

心臓・血管系の音・振動情報を手軽に モニタリングし可聴化するシステムを開発

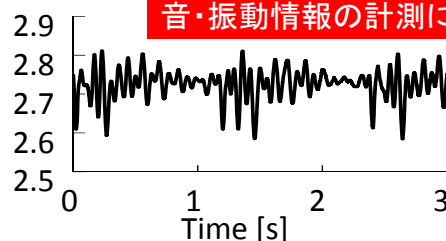
— 日々の健康管理・体調不良の早期発見に応用 —



新センサ

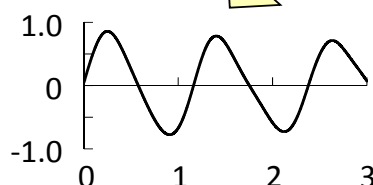


Output [V]



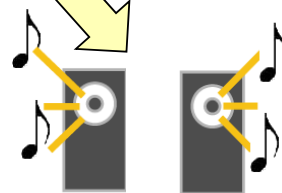
音・振動情報の計測に成功！

デジタル処理



心電図に匹敵する情報の抽出

アナログ処理



PCレスで可聴化

モニタリングの必要性

- 危険運転（危険ドラッグ，飲酒 etc.）の発見と予防

クローズアップ現代2014年7月30日放送

「命を奪う危険ドラッグ」

- 過労運転（突然死，発作 etc.）の発見と予防

クローズアップ現代2014年8月26日放送

「突然バスが暴走」

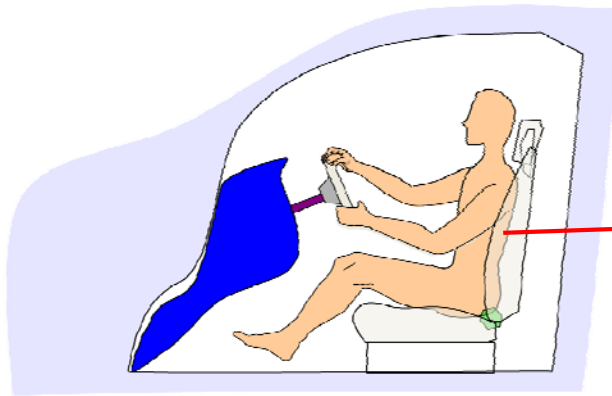
運転者の心臓・血管系の情報を常時計測
異常の早期発見，緊急停止



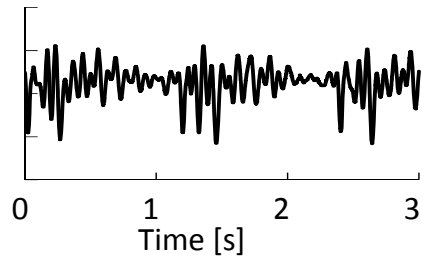
座っただけで心臓・血管系の状態を
モニタリング可能なセンサシステムが必要！

体表脈波

約20Hzの振動成分
+
約1Hzの脈波成分



皮膚表面の振動



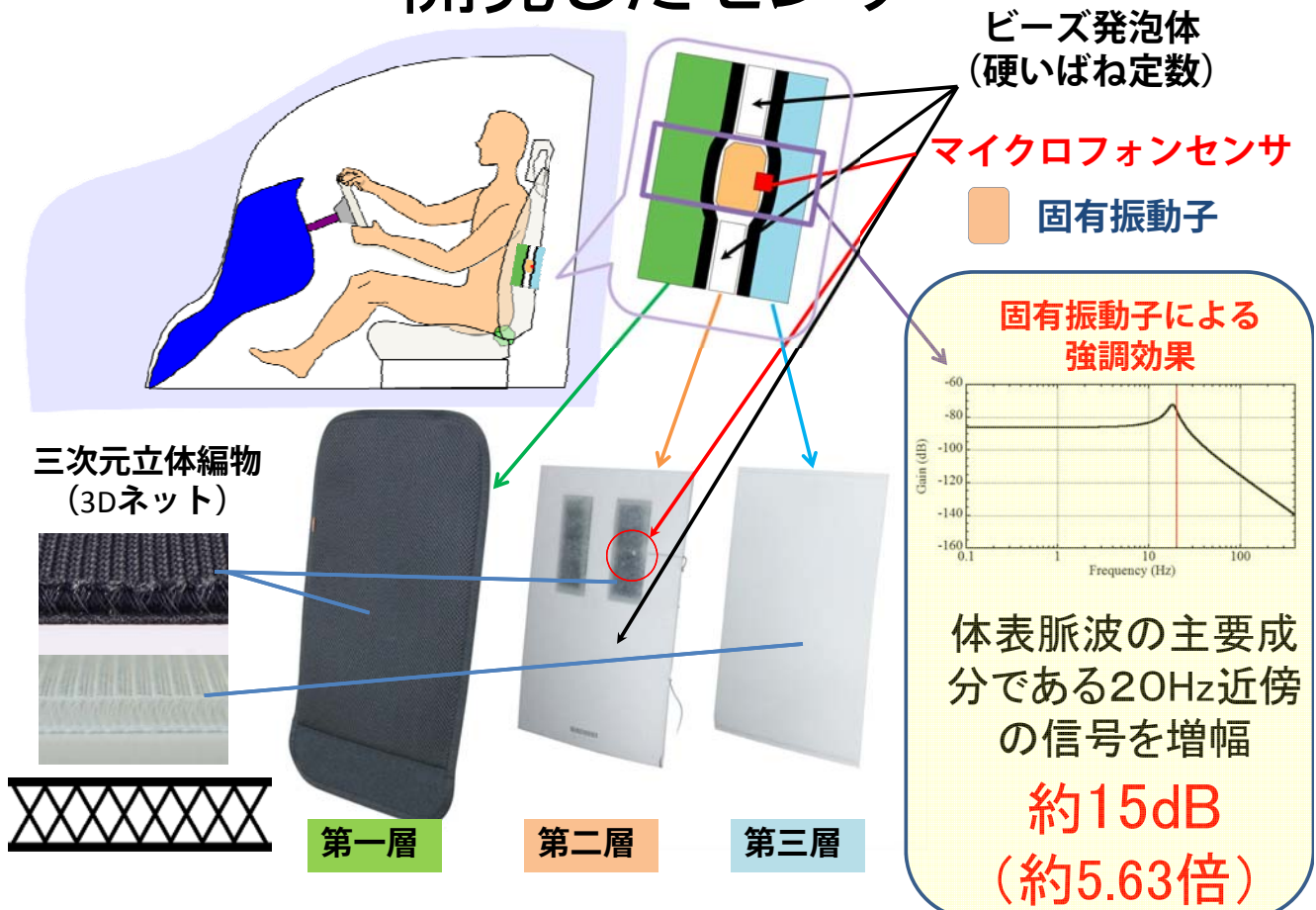
■体表脈波 (Aortic Pulse Wave: APW)

