新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

YAMAGUCHI UNIVERSITY

日常生活において呼吸音と血管音を聴取可能なセンサシステム

山口大学大学院 創成科学研究科

講師　中島　翔太

2024年 1月18日

目次

- ○ 研究背景｜日常的に使用できる簡便な生体音計測機器の需要
- ○ 研究紹介｜ウェアラブル生体音センサ
  生体信号処理
- ○ 実用化に向けて｜アピールポイント
  想定される用途
  企業への期待
- ○ おわりに｜本技術に関する知的財産
  お問い合わせ先

○ 研究背景　｜　日常的に使用できる簡便な生体音計測機器の需要

研究背景

○国内における死因と年間死者数[1]

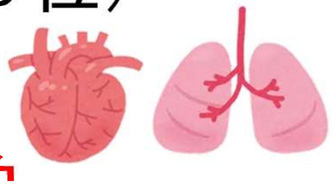
心疾患(高血圧性を除く)・・・23万 2964 人/年（２位）

脳血管疾患・・・10万 7481 人/年（４位）

肺炎・・・7万 4013 人/年（５位）

誤嚥性肺炎・・・5万 6069 人/年（６位）

○初期症状の例



日常生活における不整脈など**脈拍の微細な異常**

日常生活における息切れや肺雑音など**呼吸の微細な異常**

➡ **専門家(医師)或いは特殊検査でないと検知しにくい**

➡ **日常生活**で呼吸器・循環器に関する**初期症状**や病態の変容を捉える簡便な生体音計測装置が必要

➡ **呼吸音と血管音を聴取可能な生体音センサ**

[1] 厚生労働省:「令和４年（2022）人口動態統計（確定数）の概況」

○ 研究紹介｜

ウェアラブル生体音センサ
・カナル式
・耳掛け式

生体信号処理
・呼吸・血管音分離技術
・ノイズ低減技術

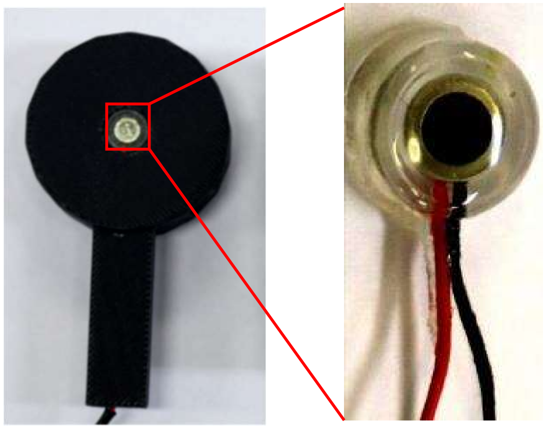
ウェアラブル生体音センサ

○生体音センサ（初期型）

・総頚動脈付近や脇下による測定では姿勢が制限される

→日常生活上で常用することはできず

初期症状を見逃すことがある



外観　　センサ部

○ウェアラブル生体音センサ

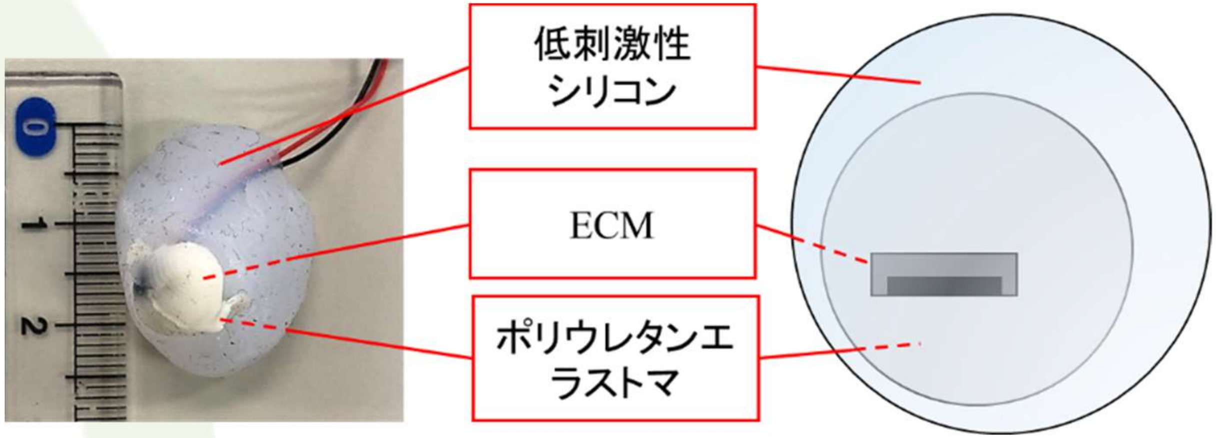
・耳付近が測定部位

→ イヤホンや耳栓、補聴器のように

日常生活で利用を想定

→ 長期間の経時的な生体音の変化を聴取可能

ウェアラブル生体音センサ(カナル式)



○低刺激性シリコン

・外耳道の形状に合わせてセンサを保持

○ECM(エレクトレットコンデンサマイクロフォン)

