

<p><b>どんな研究</b></p>	<p>心臓の異常を早期に発見するには、<b>日常的に容易に計測できる情報</b>に基づいて<b>心臓の活動を推定</b>する必要があります。そこで、<b>体表面でとらえた音響信号や電気信号</b>から、<b>体内の音の発生源を推定</b>したり、<b>筋細胞の活動電位</b>を反映して<b>電氣的活動を可視化</b>したりする技術を研究しています。</p>
<p><b>どこが凄い</b></p>	<p>心音の生成モデルを取り入れた<b>振動子分解技術</b>により、通常の聴診器では直接には聴き取れない<b>心臓内部の複数の弁の開閉などの音源波形を推定可能</b>になりました。さらに<b>テンソル心電図</b>と呼ぶ電氣的活動の可視化により、<b>一般的な心電図には表れにくい異常を明瞭に検出</b>できる可能性を示唆しました。</p>
<p><b>めざす未来</b></p>	<p>手軽に自分で計測でき<b>循環器の状態や機能が詳しく分かるパーソナルなシステム</b>を実現し、心不全、虚血性心疾患、突然死と関連するような<b>不整脈などの心疾患の早期発見</b>や、<b>疾病治療後のリハビリテーション</b>、および健康な方の<b>トレーニングのサポート</b>などへの貢献をめざします。</p>

心臓内部の活動推定

タスク：生体情報の観測 → 心臓内部の活動

【手がかりとする情報】 侵襲なく容易に計測できる生体情報

**心音** (心臓の力学的活動に由来する音響信号)  
心臓内部の弁の開閉や血流によって生じる振動成分を体表面で観測したもの  
専門医は心音の聴診から心臓の健全性や病態を推定できる

**心電** (心臓の電氣的活動に由来する電気信号)  
心臓を構成する多数の筋細胞の活動電位の集合体を体表面で電位差として観測したもの  
これを図示した心電図は医療機関等で広く利用されている

【技術的ハードル】

心音や心電は体内の多数の発生源から生じた混合信号のため観測した信号だけから個々の発生源を突き止めることは困難

【アプローチ】

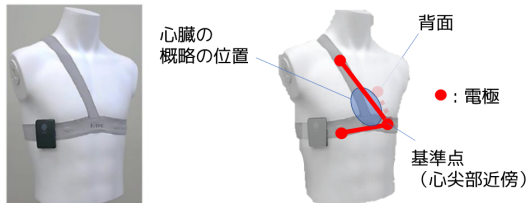
- ① 統計的/物理的モデルを活用した情報処理を工夫
- ② 空間的な手がかりを得るためにマルチチャンネルで観測



↑ 研究段階 (業機未認証)

テンソル心電図

- ① 筋細胞の集団の電位変化 (脱分極と再分極) のタイミングをガウス分布で統計的にモデル化 [1]
- ② 心臓と体表面が最も近接する点 (心尖部近傍) を基準点とし、ほぼ直交する3軸上に対電極を配置することにより空間的な情報を取得 (3チャンネル)



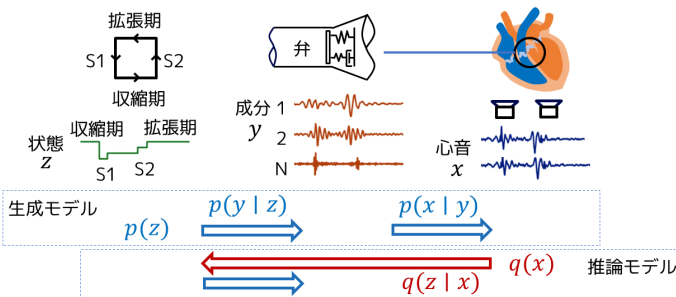
ウェアラブル心電計の外観と電極配置

体表面で観測される電位差 (左) からの心筋の活動電位 (右) の推定

テンソル心電図による心臓の異常の可視化 (模式図)

生成モデルによる心音の振動子分解

- ① 心臓の動きの周期性と心音が発生する仕組みに着目し心音の発生機序を表現する確率的生成モデルを定義  
【仮定1】 弁の物理モデルに基づいた振動成分 (振動子) が複数存在  
【仮定2】 それらの振幅が心周期の状態に応じて変化



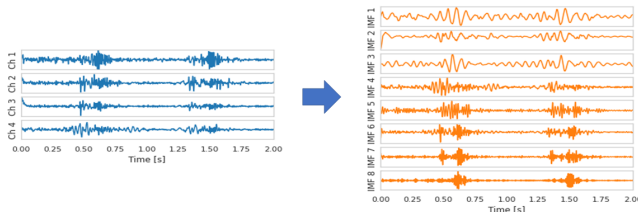
提案法の有効性を示す実験結果の例

F1スコア	提案法	従来法
S1	96.1	86.5
S2	96.4	85.7

S1, S2 の時間推定精度を従来法 (心音の生成モデルを用いない振動子分解) と比較したもの [2]。

- ② 多チャンネルの観測信号への適用

体表面で観測した4チャンネルの音響信号から8つの振動成分を推定した例



観測信号 (左) と 推定された振動成分 (右)

関連文献

[1] S. Tsukada, "Wearable textile electrodes for long-term vector ECG monitoring 'Tensor Cardiography'," in Proc. ISMICT 2020, 2020.  
[2] R. Shibue, M. Nakano, T. Iwata, K. Kashino, H. Tomoike, "Unsupervised heart sound decomposition and state estimation with generative oscillation models," in Proc. EMBC 2021, pp. 5481-5487, 2021.

連絡先

渋江 遼平 (Ryohei Shibue) 物性科学基礎研究所  
塚田 信吾 (Shingo Tsukada) 物性科学基礎研究所  
Email: cs-openhouse-ml@hco.ntt.co.jp