

音情報処理研究室 研究紹介

大阪産業大学 情報デザイン学部

岩居 健太 (准教授)

音情報処理研究室の研究テーマ

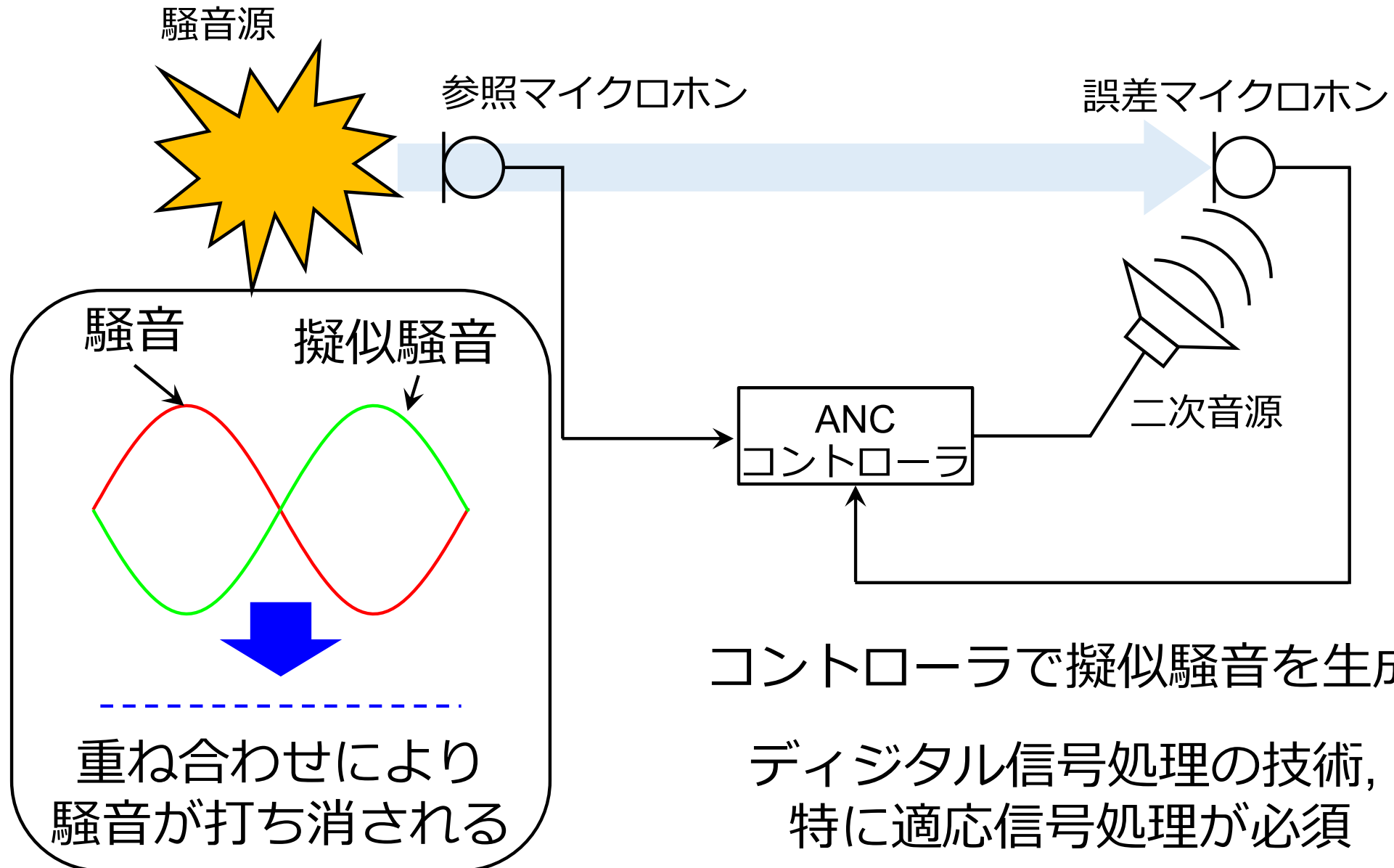
- アクティブノイズコントロール (ANC) システム
- 音響エコーキャンセラ
- 適応雑音キャンセラ
- スピーカの高音質化用ディジタルフィルタ
- その他

音情報処理研究室の研究テーマ

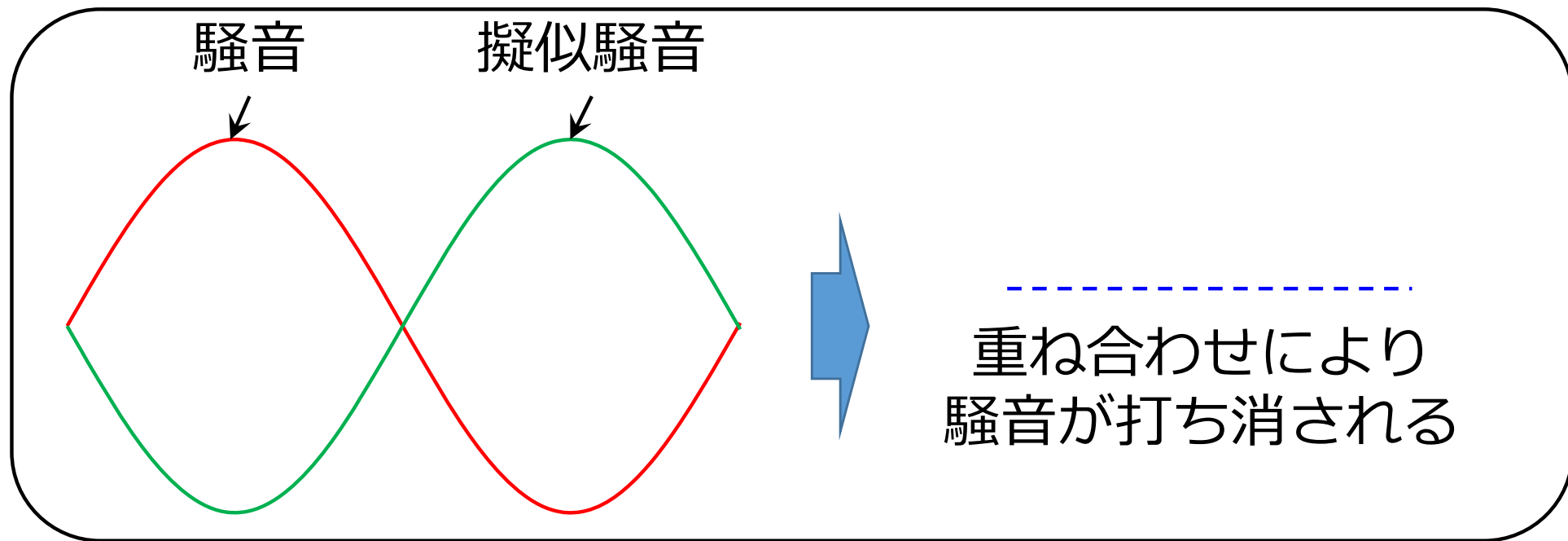
- アクティブノイズコントロール (ANC) システム
- 音響エコーキャンセラ / 適応雑音キャンセラ
- スピーカの高音質化用ディジタルフィルタ
- その他

アクティブノイズコントロール

■ フィードフォワードアクティブノイズコントロール (ANC)



アクティブノイズコントロールの基本原理



騒音 : $x_1(t) = A \sin(\omega t)$

擬似騒音 : $x_2(t) = ?$

$x_1(t) + x_2(t) = 0$
 $\Leftrightarrow A \sin(\omega t) + x_2(t) = 0$
 $\Leftrightarrow x_2(t) = -A \sin(\omega t)$

