

言語統計に基づく小型携帯端末のための効率的な文書入力システムの研究(継続8)

Study on Statistical Text Entry Method for Mobile Devices

田中(石井)久美子 東京大学情報基盤センター

Kumiko TANAKA-ishii Information Technology Center, The University of Tokyo

研究期間 平成13年度～平成15年度

研究費総額 17,858,000円(間接経費、消費税を含む)

概要

文字入力用に少数のみのキーを用いて自由な文章の入力を行うシステムに関する研究を報告する。本システムは動的な統計言語モデルに基づいて予測的に入力を行うものである。さまざまな実験の結果、4つのキーを用いたとしても、PPMによる学習を用いると現行の携帯電話における文書入力に匹敵する効率で入力が可能であることがわかった。

本システムは既存のかな漢字変換システムを一般化したものとして位置付けることができる。応用としては、小型機器類における入力や、高齢者や障害者のための簡易文書入力が考えられる。現在は、英語、日本語、フランス語、タイ語での入力が可能であり、ホームページで試用版の配布を行っている他、民間企業が携帯電話用システムの製品化を行っている。

Abstract

This paper presents the design of a text-entry device that requires only a few number of buttons. Such a device is applicable as the text interface of portable machines and as an interface for disabled people. The text-entry system is predictive; the basis for this is an adaptive language model. Our evaluation showed that the system is at least as efficient for the entry of free text as the text-entry systems of current-generation mobile phones.

1. 研究目標

本研究課題の目標は、かな漢字変換システムを一般化・汎用化し、少数のボタンだけを用いて自由な文書を入力するシステムを構築し、その可能性を探ることにある。

かな漢字変換システムは特に日本や中国で研究が進められた言語システムである。かな漢字変換システムの発端は、1960年代にコンピュータのキーボードのキーの数(40程度)が、扱う漢字の数(数千～数万)に比べて少ないという問題にある。キーボードのキーに文字を割り当てて入力を行うことが困難であったため、現在のかな漢字変換が工夫された。現在同システムは広く一般に使われるまでに発展している。

近年、携帯電話の普及と共に、機器類上のキー数(約10)が言語の文字数(英語でも26)よりも少ないという問題は世界に共通のものとなった。このため、少数キーで言語をいかに入力するかという問題を解く必要性が高まった。日本や中国はこの問題に世界に先がけて取り組んでいるため、その技術を一般化し、応用することが一つの解決策として考えられる。この意味で、本研究は日本や中国のソフトウェア技術を、世

界に発信するという重要な特徴を持っている。

かな漢字変換は、曖昧性を利用する点にその鍵がある。曖昧性とは、ある入力文字列に対して「複数の変換候補が挙がること」であり、たとえば、「氷」を入力する際、かな漢字変換では、読み「こおり」を入力して変換するが、「こおり」は「氷」以外にも「凍り」「郡」などの変換候補が挙がり、入力文字列「こおり」は曖昧である。この曖昧性を一般化して捉えたことが、本研究の基本アイデアである。たとえば、携帯電話では、ボタンが10個しかないので、曖昧な文字列として子音列を考える。「氷」を入力する場合、「(か段)(あ段)(ら段)」（携帯電話では「219」）だけを入力する。入力文字列の曖昧性が読みの場合よりも大きいため、候補には「凍り」などのほかに「香り」「コアラ」などが挙がる。この考え方をつきつめると、たとえば4つのボタンで英語を入力できるか?といった疑問が生じる。

本研究課題では、さまざまな言語において少数のボタンでの入力方法を探求することが目標である。その際、

- 曖昧な文字列の設計法
- 候補の整列方法
- 辞書の構築方法

に関する基礎研究を行うことが必須となる。特に近年ではあたり前となった、大規模な電子言語データを利用した言語の統計モデルに基づく方法を探求する。その際、日本語以外の言語にも応用を行い、言語間の差異についても同時に調査する。

成果は、社会に還元していく。特に、携帯端末のためのアプリケーションについては民間会社に委託して製品化を目指す。また、本研究の別の応用として、身障者・高齢者用の簡易入力システムも考えられるためその可能性も探る。

2. 研究内容

2.1 実例

かな漢字変換の手続きは、日本人なら誰でも知っていることであるが、

1. ユーザが曖昧な文字列を入力する。(たとえば、「こおり」の入力)
2. システムは文字列に対応する変換候補を抽出し、ユーザに提示する。(「氷」「凍り」などをユーザに提示する)
3. ユーザは候補の中から目的の入力語彙を選択し、入力が完了する。

この手続きを繰り返すことで行われる。入力には漢字の「読み」を用いることが日本では一般的であるが、この点は実はさまざまな別の方法が考えられる。80年代前半には漢字の部首を入力する方法が提案されたことも日本でもあり、また、部首入力是中国では普及している。このように、入力文字列としてさまざまに曖昧なもの考えることが、我々の出発点である。

