

# 胸部レントゲン写真からの血行動態定量評価法

三重大学医学部附属病院 心臓血管外科  
助教 鳥羽修平

## 人工知能による胸部レントゲン写真の新たな評価法

- 医師に困難な、定量的評価が可能
- 専門医を超える精度を達成

⇒ 医師の模倣を超えた、人工知能の活用

# 従来技術とその問題点



# 従来技術とその問題点



医師による読影は  
半定量的



肺血流  
多い

肺血流  
少ない



# 従来技術とその問題点



医師による読影は  
半定量的

肺血流  
多い

肺血流  
少ない



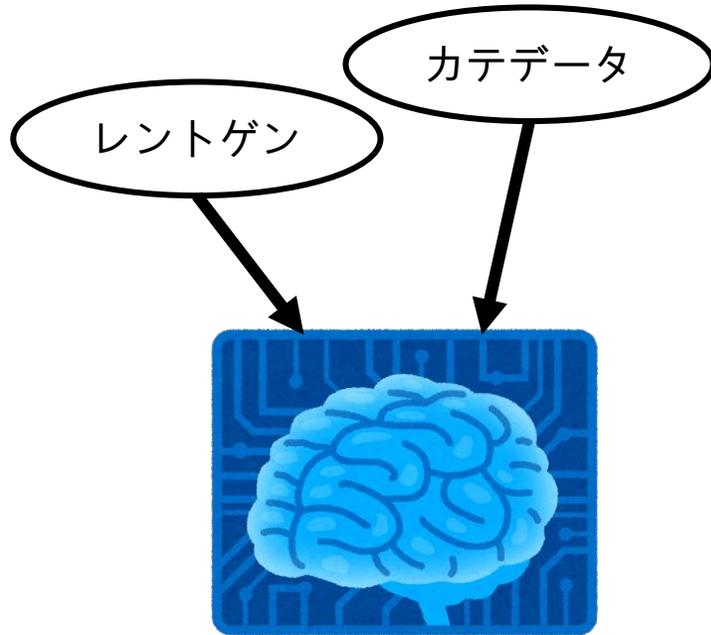
$$Q_p/Q_s = 1.78$$

$$Q_p/Q_s = 0.58$$

# 従来技術とその問題点



$$Q_p/Q_s = 1.78$$

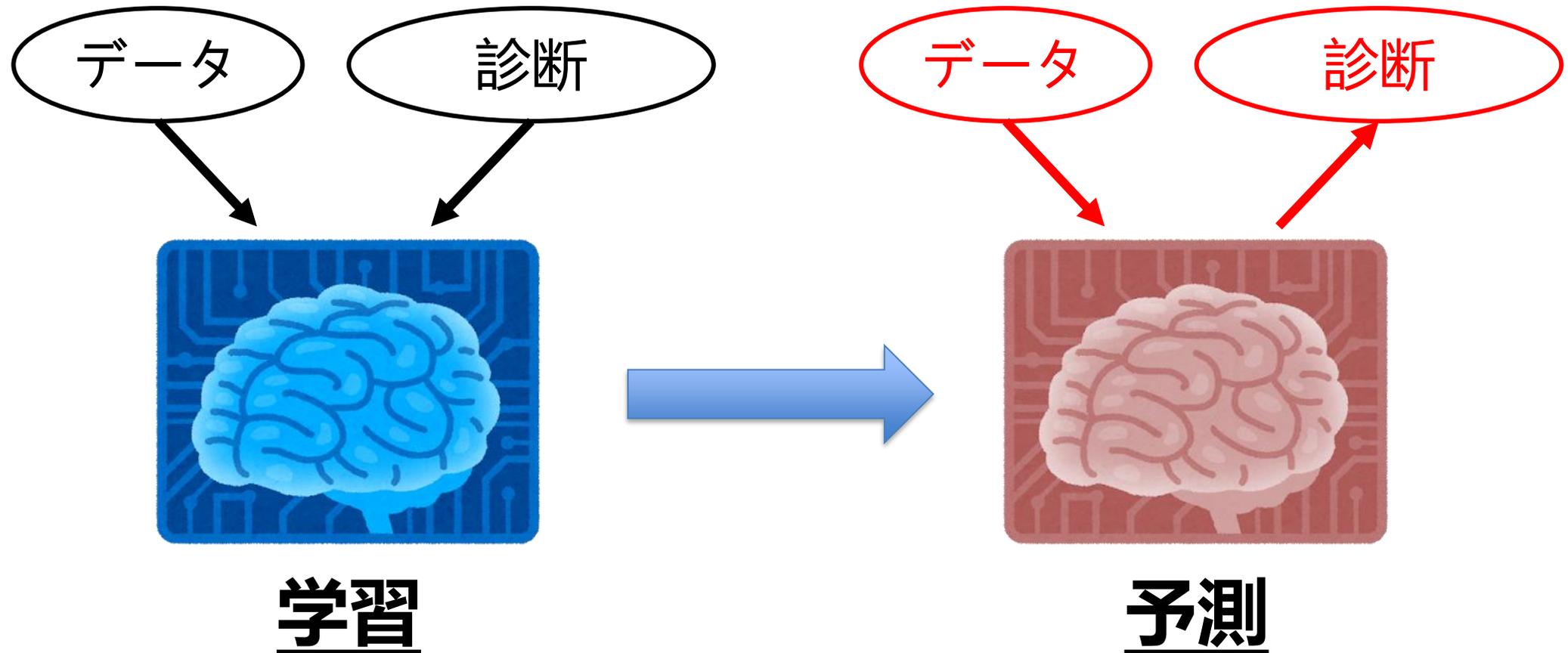


$$Q_p/Q_s = 0.58$$

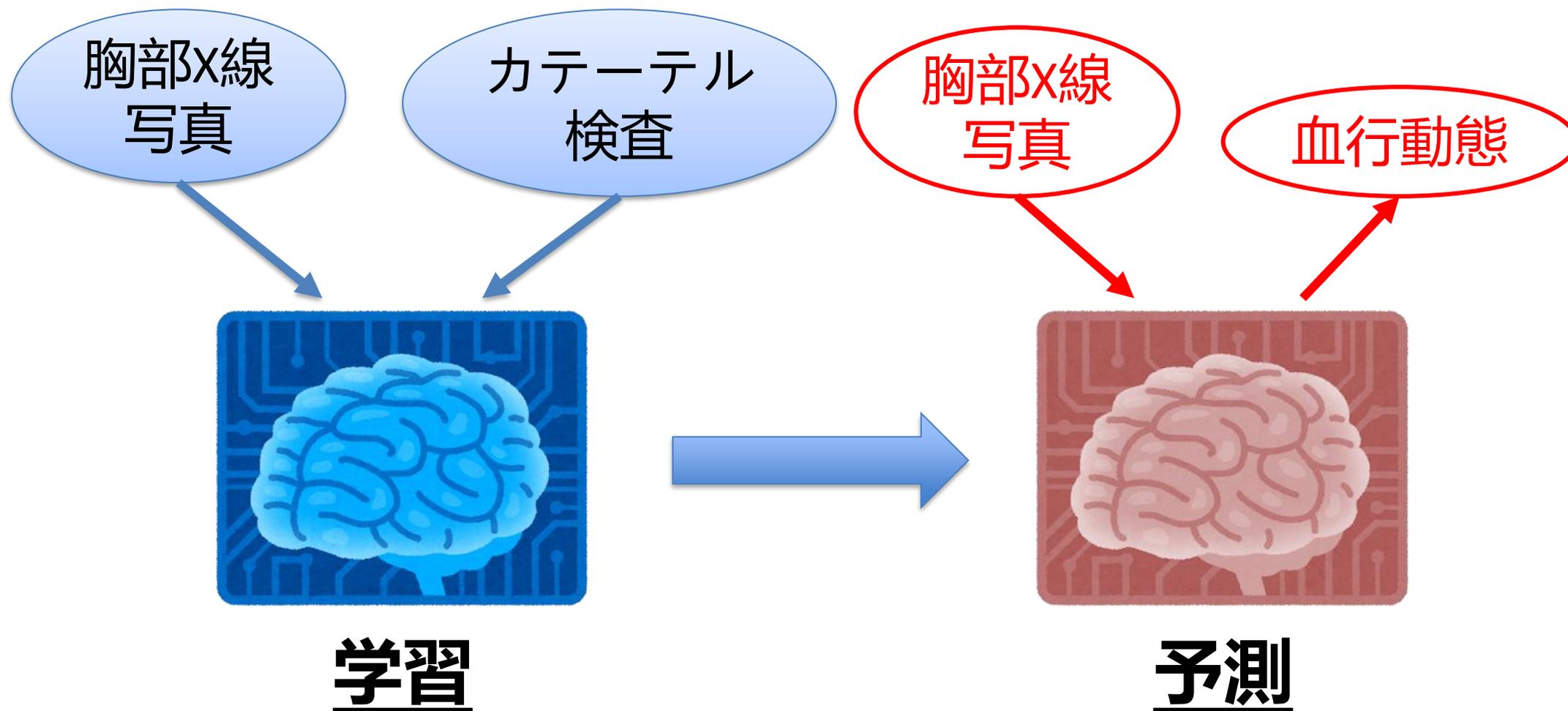
# 新技術の特徴

- 異なる検査結果を組み合わせて学習
  - 医師の模倣ではない、新たな画像の評価が可能
  - 画像の定量評価が可能
- 本技術の適用により、正確な血行動態評価をより低侵襲、低コストで実現
  - 正確かつ低侵襲な医療

# 新技術の概要



# 新技術の概要



# 研究1 - 胸部X線写真から肺体血流比を予測

JAMA Cardiology | **Original Investigation**

引用数: 36 since 2020

## Prediction of Pulmonary to Systemic Flow Ratio in Patients With Congenital Heart Disease Using Deep Learning-Based Analysis of Chest Radiographs

Shuhe Toba, MD; Yoshihide Mitani, MD, PhD; Noriko Yodoya, MD; Hiroyuki Ohashi, MD; Hirofumi Sawada, MD, PhD; Hidetoshi Hayakawa, MD, PhD; Masahiro Hirayama, MD, PhD; Ayano Futsuki, MD; Naoki Yamamoto, MD; Hisato Ito, MD, PhD; Takeshi Konuma, MD, PhD; Hideto Shimpo, MD, PhD; Motoshi Takao, MD, PhD

