

## 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

福島 俊一

山田 洋志

(fuku@hum.CL.nec.co.jp) (h-yamada@hum.CL.nec.co.jp)

NEC 情報メディア研究所

本論文では、ペンによる日本語入力の効率を向上させることを目的に、予測ペン入力インタフェースを提案し、そのための文字列予測の実現方法と、手書き操作削減効果の評価結果を述べる。近年、期待が高まってきているペンコンピューティングは、小型化が可能で、初心者にもなじみやすいという利点があるが、キーボードに比べると入力効率の点で大きく劣るのが現状である。本論文で提案する予測ペン入力インタフェースでは、既に入力された文字列をもとに、これから入力されるであろう文字列を予測して、ユーザに提示する。予測が一致した部分は手書き操作を省くことができ、また、予測が誤ったとしても訂正操作は一切不要なインタフェースとした。文字列予測方式は、最後に書き込まれた文字を末尾とする同一字種文字列をもとにして、それを先頭部分に含む文字列を学習メモリや辞書から検索する方式を考案した。この方式を3種類のテキスト(論文、随筆、小説)で評価した結果、ペンで入力する際の手書き操作を10%～44%削減することができた。

### A Predictive Pen-Based Japanese Text Input Method and Its Evaluation

Toshikazu FUKUSHIMA Hiroshi YAMADA

Information Technology Research Laboratories, NEC Corporation

1-1, Miyazaki 4-chome, Miyamae-ku, Kawasaki City, Kanagawa 216, Japan

This paper proposes a predictive pen-based Japanese text input method, and also describes its evaluation results. Recently, the pen-based computer market has been growing up. The pen computing has the advantage of portability and novice accessibility. However, it is inferior to keyboard-based methods in text input speed. The new method, proposed in this paper, can improve the pen-based input efficiency. It tries to show character strings, which the user is planning to input, automatically. If the string matches the user's expectation, it can eliminate the user's hand-writing operation. It predicts the input strings by on-line training and dictionary search. The evaluation results show that the proposed method can eliminate 10% - 44% of the user's hand-writing operation.

## 1 はじめに

近年、ペンを用いて文字の入力やコンピュータの操作を行なうペンコンピューティングへの期待が、急速に高まってきている [1]。キーボードと比べたペンコンピューティングの利点は、(a) 小型化が可能であることや、(b) コンピュータ初心者にもなじみやすいことである。例えば、携帯端末では (a) の利点が活かされ、ペンワープロでは (b) の利点が活かされている。

しかし、ペンによる手書き操作で日本語入力を行なうと、手書き文字認識における誤認識の発生や、日本語文字 (特に漢字) の画数の多さなどから、キーボードよりも入力効率が大きく劣るのが現状である。この欠点は、ペンワープロのような文書作成の用途で特に問題になる。ペンを用いた文書作成作業 [3] をより快適なものにするには、ペンによる日本語入力の効率改善が必要である。

この改善のためには、手書き文字認識の性能を着実に高めていくことが基本であるが、さらにテキスト処理技術を組み合わせるのが有効である [2]。そのようなアプローチによるものとして、従来、文字認識後処理や交ぜ書き漢字変換がペン入力処理に取り入れられている。

文字認識後処理は、1文字ずつの文字認識の段階で認識結果を確定させてしまわずに、複数の候補文字を組み合わせ、単語や文としての確からしさにもとづいて認識結果を決定する方法である [2][5]。例えば、ある文字に対して「土」と「士」の両方が候補文字になっているとき、「親から相続した { 土 / 士 } 地」という文脈ならば「土」と決定できる。文字認識後処理を加えると、ユーザにとっては、見かけ上、文字認識率が向上して見える。

交ぜ書き漢字変換は、漢字交じり文字列を対象とした仮名漢字変換である [6][7]。例えば、「土地の分じょう」→「土地の分譲」のような変換が行なえる。画数の多い漢字を仮名で書いて変換できるので、ペンによる日本語入力の効率を向上させる効果がある [8]。

一方、ペン入力に限定しなければ、短縮形登録や部分一致検索による省略補完の機能が、キーボードからテキストや操作指示 (コマンド) を入力する際の効率向上に役立っている。さらに、操作履歴や入力履歴を積極的に活用してユーザの次の入力を予測するようなインタフェースの研究も進められている [9][10]。

