

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K09062

研究課題名(和文) 観察者実験の信頼性向上を目的としたROC・FROC解析システムの開発

研究課題名(英文) Development of an analytical system for ROC/FROC observer study

研究代表者

福岡 大輔 (Fukuoka, Daisuke)

岐阜大学・教育学部・准教授

研究者番号：60321436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：信頼性の高い観察者実験を実現するためのROC/FROC解析システムの開発を行ない、(1)高機能なGUI(Graphical User Interface)を備えた画像提示ビューワの開発、(2)オンライン上での統計解析システムの開発、(3)コンピュータ支援診断(CAD: Computer-aided Diagnosis)システムを対象とした診断性能の自動化システムを開発した。  
観察者実験の結果データベースの一元管理と、統計解析システムの利便性が向上し、実験計画者の先入観(バイアス)や、人的なミスが生じにくい、信頼性の高い観察者実験の実施が可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医用システムの運用において、今後、人工知能技術とヒトとの関係が診断に及ぼす影響の解明は非常に重要になると予想される。医療の質を保証する上で、最終的な医療システムの有効性の検証は、観察者実験による視覚評価を用いる必要がある。

本研究成果は、観察者実験の信頼性向上に寄与する成果であり、医療システムの質保証に関する要素技術として社会的な意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a ROC/FROC analysis system to realize reliable observer studies. (1) Development of a highly functional image viewer. (2) Development of an online statistical analysis system. (3) Development of an automated diagnostic performance system for computer-aided diagnosis (CAD) systems. This system realized reliable ROC/FROC observer tests with less bias and human error.

研究分野：画像解析

キーワード：医療福祉 画像診断

## 1. 研究開始当初の背景

近年、深層学習（ディープラーニング）をはじめとした人工知能（AI: artificial intelligence）技術の進歩により、画像処理や画像解析の分野において、解析精度の向上や新たな解析手法の確立など大きな技術革新があった。

AIに関する技術は画像処理や画像解析の分野との親和性は高く、医療分野においても、放射線画像や超音波画像をはじめとする医用画像診断の分野において、コンピュータで定量的に解析された結果を「第2の意見」として利用する「医師による診断」を支援するコンピュータ支援診断システム(CAD: computer-aided diagnosis)システムへのAI技術の活用が進んでいる。

CADシステムは、その目的や用途から大きく2つに大別され、コンピュータ検出支援(Computer-aided Detection: CADE)、鑑別診断において質的診断に関する情報を提示するコンピュータ診断支援(Computer-aided Diagnosis: CADx)がある。

図1に示すように、これら新しいCADシステムの特に画像処理ソフトウェア部分について、その安全性と有効性を科学的根拠に基づいて適正かつ迅速に評価するための評価方法の確立が急務となっている。これらの新しい医用画像システムが、診断能の向上に及ぼす影響の評価は、画質改善を目的としたシステムであればSNR (signal to noise ratio) などの物理指標が可能であるが、病変検出や良悪性鑑別といったシステムにおいては、システムとヒトとの関係が重要になり、最終的な有効性の評価は、観察者実験による視覚評価を用いられる。医療の質をコントロールする上でも非常に重要な技術となっており、今後登場すると予想される新しい医療システムの評価検証において、その需要は大きくなっている。



医用画像（放射線画像, 超音波画像など）

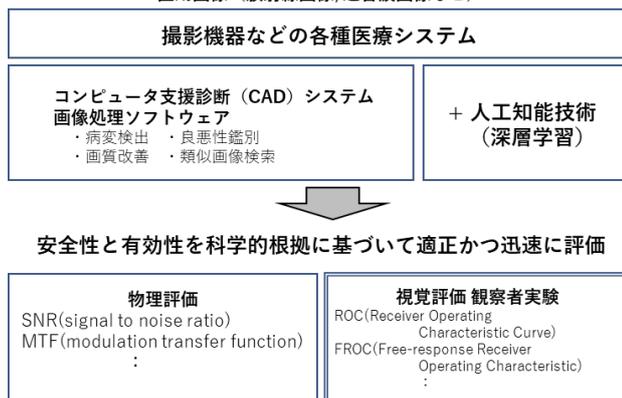


図1 医用画像システムの評価

## 2. 研究の目的

視覚評価のための観察者実験を行うためには、実験計画の立案、症例選択、画像ビューワによる画像提示、観察者の応答の収集、統計解析が必要であり、信頼性の高い評価を行うためには、観察者実験に対するノウハウが必要とされる。

