

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

浅井 洋樹[†] 小林 大輔[‡] 山名 早人^{§,¶}

[†] 早稲田大学基幹理工学部 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

[‡] 早稲田大学大学院基幹理工学研究科 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

[§] 早稲田大学理工学術院 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

[¶] 国立情報学研究所 〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2

E-mail: {asai,d_kobayashi,yamana}@yama.info.waseda.ac.jp

あらまし 手書き入力可能な端末の登場により、端末上に紙と同様に手書きによる情報記録が可能となった。記録された手書きデータが増大すると、自分や他人が記入した情報の中から目的の情報を効率よく探し出す必要性が生じる。ここで、手書きデータの一覧画像に対して大まかに目を通す場面を考えると、単に手書きデータの画像を縮小したサムネイルを一覧表示した場合、文字が小さく読めない、表示項目が削減されないで概要を理解しづらいといった問題がある。本研究では、手書きデータ中の下線や囲い込みといった筆記者の強調表現に着目し、強調表現をもとにオンライン手書きデータ中の文字の取捨選択、拡大を行うことで、概要を容易に把握できるサムネイルの生成を実現する。生成したサムネイルを用いることで、ユーザが目的の情報を探し出すまでの時間が21%短縮されたことが確認できた。

キーワード オンライン手書き, サムネイル

A Method of Generating Compressed Thumbnails Based on Emphasized Expressions

Hiroki ASAI[†] Daisuke KOBAYASHI[‡] and Hayato YAMANA^{§,¶}

[†] School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University 3-4-1 Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555, Japan

[‡] Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University 3-4-1 Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555, Japan

[§] Science and Engineering, Waseda University 3-4-1 Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555, Japan

[¶] National Institute of Informatics 2-1-2 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-8430, Japan

E-mail: {asai,d_kobayashi,yamana}@yama.info.waseda.ac.jp

1. はじめに

手書きで情報を記録するという行為は日常的に行われている。手書きでの情報記録は図や線を自由に書くことや漢字変換を行う必要がないなどの理由から日本語でメモをとる場面においてはキーボードの入力と比較して有効であるといわれている[1]。以前は、手書きで情報を記録する際に紙とペンを用いることが一般的であったが、近年、端末上で紙とペン同様の手書き入力が可能なタッチパネルを搭載したタブレット端末が登場し、急速に普及しつつある。

紙にペンで記録した手書きデータをスキャンして得られる筆跡情報をオフライン手書きデータという。これに対して端末上で記録した手書きデータには筆跡情報に加えて、筆記時系列情報も含まれるため、オンライン手書きデータという。端末上に手書きで情報を

記録すると、オンライン手書きデータが蓄積する。自分が以前記録した情報の中から思い出したい情報や、他人が記録した手書きデータの中から調べたい情報を探したい場合には、蓄積したオンライン手書きデータの中から目的の情報を探し出す必要性が生じる。

オンライン手書きノートを画像データとして捉えると、大量のデータに大まかに目を通していく際にはサムネイル表示はユーザが元画像の概要を把握する負担を軽減する上で有効な手段である。例えば、Google画像検索[2]やYahoo!画像検索[3]、Bing Images[4]に代表されるWeb上の画像検索を行うサービスでは、検索結果の表示に元画像を縮小したサムネイル（以下、縮小サムネイル）を表示している。これによりユーザは検索結果一覧に含まれる画像の概要を素早く把握することができる。しかし、手書きノートの画像には多くの文字が含まれており、縮小サムネイルを用いると文

字が小さくなるため、閲覧性を損なう問題がある。

これまでのオンライン手書きデータの検索に関する研究には、テキストの入力キーワードをクエリとして検索を行う研究[5][6][7]や、手書き入力キーワードをクエリとして検索を行う研究[8][9]がある。これらの中で一覧表示に言及しているものには、キーワードと一致した部分をハイライトした上で縮小サムネイル表示するもの[7]や、キーワードが含まれている領域周辺を切りだしてサムネイル表示するもの[9]がある。しかしキーワードが思いつかない場合やノート全体の概要を把握したい場合のように、検索キーワードの入力が不可能な場合には、これらのサムネイル生成手法を適用できない。