筆者らは、この種のテキスト処理技術 (省略補完、入力予測) を、新たに、ペンによる日本語入力の場面にも適用することにした [2]。省略補完を行なうならば、例えば、ユーザは「コン\*」と書いて「コンピュータ」に変換できる。入力予測を行なうならば、例えば、ユーザが「コン」と書いたところで自動的に「ピュー

タ」が提示されることになる。

しかも、特に入力予測については、ペン入力に適用した場合、従来のキーボード入力で考えられていたものよりも効率のよい入力インタフェースが考えられる。キーボード入力の場合、省略補完はもちろん入力予測を利用するときにも、何らかの特別な指示操作が必要である。特別な指示操作としては、省略箇所の指定、省略補完の要求指示、予測文字列の選択指示などがある。しかし、ペン入力の場合は、次の文字を書く操作に指示操作を兼ねさせることが可能で、その結果、予測文字列を採用するために特別な指示操作を必要としない入力インタフェースが実現できる [4]。

本論文では、上述のような新しい入力インタフェースである「予測ペン入力インタフェース」を提案する。本インタフェースでは、ユーザが文字を書き込む操作自体を減らせるため、従来の文字認識後処理や交ぜ書き漢字変換などよりも、入力効率の大幅な向上が期待できる。また、入力文字列を予測する方式は、日本語の特徴に着目し、同一字種文字列の単位を基本にした方式を考案した。本論文では、この予測方式を用いた場合にユーザが文字を書き込む操作をどれくらい削減できるかに関する評価結果も報告する。

## 2 予測ペン入力インタフェース

予測ペン入力インタフェースでは、既に入力された文字列をもとに、これから入力されるであろう文字列を予測して、ユーザに提示する。その具体例を図 1 に沿って以下に説明する。

- この例では「トーナメントに」という文字列を入力しようとしている (初期状態 A)。
- ペンで文字を書き込み (状態 B)、その文字認識が完了すると、文字認識結果「ト」と同時に、その直後の領域に続けて予測文字列「ースター」が表示される (状態 C)。予測文字列は反転表示などで区別される。
- 予測が合わなかった箇所 (予測文字列の「ス」の位置) から重ね書きする。この段階で、その位置より前 (左側) の予測文字列は確定文字列に変わり、その位置以降の文字列は表示が消える (状態 D)。
- 重ね書きした文字「ナ」の文字認識が完了すると、改めて予測文字列が表示される (状態 E)。
- 今度の予測文字列「メント」は完全に所望のものであったので、その直後の位置から次の文字を書き込み始める (状態 F)。この段階で予測文字列は確定する。



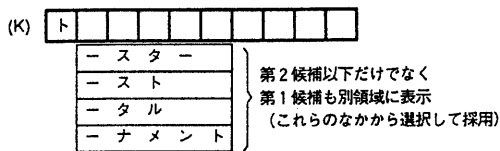


図 4: 従来型の複数候補表示の例

インタフェースと比べると、余分な操作を行なうことになってしまいます。つまり、ペンを文字の書き込み操作と選択指示操作とで使い分けているので、従来のキーボード入力での入力予測ありインタフェース [9] と、操作手順における本質的な違いがないことになる。それに対して、本論文で提案する予測ペン入力インタフェースは、次の文字を書き込む操作に指示操作を兼ねさせるといふペンならではの操作手順を利用しているため、余分な選択指示操作が不要になっている。

### 3 文字列予測方式

既に入力された文字列をもとに、これから入力されるであろう文字列を予測するために、以下のような文字列予測方式を考案した。

この方式は、単語分かち書きされない代わりに漢字・平仮名・片仮名・英数字などの複数字種をもつ日本語の特徴に着目し、同一字種文字列の単位を基本にしている。予測を行なうための情報源としては、辞書と学習メモリを備えている。

