

## 1. 担当 PM

藤井 彰人

(KDDI 株式会社 執行役員 ソリューション事業本部 サービス企画開発本部長)

## 2. クリエータ氏名

太田 悠自 (東北大学 医学部 医学科)

## 3. 委託金支払額

1,933,600 円

## 4. テーマ名

能動学習に対応したデジタル病理画像アノテーションソフトの開発

## 5. 関連 Web サイト

<https://package.elm-lang.org/packages/yujota/elm-makie/latest/>

## 6. テーマ概要

病理診断とは、患者の体から採取した病変組織を固定・染色した得られた病理標本を顕微鏡で観察し病気の種類や進行度合いを評価するプロセスである。病理標本の中には 10 の 4 乗から 10 の 8 乗個の細胞が含まれており、特定の細胞の有無（がん細胞など）や組織構築（細胞の集まり方）などを評価して病理診断を下す。病理診断により治療の方針が決定されたため、このプロセスは臨床現場において必要不可欠である。しかし、本邦の人口あたりの病理医の割合は米国のその 1/5 であり、また病理診断手法の多様化などを背景として近年の病理診断件数は上昇し人手不足が深刻化している。そのため、深層学習をはじめとした人工知能技術を利用した病理診断の一部自動化・効率化プロセスの導入が期待される。

本プロジェクトは、病理診断の自動化のための、AI の教師データとなる細胞画像などのアノテーションデータを作成したい病理医・医者向けのソフトウェア開発プロジェクトである。病理診断に深層学習を適用するためには、大量の教師データが必要となるが、病理医にデジタル病理画像のアノテーションツール

の利用を通して、教師データ生成を実現しようとしているところが特徴である。

## 7. 採択理由

本提案は、病理診断の自動化のための、AI の教師データとなる細胞画像などのアノテーションデータを作成したい病理医・医者向けのソフトウェア開発プロジェクトである。病理診断に深層学習を適用するためには、大量の教師データが必要となるが、病理医にデジタル病理画像のアノテーションツールの利用を通して、教師データ生成を実現しようとしているところが特徴である。医学部に在籍し、現場ニーズと制約を深く理解してのチャレンジであり、適用分野を拡大させることも可能であり、本未踏プロジェクトでの活動を通して、医療分野における未踏人材へと成長して欲しいと考え採択した。

## 8. 開発目標

本プロジェクトは、デジタル病理画像のビューワ及びアノテーション機能を行うユーザインタフェースのためのライブラリを開発することを目的とした。本システムは、さまざまなプラットフォームで利用されるための、Web ライブラリとして実装することにした。本ライブラリにより、ユーザはデジタル病理画像のアノテーションを少ない労力で行えること、診断補助システムによる結果表示や、アノテーションをつける際のサジェスト機能などの双方向的なやりとりを実現することを目標とした。

## 9. 進捗概要

本プロジェクトでは、デジタル病理画像ビューワ・アノテーションを行うための Elm (elm-makie) ライブラリを開発した。また、この Elm ライブラリを利用したデジタル病理ビューワを作成し、macOS 用アプリとしてアルファ版を作成した。デジタル病理画像のビューワ機能は動作し、病理画像における地点を示す点のアノテーションがブラウザを介したユーザと Elm を利用したプログラムの両方から編集可能になった。図 1 にビューワ機能の画面を示す。

