

肺動脈楔入圧推定のための回帰型CNNにおける 教師データサイズに対する 汎化性能の収束性評価

○三浦朋樹¹, 大前佑斗¹, 齋藤佑記²,
奥村恭男², 柿本陽平¹, 豊谷純¹

1: 日本大学 生産工学部

2: 日本大学医学部 内科学系循環器内科学分野

本研究は日本大学医学部附属板橋病院 臨床研究倫理審査委員会での承認を得て施行されています。(RK-210112-09)

背景

背景



肺動脈楔入圧 (PAWP) は心不全のリスク評価に用いられる指標

背景



肺動脈楔入圧 (PAWP) は心不全のリスク評価に用いられる指標



PAWPを測定するためには右心カテーテル検査 (RHC) が必要

背景



肺動脈楔入圧 (PAWP) は心不全のリスク評価に用いられる指標



PAWPを測定するためには右心カテーテル検査 (RHC) が必要



RHCは静脈破裂や合併症、死亡などのリスクが存在

背景



肺動脈楔入圧 (PAWP) は心不全のリスク評価に用いられる指標



PAWPを測定するためには右心カテーテル検査 (RHC) が必要



RHCは静脈破裂や合併症、死亡などのリスクが存在



背景



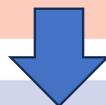
肺動脈楔入圧 (PAWP) は心不全のリスク評価に用いられる指標



PAWPを測定するためには右心カテーテル検査 (RHC) が必要

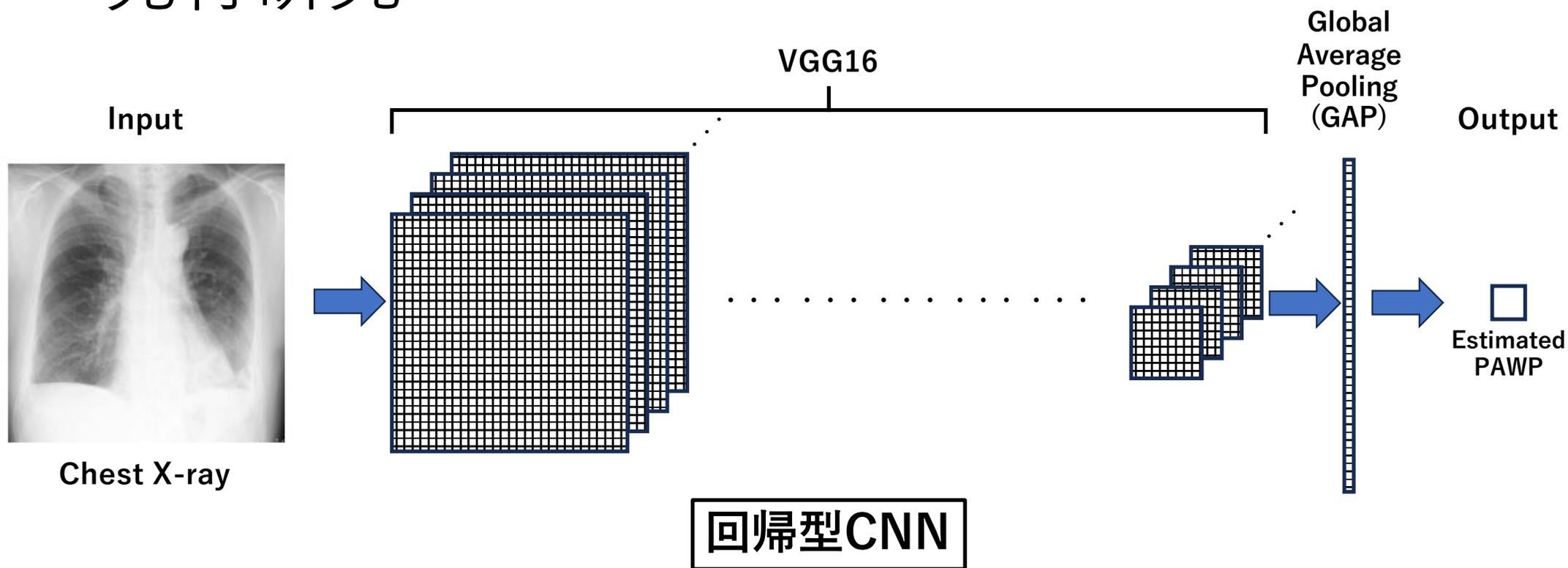


RHCは静脈破裂や合併症、死亡などのリスクが存在

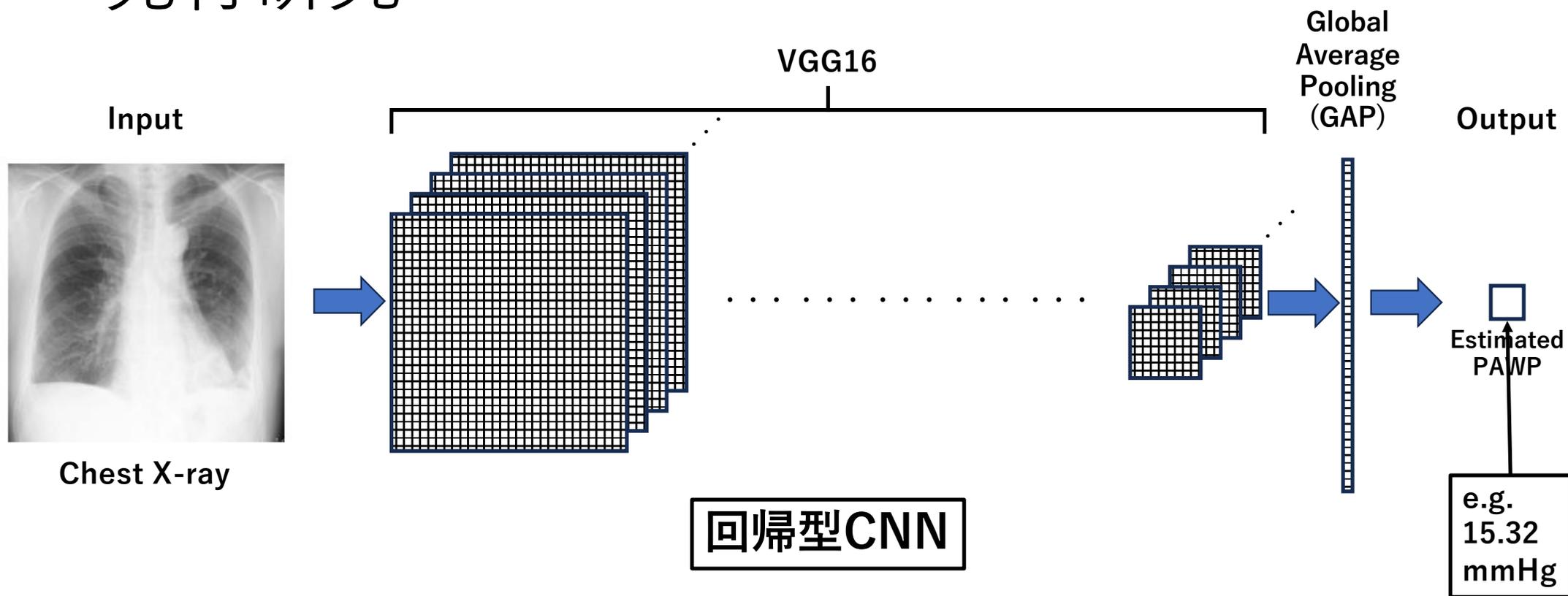


非侵襲的な診断例：畳み込みニューラルネットワーク (CNN)

先行研究

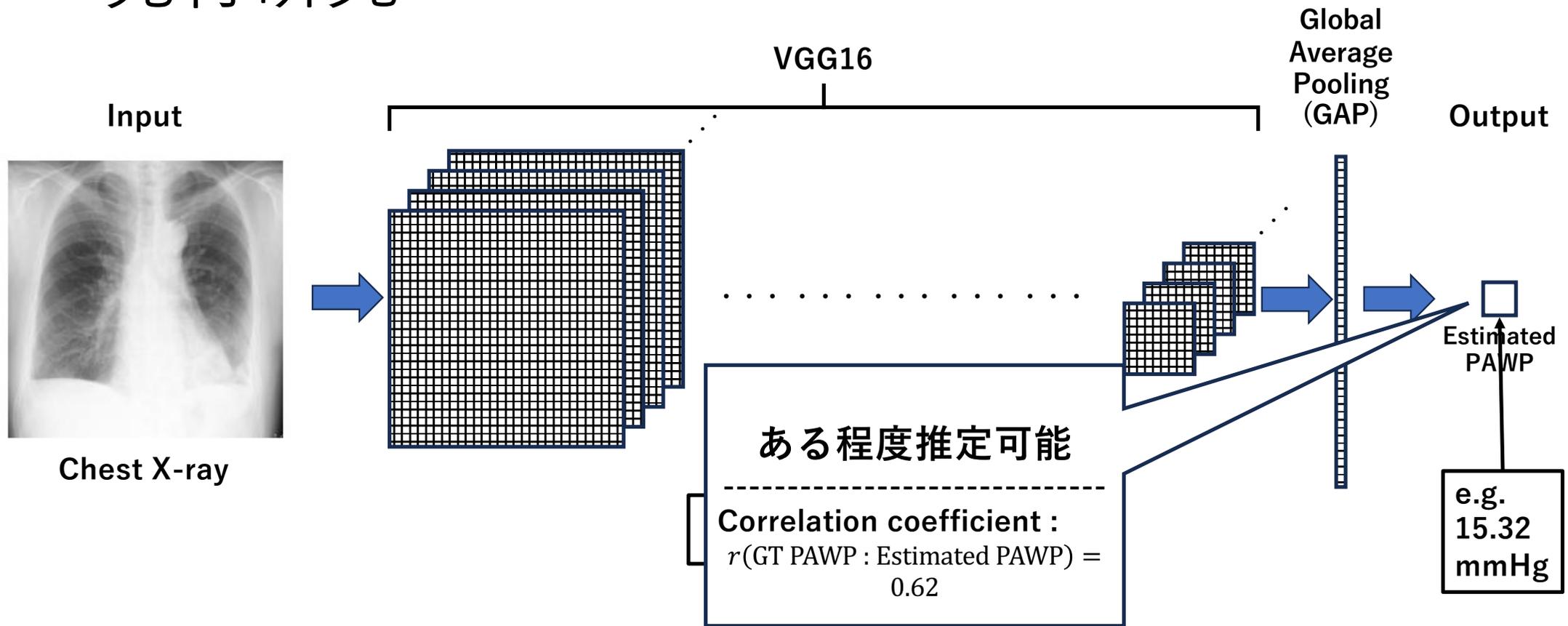


先行研究



引用：Yuki Saito, Yuto Omae, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Saki Mizobuchi, Yohei Kakimoto, Jun Toyotani, Yasuo Okumura, Quantitative Estimation of Pulmonary Artery Wedge Pressure from Chest Radiographs by a Regression Convolutional Neural Network, Heart and Vessels, vol.37, pp.1387–1394, 2022.02. doi: 10.1007/s00380-022-02043-w

先行研究



目的

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい



目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい



目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究※における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

※ : Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究※における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

※： Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究※における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

※： Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究[※]における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

画像の回転、シフト等

※ : Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究[※]における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

画像の回転、シフト等[≠]

※： Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究※における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

画像の回転、シフト等≠新規データの追加

※： Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究[※]における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

画像の回転、シフト等 ≠ 新規データの追加 ⇐ 性能向上？

※： Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究[※]における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

画像の回転、シフト等 ≠ 新規データの追加 ⇐ 性能向上？

※ : Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究[※]における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

画像の回転、シフト等≠新規データの追加 ⇐性能向上？

RHCは侵襲的→新規データは取りづらい→必要な分だけ

※： Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究[※]における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

画像の回転、シフト等≠新規データの追加 ⇐性能向上？

RHCは侵襲的→新規データは取りづらい→必要な分だけ

※： Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

目的

医療の場合、可能な限り性能は高いものであることが望ましい

先行研究[※]における性能を高めるための工夫：

Data Augmentation

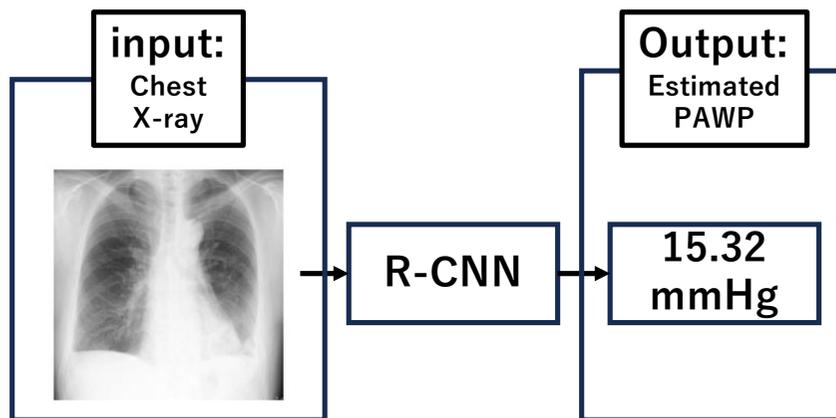
画像の回転、シフト等≠新規データの追加 ⇐性能向上？

RHCは侵襲的→新規データは取りづらい→必要な分だけ

既存のデータを使用し、データサイズに対する汎化性能を確認

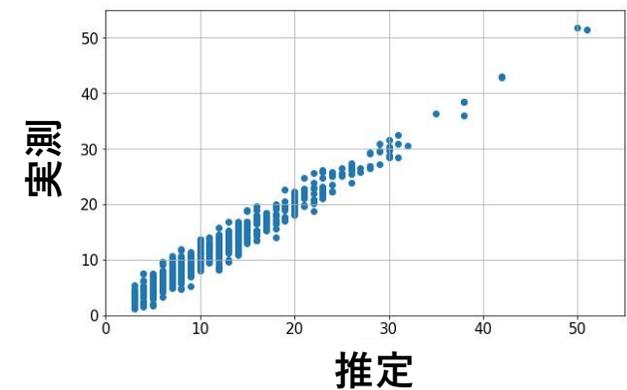
※： Yuto Omae, Yuki Saito, Daisuke Fukamachi, Koichi Nagashima, Yasuo Okumura, Jun Toyotani, Impact of Chest Radiograph Image Size and Augmentation on Estimating Pulmonary Artery Wedge Pressure by Regression Convolutional Neural Network, AIP Conference Proceedings (IC-MSQUARE 2022), vol.2872, article no. 120065, doi: 10.1063/5.0162766

