

令和元年6月6日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K19402

研究課題名(和文)多角協働研究に基づくバイオ画像情報処理のメタモデル構築

研究課題名(英文) Universal image processing framework based on machine-learning for bioimage-informatics

研究代表者

内田 誠一(Uchida, Seiichi)

九州大学・システム情報科学研究院・教授

研究者番号：70315125

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：バイオイメージインフォマティクスとは画像情報学により様々な生体画像処理を行う分野である。その難しさは、1) 最終目的とする画像処理が二値化などの単一の処理だけでは済まず、複数の処理のパイプラインになること、そして2) 処理の目標となるような事例(学習サンプル)が少ないこと、である。そこで我々はModular U-netを開発した。これはニューラルネットワークの枠組みで様々な画像処理を実現するu-netを用い、特定の用途に学習されたu-netを直列的に結合させて、最終目的とする画像処理を実現する。事前学習しておくことで、結合後のfine-tuningに必要な学習サンプルは少なくて済む。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々が開発したModular U-netは、様々な画像処理をニューラルネットワークであるu-netをモジュールとして実現するという新たな枠組みであり、生体画像以外にも様々な用途に利用しうる。各u-netは一般的な画像を使って十分に事前学習しておけるために、最終的な応用先における学習サンプルが希少であっても実用化のなところが強みである。実際、我々はすでに古文書画像処理の分野でmodular u-netの有効性を定量的に示している。

研究成果の概要(英文)：In this research, we tried to realize universal image processing framework based on machine-learning for bioimage-informatics. Bioimage-informatics is an interdisciplinary research area between image-informatics and biology. Its research topics include image filtering, denoising, segmentation, etc. Main difficulties of bioimage-informatics are 1) its complicated process pipeline and 2) lack of enough training samples. About 1), we need to combine several image processing units to achieve the expected results. To solve those difficulties, we have developed a new machine-learning method, called modular u-net. The idea of modular u-net is to concatenate u-nets, each of which performs a specific image processing, such as binarization, by a neural network-based mechanism. Since each u-net can be pre-trained sufficiently by general images, we can realize the expected image processing quality by a fine-tuning step after the concatenation with a limited number of training samples.

研究分野：画像情報学

キーワード：バイオイメージインフォマティクス 深層学習 画像変換

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物学では、顕微鏡等によるイメージング結果に対し、目視での主観的判断ではなく、画像解析による客観的定量化が必須になってきている。しかし、生物学者が主体的・自主的に画像解析を実施するのは容易でない。その原因には、研究対象・目的の多様性ゆえ解析手段も多岐に渡る点、所期の解析結果を得るには複数の画像処理を組み合わせる必要がある点、の二つがある。さらに、処理の目標となるような事例（学習サンプル）が少ないことも実際には問題となり得る。

2. 研究の目的

本研究では「バイオ画像情報処理メタモデル」と呼ぶソフトウェアの構築を目的とする。このモデルは、解析目的を達成するために必要な画像処理技術の集合体である。そしてこの各画像処理（モジュール）およびその集合体（メタモデル）をどのように構築するかが、本研究の具体的な目的となる。

3. 研究の方法

上述の通り、生体画像のような解析困難な対象に対して所望の結果を得るためには、複数の画像処理を組み合わせる必要がある。本研究で作成するメタモデルでは、例えば二値化等のシンプルな画像処理をモジュールとして、それを組み合わせたものである。この各モジュールは、ニューラルネットワークとして実現される。このため各モジュールは、機械学習により特定の画像処理を実現可能である。そしてこのモジュールを組み合わせた全体も一つの大きなニューラルネットワークになる。このため、生体画像解析に必要な機能を実現するためには、この大きなネットワークを学習する必要がある。この時、事前に各モジュールを別の画像データで十分学習しておけば、この全体を対象とした学習のための学習サンプル数は、多少少なくともよいと考えられる。

本研究期間で我々は、第一に、様々な画像処理をニューラルネットワークで実現した（上記のモジュール作成に相当）。そして第二に、それらを組み合わせてより高度な画像解析を実現するための枠組み（メタモデル）として Modular U-net を開発した。