・高感度かつ小型

○ポリウレタンエラストマ

・人体の皮膚と固有音響インピーダンスを整合することで外部ノイズを低減しつつ生体音を取得

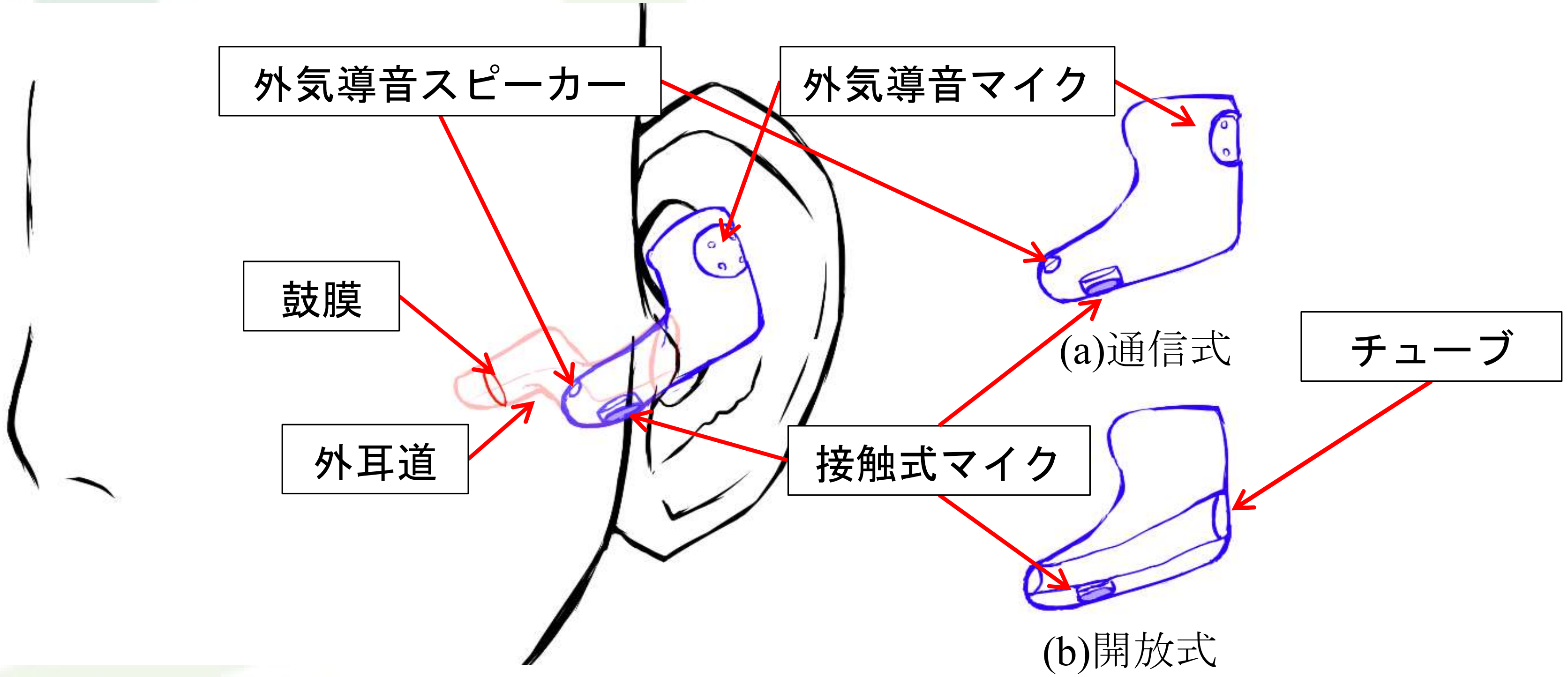
表　固有音響インピーダンス

媒質名	固有音響インピーダンス [Ns/m³]
皮膚[2]	1.99×10^{6}
空気[2]	4.28×10^{2}
ポリウレタン[3]	1.40×10^{6}

