

# 近くにだけ音を届けられるスピーカアレイ、 近くから届く音だけを聞き取れるマイクアレイ

2021年12月2日

工学院大学 先進工学部 機械理工学科

准教授 貝塚 勉

# 新技術の概要：スピーカアレイ

遠くには  
音が漏れにくい



近くに  
音を届ける



情報端末

スピーカアレイ

- スピーカアレイの先行研究は音の届く**方向**の制御に関するものが多く、音の届く**距離**の制御に関するものは少ない。
- いくつか提案されている距離の制御技術には、例えば、次のような問題点がある。
  - 音の届く距離を全方向的には制御できない。
  - スピーカや聴取点の配置が特殊である（例えば、円形にスピーカを並べ、円内に聴取点を置かなければならない）。

# 新技術の特徴：スピーカアレイ

- 音の届く距離を全方向的に制御できる。
- スピーカの配置は直線状。
- 聴取点の距離を自由に設定できる。

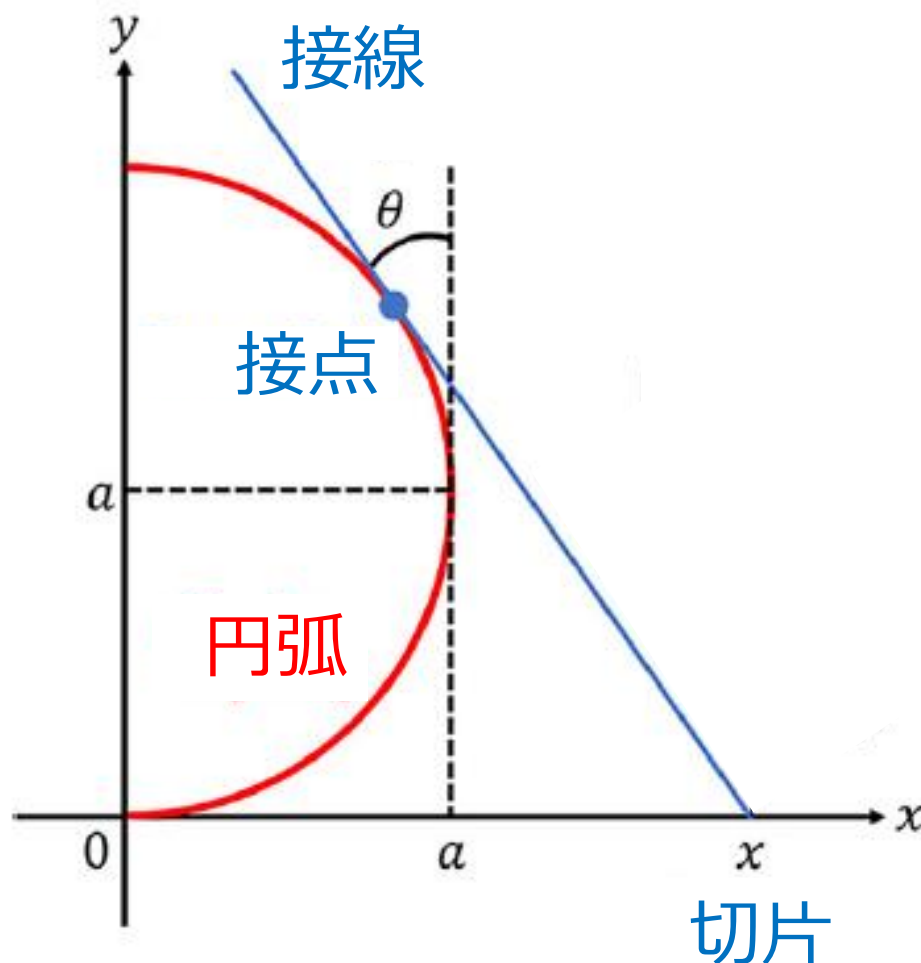
# 新技術の方法論：スピーカアレイ

～接線法（従来技術）～

接線の重ね合わせ（包絡線）  
として円を描く。

接点付近の音圧を強め合うよう  
に、切片付近のスピーカの位相を  
調整する。

Kaizuka, JASA-EL 1, 072801 (2021)

