



# CIRCUS : 医用画像診断支援ソフトウェア開発・評価プラットフォーム

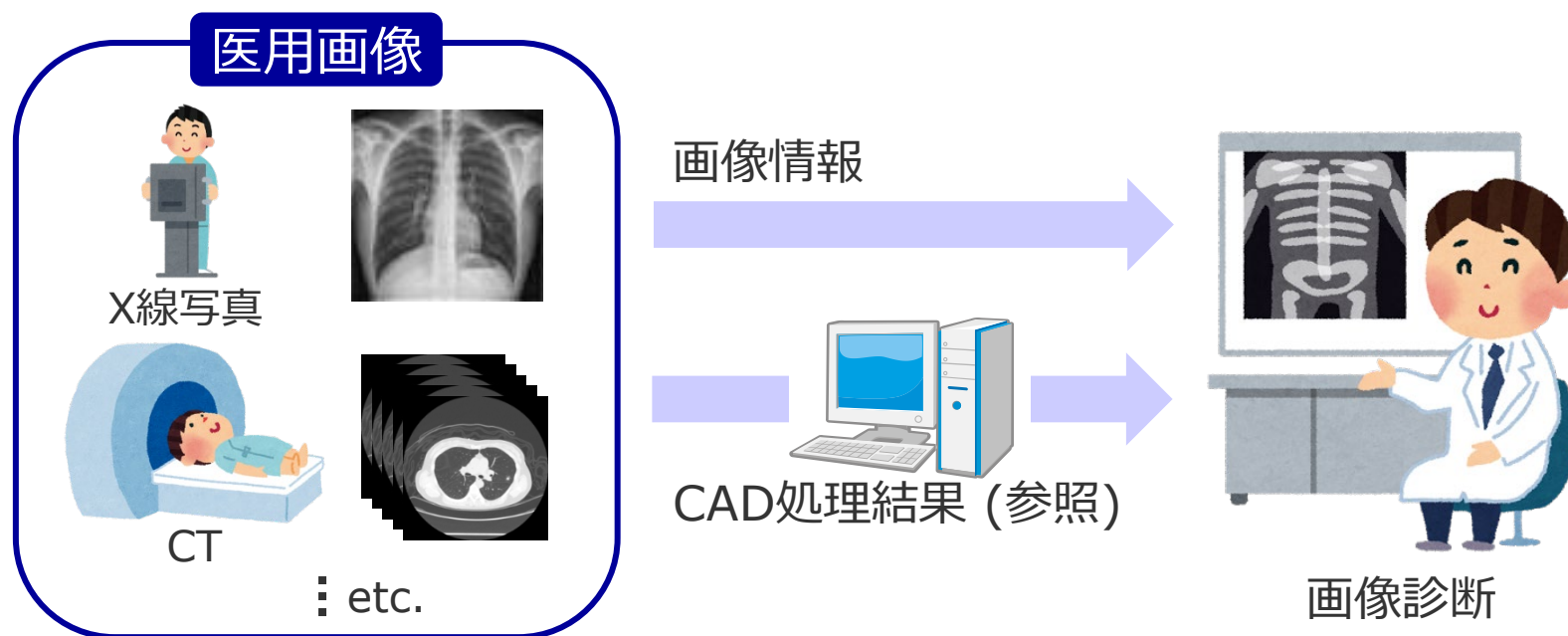
---

野村 行弘

東京大学大学院医学系研究科  
(東京大学医学部附属病院22世紀医療センター  
コンピュータ画像診断学／予防医学講座)

# CADとは？

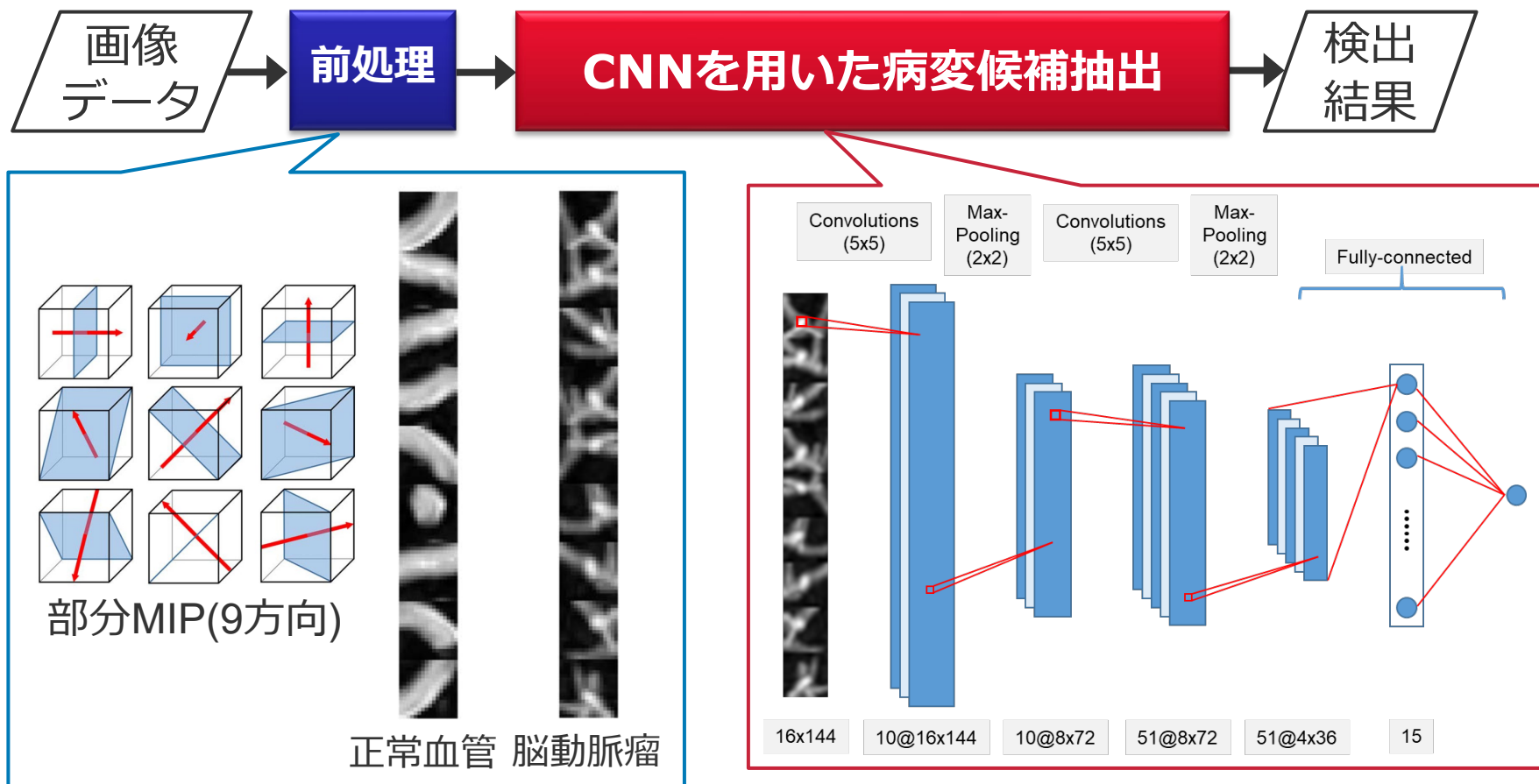
- Computer-aided detection/diagnosis の略  
(コンピュータ支援検出／診断)
- 医用画像（X線写真、CT、MRIなど）をコンピュータで解析し、病変候補の検出、病変の質的診断を行う  
⇒見落としの減少、診断の正確性向上を図る



