

2D Tissue Tracking Systemの臨床応用

Two-Dimensional Tissue Tracking System
— A Novel Technique for the Assessment of Regional Myocardial Function

渡邊 望 Nozomi Watanabe

川崎医科大学 循環器内科

今回、日立メディコで開発された2D ティッシュトラッキング法では、超音波断層画面上で独自のパターンマッチング法を用いることにより、任意の二点間距離とそのStrain、Strain レートを求めることができ、さらに原理上角度依存性がないため、任意の方向でのStrainを求めることができる。本稿では、断層心エコー図検査における2D ティッシュトラッキング法の臨床応用につき現時点でのデータを中心に述べる。

A novel tissue-tracking system that enables automatic assessment of two-dimensional strain of left ventricle segments simultaneously from gray-scale digital echocardiography images has been developed by Hitachi Medical Corporation. We have validated its accuracy in an animal study and then assessed this new technique in the clinical images. This report provide the current usefulness of the 2D Tissue Tracking technique, and future direction of this new technique.

Key Words: 2D Tissue Tracking System, Echocardiography, LV Wall Thickening

1. はじめに

ティッシュドプラ法を用いた心筋Strain、Strain rateの計測は、局所壁運動の定量評価法として有用であることが報告されている¹⁾。しかし、ティッシュドプラ法はその原理上超音波ビーム方向上の動きのみ解析可能で、とくに超音波ビームに直行する画面横方向の解析ができないという問題があり、左室心筋Strainの解析に必要な心筋の縦方向・厚み方向・周囲方向の3方向すべての解析を行うことができなかった。

今回、日立メディコで開発された2D ティッシュトラッキング法は、超音波断層画面上で独自のパターンマッチング法を用いることにより、任意の二点間距離とそのStrain、Strain rateを求めることを可能とした。本法は原理上角度依存性がなく、あらゆる任意の方向でのStrainを求めることができるため、必要に応じ心筋上のすべてのベクトルでの解析が可能である(図1)。本法はさまざまな臨床応用の可能性があり、次世代のStrain解析の主流になっていくことが予想される。本稿では、2D ティッシュトラッキング法の臨床応用、とくに左室壁厚変化率に基づく左室壁運動の自動定量解析につき、現状と今後の展望を述べる。

2. 2D ティッシュトラッキングシステム：パターンマッチング法

本技術の自動追跡処理には、パターンマッチング法を用い

ている。これは指定した点を含む小さな領域に最も近いパターンを、次のフレームから探し出す方法である。まず、追跡したい部位を指定する。次に、指定した心筋位置を含む小さな領域を切り出す。切り出した領域に最も近い心筋輝度の分布パターンを持つ領域を次のフレームから探す。この追跡処理をすべてのフレームにわたって繰り返し行う。

このように、本システムでは局所心筋のあらゆる方向の伸縮を自動で計測できる。探索処理には相関演算を用いており、一般的に次のように表せる。

$$k(u, v, t_1) = \sum_{x, y} F(x, y, t_0) F(x - u, y - v, t_1)$$

Fは動きを求めようとする2枚の画像で、x、とyは切り出した画像の領域、 t_0 は基準となる画像の時刻、 t_1 は次の画像の時刻、uとvは相関を求める領域である。距離解像度は0.1mmである。詳細は本誌p19～p22を参照されたい。

3. 2D ティッシュトラッキング法の正確性に関する検討

左室壁運動の評価は、心エコー図検査の重要な役割のひとつである。左室壁運動は、左室壁厚変化率(% WT)に基づいて定量評価できるが、実際には検者の主観によりWall motion

scoreが決定される半定量評価が日常的に行われている^{2)~5)}。左室収縮能の自動定量解析法として、これまでにボーダーディテクション法などが開発されてきたが、心外膜面の追跡が困難であったため% WTの自動計測をすることは不可能であった。左室収縮能の正確な定量評価のために必要な局所の% WTの自動計測が簡便にできるようになれば、日常臨床に大いに貢献すると考えられる。

そこでわれわれは今回開発された2Dティッシュトラッキングシステムを、心内膜・心外膜の二点の追跡とその二点間のStrain算出により% WTを自動的に算出することを試みた。その精度検証のため、犬のモデルを用いて実験を行った⁶⁾。6匹の犬を対象にEUB-6500(日立メディコ)で2-4MHzの広帯域セクタトランスデューサを用い安静時とドブタミン負荷中に断層心エコー図を記録した(フレームレート79~131/S)。記録したデータはAVIファイルとしてMOディスクに保存した。2Dティッシュトラッキングシステムを用いて、断層画像上で心内膜面と心外膜面に初期ポイントを設定しピクセル強度配布の情報に従って選択されたポイントをフレームごとに自動追跡させた。連続3心周期で追跡を行い、心内膜-心外膜間Strainつまり% WTを自動算出した。これらの解析結果を心内膜面・心外膜面に固定した超音波クリスタルで計測したものと比較し検討した。その結果、2Dティッシュトラッキングシステムで自動解析した心内膜-心外膜間Strainは、超

音波クリスタルを用いて求めた心内膜-心外膜間Strainとよい一致を認めた($r=0.92$, $p<0.0001$)(図2)。Strain値は、ドブタミン負荷($40\mu\text{g/ml/kg}$)により優位に上昇した($22.9\pm 5.6\%$ vs. $14.7\pm 2.5\%$, $p<0.05$)(図3)。

4. 2Dティッシュトラッキングシステムの臨床応用に関する検討

臨床例の左室セグメントにおいて2Dティッシュトラッキングシステムを用い、手動で測定された% WTと比較し、左室壁運動の自動定量評価(% WT定量化)が可能かどうか検討した⁷⁾。

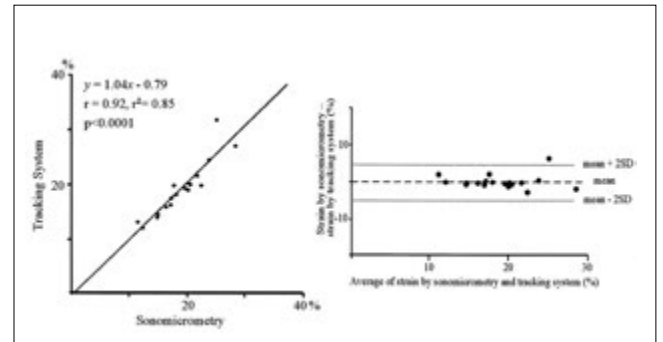


図2：2Dティッシュトラッキングと超音波クリスタルの心内膜-心外膜間Strainの相関⁶⁾

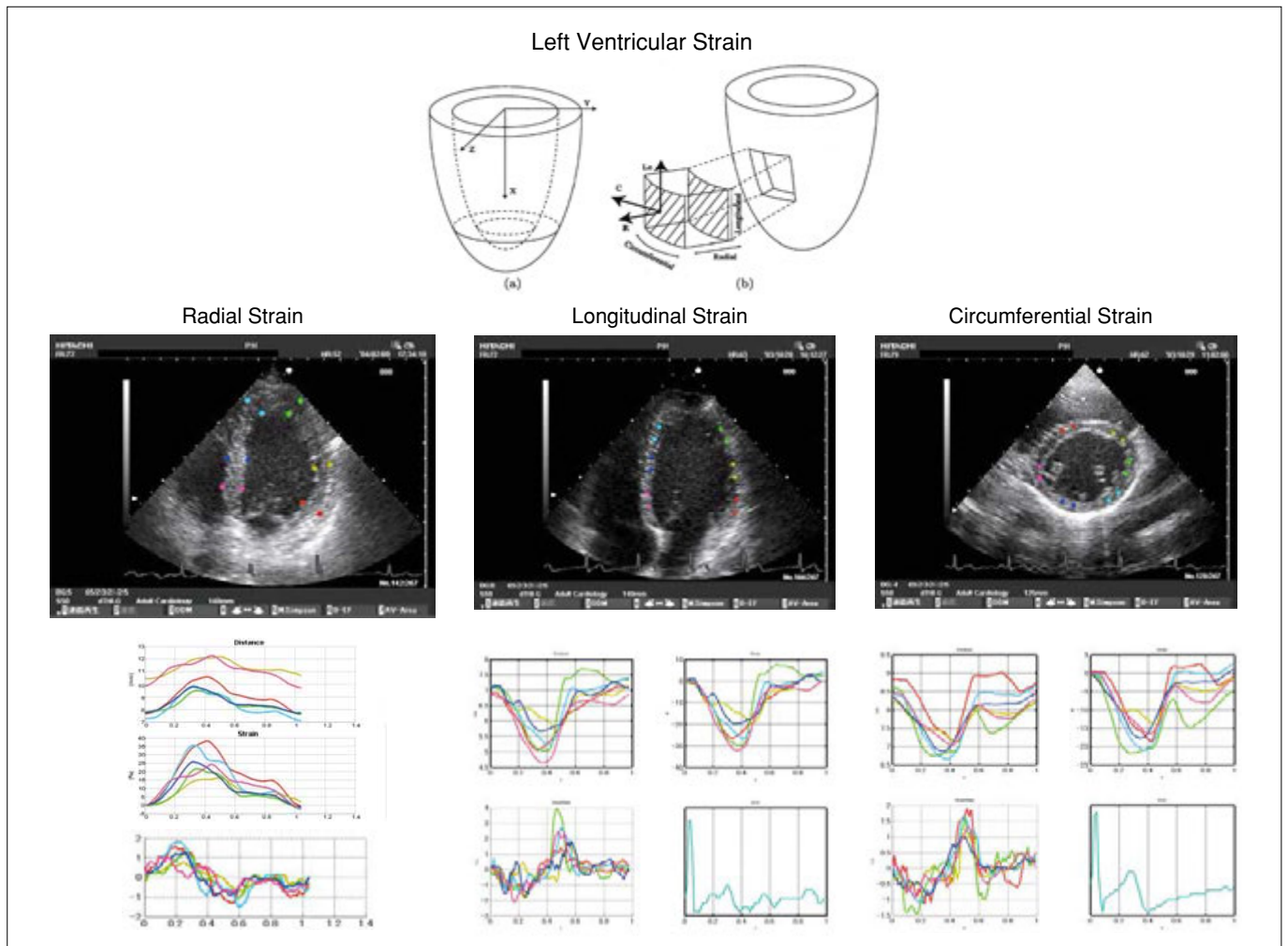


図1：2Dティッシュトラッキング法

経胸壁心エコー図検査を行った連続35名(平均年齢57.6歳)を対象とした。EUB-6500(日立メディコ)で2-4MHzの広帯域セクタトランスデューサを用い、傍胸骨長軸断層像(LAX)、

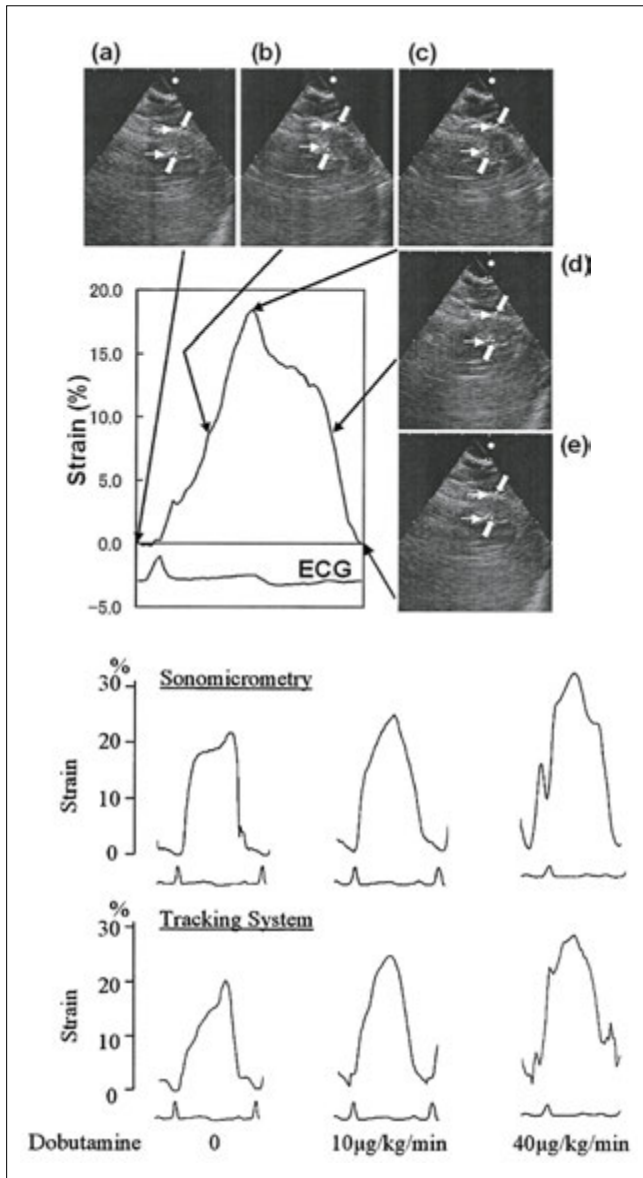


図3：心内膜—心外膜間 Strain 値⁶⁾
ドブタミン負荷(40 µg/ml/kg)により Strain 値は優位に上昇。

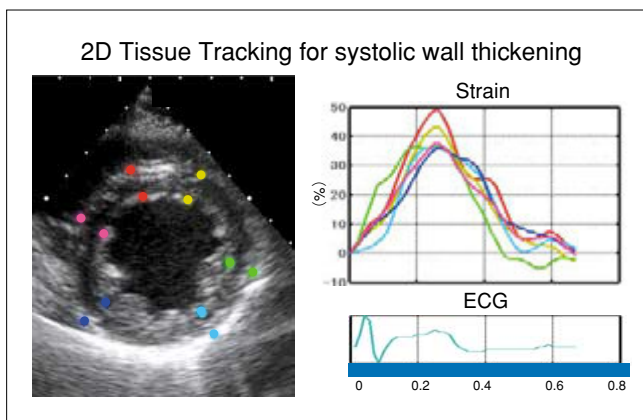


図4：2Dティッシュトラッキングシステム⁷⁾
本システムではすべての選択されたLVセグメントの2ポイント間の距離変化と壁厚方向のStrainが自動的にグラフ化される。

短軸断層像(SAX)、心尖部四腔断層像(A4C)それぞれにおいて断層像をデジタル記録した。得られた断層像は、イメージクオリティにより3段階に分類し、心内膜・心外膜面が連続的に描出できた例をGood、ある程度描出できた例をFairとし、描出困難なpoor例は除外した。2Dティッシュトラッキングシステムによる壁厚方向のStrainの測定を行った。LAX、SAX、A4Cそれぞれのセグメントごとに心内膜と心外膜の2点を設定し、選択されたポイントをフレームごとに自動追跡させた。本システムではすべての選択されたLVセグメントの2ポイント間の距離変化と壁厚方向のStrainが自動的にグラフ化される(図4)。また収縮期の最大壁厚と拡張期の最小の壁厚をエコーマシンの測定ツールを使用し、各セグメントごとにマニュアル計測を行い%WTを算出した [%WT : (maximum thickness - minimum thickness) × 100 % / minimum thickness]。2Dティッシュトラッキングシステムにより得られた%WTとマニュアル測定により得られた%WTを比較検討した。

35名で105イメージを記録し、イメージクオリティにより、55例をGood：46例をfair、および4例をpoorと分類した。結果、2Dティッシュトラッキングシステムによって評価した壁厚方向のstrainとマニュアルで計測した%WTは良好な一致を示し(図5)、全セグメントでは($r = 0.89, p < 0.001$; mean difference $-0.50 \pm 13.09\%$)であった。イメージクオリティによる比較では、goodイメージは($r = 0.94, p < 0.001$; mean difference $0.86 \pm 10.2\%$)であり、fairイメージ($r = 0.82, p < 0.001$; mean difference $-0.06 \pm 16.78\%$)に比べ、良好な一致を認めた。現時点では2Dティッシュトラッキングシステムの精度は、2Dのイメージクオリティに影響を受けるが、明瞭な画像上では十分な精度を得ることができ、左室壁運動の自動定量評価が可能であった。