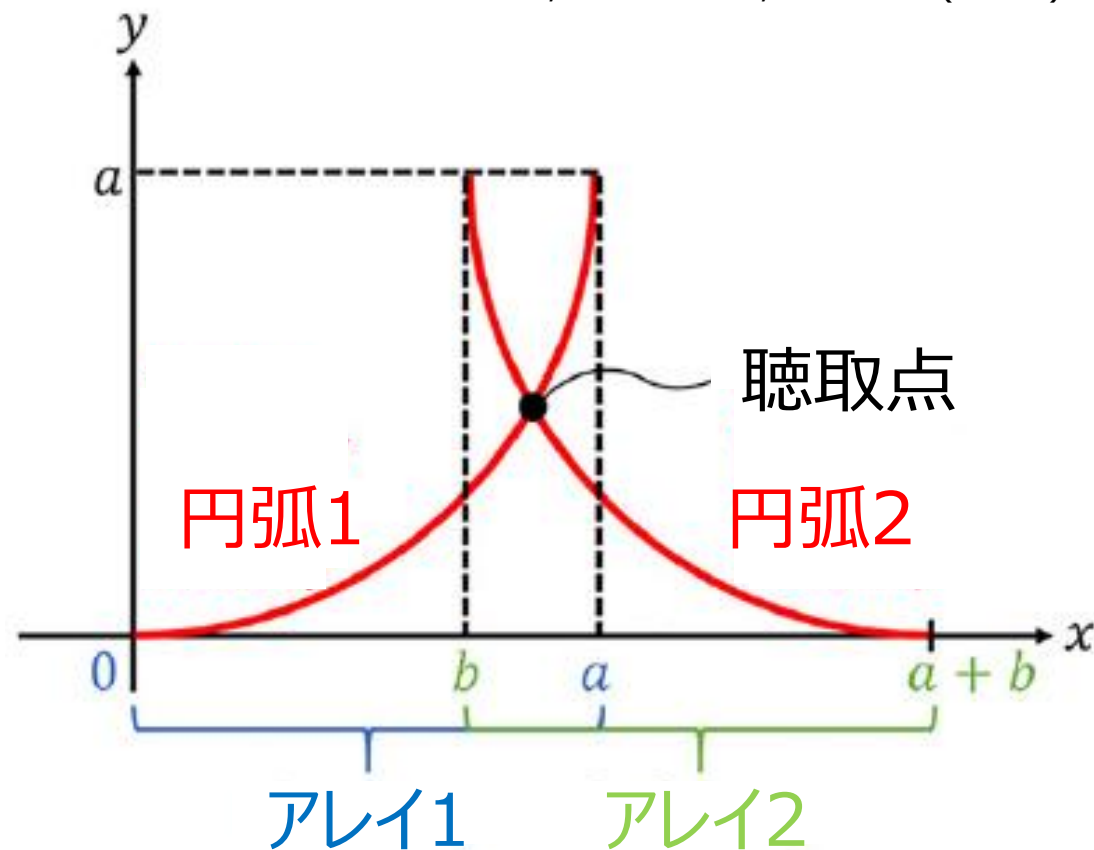


# 新技術の方法論：スピーカアレイ

接線法では、円の外側に顕著なサイドローブが生じやすい。

そこで、2つの円弧を対向させ、両者の交点を聴取点とすることにより、遠方の音圧を増大させずに、聴取点の音圧を倍増させる。

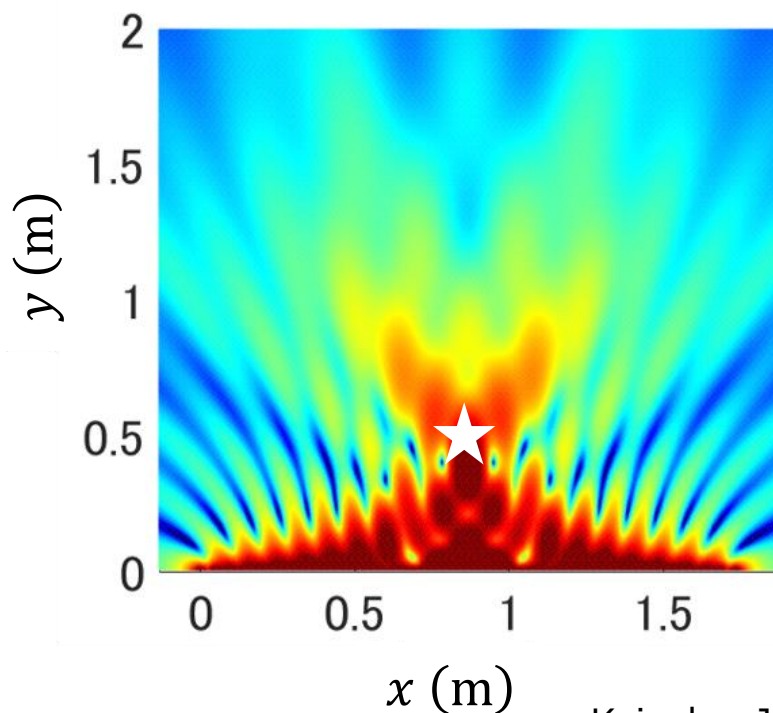
Kaizuka, JASA-EL 1, 072801 (2021)



