

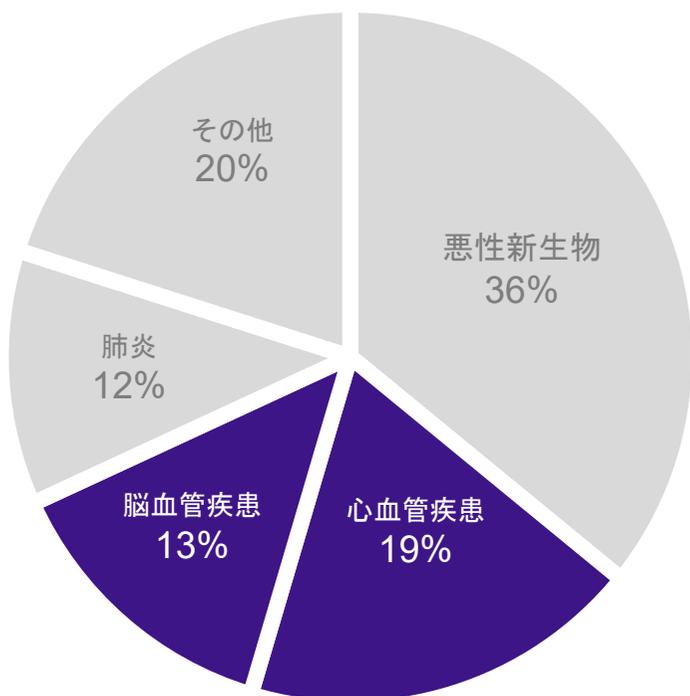
# 深層学習を用い臓器内の血流場を推定する 際の負担を軽減する血流場推定装置

東北大学 流体科学研究所 流動創成研究部門  
助教 安西 眸

2024年12月19日

# 開発の背景

死因別死因割合

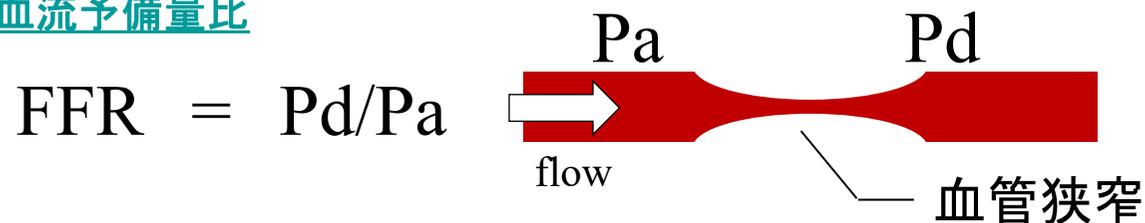


本邦の死因割合は  
約1/3 (約30万人)  
が血管に関わる病気  
↓  
「血液の流れ情報」  
を診断・治療に

# 開発の背景

## 例：冠動脈の狭窄診断

冠血流予備量比



- 狭窄前後での圧力低下から治療適用を判断
- 直径情報のみでの診断より診断精度向上

圧力センサを血管に挿入し計測

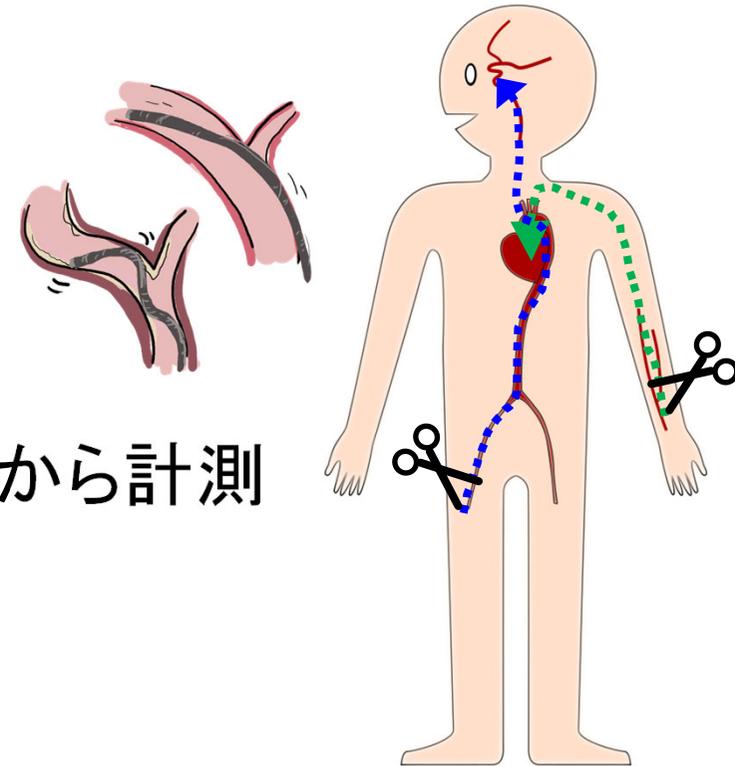


# 従来技術の課題① 血流計測

## 侵襲的検査

センサを血管に挿入し計測

- 詳細な空間的情報を得ることが難しい
