

図1：肝経と太衝穴の位置（文献21より改変）



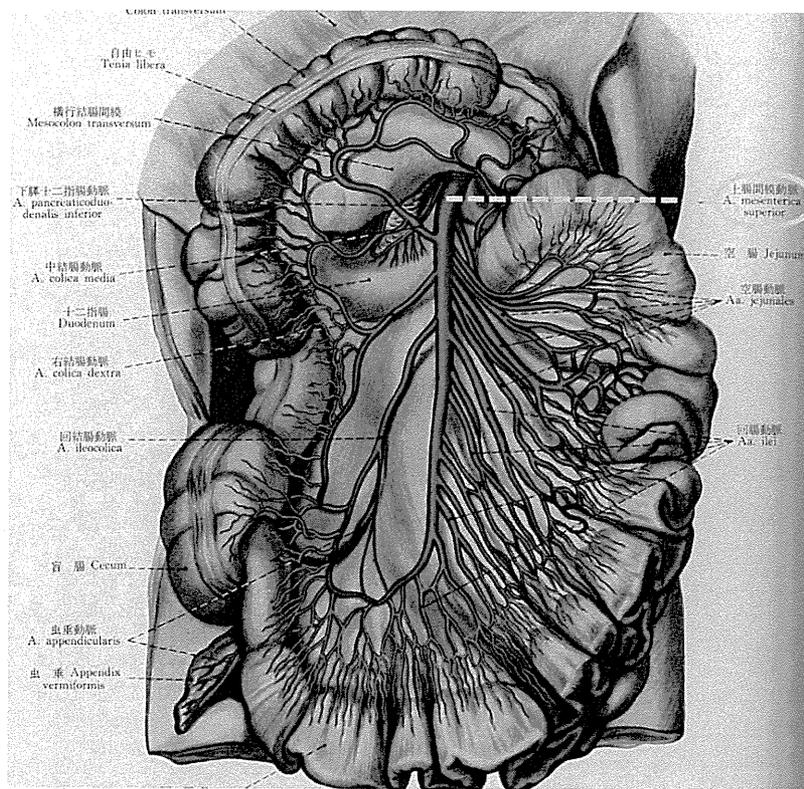


図2：上腸間膜動脈の灌流領域。上腸間膜動脈は、十二指腸上部以外の小腸全体に血液を供給する。また、回盲部や上行結腸、横行結腸にも血液を供給する。
 (文献20より改変)

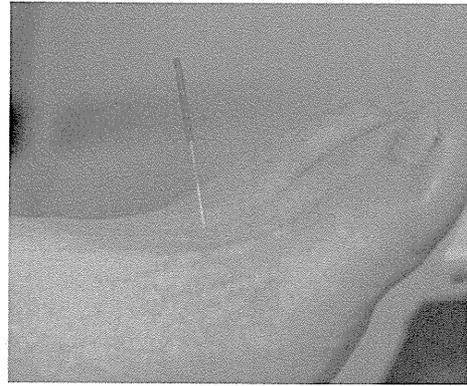
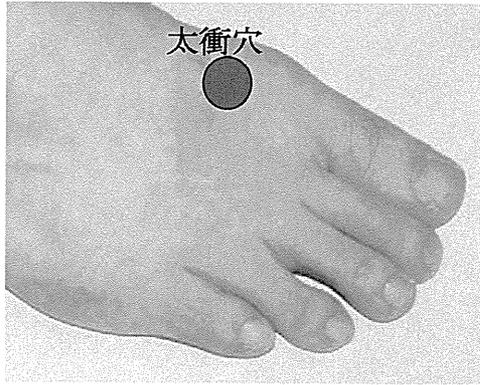


図4：太衝穴への鍼刺激。左：太衝穴の位置、右：鍼刺入後



図5：超音波診断検査の様子。エコープローブは5MHz、コンベックタイプを使用。

A



B

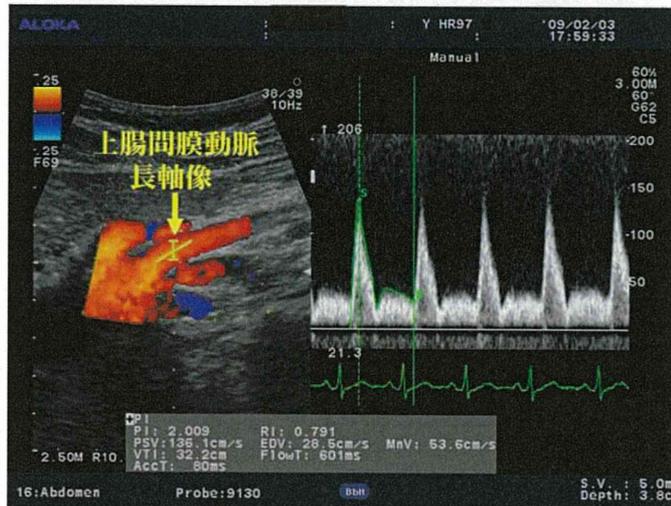
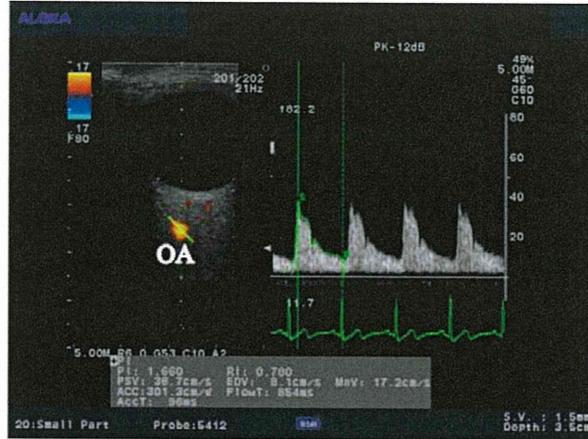