4. 研究成果

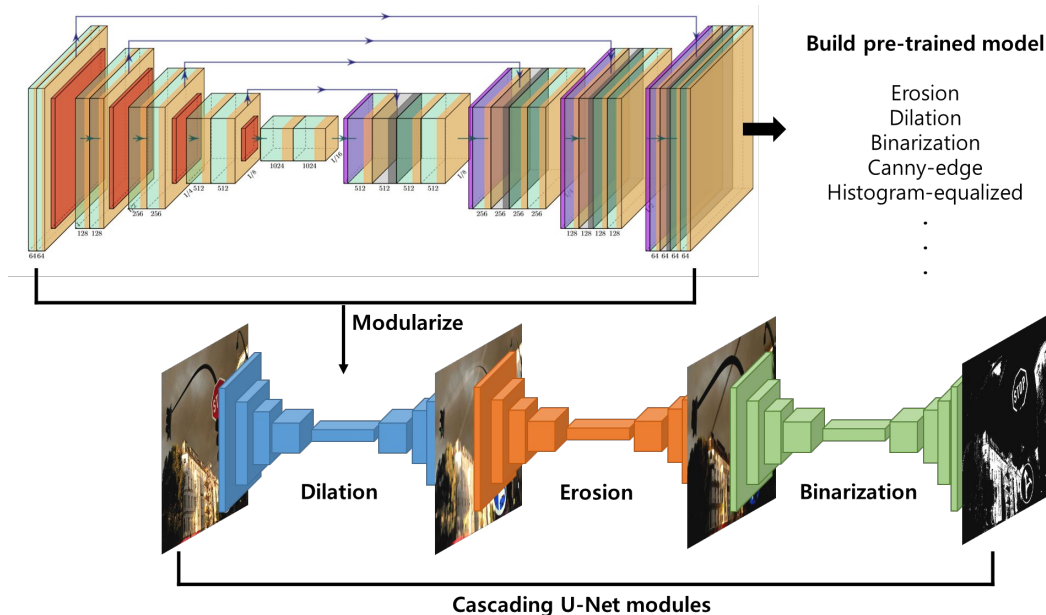
2017 年度

2017 年度は、10 件程度のバイオイメー・インフォマティック協働研究を進めながら画像解析ニーズとそこで利用される画像処理のノウハウを蓄積すると共に、メタモデル構成の第一ステップとして、バイオ画像情報処理メタモデルの基本ネットワークを実現した。このネットワークの各ノードは、二値化やエッジ抽出のような、単機能画像処理モジュールである。具体的には、各モジュールはいわゆる Conv-Deconv 型のディープニューラルネットワークであり、原画像を入力信号とし、期待する処理後の画像を教師信号として与えることで、その画像処理を模倣するように学習される。H29 年度の試みにより、二値化、エッジ抽出、超解像といった典型的な画像処理がこうしたモジュールとして実現できるだけでなく、特定対象の隠蔽・拡大、特定対象検出、対象形状変換といった従来型の（例えばフィルタベースの）画像処理では困難だった高度な処理も実現できることがわかった。さらにこれらのモジュールを直列的につなげたパイプライン（メタモデルの最も初等的なもの）も実現した。一方で、例えば画素レベルの領域分割など、大量の正解付きデータの入手が困難なケースには、データ拡張や pre-training などの手法を援用したとしても、モジュールとして期待する性能には限界があることも確認した。

2018 年度

当年度も、2017 年度に引き続き、10 件程度のバイオイメー・インフォマティック協働研究を進めながら画像解析ニーズとそこで利用される画像処理のノウハウを蓄積すると共に、メタモデル構成のためのモジュール準備として、バイオ画像情報処理メタモデルの基本ネットワークを実現した。このネットワークの各ノードは、二値化やエッジ抽出のような、単機能画像処理モジュールである。具体的には、各モジュールはいわゆる U-net と呼ばれる「畳み込み-逆畳み込み」型のディープニューラルネットワークである。原画像を入力信号とし、期待する処理後の画像を教師信号として与えることで、その画像処理を模倣するように学習される。H30 年度は、このモジュールとなるべくニューラルネットワークを複数構築し、特に領域抽出、形状変換、超解像度、対象拡大という、比較的複雑な処理を必要とする画像処理についても、モジュール化が可能であることを確認した。