擬似騒音は騒音と同振幅, 逆位相の信号

* 高周波騒音の場合, 位相が急激に変化するため制御困難

騒音対策とアクティブノイズコントロール

◆騒音対策の古典的手法：パッシブノイズコントロール (PNC)

- ・ 防音壁, 耳栓などによる手法
- ・ 入射音波を吸音, 回折させることで騒音に対処
- ・ **比較的高い周波数の騒音に有効**

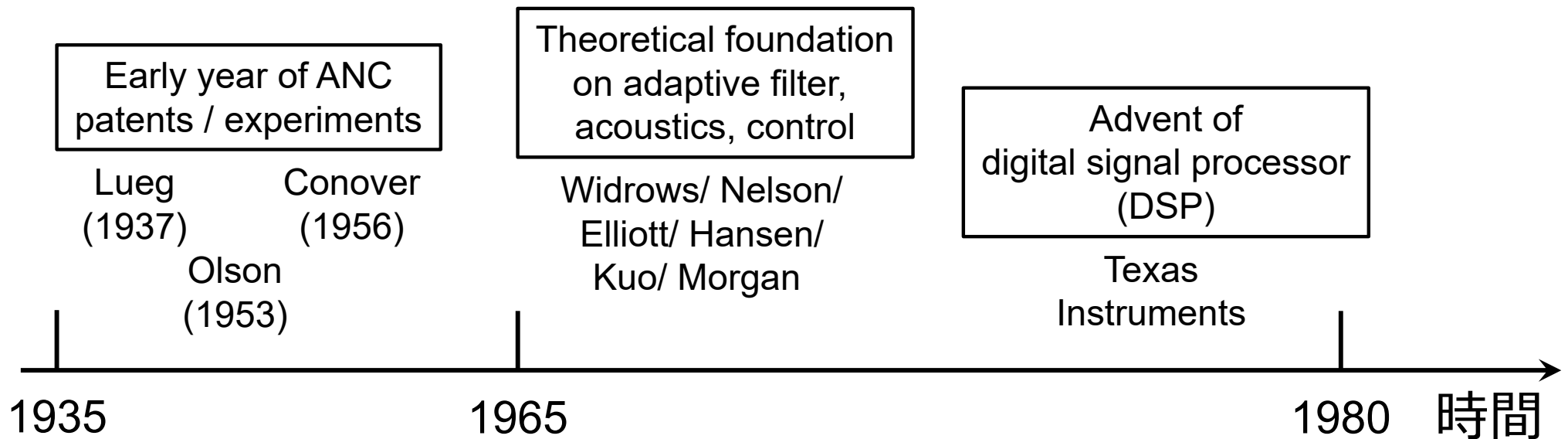
＊ 低周波騒音に対しては, 構造物を重く, 大きいものにする必要あり (波長に由来)

◆アクティブコントロールによる騒音対策

- ・ スピーカ, アクチュエータなどにより, 振動, 騒音を強制制御
- ・ **低い周波数の騒音に有効** (一般的には500 Hz以下)

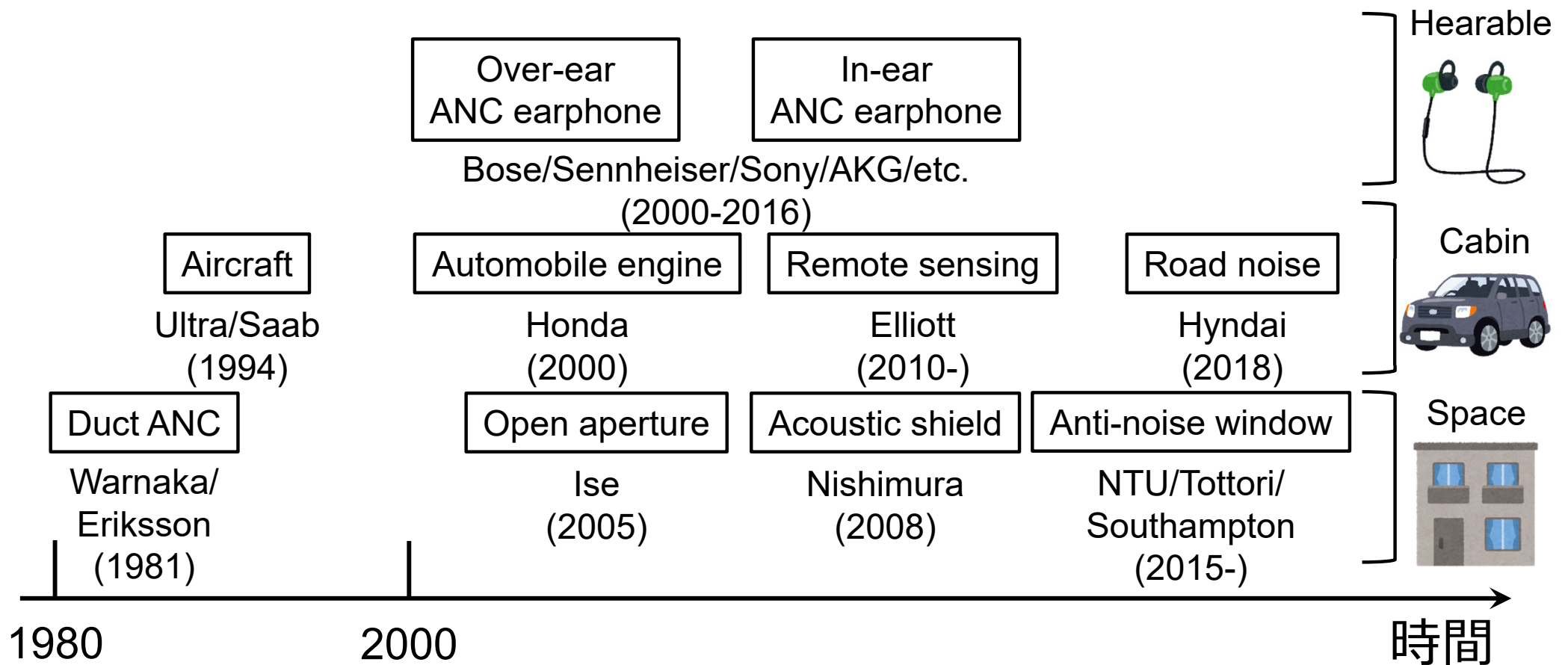
＊ 高周波数に対しては, 位相調整が困難 (位相の急激な変化に由来)

アクティブノイズコントロールの技術経緯 (1/2)



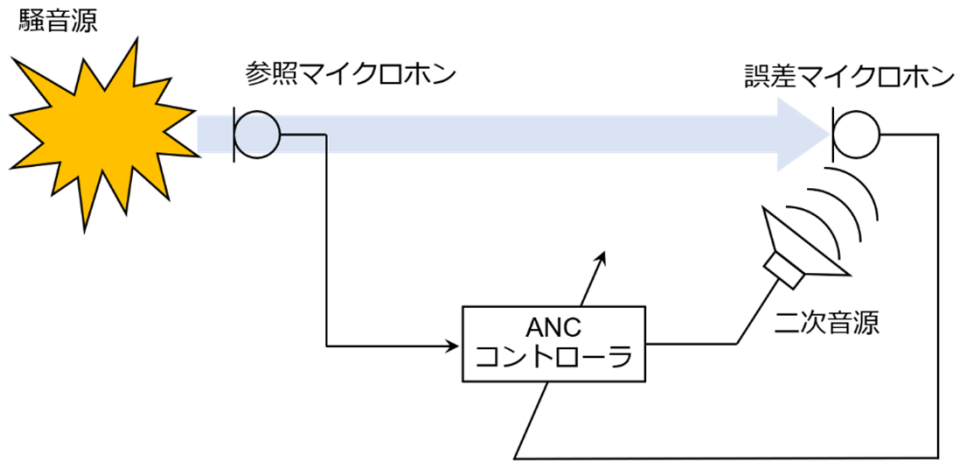
ディジタル信号処理プロセッサ (DSP) の技術進歩により
ディジタル制御によるANCの研究が発展

