

超音波複数列ドップラ回路の開発

1. 目的

これまでの研究で開発製品化した FMD 装置（超音波画像診断装置）の超音波プローブからは、3 つの組織断面画像が同時に得られる。動脈の走行を確認するため、内 2 つの短軸断面画像内の血管候補を抽出し、血管候補内のドップラ信号を解析することで、動脈を認識する。血管候補は複数あり、効率的に動脈を識別するためには、血管候補部分のドップラ信号を同時に取得する必要がある。本研究の目的は、FPGA 回路の試作とその動作アルゴリズム開発を行うことで、断面画像を得ながら同時に複数箇所のドップラ信号を取得できる技術開発を行なうことである。

2. 方法

昨年度試作した基板の評価結果を基に一部改良した基板を製作した。図 1 に製作した基板を示す。

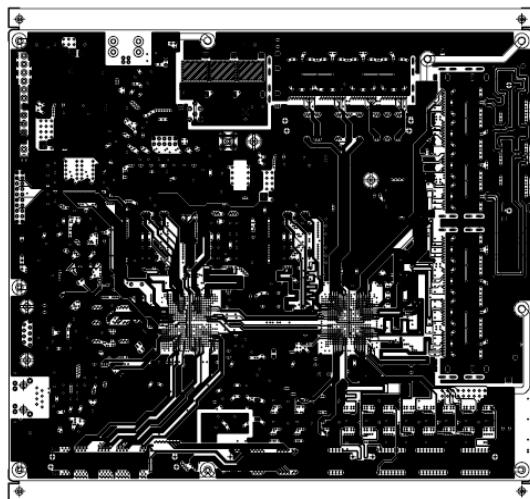


図1 製作した回路基板

組織の画像を得るために超音波信号送受信の繰り返しに比較して、動脈流速などの変化が速い状態を把握するためには、より高速なサンプリング速度が必要になる。組織断層画像の取得スピードを損なうことなく、画像と流速信号とを同時に計測していくために、信号処理を行なう FPGA のデュアル化とともに、タイミング設計、扱う信号量の増大に伴うメモリーの確保、また、外部メモリーを 2 つの FPGA がリアルタイムで同時に利用するためのパイプライン処理設計など、最適化に向けたアルゴリズム設計を行った。

血管を識別するために、2 次元空間内で流速の計測結果をカラー化して 2 次元的な広がりで表示した。また、フローと同時に径の拍動を計測する必要があるため、同一場所での送受信において、パラレル動作を実現し、且つ、タイムシェアリング方式を導入した。B モード画像に示す情報は心電 R 波同期で得ておき、その後のフローならびにパルスは 1 心拍中繰り返し信号を取得、次の R 波タイミングにて PC 側へ伝送し、表示などの処理を行っている。

3. 評価結果とまとめ

前述のアルゴリズムを FPGA 回路に搭載し、被験者の上腕動脈の測定に適用して動作評価を行った。

プローブ位置を調整していない場合、表皮に対し、血管は水平でないことが多い、血管壁での超音波の反射が弱くなるために血管断層画像は不鮮明になるが、心拍に同期してカラー化された血流分布情報が表示されるため、血管壁が不鮮明でも、血流情報で血管であることがわかる。

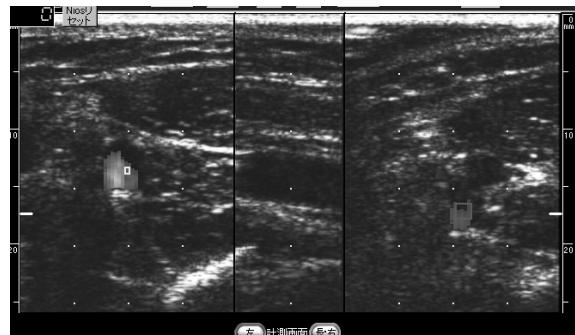


図2 上腕断層画像と血流速度のカラー合成表示

本研究開発により、組織内の計測対象血管が確実に検出できるようになった。このため、血管の動きに対しての追従性が向上し、測定の容易性が増し、運動に伴う血管位置のずれなどに、より自動追尾がやりやすくなった。また、血管内腔内の血流速度分布が計測できるため、内腔内の断面平均流速を求める断面積との積をとることにより、血流量も計算できるようになった。

医用超音波は、臨床の場で広く使われているものであるが、動脈硬化の測定にはまだ十分活用されておらず、本研究開発の成果である脈波計測などの測定機能は、糖尿病予防などの血管機能研究を標榜する多くの研究者にとって朗報となるものと期待される。