
ペンを用いた高速文章入力手法

A Fast Text Input Method for Pen-based Computers

Published in: インタラクティブシステムとソフトウェア IV: 日本ソフトウェア科学会 WISS'96, pp. 51-60, 近代科学社, December 1996.

増井 俊之*

Summary. Pen-based computing has not yet taken off, because of the lack of fast and easy text input method. In this paper, we propose a new fast text input method for pen-based computers, where texts are not composed by entering characters one by one, but by selecting words from a menu of candidates created by filtering the dictionary and predicting from the context. With our approach, users can enter more than 60 Japanese Kanji characters in one minute on a pen-based computer, which is more than twice faster than recognition-based and other existing Kanji input methods. The same technique can also be applied to English and other languages.

1 はじめに

計算機性能の向上と小型化技術により各種の携帯型計算機が広く使われるようになってきている。キーボードを持たないペン型計算機は携帯には有利であるが、文章入力速度に限界があるため、汎用計算機として活用されているとはいえないのが現状である。

現在市販されているペン型計算機の多くにおいて、文章入力を行なうために手書き文字認識方式または画面上のソフトキーボードを使った文字入力方式が採用されているが、手書き文字認識の場合は、手書き速度の問題と認識誤りの訂正の手間があるため本質的に入力速度を大きく向上させることがむずかしい¹、大量の文章を入力すると手が疲れるという問題がある。またソフトキーボードと仮名漢字変換を用いる方式では、画面上の小さなキーボード上の文字を連続して正確に拾う必要があるため、目や神経が疲れるという問題があるうえに入力/変換に時間もかかる。

本稿では、検索と予測にもとづいたペン計算機向けの高速度文章入力手法を提案する。読みの部分指定及び入力位置直前の文字列からの予測により絞り込んだ候補単語の集合の中から単語を選択するという操作を繰り返すことにより、手書き文字認識や仮名漢字変換にもとづく従来の文字入力手法に比べ倍以上高速に文章を入力することが可能である。

* Toshiyuki Masui, ソニーコンピュータサイエンス研究所

¹ 30文字/分程度が上限と考えられている。

2 予測と検索にもとづく文字入力手法

既存の入力手法では、入力文字列に関してかなり多くの情報をユーザが与える必要があるのが普通である。多くの文字認識システムでは、ユーザが文字を正しく書いたとき初めてその文字が入力されるし、仮名漢字変換システムでは、通常は文字列の完全な読みを入力した場合に限り変換が行なわれるようになっている。

しかし、文字列に関する完全な情報を与えなくても、部分的な情報を検索条件として候補の検索を行ない、条件にマッチしたもから必要なものをユーザが選択することによって入力文字列を選ぶことも可能である。特にペン計算機では、キーボードほど高速に文字入力操作を行なうことはできないが、選択操作は比較的高速に行なうことができるため、キーボードを用いたシステムと異なる以下のような方針をとることにより高速に文字入力を行なうことができるようになると考えられる。

- 単純な操作で検索条件を与える
- 検索条件の変化にともなって候補単語の集合を動的に検索 / 表示し選択の対象とする
- 検索結果の複数の候補から目的の単語を選択する
- 単語の入力個所直前の文字列 / 単語の一般的出現頻度 / コンテキスト等から単語の出現しやすさを計算し、その順に候補を表示する

具体的には以下のような手法を採用する。

- ソフトキーボードを使用して入力文字列の読みを検索条件として指定する。
- 読みの一部が指定された瞬間に、その読みで始まる候補単語の集合を提示し選択の対象とする。
- 読みの指定が変更された場合は即座に候補表示も変更する。
- 候補はメニューとしてソフトキーの近傍に表示する。
- ソフトキーを押しながらキーボード上を移動させる操作により、読みを示す複数の文字を1操作で指定する。
- あらかじめ用意した文例を用いることにより、単語入力個所の直前の文字列から入力単語を予測して優先的に提示する。例えば直前の文字列が“よろしく”で終わっているときペンで“お”という読みを指定した場合、“お願い”という単語を優先的に候補とする。
- マッチする文例が存在しないときは、使用頻度の高い単語や最近選択した単語の中で読みにマッチするものを優先的に提示する。
- 読みにマッチする単語が存在しないときは曖昧検索 [6] を行なって条件に近い単語を候補として提示する。

