

## 論文内容の要旨

博士論文題目 瞬時超音波 3次元動画計測に関する研究

氏 名 南部 雅幸

本研究の目的は、新しい原理に基づく超音波 3次元動画撮像システムを開発し、従来のビーム走査型超音波断層装置では不可能な瞬時立体像計測を可能にすることにある。

まず、本論文では、電子フォーカス技術により細いビーム状のパルス超音波を形成して方位同定しながら全計測空間を順次走査する従来の B モード超音波診断装置に内在する計測フレームレートの限界を克服し、かつ、空間的に分布している三次元物体の画像計測を可能にする超音波三次元動画画像計測法を提案している。また、提案手法が医用診断装置および産業用探傷装置へ応用可能であることを示すため、二次元超音波アレイプローブを試作して超音波三次元動画画像撮像システムを開発し、モデル流路中での性能評価実験により本手法の有効性を検証している。本論文は以下の 6 章からなる。

第 1 章では研究のモチベーションと超音波計測の歴史が紹介され、第 2 章では従来の超音波映像法の基礎であるパルスエコー法とビーム形成法について記述されている。

第 3 章では、高速に振動また移動する物体の詳細な動態の可視化に有用な高い時間分解能を有する三次元動画画像の計測技術を提案している。具体的には、全計測対象空間に無指向性の超音波パルスを送波し、対象空間からの反射波を二次元超音波振動子アレイで受波して像再生する手法、ならびに、送受波に必要な最も簡単な形状のリングアレイプローブの設計検討を行っている。なお、提案された手法の特徴は瞬時に三次元画像情報が計測可能という点にあることも記述されている。

第 4 章では、提案手法を実証するために、無指向性超音波パルスの送波とエコー信号の受波に使用される二次元アレイプローブ、アレイ状に並べられた多数の振動子からの受波信号の蓄積用多チャネルウェーブメモリ、画像再生用グラフィックスワークステーションから構成される瞬時三次元超音波動画画像撮像システムを試作している。なお、本試作システムは計測後に像再生計算するオフライン撮像形式で実現されている。

第 5 章では、試作システムのモデル流路による評価実験に関して記述しており、従来の超音波断層装置では可視化できなかった高速で運動する心室人工弁の微細動態や血管カテーテルプローブ前方の狭窄形状などの 3次元可視化に、本試作システムが有効であることを実証している。また、現在普及している 2次元断層映像しか提供できない Bモードエコー断層装置に比べて、本試作システムは 3次元立体動画画像を百倍以上高速な画像計測レートが実現できることも実証している。

結論では本研究の総括を医用 3次元超音波のフロンティアとしての立場から記述している。

氏名	南部 雅 幸
----	--------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、超音波画像計測技術の3次元空間情報計測への応用を扱っており、心臓などの高速運動組織の3次元動態を把握するための瞬時立体像計測という問題に対する解法を提示し、3次元超音波という新しい学問領域を開拓した先端的な論文である。映像の計測法には、対象場を細く絞ったビームで順次探索していく走査式映像法と光学式カメラのフラッシュ撮影のように対象場を同時に照射する瞬時式映像法がある。従来の超音波計測はビーム走査式映像法を採用していたため同時に多方向の情報を収集することはできず、画像計測レートが向上しないという欠点があり、2次元断層像情報を通常のビデオレートで計測する程度が限界であった。この限界を打破する可能性を追求した本論文の成果は、以下の2点に要約される。

1. 振動子を2次的に配置し、球面状の超音波パルスを送波することにより全3次元計測場を瞬時に照射し、各振動子に戻ってくる計測場からの反射信号をすべて蓄積して、予め計算しておいたパルス飛行時間をもとに同じ反射体からのエコー信号を加算する同時開口合成技術によって3次元立体像を可視化する技術を開発したものであり、瞬時式超音波映像を計測するための手法を提案した。
2. 本提案手法による計測が可能であることを実証するため、超音波プローブを設計試作して計測映像化システムを構築し、モデル流路中ではあるが心室人工弁の微細動態や血管狭窄部の瞬時3次元映像を世界ではじめて可視化した。

以上述べたように、本論文は、従来の超音波画像計測法に内在する画像計測レートに関する問題に対する解法を提案するとともに、提案手法を評価した実証研究である。これらの研究成果は、学会論文誌2件、査読付国際学会1件として公表され、本論文内容の一部の発表に対しては計測自動制御学会学会賞（平成9年度学術奨励賞）を授与されていること、ならびに関連学会誌論文（連名者）4件などを鑑みると、3次元超音波という新しい分野を開拓する上で、学術面での貢献は大きいと認めることができる。また、テレビ放送1件、新聞5件と広く報道されたことは、社会的ニーズに応える真の実用研究としての貢献も大きいことを示している。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。