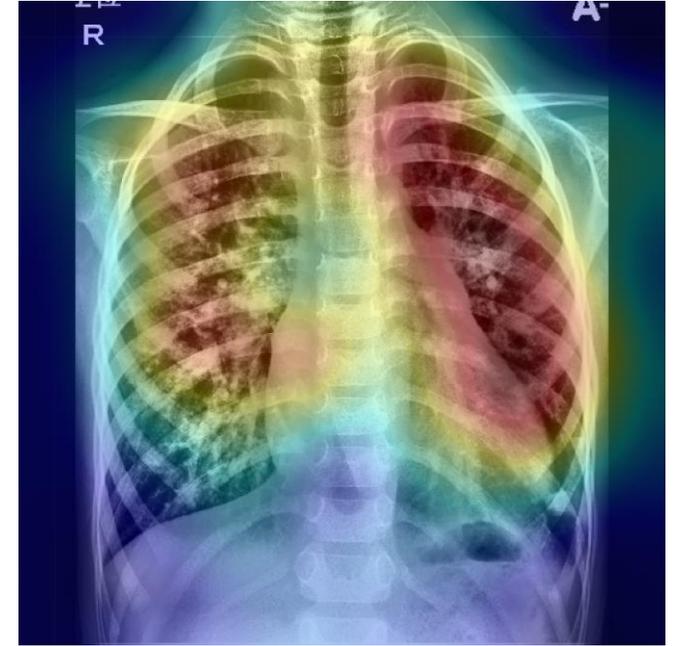
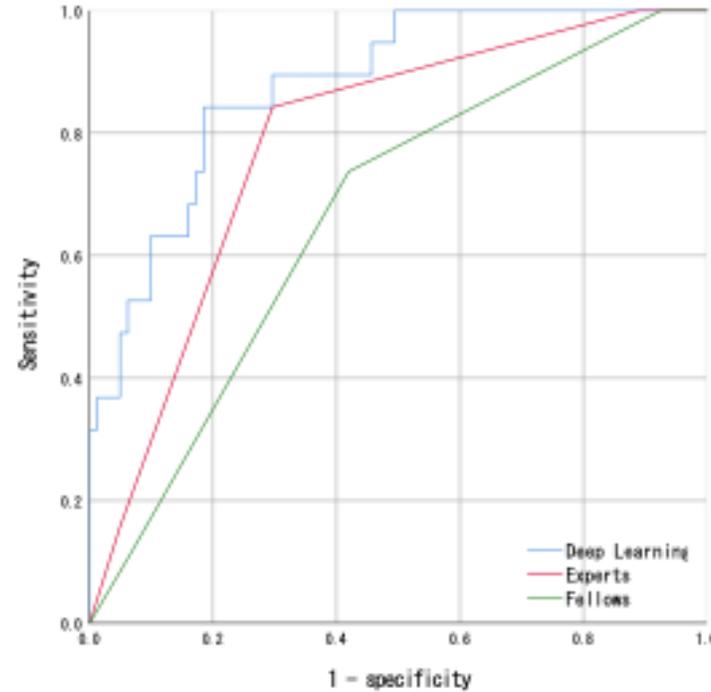
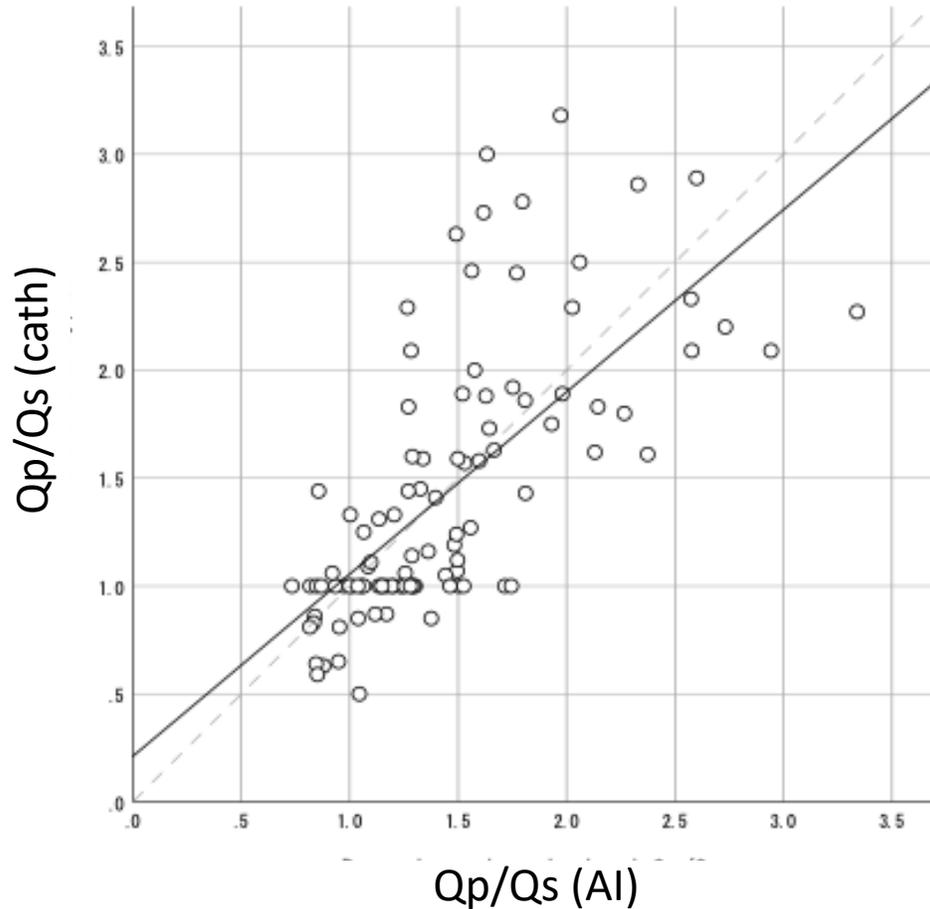
- 入力 - 胸部X線写真
- 出力 - 肺体血流比 (カテデータ)
- 深層畳み込みニューラルネットワークを用いた転移学習
- 小児カテ症例 1,031 例 (657 名, 2005 - 2019, 三重大病院)
  - 学習 931 例
  - 性能評価 100 例
- 専門医および後期研修医と比較



Toba S, Mitani Y, et al. *JAMA Cardiol.* 2020;5(4):449.  
Patented

**新技術説明会**  
New Technology Presentation Meetings!

# 研究2 - 胸部X線写真から肺体血流比を予測



- 先天性心疾患患者において、胸部X線写真から肺体血流比を定量的に予測可能。
- 予測能は小児循環器専門医より有意に高かった。

# 研究2 - 成人領域への応用

- 入力 - 胸部X線写真
- 出力 - 右心カテデータ (PCWP, PAP, RAP, RVP, CI, PVR)
- 深層畳み込みニューラルネットワークを用いた転移学習



