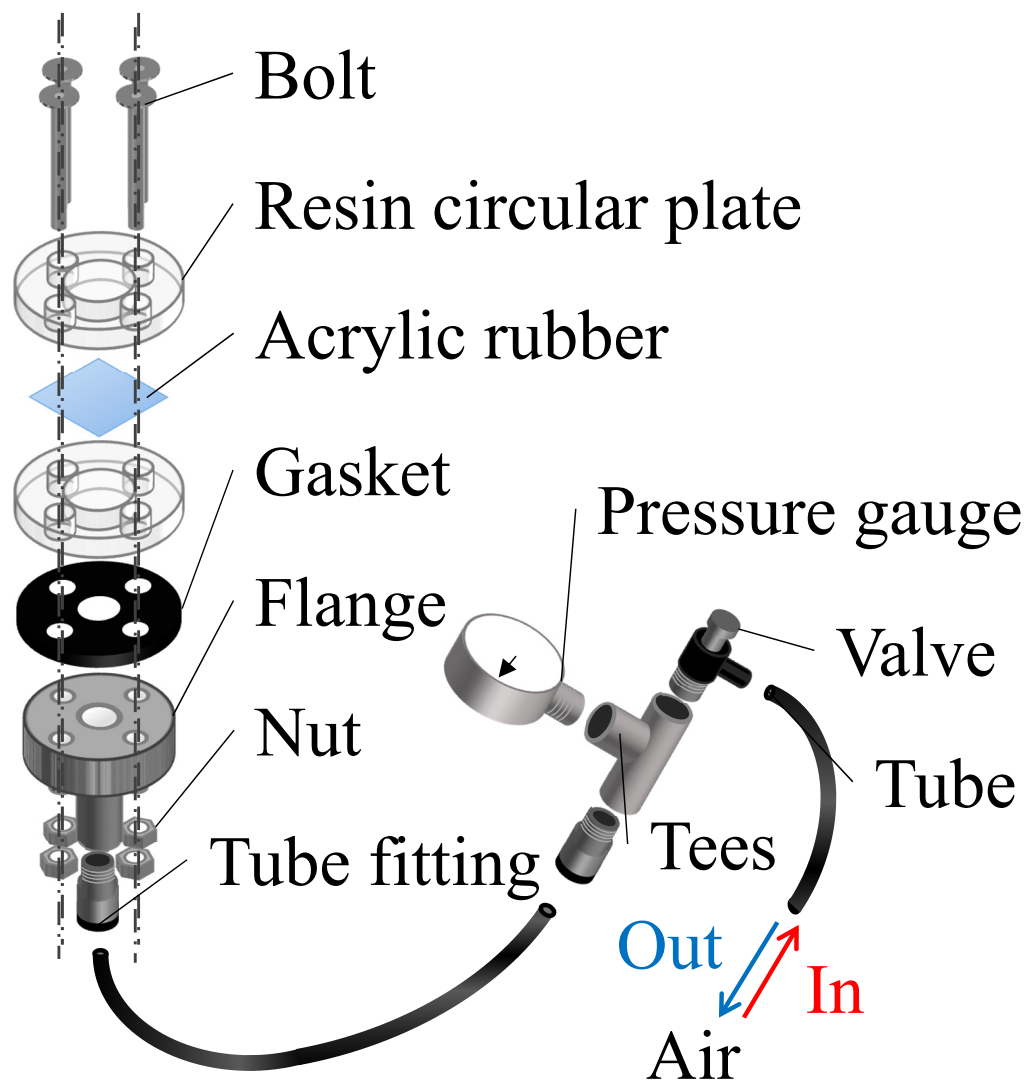
16 kHz



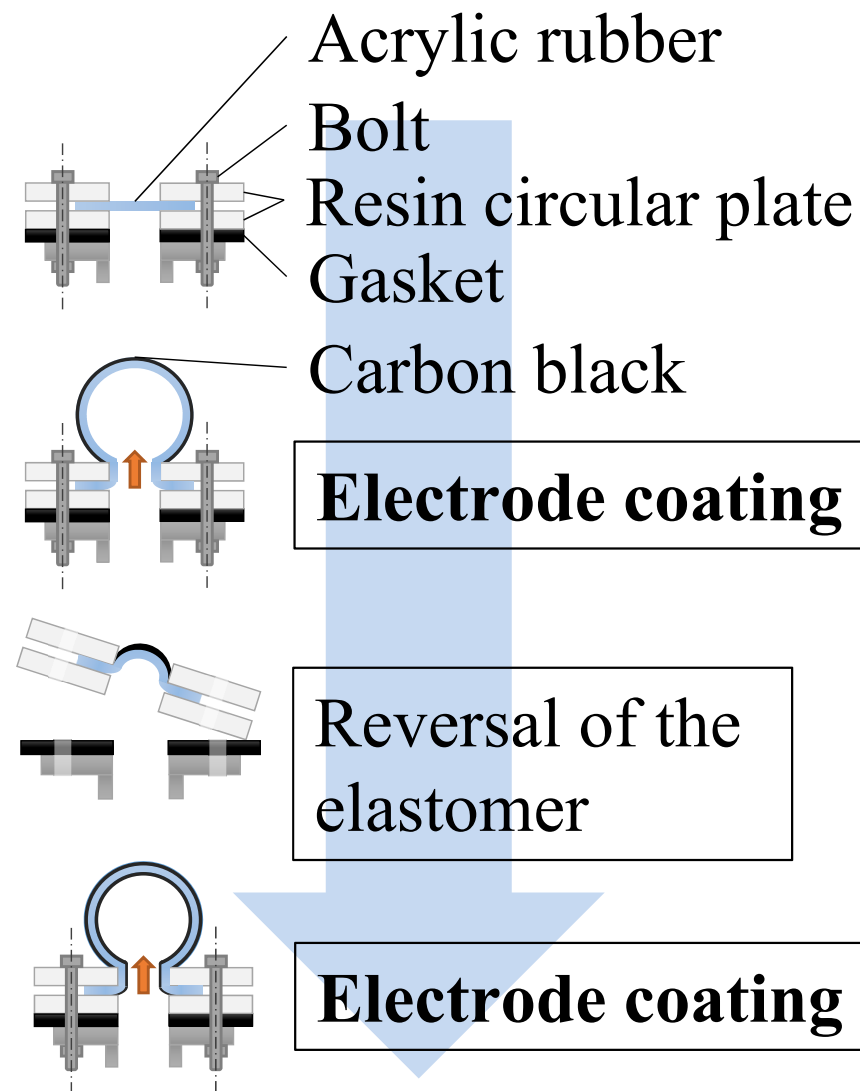
✓ 500 Hz ~ 16kHzまで, ほぼ無指向性となる音響放射パターンを実現

