

視覚障害者の日本語入力を支援する フリック入力型キーボード

志水 新^{1,a)} 馬場 哲晃¹ 串山 久美子¹ 金石 振¹

概要：携帯電話，スマートフォンを初めタブレット端末等のパーソナルコンピュータは様々なユーザ層が利用するようになった．生活環境を取り巻く情報機器はユーザのライフスタイルに変化を生じさせている．このような背景の中，情報機器に必要なキーボードは元来プロのタイピストを対象に開発されたものであり，タイプライターにおける運用性やユーザエラーを考慮された入力設計方式では，習熟に長時間の練習が必要である．特に目の見えないユーザにとってその学習コストは一般ユーザよりも大きい．本研究では視覚障害者の中でも特に，キーボード初学者を対象とし，従来のキーボードや入力方式と比較し，学習コストの低いキーボードを開発することを目的とする．本稿では，プロトタイピングを通じ，入力方式の検証とユーザ体験の観察について報告する．開発したキーボードは10個の皮膜式ポテンショメータを有し，50音の平仮名入力が可能となる．その機能が視覚障害者にとってシンプルなプロセスで学習ができ，必要最低限の機能を有したキーボードであることをユーザ観察及びインタビューにより確認した．

1. はじめに

情報革命により，携帯電話，スマートフォンを初めタブレット端末等のパーソナルコンピュータは様々なユーザ層で利用されるようになった．生活環境を取り巻く情報機器は多様なユーザのライフスタイルに変化を生じさせている．このような背景の中，情報機器に必要なキーボードは元来プロのタイピストを対象に開発されたものであり，タイプライターにおける運用性やユーザエラーを考慮された入力設計方式では，ボタンが多く習熟に長時間の練習が必要である．特に目の見えないユーザにとってその学習コストは一般ユーザよりも大きい．本稿では視覚障害者が手軽に文字入力を学び，使用することが出来る情報機器の文字入力インタフェースの可能性を探る．

視覚障害者と一括りに捉えても，全盲や弱視といった症状や点字の認識率には個別差がある．視覚障害者は後天的になる方が比較的多く，85%以上の方が事故や病気で途中から視覚障害者となる．そのため幼少期から点字を学んでおらず，点字を第二言語として学び，扱うことの出来る人は少ない．実際，視覚障害者のうち点字の読み書きが出来る人は全体の12.7%であるという報告もあり，著者は点



図1 実働プロトタイプ

字入力のキーボードではなく，先天性，後天性問わず使用することが出来る日本語の入力機器の開発が求められるとしている．視覚障害者の文字入力の必要性であるが，手書きすることが出来ない視覚障害者にとって，入力機器を使用することで情報を発信，検索，記録することは日常生活に必要な行為である．実際，インターネットを利用している視覚障害者は91.7%であり[2]，文字入力を学習するためタイピング教室に通いキーボードの入力方式を学習するユーザも多い．

これまでの論点を踏まえ，本研究では視覚障害者の中でも特にキーボード初学者を対象とし，従来のキーボードの入力方式と比較し，学習コストの低いキーボードを開発することを目的とする．この目的を実現するための第一歩として，新たに提案する日本語入力方式を再現する実働プロ

¹ 首都大学東京大学院
Tokyo Metropolitan Univeristy, 6-6, Asahigaoka, Hino,
Tokyo 191-0065, Japan
^{a)} am.am06new@gmail.com

トタイプ的设计, 制作, 評価を行うこととする. 本研究で開発したフリック入力型キーボードの実働プロトタイプは視覚障害者の日本語入力を支援する触覚提示と音声フィードバックを有している.

本稿では, 実働プロトタイプとビデオプロトタイプを用いて, 入力方式とユーザ体験の観察についての検証を行った. 実働プロトタイプでは 50 音平仮名入力を実現し, 平仮名の入力方式の検証を行った, ビデオプロトタイプでは補足機能を映像で表現し, 具体的な使用イメージの作成・検証を行った. 実装した機能が視覚障害者にとってシンプルに学習ができ, 必要最低限の機能を有したキーボードであることをユーザ観察及びインタビューにより確認した.