- 成人右心カテ症例 1,075 例 (897 名, 2011 - 2020, 三重大病院)
  - 学習 925 例
  - 性能評価 150 例

	トレーニング群	テスト群	p値
画像枚数	925枚	150枚	
患者人数	781名	116名	
男女比(男性率)	67.2%	58.7%	<b>p=0.039</b>
年齢	68.0±14.5	66.6±14.4	p=0.27
虚血性心疾患	19.7%	16.7%	p=0.38
心臓弁膜症	46.3%	44.0%	p=0.59
不整脈	56.9%	55.3%	p=0.72

\*年齢, PCWP, E/e'は平均値±SD

# 研究2 - 成人領域への応用

PCWP

PAP

RAP

RVP

CI

PVR

相関係数

0.50

0.59

0.63

0.49

0.095

0.045

ICC<sub>(2,1)</sub>

0.38

0.38

0.32

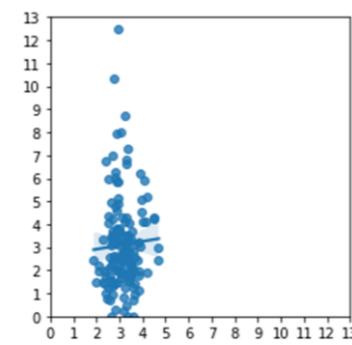
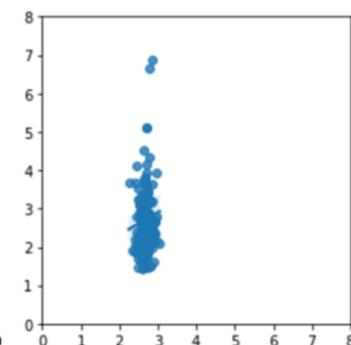
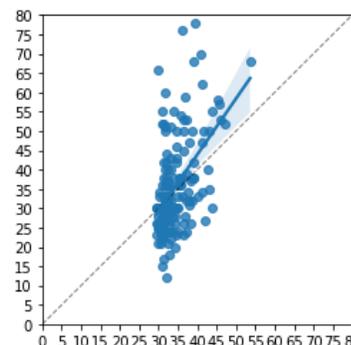
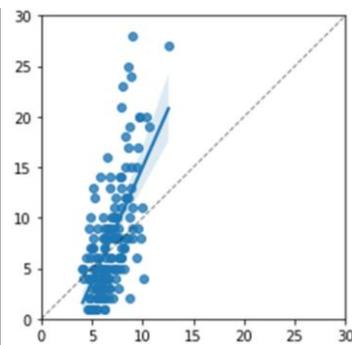
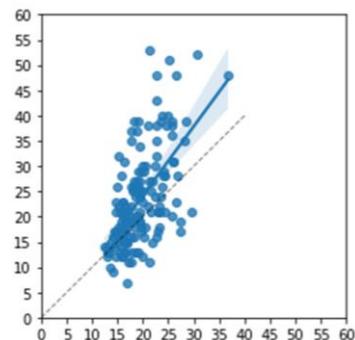
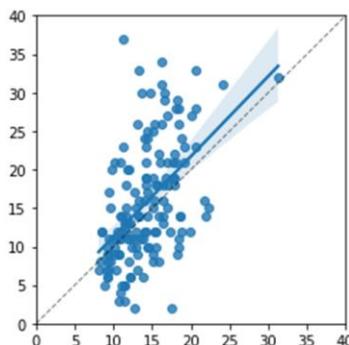
0.29

0.030

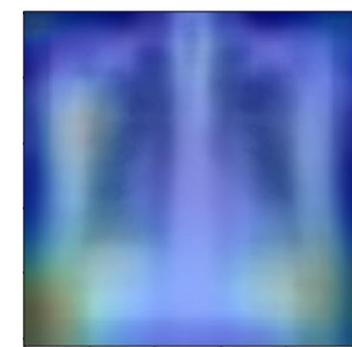
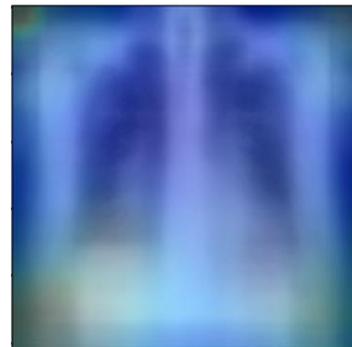
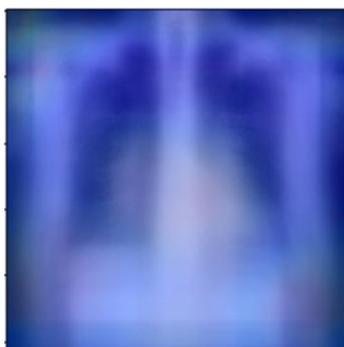
0.023

