

# あなたの心臓をデジタル化

## ～モバイルセンシングを活用したパーソナル心臓モデリングとその応用～

Making Digital Twin of Your Heart – Personal Heart Modeling with Mobile Sensing and Its Potential Application –



メディア情報研究部 / バイオメディカル情報科学研究センタ

### 柏野 邦夫

Kunio Kashino

#### ●プロフィール

NTTコミュニケーション科学基礎研究所・物性科学基礎研究所 上席特別研究員。1995年東京大学大学院 工学系研究科 博士課程修了。博士(工学)。同年NTTに入社以来、メディア情報の認識・探索・情報変換、及びバイオメディカル情報科学の研究に従事。文部科学大臣表彰科学技術賞、高柳健次郎業績賞、IEEE Transactions on Multimedia論文賞などを受賞。IEEE、ACM、電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会、日本音響学会の各会員。

#### 生体のモバイルセンシング

近年、生体情報を計測できる腕時計型の機器が普及しています。腕時計型の機器は小型軽量であることから、日常生活の中で負担なく計測できるという特長があります。私たちの研究チームでは、その長所をなるべく生かしながら、より詳しい生体情報を得ることを目的として、生体情報の新しい計測方法と、得られた情報を活用する情報処理技術の研究を進めています[1]。

その一つがウェアラブル心電計です。医療機関で一般的に行われる心電図検査では、手足と胸部に設置した合計10個の電極から12種類の電位差を得て、その波形を診断に役立てます。また腕時計型の端末では両手の電位差から簡易的な心電図を得ることができます。これらに対し私たちは、心臓の活動を立体的にとらえる目的で、心臓が胸郭と最も近接する心尖部領域を基準点とし、ほぼ直交する3方向に対極を備えたウェアラブル心電計を提案しています(図1左)。試作品では、電極と配線が伸縮性のベルトと一体化しており、肩ベルトとウエストベルトを締めるだけで簡単に装着できるように工夫されています[2]。

また、電気信号と同時に多チャンネルの音響信号を計測できる、AIテレ聴診器と呼ぶ装置を提案しています。ウェアラブル型(図1中)と手持ち型(図1右)を試作しており、いずれも、計測した情報をリアルタイムで遠隔地に送り、遠隔地において端末画面上で体表面上の聴きたい位置を選びながら音を聴ける機能が備わっています。一般的な無線式の電子聴診器とは異なり、心臓の活動を立体的にとらえられるように、複数の箇所でも同時に音響信号をとらえる点がAIテレ聴診器の特徴です。

#### 信号から生体内部を探る

このように、立体的に情報をとらえようとするのにはわけがあります。心電計では、心臓を構成する多数の心筋細胞の活動電位の集合体が電位差として観測されます。心音は、心臓の力学的作用、特に心臓内部に4つある弁の開閉がその主要因で、もし心臓にある種の異常があれば、血流の乱れなどからも音が生じて心雑音として観測されることが知られています。電気も音も、観測できるのは数多くの要因が混ざり合って生じた結果だけであり、その物理的機序を逆にたどってそ

の原因、つまり心臓の状態を推定するのは容易なことではありません。そこで私たちは、場所の手がかりを得るために立体的にとらえた電気や音の情報を活用し、さらに機械学習への物理的制約の導入[3]をはじめとする様々な情報処理の工夫を行うことで、この問題にアプローチしています。

