

# 書き込みを用いた紙媒体データ活用システム

山路 大樹<sup>\*1</sup> 田中 二郎<sup>\*2</sup>

Data on general paper media utilization system using written cues

Daiki Yamaji<sup>\*1</sup> and Jiro Tanaka<sup>\*2</sup>

**Abstract** – This paper proposes a system for users of general paper media using recognition of written cues and performing digital processing. Users are able to use this system by a smartphone and on paper-media to save a favorite paragraph or image on the paper, illustrate data associations, give the order to the datas, register the datas to favorites, and search for English translations, all the while being able to use the paper-media in a natural way. Moreover, users are able to browse these datas from both the paper-media and smartphone. Experiments to evaluate the performance of this system shows the high recognition accuracy, and high discrimination accuracy depending on written cues.

**Keywords** : handwriting, digital and analog, NUI, image processing, image recognition, data management, smartphone

## 1. はじめに

近年に見られるデジタル技術の進歩により我々は様々な恩恵を享受している。例えば、ネットワークを介し場所、時間を選ばず検索したり、データにアクセスできる、パソコンやスマートフォンなどの機器に情報をまとめて保存できる、情報が劣化しない、編集しやすい、プリントアウトすることで配布しやすい、携帯性に優れるなど多岐にわたる。そしてスマートフォンが一般的に普及したことにより、デジタル技術はより多くの人にとって日常的に欠かせないものになりつつある。

一方で、アナログの良さを再確認する場面が多いこともまた事実である。例えば、Web上にアップロードされたpdfなどに目を通す際に、プリントアウトして閲覧することが多い。これは、紙媒体の方が閲覧しやすかったり、把持できたり、書き込みがしやすかったりするからであり、「読む」という行為においてより直感的な操作が可能だからである。

本研究は、こうしたデジタルとアナログのそれぞれの良さを考慮し、新聞、書籍、論文などの一般的な紙媒体に対して書き込みを行うというアナログな行為によって、紙媒体データの保存、英単語の和訳、データ同士の関連づけ、順序づけ、お気に入りへの登録などといったデジタル処理をシームレスにするシステムを開発した。

## 2. 書き込みを用いた紙媒体データ活用システム

### 2.1 概要

本研究では、紙媒体に対し書き込みをし、書き込みに応じたデジタル処理が施されることで、ユーザがより紙媒体を活用できるようになるためのシステムを開発した。本システムには2つのモードがある。

- 書き込み認識モード
- データ閲覧モード

の2つである。書き込み認識モードでは、ユーザの紙媒体に対する書き込みが認識され、書き込みに応じたデジタル処理が施される。データ閲覧モードでは、書き込み認識モードによって得られたデータを、書き込みを行った紙媒体がなくともスマートフォン上で閲覧できたり、編集できたりする。本システムを起動すると、利用したいモードを選択することができる。

### 2.2 書き込み認識モード

本モードでは、スマートフォンと書き込むためのペンを用いて利用する。ユーザは紙媒体に書き込みをしながら、あるいは書き込みをした後に、紙媒体の上にスマートフォンをかざす。本システムにおいて、書き込みによって施されるデジタル処理は、基本的な機能である「紙媒体データの保存、英単語の和訳」と、応用的な機能である「データ同士の関連づけ、順序づけ、お気に入りへの登録」が挙げられる。

#### 2.2.1 保存、和訳

ユーザが紙媒体を閲覧している際に、気になるパラグラフがあり保存したいとする。そこで、ペンによって該当部分を“「”、“””で囲みスマートフォン上でタッチすることで、囲まれた部分は自動的にスマートフォンに画像として保存される。また、該当部分を再

\*1: 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

\*2: 筑波大学大学院 システム情報系

\*1: Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba.

\*2: Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba.

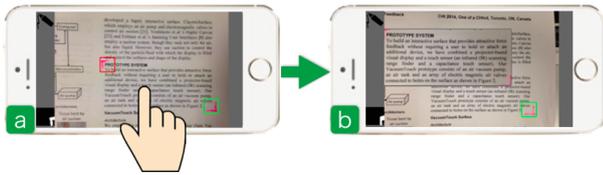


図 1 (a) 保存したい領域を“□”，“□”で囲みスマートフォン上でタッチすることで，(b) 画像として保存する。

Fig. 1 (a) By drawing “□”，“□” and touching the region the user would like to save, (b) the region will be saved as digital data.