# 頭部MRA画像の脳動脈瘤検出(1)

## 2.5次元CNNを用いた頭部MRA画像の脳動脈瘤検出

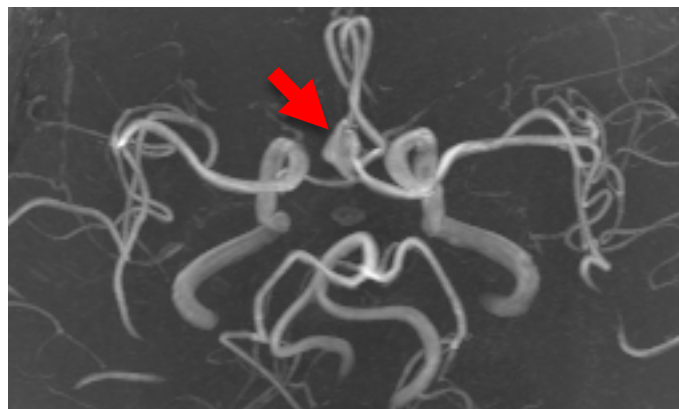
[Nakao T, J Magn Reson Imaging 2018;47:948-953]



CNN: convolutional neural network

# 頭部MRA画像の脳動脈瘤検出(2)

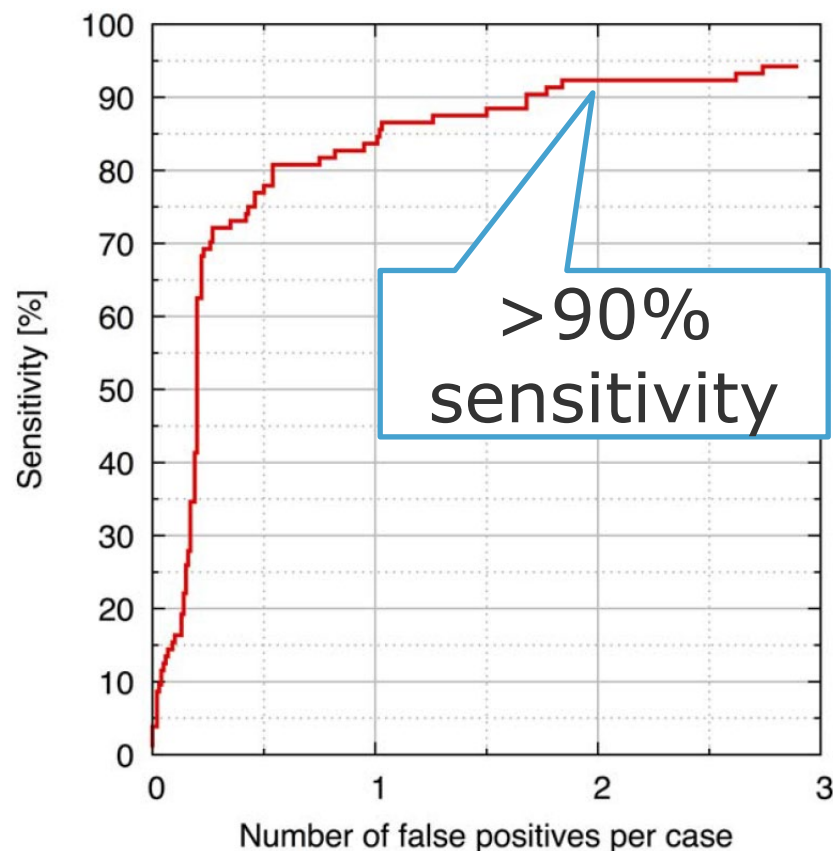
- 2 FPs/case での 感度が90%以上
  - 先行研究と比較して10%以上の感度上昇



頭部MRA (MIP画像)



