

修士学位論文要約（平成29年3月）

超音波散乱体位置の時間変化の特徴に基づく 心臓壁と内腔の識別に関する研究

高橋 航平

指導教員：金井 浩

Identification of the heart wall and chamber based on temporal change of ultrasonic scatterer distribution

Kohei TAKAHASHI

Supervisor: Hiroshi Kanai

In most current methods for evaluating the cardiac function by ultrasound, the heart wall area is identified manually by an examiner. To eliminate examiner-dependence and to improve usability, an automatic identification method of the heart wall and the chamber is desirable. Identification based on only echogenicity often fails because of low echogenicity of some areas of the heart wall. In the present study, to determine more essential features, we focused on the relative temporal change of ultrasonic scatterer distribution and proposed three features for identification of the heart wall and the chamber: cross-correlation of RF signals, that of envelopes and spatial dispersion of movement vectors in small regions. In an in vivo experiment, using echogenicity and the three features, we automatically identified the heart wall and the chamber in the left ventricular long-axis view of three test subjects. The identified areas as the heart wall using the features mostly locate in the areas with high echogenicity in B-mode images, and the criteria of separability of the features achieved more than twice as large as those of echogenicity in all test subjects. The results show the high potential of the proposed features in identifying the heart wall and the chamber.

1. はじめに

近年、循環器系疾患の発症率が増加しており、現在、心疾患は日本人の死因順位の第2位と大きな割合を占めている。心疾患の診断法として、超音波診断は生体に非侵襲であるため、心臓のマクロな運動や形態の経時的変化を反復的に観察でき、有用とされている。心筋機能評価手法の多くで、解析対象である心臓壁の領域は、心臓Bモード断層像上で検者によって手動で設定されており、検者間の差の発生や設定に時間や手間がかかることが問題とされている。心機能評価法の臨床応用における検者依存性の排除、利便性の向上のため、心臓壁領域の自動同定が望まれる。心臓壁領域の自動同定手法として、心臓からの後方散乱波パワー、すなわち輝度を用いた、心臓壁と内腔のセグメンテーション法や境界検出法が提案されている。しかし、1心拍間で心臓壁内に低信号強度の領域が発生する場合があるため、輝度のみを用いた心臓壁領域の高精度な自動同定は困難である。そこで、本研究では1心拍間で心臓壁領域の高精度な自動同定を目的とし、心臓壁と内腔の識別に有効な特徴量を提案する。ヒト心臓のin vivo計測データに対して、提案特徴量を用いた心臓壁と内腔の識別手法を適応することで提

案特徴量の有効性を示す。

2. 心臓壁と内腔の識別の原理

心臓壁、内腔における、主な散乱体はそれぞれ細胞間質、赤血球である。これら散乱体の空間分布に着目すると、心臓壁では、個体構造の心筋束により散乱体空間分布が保持されるのに対し、内腔では、血液の流動性により散乱体空間分布が時間変化すると考えら

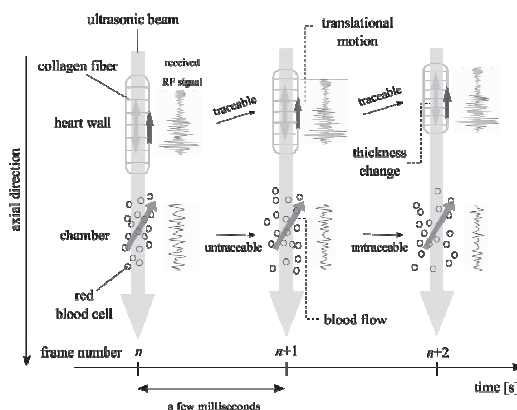


図1 散乱体空間分布とRF信号の時間変化。

れる。¹⁾ 図1に心臓壁と内腔における散乱体空間分布の時間変化を示す。本研究では、散乱体空間分布の時間変化によって生じる、RF 信号波形の時間変化に着目し、識別に有効な特徴量として、RF 信号相互相関、包絡線相互相関、移動ベクトルばらつきを検討し、クラス分類法を用いた心臓壁と内腔の自動識別法²⁾を検討した。

3. 心臓壁と内腔の識別における特徴量の有効性評価

被験者3名のヒト心臓の *in vivo* 計測データに対して、提案特徴量を用いた心臓壁と内腔の自動識別手法を適応した。各特徴量の分類精度評価指標として、分類性能尺度³⁾を用いて定量評価を行なった。今回、被験者1名の結果のみについて報告する。