図6：超音波診断装置による血流測定画像。A. 上腸間膜動脈の短軸像を描出し、血管径を測定。
B. 上腸間膜動脈の長軸像を描出し、パルスドプラにて血流速度を測定。

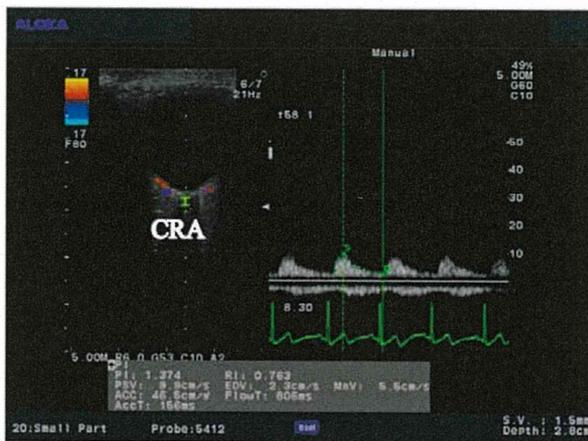


図7：眼球後動脈の超音波測定の様子。エコープローブは13MHz、リニアタイプを使用。上眼瞼から、眼球を圧迫しないように注意しながら検査を行なう。

A



B



C

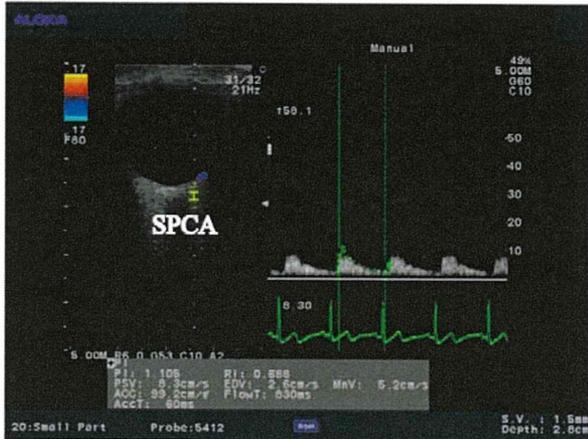


図 8 : 眼動脈、網膜中心動脈、短後毛様体動脈における超音波検査画像。A. 眼動脈(OA)、B. 網膜中心動脈(CRA)、C. 短後毛様体動脈(SPCA)。

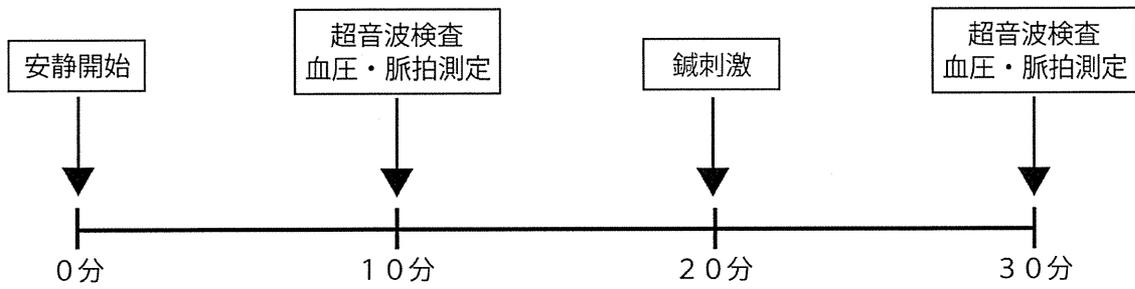


図9：実験プロトコール。10分間の安静の後、血圧、脈拍、超音波検査を行なう。その後、両側の太衝穴に鍼刺激を行なう。鍼刺激から10分後に再度、血圧、脈拍、超音波検査を行なう。

