

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

浅井洋樹^{†1}

山名早人^{†2†3}

近年、タブレット端末や電子ペンに代表される手書き入力可能な端末が普及し始めたことにより、手書きドキュメントの電子化が進みつつある。端末上でのドキュメント探索、閲覧プロセス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スニペットとしてしばしば用いられる。しかし、手書きドキュメントに対して従来の単純に縮小したサムネイルを用いると、文字が要約されずに縮小されてしまうため記述内容が読み取れず、概要把握が困難となる問題がある。また、図などの文字以外の情報が含まれ、不完全な文字認識しか行えない手書きドキュメントを要約する研究は、我々の知る限り存在しない。そこで本稿では、下線や囲い込みに代表される筆記者の強調表記を利用して、手書きドキュメントを要約することにより概要の把握が容易となる検索スニペットを提案する。ユーザによる情報検索評価実験の結果、従来と比較して我々の提案するスニペットを利用することで検索速度が平均 42%削減される結果が得られた。

1. はじめに

古くから長い間、人々は紙とペンを用いた手書きによる情報記録を行ってきた。一方、コンピュータの普及以降はコンピュータ上での情報記録も頻繁に行われるようになった。今日のコンピュータへの入力装置の主流となっているキーボードとマウスは、高速に文字を入力できるようになる利点がある一方、従来のペンを用いた入力と比較して不利な点が存在する。現在のコンピュータ上での入力ではペンを用いる際と比較して情報記録者の自由度が制限され、自由なレイアウトな記録や図の記入において不利となる。さらに、日本語におけるかな漢字変換のような変換作業が必要な言語においては、ペンによる記録では不必要であった変換作業が自由な情報記録を妨げる原因となっている[1]。

そこで近年、キーボードとマウスによる情報記録に代わるものとして、手書き入力可能なタブレット端末や電子ペンが普及し始めており、手書きによる従来と同様な情報記録をコンピュータ上で実現する研究も行われている[2]。従来の紙とペンではなく、こうした手書きを電子的に記録するデバイスを用いて入力を行うと、得られる手書きデータがオフラインな情報（オフライン手書きデータ）から、オンラインな情報（オンライン手書きデータ）へと変化する。オフライン手書きデータは、紙面上をスキャンして得られる筆跡画像情報である。これに対し手書き入力端末から得られるオンライン手書きデータは、オフライン手書きデータの情報に加えて、筆記時系列情報や筆記速度、筆圧といった情報も取得可能となる。このオンライン手書き情報が含まれる手書きドキュメントが普及するに従い、これらを効率的に検索可能な技術の必要性が増すと考えられる。本稿では、こうしたオンライン手書きドキュメントの検索を支援するサムネイルや要約テキストといった検索スニペットを提案する。オンライン手書きドキュメントの検索手法自

体は本稿の対象外とする。

表示領域の限られたディスプレイ上に効率的に情報を提示する情報可視化に関する研究は以前より盛んに行われてきた[3][4][5][6]。情報可視化における代表例として、元のドキュメントを縮小して表示する縮小サムネイルは、情報全体の概要を把握するのに有効な手法であり、情報を検索する際には縮小サムネイルがしばしば用いられる。例えば、Web 検索において Web ページのサムネイルを表示することが有効であるとの報告[7][8]がある。また Google 画像検索¹や Yahoo!画像検索²といった画像検索サービスにおいても縮小サムネイルが一覧表示として用いられている。縮小サムネイルを利用することで、ユーザは元ドキュメントの概要を容易に把握することができる。しかし、手書きドキュメントにおいては、この縮小サムネイルを用いると文字も比例して小さく読み取れなくなり、概要を把握することが困難となる問題がある。

