筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

画面に直接書き込む手書きメモの 保存・検索インタフェース

岩村憲一

(コンピュータサイエンス専攻)

指導教員 田中二郎

2007年3月

概要

近年、コンピュータが広く普及し、様々な情報を集めることに役立っている。重要な情報 を見つけるなどして、何らかのメモを取りたいと思った場合には、手書きを利用することが 非常に便利である。メモを取る方法としては、紙に手書きで書き込むという方法が一般的に よく用いられるが、手近に紙がないとメモを取ることができないため、コンピュータ上にメ モを保存することが多い。コンピュータ上で手書きのメモを取ることができるソフトや研究 は多く存在するが、保存したメモを利用する場面について考えられているものは少ない。

そこで本研究では、ユーザが自分の保存したい内容を正確にメモに保存することができ、 過去に保存したメモをうまく検索できるようにすることを目的とする。ユーザは自分が見て いた情報とともに、手書きでの注釈などを書き込んで保存することができ、検索の際には自 分の書き込んだ内容をもとに検索することができるようにする。

そこで、本研究では画面に直接書き込む手書きメモの保存・検索システム Leafletnoteの 開発を行った。Leafletnoteは保存システムと閲覧・検索システムに分かれており、保存シ ステムでは、表示している PC の画面に直接手書きストロークを書き込み、保存することがで きる。また閲覧・検索システムでは保存したメモの閲覧ができ、検索キーとして手書きスト ロークを入力することによって保存されている手書きメモを検索することができる。また、 ジェスチャを用いることで、手書き検索においても AND や NOT といった特殊な検索手法を用 いることができる。

これによって、ユーザは表示画面とともに手書きメモを保存することができ、注釈なども 利用して保存したい内容を正確に保存できるようになった。また、ストロークを用いた検索 により自分が過去に書き込んだ内容をもとにメモを検索することができ、AND 検索や NOT 検索といった機能を用いて検索したメモの絞込みを行うことで、欲しいメモの検索ができる ようになった。

目次

第1章	序論
1.1	研究の背景
1.2	メモの保存・検索
1.3	研究の目的
1.4	本論文の構成
第2章	関連研究
2.1	メモの保存について
2.2	メモの検索について
第3章	メモ
3.1	メモを取る場面
3.2	メモの用途
3.3	本研究で扱うメモ
第4章	手書きを利用したメモ帳システムの設計
4.1	提案する機能
4.1.	 表示画面に直接メモを書き込む
4.1.	2 保存したメモの閲覧8
4.1.	3 ストローク情報を利用した検索
4.2	システムの使用ストーリー8
第5章	メモ帳システム: Leafletnote10
5.1	メモの保存
5.1.	1 メモの書き込み10
5.1.	2 保存 ······11
5.1.	3 手書きストロークの解析
5.2	メモの閲覧
5.2.	1 起動画面
5.2.	2 閲覧するメモの選択
5.2.	3 その他の機能 ····································
5.3	メモの検索
5.3.	1 起動画面
5.3.	2 検索方法 ····································
5.3.	3 検索結果の殺込み
5.4	検索の使用例
第6章	Leafletnote の実装
6.1	実装塚境
6.2	システム構成
6.3	
6.3.	1 メモの書き込みウインドウの生成

6.3.	2	書きストロークの入力・解析	
6.3.	3	モの保存	
6.4	閲覧	ベステム	
6.4.	1	ータの管理	
6.4.	2	トロークの on/off	
6.4.	3	トロークの再生	
6.5	検索	ベステム	
6.5.	1	索手法	
第7章	評	「実験	
7.1	評価	法	
7.2	結果		
第8章	考	ξ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
8.1	保存	マステムについて	
8.2	閲覧	マステムについて	
8.3	検索	ベステムについて	
8.4	その	L ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	
第9章	結	j · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
謝辞	•••••		
参考文献	£		

図目次

义	5-1	保存システム
义	5-2	閲覧システム
义	5-3	ストローク on/off の例
义	5-4	ストローク再生機能の例
义	5-5	検索システム
义	5-6	AND 検索の例
义	5-7	NOT 検索の例
义	5-8	起動画面
义	5-9	検索キーの入力1 ······18
义	5-10	検索結果1
义	5-11	検索キーの入力2
义	5-12	検索結果2
义	5-13	検索キーの入力3
义	5-14	検索結果 3 ······20
义	5-15	検索キーの入力4
义	5-16	検索結果4
义	5-17	見つかったメモ
义	6-1	システム構成図
义	6-2	書き込みウインドウの生成
义	6-3	ストローク解析例
义	6-4	類似度計算の例:メモ
义	6-5	類似度計算の例:検索キー

第1章 序論

1.1 研究の背景

現在、コンピュータは様々な場所に普及し、コンピュータ上では様々な作業が行われ ている。その作業の中で、様々な情報を見ているときに、その情報に関して何らかのメ モをとりたいという場面が多くある。たとえば重要だと思った情報を保存しておきたい ときや、例えば研究者がウェブを用いて自分の研究に役立つような情報を閲覧している ときに新たな研究のアイデアを思いつくなどの場面も考えられる。しかし、アイデアが 湧いた瞬間というものは必ずしもその場でアイデアをすぐに実行に移すことができるわ けではなく、多くの場合ある程度の時間を置いてから反映させるということになる。そ うした場合に、そのアイデアを保存する手法として、メモを残すという行為が一般的に 行われている。

1.2 メモの保存・検索

コンピュータを使用していて、メモを取ろうとしたときに考えられる方法としては、 まず手近な紙にペンでメモを残すという手法が考えられる。この方法はすばやく手書き でメモを取ることができるため、メモを残す手法として広く用いられている手段である。 また、見ていた資料をプリントアウトした紙があればその上に自由に書き込みを行うこ とができ、資料の内容との関連も同時に書き込むことができる。しかし、この方法では 近くに紙とペンを用意しておかなければメモを取ることはできず、また資料をプリント アウトするにも手間がかかってしまう。そのため、別の手近な手段としてコンピュータ 上に一時的に保存しておくことが多い。コンピュータ上で情報を残す方法としてはメモ 帳やワードパッドなどのようなワープロソフトを使用してテキストデータとして保存す ることが考えられるが、この方法ではテキストデータしか保存することができず、ユー ザのアイデアを十分に反映させることができない。

近年では、ペン入力を利用した手書きによるメモの保存を行うソフトウェアや研究も 多く見られている。ペンインタフェースを用いることによって、紙に書くのとほぼ同様 の感覚でメモを取ることができるため、メモを保存するという目的に対しては有効な方 法といえる。しかし、手書きでのメモが可能であってもそれは紙の代用品としての機能 であり、コンピュータを使用する利点を活かしきれてはいない。

また、ここで保存したメモの検索の際に用いられる方法について考える。

コンピュータ上で特定のメモを検索する方法としては、ファイル名の検索、ファイル の内容に関するテキスト検索、ファイルにつけられたキーワードを用いた検索、保存し た時間情報に基づく検索などが考えられる。これらのように、現在主に用いられている 検索方法はテキストを利用した検索であるが、メモを保存する際に手書き入力を利用し ている場合には、保存している情報としては手書きストローク情報、あるいは画像情報 が主であるため、ファイル名などのテキストによる検索では探しているメモを見つけ出 すことは難しい。

