

法線ベクトル法による乳房表面形態の新しい評価指標 －乳房形態の乱れを検出する－

- 1) 鳥取大学医学部附属病院次世代高度医療推進センター（主任 難波栄二教授）
2) 鳥取大学医学部附属病院形成外科（中山 敏）
3) 鳥取大学医学部附属病院卒後臨床研修センター
4) 株式会社メディックエンジニアリング

永田徳一郎^{1,2)}, 櫻木哲詩³⁾, 陶山淑子²⁾, 谷尻豊寿⁴⁾, 中山 敏^{1,2)}

New evaluation index of breast surface morphology using normal vector

Tokuichiro NAGATA^{1,2)}, Tetsushi SAKURAGI³⁾, Yoshiko SUYAMA²⁾,
Toyohisa TANIJIRI⁴⁾, Bin NAKAYAMA^{1,2)}

- 1) *Center for Promoting Next-Generation Highly Advanced Medicine,
Tottori University Hospital, Yonago 683-8504, Japan*
2) *Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Tottori University Hospital,
Yonago 683-8504, Japan*
3) *Center for Clinical Residency Program, Tottori University Hospital,
Yonago 683-8504, Japan*
4) *Medic Engineering Corporation, Kyoto, 606-8107, Japan*

ABSTRACT

Aesthetics of post-operative breast reconstruction is an important endpoint. Until now, the reference method in the evaluation of breast morphology has not been determined. Many patients who underwent breast-conserving surgery are suffering not only from loss of volume but of shape. Concerning the shape, we have devised a method to quantify the similarity between both breasts. We expressed the three-dimensional shape of breasts using a polygon-mesh, and used its normal vector histogram as the index of the evaluation. The healthy breast has a gentle curved surface, and the normal vector histogram reflects this.

We calculated the similarity value of normal vector from the MRI data of two patients using histogram intersection method. The similarity value was 70.3% in one patient and 53.5% in the other.

Therefore, the postoperative breast has a disturbed curved surface, and the normal vector is also disturbed. We detected the disorder of the normal vector, and judged the difference from the vector of the normal side breast. In both cases, the similarity value matched the appearance. The breast analysis by the normal vector will become a useful assessment tool. This assessment index is the first of its kind.

(Accepted on December 25, 2013)

Key words : breast surface morphology, normal vector, postoperative breast form

はじめに

乳癌手術及び乳房再建において、乳房の審美性評価は重要かつ不可欠なエンドポイントである。しかし現在、ゴールドスタンダードと呼べる乳房形態の評価法は確立されていない¹⁾。乳房形態の客観的指標は、量計測と形状計測に大別される。量計測の難しさは、乳房領域の範囲が決まっていないことに起因し、評価指標の妥当性と信頼性に問題がある。そこでわれわれは、形状評価に重点を置いた新しい評価指標の開発を行った。乳房表面形状の乱れを数値化する指標は、未だ報告され

ていない。

われわれは、左右乳房表面形状の類似性に着目した。健常な乳房は、なだらかな三次元局面を持っている。この局面を法線ベクトル値として数値化し、左右乳房の類似性を求めた。正面から乳房に向かって光を照射した際、光の入射光と反射光が幾何学的に想定される。この入射光と反射光の中線が乳房表面の法線である。乳房局面はコンピュータ上、小さなポリゴンの集まりとして表現できる。この手法の一つとして、ポリゴンメッシュモデルがある。ポリゴンメッシュはポリゴン（多角形）の集まりとして三次元形状を表現したもの

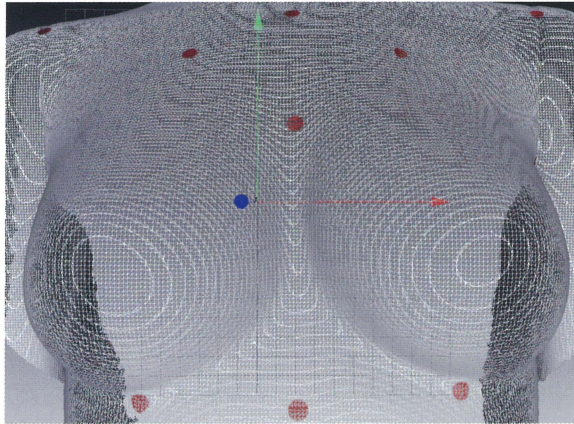


図1a マネキンのポリゴンメッシュモデル

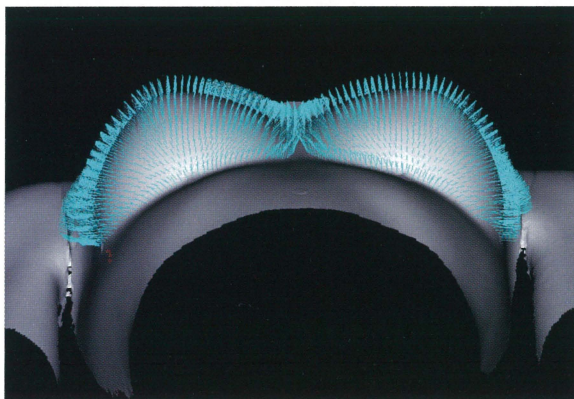


図1b マネキンの法線ベクトルモデル
マネキンの乳房を下から見上げた図
各ポリゴンに対する法線ベクトルを示した

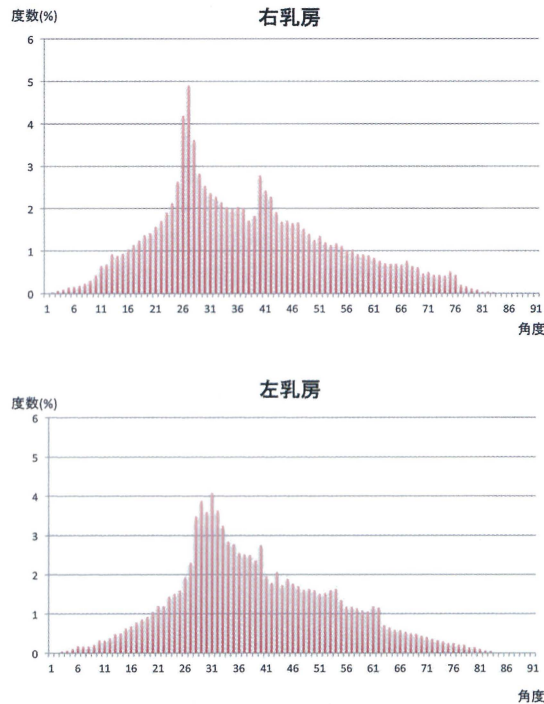


図1c マネキン乳房の法線ベクトルヒストグラム

である (図1a). ポリゴンが微少なほど本来の曲面に近づく. それぞれのポリゴンに対して垂直方向にある線を法線と呼び, ポリゴンに対して垂直かつ表方向を向き, 長さが1のベクトルを法線ベクトルと呼ぶ (図1b). それぞれの小さな平面に対する垂線が法線ベクトルである. 乳房の三次元形状をポリゴンメッシュモデルで表現し, Z軸 (正面から乳房を見下ろした線) と各ポリゴンの法線ベクトルがなす角度を法線ベクトル値と読む. これをヒストグラム化したものを法線ベクトルヒストグラムと呼ぶことにした (図1c). 左右乳房の法線ベクトルヒストグラムの, 類似性および相関性を乳房形状の評価方法として提案する.

対象および方法

乳癌に対する一側乳房温存術後患者2名のMRI画像を対象とした. このMRI画像は, 当院で撮影, 保管されたもので, 鳥取大学医学部倫理委員会の承認を得て使用し, 解析を行った. 左右乳房のMRI撮影は, 乳房専用のサーフェスコイルを用い, 腹臥位で撮影した. 三次元表面を解析するためには, ポリユームデータであるDICOM

データをサーフェスデータに変換する必要がある. MRIのDICOMデータは, オープンソース・ソフトウェアであるOsiriX Imaging SoftwareによりSTLデータに変換した. 得られたSTLデータの解析は, 開発した三次元解析ソフト (株式会社メディックエンジニアリング) によって行い, 左右乳房の法線ベクトルヒストグラムを作成し, 左右乳房の類似度と相関係数を算出した. 左右乳房の範囲は, MRI画像に描出された乳房用サーフェスコールの淵とした. 各ポリゴンの法線ベクトルは, $1\sim 90^\circ$ の範囲で 1° 単位で表される. 法線ベクトルヒストグラムは, X軸が $1\sim 90^\circ$, Y軸がその頻度である (図1c). 左右乳房の類似度はHistogram intersection法で算出した²⁾. 類似度は $0.0\sim 1.0$ の範囲で表され, 1.0に近づくほど類似性を増し, 1.0で完全に一致する. 相関係数は正規化相関法を用いて統計解析した.

結果

症例1

45歳, 女性, 左乳癌 (TisN0M0), C領域, 非浸潤性乳管癌に対して, 左乳房円状部分切除およ

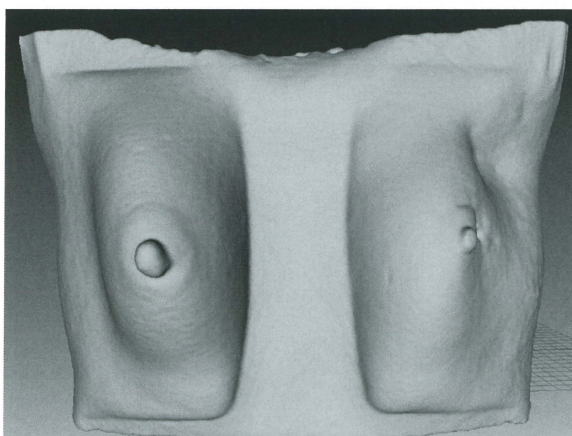


図2 症例1

a:左右乳房3D-MRI画像から加工したSTLデータ

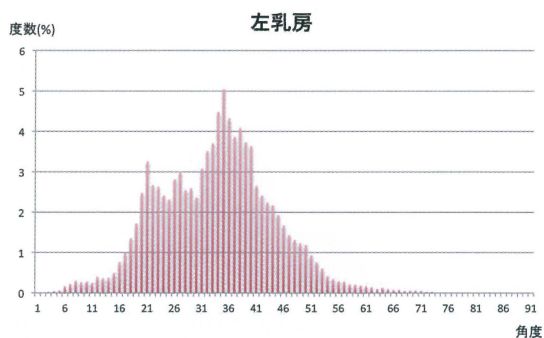
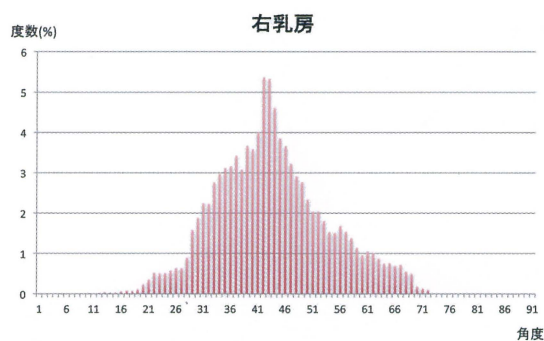


図2b 左右乳房の法線ベクトルヒストグラム

びセンチネルリンパ節生検術，術後放射線照射50Gyが行われた。術後2年半の両側乳房MRI画像を解析した（図2）。類似度は70.3%，相関係数は0.668であった。

症例2

52歳，女性，右乳癌（pT2N1M0，Stage II b），C領域，

浸潤性充実性腺管癌に対して，内視鏡補助下右乳房部分切除および腋窩リンパ節郭清術，術後放射線照射50GyとCEF抗がん剤治療が行われた。術後8年半の両側乳房MRI画像を解析した（図3）。類似度は53.5%，相関係数は0.330であった。

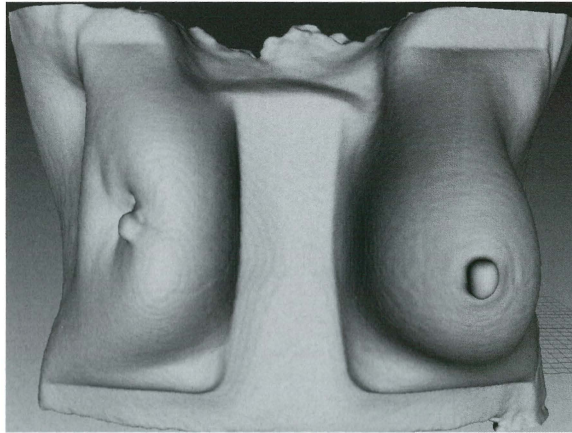


図3 症例2

a:左右乳房3D-MRI画像から加工したSTLデータ

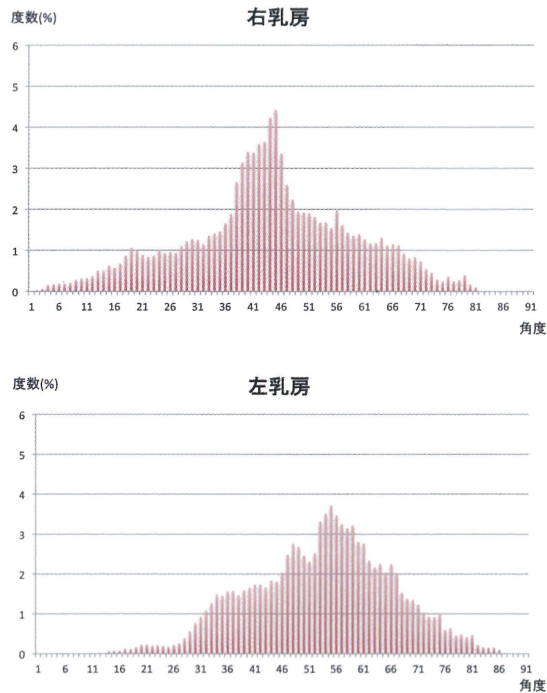


図3b 左右乳房の法線ベクトルヒストグラム

考 察

乳房の量計測法は、数多く報告されており、5種類に大別される。第一に、乳房を含めた体幹の鋳型を取り、乳房部に入る水量を計測する方法が挙げられる³⁵⁾。鋳型法の問題点は、鋳型取りの煩雑さと鋳型そのものの変形である。第二に、扇

型のプラスチックシートを乳房に当て、乳房に合うシートから乳房体積を算出するGrossmann-Roudner法がある。下垂乳房では正確性が低くなり、手術や放射線照射などで変形した乳房には不向きである³⁾。

第三に、一定の大きさのカップを乳房に被せ、乳房とカップの空隙に注水し、その注水量とカッ

ブの容積の合計で算出するアルキメデス法が挙げられる³⁶⁾。カップのサイズによって乳房領域が決められてしまうため、カップサイズの選択によって値は大きく影響を受ける。第四に、マンモグラフィやCT, MRI, 超音波検査画像から体積を割り出す方法であるが、プローブの接触による変形、体位、乳房範囲の決定などに問題があり、標準的な手法となっていない^{37,8)}。最近では3Dスキャナーによって三次元表面データを取り、体積を算出する方法が報告されている⁹⁾。3Dスキャナーは非接触であること、立位でデータを獲得できること、レーザー光によりデータを採取する点でCTやMRIに比べて侵襲が少なく、短時間でデータを取得することができるなど、形態計測法として多くの利点を有する。しかし、下垂の強い乳房では、乳房下溝付近のデータ採取が出来ない欠点がある。乳房は解剖学的に範囲が決まっていないため、3DスキャナーやCT, MRIでは、独自に乳房範囲を規定する必要がある。以上から、いずれの方法も妥当性と信頼性に問題があり、スタンダードと呼べる評価指標がないのが現状である。

従来の乳房の形態評価法は、主観的評価法や写真によるスコアリングなどにより、数数学的判定法の報告はない¹⁾。われわれは、乳房表面形態の左右類似性に着目し、法線ベクトル法を用いた形態評価方法を考案した。2症例で得られた類似度と相関係数は、乳房外観上の類似性に近い可能性があり、客観的な表面形状評価法として、初めての試みである。

法線ベクトルは曲面の解析によく用いられる方法である。健常乳房はなだらかな局面を持っているため、健常乳房の法線ベクトル値もなだらかなヒストグラムを描く。乳癌で切除された乳房では、法線ベクトルヒストグラムが変化し乱れるものと予測される。左右乳房の法線ベクトルヒストグラムを比較し、類似度および相関係数を算出することで、乳房形態の左右差の程度を示すことができ、乳房形態評価法として妥当な方法として期待できる。

今回はMRIデータを対象に解析したが、法線ベクトルヒストグラム解析は、3Dスキャナーから得られたデータに応用できる。3Dスキャナーによる乳房計測は、前述した多くの利点を有するため、発展が期待できる。今後、健常者の乳房により標準的な左右乳房の類似性や、乳癌患者、乳房

再建患者へ対象を広げ、法線ベクトル法による評価法の妥当性と信頼性を検証する。

結 語

MRI DICOMデータを加工した表面データは、三次元的に連続したポリゴンの集まりで、三次元解析ソフトがあればパーソナルコンピュータで解析できる。われわれは、乳房表面形態の評価に法線ベクトル法を応用し、左右乳房の法線ベクトルヒストグラムの類似度と相関係数を算出した。われわれは、乳房表面形態を客観的に評価できる指標の確立を目指す。

本稿を終えるにあたり、多大なるご協力を頂いた松原圭さん、ならびに形成外科スタッフの皆様へ厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Min Soon Kim, Juliano C. Sbaichiero, Gregory P. Reece, Michael J. Miller, Elisabeth K. Beahm, and Mia K. Markey. Assessment of Breast Aesthetics. *Plast Reconstr Surg* 2008; **121** (4): 186e-194e.
- 2) M J Swain, D H Ballard. Color indexing. *International Journal of Computer Vision* 1991; **7**: 11-32.
- 3) Ragip Kayar, Serdar Civelek, Murat Cobanoglu, Osman Gungor, Hidayet Catal, Mustafa Emiroglu. Five Methods of Breast Volume Measurement: A Comparative Study of Measurements of Specimen Volume in 30 Mastectomy Cases. *Breast Cancer: Basic and Clinical Research* 2011; **5**: 43-52.
- 4) Edsander Nord A, Wickman M, Jurell G. Measurement of breast volume with thermoplastic cast. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg* 1996; **30**: 129-132.
- 5) Galdino GM, Nahabedian M, Chiaramonte M, Geng JZ, Manson P. Clinical applications of three-dimensional photography in breast surgery. *Plast Reconstr Surg* 2002; **110**: 58-70.
- 6) Tezel E, Numanoglu A. Practical do-it yourself device for accurate volume

- measurement of breast. *Plast Reconstr Surg* 2000; **105**: 1019-1023.
- 7) Mark A. LePage, Ella A. Kazerooni, Mark A. Helvie, Edwin G. Wilkins. Breast reconstruction with TRAM flaps: Normal and abdominal appearance at CT. *Radiographics* 1999; **19**: 1593-1603.
- 8) Mineyev M, Kramer D, Kaufman L, Carlson J, Frankel S. Measurement of breast implant volume with magnetic resonance imaging. *Ann Plast Surg* 1995; **34**: 348-351.
- 9) Cutting CB, McCarthy JG, Karron DB. Three-dimensional input of body surface data using a laser light scanner. *Ann Plast Surg* 1988; **20**: 38-45.