

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：11401

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K17321

研究課題名（和文）圧電素子センサーを用いた新生児の先天性心疾患スクリーニングシステムの開発

研究課題名（英文）Detection of pathologic heart murmurs using a piezoelectric sensor

研究代表者

高橋 貴一（Takahashi, Kiichi）

秋田大学・医学部附属病院・医員

研究者番号：20837413

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：圧電素子を応用したセンサーは振動を電気信号に変換する事で、心拍動や呼吸運動を検出することができる。本研究では圧電素子センサーを用いて先天性心疾患を有する患者の心雑音を検出を試みた。圧電素子センサーで得られた波形のうち、信号雑音比を用いて収縮期の振幅を比較したところ、先天性心疾患を有する群では対象群と比較して収縮期の振幅が有意に高く、収縮期雑音を他覚的に検出できる可能性を示した。機器の改良や自動解析アルゴリズムを応用することにより、圧電素子センサーは先天性心疾患のスクリーニング機器として有用な機器となる可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

先天性心疾患の発生頻度は約1%と先天性疾患の中では最多であり、その多くが心雑音により発見されているが、新生児の聴診は経験の少ない医師では診断が難しく、重症先天性心疾患は診断の遅れが死亡へと繋がることがある。圧電素子センサーを応用し、心雑音を検出できる機器を開発する事により、先天性心疾患のスクリーニングに活用できる検出システムを開発することができる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：Piezoelectric sensors, which capture vibrations and convert them into electrical signals, can detect cardiac motion and respiratory movement. We evaluated the capability of a piezoelectric sensor to detect a heart murmur in patients with congenital heart defects. The amplitudes of systolic murmurs were evaluated using the signal-to-noise ratio and compared between healthy neonates and those with congenital heart defects. The amplitudes of systolic murmurs detected by the piezoelectric sensor were significantly higher in neonates with congenital heart defects than in healthy neonates. The piezoelectric sensor can detect systolic murmurs objectively. With mechanical improvement and automatic analysis algorithms, the piezoelectric sensor can become a useful automatic screening device to detect pathologic heart murmurs.

研究分野：小児科学，新生児学，循環生理学

キーワード：圧電素子 PZT 心雑音 先天性心疾患 生体振動

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

先天性心疾患の発生頻度は約 1%と先天性疾患の中で最多であり、特に重症先天性心疾患では診断の遅れが死亡へと繋がる事がある。近年、胎児超音波検査の発達により、多くの先天性心疾患が出生前診断されるようになってきているが、出生前の診断率は疾患や地域により大きな差があり、未だ多くの先天性心疾患が出生後に発見されている。出生後の児において、頻呼吸、心雑音、チアノーゼなどの身体所見により先天性心疾患を疑われることが多く、中でも心雑音は先天性心疾患の発見の第一の所見となる事が多い。しかし新生児の心拍数は成人と比較し早く、新生児の聴診所見は聴診する者の技量によるところが大きい。そのため、経験の少ない医師が聴診のみで先天性心疾患を鑑別する事は難しく、誤診や診断の遅れへとつながる可能性がある。そのため、どのような施設でも簡便で客観性のある、先天性心疾患のスクリーニング機器の開発が望まれている。

圧電素子センサーは圧電変換素子の一種であり、微小な生体振動を検出し電気信号へ変換する装置である。この圧電素子センサーを用いて新生児の呼吸運動や心拍数を検出する機器が開発されてきた。研究代表者らと共同研究を行っている秋田大学医学部細胞生理学講座でも圧電素子を応用したセンサーを開発し、新生児の心拍や呼吸の非侵襲的な測定に成功している。また、そのセンサーを開発する過程で、新生児の心雑音を検出できる可能性も示唆されたが、体系的に心雑音の検出について検討した研究は未だ無い。

そこで、新生児の診察に習熟した医師のいない施設でも行えるような先天性心疾患のスクリーニング機器として、新生児の心雑音を検出できるような圧電素子センサーを利用する事が有用であると考えた。