2.風船形状スピーカの製作

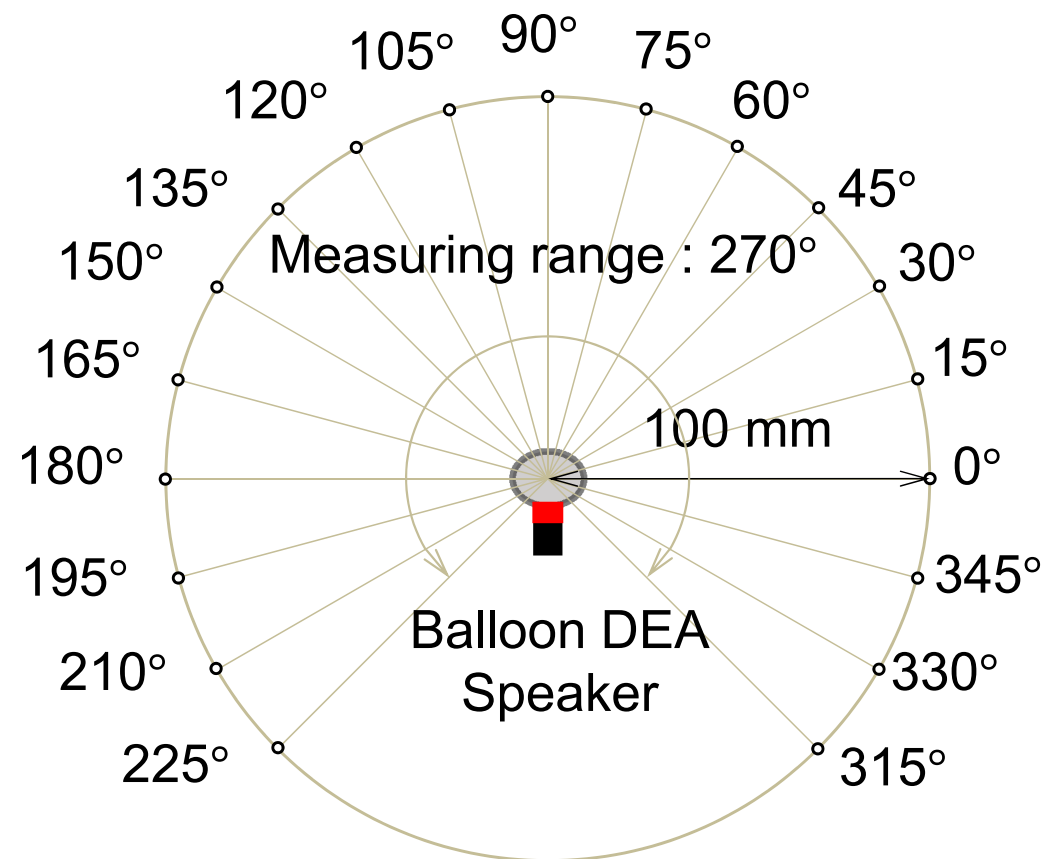
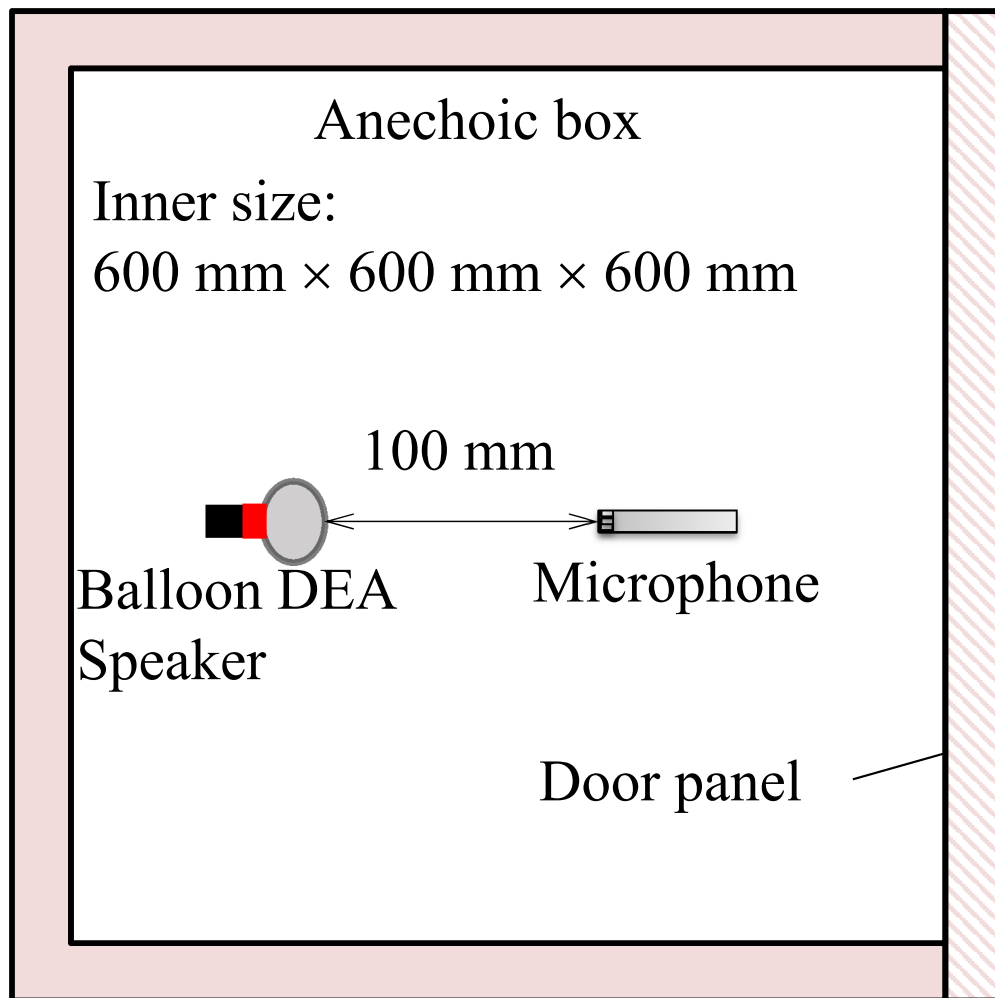
部品構成