本研究の概要



本研究はCNNによる
回帰問題

実測	推定
9	9.1
12	11.3
15	14.8
10	11.4
9	9.4
8	7.6
11	12.1

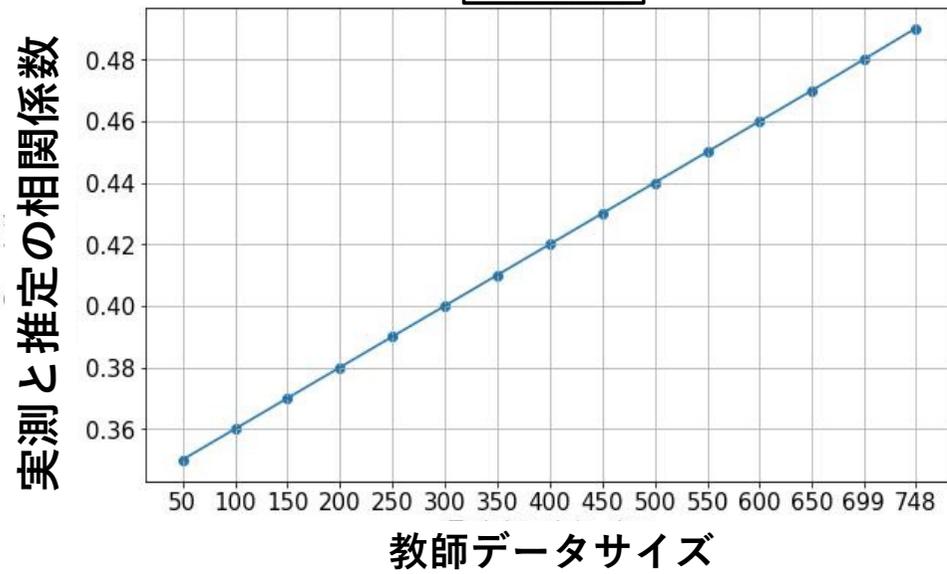


実測値と推定値が近い
と性能が良い

仮説

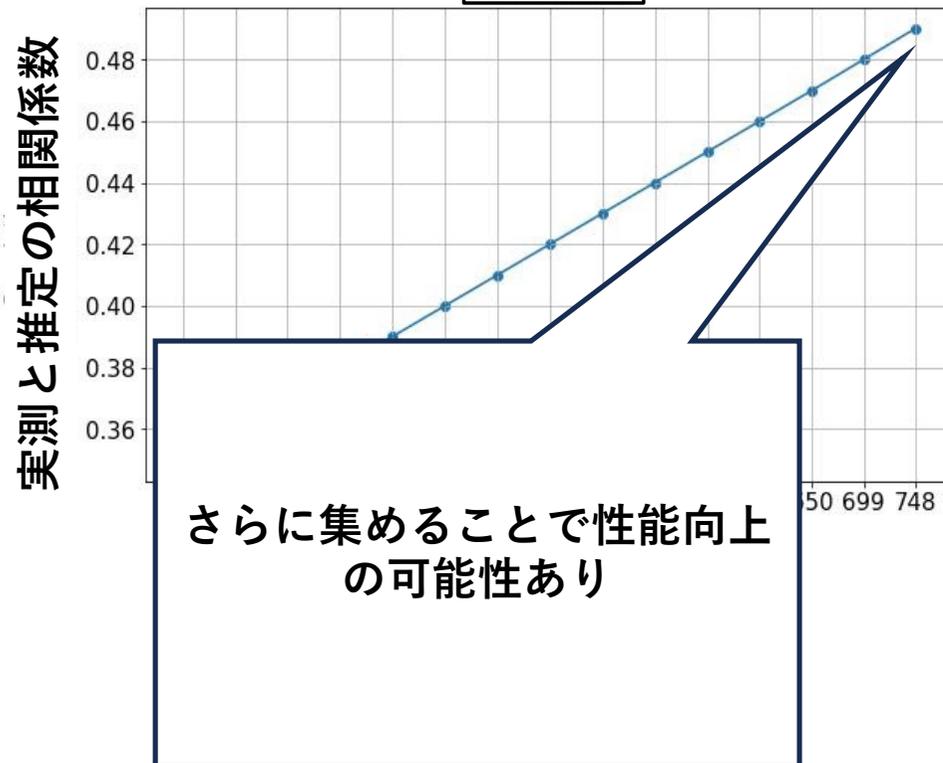
仮説

比例



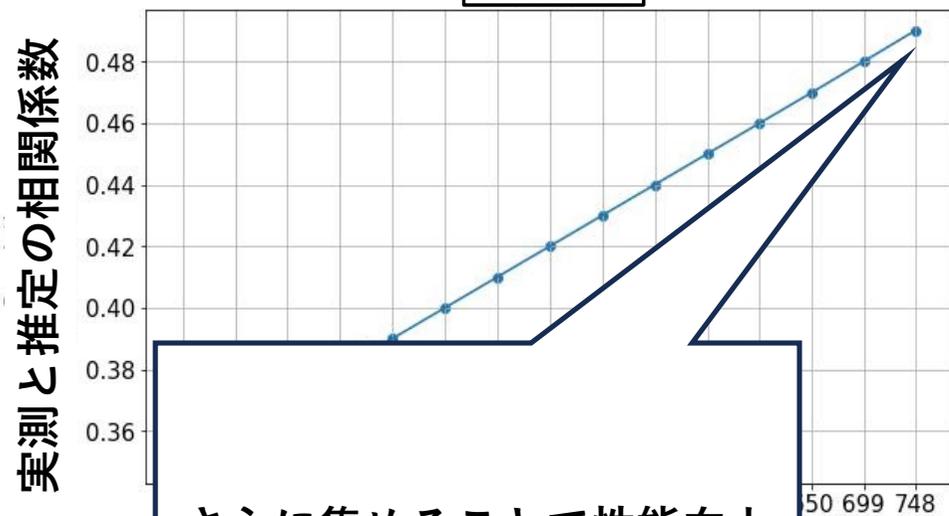
仮説

比例

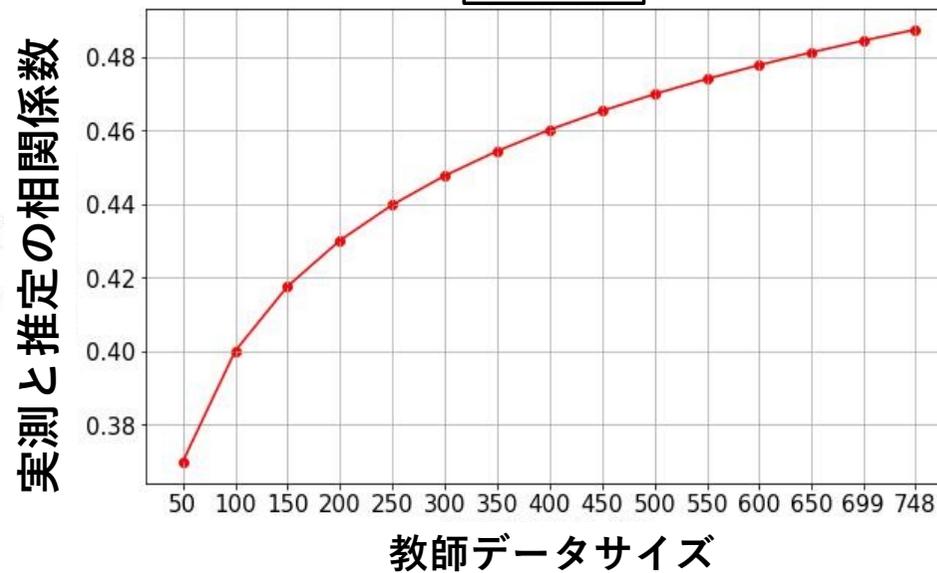


仮説

比例

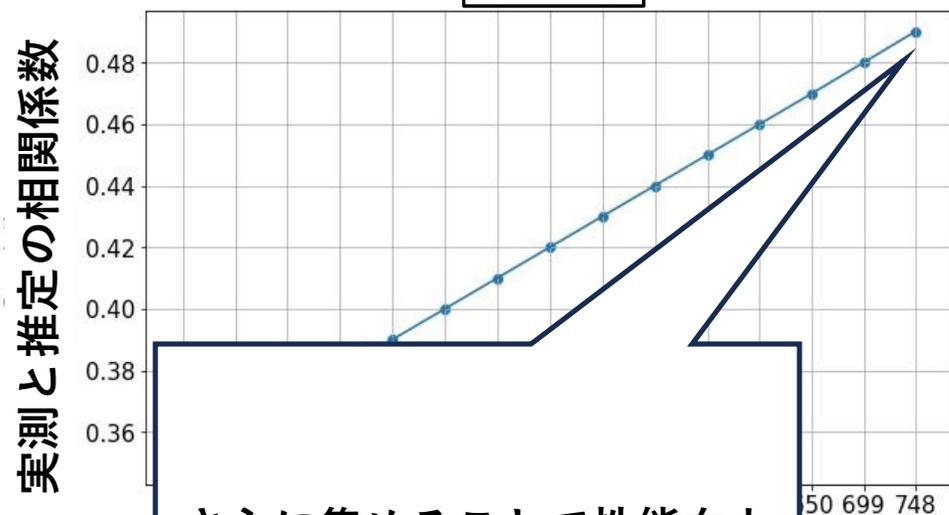


対数



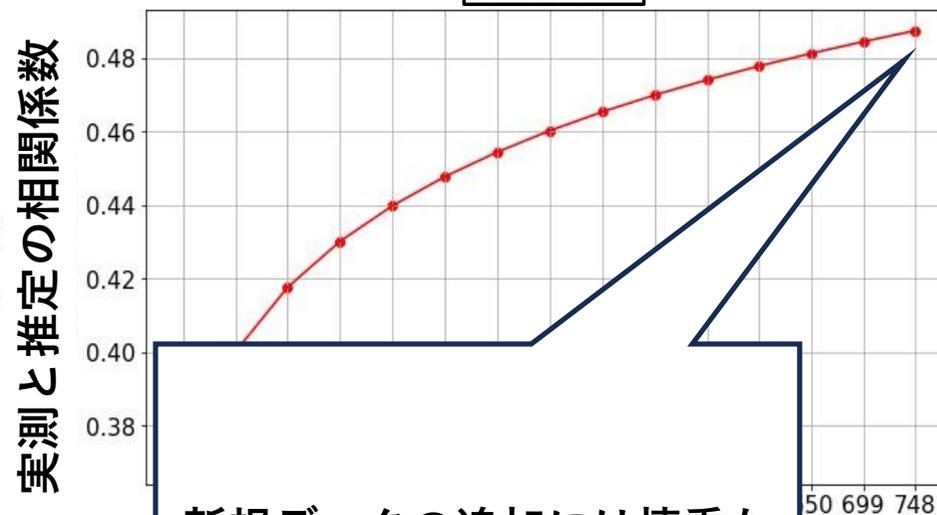
仮説

比例



さらに集めることで性能向上の可能性あり

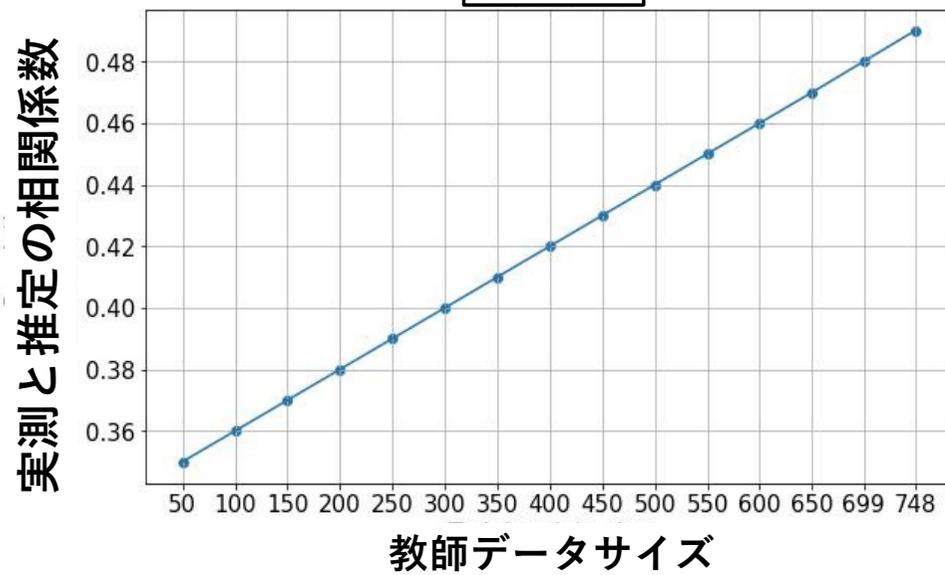
対数



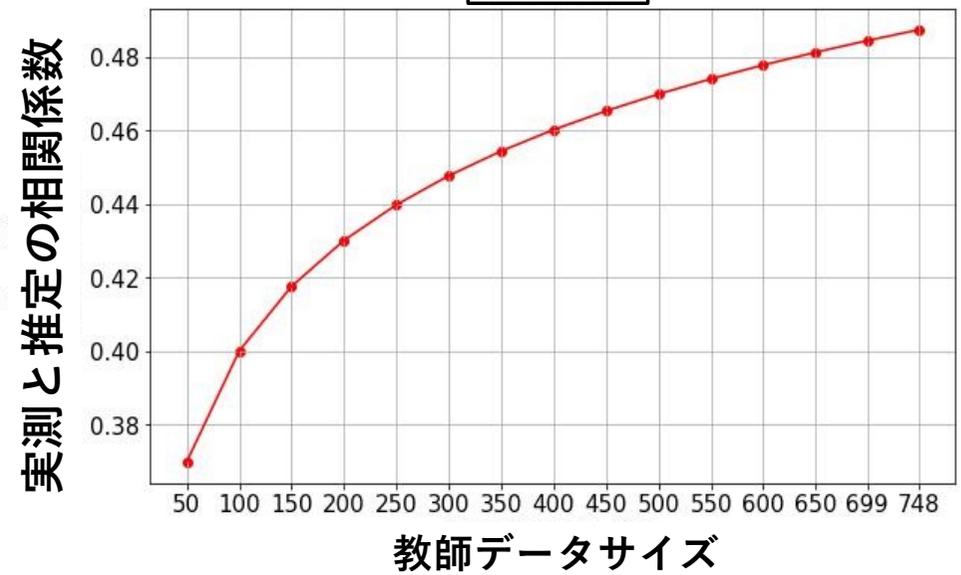
新規データの追加には慎重な検討の必要性あり

仮説

比例



対数

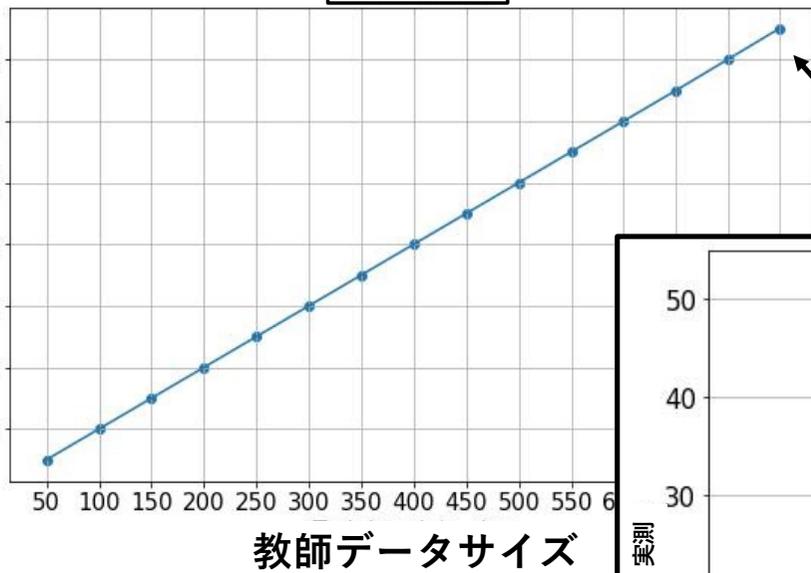


仮説

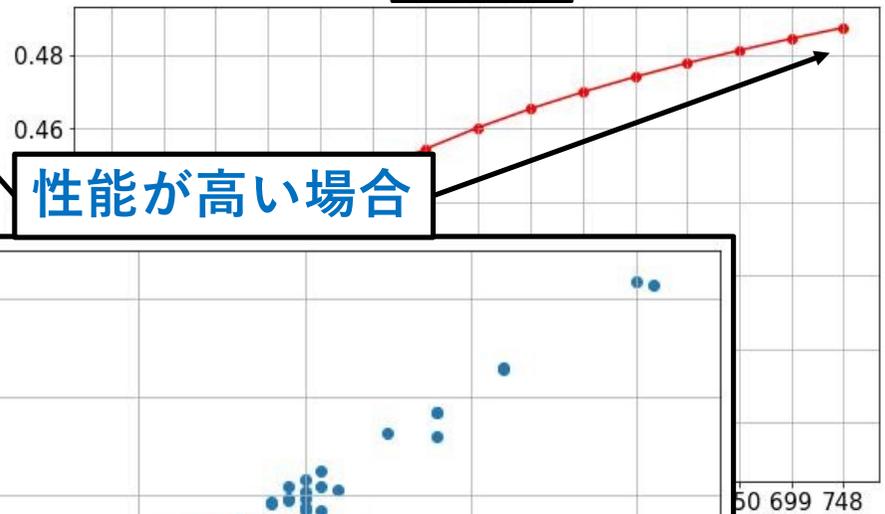
比例

対数

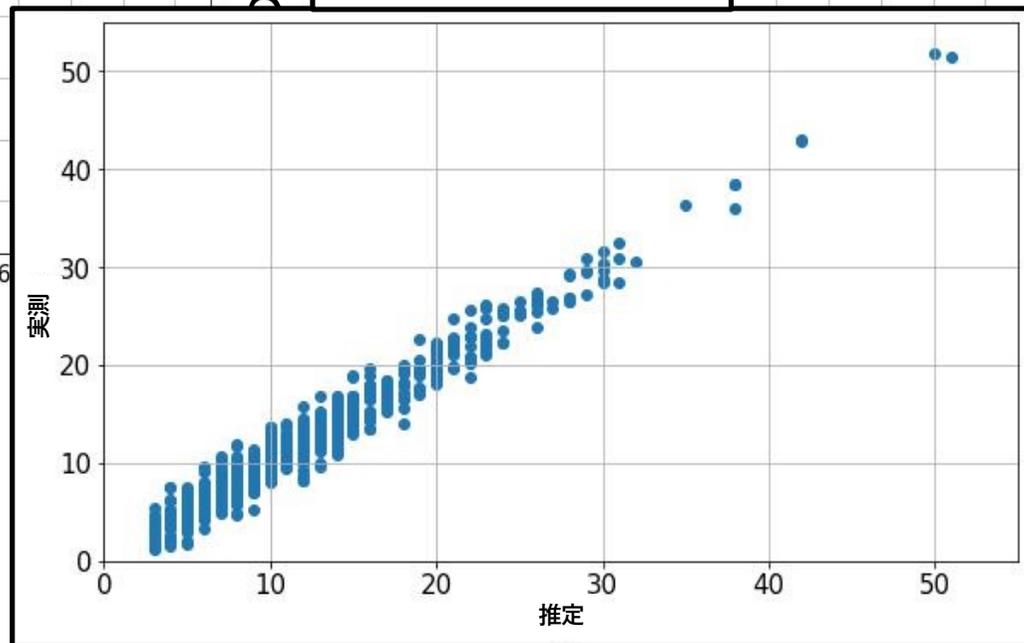
実測と推定の相関係数



相関係数

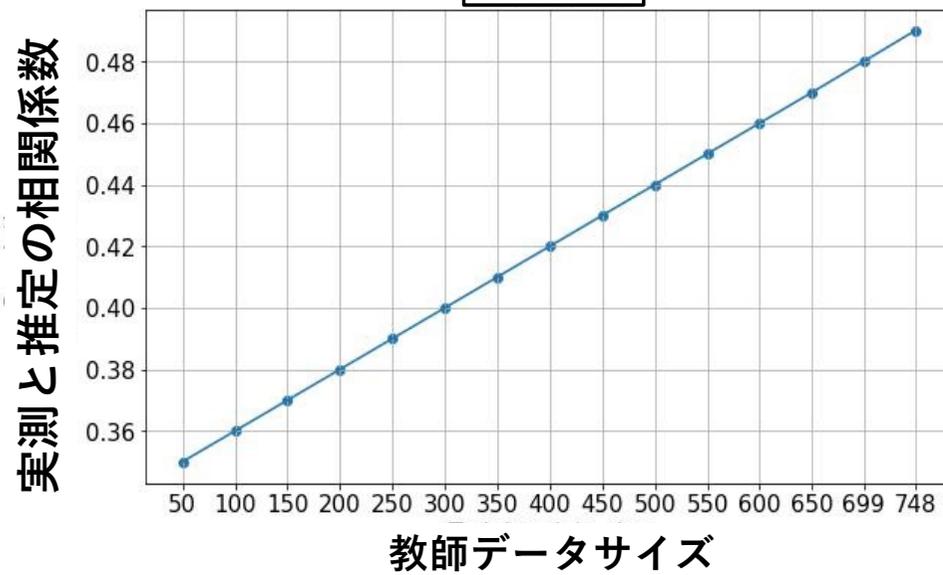


性能が高い場合

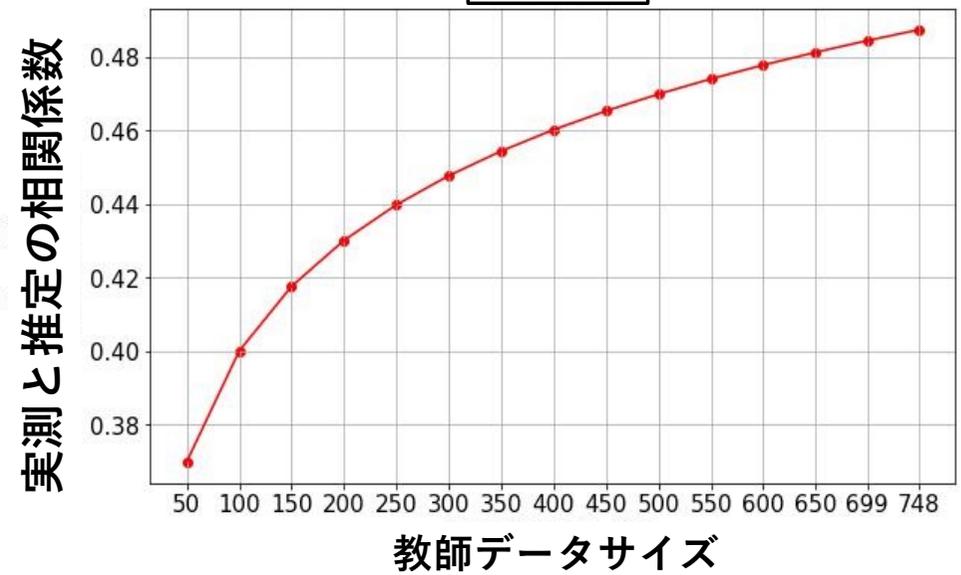


仮説

比例

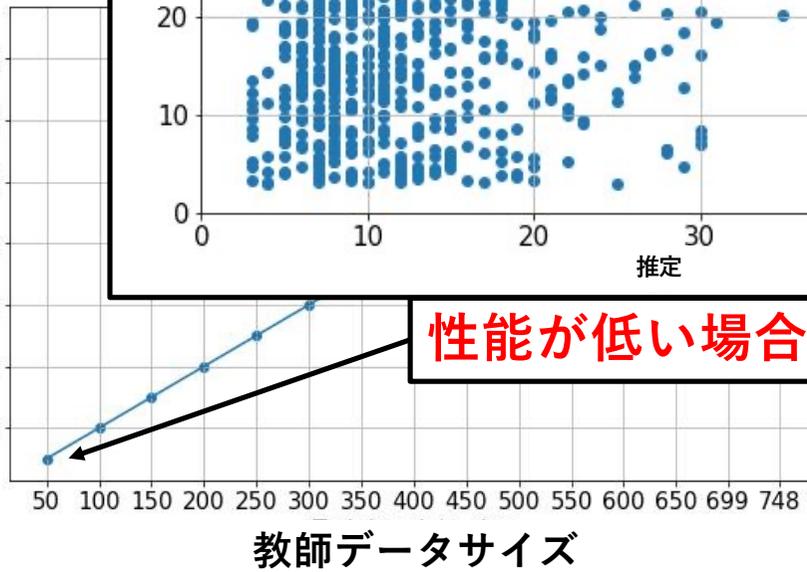


対数



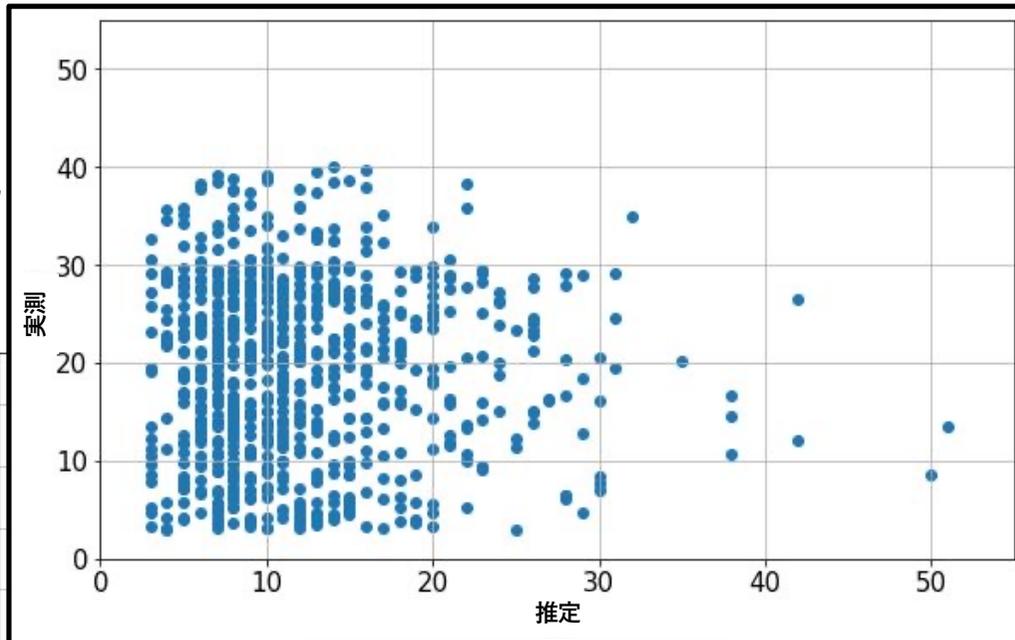