3 使用例

以下に本手法を用いた文章入力例を示す。

3.1 日本語文章の入力

「以下に本手法を用いた…」という文を入力例として使用する。ペンの位置は矢印カーソルで示している。

図 1に初期画面を示す．ひらがなと若干の編集コマンドを含むソフトキーボードが表示されている．

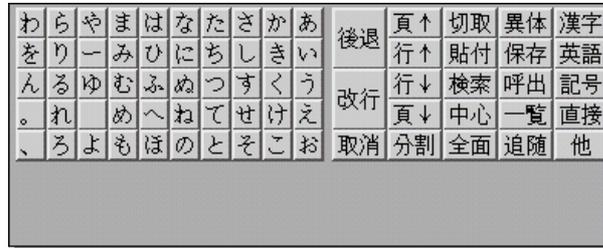


図 1. 初期画面

“い”の上でペンを押すと，読み“い”が検索条件となり，“い”で始まる単語のうち出現頻度が高いものから順に 10 個程度プルダウンメニューとして表示される．(図 2)



図 2. 読み“い”を指定

ここでペンを離すと，プルダウンメニューで表示されていた候補単語が図 3のように画面の下部に表示されるようになる．ペンを画面に触れてこれらの候補単語を選択することによりその単語を入力することができる．



図 3. 読み“い”を指定

図 2の状態からペンを画面に触れたまま移動させて“か”の上を持ってくると図 4の状態になる．この状態では検索条件が“いか”となっているため，“いか”で始まる全単語が表示されている．ペンを別の文字上に移動させると，それにともなって検索条件と候補単語が動的に変化する．

わ	ら	や	ま	は	な	た	さ	か	あ	...	頁↑	切取	異体	漢字
を	り	ー	み	ひ	に	ち	し	い	か	以外	いかに	井上	保存	英語
ん	る	ゆ	む	ふ	ぬ	つ	す	イ	カ	以下に	行か	生か	呼出	記号
。	れ	め	へ	ね	て	せ	以下	い	が	意外	以下本文	...	直接	
、	ろ	よ	も	ほ	の	と	そ	こ	お	取消	分割	全面	追隨	他

図 4. 読み“か”を指定

この状態からペンをメニュー上で移動して画面から離すことにより図 5 のように候補中の“以下に”を選択することができる。

わ	ら	や	ま	は	な	た	さ	か	あ	...	頁↑	切取	異体	漢字
を	り	ー	み	ひ	に	ち	し	い	か	以外	いかに	井上	保存	英語
ん	る	ゆ	む	ふ	ぬ	つ	す	イ	カ	以下に	行か	生か	呼出	記号
。	れ	め	へ	ね	て	せ	以下	い	が	意外	以下本文	...	直接	
、	ろ	よ	も	ほ	の	と	そ	こ	お	取消	分割	全面	追隨	他

図 5. 候補から“以下に”を選択

同様の手順により読み“ほん”を指定すると図 6 の状態になり、候補中の“本手法”を選択できるようになる。

わ	ら	や	ま	は	な	た	さ	か	あ	...	頁↑	切取	異体	漢字
を	り	ー	み	ひ	に	ち	し	き	い	後退	行↑	貼付	保存	英語
ん	る	ゆ	む	ふ	ぬ	つ	す	く	う	改行	行↓	検索	呼出	記号
ん	ほん	本論文	本質的	本手法	...	...	...	...	...	取消	頁↓	中心	一覧	直接
ホ	ン	本体	本年	本章	本方式	...	...	...	...	取消	分割	全面	追隨	他
本	本	本	本	本	本	本	本	本	本	...	...	...	...	...

図 6. 読み“ほん”を指定

“本手法”を選んだ時点で確定文字列は“以下に本手法”となっており、その直後に出現する頻度が高い単語が順に候補として画面下部に提示されている(図 7)。“を”は“本手法”の後での出現頻度が高い単語のひとつなので、読みの条件を指定しなくてもリストされた候補の中からペンで直接選択することができる。



図 7. “を” を選択

“を” の選択の結果，確定文字列は“以下に本手法を”となり，その後に出現する頻度の高い単語中から“用いた”を直接選択することができる．(図 8)



図 8. “用いた” を選択

ペンで画面に触れてから離すまでの操作を 1 操作と数えると，“以下に本手法を用いた”という文字列を 6 操作で入力できたことがわかる．文字認識を使用する場合約 40 操作，ソフトウェアと変換ボタンを使用する場合は最低 20 操作が必要となる²．

3.2 曖昧検索

前節の例では指定した読みにマッチする単語のみが候補として表示されていたが，そのような単語が少ない場合は曖昧検索を行なうことにより候補を捜す．例えば読みとして“てけ”を指定した場合，“てけ”で始まる単語はほとんど無いので“て.*け”でさらに検索を行なうことにより“電総研”などの候補が表示される．