一方、文字情報が含まれるドキュメントの概要を提示する手法として、自然言語処理を用いて要約文を出力するテキストスニペットが情報検索時の一覧表示手法としてしばしば用いられている。しかし文字情報が含まれる手書きドキュメントの一覧表示手法としてテキストスニペットの適用を考えた場合、手書き文字認識の不完全性に起因する自然言語処理の問題が生じる。長い間行われている手書き文字認識手法の研究により、一文字あたりのオンライン手書きデータに対する認識精度は近年の研究では 92.77%[9]を達成しているが、複数文字から構成される手書きの文章に対して自然言語処理による要約を行うのは依然困難な状況である。

そこで本稿では、自然言語処理によるアプローチではなく、下線や囲い込みといった筆記者の強調意図である強調表記に着目し、強調表記に基づいた要約を行う手書きドキュメントの検索スニペットを提案する。我々は、以前の研究[10]において、強調表記をオンライン手書きデータよ

^{†1} 早稲田大学大学院 基幹理工学研究科

^{†2} 早稲田大学理工学術院

^{†3} 国立情報学研究所

1 Google 画像検索, <http://www.google.co.jp/imghp>.

2 Yahoo!検索 (画像), <http://search.yahoo.co.jp/#/image>.

り検出を行い、記述された各情報に対して重要度を算出する手法を提案した。本稿ではこの手法に基づいて強調表記を検出し、限られた表示領域においても概要を容易に把握可能な以下の2つの検索スニペットの生成手法を提案する。

- 強調表記サムネイル
手書きドキュメント中の強調表記によって強調された語と図から構成されるサムネイル。文字は元データのレイアウトを保持しつつ読み取り可能な大きさまで拡大される。
- 強調表記テキストスニペット
手書きドキュメント中の強調表記によって強調された語を強調スコアの降順で並べることにより生成されるテキストスニペット。全体のレイアウト把握のための縮小サムネイルもあわせて表示する。

2. 関連研究

これまで行われてきた手書きデータの検索に関連する研究は、キーワードをクエリとした検索に関する研究[11][12][13]が存在する。しかし、検索結果の表示などにおける手書きドキュメントの一覧表示手法に関する研究は我々の知る限り存在しない。そこで本節では画像のサムネイル生成に関する研究[14][15][16]や Web ページのサムネイル生成に関する研究[17][18][19]について述べる。

2.1 画像のサムネイル生成に関する研究

まず画像のサムネイル生成に関する研究について述べる。Amurutha ら[14]は人間が視覚系から入力される情報から、必要な情報を選択する機能である視覚的注意 (VA) にもとづいた、関心領域 (ROI) を抽出するサムネイル生成手法を提案した。ROI の抽出には Itti-Koch モデル[20]と Stentiford モデル[21]を用いている。ROI を抽出、拡大することでユーザの画像に対する認識率を向上させた。

一方、Suh ら[15]は画像中の目立つ領域や顔の領域を抽出し、拡大を行うことでユーザの画像に対する認識率を向上させ、検索時に有効であるサムネイルを提案した。目立つ領域の抽出には Itti-Koch モデル[20]を用いている。また、顔領域の抽出には Schneiderman らの統計モデル[22]を利用した手法を用いている。評価実験の結果、縮小サムネイルを用いた場合よりも検索速度の向上が確認されている。

また、画像の縮小手法について Avidan ら[16]は画像の認知性を保持しつつ、つまり画像の概要を把握できる状態を維持しながら縮小を行う手法である Seam Carving という手法を提案した。この手法は画像に対してエネルギーマップを作成し、エネルギーの低い箇所のピクセルを除去することにより、有意な箇所のみを残して縮小することが可能となる。エネルギーマップは画像中の変化が激しい箇所、つまり画像中でより有意であると考えられる箇所ほどスコアが高くなるように設定される。

2.2 Web ページのサムネイル生成に関する研究

次に Web ページのサムネイル生成手法に関する研究について述べる。Teevan ら[17]は Web ページ中のロゴ画像、タイトルテキスト、最も目立つ画像をそれぞれ抽出し、1枚の画像に合成するサムネイル生成手法を提案した。タイトルテキストは HTML 構造の解析、目立つ画像とロゴ画像は機械学習を用いた手法によってそれぞれ抽出を行なっている。