### 2. 研究の目的

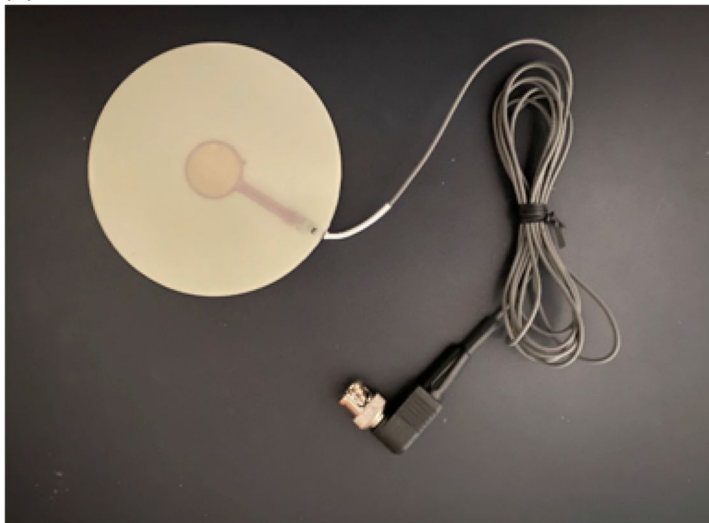
本研究では心雑音を検出できるような新規の圧電素子センサーを開発し、先天性心疾患のスクリーニングに活用できる検出システムを構築することを目標とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 新規の圧電素子センサーの開発

従来の圧電素子センサーで検出していた呼吸運動や心拍数と比較すると心雑音はより高周波数領域の振動であるため、高周波数領域の検出感度が高い圧電素子センサーの開発が必要であった。そこで、チタン酸ジルコン酸鉛を銅板で挟み、100mm 大の円形のプラスチックプレートに接着させることで、新規の圧電素子センサーを作製した (図 1)。

図 1



#### (2) 新規の圧電素子センサーと従来の圧電素子センサーの比較

聴診上、全収縮期雑音を聴取する心室中隔欠損症の患者で、従来の圧電素子センサーと新規の圧電素子センサーを用いて測定を行い、収縮期雑音の検出感度を比較した。

#### (3) 先天性心疾患を有する児と先天性心疾患を有さない児との測定所見の比較

心臓超音波検査上、先天性心疾患を有し、聴診上収縮期雑音を認め、拡張期雑音を有さない児 9 名と先天性心疾患を有さず心雑音を聴取しない児 9 名で新規の圧電素子センサーを用いて測定を行い、心電図と同時記録を行った。圧電素子センサーの信号と心電図波形はアナログフィルターを用いて 1000Hz 以上の成分を遮断し、4000Hz のサンプリングレートで A/D 変換器を用いてデジタル変換を行った。デジタル変換を行った圧電素子センサーの信号を様々な周波数でハイ

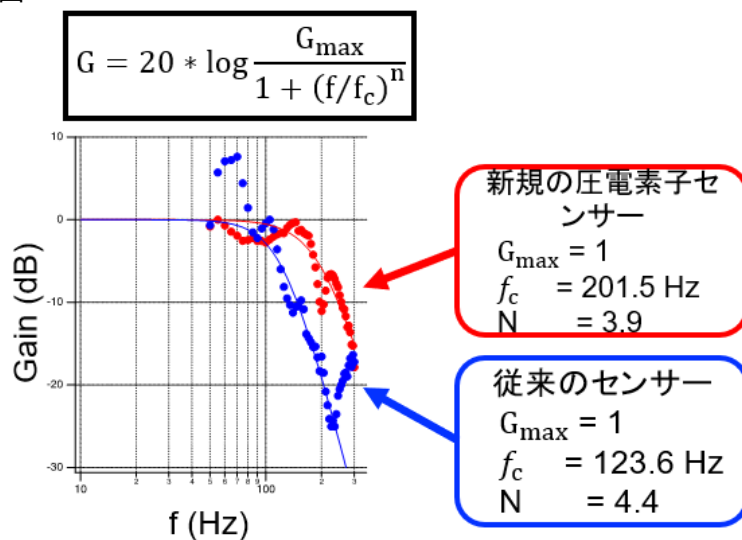
パスフィルタリングを行い、収縮期雑音の検出を試みた。  
 また、電子聴診器を用いて心音を測定し、圧電素子センサーの信号との比較を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 新規の圧電素子センサーの開発

上述の方法で新規の圧電素子センサーを開発した。新規に作成した圧電素子センサーは従来の圧電素子センサーと比較して高周波数領域の振動の検出感度が高い結果となった (図 2)。