予測を行なう手順は以下の通りである。予測のもとにする文字列を「ベース文字列」と呼び、そのベース文字列をもとに予測された文字列を「予測文字列」と呼ぶことにする。

#### 予測の手順

- 手書きされた文字を末尾とした同一字種文字列<sup>2</sup>をベース文字列とする。例えば、既入力文字列が「このトーナ」ならば「トーナ」をベース文字列とする。
- まず、ベース文字列を先頭部分文字列として含む文字列を、学習メモリから検索する。学習メモリは最も新しいものから古いものへ遡って検索し、最初に該当したものをとる (最近使用文字

<sup>2</sup>同一字種文字列は、漢字列、片仮名列、平仮名列、英数字列、その他の文字列、という 5 種類とする。その先頭は、字種の変化点や改行の直後である。

列優先<sup>3</sup>)。

- 学習メモリで該当しなかった場合に限り、辞書を検索する。辞書からは、ベース文字列を先頭部分文字列として含む最長の文字列を検索する (最長文字列優先<sup>4</sup>)。ここで用いる辞書には、単語に限らず、出現頻度の高い文字列 (特に同一字種文字列) が初期登録されているものとする。
- 上記で該当した文字列からベース文字列と一致した先頭部分文字列を除去したものを、予測文字列とする。例えば、ベース文字列「トーナ」に対して「トーナメント」が見つかったならば、予測文字列は「メント」である。

#### 学習のタイミングと方法

- 入力文字列の字種が変化すること、その直前の同一字種文字列 (ただし長さは 2 文字以上<sup>5</sup>) を学習メモリに格納する。例えば、「このト」と入力されたところで「この」を学習する。
- 予測文字列全体がユーザの期待に完全一致したときに、ベース文字列と予測文字列を合わせたものを学習メモリに格納する。例えば、ベース文字列「トーナ」に対して、予測文字列が「メント」でユーザの期待に完全一致したとき、「トーナメント」を学習メモリに格納する。予測文字列全体がユーザの期待に完全一致したとは、第 2 節で述べた予測ペン入力インタフェースにおいて、ユーザが重ね書きせずに予測文字列の直後に文字を書き込んだことを意味する。
- 上記の 2 通りのタイミングで学習する文字列は、区別せずに同一の学習メモリに格納する。学習文字列は古いものから新しいものへ格納順に並べる。既に格納済みの文字列であっても、最近使用語優先により格納順が意味をもつため、毎回格納する。

#### 4 手書き操作削減効果の評価

第 3 節で述べた文字列予測方式による予測ペン入力インタフェースを使った場合に、ユーザの手書き操作がどれくらい削減できるかを評価した。

本節の評価では、第 2 節で述べた基本型の予測ペン入力インタフェースを対象とする。基本型の予測ペン

<sup>3</sup>テキストにおいて同じ用語 / 文字列が繰り返し用いられることが多いため、この種の学習機能が有効であることは、仮名漢字変換などでよく知られている。

<sup>4</sup>作成しようとするテキストにおける用語 / 文字列の出現頻度が未知だとしたら、条件に合うなるべく長い文字列を出すようにするのが、一致文字数を多くするための戦略として妥当だろうと考えた。

<sup>5</sup>長さ 1 の文字列は予測に使えないので学習しても意味がない。

表 1: 予測ペン入力インタフェースのシミュレーション例

文字位置	テキスト	成功判定	ベース文字列	予測文字列	予測源
1859	形	×	形	形態素抽出	学習
1860	態	○			
1861	素	○			
1862	抽	○			
1863	出	○			
1864	処	×	形態素抽出処	理部	学習
1865	理	○			
1866	の	×	の	ような	学習
1867	ハ	×	ハ	ードウェア	学習
1868	ー	○			
1869	ド	○			
1870	ウ	○			
1871	エ	○			
1872	ア	○			
1873	化	×	化	学的エネルギー	辞書
1874	を	×	を	もつが、	学習
1875	行	×	行	き当たりばったり	辞書
1876	な	×	な	どは、	学習
1877	い	×	ない		
1878	、	×	ない、		

入力インタフェースでは、予測文字列が所望のものでなかったとしても、それを訂正する操作が一切不要で、かつ、テキストを連続的に入力していく過程で、文字を手書きする以外の特別な操作は発生しない。したがって、入力するテキストの全文字数に対する予測成功文字数の割合が、そのままユーザの操作数<sup>6</sup>の削減率になる(これを「手書き操作削減率」と呼ぶことにする)。