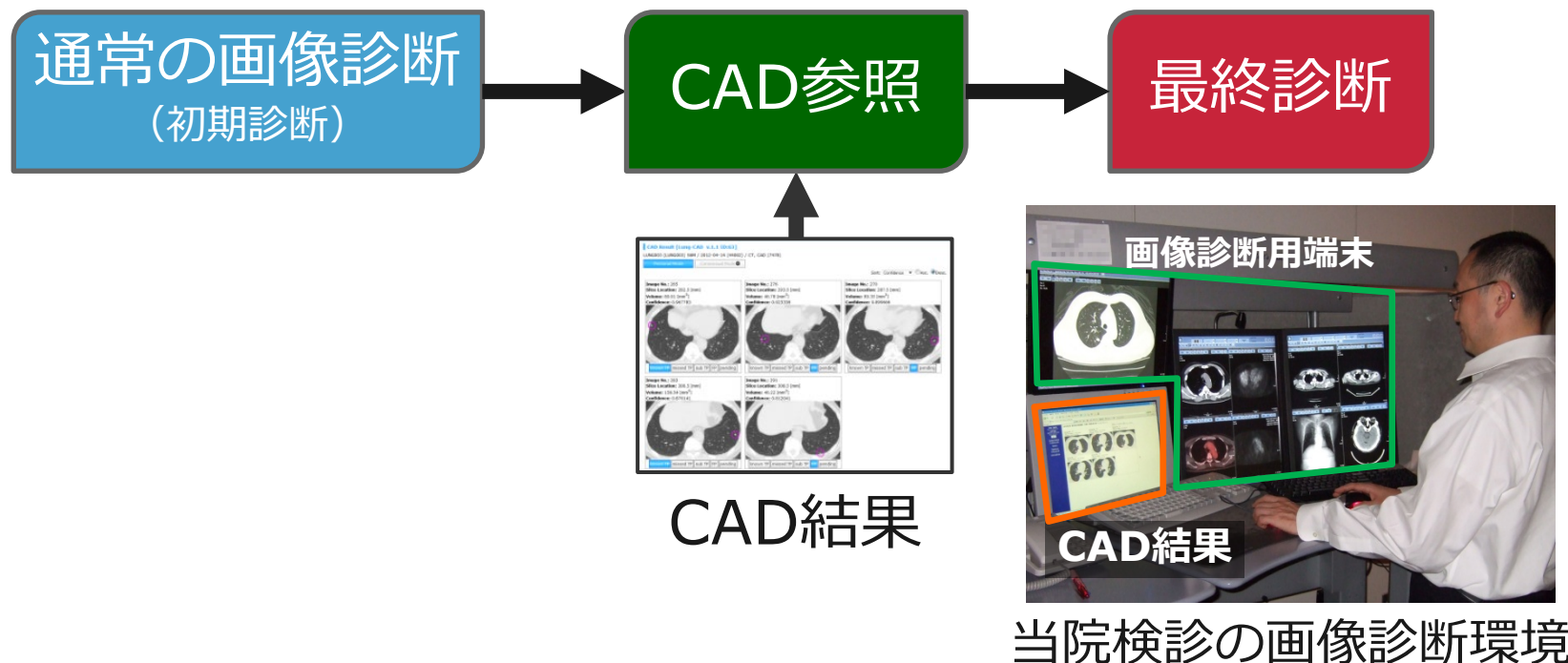
検出結果 (黄色)