仮説

実測と推定の相関係数

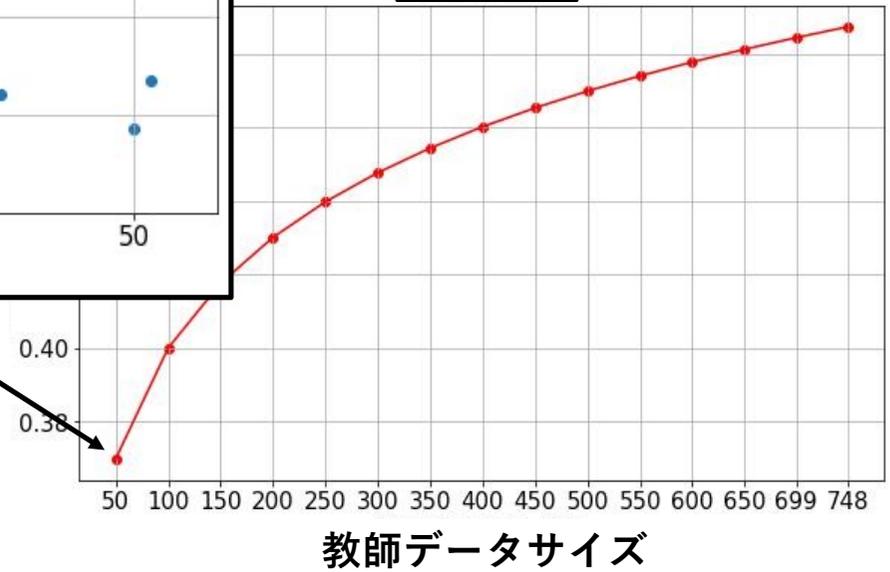


性能が低い場合

実測と推定



対数



教師データサイズ

データセット

データセット

使用データ
(教師あり学習)

入力：胸部X線画像
正解：PAWP測定値

期間：2017年1月～2019年12月
場所：日本大学医学部附属板橋病院
被験者数：936人
診断：RHC、胸部X線撮影



Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>

データセット

使用データ
(教師あり学習)

入力：胸部X線画像
正解：PAWP測定値

期間：2017年1月～2019年12月
場所：日本大学医学部附属板橋病院
被験者数：936人
診断：RHC、胸部X線撮影

データセット1



Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>

データセット

使用データ
(教師あり学習)

入力：胸部X線画像
正解：PAWP測定値

期間：2017年1月～2019年12月
場所：日本大学医学部附属板橋病院
被験者数：936人
診断：RHC、胸部X線撮影



Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>

データセット1

(50枚)

データセット

使用データ
(教師あり学習)

入力：胸部X線画像
正解：PAWP測定値

期間：2017年1月～2019年12月
場所：日本大学医学部附属板橋病院
被験者数：936人
診断：RHC、胸部X線撮影



Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>

デ
ー

- 教師データ(37枚): CNNの学習
- 検証データ(13枚): ハイパラのチューニング
- テストデータ(188枚): 性能評価

