

21

心臓らしい心臓モデル

物理法則拘束付きガウス過程回帰を用いた心臓のモデル

どんな研究

心臓の核磁気共鳴画像 (Magnetic Resonance Imaging: MRI) から心臓の3次元形状とその時間的な形状変化を推定します。この心臓形状推定問題は(1)画像のセグメント分割問題と(2)セグメントからの3次元形状の回帰問題に分けることができます。本研究では特に後者の回帰問題に注力しました。

どこが凄い

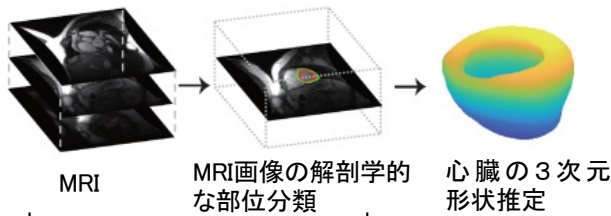
心臓の形状推定問題において、MRI画像から得られる見た目の手がかりとは別に心臓の形状変化は全身に血液を送るポンプのような動きをするという物理法則を隠れた手がかりとして新たに活用するアイデアを導入し、これを拘束付き3次元形状回帰問題として解く方法を考案しました。

めざす未来

心臓病は重篤な症状を引き起こす疾患であり、世界の成人人口の約1~2%が何らかの心疾患の影響を受け、特に70歳以上の罹患率は10%以上にもなるとわれています。病気の予防・早期診断に
応える医療技術の今後の発展の一要素として、機械学習の活用を図っていきたいと考えています。

心臓の三次元形状推定問題

- 核磁気共鳴画像からの心臓の三次元形状の推定



セグメント分割を解く深層学習

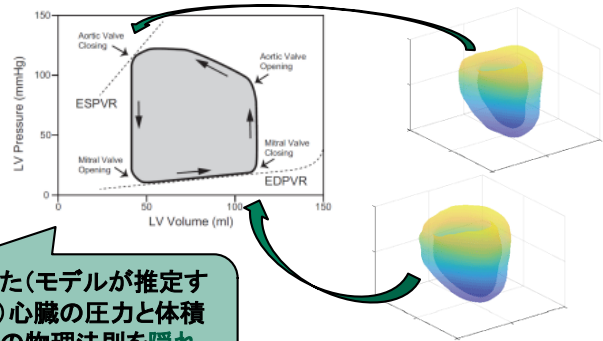
形状推定問題を解く回帰モデル学習

最新の深層学習手法を利用 [2]

本研究の焦点: ガウス過程回帰モデルに対して新たに心臓の物理的拘束を導入 [1]

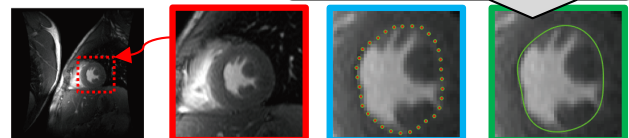
物理法則による拘束付き回帰モデル

- Frank-Starling法則と呼ばれる「心臓らしい心臓の動き」を表す物理拘束をガウス過程回帰モデルに導入



隠れた(モデルが推定すべき)心臓の圧力と体積の間の物理法則を隠れマルコフモデルで表現

提案モデル(右)は専門家による人ラベル(中央右)に近い形状を推定

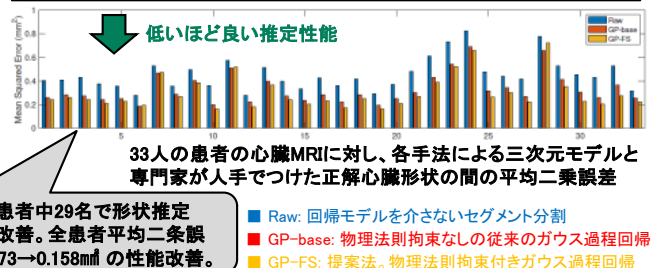


左: 観測(入力)MRI。中央左: 心内膜部拡大図。中央右: 専門家が人手で描いた心内膜。右: 提案モデルによって推定された心内膜。

問題の難しさと本研究の貢献

- 真の心臓形状を知ること自体が容易ではない(専門家が膨大な手間をかけ人手で画像にラベル付け)。
 - ➔ 教師なし回帰モデルに物理法則拘束を付けることで代替
- 心臓の詳細な細部を捉えることが本質的に難しい(核磁気共鳴画像自体がもともと心臓の時間的・空間的に局所的な統計の手がかりしか与えてくれない)。
 - ➔ 時系列モデルを使って、ある時刻の形状手がかりを別の時刻へも伝播

目標: 専門家が人手で付ける形状推定に迫りたい



関連文献

- [1] M. Nakano, R. Shibue, K. Kashino, S. Tsukada, H. Tomoike, "Gaussian process with physical laws for 3D cardiac modeling," under review.
 [2] T. Ngo, Z. Lu, G. Carneiro, "Combining deep learning and level set for the automated segmentation of the left ventricle of the heart from cardiac cine magnetic resonance," *Medical Image Analysis*, Vol. 35, pp. 159-171, 2019.

連絡先

中野 允裕 (Masahiro Nakano) メディア情報研究部 / バイオメディカル情報科学研究センタ
 Email: cs-openhouse-ml@hco.ntt.co.jp