2. 関連研究

視覚障害者を対象にしたコンピュータ入力装置には, 一般的な用途において, ポインティングとテキスト入力の 2 種類がある. 本研究では主にテキスト入力を対象とする. テキスト入力では視覚障害をもつユーザは QWERTY キーボードを利用する他, Pac Mate[3] やブレッキー [4] 等の入力インターフェースを用いている. Pac Mate とは入力インターフェースに点字キーパッドもしくは QWERTY キーボードを備え, 多彩なアプリケーションやインターネットを快適に利用できるよう特別に設計されたデバイスである. ブレッキーとはキーが全部で 37 個あり, QWERTY キーボードのキー数より少ない点字入力専用のキーボードである. いずれも入力方法の理解には一定の学習コストがかかる. また Lee[5] らはグローブ型入力デバイスに導電シリコンインクを利用することで, 疲労軽減が可能な点字入力システムを提案した. この他平岡ら [6] は携帯電話背面に静電パネル・スイッチを配することで, テンキー入力方式をベースとしたブラインドタッチ方式を提案した. Southernら [7] はスマートフォン端末におけるマルチタッチ入力を用いた点字入力インターフェースを提案し, PacMate やタブレット等の入力速度やエラーレートに関する考察を報告している. 浅川ら [8] は, ボタン式と音声入力を組み合わせたインターフェースを利用することで, コンピュータへの非視覚アクセスを提案している. 視覚障害者のために研究開発されたテキスト入力の特徴をまとめると, (1) 点字入力キーボード (2) テンキー型キーボード (3) 音声入力の 3 種類の文字入力であり, 入力方式としてボタン式またはボタン式と音声入力の組み合わせとフリック入力, グローブ型入力が採用されており, 出力方式として点字による触覚提示と音声フィードバックのインターフェースが採用されているものが一般的である.

2.1 入力方式の問題

著者は視覚障害者にとって上記のテキスト入力方式には

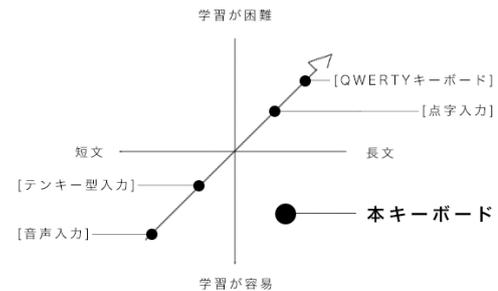


図 2 関連研究と本キーボードの 2 軸 4 象限による位置付け

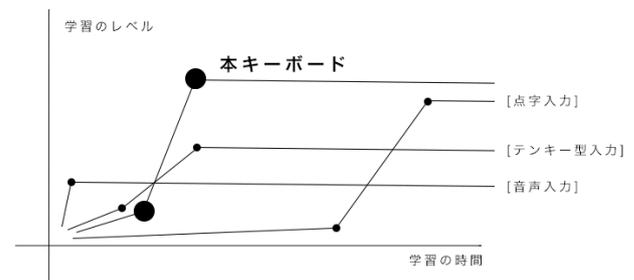


図 3 関連研究と本キーボードの学習曲線による位置付け

(1) ボタン (2) 打鍵 (3) 実用性の 3 つの問題があるとしている. QWERTY キーボードは 100 個近くあるボタンから成っており, ボタンの場所を視認しながら学習する. 100 個近いボタンの配置を正確に記憶して, 視認なしで的確にタイピングすることは困難であり, 学習コストが大きい. 学習が習熟しても, ボタンの数が多すぎるため時折, 目視確認しながらの文字入力を強いられる. その点テンキー型キーボードは 12 個のボタンだけで, 指で這うように各ボタンの位置を確認しながらの文字入力が可能であるため, 学習が容易である. しかし, ひとつの指による打鍵という身体的動作を基本としており, 長時間の文字入力となるとひとつの指に大きな負担がかかる. またひとつのボタンを重複して押さなければならず, 入力速度の向上は望めない. ディスプレイ上に表示されるマルチタッチ入力を用いたインターフェースは音声読み上げ機能で入力後の文字確認は出来るが, 視認性も触覚提示もないため, 全盲の視覚障害者にとっては困難な文字入力を強いられる. 点字入力キーボードは点字の読み書きが可能の人にとっては 6 つのボタンで入力可能なため学習コストは低い, しかし点字を扱える人は視覚障害者のうちでもわずか 12 %であり, 中途視覚障害者にとっては点字を学習した後, 点字キーボードを覚えることになり, 即時的な文字入力は困難である. 音声入力は操作者の声をそのまま文字に変換し入力するため, テンキー型キーボードより簡易的な文字入力である. しかし文字入力の確実性や音声による細かい操作性において不安があり, 検索のような短文の文字入力には向いているが,