一方、Woodruff ら[18]は Web ページ中の検索キーワードをハイライト、拡大を行うサムネイル生成手法を提案している。評価実験において、縮小サムネイルと要約されたテキストを表示するスニペットと比較した結果、検索時間が短縮される結果が示された。

また、Lam ら[19]は Web ページのスクリーンショットを縮小するとテキストが読めなくなる問題に着目し、重要な語を抽出して拡大を行うことによってこの問題を解決するサムネイル生成手法を提案した。Lam らの手法では Web ページ中の文章から出現頻度の高い語が含まれる文を削除する事によって要約を行い、余った領域を利用して文字の拡大を行うことによって、縮小しても文字が読み取れるサムネイルを生成した。

これらの画像・Web ページのサムネイルスニペットに関する研究はドキュメント中の重要な部分を抽出することによる要約を行うという考えに基づいてスニペットを生成している。紹介した関連研究は画像や Web ページの重要な部分を抽出する手法が提案されており、手書きドキュメントに対してそのまま適用することができない。そこで我々は、手書きドキュメントから重要な部分を抽出する手法として、我々が以前提案した強調表記を利用した手法を用いる。強調表記を利用して抽出された重要な情報を元に要約を行い、関連研究の考え方に基づいたスニペットを生成する手法を本稿で提案する。

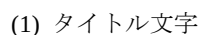
3. 検索スニペットの生成

本節では提案する手書きドキュメントの検索スニペット生成手法について述べる。提案する検索スニペットは、重要語を抽出、拡大して生成する強調表記サムネイルと重要語を抽出した後に文字認識を行なって要約テキストを生成する強調表記テキストスニペットの2つである。提案する検索スニペット両方に共通する重要語の抽出手法として、我々が以前に提案した強調表記に基づいた抽出手法[10]を用いる。

3.1 強調表記を利用した重要語の抽出

まず初めにスニペット生成に必要な、手書きドキュメントから重要な情報の抽出とその重要スコアの算出について述べる。詳細な抽出手法に関しては我々の以前の論文[10]に記載されている。

収集したユーザの手書きノートの解析結果にもとづい



て、頻繁に利用されている以下の 5 種類の強調表記を検出する。また、収集した手書きドキュメント上で行われている強調表記の一例を図 1 に示す。

度を示すスコアとして，検索スニペット生成の要約の指標として用いる．

- タイトル欄に記載された文字.

- 楕円形や四角形によって囲まれた文字.

- 下線によって強調された文字

- 通常とは異なる色で記載された文字

- 通常よりも太い先で記載された文字

さらに、ユーザのアンケート調査によって算出した各強調表記における強調度を表 1 に示す。距離を基準にグルーピングされた各手書きオブジェクトに対して、行われた強調表記に対応する強調度の和によって強調スコアを算出する。算出した強調スコアをその手書きオブジェクトの重要

ID	強調表記	強調度
1	タイトル文字	5.610
2	囲い込み	4.924
3	下線	2.551
4	色変え	2.423
5	太字	1.873

以上の処理によって，手書きドキュメント中のそれぞれのグループに対する強調スコアが得られる．グルーピング後の結果の一例を図 2 に示す．

前節で算出した強調スコアにもとづいて、強調表記サムネイルを生成する手法について述べる。本手法で生成する強調表記サムネイルと従来の縮小サムネイルを比較した例を図 3 に示す。強調表記によって強調された語や図のみを残し、読み取れる大きさに拡大することによって、概要を容易に把握できるサムネイルを生成する。