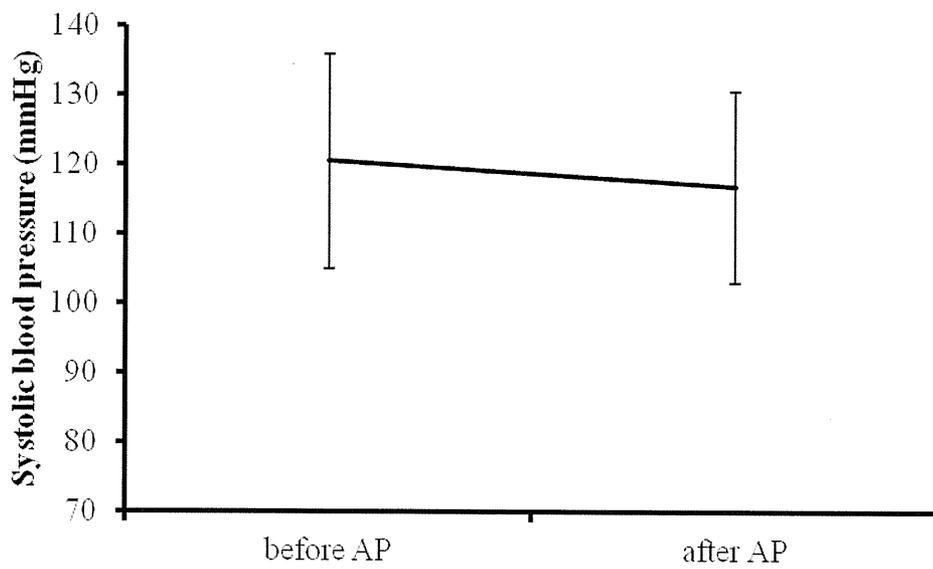


図 10：鍼刺激前後における収縮期血圧の変化。値は平均±標準偏差で表示。*P<0.05。

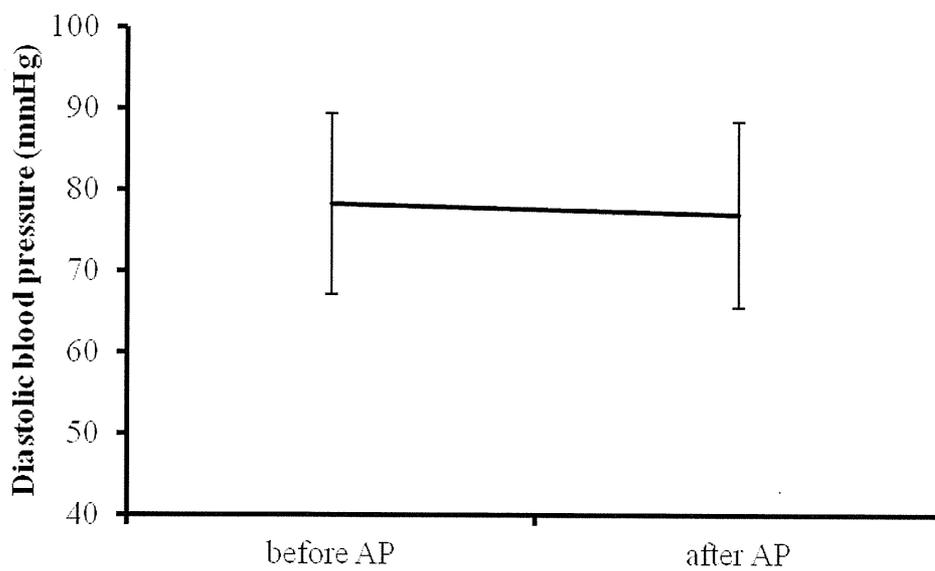


図 11：鍼刺激前後における拡張期血圧の変化。値は平均±標準偏差で表示。*P<0.05。

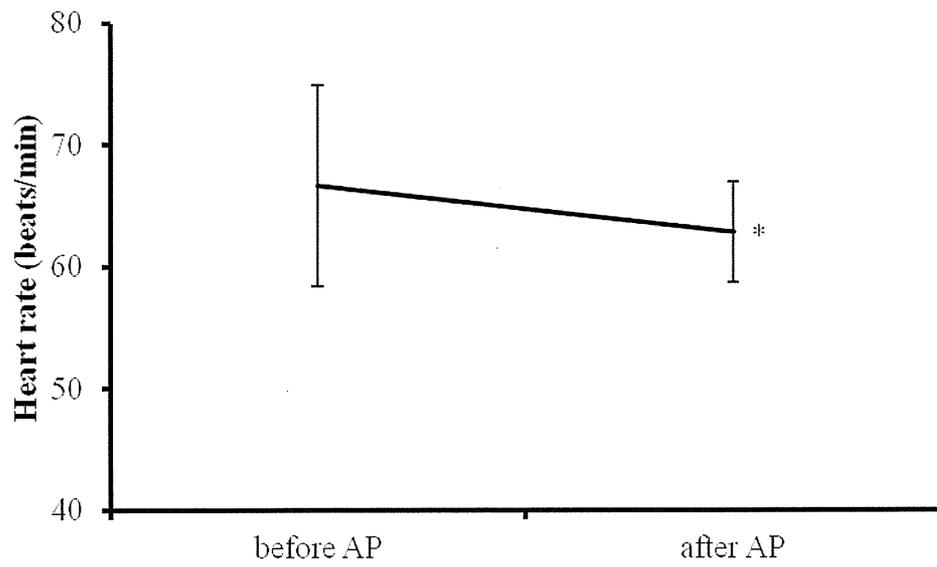


図 12： 鍼刺激前後における心拍数の変化。値は平均±標準偏差で表示。*P<0.05。

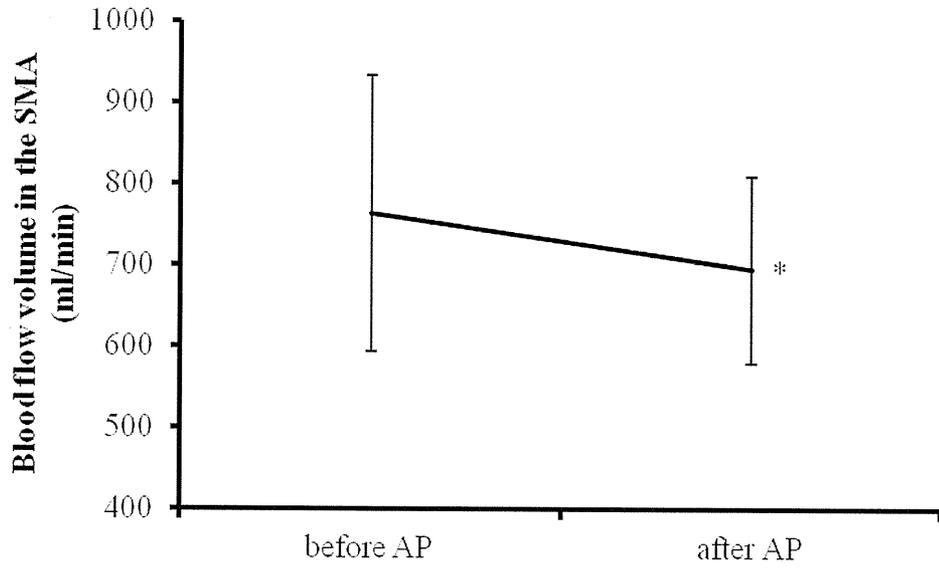


図 13 : 鍼刺激前後における上腸間膜動脈血流量の変化。SMA: 上腸間膜動脈。平均±標準偏差表示。*P<0.05。

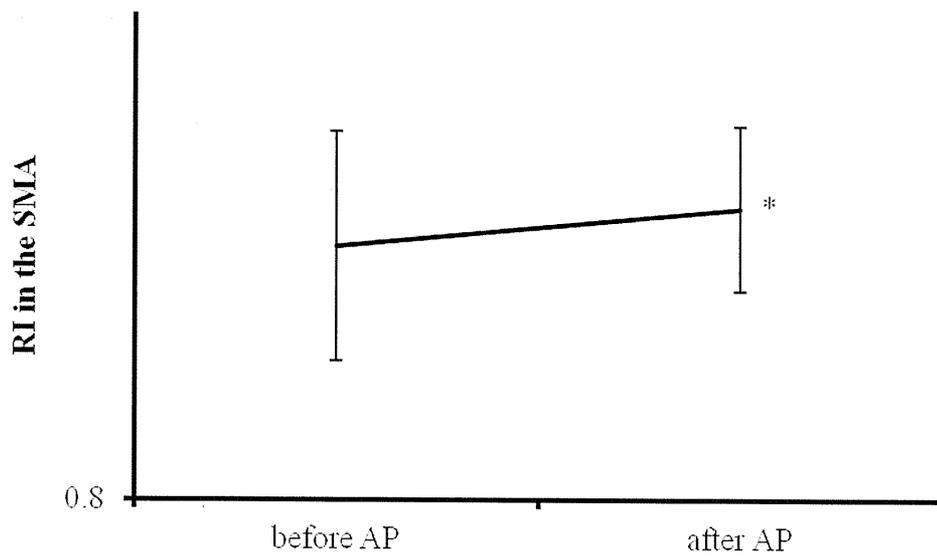


図 14 : 鍼刺激前後における上腸間膜動脈血管抵抗の変化。RI: 血管抵抗、SMA: 上腸間膜動脈。平均±標準偏差表示。*P<0.05。

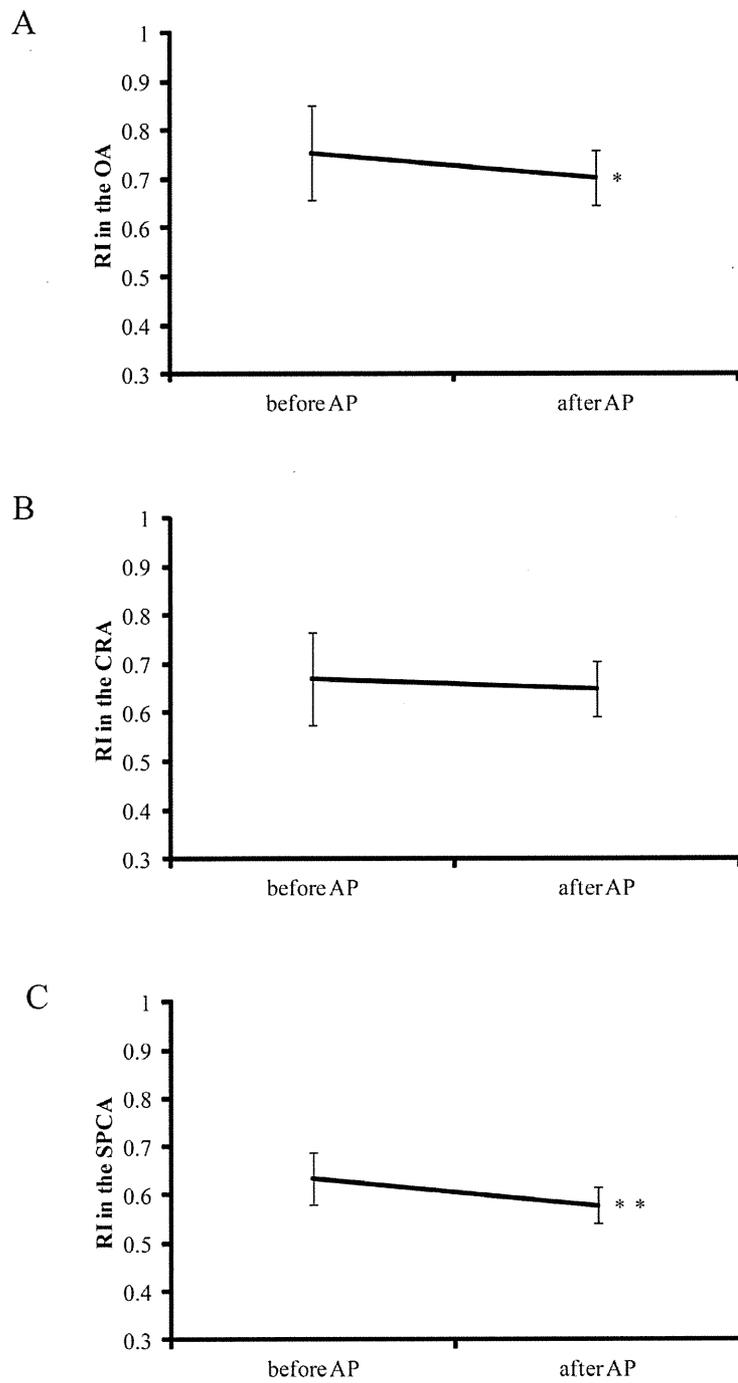


図 15：鍼刺激前後における眼球後動脈血管抵抗の変化。RI:血管抵抗、A, OA:眼動脈、B, CRA:網膜中心動脈、C, SPCA:短後毛様体動脈。平均±標準偏差表示。*P<0.05, ** P<0.01。

橈骨動脈血流量のゆらぎ解析

分担研究者 吉澤 誠 東北大学サイバーサイエンスセンター 教授

研究要旨：