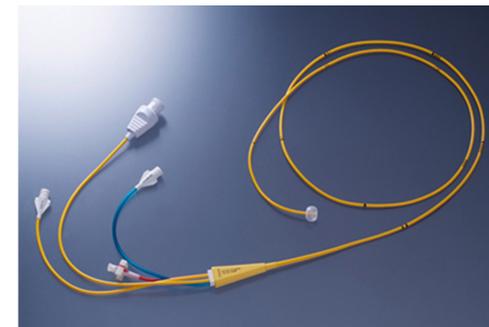
(50枚)

データセット

使用データ
(教師あり学習)

入力：胸部X線画像
正解：PAWP測定値

期間：2017年1月～2019年12月
場所：日本大学医学部附属板橋病院
被験者数：936人
診断：RHC、胸部X線撮影



Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>

データセット1

(50枚)

データセット

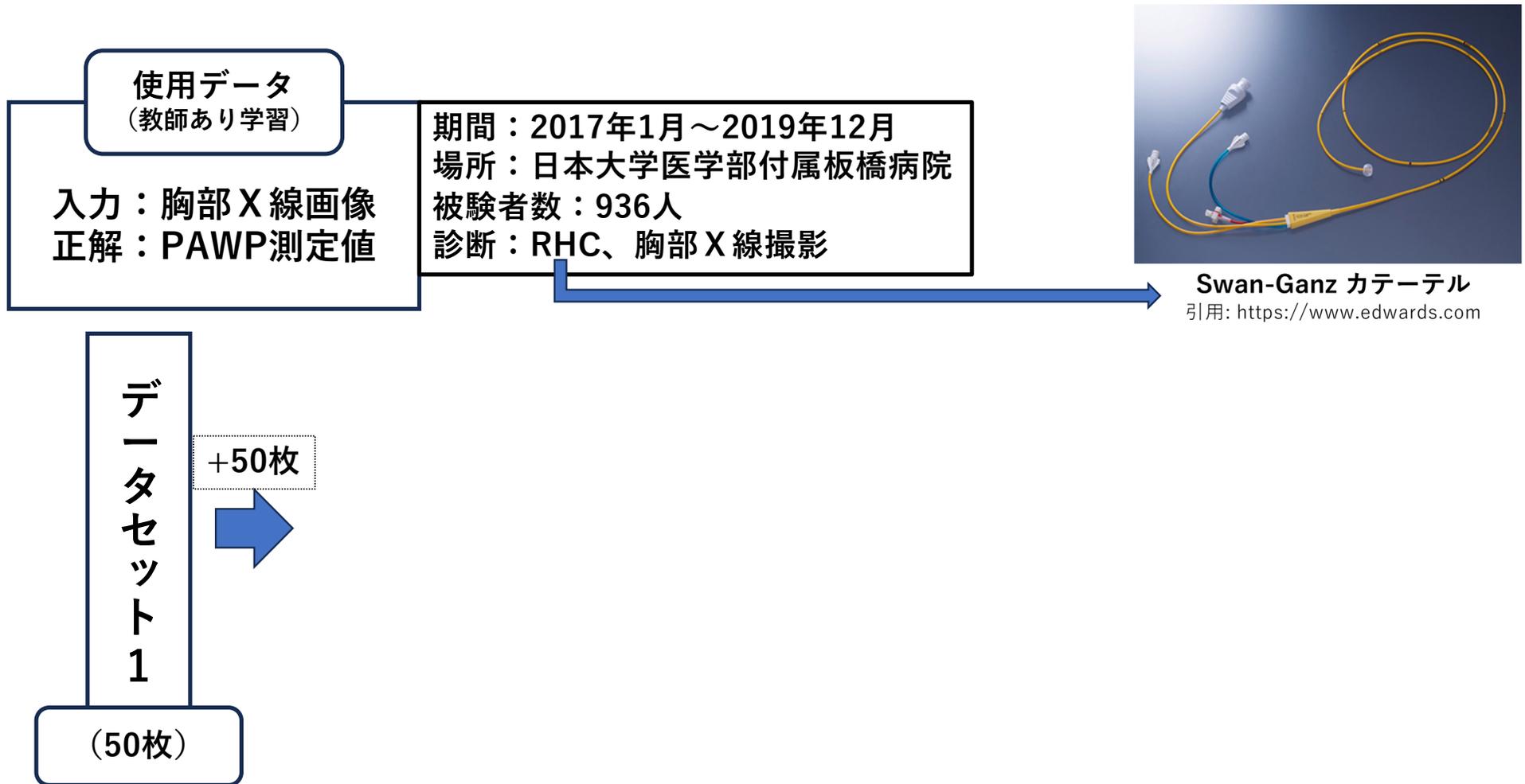


Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>

データセット1

(50枚)

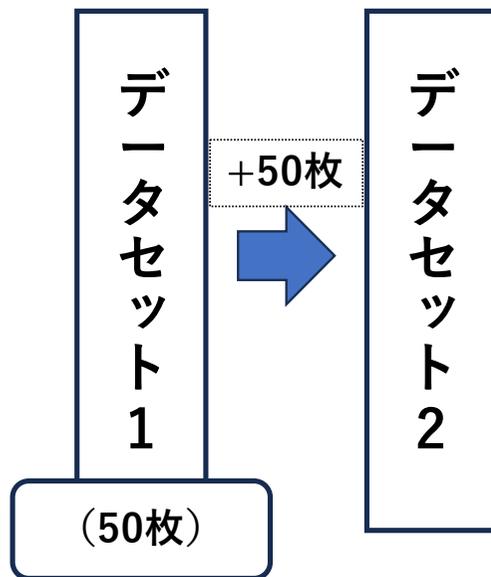
データセット



データセット



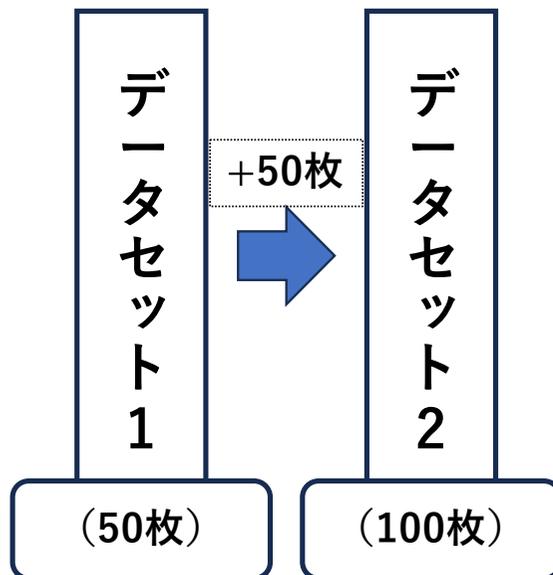
Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>



データセット



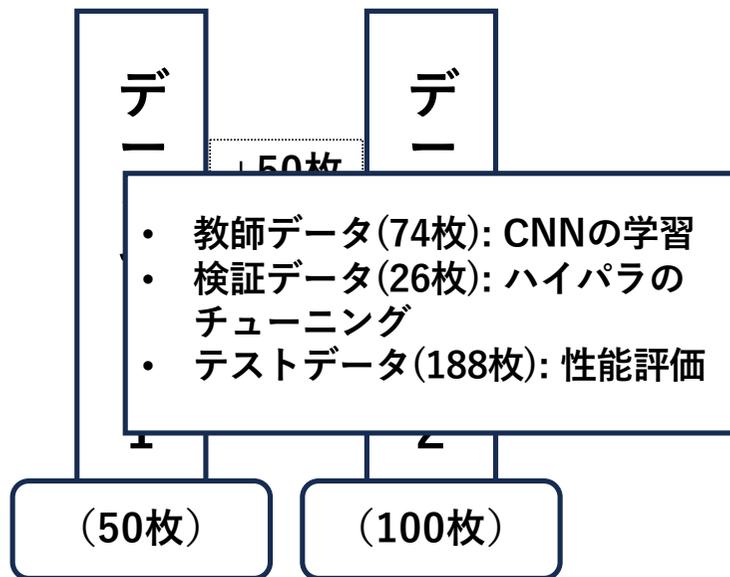
Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>



データセット



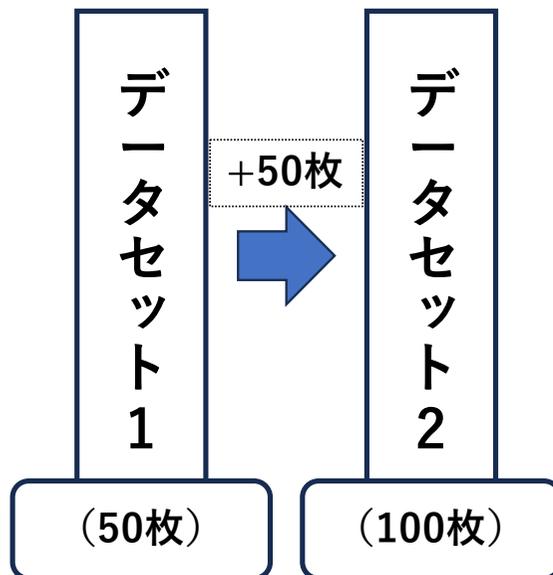
Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>



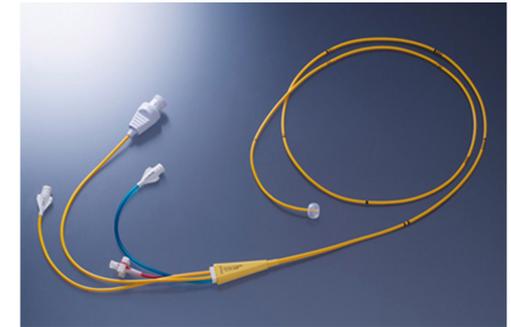
データセット



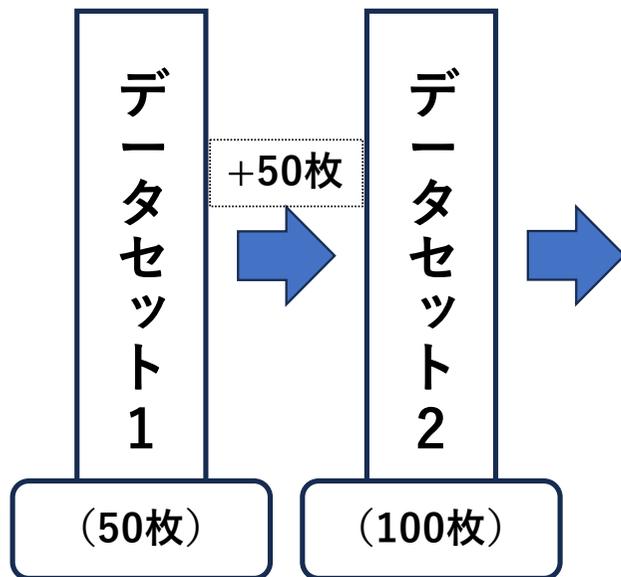
Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>