FROC curve

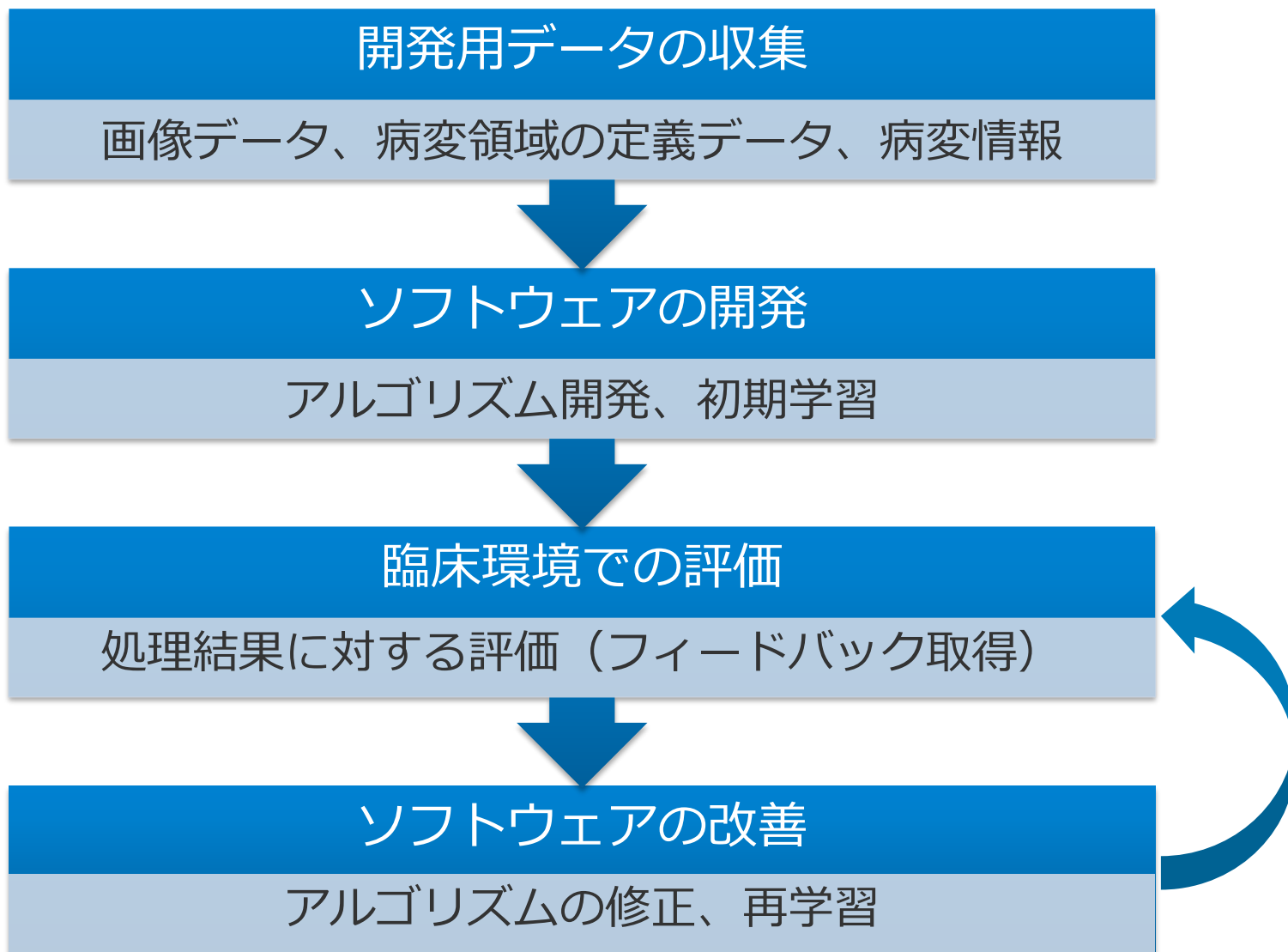
# CADを使用した画像診断

- 基本的には通常の画像診断の後、CADソフトウェアの結果を参照して見落としががないかをチェック
  - second reader として使用※



※ 画像診断とCAD参照を同時に行う(concurrent reader)場合もある

# CADの開発から臨床応用までの流れ



# CAD開発・臨床使用における課題

---

- CAD開発用データの収集が大変
- CADの臨床使用に必要な機能実装が大変
- 性能評価／改善のためのデータ収集が必要

# CAD開発用画像データベースについて

- データベースに含まれるデータ

- 元画像

- シリーズ数：可変

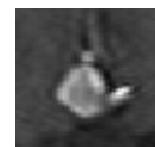
- 病変領域の定義データ

- 病変情報

- 種類、サイズなど

- 症例情報

- 臨床情報など



原画像  
(脳動脈瘤)



病変領域  
(赤色)

対象により異なる

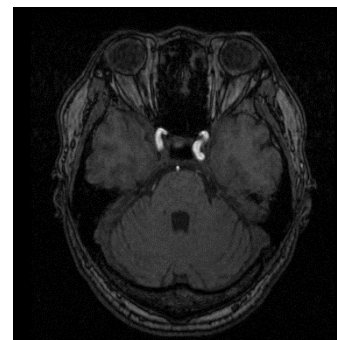
⇒柔軟なデータ構造が必要

- 継続的な症例収集の必要性

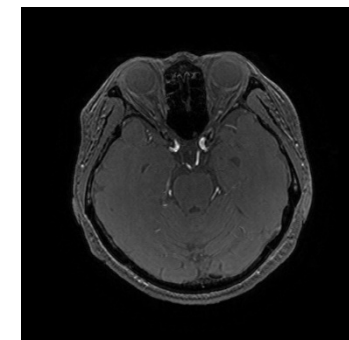
- 画像診断装置・撮像法が多様

- 画質の変化

- データベース登録項目の変化



Philips 1.5T



GE 3T

装置の違いによる画質の違い  
(頭部MRA)



# CADの臨床使用に必要な機能

要求仕様：医師が画像診断する際にCAD処理結果が参照できること

- 画像診断装置（CT、MRなど）から画像転送直後に処理が実行可能
- 処理終了後、画像診断端末から結果を参照可能



実現に必要な共通機能

- 医用画像の送受信機能（DICOM通信）
  - 処理結果表示インターフェイス
- など

⇒ これらの機能を実装したプラットフォームを構築

✓ CAD開発者は本体処理（アルゴリズム）の実装のみ行えば良い

# 性能評価／改善のためのデータ収集

---

- CADの性能評価／改善に必要なデータ
  - CAD処理結果
  - 画像診断医によるCAD処理結果に対する評価（フィードバック）



日常臨床環境で容易に入力可能なインターフェース  
の構築

# CAD開発・臨床使用における課題(まとめ)

---

- CAD開発用データの収集が大変
  - CAD開発用画像データベースシステムの構築
- CADの臨床使用に必要な機能実装が大変
  - プラットフォームの構築
- 性能評価／改善のためのデータ収集が必要
  - フィードバック入インターフェイスの構築

# CIRCUSとは

---

- **C**linical **I**nfrastructure for **R**adiologic **C**omputation of **U**nited **S**olutions
  - 統合されたソリューション群による放射線医学のための臨床情報処理基盤

[Nomura Y, IJCARS 2020;15(4):661-672]

- CAD開発上の課題解決のために開発
- 2種類のトップレベル・アプリケーションで構成

## **CIRCUS DB (database)**

- ✓ CAD開発用症例収集の効率化

## **CIRCUS CS (clinical server)**

- ✓ CADの臨床使用／評価を容易にするためのプラットフォーム

# CIRCUSプロジェクトの沿革

---

- 2004 頃 「OpenCAD」構想（「データでなくソフトの流通を」）
- 2006.04 CIRCUSプロジェクト開始
- 2007.04 CIRCUS DB 開発開始
- 2008.01 CIRCUS DBを東大病院にて使用開始
- 2008.04 CIRCUS CS 開発開始
- 2009.01 CIRCUS CS を東大病院にて臨床使用開始
- 2011.03 CIRCUS+プロジェクト開始
- 2011.08 CIRCUS CSシステムを関連 3 病院で使用開始
- 2011.09 CIRCUS+システム稼働
- ：
- ：
- 2014.06 CIRCUS CSサーバソフトウェア群公開  
(Windowsマシン用、修正BSDライセンス)
- 2015.09 Webインターフェイス版CIRCUS DBを東大病院にて使用開始
- 2021.06 新版CIRCUSソフトウェア群正式公開  
(MITライセンス・GitHubにてダウンロード可能)

