

論文

## 超音波画像による骨観察装置の開発

高野哲寿\*<sup>1)</sup> 大畑敏美\*<sup>1)</sup> 井澤津久夫\*<sup>2)</sup> 谷澤俊嗣\*<sup>2)</sup>

Development of a device which observes bone using an ultra-sound image

Norihiisa TAKANO, Toshimi OHATA, Tsuguo IZAWA and Toshitugu TANIZAWA

**Abstract** The device which observes the affected part uses X-rays and ultra-sound waves to observe the condition of the bone in examination of bone fractures and sprains. The condition of the bone can be examined safely using this the observation device which uses ultra-sound waves is useful in explanation to the patient. Research and development are being performed together with the orthopedic society in order to develop an apparatus for observing bones using ultra-sound images. The major points of improvement are better understanding of the fracture and improvement in operability.

**Keywords** Ultra-sound image, Imageprocessing, Informed consent

## 1. はじめに

接骨の診断には、X線診断装置が多く用いられるが、X線診断装置は放射線被曝による人体への悪影響が予想される。また、撮影には資格が必要であり、設備も大きい。接骨師会では、誰でも安全に使える超音波骨観察装置を試作した。超音波のため放射線被曝による障害がなく、無資格で操作でき、安価に、リアルタイム性のある画像が得られるなどの特徴がある。しかし、従来の超音波骨観察装置は骨折の大まかな把握ができるが細部を知るには画像の鮮明さに欠け、生体の外部から見たどの部位かの確認が難しい。また、OSがGUI(Graphical User Interface)対応でないため操作性などのヒューマンインターフェースに難がある。

これらの欠点を克服するため、超音波画像を鮮明化し、カメラで撮影した生体の表面画像と超音波画像を重ね合わせて表示し、骨の位置把握を容易にした。またOSをWindowsにすることでより操作を容易なものとした。

## 2. 開発内容と考察

## 2.1 システムの構成と基本機能

従来、接骨師会で使用していた骨画像観察装置は超音波プローブがレール上を移動し、連続した断層画像から水平方向の画像を合成するだけの機能しかなかった。その旧システムで運用していた超音波画像装置(図1)は、図2に示すように皮膚の下の脂肪層を観察するものを骨の観察に応用したもので、対象物の垂直方向の断層画像

を取得するタイプのものであるためX線のように透過画像を得ることは困難である。また超音波センサは安全でX線と比べて安価であるが反射ノイズが多く鮮明な映像が得られにくい。

接骨師会が開発した骨画像観察装置は超音波によってX線のような透過画像に似た画像を得ることを目的としており、実際に接骨院の現場で用いられていたが、画質や操作性の面で様々な改良の必要が出てきた。



図1 超音波画像装置

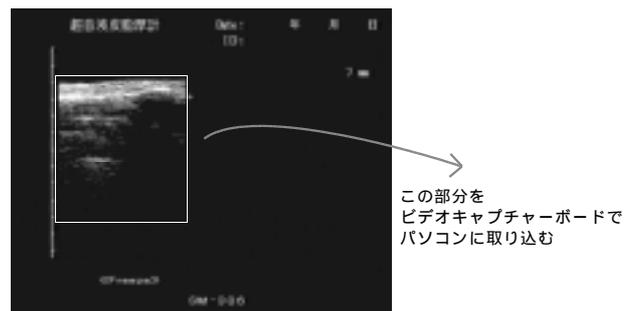


図2 超音波画像装置からのビデオ映像

\*<sup>1)</sup>情報システム技術グループ\*<sup>2)</sup>東京都柔道接骨師会

そこで画質や操作性の向上を目的としたシステムを開発した。システムの外観を図3に示す。



超音波プローブ



図3 システム外観

システムに骨観察の対象となる腕や足などを撮影するためのカメラとそれを支える支柱を設置した。カメラが撮影した画像データは画像処理用PCに増設された画像キャプチャーボードによって画像処理用PCに取り込まれる。また超音波プローブで収集している断層画像が観察対象のどの部分であるかは、超音波プローブからレールの端までの電気抵抗によって把握することができ、そのためのA/D変換ボードも画像処理用PCに増設されている。