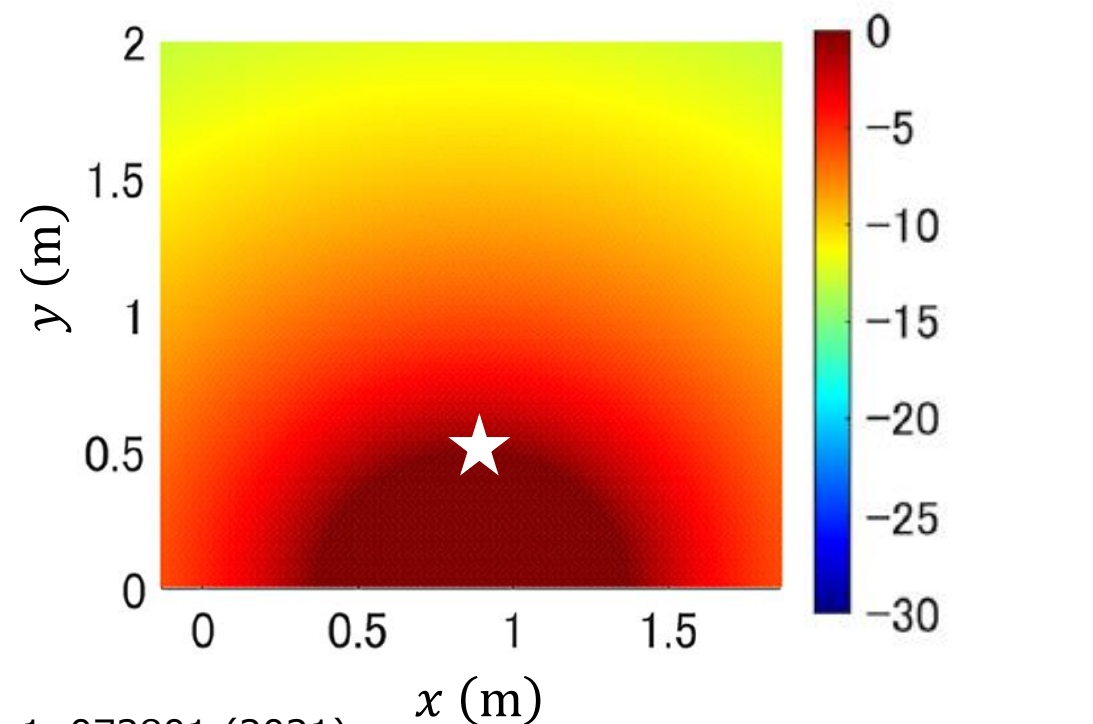
# 新技術の方法論：スピーカアレイ

$y = 0.5 \text{ m}$  に聴取点を設定し、  
0.05 m 間隔で 1 m の長さのアレイを 2 つ用いた場合の  
2000 Hz の音圧レベルの分布を示す（シミュレーション結果）。

スピーカアレイ  
(42個の点音源)



通常のスピーカ  
(1個の点音源)



