

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 9 月 17 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25540040

研究課題名(和文)ドキュメントに対するデジタル手書きアノテーションからの情報抽出

研究課題名(英文)Information Extraction from Digital Handwriting Annotation on Electronic Documents

## 研究代表者

浅井 洋樹 (Asai, Hiroki)

早稲田大学・グローバルエデュケーションセンター・助手

研究者番号：30631105

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：タブレット型端末に代表される端末上に手書き入力可能なデジタル手書き環境の普及が見込まれる中、入力された手書きデータを端末上で処理する技術の研究は急務となっている。本研究では、PDFといった電子ドキュメント上に書き込まれた手書きアノテーションを認識するモデルを確立し、アノテーションデータの可用性向上やアノテーションシステムのユーザビリティ向上を実現する知的アノテーションフレームワークを構築した。

研究成果の概要(英文)：During the development of the digital handwriting environment that enables to input by handwriting on the devices such as tablet PC, it becomes indispensable to develop the processing technology of digital handwritten data. In this research, we established the recognition model of handwriting annotation on electronic documents like PDF, and then developed the Intelligent Ink Annotation Framework that improves both the availability of documents and the usability of digital handwriting annotation systems.

研究分野：知的ユーザインタフェース

キーワード：手書き アノテーション

## 1. 研究開始当初の背景

資料に対して下線や囲い込み、そしてコメントを記入しながら読み進める **Active Reading** や会議・授業における重要箇所の強調やコメントなど、我々は書類に手書きによるアノテーション行為を古くから日常的に行っている。一方で、研究開始当初の状況として、タブレット端末に代表される手書き入力可能な端末が急速に普及しつつあり、デバイス上においてもアノテーション行為を行うことが可能となった。これによって **PDF** といった電子書類を扱う場面においてもペンを模倣した手書きによる書き込みが可能となり、今後手書きアノテーションは紙面上から端末上へと移行することが考えられていた。

このような状況の中でデジタル手書き環境から得られる手書きデータにおけるデータ処理技術やユーザインタフェース技術の開発が急務となった。世界的にも主に人間とコンピュータの間のインタラクションを扱う **Human-Computer Interaction (HCI)** の研究コミュニティを中心に電子的な手書きアノテーションにおける研究が行われている状況であった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、デジタル手書き環境において、電子ドキュメント上に手書きで入力されたアノテーション情報をコンピュータで解釈可能な構造化されたデータとして認識することである。

前項で述べたように電子ドキュメント上におけるデジタル手書きアノテーションに関する研究は世界的に行なわれており、それらの研究では、紙面からコンピュータのディスプレイへの変化によって実現可能となった新しいインタラクション技法によるアノテーション手法が提案されている。

本研究のアプローチはこれらのような新しいインタラクション技法を提案し、デジタル手書き環境における電子ドキュメントへの手書きアノテーションデータを認識するのではなく、入力された生の手書きデータのみからユーザの意図を解釈し認識するアプローチを採用する。これによりアノテーションシステムのユーザビリティ向上やドキュメントの可用性向上が期待できる。

## 3. 研究の方法

本研究を遂行するにあたって、次の各フェーズを計画し実行した。

### (1) デジタル手書きアノテーションデータ収集フェーズ

最初のフェーズとして、まず手書き入力可能なタブレット端末上でドキュメントを表示した上に書き込みを行えるシステムを構築する。次に作成したシステムを用いて被験者からデジタル手書きアノテーションデー

タを収集する。

### (2) 収集データの分析フェーズ

収集した手書きアノテーションデータに対して、下線や囲い込みといったアノテーション手法によってパターンの分類を行う。そして分類されたパターンに応じて適切な堅牢性の高いアノテーション認識モデルを構築していく。

### (3) アノテーション認識モデルの堅牢性評価フェーズ

構築したアノテーション認識モデルの有効性を評価する。評価実験に招集した被験者に対して、本研究で構築したアノテーション認識モデルを搭載したアノテーションシステムを与える。被験者はシステム上でアノテーションを行い、構築したアノテーション認識モデルで妥当な認識が可能か検証を行う。

### (4) アノテーション認識モデルを利用したアプリケーションの開発・評価

アノテーション認識モデルの有効性が検証された後に、本認識モデルをもとにした、アノテーション支援を目的とする知的アノテーションフレームワークを構築する。また構築したフレームワークを実装したアプリケーションを開発し、被験者に対して評価実験を実施する。

## 4. 研究成果

本研究の主な成果は、情報処理学会の論文誌として採択された「電子ドキュメントに対する手書きアノテーション認識モデル」および、国際会議 ITS2014 で発表した「知的手書きアノテーションフレームワーク」の二点である。以下詳細について述べていく。

### (1) 電子ドキュメントに対する手書きアノテーション認識モデル

本研究の成果の一つ目として電子ドキュメント上への手書きアノテーション認識モデルについて述べる。本提案モデルは、電子ドキュメントに対して行なわれる手書きアノテーションにおいて、収集データに基づく人間特有の傾向を反映させた範囲選択手書きアノテーション認識モデルである。提案した認識モデルでは、アノテーション対象として選択されたドキュメント上の箇所を推定するにあたって以下の2点を実現している。

- ① 「範囲選択」・「情報付加」書き込みの識別
- ② ドキュメント上の選択範囲推定

これらを実現することで、自動的に範囲選択アノテーションの識別とドキュメント上におけるアノテーション箇所の推定が可能となるため、ユーザの指示なしに手書きアノテーションと対象となったドキュメント上の箇所と対応づけることが可能となる。

成果となる手書きアノテーション認識モデルは図1に示すような処理フローによって実現される。

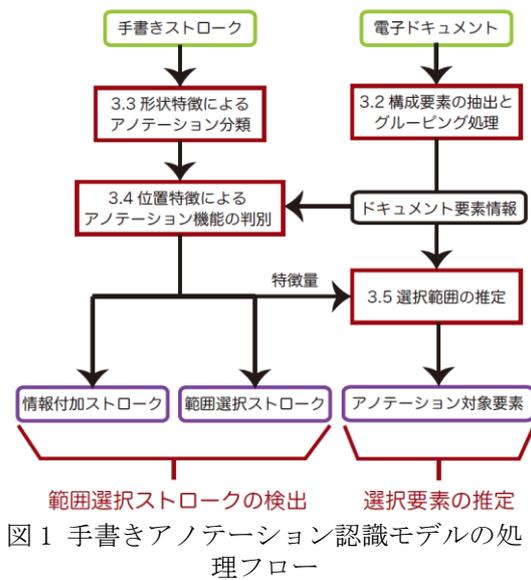


図1 手書きアノテーション認識モデルの処理フロー

入力データとして手書きストロークデータと電子ドキュメントデータを入力する。出力によって得られる結果は手書きストロークの識別結果（範囲選択・情報付加）と電子ドキュメント上での選択範囲である。認識モデルではまず電子ドキュメントの情報からドキュメントを構成する文字や画像といった要素（ドキュメント要素）を抽出する。さらに文字データに対しては行単位でのグルーピングを行う。また入力した手書きデータに対しては、まずすべての手書きストロークを範囲選択ストロークであると仮定してその種類ごとに分類する。その後分類情報と抽出したドキュメント要素位置情報から範囲選択・情報付加ストロークの識別を実施する。また範囲選択ストロークとして認識されたストロークは統計データにお基づいた範囲選択箇所の推定を行い、選択範囲のドキュメント要素を得る。認識対象となる範囲選択アノテーションの種類を図2に示す。

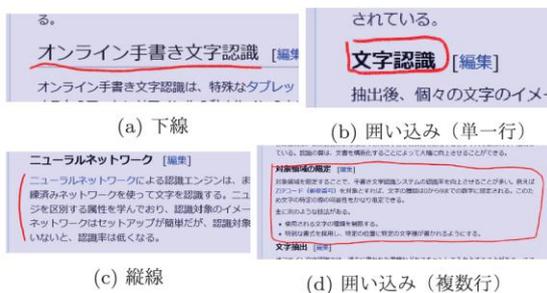


図2 検出対象範囲選択アノテーション

構築した認識モデルの評価として被験者によるデータ収集および堅牢性評価を実施した。データ収集では26名の被験者によ

て3120箇所のアノテーションデータを収集した。収集データの手書きの軌跡をヒートマップによる可視化を行ったものを図3に示す。

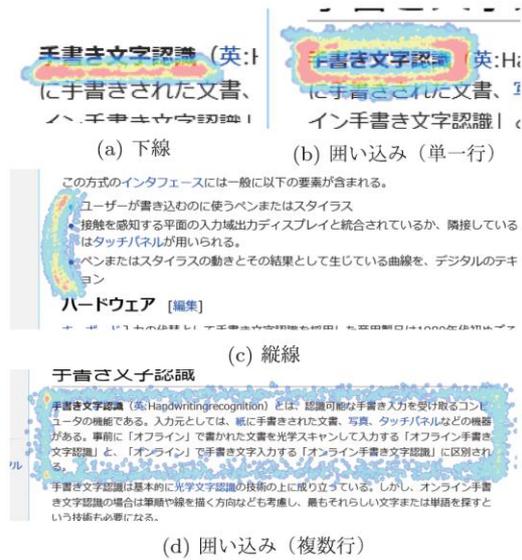


図3 収集データのヒートマップ可視化

これら収集したデータを用いて提案認識モデルの堅牢性評価を実施した。評価によって得られた認識精度を表1に示す。

表1 認識精度評価結果

		ズレ無	ズレ1許容	認識成功
下線	開始	95.38%	98.72%	85.37% (STD: 0.1027)
	終了	88.45%	97.95%	
囲い込み (単一行)	開始	88.56%	93.57%	77.25% (STD: 0.1978)
	終了	80.46%	92.42%	
縦線	開始	94.48%	96.41%	91.14% (STD: 0.0947)
	終了	93.20%	96.41%	
囲い込み (複数行)	開始	92.46%	95.71%	91.29% (STD: 0.1454)
	終了	94.02%	95.58%	

