

平成21年 4月15日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18591699  
 研究課題名（和文） 聴診音リアルタイム三次元カラー可視化技術の臨床導入

研究課題名（英文） Clinical Application of Visual Stethoscope

## 研究代表者

佐藤 重仁（SATO SHIGEHITO）  
 浜松医科大学・医学部・教授  
 研究者番号：30143176

研究成果の概要：聴診音可視化装置の臨床応用可能な仕様を作成した。呼吸音及び心音の可視化が現場臨床で可能となった。この機器を用いて人工呼吸のための気管チューブの食道への誤挿入を検出することができた。また、本機器を用いて心音を可視化することが医学生への教育及び患者へ病状説明に貢献することが示された。さらに本機器を小児に用い全身麻酔中の呼吸音の持続的な監視が可能であることが明らかになった。本機器は音声検出力が高いため環境雑音が混入しやすいという欠点も明らかになり今後の課題である。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,700,000	0	1,700,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	510,000	3,910,000

研究分野：麻酔学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・麻酔・蘇生学

キーワード：聴診、可視化、心音、呼吸音

## 1. 研究開始当初の背景

萌芽研究（15659368）により開発をスタートした呼吸聴診音リアルタイム三次元カラー可視化法の技術開発は呼吸聴診音を周波数軸・色つき振幅軸・時間軸で表すことを可能にするという成果をあげた。しかし、同萌芽研究では基礎技術的諸問題の解決が中心で、医学的な有用性を証明するには臨床的評価が必要であることが明らかになった。

## 2. 研究の目的

聴診音リアルタイム三次元カラー可視化技術について、臨床導入に使用できる実験機

を開発し、臨床モニタリング・診断・医学教育へ導入し、応用範囲や領域を系統的に検証し、聴診音リアルタイム三次元カラー可視化技術の臨床使用における有用性を実証し、論文として報告することを目的とし以下の具体的目標を設定した。

- (1) 臨床導入可能な実験用ユニットの製作
- (2) 臨床導入を可能にするセンサーインターフェイスの得失調査
- (3) 臨床応用、教育への応用
- (4) 将来の応用領域についての検証

## 3. 研究の方法

(1) 臨床導入可能な実験用ユニットの製作  
カラー三次元聴診音可視化ソフトウェア  
(萌芽研究にて基本機能開発済み)のみでは、臨床での操作に問題があり、主にハードウェアによる聴診音入力音量コントローラ、モニタ量コントローラ、そしてモニタースピーカ (50-700Hz の低音域または聞きやすくするために高音側にシフトさせたモニタなどを装備し臨床評価に耐える実験ユニット) を製作する。また一式をスタンドなどにコンパクトな形で一体化し、臨床での迅速な引き回しに耐えるよう配慮して製作し臨床現場での使い勝手について試行錯誤する。

可能周波数分解能は 10msec 以下とし、心手術後の **fine crackle** (捻髪音)、**coarse crackle** 等の描出に対応するよう設計する。また、逆に分解能をあげて 50-100msec 程度に下げて正常呼吸音や喘息時の連続性ラ音などをスムーズに表示できるようにする。以上各モードをシナリオで自動切り替えする機能を設け、聴診中のユーザーがユニットにふれなくとも、多面的な観察ができるように設計する。また、前研究では、副次的な説明波形 (ECG など) を 3次元表示が画像解釈に有効だったため、臨床使用できるよう電子回路ソフトウェアを調整する。

(2) 臨床導入を可能にするセンサーインターフェイスの得失調査

モニタしたい生体音導出センサーインターフェイス以下各々について得失を検討する。

① 従来型聴診器ドームの体表装着部位 (喉、胸部、腹部) の違い

② 食道音プローベの位置 (食道への挿入深度)

③ 口腔内 (口腔内での高 SN 比導出はすでに予備確認) の影響)

④ 呼吸回路への直接インターフェイス

⑤ 同時 2ch 導出により、簡便な呼吸回路音が食道音と同等の生体由来音か否を検討

2つの周波数フィルターによる2つの3次元画像を表示して、心音は広域フィルターおよび linear 振幅軸により表現し、呼吸音は低域フィルターと振幅を **sones** (聴感特性) で表現することにより、可視化上の弁別度を確保する。

(3) 臨床適応評価

三次元カラー可視化技術の医療上の有用性を判断するため以下の調査を実施する。

① 臨床使用の可能性を把握するため満足度アンケート調査

聴診音リアルタイム三次元カラー可視化モニタを臨床設置し、ユーザー医師に有用性・使い勝手について調査する。対象症例は、気管挿管をともしない硬膜外・脊椎麻酔症例 (口腔内バルーンセンサを適用)、気管挿管を伴う全身麻酔症例 (口腔内または食道内