データセット



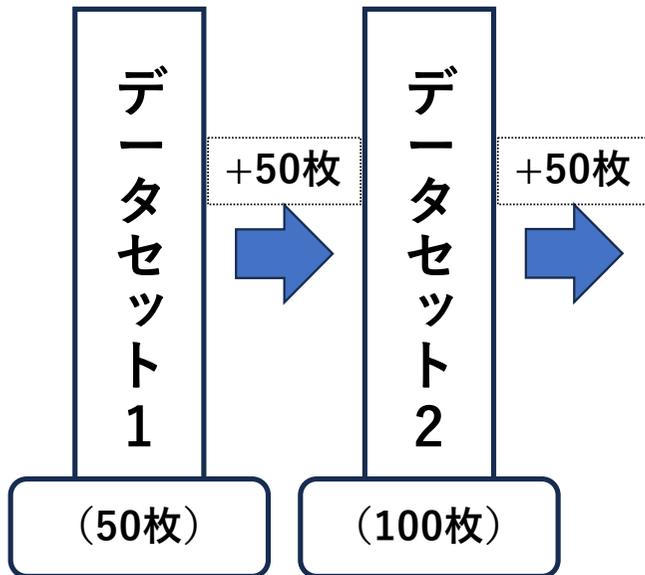
Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>



データセット



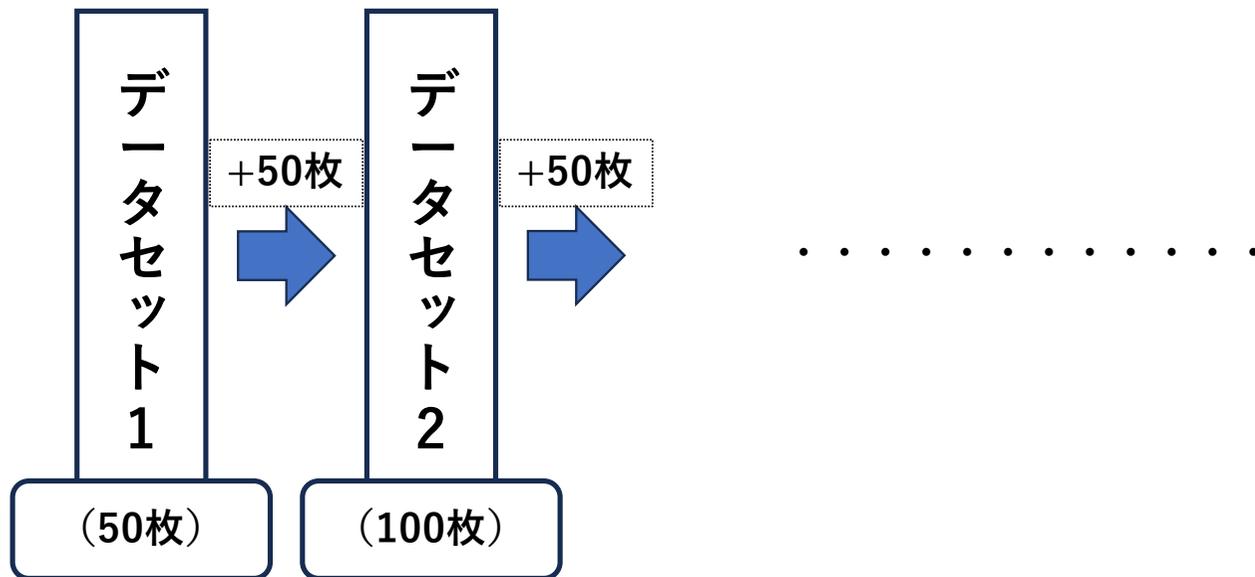
Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>



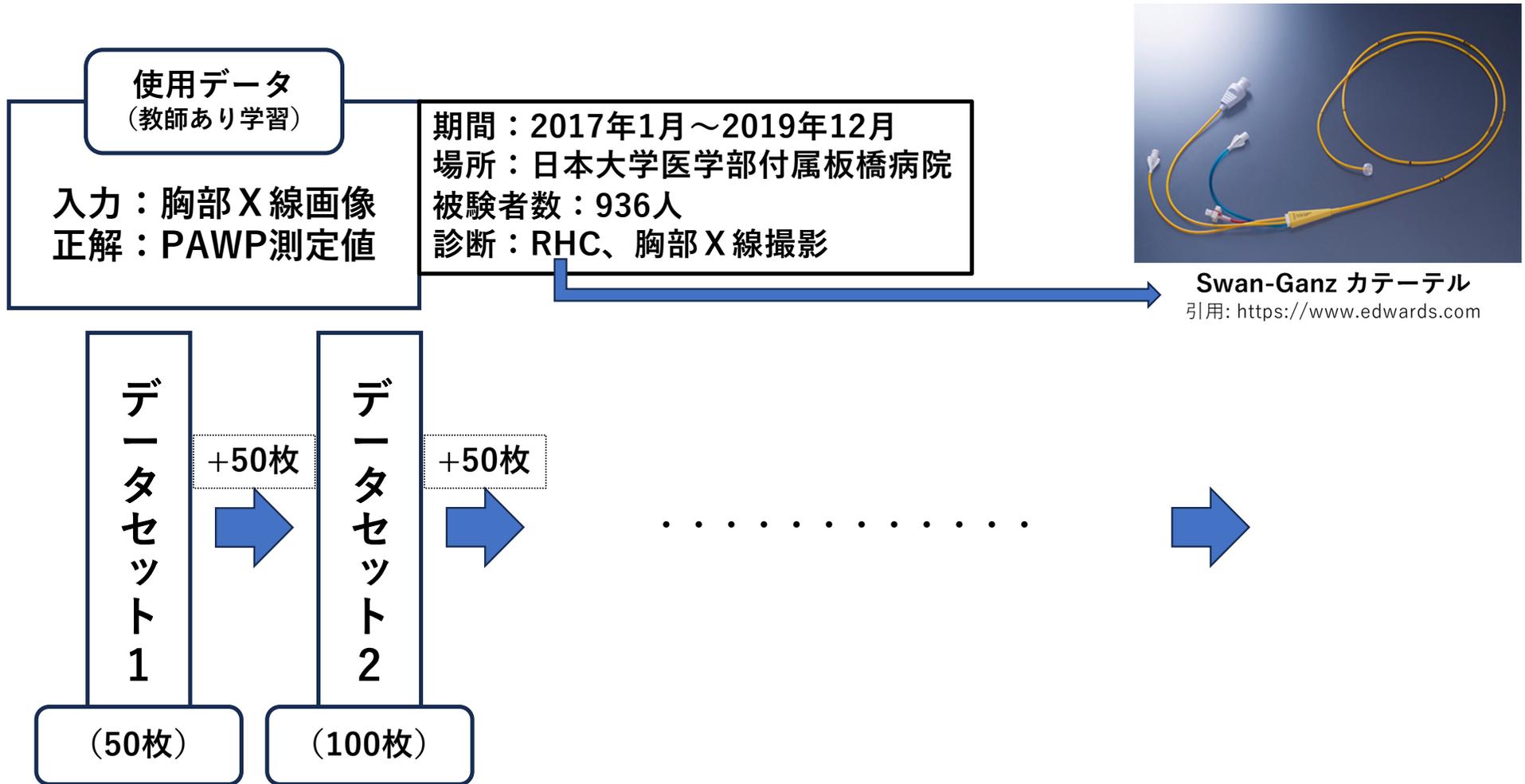
データセット



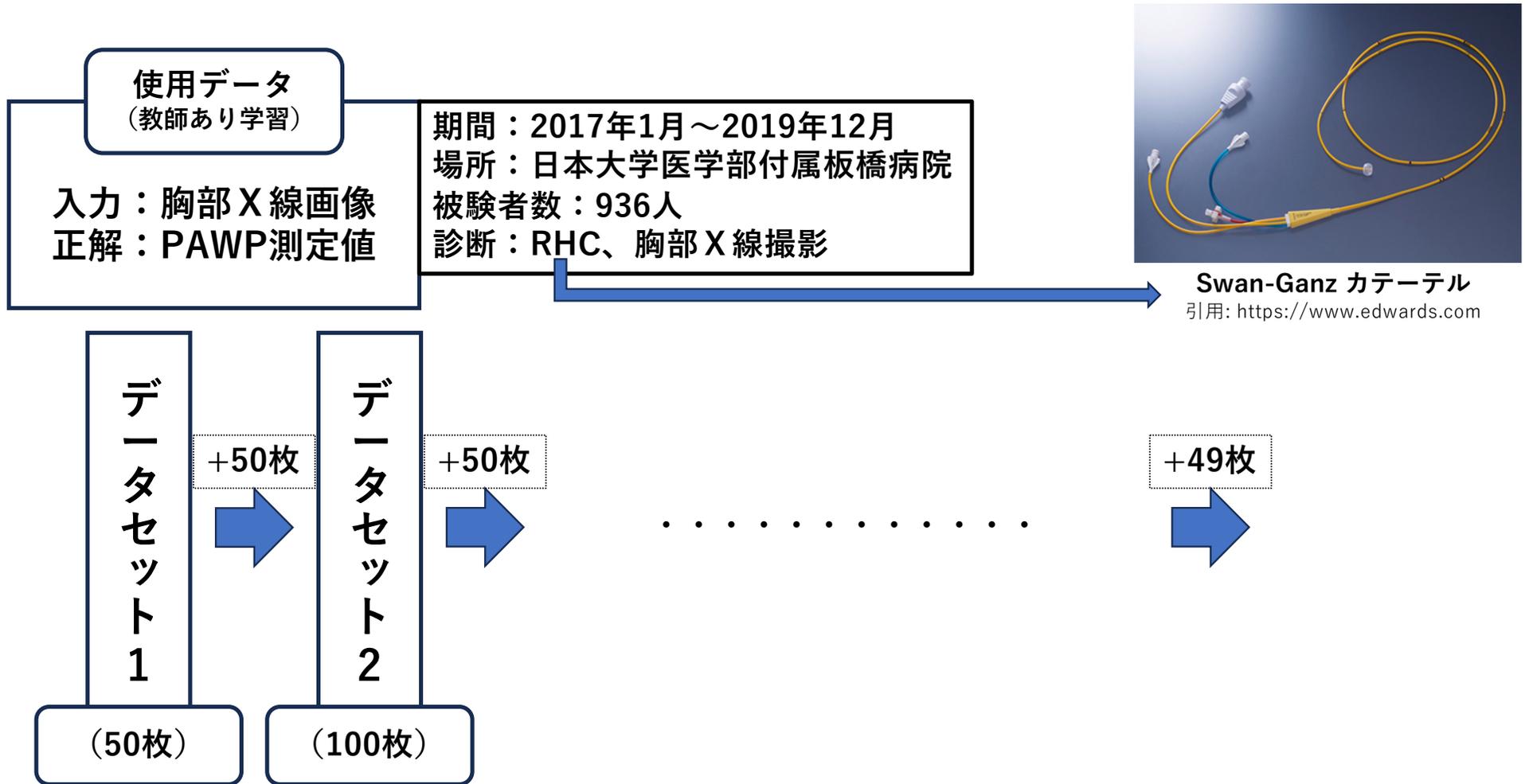
Swan-Ganz カテーテル
引用: <https://www.edwards.com>



