

氏名	たき 瀧	ひろ 宏	ふみ 文
学位(専攻分野)	博士(情報学)		
学位記番号	情博第271号		
学位授与の日付	平成19年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
研究科・専攻	情報学研究科通信情報システム専攻		
学位論文題目	Real-Time Three-Dimensional Acoustic Imaging System with a Reflector and Its Applications (反射鏡を用いたリアルタイム三次元超音波イメージングシステムとその適用)		
論文調査委員	(主査) 教授 佐藤 亨	教授 津田 敏隆	教授 松田 哲也

論文内容の要旨

視覚障害者が介助者の助けを借りることなく日常生活を送るためには、詳細な環境情報を視覚障害者に呈示する必要がある。本論文では、広い空間を高い時間、空間分解能で測定するロバストな視覚代行システムを実現するため、反射鏡と2次元素子アレイを用いた空気中超音波イメージングシステムを提案している。また提案手法は、1回の超音波パルス送信で広範囲を測定することを可能にするものであり、リアルタイム3次元医用超音波イメージングシステムにも利用可能である。このためのシステム構成を提案し、その有効性を評価している。論文は以下に示す6章で構成されている。

第1章は序論であり、視覚障害者の歩行支援方式の現状と問題点を概観し、アレイ素子を用いた超音波イメージング技術の現状を分析している。

第2章では、反射鏡と2次元素子アレイを用いた超音波イメージング手法を提案している。提案法では広いビームを測定空間全体に送信し、反射鏡により素子アレイ上に集められた受信信号からバックプロジェクションを用いて画像再構成を行う。提案法では1回の送受信で測定空間全体を観測するため、非常に高い時間分解能を実現できる。この手法について、物理光学法をもちいた数値計算により空間分解能を評価している。

第3章では、測定した詳細な空間情報を視覚障害者に呈示するため、2次元刺激器アレイを用いた情報呈示法を提案している。まず視覚障害者の歩行時の情報提示方法について検討し、皮膚に振動刺激を与える呈示法がもっとも有効であることを示している。次に刺激部位として身体各部を刺激に対する2点弁別閾と刺激領域の観点から検討し、前額部を選定している。

第4章では、刺激情報呈示の分解能を向上させるための方法を提案している。刺激器は複数のグループに分けられ、各グループは交互に駆動する。提案法では、隣接する刺激器は交互に刺激を与えるため、2点弁別閾以下の刺激器間距離で独立した情報を伝達できる。また提案システムでは、装着者が測定距離を指定し、その指定距離内に存在する目標を装着者に呈示する。このため装着者は複数の目標が様々な距離に存在する場合でも目標の距離を正確に把握できることを、実験により明らかにしている。

第5章では、提案する測定原理の医用超音波イメージングシステムへの適用に関して論じている。提案法ではアレイ上の全素子から適切な時間遅延を与えて超音波が送信され、鏡面の前方で1点に集まりこの点から広いビームが測定空間全体に送信される。これにより大電力で広い送信ビームが形成される。エコーは反射鏡により2次元素子アレイ上に集められ、受信信号からバックプロジェクションを用いて画像が再構成される。この手法について数値実験により有効性を検証している。さらにサイドロープレベルを抑圧するため、バックプロジェクションによる画像再構成時に反射鏡の反射率にテーパをかけることを提案している。

第6章では、前章の手法の分解能をさらに改善する手法を提案している。提案手法では、送信時に各素子に与える遅延時間を調整することで合成される送信点の位置を変更できる。そのため、送信点異なる複数の受信信号をコヒーレント積分

し空間分解能を改善している。提案法の有効性を物理光学法を用いた数値計算により評価している。

論文審査の結果の要旨

本論文では、反射鏡と2次元アレイを用いたハイブリッド3次元超音波イメージングシステムを提案し、これを視覚障害者の歩行支援システムと、リアルタイム3次元医用イメージングに適用することを検討した。得られた主要な研究成果は以下の通りである。

(1) 提案法を用いた歩行支援システムについて定量的に検討し、2次元の密配列アレイを用いる方法と同等の分解能を、1/8の素子数で実現できることを明らかにした。さらに高速なデータ処理手法を提案し、単一のプロセッサで0.1秒以下のリアルタイム性能を実現できることを示した。

(2) 得られた情報を利用者に呈示する手法として、2次元刺激器アレイを用いた呈示法が有効であることを示した。刺激部位として身体各部を刺激に対する2点弁別閾と刺激領域の観点から検討し、前額部が最適であることを明らかにした。

(3) 刺激情報呈示の分解能を向上させる **Alternating Stimulation** 法を提唱し、この方法により分解能を2倍に改善できることを明らかにした。さらに8素子の試験装置を製作して実験によりその性能を検証した。

(4) 開発したハイブリッド法が3次元医用イメージングシステムにおいても有効であり、従来法と同等の空間分解能を1/11の素子数で実現できることを明らかにした。画像再構成に用いるバックプロジェクションに際してテーバ関数を導入し、サイドロープレベルを効率的に低減する手法を開発した。

(5) アレイ素子の励振時間差を制御することにより、仮想送信点を多数配置する手法を提案し、これらによる受信画像をコヒーレント合成して、有効開口面を反射鏡のほぼ全面まで拡大することに成功した。これによりDBF法とほぼ同一のサイドロープレベルが実現できることを明らかにした。

以上要するに本論文は3次元超音波イメージングに独創的な技術を導入することにより、アレイ素子数の大幅な削減を可能としたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年2月23日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。