自律神経系が支配する循環制御系のパラメータのうち血流量は、心拍数および血圧とならび重要な因子であるにもかかわらず、これまで解析の対象となることが少なかった。その理由の一つとして計測の困難さがある。すなわち、これまで本研究では超音波診断装置により、主として橈骨動脈の平均血流速度と血流量を拍毎に計測していたが、その出力形式がディスプレイ表示のみであり、その値を視認して記録する必要があった。この作業は非常に手間がかかるものであり、ディスプレイ読み取りからの転記時に人為的な誤りが生じる可能性が高かった。

そこで本研究では、超音波診断装置からのビデオ信号出力をキャプチャして、画像ファイルとし、この中の対象部分の画素情報に対して自動文字認識を行うことにより、表示された数値をファイルに記録するシステムを作成した。さらに、この情報に基づいて、血流量の周波数スペクトル解析を連続的に行うプログラムを作成した。

以上により、脈診の対象部位である橈骨動脈における血流量の周波数スペクトルに基づいて、自律神経活動から見た鍼刺入の効果を検討した。その結果、血流量のパワースペクトルは、周波数が 0.1Hz において鍼の刺入前より刺入後の平均値が有意に小さかった。このことは、0.1Hz 付近の Mayer 波が小さくなったことを意味し、鍼刺入が交感神経系活動を抑制した可能性を示唆するものである。

A. 研究目的

本研究では、医工学的計測手法を用いて、統合・代替医療の患者の生体情報を計測・解析する手法を調査研究することにより、相補・代替医療、統合医療における医学的効果を科学的に検証するとともに患者本位の医療に資することを目的としている。

これまで、非侵襲的な計測が可能なパラメータである心拍数や血圧を対象として、それらの周波数スペクトルを計算することにより、鍼刺激が自律神経系に及ぼす影響を定量的に評価しようとする試みがなされてきた [1]-[12]。