柔軟電極の塗布

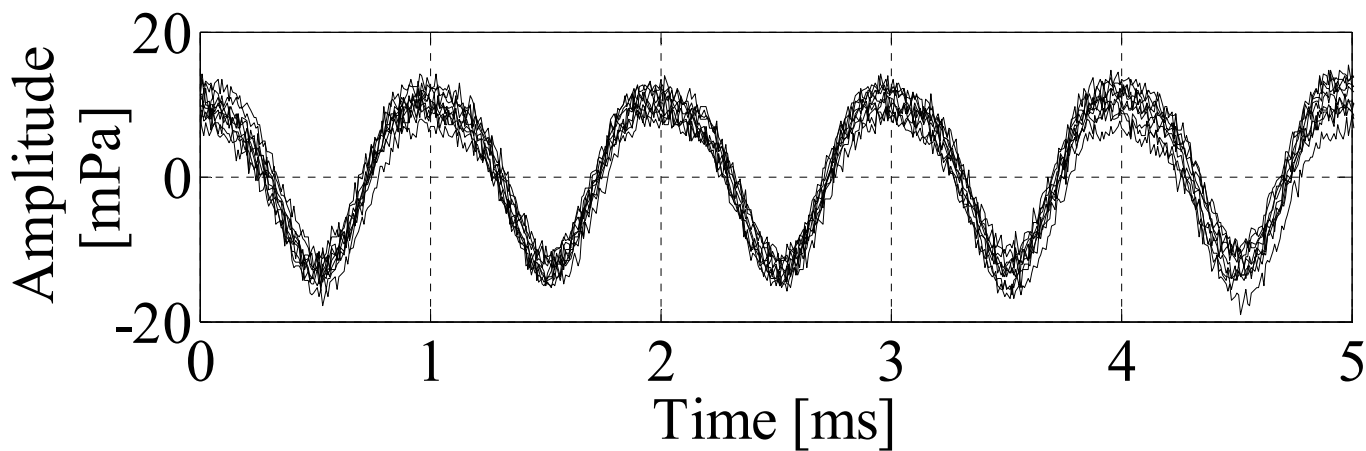
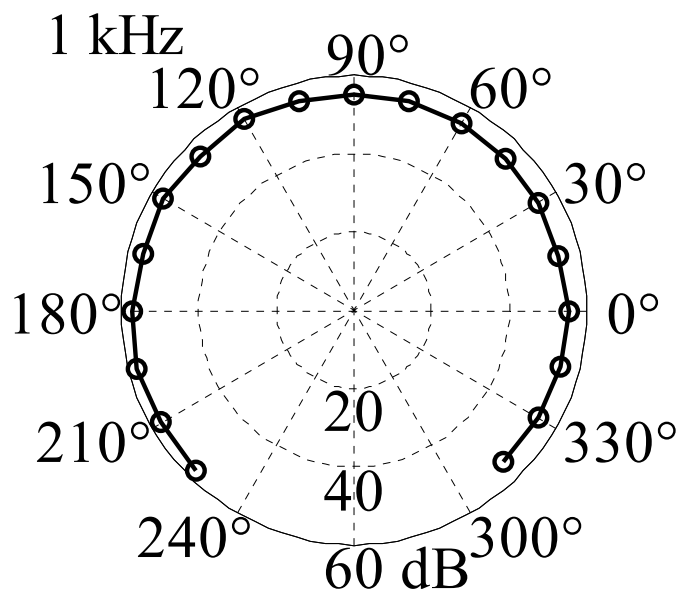