アプリケーションの開発はMicrosoft社のVisualBasicとVisualC++の両方を用いた。インターフェース部分をVisualBasicで開発し<sup>1)</sup>画像処理などの高速性を要する演算部分のDLL(Dynamic Link Library)をVisualC++で開発した<sup>2)</sup>。

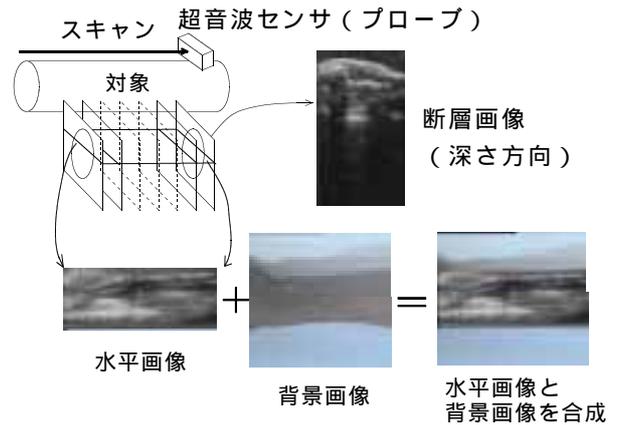


図4 システムの基本機能

本システムの基本機能は図4のように超音波プローブが腕や足などの対象の上を移動し、断層画像を連続収集する。そのようにして収集した3次元データから上方向から見た水平画像を合成し、水平画像に各種フィルタ処理を施した上で、カメラによる背景画像と重ね合わせるものである。

2.2 画像の合成と鮮明化

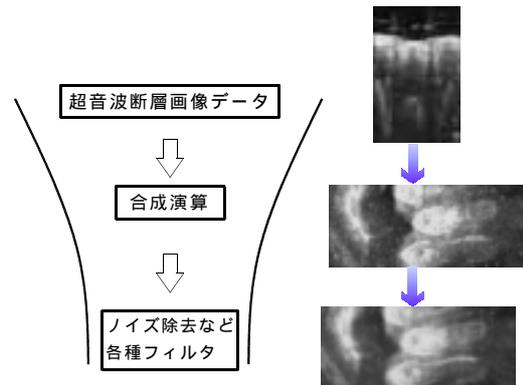


図5 画像合成のプロセス

水平画像合成までのプロセスを示したのが図5であり、断層画像から水平画像合成する処理について図6に示す。

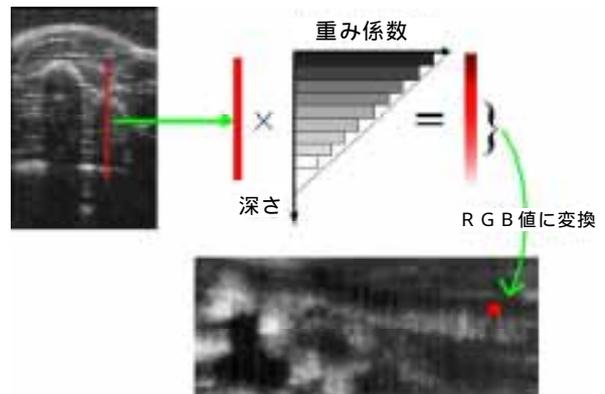


図6 水平画像合成のしくみ

水平画像の合成は図6に示すように断層画像の深さ方向のラインについて重み係数を設定し、超音波の反射輝度に乗算した。これらの処理により得られた値を深さ方向に合計し、値が0～255の間に分布するよう換算し、水平方向画像の1ピクセルの値とした。