アクティブノイズコントロールの技術経緯 (2/2)



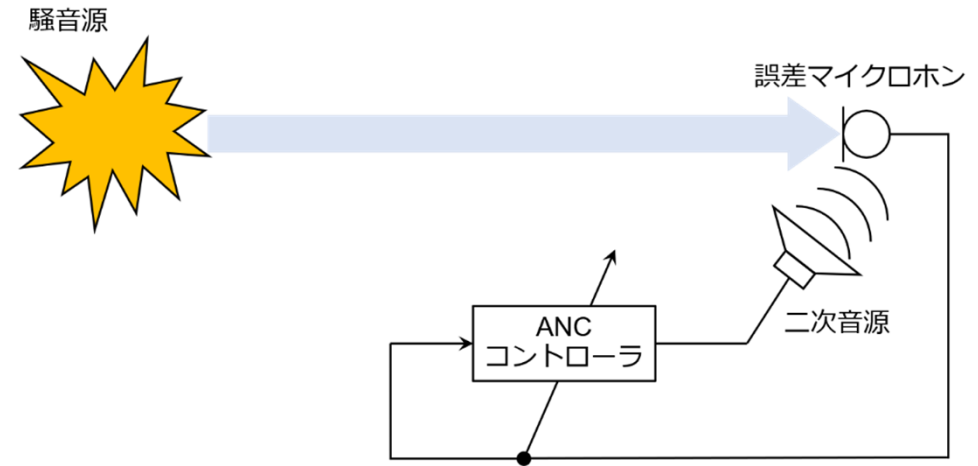
ヒアラブルデバイス, 車内ANCなどが実用化
オープン空間のANCも一部実用化

アクティブノイズコントロールの制御方式



フィードフォワード制御

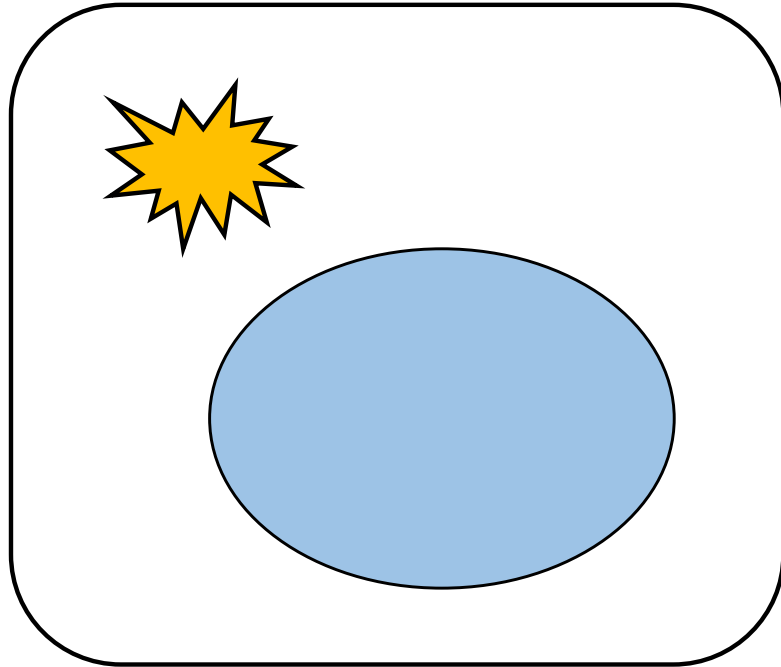
- ・ 参照センサを有する
- ・ 参照信号と相関のある騒音を低減可能
- ・ 広帯域騒音, 狭帯域騒音など幅広く低減可能



フィードバック制御

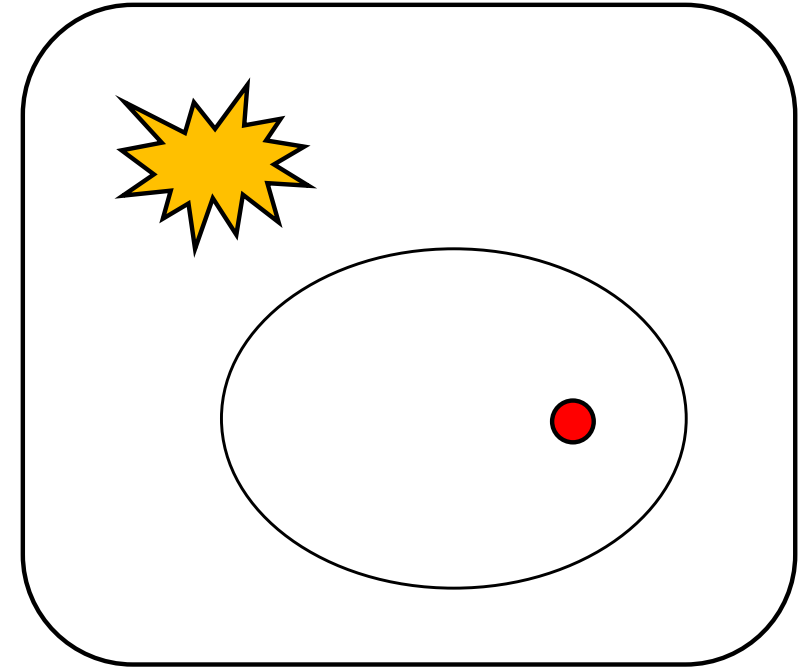
- ・ 参照センサを用いない
- ・ 残差信号の帰還のみで制御器を更新
- ・ 狭帯域騒音, 周期騒音のみ低減可能

制御領域による分類



グローバル制御

対象領域全体をスピーカで囲み
領域内全体で騒音を打ち消す



ローカル制御

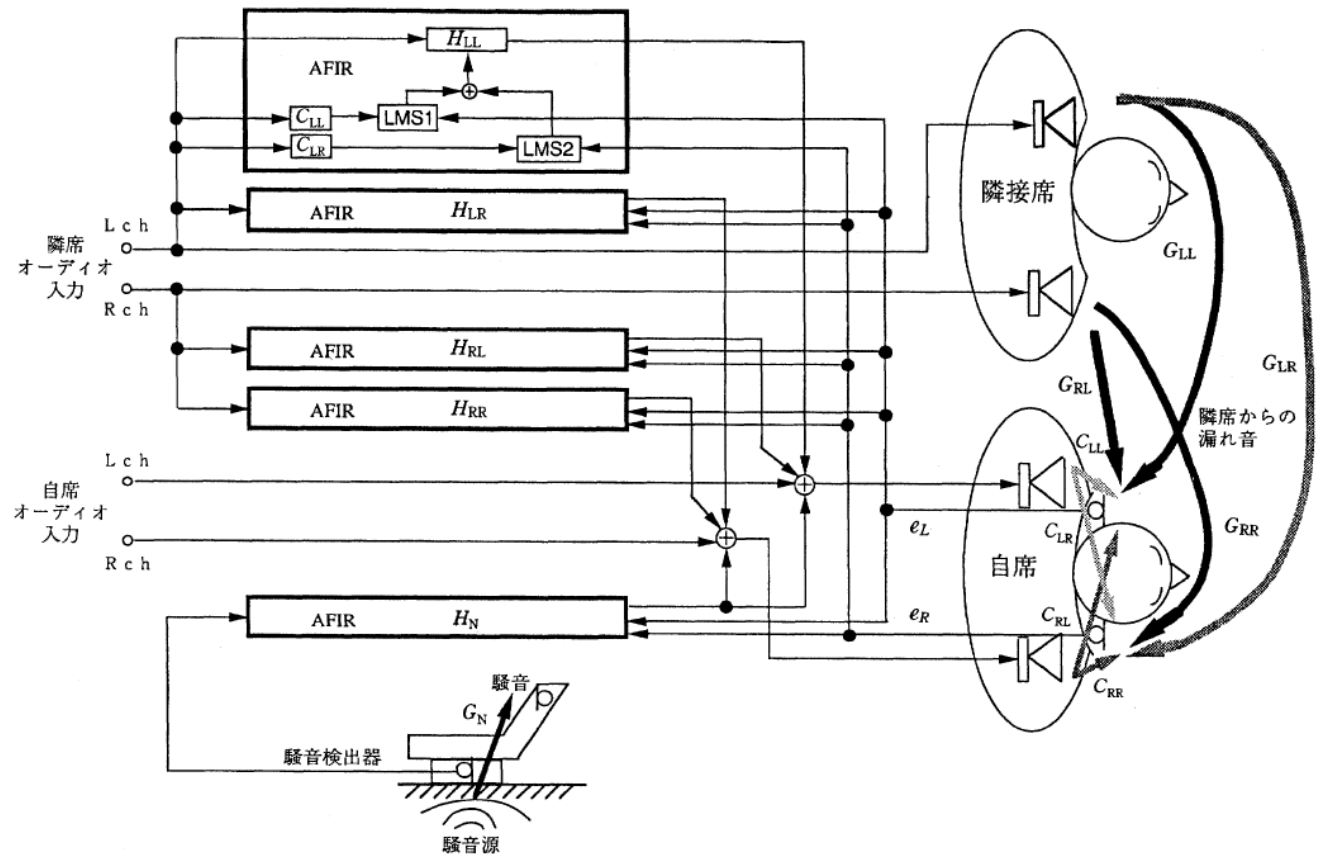
耳元など、極小領域に限定し
騒音を打ち消す
(制御点以外では騒音増大)