本研究課題では、実験計画者（ヒト）の先入観（バイアス）や、人的なミスが生じにくい、信頼性の高い観察者実験を実現するためのシステムを開発し、医療システムの安全性と有効性を科学的根拠に基づいて適正かつ迅速に評価することができるシステムの開発を行うことを目的として、以下の3つの機能の開発を行う。(1)GUI(Graphical User Interface)を備えたROC実験専用の画像提示ビューワの開発。(2)オンライン上での統計解析システムの実現。(3)コンピュータ支援診断(CAD: Computer-aided Diagnosis)システムを対象とした診断性能評価の自動化を実現する。

## 3. 研究の方法

開発する観察者実験用ソフトウェアのシステムの構成を図2に示す。本研究課題では、以下に示す3つの機能を開発する。

### (1) GUIを備えた画像提示ビューワの開発

医用画像で多く用いられる多バイトデータ長データのディスプレイ表示環境への対応、主に超音波画像を対象としたマルチフレーム動画表示へ対応。実験進捗状況を実験計画者が把握できるリアルタイムモニタリング、実験計画段階において、症例の難易度設定に基づいた提示順の選定や、人的ミスを軽減するためのユーザインタフェースの開発を行う。

開発するアプリケーションはWindows OSのデスクトップ環境で動作し、読影結果を統計解析用サーバ(SQLサーバ)へ送信する機能を備える。また、観察者実験の計画においては、画像提示順序である、画像提示リストの作成が必要となる。この観察者実験の提示画像の確認と、提示リスト作成を行う実験プラン構築支援システムを開発する。

## (2) オンライン統計解析システムの開発

統計解析用サーバを構築し、ビューワシステムにより、送信される読影結果を一括管理し、統計的解析結果のオンライン提供を行う。

統計的解析処理においては、統計解析用サーバ上で、Dev Chakraborty ら [1] が開発した分析処理である RJafroc と、Shiraishi ら [2] が開発した JSRT\_MRMC、JSRT\_JAFROC を解析エンジンとして利用する。

## (3) 各種 CAD システムを対象とした診断性能評価の自動化

各種 CAD システムから送信される分析結果データを、統計解析用サーバで統計分析し、分析結果を Web API (Web Application Programming Interface) 形式で提供する。提供するデータは、ROC/FROC 曲線のパラメータ、曲線下面積値 (AUC: Area Under the Curve / FOM: Figure of Merit) を提供する。

## 4. 研究成果

本研究課題では、実験計画者の先入観 (バイアス) や、人的なミスが生じにくい、信頼性の高い観察者実験を実現するためのシステムの開発を行った。Windows デスクトップアプリケーションとして開発した画像提示ビューワにおいては、医用動画 (マルチフレーム画像) への対応と統計解析サーバとの連携、また、図 3(a) に示すような、実験プラン (提示リスト) 作成支援ツールの実装を行った。実験プラン (提示リスト) 作成支援ツールにおいて、実験計画者は、容易なマウス操作で、観察者実験全体を俯瞰し計画を立てることができ、観察者実験の提示ミスといった設定ミスの抑制への効果が示唆された。

また、図 3(b) に示すようにオンライン統計解析システム (統計解析用サーバ) の開発においては、Dev Chakraborty ら [1] が開発した分析処理である RJafroc と、Shiraishi ら [2] が開発した JSRT\_MRMC、JSRT\_JAFROC を解析エンジンとして選択利用できるインターフェースを開発した。観察者実験後の統計解析システムをオンラインシステムとして構築することにより、観察者実験の結果データベースの一元管理と、統計解析システムの利便性の向上を実現した。

