

デジタル聴診器と触診センサシステムの開発

研究代表者 理工学研究科 江 鐘偉

研究の目的

1. 研究背景

近年、中高年ビジネスマンの突然死や高齢化社会の到来などに伴い、人々の関心は健康管理や医療福祉に集まっている。日頃に自分の健康状態モニタリングと健康管理が簡単かつ有効にできれば、病気の早期発見を促し、早期治療への効果が極めて大きい。そのため、日常の定期的な診断を病院に通うことなく家庭や会社でいつでも行うことのできる遠隔診断システム(図1)の開発が急ピッチに進められている。

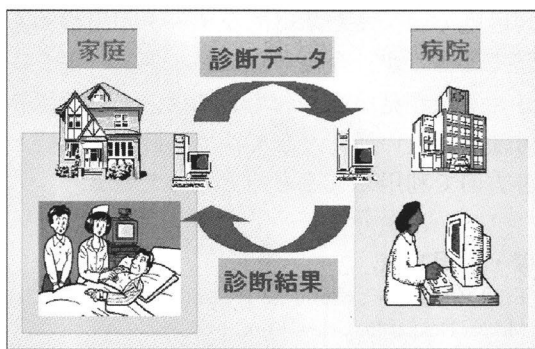


図1 遠隔診断システムの概要図

本研究では遠隔診断システム開発のための基礎研究として、デジタル聴診器と触診プローブおよび信号採集・解析・診断システムの試作開発を目指している。さらに、心音や呼吸音から疾患を自動識別できる診断支援ソフトの開発を行う。

2. 聴診システム

本研究で開発する聴診システムの概略を図2に示す。聴診器は最も古い医療診断器具の一つであるが、心音・呼吸音などが計測でき、多くの疾患・病態を診断できる。また、家族やペットの健康管理のために聴診器を所有する家庭が近年増加しており、各家庭においても容易に使用できると思われる。本研究で提案する聴診システムはデジタル聴診器とコンピュータに搭載する診断支援ソフトから成る。本研究で目指している聴診器はその他の診断器具に比べ、安価で携帯に便利であること、遠隔診断の計測デバイスとして使用できる

こと、さらに使用ユーザの体系に個別対応できることなどの特徴が挙げられる。一部市販されているデジタル聴診器は通常の聴診器に多い聴診音の消失や共鳴を抑え、特に心音を聴診しやすいように音量の調節・聴診周波数の変更ができるように設計されたものである。本聴診器システム(図2)では、ヘッドプローブで得た心音および呼吸音をマイクロホンにより電気信号へ変換、マイコンで制御されるフィルタによって聴診しやすい信号を抽出増幅、さらにAD変換により聴診音をコンピュータにデータとして取り込み、電子カルテ(データベース)として保存すると同時に、信号の録音再生や波形表示を行う。

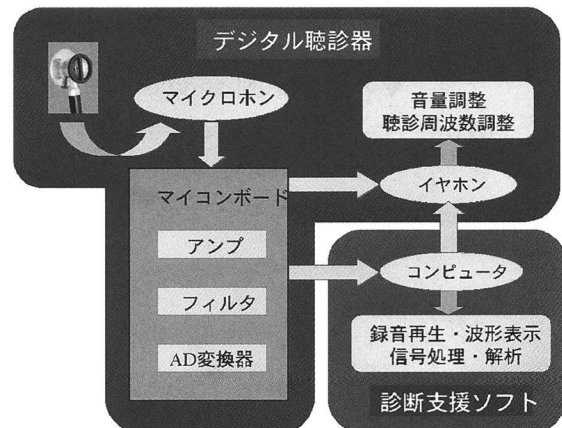


図2 デジタル聴診器システム

図3に、デジタル聴診器を用いたコンピュータへの聴診音データ取り込みから診断支援ソフトによる診断までの流れを示す。近年、医療分野の細分化に伴い、医師の担当する分野の専門家が進んでいる。そのため、医師が開業医になった場合に専門でない疾患に関しては、それに気づかない場合も考えられる。そのような場合に症例の自動識別機能は医師に注意を促し、病を早期発見するために重要となる。また、聴診器を用いて心臓や肺の雑音を区別するには大変な熟練が必要であるといわれており、聴診音の自動識別は、未熟な医師にとっても心・肺雑音の区別を容易にできるようになる。すなわち、聴診熟練期間の短期化を図る