1.3 研究の目的

本研究の目的は、ユーザが自分の保存したい内容を正確にメモに保存することができ、 過去に保存したメモをうまく検索できるようにすることである。ユーザは自分が見てい た情報とともに、手書きでの注釈などを書き込んで保存することができ、検索の際には 自分の書き込んだ内容をもとに検索することができるようにする。

そこで、本研究では Leafletnote というシステムを提案・開発する。このシステムでは 表示画面に直接書き込み、表示画面ごと書き込みを保存するをことができ、コンピュー タを利用している環境においても適切に手書きメモを取ることができる。また、手書き ストロークを検索キーとして利用し、過去に保存したメモに書かれていたストロークを 元に検索を行うことで、手書きメモの検索を支援することができる。

1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下のようになっている。

第2章で本研究に関連する研究について述べ、本研究の位置づけを明らかにする。第 3章では、現在用いられているメモの種類や、本研究で扱うメモについて説明する。第 4章では、本研究で提案するシステムについての説明を行う。第5章では、実際に思索 した画面に直接書き込めるメモ帳システム Leafletnote について述べる。第6章では、 Leafletnote の実装について詳しく述べる。第7章では、Leafletnote を実際にユーザに 使用してもらうことで行った評価実験について述べる。第8章では、前章の評価実験に よって得られた結果を考察する。第9章でまとめる。

第2章 関連研究

手書きメモの保存について支援することや、メモの検索を目的とした研究は以前から 行われている。

2.1 メモの保存について

手書きでの書き込みを保存するという目的が本研究と共通するシステムとして、 Electronic Cocktail Napkin[3] がある。これは自由に手書きのメモを取ることが出来る システムである。しかし、本研究は背景などの様々な情報を利用してユーザの知的創造 を支援するということを目的としている。ScreenCrayons[2]や Windows XP Tablet PC Edition の機能の一つであるインクデスクトップ(脚注1)、PenPlus プロ(脚注2)はペン入 力によって表示している画面に手書きでの書き込みができるシステムである。また、手 書きの注釈をつけることが出来るシステムなども存在する[16, 18]。しかし、それらで保 存したメモの利用法などについては考えられていない。SmartCalendar/SmartWrite[3] は手書き入力によりメモを取ることを目的としたシステムである。また、時間情報を用 いた検索、表示画面のキャプチャも行える。しかし、ストロークを用いた検索を行う機 能はない。

また、データを保存し、それを再利用するという目的のシステムとして紙 copi(脚注3) がある。これは Web ページやメールなどのデータを取り込んで保存し、自由なときに 再利用ができるというものである。しかし、手書きによる入力を行うことはできない。 また、Microsoft OneNote(脚注4)にも機能拡張されたメモ帳機能がある。このソフトは 様々なメディアやアプリケーションのデータとの共有ができ、また手書きでのメモを残 すことも可能である。しかし、ウインドウが新たに開くためアイデアの元となる情報を 覆い隠してしまうことや、様々な機能があるために操作が煩雑になってしまっていると いう問題がある。

本研究では、ユーザが自分の保存したい内容を正確に保存できるようにするために、 表示画面に手書きで書き込みを行うという手法に着目した。

2.2 メモの検索について

手書きメモやスケッチの検索機能についても、様々な研究がある。Electronic Cocktail Napkin[3]など、手書きスケッチからそれに類似する画像を検索する機能が研究されている[9]。しかし本研究では、メモを保存したときのストローク情報を保存しておき、そ

¹ Ink Desktop: Microsoft Windows XP Tablet PC Edition http://

www.microsoft.com/japan/windowsxp/tabletpc/downloads/enhancementpack/default.mspx

² PlusSoft: PenPlus $\mathcal{T}\square$ http://www.plussoft.co.jp/penplus/pro/

³ kamilabo.jp: 紙 copi http://www.kamilabo.jp/copi/index.html

⁴ Microsoft: OneNote http://www.microsoft.com/japan/office/onenote/prodinfo/default.mspx

の情報を検索に用いることで、ユーザが手で書き込んだ内容をもとに検索を行うことを 目的としている。

Microsoft OneNote など、様々なメモ書きツールにも検索の機能はついているが、主 にテキストによる検索のみである。本研究では、手書きメモに特化した検索機能として 手書きストロークを利用した検索機能の提案をした。

手書き文字の解析を利用した検索手法に関する研究もされている[24]。この研究では、 手書き文字を構成要素に分解し、その要素の組み合わせによって文字の解析を行ってい る。この手法は、検索キーとしてテキストを用いているという点で本研究と異なってい るが、構成要素の組み合わせで手書きストロークの解析・検索を行っているという点で本 研究と類似していると考えられる。

第3章 メモ

ここでは、メモを取るときの場面やメモの用途について述べるとともに、本研究で扱う対象とするメモについて説明する。

3.1 メモを取る場面

メモを取るときの環境には様々なものがある。最も簡単なものは、メモ帳とペンが用 意されているときである。その場合は即座に紙にペンでメモを書き込むことができる。 この利点として、ユーザは手でメモを書き込むために印象が強く記憶に残りやすいこと や、図や文などを自由にすばやく書きとめることができるということがある。

他にも、メモを取りたいと思う場面としては以下のようなものが考えられる。

雑誌や新聞を読んでいるとき

この場合、見ている資料が紙に印刷されたものであるため、気になる箇所があった場 合に資料の上に直接ペンで書き込んでメモをするという方法も利用できる。この方法の 場合、資料に対して注釈を利用することなども可能である。また、書き込みを行わない 場合でも、新聞や雑誌などをスクラップして保存する方法などがある。

コンピュータを利用しているとき

近年ではコンピュータが普及し、コンピュータを利用して資料を調べることや様々な 情報を得ることが多く行われているため、コンピュータ上でのメモは非常に有用である。 コンピュータを利用してデジタルデータとしてメモを残す方法としては、テキストデー タとして文字にして保存する方法や、ウェブから拾ったり雑誌や新聞をスキャンしたり して画像データとして保存する方法などがある。しかし、紙で取っていたメモと比較す ると、コンピュータへの入力は主にマウスとキーボードでの入力のため手書きができな いということ、またメモを取るためのアプリケーションを開く必要があることなど、扱 いやすさの面で違いがある。しかし、タブレットPCや専用のシステムを用いることに よって、紙の資料と同じように、コンピュータの画面に表示されている情報の上にペン での書き込みを行うこともできるようになってきている。

メモを書くことが難しいとき

歩いて移動しているときや電車の中など、メモ帳を取り出して書くことやコンピュー タを利用することが難しい場面でも、メモを取りたいと思う場面はある。そのような場 合、ポータブルサウンドレコーダーを利用して音声として保存することや、気になる資 料を写真に撮って保存するなど、様々な方法がある。

3.2 メモの用途

メモの用途にも様々なものがある。ここでは、大きく二種類に分類する。

● 短期的な記憶の補助に用いるメモ

予定や用事などを忘れないようにするために一時的に保存しておき用事を済ませたら 捨ててしまうような、記憶の補助を目的としたメモである。例えば、「電話で伝言を頼ま れた内容を〇〇さんに伝える」などといった用途のメモは短期的なメモであるといえる。

● 長期的な情報の蓄積に用いるメモ

いつ使うのかはわからないがアイデアや情報などを蓄積して保存しておき、後になって必要になったときに見返すようなメモである。様々なアイデアを毎日保存していくア イデアマラソン[17,25]で用いられるノートは、長期的なメモであるといえる。