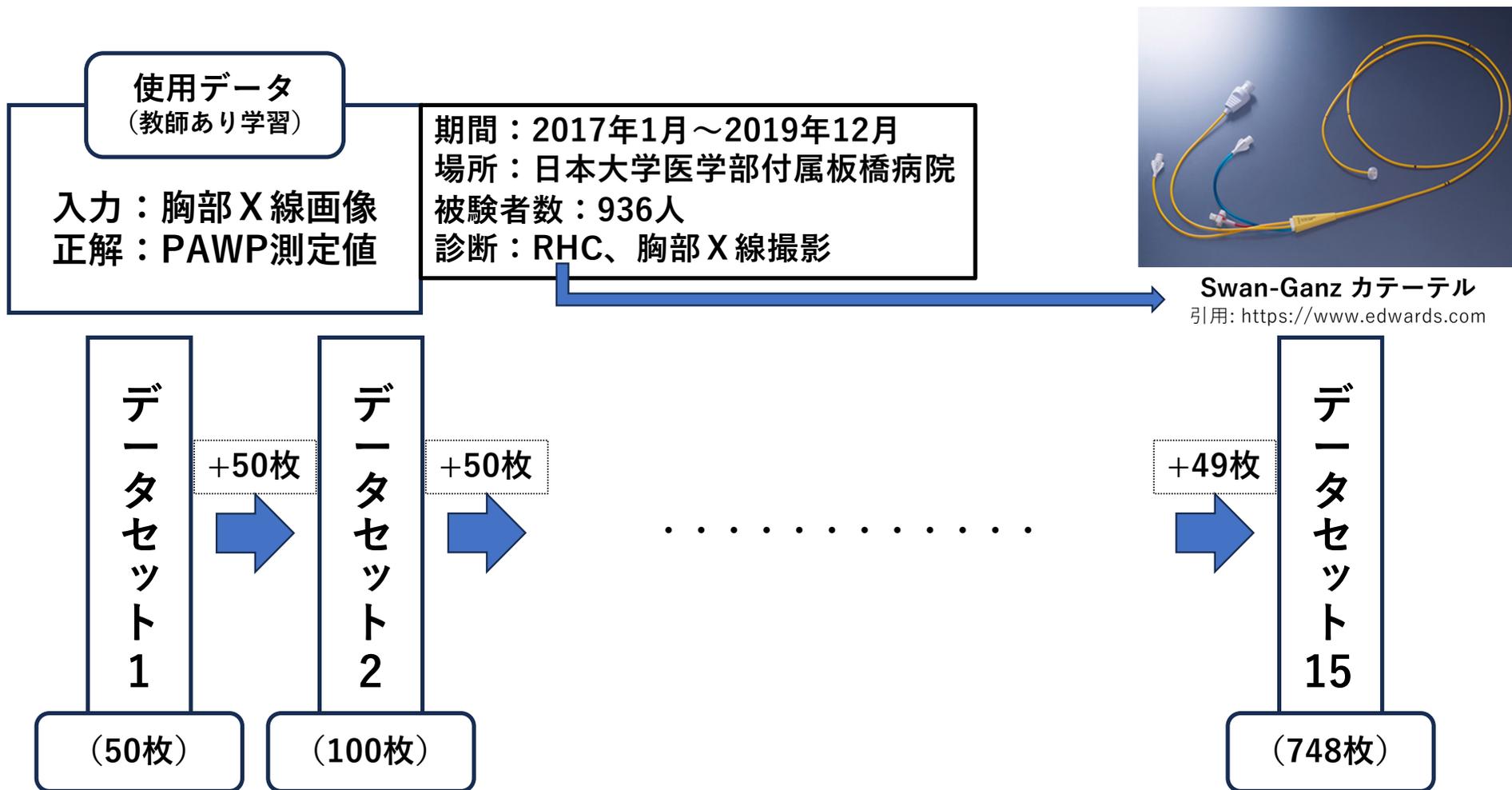
データセット



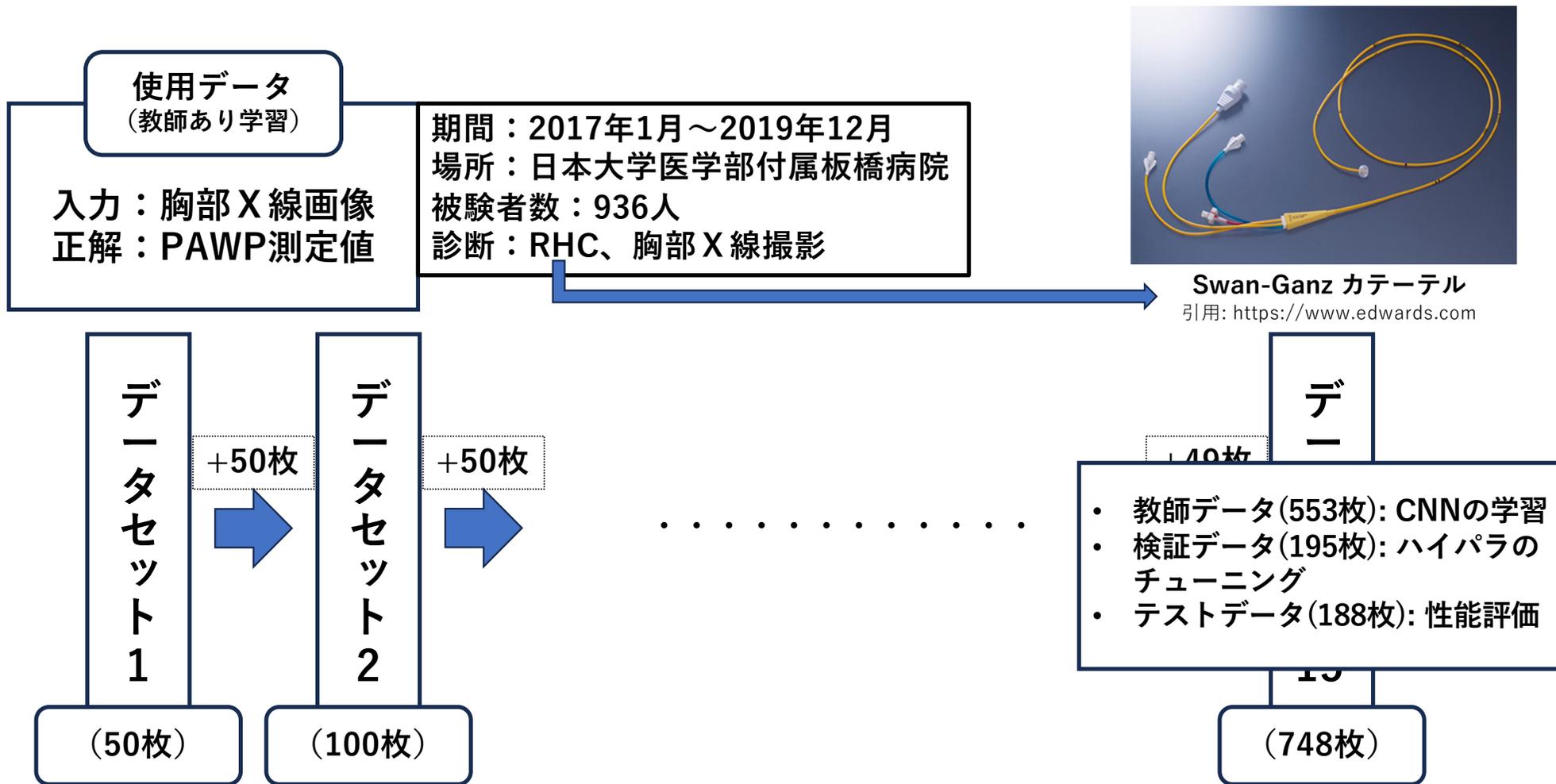
データセット



データセット



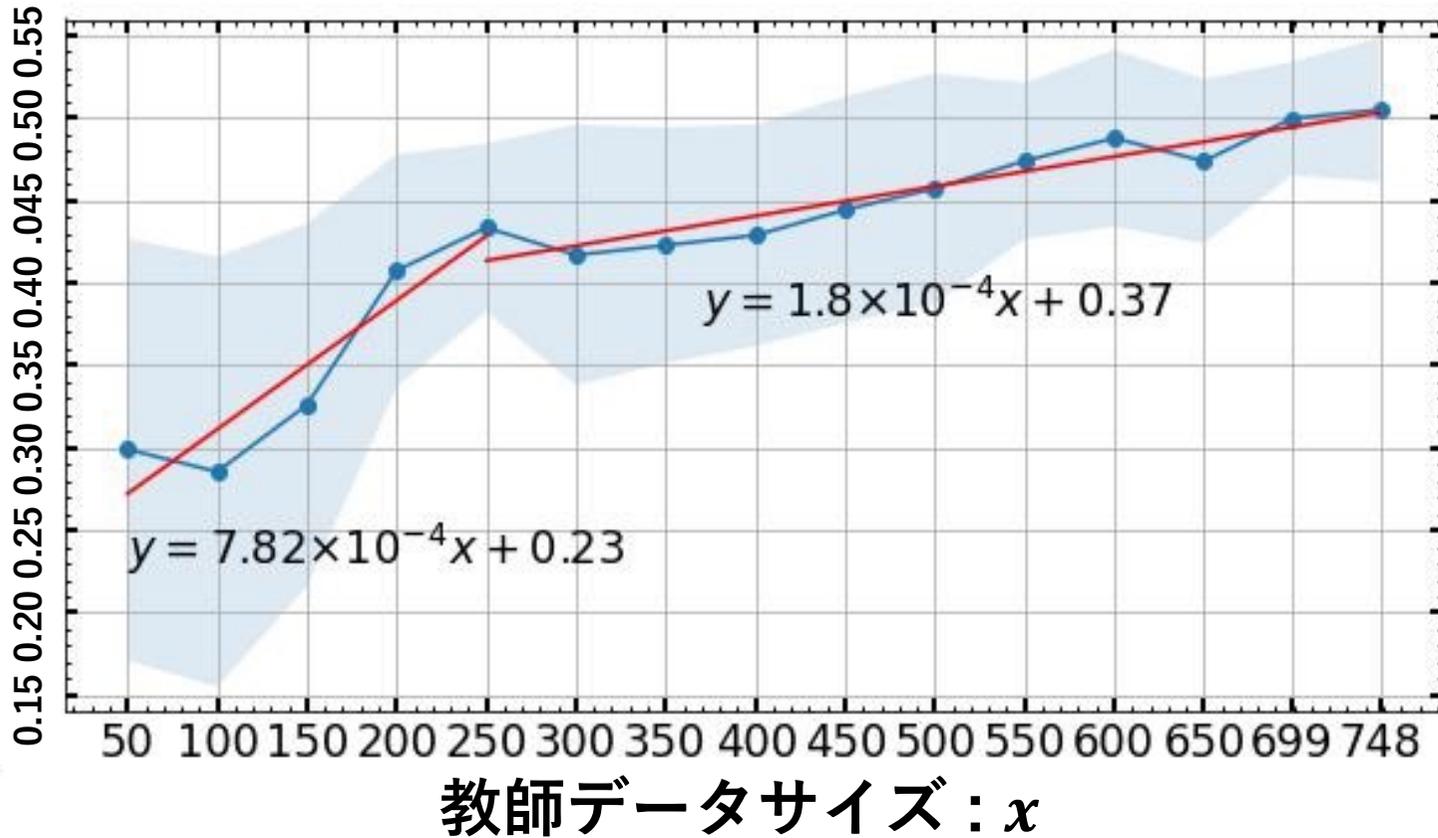
データセット



実測と推定の相関係数



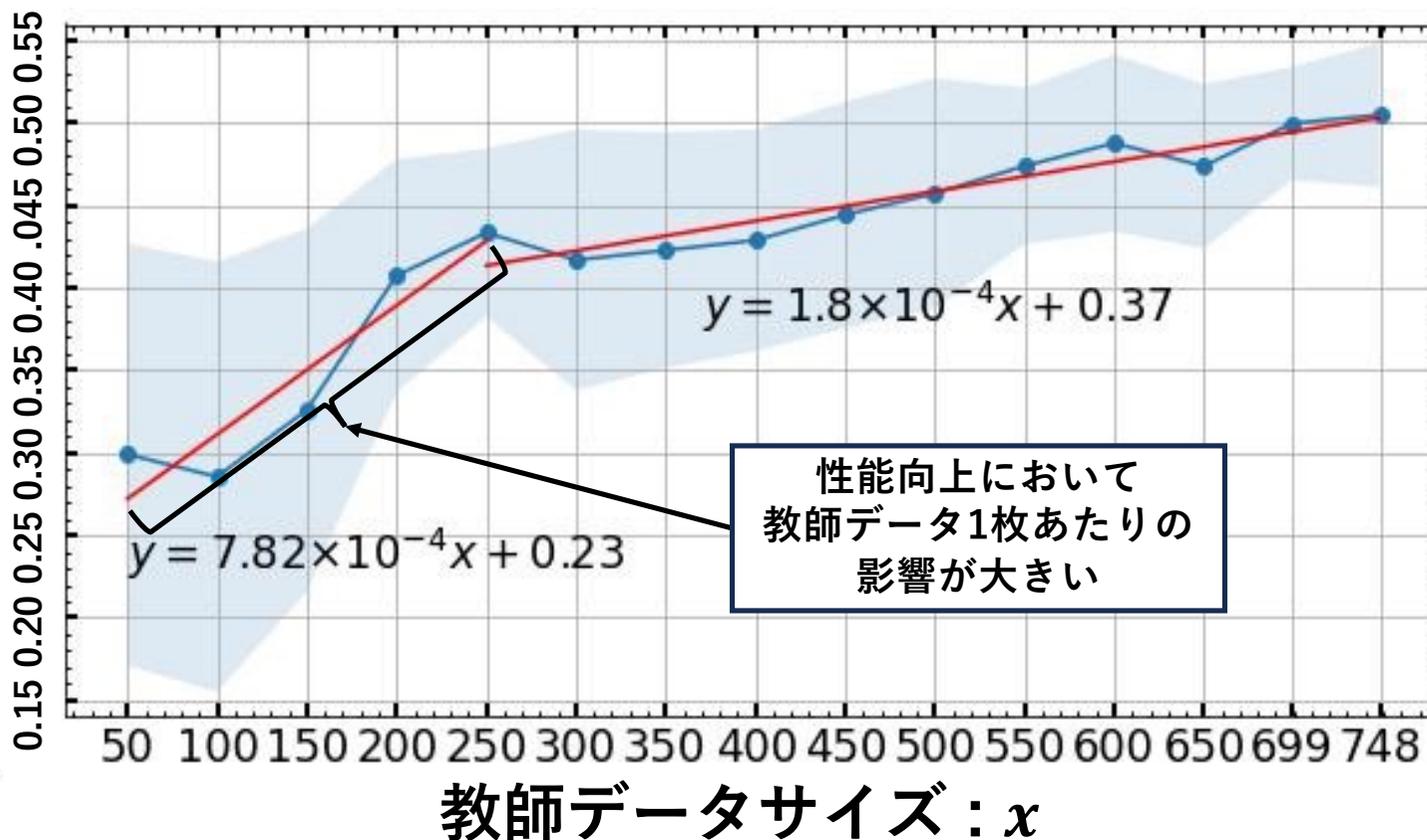
測定値と推定値の
相関係数： y



実測と推定の相関係数



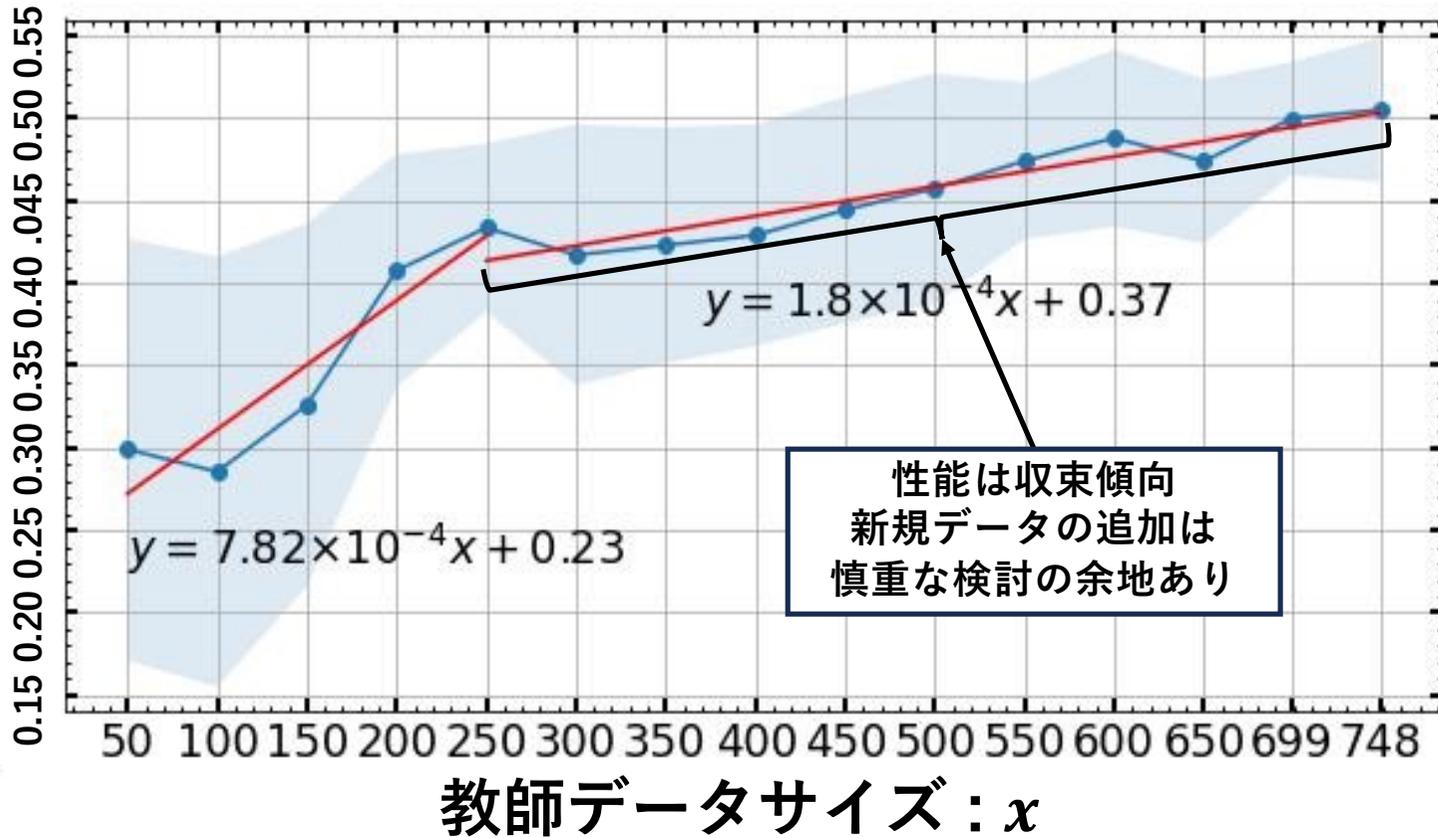
測定値と推定値の
相関係数： y



実測と推定の相関係数



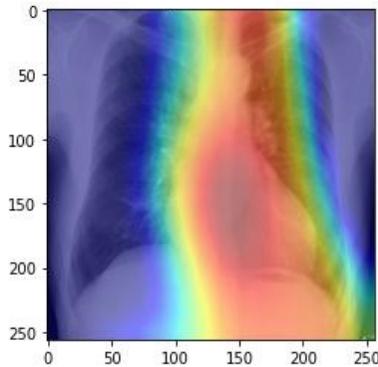
測定値と推定値の
相関係数： y



推定根拠の可視化

50枚

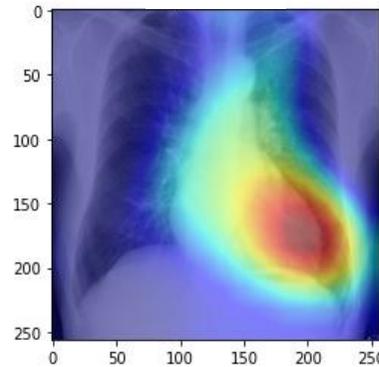
PAWP : 12



被験者A

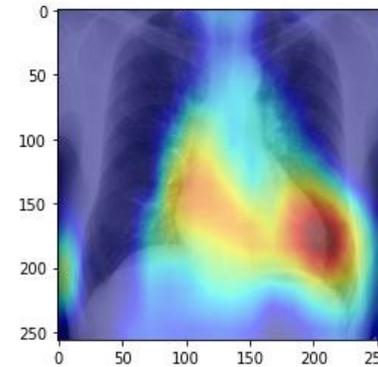
300枚

PAWP : 12



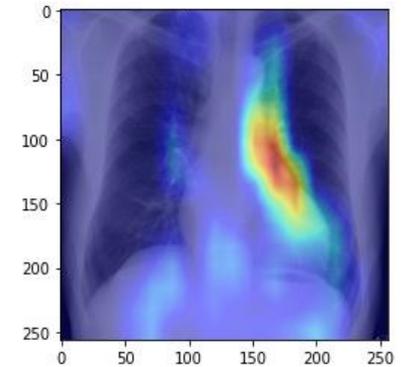