まず初めに 3.1 節で算出されたグループごとの強調スコア値を用いてコンテンツの取捨選択による要約を行う。図 10 と判定されたグループは必ず表示し、文字と判定されたグループに関しては強調スコアが閾値を上回ったグループ以外は除去する。閾値は次の条件を満たす最大の値とした。

$$\sum_{n=1}^{N_{SG}} S_{group}(n) B_{thres}(n) < \beta S_{org}$$

N_{SG} はグループの数、 $S_{group}(n)$ は n 番目のグループを囲む矩形の面積を返す関数である。 $B_{thres}(n)$ は n 番目のグループの強調スコアが閾値を上回っている場合は 1、上回っていない場合は 0 を返す関数である。 β はサムネイルの縮小率であり、端末の画面サイズや一画面に表示する枚

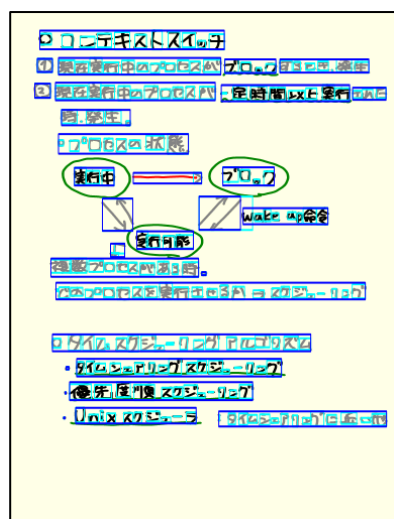


図 2 手書きドキュメントのグルーピング結果例
(濃青色の青色で囲われている部分が 1 グループ)

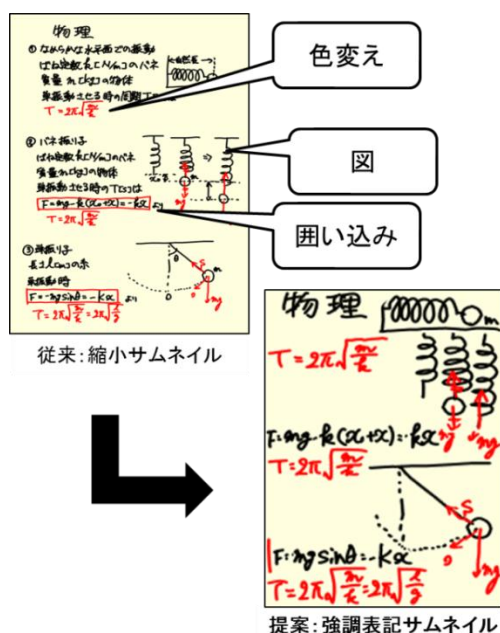


図 3 縮小サムネイルと強調表記サムネイル

数に応じて変更する。\$S_{org}\$は元ドキュメントの面積となる書き込み時におけるキャンパスの縦と横の長さの積を表している。このように手書きドキュメントに含まれるコンテンツの表示量は元ドキュメントのサイズとサムネイルの縮小率に応じて決定する。以上の要約処理を行い、要約後の手書きドキュメント画像を出力する。

出力された要約後のドキュメント画像に対して、次のステップとして画像の縮小処理を行う。そのまま単純に縮小すると、要約された状態ではあるが、文字は小さく読めなくなる可読性低下の問題が残る。そこで、本手法ではAvidanらが提案したSeamCarving手法[16]を利用して縮小処理を行う。SeamCarvingは関連研究でも述べたように、エネルギーマップを作成してエネルギーの低いピクセルを線状に除去する手法である。この手法を情報の取捨選択が行われた手書きドキュメントに対して適用すると、変化が激しい箇所、つまり筆跡が存在する箇所はエネルギーが高く、余白の部分はエネルギーが低くなる。よって、文字の部分は元の状態を保持しつつ余白部分のみを効率的に除去することが可能となる。