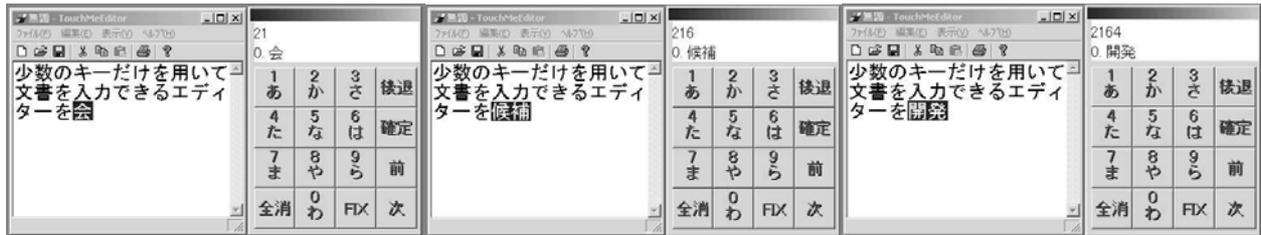


図1：入力用に10のキーを用い、TouchMeKeyEditor上で「開発」を入力している様子

例として上で述べた子音を入力方法の実例を示す。(これは我々が研究を通して開発した成果物であるので、次節で示すのが適当でもありますが、本ソフトウェアの動作を見ることで、誰しも問題の本質を理解して下さるため、ここで先に示します。)

図1に我々の開発したTouchMeKeyEditorでの入力の一例を示している。右側には入力のためのボタンと、関係する機能キーのパネル(以下ではキーエリア)が示され、左側には得られた文書の結果が示されている(以下ではテキストエリア)。

この例では、テキスト入力用に10のキー、および、機能用キーとして6つのキー、計16のキーを用いて文書の編集が行われる。入力用のキーは、「あ」、「か」・・・「わ」が示されるキーを言い、右側と下側に機能用キーが配置されている。入力用の各キーにはかなが重複して割り当てられており、1番キーに「あ」段、2番キーに「か」段・・・の割り当てとなっている。

今すでに「少数のキーだけを用いて文書を入力できるエディターを」が入力されており(図1の左図)、これから続けて「開発」を入力するものとする。すでに入力済みの文書はテキストエリアに表示されている。ここでは入力は単語単位で行うものとする。

ユーザが入力を行う時には、目的の単語のかなに相当するキーを1回ずつ押す。よって、「開発」を入力するには、「か」のボタン、すなわち2番ボタンを一度押す。つぎは「い」であるので、1番ボタンを一度押す。入力した数字列は21であり、これはキーエリア上方に現れている。その直下に、「会」とあり、これは、21に対する第一候補となっている。同じ候補がハイライトされた状態でテキストエリアにも現れている。

ユーザ入力が長さ2以上になると、長さ2以上で現状の入力に該当するあらゆる単語を候補とする。現在の入力の「21」に対しては他にも「候補」や「開発」など大量の候補が挙がっている。この時点で候補を選択したい場合には、「次」キー、「前」キーで、走査することができる。

現時点の第一候補は「開発」ではない。そこで、さらに「は」を入力するために6番ボタンをおす(中図)。すると、今度は第一候補として「候補」が挙がる。さらに続け、「つ」相当の4を押す。ここで、第一候補として、「開発」が現れたため、「確定」ボタンを押す。このように、かな一つに対して1回だけキーを押すことにより入力を行い、目的の単語が候補に現れたらそれを選択し、文書入力が進む。

さらに曖昧性の度合いを上げて、4つのボタンだけを用いて数字を入力することなどにも汎化できる。今度は英語に応用した例を示そう。ここでは、すでに“Entering text using only four”が入力されており、keysを入力しようとしている。入力用に4つのキーしかなく、1番キーに abcdef、2番キーに ghijkl などと割り当てられている。前の10キーを用いた日本語入力の場合同様、“keys”を入力するには、各文字に相当するキーを1回ずつ押し、“2143”を入力する。この時点で、“keys”は第一候補には挙がらないため、Prev、Nextで候補を探すと、第13番目に“keys”がある。この状態を表示したのが、図2である。ここで“Enter”キーを押すと、確定する。



図2：入力用に4のキーを用い、TouchMeKeyEditor上で「開発」を入力している様子

以上の例では、日本語の場合には入力用のキーとして10、英語の場合には入力用のキーとして4のキーを用いて入力が行われる例を示した。ここで、日本語でも4つのキーで入力を行うことができるか、といった疑問が生じる。また、どこまでボタンを減らすことができるのか、日本語、英語以外の言語にも適用可能なのか、といった疑問も生じる。

いずれもさまざまな別方式を検討した結果、かな漢字変換を一般化した「1アルファベット押し方式」を採用した。入力文字列としてさまざまに曖昧なもの考えてボタンの数を減らし、大きい曖昧性を持っているとしても、候補をうまく整列することで効率的な入力を実現することが我々の目的である。

2.2 基礎研究の内容

前節で示したシステムを構築するには、つぎの点についての基礎研究を行う必要がある。

曖昧な入力文字列の設計方法 たとえば、英語4キーで、1番にA~W、2番にX、3番にY、4番にZを割り当てたのでは、同じ4つボタンでも入力効率がいかにも悪そうである。すると、入力文字列はどのように設計すればよいのか？ その設計指針はあるのか？ また、どの程度ボタンの数を減らしても入力は可能なのか？

