

目標の周波数特性を考慮した周波数領域干渉計法による高分解能医用超音波イメージング

High Resolution Medical Acoustic Imaging Using Frequency Domain Interferometry Technique Considering Frequency Response Variety of Targets

【はじめに】血管の動脈硬化性変化を早期に発見し治療することは、生活習慣病の予防、治療の面から重要である。そのため、頸動脈壁の層構造を高分解能で画像化することが強く望まれている。我々はレーダ分野で用いられている周波数領域干渉計法(FDI)に方向拘束付出力電力最小化を行う Capon 法を適用してイメージングする方法を提案してきた。

【提案法】先行研究ではエコー信号が同じ周波数特性を持つと仮定し、あるエコー信号を参照信号として周波数スペクトルを導出した。本研究では 2 つのエコー信号から内挿により最適な参照信号を合成し、この参照信号を用いて周波数スペクトルを導出する。

参照波の周波数スペクトルとエコー信号との相関が高い場合、目標の位置推定が正しく行われる。一方、参照波の周波数スペクトルがエコー信号と大きく異なる場合、エコー信号の周波数スペクトルが不正確となり、Capon 法により推定された目標位置が真値から大きく外れるだけでなく、参照波形の変化による目標推定位置の変動が大きくなる。そのため、内挿率を変化させて目標の位置推定を行い、内挿率の変化による目標推定位置の変化を最小化することにより参照波形の最適化を行う。

【結果】提案法の有効性を水槽実験により検証した。送信波を中心周波数 8MHz モノサイクルパルスとし、サンプリング周波数を 500MHz とした。厚さ 0.05mm のポリエチレンシートを厚さ 3mm のアクリル板に貼りつけ、ポリエチレンシートの前面、後面からのエコーを分離した。参照波は 3mm のアクリル板、2mm のポリエチレン板から内挿により合成した。

図 1 はそれぞれビームフォーマ法、アクリル板もしくはポリエチレン板からのエコーを参照波を用いた Capon 法、最適化された参照波を用いた Capon 法により求められた推定電力分布である。最適化された参照波を用いて目標位置推定を行った場合が最も推定結果が良く、このとき 2 つの推定電力ピークの半値幅はそれぞれ 12.8, 18.9 μm であった。

【結論】FDI と Capon 法を用いた頸動脈壁イメージング法の距離分解能改善のため、異なる 2 つのエコー信号から内挿により最適な参照波を合成する手法を提案した。また、提案法を実験検証し、空間分解能改善に有効であることを確認した。

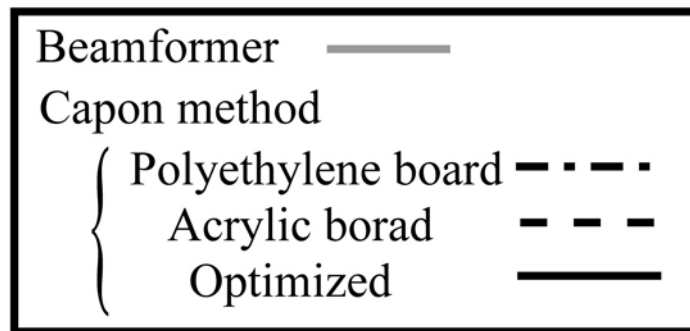
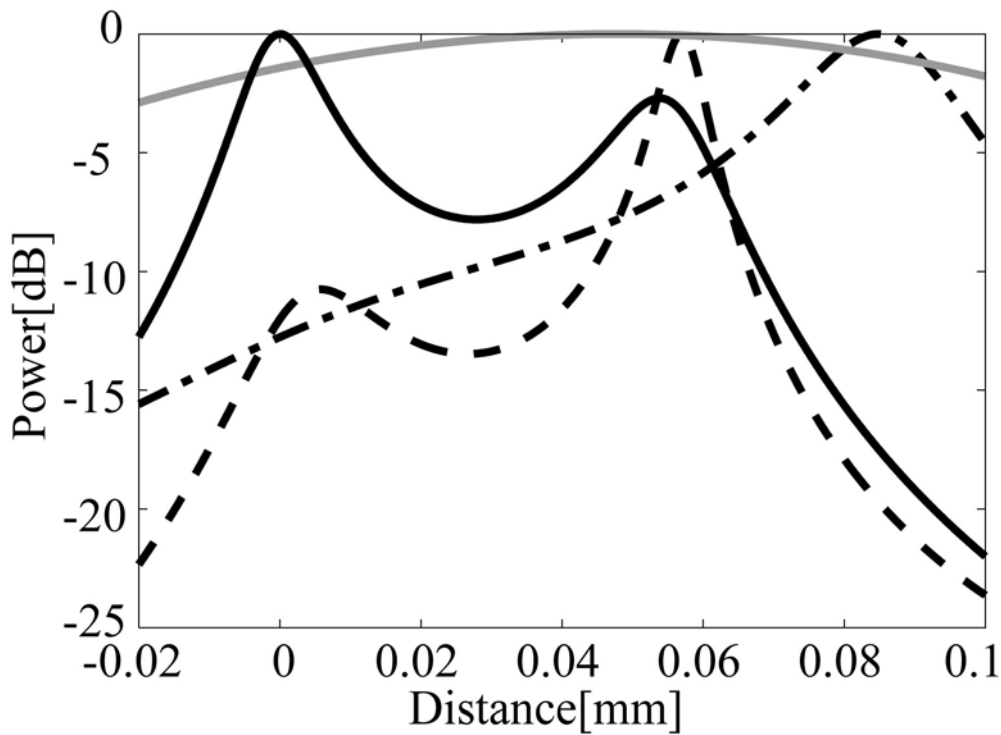


Fig.1 The normalized brightness distribution using the beamformer method and the Capon method. The target is a polyethylene sheet 0.05mm thick. The reference waves employed for Capon method are an echo from a polyethylene board, an echo from an acrylic board, and a interpolated wave from these two echoes.