心臓・血管系の振動が身体表面(今回は背部皮膚表面)に伝搬したもの

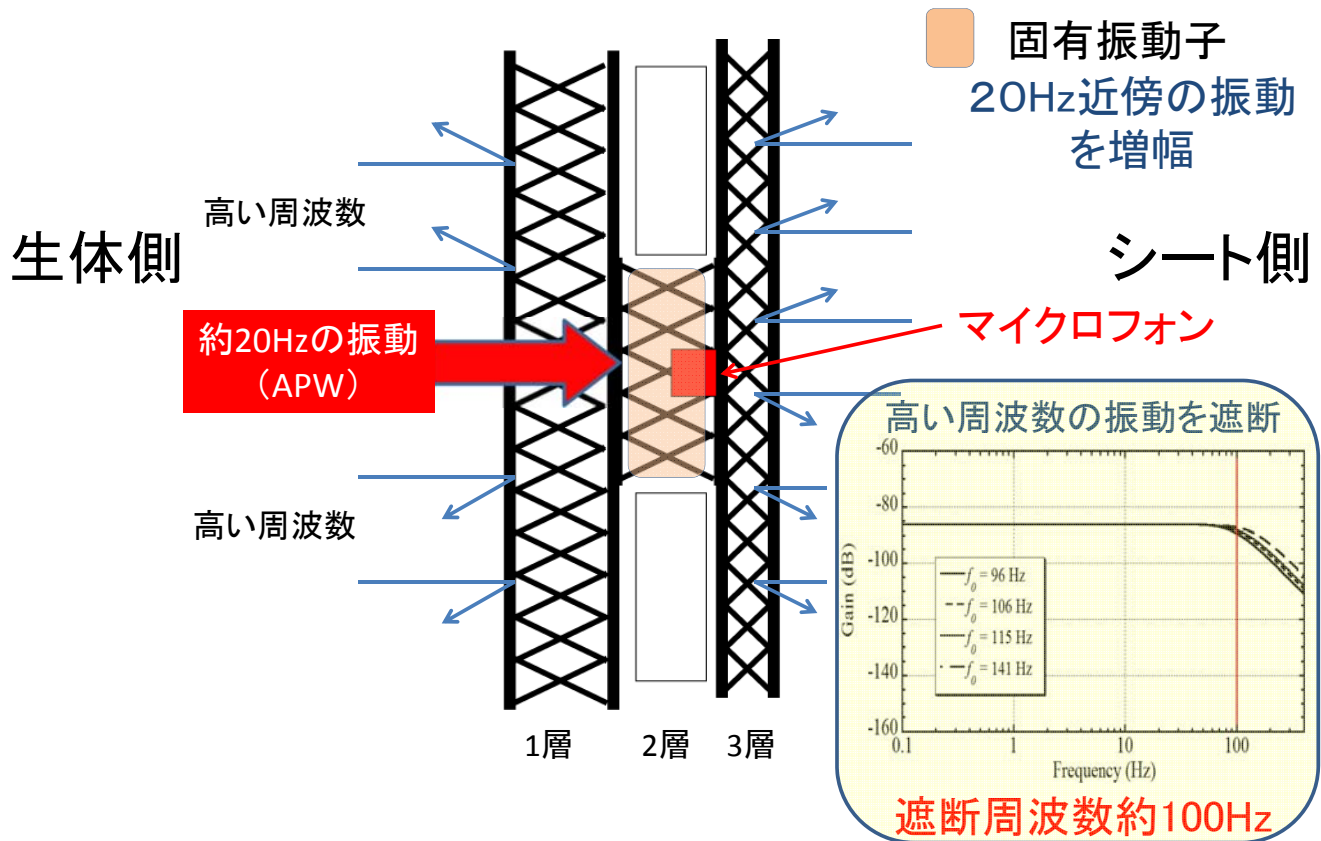


通常の聴診器や圧電素子, マイクロフォン, エアパックセンサではノイズの影響が大きく, APWの直接計測は困難

開発したセンサ



開発したセンサ（振動の伝わり方）



心臓・血管系の音・振動情報を手軽に
モニタリングし可聴化するシステムを開発

「センサ開発の変遷／信号処理の概要と可聴化」

小島 重行((株) デルタツーリング,
広島大学大学院工学研究科
博士課程後期3年在学中)

「心拍 & 自律神経活動の抽出／心電図との比較」

松岡 玄樹(広島大学大学院工学研究科
博士課程前期2年在学中,
(株)デルタツーリング入社予定)

医工連携＋産学連携＋学学連携

センサ開発の変遷

工夫したポイント:

- I. 圧電センサから空気圧センサを経て、音響センサへ
圧電センサ
空気圧センサ(密閉型の筐体／エアパック)
音響センサ (開放型の筐体)
低周波(0.1～30Hz)測定用
コンデンサ式マイクロフォン
- II. フィルタ利用に加えて「固有振動子」の活用
機械的フィルタ
マイクロフォンの特性
3Dネット
電氣的フィルタ
固有振動子の概念とその活用

センサ開発の変遷(0次:2003年)

市販品を流用しての萌芽的研究段階



圧電センサ



静的には計測できるが、動的環境下ではノイズの除去が必要

センサ開発の変遷(1次:2007年)

市販品を流用しての萌芽的研究段階



空気圧センサ
(密閉型の筐体, エアパック,
ノイズ差分モデル)

静的には計測できるが、動的環境下では
外乱の除去が必要



センサ開発の変遷(1.5次:2008年)



静的には計測できる
が、動的環境下では
外乱の除去が必要
(アイドリング程度)



空気圧センサ(マイクロフォンセンサ:密閉型の筐体, エアパック)

