

3D Wall Motion Tracking技術を用いたActivation Imaging

阿部 康彦 超音波開発部臨床応用開発担当

近年、心エコーにおいてはスペックルトラッキング技術を用いた壁運動解析が注目を集めており、その応用が広がっている。当社は、この技術を活用したアプリケーションとして“Wall Motion Tracking”（二次元の2D WMTおよび三次元の3D WMT）を開発し、「Artida」および「UltraExtend Workstation」上に搭載している。特に、二次元の制約である through-plane の影響を受けない3D WMTを世界に先駆けて製品化し、三次元動画画像を用いた多彩な解析機能を提供している¹⁾。本稿では、3D WMTを用いた新しい映像化機能である“Activation Imaging (AI)”に関して概説する。

■ AI 開発の背景

cardiac resynchronization therapy (CRT) では、左室収縮の機械的な非同期性が評価される。このために、主に strain 波形の局所領域間における収縮末期でのピーク時間ズレ等が用いられている。この際に、CRTの responder となりうる左脚ブロックを伴う心不全症例では、strain 波形上での1stピークと呼ばれる心室中隔での微弱な早期収縮が、所見のひとつとして知られている。ところが、ピーク時間で評価を行うと、この1stピークが収縮末期以降のピークにマスクされて、後側壁との時間差が小さくなり、非同期性が正しく評価できない場合がある。また、最近の電気生理マッピング装置を用いた検討から、左脚ブロックにおける左室心筋の多様な電気活動伝播パターンが存在が示されており、1stピークの例のように、収縮末期のみでの観察では非同期性の評価が十分でない可能性がある。

ここで、心筋の電気的な興奮と収縮は連関しており、非同期性は収縮初期の電気刺激伝播の異常に関係が深いと

考えられている。そして、3D WMTで観察された strain 画像による収縮伝播のパターンが、電気生理マッピングによる左脚ブロック症例における特徴的な電気興奮伝播のパターンと一致する例が示されている²⁾。そこで、より正確な非同期性の評価が期待される収縮早期に起こる現象の解析を目的として、収縮の立ち上がり時相での strain 等の壁運動情報分布の変化をとらえて表現するAIを開発した。

■ AIの概要

AIでは、3D WMTで得られる局所の壁運動指標が、1心拍中のピーク値に対して所定の閾値レベルに到達する時間を色づけて表示する。この際、左室の内膜面全体について、いったんこのレベルに到達した部位では、到達時間に対応する色を保持する。この様子を図1で模式的に示した。図中の frame は時間に対応しており、各点での壁運動指標値が所定のレベルに最初に到達したタイミングを、その部位で収縮が伝播したものと見なしてマッピングされている。

■ AIの処理と特徴

AIの具体的な処理内容を図2で説明する。位置（色で表現）の異なる壁運動指標（radial strainの模式例）の時間変化曲線について、まず、各位置での時間的ピーク値を用いて規格化を行う。これは、健常例であっても領域ごとにピーク値が異なることを考慮して、その領域がピークに至るまでの相対的なタイミングを評価するために行う前処理である。この規格化により、虚血性心疾患のように健常な部位と局所的な病変部位が混在する場合や、心筋症のようにびまん的な壁運動低下を生じる症例を画一的に評価することが可能となる。この際に、ノイズ波形のように、値が極端に小さい場合に規格化によってノイズが強調されないようにするため、ピーク値がノイズレベル設定以下の部位には色づけを行わない。次に、規格化された時間変化曲線について所定の閾値レベルを設定し、波形がこのレベルに到達した時の時間を、所望のカラーマップに割り付けて画像として表示する。