候補の整列方法 変換候補数は、入力文字列が曖昧であればあるほど、現状のかな漢字変換のシステムよりも多くの候補が挙がる。たとえば、子音での方法では「香り」「コアラ」など、母音違いの候補も対象となり、「読み」入力時の候補よりも多くの候補を扱わなくてはならない。これを適当な方法で整列してユーザに提示するにはどのような方法を用いればよいのか？

辞書の構築方法 かな漢字変換システムでは、候補は辞書中の単語に限定される。実際には、ユーザは辞書にない語を入力することも考えられ、その際にはユーザは目的語を入力できないことになる。日本語・中国語以外の言語の入力は、これまではコンピュータのキーボードによる直接の文字入力であり、目的語が入力できないという問題は存在しなかった。よって、本問題に対処することが、世界に向けて発信する際の課題となるが、どのような解決策がありうるのか？

これらの問題について、大規模な電子文書を用いて統計解析を行い、情報理論、特に条件付きエントロピーとPPMと呼ばれる技法に根ざした言語モデルを利用して、解法とその限界を探索した。

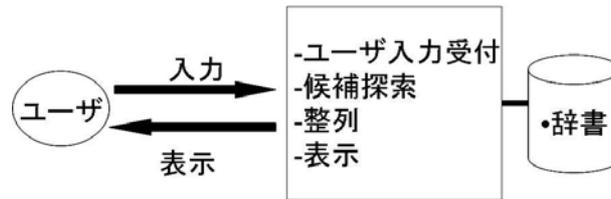


図3：TouchMeKeyの構造

また、同じ技術を複数の言語に応用し、言語間の差についても調査する。本課題の範囲では、国際語としての英語とフランス語、別種の言語としてのタイ語を選び、日本語と合わせて4か国語の入力を研究する。

2.3 応用研究の内容

少数キーの入力を考えることは、通常のキーボードよりも「厳しい条件下」での入力を考えることに相当する。身障者による入力は、「厳しい条件下」での入力に相当し、たとえばキーボードを用いることが困難である場合には、自由度を下げた少数キー入力に対応できる可能性がある。

応用研究では、身障者への応用を調査し、可能ならば実地実験を行う。プロトタイプに必要となる変更を行い、最終的には無償提供を目指す。

本研究は、基本は健常者のための携帯端末用のソフトウェアであるが、同じソフトウェアが身障者への応用の可能性がある。このようにユニバーサル技術への発展の可能性を持つことも本課題の特徴でもある。

3. 研究結果

3.1 基礎研究の成果

3.1.1 システム

我々はまず TouchMeKey というプロトタイプを初年度に構築し、それをもとにさまざまな探求を行った。TouchMeKey は図3に示すような構造を持ち、

- ユーザインターフェース
- 辞書からの候補の抽出
- 候補の並べ替え

が主に行う処理となる。実際の動作は、§2.1 で示したものとなる。TouchMeKey はボタンの数やボタンへのアルファベットへの割り当て、辞書などを自由に変更できるようになっており、言語やボタンを変更してさまざまな観点から基礎研究を行うことができるようになっている。言語は Unicode を用い、辞書さえ得ることができれば、何語でも扱うことができるようにした。辞書は大規模な言語データから作り、英語、日本語、フランス語、タイ語について構築した。

表1：キー割り当て

| キー | 割り当て | 条件付き エントロピー | 「にほんご」 を入力 |
|----------|------------------------------------|----------------|---------------|
| 11-key-a | 各段に 0~9 濁音、半濁音、記号は* | 1.807 | 2602* |
| 10-key-a | 各段 | 2.373 | 2602 |
| 5-key-a | あは段(1) かま段(2) さや段(3) たら段(4) なわ段(5) | 3.173 | 5152 |
| 5-key-b | あま段(1) から段(2) さな段(3) たは段(4) やわ段(5) | 3.453 | 3452 |
| 5-key-c | あか段(1) さた段(2) なは段(3) まや段(4) らわ段(5) | 3.737 | 3351 |
| 5-key-v | あ行(1) い行(2) う行(3) え行(4) お行(5) | 3.599 | 2555 |
| 4-key-a | あな段(1) かまや段(2) さわ段(3) たはら段(4) | 3.817 | 1432 |
| 4-key-b | あな段(1) かは段(2) さまや段(3) たらわ段(4) | 4.012 | 1242 |
| 4-key-c | あか段(1) さた段(2) なはま段(3) やらわ段(4) | 4.051 | 3341 |
| 3-key-a | あたま段(1) かなや段(2) さはらわ段(3) | 4.600 | 2332 |
| 3-key-b | あなや段(1) かさは段(2) たまらわ段(3) | 4.763 | 2232 |
| 3-key-c | あかさ段(1) たなは段(2) まやらわ段(3) | 4.821 | 2231 |
| 2-key | あ～な段(1) はやまらわ段(2) | 5.994 | 1221 |