- 身体への負担(造影剤)



## 非侵襲的検査

超音波, X線などを使い体外から計測

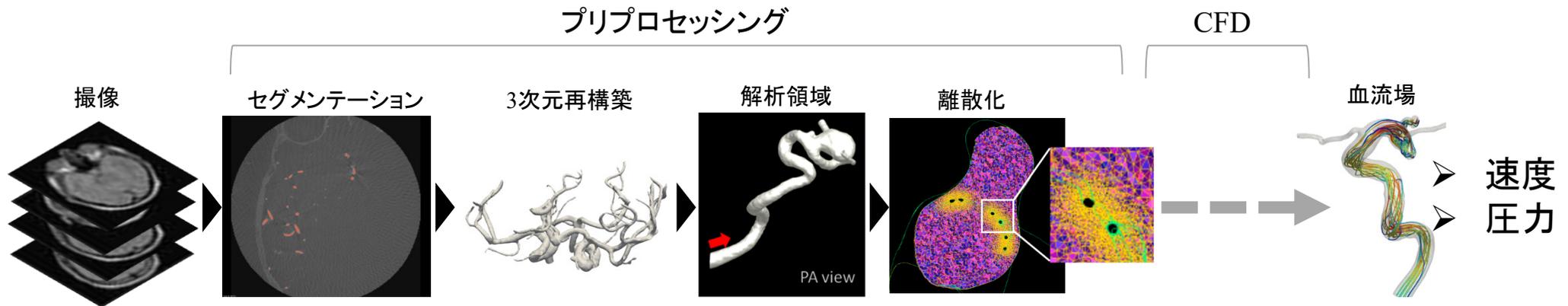
- 速度の計測(圧力ではない)
- 解像度 約0.2mm~
- 造影剤を用いないMRA撮影に要する時間 約20分~

# 従来技術の課題② イメージベースドCFD

より非侵襲な血流取得として

**CFD(数値流体力学)解析**で圧力を算出 (FFR-CT)

※2016年より薬事承認, 2018年より保険償還  
プログラム機器として活用



➤ 煩雑なプリプロセッシング

➤ 長時間にわたる  
反復解析

※院内で即時に解析を行うプログラム医療機器は未だ存在しない

# 開発に至った経緯

モチベーション:

より簡便かつ高速に、高解像度の多様な血流情報を取得したい

→既存のイメージベースドCFDに代替する手法

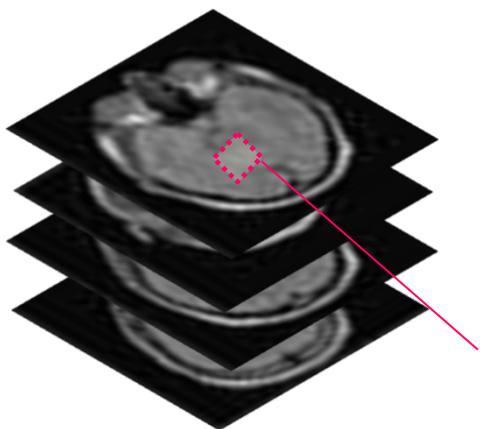


アイデア:

画像から直接流れ場を推定できるのではないか？

# 新技術の優位性

形態画像

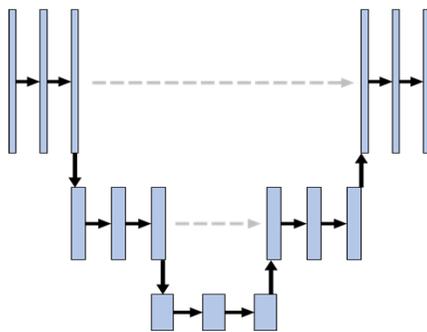


その領域における  
輝度値(グレースケール)  
(1チャンネル)

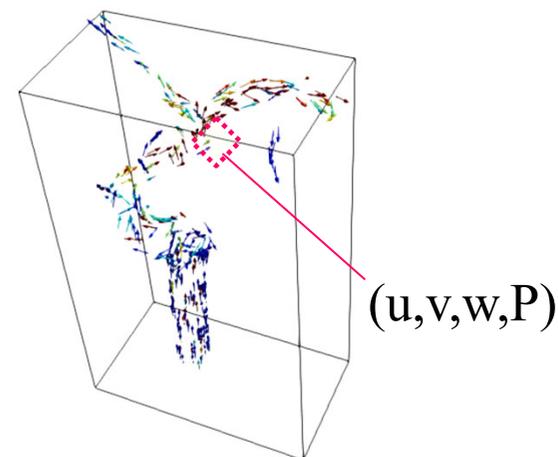
非線形の関係性を学習した  
ニューラルネットワーク



(I)



血流情報



その領域における  
血流動態(速度, 圧力)  
(複数チャンネル)

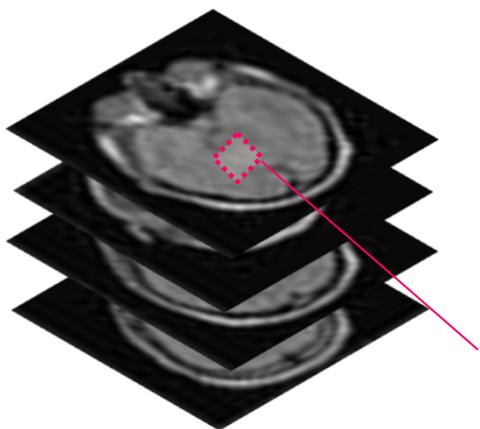
画像をそのまま入力として用いるので、  
煩雑なプレ処理が不要

CFDと比べ  
解析に要する  
リソースが低い

CFD結果を学習させることで  
速度, 圧力など  
様々なものが  
出力可能

# 想定される用途

形態画像

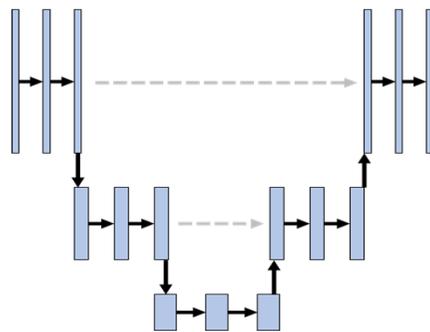


その領域における  
輝度値(グレースケール)  
(1チャンネル)

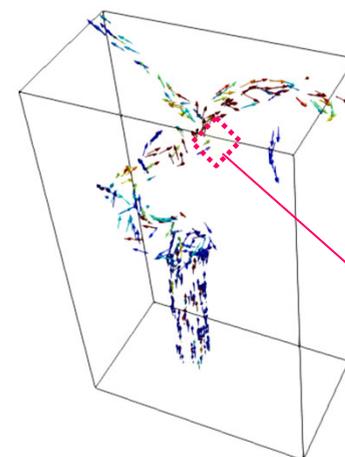
非線形の関係性を学習した  
ニューラルネットワーク



(I)



血流情報



( $u, v, w, P$ )

その領域における  
血流動態(速度, 圧力)  
(複数チャンネル)

想定される用途:

MR, CTなどの医療撮像機器に搭載し, 形態画像を  
取得すると同時に内部流れ場を推定する

# 新技術の実施例(デモ)

# 新技術の実施例(方法)

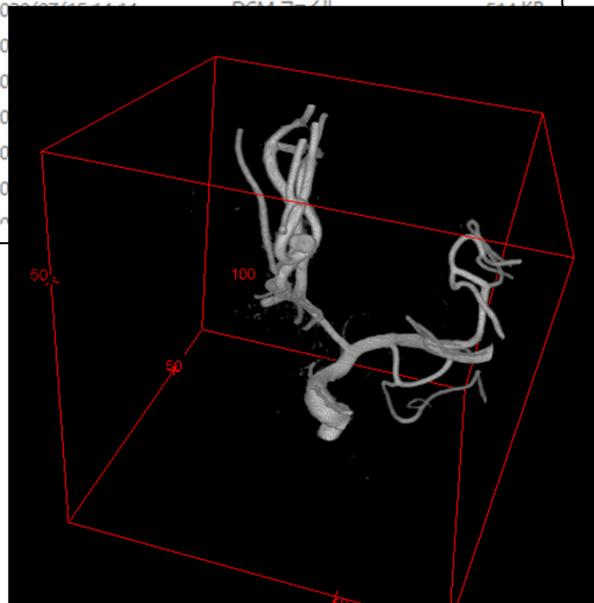
## サンプルデータ(3DRA)

血管造影の断面画像 (512 × 512 px) 512枚

000000.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000001.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000002.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000003.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000004.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000005.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000006.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000007.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000008.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000009.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000010.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000011.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000012.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB
000013.dcm	2020/07/15 14:14	DCM ファイル	514 KB



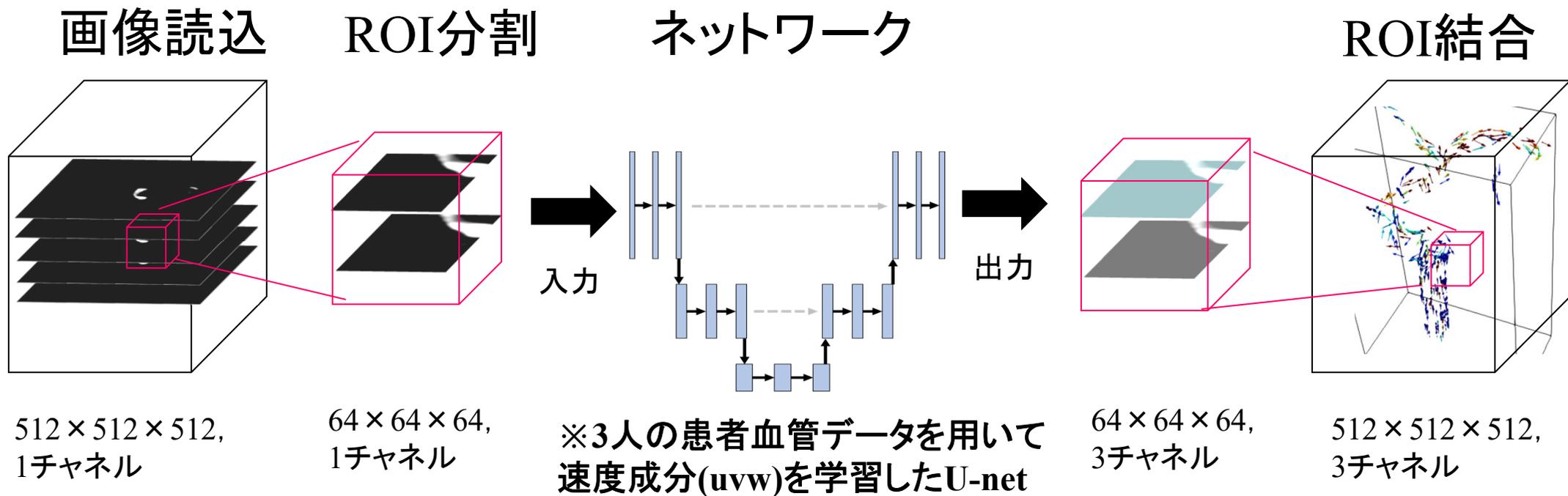
3D再構築



1枚1枚が血管の断面「形状」を表す



# 新技術の実施例(方法)



- CPU: Intel(R) Core(TM) i7-8700
- RAM: 8.0GB
- GPU: NVIDIA GeForce GT 1030

約4分半で速度ベクトルを可視化

# 新技術の特徴・従来技術との比較

## 計測 (4D-MRI)

長時間(30分以上)  
→高速化も行われているが、時間・速度分解能が低下する  
低解像度(0.2mm/vx~)

