

早稲田大学大学院 基幹理工学研究科

# 博士論文概要

## 論文題目

User Interfaces and Data Analysis  
on Digital Handwriting Environment

デジタル手書き環境におけるユーザ  
インタフェースとデータ解析手法に関する研究

申請者

Hiroki	ASAI
浅井	洋樹

情報理工学専攻 並列・分散アーキテクチャ研究

2015年2月

デスクトップ PC やノート PC といったパーソナルコンピュータを構成するマウスやキーボードは、グラフィカルユーザインタフェース (GUI) とその構成要素である WIMP (Windows, Icons, Menus, Pointer) における入力装置として広く採用されている。ポインティングデバイスであるマウスは、コンピュータ上の情報を操作するために用いられ、また入力デバイスであるキーボードは、コンピュータへ情報を入力するために用いられる。WIMP を採用するパーソナルコンピュータが 1970 年代に登場して以来、これらの装置がコンピュータへの入力装置として採用されてきたが、近年場所を選ばずにコンピュータを利用するモバイルコンピューティングの需要が増加している。これに伴い、モバイル用途に優れたタブレット端末が急速に普及し始めており、2016 年度にはこのタブレット端末の市場がパーソナルコンピュータの市場を上回るという予測も出ている。

モバイル性が要求されるタブレット端末の入力装置は、デスクワーク用途で利用されるパーソナルコンピュータとは異なり、出力装置であるディスプレイ上を指で直接触れて操作することが可能なマルチタッチインタフェースが一般的に用いられている。マルチタッチインタフェースにおいて、マウスで行っていた情報操作はディスプレイの表示面に直接触れて操作するタッチ操作が採用され、キーボードで行っていた情報入力は、ディスプレイ上に再現出力されたソフトウェアキーボードを直接タッチする入力方式が採用されている。

紙のように持ち運べて操作性に優れたタブレット端末が普及し、教育やビジネスでの利用が進む中、以前より紙面上で行なわれていた作業をタブレット上でも行う要求も増大している。しかし上記のタブレット上での情報入力手段であるソフトウェアキーボードは、図の書き込みや電子ドキュメント上への自由な書き込みといった用途には適さない。そこでタブレット端末でも紙に対する情報入力手段であるペンを再現した入力装置を利用するデジタル手書きが注目されており、データ処理が可能であるコンピュータの利点を活用したデジタル手書き環境におけるアプリケーションが求められている。

本論文では、デジタル手書きによって生まれたオンライン手書きデータから有用な情報を抽出するデータ解析技術とそれを実現するための入力インタフェースについて議論する。本研究の具体的な貢献となるポイントは次の 2 点である。

#### (1) 手書きアノテーション認識モデルとそのインタフェース

コンピュータ上でペンを扱う主なアプリケーションとして、PDF といった電子ドキュメント上にペンで情報を書き込む手書きアノテーションが挙げられる。本論文では、これまでに行われてきた基礎的な手書きデータの処理技術を踏まえ、手書きアノテーションの支援およびデータ可用性向上の基盤となる手書きアノテーション認識モデルを提案する。また、本モデルを使用したアプリケーションとして手書きアノテーションを支援する知的フレームワークと情報検索時に有効な要

約スニペットを提案する。

## (2) オンライン手書きデータからの情報抽出手法

コンピュータ上で扱うことが可能な筆記データ（オンライン手書きデータ）は紙面上に現れる筆跡に加え，時系列や筆圧，筆記速度といった付加情報が得られる．本論文では，オンライン手書き情報から新たに得られる付加情報を活用し，有効な情報を抽出する手法について提案する．ここで提案する情報抽出手法は2点あり，1点目は教育環境における学習者のつまずき検知である．学習時のオンライン手書きデータを取得し，解析することで指導に必要となる学習者のつまずきを検出する．2点目は記憶度推定である．漢字や英単語といった暗記学習時のオンライン手書きデータを取得し，反復学習が必要となる未定着記憶の検知を行う．

本論文は以上のそれぞれ2点について述べる2部構成となる．まず第一部ではデジタル手書き環境におけるユーザインタフェースとして，電子ドキュメントに対する手書きアノテーションを支援する認識技術とそのアプリケーションを提案する．まず第一章では，デジタル手書き環境におけるユーザインタフェースとして，主要なアプリケーションである電子ドキュメントに対する手書きアノテーションについて，ユーザインタフェースの実装を支援する認識モデルを提案する．手書きアノテーションは，情報付加や強調を目的に広く行なわれている行為であるが，電子ドキュメント上への手書きアノテーションでは検索や共有といった可用性の向上やこれを支援するインタフェースが課題となっている．本章では情報を付加するアノテーションとドキュメント上のコンテンツを選択・強調するアノテーションを区別し，さらに選択・強調箇所を認識する手書きアノテーション認識モデルを提案する．提案モデルを手書きアノテーションシステムに組み込むことにより，筆記者のアノテーション支援，およびデータの可用性向上が可能となる．

