

## 三次元超音波画像の画質評価

佐藤裕紀<sup>†</sup> 柳田裕隆<sup>†</sup> 田村安孝<sup>†</sup><sup>†</sup>山形大学大学院理工学研究科情報科学専攻

## 1. はじめに

超音波画像は医療分野をはじめとして広い分野で使われている。近年では、三次元の超音波撮像が可能なシステムも利用できるようになった。しかし、システムの重要な性能である画質を定量的に評価する手法は確立されていない。

本研究では、得られたボリュウムデータに SSIM (structural similarity) <sup>[1]</sup> を適用することで、三次元超音波撮像システムの性能を評価する手法を検討した。現時点では、撮像システムの構成や撮像方式について数値シミュレーションにより検討する際に使うことを想定している。参照画像として理想的 PSF (point spread function) により得られた画像を用い、リニアアレイを想定して生成した超音波三次元画像について、素子パラメータに対する SSIM 値の変化を調べた。

## 2. 画質評価方法

今回は、超音波撮像システムで得られた三次元データに対し、客観的評価法である SSIM を適用する方法を検討した。

SSIM では評価する画像と、基準となる参照画像について、輝度、コントラスト、構造情報をそれぞれ比較して算出し、画像全体についての総和を求めることで値を算出している。

この手法は他の客観的評価法よりも主観的評価に近い値を算出できる。なお SSIM の値が 1 に近づくほど参照画像と似ているということになり、SSIM の値が 1 の場合は参照画像と比較画像は全く同じ画像であると判断される。

SSIM の定義式は次のように示される。

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)}$$

ここで、 $x$  は参照画像、 $y$  は比較画像を表し、各画像における平均  $\mu$  と分散  $\sigma$  の差異および共分散  $\sigma_{xy}$  を求めて SSIM を計算する。定数  $C_1, C_2$  はユー

ザーが決めるパラメータであり、今回は  $C_1 = 0.01, C_2 = 0.03$  と設定している。

## 3. シミュレーション

評価に用いる超音波三次元画像は、MATLAB 環境で動作する超音波トランスデューサシミュレータである Field II <sup>[2]</sup> を使用して生成した。

図 1 に想定した撮像システムの配置を示す。中心周波数 3.5MHz, サンプリング周波数 100MHz, 素子間隔 0.49mm のリニアアレイを想定した。アレイと対象中心との距離は 60mm である。半径 5mm の球の内部に、一様分布する乱数で位置を、平均値 0 の正規分布で反射率を、それぞれ定めた複数の点物体を設定する。アレイと反射体の相対的な位置を移動することで 3 次元像を得る。

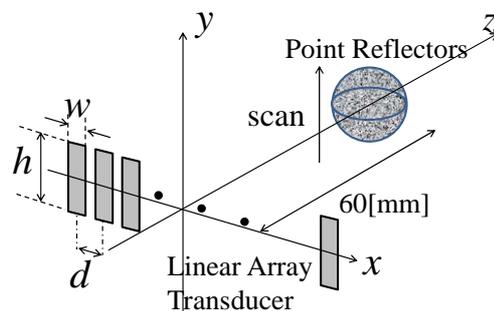


図 1. 撮像系の配置

図 1 で、 $h$  は素子の高さ、 $w$  は素子の幅、 $d$  は素子間隔を示す。

## 3-1. ガウス関数型 PSF による参照画像

反射波の計算に用いるものと同一の点物体の分布関数とガウス関数型の PSF とのコンボリューションにより参照画像を求めた。参照画像の 3 次元表示を図 2 に示す。

## 3-2. 駆動素子数に対する SSIM の変化

素子の高さ  $h$  を 15mm に、素子間隔  $d$  を 0.49mm にそれぞれ固定する。駆動素子数を 64~192 と変化させて比較用のテスト画像を作成した。駆動素子数が 128 の場合の三次元超音波画像の  $x$ - $z$  断面図を図 3 に示す。

テスト画像の SSIM を図 4 に示す。素子数を 64 から増加していくと SSIM は増加するが、128

「Image quality evaluation of the three-dimensional ultrasound image」

<sup>†</sup>「Hironori Sato · Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University」