ヘッドレストへの応用

新幹線グリーン車の座席のためのANC

隣の座席から到来する
オーディオ信号を
キャンセル

同時に
車両からの騒音も
低減

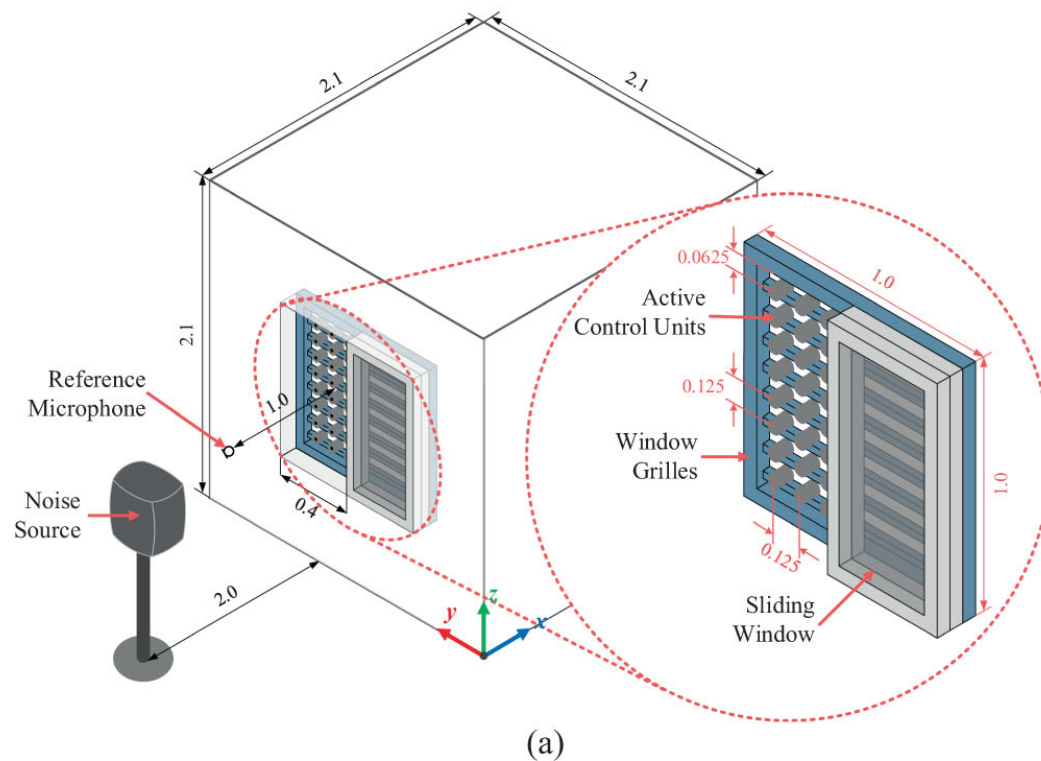


橋本裕之, 寺井賢一, “新幹線「MAX」のシートオーディオシステム: 騒音制御, vol. 20, no. 6, pp. 360-364, 1996

騒音低減性能：約25 dB

クロストークコントロール性能：約20 dB

窓への応用



B. Lam, et. al., "Active control of broadband sound through the open aperture of a full-sized domestic window," Sci. Rep. 10, 2020. (DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66563-z>)

室外から到来する騒音を窓地点で低減するマルチチャネルANC

騒音を約8~10 dBほど低減可能

枕への応用

いびき騒音をターゲットとした
マルチチャネルANCシステム

枕, またはベッドのヘッドボードに
二次音源および誤差マイクロホン
を設置



S. R. Chakravarthy and S. M. Kuo,
“Application of active noise control for reducing snore,”
in Proc. of ICASSP 2006, pp. V-305-V-308 , 2006.

**耳元地点で
約5～10 dBの低減効果
(ZoQの問題)**



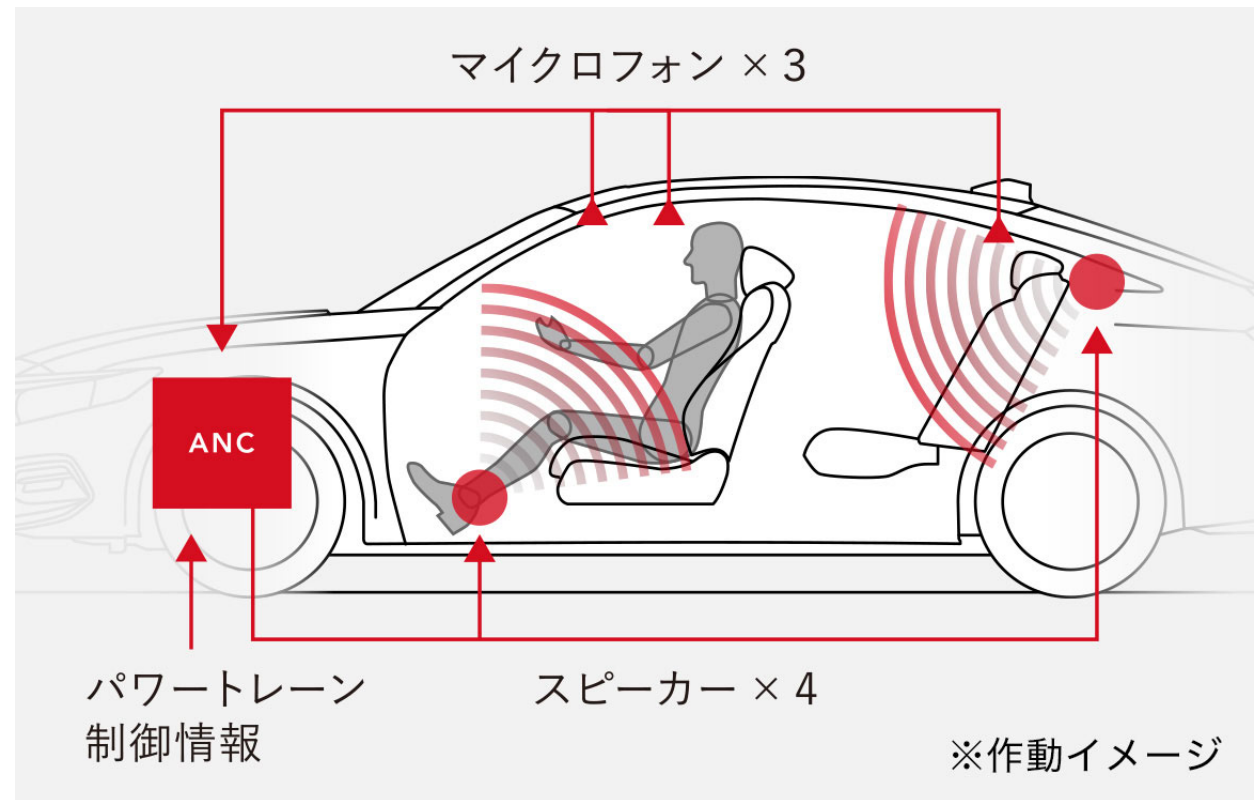
Lifu Wu, Feng Niu, and Yecai Guo, “Active noise control pillow based on the combination of the fixed and adaptive feedback structures,” Appl. Acoust., vol. 185, 2022.