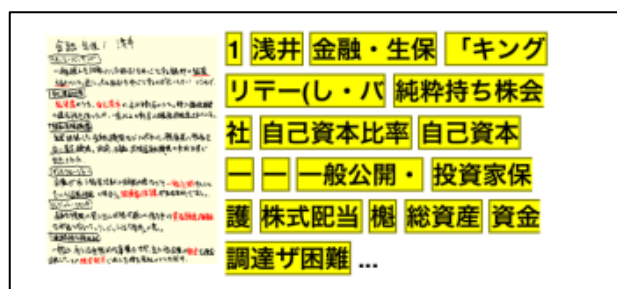


図 4 強調表記テキストスニペット

以上の生成処理によって強調表記を利用したサムネイルを生成する。生成されたサムネイルは筆者が強調表記によって強調した重要語と図に要約されており、縮小されたサイズにおいても概要を把握することが可能となる。

3.3 強調表記テキストスニペットの生成

本節では強調表記を利用したテキストスニペットの生成手法について述べる。テキストを含むドキュメントの一覧表示手法として、コンテンツの文章を要約して表示するテキストスニペット表示がしばしば用いられる。これを手書きドキュメントに適用することを考えると、文章に変換する処理として、文字認識処理が必要となる。しかし、最新の研究においてもオンライン手書き文字単体の認識精度は92.77%程度[9]であり、誤認識が発生する。またこの精度は文字単体の認識精度であるので、複数の文字が含まれ、複雑な構造をとっている手書きノートにおいてはさらに認識精度が低下することが考えられる。このため、自然言語処理を用いた要約が困難となる問題がある。そこで本節で説明するような文字認識精度に依存しない強調表現の検出によって算出した強調スコアを用いて要約を行う手法を提案する。

テキストスニペットの生成手順はまず、すべての文字ストロークに対して文字認識処理を行う。文字認識エンジンはMicrosoft社が提供している.NET InkAnalyzer[23]を用いた。次に認識によって得られたテキストを強調スコアが高いものから順に、最大文字数が80文字となるようにキーワードを抽出することにより、要約を行い、テキストスニペットを生成する。またユーザに対してテキストがキーワードを並べたものであることを意識させるために、キーワードごとにハイライトで色をつけ、囲い込みを行う。さらに、全体のレイアウト情報を提供するため、元データを縮小したサムネイルを付加する。以上の提案手法によって生成したテキストスニペットのサンプルを図4に示す。

4. 検索評価実験

本節では提案した強調表記サムネイルと強調表記テキストスニペットサムネイルを、実際に被験者が目的の情報を探る際の手がかりとして利用することで、その有効性を評価する実験について述べる。

4.1 評価環境

まず初めに評価実験で用いた手書きドキュメントについて述べる。評価実験で使用した手書きドキュメントには著者らがソフトウェアを作成し、収集したデータを用いた。収集に用いたハードウェアはPCと入力装置としてワコム社の液晶タブレット(Cintiq 12WX³)である。Cintiq 12WXのハードウェア仕様は以下のとおりである。

- 解像度: 1280×800 ドット
- タッチパネルサイズ: 12.1 インチ

3 株式会社ワコム, Cintiq 12WX, <http://cintiq.jp/12wx>.



(a) 縮小サムネイル

(b) 冒頭認識テキストスニペット

(c) 強調表記サムネイル

(d) 強調表記テキストスニペット

図 5 各評価実験におけるサムネイルのスクリーンショット

- ・ 筆記検出方式：電磁誘導方式
- ・ ペンの機能：筆記+消しゴム

また収集するソフトウェアに関しては Microsoft Visual C#を用いて作成した。収集ソフトウェアが搭載する機能は以下のとおりである。

- ・ 筆記機能：筆記エリア（780×1024 ドット）にペンで書き込み可能
- ・ 消しゴム機能：ペンの消しゴム部分で触れた部分について、ストローク単位で消去
- ・ ペン色変更機能：ペンの色を黒色・赤色の中から選択可能
- ・ ページング機能：複数ページを作成・管理する機能
- ・ 読み込み・保存機能：データの読み込みと保存を行う機能

