医用機械知能チーム
Machine Intelligence for Medical Engineering Team

原田 達也
Tatsuya Harada

背景・目的

心疾患は日本人の死亡原因第二位である．大規模かつ高品位な教師情報付き循環器系データセットを構築し，日本人の特性にあった循環器系診断支援システムを構築する．

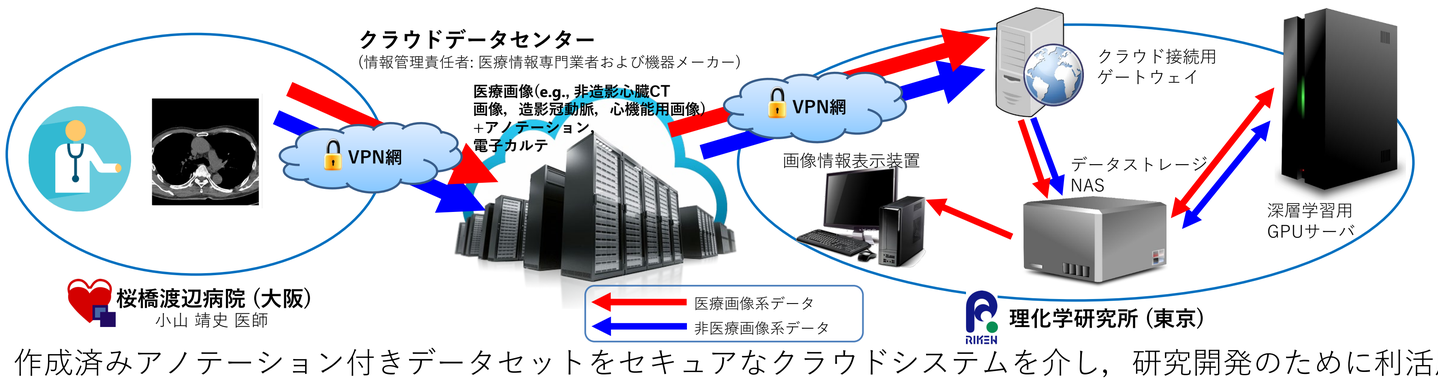
進捗

- 医療データ(心臓冠動脈)に対するアノテーションの拡充.
- 心臓冠動脈の内腔・外腔境界を検出する手法の開発 (ISBI 2020 に採択).
- 心臓冠動脈の優位狭窄を識別する手法の開発 (MICCAI 2019 に採択).

医療データに対するアノテーションの拡充

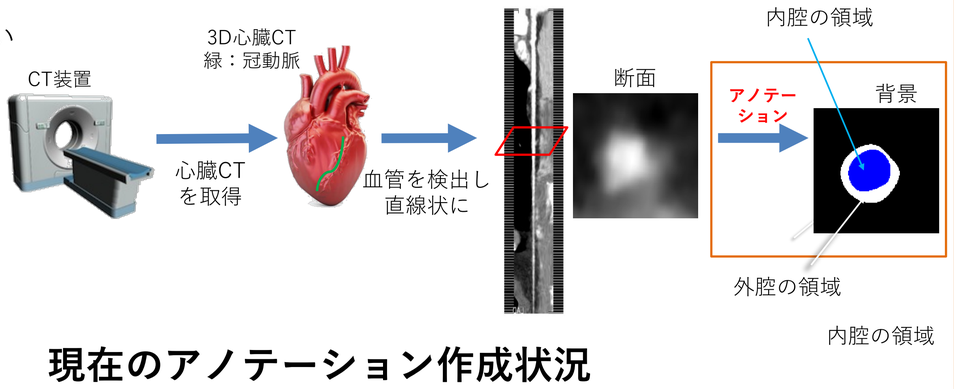
循環器系診断支援システムのための心臓冠動脈アノテーション

虚血性心不全では，冠動脈がプラークにより閉塞し，心筋への血液が滞り心停止につながる
→緊急性が高く，早期発見と対処が必要．しかし，診断はマニュアル工程が多く，医師・技師の負担が大きい
→負担軽減のため，診断支援システムの構築に必要な心臓冠動脈アノテーションを作成する



作成済みアノテーション付きデータセットをセキュアなクラウドシステムを介し，研究開発のために利活用

心臓冠動脈アノテーションのパイプライン



現在のアノテーション作成状況

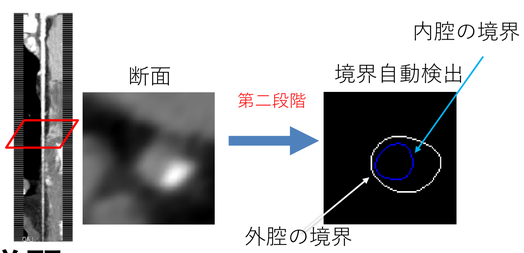
・92 患者の冠動脈 (CTスライス数 94,845枚)

心臓冠動脈の内腔・外腔境界を検出する手法の開発

Huang, Tejero-de-Pablos, Yamane, Kurose, Iho, Tokunaga, Horie, Nishizawa, Hayashi, Koyama, and Harada: "Coronary Wall Segmentation in CCTA Scans Via a Hybrid Net with Contours Regularization," *International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*, 2020.