さらに、これらモジュールをそれぞれ事前学習しておき、バイオ画像処理等の実際の応用においては、それらモジュールを連結して追加学習すれば、比較的少量の追加学習用サンプルでも、高性能が発揮できることを確認した。さらに、一般公開されている画像処理データセットにおいて、世界トップレベルの性能を達成できた。本研究ではこれを「Modular U-net」と呼び、国際会議論文投稿し、受理されるに至っている。次ページ上の図は、この modular U-net の全体像である。



5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

1. Seokjun Kang, Seiichi Uchida and Brian Kenji Iwana, Cascading Modular U-Nets for Document Image Binarization, Proceedings of The 15th International Conference on Document Analysis and Recognition , 2019(掲載決定)
2. Toshiki Nakamura, Anna Zhu and Seiichi Uchida, Scene Text Magnifier, Proceedings of The 15th International Conference on Document Analysis and Recognition , 2019(掲載決定)
3. Ryo Nakao, Brian Kenji Iwana and Seiichi Uchida, Selective Super-Resolution for Scene Text Images, Proceedings of The 15th International Conference on Document Analysis and Recognition , 2019(掲載決定)
4. Daisuke Harada, Ryoma Bise, Hiroki Tokunaga, Wataru Ohyama, Sanae Oka, Toshihiko Fujimori, Seiichi Uchida, Scribbles for Metric Learning in Histological Image Segmentation, Proceedings of 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2019(掲載決定)
5. Shota Harada, Hideaki Hayashi, Seiichi Uchida, Biosignal Data Augmentation Based on Generative Adversarial Networks, Proceedings of 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2018, DOI: 10.1109/EMBC.2018.8512396
6. Toshiki Nakamura, Anna Zhu, Keiji Yanai and Seiichi Uchida, Scene Text Eraser, Proceedings of The 14th International Conference on Document Analysis and Recognition, pp.832-837, 2017, DOI:10.1109/ICDAR.2017.141
7. Brian Kenji Iwana, Letao Zhou, Kumiko Tanaka-Ishii and Seiichi Uchida, Component Awareness in Convolutional Neural Networks, Proceedings of The 14th International Conference on Document Analysis and Recognition, pp. 394-399, 2017. DOI:10.1109/ICDAR.2017.72

〔学会発表〕(計13件)

1. 内田誠一, バイオイメージングフォーマティクスと機械学習, 第18回日本再生医療学会(招待講演), 2019
2. 中尾 亮, 内田誠一, 文字を含む情景画像の異種CNN融合による超解像, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2019
3. 中村俊貴, 内田誠一, 情景内文字のCNNによる拡大, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2018

4. 森みづき, 中村俊貴, 早志英朗, 内田誠一, 手書き文字と活字の境界を探る, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2018
5. 原田大輔, 備瀬竜馬, 岡 早苗, Timothy Francis Day, 藤森俊彦, 内田誠一, グラフカットとCNNを用いたマウス胚領域分割, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2018
6. Seiichi Uchida, Biomedical image analysis as an interesting machine learning task, Shonan Meeting No.128 Workshop on Patient Similitude(招待講演)(国際学会), 2018
7. 内田誠一, バイオイメージングフォーマティクス課題に見る機械学習応用事例, 第12回 基礎生物学研究所バイオイメージングフォーラム(招待講演), 2018
8. 内田誠一, 画像情報学とデータサイエンス~技術動向と応用例, 平成30年 電気学会全国大会(招待講演), 2018
9. 内田誠一, ディープニューラルネットワークと画像情報学, 日本生化学会北海道支部講演会(招待講演), 2018
10. 鎌田星菜, 佐藤太亮, 鈴木利治, 内田誠一, 深層学習を用いた実験用マウスの挙動解析, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2018
11. 藤吉輝明, 本館利佳, 鈴木利治, 内田誠一, マルチインスタンス学習による樹状突起スパイン検出, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2018
12. Seiichi Uchida, ML for DAR, DAR for ML --- How machine learning and document analysis and recognition benefit each other, ICDAR Workshop on Machine Learning(招待講演)(国際学会), 2017
13. 森みづき, 中村俊貴, 内田誠一, 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた手書き文字から活字文字への変換, 電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2017
〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://human.ait.kyushu-u.ac.jp>

6. 研究組織

なし(研究代表者のみ)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。