

ペンの周囲で操作することを可能にするインタフェース

An Interface which Makes it Possible to Operate Computer Around the Pen

佐藤 大介 志築 文太郎 田中 二郎*

Summary. We described about an interface which makes it possible to operate computer only around the pen. The interface designed for a mouse and a keyboard is unsuitable for using with a pen. It originates in increasing the amount of movements of the pen or in an excessive interface interfering with operation. FlowMenu is one of solution this problem. FlowMenu, however, cannot input Japanese which needs conversion function. And, it can works at only special application. We have developed a Japanese input method "Popie" which works on FlowMenu. One of feature of Popie is inputting by consonants. Another feature is providing the candidates by the prediction and complement. In this paper, we present a method to avail the interface which makes operation possible only around the pen for any applications.

1 はじめに

近年, PDA やタブレット PC のようなペンで操作するコンピュータが注目されている. ユビキタス社会では, PDP やプロジェクタを用いた大画面をペンで操作するような場面も増えるだろう. そして, 指やペンで操作するコンピュータの数が増加し, マウスやキーボードによる操作に代わって指やペンによる操作が重要な役割を持つと考えられる.

しかし, ペンはマウスやキーボードとは違うデバイスであり, マウスが画面を間接的に操作し, ペンが画面を直接的に操作するなど, 特性も異なる. 以下にペンでコンピュータを操作する場合の3つの問題点を示す.

- インタフェースが散在しているため, ペンの移動量が増える
- ペンをタップする際にタップ位置に集中する必要がある
- 文字入力など付加的なインタフェースが, 文字入力以外の操作の邪魔になる

伸張ポインタと手書き文字による UI では [1], ペンの移動量は減らせるが, メニュー選択等の細かい操作は難しくなると考えられる. また, 手書き文字認識による入力は, 誤認識を訂正するための UI が必要になり, 上記の問題が絡むといえる.

ペンの周囲で操作を行うシステムとして, メニュー操作をする Pie Menu [2] や, 英数字や仮名などの文字入力を行うためのインタフェース [3][4] が開発されている. しかし, Pie Menu はタップを基本としたメニューであり, [3][4] は, 変換操作が考慮されておらず文字入力のためのウィンドウが必要である.

そこで我々は, ペンの周囲で操作することが可能な FlowMenu [5] に着目した. このインタフェースは, ペンの周囲に操作のためのインタフェースを集めたもので, ポップアップメニューのように必要なときに表示される. これにより, ペンの移動量も増えず, 余計なインタフェースが画面を占有することもない. また, ストロークによる入力を行うため (詳細は 1.1 節に示す), タップの問題も解決している.

我々はこれまで, FlowMenu の操作体系を用いて, ペンの周囲で日本語入力を行うシステム Popie を開発してきた [6]. 本稿では, FlowMenu の操作体系を工夫して用いることにより, 上記の問題を解決し, 日本語入力システム Popie を実装した, 各種アプリケーションを操作するインタフェースを構築できることを示す.

1.1 ストロークによるアクションの実行

Pie Menu や FlowMenu は, 円形もしくはドーナツ型のインタフェースを持つ. これらは従来のリスト表示によるポップアップメニューと比べ, 各メニュー項目までの到達距離が同じであったり, 方向によってメニュー項目の位置を覚えられたりする利点がある.

円形メニューでは円を何等分しても本質的には同じだが, [7] の評価によれば 8 分割から 12 分割の間で, 急激にエラー率が上昇するとされており, 8 分割が妥当な選択だと言える.

FlowMenu が Pie Menu と大きく違うのは, インタフェースの各領域の境界線をペンで横切ることによってアクションを起こす点である. 図 1 の例では, ペンを中心から左下に移動させ (a), 境界を横切ってサブメニューを表示し (b), 中心にペンを戻すことで複製 (duplicate) を行っている (c).