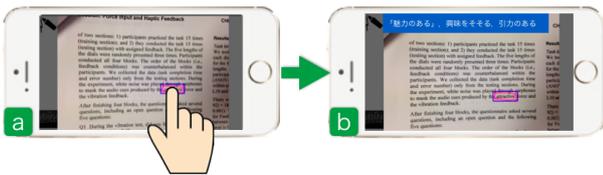


図 2 (a) 英単語を“□”で囲み，スマートフォン上でタッチすることで，(b) 左上に和訳を表示し単語データを保存する。

Fig. 2 (a) By drawing “□” and touching the word, (b) display the translated (Japanese) meaning on the upper left side of the display

度スマートフォン上でタッチすることによって，データを表示させることもできる (図 1)。

英文を読んでいたら，和訳の分からない単語があったとする．そこで，ペンによって該当単語を“□”で囲みスマートフォン上でタッチすることによって，囲まれた単語の和訳がスマートフォンの画面左上に表示され，囲まれた英単語と和訳のペアが自動的にスマートフォンに保存される．また，該当部分を再度スマートフォン上でタッチすることによって，和訳を表示させることもできる (図 2)。

### 2.2.2 関連づけ，順序づけ，お気に入りへの登録

ユーザが紙媒体を閲覧している際に，気になる図とそれに対する記述を含んだパラグラフが存在し，それらをペアで保存したいとする．そこで，まずペンによって該当部分をそれぞれ“□”，“□”で囲む (今回ならば図とそれに対する記述部分) (図 3(a))．その後その付近に共通する文字をそれぞれ書き，スマートフォン上でタッチする．すると，それらは関連データとして自動的に携帯端末にペアで画像として保存される．また，これらの領域をスマートフォン上でタッチすることによって，スマートフォン上にデータを表示させることができ，図をスマートフォン上で見ながらその記述を紙媒体で閲覧するといったことが可能である (図 3(b), (c))。

共通する文字を書くことでデータの関連づけができ

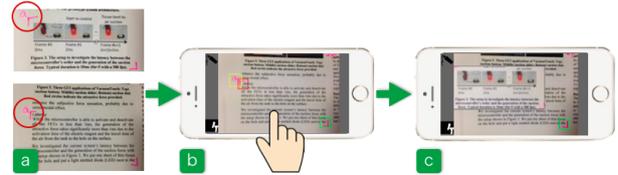


図 3 (a) “□”の左上にそれぞれ“a”という文字を書き保存，(b) その付近にある“□”，“□”で囲まれた領域をタッチすることで，(c) “a”という文字が書き込まれたほかの領域が関連データとして表示される

Fig. 3 (a) By writing “a” on the upper-left side of the “□” and (b) touching one of the region (the lower figure of (a) in this case), (c) the other region associated with the region will be displayed.



図 4 (a) 数字の書き込みと，(b) 「星型」の書き込みの例

Fig. 4 An example of written (a) “number 3”, and (b) “star”

るが，本システムでは，デフォルトで認識する文字が存在する．それは数字の“0”～“9”と「星型」である (図 4)．“0”～“9”を書きスマートフォン上でタッチすることで，その付近の“□”，“□”で囲まれた領域は“0”～“9”という順序のメタデータとともにスマートフォンに保存される．また「星型」を書きスマートフォン上でタッチすることで，その付近の“□”，“□”で囲まれた領域は自動的に「お気に入り」としてスマートフォンに保存される．これらの機能を用いることで，紙媒体を閲覧している際に，これまではデジタル上で行われてきた「データのソート」や「お気に入り」への登録がアナログ的に直感的に行うことができる上，紙媒体を閲覧するだけでも，どの箇所に注目しているかが一目瞭然である．

### 2.3 データ閲覧モード

それぞれの書き込みによって生成されたデータは，スマートフォン上で閲覧することが可能である．データ閲覧モードは「WORD」と「IMAGE」の2つのカテゴリに分かれており「WORD」カテゴリでは，和訳が分からないとして“□”で囲った英単語の一覧が表示される．また，紙媒体上で閲覧している際に和訳を表示した回数が自動的にスタックされ「Order」を選択すると表示回数によってソートされた一覧を表示することもできる (図 5)．これにより，何度も和訳を表示してしまうようななかなか覚えられない英単語を，紙媒体上で英文を閲覧しつつ自動的にスマートフォン