自動車への応用

エンジンの回転情報

天井のマイクにより
取得された騒音情報

複数のスピーカにより
擬似騒音を放射



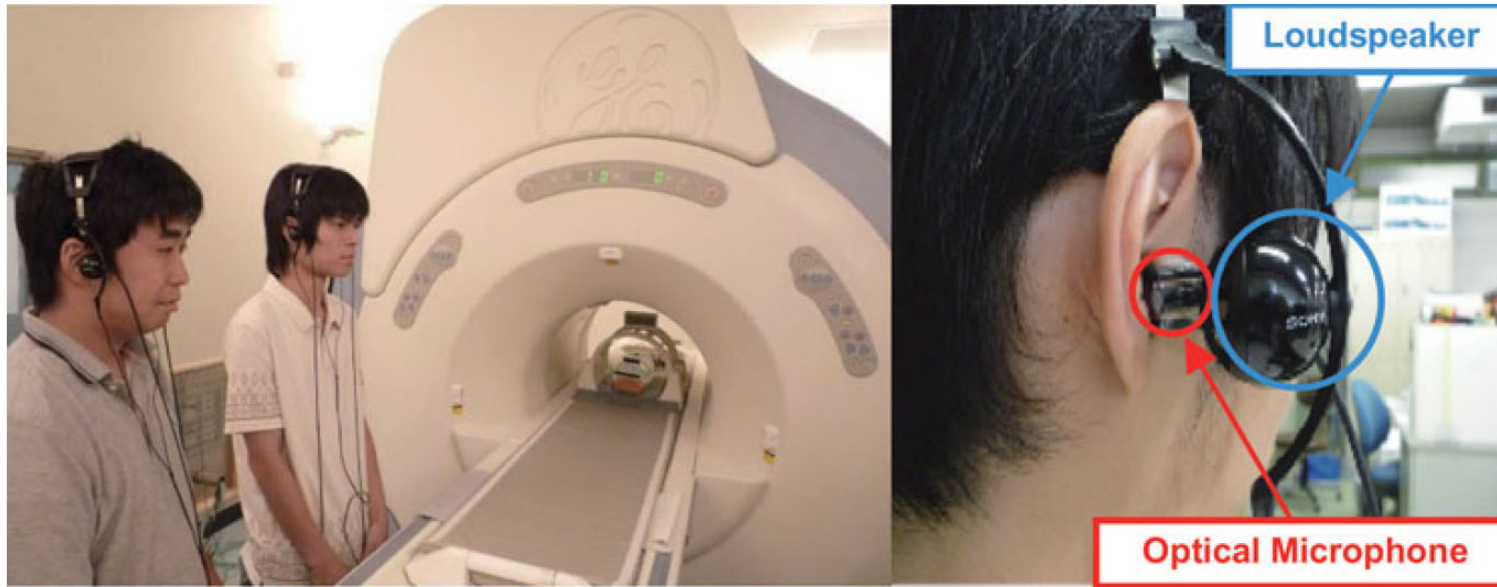
© Honda

(URL:<https://www.honda.co.jp/ACCORD/webcatalog/interior/cabin/>)

エンジンのこもり音, ロードノイズを約10 dB低減

井上 敏郎, “自動車車室内音のアクティブ制御技術,” 計測と制御,
vol. 51, no. 12, pp. 1143-1149, 2012

MRIへの応用



耳元付近で
ZoQ形成

MR騒音を
約30 dB低減
(500～2500 Hz)

M. Kumamoto, M. Kida, R. Hirayama, Y. Kajikawa, T. Tani, and Y. Kurumi,
“Active noise control system for reducing MR noise,” IEICE Trans. Fundam.,
vol. E94-A, no. 7, pp. 2922-2926, 2011.
* 写真は参考文献 [4]より引用

オープンMRI装置を利用した手術におけるMR騒音低減用の
IMC構成によるフィードバックANCシステム

オープンイヤー型ヘッドホンを使用 ➡ 肉声による医療スタッフ
同士の会話も可能

保育器への応用

NICUにおける
保育器周辺の医療機器から
到来する騒音を
保育器内で低減

**保育器外からの到来騒音を
約5～40 dB低減
(周期騒音)**

＊ 騒音が様々な方向から到来

複数の参照マイクロホンを用いることで対処可能



X.Yu, S. Gujjula, S. M. Kuo, “Active noise control for infant incubators,” in Proc. of EMBS 2009, pp. 2531-2534, 2009.

S. M. Kuo, L. Liu, and S. Gujjula, “Development and application of audio-integrated active noise control system for infant incubators,” Noise Control Eng. J., vol. 58, no. 2, pp. 163-175, 2010.