# 想定される用途：スピーカアレイ

- サイン音（報知音や警報音）：各種の機械製品
- 音声：デジタルサイネージ、各種の機械製品
- 音楽：テレビ

遠くの歩行者には  
聞こえない



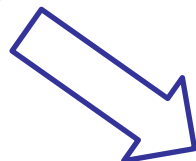
お先にどうぞ



近くの歩行者には  
聞こえる



自動運転車

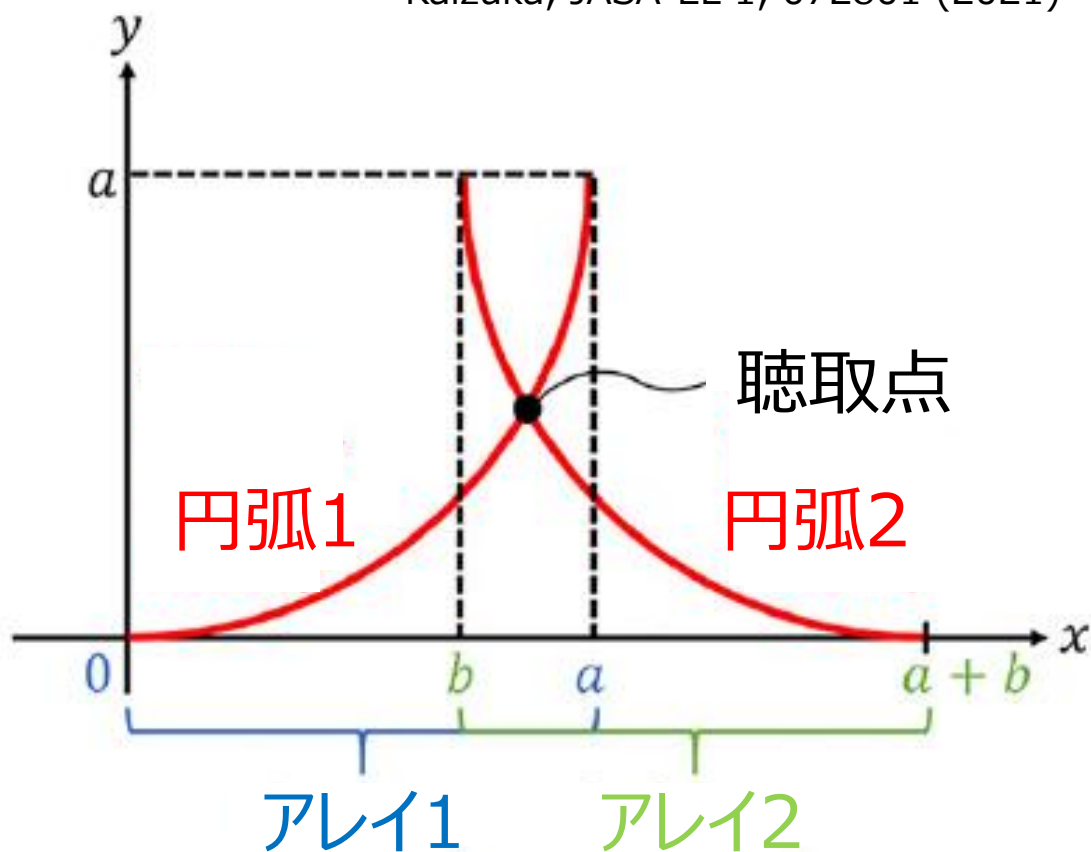




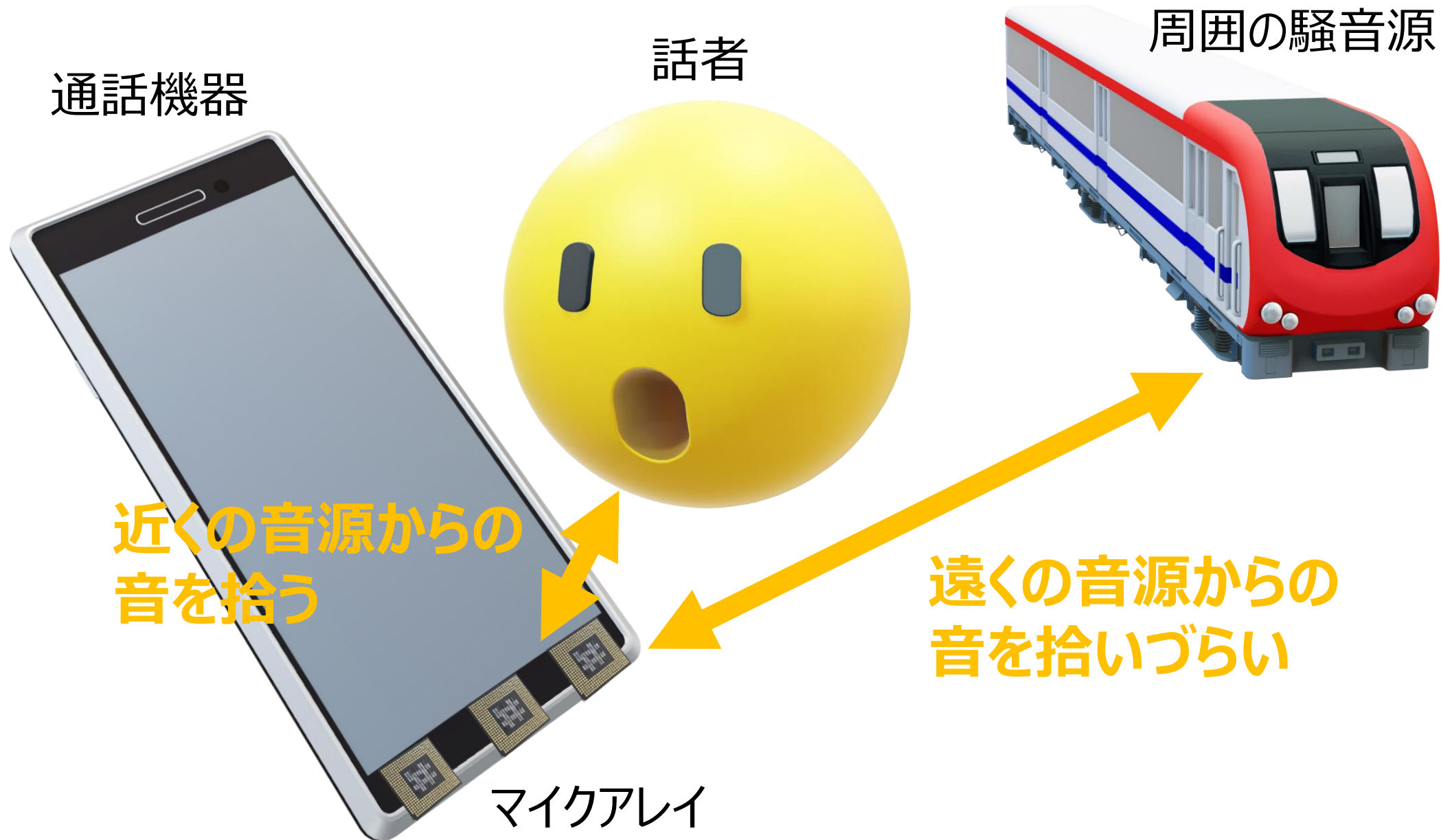
# 実用化に向けた課題：スピーカアレイ

- いかにスピーカの数減らせるか。いかにアレイを短くできるかと同義（スピーカ間隔は、上限周波数の半波長）。
- 障害物や壁に対するロバスト性。
- サイン音、音声、音楽を実際に耳で聞いて、異なる距離での音量のコントラストをどのくらい感じるか。

Kaizuka, JASA-EL 1, 072801 (2021)



# 新技術の概要：マイクアレイ



# 従来技術とその問題点：マイクアレイ

- マイクアレイの先行研究は音を拾う**方向**の制御に関するものが多く、音を拾う**距離**の制御に関するものは少ない。
- いくつか提案されている距離の制御技術には、例えば、次のような問題点がある。
  - マイクの配置が特殊である（球形にマイクを並べなければならぬ）。
  - 収音の焦点に幅を持たせるほど、異なる距離での計測感度のコントラストが下がる。