この点、自律神経系が支配する循環制御系のパラメータのうち血流量は、心拍数および

血圧とならび重要な因子であるにもかかわらず、これまで解析の対象となることが少なかった。

その理由の一つとして計測の困難さがある。すなわち、これまで本研究 [13] では、超音波診断装置のドプラー流速計測機能を使用して、主として橈骨動脈の平均血流速度と血流量を拍毎に計測していたが、その出力形式がディスプレイ表示のみであり、その値の転記作業には非常に手間がかかるとともに、転記時に人為的な誤りが生じる可能性が高かった。

そこで本研究では、超音波診断装置のビデオ信号出力に基づいて自動文字認識を行うことにより、表示された数値をファイルに記録するシステムを開発した。さらに、この情報

に基づいて、血流量の周波数スペクトル解析を連続的に行うソフトプログラムを作成した。

以上により、脈診の対象部位である橈骨動脈における血流量の周波数スペクトルに基づいて、自律神経系から見た脈診の科学的評価の可能性を検討した。

B. 研究方法

B-1. 超音波診断装置による血流量計測の自動化

B-1-1. 概要

本研究では、超音波診断装置のドプラー流速計測機能を使用して、主として橈骨動脈の平均血流速度と血流量を拍毎に計測しているところが、この装置のドプラー流速計測機能の出力形式はディスプレイ表示のみであるため、これまで、計測量を得るには表示される値を視認し、これを紙に転記する必要があった。この作業は非常に手間がかかるものであり、転記時に人為的な誤りが生じる可能性が高かった。