ことができる。従って、診断支援ソフトは医師の診断サポートと研修医の学習補助に有効が大きいと言える。

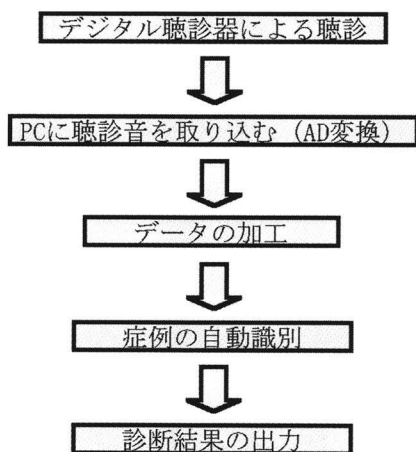


図3 聴診システムを用いた診断のフローチャート

また、本聴診システムは、デジタル聴診器による聴診後はコンピュータ画面のボタンクリックで簡単に症状を診断してくれるような使いやすいシステムを目標としているため、各家庭で自己診断用に用いることもできる。

研究成果1

1. デジタル聴診器の試作

現在、デジタル聴診器は市販の聴診器にマイクロホン・アンプ・スピーカをコンパクトにまとめたものを実装し、改良したものを用いている。しかしながら、聴診器自体の周波数帯域が狭く、新たなデジタル聴診器の開発が必要である。現在(株)ヨシミエレクトロニクス社に依頼し、試作を行う予定である。

2. 診断支援ソフトによる信号処理と波形表示

コンピュータに記録した聴診データを信号処理し、グラフィカルに表示する(図4)。これにより聴診データをわかりやすくとらえることができる。図4において、左側の波形は時間波形を、右側は周波数波形を示している。時間波形側にあるツマミとボタンによりボリュームを調整し、聴診音を再生できる。ボタン操作で処理が行え、初めて使用する人でも容易に扱える。解析に関しては周波数解析のみならず、心臓・呼吸系の病態に対応する有効なデータ解析表示法を探索していく予定である。

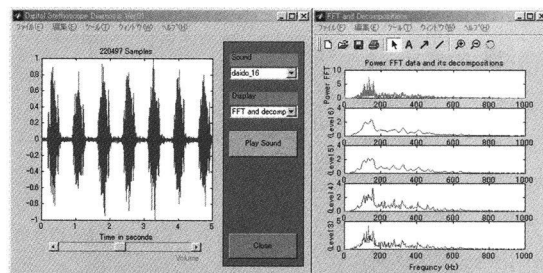


図4 信号処理と波形表示

3. 症例の自動識別

診断支援ソフトを用いた症例の自動識別のためにニューラルネットワーク(NN)を適用する。NNはパターン認識に有効であり、コンピュータにおいて手書き文字や音声の認識に適用されている。NNはネットワークに入力とそれに対する教師データを与え、学習を行わせることにより望ましい出力がなされるようになる。

4. 対象とした心症例

今回対象とした心症例は、僧帽弁閉鎖不全症(MR)と大動脈弁狭窄症(AS)の2例で、それと正常心音(NOR)とを分類することのできるNNの構成を目指した。聴診音は“心音のCD”：南江堂出版という心音を収録したCD-ROMのものを使用した。また、市販のデジタル聴診器を用いて山口大学医学部で来院患者に対して聴診を行い、それぞれNORを1例、MRを2例収録した。MRの2例は同じ患者で聴診部位が異なり、一つは心尖部(Apex)、もう一つは第4左胸骨辺縁(4LSB)である。これは部位の違いがあってもNNが妥当な出力をするかどうか調べるためである。なお、測定条件として、医学部での聴診時に使用している録音装置に合わせ、サンプリング周波数：11025Hz・量子化ビット数：8bit・チャンネル：monoとした。心音は低周波でおよそ1000Hz以下であるので、採用したサンプリング周波数に問題は無いと思われる。

5. NNの構成

NNは図5に示すような標準的な階層型3層のネットワークを構成した。入力層の素子数は後に示す入力データのサイズに合わせ32個、中間16個、出力は3種の分類であることから素子数2個とした。伝達関数は出力データ値を0～1とするためシグモイド関数を用いた。

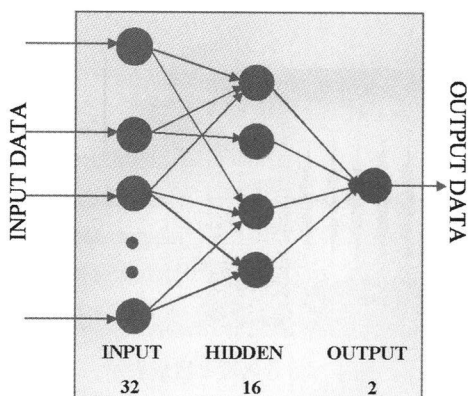


図5 構成したニューラルネットワーク

NOR → [0 0]
 MR → [0 1]
 AS → [1 0]

学習アルゴリズムはローカルミニマム(局所解)に陥りにくいモーメンタム付きバックプロパゲーションを用いた。これにより、安定した学習が行われる。学習停止のトリガーは誤差曲線の勾配が 10^{-10} になったときとし、十分に誤差を減少させた。学習の後にNNに試験データを入力し、識別率、すなわち、ある症例の内何割心拍データが正しく識別されたかを調べ、NNの評価とした。表2に学習結果を示す。