5. 2Dティッシュトラッキングシステムによる局所壁運動のカラーマッピング

現在開発中の2Dティッシュトラッキングシステムによる局所壁運動のカラーマッピングは、断層画面上の左室心筋内膜・外膜を連続的に追跡しおのおのStrainを算出、それに基づいてカラーマッピングを行う技術である(図6)。

心筋局所壁運動を定量化しさらに視覚化することで、壁運動評価の定量評価が飛躍的に簡便となり、日常臨床に有用なものとなることが大いに期待される。実際には左室壁厚変化率は均一ではなく、部位によるバリエーションがあることがわかってきており、この新しい技術を用いて新たな概念に基づく心機能評価法が生まれることも期待される。

6. おわりに

2Dティッシュトラッキングシステムは任意のベクトルでのStrain解析を可能とし、さらに同一断面上での複数セグメントの同時自動追跡も可能である。現時点では追跡精度が断層エコー像のイメージクオリティに依存するという問題点、さらには二次元断層エコーの弱点である三次元方向への心筋シ

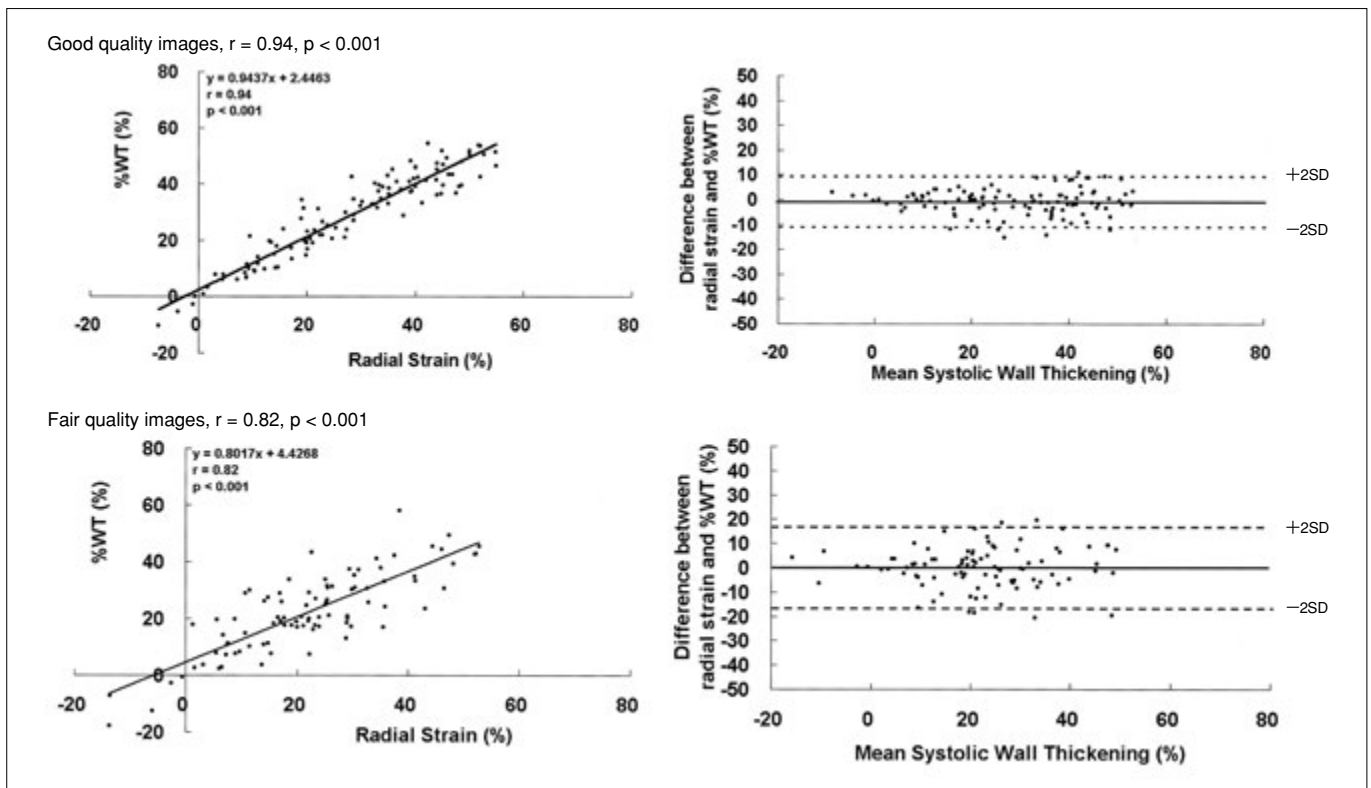


図5：2Dティッシュトラッキングシステムとマニュアル計測との比較

2Dティッシュトラッキングでの壁厚方向のStrainとマニュアルでの%WTは良好な一致を示し、goodイメージではfairイメージに比べより良好な一致を認めた。

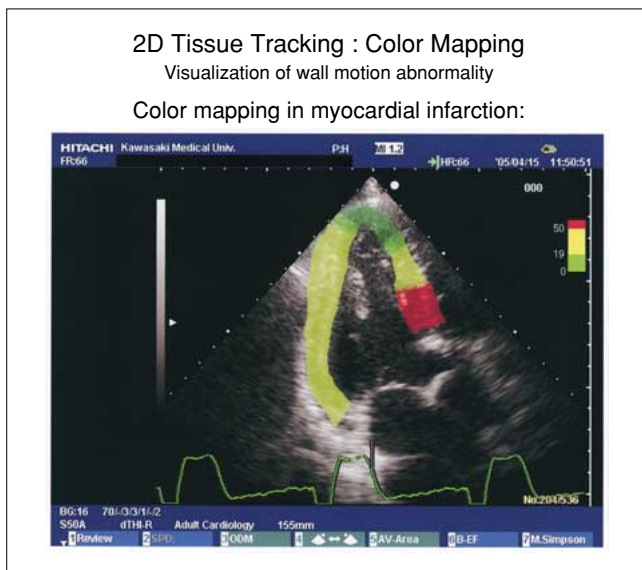


図6：2Dティッシュトラッキングシステムによる局所壁運動のカラーマッピング

心尖部の心筋梗塞部が緑色で表示され、局所壁運動異常を示している。

フトに対応できないという現状がある。これらは断層心エコー図そのもののリミテーションであり、画質の向上とともに三次元心エコー図での本法の応用につなげていく必要がある。今後は負荷心エコー図での活用や%WT以外の任意の部分でのStrain評価など、活躍の場は多岐にわたると思われる。

参考文献

- 1) Urheim S, et al : Myocardial strain by Doppler echocardiography : validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation*, 102 : 1158-1164, 2000.
- 2) Feneley MP, et al : Validity of echocardiographic determination of left ventricular systolic wall thickening. *Circulation*, 70 : 226-232, 1984.
- 3) Visser CA, et al : Apex two dimensional echocardiography : alternative approach to quantitation of acute myocardial infarction. *Br Heart J*, 47 : 461-467, 1982.
- 4) Parisi AF, et al : Quantitative detection of regional left ventricular contraction abnormalities by two-dimensional echocardiography, II : accuracy in coronary artery disease. *Circulation*, 63(4) : 761-767, 1981.
- 5) Moynihan PF, et al : Quantitative detection of regional left ventricular contraction abnormalities by two-dimensional echocardiography, I : analysis of methods. *Circulation*, 63(4) : 752-760, 1981.
- 6) Toyoda T, et al : Assessment of regional myocardial strain by a novel automated tracking system from digital image files. *J Am Soc Echocardiogr*, 17 : 1234-1238, 2004.
- 7) Sukmawan, et al : Automatic quantification of left ventricular systolic wall thickening using two-dimensional strain assessed by a novel tissue-tracking system. *J Echocardiogr*, 3 : 27-32, 2005.