# CIRCUSシステムの特徴



## Webベース

- HTML5、JavaScript関連技術を積極的に活用
- 3次元表示にはWebGLを使用



## 柔軟なDB構造

- ドキュメント指向DB(MongoDB)を使用  
⇒ 病変・症例情報の形式を自由に定義可能

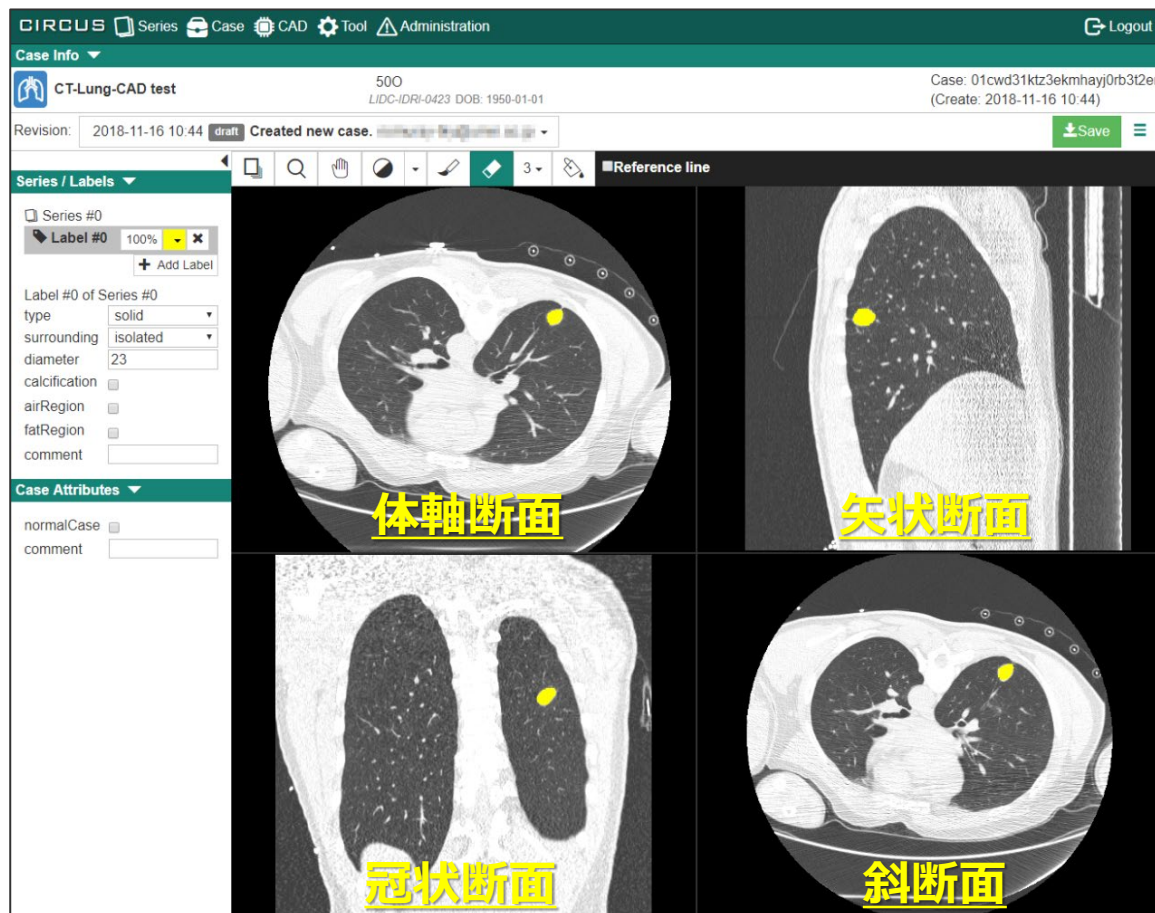


## オープンソース

- ソースコードはGitHubにて公開  
(MITライセンス)

# CIRCUS DB(database)

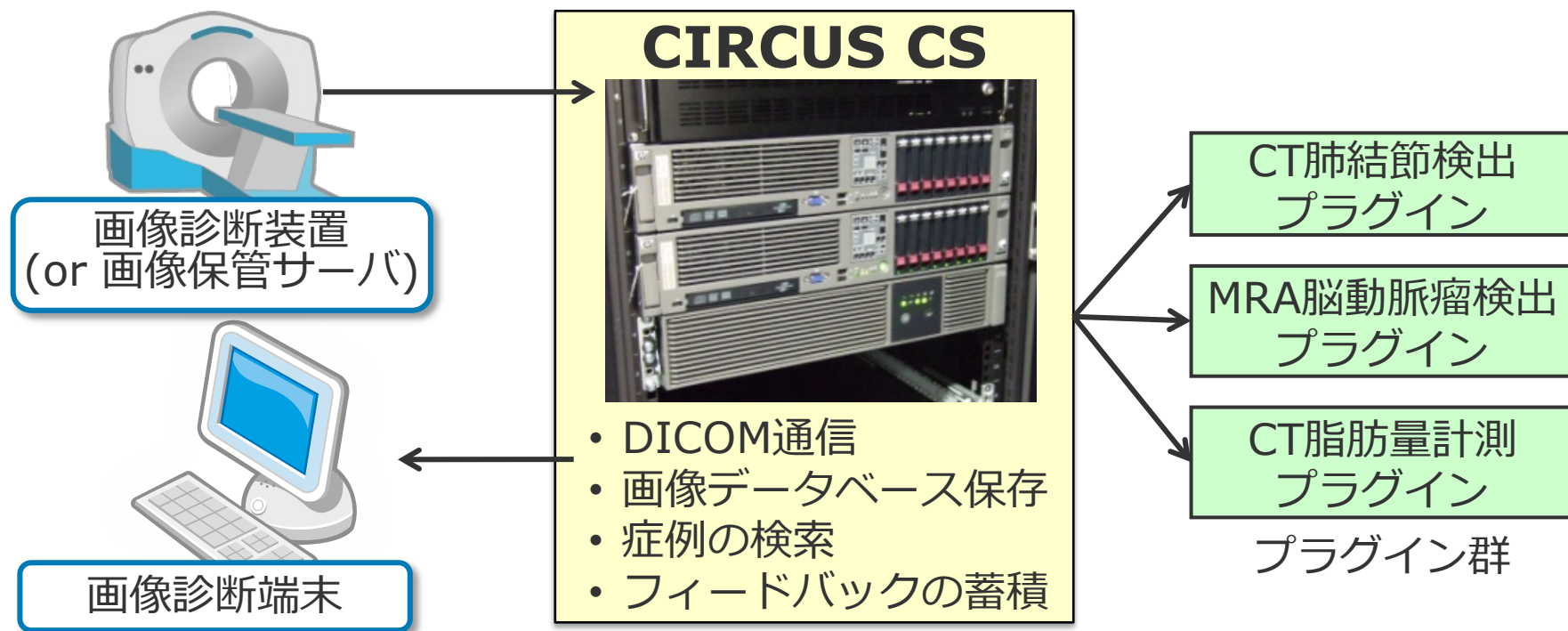
- CAD開発用画像データベース
  - 収集データ：画像データ、ラベルデータ、属性情報