とくに長期的なメモを利用する際には、コンピュータを扱うことによるデータの保存・整理が有用である。短期的なメモの場合はその用途を終えれば捨ててしまってかま わないことが多いが、長期的に蓄積していくメモはその量が大きくなってくると見返す ことが難しくなってくる。コンピュータの中にデータとして保存しきちんと整理してお くことによって、保存したメモが必要になったとき、より利用しやすくなる。

3.3 本研究で扱うメモ

本研究で扱うメモを取る環境とは、「コンピュータを使用していてメモを取りたくなっ たとき、コンピュータにメモを保存する」という場面を想定している。また、保存した メモの用途としては、「長期的にアイデアや情報を保存して蓄積しておき、必要になった ときにあとで参照する」というものを扱う。

第4章 手書きを利用したメモ帳システムの設計

本章では、メモの保存・検索を支援するという目的を達成するため、コンピュータ上 でもアイデアなどを適切にメモすることができ、また保存した手書きメモを適切に検索 することができるようなシステムについて考察・設計する。具体的な機能は、以下に詳し く説明する。

本研究で提案するシステムは、ペンによる手書き入力を扱うため、タブレット PC の ようなペンインタフェースを備えた環境での利用を想定している。

4.1 提案する機能

本システムでは、メモを保存する方法としてペンインタフェースを利用した手書き入 力を採用する。

そして、具体的な機能としては"表示画面に直接メモを書き込む"機能、"保存したメ モの閲覧を行う"機能、"ストローク情報を利用した検索"機能を提案する。

以下で、それぞれの特徴について述べる。

4.1.1 表示画面に直接メモを書き込む

メモは、保存したいと思ったときに即座に保存できることが望ましい。しかし、従来 のツールでは、アプリケーションの起動の際に新しいウインドウを開き、その上で情報 を書き込むというスタイルが主であった。そのためにアイデアの元となった情報をその ウインドウが覆い隠してしまうことや、使用するアプリケーションが変化するために行 う作業の切り替えが起こるため、アイデアを忘れてしまう原因にもなる。これらのこと は、メモ帳機能を備えたソフトを使うなどした場合にも同じことが言える。

そのため、本研究で提案するシステムでは表示画面に手書きで直接メモを書き込み、 表示画面ごとメモを保存する機能をつける。多くの場合、画面にはそのときに見ていた 資料が表示されているため、その上にそのまま書き込みができる。そのため、表示して いる内容に対しての注釈などをつけることができ、書き込みを表示画面の情報に関連付 けやすいという利点がある。

● 手書きの重要性

手書き入力には様々な利点があり、知的作業の支援を目的とした様々なシステムに 利用されている。[12, 14, 15]

手書きを用いることで、紙の上と同じように書き込めることや、手で書く作業によって記憶に残りやすいことなどがある。また、整形された図形を書くツールには、メニューから選ぶのに時間がかかる、あるいは描きたい図形が複雑な場合、その図形を書く機能がないなどといった問題もある。そういった場合にも、手書きであれば機能の選択などをすることがなく、自由に書き込むことができる。様々なツールを使用することで整形された形状を描くこともできるが、整形されたものは「完成されたもの」

として認識されてしまう。それに対し、手書きでのメモは未完成であるがゆえに、そ こからさらにアイデアを考えることを支援することができる。[5,6]

4.1.2 保存したメモの閲覧

前節の機能によって保存したメモを見るため、閲覧システムを作成する。保存された 多数のメモの閲覧を行う際、メモを一つずつ確認するのは効率的ではないため、このシ ステムでは一度に複数のメモを確認できるサムネイル形式での表示を採用する。

また、実世界の紙の資料にメモを取った場合の問題点として、書き込みを大量に行った際に、背景として利用していた表示画面にある情報を隠してしまい、見られなくなってしまうことが考えられる。

しかし、本システムは計算機の利点を利用し、書き込んだストロークデータと背景と なる表示画像データを別に保存する。そのため、必要に応じてストロークの表示をせず、 保存した画像のみの閲覧も行えるようにする。

また、書き込んだストロークの時間軸に沿った再生を行う。これによって、メモを取 った際に書き込んだ順番や早さなども再現することができ、書き込んだ際の印象を思い 出す支援を行うことができる。これにより、アイデアのイメージをより効果的に思い出 すことができると考えられる。

また、閲覧を行う際に最も利用されることが多いメモは最後に編集されたものである と考えられる。そのため、システムを起動させた際にはじめに大きく表示するメモは最 後に保存されたメモとする。

4.1.3 ストローク情報を利用した検索

効率的に自分が欲しいメモを探すために、検索機能を実装する。検索に用いられるキーは、ユーザにとって扱いやすいものである必要がある。

現在、よく用いられている検索方法には、保存したものに含まれているテキストを利 用した検索や、ユーザが自分でファイルにつけたキーワード検索、またファイルを保存 した時間情報を利用した検索方法などがある。しかし、本研究で対象をしている手書き によるメモを探す際には、これらの検索方法だけではあまり有効ではないと考える。よ って、本研究では検索に用いるキーとしてストローク情報を用いることを提案する。

まず、検索にストロークの形状が利用できる。本研究ではメモを書き込む際の背景に 表示画面をそのまま利用しているため、それを利用して注釈をつけることが多いと予想 できる。これらの情報を利用するため、ストロークを解析し、検索のキーワードとして 用いる。一例を図に示す。

また、ストロークを書き込んだ位置を利用した検索を行う。表示している画面の情報 の上に注釈としてメモを書き込むため、ユーザは意味があってその位置にストロークを 書き込んでいると考えられる。そのため、ストロークの位置もユーザがメモを探すため の要素として用いることができるようにする。

ストロークを用いた検索には、テキスト検索でよく用いられる AND や NOT などの 検索の種類をつけることが出来ない。そのため、本研究ではこれらのような多様な検索 クエリを手書きメモにおいても実現させることを目的とする。

4.2 システムの使用ストーリー

ここでは、システムの具体的な使用場面について述べる。

例えば、ある研究者が手書きの研究についての調査をコンピュータ上で行っていたと する。その際の行動として、次のような例が考えられる。

- 1. 研究者は関連する研究論文を見つけ、その PDF ファイルを開いて読む。
- 2. 重要だと思った場所があったら本システムを立ち上げる。とくに興味のある場所な どには下線を引いたり、マークや書き込みなどをしたりして、画面ごと保存する。
- 論文を読んでいるうちにその研究の詳細を知りたくなった場合には、関連する web ページを開き、情報を調べていく。そのような場合にも本システムを使用すること で、論文とwebページを同時に表示したまま手書きで書き込みを行うことができる。
- 後日、保存されているメモ帳を見る。メモ帳にはそのときに見ていたPCの表示画面と書き込みが保存されているため、見ていたwebページや論文の内容を確認することができる。そのため、そのときのアイデアを思い出すことがしやすい。そして、再生機能を利用することで書き込みを再現することができ、書き込んだ際のイメージを再確認できる。
- 5. また、過去に保存したメモを見たいとき、検索を行う。そのとき、保存したときの ユーザの記憶が多少曖昧であっても、書き込んだストロークや時間などの要素を少 しでも思い出して検索することで、欲しいメモを見つけることができる。