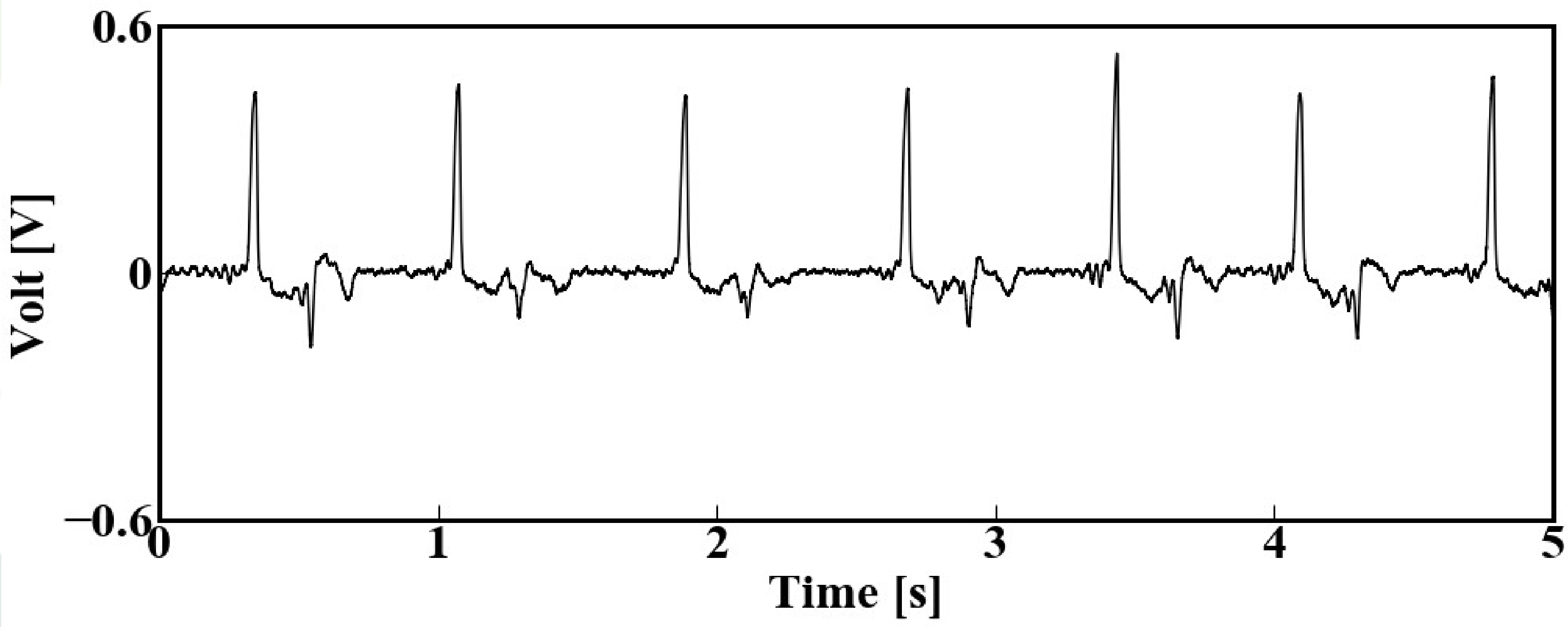
[2] 竹井ら：「MEMS心音センサの研究」，電気学会論文誌E，Vol.135, No.6, p.199-203 (2015).
[3] 吉田ら：「人肌ゲルを用いた超音波ファントムの検討I」，第74回応用物理学会秋季学術講演会，18A-P5-12 (2013).