第二章では第一章で提案した手書きアノテーション認識モデルのアプリケーションとして，電子ドキュメント上へのアノテーションを支援する知的アノテーションフレームワークを提案する．電子ドキュメント上での手書きアノテーションシステムでは，紙のドキュメントとは異なり，情報検索やアノテーション情報に基づいた閲覧が可能となる．しかしこれまでに提案されてきたアノテーションシステムは，これらの機能を実現するために，アノテーション時にユーザはメニュー選択やシステムが定義したジェスチャーといった付加的な操作が要求されるため，ユーザビリティにおける学習可能性が低下する問題が存在した．本章では第一章で提案したアノテーション認識モデルを用いてユーザのアノテーション意図を推定することにより，ユーザに付加的な操作を要求しない負担の少ないシステムを実現可能なフレームワークを提案する．

第三章では提案した手書きアノテーション認識モデルを用いた2点目のアプリケーションとして、手書きドキュメントの要約スニペットを生成する手法を提案する。コンピュータ上でのドキュメント探索、閲覧の過程において各ドキュメントの概要把握を目的とした閲覧時では、元ドキュメントを縮小したサムネイルや、要約テキストを出力するテキストスニペットが一覧表示の方法として用いられる。本章では手書きノート記述時に一般的に行なわれる下線や囲い込みといった強調アノテーションに着目し、これを利用したデジタル手書きノートの一覧表示手法を提案する。最後に第四章でのまとめと今後の展望をもって本部の結論とする。

続く第二部ではデジタル手書き環境におけるデータ解析手法として、オンライン手書き情報からの情報抽出手法について述べる。第一章では、学習環境における適用として、オンライン手書きデータを用いた学習者のつまずき検出手法を提案する。生徒が学習している際につまずき悩んでいる状態を見つけ出すことは、学習指導における学習者個々の理解度把握において重要である。指導者は学習者一人ひとりの解答の様子を観察（机間巡視）することや、問題演習の答案を確認することで多大な負担と引き換えに学習者個々の理解度を把握している。本章では、オンライン手書きデータを解析することで学習者のつまずきを検知する手法を提案する。本手法を用いることにより教師の学習者観察を支援する教師支援システムが実現可能となる。

第二章では、オンライン手書きデータを用いた学習者の未定着記憶推定手法を提案する。漢字や英単語を記憶する暗記学習は、忘却せずに再生可能となるよう記憶を定着させることが目標であり、より効率的に記憶を定着可能な学習システムは学習者にとって有用である。本章では、暗記学習時のオンライン手書きデータを解析することで、学習者が今後忘却する可能性が高い暗記項目を推定する手法を提案する。本手法で算出された記憶度が低い暗記項目を優先的に学習することで効率的に暗記可能な学習支援システムの構築が実現可能となる。最後に第三章でまとめと今後の展望をもって本部の結論とする。

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名 浅井 洋樹 印

(2015年10月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文： 学術誌 原著論文	
○	[1] <u>浅井洋樹</u> , 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, Vol. 7, No. 4, pp. 1-12, 2014.
	[2] 手塚渉太, <u>浅井洋樹</u> , 山名早人, 携帯端末に適用可能なモーシヨンプラー警告システム, 日本データベース学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 58-63, 2014.
○	[3] <u>浅井洋樹</u> , 山名早人, オンライン手書きノートからの強調語抽出, 日本データベース学会論文誌, Vol. 10, No. 1, pp. 67-72, 2011.
講演： 国際会議	
○	[1] <u>Hiroki Asai</u> and Hayato Yamana, “Detecting Learner’s To-Be-Forgotten Items using Online Handwritten Data,” In Proc. of 15th Annual ACM SIGCHI_NZ Conference on Computer-Human Interaction (CHINZ), Hamilton, New Zealand, 2015.
○	[2] <u>Hiroki Asai</u> 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 (ITS 2014), pp. 333-338, Dresden, Germany, 2014.
	[3] Shunya Okuno, <u>Hiroki Asai</u> and Hayato Yamana, A Challenge of Authorship Identification for Ten-thousand-scale Microblog Users, IEEE International conference on Big Data 2014, pp. 52-54, Washington DC, USA, 2014.
○	[4] <u>Hiroki Asai</u> and Hayato Yamana, EA Snippets: Generating Summarized View of Handwritten Documents based on Emphasis Annotations, In Proc. of the 16th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2014), pp. 20-31, Heraklion, Greece, 2014.
○	[5] <u>Hiroki Asai</u> and Hayato Yamana, Detecting Student Frustration based on Handwriting Behavior, In Proc. of the adjunct publication of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST 2013 Adjunct), pp. 77-78, St. Andrews, UK, 2013.
○	[6] <u>Hiroki ASAI</u> , Takanori UEDA and Hayato YAMANA, Legible Thumbnail: Summarizing On-line Handwritten Documents based on Emphasized Expressions, Proc. of the 13th Int’ l Conf. on Human computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI2011), pp. 551-556, Stockholm, Sweden, 2011.