手書きノートのサムネイルから元データの概要を把握するまでの負担を左右する要素としては、可読性と情報量が挙げられる。可読性とは文字の読み取りやすさを指す。前述したように縮小サムネイルでは、文字が小さくなりすぎ、可読性が低下する。また、情報量とは図や文字の量を指す。縮小サムネイルではサイズに関わらず表示される手書きデータの量自体は削減されないため、情報量が削減されない。可読性が低下する、情報量が削減されないという2つの理由から、手書きデータの縮小サムネイルでは、ユーザがサムネイルから元データの概要を容易に把握できないという問題点がある。

そこで本研究では端末上で記入されたオンライン手書きデータを対象に、表示する文字や図の取捨選択、拡大を行うことで可読性の向上と情報量の削減を行い、ユーザが容易に元データの概要を把握できる「圧縮」サムネイルの生成手法を提案する。提案手法により生成するサムネイルでは、概要を把握できる程度に表示項目を削減することによって情報量が削減されない問題を解決する。また、表示項目削減によって得られた余白を利用して表示されている手書き文字を拡大することにより、可読性が低下する問題を解決する。概要を把握できるような情報量削減のための指標として、筆記者が記入時に行う下線や囲い込み、色変更などの強調表現に着目する。

本手法ではまず、オンライン手書きデータから得られた特徴量をもとにオンライン手書きデータを SVM (Support Vector Machine) や強調表現の特徴を用いて文字や図、強調表現に分類する。次に、分類したオンライン手書きデータをもとに下線や囲い込みといった強調表現を検出し、記入された文字に対して強調度を算出する。そして算出した強調度をもとにオンライン手書きデータ中の文字の取捨選択、拡大を行い、圧縮サムネイルを生成する。生成した圧縮サムネイルを一覧表示として用いることにより、ユーザがオンライン

手書きデータの中から目的の情報を得るための負担を軽減させ、検索速度を向上させる。

本稿では次の構成をとる。まず2節で関連研究をまとめる。次の3節では強調表現のパターン抽出とその重要度の算出に用いたアンケート調査について述べ、4節で提案手法を説明する。そして5節でオンライン手書きノートの収集方法について述べ、6節で評価実験について説明する。最後に7節でまとめを述べる。

2. 関連研究

オンライン手書きデータを対象としたサムネイルに関して論じている関連研究は、我々の知る限り、キーワードをクエリとした検索によって得られた結果の一覧表示を行う場面を想定したものしか存在しない[7][9]。そこで本節ではオンライン手書きデータ以外のサムネイルに関する研究について述べる。

Amrutha ら[10]、Suh ら[11]は画像のサムネイルに関する研究を行った。Amrutha ら[10]は画像中で意味のある領域である関心領域 (ROI) 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た。Suh ら[11]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。

また Teevan ら[12]、Jiao ら[13]、Lam ら[14]は Web ページのサムネイルに関する研究を行った。Teevan ら[12]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枚の画像に合成したサムネイルを提案した。Jiao ら[13]は対象となる Web ページに最も関連の高い画像を Web 上から抽出し、サムネイルとすることにより、ユーザの Web ページに対する認識率を向上させ、有効であることを示した。Lam ら[14]は Web ページを縮小すると文字が読めなくなる問題に着目し、テキスト部分を単語の出現頻度にもとづいて省略、拡大を行うことにより、縮小してもテキスト部分が読み取れるサムネイルを提案した。

上記の既存研究に対して、本研究は手書きの文字を対象にしており、手書きで記録する際に現れるユーザの強調表現に基づいてサムネイルを生成する点が既存研究とは異なる。

3. 強調表現の分類

手書きノートで行われている強調表現の種類を調査するために手書きノートを収集し、使用されている強調表現の分析を行った。収集した手書きノートは9名の大学生が講義や研究で6ヶ月～1年間の期間で記録した250ページ分である。これらの手書きノートを調べた結果、筆記者が重要であると意識した部分に使用されている表現手法は表1に示すいずれかの強調パ

ターンに当てはまることが分かった。

表 1 各強調パターンにおける強調度

強調パターン	強調度
(a) タイトル欄に記入された文字	5.610
(b) 文字を囲い込み	4.924
(c) 文字に下線	2.551
(d) 文字の色変え	2.423
(e) 文字を太くする	1.873
(f) 文字を大きくする	1.783