グローバル制御の研究

◆三次元空間における騒音低減に関する研究

研究グループ：東京大学, 猿渡・小山研究室
(猿渡 洋 教授, 小山 翔一 講師) など

計算機シミュレーションにより
マルチチャネルANCの基礎技術を検討

◆三次元音場再現に関する研究

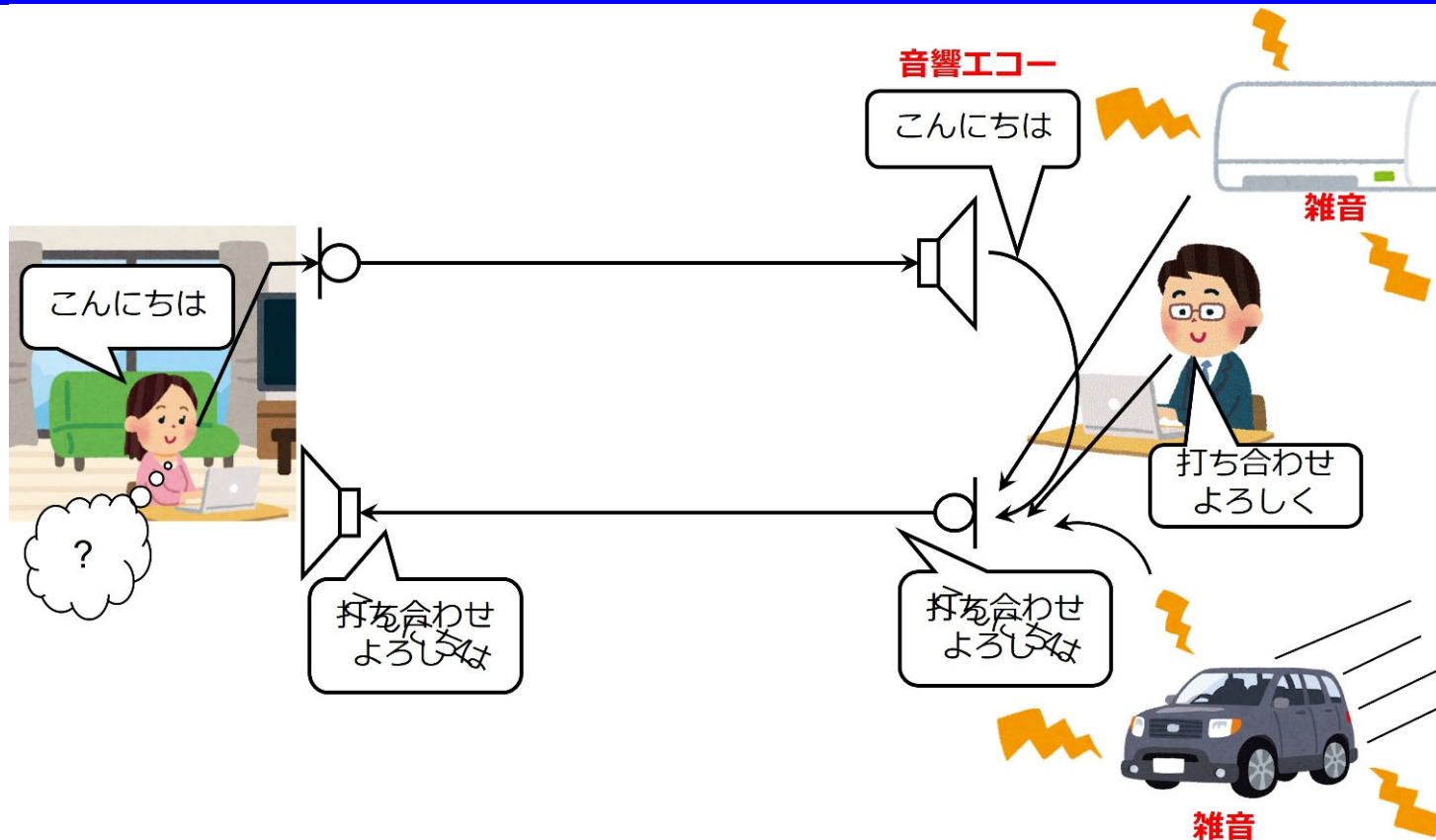
研究グループ：東京電機大学, 音響空間研究室
(伊勢史郎 教授) など

キルヒホッフ・ヘルムホルツの
積分方程式に基づく
三次元音場再現技術进行研究



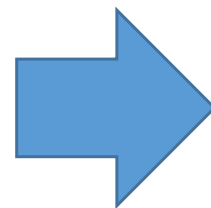
伊勢史郎, “没入型聴覚ディスプレイ
「音響樽」,” 日本バーチャルリアリティ
学会誌, vol. 25, no. 2, 2020.

音響エコーキャンセル / 適応雑音キャンセル



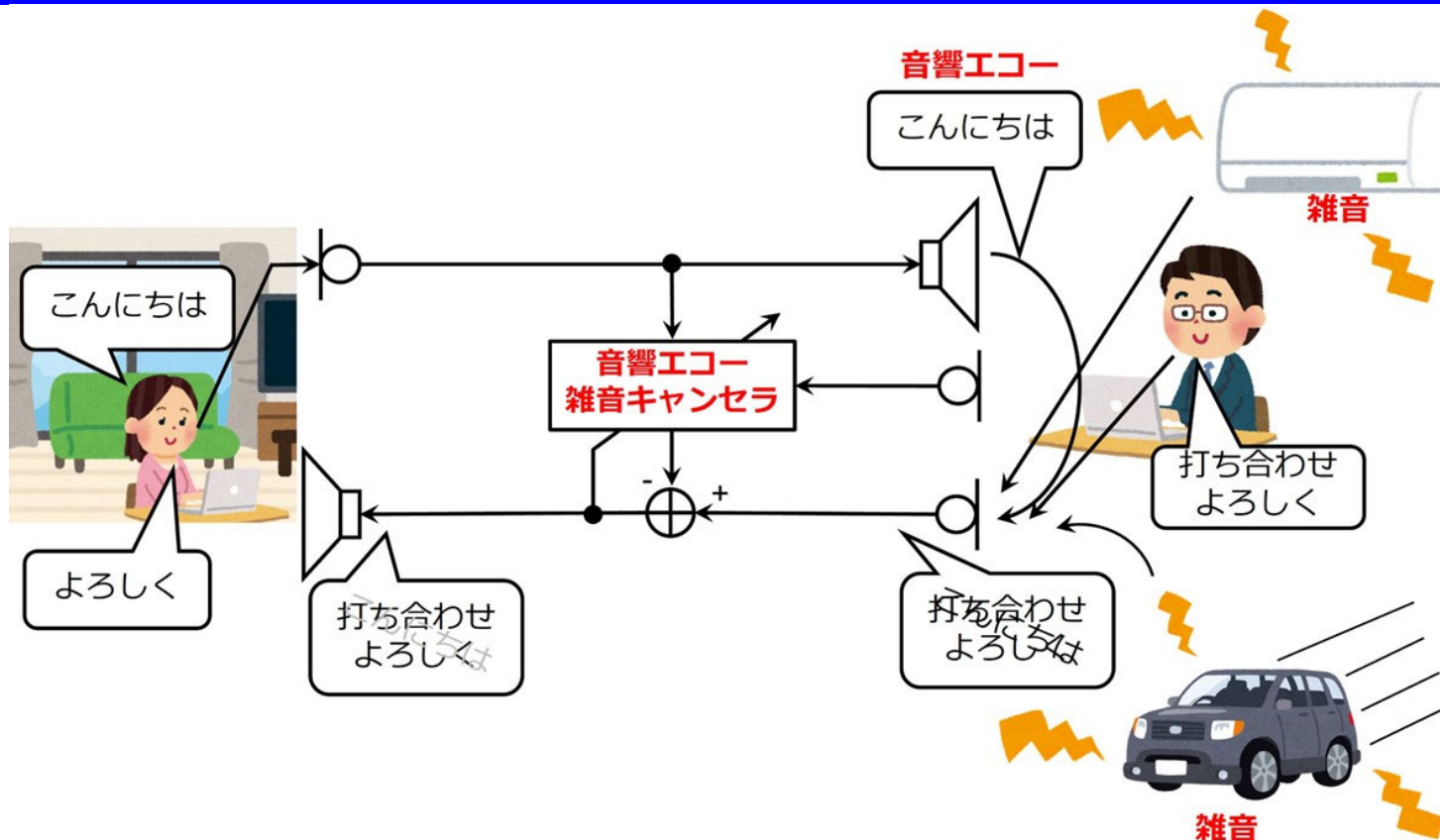
拡声通話機器 (例：テレビ会議システム)