動脈血管の運動を空気圧の変動に変換するために機械的フィルタを適用し、低周波(0.1~30Hz)測定用のコンデンサ式マイクロフォンをセンサに用い、電氣的フィルタを使って取り出したい周波数成分のみを抽出したもの

センサ開発の変遷(1.5次:2008年)

体動脈波センサの基本原理は家庭用オシロメトリック血圧計と類似しており、動脈血管の動きをセンサ内の空気圧の変動に一旦変換し、その後、電気信号に変換し、さらに信号処理を行ったものを、音として再合成し、可聴化するものである。家庭用オシロメトリック血圧計では、血管の動きを腕の外側に撒きつけたカフの空気圧の変動に変換し、そのトレンドから最高、最低血圧を決めている。オシロメトリック血圧計との違いは、衣服とシート座面を介しての測定である点である。これらの影響を取り除くために、体表脈波センサでは、センサ内部に人間の皮膚とほぼ同様の変位-荷重特性を有する3次元立体構造をもつ繊維(3Dネット)を空気圧測定部のコアに使用し、衣服とシート座面の影響を取り除くことに成功している。

脈波には、基本成分である、1~2Hz(72拍/分前後)と医学的に重要な情報を持つと考えられる20-30Hz成分(I音、II音)が重畳されている。これらを強調するために、信号処理を行っている。なお、空気圧変動を電気信号に変換する部分には、低周波領域のみを計測可能とするコンデンサ式マイクロフォンを使用している。したがって、20Hz以上の可聴域の外乱の影響を受けにくい。

☆体動脈波センサの基本原理

家庭用オシロメトリック血圧計との類似点:動脈血管の動きをセンサ内の空気圧の変動に一旦変換し、その後、電気信号に変換し、さらに信号処理を行うこと。

家庭用オシロメトリック血圧計にない特徴:人間の皮膚とほぼ同様の変位-荷重特性を有する3次元立体構造をもつ繊維(3Dネット)をセンサ内部、空気圧測定部のコアに使用。

→ 血圧計ではカフと皮膚の間に衣服をはさむことは御法度。しかし体動脈波センサでは、センサと皮膚の間の衣服の影響を除外できる。それだけではなく、シート座面からの影響も除外できる。

センサ開発の変遷(2次:2009年)

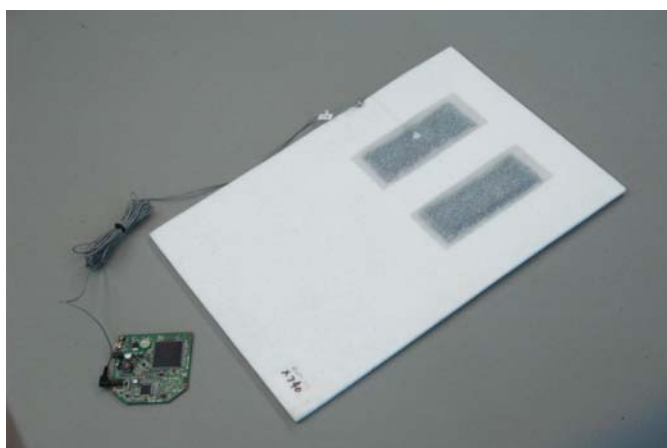


音響センサ(マイクロフォンセンサ:開放型の筐体)

固有振動子を用いた音響センサ

動的環境下での使用が可能となったモデル

センサ開発の変遷(量産:2012年)



2012年発売



2013年発売

音響センサ(マイクロフォンセンサ:開放型の筐体)

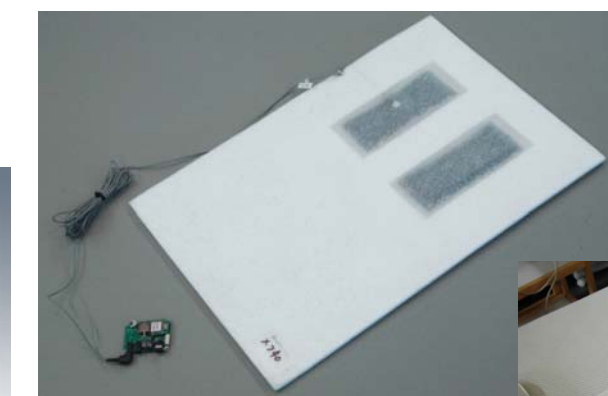
固有振動子を用いた音響センサ

動的環境下での使用が可能となったモデル

音響信号をAPWに変換し, さらに自律神経指標に変換して状態推定に利用したもの(Sleep Buster)

センサ開発の変遷(3次:2014年)

マイクロフォンセンサを用いた2014年モデル
(心音可聴化システム)