3.1.2 曖昧な文字列の設計方法

TouchMeKey ではキーの数とアルファベットの割り当ては自由に変更できる。割り当てファイル編集するだけで、自動的に辞書を再構築するようになっている。

キーの総数が少ない場合、どのようにかなをキーに重複して割り当てるかは必ずしも自明でない。たとえば、4 キー日本語の場合、「あ段～ら段」まで割り当て、残りの3つのキーに「わ」「を」「ん」を割り当てるのでは、いかにも入力効率が悪そうであろう。

さまざまな探求の結果、情報理論の条件付きエントロピーを評価関数として設計すると、入力効率を計測できる。ある単語相当の数字列が与えられた時に、単語を平均的に適切に推定することは、 W を単語、 C を入力文字列として、条件付き確率 $P(W|C)$ がよりの確に推定できることに相当する。その時には、条件付きエントロピー、

$$\begin{aligned}
 & H(W|C) \\
 & = -\sum_{w,c} P(C=c, W=w) \log P(W=w|C=c)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

が、より小さくなると考えられる。すなわち、上式の値が小さい場合の方が、 C が与えられた時の W がより不確かでなく (less uncertain) 推定できるということである。

一方で、情報理論上非常に効率がよいとしても、割り当てが、かなの体系を無視した割り当てでは、ユーザにとって使い勝手がよい割り当てとはいえない。たとえば、「あをふめはちと」が一つのボタンに割り当てられているのでは、ユーザは割り当てを覚えられない。

そこで、あるボタン数が決められたときに、アルファベットの体系を壊さない範囲で適当な割り当てをいくつか考え、それらについて上式を見積もり、よい割り当てを探すものとする。

さまざまなボタン数での日本語での割り当ての条件付きエントロピーの値を表1に示す。b や c の方が a

よりも入力効率が高いことがわかるので、ボタンの数が一旦決まったら、たとえば、a のような割り当てを選択することが可能である。

3.1.3 候補の整列

キー数が 10 の場合に「1 かな 1 押し方式」を採用すると、毎日新聞社会面 1 年分の語彙を用いると、単語相当の入力数字列に対して 32 単語弱の候補が平均して挙がってしまう。これに対して、かな漢字変換の場合には、単語相当のかな列に対して 4 単語強程度しか候補には挙がらない。したがって、少数キーを用いた入力では、候補数は膨大となる場合がある。

候補の整列は、言語モデルをいかに構築するのか、という問題として捉えることができる。近年では大規模な言語データを簡単に得ることができるようになったことから、言語モデルを確率モデルとして構築することが多い。少数キー入力では膨大な候補を扱うため、高度な確率モデルが必要となる。

膨大な候補を扱う場合に効果を発揮する一つの方法は、ユーザの入力は文脈が限定されている点に注目することである。たとえば、ゲームの入力として本入力方式を使うのであれば、文脈はそのゲームに限定されるであろうし、携帯電話であれば、ユーザ固有のメールなどの内容に限定される。とすると、語彙表現や文脈の個別化（パーソナライズ）を行うことにより、候補選択の効率を上げることができるであろう。

ここで問題となるのは、ユーザのコーパスは、新聞コーパスなどと比較すると量が遥かに小さいということである。とすると、静的な n-gram モデルを用いて個別化を行うと、有意な統計をとれないおそれがある。そこで、まずは新聞など大容量の言語コーパスから基本となる言語の統計モデルを作り、それを少量のユーザ文書を用いて個別化することが効果的であろう。この考えに適合する枠組として PPM を用いた言語モデルを用いた。

TouchMeKey では、基本となる言語の統計モデルとして、膨大な新聞から得た単語 unigram の出現確率を用い、一方でユーザ文書からは unigram から 5gram までの単語並びの頻度を得て基本となる出現確率を補正する。PPM における補正では、長い ngram ほど大きな補正効果を得られるようになっている。

3.1.4 辞書の構築

TouchMeKey では辞書に登録されていない単語（未知語）の入力は弱点となる。この弱点は現在普及しているかな漢字変換にもいえる点である。これに対して、われわれは少量のユーザ文書をかな漢字変換システムに持たせることにより、基本辞書にない動的な未知語を学習してユーザ固有の文書入力を支援する機構を提案した（口頭発表査読付き[3]）。これにより、ユーザ文書の種類にも依存するが、最大で 7 割程度の未知語問題は解決することが明らかとなった。

このほか、ユーザによる対処として、

- 未知語を辞書に登録する

- 入力時に工夫する

の二つが考えられる。特に後者は、たとえば、ユーザは未知語の文字を含む単語を入力し、その上で前後の不要文字を消去することを繰り返して未知語を入力するか、あるいは 1 文字ずつ入力するなど作業を要する。たとえば、「情処」を入力するには、「情報」と入力して「報」を消去し、「処理」を入力して「理」を消し、その上で、「情処」を辞書にユーザが登録することなどが考えられる。

