

キルヒホッフマイグレーションによる超音波イメージングの分解能改善の評価

Evaluation of Spatial Resolution Improvement in Ultrasound Imaging Using Kirchhoff Migration

岸本 優莉¹
Yuri Kishimoto

阪本 卓也^{2,3}
Takuya Sakamoto

奥村 成皓³
Shigeaki Okumura

佐藤 亨³
Toru Sato

兵庫県立大学 工学部¹
School of Engineering, University of Hyogo
京都大学 大学院情報学研究科³

兵庫県立大学 大学院工学研究科²
Graduate School of Engineering, University of Hyogo

Graduate School of Informatics, Kyoto University

1 はじめに

弾性波探査の分野で広く用いられるキルヒホッフマイグレーション [1] を超音波イメージングに適用することで、不均質媒質中でのイメージング分解能改善が報告されている。本稿では均質媒質中での超音波イメージングにキルヒホッフマイグレーションを適用し、従来法と分解能を比較する。

2 キルヒホッフマイグレーションによる画像化

プローブ位置 \mathbf{r}_0 で測定された時間領域の信号 $s(\mathbf{r}_0, t)$ に対し、キルヒホッフマイグレーションでは次式により画像 $I(\mathbf{r})$ を計算する [2]。

$$I(\mathbf{r}) = \int \frac{\partial R}{\partial n} \left[\frac{1}{cR} \frac{\partial}{\partial t} s(\mathbf{r}_0, t) + \frac{1}{R^2} s(\mathbf{r}_0, t) \right] dS \Big|_{t=2R/c} \quad (1)$$

ただし $\partial/\partial n$ はプローブ走査面の法線方向の微分、 $R = |\mathbf{r} - \mathbf{r}_0|$ であり、 c は音速である。従来広く用いられる DAS(delay-and-sum) マイグレーションでは受信信号 $s(\mathbf{r}_0, t)$ のみを使って画像化を行なうのに対し、キルヒホッフマイグレーションでは式 (1) のとおり受信信号に加えてその時間微分信号も用いる点が異なる。

3 測定条件とイメージング分解能の比較

測定環境を図 1 に示す。送信信号は中心周波数 3.0 MHz、帯域幅は 1.0 MHz の短パルスを用いる。送信・受信の素子間距離は 1.0 mm である。プローブおよび目標として使用する直径 7.5 mm のベアリング球を水中に設置する。プローブ位置を x - y 面内で x と y 方向にそれぞれ 0.2 mm 間隔で 30.0 mm の範囲を走査する。プローブ走査面と目標上端の距離は 14.5 mm とする。受信信号は標本化周波数 50.0 MHz でサンプリングする。

測定データに DAS およびキルヒホッフマイグレーションをそれぞれ適用し、イメージングを行った (図 2)。画像の x 軸方向の -10dB 分解能は DAS およびキルヒホッフマイグレーションでそれぞれ 2.5 mm および 2.1 mm となった。この結果、 x 軸方向の分解能は約 19.1% 改善した。以上よりキルヒホッフマイグレーションによるイメージング分解能の改善の可能性が示された。

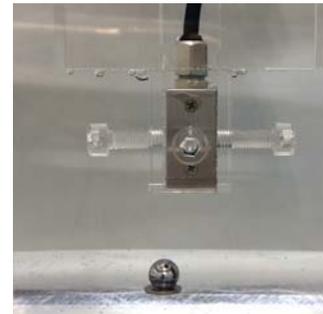


図 1 測定に用いた超音波プローブと金属球

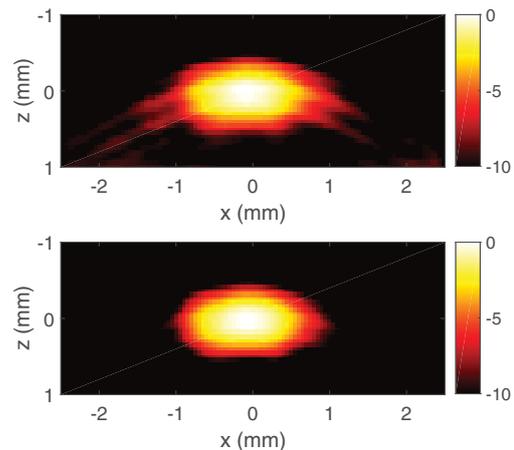


図 2 DAS(上) およびキルヒホッフ積分(下) により得られる画像 (dB 値)

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金・基盤研究(A)25239057・若手研究(B)15K18077・国際共同研究加速基金(国際共同研究強化)15KK0243、京都大学 COI プログラムの助成により実施された。

参考文献

- [1] S. Schmidt *et al.*, *Med. Phys.*, vol. 38, no. 2, pp. 998–1007, 2011.
- [2] X. Zhuge *et al.*, *IEEE Trans. Geosci. Retote Sens.*, vol. 48, no. 6, pp. 2692–2703, 2010.