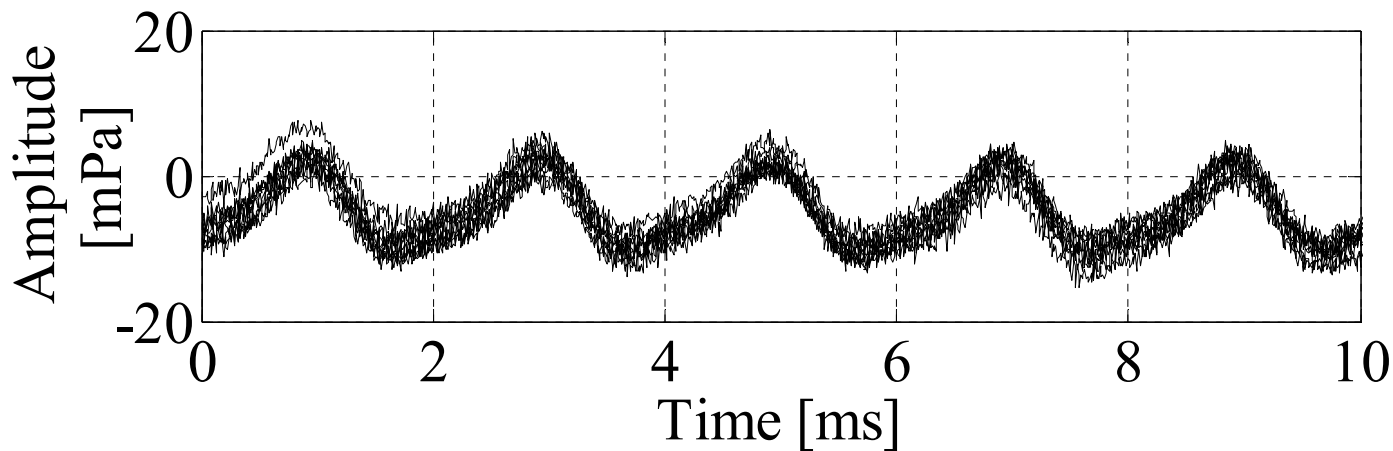
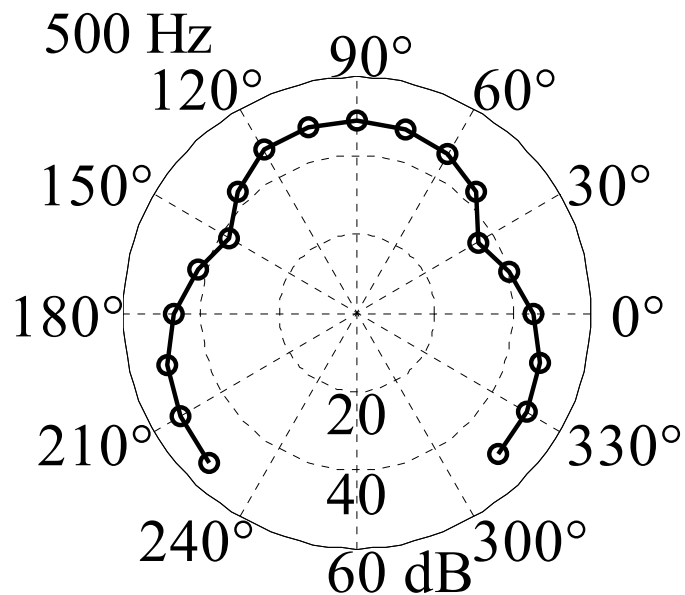