ウェアラブル生体音センサ（カナル式）

- 呼吸音と血管音を同時に聴取できる
- 長期間の継続的な聴取が可能
- 外部ノイズを大幅に低減可能



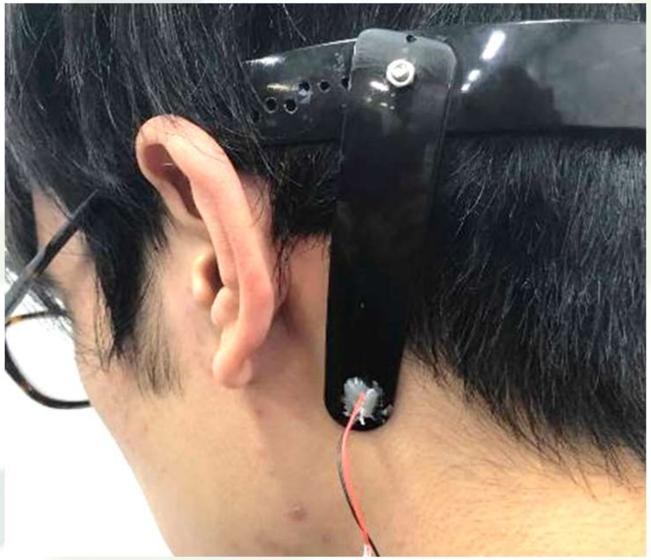
ウェアラブル生体音センサ（カナル式）



取得した信号波形

ウェアラブル生体音センサ（耳掛け式）

- カナル式に比べ耳を塞がないため負担がより少ない
- 測定場所が一意に決まるので位置合わせが容易
- カナル式に比べ外部からのノイズの影響が大きい



○ 研究紹介｜　ウェアラブル生体音センサ

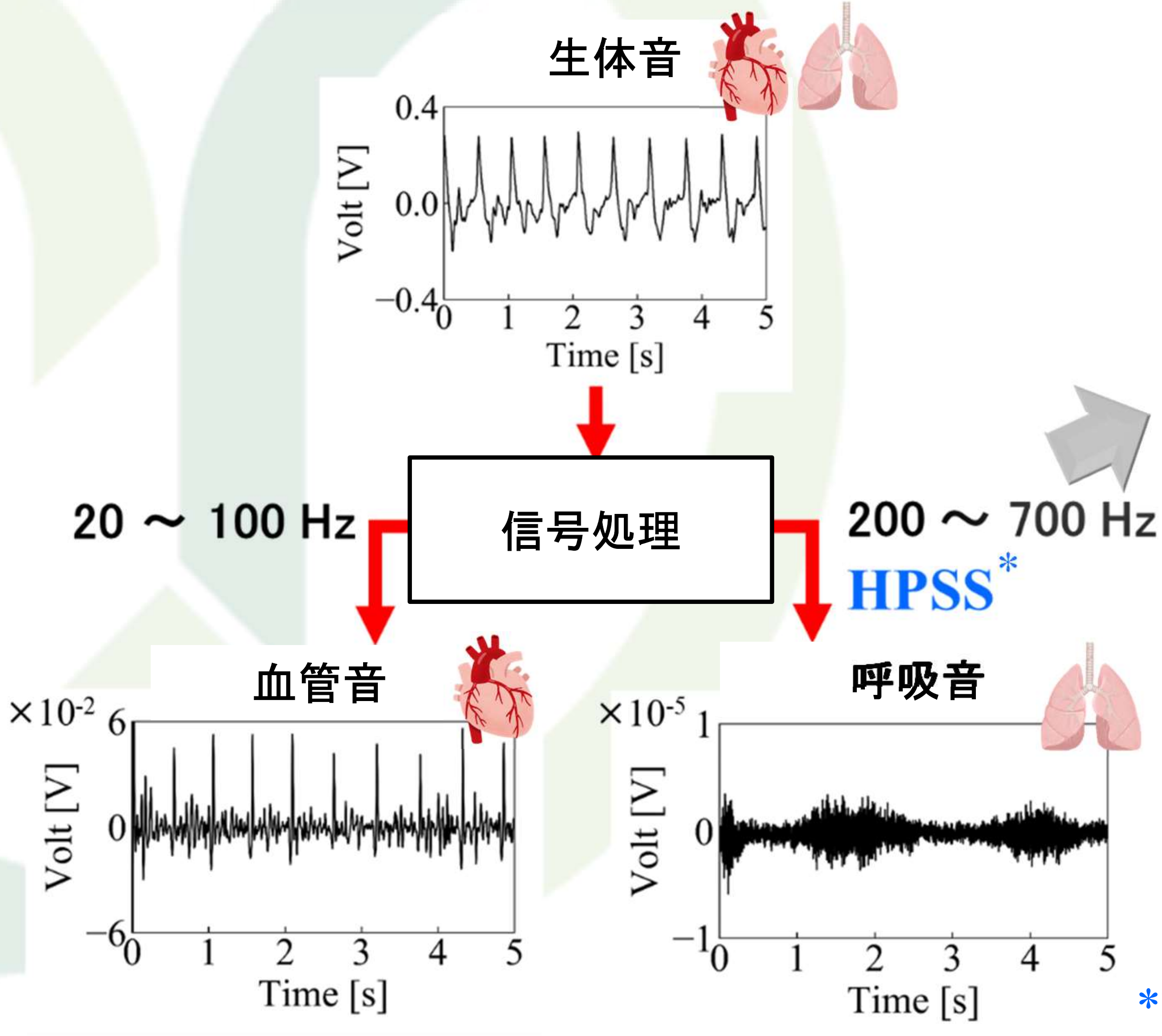
・カナル式
・耳掛け式

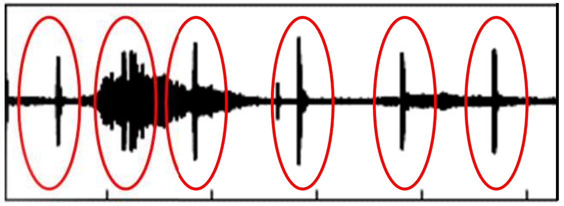
生体信号処理

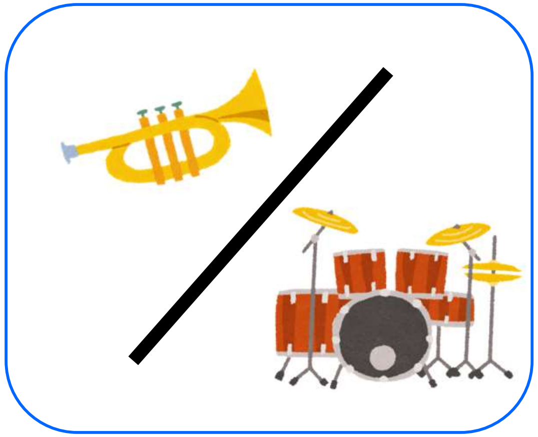
・呼吸・血管音分離技術
・ノイズ低減技術

呼吸・血管音分離技術

○ 取得した生体音から**呼吸音と血管音**に分離[4]







*Harmonic/Percussive Sound Separation

[4] Toriiら："Distinction of Heart Sound and Respiratory Sound Using Body Conduction Sound Sensor Based on HPSS ", ACIT2019 (2019)

呼吸・血管音分離技術

HPSS： 調波音・打楽器音を分離する手法

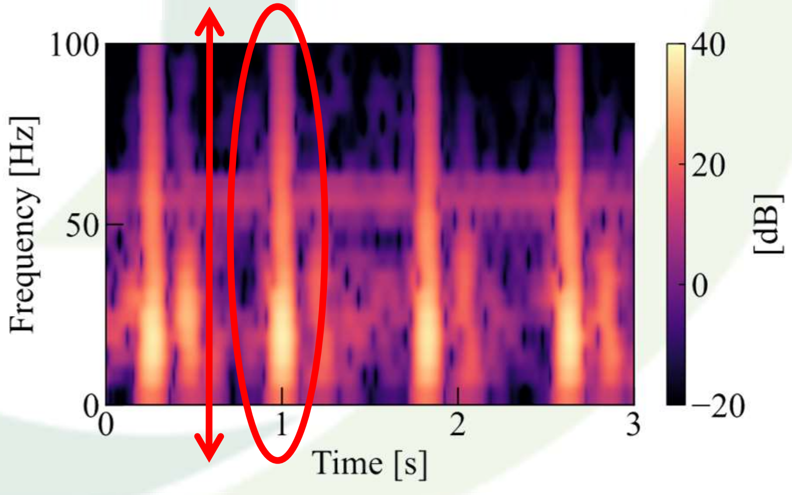
○打楽器音(Percussive sound)