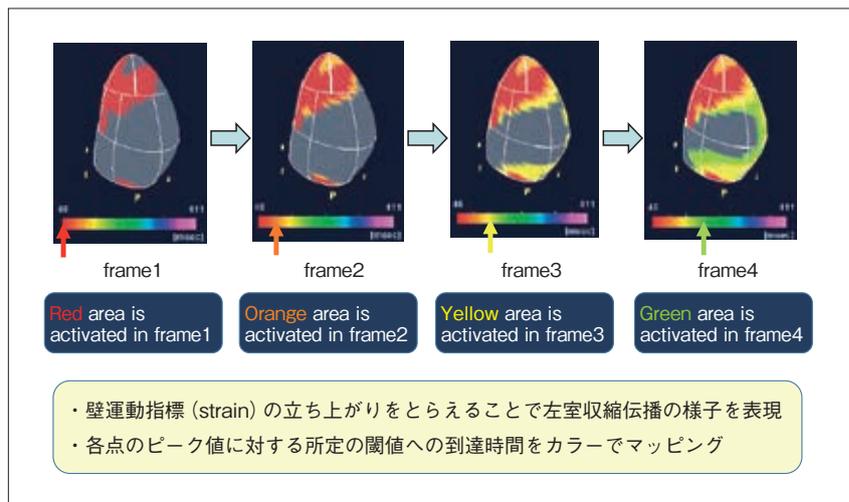


図1 Activation Imagingの概要

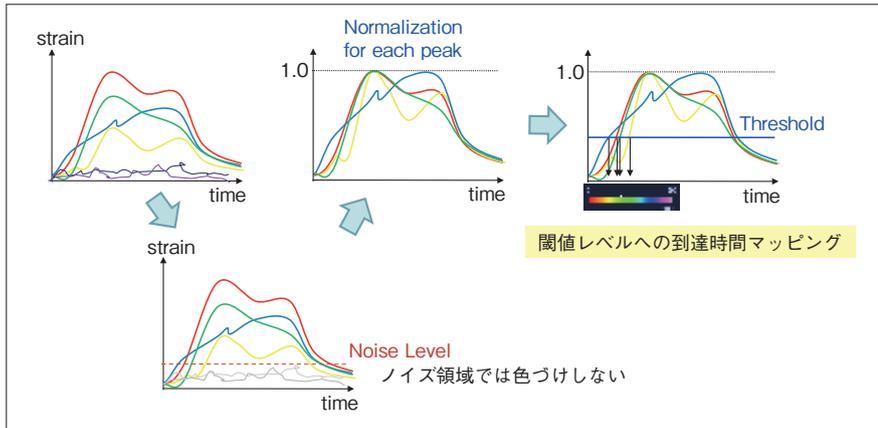


図2 Activation Imagingの処理

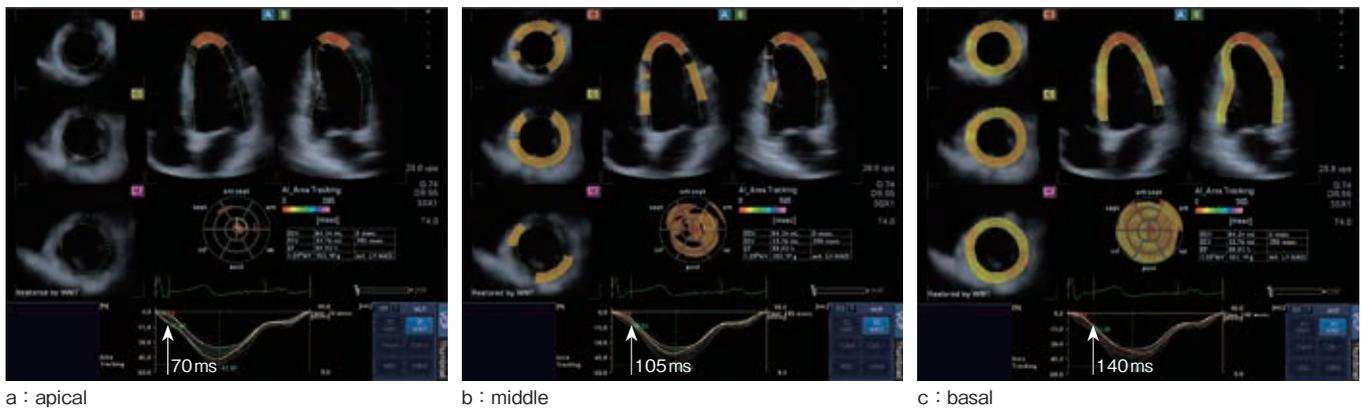


図3 area change ratioによるAI (健常例)

このAIにおける閾値レベル設定には、以下のような特徴がある。

- ① ピーク値で規格化していることから0.0～1.0の範囲で定義され、製品では0.05～0.95の可変範囲を有する。
- ② 小さな値（～0.25程度）にすることで、収縮初期での壁運動指標の立ち上がりの様子をとらえる。
- ③ 値を大きくするにつれて収縮後期の挙動を反映するようになり、1.0となった時を考えると、time-to-peakのマッピングと等価である。この場合にAIは、3D WMTで提供されている映像化機能であるDyssynchrony Imaging (DI) と同等の意味を持つことになる。

なお、収縮の有効な極性 (radial strainの場合は正) に対して、指標値の極性が反対でdyssynchronousな動きをしている場合には、波形が有効な極性の所定のレベルに到達しないために、AIの色づけは行われない。

AIで解析が可能な壁運動指標としては、左室の構造的に直交するradial,

longitudinal およびcircumferentialの各strainと、内外膜間のshear変形成分も加味された壁厚方向の指標である3D strain、および内膜面の面積変化率 (area change ratio) がある。AIの表示形式としては、図1のような3D表示や、図3に示すようなPolar-mapおよびMPR画像上へのカラー重畳表示がある。

■ AIの適用結果

図3の健常例におけるarea change ratioを用いたAIでは、QRSの立ち上がりからの経過時間に応じて、心尖部から心基部にわたって円周方向にほぼ一様に収縮が伝播していく様子が示されている。

臨床での最初の試みとして、AIは非観血的にlatest activationを画像化できる新しい手段の可能性があると報告されており³⁾、また、CRT前後における非同期性から収縮性への伝播パターンの変化を可視化できたとの報告もある⁴⁾。



Activation Imaging機能の背景と技術内容および特徴について概説した。本

法により、収縮の初期時相での壁運動情報分布の変化について、左室全体にわたる可視化が可能となり、症例での適用報告も始まっている。臨床例でのさらなる有用性や新しい価値については、今後の医学研究が待たれる。

●参考文献

- 1) 橋本新一・他：3D Wall Motion Tracking技術の特徴と最新動向。INNERVISION, 26・4, 24～25, 2011.
- 2) 瀬尾由広：3次元心エコー法による dyssynchrony の評価。月刊心エコー, 10・2, 152～163, 2009.
- 3) Onishi, T., et al. : Activation imaging ; A novel approach to three-dimensional mechanical mapping using speckle tracking strain. J. Am. Coll. Cardiol., 59・13s1, E1365～E1365, 2012.
- 4) Seo, Y. : 3D speckle tracking imaging in assessing cardiac geometry and function Circ. J., 76 (Suppl. 1) . I-468, 2012.

問い合わせ先

東芝メディカルシステムズ株式会社
超音波事業部
〒324-8550
栃木県大田原市下石上1385番地
TEL : 0287-26-5029
http://www.toshiba-medical.co.jp