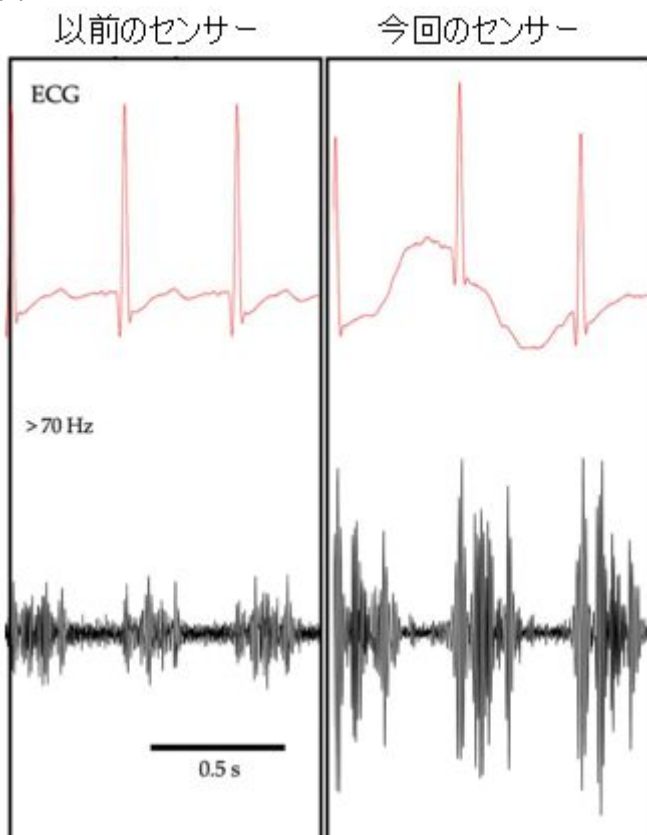
図 2



##### (2) 新規の圧電素子センサーと従来の圧電素子センサーの比較

従来のセンサーの収縮期雑音は信号雑音比 (S/N 比) が 9.12 であったのに対し、新規のセンサーは S/N 比が 14.45 と高値を示した (図 3)。同様に I 音、II 音も新規のセンサーで高値を示した。

図 3



(3) 先天性心疾患を有する児と先天性心疾患を有さない児との測定所見の比較

圧電素子センサーの信号を 70Hz でハイパスフィルタリングを行ったところ、図 4 のように先天性心疾患を有する児で音と音の間に収縮期雑音の波形を得ることが出来た。また、圧電素子センサーの信号に包絡線を描き、拡張期の振幅をベースとして収縮期雑音の S/N 比を測定したところ、先天性心疾患を有する児の群では、先天性心疾患のない対象群と比較し、収縮期雑音の S/N 比が有意に高値であった (図 5)。また、圧電素子センサーで検出した収縮期雑音の S/N 比と電子聴診器で測定した収縮期雑音の S/N 比との間に高い正の相関を認めた(図 6)。