このように FlowMenu ではストロークでアクション

* Daisuke Sato, Buntarou Shizuki and Jiro Tanaka, 筑波大学 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻

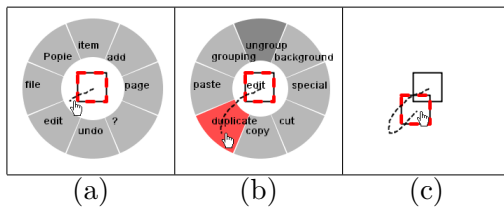


図 1. ストロークによるアクションの実行

ンを実行する。これにより、複数のアクションを連続したストロークで実行することができる。また、選択項目の位置を覚えることで、ジェスチャを使うように、素早くメニュー選択や入力ができる利点を持っている。

2 ペンの周囲で操作するインタフェース

FlowMenu はメニュー操作やアルファベット入力を、ペンの周囲で行えるインタフェースである。しかし、専用のアプリケーションに実装されており、各種アプリケーションに対して操作できず、日本語入力もできない。

ペンで操作するコンピュータを使いやすくするためには、各種アプリケーションに対して操作できるシステムが必要である。ここでは、マウスとキーボードによる操作を分類し、どのような機能が必要であるかを検討する。

- ・メニュー操作 マウスで選択
- ・ボタン操作 ボタンをマウスでクリック
- ・ドラッグ操作 ある特定の部分をマウスでドラッグ
- ・文字入力 キーボードで入力

メニュー操作は FlowMenu の機能そのものではあるが、対象となるアプリケーションや、使用する状況によって表示するメニュー項目が異なる。そのため、アプリケーションで使われているメニューを取得したり、プロフィールを用いてメニューのカスタマイズができるような実装が必要である。

ボタン操作とドラッグ操作は、メニュー操作を組み合わせることで、より使い勝手が向上すると考えられる。例えば、ボタン操作はペンでタップするという動作になるが、ウィンドウのタイトルバーにあるような小さなボタンは押しにくい。そこで、一般的な“閉じる”やブラウザの“戻る”、“進む”などのボタンについては、メニュー項目に組み入れる。また、ドラッグ操作によるウィンドウのサイズ変更でも、ウィンドウの端をタップするのは難しいので、同様にメニュー項目からサイズ変更できるようにする。これらは、一種のショートカットのような機能である。

文字入力については日本語入力システム Popie を用いることで対応できる。詳しくは第 3 節以降で述べる。

システムイメージを図 2、図 3 に示す。このシステムは、大きくメニュー操作(図 2)と、日本語入力(図 3)の部分に分けることができる。このように、ファイル进行操作する場合やブラウザのフォームへの文字入力など、各種アプリケーションに対する操作を、ペンの周囲で行うことができるようになる。



図 2. ファイル操作のメニュー表示

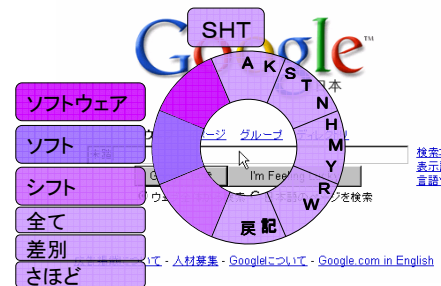


図 3. ブラウザのフォームに Popie で文字入力

3 Popie

Popie は FlowMenu 上で日本語入力を行うシステムである。主な特徴は以下の 3 点である。

- ユーザは基本的に子音を入力する
- システムは子音列から候補を予測したり、入力された単語から次の単語を推測したりする
- 候補が多すぎる場合など、適宜子音に対応する母音を選択することで絞込みをする

3.1 入力方式の選択

日本語入力システムは様々な方式のものが開発されているが、表 1 に示すように、入力に使うキーの数と入力の曖昧さの間でトレードオフの関係がある。入力に使うキーの数が増えれば曖昧さは少なくなるが、入力するユーザの負担が増大し、入力に使うキーの数が減れば曖昧さは増えるが、入力するユーザの負担は減少する。

我々は、ペンで入力する場合には、ユーザの負担をなるべく減らすことが重要であると考えている。ユーザの負担は、入力に使用するキーの数と、入力に必要なキーの入力回数に関係すると考えられるため、直接入力のようなものは使えない。

表 1. 入力キーの数と曖昧さ

入力方式	入力キーの数	曖昧さ
直接入力	文字数 (2000~)	なし
かな入力	ひらがなの数	同音異義語
ローマ字入力	ひらがなの数	同音異義語
子音入力	子音の数	母音+同音異義語
母音入力	母音の数	子音+同音異義語