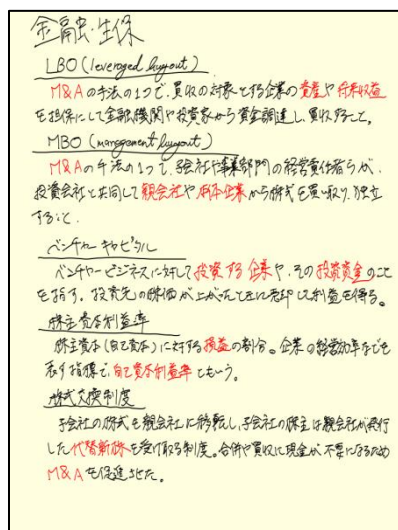


図 6 評価実験で使用した手書きドキュメントの一例

データを記入した筆記者は情報工学を専門とする大学・大学院生 11 名（男性：9 名，女性：2 名）である。筆記者に対して、重要な箇所が明示されている一般常識・時事に関する用語集の書籍を資料として与え、それをまとめるノートを作成するタスクを与え、オンライン手書きデータの収集を行った。被験者に与えた指示は以下のとおりである。

- ・ 与えた資料を自由にまとめること
- ・ 資料には重要な箇所が明示されている。作成するノートも何らかの方法でこの重要な箇所を明示すること。
- ・ 書き込み欄にガイドラインとして横罫線を表示するが、書き方に関しては制限しない。自分が普段横罫線のノートに対して書き込んでいる方法を用いて良い。
- ・ 制限時間は定めない。

データの総量は 40 ページである。収集したデータのサンプルを図 6 に示す。

次に評価環境について述べる。端末の操作に慣れている情報工学を専門とする大学生または大学院生 20 名（男性 18 名，女性 2 名）に対して、スニペットを用いて目的の情報を探し出すまでの時間を測定する実験を行った。被験者 20 名のうち 10 名は実験で用いるデータの中でそれぞれ 4 ページ程度が自分の記録した情報が占める状態となっている。また実験環境はディスプレイサイズの制約が大きいモバイル環境として、次の環境を用いた。

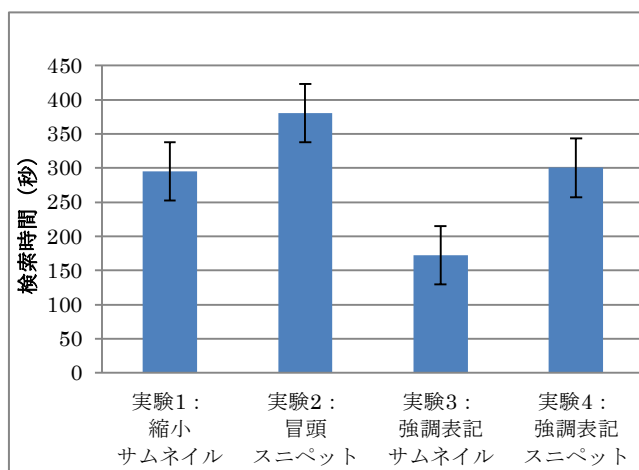


図 7 各評価実験におけるユーザ検索時間平均

- 使用端末: Apple Inc. iPhone 3GS⁴
 - ディスプレイ: 3.5 インチ・マルチタッチディスプレイ
 - 解像度: 480×320 pixel (163ppi)
- 実験アプリケーション: JavaScript + PHP で作成 (dojo.toolkit⁵ライブラリを利用)
- 実行環境: Mobile Safari (iOS)

実験では従来の縮小サムネイル、提案する強調表記サムネイル、冒頭 80 文字を認識したテキストスニペット、強調表記テキストスニペットの 4 種類のスニペットを用意した。すべての被験者に対してこれら 4 つのスニペットを利用する 4 種類の評価実験 (順番に実験 1~4 とする) を実施した。それぞれの実験において 20 ページ分の手書きドキュメントを用意し、この中から回答を探し出す 5 問穴埋め式の問題が出題され、問題にすべて回答し終えるまでの時間を測定した。出題した穴埋め問題の例を図 8 に示す。各実験のスクリーンショットを図 5 に示す。なお、各表示項目を選択すると元サイズのドキュメントが表示されるようになっている。