のセンサを適用) とする。また、従来多用されてきた小児麻酔における胸壁聴診器による心音・呼吸音連続モニタの代用としての可能性についても調査を行う。

② 周術期の聴診所見経過記録

周術期には、医師による聴診が随時行われているが、所見の記載に手間がかかる、主観的な記載のため、チーム医療には向かないという問題がある。今回は、心臓手術 (弁疾患) の術前・術中・術後経過観察記録ツールとして従来型聴診器を用いて可視化画像の記録保存を経時的に行い、術前から ICU 管理まで一連の臨床経過を画像として記録する。

(4) 聴診教育への応用

代表的呼吸音・心音について、可視化装置併用した学習と、従来型の学習のみとで教育効果に差が出るか否かについて臨床実習医学生を対象として調査研究を行う。

(5) 発展的応用

① 心拍出量関連モニタとしての展開

心音の駆動源は生体中の心臓であり、聴診音の音圧は心筋の収縮力に比例することが予測される。その振幅 (RMS) 面積、特定周波数のピーク、など特定のパラメータを選べば、心拍出量に比例する情報が得られる可能性が考えられる。そこで、心拍出量と可視化装置の演算パラメータを記録し、心拍出量モニタとしての将来的な可能性を探る。

② 診断情報の解析出力

診断情報の解析出力への展開を試みる。可能性のある解析出力としては、無呼吸・心拍数・呼吸数が考えられるが、音声認識技術の臨床応用で、喘息 (呼気の遷延)、クループ (吸気の遷延) など自動診断能を追求する。

#### 4. 研究成果

(1) D-Visistetho を用いた食道挿管検知の試み (2005 年日本麻酔科学会にて発表)

気管挿管の確認時、聴診器を用いて肺音を聴診する事は必須であるが、従来の聴診器を用いた聴診は、聴診を行っている一人の医師の主観的な判断にゆだねられ、客観性が乏しく、情報の共有ができないなどの欠点が存在する。音声の可視化により、視覚による音声理解の補完や、音声情報の複数人数での共有が可能となり可視化画像を保存する事により客観的な判断が事などが期待できる。本研究では、2つの音声を同時に可視化できるよう改良された Dual channel VisiStetho (D-VisiStetho) を用い観察者は全ての食道挿管と気管挿管を区別することが可能であり、音声可視化装置が食道挿管の検知に有効であることが示された。

(2) 音声可視化装置 聴診教育への応用

(2006 年日本臨床麻酔学会にて発表)

心臓手術患者に音声可視化装置を用いて心雑音の変化について説明を行ったところ、

解りやすいという意見が多かったため、本装置を用いて医学生に心音の聴診教育を行なった。代表的心音を可視化しながら心音についての講義を行なった。医学生の本教育法に対する評価はおおむね良好であったが、本教育法を用いる対象心音を選別する必要性があることが今後の課題である。

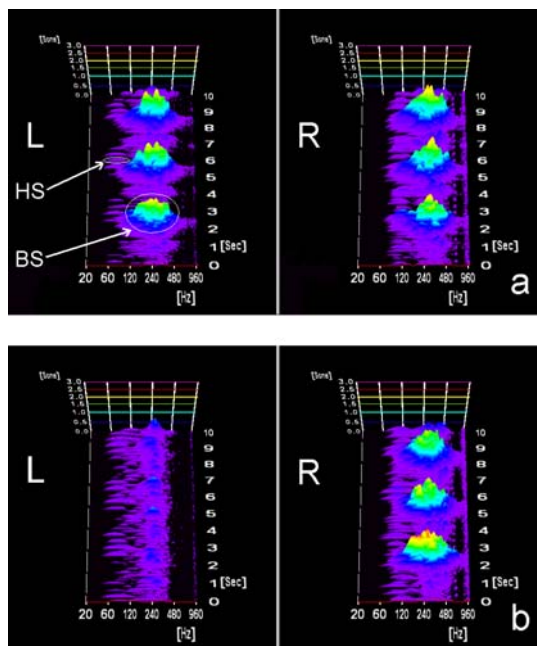
### (3) 音声可視化装置と小児の麻酔 (2008年日本小児麻酔学会にて発表)

小児の麻酔ではマスクを用いて吸入麻酔薬で導入することが多い。胸壁聴診器は持続的に呼吸音をモニタできる機器で、構造が単純で故障しにくい、電源が必要ない等の利点があり、マスク導入時に有用である。しかし、音が小さく聞きにくい、一人しか音を聴くことが出来ない、記録が出来ない、聴診器とイアーピースの間の接続チューブが行動を制限する等欠点も多い。本研究では胸壁聴診器に市販の音声収録用小型マイクロフォンを接続して音声を増幅した後、ソニー製赤外線通信方式ワイヤレスヘッドホンシステムに入力し、2台のワイヤレスヘッドホンでレジデントと指導医が同時にモニタできるようにした。また、音声をパーソナルコンピュータでフーリエ解析し周波数分布をリアルタイムに画面表示する機器を構築した。呼吸音は、従来の胸壁聴診器と同様にモニタ可能であり、さらに音量調整も可能であった。また、2人で同時に聴診音をモニタすることができた。呼吸音を周波数解析して表示することにより、聴診音の大きさを周波数ごとに時間経過とともに表示することが可能であった。2人で同時に聴取できる機能はレジデントの教育に有用と考えられた。聴診音の解析表示は客観的評価に役立つと考えられたが、臨床現場での外来雑音にも同じ周波数帯の音が多くあり、表示が不明瞭となる原因となっている。ノイズ対策が今後の課題であると考えられた。