散布図

縦: 実測  
横: 予測

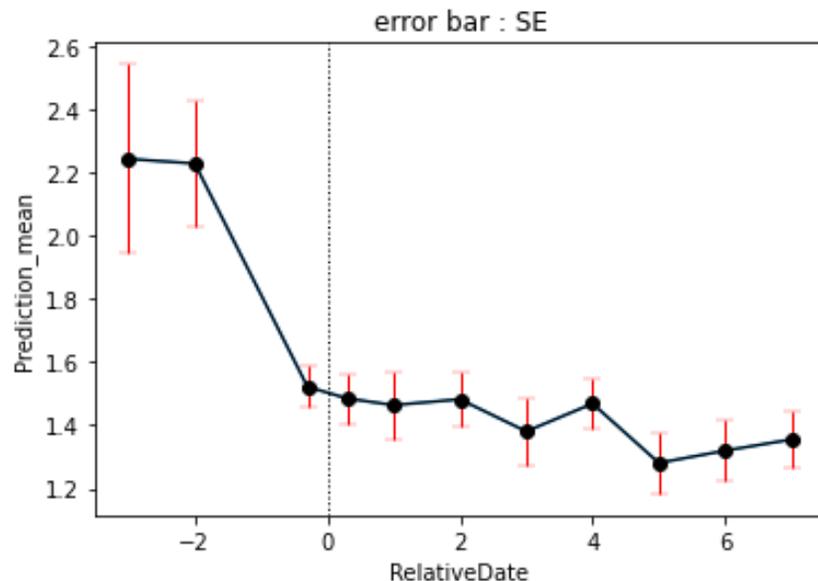


Grad-CAM



# 研究3 - 心房中隔欠損症周術期における検討

- 目的 - 血行動態が急激に変化する周術期において、予測 $Q_p/Q_s$ の推移を検討する
- 対象 - 心房中隔欠損閉鎖術 36例  
(2002 - 2019, 三重大病院, AIの学習に用いられていない症例)
- 周術期胸部X線写真から、学習済みモデルを用いて $Q_p/Q_s$ を予測



- 術直前以降、予測 $Q_p/Q_s$ が有意に低下  
→ 陽圧換気の影響？
- 術後も完全に正常化はしない

# 研究のまとめ

- 胸部X線写真から定量的に血行動態指標を予測可能
- 専門医の診断能を超えることもある
- 形態的な特徴に基づいて予測
  - 陽圧換気などの影響
  
- 写らないものは読めない
- 判断の根拠が不明確
  - 臨床応用にはさらなる改善が必要

# 想定される用途

- ボーダーライン症例における  
心臓カテーテル検査や手術の適応判断
  - レントゲンからある程度血行動態を評価することで、より高侵襲な検査の要否を判断
  - 術前のカテーテル検査が不要ない症例において、判断の補助に使用
- 日常診療における血行動態評価
  - レントゲンだけで血行動態評価が可能
  - 低侵襲、低コストであり、従来よりも頻回の検査が可能

# 実用化に向けた課題

- 多施設のデータを用いた学習、性能評価
  - 日本小児循環器学会研究委員会設置済み(2021B-01)
  - 大量の検査データを手作業で抽出する必要がある
- 予測根拠の可視化手法の確立
- 成人領域への応用
  - 多施設のデータを用いた学習

# 企業への期待

- 多施設におけるデータ収集インフラの構築
- 最新モデルによる性能向上や可視化
- 臨床使用可能な形で実装

# 企業への貢献、PRポイント

- 多施設共同研究の計画、実施
- 本技術の医学的な裏付け

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 評価システム、評価方法、学習方法、学習済みモデル、プログラム
- 特許番号 : 特許第7369437号
- 出願人 : 三重大学
- 発明者 : 鳥羽修平、三谷義英、高尾仁二

# お問い合わせ先

- 三重大学  
研究・社会連携統括本部 知財ガバナンス部門

TEL 059-231-5495

E-mail [chizai-mip@crc.mie-u.ac.jp](mailto:chizai-mip@crc.mie-u.ac.jp)