重み係数の分布について図7に示すそれぞれのパターンについて実験を行った。

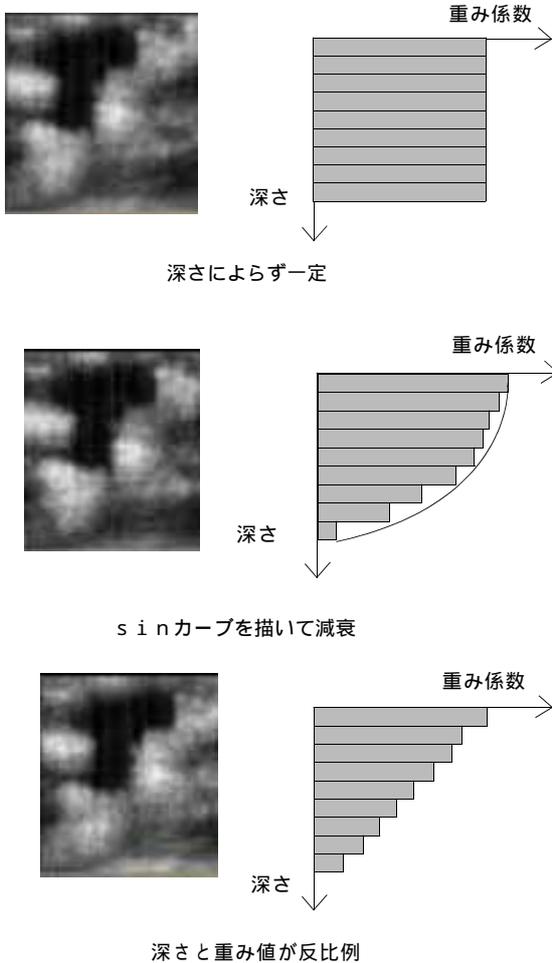


図7 重み係数のパターン

これら断層画像から水平画像を合成する処理について実験したところ、重み係数を均等にした場合(超音波反射の輝度を平均化した場合)水平画像全体がぼやける傾向が見られた。

画像がぼやけて輪郭が不鮮明になることを防ぐには重み係数を深さ方向に従って減衰させなくてはならない。重み係数の減衰方法について、sinカーブに沿うように減衰させる方式と反比例させる方式の2つのパターンを考えた。この2つの方式を比較した場合、画質面では大きな違いは見られなかったが処理速度は前者が遅く、操作性が悪くなるため、深さと重み係数が反比例する方式を採用した。

2.3 フィルタ機能

合成した水平画像に2次元フィルタをかけることで、

画質改善や骨の部位の認識を容易にすることを図った。

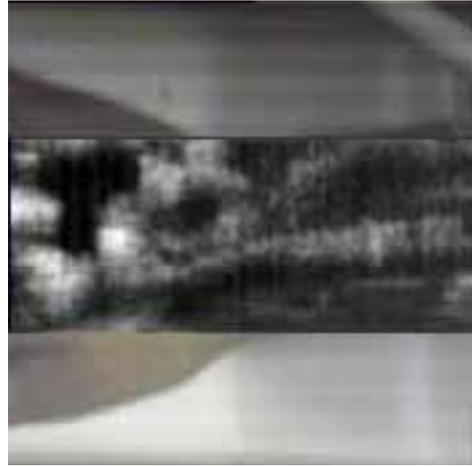


図8 平滑化フィルタによるノイズ除去

超音波画像はX線と比べてノイズが多い欠点がある。ノイズ除去の一番簡単な方法は全体を平滑化する手法である。しかしこの方法では図8に示されるように輪郭の鮮明さが損なわれるため、メディアンフィルタ処理を試みた<sup>3)</sup>。平滑化フィルタはある画素を中心とした3×3の9個の画素の平均値を新しいピクセル値に設定するが、メディアンフィルタは9個の画素のピクセル値を大きさ順に並べ、中間の値を新しい値に設定する。メディアンフィルタは、ごま塩状のノイズに対して比較的效果の高いノイズ除去フィルタであり、超音波画像処理において効果的であった。