音響エコー
環境雑音



通話，コミュニケーション
の障害

音響エコーキャンセラ / 適応雑音キャンセラ

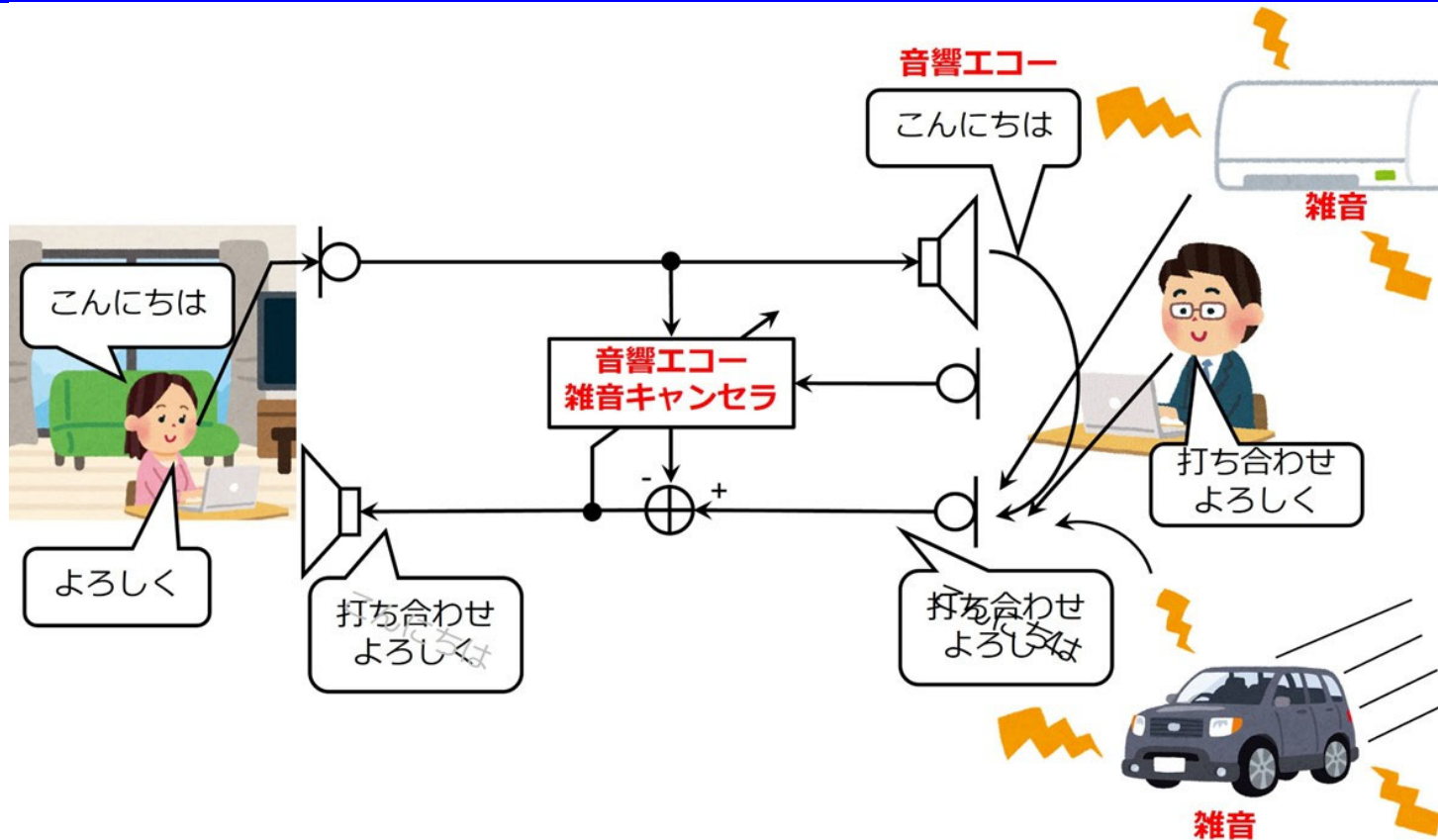


拡声通話機器 (例：テレビ会議システム)

音響エコーキャンセラ + ノイズキャンセラにより
マイクで收音した音声から **音響エコー** と **環境雑音** を除去

通話品質を改善

システムのイメージ

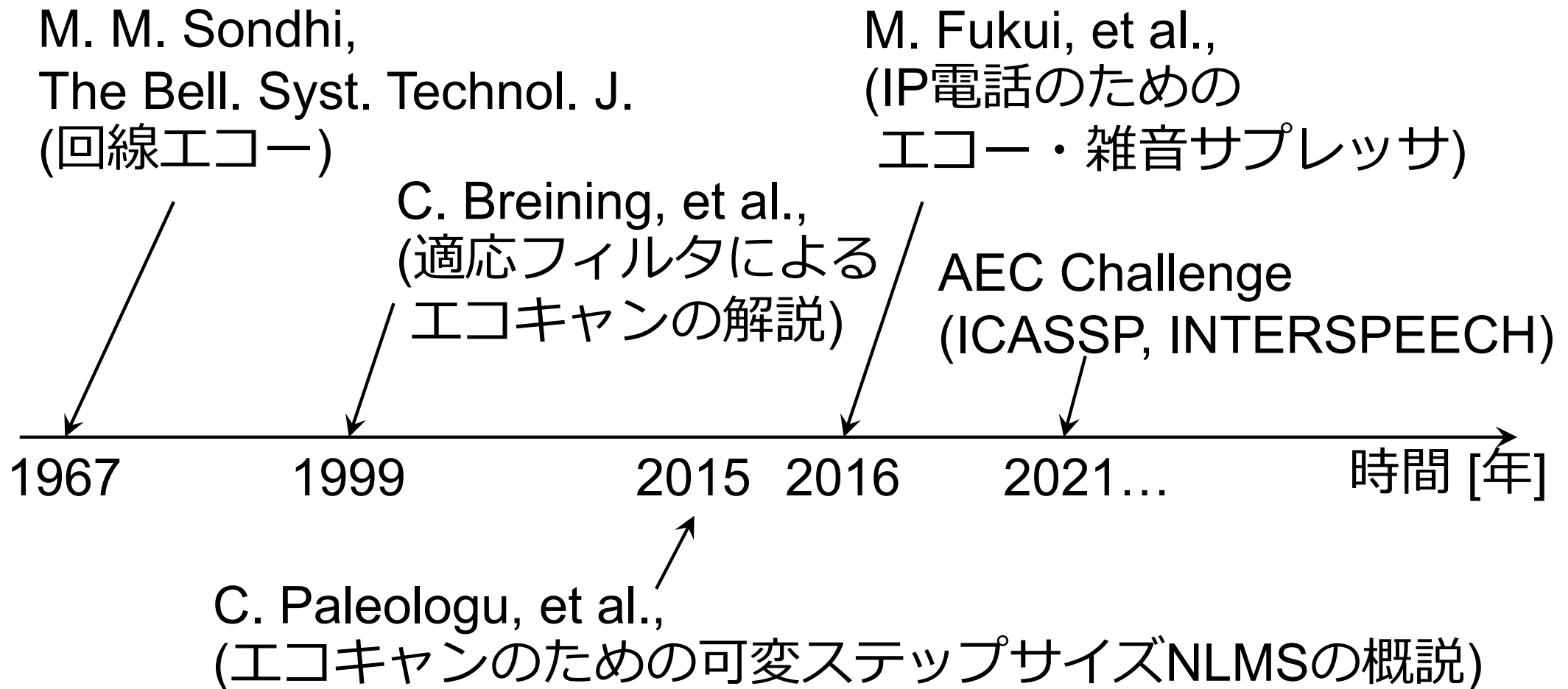


音響エコーや雑音の模擬信号 (レプリカ) を生成



マイクで拾った音からレプリカを減算すれば
音響エコーと雑音が消える

もう古い研究なのか？



2020年以降も

エコキャンに関するジャーナル等の発行や国際会議の発表が存在

音響エコーキャンセラ需要

拡声通話システム

- ・スマートフォンによる拡声通話
- ・テレビ会議システム (ラップトップ, タブレット端末など)