心臓の異常を検知しようとする場合、一般的な心電図では波形の異常がわずかなものにとどまる場合も少なくありません。これに対し活動電位の情報を可視化すれば(テンソル心電図)[4]、非定型的な異常が明瞭に表現されやすく、心不全や虚血性心疾患などの発見に役立つと期待されます。また、心音を立体的にとらえることで、心臓のどこからどのような音が出ているかを推定できるようになると考えられます。図2は、大動脈弁狭窄症に罹患された方の体表面で観測した4チャンネルの音響信号から、生成モデルに基づく心音の振動子分解技術[5]により、8つの体内音源波形を推定したものです。将来的には、これらの音源の位置や音の内容から、大動脈弁に由来する音だけを自動的に取り出して聴くことも可能になるかも知れません。このようにして、一般的な心電図や電子聴診器を用いた場合よりも詳細に心臓の活動を把握できると考えられます。私たちは、このような現在の観測情報に基づく推定結果と、その人の過去の受診履歴や検査結果などを総合して、個人ごとの心臓のモデル化とシミュレーション(パーソナル心臓モデリング)を実現することをめざしています。

#### 活用に向けて

NTTでは、バイオデジタルツインと呼ぶシミュレータにより心身の状態の未来を予測し、リスクのコントロールやウェルビーイングの向上を支援しようという「医療健康ビジョン」を

#### ●参考文献

- [1] 中野允裕, 渋谷遼平, 柏野邦夫, 塚田信吾, 小笠原隆行, “生体音と心電信号の新たな計測と解析の技術 —— パーソナル心臓モデリングによる心疾患の早期発見・リハビリ応用に向けて,” NTT技術ジャーナル, Vol. 33, No. 5, pp. 27-31, 2021.
- [2] Y. Tsukada, M. Tokita, H. Murata, Y. Hirasawa, K. Yodogawa, Y. Iwasaki, K. Asai, W. Shimizu, N. Kasai, H. Nakashima, and S. Tsukada, “Validation of wearable textile electrodes for ECG monitoring,” Heart Vessels, Vol. 34, No. 7, pp.1203-1211, 2019.
- [3] M. Nakano, R. Shibue, K. Kashino, S. Tsukada, and H. Tomoike, “Gaussian process with physical laws for 3D cardiac modeling,” in Proc. EUSIPCO 2020, pp. 1452-1456, 2020.
- [4] S. Tsukada, “Wearable textile electrodes for long-term vector ECG monitoring “Tensor Cardiography,”” in Proc. ISMICT 2020, 2020.
- [5] 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.
- [6] NTT報道発表, “医療健康ビジョン: バイオデジタルツインの実現,” 2020年11月17日.

掲げています[6]。パーソナル心臓モデリングもその試みの一つです。私たちが健康な生活を送るためには、医療機関の中だけではなく、日常生活の中でのヘルスケアを充実させることが重要であると指摘されています。このような社会的要請に応えるためにも、心不全の予防やリハビリテーションへの活用などを端緒として、医療機関等とも連携しながら段階的にパーソナル心臓モデリングの検証と実用化を進めていきます。

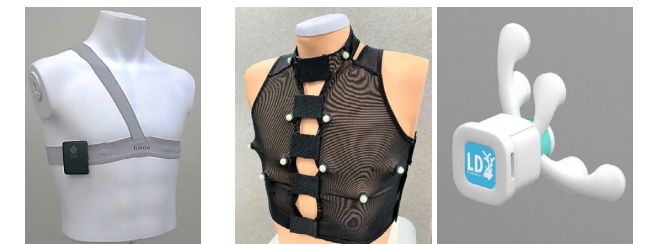


図1：ウェアラブル心電計（左）とAIテレ聴診器（中＝ウェアラブル型、右＝手持ち型）（研究用試作品）

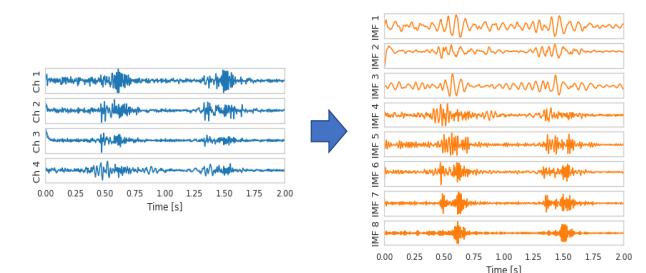


図2：体表面でとらえた音（左）から推定した体内音源波形（右）の例