この結果を踏まえて、理工系の大学生 19 名に対して以下のアンケートを行い、表 1 であげた各強調表現の重要度の差を調査した。与えた設問は「各強調パターンを任意の個数の等号・不等号を用いて重要度を比較せよ」というものである。得られた回答の重要度を不等号の数に従って整数で数値化した後、全てのスコアを最大値で割ることにより正規化する。解答例とそのスコアの正規化例を表 2 に示す。

表 2 アンケート解答例とそのスコア化

回答例	(a) >> (d) > (c) = (b) >>> (e) > (f)
重要度	(a)=8,(d)=6,(c)=5,(b)=5,(e)=2,(f)=1
正規化重要度	(a)=1.00,(d)=0.75,(c)=0.63
	(b)=0.63,(e)=0.25,(f)=0.13

回答から得られた正規化重要度を用いてノイズとなる意見のばらつきを考慮した強調度を以下の式(1)のように定義する。

$$(\text{強調度}) = \frac{\text{正規化重要度の平均}}{\text{正規化重要度の標準偏差}} \quad (1)$$

得られた各強調表現の強調度を表 1 に示す。ここで得られた強調度を参考に圧縮サムネイルを生成する。

4. 提案手法

本節では圧縮サムネイルの生成手法について述べる。図 1 に従来型の縮小サムネイルと本研究で目標とする理想の圧縮サムネイルのサンプルを示す。また提案手法の流れを図 2 に示す。

提案手法では記録されたオンライン手書きデータをストローク単位で処理する。ここでの 1 ストロークはペン先を記録面上に置き、描画後、記録面からペン先が離れるまでに描いた線、つまり一筆分の手書きデータを指す。入力された手書きデータは前処理によってノイズを除去した後、文字ストロークと非文字ストロークに分類する。さらに非文字ストロークを下線や囲い込みを表す強調ストロークと図ストロークに分類する。文字ストロークは文字単位でグルーピングを行った後、強調ストロークを用いて被強調文字の認識を行う。これらの処理が終わった後、すべてのストロークを表示する単位で再度グルーピングし、算出した強調度をもとにサムネイルを生成する。以下、各処理を順に説明する。

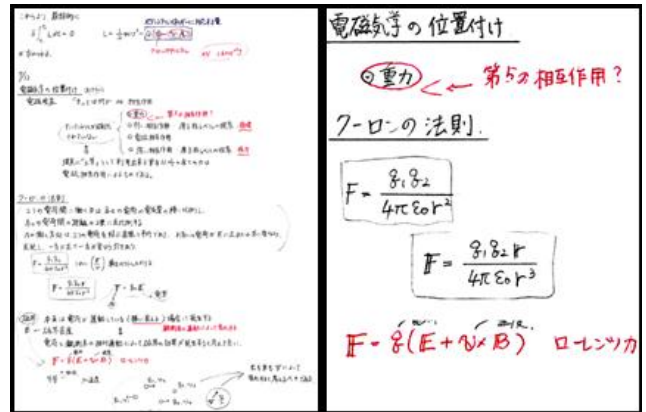


図 1 縮小サムネイル(左)と提案サムネイル(右)

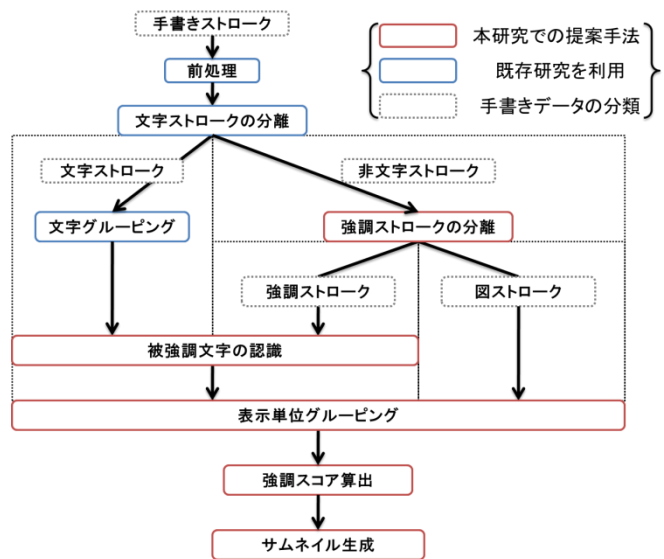


図 2 圧縮サムネイル生成の流れ

4.1. 前処理

記録された手書きデータはそのままであると記入時の手ぶれや記録端末の認識誤差によりノイズが含まれる。これらのノイズは 4.2 節で述べる特徴量抽出の際に悪影響を及ぼすので、ノイズ低減処理を事前に行う。