### (4) A visual stethoscope for pediatric patient (Pediatric Anesthesia 誌に 2008 年掲載)

In pediatric patients, a tracheal tube can be advanced until breath sound is apparent in one lung and then the tube is pulled back by 2-4 cm to find an appropriate position (1). We evaluated a system for analysis and visualization of breath and heart sounds (Kou Planning Corporation, Hamamatsu, Japan) to assist with this procedure. The system allows real-time fast Fourier transform of the sound signal and three dimensional (frequency-amplitude-time) rendering of the results on a personal computer with processing of two individual sound signals simultaneously. The analyzing and

visualizing software was developed by Shizuoka University Graduate School of Engineering (Hamamatsu, Japan). Two precordial stethoscopes for the left and right sides were used to obtain breath and heart sounds. A stethoscope connected to a microphone (AT805F; audio-technica, Tokyo, Japan) was placed at the midpoint between the nipple and the midclavicle. The normal breath and heart sounds of a pediatric patient after induction of anesthesia with tracheal intubation are shown in Figure 1a. A frequency band of the heart sound was located between 60 and 120 Hz. A frequency band of the breath sound was located between 120 and 480 Hz. Left breath sound disappeared after advancement of the tracheal tube into the right bronchus (Figure 1b). The tube was then pulled back and left heart sound resumed (not shown in figure). Further clinical evaluation of this system is in progress under various conditions.



Visualized breath and heart sound of an intubated pediatric patient. HS, heart sound; BS, breath sound; Sone, a unit of perceived loudness of the sound.

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

① Akira Suzuki, Hiroshi Makino, Yoshimitsu Sanjo, Takayoshi Nakai, Keita Mochizuki, Yoshito Shiraishi, Takasumi

Katoh, Shigehito Sato.  
A visual stethoscope for pediatric patient.  
Pediatric Anesthesia, 18, 339, 2008  
査読あり

〔学会発表〕(計5件)

① Hiromi Kato, Akira Suzuki, Yoshiki Nakajima, Yoshito Shiraishi, Shigehito Sato.  
Visual stethoscope to detect tracheal tube position  
Annual Meeting, International Anesthesia Research Society.  
14 March 2009. San Diego, CA USA

② 鈴木 明, 牧野 洋, 中島芳樹, 白石義人, 佐藤重仁  
音声可視化装置と小児の麻酔  
日本小児麻酔学会第14回大会  
2008年8月29日 東京

③ Hiroshi Makino, Yoshimitsu Sanjo, Takasumi Katoh, Yoshito Shiraishi, Keita Mochizuki, Takayoshi Nakai, Shigehito Sato.  
3-D visualization of cardiac murmur improves teaching of cardiac auscultation  
Annual Meeting, European society of Anaesthesiologists.  
09 June 2007. Munich, Germany

④ 牧野洋, 三条芳光, 望月圭太, 加藤孝澄, 中井孝芳, 佐藤重仁  
D-Visistethoを用いた食道挿管検知の試み  
日本麻酔科学会第52回学術集会  
2005年6月2日 神戸

⑤ 牧野洋, 三条芳光, 白石義人, 佐藤重仁, 望月圭太, 中井孝芳  
音声可視化装置 聴診教育への応用  
日本臨床麻酔学会第26回大会  
2006年10月26日 旭川

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐藤 重仁 (SATO SHIGEHITO)  
浜松医科大学・医学部・教授  
研究者番号：30143176

### (2) 研究分担者

白石 義人 (SHIRAISHI YOSHITO)  
浜松医科大学・医学部附属病院・准教授  
研究者番号：00135253  
中島 芳樹 (NAKAJIMA YOSHIKI)  
浜松医科大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：00252198

鈴木 明 (SUZUKI AKIRA)  
浜松医科大学・医学部附属病院・助教  
研究者番号：30322142

三条 芳光 (SANJO YOSHIMITU)  
浜松医科大学・医学部附属病院・助教  
研究者番号：40115481

牧野 洋 (MAKINO HIROSI)  
浜松医科大学・医学部附属病院・リサーチアシスタント  
研究者番号：10397408

### (3) 連携研究者

なし