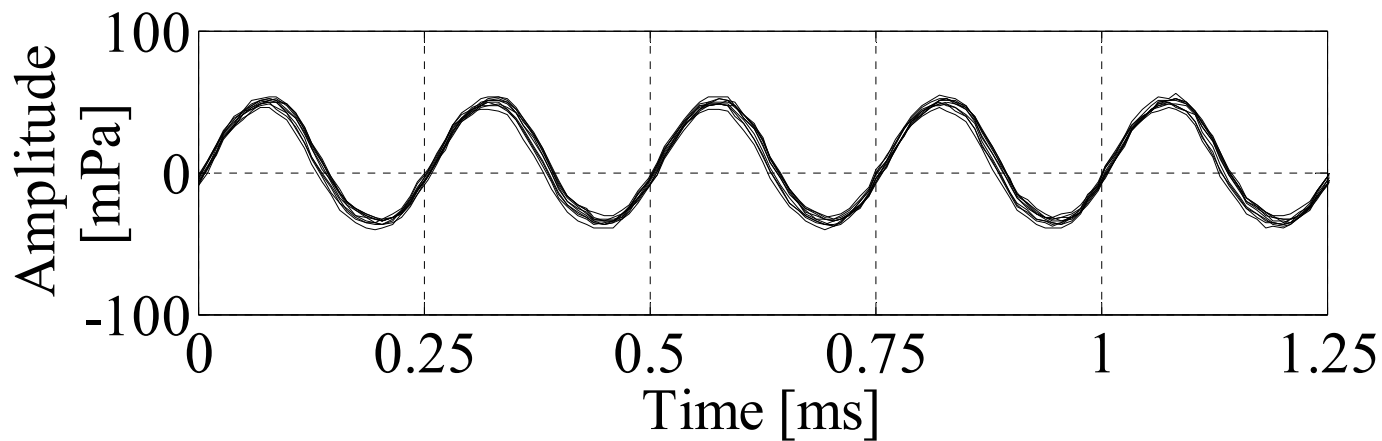
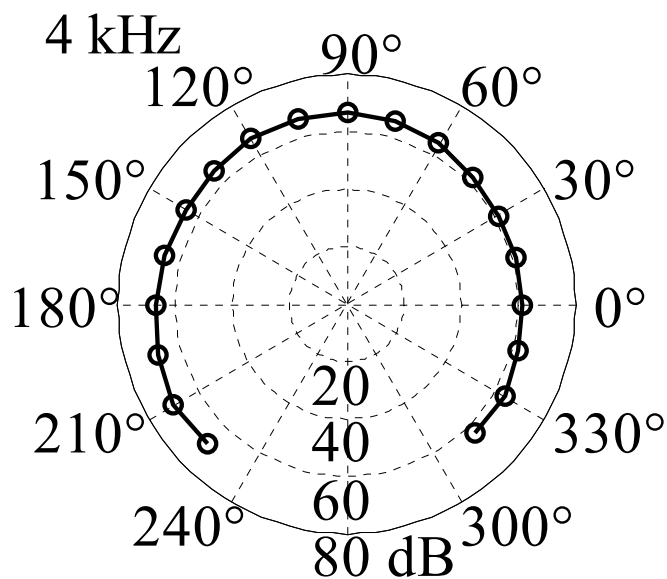
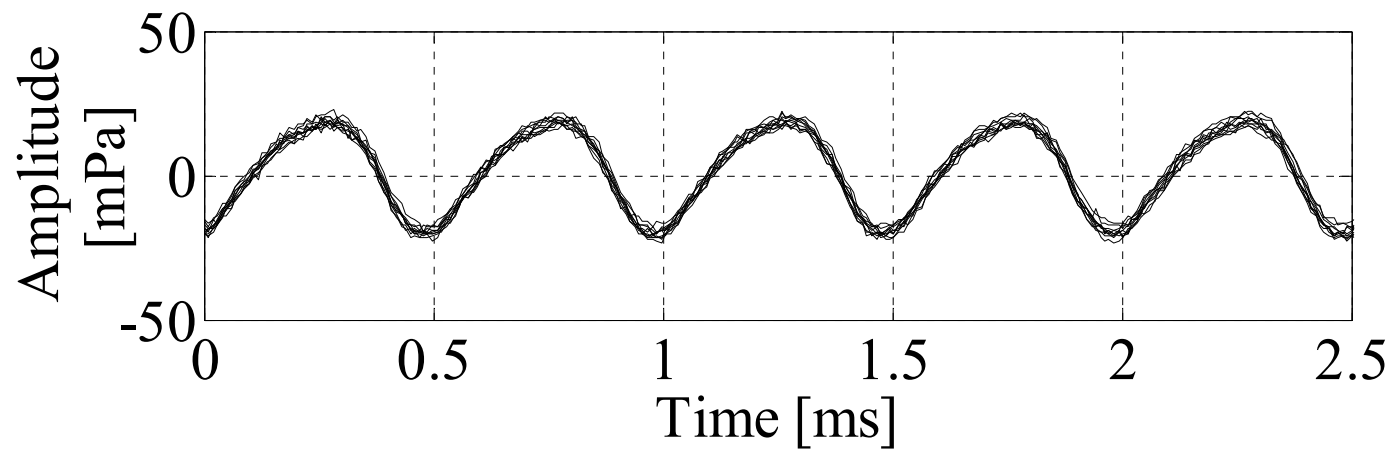
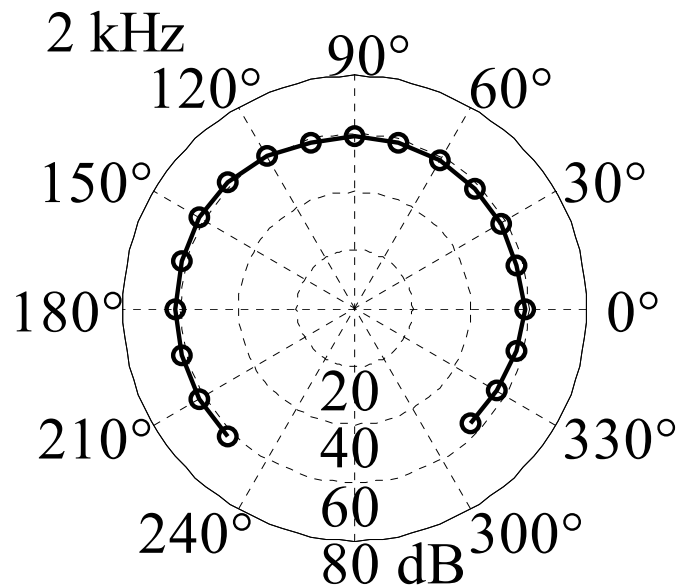
✓ 加圧, 減圧を繰り返して柔軟電極を塗布