#### 4.1 予測ペン入力インタフェースのシミュレーション

上述のように、基本型の予測ペン入力インタフェースによる手書き操作の削減効果を求めるには、予測成功文字数を数えればよい。そこで、今回の評価は、人間が実際に対話的な予測ペン入力インタフェースを操作するのではなく、テキストファイルを与えて予測成功文字数を自動的に算出する一括処理プログラムを作成して行なった。

このプログラムでは、テキストファイルから文字を1文字ずつ読み込みながら、基本型の予測ペン入力インタフェースをシミュレートし、予測の一致/不一致

<sup>6</sup>ここでいう操作数は、1文字を手書きする操作1回を単位として数えたものである。各文字の画数や書きやすさの違いは反映させずに、どの1文字を手書きする場合でも一律とみなしている。

(成功/失敗)を判定する。このプログラムによるシミュレーション例を表1に示す。表1では、例えば、テキストの1864文字目に「処」が書き込まれたとしたとき、ベース文字列は「形態素抽出処」で、それに対する予測文字列は学習メモリにもとづいて「理部」となることを示している。このとき、次の1865文字目を読むと「理」であるから、予測と一致し、1865文字目は判定成功である。さらに、その次の1866文字目を読むと「の」で、これは予測文字の「部」とは異なるので、1866文字目は判定失敗である。判定失敗となった1866文字目では、その文字「の」がユーザによって上書きされたものとみなして、改めて予測を行っている。このようにして、テキストファイルを読み込みながら、予測の成功文字数を自動的に集計できる。

#### 4.2 評価の条件

評価には表2に示す3種類のテキストを用いた。学習効果も測定するため、1万文字程度のテキストで、ひと続きのまとまった内容のものを対象とした(TEXT-1:論文、TEXT-2:随筆、TEXT-3:小説)。

辞書は、仮名漢字変換用の単語辞書から別な語の

表 2: 評価に用いたテキスト

テキスト	文字数	タイプ	著者	出典
TEXT-1	11269 文字	論文	福島俊一	情報処理学会論文誌、Vol.32、No.10、pp.1259～1268
TEXT-2	11943 文字	随筆	谷川徹三	「哲学案内」、第1章～第4章
TEXT-3	10804 文字	小説	武者小路実篤	「友情」、第1章～第9章

表 3: 1 千文字当たりの学習メモリ格納量

テキスト	同一字種学習	完全一致学習	合計
TEXT-1	234.0 件	21.7 件	255.7 件
TEXT-2	206.9 件	13.9 件	220.8 件
TEXT-3	199.3 件	8.4 件	207.7 件

先頭部分に一致する語を除去<sup>7</sup>するなどした 83565 語の辞書を用いた。第3節の文字列予測方式では、辞書に頻出文字列を登録しておくのが得策である。仮名漢字変換用の単語辞書は、分野を特定せずによく使われる単語が集められているであろうと仮定して、今回の評価に用いることにした。

第3節で述べた文字列予測方式による手書き操作削減効果を単純に算出するだけでなく、予測の情報源として用いた辞書と学習メモリの各々の寄与などについても分析する。そのため、各テキストに対して、次の4通りのケースを測定することにした。

ケース (A): 辞書と学習の両方を用いた場合 (第3節で提案した方式)。

ケース (B): 学習せずに辞書のみで予測した場合。

ケース (C): 辞書を空にして学習のみで予測した場合。

ケース (D): 学習のみで、一度入力したテキストを再入力した場合。

また、学習の効果はテキストを入力していくにつれて顕在化してくるものなので、手書き操作削減率はテキスト1千文字ごとに測定することにした。

### 4.3 結果と考察

3種類のテキストの各々について、(A)～(D)の4通りのケースで測定した手書き操作削減率のグラフを、図5、図6、図7に示した。

<sup>7</sup> 第3節で述べたように、辞書からの検索では最長文字列優先の戦略を採っている。したがって、ある語が別の語の先頭部分に含まれてしまうような場合、その語を登録しておく意味がない(予測処理にまったく貢献しない)。