第5章 メモ帳システム: Leafletnote

本章では、前章で述べた方針に基づき製作したシステム、Leafletnote について述べる。[7,8]

Leafletnote は二つのシステムによって構成される。

二つのシステムはそれぞれ、メモを書き込み、保存するシステムと、保存したメモを 閲覧および検索するシステムである。以下でそれぞれについて説明する。

5.1 メモの保存

まず、メモの保存を行うシステムについて説明する。

図 5-1 はメモの保存を行うシステムの起動画面例である。

この例では、webブラウザを見ている際にシステムを使用し、ブラウザ上に自由にストロークを書き込んでいる場面である。

以下でこのシステムの機能について詳しく説明する。



図 5-1 保存システム

5.1.1 メモの書き込み

ユーザが本システムを起動させると、表示画面上に自由に書き込みが出来るようになる。マウスの左ドラッグにペンの書き込みが対応付けられているため、タブレット PC などのペンインタフェースを用いていればペンを走らせることでストロークの書き込みができる。

また、メモを書き終わった際には画面をタップすることで表示画面とともにメモが保

存され、システムが終了する。

5.1.2 保存

書いたメモは、それが保存された日時をもとにしたファイル名がつけられ、表示画面 とストロークデータを別々にしてセーブフォルダに保存される。

5.1.3 手書きストロークの解析

書き込んだストロークは逐次解析され、5.3節で述べる検索機能に利用される。

5.2 メモの閲覧

次に、メモの閲覧を行うシステムについて説明する。

5.2.1 起動画面

ユーザが閲覧システムを起動させると、図 5-2 のような画面が表示される。メモを書 き込んだときと同じように、表示画面全体に保存したメモが表示されている。

画面右に表示されているウインドウは操作用のウインドウであり、これまでに保存し たメモがサムネイル形式で表示されている。サムネイルには同時にメモを保存した日時 が表示される。システムを終了する際にはこのウインドウを閉じるか、メニューから終 了を選択する。

また、このときにはじめに表示されるメモは、最も近い時間に保存されたメモである。



5.2.2 閲覧するメモの選択

過去に保存したメモを閲覧する際には、操作用ウインドウに表示されているサムネイ ルをクリックすることで、そのメモを閲覧することができる。サムネイルには保存した メモの縮小版とともに保存した日時が書かれており、それによって見たいメモを探すこ ともできる。

5.2.3 その他の機能

また、このシステムにはいくつかの機能がついている。以下でそれぞれについて説明 する。

ストロークの on/off 機能

このシステムでは、メモを保存する際に表示画面と書き込んだストロークを別々に保存している。そのため、閲覧する際には書き込んだストロークを表示せず、保存したときに表示していた画面のみを閲覧することができる。この機能により、書き込みが多くなってしまった場合にも、参照していた表示画面の情報を覆い隠して見ることが出来なくなる心配がない。

この機能は、操作ウインドウのメニューバーから option→stroke on/off と選択することで利用できる。(図 5-3)



図 5-3 ストローク on/off の例

● ストローク再生機能

また、このシステムでは保存したストロークを時間に沿って再生することができる。 メニューから option→replay と選択すると閲覧しているメモからストロークが一旦消 えて、そこから保存したときの書き方と同じようにストロークが書かれていく。ストロ ークを書き込んだ順番や早さ、次のストロークを書き込むまでの時間なども同じように 再現するため、メモを書いたときのイメージの再現に役立つ。(図 5-4)



図 5-4 ストローク再生機能の例

5.3 メモの検索

ここでは、メモの検索機能について詳しく説明する。検索機能は、メモの閲覧システ ムの機能の一つである。

5.3.1 起動画面

閲覧システムのメニューから option→retrieve と選択することで、検索用のウインド ウが現れる。

ウインドウの上部には検索キー入力用のキャンバスがあり、下部には検索ボタン、時間情報の入力用のフィールドがある。(図 5-5)



図 5-5 検索システム

5.3.2 検索方法

検索を行う際の検索方法について詳しく説明する。

検索キーの入力

検索用のキャンバスにストロークを書き込むことで、検索キーの入力とする。ユーザ は探したいメモを書き込んだときの記憶をもとに、自由にストロークを書き込む。

● 検索を行う

ウインドウ下部にある retrieve ボタンを押すと、システムは検索を開始する。すると 新しく検索結果表示用のウインドウが表示される。

検索結果の表示

検索結果表示用ウインドウには検索結果としてサムネイルが表示され、左側に表示されているものほど、与えた検索キーとの類似度が高い。このサムネイルをクリックする ことで、閲覧システムのメインウインドウにそのメモが表示される。

検索結果として表示されるものは書き込んだストロークに類似するストロークが含ま れているメモである。書き込んだストロークが複数ある場合、それらのいずれかが含ま れているメモが候補として表示されるが、書き込んだ複数のストロークそれぞれに類似 するものが多く含まれているメモ、また類似度が高いメモがより上位に現れる。

● 検索キーのクリア

ウインドウ下部にある clear ボタンを押すと、それまでに書き込んだストロークが消 え、もう一度検索キーを書き直すことができるようになる。

● 位置情報の利用

検索には、ストロークの位置情報も利用することができる。メモを保存した際の書き 込みには背景となる情報も利用しているため、書き込んだストロークの位置にも意味が ある。そのため、検索キーとして与えたストロークの位置が保存してあるメモと同じ位 置、かつ同じ形状であった場合、検索候補として上位にランク付けされる。(位置は検索 ウインドウの大きさを基準に、相対的に判断している)

● 時間情報の利用

検索ウインドウ下部にある use time のボックスをクリックしてチェックを入れると、 時間情報を利用した検索ができるようになる。

year、month、day それぞれのテキストフィールドに探したい年月日のデータを入れ retrieve ボタンを押すと、保存した時間が指定した時間に近いメモが検索結果の候補と して表示される。また、ストローク情報を用いた検索との併用も可能である。

5.3.3 検索結果の絞込み

上記の方法で検索をしても、結果の候補が多すぎるなどして探しているメモが見つか らないということが予想される。

そのため、このシステムではストローク情報を用いた検索に検索結果を絞り込むため の機能を利用することができる。

以下でそれぞれについて説明する。

● AND 検索

書き込んだ複数の検索キーに対し、Oを意味する右クリックのジェスチャを書き込む ことで、ANDを意味する。このジェスチャが AND 検索のものであると認識した場合、 黄色いストロークで検索ウインドウに表示される。この操作により、囲まれた複数の検 索キーを含むメモのみが検索結果として残る。通常の検索では探したいメモに含まれて いるストロークが複数わかっている際でも、それらすべてが含まれていないメモも同時 に表示されてしまうが、この機能を利用することにより AND で指定したすべてのスト ロークが含まれているメモのみを検索結果として残すことができる。



図 5-6 AND 検索の例

図 5-6 は、AND 検索を利用した例である。この場合、星形と下線を同時に含むメモ が検索される。

● NOT 検索

書き込んだ検索キーの上に×を意味するジェスチャを右クリックで行うことで、NOT を意味する。AND 検索と動揺に、このジェスチャが NOT 検索のものであると認識した 場合、青いストロークで検索ウインドウに表示される。NOT に指定された検索キーを 含むメモは検索結果として表示されなくなるか、あるいは順位が下がる。この操作によ り、不要と考えられるメモが検索結果として表示されてしまった場合にも、その候補を 排除することができるようになる。