500枚

PAWP : 12

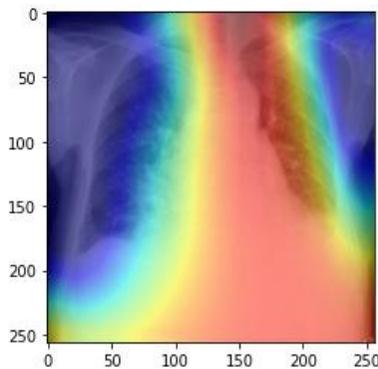


748枚

PAWP : 12

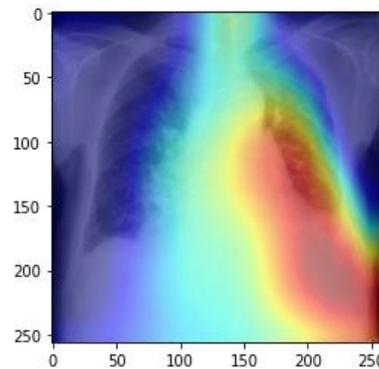


PAWP : 46

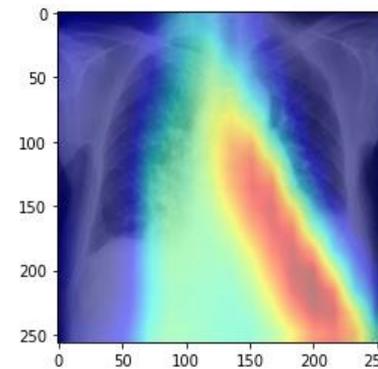


被験者B

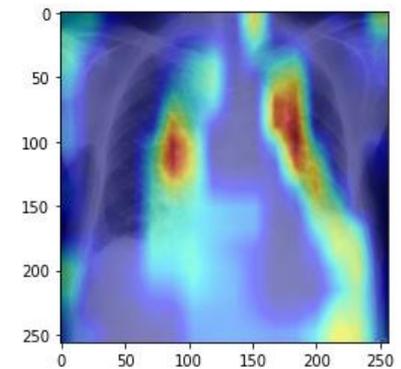
PAWP : 46



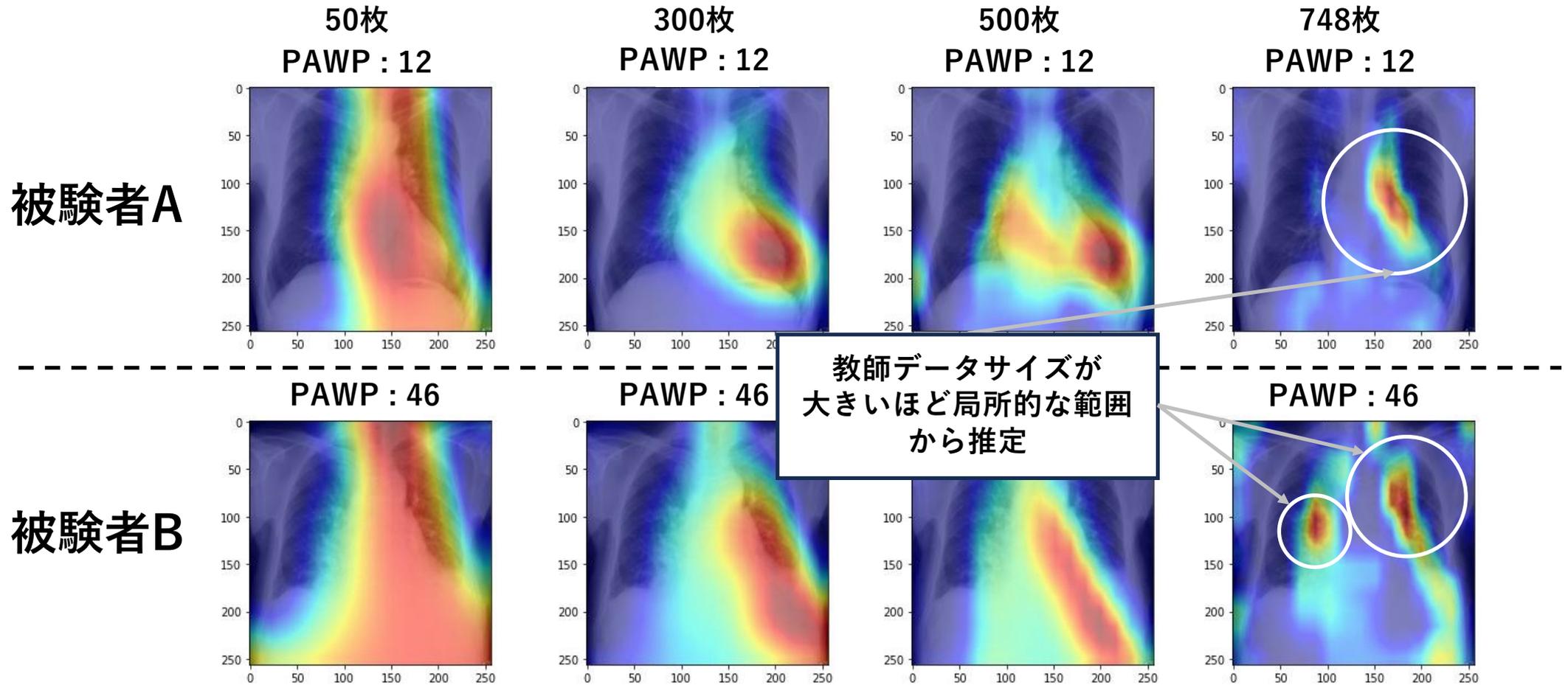
PAWP : 46



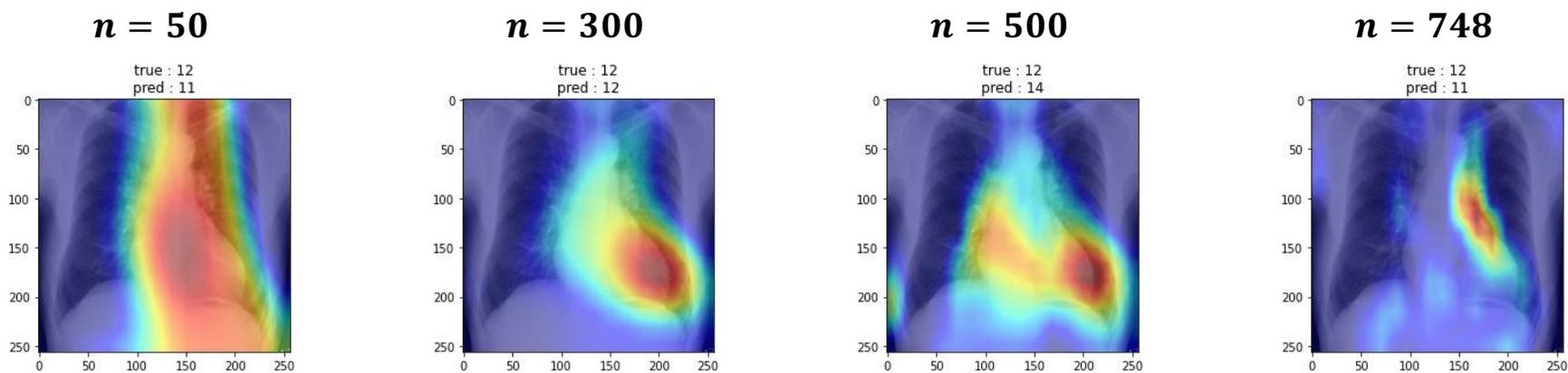
PAWP : 46



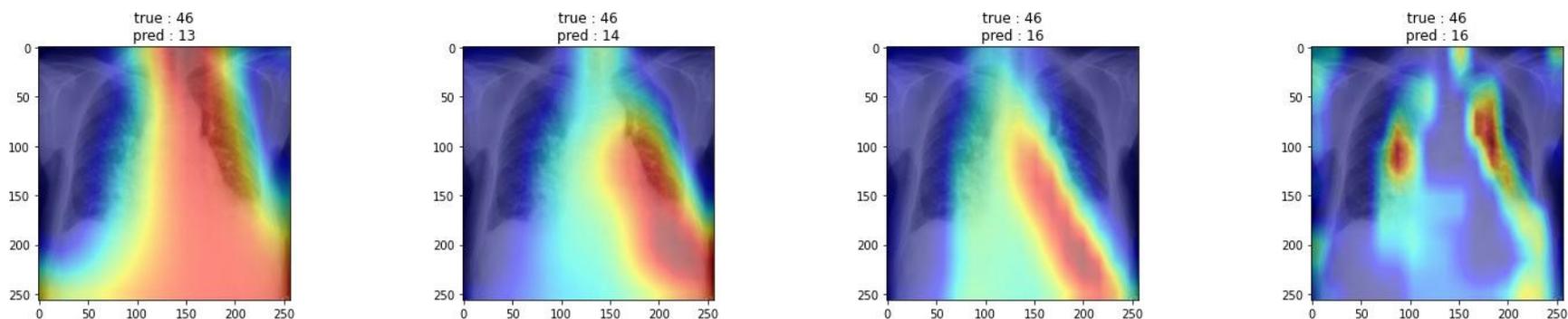
推定根拠の可視化



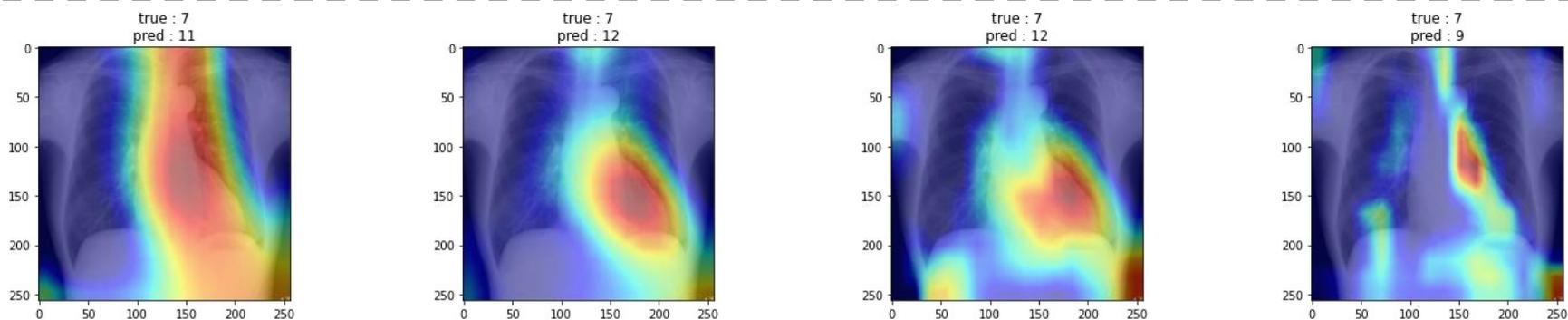
Patient A



Patient B

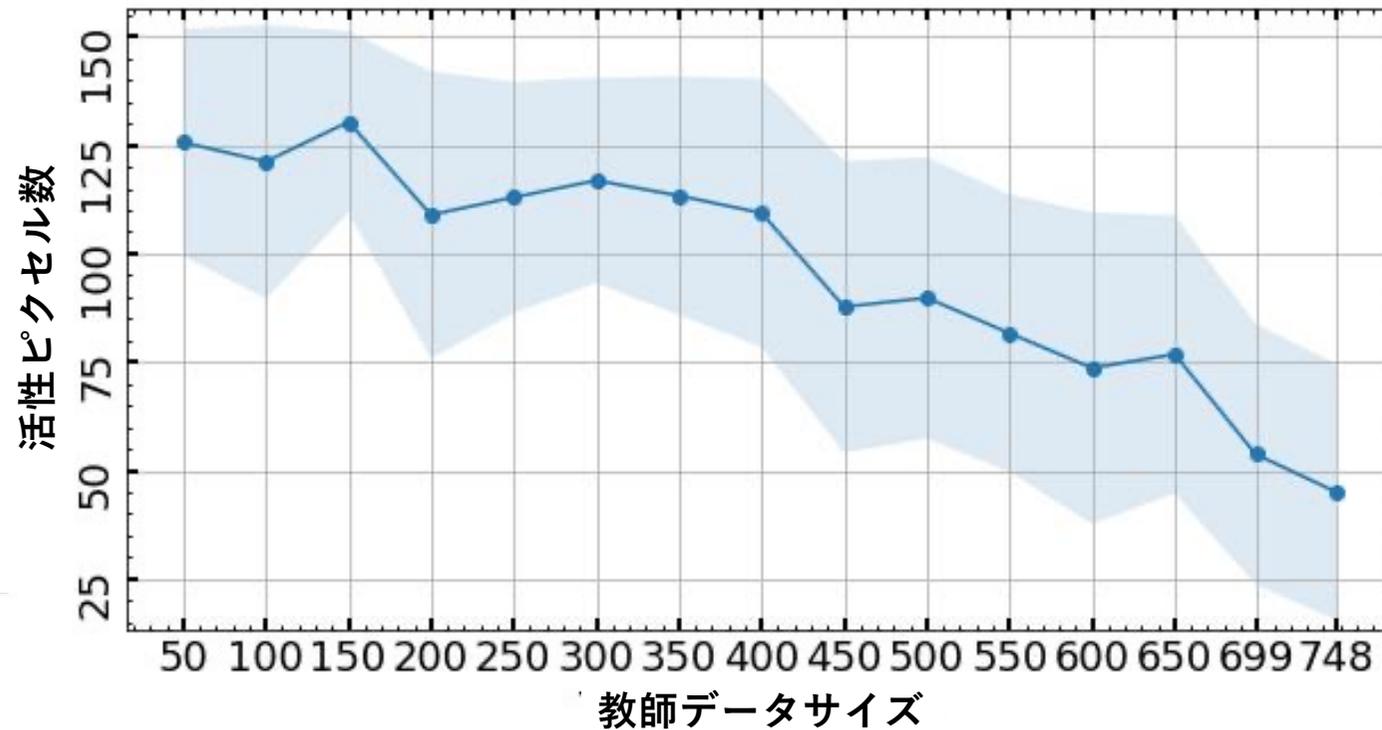


Patient C



推定根拠の活性変化