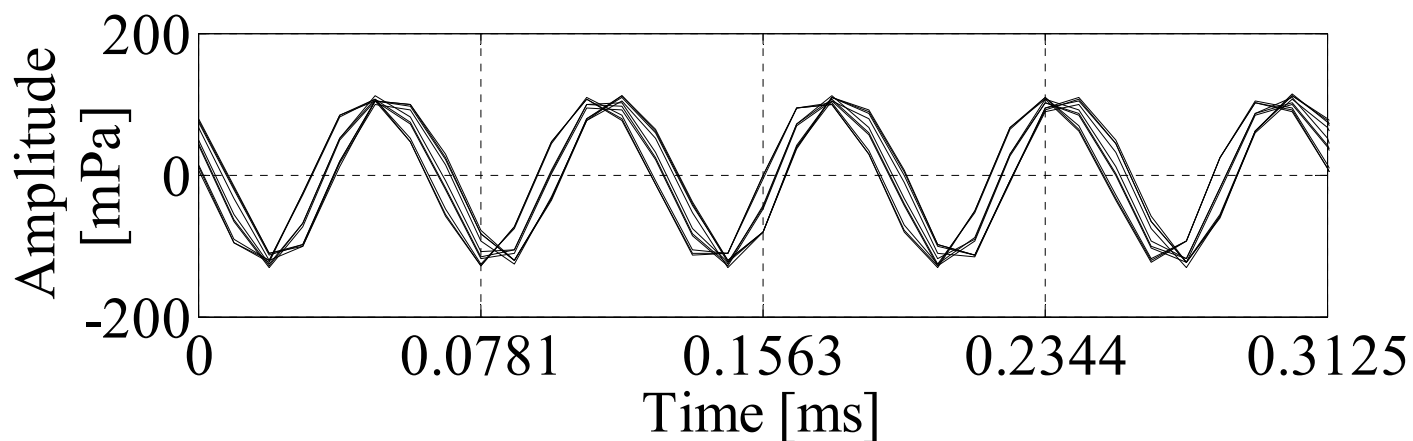
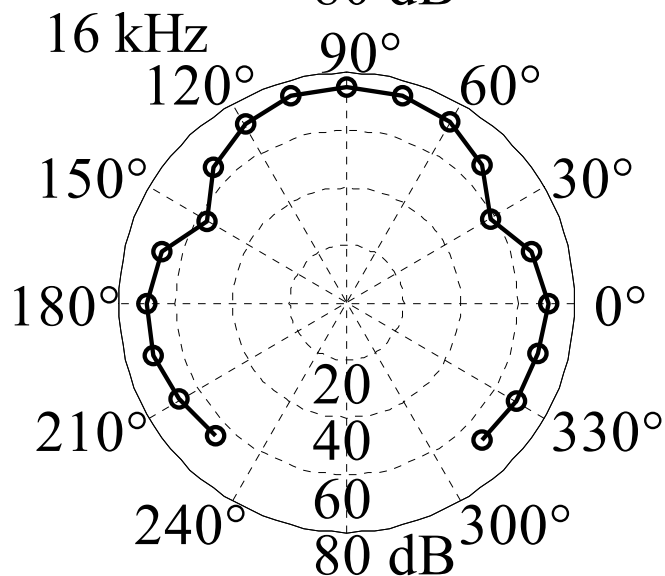
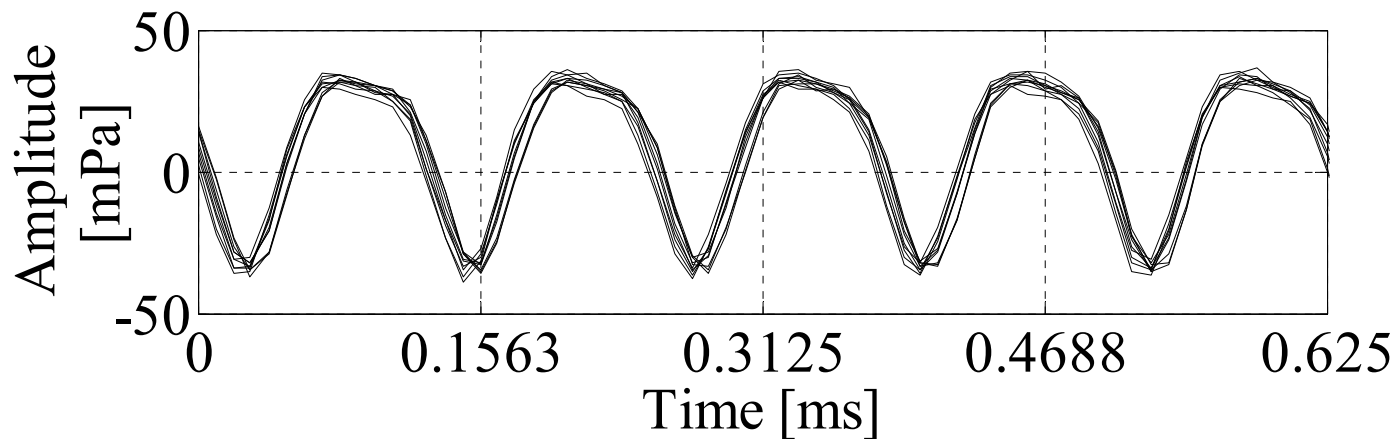
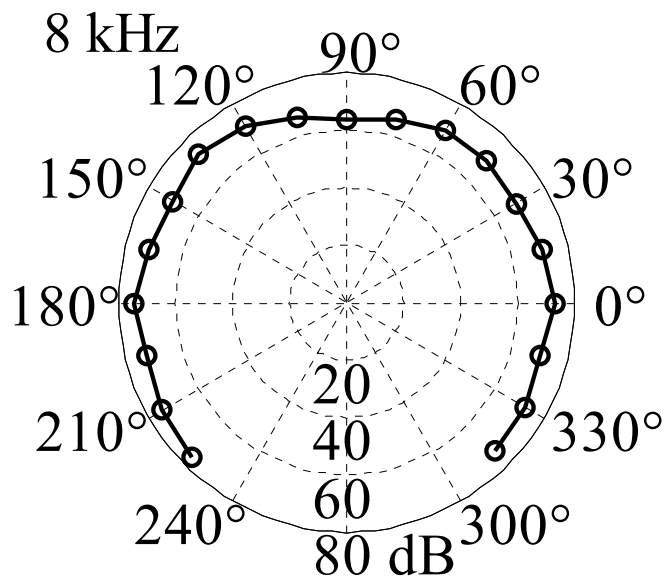


