

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：14602

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2022

課題番号：22K21307

研究課題名（和文）自動生成フォントを用いた近代書籍文字認識

研究課題名（英文）Early-Modern Character Recognition with Generated Fonts

研究代表者

竹本 有紀（Takemoto, Yuki）

奈良女子大学・大学院人間文化総合科学研究科・博士研究員

研究者番号：70966712

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究で得られた成果は、自動生成フォントによって、近代書籍文字画像そのものを学習することなく近代書籍の文字認識精度を向上させたことである。様々な現代のフォントの文字画像から目的とする近代書籍文字に近い特徴を持つフォントを大量に自動生成することで、学習データの不足を補うことができる。さらに、学習時のパラメータを変更すれば、生成されるフォントに現れる、入力画像の現代フォントと目標となる近代書籍文字の特徴のバランスを変化させることができる。これにより、1つの現代フォントの文字画像から生成されるフォントが多様化し、より多様な特徴の学習によって認識精度の向上へとつながった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近代書籍文字認識において、学習データの不足は長年の課題であった。これまで、近代書籍文字の入手方法は書籍の画像データからの切り出しのみである。書籍から入手できる文字画像は文字種に大きな偏りがあり、インクのにじみやかすれが激しい文字画像は学習には利用できない。そのため、必要な全ての文字種の文字画像を十分に収集することは難しい。現代のフォントの文字画像や手書き文字などを学習に利用してみたところ、認識精度の向上には至らなかった。本研究により、学習に利用可能な文字画像が存在しない場合でも、入手が容易な現代のフォントの文字画像から自動生成されたフォントを用いて文字認識を学習することができる。

研究成果の概要（英文）：The result of this research is to improve the accuracy of Japanese Early-Modern character recognition learning by generated fonts without character images of Early-Modern themselves. It makes up for learning data of Early-Modern character recognition to generate a lot of fonts that have similar features to the target Early Modern character by various character images of modern fonts. In addition, changing a learning parameter enable to vary a balance of features from modern font of input image and the target Early Modern character. This makes various generated fonts from one character image of a modern font and contributes to improve the accuracy of character recognition.

研究分野：画像処理

キーワード：フォント生成 近代書籍 文字認識mojininsiki

### 1. 研究開始当初の背景

近代書籍に特化した文字認識の研究において、学習データの不足は認識精度向上のために取り組むべき課題の1つである。近代書籍の印刷に使用された活字のほとんどは現存しないため、近代書籍の文字画像は書籍の画像データから切り出すほかに収集する方法がない。文字画像の効率的な収集を支援するためにウェブアプリケーションが開発され、これまでに550冊以上の書籍から文字画像が収集されている。しかし、それでもJIS第1水準に該当する漢字2,965種ですら全てを収集することはできない。近代書籍文字認識が認識対象とする文字種はJIS第1・第2水準合わせて約6,400種である。ところが、文字認識の学習に利用可能な文字画像が用意されている文字種はその半分に満たない。容易に入手できる文字画像として、現代のフォントや手書きの文字画像、画像変換手法により生成された文字画像を学習に用いたところ、十分な認識精度には至らない。これらの取り組みから、学習に用いる文字画像は、近代書籍文字により近い特徴を持つことが望ましいと判明している。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、自動生成フォントを用いた文字認識の学習により、近代書籍文字認識の精度向上への効果を明らかにすることである。研究代表者はこれまでに、複数のドメイン間で画像変換を行うネットワークを改良し、近代書籍により近い特徴を持つフォントを自動生成する方法を提案している。ドメインとは共通する特徴を持つ画像の集合である。フォントをドメインと捉えることで、文字の種類はそのままにフォントのみを変化させた文字画像を生成する。本研究では、このネットワークから自動で生成されるフォントを、実際の近代書籍文字認識に適用する。