図 5-7 NOT 検索の例

図 5-7 は、NOT 検索を利用した例である。この場合、四角形は含むが、三角形は含 まないメモを探すことができる。

ここで示した AND および NOT 機能は厳密には論理式で用いられるような AND、NOT と処理が少し違うが、直感的なイメージで AND、NOT と名づけた。詳しくは、6章で 説明する。

5.4 検索の使用例

ここでは、実際にシステムを利用する場面の例を示す。 例えば、次のような状況を想定する。

- 1. 現在、手書きに関するレポートを書いているが、以前に論文を見ながら保存したメ モが役立ちそうなので、そのメモを探したいと思った。
- 2. そのメモには重要なことが書いてあったので、重要なメモにはいつも書いている☆ マークがついているはずである。
- 3. 画面左側に画像があり、☆のマークはその画像の付近につけたはずだということを 覚えている。

図 5-8 は閲覧システムを起動させた状態の図である。扱っているデータは、筆者が過 去に保存した多くのメモである。このような場合、探したいものは過去に自分が保存し たメモであるためこのサムネイルの中のどこかにそのメモがあるはずであるが、多量の メモの中にあるメモをひとつひとつ確認しながら探すのでは効率が悪い。そのようなと き、検索機能を利用する。



図 5-8 起動画面

図 5-9 は検索機能を起動させたときの画面である。上に示したような状況の場合、ま ず検索キーとして☆を与えてみる。このとき、自分の記憶をもとに、マークを書いたと 思った場所に検索キーを書き込む。画面の左側に画像があったはずなので、左の真ん中 のあたりに☆を書き込んでみた。

そうすることで、図 5-10 のような結果が得られた。しかし、これではまだ検索結果の 候補が多く、メモの特定ができない。



図 5-9 検索キーの入力1

restlt : 4			
43630	2007h112151938,	20070112143915,	20070112144042, ·
			The second second
		II	

図 5-10 検索結果1

そこで、新たに思い出したメモの特徴として、以下のようなものがあったとする。

4. 画像に関連した、重要な箇所を〇で囲んだ。

5. 他に特に注釈はつけなかった。

これらのことを利用するため、まず検索キーとして〇を追加する。とくに書き込んだ 位置は覚えていなかったため、てきとうな位置に検索キーを書き込んだ。(図 5-11)



図 5-11 検索キーの入力2

その結果として図 5-12 のような検索結果が得られたが、まだ余分な検索結果が多く見られる。

143915	2007h112151938, *	20070112150402.		
		ini dan seri seri seri seri seri seki di bila	Tainida an an an an an an an an An An II	

図 5-12 検索結果 2

ここで、"☆と〇が両方とも含まれている"ということと、"他に注釈はつけていない" ということを利用した検索を行う。

AND 機能を使うことで、☆と○の両方が含まれているということを指定するために、 ジェスチャでそれら二つのストロークを囲むことで、☆と○のどちらか一方しか書かれ ていないメモを排除する。(図 5-13、14)



図 5-13 検索キーの入力3



図 5-14 検索結果3

そして、求めていない検索結果候補に見られるメモにはアンダーラインが引かれているものが多く見られる。そのため、アンダーラインは入っていないことを、NOT 機能を利用して示す。まずアンダーラインを引き、その上にジェスチャで×を重ねて書き込む。(図 5-15)



図 5-15 検索キーの入力4

これにより、アンダーラインが書かれているメモが検索候補から外れる。その結果、自分が求めるメモを見つけることができた。(図 5-16、17)

👙 restit : 1	
20070 112343630	

図 5-16 検索結果4



第6章 Leafletnote の実装

ここでは、第3章で述べた Leafletnote の実装部分について説明する。

6.1 実装環境

本研究のシステムの実装には Java 2 SDK, Standard Edition を用いた。また、ペン ベースアプリケーションの作成支援ツールキット SATIN[1]を使用している。ストロー クデータの処理および解析、描画キャンバスは SATIN のライブラリから使用した。

6.2 システム構成

システム構成図を以下に示す。(図 6-1) このシステムは、大きく分けて手書きメモの データベース部、手書きメモ入力インタフェース部、閲覧用ビュー部、検索インタフェ ース部の4つに分けられる。



そして、これらはそれぞれ保存システム、閲覧システム、検索システムに分けられる。 以下で、それぞれの部分の実装について述べる。

6.3 保存システム

保存システムに関連する部分は、手書きメモ入力インタフェース部と手書きメモのデ ータベース部である。

6.3.1 メモの書き込みウインドウの生成

このシステムでは、ウインドウを生成し、表示画面をキャプチャした画像をウインド ウ上に貼り付け、その上に手書きストロークを書き込めるようにすることで表示画面へ の書き込みを実現させている。(図 6-2)



図 6-2 書き込みウインドウの生成

6.3.2 手書きストロークの入力・解析

手書きストロークの入力には、SATIN のライブラリからキャンバスである Sheet クラスとストロークデータを管理する TimedStroke クラスを用いている。TimedStroke クラスはキャンバス上でストロークを入力した際の点列と、それぞれの点が打たれた時間情報を保存している。

解析時のデータの一例を図 6-3 に示す。類似度は0~1の小数で表される。

メモに保存する類似度はこの数値の小数点第二位までをとり、それを 100 倍した 0~100 の整数を使用している。



解析候補	類似度
Six	0.8737138921964508
Triangle	0.8399758786558557
Eight	0.8283114437824025

解析候補	類似度
Nine	0.9805552272834104
Five	0.9100269313144289
S	0.9093604983623875

図 6-3 ストローク解析例

6.3.3 メモの保存

ひとつのメモに対し保存されるデータは、表示画面のみをキャプチャした画像データ、 ユーザが書き込んだストロークデータ、およびサムネイル生成のためのストロークが書 き込まれた状態の表示画面の画像データである。

画像データは jpg 形式で保存される。ストロークデータは、それぞれのメモに書かれ たすべてのストロークに対して、ストロークを構成する点列の座標の配列(x, y)、そ れぞれの点が描画された時間情報の配列、ストロークを解析した際の類似度の上位3つ が保存されている。

それぞれのデータは日付をもとにしたファイル名がつけられ、セーブフォルダに保存 される。(例えば 2006 年 12 月 04 日 16 時 40 分 59 秒に保存したものであれば、ファイ ル名は 20061204164059 となる)

6.4 閲覧システム

閲覧システムに関連する部分は、閲覧用ビュー部と手書きメモのデータベース部である。

6.4.1 データの管理

閲覧システムによって管理されるメモのセーブデータは、それぞれのファイル名のリ ストによって管理される。それらのファイル名に対応する画像データとストロークデー タをもとにサムネイルを生成し、生成されたサムネイルをクリックすることでメインビ ューにメモを表示させている。

6.4.2 ストロークの on/off

このシステムでは、表示画面の画像データとユーザが入力したストロークデータを別 に保存している。そのため、{画像データのみを表示する/ストロークデータも同時に表 示する}を切り替えることによって、ストロークの on/off の切り替えが可能である。