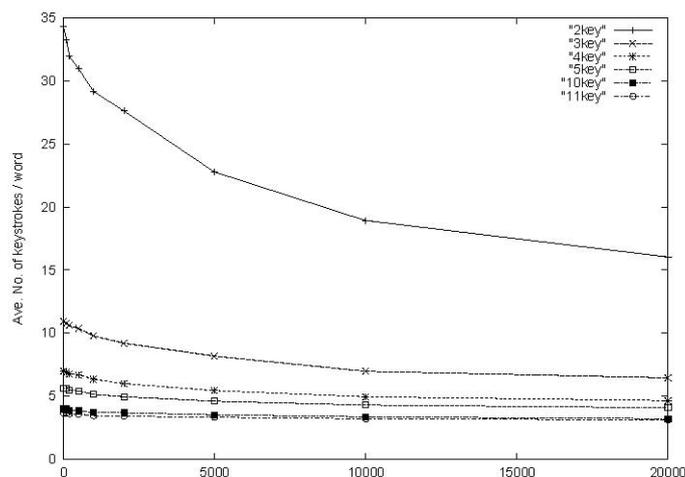


図4：学習量と単語あたりの打鍵数（メール）

以上は、ユーザ辞書に工夫を加えることで以上の結果が得られるということである。一方で、そもそも基本辞書の語彙を得て補完していくかという問題は今後の課題として残っている。

3.1.5 TouchMeKey の性能

キー入力数による評価

§2.1 で示した入力ではユーザ文書は1万単語しか使っていない。一般に、PPMにおける学習では、1万単語もあれば、学習効果の大部分が得られてしまう。たとえば、図4は、横軸に学習量、縦軸に1単語あたりの平均打鍵数を示している。各折れ線は、下から11から2までのキー総数を順に表している。ここで見られることは、当然キー数が多いほど打鍵数は少なくて済むこと、学習すればするほど、打鍵数が少なくて済むことなどがわかる他、1万単語までで学習効果の大半が得られているということである。この傾向は、新聞の経済面、科学面やプログラミングの教科書などで実験しても、同様の結果が得られる。

また、3や4といった少数のキー数でも、1単語あたりの打鍵数が5.0を下回る。打鍵数5.0とは通常キーボードで必要となる単語あたりの入力数である。すなわち、打鍵数の観点からはキーボード上のシステムと比較可能な程度に、候補推定を行うことができることが明らかとなった。

健常者によるユーザ実験

前節の評価は統計言語モデルの評価であり、ユーザの視点からの評価ではない。そこで、本節では、健常なユーザに入力を実際に行ってもらって、使い勝手を評価した結果を示す。

30分を1セッションとし、10セッション、計5時間の入力実験を行った。セッション中は入力だけに専念するものとした。二つのセッション間の休み時間は指定せず、日をまたがってもよいものとした。文章はユーザ文書に存在する単語のみから成る、ユーザ文書中にない文章を入力するものとした。

実験は、10キー、4キー両方について行った。10キーについてはテンキーパッド、4キーについては、ゲーム用のコントローラを用いて、与えられた文章を入力する。

まず、10キーの日本語の入力の結果を図5左図に示す。この実験では、既存の携帯電話での入力方法との比較を行う。横軸はセッション、縦軸にそのセッション中の平均入力速度を示した。速度は、1分あたりの

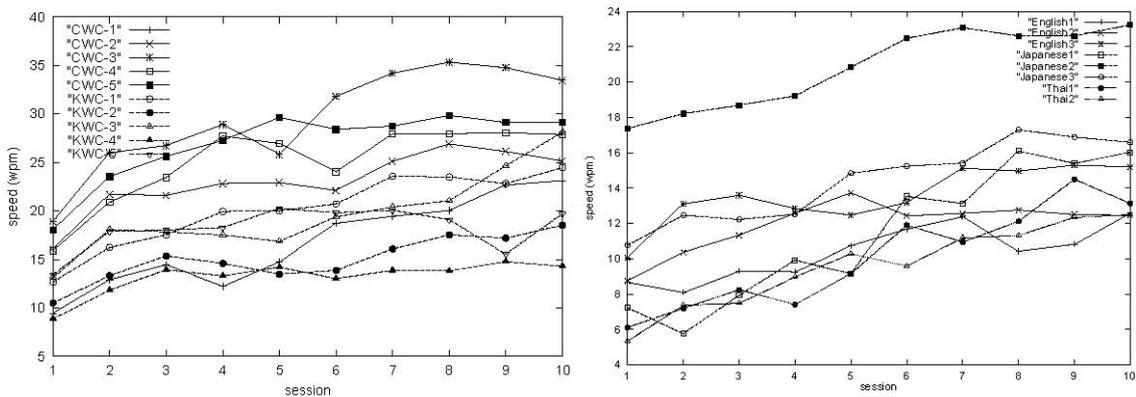


図5：ユーザによる入力速度の変遷（左は日本語で10キーの場合で、5人による提案方式（実線、CWC）、現行方式（点線、KWC）。右は4キーで日本語、英語、タイ語で3人づつ、提案方式。

入力単語数(wpm)で計測した。10本の折れ線がそれぞれ10人の被験者の入力速度の変化を表している。うち点線5人が現行のかな方式（「こおり」を携帯上で入力する際に、222221111199と入力する方法）、実線5人が「1かな1方式」の子音入力である。