椅子用

マットレス用

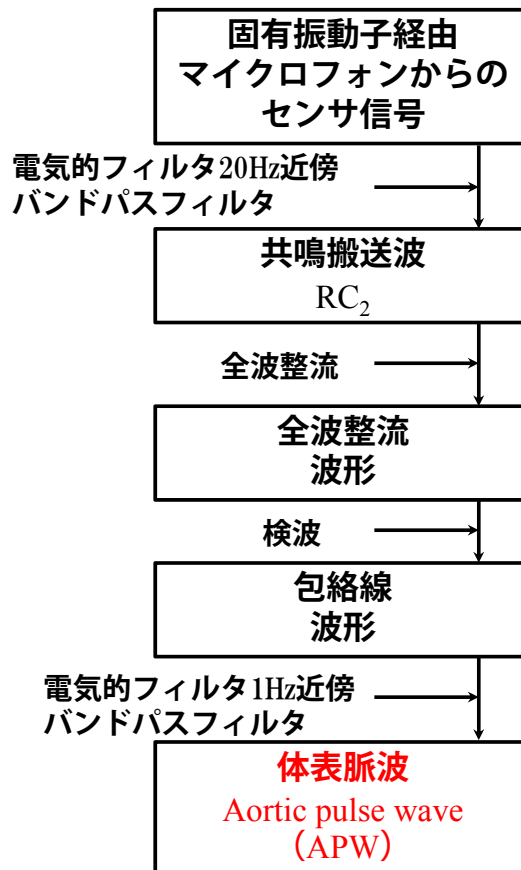
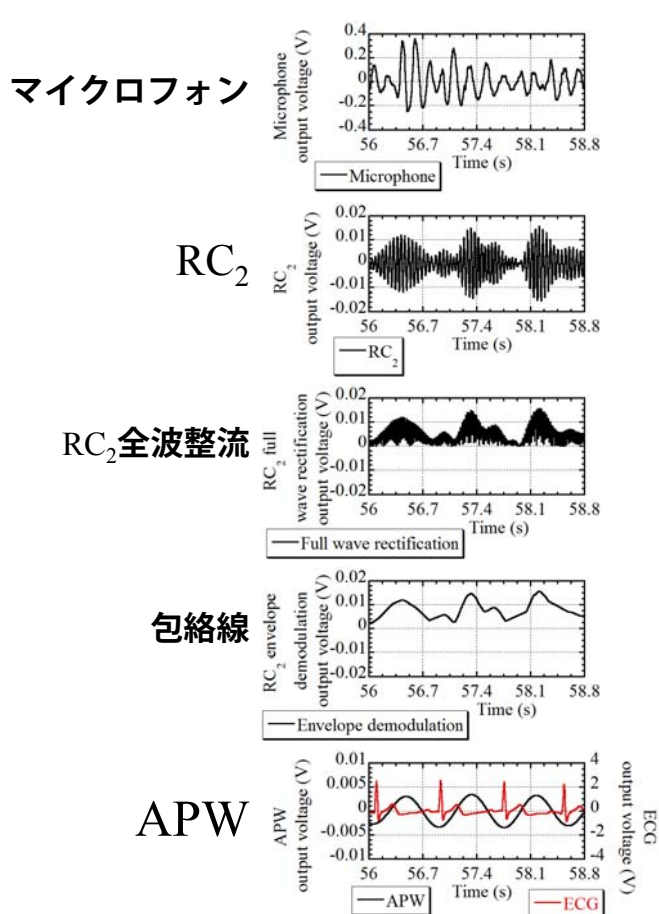


音響センサ(マイクロフォンセンサ:開放型の筐体)

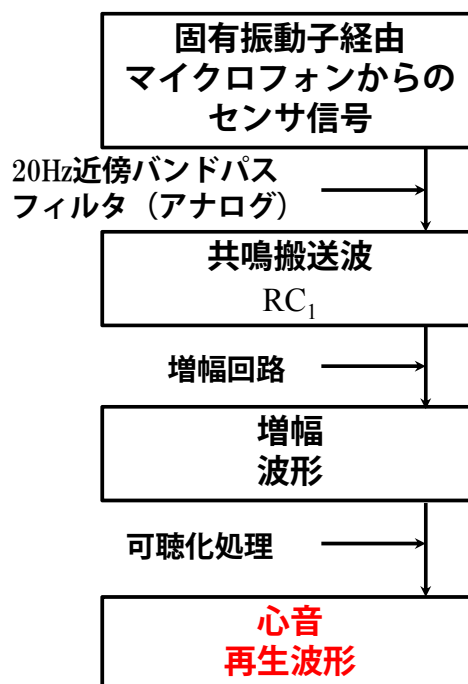
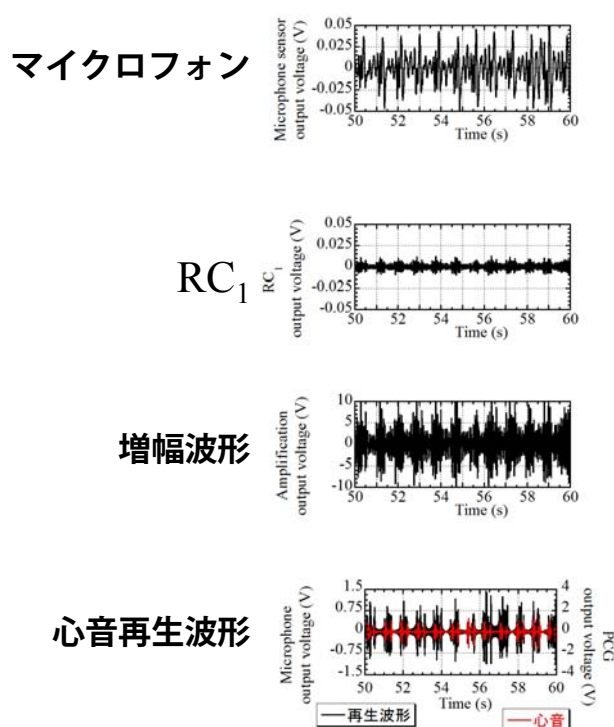
固有振動子を用いた音響センサ

動的環境下での使用が可能となったモデル

APW復元のための信号処理



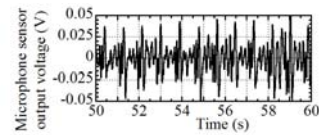
可聴化のための信号処理(擬似的な心音¹⁾)



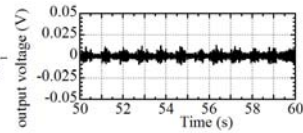
1) 特願2013-253715, 特願2014-181814, 特願2014-136353 : 藤田, 前田らの特許

可聴化のための信号処理(擬似的な心音¹⁾)