表2 NNの学習結果

Condition	Distinction rate(%)
CD sample data	
NOR	100
MR	81.8
AS	92.3
Record data	
NOR (Apex)	50.0
MR (Apex)	87.5
MR (4LSB)	100

6. 入力データの加工

予備実験において、心音やその周波数波形をそのまま用いても情報量が多すぎてNNが肥大化してしまうだけで、学習結果は良くなかった。そこである程度情報を限定するために時間波形を一心拍毎に切り出し、それぞれ症例識別することにした。一心拍に症例識別のための情報は存在するため波形切り出しに問題は無いと考えられる。そして、時間波形は切り出し方により波形パターンが大きく変化しパターン認識させにくいので、FFTにより周波数波形を求め、これを実際に入力データに用いた。データ点数は0~500Hz間で均等に32点をとった。表1には使用データの心拍数内訳を示す。

表1 使用データの心拍数

Condition	Number of beats
CD sample data	
NOR	9
MR	11
AS	13
Clinic test data	
NOR (Apex)	10
MR (Apex)	8
MR (4LSB)	6

7. NNの学習

NNの学習には入力・教師、そしてNNを評価するために試験データが必要となる。入力データはCDデータから3つの各症例についてそれぞれ4個の計12個とした。また、教師データは以下に示すものである。

表2においてNOR(Apex)の聴診データ以外は80%を越える識別率で実用レベルのNNが構成できたと考えられる。聴診部位の異なる症例に対しても、識別が出来ている。NOR(Apex)に関する認識率は使用したデジタル聴診器の性能差によって聴診音の波形をうまく捕らえることができなかったためと思われる。新たにNOR(Apex)を学習データとするなど繰り返し学習を行うことで識別率は改善され、すべての症例に対して80%を越えることができた。しかしながら、再学習を必要とすることは、ネットワーク構成の初期において医師の多大なるサポートが要求される。今後、優秀な医師の診断とNNによる識別をどのようなマッチングさせるか、また、学習データの自己修正を如何に行わせるか検討していく必要がある。

8. 今後の予定

症例の自動識別について、心症例について3種を識別することを目標としたが、実際には症例は

数多くより大規模なNNを構成する必要があると思われる。また、現在は識別を個々のソフトを用いることを行っているが、自動識別のソフトとして開発を行う。さらに、低侵襲携帯しやすい聴診プローブを開発し、デジタル聴診システムを完成する。完成したシステムを企業の協力により、実際に現場に適用し有効性を検証する予定である。

研究成果 2

1. 触覚センサの試作

図6にPVDFフィルムを用いて試作した触覚センサを示す。本センサは、PVDFに導電性接着剤を用いてエナメル線を接着した受感素子を人の指形状の型に入れ、柔らかめの液体シリコンゴムを流し込んで製作したものである。さらにセンサ表面を市販の特殊ビニール手袋で覆い、指紋の役割とシリコンゴム表面の保護を果たしている。本センサを用いて皮膚表面を擦ったり、押したり、叩いたりした場合に得られた触覚情報をさらにマイコンによる表示するシステムを試作した。今後、本センサを用いてしこりの硬さの診断や、皮膚感覚のような触覚情報の計測に応用する予定である。

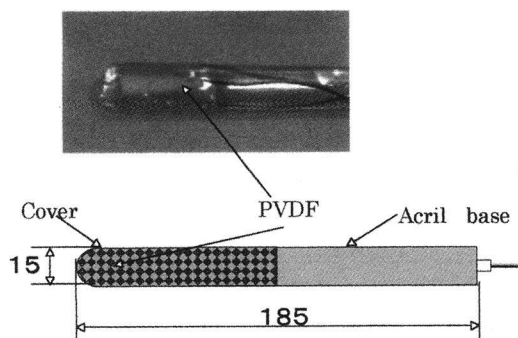


図6 柔軟触覚センサ

産業技術への貢献

デジタル聴診器システムを適用することで未熟な医師にとっては聴診熟練期間を短期化することができる。また、使用簡便かつ安価な聴診器システムは家庭用自己診断健康用品としても用いることができる。また、本システムは最終的には近未来的な遠隔診断システムを目標としているため、新たな診断様式の可能性を見出すことができる。

また、本研究で開発した触覚センサは、撫でら

れた場合や叩かれた場合などに関する触覚情報を計測可能であるため、今後ペットロボット用の皮膚センサあるいは触覚センサとしておもちゃ産業への応用が期待される。

グループメンバー

氏名	所属	職 (学年)
江 鐘偉	理工学	教授
松崎益徳	医学	教授
木戸尚治	理工学	教授
藤井崇史	医学	助教授
河村武郎	医学	MD
山田和弘	理工学	M1

連絡先

電話 0836-85-9137
 FAX 0836-85-9137
 E-mail : jiang@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp