

フレキシブル有機圧電センサによる心臓拍動の多点測定と 臓器応力センシング

Multipoint detection of heartbeat and organ stress sensing using flexible organic piezoelectric sensor array

¹神戸大工, ²神戸大院工, ³神戸大学先端膜工学研究センター, ⁴JST さきがけ, ⁵九工大

○久保佑一郎¹, 永山佑作², 小柴康子^{2,3}, 堀家匠平^{2,3,4}, 高島一登⁵, 石田謙司^{2,3}

^{1,2}Kobe Univ., ³Research Center for Membrane and Film Technology, Kobe Univ., ⁴JST PRESTO,
⁵Kyushu Institute of Technology

○Y. Kubo¹, Y. Nagayama², Y. Koshiba^{2,3}, H. Shohei^{2,3,4}, K. Takashima⁵, K. Ishida^{2,3}

E-mail: kishida@crystal.kobe-u.ac.jp

【緒言】生体内係留型センサシステムは、常時見守り、QOL の向上に大きな可能性を有する。特に生命維持に最も重要な心臓機能の変化を直接計測することで、病変の早期診断につながる。我々はこれまでに、フレキシブル有機圧電素子を用い、心臓モデル拍動に伴う変形を圧電信号として直接検出可能であることを報告してきたが[1][2]、心臓モデル上1点のみの拍動検出に留まっていた。より詳細な拍動検出と心臓モデル表面の応力マッピングに向け、一基板上に圧電センサを複数形成して多点同時測定を行うと共に、心臓モデル表面に発生する応力解析に取り組んだので報告する。

【実験方法】圧電体として強誘電ポリマーP(VDF-TrFE)を用いた。PEN フィルム基板上に9つの圧電キャパシタ構造(Al/P(VDF-TrFE)/Al)を作製し、多素子センサとした(Fig. 1a)。比較として、単素子センサも作製した。各素子にポーリングを施し残留分極量を 60 mC/m^2 とした。素子全体を気相重合パリレン膜でコーティング後、Fig. 1a のように心臓モデル右心室表面に貼り付け、拍動時の電圧応答を測定した。

【結果と考察】心臓モデル右心室膨張時の多点同時測定により得られた最大出力電圧をマッピングした結果を Fig. 1b に示す。10 mm×10 mm の領域に複数配置されたセンサ群からは、心臓モデル変形量に応じた、素子ごとに異なる電圧値が得られた。圧電電圧の大きさは応力変化に相当するため、センサ9付近で心臓モデルの変位が大きく、センサ1付近では小さいといえる。

圧電信号は圧電体に印加された応力の時間微分に比例するため、得られた電圧を時間積分することで応力に変換可能である。心臓モデルの拍動一周期において、単素子センサより得られた出力電圧及び応力を Fig. 1c に示す。収縮時に負、膨張時に正の電圧が観測され、変位方向に依存した信号を得た。更に最大収縮時(0.42 s)、面内方向への収縮応力を 0.31 mN/m^2 と定量化でき、臓器応力センシングへの応用可能性が示された。これらの実験データより、フレキシブル有機圧電センサは、心筋の複雑な変形を高分解能で検出するポテンシャルを持ち、心膜炎等の心臓疾患の早期発見に役立つことが期待される。

本研究の一部は JSPS 科研費と JST CREST の支援のもと実施されました。

[1] Y. Kondo et al, Jpn. J. Appl. Phys. 59 (2020),

[2] Y. Nagayama et al, Jpn. J. Appl. Phys. 61 (2022)

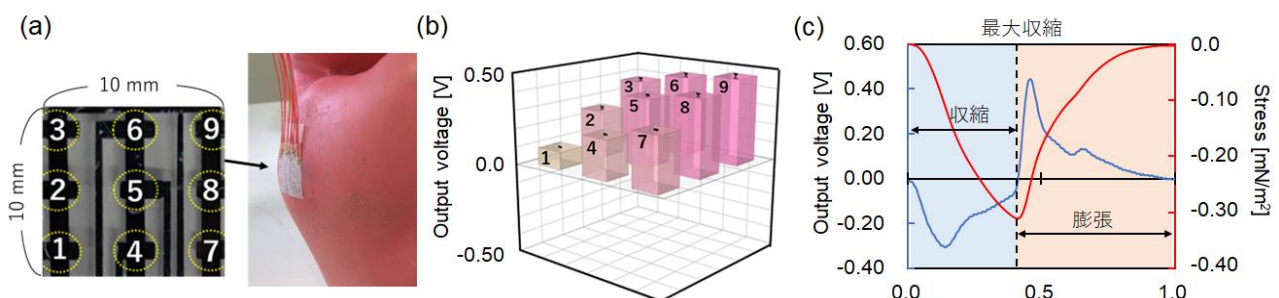


Fig. 1. (a)Photos of sensor array and 3D heart model attached sensor. (b) Time variations of output voltage from a single piezoelectric sensor and stress calculated from the voltage. (c) Mapping of maximum output voltages from the 9 sensors in panel a attached on the right ventricle of the heart model.