4 実験

本手法を実装したペン計算機を使用し，文章入力時間の測定及び携帯時の操作性についてのフィールドテストを行なった．携帯型ペン PC(三菱 Amity) 上で動作する FreeBSD/X ウィンドウシステム上に本手法を実装したものを使用した．

4.1 入力速度の比較

各種の入力手段を用いて 128 文字からなる例文の入力にかかる時間を計測した結果を図 9 に示す．被検者は筆者一人であり，試行回数も多くないため信頼度の高いデータではないが，大体の傾向を示しているとは考えられる．

² い/か/変/に/確/ほ/ん/変/し/ゆ/小/ほ/う/変/を/確/も/ち/い/た/変/(変: 変換, 確: 確定, 小: 小文字に変換)

入力手法	入力時間
Emacs+SKK	50秒 (153文字/分)
(紙に手書き)	90秒 (85文字/分)
本手法	120秒 (64文字/分)
S社携帯PDA ソフトキー + 変換	290秒 (27文字/分)
S社携帯PDA 手書き文字認識	300秒 (26文字/分)
M社携帯PC ソフトキー + 変換	260秒 (30文字/分)
M社携帯PC 手書き文字認識	320秒 (24文字/分)

図 9. 入力速度の比較

本手法による入力速度は、キーボード入力には及ばないものの、既存のペン計算機における入力速度は大幅に上回っている。

4.2 携帯時の入力

通勤電車の中などで本論文を作成する実験を行なった。電車内での作業も含め、本論文の約3割は本入力システムを使用して入力した。揺れる車内で長い文章を入力することは容易ではないが、立ったままでも文章を入力/編集できる点は利点である。近年は携帯端末が普及しているためか、車内で論文を書いていると奇異な目で見られることは無かったが、揺れのひどい車内で長時間操作を続けると多少気分が悪くなることもあるようである。

5 議論

5.1 単語辞書と文例辞書

本手法を効果的に使うためには質の良い単語辞書と例文辞書が必要となる。実験に使用した単語辞書と文例辞書は筆者のディスク中の全文書/メールからSKK辞書を用いた簡単な形態素解析により抽出したもので、図10,11のような型式になっている。

する / する
しすてむ / システム
そうさ / 操作
ますい / 増井
ゆーさ / ユーザ
...

図 10. 単語辞書の型式

いる / やって / いる
いない / やって / いない
ます / 書け / ます
かけ / が / 書け
か / 文章 / が
...

図 11. 文例辞書の型式

システムはまず文例辞書を先頭から調べ、現在のカーソル位置の直前の文字列が辞書の第 2 要素の文字列に一致し、かつ指定された読みが辞書の第 1 要素の読み matches するとき第 3 要素の文字列を候補とする。その後システムは単語辞書を先頭から調べ、指定された読みが辞書の第 1 要素の読み matches するとき第 2 要素の文字列を候補とする。このように、辞書の先頭から順番にマッチング操作を行なうだけで 2 章で述べた検索方針を実現することができる。

図 10,11 の辞書は一般の文章作成に向けたものとはいえないが、筆者自身の文書作成に適応した辞書となっており、以前に作成したことのある文章を入力しやすい構造になっている。また、選択した単語や文例は辞書の先頭に追加されるようになっているため、次の検索の際には優先的に候補となり、直前に入力した文章に似た文章をもう一度入力することが容易になっている。

作成する文書の種類やコンテキストに応じて異なる辞書を使用することによりさらに効果的な文章入力を行なうことも可能である。例えば、名簿データベースの住所入力欄では地名のリストを辞書に用いることができるし、手紙を作成するときは文例集を辞書として用いることが有効であろう。

5.2 関連研究

以前の操作例から次の操作を予測する手法は PBE (Programming by Example) のインタフェースへの応用として広く研究が行なわれており [1][5]、キーボードによるテキスト入力の予測への適用例もある [2]。また最近使用したコマンドを次回選択しやすいように提示する研究も行なわれている [3]。本手法では、ペンによる選択操作を予測インタフェースと結合させることにより文章の入力を高速化した点が特徴となっている。

[4] では本論文で述べたものに類似した予測手法を手書き文字認識と組みあわせることにより手書き入力の効率をあげる手法を提案している。文字の入力と候補の選択をひとつの手書き操作で行なうことができるため、予測システムとの相性が良いのが特徴であるが、1 節で述べた手書き文字認識システムの問題点をそのまま保持しているため、ソフトキーによる検索条件指定に比べるとペン操作が多く必要であり、入力に時間がかかると考えられる³。