ラベルデータ、属性情報入力インターフェイス

# CIRCUS CS (clinical server)

- CADの臨床使用、評価を容易にするWebベースの統合的プラットフォーム
- CADソフトウェア：プラグイン(Dockerコンテナ)として実装  
⇒ GPUを用いた処理にも対応





# CIRCUS CS結果画面例

- 頭部MRA画像の脳動脈瘤検出

CIRCUS Series Case CAD Tool Administration Logout

Personal Mode Consensual Mode MRA-CAD v2.12.0

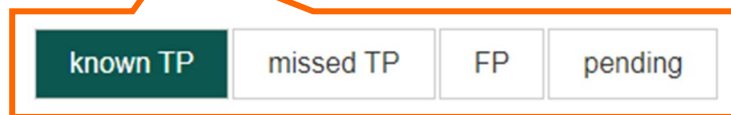
### Lesion Candidates

| Rank    | Loc               | Confidence           | known TP | missed TP | FP | pending |
|---------|-------------------|----------------------|----------|-----------|----|---------|
| Rank: 1 | Loc: [240,224,77] | Confidence: 0.47182  | known TP | missed TP | FP | pending |
| Rank: 2 | Loc: [268,241,52] | Confidence: 0.439409 | known TP | missed TP | FP | pending |
| Rank: 3 | Loc: [229,233,64] | Confidence: 0.429675 | known TP | missed TP | FP | pending |

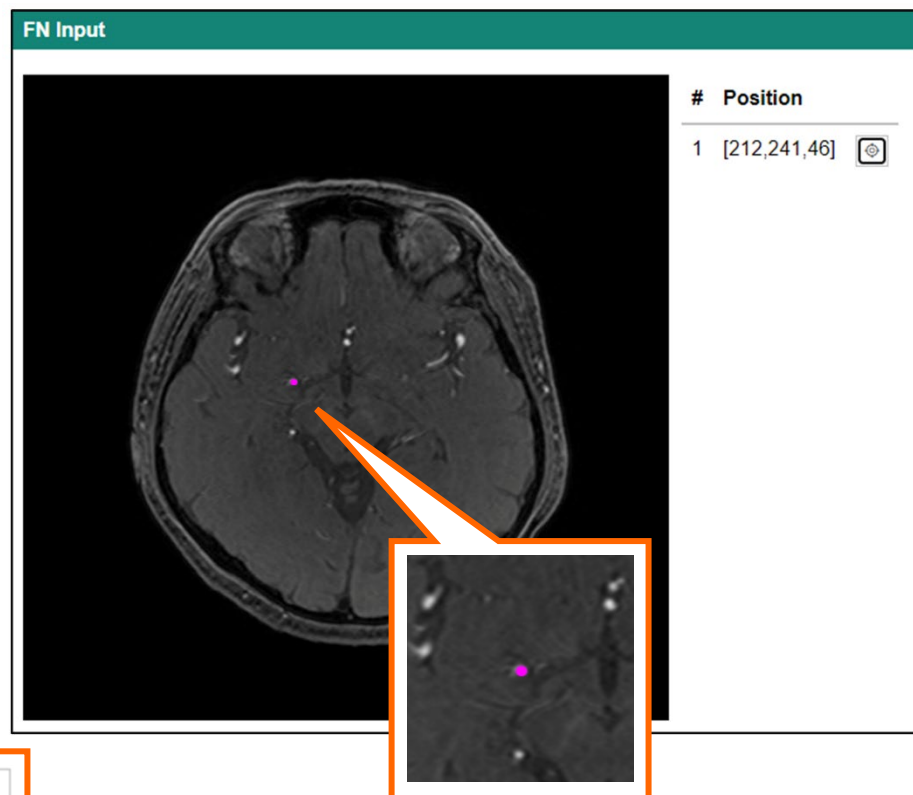
# CADの評価（フィードバック）

## 医師によるCAD結果の評価（答え合わせ）

(1) 表示候補の分類



(2) CAD未検出病変の位置を入力

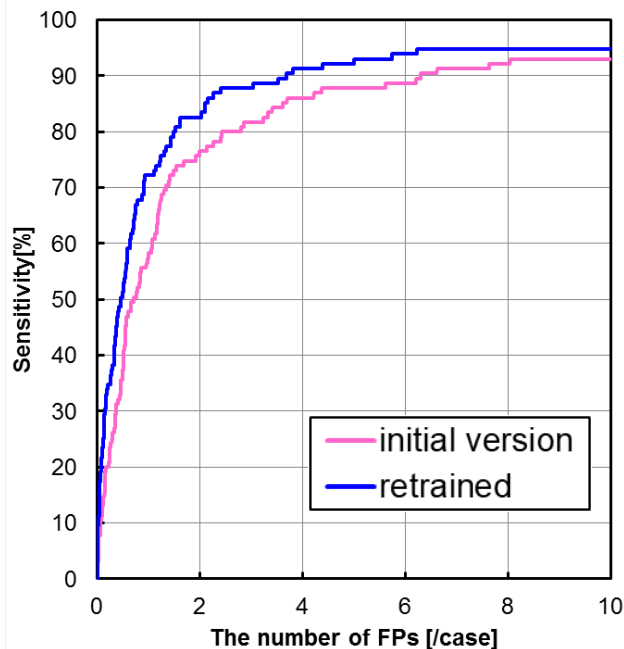


TP: true positive (真陽性)、FP: false positive (偽陽性)、pending: 判断保留

# フィードバック情報の利用

## (1) CADの性能の把握・向上

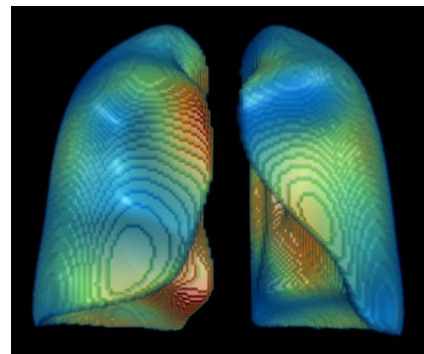
- アルゴリズムの改善
  - サンプルの追加
- ⇒ 使いながら性能向上



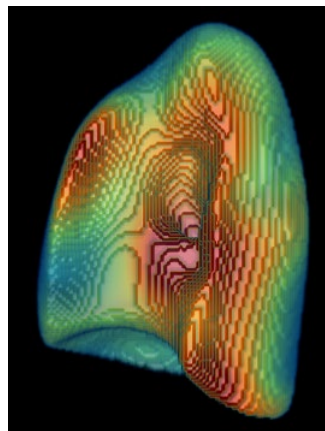
再学習によるCAD性能改善例  
(脳動脈瘤検出)