6.4.3 ストロークの再生

ストロークには、点列の座標とともにそれぞれの点が打たれたときの時間情報が同時 に保存されている。また、表示されているストロークと保存してあるストロークは別に コピーしたものである。メニューから replay が選択されたとき、表示されているストロ ークをすべて消去する。再生開始時からの経過時間と(1/100秒単位)、それぞれの点が 書かれた時間差分(そのメモの中で最初に書いたストロークの最初の点を打った時間か らの差分)を取り、その差分を経過時間が超えている部分のみ描画する。これにより、 書き込みをした際に書き込んだ順番やストロークを書く早さ、ストロークを書いていな かった時間なども再現することができる。

6.5 検索システム

検索システムに関連する部分は、検索インタフェース部と手書きメモのデータベース 部である。

6.5.1 検索手法

ここでは、検索する手法に関する実装について詳しく述べる。

● 検索候補の算出方法

本システムでの検索には、スコアを用いたランキング手法を使用している。それぞれ のメモに対して類似度その他のスコアを加算していき、最もスコアが高いものから順に 検索結果としてユーザに提示する。

● 手書きストロークによる検索

検索キーとして検索ウインドウに書かれた手書きストロークは、その都度解析され、 メモの保存の際と同様に類似する形状(Shape 1)が算出される。その解析結果とそれ ぞれのメモに保存されているストロークの解析結果とを照らし合わせ、最も類似度が高 いもの(Shape 1)と同じストロークがメモに保存されていれば、そのメモに対するス コアが Shape 1の類似度分だけ加算される。

これをすべてのストロークに対して行い、計算の結果、スコアの合計値が高かったものから順に検索結果として表示している。

例:

たとえば図 6-4 のようなメモがある。



図 6-4 類似度計算の例:メモ

このとき、それぞれの類似度は(Circle:92, heart:88, triangle:76)、(Three:95, Seven:89, RightArrow:87) と解析される。

ここで、検索キーとして図65のような検索キーが与えられたとする。



類似度計算の例:検索キー 図 6-5

このとき、それぞれの類似度は (triangle:88, rectangle:85, Circle:79)、 (Three:96, Two:88, Seven:81) として解析される。

このような場合、まず与えられた検索キーの解析結果のうち最も高い類似度を持つ triangle をメモの中から探す。図 6-5 の例の場合、(Circle:92, heart:88, triangle:76) に含まれるため、スコアに triangle の類似度である 76 が加算される。次に Three につ いても同様に探し、スコアに Three の類似度である 95 が加算される。よって、このメ モに対するスコアは95+76=171となる。

● 位置情報を用いた検索

メモに保存されているストロークのバウンディングボックスと検索ウインドウに書か れた検索キーのバウンディングボックスが重なっている場合、そのメモに加算するスコ アを多くしている。このとき、重なる判定に利用する位置情報は検索ウインドウ上の相 対位置から算出している。

● 時間情報を用いた検索

入力された時間情報とそれぞれのメモが保存された時間とを比較し、最も近いものか ら順に高いスコアを加算していく。

● AND 検索

AND 検索には、ストロークの解析を利用している。右クリックでジェスチャを書き 込み、それが"〇"であると解析した場合、それは AND 検索であると認識し、黄色い ストロークとして検索ウインドウに表示される。そのストロークのバウンディングボッ クスが書かれている複数のストロークのバウンディングボックスに重なっている場合、 それらをひとつのまとまりとして解釈する。

ここで指定された複数のストロークは、それらすべてを含んでいるメモにのみスコア を加算する。どれかひとつでも含まれていない場合は、このまとまりに指定されたスト ロークが与えるスコアは0となる。

● NOT 検索

NOT 検索にも AND 検索と同様に、右クリックでジェスチャを書き込み、それが"×" という形状であると解析した場合、それは NOT 検索であると認識し、青いストローク として検索ウインドウに表示される。

そのストロークのバウンディングボックスが書かれているストロークのバウンディン グボックスを完全に囲んでいる場合、そのストロークに否定の意味を付加する。

このジェスチャによって指定されたストロークが含まれるメモは検索候補から外され るべきであるが、これらのストロークはユーザが手書きで書き込んでいるため、曖昧な 形状をしていることも十分に考えられる。ストロークの解析をしたとしても、必ずしも ユーザの意図したとおりの形状としてシステムが解釈しているとは限らず、ユーザが意 図していない形状として解析されてしまう恐れがある。そのため、本システムでは、NOT に指定されたストロークを含むメモのスコアを、その類似度の分だけ減少させることで 検索結果の順位のランクを落とすという方法を取った。

● 定式化

検索に用いられるそれぞれの計算手法を詳しく説明すると、以下のようになる。

1. 手書きストロークによる検索

Mを保存しているメモの集合、 m_i を任意のメモとする。 $(m_i \in M)$

*K*を検索キーの集合とすると、スコアを計算する関数¹は

 $f : M \times K \longrightarrow R$

のように表すことができる。(R:スコアの集合、 $r_i \in R$)

検索キーとして与えられるストロークがひとつの場合、 $(k=\{s_1\})$ $f(m_i,k)=f(m_i,s_1)=r_1$

として、ストローク^{s_1}のメモ^{$m_i}に対する類似スコア^{<math>r_1$}が算出される。</sup>

また、検索ウインドウに複数のストロークで構成される検索キー k を書いた場合を考 える。 $(k \in K)$

検索キーkは0個以上のストロークで構成され、 $k = [s_1, s_2, \dots, s_n]$ と表せる。

このとき、検索キーkを与えた場合のスコア計算fは

$$f(m_i, k) = f(m_i, \{s_1, s_2, \dots, s_n\})$$

 $= f\left(m_{i}\text{, }s_{1}\right) + f\left(m_{i}\text{, }s_{2}\right) + \ldots + f\left(m_{i}\text{, }s_{n}\right)$

$$=r_1+r_2+\ldots+r_n$$

と表せる。

これは、^{*m*}i に検索キー^{*k*}に近いストロークが含まれていれば高いスコアになる。

これにより、例えば \bigcirc (s_1) と \triangle (s_2) の両方を書いた場合のスコア計算は

$$f(m_i \{s_1, s_2\}) = f(m_i, s_1) + f(m_i, s_2) = r_1 + r_2$$

- となる。
- 2. AND 検索・NOT 検索

また、AND ジェスチャで囲んだ場合の関数 G_{and} は $G: M \times K \rightarrow R$ と表すことができ、 k を ジェスチャで囲んだ複数の検索キーとすると、[任意の|i.に対して $f(m_i, (s_i)) > 0$ の場合] $G_{and}(m_i, k) = G_{and}(m_i, [s_1, s_2, ..., s_n])$ $= f(m_i, [s_1, s_2, ..., s_n])$ $= f(m_i, s_1) + f(m_i, s_2) + ... + f(m_i, s_n)$ $= r_1 + r_2 + ... + r_n$ [それ以外の場合] $G_{and}(m_i, k) = 0$ となる。

また、NOT ジェスチャで指定した場合の関数
$$G_{not}$$
は
 $G_{not}(m_i, s_i) = -f(m_i, s_i)$
となる。

例えば、ジェスチャで $\bigcirc (s_1)$ と $\bigtriangleup (s_2)$ を囲んだ場合 (AND) [$f(m_i, \{s_1\}) > 0$ カップ $f(m_i, \{s_2\}) > 0$ の場合] $G_{and}(m_i, \{s_1, s_2\}) = f(m_i, s_1) + f(m_i, s_2)$ [それ以外の場合] $G_{and}(m_i, \{s_1, s_2\}) = 0$ となる。