図 5 (a)「WORD」カテゴリにおける表示方法のリスト(選択肢), (b)「Order」を選択すると表示回数により降順になる。

Fig. 5 (a) A list of “WORD” category, (b) in case of choosing “Order”, the list will be descending order by views



図 6 (a)「IMAGE」カテゴリにおける表示方法のリスト(選択肢), (b)「Order」を選択すると書き込まれた“数字”による昇順になり, (c)「Favorite」を選択すると「星型」が書き込まれた画像(領域)の一覧を表示。

Fig. 6 (a) A list of “IMAGE” category, (b) in case of choosing “Order”, the list will be ascending order by “written number”, (c) in case of choosing “Favorite”, the list will display images with “star”

上にデータとして保管することができる。

「IMAGE」カテゴリでは、保存されたパラグラフや図などの一覧が表示される。デフォルトでは、保存された順に表示され、共通する文字によって関連づけられた複数のデータは、共通して書いた文字とともにセットで表示される。「Order」を選択すると「0~9」の文字によって昇順にソートされたデータの一覧が表示される(図 6(b))。「Favorite」を選択すると「星型」の文字によってお気に入りに登録されたデータの一覧が表示される(図 7(c))。「Color」を選択するとペンの色によって分類されたデータの一覧が表示される。

以上のように、データ閲覧モードでは、書き込みの種類や書き込まれた文字、用いたペンの色によって様々な方法でデータを閲覧することができる。

また、データはスマートフォン上に保存されるため、書き込みがなされた紙媒体がなくとも、外出時などにデータを閲覧することができる。

### 3. 本システムを実現するための3つの実装

本システムにおける実装は、大きく分けて「書き込みの認識」、「英単語の抽出と和訳」、「データ管理」の3つに分けられる。

#### 3.1 書き込みの認識

書き込みの認識のためには、まず書き込みを抽出する必要がある。本システムにおいて画像処理のために、スマートフォンのカメラ画像を用いた。本システムでは、書き込みを抽出するために、特定の色を抽出する(デフォルトではカラーコード:#FF208B)処理を施す。その際口バラスト性の向上のために RGB 空間を HSV 空間変換している。そして抽出する色とその他の部分による2値化処理を施すことによって書き込み部分を抽出する。また、本システムにおいて用いられるペンは、マーカーペンのような太さが1mm以上で、色のついたペンを用いられることを前提としているが、用いるペンを変更したい場合には、スマートフォン上でそのペンによって書き込まれた部分をタッチすることで、そのペンによる書き込みを認識できるようになる。

その後2値画像によるテンプレートマッチングにより書き込みの認識を行う。予め認識させたい書き込みの2値画像を用意しテンプレート画像とすることで、その書き込みを認識させることができる。

#### 3.2 英単語の抽出と和訳

英単語の和訳を表示させるためには、まず英単語を抽出する必要がある。本システムでは、OCRにより英単語を抽出している。その際、英単語を含んだ画像を大きくする、コントラストを強くする、輪郭をはっきりさせるなどの画像処理を施すことで、認識精度を向上させるための工夫を施している。

その後、無償の英和辞書 Web サービスであるデ辞蔵を用いて、ネットワーク経由で和訳を取得している。

#### 3.3 データ管理

保存される画像や英単語などのデータは、セットで保存される関連データやお気に入りの有無、順序づけなど、多くのメタデータを有する。本システムでは、これらのメタデータは xml ファイルとして保存し、xml ファイルを随時参照することによって、データ閲覧モードに見られるようなデータ管理を行っている。

### 4. 書き込みの認識率による性能評価

#### 4.1 実験概要

本システムを性能評価するために、本システムがデフォルトで認識する書き込みの認識率を測定した。

#### 4.2 実験結果

実験結果は表1のようになった。

ちなみに実験で用いた赤、青、黄のペンのカラーコードは、#FF208B, #0664BB, #BBFF4D である。

表1 書き込みの種類とペン色による認識率 (%)

Table 1 Recognition rates depending on kinds of written cue and color of pen.