## (2) 医師の診断傾向の把握

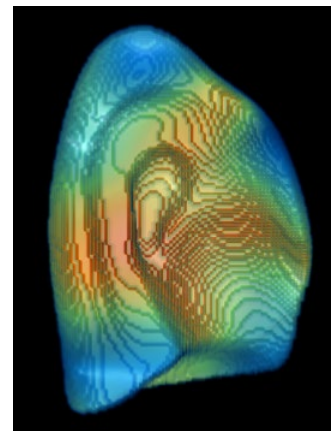
- 見落とししやすい部位の指摘



正面より



右肺内側より



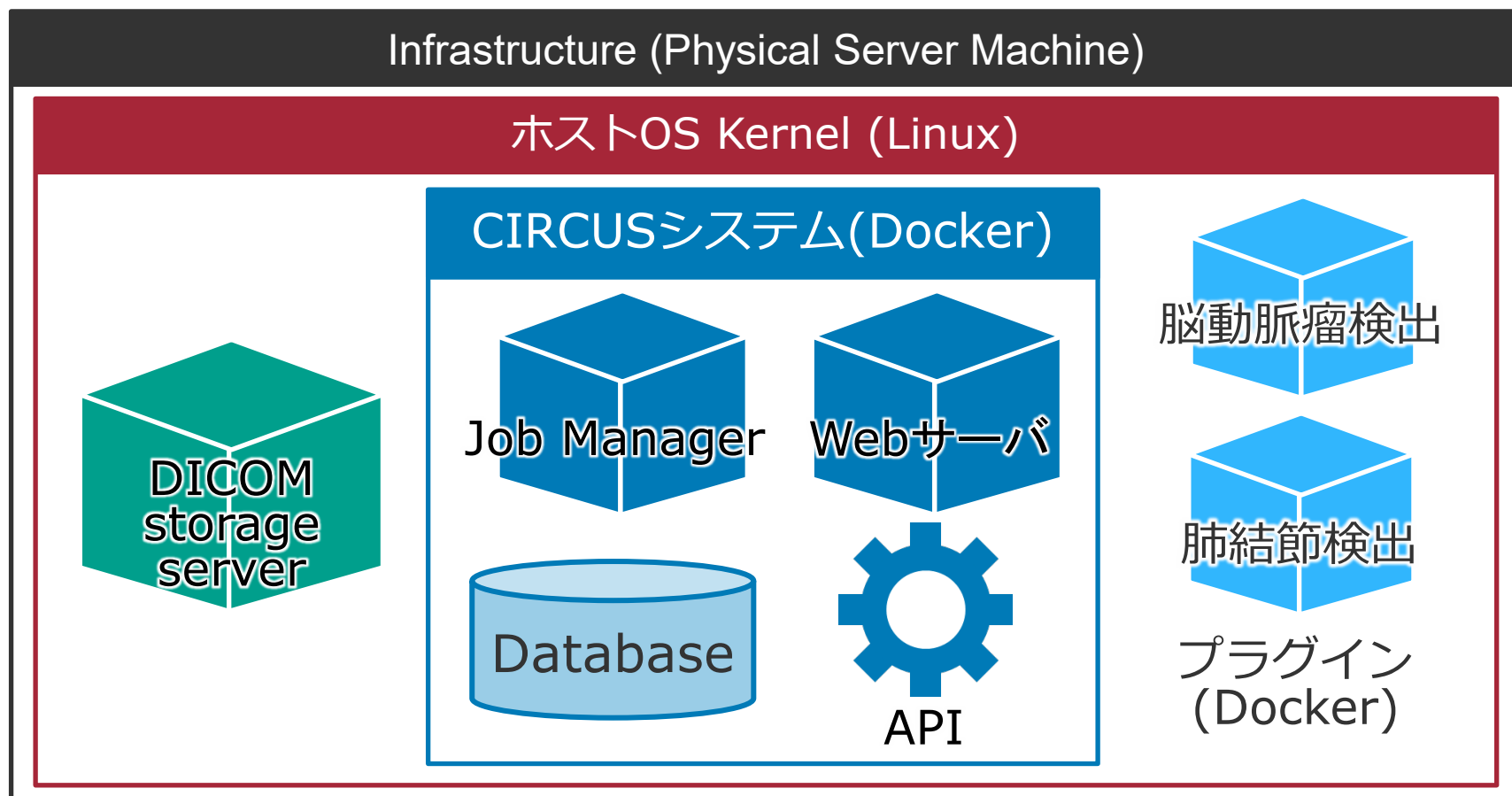
左肺内側より

肺結節見落としモデル (3次元表示)

