慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	超音波がん治療を目的としたアレイ型トランスデューサ制御システム
Sub Title	Array transducer control system for ultrasonic cancer therapy
Author	中野, 誠彦(Nakano, Nobuhiko)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2023
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2022.)
JaLC DOI	
Abstract	本研究は、集束超音波治療法における高解像アレイ型超音波送受信機の制御システムの構築を目的としている。集束超音波治療法は、非侵襲的な治療法であり、がん細胞を破壊するために超音波を集束させる方法を用いる。しかしながら、現在実用化されている治療機の超音波発信素子数が不十分であるため、十分な精度で収束できるとは言えない。そこで、本研究では合成開口法を応用することにより、高精度なイメージングと超音波収束をねらっている。システムの実証実験を行うためアレイ型超音波送受信機の制御システムを開発した。 具体的には、トランスデューサアレイの信号を受けるアナログフロントエンド基板と、得られた信号をPCに転送するFPGAボードを組み合わせている。超音波送信ICと受信ICを選定し、これらを専用のAFE基板に実装するものとした。基板についてはアートワーク設計まで完了した。またシミュレーションにより、ビームフォーミングの精度を評価し、位相情報も含めた処理を行うことで、より解像度の高い像が得られる可能性を確認した。 超音波の位相制御を目的とした集積回路の専用設計を行った。詳細な設定を行うため1周期を256分割した位相制御を可能にしており、1チップで16ch分のクロック生成が可能なものとなっている。本成果は電気学会電子回路研究会にて報告を行った。 研究で開発した制御システムは、がん治療以外にも、診断においても応用が期待される。本研究では、がん治療における低侵襲な治療法の実現を目指し、集束超音波治療法の高解像アレイ型超音波送受信機の制御システムの構築を行った。今後も、より高性能なシステムの開発や、臨床応用への展開が求められるが、本研究では合成開口法応用のあしがかりとなる実証システム開発をすすめることができた。引き続きAFE基板製作および波形制御アルゴリズム最適化とその効果を確認するため、研究を継続する。 The aim of this study is to develop a high-resolution array-type ultrasound transmitter-receiver control system for focused ultrasound therapy. Focused ultrasound therapy is a non-invasive treatment method that uses focused ultrasound to destroy cancer cells. However, the current practical therapeutic devices have insufficient numbers of ultrasound transducers, and therefore cannot converge with sufficient accuracy. This study aims to achieve high-precision imaging and ultrasound convergence by applying synthetic aperture techniques. To conduct the system's verification experiment, we developed an array-type ultrasound transmitter-receiver control system consisting of an analog front-end board that receives the signal from the transducer array and an FPGA board that transfers the obtained signal to the PC. We selected the ultrasound transmitter and receiver ICs for a dedicated AFE board, and artwork design for the board is already completed. We also evaluated the accuracy of beamforming through simulations, and confirmed that including phase information in the processing can result in higher resolution images. We designed a dedicated integrated circuit for phase control of ultrasound. It enables phase control division into 256 parts per cycle, allowing clock generation for 16 channels on a single chip. We reported these results at the Electronics Circuit Research Conference of the Institute of Electrical Engineers of Japan. The control system developed in this study is expected to have applications beyond cancer treatment, including diagnosis. Our research aimed to achieve low-invasive treatment for cancer and successfully developed a high-resolution array-type ultrasound transmitter-receiver control system for focused ultrasound therapy, utilizing synthetic aperture techniques. While there is a need for further research to develop higher performance systems and expand clinical applications, this research provides a basis for the application of synthetic aperture techniques. We will continue to develop the AFE board and optimize waveform control algorithms to confirm their effects in future research.
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2022000012-20220002

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

2022 年度　学事振興資金（部門横断型共同研究）研究成果実績報告書

2023 年 4 月 10 日

研究代表者	所属	理工学部	職名	教授	補助額	1,300　千円
	氏名	中野 誠彦	氏名（英語）	Nobuhiko Nakano		

研究課題（日本語）

超音波がん治療を目的としたアレイ型トランスデューサ制御システム

研究課題（英訳）

Array transducer control system for ultrasonic cancer therapy

研究組織

氏　名 Name	所属・学科・職名 Affiliation, department, and position
中野誠彦（Nobuhiko Nakano）	理工学部・電気情報工学科・教授
三井隆久（Takahisa Mitsui）	医学部・物理学教室・教授