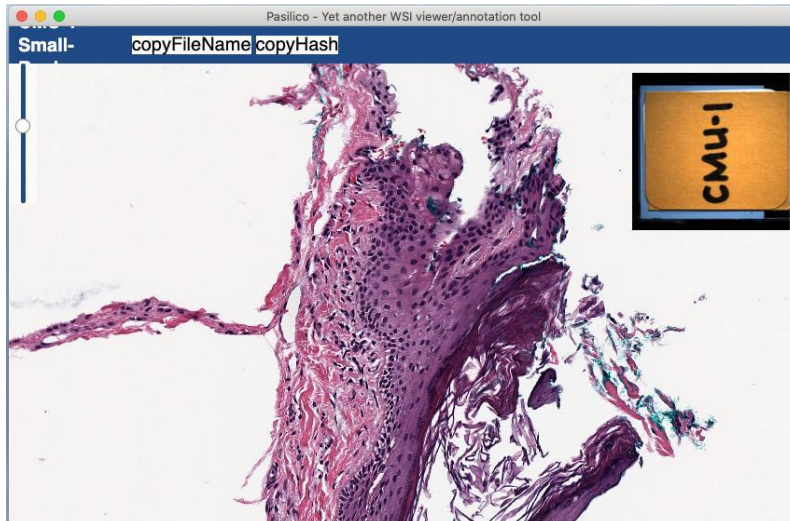


図 1. デジタル病理ビューワ機能の図示

画面中央全体に病理画像が提示され、左上に倍率を調整するスライダー、右上（本稿ではマスクをしているが図 1 の“CMU-1”と書かれている部分）に標本名を示すラベルの画像が表示される。ユーザのインタラクションはマウスとタッチ操作に対応しており、移動と拡大と縮小、及び回転などの操作を行うことができる。マウス操作については、既存の病理ビューワと同様、ドラッグ操作により視点の移動を行い、マウスホイールの操作により拡大と縮小を行うことができる。また、“Shift” キーを押しながらドラッグすることでアプリケーション画面の中心を軸として回転できるように実装した。タッチ操作に関しては、Google Maps などのモバイル向け地図アプリケーションに類似した操作とし、一本指によるタッチで移動操作、2 本指によりピンチアウトとピンチインで、それぞれ拡大と縮小を行うことができる。加えて、2 本指でつまみを回すようなジェスチャーを行うことで、タッチ操作による回転を実装した。

アノテーションについては、特定の座標を指定する際に用いる点アノテーションに対応している。教師でデータ作成にあたって、作成したアノテーションの座標が病理画像上の表示される位置と一致していることが必須である。点アノテーションの追加、削除のほかに、作成したアノテーションをドラッグして移動させることができ、また画像の拡大と縮小と回転、及び移動に正確に追従する。

診断補助システムなどの外部のプログラムからアノテーションに関するデータを編集し、画面に反映するために、アノテーションに関わるデータについては分離している。これにより、Elm のプログラムにおいて、アノテーションでデータを変更すると、そのデータをもとに UI の状態を更新し、画面を遷移させて変更されたアノテーションを表示することが可能になった。

## 10. プロジェクト評価

病理医向けのデジタル病理画像ビューワ及びアノテーションライブラリを開発した。Python で開発したプロトタイプから、採用技術を Web 実装へと変更

し  $\alpha$  版を公開した。現役医学部生である強みを活用し、必要となる機能の選択や操作性、環境制約なども加味した実装を行ったことは評価したい。

一方で、先進的な実装方法を選択することで開発効率や将来の拡張性は確保できたものの、当初期待していた、医学部生の立場を活かした病理医現場での実用に耐えうるサービス開発にまでには至らなかったことは残念である。時間的な制約がある中でクリエイターが積極的に開発に取りくんだことは高く評価したいものの、プロジェクト自体の評価は厳しくせざるをえない。現場利用と機能改善のサイクルを本格的に回すまでに至れなかったことは残念である。

## 11. 今後の課題

医学部生による医療分野のデジタル化は、医療の将来を考える上で大変重要である。これからも医学部生また医師として、現場の課題意識をベースとして、病理画像ビューワの開発、アノテーション機能実装、そして最終目標である教師データの効率的な生成と提供、AI と連携したサービス化などに取り組んで欲しい。

加えて、本プロジェクトはグローバルにも展開可能なプロジェクトであるため、アプリケーションの公開や開発協力者のリクルートなども、グローバルな視点で今後検討してもらいたい。