子音入力については、1セッション目では被験者の入力速度が9wpmから19wpmの間に分布しているが、5時間後の10セッション目にはそれが23wpmから33wpmになっている。各被験者ごと1人ずつ見ても、速度が10wpm以上上がっている。一方現行方式では、1セッション目の速度は9wpmから13wpmの間に分布しているが、10セッション目では14wpmから28wpmになり、分布が広がっている。つまり、入力速度が速くなる人と速くならない人がいた。子音入力は現行方式よりも、人間による学習が効果を奏することがわかる。10セッション目の5人の被験者の速度の平均をとると、現行方式では21wpmであるのに対し子音入力では27.7wpmであり、我々の提案したものの方が約3割速く、同時に打鍵数は現行方式の4割り程度である。

つぎにTouchMeKey4におけるユーザ実験結果を示す。この実験では、日本語の他、タイ語、英語での入力を行う。タイ語については、4つの各ボタンに声調を割り当てて入力を行う。また、英語の場合の割り当ては、§2.1で示したものをを用いた。

8人のユーザにTouchMeKey4での入力を依頼した。3人が日本語、3人が英語、2人がタイ語を担当した。このうち、英語を入力した2人以外は全員母国語での入力を行った。

図5右図に4つキーの速度の変化を示す。実線が英語、短点線がタイ語、長点線が日本語、での実験を表す。当初は6~8wpmであった初心者も5時間後には倍以上の速さで入力を行うことができるようになった。30分間の最高平均入力速度は4つキー—日本語の場合には、23wpmであり、1単語の長さは約2.2字のメールの場合では、10分間に約500字入力できることとなり、ワープロ検定では2級程度である。

言語別の比較を行うと、日本語が最も速い。条件付きエントロピーでは、英語は1.3、タイ語は1.1であるので、日本語が最も入力上の複雑度は大きい。にもかかわらず、日本語の入力速度が速いのは、日本人が日頃かな漢字変換を使い慣れているためであろう。

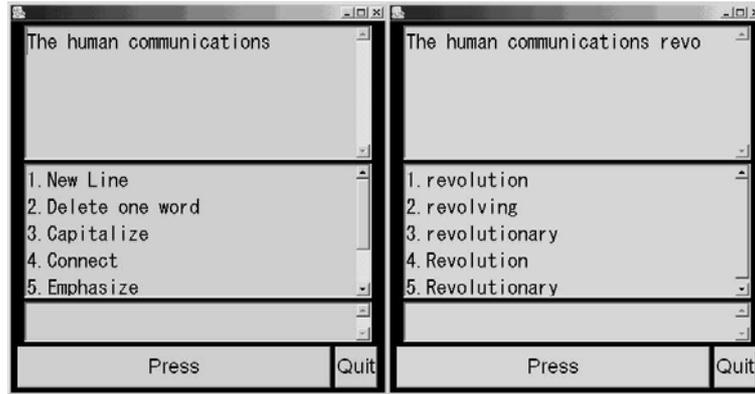


図6：1ボタン入力システム

3.2 応用研究の成果

身障者への応用として行ったことは、以下のとおりである。

- 身障者関連の会議での発表した。
- プロトタイプ TouchMeKey からエディターTouchMeEditor を構築し、身障者が自由にダウンロードできるようにした。
- 身障者用の辞書を構築し、自由にダウンロードできるようにした。

である。当初予定していた、身障者による入力実験には残念ながら至らなかった。その理由は、

- 身障者関連の研究のコミュニティとの交流をゼロから構築したため、だいたいの状況を理解するのに1年程度要した。結果、国立身体障害者リハビリテーションセンター、及び、兵庫県立身体障害者リハビリテーションセンターとの協力関係を構築することができた。
- これら2センターの助言のもと、身障者の実地実験のためのシステムの変更のために半年要した。
- 身障者は千差万別で、しかも容態が大きく変化する。2センターの助言をもってしても、実験協力をお願いできる安定した患者に出会うことが極めて難しかった。

研究を身障者の分野に生かすことは、健常者の分野に生かすことよりも遥かに時間がかかるため、粘り強く努力を重ねることが必要である。この観点からの活動は未だ始まったばかりと位置づけている。

研究目標とは少々異なるものの、身障者の現状に接した結果、TouchMeKeyとは別の1ボタン入力システムを、研究期間中に構築したことも成果の一部として報告しておく。本システムはモールス信号に基づいて1ボタンだけを用いた重度身障者のためのものである。単なるモールスコードに基づく入力システムに、単語の予測を導入している。また、変換候補のうち、候補選択により入力時間を削減しないもの刈り込みの工夫を行なって、効率が大きく向上することを確認し、国際会議などで発表した（国際会議査読付き[1]）。この効果は、現在では英語での効果のみ検証されているが、日本語のシステムや、一般の予測入力のシステムにも適用可能である。

図6に、Java 言語で実装された本入力システムの GUI を示す。下方 Press のボタンを用いてモールスコードを入力し、結果のテキストが上方の文書ボックスに、中央の候補ボックスにはユーザが選択可能なコマンドが、下方横長の窓（Press ボタンのすぐ上）には、現在ユーザが入力したモールス信号が表示される。左図においては、すでに“The human communications”という文章が入力された状態を示す。