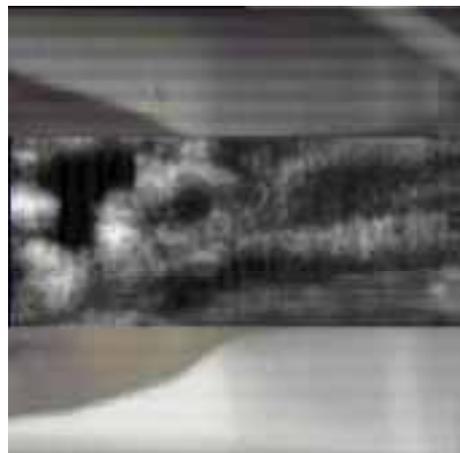


図9 メディアンフィルタによるノイズ除去

3. アプリケーションの開発と結果

3.1 視覚効果を高める機能

水平画像と背景画像の合成について、視覚効果を高める工夫を施した。

図10は超音波反射の輝度の強い部分、すなわち骨からの反射部分のみを合成し、反射の無い部分を透過させる処理を行ったものである。これにより超音波画像と実画像の位置関係の把握を容易にした。

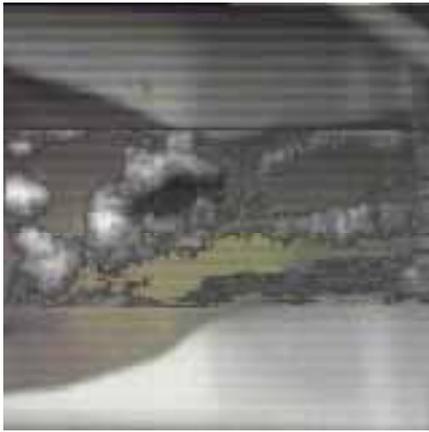


図10 輝度の強いピクセルのみ合成

また、その他にもグレイスケールを輝度に応じて RGB カラーに変換する擬似カラー機能を設け、色合いで骨部分を認識しやすくする機能を設けた。

アプリケーションの操作性向上については、GUI 対応 OS に移行したことでデータの取り込みから表示までマウスで操作できるようになった。また、水平画像を Bitmap 形式で保存できるようにしたため、グラフィックソフトで編集したりデータをネットワークで共有することができるようになった。

### 3.1 アプリケーションインターフェース

超音波骨観察アプリケーションのインターフェースを図11に示す。



図11 超音波画像処理アプリケーション

これまで挙げた画質改善に加え、画像合成の元になるデータから超音波反射の強い部分をユーザーが取り出し、必要な輝度データのみを処理の対象とすることで、不要な超音波反射が水平画像合成に反映されにくくした。そ

の機能のためにアプリケーションインターフェースには「深さ方向スライダー(図11の )」及び「深さ方向データ数指定スライダ(図11の )」があり、ユーザがデータ処理開始位置と処理するデータ数を指定することができるようにした。

その他の機能としてデータ収集のためのボタンがあり、背景の撮影と超音波データ収集の操作もマウス操作でできるよう簡易化した。また超音波断層画像はプローブと観察対象が密着していないと断層画像が正しく収集できなため、データ収集の前にリアルタイムで断層画像を捕らえているかを確認できるようにした、その機能が図11の にあるリアルタイム表示ボタンである。

### 3.2 データ Viewer

接骨院で採取した骨画像データを他の接骨院の接骨師と同じ画面を見ながら相談できるようにするためデータ Viewer を開発した。接骨院で採取したデータを他の場所で参照し、患者とのインフォームドコンセント、患者の治療状態を記録、観察し複数の人数で確認することが可能になる(図12)。



図12 データ Viewer の活用

## 4. まとめ

従来、接骨師が使っていた超音波骨観察装置よりも鮮明な画質、骨折部位の特定、GUI 対応による操作性の向上など各種機能の追加により、より優れたシステムを開発することができた。この骨観察装置によって従来専門の技師が X 線を用いて観察していた骨の状態を接骨師自身が容易に観察できるようになった。これにより接骨師の治療活動の効率化と患者とのインフォームドコンセントの充実を図ることができた。

### 参考文献

- 1) Rod Stephens: VisualBasic 画像処理プログラミング 2D 編, ソフトバンク出版 (1998).
- 2) 田中ひろゆき: VisualC++ 6.0 の応用 50 例, ソフトバンク出版 (1998).
- 3) 谷口慶治編: 画像処理工学, 共立出版株式会社 (1996). (原稿受付 平成 13 年 7 月 31 日)