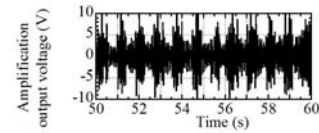
マイクログフォン



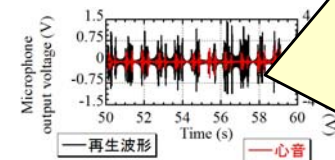
RC_1



増幅波形



心音再生波形



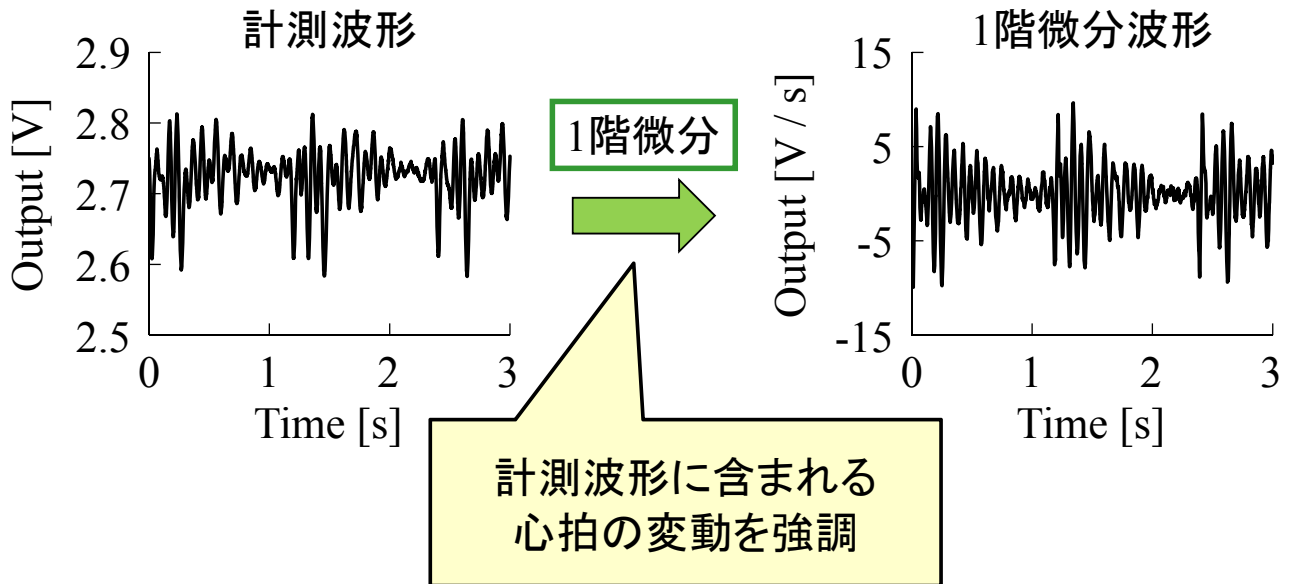
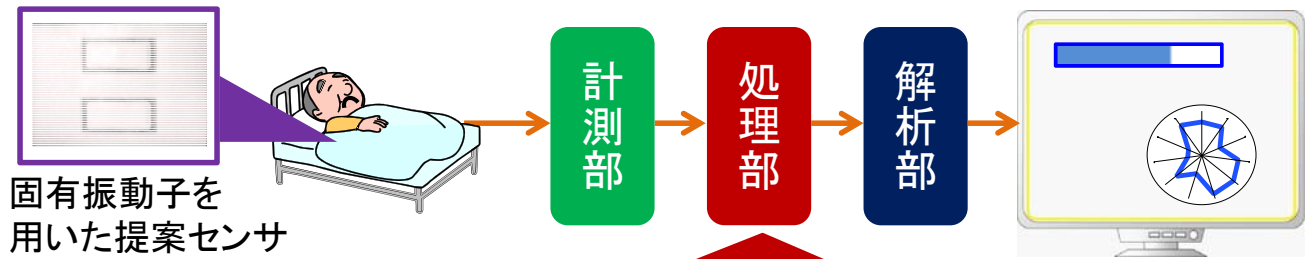
1) 特願2013-253715, 特願2014-181814, 特

心拍&自律神経活動の抽出／心電図との比較

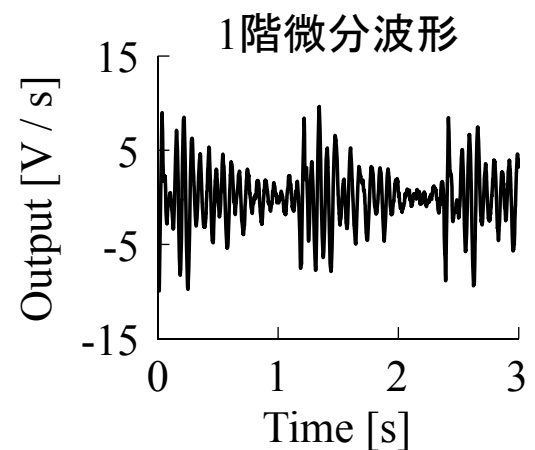
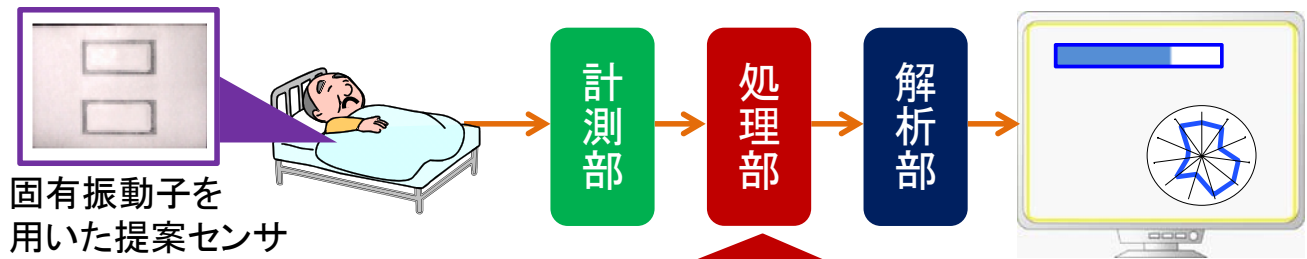
使用例: ベッド(仰臥位)での計測