ユーザは、ここで“revolution”の入力を行なうものとする。アルファベットの入力を“revo”まで行なったところの図が右図である。候補ボックスには目的の候補が1位に挙がっている。このように、本システムでは、単語の prefix 部分を入力すると単語全体が候補として挙がる予測を用いて入力を行なう。

候補ボックスから望みの候補を選択するには、press ボタンを長押しする。すると、候補のハイライトが始まり、一定の速さで走査する。ハイライトされているときに、ボタンを放すと、その候補が入力される。

4. 今後の展開と波及効果

4.1 今後の展開

今後の展開としては、まず本研究を通して新たにわかった基礎研究を完遂する予定である。観点としては二つあり、

文書上の情報の偏りに関する科学的探求 文書では情報が偏っていることが明らかとなった。子音の方が母音よりも多くの情報量を持っているし、単語の頭部が中ほどよりも多くの情報量を持っている。入力においては情報を多く持っているものを入力する方が入力効率が高い。よって、情報が汎言語的にどのよう偏っているのかを明らかにし、なぜそのように偏っているのかを調べる。その上で、改めて効率の高い入力を再考し、言語科学に根ざした工学としての入力研究を続けていく。

インターネットを利用した基本辞書の自動構築 現在の基本辞書は新聞を形態素解析した上で構築している。既存の形態素解析で得られる単語は人間の認知的な形態素とは必ずしも合致せず、単語が短くなりすぎる傾向があり、TouchMeKey の入力効率を下げている。この点をつぎの2つの方法で解決していく。まず、人間が入力をしやすいような基本辞書をインターネットを利用して自動構築し、よりユーザ向けの辞書を構築していく。また、単語より長い文字列を組み合わせて的に予測して候補に挙げる（現状では、連文節変換も成果のうちに入っている。ここで言うのは予測入力についてである。）

4.2 波及効果

4.2.1 産学連携先端技術開発

本技術については、5件の特許申請を行い、うち3件は審査中である。これを東京大学の TLO に委託し、産学連携活動を行っている。現在では、携帯電話用の10キー入力システムを JustSystem が製品化を行っている。近い将来に子音入力システムが携帯電話上のシステムとして登場することが期待されている。

少数キー入力、ゲーム会社、時計会社などによる実用化の交渉が進められているが、現在では専ら身障者用として社会還元の可能性が大きい。TouchMeKeyEditor は自由にホームページからダウンロードできるようにした他、国立リハビリテーションセンター関連の中小企業が広く使えるようにするために産業化に向けての関心を示している。

4.2.2 その他の波及効果

本研究の波及効果は大きく分けて二つある。

- 日本の既存のかな漢字変換システムを一般化し、世界に発信する効果
- 最先端の携帯用機器類と身障者に関する工学を同じ枠組みで扱うユニバーサル技術構築の効果

である。これについては、特に論文、口頭発表などで大きな効果を得られたと考えている。

国際的な波及効果については、入力研究を行う国際ネットワークを構築できた。特に、類似のアイデアをもとにドイツ語の4ボタン入力を研究しているドイツのコブレンツ大学のチームとは協力関係を結び、本資金をもとに交流を行っただけでなく、国際ワークショップをヨーロッパ(ICALのワークショップ)および、中国(IJCNLP Thematic Session)で開催した。また、2002年12月にはタイの国立の研究所NECTECで、タイ語の少数入力システムについて講演した。これらの活動により、自然言語処理、ヒューマンインターフェースの分野において入力研究の可能性と重要性を主張することができた。

本活動はまだ続いており、2005年には、ドイツで「効率的な入力システム」に関して、企業向けのセミナーをコブレンツ大学のチームと共催する。

最後に、本研究資金をいただいたが故、我々のアイデアは大きく花開きつつある。この機会を与えてくださったことに深く感謝すると共に、期間中さまざまな事務を担当してくださった、総務省の担当者の皆様に感謝の意を表します。

5. 誌上发表リスト

- [1] Kumiko Tanaka-Ishii and Masato Takeichi.
Predictive text entry - human codes decoded by adaptive models -. *Journal of Natural Language Engineering*, 2004. 査読中.
- [2] 田中久美子, 犬塚祐介, and 武市正人. 少数キーを用いた日本語入力. 情報処理学会論文誌, 44(2) : 433-442, 2003.
- [3] 田中久美子, 犬塚祐介, and 武市正人. 携帯電話の10keyを用いた日本語入力 -子音だけで日本語が入力できるか-. 情報処理学会論文誌, 43(10) : 3087-3096, 2002.

6. 口頭発表リスト

査読付き

計算機科学の分野では論文の採択レベルは国際会議論文の採択レベルを必ずしも上回らず、国際会議論文の方がレベルが高いことが多々あります。本節の査読論文のうち、[3],[4],[7]の採択レベルはとて高いものです。

- [1] Hideya Iwasaki and Kumiko Tanaka-Ishii.
An interactive proofreading system for inappropriately selected words on using predictive text entry. In *International Joint Conference on Natural Language Processing*, pages 366-373, 2004.
- [2] Kumiko Tanaka-Ishii and Ian Frank.
Dit4dah: Predictive Pruning for morse code text entry: towards an entry system for the seriously impaired. In *International Joint Conference on Natural Language Processing*, pages 350-357, 2004.
- [3] Kumiko Tanaka-Ishii, Daichi Hayakawa, and Masato Takeichi. Acquiring vocabulary for predictive text entry through dynamic reuse of a small user corpus. In *the 39th Annual Meeting for Association of Computational*

Linguistics, pages 407-414, 2003.