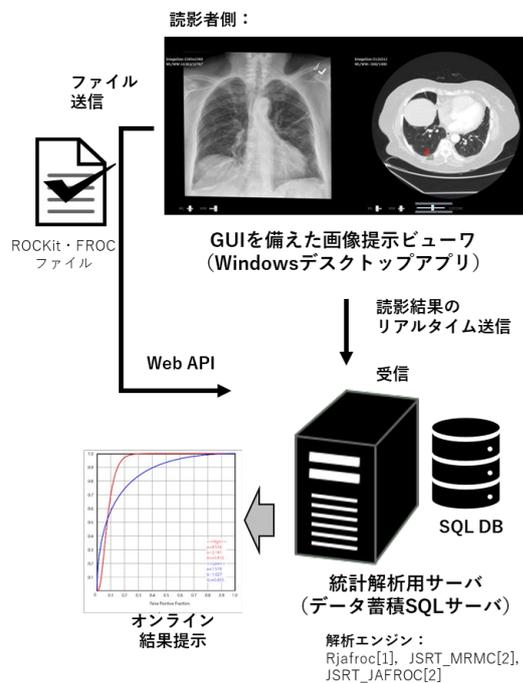
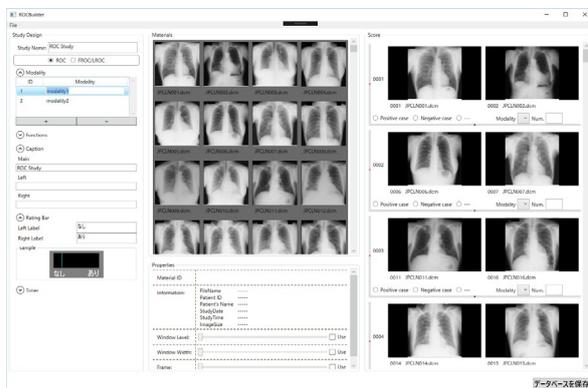
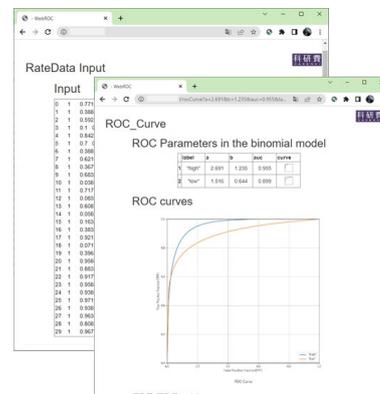


図 2 システム全体の構成



(a) 開発した観察者実験の実験プラン構築支援



(b) オンライン統計解析システム

図 3 本研究課題で開発されたシステム (一部抜粋)