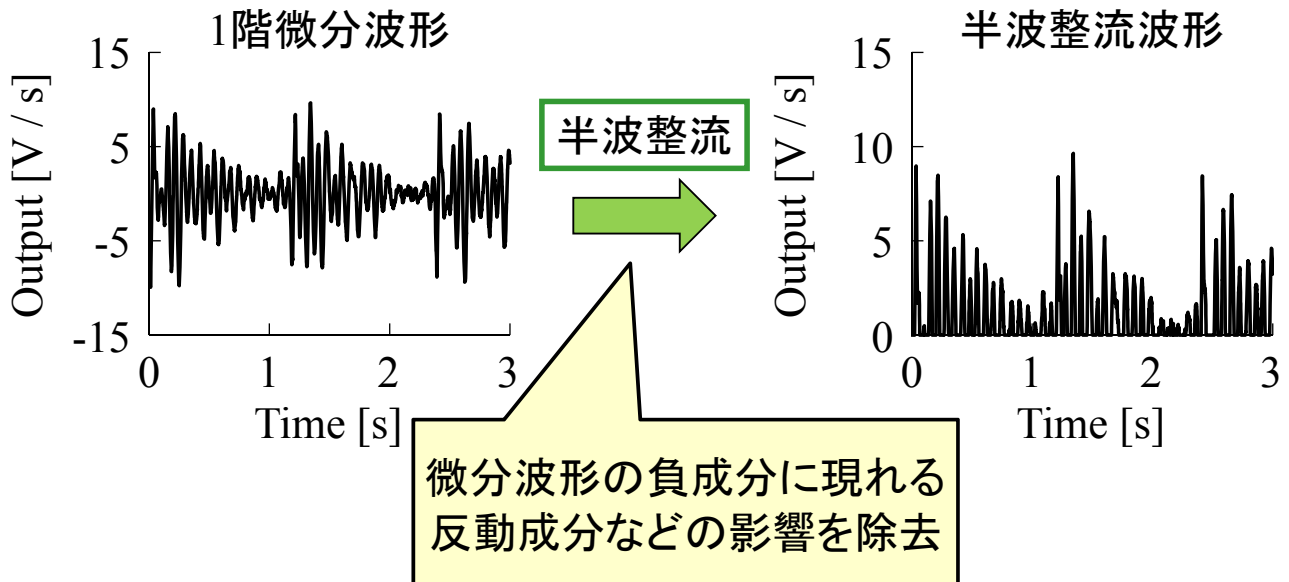
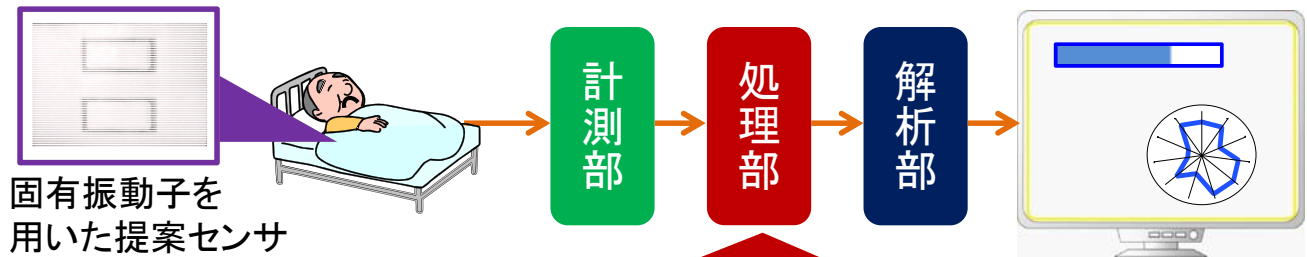
心拍 & 自律神経活動抽出のための信号処理



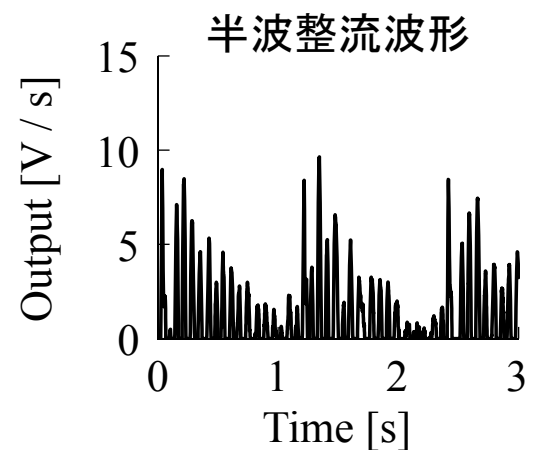
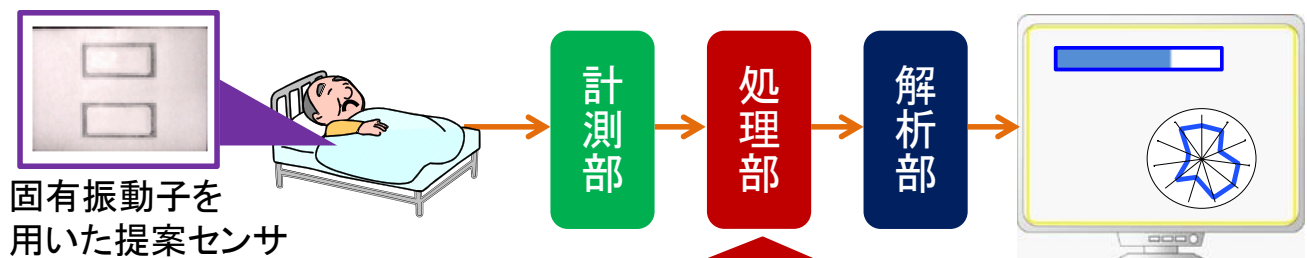
心拍 & 自律神経活動抽出のための信号処理