図2に各特徴量による、1心拍間の分類性能尺度の時間変化を示す。I, II, III, IV, V, VI はそれぞれ等容性収縮期、駆出期、等容性弛緩期、急速流入期、緩徐流入期、心房収縮期を表す。駆出期後を除く全心時相で、分類性能尺度は提案特徴量の方が、輝度よりも十分に大きい値を示した。この傾向は他被験者2名においても確認された。以上から、心臓壁と内腔の識別における提案特徴量の有効性が示された。

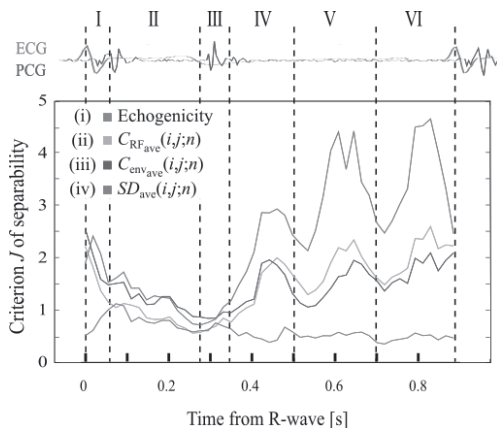


図2 分類性能尺度の1心拍間の時間変化。

4. 心臓壁と内腔の識別結果

図3に各特徴量を用いた、心臓壁と内腔の自動識別結果を示す。なお、示したフレームは分類性能尺度が大きい心時相、すなわち心房収縮期におけるフレームである。図3(a) Bモード像における高輝度部位、低輝度部位と、図3(b), (c), (d) (左) 提案特徴量の空間分布における暖色領域、寒色領域が概ね一致しており、また、Bモード像と図3(b), (c), (d) (中央) 識別結果が概ね一致することが確認でき、心臓壁と内腔の識別における提案特徴量の有効性が示され

た。心臓壁、内腔において誤分類が生じる領域が確認されるが、これらは心臓壁の厚み変化や内腔に残留したクラッタ成分の影響であると考えられ、今後より詳細にそれら影響の除去について検討し、改善を試みる。

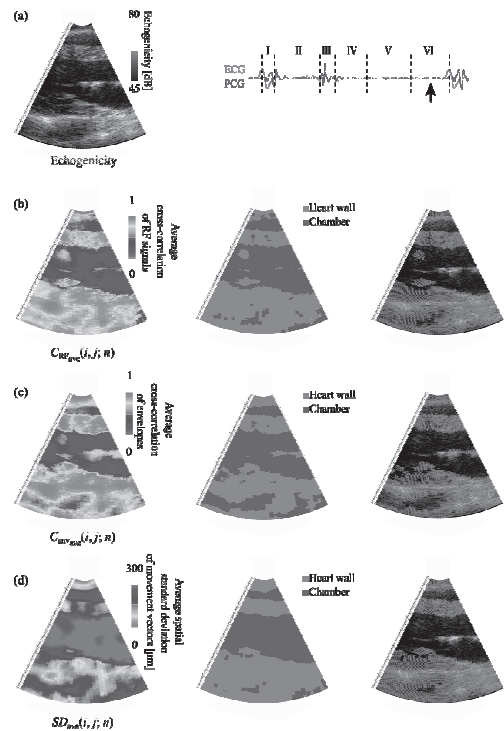


図3 識別結果。(a) Bモード像。(b) RF信号相互相関。(c) 包絡線相互相関。(d) 移動ベクトルばらつき。(左) 空間分布。(中央) 識別結果。(右) Bモード像と識別結果の重ねあわせ。

5. まとめ

本研究では、心臓壁と内腔の識別に有効な特徴量を提案した。提案特徴量を用いた、心臓壁と内腔の自動識別結果の定量評価により、提案特徴量の識別における有効性が示され、識別における高精度化の可能性が示された。

文献

- 1) K. Takahashi, H. Taki, H. Kanai, J. Appl. Phys., (2017, in press).
- 2) C. M. Bishop, Springer, Berlin, 2006.
- 3) K. Fukunaga, Academic Press, Boston, MA, 1990, 2nd ed.