✓ 無響箱の中で、マイクロホンを用いて音響放射特性を計測

2.風船形状スピーカの音響放射特性-1

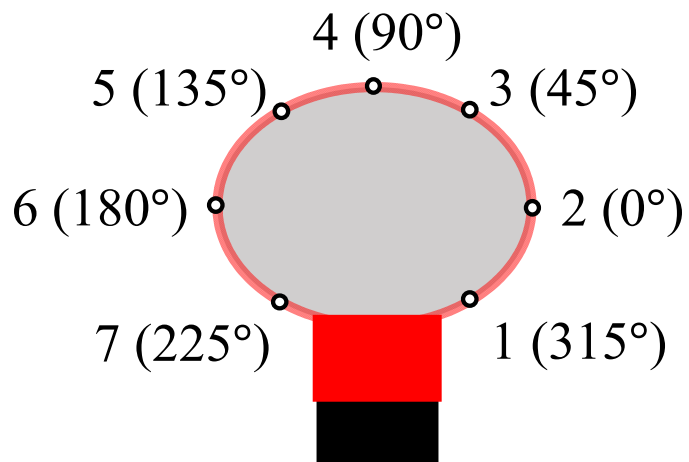




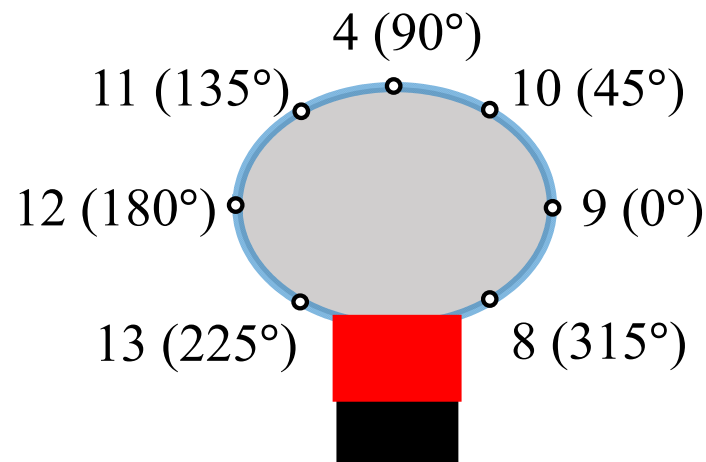


- ✓ 音響放射領域が0°~270°
- ✓ 1 kHz~4 kHzでほぼ無指向性

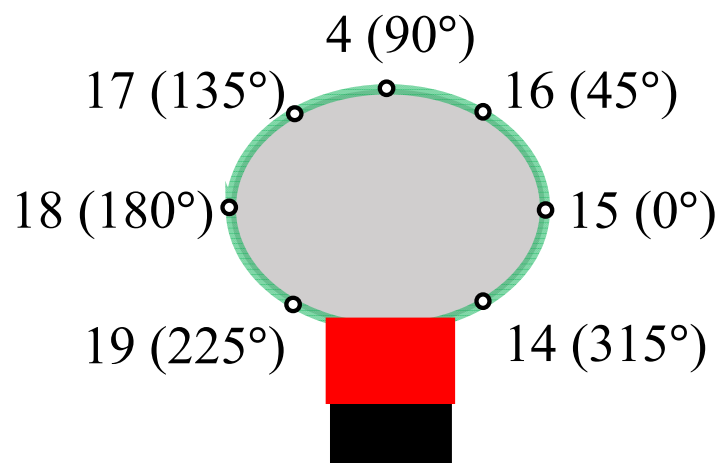
2.風船形状スピーカの振動計測



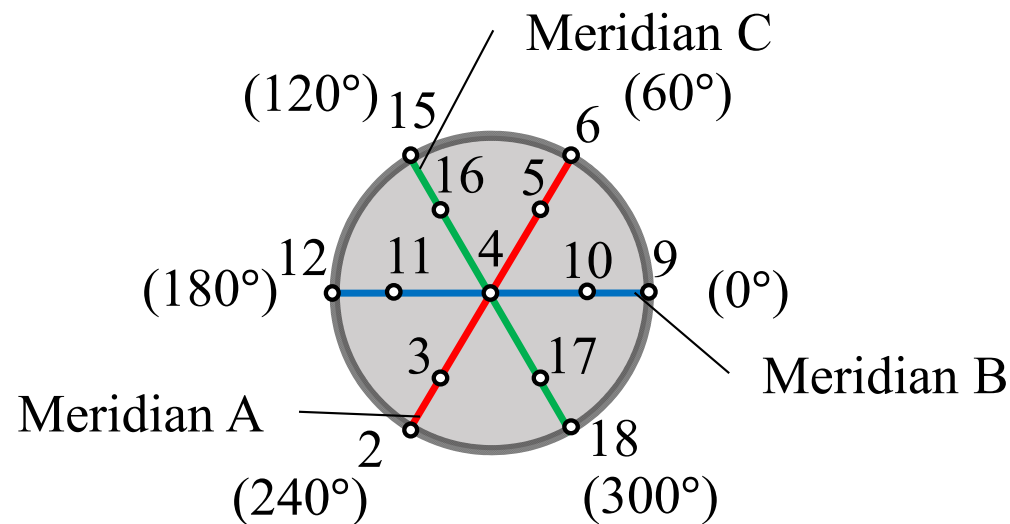
(a) Meridian A



(b) Meridian B



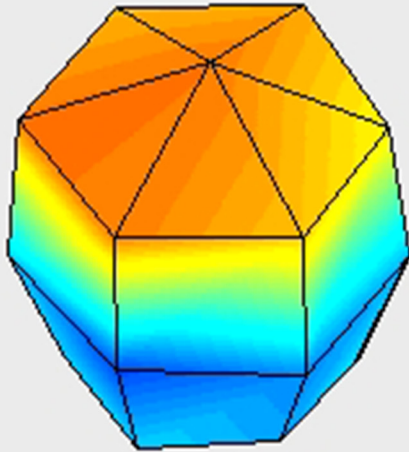
(c) Meridian C



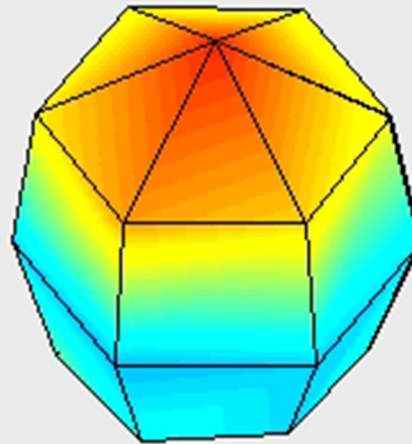
(d) Top view

✓ 風船スピーカの各点における法線方向の速度を計測

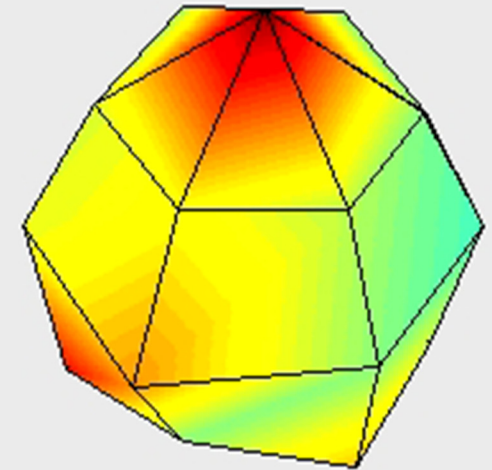
500 Hz



1000 Hz



2000 Hz



- ✓ それぞれの周波数における振動モード形状が異なる
- ✓ 内圧, 加圧に用いる流体の種類, 電極材料, 誘電エラストマの膜厚, 駆動電圧, 風船の大きさなどを調整することで, 振動モードの制御及び音響放射特性の制御は可能といえる

【音響機器全般】

- ✓ 音響計測用の点音源スピーカ（無指向性）
- ✓ 指向性スピーカ

【振動機器全般】

- ✓ 加振器

【ロボット，アクチュエータ，センサ】

- ✓ 水中ロボット（振動モード形状を利用して）
- ✓ ポンプ
- ✓ 圧力センサ

【アミューズメント，広告】

- ✓ アドバルーン
- ✓ 電球型スピーカ

【教育】

- ✓ 教材