- [4] Kumiko Tanaka-Ishii, Yusuke Inutsuka, and Masato Takeichi. Entering text using a four button device. In *the 19th International Conference on Computational Linguistics*, pages 988-994, 2002.
- [5] Yusuke Inutsuka, Kumiko Tanaka-Ishii, and Masato Takeichi. Thai input system with digits. In *Natural language Processing Pacific Rim*, pages 579-584, 2001.
- [6] Kumiko Tanaka-Ishii, Yusuke Inutsuka, and Masato Takeichi. Personalization of text entry systems for mobile phones. In *Natural language Processing Pacific Rim*, pages 177-184, 2001.
- [7] Kumiko Tanaka-Ishii, Yusuke Inutsuka, and Masato Takeichi. Japanese input system with digits -Can Japanese be input only with consonants? -. In *Human Language Technology Conference*, pages 211-218, 2001.

査読なし

- [1] 田中久美子 and 伊藤和幸. 重度身障者のための1ボタン自然言語入力システムに向けて. In 電子情報通信学会福祉情報工学研究会(WIT)言語理解とコミュニケーション研究会(NLC)共催研究会, 2004.
- [2] 田中久美子 and 武市正人. 少数キー入力に基づくエディターの紹介. In 電子情報通信学会福祉情報工学研究会(WIT)言語理解とコミュニケーション研究会(NLC)共催研究会, 2004. to appear.
- [3] 田中久美子. 重度身障者のための1ボタン自然言語入力システム. In 言語処理学会大会論文集, pages 544-547, 2004.
- [4] 田中久美子, 早川大地, 武市正人, and 玉井哲雄. ユーザ文書を用いた個別かな漢字変換支援. In 情報処理学会自然言語処理研究会, volume 152, pages 153-160, 2002.

[5]丸山卓久, 田中久美子, and 武市正人. PPM 法を用いたかな漢字変換の学習モデル. In 情報処理学会自然言語処理研究会, volume 112, pages 9-14, 2001.

[6]田中久美子, 犬塚裕介, and 武市正人. 少数キーを用いた日本語入力. In 思考と言語の研究会, pages 1-8, 2001.

[7]田中久美子, 犬塚裕介, and 武市正人. 携帯電話の 10key を用いた日本語入力システム. In 言語処理学会大会論文集, pages 131-135, 2001.

7. 申請特許リスト

[1]石井久美子. 文字列入力装置ならびにプログラム, 2004. 特願 2004-74215 申請国: 日本, 申請日 2004 年 3 月 16 日.

[2]石井久美子 and 武市正人. 抽出装置、文字列入力装置、ならびに、プログラム, 2002. 特願 2002-327289, 申請国: 日本, 申請日 2002 年 11 月 11 日.

[3]石井久美子. 漢字仮名交じり入力装置、漢字仮名交じり入力方法、ならびに、情報記録媒体, 2000. 特願 2000-376476, 申請国: 日本, 申請日 2000 年 12 月 11 日.

[4]石井久美子 and 武市正人. 単語入力装置、単語入力方法、ならびに、プログラム, 2001. 特願 2001-046593, 申請国: 日本, 申請日 2001 年 2 月 22 日.

[5]武市正人 and 石井久美子. ユーザ辞書生成登録システム、辞書サーバー、端末、ユーザー辞書生成方法、ユーザー辞書登録方法, 2000. 特願 2000-384100, 申請国: 日本, 申請日 2000 年 12 月 18 日.

8. 登録特許リスト

特になし

9. 受賞リスト

本申請に関してはなし

10. 報道発表リスト

[1]単語予測を盛り込んだ 1 ボタン自然言語入力, 2004. 情報理工 ARA プログラム.

[2]かな漢字変換が世界にはばたく, 2003. 日経バイト.

[3]4 キー文字入力, pages 49, 2001. DIME 9 月号.

[4]携帯メールで親指の負担を軽くする? pages 34, 2001. i モード STYLE.

[5]より速く、より賢く効率的に! 進化するケータイの日本語入力環境, 2001. 記事の一部として紹介.

[6]キー入力数を半減? 疲れないケータイ日本語入力システム.

<http://www.zdnet.co.jp/mobile/rensai/meme/18/>.

[7]キー4 つでメール入力. 読売新聞夕刊 2001 年 6 月 25 日.

11. ホームページによる情報提供

TouchMeKey の説明、および、本体と辞書のダウンロードページ。

<http://www.r.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/~kumiko/touchMeKey/tmk.html>

TouchMeKey の配布用ページ (ヒット件数: Google で TouchMeKey をキーワード検索したところ、9 件ヒット。該当ページは最上位。9 件はいずれも関連ページ)

12. 本

[1]田中久美子. 自然言語の数理-携帯電話に日本語を入力するには-, chapter 8, pages 77-86. 日本評論社, 2002.