またメニュー項目の数による制限についても考える必要がある。FlowMenu のメニュー階層は理論上無限であるが、文字入力操作の速度、操作性を考慮して 2 階層までに制限すると、メインメニューが 8 項目、サブメニューがそれぞれ 8 項目で 64 通りの入力が行える。

しかし、“中心から上側にペンを移動し、円の下側までペンをぐるっと移動させ中心に戻す”という操作は時間がかかるため、サブメニューはメインメニュー項目の位置の、両側 2 つ隣までの 5 項目を使うべきである。よって、 $8 \times 5 = 40$ 通りにキーの数を抑える必要があるため、かな入力は除外される。

次にローマ字入力と子音入力を比較すると、日本語ではほぼ子音と母音を交互に打つので、子音入力ではキーの入力回数が約半分になる。子音入力では、母音が抜ける分だけかな漢字変換の際の曖昧さが増えるが、子音入力システム Touch Me Key[8] では、使用頻度の高い候補を上位に表示することで、この問題を改善している。

さらに、子音入力よりもキーの数が減る母音入力と考えられる。しかし、10 個が半分の 5 個になるだけで、キーの入力回数はほぼ変わらないので、子音が抜ける分の曖昧さは不利になるだけである。実際に母音入力のシステムを試作したが、子音入力と同じ 10 万単語レベルのコーパスではとても使いものにならなかった。母音入力を導入するのであれば、パーソナライズするなどの工夫が必要だろう。

以上より、Popie には子音入力を用いることとした。入力には“AKSTNHMYRW”の 10 個のキーを用い、子音のない“あ行”は便宜的に子音を‘A’とし、促音‘ん’や長音‘ー’は‘W’に含めた。また濁点や半濁点、拗音や促音に特別な子音は用意せず、‘が’は‘K’、‘ば’は‘H’、‘っ’は‘T’のようにした。

3.2 予測と補完

さらにユーザの負担を抑える手段として、補完や予測による候補の提示も導入した。補完とは、単語の途中までの入力で単語を推測することであり、例えば“こいず”という入力に対して“小泉”などの候補を提示することである。予測とは、入力された文章から次に入力されるであろう単語を候補として提示する機能であり、“小泉”と選択した直後に“首相”や“内閣”といった候補を提示する。これらの機

能は POBox[9] などのシステムで実現されており、ユーザの負担を減らすのに大きな効果を得ている。POBox ではかな入力やローマ字入力を用いているが、子音入力でも、これらの機能を導入することは可能である。

3.3 母音による絞込み

子音入力において曖昧さが増すことにより、候補数が増すという問題点は、[8] によれば文章を推測する方法を改良することで、改善できるとしている。

しかし、[8] ではコーパス中の単語のみを入力することが前提で、コーパスにない未知語を入力できない。また、現実的には出現頻度の低い単語も入力できなければならないが、子音だけしか入力できない場合、候補を選択するのに時間がかかってしまう。

表 2 は Popie のコーパスにおいて、 n 文字の子音の入力に対して、先頭から m 文字の母音を確定した場合の、候補数の平均値を示している。Popie では、CD-毎日新聞 2001 年度版 [10] を用いてコーパスを作成した。平均値は、対象単語数を、入力が可能な組合せのうち、候補を 1 つ以上持つ組合せの数で割ったものとした。この表から、母音を 1 つ確定するだけで、候補を相当数減らす事が可能なことが分かる。

そこで我々は、ユーザが必要に応じて、子音に対応する母音を選択できる機能を Popie に実現した。Popie では FlowMenu を拡張することで、その機能を実現している。

表 2. 子音 n 個のうち母音 m 個を確定時の候補数平均

文字数 n	確定文字数 m						対象単語数
	0	1	2	3	4	5	
1	194.10	23.40					1941
2	129.42	20.05	4.99				12813
3	34.63	7.26	3.04	1.95			32069
4	8.06	3.10	2.19	1.60	1.46		49109
5	2.31	1.61	1.47	1.37	1.27	1.20	33969