### 3. 研究の方法

本研究における近代書籍文字認識の手順について述べる。まず、複数の現代フォントから目標とする近代書籍文字に近い特徴を持つフォントを自動生成する。学習時にパラメータを変化させ、1つの文字画像から複数のフォントを生成する。変化させるのは、生成されるフォントと目標となるフォントの文字画像のL1損失の重みを決定するパラメータである。生成されたフォントを図1に示す。パラメータの値が小さいものから大きいものへと、徐々に近代書籍文字の特徴が強く現れるようになる。次に、これらの文字画像を組み合わせ、文字認識を行うネットワーク[1]を学習する。学習させる組み合わせは様々に試行し、学習に最適な組み合わせを検討する。近代書籍の文字画像は、文字認識を行うネットワークの学習時に最良のモデルを決定する検証データとして使用する。このとき使用する近代書籍の文字画像は、フォントの自動生成を学習するために使用する文字画像のみである。学習終了後、フォントの自動生成に使用していない未学習の近代書籍文字画像に対して文字認識を行い、その精度を確認する。これにより、学習に利用可能な文字画像が収集できない文字種に対する文字認識において、自動生成フォントを用いた学習の有効性を検証することができる。

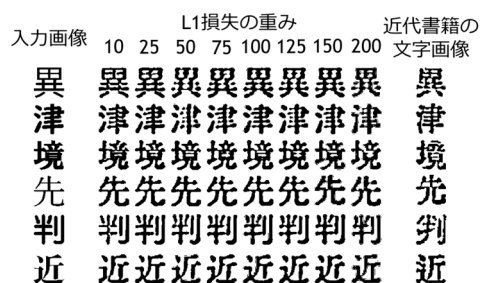


図1 自動生成されたフォント

### 4. 研究成果

本研究では、1冊の近代書籍から収集された文字画像1,085種を用いる。このうち、869種の近代書籍の文字画像と現代フォントの文字画像からフォント変換を学習させる。学習に使用する現代フォントの種類は40である。パラメータを8通りに変化させて、1種の文字につき320種類の自動生成フォントを得る。生成するフォントの文字種は1,085種とする。

自動生成フォントを学習させた文字認識ネットワークの認識精度について述べる。表1は、自動生成フォントを学習させた文字認識ネットワークの未学習近代書籍文字に対する認識率である。 $\lambda_{L1}$ はL1損

表1 自動生成フォントを学習させた場合の認識率

	現代フォント なし	現代フォント あり
現代フォントのみ	88.43%	-
$\lambda_{L1} = 125$	93.04%	94.44%
$\lambda_{L1} = 125, 200$	95.83%	97.22%
$\lambda_{L1} = 125, 150$	94.91%	95.83%
$\lambda_{L1} = 125, 100$	95.37%	95.83%
$\lambda_{L1} = 125, 75$	95.83%	96.30%
$\lambda_{L1} = 125, 50$	95.83%	95.83%
$\lambda_{L1} = 125, 25$	96.30%	95.37%
$\lambda_{L1} = 125, 10$	94.44%	95.37%

失の重みを表すパラメータである。現代フォントのみを学習させる場合は認識率が 88.43%となる。これに対し、L1 損失重みが 125 の自動生成フォントを学習させると、認識率は 93.04%、現代フォントを加えて学習させると 94.44%となる。これより、自動生成フォントを学習させることで、ネットワークの認識精度が向上していることがわかる。さらに、L1 損失重みが 125 以外の自動生成フォントを 1 種類加えて学習させると、認識率は最大 97.22%になる。このことから、学習するデータが増えると認識精度が向上することがわかる。しかし、さらに異なる L1 損失重みのフォントを追加しても、認識率に大きな変化は見られない。そこで、誤認識する文字を確認すると、同じ文字を多くのモデルで誤認識していることが分かる。