³ [4] では入力時間に関する実験結果について述べられていないが、各種の例文を用いた解析により、必要な入力文字を 10 ~ 44% 減らすことが可能であるという結果が示されている。しかしこの場合、最も効果的であった場合でも $30 / (1 - 0.44) = 54$ 文字 / 分程度までしか改善することができないと予想され、これは本論文の手法による 64 文字 / 分に及ばない。

5.3 英語入力への適用

本手法は日本語の入力に対し特に有効であるが、英語のように変換操作が必要無い言語の文章入力においても、綴りの部分指定 / 文例の有効利用 / 曖昧検索などの特長がある程度有効に働く⁴。特に、本手法では単語の検索により入力を行なうためにスペルチェックが不要になることは大きな特徴である⁵。

5.4 読みの指定による単語の絞り込み

5.4.1 単語選択の静的解析

全単語の読みと出現頻度から、目的の単語を入力するのに必要なペンストローク数を計算することができる。日本語辞書と英語辞書を使用した場合について、読み / 綴りを指定するペンストローク数に応じて全文章中のどの程度の割合の単語を入力できるかを計算した結果を図 12 に示す。英単語の出現頻度は ACM CHI'95 Proceedings CD-ROM に含まれる全論文から抽出した。

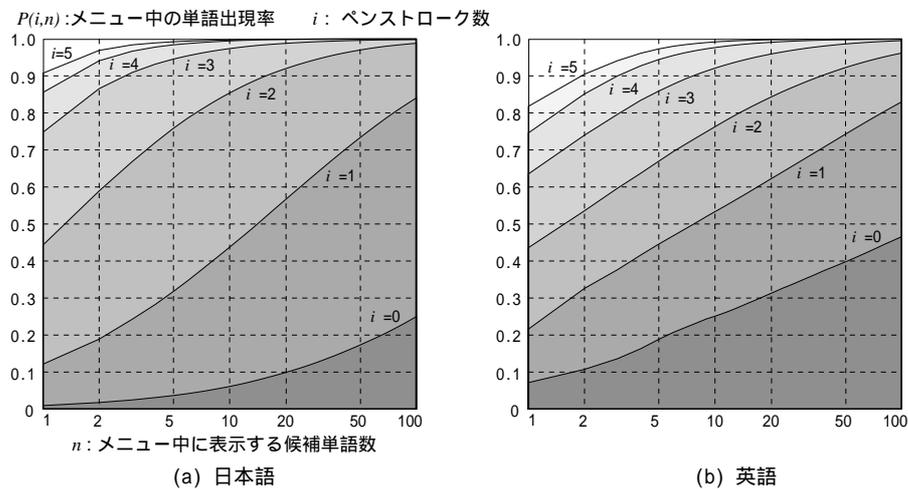


図 12. メニュー中に目的の単語が含まれる確率

例えばメニューに 10 単語を表示させる場合、今回使用した日本語辞書 (約 22,000 語) では「最初の 1 文字の読みの選択 + メニューの選択」で 471 単語を選択でき、「最初の 2 文字の読みの選択 + メニューの選択」では 8611 単語を選択できるが、前者の 471 単語の例文中での出現確率は 44% であり、後者の出現確率は 85% である。読みを 3 文字指定すると出現確率は 97% 以上になる。このように、表示するメニュー項目が少ない場合でも、読みを 1 ~ 2 文字指定するだけでほとんどの単語が選択できることになる。

メニュー中表示する候補単語数を増やすことにより、目的の単語がメニューに表示される確率は高くなるが、表示する候補単語数を増やしすぎるとメニュー内の単語を捜すのにかかる時間が読みを入力する時間を上回ってしまうし、大きな表示領域も必要となるので、トレードオフが存在する。一般の仮名漢字変換方式では、候補を沢山表示

⁴ 例えば “p”, “t”, “p”, “s” の指定で “Pithecanthropus” を入力できる [6]。

⁵ 日本語のスペルチェックが普及していない理由は、仮名漢字変換システムを使用する場合は辞書に無い単語を入力してしまうことが少ないためであると思われる。

することは行わず、より詳しい条件(読み)を指定することにより候補を絞り込んでいくが、本手法の場合は、条件指定が不十分でも複数候補中からの選択を行なうことにより目的の単語を選んでいることになる。入力速度が選択速度を大きく上回る場合は一般の仮名漢字変換方式が有利であり、そうでない場合は本手法が有利になると考えられる。