深層学習による冠動脈の内腔&外腔境界検出

冠動脈の内腔，特にプラークが存在する場合
外腔境界検出は熟練スキルが必要
→冠動脈における内腔・外腔境界の自動検出を行う

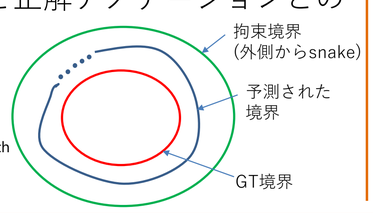


円環を保証する学習

「血管ならではの特徴」を考慮するため，境界が「必ず閉じた円となる」
morphological snake[1]の制約を導入

・「予測された境界」と「必ず閉じた円である拘束境界」とのハウスドルフ距離
・「予測された境界」と正解アノテーションとのハウスドルフ距離

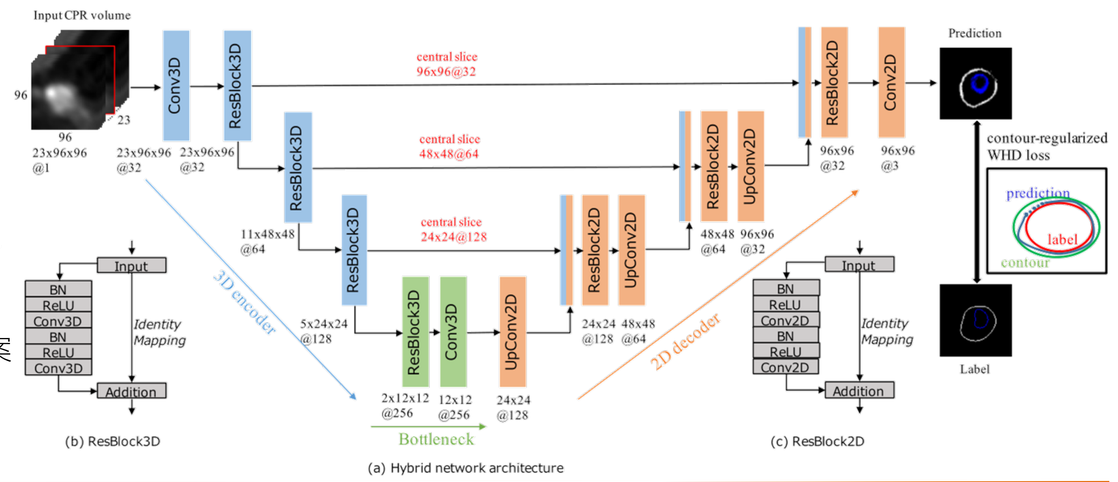
の和をlossとして
ネットワークを学習



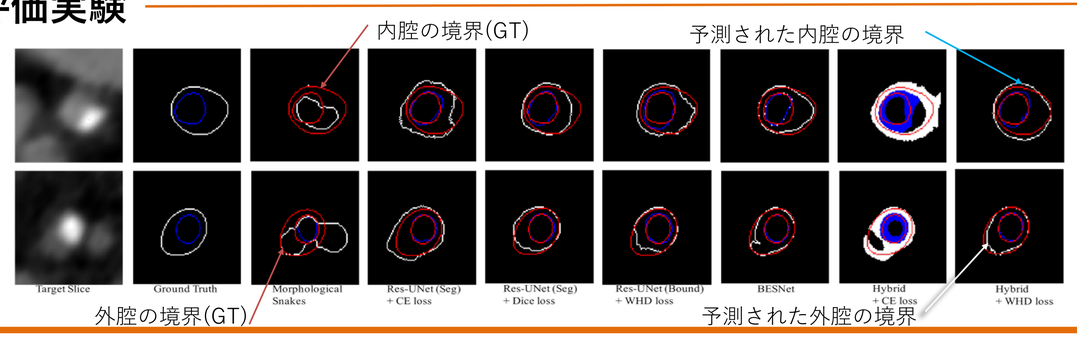
[1] Mrquez-Neila, et al. : A morphological approach to curvature-based evolution of curves and surfaces. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2014.

Hybrid Res-UNet

空間的連続性を考慮するため，3Dの入力に対し出力結果が2DであるHybrid ResU-Netを提案



評価実験



セグメンテーションを境界に変換

Method	95%タイルハウスドルフ距離 HD95	平均境界間距離 ABD	Dice係数 DSC
morphological Snake [1]	24.79	19.44	0.56
Res-UNet [6] (Seg) + Dice	4.59	2.37	0.82
Res-UNet [6] (Seg) + CE	3.43	1.62	0.85
Res-UNet [6] (Bound) + WHD	3.56	1.68	0.81
BESNet [10]	3.39	2.61	**0.86**
hybrid (Bound) + CE	4.76	3.16	-
hybrid (Bound) + WHD (ours)	**3.20**	**1.53**	0.85