図 4

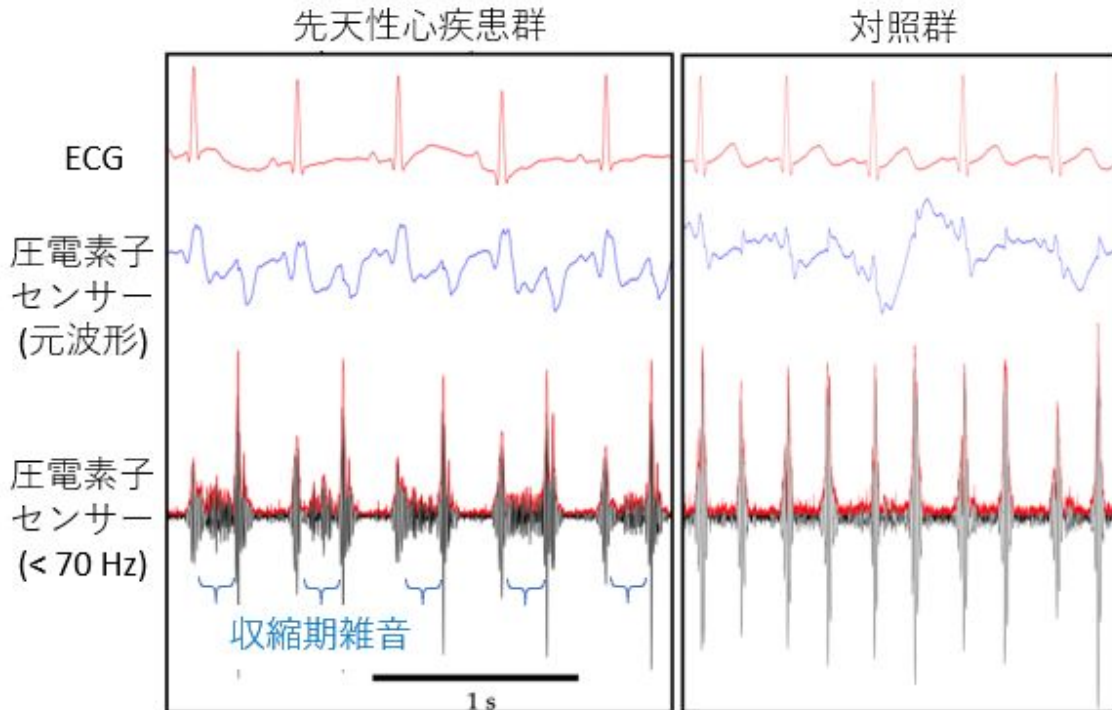


図 5

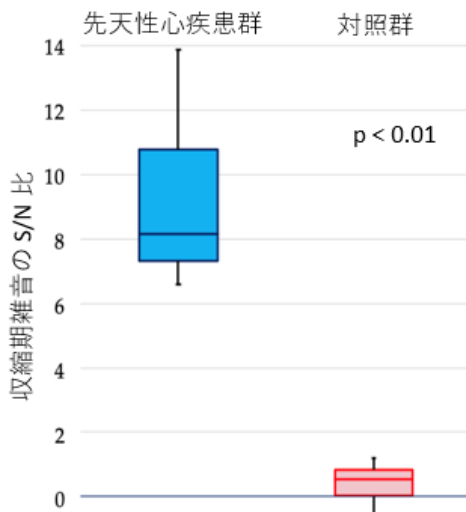
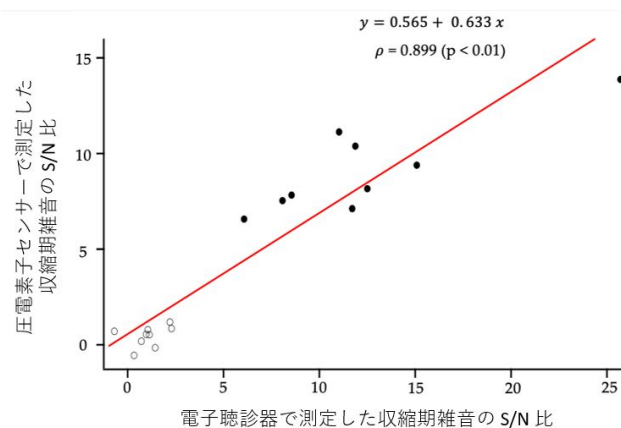


図 6



今回、新規の圧電素子センサーを用いて先天性心疾患を有する児で収縮期雑音を他覚的に検出する事に成功した。今後測定した波形データの解析をさらに改良することにより、先天性心疾患のスクリーニング機器としてより有用となる可能性が考えられた。

<引用文献>

Sato S, Ishida-Nakajima W, Ishida A, Kawamura M, Miura S, Ono K, Inagaki N, Takada G, and Takahashi T. Assessment of a new piezoelectric transducer sensor for noninvasive cardiorespiratory monitoring of newborn infants in the NICU. Neonatology. 2010, 98, 179-190.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takahashi Kiiichi, Ono Kyoichi, Arai Hirokazu, Adachi Hiroyuki, Ito Masato, Kato Akie, Takahashi Tsutomu	4. 巻 21
2. 論文標題 Detection of Pathologic Heart Murmurs Using a Piezoelectric Sensor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1376 ~ 1376
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s21041376	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Kiiichi, Adachi Hiroyuki, Toyono Manatomo, Ito Masato, Kato Akie, Noguchi Atsuko, Takahashi Tsutomu	4. 巻 2020
2. 論文標題 A Japanese Patient with Genitopatellar Syndrome Transiently Presenting with Cardiac Intramural Cavity during the Neonatal Period	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Case Reports in Genetics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1155/2020/1731720	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高橋貴一
2. 発表標題 圧電素子を応用した新規の非接触型生体振動センサーによる新生児の心音/心雑音の検出システムについて
3. 学会等名 第64回日本新生児育成医学会・学術集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	尾野 恭一  (Ono Kyoichi)  (70185635)	秋田大学・医学系研究科・教授    (11401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	高橋 勉  (Takahashi Tsutomu)  (20270845)	秋田大学・医学系研究科・教授    (11401)	
研究協力者	安達 裕行  (Adachi Hiroyuki)  (10567233)	秋田大学・医学部附属病院・助教    (11401)	
研究協力者	伊藤 誠人  (Ito Masato)  (70791630)	秋田大学・医学部・寄附講座等教員    (11401)	
研究協力者	加藤 明英  (Kato Akie)  (90865718)	秋田大学・医学部附属病院・医員    (11401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関