まず記録されている通過座標の時系列で隣り合う点との距離を一定値以上に保つために至近距離の座標を排除する。その後ストロークに含まれる通過座標集合に対してガウシアンフィルタによる平滑化処理を行う。ストロークに含まれる通過座標の数を N 、 n 番目の通過座標を P_n とすると平滑化処理後の座標 $P_{n_{new}}$ は式(2)で算出される。

$$P_{n_{new}} = \frac{P_{n-2} + 4P_{n-1} + 6P_n + 4P_{n+1} + P_{n+2}}{16} \quad (2)$$

$$(2 < n < N - 1)$$

4.2. 文字ストロークの分離

4.1 節で前処理を行ったストロークを文字ストロー

クと非文字ストロークに分類する。分類で用いる特徴量として以下の4つの特徴量を抽出する。

- ストロークの全長
- ストローク外接矩形の長辺の長さ
- ストロークの平均曲率
- 他ストロークとの接触回数

分類には学習器である SVM を用いる。上であげた4つの特徴量を用いて RBF カーネルを使用し、ストロークの分類を行う。

4.3. 文字単位でのグルーピング

4.2 節で分類した文字ストロークを文字単位でグルーピングする。このグルーピング処理には Microsoft が提供しているインク解析ライブラリである .NET InkAnalyzer[15]を用いた。

4.4. 強調ストロークの分離

4.2 節で分類した非文字ストローク全体を対象に、強調ストロークと図ストロークの分類を行う。強調ストロークは文字の囲い込みと下線を表すストロークと定義する。強調表現である下線，囲い込みの特徴から強調ストロークを抽出することにより分類を行う。

まず下線の抽出について述べる。下線は複数の文字の下部におよそ水平に引かれる線であるので、次に説明する形状判定条件，近傍文字数判定条件を満たすストロークを下線と判定する。

- 形状判定条件

$$\begin{cases} 2 \times AveWord.W < Stroke.W \\ AveWord.H > Stroke.H \end{cases} \quad (3)$$

- 近傍文字数判定条件

▶ 以下の条件を満たす近傍文字が2つ以上存在

$$\begin{cases} \min(Stroke.X) < WordG.X < \max(Stroke.X) \\ WordG.Y - AveWord.H < \min(Stroke.Y) \\ \max(Stroke.Y) < WordG.Y \end{cases} \quad (4)$$

ここで $AveWord.H$, $AveWord.W$ は4.3 節でグルーピングした文字ストローク集合の外接矩形の幅と高さの平均， $Stroke.H$, $Stroke.W$ は判定対象ストロークの高さと幅， $Stroke.X$, $Stroke.Y$ は判定対象ストロークの XY 座標集合， $WordG$ は各々の文字ストローク集合の外接矩形の重心座標をそれぞれ表す。下線ストロークの判定を図で説明したものを図3に示す。

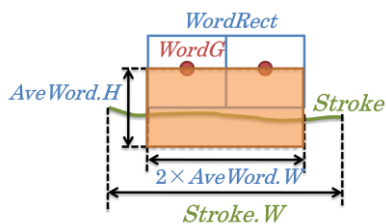


図3 下線ストロークの判定

次に囲い込みの抽出について述べる。囲い込みは複

数の文字を囲い込む楕円または長方形の形状をしたものである。次に説明する形状判定条件，包含文字数判定条件を満たすストロークを囲い込みストロークと判定する。

- 形状判定条件

$$\begin{cases} 2 \times AveWord.W < Stroke.W \\ AveWord.H \times 0.5 < Stroke.H \end{cases} \quad (5)$$

- 包含文字数判定条件

▶ 判定対象ストロークの外接矩形内に重心が含まれる文字ストローク集合の数が以下で算出される $MinWords$ 以上である

$$MinWords = \max\left(2, \frac{StrokeArea}{AveWordArea \times \alpha}\right) \quad (6)$$

ここで $StrokeArea$ は判定対象ストロークの外接矩形の面積， $AveWordArea$ は文字ストローク集合の外接矩形の面積の平均をそれぞれ表す。また α は必要とする文字の密度の閾値であり，実験で検出精度が最も高くなった値である6を採用した。囲い込みストロークの判定を図で説明したものを図4に示す。

