

808 多チャンネル前胸部表面振動計測と可視化による聴診支援 A multi-channel simultaneous measurement system for visualizing precordia surface-oscillation to assist auscultation

○正 野方文雄（岐阜大・工），横田康成（岐阜大・工），河村洋子（岐阜大・工）

Fumio NOGATA, Department of Human and Information Systems, Faculty of Engineering, Gifu University

Yasunari YOKOTA, Department of Information Science, Faculty of Engineering, Gifu University

Yoko KAWAMURA, Researcher of Faculty of Engineering, Gifu University

Auscultator has been developed in early 1800s as one of the most effective diagnosis tools. However, analysis of heart sound and breath sound by only hearing ability is not easy-to-understand for clinician. That is, auscultatory method needs high skill. To be objective and logical method for clinician as well as patient, a multi-channel simultaneous measurement system for visualizing precordia surface-oscillation was developed. The system consist of 63-channel acceleration sensor and one ECG signal channel. The results showed that complicated images with motion of the heart could be analysed by dividing appropriate frequencies ranges step by step..

Key words: Auscultation of the chest, Visualization of precordia surface-oscillation, Heart sounds, Multi-channel signal analysis.

1. 緒言

聴診器は1810年代に登場した最初の医療診断器具の一つで、心臓、肺、消化管、動脈、静脈などの多くの疾患や病態、また、術前後の経過などの検診に使用されている^[1-4]。また、安価で維持費が不要、持ち運びが自由であるため医療現場での有用性は高い。聴診の主たる診断基準は、1) 雑音、異常音の有無、2) 非正常雑音変動である。

一方、心臓拍動音、呼吸による生体組織の振動音（心音、呼吸音）が持つ周波数帯域（強度含）と、可聴周波数領域が重なる部分は狭い範囲に限られてる。このような条件下で疾患に関連した異常音を聞き分ける聴診法は、高度な訓練と経験を必要としている^[5-7]。また、近年の医師の高齢化による聴力低下を考えると、情報処理技術と融合させ臨床医と被験者の両方に分かりやすい客観的聴診支援技術の確立が望まれる。

本研究は、同時多チャンネル心音計測器の試作と画像化表示法、患者にも分かりやすい聴診法の確立を目的とした。特に、心音を対象として64チャンネル計測システム（心電計測1ch含）により前胸部における非正常音圧振動を解析し視覚化した結果について報告する。

2. 実験方法

心音聴診は、心音、心雑音を聞き分け被測定者の前胸部を仰臥位および座位にして、以下のような手順によって行なわれている。

- 1) I音とII音および収縮期と拡張期の同定、
- 2) I音とII音性状の確認
- 3) 雑音、過剰心音の確認
 - i) 雑音の確認、ii) III音とIV音、およびその他の過剰心音の確認
- 4) その他、駆出音、房室弁開放音、クリックなどの過剰心音の有無、性状を確認する。

心音の主たる音源は心房弁（三尖弁、僧帽弁）と心室弁（肺動脈弁、大動脈弁）である。

Fig. 1は試作した64ch同時心音計測システムで聴診における計測位置参考に胸部表面上に20mm間隔で8x8の格子状に配置した63個の振動センサを体表面に直接密着固定し、増幅器（MCA64x100, 松栄電子製）、A/D変換器を通してパーソナルコンピュータにデータを記録した。サンプリング周波数は3kHzで解析はMATLABによった。

振動分布を表示するプログラムは、sinc関数による補間を用いた。sinc関数は、標本点から離れていくとその距離に反比例してその値が減少する。この事により、ブロックサイズを大きくするに従い、任意値の影響が遠くの値に対して与えなくなる。そのためエッジ部分の鮮鋭化の効果が期待でき、比較的なめらかな画像が得られる。sinc関

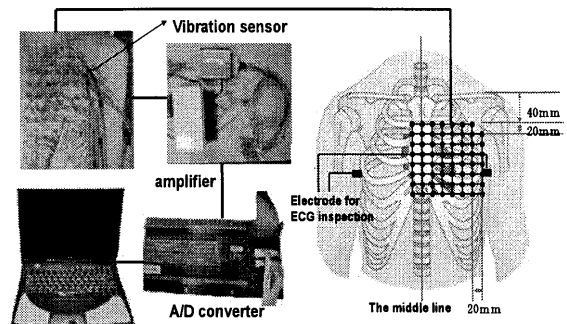


Fig.1 A trial simultaneous multi-channel device for measuring the heart beat sound (64-ch recording system).