そこで本研究では、超音波診断装置のディスプレイ表示のビデオ信号出力をキャプチャして、画像ファイルとし、この中の対象部分の画素情報に対して自動文字認識を行うことにより、表示された数値をファイルに記録するシステムを開発した。

B-1-2. 構成

Fig.1に本システムのハードウェア構成を示す。使用した超音波診断装置は、同図上段に示した ALOKA 社 Prosound $\alpha 10$ である。この装置にはドプラー流速計測機能があるものの、その数値出力はディスプレイ表示されるだけであり、電子的に記録する機能がない。そこで、この装置の映像出力用 S 端子の出力を同図中段に示したビデオキャプチャ(I・O データ社 GV-USB2)によってデジタル画像化し、これを同図下段のパソコンにおいて処理する。

B-1-3. 信号処理

信号処理の手順を次に示す。

- ① 図2のように、超音波検査装置のトラックボールを操作して対象となる拍を選択する。(手動)
- ② 図3のように、操作者が行った「選択」状態を自動的に認識する。
- ③ Sビデオ映像信号に基づき画面をキャプチャし、720×480画素のビットマップファイル(BMP)形式でファイル保存をする。
- ④ 対象拍が終了するまで②と③を繰り返す
- ⑤ BMPファイル群が保存されたフォルダを指定する(手動)。
- ⑥ 各BMPファイルを読み込む
- ⑦ 画像をモノクロ2階調化する。
- ⑧ 読み取りの対象とするエリアを自動的に切り抜く。
- ⑨ 画像マッチングにより数字を自動認識する。
- ⑩ ⑤～⑧を全ファイルに対して実行した後、結果をテキストファイルとして出力する。

ここで、②～④の部分はHSP言語で、⑥～⑩の部分はC言語でプログラミングした。

B-1-4. 文字認識方法

⑨の自動文字認識は次のようなテンプレートマッチング法で行った。すなわち、認識すべき $n=0,1,2,\dots,9$ の10種類の数字が 9×14 画素で成り立つとし、それらのテンプレートの第 (i,j) 座標の2値を $T_n(i,j)$ とする。また、⑦、⑧から得られた2値画素を $X(i,j)$ としたとき、次の評価関数

$$J_n = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{14} X(i,j) \cdot T_n(i,j)$$

を最大にする番号 n を認識結果とする。

ハードウェア構成



超音波検査装置 Prosound α10 (ALOKA社)

- ・走査方法: 電子コンベックス走査
電子リニア走査
電子セクタ走査
- ・表示モード: B, M, D (PW, HPRF PW, CW)
Flow, Power Flow
eFlow
RT-3D (4D)
- ・送受信方式: DBF



Sビデオ信号



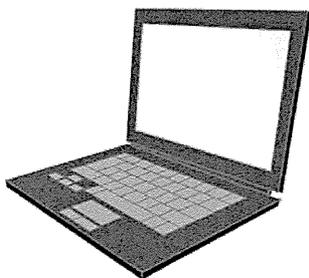
ビデオキャプチャ GV-USB2 (I・Oデータ社)

- ・動画フォーマット: MPEG-2 (720×480, 352×480, 352×240)
- ・動画サンプリング周波数: 48kHz
- ・静止画フォーマット: BMP, GIF, JPEG, PNG, TIFF
- ・入力映像方式: NTSC(カラー)
- ・入力端子: コンポジットビデオ入力, Sビデオ
- ・インターフェース: USB2.0
- ・エンコード: ソフトウェアエンコード



USB2.0

ラップトップPC



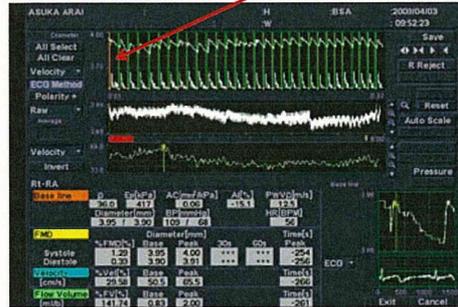
- ・CPU: Intel Pentium 4 2.0GHz以上
またはAMD Athlon 64 3200+以上
- ・メモリー: 512MB以上
- ・ハードディスク: 1GB以上の空き容量
- ・グラフィックアクセラレータ: 1024×768ドット以上かつ
24ビットフルカラー以上で
DirectX 9.0c以上に対応
- ・OS: Windows 7(32・64ビット)
／Windows Vista(32ビット)
／Windows XP SP2以降

図1 ハードウェア構成



a) 超音波検査装置操作部

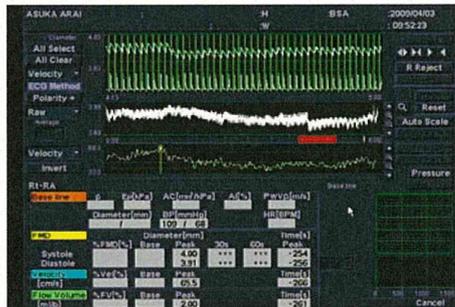
トラックボールで対象となる拍を選択



b) 超音波検査装置画面

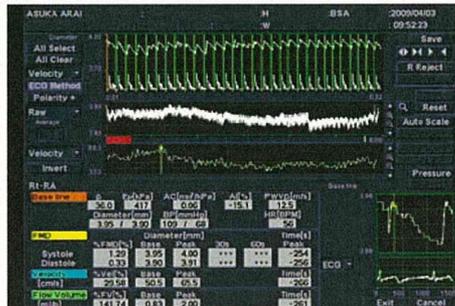
図2 対象となる拍の選択 (①の処理)