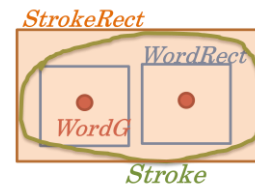


図4 囲い込みストロークの判定

4.5. 被強調ストロークの検出

本節では強調されている文字ストロークの検出について説明する。提案手法で検出する強調パターンは表1で示した中の(a)~(e)である。

(a) で挙げたタイトル欄への記入は文字ストロークの重心がタイトル欄の領域に含まれているかどうかで判定する。

(b) で挙げた囲い込みで強調された文字は，囲い込みストロークによって囲い込まれた中に存在するので，文字ストロークの重心が囲い込みストロークの外接矩形内に存在する場合は囲い込みで強調された文字と判定する。

(c) で挙げた下線で強調された文字は下線のすぐ上に存在するので，文字ストローク集合の重心が次の式(7)の条件を満たした場合に下線で強調された文字と判定する。

$$\begin{cases} \min(Under.X) < WordG.X < \max(Under.X) \\ \min(Under.Y) < WordG.Y \\ WordG.Y < \max(Under.Y) + AveWord.H \times 1.5 \end{cases} \quad (7)$$

ここで $Under.X$, $Under.Y$ は下線ストロークの XY 座標をそれぞれ表す。

(d), (e) で挙げた文字の色変えや太字については記入時にオンライン手書きデータとして記録されるので，

この記録された情報をもとに判定する。

4.6. 強調スコアの算出

4.5 節で検出したそれぞれのストロークにおける各強調表現によって強調されているか否かの情報をもとに、全ての文字ストロークに対して、強調スコア (EmphasisScore) を算出する。強調スコアの算出にあたっては、表 1 のアンケートにもとづいて算出した強調度を重み付けに使用した。具体的な強調スコアの定義式を次の式(8)に示す。

$$\begin{aligned}
 \text{EmphasisScore} = & \text{IsUnderlined} \times 2.551 \\
 & + \text{IsEnclosed} \times 4.924 \\
 & + \text{IsChangeColor} \times 2.423 \\
 & + \text{IsBold} \times 1.873 + \text{IsIndex} \times 5.61
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

ここで *IsUnderlined*, *IsEnclosed*, *IsChangedColor*, *IsBold*, *IsIndex* はそれぞれ下線, 囲い込み, 色変え, 太字, タイトル欄記入で強調されていれば 1, されていなければ 0 を示す値である。

4.7. サムネイルの生成

4.6 で算出された強調スコアをもとにサムネイルの生成を行う。最初に図や 1 文字を表すストローク集合がバラバラに表示されるのを防ぐために表示単位でのグルーピング処理を行う。時系列順に隣り合うストローク同士の距離が閾値 40 ピクセル以上となった場合に分割することで、グルーピングを行った。

グルーピング処理後、グループ内に含まれる強調スコアの平均値をグループの強調スコアとする。次の規則に従ってグループごとに表示・非表示を決定し、表示量の削減を行う。

- 図グループは必ず表示する
- 文字グループは設定した情報量閾値を強調スコアが下回ったら表示せず、上回ったら表示する

表示量の削減後、空いた領域を利用して表示されている項目の拡大処理を行う。拡大処理はグループ単位で文字ストロークに対してのみ行い、グループの左上を中心に拡大する。拡大後、グループの一部がサムネイルの枠外に逸脱した場合は、逸脱しないようグループの位置を逸脱した方向とは逆の方向へ移動することにより再配置し、再配置を行っても逸脱を回避不可能と判断した場合には、これ以上の拡大を中止する。

5. オンライン手書きデータの収集と解析

本研究ではオンライン手書きノートのデータが必要となる。このオンライン手書きデータを収集するため、iPad[16]や液晶タブレットを用いてデータを収集するシステムを作成し、学生 5 人がこのシステムを用いて記録したオンライン手書きデータを収集した。なお iPad 上でのデータ収集には筆者が作成した iPad アプリケーション“大学のーと[17]”を用いた。収集し

たオンライン手書きノートのデータ 280 ページ分を用いて、提案手法によってサムネイルの生成を行った。図 5 に液晶タブレットで収集したオンライン手書きノートの一例として縮小サムネイルと提案手法によって生成したサムネイルを示す。