数は、つぎのように表される。

$$\text{sinc}(t) = \begin{cases} 1, & t = 0 \\ \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}, & t \neq 0 \end{cases}$$

この関数は、幅 2π と高さ1をもつ矩形パルスの連続逆フーリエ変換となる。

$$\text{sinc}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{j\omega t} d\omega$$

周波数帯域 $\omega \in [-\pi, \pi]$ 内で帯域制限された関数の空

間は、整数によってシフトされた sinc 関数の無限（ただし可算）集合によって覆われる。したがって、このような帯域制限関数 $g(t)$ は、整数間隔のそのサンプルから復元することができる。

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(n) \text{sinc}(t-n)$$

また心電 ECG との関係調べるため同時に記録した。この時、1ch を EKG 用とした。記録時は、呼吸に伴う胸部の上下運動を避ける為に5秒間、息を止めてもらった。

3. 結果および考察

Fig. 2は心電波形および63chの振動波形を示す。これを基に画像化した（Fig. 3）。次に複数の被験者について比較する事により心臓運動と分布図には共通していたので適切な画像処理がされていると判断した。心機能とこれらの図との解釈は周波数区分、血流変化の関連性などのデータとの検討も必要である。例えば、音圧分布には心臓自体の収縮・膨張を表す成分と、弁が開閉することによる衝撃波の成分の混在が考えられる。即ち、心臓自体の収縮・膨張を表す成分は周波数が低く、衝撃波を表す成分は周波数が高いと予想される。そのため心臓の収縮・膨張を表す20～300Hzの低周波数、衝撃波を表す300～600Hzの高周波数成分に分離、また、心房から心室への血液流入、弁の開

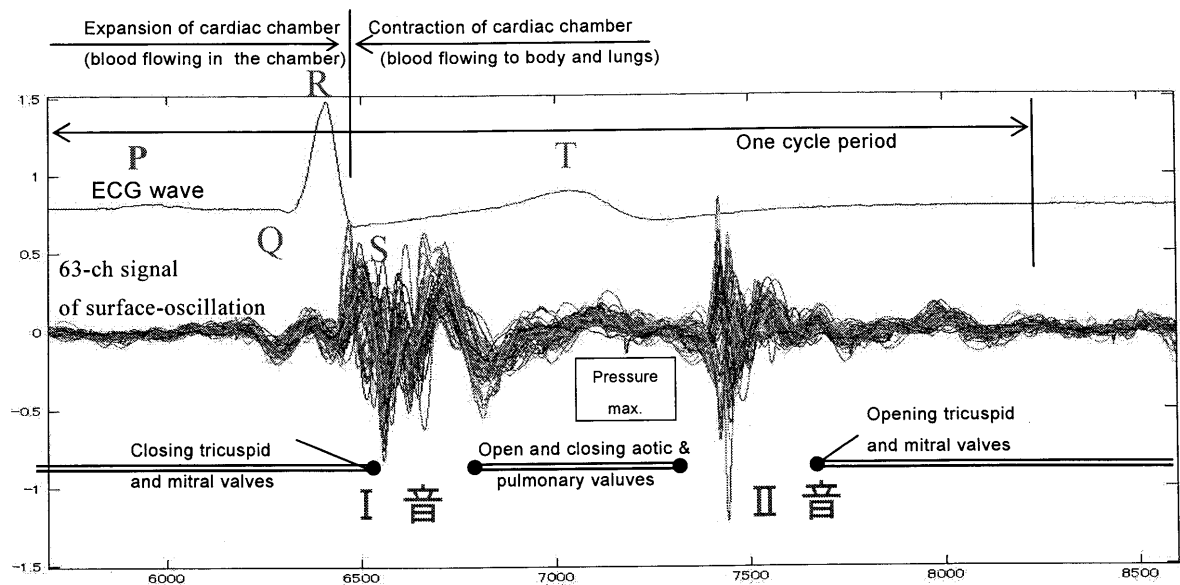


Fig. 2 An example of recorded 63-ch signal of the precordia surface-oscillation and one ECG signal for a 22-year old male, which allows a visualization map of the heart motion.