書き込みの種類	赤の認識率	青の認識率	黄の認識率
“ ”, “ ”	100	100	28
“ ”	100	100	33
“0”	100	100	33
“1”	67	53	17
“2”	83	67	17
“3”	67	67	17
“4”	100	83	28
“5”	100	83	33
“6”	83	83	17
“7”	53	53	17
“8”	83	53	17
“9”	67	67	28
“★”	83	83	0

### 4.3 考察

表1全体にいえることは、赤色のペンや青色のペンを用いた場合の認識率はいずれの書き込みの種類に対しても一定の結果を示しているが、黄色のペンを用いた場合の認識率はいずれも低い認識率となっている。これは、今回実験で書き込みを行う紙媒体として用いた論文の背景色と黄色が近かったことに起因すると考えられる。赤色や青色のペンを用いた場合に限れば、書き込み“ ”、“ ”と“ ”の認識率は高いことがわかる。しかしながら、“0”~“9”の数字の書き込みに関して、数字によって認識率があまり高くないものもある。これは例えば、“1”と“7”のように、似た文字である場合は識別が容易でないためであると考えられる。

## 5. 関連研究

### 5.1 紙媒体とデジタルデータの連携

紙媒体とデジタルデータの連携という点に着目した研究は多く存在する。Koikeら<sup>[1]</sup>や、Do-Lenhら<sup>[2]</sup>は、机上にマーカーが貼付された書籍などの紙媒体を置くことで、デジタル情報と実世界の連携を可能にするシステムを開発した。しかしながら事前に紙媒体などにマーカーを貼付する必要があること、対応するデジタルデータを準備する必要がある一方で、本研究ではそのような準備は必要ない。

### 5.2 書き込みの検出

Nakaiら<sup>[3]</sup>は、紙媒体の中での書き込み局所的位置を検出することで、抽出する方法を提案した。Iwataら<sup>[4]</sup>は、ペン先に小型カメラを取り付けることによって、リアルタイムに書き込みの局所的位置を検出することを可能にした。しかしながら、これらは紙媒体と同じ内容の電子データが必要である上、書き込みの認識の処理が膨大である。本研究におけるシステムは、書き込みを行う紙媒体と同じ内容の電子データを必要

としない。また、実際に書き込まれている細かい文字を検出するわけではないという点や、スペックのあまり高くないスマートフォンにおいて書き込み検出を行うという点で、Stevensら<sup>[5]</sup>のように色情報を用いた書き込み検出を行うことで、高精度に書き込みを抽出することができる。また検出する色はユーザによって任意に設定できるという点で、より柔軟性のあるシステムである。

## 6. まとめ

本研究では、紙媒体に対し書き込みをし、書き込みに応じたデジタル処理が施されることで、ユーザがより紙媒体を活用できるようになるためのシステムを開発した。普段我々は、紙媒体を利用する際に書き込みをしながら閲覧する機会が多い。その延長線上で本システムを利用することで、保存しなくなった“ ”、“ ”で困る、和訳が知りたければ“ ”で困る、データに順序をつけたければ数字を書き込む、お気に入りの登録したければ、「星型」を書き込むなど、デジタルデータを扱う感覚で、従来のような紙媒体の使い方ができ、これまでよりも紙媒体をより有用に使うことが可能となる。かつては、紙媒体とデジタルデータは分離しているものとみなされていたが、本システムによってそれらがシームレスになる感覚を味わうことができるであろう。

## 参考文献

- [1] Koike, H., Sato, Y. and Kobayashi, Y.: Integrating Paper and Digital Information on Enhanced-Desk: A Method for Realtime Finger Tracking on an Augmented Desk System; In ACM Transactions on Computer-Human Interaction, **Vol.8**, No.4, December 2001, pp.307-322 (2001).
- [2] Do-Lenh, S., Kaplan, F., et al.: MultiFinger Interactions with Papers on Augmented Tabletops; In Proceedings of TEI'09, pp.267-274 (2009).
- [3] Nakai, T., Kise, K. and Iwamura, M.: A method of annotation extraction from paper documents using alignment based on local arrangements of feature points; In Document Analysis and Recognition ICDAR2007. Ninth International Conference on, **Vol.1**, pp.23-27 (2007).
- [4] Iwata, K., Kise, K., et al.: Tracking and retrieval of pen tip positions for an intelligent camera pen; In Proceedings of ICFR2010, pp.277-282 (2010).
- [5] Stevens, J., Gee, A. and Dance, C.: Automatic Processing of Document Annotations; In Proceedings of BMVC'98, **Vol.2**, pp.438-448 (1998).
- [6] Sangsubhan, P.: Idea generation support system utilizing digital pen and paper; Master Thesis, University of Tsukuba, (2013).
- [7] Zheng, Y., Li, H. and Doermann, D.: The Segmentation and Identification of Hand writing in Noisy Document Images; In Lecture Notes in Computer Science (5th International Workshop DAS2002), **Vol.2433**, pp.95-105 (2002).