装置の更新コストが高い

## CFD

長時間  
→反復計算の高速化はできてもプレ・ポスト処理が人間によるマニュアル作業となっている

外部委託  
→情報セキュリティが問題

## 提案する技術

容易：セグメンテーション等の煩雑なプレ処理を必要としない

短時間：撮像済みデータ(MRA画像等)があれば数分で血流が得られる

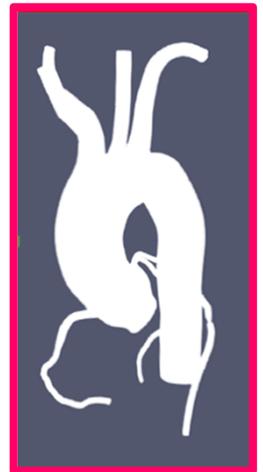
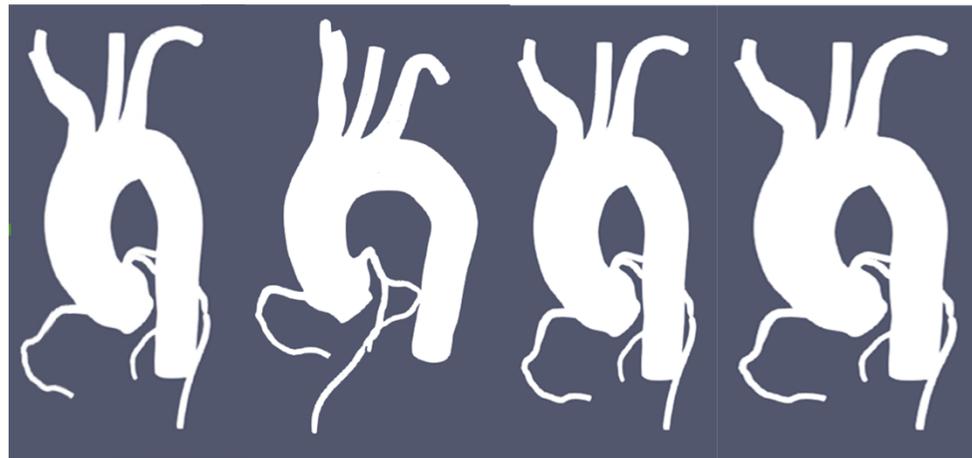
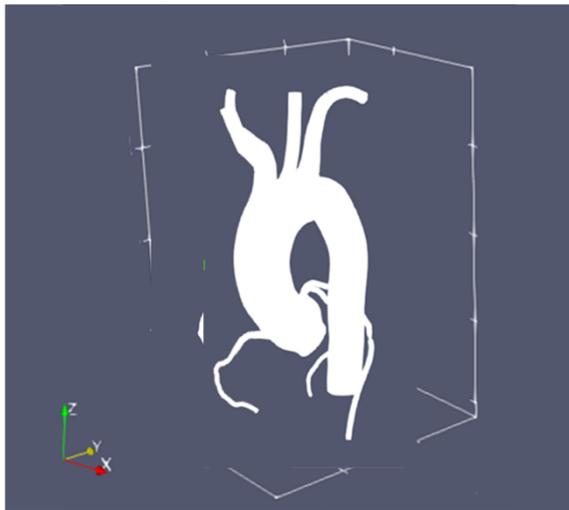
導入コスト低：PCで解析が可能（大規模なクラスタ・ワークステーション等はいらない）

# 実用化に向けた課題

- POCとして少数症例を用いた「画像→流れ」の実証実験を行った。
- 学習条件等，手法の最適化は今後検討を要する。
- 精度，速度検証のために症例（医療画像）を収集し，大規模に学習データセット（CFD解析）を作成する必要がある。
- 実用化に向けて、人体形状の多様性に対応できるかが  
キーポイント→形状の評価手法（関連して特許②）