4.2 実験結果

4.1 節で述べた評価実験の結果を述べる。まずそれぞれの実験における所要時間の平均値を図 7 に示す。提案手法である強調表記サムネイルが最も検索時間が短くなったこ

1. ベンチャーキャピタルとは、ベンチャービジネスに対して投資する企業や、その〇〇〇〇のことを指す。
2. 流通系列化とは、メーカーや卸売店や小売店をグループ内に取り込み、販路や〇〇のコンネクションを作ること。

図 8 評価実験で出題した穴埋め問題の例

とが確認できる。従来の縮小サムネイルと比較して、平均で 42% の検索速度の向上 ($p < 0.001$) が確認できた。一方、強調表記テキストスニペットは冒頭認識テキストスニペットと比較して検索速度の平均は向上しているが、統計的に優位な差は確認できなかった ($p > 0.1$)。サムネイル同士、テキストスニペット同士でそれぞれ比較すると、従来の手法よりも提案手法のほうが検索時間の短縮が確認できる。さらに、本研究の手書きドキュメントの検索においては、強調表記テキストスニペットよりも強調表記サムネイルのほうが、今回の実験環境においては検索時間が短くなることを確認できた ($p < 0.0001$)。

実験終了後に行ったユーザに対するインタビューでは、テキストの文字認識の精度が悪いため、あまり参考にならなかったといった意見や、サムネイルとテキストを両方表示した場合はサムネイルの方に視線がよく行き、サムネイルの方を参考に情報を探そうとするというような意見を得られた。以上の要因により、手書き文字認識精度がテキストスニペットの有効性を低下させる一因となっていることが考えられる。

5. まとめと今後の課題

本稿では、オンライン手書きドキュメント検索時の一覧表示において、従来のスニペットでは元データの概要を把握しづらいという問題点に着目し、これらを解決するための新しい検索スニペットの生成手法について述べた。提案手法では端末上で記入されたオンライン手書きドキュメントのスニペットを、筆者が記入した強調表記の認識を行うことにより改善する手法を提案し、強調表記を利用したサムネイルやテキストスニペットの生成手法について述べた。実験の結果、ユーザがオンライン手書きドキュメントに含まれる情報を探し出すまでの時間が平均で 42% 減少することが確認できた。また、提案した手書きドキュメントのスニペットでは、テキストスニペットよりもサムネイルのほうが有効であることが得られた。

今後の課題としては、検索者本人が記録した手書きドキュメントの検索と、他人が記録した手書きドキュメントの検索におけるそれぞれのスニペットの有効性の比較が挙げられる。加えて、筆者が日本語以外の言語圏である場合についての有効性の検証も必要であると考えている。日本語圏以外においても有効性が認められた場合は、言語に依存しない重要語の抽出が可能となると考えられる。

参考文献

- 1) Hamzah, M.D., Tano, S., Iwata, M., and Hashiyama, T.: Effectiveness of Annotating by Hand for non-Alphabetical Languages, In Proc. CHI 2007, pp.841-850 (2006).
- 2) Brandl, P., Richter, C., and Haller, M.: NiCEBook: supporting natural note taking, In Proc. CHI 2010, pp.599-608 (2010).
- 3) Card, S.K., Robertson, G.G., and Mackinlay, J.D.: The information visualizer, an information workspace, In Proc. CHI 1991, pp.181-186

⁴ Apple Inc., iPhone 3GS,
http://support.apple.com/kb/SP565?viewlocale=ja_JP&locale=ja_JP.
⁵ Dojo Toolkit, <http://dojo toolkit.org/>.

(1991).