# 新技術の特徴：マイクアレイ

- マイクの配置は自由。
- マイクの数は少なくてよい。
- **近距離場 (near field)** の音源からの音を拾う。

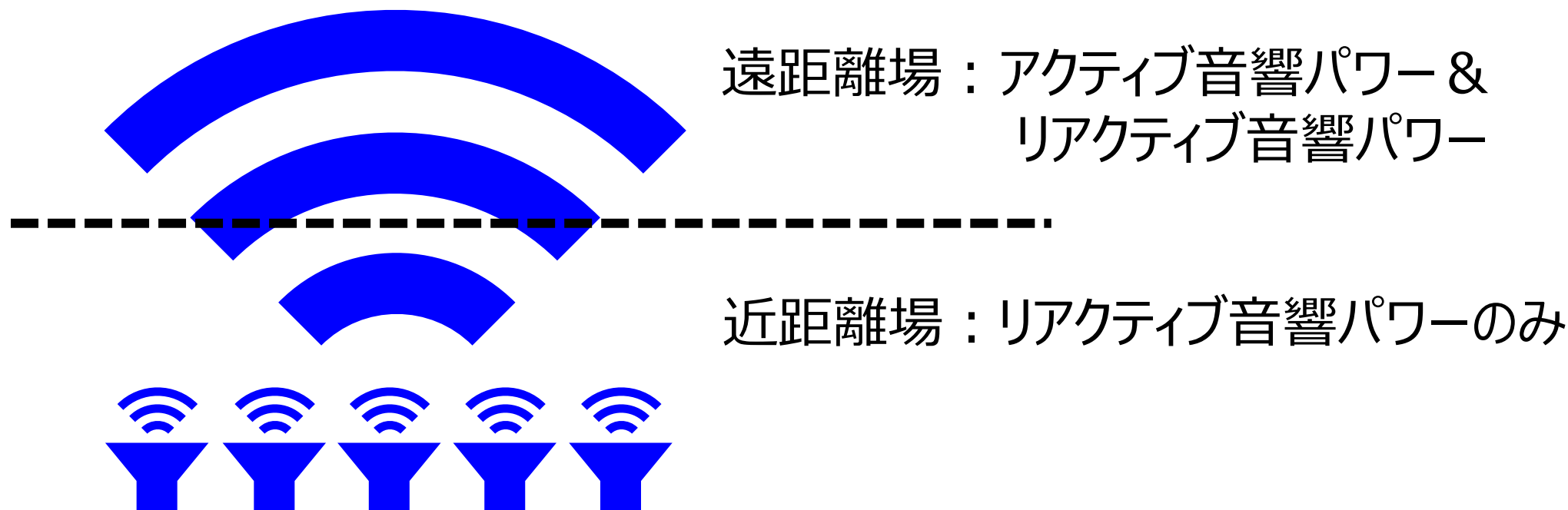


音声信号の周波数帯では、  
**マイクアレイの表面から数cmが目安。**

# 新技術の方法論：マイクアレイ

スピーカアレイから放射される音響パワーのうち、アクティブ音響パワーに対するリアクティブ音響パワーの比率を十分高められれば、近距離場が卓越する。

スピーカの個数と配置を所与として、前記比率を最大化するための各スピーカの振幅・位相を求める。