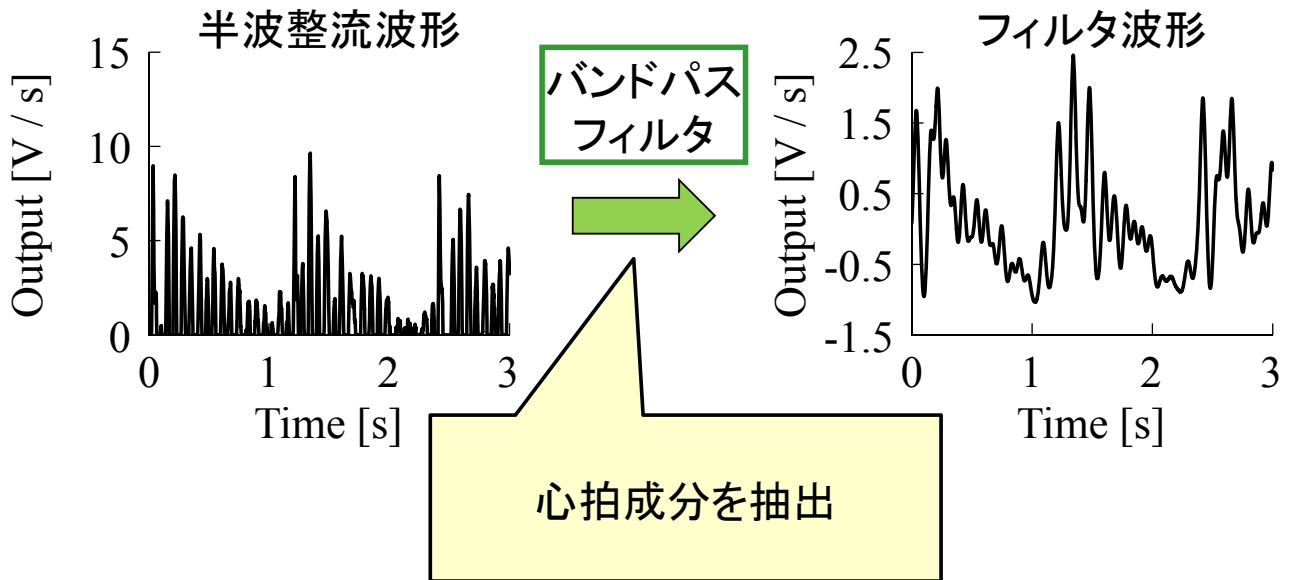
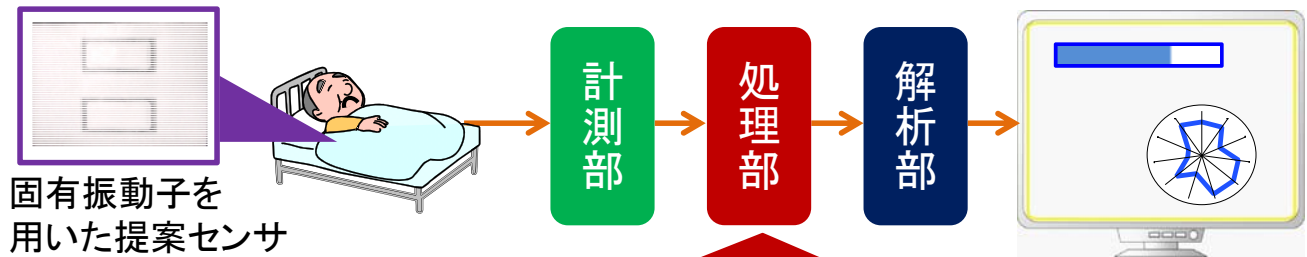
心拍 & 自律神経活動抽出のための信号処理



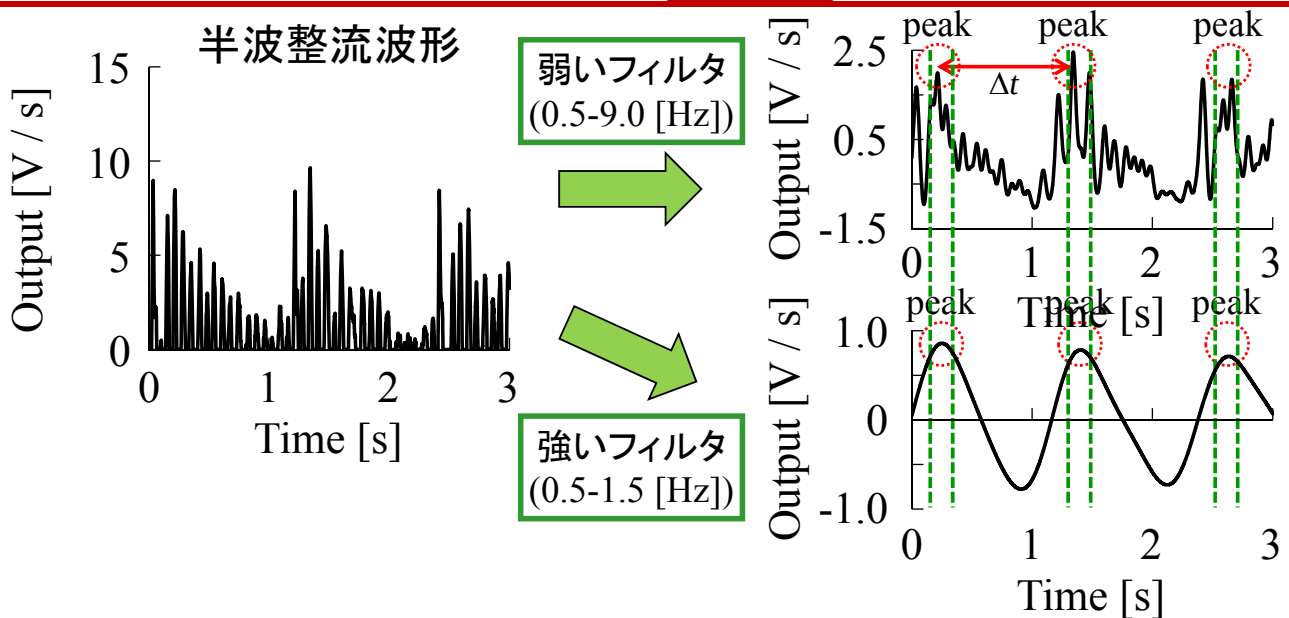
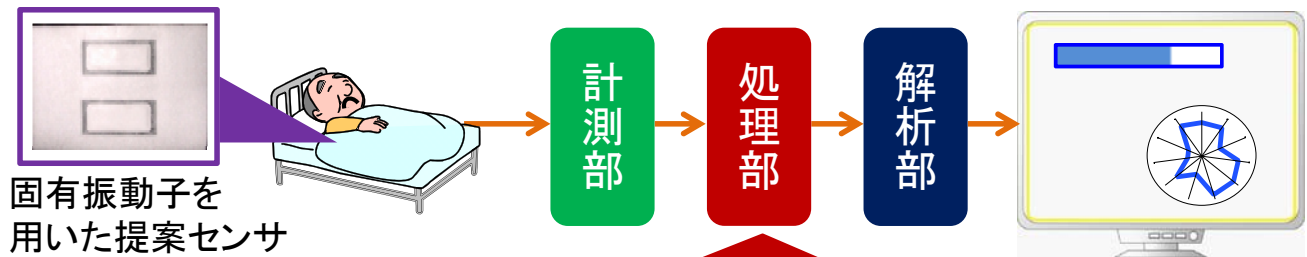
心拍 & 自律神経活動抽出のための信号処理



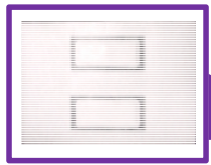
心拍 & 自律神経活動抽出のための信号処理



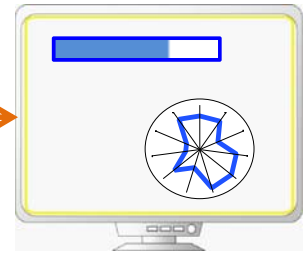
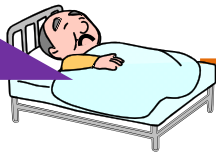
心拍 & 自律神経活動抽出のための信号処理