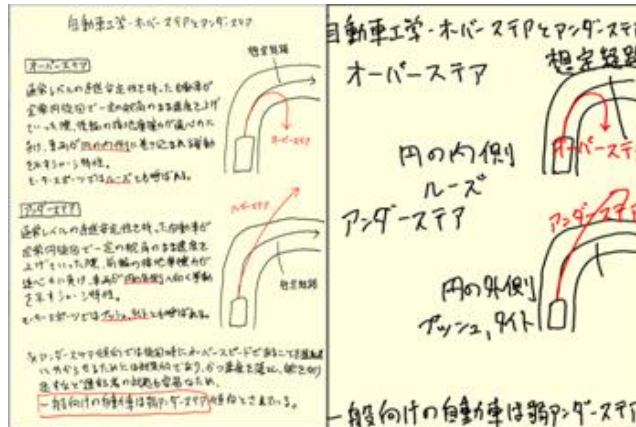


図 5 収集したオンライン手書きデータの縮小サムネイル(左)と提案サムネイル(右)

6. 評価実験

本節では提案手法によって生成したサムネイルの有効性を検証する評価実験とその結果について述べる。

6.1. 評価手法

PC の操作に慣れている学生 14 名に対して目的の情報を探し出すまでの時間や操作量の負担を測定する実験を行った。被験者をランダムでグループ A とグループ B の 2 グループにそれぞれ人数が等しくなるよう分け、次の 2 つの実験を行った。

(実験 1) 両グループ共に同じ元サイズの手書きデータ画像と提案手法で生成したサムネイル、手書きデータ中に記録されている情報を答える設問を与えて、設問に回答し終わるまでの時間と、元のサイズの画像の表示回数を測定した。なおサムネイルをクリックして表示ボタンを押すと、元のサイズの画像が表示されるようになっている。

(実験 2) A, B グループに同じ手書きデータと同じ設問を与えるが、サムネイルは A グループには提案手法によって生成した圧縮サムネイル、B グループには従来の縮小サムネイルを与えて、設問に回答し終わるまでの時間と、元のサイズの画像の表示回数を測定した。

実験 1 では被験者の検索する速度である検索能力、実験 2 では提案サムネイルと縮小サムネイルの検索速度の差を測定する事をそれぞれ目的としている。

6.2. 実験結果

被験者ごとの検索速度の差を考慮した検索時間の指標となる検索時間指数を、次の式(9)に定義する。

$$(\text{検索時間指数}) = \frac{\text{実験 2 で測定した検索時間}}{\text{実験 1 で測定した検索時間}} \quad (9)$$

提案サムネイルと縮小サムネイルの検索時間指数の平均値を図 6 に示す。

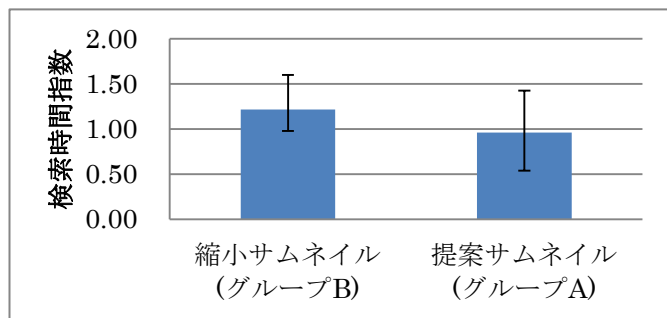


図 6 各サムネイルの検索時間指数の平均

また、被験者ごとの検索時の元画像の参照回数之差を考慮した元画像データの参照回数の指標となる操作量指数を、次の式(10)のように定義する。

$$(\text{操作量指数}) = \frac{\text{実験 2 での元画像参照回数}}{\text{実験 1 での元画像参照回数}} \quad (10)$$

提案サムネイルと縮小サムネイルの操作量指数の平均値を図 7 に示す。

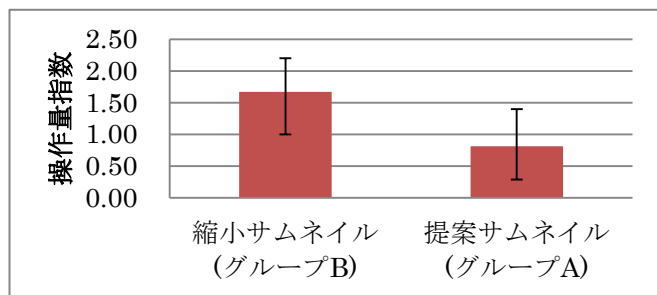


図 7 各サムネイルの操作量指数の平均

図 6、図 7 の実験結果より、従来の縮小サムネイルを用いる場合よりも提案手法で生成したサムネイルを用いた場合の方が平均して検索速度が 21%、操作量の負担が 51% 改善したことが確認できた。