# 新技術の方法論：マイクアレイ

このスピーカアレイは、近距離場には音を届けられるが・・・

遠距離場



# 新技術の方法論：マイクアレイ

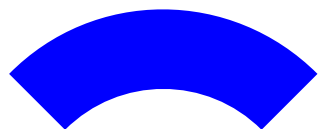
遠距離場には音を漏らさない。

つまり、音源と観測点のあいだの音響伝達関数（音の伝わりやすさ）は、近いと大きく、遠いと小さい。

聞こえない



遠距離場



近距離場



# 新技術の方法論：マイクアレイ

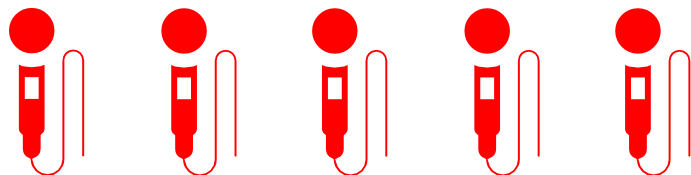
音源と観測点を入れ替えても、音響伝達関数は変わらない（相反性）。

スピーカアレイと同じアレイ信号処理を行うマイクアレイを使うと、近距離場の音源からの音は拾えるが・・・

遠距離場



近距離場

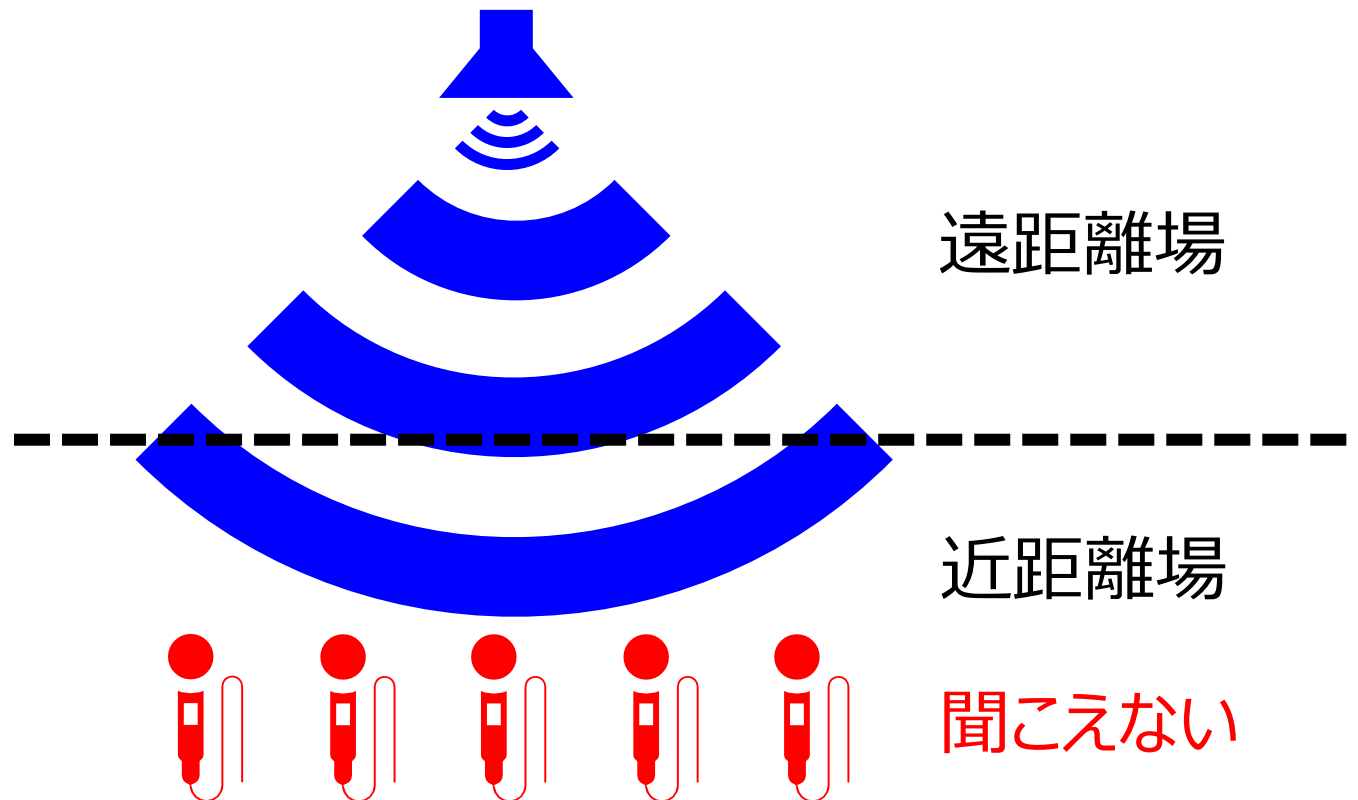


聞こえる



# 新技術の方法論：マイクアレイ

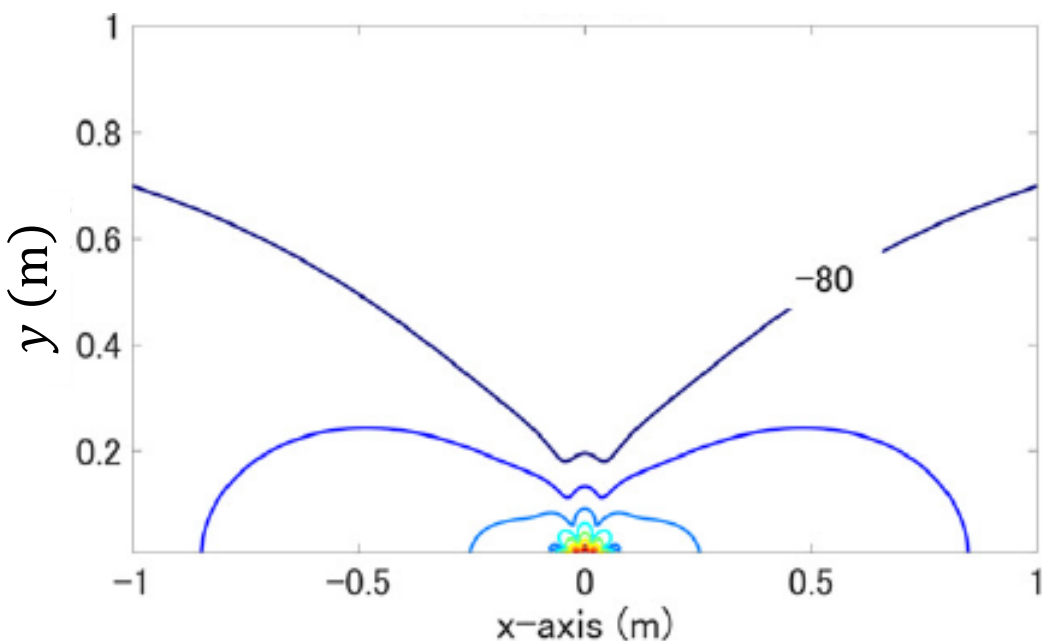
遠距離場の音源からの音は拾わない。



# 新技術の方法論：マイクアレイ

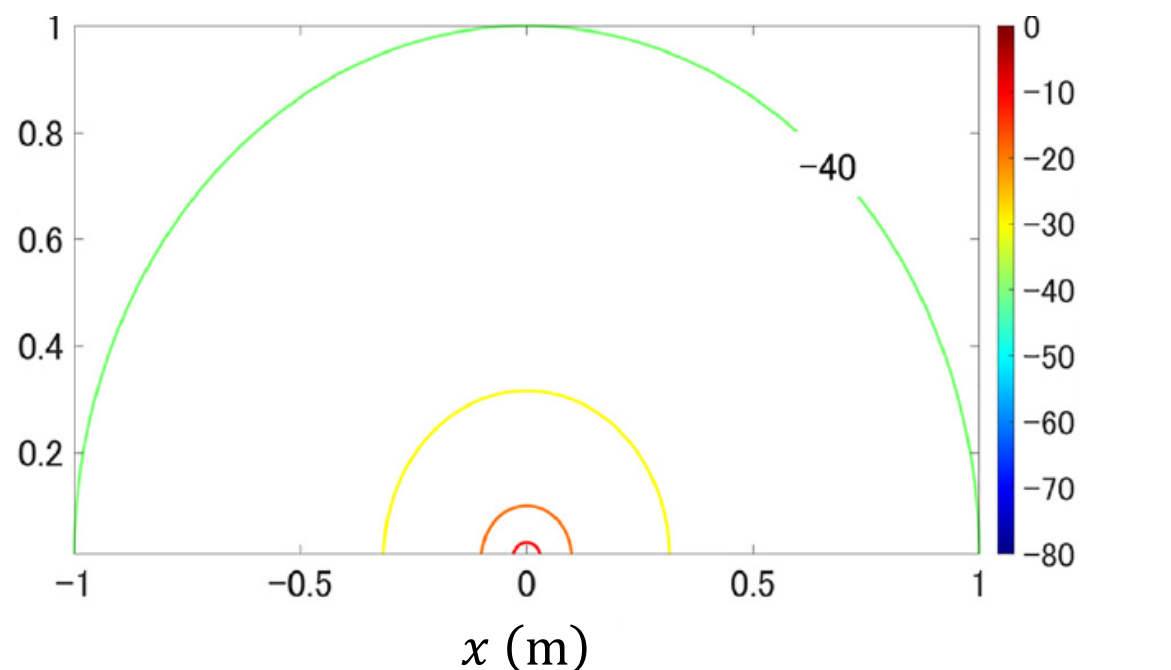
0.015 m間隔で5個のマイクを並べた場合の  
1850 Hzの感度レベルの分布を示す（シミュレーション結果）。