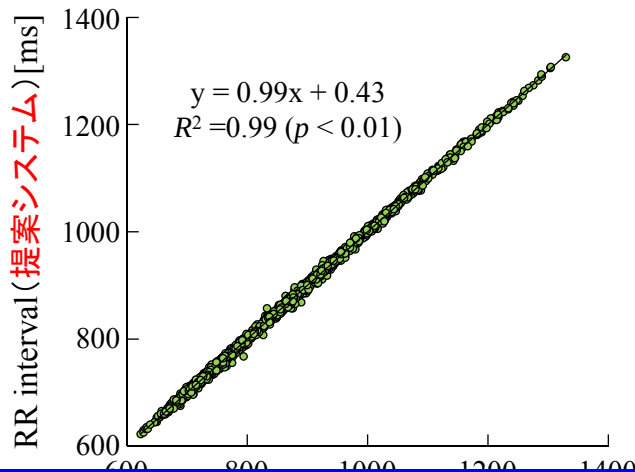
心拍 & 自律神経活動抽出のための信号処理



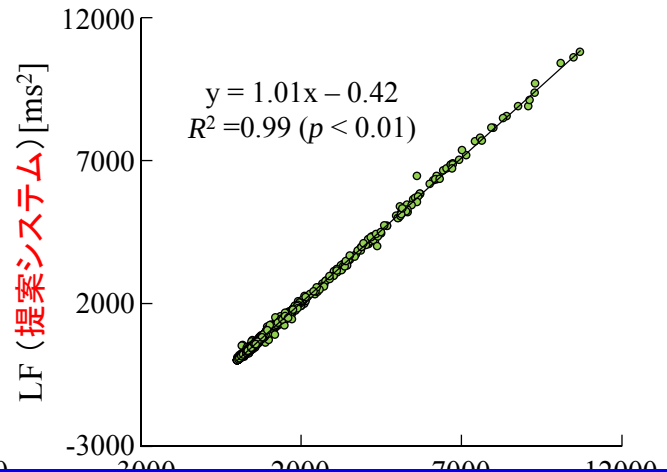
固有振動子を用いた提案センサ



◆ 心拍間隔



◆ 自律神経活動指標

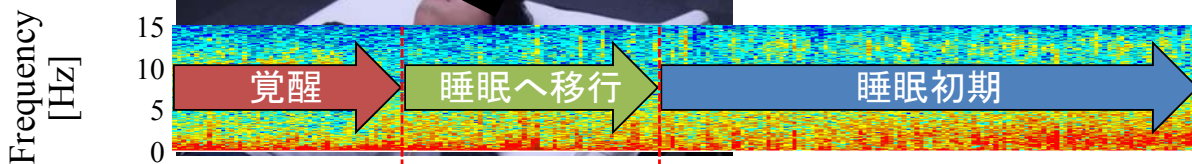


接触型センサ(心電図)と同等の計測が可能

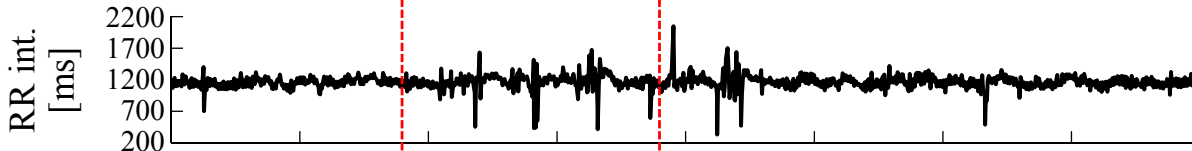
睡眠評価への応用



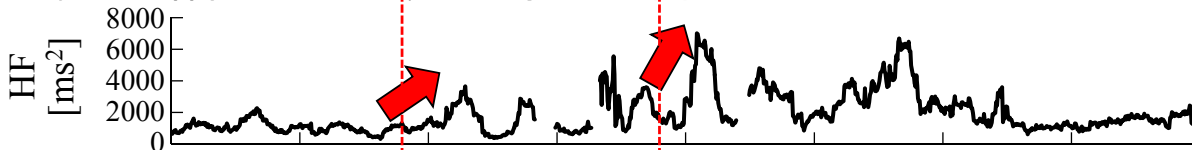
◆ 脳波



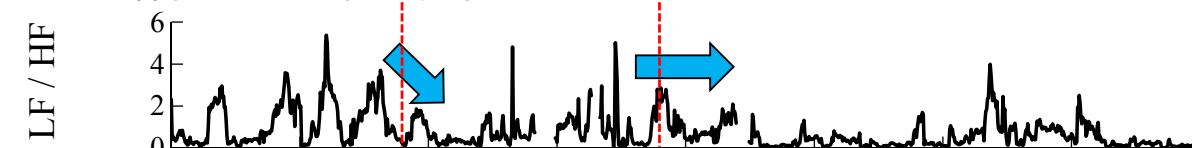
◆ 心拍間隔



◆ 副交感神経(リラックス, 睡眠時などに活性化)



◆ 交感神経(ストレス, 運動時などに活性化)



睡眠を評価できる可能性

提案センサの応用分野

特徴

1. 人間の状態把握が可能:
覚醒度合、疲労度合、入眠予兆現象など
2. ヘルスケアが可能:
体調管理、睡眠の質評価など
3. 病態異常管理が可能:
心・循環器系疾患などの早期発見など

応用例

1. ドライバー／乗客の状態モニタリング
2. 在宅医療への応用
3. 日常生活でのヘルスマニタリング

心臓・血管系の音・振動情報を手軽に
モニタリングし可聴化するシステムを開発

ポイント:

1. 背部から心臓・血管系の音・振動情報(体表脈波(APW: Aortic Pulse Wave))をモニタリングできるセンシング技術および可聴化技術を開発
2. APW は、通常の生活をしながら非拘束の状態で計測可能なだけでなく、心電図から得られる心拍変動の時系列情報(RRI: R wave to R wave interval)と高い相関性を持つ
3. ベッドや椅子、自動車用シートへの設置を目指し、循環器系のモニタリングや日々の健康管理に応用