拍を“選択”していない場合の画面



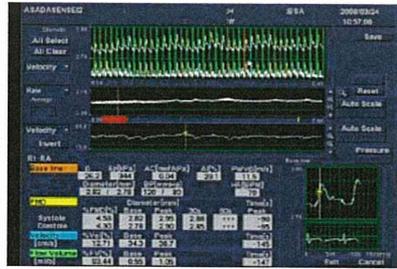
拍を“選択”

拍を“選択”した場合の画面



画面キャプチャ&BMP (720×480)画像化

図3 操作者による拍の選択状態の認識 (②の処理)



2階調化

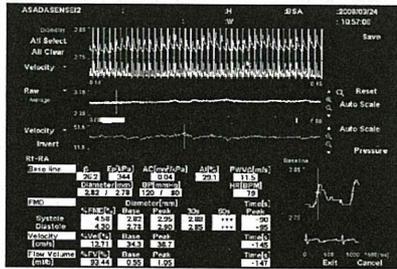
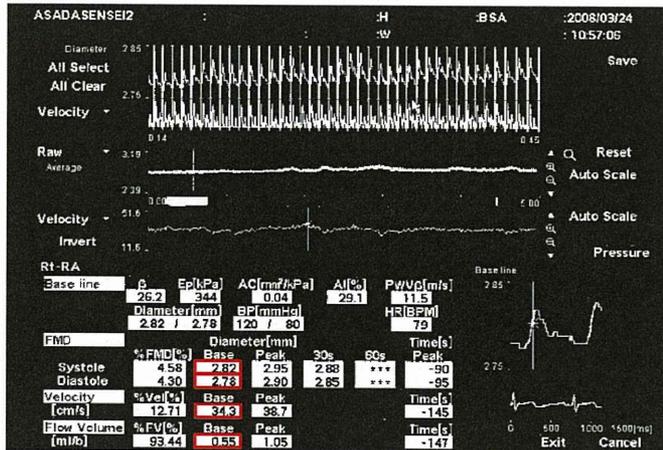


図4 2階調化 (⑦の処理)



読み取り対象エリアを切り抜き

0.55

各位9×14ドットのデータとして数値認識アルゴリズムへ

図5 文字認識対象エリアの切り出し (⑧の処理)

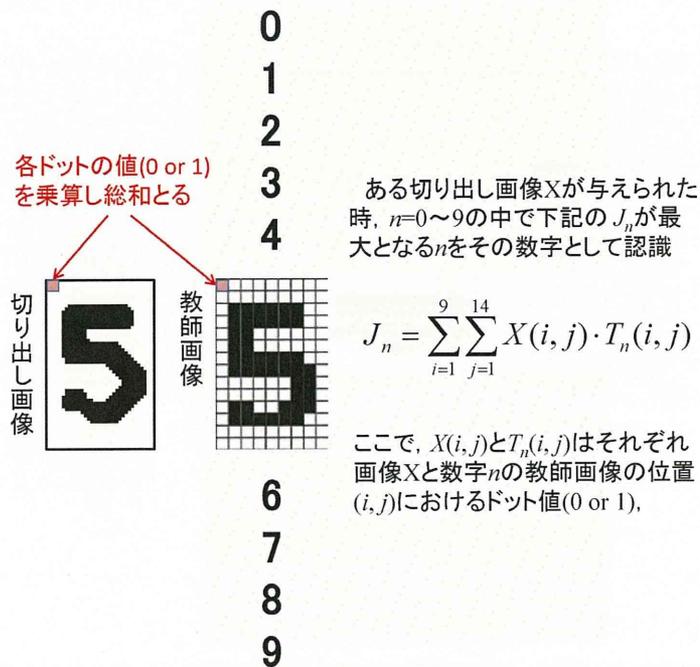


図6 文字認識 (⑨の処理)

B-2. 解析方法

本研究では, B-1 で説明した超音波診断装置による血流量計測システムを使用することにより, 脈診の対象部位である橈骨動脈における血流量を非侵襲的に計測し, その周波数スペクトルを求め, 自律神経系から見た脈診の科学的評価の可能性を検討する.

すなわち, 対象となる血管の次の量を 1 拍毎に計測する.

- 心拍数[bpm]
- 収縮期血管径[mm]
- 拡張期血管径[mm]
- 平均血流速度[cm/s]
- 血流量[ml/beat]

これらは, 拍毎に得られるためサンプリングが不等間隔である. これを等間隔データに変換するため, 各データにつき 3 次のスプライン補間を使って連続関数に直し, これを 0.1 秒 (10Hz) 毎に再サンプリングすることにより等間隔データを得る. 次に, 信号の超低周

波成分を除去するために線形トレンド成分を除去する. したがって, 除去後の信号は平均値が 0 となっている. さらに, 25.6 秒間 (256 点) のデータを Hamming 窓で切り出し, これに対して FFT を行ってパワースペクトル (periodgram) を求める. 各計測のパワースペクトルはそれぞれの最大値が 1 になるように規格化している.