風船形状スピーカについては、音響放射領域が $0^{\circ}\sim 270^{\circ}$ 、周波数が1 kHz~ 4 kHzで、ほぼ無指向性音源として開発成功した。

- ✓ *周波数(極低周波数領域, 超音波領域)の拡大, 音響放射領域の拡大, 音圧レベルの拡大, 指向性の制御, 生分解性などの環境負荷の考慮, などを実現することで実用化が可能*

今後、内圧、加圧に用いる流体の種類、電極材料、誘電エラストマの材料、誘電エラストマの材料の膜厚、駆動電圧、風船の大きさなどの組み合わせの最適化が必須。

加圧に用いる流体の種類→新素材

電極材料→新素材

誘電エラストマの材料→新素材

誘電エラストマの膜厚分布→所望の膜厚分布とするための
製造方法

駆動電圧→電圧増幅アンプ

これらの組合わせ→数値シミュレーションソフト

【共同研究希望企業】

- ✓ 風船スピーカの性能向上(これらの提供)
- ✓ 振動試験, 音響試験, 音響機器メーカーとの実用化
- ✓ 若手研究者(企業の研究員)の育成→博士取得
- ✓ 海外大学との連携に積極的

- ✓ 発明の名称 : 三次元誘電エラストマ構造体、三次元誘電エラストマ構造体を用いたスピーカ、および三次元誘電エラストマ構造体の製造方法
- ✓ 出願番号 : 2019-132812
- ✓ 出願人 : 学校法人 芝浦工業大学
- ✓ 発明者 : 細矢直基, 前田真吾, 増田紘明

✓ 2009 – 2010年

JST研究成果最適展開支援事業(A-STEP)FSステージ
(シーズ顕在化)事業に採択

研究開発課題名:レーザーアブレーションを利用した非接触
かつ高周波数帯域の動特性分析・評価を可能にする革新的
振動計測技術の創成

✓ 2016 – 2018年

企業と共同研究実施

芝浦工業大学
産学官連携コーディネーター
吉田 晃

TEL: 03-5859-7180

FAX: 03-5859-7181

e-mail: yoshida.akira@ow.shibaura-it.ac.jp