・周波数方向に滑らか

○調波音(Harmonic sound)

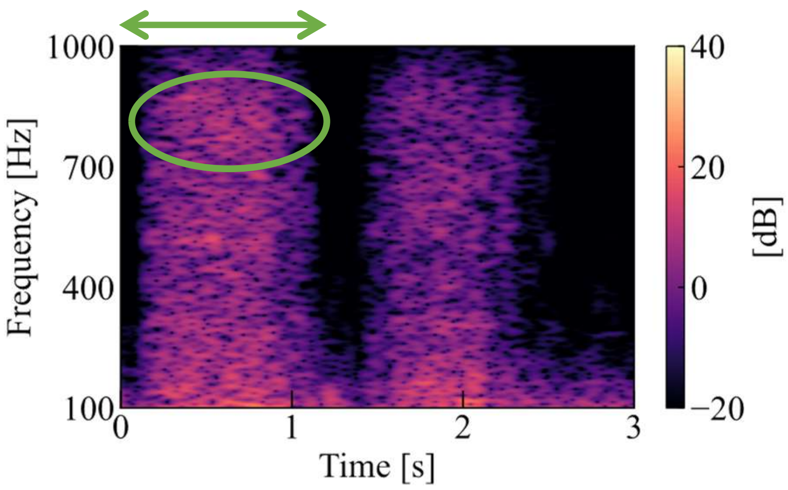
・時間方向に滑らか

打楽器音



血管音

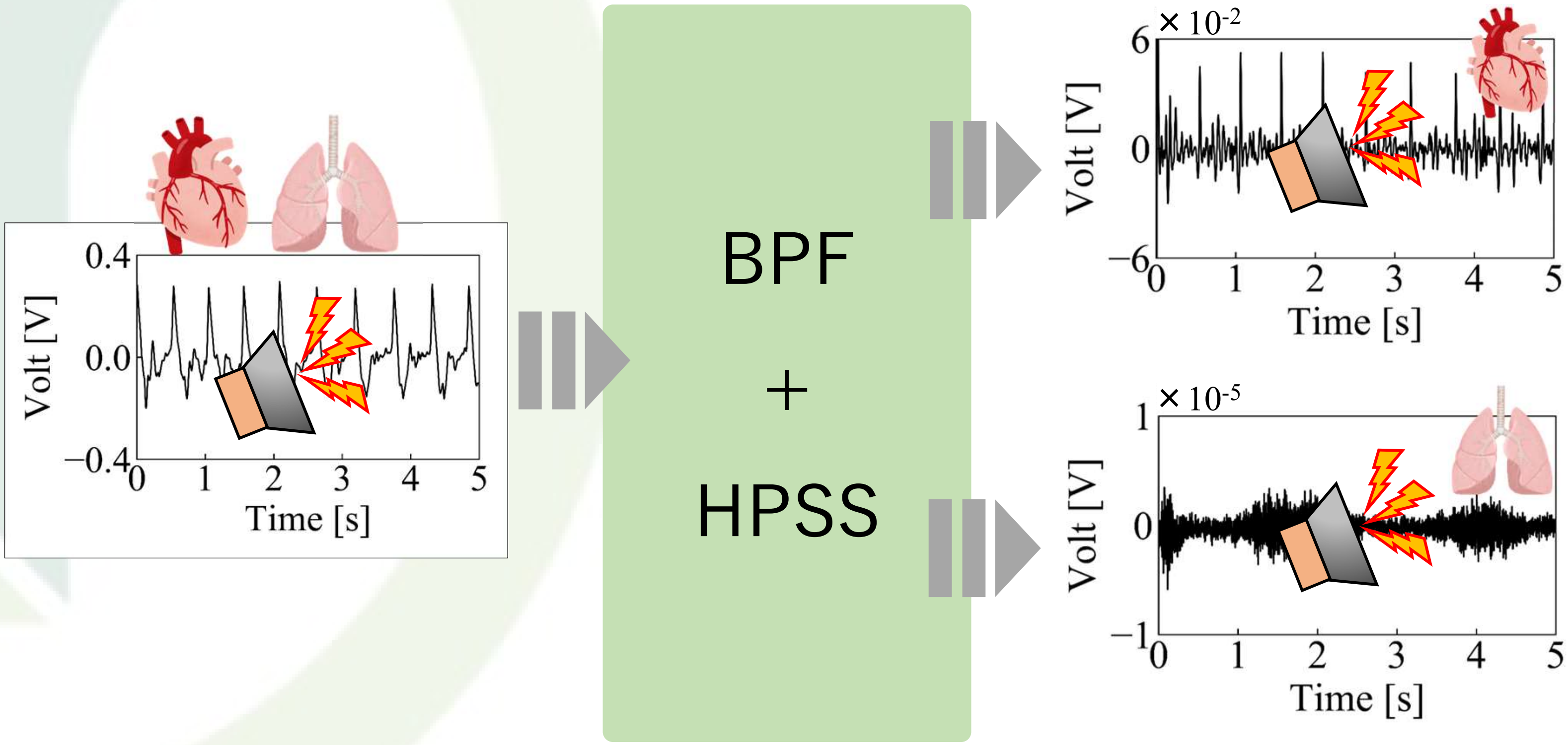
調波音



呼吸音

ノイズ低減技術

○ 生体音の周波数特性に基づいた分離



<u>日常生活で発生するノイズが計測に悪影響を及ぼす</u>

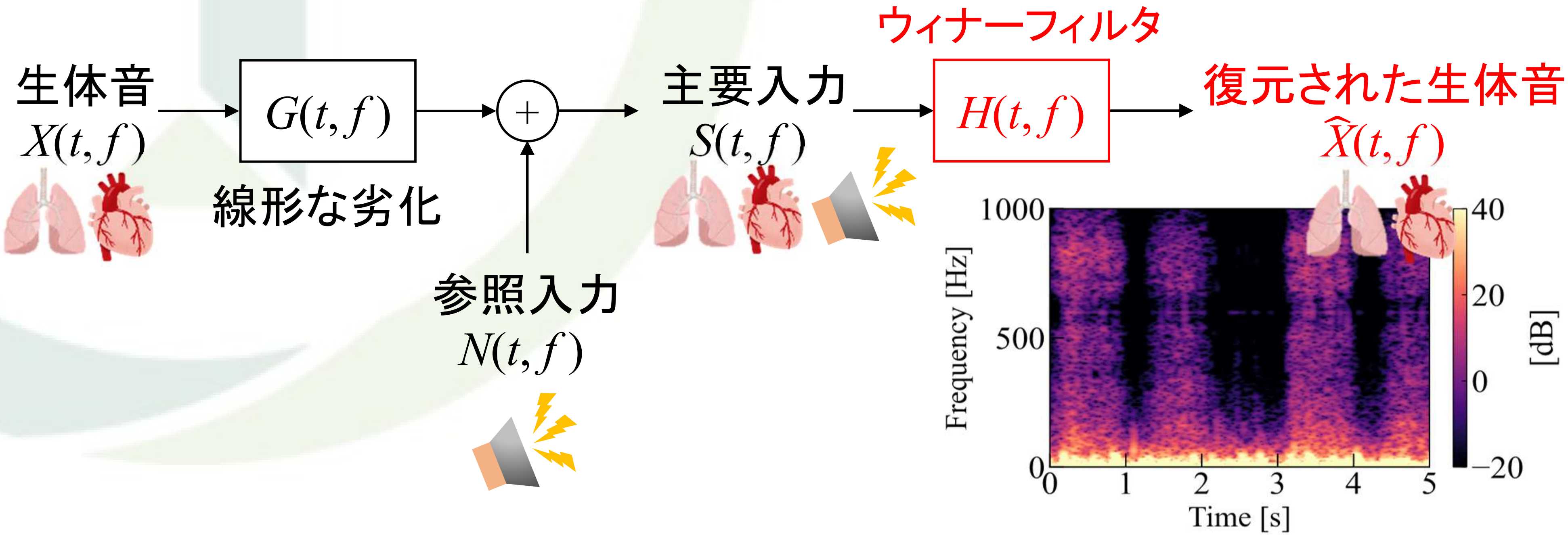
ノイズ低減技術

○ ウィナーフィルタ