## <引用文献>

- [1] RJafroc: Artificial Intelligence Systems and Observer Performance, URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/RJafroc/index.html> (最終アクセス: 2022/6/1)
- [2] Shiraishi J, Fukuoka D, Iha R, Inada H, Tanaka R, Hara T: Verification of modified receiver-operating characteristic software using simulated rating data. Radiological physics and technology 11(4) 2018.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 白石順二, 福岡大輔, 田中利恵	4. 巻 22
2. 論文標題 特集4きほんのキホンシリーズ「ROC解析」ROCセミナー誌上ミニ講座	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 公益社団法人 日本放射線技術学会 関東支部雑誌	6. 最初と最後の頁 23-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 松野 寛子, 渡邊 恒夫, 福岡 大輔, 高田 彩永, 野久 謙, 藤田 広志, 伊藤 弘康	4. 巻 68(2)
2. 論文標題 プレサルコペニア診断における骨格筋超音波画像の性状解析による深層学習	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 臨床病理	6. 最初と最後の頁 89 - 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shiraishi Junji, Fukuoka Daisuke, Iha Reimi, Inada Haruka, Tanaka Rie, Hara Takeshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Verification of modified receiver-operating characteristic software using simulated rating data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 406 ~ 414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12194-018-0479-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Watanabe Tsuneo, Murakami Hiroki, Fukuoka Daisuke, Terabayashi Nobuo, Shin Sohee, Yabumoto Tamotsu, Ito Hiroyasu, Fujita Hiroshi, Matsuoka Toshio, Seishima Mitsuru	4. 巻 36
2. 論文標題 Quantitative Sonographic Assessment of the Quadriceps Femoris Muscle in Healthy Japanese Adults	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Ultrasound in Medicine	6. 最初と最後の頁 1383-1395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7863/ultra.16.07054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡邊恒夫, 寺林伸夫, 福岡大輔, 藤田広志, 松岡敏男, 清島満	4. 巻 65(12)
2. 論文標題 運動器領域における超音波検査評価法の創出	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 臨床病理	6. 最初と最後の頁 1263 1268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小保田智彦, 原 武史, 福岡大輔, 三木一孝, 石原匡彦, 多湖博史, 安部美輝, 片淵哲朗, 藤田広志	4. 巻 19(1)
2. 論文標題 胸部X線画像との画像融合を用いたMIBG心筋シンチグラムにおける心臓縦隔比測定ソフトウェア開発の現状	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本心臓核医学会誌	6. 最初と最後の頁 27-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H.Fujita, T.Hara, X.Zhou, K.Azuma, D.Fukuoka, Y.Hatanaka, N.Kamiya, M.Matsuo, T.Katafuchi, T.Matsubara, T.Miyati, C.Muramatsu, A.Teramoto, and Y.Uchiyama	4. 巻 -
2. 論文標題 A02-3 Function integrated diagnostic assistance based on multidisciplinary computational anatomy models - Progress Overview FY2016 -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of the 3rd International Symposium on the Project "Multidisciplinary Computational Anatomy"	6. 最初と最後の頁 95-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 福岡 大輔
2. 発表標題 教育講演：医用画像とディープラーニング
3. 学会等名 第3回DR連合フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福岡 大輔
2. 発表標題 教育講演：Neural Network Consoleの医療応用
3. 学会等名 日本歯科人工知能(AI)研究会 第2 回歯科AI 研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福岡 大輔
2. 発表標題 深層学習を用いた画像研究をはじめのための基礎知識
3. 学会等名 第75回日本放射線技術学会総会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松野寛子, 渡邊恒夫, 福岡大輔, 高田彩永, 野久謙, 藤田広志, 伊藤弘康
2. 発表標題 超音波検査によるサルコペニアの画像評価:深層学習の有用性および深部静脈血栓症との関連性について
3. 学会等名 日本臨床検査医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福岡大輔, 白石順二, 原 武史, 田中利恵
2. 発表標題 ROC解析用ソフトウェアの再生と統合型観察者実験キットの開発
3. 学会等名 第45回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 白石順二, 福岡大輔, 田中利恵, 原 武史
2. 発表標題 ROC観察者実験用ソフトウェアを用いた一対比較法による画質評価
3. 学会等名 第19回医用画像認知研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹田優太, 横井翔伍, 田中悠貴, 原武史, ZHOU Xiangrong, 片淵哲朗, 福岡大輔, 松迫正樹, 藤田広志
2. 発表標題 ドバミントランスポートイメージングにおけるCT像とMR像の位置合わせを利用した定量解析システム
3. 学会等名 第36回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 初内政哉, 原武史, 福岡大輔, 多湖博史, 後藤裕夫, 片淵哲朗, 藤田広志
2. 発表標題 脳血流シンチグラフィ検査におけるPatlak plot法に基づく平均脳血流量の自動測定システムの開発
3. 学会等名 第36回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 白石順二, 原武史, 福岡大輔, 田中利恵	4. 発行年 2020年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 200
3. 書名 標準 医用画像の視覚評価法	

1. 著者名 福岡大輔, 川下郁生, 高橋規之, 中山良平	4. 発行年 2020年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 220
3. 書名 2020-2021年版 標準 医用画像のためのディープラーニング	

1. 著者名 藤田広志・寺本篤司・岡部哲夫 編	4. 発行年 2018年
2. 出版社 医歯薬学出版	5. 総ページ数 43-45, 170-172
3. 書名 医用画像情報工学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------