マイクアレイ  
(5個の計測点)



10 dB間隔の等高線

通常のマイク  
(1個の計測点)



Kaizuka+, JASA 150, 1453 (2021)

# 想定される用途：マイクアレイ

通話機器（携帯電話、ヘッドセットなど）

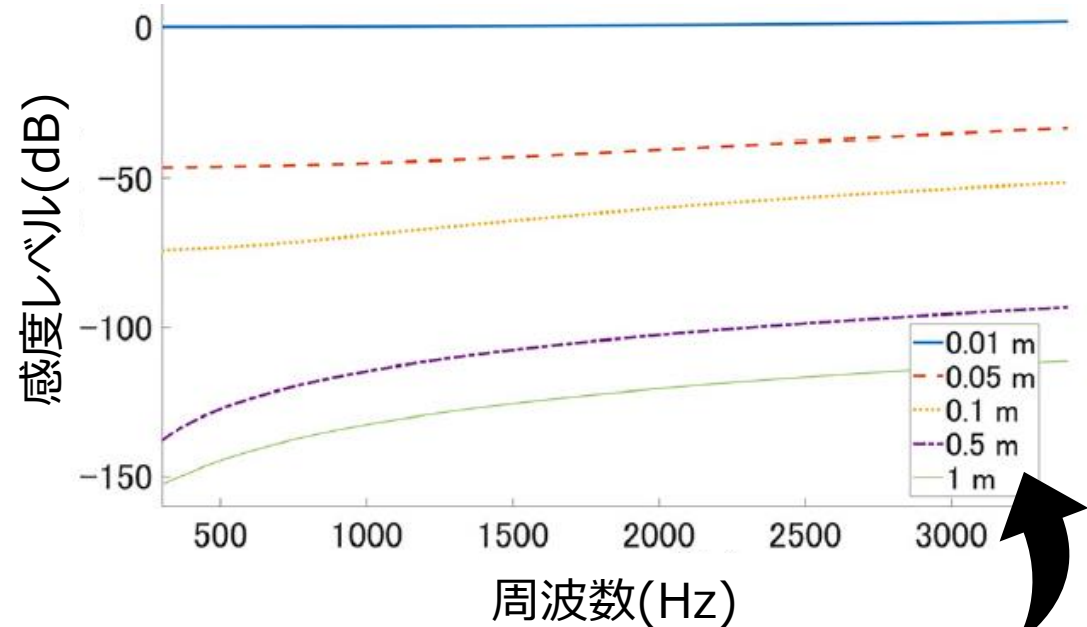
周囲の騒音源



# 実用化に向けた課題：マイクアレイ

- 距離が遠いほど、感度の周波数特性はハイパスフィルタの様相を呈する。よって、距離に応じたイコライザが必要。
- 障害物や壁に対するロバスト性。
- マイクアレイで拾った音（音声＋騒音）を実際に耳で聞いて、どのくらい音声が見えか。

Kaizuka+, JASA 150, 1453 (2021)



アレイ中心と音源の距離

# 企業への期待

- **共同研究**

実験を行う技術（アレイ信号処理など）  
をお持ちの企業様

- **特許ライセンス**

# 知的財産権：スピーカアレイ

- **名称** : スピーカシステム
- **出願人** : 学校法人工学院大学
- **発明者** : 貝塚勉
- **出願番号** : 2021-106882

# 知的財産権：マイクアレイ

- **名称** : 接話用マイクロホンアレイ及び  
接話用マイクロホンアレイの設定方法
- **出願人** : 学校法人工学院大学
- **発明者** : 貝塚勉
- **出願番号** : 2021-132379

# お問い合わせ先

**工学院大学**

**総合企画部 産学連携室**

e-mail : [sangaku@sc.kogakuin.ac.jp](mailto:sangaku@sc.kogakuin.ac.jp)

T E L : 03-3340-0398(新宿)、042-628-4928(八王子)

F A X : 03-3342-5304(新宿)、042-626-6726(八王子)