主要入力と参照入力から劣化を推定し，

生体音を復元可能なフィルタ$H(t,f)$を算出する

$$X(t,f) \fallingdotseq \hat{X}(t,f) = H(t,f)\,S(t,f)$$

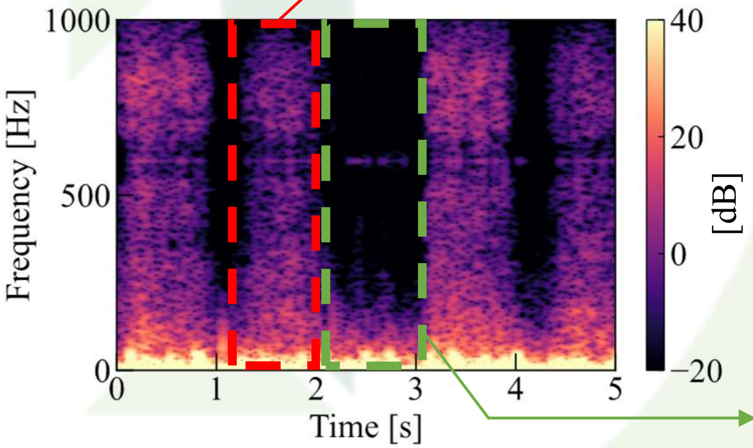


ノイズ低減技術

○ フィルタ$H(t,f)$の算出法[5]

$$H(t,f) = \frac{|S(t,f)|^2}{|S(t,f)|^2 + \alpha(t,f)|N(t,f)|^2}$$

($\alpha(t,f)$：ゲイン調整マージン)