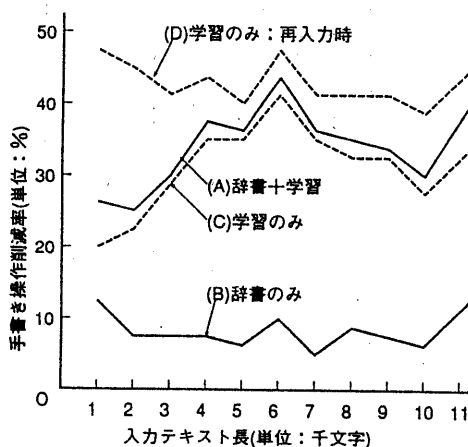


図 5: TEXT-1(論文)での手書き操作削減率

また、辞書と学習の両方を用いたケース (A) について、学習メモリの格納量をテキスト1千文字当たりで平均したものを表3に示した。第3節で述べた方式では、同一字種文字列の学習と完全一致時の学習の2通りを併用している。そこで、表3には、その内訳も示した。

以下に評価結果をまとめ、考察を述べる。

- 第3節で提案した文字列予測方式 (辞書と学習の両方を用いたケース (A)) によって、TEXT-1(論文)の場合で25%～44%、TEXT-2(随筆)の場合で13%～24%、TEXT-3(小説)の場合で10%～18%の手書き操作削減率があった。本論文で提案する予測ペン入力インターフェースは、ペンによる日本語入力効率の向上に十分効果があることを確認できた。
- 辞書を用いず学習だけで予測を行なうケース (C) と、辞書と学習の両方を用いるケース (A) とでは、いずれのテキストでも、手書き操作削減率に数%程度しか差がなかった。辞書に比べて学習の寄与が非常に大きい。
- 学習だけを用いて同じテキストを再入力した場合であるケース (D) の手書き操作削減率は、TEXT-

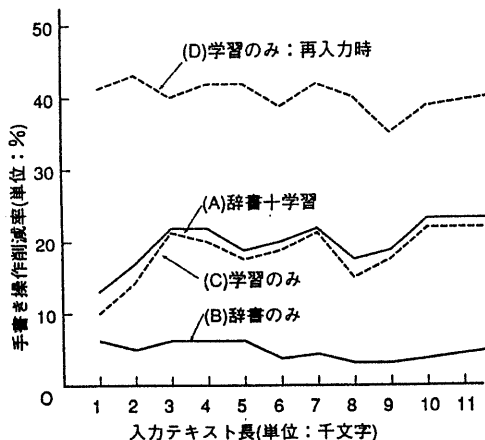


図 6: TEXT-2(随筆)での手書き操作削減率

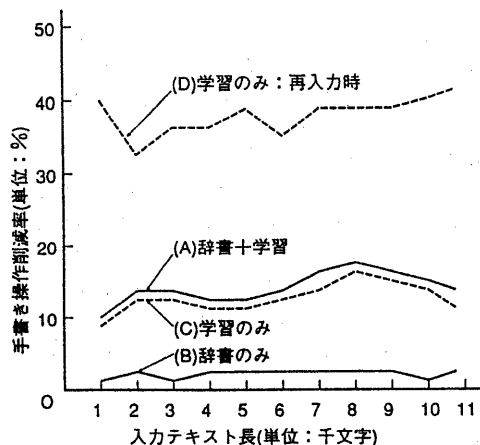


図 7: TEXT-3(小説)での手書き操作削減率

1(論文)の場合で39%~48%、TEXT-2(随筆)の場合で35%~43%、TEXT-3(小説)の場合で33%~42%となった。このことから、テキストと学習内容が非常によくマッチしていれば、40%前後の手書き操作削減率が得られるものと考えられる。

- 最初の3千文字程度までは学習効果の明らかな立ち上がりが見られる。それ以降は、単純に学習効果が伸びるのではなく、学習内容とテキスト内容とのマッチの度合いに応じて変化している。
- 手書き操作削減効果の大きさはTEXT-1 > TEXT-2 > TEXT-3の順となった。表3における同一字種学習の件数が、その要因の1つを示している。同一字種文字列の学習件数は、そのテキストにおける2文字以上の同一字種文字列の出現件数を表す。その件数の多さの順は、上記の手書き操作削減効果の大きさの順と同じ傾向である。同一字種文字列の単位を基本とした文字列予測方式の場合、2文字以上の同一字種文字列が多く出現した方が予測が働く機会が多くなり、かつ、予測の情報源として学習メモリに格納される文字列も増加する。その結果、予測の的中する可能性も高くなる。