また、
$$\bigcirc^{(s_1)}$$
に対して×のジェスチャを書いた場合(NOT)
 $G_{not}(m_i, s_1) = -f(m_i, s_1)$
と表せる。

第7章 評価実験

本章では、Leafletnote に関する実験について述べる。

7.1 評価方法

被験者は同研究室の学生5名である。まず、被験者達には事前準備と保存システムの 試用を兼ねて各自に保存システムを利用して、メモを保存してもらった。

その後、各自が保存したメモのデータを統合し、合計約 200 枚のメモの中から、各自 が保存した中から任意のメモを探してもらい、その後、使用感に関するアンケートをと った。

本システムの本来の用途から考えれば、自分が過去に書いたメモの中から特定の欲し いメモを検索する場面が想定されるため、各被験者にある程度長期にわたってシステム を試用してもらい、そのデータを使用して各被験者の評価実験を行うべきである。しか し、現実的にその評価は難しかったため、それぞれがとったメモを統合したものを実験 用のデータとし、その中から各被験者が保存したメモを探し出してもらうという実験方 法をとった。

また、本来であればタブレット PC での実験が望ましかったが、今回はシステム使用 者の PC の環境にあわせて実験を行ったため、いずれの被験者もマウスを用いてシステ ムを使用してもらった。

7.2 結果

保存システム、閲覧システム、検索システムそれぞれについてのアンケートの結果を 以下に示す。

それぞれの使いやすさについて5段階の評価を得たところ、平均値は以下のようになった。

	評価値(悪い 1 ~ 5 良い)
保存システム	4.0
閲覧システム	4.0
検索システム	3. 6

この結果から、保存システム・閲覧システムは評価が高かったものの、検索システムにおいては少し低い評価となった。

また、それぞれのシステムについての意見は、以下のようなものがあった。

- 保存システムについて
 - ・マウスだと文字が書きにくい。
 - ・終了はタップ以外(ダブルクリックなど)が良い。思いがけず終了してしまう。
 - ・タップでの終了は誤認識されやすい。
 - ・保存の操作が使いやすいが、ときどき間違って保存してしまう。終了するときにダ イアログボックスが出たほうが良い。
 - ・キーボード入力も扱えるとタブレット PC 以外でも使えるのではないか。
 - ・表示画面に直接描けるのはよかったが、アプリケーションの起動がもっと簡単かつ 早く行えればもっと使いやすくなると思う。
- 閲覧システムについて
 - ・メモの一覧が出るのが嬉しい。
 - ・一覧画面では文字がつぶれてしまっているのが難点。
 - ・再生機能が欲しい場面は自分にはなかった。
 - ・メモを読み込むのがちょっと遅い。
 - ・再生の際にカーソルの動きも見えたほうが、よりそのときの状況が思い出せるのではないかと思った。
 - ・キャプチャした画像が元のサイズで表示されるのではなく、一定の大きさで表示されたほうが見やすいのではないか。
- 検索システムについて
 - ・第一候補ではなくても、2つ目3つ目あたりにくることが多いので使いやすい。
 - ・どのメモにも同じ記号を書くことが多いのであまり検索できない。(下線、☆、〇な ど)
 - ・サムネイルが探す参考になった。
 - ・検索ウインドウはもう少し小さいとうれしい。
 - ストロークの認識がうまくいかなかった。
 - ・AND や NOT がもっと精度良くなるとよいと思う。
 - ・壁紙の内容から検索できると良かった。
 - ・多ウインドウのシステムなので、重なって見えなくなることがある。1ウインドウにまとまるとうれしい。
 - ・ちょっとしたメモに便利なので、検索方法や精度が向上すれば使いたくなるかも。
 - ・各モードの性能向上を目指すのではなく、各モードの切り替えをスムーズに行える と使い勝手は良くなると思う。

第8章 考察

ここでは、第7章で行った評価実験、および試作システムに関する考察および今後の 課題について述べる。

8.1 保存システムについて

保存システムでは、「画面に直接書き込む」というメモの入力方法においては評価され ている。しかし、保存・終了の操作にタップを割り当てたことや、キーボード入力に対 応していないことなど、操作面でいくつかの改善すべき点が見つかった。終了操作に関 しては、誤操作を起こす原因となるため、タップではなくその他の操作に割り当てるべ きであると感じた。

また、今回は評価実験にマウスを用いたが、マウスを使用しての評価ではなく、タブ レット PC を用いてのメモの保存や閲覧、および検索の評価を行うことが今後の課題で ある。

8.2 閲覧システムについて

閲覧システムでは、サムネイルの表示が良いという評価を受けた。しかし、サムネイルからメモの内容の雰囲気を読み取ることができるという一方で、やはりサムネイルでは画像が小さすぎて、書き込んだ内容の詳細がわからないという問題がある。

本研究では閲覧ではなく検索を主眼に置いていたが、過去に保存したメモを閲覧する ための改善もしていくべきだと考えている。具体的な改善案としては、Picasa(脚注5) のように、多くのメモを「眺める」という方法が良いのではないかと考えている。

また、再生機能については、人によって利用する必要を感じないという意見も得られ た。この機能については、より役に立つ場面や応用方法を考える必要がある。

8.3 検索システムについて

検索システムは、保存・閲覧システムに比べ、評価が低かった。この原因としては、 やはりストロークの認識があまりうまくいかないこと、検索結果として自分が探してい るメモを見つけられる精度がまだ低かったことが考えられる。

しかし、手書きストロークを用いた検索を利用することで、探しているメモを見つけ 出す支援ができていることが確認できた。

今回の実験では、検索キーとして書き込んだストロークと似たストロークが書き込ま れているメモを見つけることは比較的容易にできたため、検索結果として得られた候補 の中から探しているメモを見つけることは可能であった。しかし、今回の実験では 200 枚というある程度限られた枚数の中からの検索であったため、サムネイルの雰囲気から メモを探すことができたと考えられる。

⁵ Picasa http://picasa.google.co.jp/index.html

また、やはり一人のユーザが大量のメモを保存した場合に、個人のメモの癖によって どのメモに関しても似たような内容を書き込んでしまうという問題が考えられる。

そのため、やはりメモの量が膨大になってきた場合に、現在の本システムの検索機能 では対応しきれないという問題が予想できる。その問題を解決するため、より精度の高 い類似度計算の方法、ストロークの解析方法などを考える必要がある。

ストロークの解析について

本システムは、ストロークの類似度の計算においては精度の高い検索が難しい。その 原因として、本システムではSATINに付属している解析ツール quillを用いており、quill であらかじめ登録しておいたストロークとの類似度しか算出することができないという ことがある。このため、ユーザが書き込むさまざまな種類のストロークの解析に対応で きていないという課題が残されている。

しかし、より精度の高い検索方法を用いることや、より良い検索アルゴリズムを構築 することによって検索の精度を上げることが出来ると考えている。

また現在では、SATIN 以外にもストロークの解析を行う研究は多く行われている。[10, 11, 13, 19, 20, 21, 22, 23]これらの研究を参考に、ストロークの解析の精度を上げることによっても、より精度の高い検索が行えるようになると考えている。