$\alpha(t,f) = 3$　$(|S(t,f)|^2 - |N(t,f)|^2 > 0)$
⇒生体音を残しつつ，ノイズを低減

$\alpha(t,f) = 100$　$(|S(t,f)|^2 - |N(t,f)|^2 \leq 0)$
⇒ノイズを大きく低減

ノイズが未知の場合，マージン$\alpha(t,f)$が定数では
生体音を精度よく抽出できない場合がある

[5] 藤本ら:「適応マージンを有する多チャネルウィナーフィルタによる生体音の雑音低減法」, LIFE2020-2021 (2021)

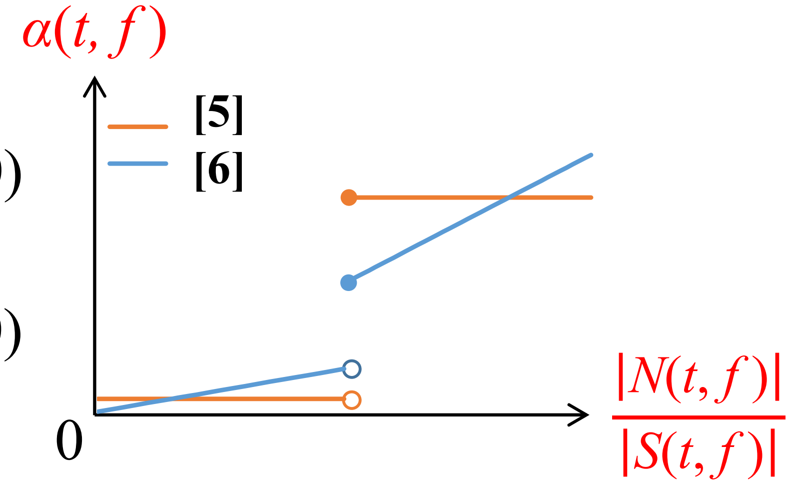
ノイズ低減技術

○ 振幅比に追従したマージン[6]

主要入力と参照入力の振幅比に応じて

マージン$\alpha(t,f)$を動的に決定

$$\alpha(t,f)=\begin{cases}10\dfrac{|N(t,f)|}{|S(t,f)|} & (|S(t,f)|^2-|N(t,f)|^2>0)\\ 30\dfrac{|N(t,f)|}{|S(t,f)|} & (|S(t,f)|^2-|N(t,f)|^2\leq 0)\end{cases}$$



ノイズによる影響が強いほどマージン$\alpha(t,f)$を大きくする

[6] Fujimotoら： "A Noise Reduction Method for Biological Sound Using a Multi-Channel Winner Filter with Adaptive Margin " , ICISIP2022 (2022)

ノイズ低減技術

○ 実験目的

提案法[6]が呼吸音に重畳するノイズを低減可能か検証

○ 実験条件

被験者：成人男性9名　ノイズ：正弦波（600 Hz），男性の声

0 ~ 10秒間が生体音のみ，
10 ~ 20秒間がノイズのみの
データを作成し，
- 従来のマージン（$\alpha = 3, 100$）[5]
- 提案するマージン $\alpha(t, f)$ [6]

それぞれのSNRを算出した

実験時の様子

ノイズ低減技術

○ SNR（信号対ノイズ比）

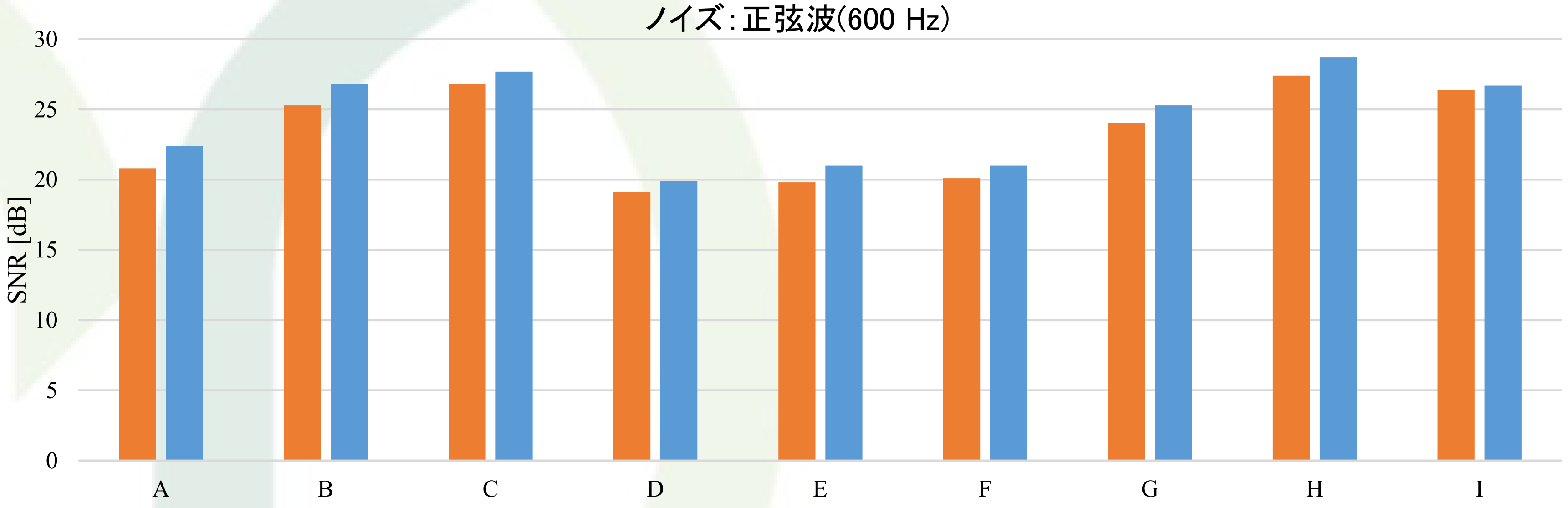
$$\mathrm{SNR} = 20\log_{10}\frac{\max(|s(t)|)}{\max(|n(t)|)} \quad [\mathrm{dB}]$$