誤認識が多い文字を図 2 に示す。誤認識が多いのは、近代書籍文字と現代フォントで文字骨格の特徴が異なる文字である。「船」や「妃」は、現代フォントにはない線が近代書籍文字に存在する。「音」は線の向きが近代書籍文字と現代フォントで異なる。「半」や「増」は点の向きが異なる。これらの文字骨格の違いは、フォント生成を行う際に変化させることができない。そのため、学習する自動生成フォントと認識する近代書籍文字で特徴が異なり、近代書籍文字を正しく認識することが困難となる。そこで、誤認識が頻出する文字の骨格については、現代フォントの文字画像に修正を行い、再度フォント変換を学習する。修正の前後を図 3 に示す。図 2 のような文字骨格の違いの修正に加えて、2 値化の際に消失している文字線の復元も行う。

文字骨格を修正し、再度生成されたフォントを学習させたネットワークの認識精度を示す。表 2 は表 1 と同じ組み合わせで学習させた場合の認識率である。表 1、2 より、現代フォントを学習に用いない場合では、L1 損失重みが 100 以上のフォントを加えた場合に認識率が增加する。L1 損失重みが 75 以下のフォントを加えた場合と、現代フォントを学習に用いるほとんどの場合では、認識率が低下する。これらの結果から、文字骨格が近代書籍文字により近い特徴を学習されることで、フォントの特徴が近代書籍文字と異なる文字画像は正確な文字認識の妨げになると考えられる。

学習させる自動生成フォントの数をさらに増やした結果について述べる。全ての自動生成フォントを学習させた場合の認識率は 97.69%である。7 種類の自動生成フォントを学習させた場合は、L1 損失重みが 50 のフォントを除外して学習させると認識率が 98.61%となる。

以上の成果より、現代フォントと近代書籍の文字画像からフォント変換を学習し、自動生成されたフォントは、近代書籍文字認識の学習に有効であるといえる。文字骨格に修正を加えることで、認識精度に向上が見られる。また、文字骨格を修正して自動生成されたフォントを学習させると、様々な組み合わせで学習させた場合に全ての組み合わせで誤認識する文字が存在しなくなる。これにより、複数の学習済みモデルを用いてアンサンブル学習を行えば、より高い認識精度を発揮できると考えられる。一方で、文字骨格の修正によって誤認識が増加する文字が存在する。これは、文字の特徴が変化したことで、特徴空間における分布が変化していると考えられる。この問題については深層距離学習が有効であると考えられる。深層距離学習を行うと、特徴空間において、同じ文字同士の距離を近く、異なる文字間の距離が遠くなるよう特徴分布を変化させる。これらの学習を導入することで、近代書籍文字認識のさらなる精度向上が期待できる。

船 妃 音 半 増

船→船 妃→妃 音→音 半→半 増→増

船→船 妃→妃 音→音 半→半 増→増

船→船 妃→妃 音→音 半→半 増→増

図 2 誤認識の多い文字

修正前 妃 判 音 妻

↓ ↓ ↓ ↓

修正後 妃 判 音 妻

近代書籍文字画像 妃 判 音

図 3 文字画像の修正前後

表 2 文字骨格修正後の認識率

	現代フォント なし	現代フォント あり
$\lambda_{L1} = 125$	95.37%	95.83%
$\lambda_{L1} = 125, 200$	96.30%	95.83%
$\lambda_{L1} = 125, 150$	97.22%	96.30%
$\lambda_{L1} = 125, 100$	97.22%	95.83%
$\lambda_{L1} = 125, 75$	94.44%	94.44%
$\lambda_{L1} = 125, 50$	94.91%	94.44%
$\lambda_{L1} = 125, 25$	95.83%	94.91%
$\lambda_{L1} = 125, 10$	94.44%	94.91%

[1] Yasunami, S., Takemoto, Y., Ishikawa, Y., Takata, M., and Joe, K.. Applying CNNs to Early-Modern Printed Japanese Character Recognition, Proceedings of the 2019 International Conference on Parallel and Distributed Processing Technologies and Applications (PDPTA'19), 2019, pp.189-195.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 竹本有紀、石川由羽、高田雅美、城和貴
2. 発表標題 自動生成フォントを用いた近代書籍文字認識
3. 学会等名 第142回 数理モデル化と問題解決(MPS)研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------