7. まとめ

本稿では、端末上で記入されたオンライン手書きノートのサムネイルを筆記者の強調表現の認識を行うことにより改善する手法を提案した。実験の結果、ユーザがオンライン手書きノートに含まれる情報を探し出すまでの時間が 21%、元データ参照回数が 51% 減少したことが確認できた。

参考文献

- [1] M.D. Hamzah, S. Tano, M. Iwata and T. Hashiyama, "Effectiveness of Annotating by Hand for non-Alphabetical Languages", Proc. of the SIGCHI Conf. on Human Factors in computing systems, pp.841-850, 2006.
- [2] Google 画像検索, <http://www.google.co.jp/imghp/>, (2011.1.6 アクセス).
- [3] Yahoo!画像検索, <http://image-search.yahoo.co.jp/>, (2011.1.6 アクセス).
- [4] Bing Images, <http://www.bing.com/images>, (2011.1.6 アクセス).
- [5] C. Cheng, B. Zhu, X. Chen and M. Nakagawa, "Improvements in Keyword Search Japanese Characters within Handwritten Digital Ink", Proc. of the 10th Int'l Conf. on Document Analysis and Recognition, pp.863-866, 2009.
- [6] C.V. Jawachar, A. Balasubramainian, M. Meshesha and A.M. Namboodiri, "Retrieval of online handwriting by synthesis and matching", Journal of Pattern Recognition, Volume 42 Issue 7, pp.1445-1457, 2009.
- [7] P. Brandl, C. Richter and M. Haller, "NiCEBook: supporting natural note taking", Proc. of the Int'l Conf. on Human factors in computing systems, pp.599-608, 2010.
- [8] K. Hinckley, S. Zhao, R. Sarin, P. Baudisch, E. Cutrell, M. Shilman and D. Tan, "InkSeine: In Situ search for active note taking", Proc. of the SIGCHI Conf. on Human factors in computing systems, pp.251-260, 2007.
- [9] S. Senda, M. Hamanaka and K. Yamada, "MemoPad: Software with functions of Box-free Japanese Character Recognition and Handwritten Query Search", Technical Report of IEICE, PRMU99-75, pp.85-90, 1999.
- [10] I.S. Amurutha, S.S. Shylaja, S. Natarjan and K.N. Balasubramanya Murthy, "A smart automatic thumbnail cropping based on attention driven regions of interest extraction", Proc. of the 2nd Int'l Conf. on Interaction Sciences, pp.957-962, 2009.
- [11] B. Suh, H. Ling, B.B. Bederson and D.W. Jacobs, "Automatic thumbnail cropping and its effectiveness", Proc. of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp.95-104, 2003.
- [12] J. Teevan, E. Cutrel, D. Fisher, S.M. Drucker, G. Ramos, P. André and C. Hu, "Visual snippets: summarizing web pages for search and revisitation", Proc. of the 27th Int'l Conf. on Human factors in computing systems, pp.2023-2032, 2009.
- [13] B. Jiao, L. Yang, J. Xu and F. Wu, "Visual summarization of web pages", Proc. of the 33rd Int'l ACM SIGIR Conf. on Research and development in information retrieval, pp.499-506, 2010.
- [14] H. Lam and P. Baudisch, "Summary thumbnails: readable overviews for small screen web browsers", Proc. of the SIGCHI Conf. on Human factors in computing systems, pp.681-690, 2005.
- [15] .NET InkAnalyzer Class, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.winwind.ink.inkanalyzer\(v=VS.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.winwind.ink.inkanalyzer(v=VS.90).aspx), (2011.1.6 アクセス).
- [16] Apple, "iPad", <http://www.apple.com/jp/ipad/>, (2011.1.6 アクセス).
- [17] INTERNOTE 株式会社, "大学のーと", <http://www.internote.jp/daigakunote.html>, (2011.1.6 アクセス).