被験者は, 東北大学漢方内科に来院した者であり, 心電図に不整脈がなく, 正常な血流量計測が可能だった 21 名である. 各被験者に対し, 鍼刺入前後で超音波診断装置による血流量計測を行い, それらに対し上述した解析法を適用した.

C. 結果

C-1. 超音波診断装置による血流量計測の自動化

本システムは現在のところ動作テスト中であり, 文字認識結果を評価するまでには至っ

ていない。その理由は、超音波診断装置からの出力が S ビデオ映像信号であり、アナログ信号のためゆらぎが大きく、同一画面上での対象部切り出しが安定しないところと、画素のボケが大きいところにある。

C-2. パワースペクトルの推定

図 7~11 は、21 名の鍼刺入前後のそれぞれ 2 つのデータを別個のデータとしてみた 42 個のデータに対する、心拍数、収縮期血管径、拡張期血管径、平均血流速度、血流量の 5 つの量の平均値（太線）と標準偏差（細線）を示したものである。各被験者の各データはそれぞれの最大値が 1 になるよう規格化している。

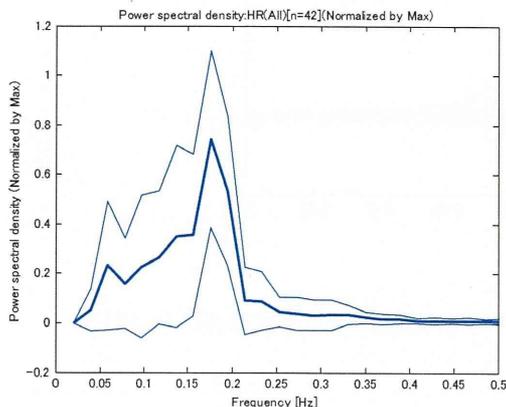


図 7 心拍数変動のパワースペクトル

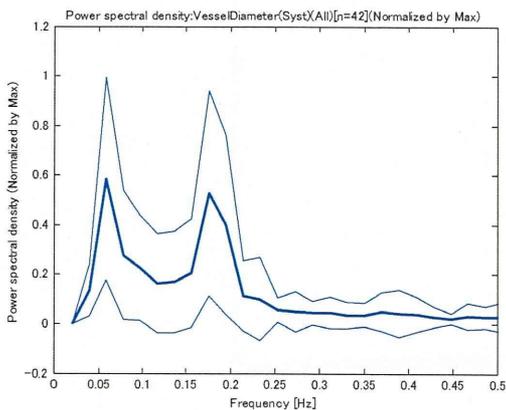


図 8 収縮期血管径変動のパワースペクトル

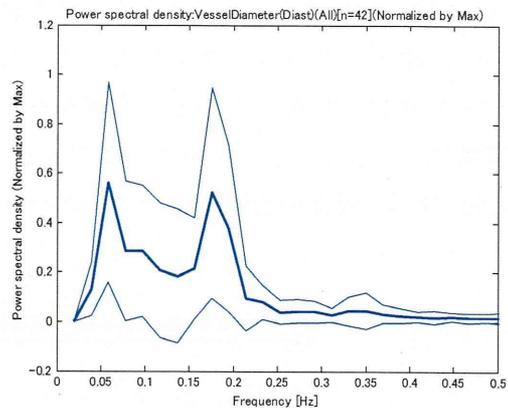


図 9 拡張期血管径変動のパワースペクトル

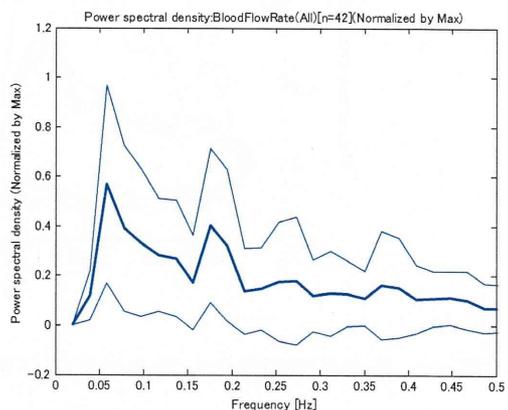


図 10 平均血流速度変動のパワースペクトル

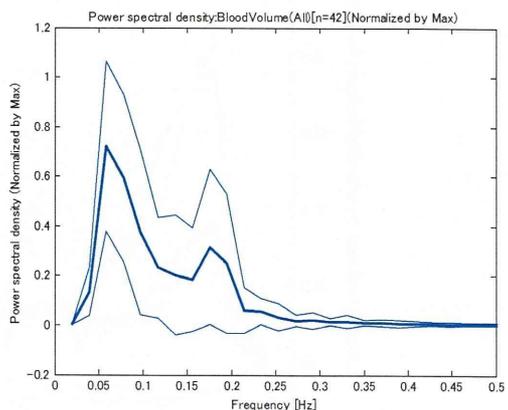


図 11 血流量変動のパワースペクトル