- 4) Lamping, J., Rao, R., and Pirolli, P.: A focus+context technique based on hyperbolic geometry for visualizing large hierarchies, In Proc. CHI 1995, pp.401-408 (1995).
- 5) Rao, R., and Card, S.K.: The table lens: merging graphical and symbolic representations in an interactive focus+context visualization for tabular information, In Proc. CHI 1994, pp.318-322 (1994).
- 6) Viegas, F.B., Wattenberg, M., Ham, F., Kriss, J., and McKeon, M.: ManyEyes: a Site for Visualization at Internet Scale, IEEE Trans. On Visualization and Computer Graphics, pp.1121-1128 (2007).
- 7) Aula, A., Khan, R.M., Guan, Z., Fontes, P., and Hong, P.: A comparison of visual and textual page previews in judging the helpfulness of web pages. In Proc. WWW 2010, pp.51-60 (2010).
- 8) Dziadosz, S., and Chandrasekar, R.: Do thumbnail previews help users make better relevance decisions about web search results?, In Proc. SIGIR 2002, pp.365-366 (2002).
- 9) Nakagawa, M., and Bilan, Z.: On-line Handwritten Japanese Characters Recognition Using a MRF Model with Parameter Optimization by CRF, In Proc. ICDAR 2011, pp.603-607 (2011).
- 10) 浅井洋樹, 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).
- 11) Cheng, C., Zhu, B., Chen, X., and Nakagawa, M.: Improvements in Keyword Search Japanese Characters within Handwritten Digital Ink, In Proc. ICDAR 2009, pp.863-866 (2009).
- 12) Jawahar, C.V., Balasubramanian, A., Meshesha, M., and Namboodiri, A.M.: Retrieval of online handwriting by synthesis and matching, Pattern Recognition, Volume 42, Issue 7, pp.1445-1457.
- 13) Kamel, I.: Efficient Index for Handwritten Text, Multimedia, Computer Graphics and Broadcasting, Volume 60, pp.25-36 (2009).
- 14) Amurutha, I.S., Shylaja S.S., Natarjan, S., and Balasubramanya Murthy, K.N.: A smart automatic thumbnail cropping based on attention driven regions of interest extraction, In Proc. ICIS 2009, pp.957-962 (2009).
- 15) Suh, B., Ling, H., Bederson, B.B., and Jacobs, D.W.: Automatic thumbnail cropping and its effectiveness, In Proc. UIST 2003, pp.95-104 (2003).
- 16) Avidan, S., and Shamir A.: Seam carving for content-aware image resizing, In Proc. SIGGRAPH 2007, Article 10 (2007).
- 17) Teevan, J., Cutrell E., Fisher, D., Drucker S.M., Ramos, G., André, P., and Hu, C.: Visual snippets: summarizing web pages for search and revisitation, In Proc. CHI 2009, pp.2023-2032 (2009).
- 18) Woodruff, A., Faulring, A., Rosenholtz, R., Morrison, J., and Pirolli, P.: Using thumbnails to search the Web, In Proc. CHI 2001, pp.198-205 (2001).
- 19) Lam, H., and Baudisch, P.: Summary thumbnails: readable overviews for small screen web browsers, In Proc. CHI 2005, pp.681-690 (2005).
- 20) Itti, L., Koch, C., and Niebur, E.: A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.11, pp.1254-1259 (1998).
- 21) Stentiford, F.W.M.: An attention based similarity measure with application to content-based information retrieval, Proc. Of SPIE, pp.221-232 (2003).
- 22) Schneiderman, H., and Kanade, T.: A Statistical Model for 3D Object Detection Applied to Faces and Cars, In Proc. CVPR 2000, pp.746-751 (2000).
- 23) Microsoft, .NET InkAnalyzer,
[http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/microsoft.ink.inkanalyzer\(v=vs.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/microsoft.ink.inkanalyzer(v=vs.80).aspx), (2012.6.25 Access).