また、本研究ではストロークを書いた際に解析し、その解析結果のみを利用している が、保存しているストロークと検索キーとして与えたストロークとの類似度を計算する ほうがより適切な方法であると考えられる。しかし、保存しているデータの量が増える につれて検索にかかる計算時間も増えるため、本研究で利用した方法にも利点があると 考えている。

8.4 その他

試用実験を行い、ユーザのメモを集めた結果、メモの内容としてはやはりユーザによ って似たようなメモを取る傾向があるということがわかった。また、重要と感じた箇所 に注釈として文字を書き込むことも多く見られた。本研究で行っているストロークごと の検索では、多量のストロークを検索キーとして与えると計算時間が大きくなってしま うといった問題も生じる。そのため、ストローク単位の解析だけではなく、文字単位の 解析も行うべきであると感じた。

第9章 結論

本研究では、画面に直接書き込む手書きメモの保存および検索を行えるシステムを提 案し、Leafletnoteの実装を行った。

このシステムでは、まずメモの保存の支援のため、手書きでコンピュータの表示画面 に直接メモを書き込み、保存することができる。またメモの検索の支援のため、手書き ストロークを検索キーとして用いる検索機能を利用することができる。この機能では、 手書きストロークで書かれた検索キーに対しジェスチャを用いることで、検索結果の絞 込みを行うことができる。

これらの機能によって、ユーザは表示画面とともに手書きメモを保存することができ、 注釈なども利用して保存したい内容を正確に保存できるようになった。また、ストロー クを用いた検索により自分が過去に書き込んだ内容をもとにメモを検索することができ、 AND検索やNOT検索といった機能を用いることで検索したメモの絞込みを行うことが できるようになった。

また、ユーザによる試用実験を行い、本システムの有効性および今後の課題の考察を 行った。その結果、まだ改善すべき点は多くあるものの、メモの保存・検索の支援がで きることを確認できたと考えられる。また、本研究で得た知見を用いてシステムを改善 していくことによって、手書きメモの保存および検索の支援ができるようになると考え られる。

謝辞

本研究は、様々な方々の協力により進められてきました。中でも、指導教員である田 中二郎教授には心から感謝を申し上げます。そして、NAIS チームの担当として研究全 体を通してご指導いただきました三末和男助教授には深くお礼を申し上げたいと思いま す。また、論文の執筆の際に様々な助言をいただきました志築文太郎講師および高橋伸 講師にも心から感謝しております。そして研究にご協力いただきました NAIS チームメ ンバーの皆様および IPLAB メンバーの方々にも深く感謝しております。そして生活の 中で私を支えてくれた家族、友人達にも感謝を申し上げたいと思います。本当にありが とうございました。

参考文献

- J. Hong and J. A. Landay, SATIN: A Toolkit for Informal Ink-based Applications. In Proceedings of User Interface Software and Technology: UIST 2000, pp.63-72.
- [2] Dan R. Olsen Jr., Trent Taufer, and Jerry Alan Fails, ScreenCrayons: Annotating Anything, In Proceedings of User Interface Software and Technology: UIST 2004 pp.165-174.
- [3] M. D. Gross, and E. Do, Demonstrating the Electronic Cocktail Napkin: a paper-like interface for early design, Conference Companion, ACM Conference on Human Factors in Computing: CHI 96, pp.5-6.
- [4] 美崎 薫 加藤 直樹, SmartWrite:紙のシンプルさを追求した手書きメモツールの
 開発, In Proceedings of Workshop on Interactive Systems and software 2005
 (WISS 2005), pp.37-42. 日本ソフトウェア科学会
- [5] James A. Landay and Brad A. Myers, Sketching Interfaces: Toward More Human Interface Design, In IEEE Computer, 34(3), March 2001, pp.56-64.
- [6] Kazuo Misue and Jiro Tanaka, A Handwriting Tool to Support Create Activities, Proceedings of 9th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, pp.423-429, 2005.
- [7]岩村憲一, 三末和男, 田中二郎, 手書き入力を利用した、画面に直接書き込めるメモ 帳の作成, 第三回知識創造支援システム・シンポジウム予稿集, 日本創造学会, 2006 年2月, pp.92-99.
- [8]N. Iwamura, K. Misue and J. Tanaka, On-screen Note Pad for Creative Activities, Proceedings of the 10th International Conference on Knowledge-Based & Intelligent Information & Engineering Systems (KES2006), Part III, pp.835-842

[9] Alberto Del Bimbo and Pietro Pala, Visual image retrieval by elastic matching of user sketches, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19(2):pp.121-132, February 1997.

[10] Peter Tandler, Thorsten Prante, Using Incremental Gesture Recognition to Provide Immediate Feedback while Drawing Pen Gestures, UIST 2001, pp.18-25 [11] Arvo, J. & Novins, K., Fluid sketches: Continuous recognition and morphing of simple hand-drawn shapes, in Proceedings of the 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technlogy, San Siego, California, 2000

[12] Kenneth D. Forbus, Jeffrey Usher, Sketching for knowledge capture: A progress report, In Proceedings of the 7th international conference on Intelligent user interfaces, pp.71-77. ACM press, 2002

- [13] Junfeng Li, Xiwen Zhang, Xiang Ao, Guozhong Dai, Sketch Recognition with Continuous Feedback Based On Incremental Intention Extraction, Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces pp.145-150 2005
- [14] 五十嵐 健夫, 松岡 聡, 河内谷 幸子, 田中 英彦, 対話的整形と予測描画による幾 何学的図形の高速描画, 情報処理学会シンポジウム インタラクション 98 論文集, pp.25-26

[15] Christine Alvarado and Randall Davis, SketchREAD: A Multi-Domain Sketch Recognition Engine, In Proceedings of Symposium on User Interface Software and Technology :UIST 2004, pp.23-32

- [16] James Arvo and Kevin Novins. Appearance-Preserving Manipulation of Hand-Drawn Graphs. Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia, pp.61-68, 2005.
- [17] 樋口健夫, 思いつきをビジネスに変える「ノート術」―発想力を鍛えるアイデアマ ラソン(PHP研究所)

[18] James Arvo and Kevin Novins, Smart text: A synthesis of recognition and morphing, In AAAI Spring Symposium on Smart Graphics, pp.140-147, Stanford, California, March 2000.

[19] Levent Burk Kara and Thomas F. Stahovich, Hierarchical Parsing and Recognition of Hand-Sketched Diagrams. :UIST 2004, pp.13-22, 2004.

[20] Randall Davis, Sketch Understanding in Design: Overview of Work at the MIT AI Lab 2002 AAAI SPRING SYMPOSIUM SERIES

[21] Bo Yu, Recognition of Freehand Sketches Using Mean Shift, Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces pp.204-210 2003

[22] Reflowing Digital Ink Annotations, David Bargeron, Tomer Moscovich CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems pp.385-392

- [23] Bill N. Schilit, Gene Golovchinsky, Morgan N.Price, Beyond Paper: Supporting Active Reading with Free From Digital Ink Annotations, CHI98, pp.249-256, 1998
- [24] 織田英人, 未代誠仁, 小沼元輝, 中川正樹, 筆記枠無しオンライン手書き文字列検索, TECHNICAL REPORT OF IEICE, Vol.103, No.659, PRMU2003-239, pp.49-54 2004
- [25] Takeo Higuchi, Idea.Marathon System (IMS) Creative Method Through Continuity Effort, Proceedings of The First International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS2006), pp.1-4.