4 Popie のインタフェース

図 4 に Popie のインタフェースを示す。Popie は子音入力と母音選択を行う部分、候補選択を行う部分の 2 つに大きく分けられる。

子音入力と母音入力を行う部分は、中心をレストエリア、8 分割されている各領域をオクタントと呼ぶ。

4.1 子音の入力

図 5 に Popie を使って子音‘K’入力する例を示す。まず初期状態 (a) から、“位 AK”とラベルの付いた上側のオクタントにペンを移動し、サブメニューを表示させる (b)。続けて、サブメニューの右上側のオ

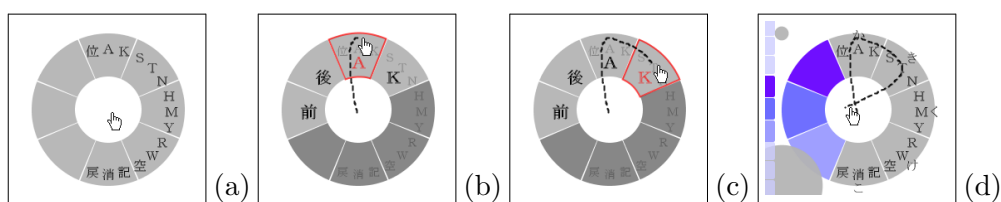


図 5. Popie を使って、子音 'K' を入力する例

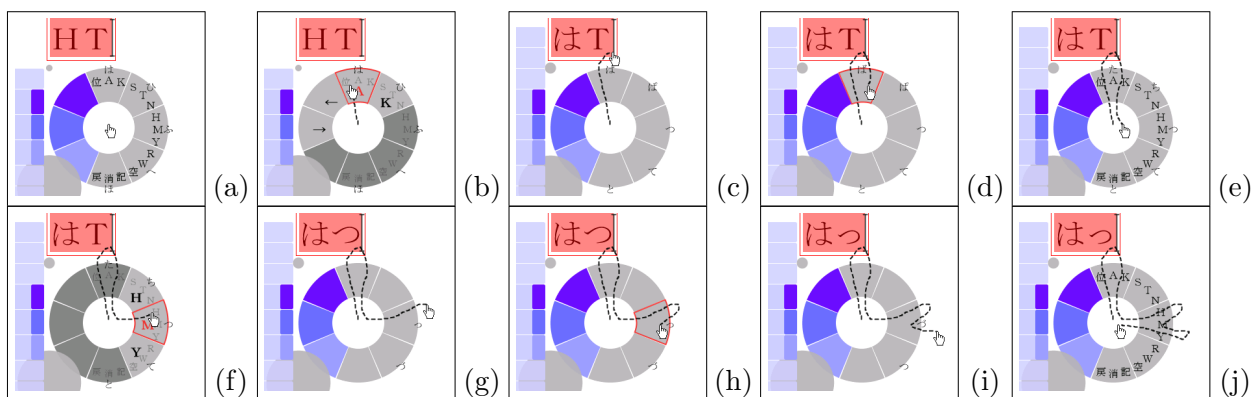


図 6. Popie を使って、母音を選択する例

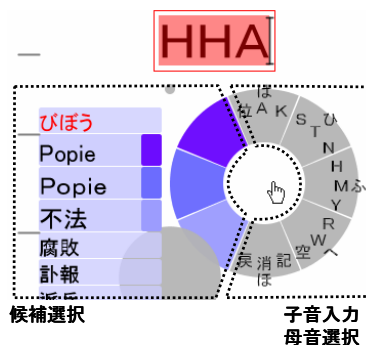


図 4. Popie のインターフェース

クタンツ 'K' の位置にペンを移動させ (c), 中心のレストエリアにペンを戻すことで 'K' を入力する (d).

このとき, 中心, 上側, 右上側, 中心という順番で (d) のような三角形を描くことが, 子音 'K' の入力であると覚えれば, 'K' の位置を目で確認せずに, ジェスチャのように素早く 'K' を入力することができる.

他の子音も 'K' と同様に, 入力したい子音を含むラベルの付いたオクタンツにペンを移動し, サブメニューの対応する位置からレストエリアにペンを戻すことで入力できる. 例えば, (b) からそのままレストエリアに戻した場合は, 'A' が入力される.

