

小型体導音センサによる種々の体導音検出*

○ 平原達也, 清水奨太 (富山県立大学 工学部)

1 はじめに

ヒトの体の中には多くの音源があり、これらの音源から出る音は低周波成分が多く含まれる。体の軟組織は可聴域成分を大きく減衰させ [1]、また、ヒトの聴覚は主として気導音を聴くために発達しているため、通常、これらの体導音は聴こえてこない。そこで、医師は聴診器を用いて心音や呼吸音を聴き、体内臓器が正常に機能しているかを判断する手がかりとしている。また、圧電セラミックを用いた心音センサ [2] や、非可聴つぶやき声と呼ばれる微弱な肉導音を検出する NAM マイク [3] も開発されている。

本報告では、小型のエレクトレット・コンデンサマイクロホンユニット (ECM) のダイヤフラムを露出してウレタンエラストマーで包埋した小型体導音センサを新たに試作し、それを用いて何種類かの体導音を検出した結果について述べる。

2 小型体導音センサ

2.1 試作体導音センサの構造

試作した小型体導音センサの構造は Fig.1 に示すようなもので、ダイヤフラムを露出した ECM (Primo, EM166) をプリント基板に半田づけし、その上に内径 17 mm, 3 mmH, 厚み 1.5mm のアクリル筒を被せ、その中にウレタンエラストマーを充填したものである。露出した ECM のダイヤフラムとセンサの上面、すなわちセンサと皮膚との接触面までの距離は 1 mm である。

2.2 試作体導音センサの感度特性

上述した小型体導音センサを 3 個試作し、Fig.2 に示す計測系を用いて、20 Hz から 20 kHz までの広帯域に渡る感度特性を計測した。

Fig. 3 は、試作した 3 個の体導音センサの感度特性を比較した結果である。同図に示されるように、1 個 (センサ A) だけ全帯域にわたって感度が高く、他の 2 個 (センサ B, C) はやや感度が低い類似した感度特性であった。この感度特性の差は、ECM を体導音セン

サにアSEMBルする際に生じた何らかの差異が原因と思われるが、詳細は把握できていない。なお、感度特性に認められる 50~60 Hz のピークは加振器用増幅器の電源ハムの影響、500 Hz のピークは計測系のアーティファクトである。

最も高感度だったセンサ A は、1 kHz の感度は -40 dB 以上で、40 Hz から 4 kHz の帯域における感度特性の変動幅は 15 dB 以内である。つまり数十 Hz の低域まで感度がある。

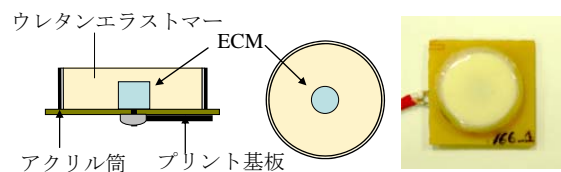


Fig. 1 小型体導音センサの構造と概観

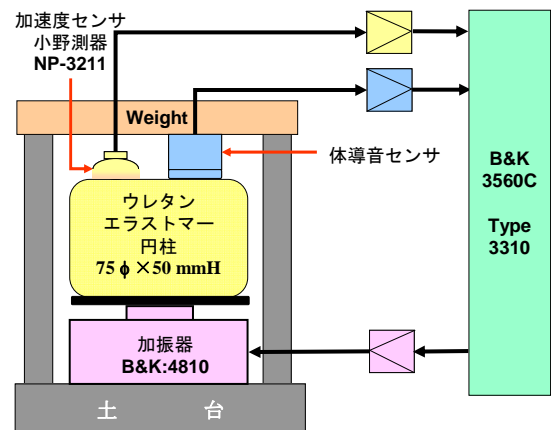


Fig. 2 体導音センサの感度計測システム

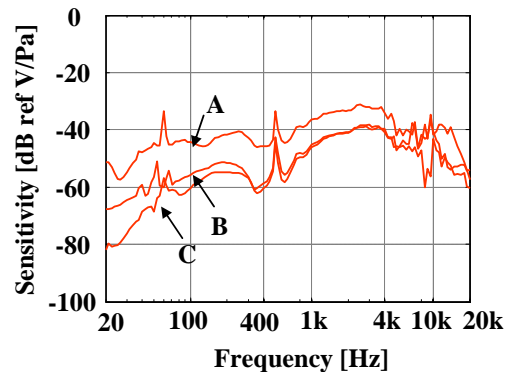


Fig. 3 試作体導音センサの感度特性

* Sensing various types sound generated inside the body using an ECM-based compact body-conducted sound sensor, by HIRAHARA Tatsuya and SHIMIZU Shota (Toyama Prefectural Univ.)