Miki S, Acad Rad. 2021;28(5):647-654

# CIRCUSのDockerイメージ

- システム導入を容易にするために、CIRCUSのDockerイメージを作成
  - 各種コンテナとの連携： Docker outside of Docker

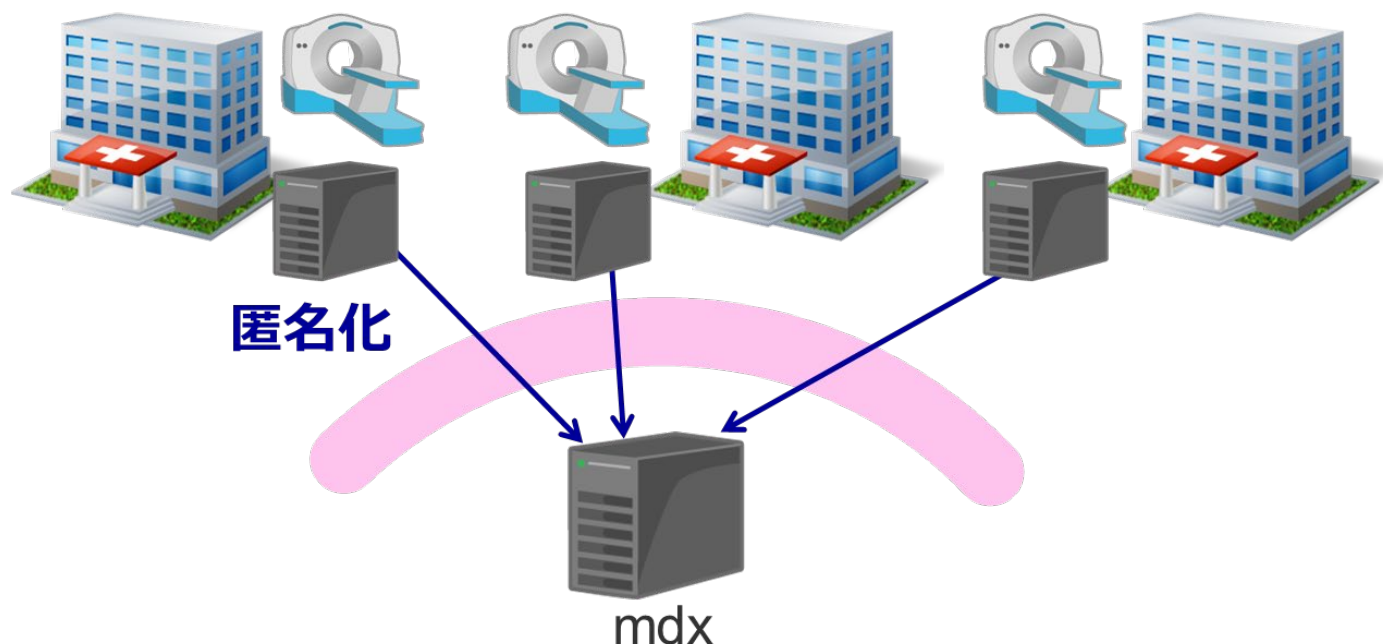


# mdxでのCIRCUS利用の展望(1)

- 各施設で収集した画像データを用いたCADの学習
  - データの収集にCIRCUS DBを使用
  - ⇒ 施設間のデータ授受に必要な機能を開発中

## 想定される学習方法

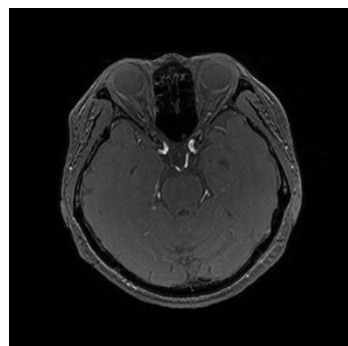
- 匿名化したデータをmdx上で学習
- 各施設で学習したモデルをmdxにて集約



# mdxでのCIRCUS利用の展望(2)

- CIRCUS CS上での各施設の画像データを用いたCADの評価
  - 開発時と画質の異なるデータに対して使用した場合、期待通りの性能が得られないことがあるため

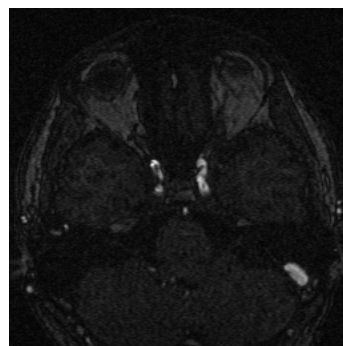
## 例：頭部MRA画像の脳動脈瘤検出



東大病院  
(GE 3T,  
512x512)



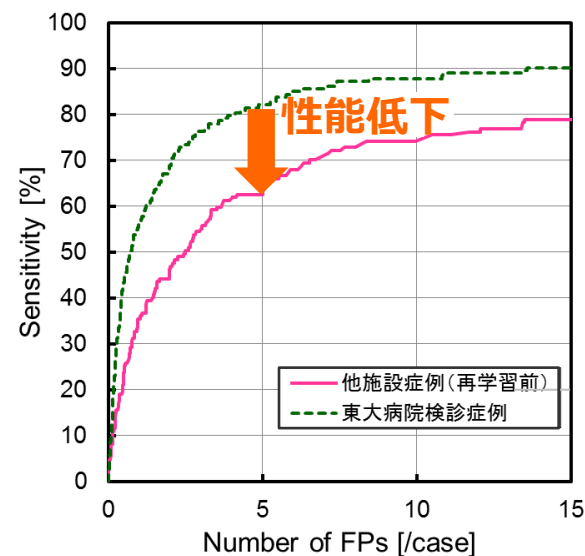
施設A  
(Philips 1.5T,  
512x512)



施設B  
(日立 0.4T,  
256x256)

初期開発(学習)  
用データ

画質が異なるデータ



※ 平成22年度課題解決型医療機器の開発・改良に向けた病院・企業間の連携支援事業（経済産業省委託事業）の成果（一部は野村 他、Med Image Tech 2014;32(2):98-108に掲載）

# CIRCUSプロジェクトについて

- CIRCUSプロジェクトウェブサイト
  - 公式サイト

- <https://circus-project.net/>

- 東大放射線科ウェブサイト内

- <http://www.ut-radiology.umin.jp/ical/CIRCUS/index.html>



- CIRCUSシステム概要論文

Nomura Y, Miki S, Hayashi N, Hanaoka S, Sato I, Yoshikawa T, Masutani Y, Abe O

**Novel platform for development, training, and validation of computer-assisted detection/diagnosis software**

International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, vol.15, no.4, 661-672, 2020

- <https://rdcu.be/b2OLL>