4.2 母音の選択

母音選択は, 母音が確定していない子音を先頭から順番に母音を選択する操作である. ここでは, 母音選択の機能を子音入力と両立させて実現するため,

オクタンツの外側の領域にペンを移動したときにも, アクションが起こるように FlowMenu を拡張した.

図 6 に Popie を使って, 'T' の母音を選択する方法を示す. まず, "HT" が入力された状態で (a), ペンを上側のオクタンツを通らせ (b), 'は' を横切るようにペンをオクタンツの外側に出す (c). その後, ペンをレストエリアに戻すと 'は' が確定する (d, e).

次に 'つ' を確定するために, まず 'つ' を選択する (f, g). 次に 'つ' を選択するため, 一度オクタンツまでペンを戻した後 (h), もう一度オクタンツの外側にペンを移動させる (i). その後, ペンをレストエリアに戻すと 'つ' が確定する (j).

母音はオクタンツ上側から順にあいうえお順に配置されており, オクタンツの外側の境界上に, 確定される仮名が表示されている.

4.3 候補の選択

Popie では, 左側 3 つのオクタンツを使って候補を選択する. よって, 上位 3 候補はスクロールすることなく選択が可能である. 上位 3 候補にない場合

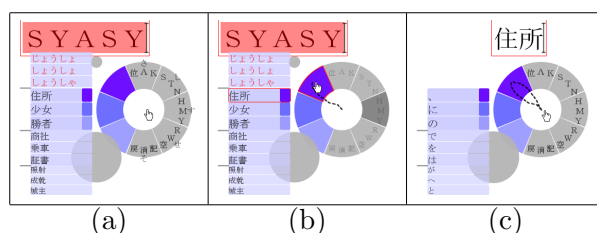


図 7. Popie を使って, '住所' を選択する例

は、母音選択により絞り込むか、スクロールすることで候補を選択するが、スクロール方法については割愛する。

図7にPopieを使って“住所”を選択する例を示す。この例では“SYASY”がすでに入力された状態である(a)。ユーザは“住所”に対応した左上側のオクタントにペンを移動し(b)、レストエリアにペンを戻すことで“住所”を選択することができる(c)。

5 Popieの性能

これまで、我々はユーザによる文字入力実験と、子音キーの配置に関する評価を行ってきた[11]。

入力実験では15分間の入力を8セッション行ったが、第8セッションでは平均24.7文字/分であった。ちなみに、システムの作成者は37文字/分程度で入力が行える。

子音キーの配列に関しては、“AKSTNHMYRW”の仮名順の並びから変更しても、入力速度は5%程度しか向上しないことが分かった。これは、覚え易い仮名順を変えるメリットがないことを示している。

5.1 入力の詳細

今回、入力の詳細を見るため、[11]の実験のログから、子音入力、候補選択、母音選択、その他(バックスペースやアンドゥなど)の操作時間や操作回数を算出した。実験では、8セッションの入力を行っているが、1セッション目は練習を兼ねるためデータからは除外した。

図8は、第2～8セッションまでの、各操作の合計時間が、入力時間全体に占める割合を示している。第8セッションでは、子音入力59.4%、候補選択30.6%、母音選択4.2%、その他5.8%である。システムに慣れるに従って、子音入力と候補選択の割合が若干増え、母音選択とその他の割合が若干減る傾向が見られた。

図9は、セッション中の各操作の操作回数を示している。慣れるに従い、子音入力、候補選択の回数が増加している。一方、母音選択の回数は増加すると予想されたが若干減少し、その他の回数は相対的に減っており、エラー率が下がったことを示している。

図10は、各操作を1回行うのに要した時間の平均値を示している。また図11は、子音入力を1回行うのに要した時間を、キーの位置で分類して平均値を算出したものである。キーの位置の分類は、ストロークが直線になる“ATMW”と、ストロークが三角形になる“KSNHYR”の2つである。“KSNHYR”では、“ATMW”に比べ軌跡が長くなるので、操作にかかる時間も長くなっている。