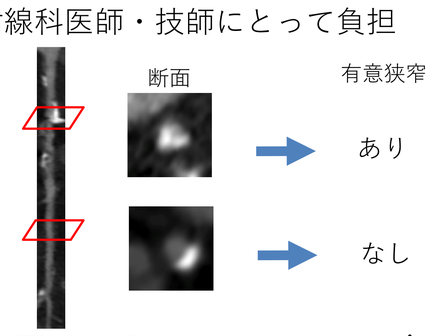
↑小さい程良い↑　大きい程良い↑

心臓冠動脈の優位狭窄を識別する手法の開発

Tejero-de-Pablos, Huang, Yamane, Kurose, Mukuta, Iho, Tokunaga, Horie, Nishizawa, Hayashi, Koyama, and Harada: "Texture-based Classification of Significant Stenosis in CCTA Multi-view Images of Coronary Arteries," *International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI)*, 2019.

狭窄

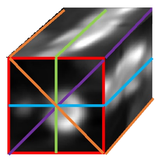
心臓の冠動脈における内腔が狭小化すること
狭小化が50%以上になると優位狭窄と診断される
CT画像を用いて検出可能であるが，量が多いため，放射線科医師・技師にとって負担



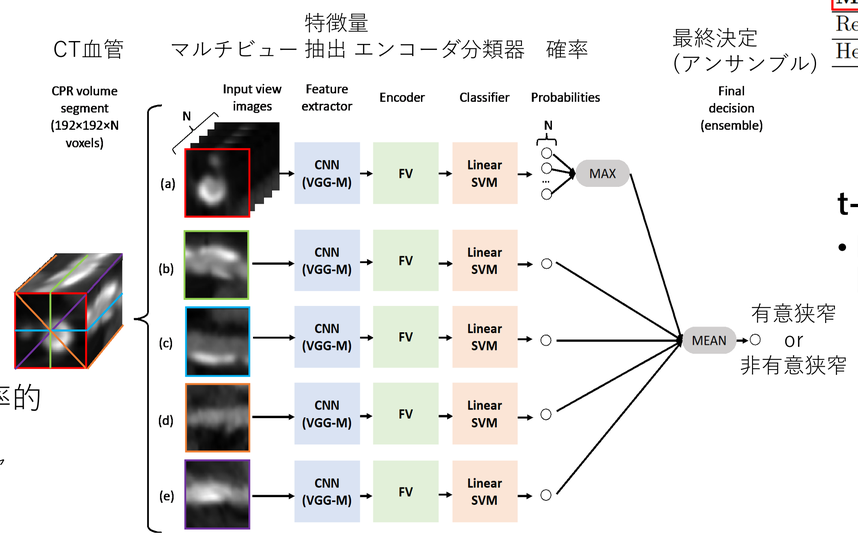
CNN-Fisher Vectorエンコーディング[2]を用いた特徴量抽出

・テクスチャ分類のために考案 (fabric, marbled, etc.)
・任意の形や大きさの領域に対する特徴量記述として効率的

マルチビューからの特徴抽出



Axial, sagittal, ordinal, diagonal$_1$, diagonal$_2$
各ビューを用い，コンパクトなモデルで学習
放射線医師・技師と同様のアプローチ



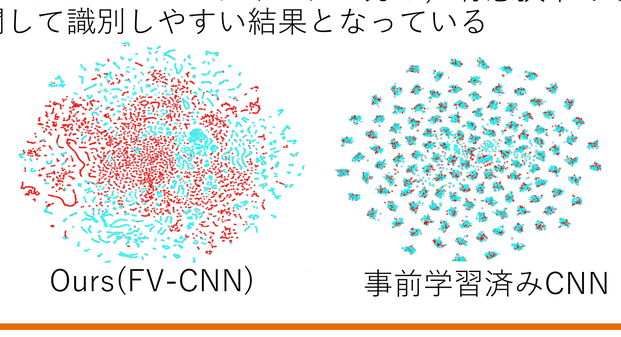
[2] Cimpoi et al., Deep filter banks for texture recognition and segmentation, Int J Comput Vis, 2015

評価実験

Method	*Se*	*Sp*	*Acc*	Dataset
(a) Axial view	84.2	65.94	67.64	57 patients (70 significant stenosis)
(b) Sagittal view	81.97	77.19	77.7	
(c) Coronal view	75.62	75.79	76.15	
(d) Diagonal$_1$ view	68.34	78.64	78.57	
(e) Diagonal$_2$ view	68.36	74.75	74.92	
Multiview ensemble	**90**	**79.84**	**80.54**	
Recurrent CNN [13]	—	—	80	163 patients (161 significant stenosis)
Healthy lumen estimation [6]	90	85	—	150 patients (—)

感度: $Se \equiv {}^{TP}/_{TP+FN}$, 特異度 : $Sp \equiv {}^{TN}/_{TN+FP}$
精度 : $Acc \equiv {}^{TP+TN}/_{TP+FN+TN+FP}$

学習データが1/3程度にも関わらず，既存研究の最高精度に匹敵

t-SNEによるFV-CNNエンコーディング特徴量の可視化

• FV-CNNエンコーディングの方が，有意狭窄ありなしに関して識別しやすい結果となっている