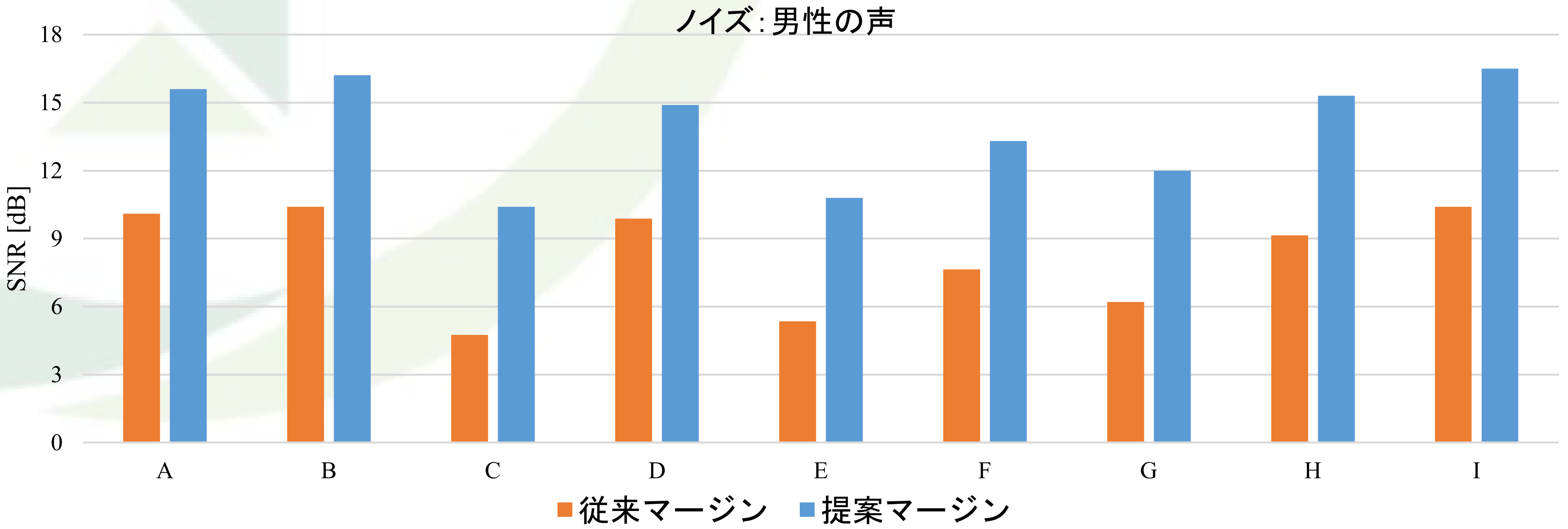
$s(t)$ ：生体音のみが観測される時間信号
$n(t)$ ：ノイズのみが観測される時間信号

（ノイズ低減前のSNRは0 dB）

SNRが高い ⇒ ノイズ低減の効果が高い

ノイズ低減技術


ノイズ：正弦波(600 Hz)
SNR [dB]
0
5
10
15
20
25
30
A
B
C
D
E
F
G
H
I


ノイズ：男性の声
SNR [dB]
0
3
6
9
12
15
18
A
B
C
D
E
F
G
H
I
従来マージン
提案マージン

ノイズ低減技術

各手法によるSNR　(被験者9人の平均)

ノイズの種類	SNR [dB]	
	従来マージン	提案マージン
正弦波(600 Hz)	23.3	24.4
男性の音声	8.21	13.9

○ 実用化に向けて｜アピールポイント

想定される用途

企業への期待

アピールポイント

- 呼吸音と血管音が同時に個別に聴取できる
- 日常生活においても利用できる
- 医療知識がなくても利用できる
- 利用者の不快感が少ない
- 継続的に生体音のモニタリングができる
- 小型で安価

想定される用途

- 在宅医療・遠隔診療補助
- 呼吸器疾患と循環器疾患の診断やスクリーニング検査
- 入院患者の呼吸モニタリング
- スポーツなどのトレーニング補助
- ストレス計測

企業への期待

- 事業化に向けた戦略（デザイン, コスト等）
- 医療機器製販業，製造までの出口戦略

○ おわりに｜本技術に関する知的財産

お問い合わせ先

技術に関する知的財産権

■発明の名称：生体音センサシステム

■出願番号　：特願2022-185169

■出願人　　：国立大学法人山口大学

■発明者　　：中島　翔太，平野　綱彦，松永　和人

お問い合わせ先

山口大学

大学研究推進機構
産学公連携・研究推進センター

URA 上島　一夫

TEL　　：　0836-85-3067

e-mail　：　life-s@yamaguchi-u.ac.jp