母音選択はストロークは直線になるが、他の操作に比べ、入力に時間がかかっている。これは、オクタントの外側までペンを移動することによる、ペンの

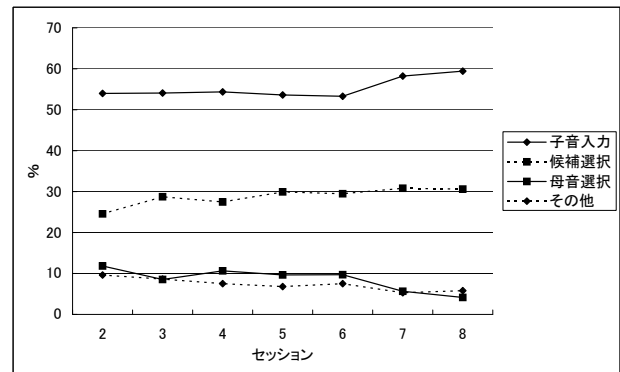


図8. 各操作が入力時間全体に占める割合

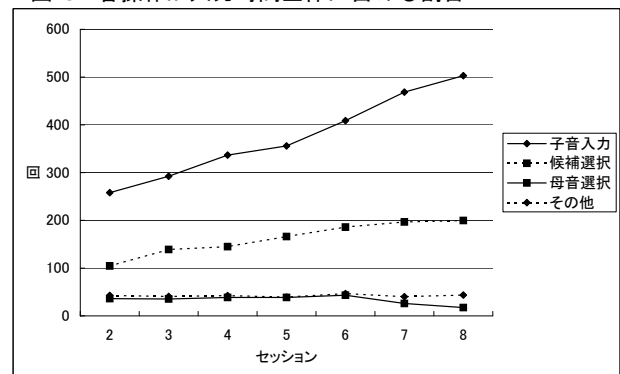


図9. セッション中の各操作の操作回数

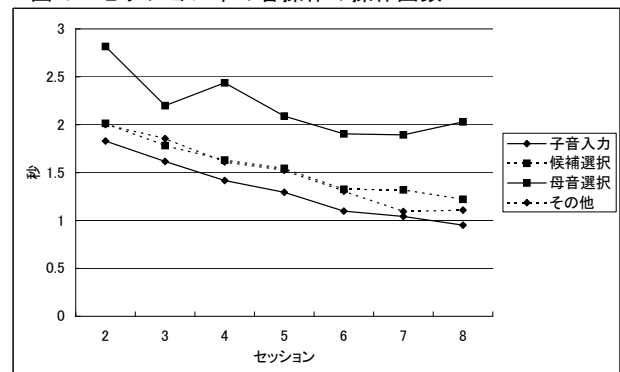


図10. 各操作を行うのに要した時間の平均

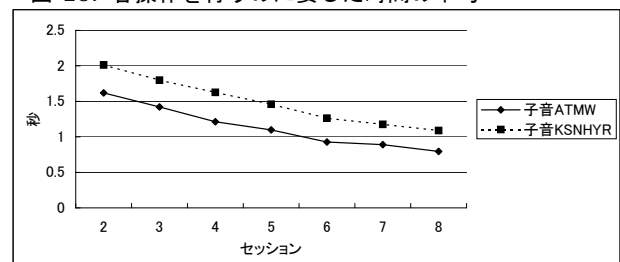


図11. 子音入力を行うのに要した時間の平均

移動距離からくる時間の増加と、子音入力から母音選択への切り替えにかかる時間を含むと考えられる。

どの操作も慣れるに従って、操作時間が短くなっている。候補選択では、上位 3 候補を選択する場合、ストロークが直線になるが、同じストロークの“ATMW”よりも、0.4 秒ほど時間がかかっている。しかし、候補を認識する時間や、スクロールの時間を含む割には、それほど遅くなっていないと言える。

5.2 議論

Popie では子音入力方式を採用したが、ローマ字方式による入力を採用した場合を考える。入力の詳細から、子音入力に約 6 割、候補選択に約 3 割の時間がかかることが分かるので、子音と母音で単純に倍の入力があると考ええると、曖昧さが減る事を考慮に入れても、入力速度が下がる可能性がある。よって、子音入力方式を選択したことは良かったと言える。今後、定量的な評価による比較も検討したい。

一方、母音選択は操作時間に占める割合も少なく、操作回数もさほど多くなっていない。また、1 回の操作にかかる時間の平均も他の操作に比べて長いことが分かる。今後、母音選択の機能が入力時間にどの程度効果があるかを含め、母音選択のインタフェースを検討する必要があるだろう。