3 体導音の検出

3.1 方法

最も高感度であった体導音センサ A を用いて、様々な体導音を検出した。検出した信号はマイクアンプ (Earthworks, 1021) で増幅し、ソリッドステートレコーダ (Marantz, PMD671) で録音した。サンプリング周波数は 48 kHz、量子化精度は 16 bit である。

体導音センサの設置位置は Fig.4 に示すとおりである。嚙下音は頸部下前側にセンサを置き、水を飲み込んで検出した。筋音は上腕二頭筋にセンサを置き、前腕の屈曲を行い検出した。NAM (Non-audible murmur) は耳介後下部にセンサを置き、NAM 発話を行い検出した。心音については電子聴診器 (Littmann, 4100) を用いて体導音センサとの同時収録を行い比較した。

3.2 結果

試作した体導音センサを用いて、心音、肺音 (呼吸音)、脈動音、指先脈波音、筋音、NAM、腸蠕動音などを検出できた。

Fig. 5 は、体導音センサおよび電子聴診器で同時検出した心音波形の一例である。体導音センサの方が長周期の心音波形を大きな振幅で捕らえているが、これは、体導音センサの低域の感度が高いためである。また、体導音センサを右胸に置いても心音は検出できた。

Fig.6 は、体導音センサで検出した普通呼吸時の肺音と指先脈波音の信号波形の一例で、低域成分から成っているこれらの体導音も問題なく検出できていることがわかる。

しかし、試作した体導音センサは高感度なために、センサの装着場所を適切に選ばないと複数の体導音を同時検出してしまうこともわかった。また、オーディオ用音響機器は、その本来の用途から、約 20 Hz より低い成分は通過帯域外であることも再認識した。

4 まとめ

EMC をウレタンエラストマーで包埋した体導音センサは数十 Hz まで感度があり、それを用いて心音、肺音、脈動音、指先脈波音、筋音、NAM、腸蠕動音などの体導音を検出できることを確認した。

謝辞

本研究は総務省 SCOPE により実施した。

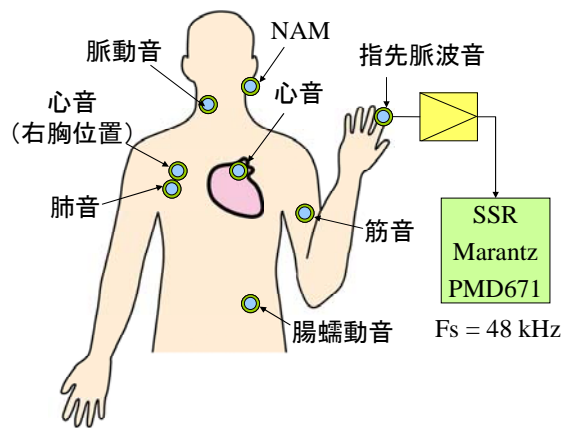


Fig. 4 体導音センサの設置位置と録音系

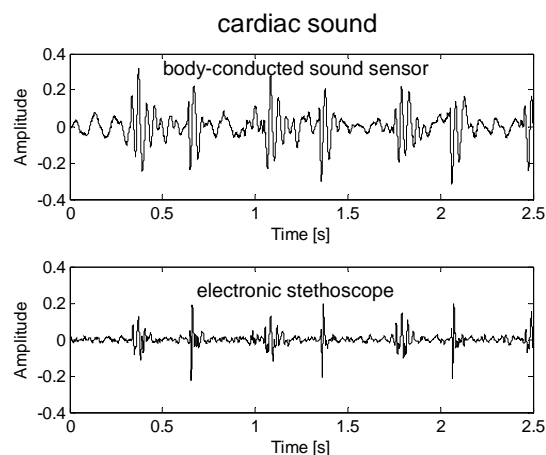


Fig. 5 体導音センサ (上) と電子聴診器 (下) で検出した心音信号の比較

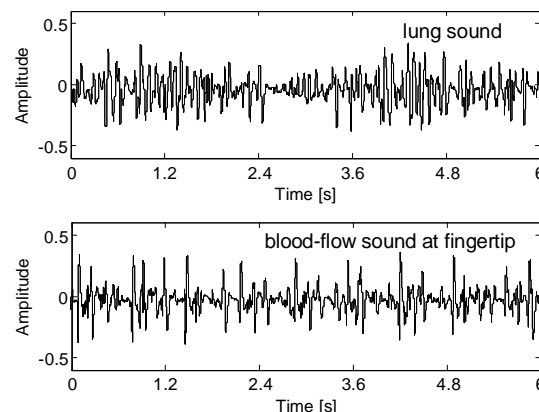


Fig. 6 体導音センサによる肺音と指先脈波信号

参考文献

- [1] M.Otani *et al.*, "Numerical simulation of transfer and attenuation characteristics of soft-tissue conducted sound originating from vocal tract," *Applied Acoustics* **70**(3), 469-472, 2009.
- [2] 今井信臣 他, "圧電セラミック型心音センサの設計," *音響学会誌* **49**(9), 629-634, 1993.
- [3] S.Shimizu, *et al.*, "Frequency characteristics of several non-audible murmur (NAM) microphones," *Acoust.Sci.&Tech.* **30**(2), 139-142, 2009.