本結果を参照すると、文字単位でのアノテーション選択範囲の認識では90%以上の精度で完璧に認識を行える結果が得られた。また行単位で範囲を選択するアノテーションでは選択範囲を最大で85%以上の精度で認識を行える結果が得られた。

## (2) 知的手書きアノテーションフレームワーク

前述したアノテーション認識モデルを応用して、電子ドキュメントのアノテーションを支援するフレームワーク「Intelligent Ink Annotation Framework」を構築した。構築したフレームワークではユーザがアノテーション時に書き込む手書きデータのみから、ユーザの意図しているアノテーション行為の種類を推定し、かつアノテーション内容を認識し構造化を行うことが可能となる。これにより、検索といったドキュメントの可用性を向上させるとともに、ユーザが新しいインタラクション技法を学ぶコストが削減される

ためユーザビリティの向上が可能となる。

本フレームワークではユーザのアノテーション意思を図4に示すアノテーションライフサイクルのモデルに当てはめて検知する。

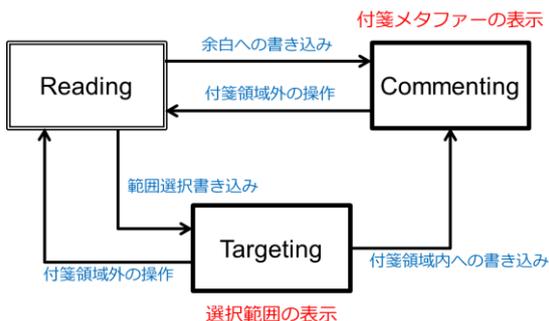


図4 アノテーションライフサイクル

アノテーションライフサイクルでは、ドキュメントを読んでいる状態である「Reading」、コメントを書き込んでいる「Commenting」、そして下線や囲い込みといったドキュメント上のコンテンツの範囲を選択している「Targeting」の3状態を定義している。提案しているフレームワークではこの3状態を入力された手書きデータから状態遷移に従い推定する。本状態をそれぞれ検知することでそれぞれの状態に応じた適切なユーザ支援を自動的に行うことが可能となる。

また提案フレームワークを実際に実装したプロトタイプシステムを構築した(図5)。プロトタイプシステムでは、下線等の範囲選択アノテーションが行なわれた際には、自動的にドキュメント上の選択範囲が認識されるとともに、付箋が表示され、対応したコメントを記入することができる。これらのシステムからの支援が全て自動的に行われることが本フレームワークのメリットである。

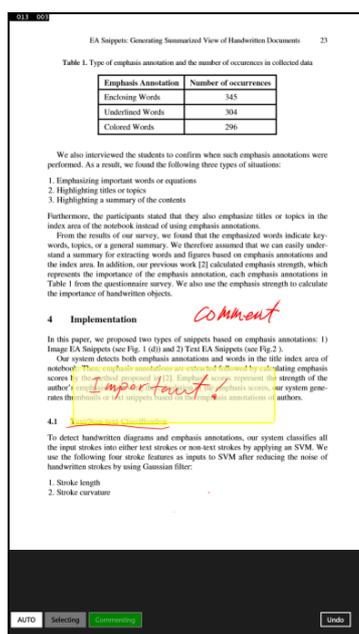


図5 開発したプロトタイプシステム

開発したプロトタイプシステムを使用する被験者評価においては、提案フレームワークを支持する結果が得られている。さらに今後の研究課題としてさらなる認識精度の向上や、視覚的なフィードバックの必要性といった課題が抽出できた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. 浅井洋樹, 山名早人, 電子ドキュメントに対する範囲選択手書きアノテーション認識モデル, 情報処理学会論文誌データベース (TOD), Vol. 7, No. 4, pp. 1-12, 2014. 12, 査読有.

〔学会発表〕(計2件)

1. Hiroki Asai and Hayato Yamana, Intelligent Ink Annotation Framework that uses User's Intention in Electronic Document Annotation, In Proc. of the ACM International Conference on interactive tabletops and surfaces (ITS2014), pp. 333-338, 2014. 11, Dresden, Germany, 査読有.
2. 浅井洋樹, 山名早人, 電子ドキュメント上での書き込みを支援する手書きアノテーション認識モデル, 第6回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2014), 2014. 3, 兵庫

〔その他〕

Web ページ

<http://www.yama.info.waseda.ac.jp/member/asai>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

浅井 洋樹 (ASAI, Hiroki)

早稲田大学・グローバルエデュケーションセンター・助手

研究者番号: 30631105

(2) 研究分担者

無

(3) 連携研究者

無