## 5 おわりに

ペンによる日本語入力の効率を向上させることを目的に、予測ペン入力インタフェースを提案した。予測ペン入力インタフェースでは、既に入力された文字列をもとに、これから入力されるであろう文字列を予測して、ユーザに提示する。その際に、(1) 予測文字

列がユーザの望むものでなかったとしても訂正操作は一切不要、(2) 予測が完全一致しなくても途中まで一致した分だけ手書き操作を削減可能、(3) 連続的なテキスト入力過程では文字を書き込む以外の特別な操作は不要、といった特長をもつ。

さらに、予測ペン入力インタフェースを実現するための文字列予測方式を提案し、それによる手書き操作の削減効果を確認した。提案した文字列予測方式は、最後に書き込まれた文字を末尾とする同一字種文字列をもとにして、それを先頭部分に含む文字列を学習メモリや辞書から検索する方式である。このような予測方式により、評価した3種類のテキストでは、ペンで入力する際の手書き操作(文字単位に数えたもの)が10%~44%削減できた。特に学習の寄与が大きく、テキストと学習内容が非常によくマッチしていれば、40%前後の手書き操作削減率が見込めることもわかった。

予測ペン入力インタフェースでは、ユーザが文字を書き込む操作自体を減らせるため、従来の文字認識後処理や交ぜ書き漢字変換などの手法よりも、入力効率の大幅な向上が期待できる。また、手書きする文字数が減るために、文字認識誤りの発生数も減少するという見方もできる。

キーボードからの入力に予測表示を取り入れたDarraghらのReactive Keyboard[9]に対して、本論文で提案した予測ペン入力インタフェースは、予測文字列を入力文字列領域に続けて表示し、文字の書き込み操作に選択指示を兼ねさせることで、ペン操作の特徴を生かした効率向上を達成している。また、Reactive Keyboardにおいて文字列予測に用いているn-gram方式は、日本語のテキストに適用すると、その字種の多さのため、動的に変化するn-gramデータの管理に

検討が必要と思われた。今後、本論文で提案した文字列予測方式との比較評価も考えてみたい。また、文法情報や文脈情報を積極的に活用した文字列予測方式の可能性も検討してみたい。

提案した予測ペン入力インタフェースは、既にペンコンピュータ上で試作済みである [3]。実際に使用してみた感想としては、適切な予測文字列を提示してくれたときに手書きの手間を省けたありがたみは大きいですが、望んでいるものと異なる予測文字列を表示されたときには思考が乱されることがある。このような使用感をどのような指標で評価するかも、今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 特集: ペン・コンピュータ普及元年、日経バイト、1994年1月号。
- [2] 山田・福島、自然言語処理を用いたペン入力効率向上手法の提案、情処 48 全大:4J-11、1994年。
- [3] 山田・福島・竹元、ペンベース文書作成 (1): 試作システム、情処 49 全大:1S-6、1994年。
- [4] 福島・山田、ペンベース文書作成 (2): 予測ペン入力方式、情処 49 全大:1S-7、1994年。
- [5] 西野、文字認識における自然言語処理、情処学会誌:34(10)、1994年。
- [6] 金子・建石・鳥原、代表読み辞書を用いた交ぜ書き漢字変換、情処論:35(6)、1994年。
- [7] 山田、漢字混じりかな漢字変換用単語辞書の作成、情処 46 全大:5L-3、1993年。
- [8] 福永・井上・鈴木、ペン入力インタフェースとしての漢字混じり仮名漢字変換評価、情処 47 全大:2J-4、1993年。
- [9] J.J.Darragh, I.H.Witten, and M.L.James, The Reactive Keyboard: A Predictive Typing Aid, IEEE Computer: 23(11), 1990.
- [10] 増井・中山、操作の繰り返しを利用し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:11(6)、1994年。