音声による制御機構

- ・スマートスピーカ
- ・音声制御機能付きロボット

指向性マイクロホンでも解決できるが,
音響エコーキャンセラなら音響機器の種類によらず
解決可能

音響エコーキャンセラのトピック

1. 非線形音響エコーキャンセラ

- ・再生系の非線形性も考慮したシステム
- ・非線形フィルタ, DNNなどを利用

2. 深層学習を用いた音響エコーキャンセラ

- ・近端話者音声を強調するようDNNを学習
- ・通常のエコーキャンセラの後処理として利用するシステムも

3. 適応フィルタと深層学習を組み合わせた音響エコーキャンセラ

- ・ステップサイズパラメータをDNNで制御
- ・最適ステップサイズによるエコー抑圧性能の改善

4. 適応フィルタを用いた音響エコー・雑音キャンセラ

- ・適応ノイズキャンセラ等を組み合わせたシステム
- ・システムの同時最適化による対雑音性の向上

スピーカの高音質化用デジタルフィルタ

スピーカの音質劣化 (非線形歪みの発生)

通信機器



ハンズフリー通話



テレビ会議システム

マルチメディア機器



スマートフォン



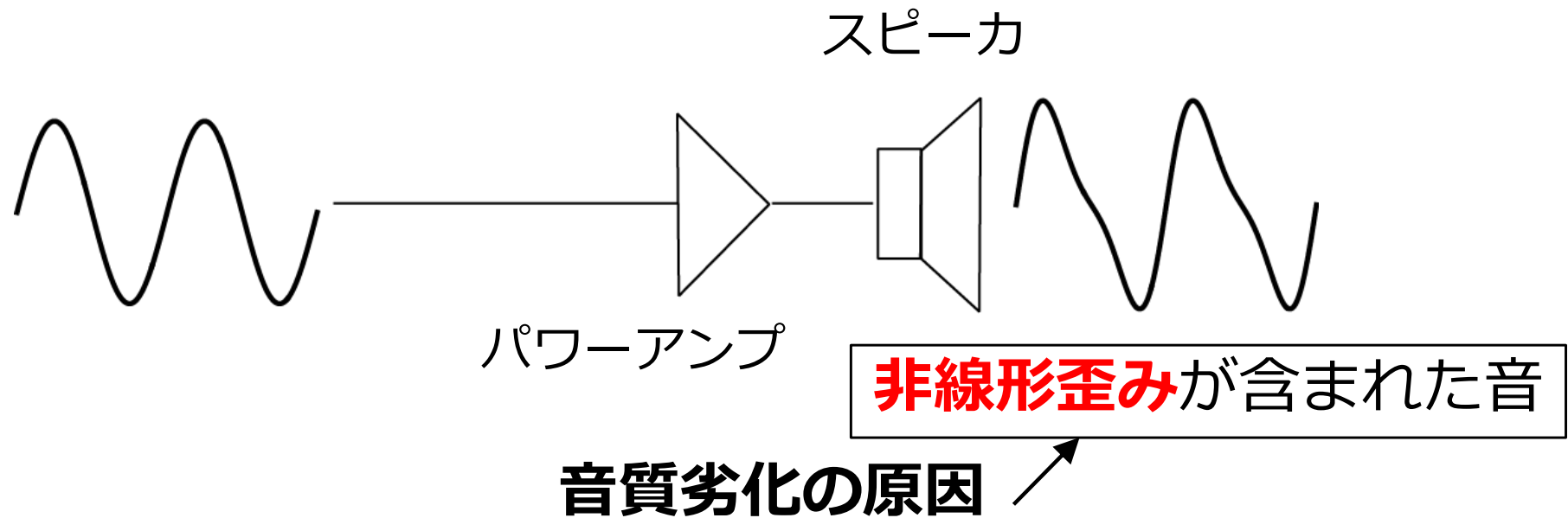
タブレット端末

音響エコーキャンセラや
アクティブノイズコントロールの
性能低下

音楽、動画コンテンツ視聴時の
クオリティ低下

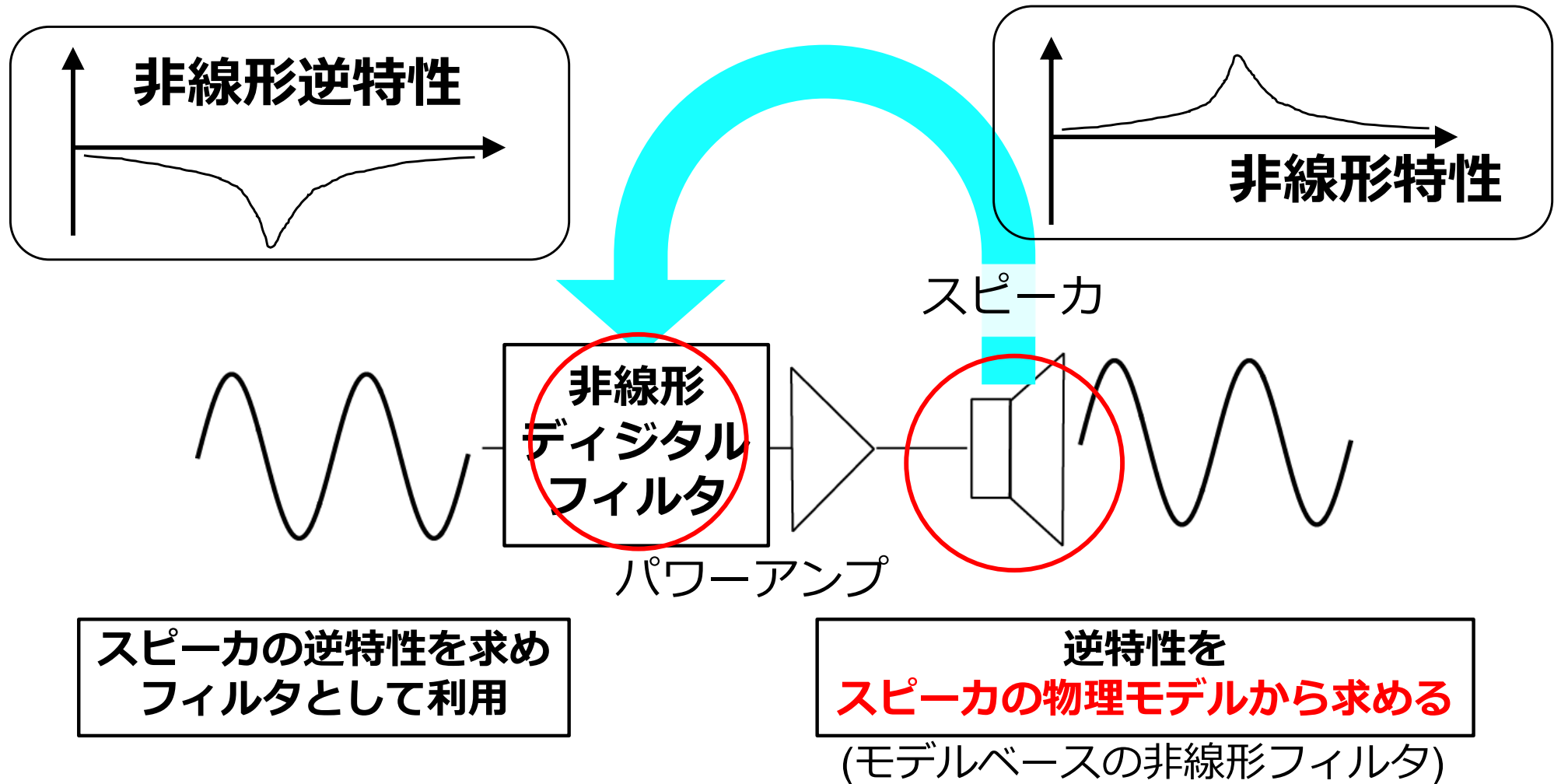
音の歪みとは？

処理なし



(例) ド, ミ, ソ (262 Hz, 329 Hz, 440 Hz) の音を入力したのに,
 $440 - 329 = 111 \text{ Hz}$ など別の音も一緒に再生される

歪みの発生を抑えるデジタル音響システム



**歪みの発生に関わるスピーカの特徴を
打ち消すシステムを研究**