# 開発の背景

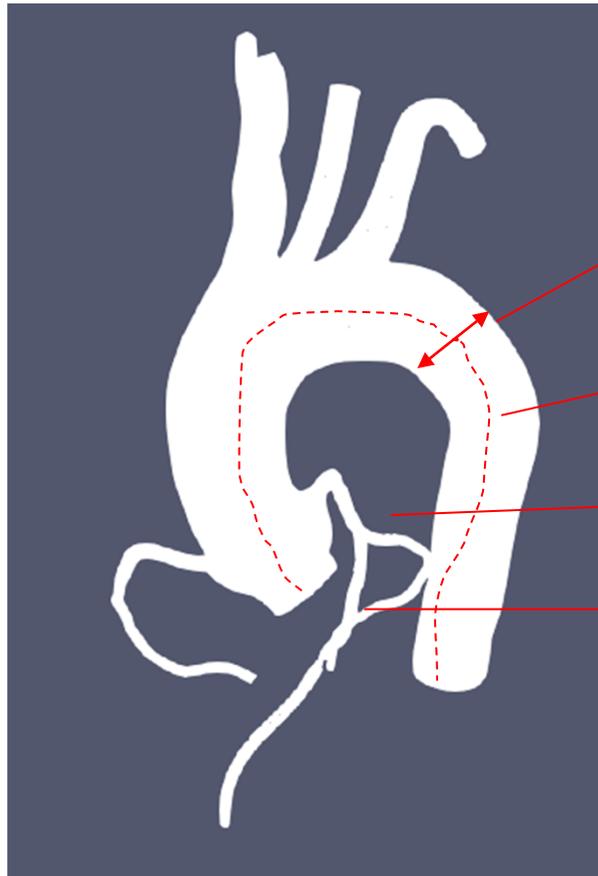
深層学習による予測をする際には、プログラムの適用範囲を考えるため  
学習時・評価時にデータセットの類似性・多様性を検討する必要



- 顔が人それぞれ異なるように血管の形状も人それぞれ
- 場合によっては血管の数すら異なる

解析したい形状は、学習済みデータの範囲内？範囲外？

# 従来の評価手法（臨床報告）



局所的かつ縮約された情報が収集されている

ある部位の直径

ある部位の平均長さ

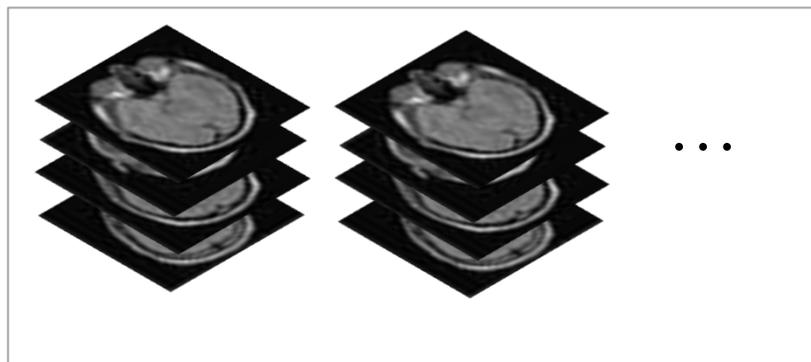
血管の狭窄率

血管の本数, 分岐タイプ...

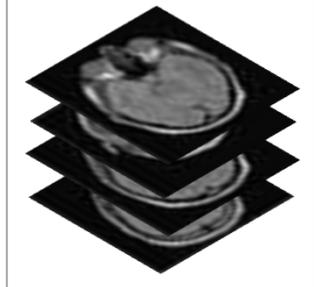
形状の多様性 (= 流れの多様性)  
を表すには不十分

# 従来の評価手法(血管の存在確率分布)

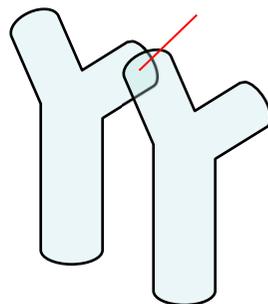
画像そのものの  
ピクセル単位の重ね合わせ



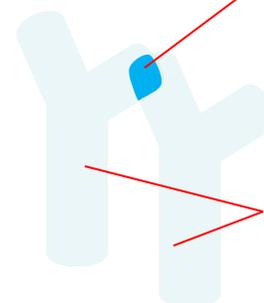
平均画像



重なっている  
領域が狭い



存在確率  
100%



存在確率50%

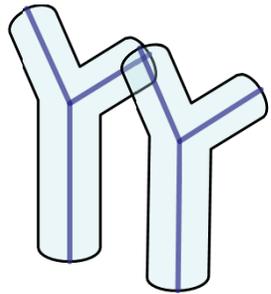
定量的評価のための基準としては  
明確ではない

# 新技術の概要

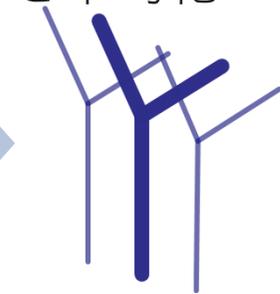
特許出願:

## 血管「中心線の平均」による 標準脳血管座標の構築

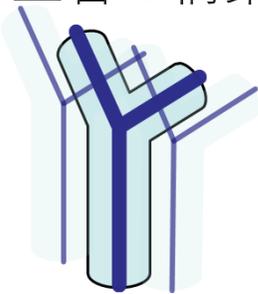
中心線を計算



中心線の位置  
を平均化



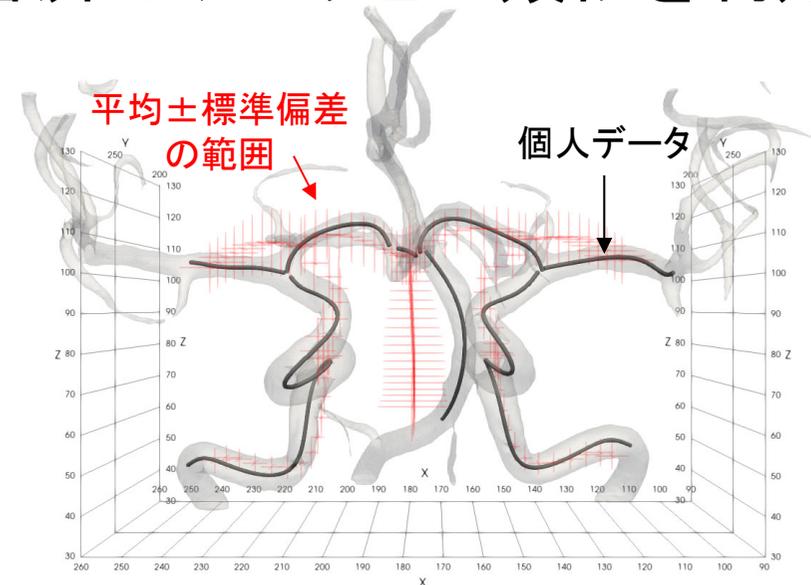
平均的な  
血管の構築



中心線→壁面の再構築というプロセスを踏むことで  
血管壁の境界をくっきり明確に

活用例:

## 標準脳血管座標からの変位より 学習済みデータとの類似を判定



平均±標準偏差  
の範囲

個人データ

# その他活用例

ヒトはどんな形状をしているのか、  
その平均とばらつきを定量的に知る、表す



モノづくりのための規格づくり

# 企業への期待

- 特に医療画像機器メーカーとのコラボによる実装.
- 医療機器メーカーに対しては機器そのものだけでなく、画像による治療支援ソフトとのコラボによる機器の販促

## 企業への貢献、PRポイント

- 本技術は、各病院の患者群に特化したカスタマイズが可能である。
- これからの医療画像機器や医療機器そのものは、スマート診断・治療に適した支援ソフトが必須と考えられる。本技術はスマート支援ソフトして可能性が高い。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：血流場推定装置、学習装置、血流場推定方法及びプログラム
- 特許番号：特許第7462925号
- 出願人：東北大学
- 発明者：安西 眸、渡邊 和浩、Gaoyang LI、  
太田 信、富永 悌二、新妻 邦泰、  
杉山 慎一郎

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：標準血管生成装置、血管評価装置、標準血管生成プログラム、血管評価プログラム、標準血管生成方法及び血管評価方法
- 日本出願番号：特願2022-530603（審査中）
- 米国出願番号：18/008,569（審査中）
- 出願人：東北大学
- 発明者：安西 眸、北村 洸、麦倉 俊司、森 菜緒子、太田 信

## 産学連携の経歴

- 受託解析：6件（4社）
- 共同研究：4件（2社）
- AMED令和5年度 ゲノム研究を創薬等出口に繋げる研究開発プログラム（分担）2023-2025

# お問い合わせ先

東北大学

産学連携機構 ワンストップ窓口

問い合わせフォーム

<https://www.rpip.Tohoku.ac.jp/jp/aboutus/form>

T E L 022-795-5275

F A X 022-795-5286