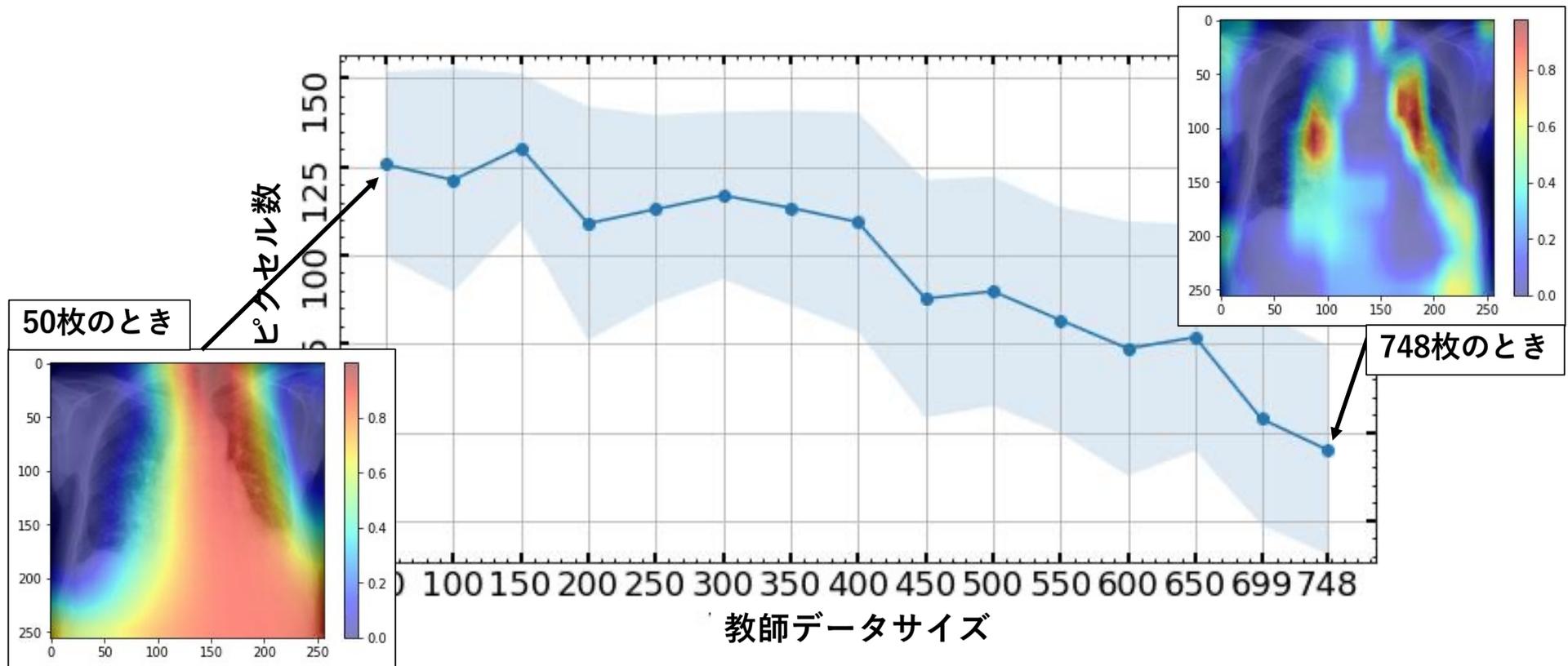
手続き 推定根拠の可視化→ヒートマップ規格化[0, 1]→活性ピクセル数カウント（閾値：0.5）
→テストデータ188枚分の平均値算出→100シード分の平均値・標準偏差算出（各データセット）



推定根拠の活性変化

手続き

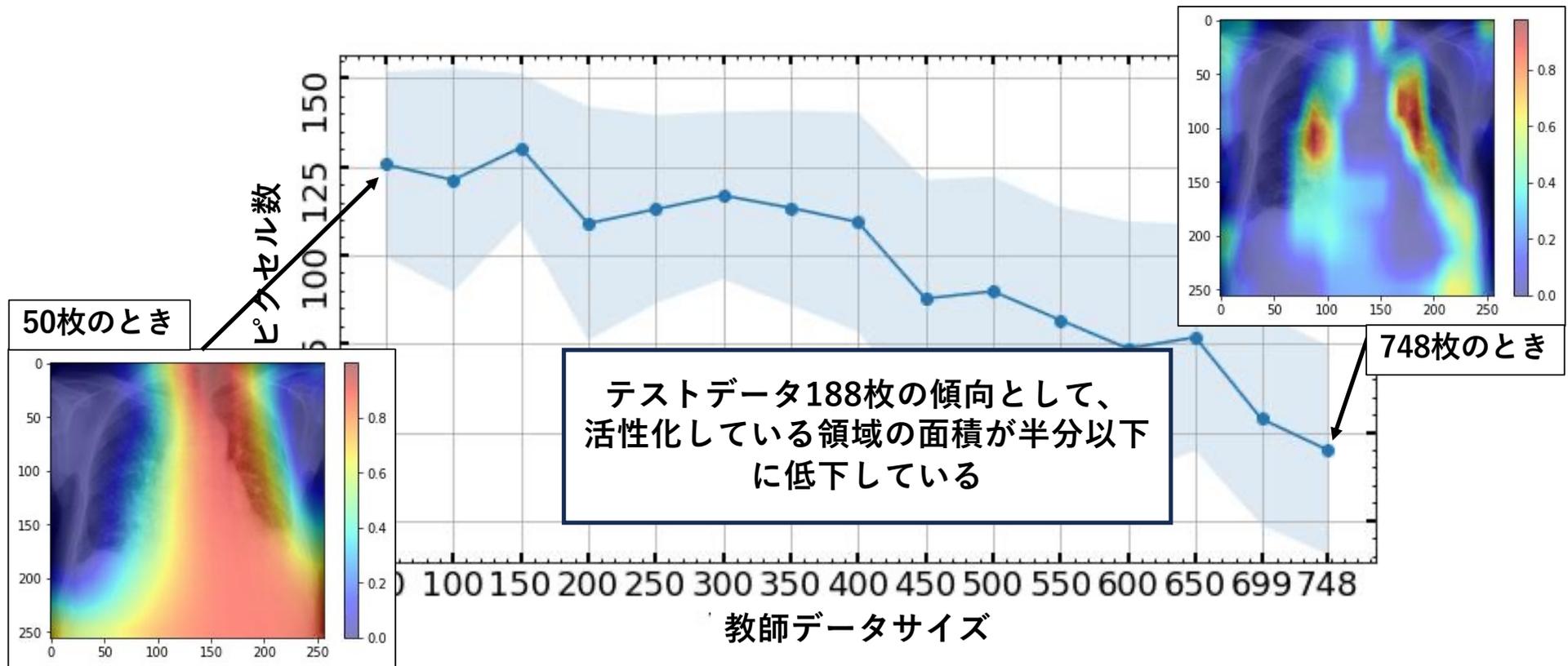
推定根拠の可視化→ヒートマップ規格化[0, 1]→活性ピクセル数カウント（閾値：0.5）
→テストデータ188枚分の平均値算出→100シード分の平均値・標準偏差算出（各データセット）



推定根拠の活性変化

手続き

推定根拠の可視化→ヒートマップ規格化[0, 1]→活性ピクセル数カウント（閾値：0.5）
→テストデータ188枚分の平均値算出→100シード分の平均値・標準偏差算出（各データセット）



まとめ

教師データサイズに対するCNNの汎化性能の傾向を調査した。

結果は、データサイズが大きくなると性能が向上した。

データセット後半になるとCNNの性能は徐々に**収束**へ向かった。

さらにデータを追加するには慎重に検討する必要がある。

推定領域は徐々に縮小し、心臓の特定箇所を見るようになった。