１．研究成果実績の概要

本研究は、集束超音波治療法における高解像アレイ型超音波送受信機の制御システムの構築を目的としている。集束超音波治療法は、非侵襲的な治療法であり、がん細胞を破壊するために超音波を集束させる方法を用いる。しかしながら、現在実用化されている治療機の超音波発信素子数が不十分であるため、十分な精度で収束できるとは言えない。そこで、本研究では合成開口法を応用することにより、高精度なイメージングと超音波収束をねらっている。システムの実証実験を行うためアレイ型超音波送受信機の制御システムを開発した。

具体的には、トランスデューサアレイの信号を受けるアナログフロントエンド基板と、得られた信号を PC に転送する FPGA ボードを組み合わせている。超音波送信 IC と受信 IC を選定し、これらを専用の AFE 基板に実装するものとした。基板についてはアートワーク設計まで完了した。またシミュレーションにより、ビームフォーミングの精度を評価し、位相情報も含めた処理を行うことで、より解像度の高い像が得られる可能性を確認した。

超音波の位相制御を目的とした集積回路の専用設計を行った。詳細な設定を行うため 1 周期を 256 分割した位相制御を可能にしており、1 チップで 16ch 分のクロック生成が可能なものとなっている。本成果は電気学会電子回路研究会にて報告を行った。

研究で開発した制御システムは、がん治療以外にも、診断においても応用が期待される。本研究では、がん治療における低侵襲な治療法の実現を目指し、集束超音波治療法の高解像アレイ型超音波送受信機の制御システムの構築を行った。今後も、より高性能なシステムの開発や、臨床応用への展開が求められるが、本研究では合成開口法応用のあしがかりとなる実証システム開発をすすめることができた。引き続き AFE 基板製作および波形制御アルゴリズム最適化とその効果を確認するため、研究を継続する。

２．研究成果実績の概要（英訳）

The aim of this study is to develop a high-resolution array-type ultrasound transmitter-receiver control system for focused ultrasound therapy. Focused ultrasound therapy is a non-invasive treatment method that uses focused ultrasound to destroy cancer cells. However, the current practical therapeutic devices have insufficient numbers of ultrasound transducers, and therefore cannot converge with sufficient accuracy. This study aims to achieve high-precision imaging and ultrasound convergence by applying synthetic aperture techniques. To conduct the system's verification experiment, we developed an array-type ultrasound transmitter-receiver control system consisting of an analog front-end board that receives the signal from the transducer array and an FPGA board that transfers the obtained signal to the PC. We selected the ultrasound transmitter and receiver ICs for a dedicated AFE board, and artwork design for the board is already completed. We also evaluated the accuracy of beamforming through simulations, and confirmed that including phase information in the processing can result in higher resolution images.

We designed a dedicated integrated circuit for phase control of ultrasound. It enables phase control division into 256 parts per cycle, allowing clock generation for 16 channels on a single chip. We reported these results at the Electronics Circuit Research Conference of the Institute of Electrical Engineers of Japan.

The control system developed in this study is expected to have applications beyond cancer treatment, including diagnosis. Our research aimed to achieve low-invasive treatment for cancer and successfully developed a high-resolution array-type ultrasound transmitter-receiver control system for focused ultrasound therapy, utilizing synthetic aperture techniques. While there is a need for further research to develop higher performance systems and expand clinical applications, this research provides a basis for the application of synthetic aperture techniques. We will continue to develop the AFE board and optimize waveform control algorithms to confirm their effects in future research.

３．本研究課題に関する発表

発表者氏名（著者・講演者）	発表課題名（著書名・演題）	発表学術誌名（著書発行所・講演学会）	学術誌発行年月（著書発行年月・講演年月）
森 瑞紀、頃安 裕貴、関口 葵葉、三井 隆久、中野 誠彦	集束超音波治療のための遅延同期ループとジョンソンカウンタを使用した多相クロック生成回路	電気学会電子回路研究会	2023 年 3 月 22 日