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
講演： 国内学会 (査読付)	[1] 奥野峻弥, <u>浅井洋樹</u> , 山名早人, マイクロブログを対象とした 5,000 人レベルでの著者推定手法の提案-5,000 人レベルでの著者推定, 第 6 回 Web とデータベースに関するフォーラム, 2013.
講演： 国内学会 (査読無)	<p>[1] <u>浅井洋樹</u>, 山名早人, オンライン手書き情報を用いた未定着記憶推定システム, 情報処理学会 コンピュータと教育研究会 第 127 回研究発表会, 2014-CE-127, No. 1, pp.1-6, 2014.</p> <p>[2] 奥野峻弥, <u>浅井洋樹</u>, 山名早人, マイクロブログを対象とした著者推定手法の提案-10,000 人レベルでの著者推定-, 第 159 回データベースシステム研究発表会, 2014.</p> <p>[3] Zhou Guanying, <u>Asai Hiroki</u>, Yamana Hayato, Topics and Influential User Identification in Twitter using Twitter Lists, 第 159 回データベースシステム研究発表会, 2014.</p> <p>[4] 上里和也, 田中正浩, <u>浅井洋樹</u>, 山名早人, メンション情報を利用した Twitter プロフィール推定における単語重要度算出手法の考察, 第 159 回データベースシステム研究発表会, 2014.</p> <p>[5] <u>浅井洋樹</u>, 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.</p> <p>[6] 苑田翔吾, <u>浅井洋樹</u>, 山名早人, 認知心理学的記憶調査に基づく記憶支援システムの構築, 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.</p> <p>[7] 王琛, 鬼沢和也, <u>浅井洋樹</u>, 山名早人, 入力ストローク数削減による高速手書き入力手法, 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.</p> <p>[8] 手塚渉太, <u>浅井洋樹</u>, 山名早人, 携帯端末に適用可能なモーションブラー警告システム, 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.</p> <p>[9] 上里和也, 奥谷貴志, <u>浅井洋樹</u>, 奥野峻弥, 田中正浩, 山名早人, 文体及びツイート付随情報を用いた乗っ取りツイート検出, 第 158 回データベースシステム研究発表会, 2013.</p> <p>[10] <u>Hiroki Asai</u>, Hayato Yamana, A Summarization Technique for Handwritten Document Search using Emphasis Annotations, iDB 2013 Workshop, 2013.</p>

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
	[11] 奥野峻弥, <u>浅井洋樹</u> , 山名早人, マイクロブログを対象とした1000人レベルでの著者推定手法構築に向けて, 第157回DBS・第111回IFAT合同研究発表会, (2013.7).
	[12] <u>浅井洋樹</u> , 秋岡明香, 山名早人, きたあああああああああああああ!!!!!!11: マイクロブログを用いた教師なし叫喚フレーズ抽出, 第5回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2013), 2013.
	[13] 苑田翔吾, <u>浅井洋樹</u> , 山名早人, 学習者の記憶の度合とオンライン手書きデータの関係性の調査, 第5回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2013), 2013.
	[14] 上田高德, <u>浅井洋樹</u> , 藤木紫乃, 山本祐輔, 武井宏将, 秋岡明香, 山名早人, “ソーシャルメディアを含む多メディアビッグデータの統合的解析による情報抽出”, 第156回データベースシステム研究発表会, (2012.12).
	[15] <u>浅井洋樹</u> , 野澤明里, 苑田翔吾, 山名早人, “筆記情報と時系列モデルを用いた学習者つまずき検出”, 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET), 2012.
	[16] <u>浅井洋樹</u> , 山名早人, 強調表記を利用した手書きドキュメント検索スニペット生成, 第154回DBS・第107回IFAT合同研究発表会, 情報処理学会研究報告. データベース・システム研究会報告 2012-DBS-154(8), 1-7, 2012.
	[17] <u>浅井洋樹</u> , 野澤明里, 苑田翔吾, 山名早人, オンライン手書きデータを用いた学習者のつまずき検出, 第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2012), 2012.
	[18] 苑田翔吾, <u>浅井洋樹</u> , 山名早人, オンライン手書きデータによる記憶度推定システムの構築, 第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2012), 2012.
	[19] <u>浅井洋樹</u> , 小林大輔, 山名早人, 筆記者の強調表現に基づいたオンライン手書きノートの圧縮サムネイル生成手法, 第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2011.
	その他 8 件
その他 (特許)	[1] 山名早人, 苑田翔吾, <u>浅井洋樹</u> , 記憶度推定装置および記憶度推定プログラム, 特開 2014-032320, 2014.
その他 (科研費)	[1] <u>浅井洋樹 (研究代表者)</u> , 日本学術振興会 科学研究費補助金, 挑戦的萌芽研究, 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, 25540040, 2013-2014.