5.4.2 コンテキストからの予測の効果

静的解析による前節の計算は、本手法において予測機構を使用しない場合に対応している。実際のテキスト(英文)の入力において、コンテキストからの予測機構を使った場合及び辞書の適応的拡張を行なった場合について同様の計算した結果を図13に示す。例文を用いたコンテキストからの予測や辞書の適応により、入力単語がメニュー中に表示される確率が高まっていることがわかる。

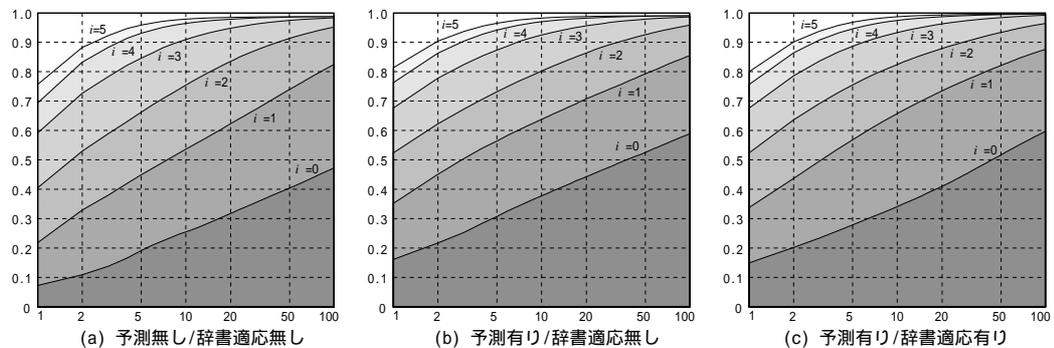


図 13. コンテキストからの予測と適応辞書の効果

5.5 例に基づくインタフェースの提案

従来のPBEの研究においては、ユーザの過去の操作例からの汎化により将来の操作を予測したり、複数の例からの帰納的推論により操作規則やマクロを導く手法の研究が盛んに行なわれていた。これらの研究は理論的には興味深いものの、少ない数の事例から正しい規則を導くことは本質的に困難であるため、実用的に使用されているシステムは多くないのが現状である。一方、汎化や推論を行わず、過去の具体的な事例を用いるインタフェースは現実に広く使用されている。例えばUNIXシェルの履歴機構やGNU Emacsのコンプリション機能は、推論機構を使用していないにもかかわらず、ユーザの操作の量の軽減に有用であるため広く使用されている。本論文で提案した手法も、推論を用いることなく過去の具体的事例を有効に使用している点でこれらの実用的なシステムと共通点がある。近年の機械翻訳システムでは、文法規則に重点を置いた方式よりも、多くの文例を用いた文例ベースの翻訳システムが主流になりつつあるが、インタフェースの場合も同様に、例から汎化により規則を導いて再利用するよりも、用意した多くの事例データそのものを効果的に検索し再利用する手法の検討が重要になると考えられる。各種の手法により例データを活用する例に基づくインタフェースの研究が今後特に重要であると考えられる。

6 結論

候補単語の動的検索と例文からの予測を利用したペンによる高速文章入力手法を開発した。今後はより実用的な実装と定量的評価を行なっていきたいと考えている。

参考文献

- [1] Allen Cypher, editor. *Watch What I Do – Programming by Demonstration*. The MIT Press, Cambridge, MA 02142, 1993.
- [2] John J. Darragh, Ian H. Witten, and Mark L. James. The Reactive Keyboard: A predictive typing aid. *IEEE Computer*, Vol. 23, No. 11, pp. 41–49, November 1990.
- [3] Saul Greenberg. *The Computer User as Toolsmith*. Cambridge Series on Human-Computer Interaction. Cambridge University Press, 1993.
- [4] 福島俊一, 山田洋志. 予測ペン入力インタフェースとその手書き操作削減効果. 情報処理学会論文誌, Vol. 37, No. 1, pp. 23–30, January 1996.
- [5] 増井俊之, 中山健. 操作の繰返しを用いた予測インタフェースの統合. コンピュータソフトウェア, Vol. 11, No. 6, pp. 484–492, November 1994.
- [6] 増井俊之, 水口充, George Borden, 柏木宏一. なめらかなユーザインタフェース. 第37回冬のプログラミングシンポジウム予稿集, pp. 13–23. 情報処理学会, January 1996.