論文のような長文の文字入力には向いていない。

2.2 本研究の位置付け

開発するキーボードと関連研究のテキスト入力を2軸4象限にマッピングすることで比較を行う。関連研究のテキスト入力を「短文を入力することに最適」と「長文を入力することに最適」と「学習が容易」と「学習が困難」の2軸4象限にマッピングする。音声入力は直感的に入力可能ではあるが入力効率は良くなく、テンキー型キーボードは比較的学習が容易であるが入力速度、入力効率は良くない。点字入力キーボードは学習が困難であるが入力効率は良い。本キーボードは図2の位置を目指し実現することで、本研究の有効性を示す。

開発するキーボードと関連研究のテキスト入力を学習曲線の視点から比較を行う。本フリック入力型キーボードは学習コストが小さく、ある程度長文にも対応するため図3の曲線を描くと想定している。点字入力のキーボードは点字の読み書きができない視覚障害者にとって、点字学習とキーボード自体の学習の期間も含め学習が習熟する。点字キーボードと本キーボードを比較すると、学習時間の短さの点で本キーボードが優位となる。テンキー型キーボードは本キーボードと覚えるキー数は同等なので初期学習が終了するのは同等と推測しているが、学習が習熟した後の入力速度と入力の効率性を比較すると学習レベルの点で本キーボードが優位となる。音声入力は初期学習が終了すると同時に文字入力の学習は習熟するが、入力の複雑性・確実性の点からテンキー型キーボードと同様に本キーボードのほうが優位となる。本キーボードは図3の学習曲線を目指し実現することで、本研究の有効性を示す。

本キーボードはフリック操作の文字入力と、触覚提示による入力確認と音声フィードバックによる出力確認を組み合わせたキーボード型日本語入力インタフェースを用い、長時間のタイピングが可能で、学習コストの低い日本語フリック入力型キーボードの開発を行うこととした。

3. 設計と実装

視覚障害者のキーボード初学者にとって学習コストが低く、長時間のタイピングが可能でフリック入力型キーボードを実現するため、制作する実働プロトタイプは特に次の5つの要件を備えることとした。

- (1) 日本語入力である
- (2) 操作方法が容易に記憶できる
- (3) キーボードとしての最低限の機能を有している
- (4) 入力効率がよく、実用的である
- (5) 身体的負担が少ない

制作した実働プロトタイプは両手タイピングを基本とした既存のキーボード状のハードウェア、入力する文字の確認を支援する物理的な触覚提示を伴うインタフェース、入

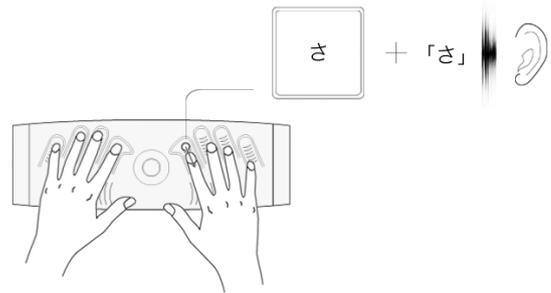


図4 認識の触覚提示と確認の音声フィードバック

力した文字の確認を支援する音声インタフェース、入力した文字をコンピュータ上に表示する文字ソフトウェアからなる(図4)。

3.1 キーボードとインタフェースの設計

健常者と同様に視覚障害者が情報機器で一般的に利用するサービスはメールやインターネット、ワード等である。プロのタイピスト用キーボードの仕様とは異なり、複雑な文字入力を必要としない視覚障害者にとって最適なキーボードが持つべき必要最低限の文字入力機能を1. 平仮名日本語入力 2. 仮名漢字変換 3. 数字・英字変換 4. 濁音 5. 削除 6. 決定の6つに決定した。本キーボードは、平仮名の10音の子音と5音の母音からなる平仮名50音の行列構造とフリック入力を組み合わせることで、記憶するボタン数を減らした。開発する日本語フリック入力方式は10音の子音を10個の皮膜式ポテンショメータに割り振り、ひとつの皮膜式ポテンショメータに「a-i-u-e-o」の5音の母音を割り振ることで実現する。