閉など運動を基に1周期を6区分し画像化した (Fig. 3) .
これより弁, 心房, 心筋, 血流などの関連性が明らかである.
今後は, 疾患との関係を明らかにする事で心臓疾患検査に
応用できるものと期待できよう.

4. 結言

心音の胸壁上多点同時計測と表示により聴診は, より客観的な検査法として確立が可能である. 詳細な周波数解析により心房, 心室, 三尖弁, 大動脈弁, 肺動脈弁, 僧帽弁の収縮膨張成分と衝撃波などを詳細に分離し, 弁, 心房, 心室, 血流の挙動について明らかにしたい.

本報告は平成 18 年大学院博士前期課程, 張 希さん, 学部 4 年の榎山紗代さんの卒研究課題成果^[8, 9]を含み, また, 被験者として協力された所属の学生に謝辞を表します.

参考文献

- [1] 沢山俊民: CD による心音シャワー・聴診の達人 日本医学出版(1998).
- [2] 堀江俊伸, 佐藤良夫, 竹内幸一: 症例から学ぶ心臓の聴診, 医学書院(1998).
- [3] 森本和大訳: 臨床に必要な心臓聴診の知識 医学書院(1981).
- [4] 伊賀六一, 木村満: 心音のアセスメント HBJ 出版(1993).
- [5] 最新医学大辞典第 2 版: 医歯薬出版 1996
- [6] A. シェフラー, S. シュミット著 三木明德, 井上貴央訳: からだの構造と機能 西村書店(1998).
- [7] MORTON E. TAVEL, M.D. Clinical Phonocardiography and External Pulse Recording 3rd Ed. YearBook MEDICAL PUBLISHERS, INC.
- [8] 榎山紗代, 張希, 河村洋子, 野方文雄, 横田康成) 平成 18 年度日本生体医工学会東海支部学術集会, No. 12, p. 19 (Oct, 2006)
- [9] 張 希, 榎山紗代, 野方文雄, 横田康成, 河村洋子) 日本機械学会東海支部第 56 期総会講演, No. 073-1, 247-248.

Image of precordia surface-oscillation

All signal, 20-150Hz 150-600Hz

- ① Start of ventricular contraction
- ② Closed mitral valve
- ③ Closed tricuspid valve
- ④ Ventricular contracted
- ⑤ Ventricular contracted
- ⑥ Start of atrial contraction

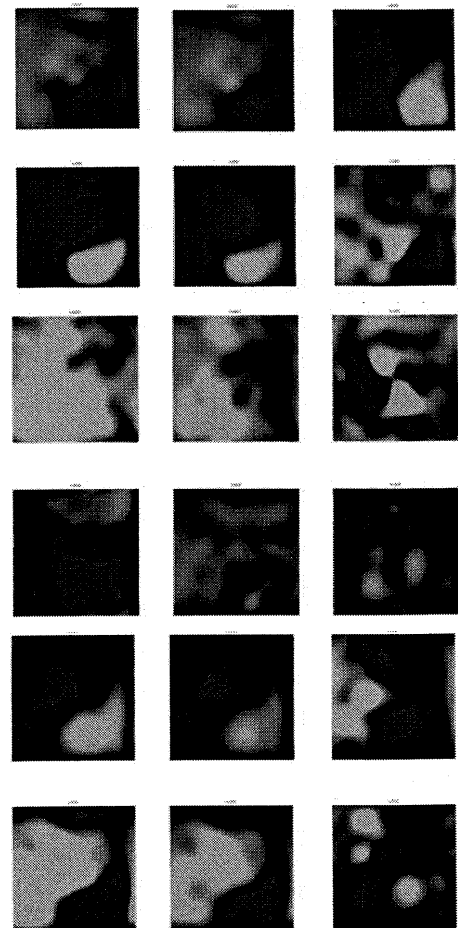


Fig.3 Vibration distribution at the closed tricuspid valve, and at the Contraction of cardiac chamber for the divided three frequencies.