6 実装方法

ペンの周囲で操作が可能なインタフェースとして、Windows 上で動作するシステムを実装する方法を述べる。本システムでは各種アプリケーションへ対応するため、常に一番上に表示されるウィンドウを用いる。そのウィンドウを透明にすることで、任意の形状のメニューを表示することができ、マウスイベントをフックすることでメニューを操作できる。これで、メニューの基本部分は実装可能である。

メニュー項目はアプリケーション固有であるため、メニュー項目の文字列と ID を win32API で取得することにより、本システムからメニューの機能を実行できる。また、プロファイルを用いてメニューのカスタマイズを行えるようにし、独自の機能を組み込んだり、表示位置の調整を可能にする。さらに、フォルダ階層やファイルの情報を取得することで、FlowMenu 上でのファイル操作も行える。

7 まとめ

本稿では、ペンの周囲で操作が可能なインタフェースについて述べた。従来、コンピュータをペンで操作する場合、ペンの移動量の増加やタップによるユーザへの負担の増加、付加的なインタフェースによる操作の妨害という問題があった。しかし我々の FlowMenu を用いたペンの周囲で操作が可能なインタフェースにより、これらの問題を解決できる。

このインタフェースは大きくメニュー操作と文字入力の部分から成り、文字入力部分は日本語入力シ

ステム Popie として開発した。Popie は子音による日本語入力を行い、入力単語の予測や補完の機能を持つ。また、母音選択の機能により、子音入力の曖昧さによる問題点を改善している。これにより、FlowMenu 上で日本語入力を行う事が可能になり、ペンの周囲で操作が可能なインタフェースを実現することが可能になった。

今後、システムを実装し、ペンの周囲で操作が可能なインタフェースの評価を行う予定である。

8 付録

以下の URL から Popie デモプログラムやデモムービーをダウンロードすることができる。

<http://www.iplab.cs.tsukuba.ac.jp/popie/>

参考文献

- [1] 坂東宏和, 加藤 直樹大即 洋子, 中川正樹. 大画面に適したポインティングユーザインタフェースの拡張. 情報処理学会研究報告 2001-HI-95, pp. 47-52, September 2001.
- [2] D. Hopkins. The design and implementation of pie menus. *Dr. Dobbs's Journal*, pp. 16-26, December 1991.
- [3] K. Perlin. Quikwriting: Continuous stylus-based text entry. In *Technical Note of ACM User Interface Software and Technology 1998 (UIST 1998)*, November 1998.
- [4] 堀井真吾, 菊池猛, 千葉玉三, 赤池英夫, 角田博保. 速記型ペン入力方式の検討. 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会研究報告 95-HI-59, pp. 1-8, March 1995.
- [5] F. Guimbretière and T. Winograd. FlowMenu: Combining command, text, and data entry. In *Proceedings of ACM User Interface Software and Technology 2000 (UIST 2000)*, pp. 213-216.
- [6] 佐藤大介, 三浦元喜, 志築文太郎, 田中二郎. ペンによるメニュー選択に基づく日本語入力手法. 日本ソフトウェア科学会第 20 回大会論文集, September 2003.
- [7] G. Kurtenbach and W. Buxton. The limits of expert performance using hierarchic marking menus. In *Proceedings of InterCHI '93*, 1993.
- [8] 田中久美子, 犬塚祐介, 武市正人. 携帯電話における日本語入力-子音だけで日本語が入力できるか. 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 10, pp. 3087-3096, October 2001.
- [9] 増井俊之. ペンを用いた高速文章入力手法. In *Proceedings of Workshop on Interactive Systems and software 1996 (WISS 1996)*, pp. 51-60. 日本ソフトウェア科学会, 近代科学社, December 1996.
- [10] 毎日新聞社. CD-毎日新聞 2001 年度版, 2001.
- [11] D. Sato, M. Miura, B. Shizuki, and J. Tanaka. Menu-selection-based japanese input method with consonants for pen-based computers. In *Proceedings of 6th Asia-Pacific Conference on Computer-Human Interaction (APCHI2004)*, pp. 399-408. LNCS3101, July 2004.