で最大となり、その後は減少する。

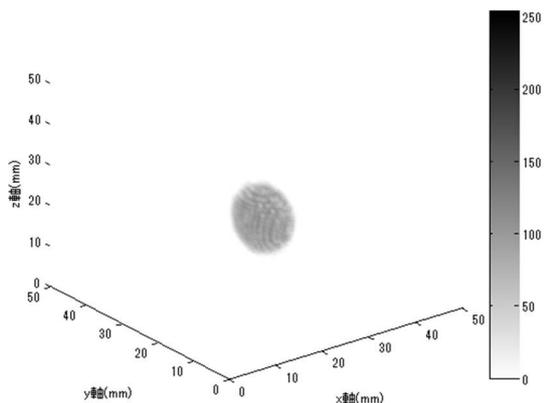


図 2. 参照画像の 3 次元表示

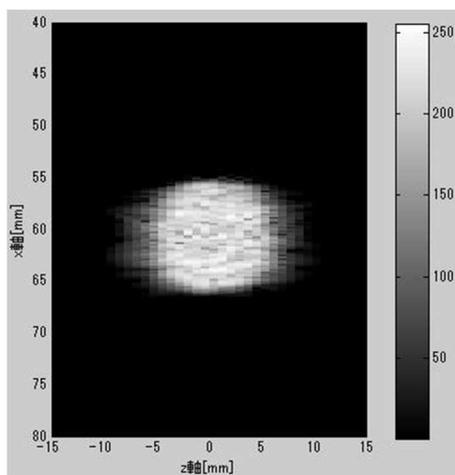


図 3. テスト画像の x-z 断面図

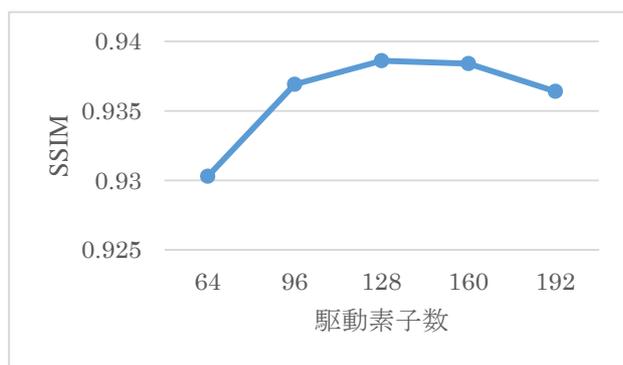


図 4. 駆動素子数に対する SSIM の変化

### 3-3. 素子の高さに対する SSIM の変化

駆動素子数を 192 に固定し、素子の高さ  $h$  を 5mm~15mm と変化させて比較用のテスト画像を作成した。テスト画像の SSIM を図 5 に示す。素子数と同様に、素子の高さにも SSIM が最大となる値がある。

また、目視による画質の評価と SSIM は、概ね一致していた。

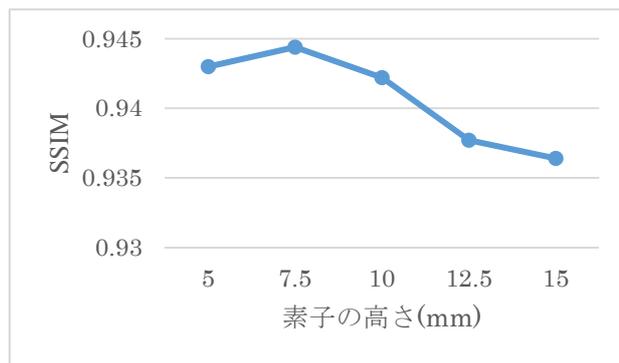


図 5. 素子の高さに対する SSIM の変化

### 3-4. 考察

一般的に駆動素子数および素子の高さを増やすにつれて画質は向上すると考えられる。しかし今回のシミュレーションでは、駆動素子数および素子の高さには最適値があるという結果になった。駆動素子数や素子の高さが最適値から外れた場合、対象となる反射体を設定した球状領域の周りのアーチファクトのレベルが高くなっていることが目視により確認されている。これが SSIM の低下の原因と考えている。

### 4. まとめ

検討した手法では、位置をランダムに設定した点反射体群を使い、ガウス関数型 PSF とのコンボリューションにより参照画像を作る。テスト画像は、同じ点反射体群を想定して計算したエコーから求めた。この評価方法は、撮像システムのパラメータや像再生手法について数値的に検討する際に使用できると考えている。

今後は、より複雑な対象を想定して画質評価を行い、提案した評価方式が妥当かどうか検討したい。また、SSIM の評価値と目視による主観的評価の結果の詳細な比較検討も必要となる。

### 5. 参考文献

[1] Z. Wang and A. C. Bovik, and H. R. Sheikh and E. P. Simoncelli, "Image Quality Assessment: from error visibility to structural similarity", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 13, no.4, pp. 600-612, Apr.2004

[2] J.A. Jensen: Field: A Program for Simulating Ultrasound Systems, Paper presented at the 10th Nordic-Baltic Conference on Biomedical Imaging Published in Medical & Biological Engineering & Computing, pp. 351-353, Volume 34, Supplement 1, Part 1, 1996.