3.1.1 触覚提示とフリック入力

視覚障害者にとって数多く配置されたボタンを押すことは困難であるため、指をホームポジションから基本的に動かさず、指を這わすことで入力可能な入力インタフェースの設計を行う。本キーボードは指を這わすことで入力可能にするため、フリック入力を採用した(図5)。フリック入力に加え、キーボードに触覚提示を加えることで視覚障害者が入力しようとしている文字を認識することを可能にする。ボタン型ではなくフリック入力を用いることで、各行をひとつの塊(図6)として認識出来る。ボタン式では各行を「k+a」「k+i」「k+u」「k+e」「k+o」として認識しているが、フリック入力にすることで「k」+「a-i-u-e-o」と認識出来る。キーボードの表面には指をフリックすることをサポートするために、皮膜式ポテンショメータの溝があり、各母音ごとにスリットが成形されてされている。溝上を指でフリックし、スリットの間隔を指で認識することで自分が入力しようとしている文字を確認して、指を離すことで実際に入力する。各指で入力する文字を確認してから入力することで誤字や脱字を防ぐ。操作中、左右の手

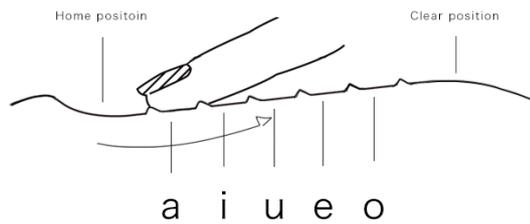


図 5 触覚提示の詳細

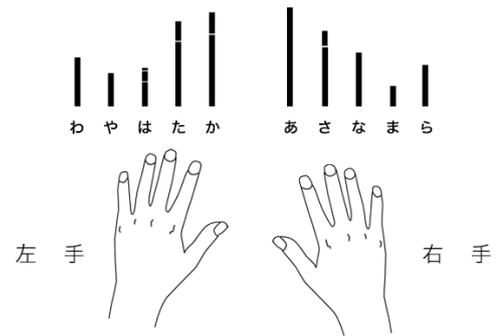


図 7 左右の指の相対的な使用負担率

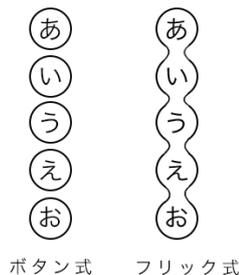


図 6 ボタンの断続性とフリックの連続性

首に負担をかけないように、手の自然な角度に合致する溝の角度をプロトタイピングにより決定した。また同様に指で認識しやすいスリットの凹凸の間隔と造形をプロトタイピングにより導いた(図9)。指をフリックさせ、スリットを認識して指を離して入力するシステムは10個の皮膜式ポテンショメータを用いることで実現した。10個の皮膜式ポテンショメータのそれぞれに対応する各行の配置はキーボードにおける人間工学的視点から2つの指針を決定した。

- (1) 左右の手の負荷が同じ
- (2) 同じ指を用いる頻度は最小でなければならない

仮名文字出現頻度(相対値)として、あ行16.7%、か行%16.1%、さ行12.5%、た行14.6%、な行15.0%、は行6.7%、ま行3.4%、や行5.5%、ら行6.9%、わ行2.0%という報告がある[9]。このデータを参考に左右の各指の負担率を考慮にいれ、各行に対応する皮膜式ポテンショメータを配置した。この配置による各指の負荷負担率(使用頻度)は親指、人差指、中指、小指、薬指の順となっている。親指の負担が最も大きくなり、各指の能力に適した負荷負担率になるよう図7に示すように配置した。

3.1.2 音声フィードバック

本キーボードは点字の読み書きが出来る出来ないに関わらず、視覚障害者が入力した文字を認識できるように点字による触覚提示ではなく、音声フィードバックを採用する。視覚障害者は自分の入力している文字や文章を視覚情報で確認できないため、触覚提示で認識して入力した文字をリ

アルタイムでの音声のフィードバックにより確認可能な仕様とした。また漢字や英語、数字変換時にもリアルタイムに音声確認ができる仕様とした。触覚提示による認識と同時に、音声フィードバックでの確認をすることで正確な文字入力の支援する。本キーボードの学習行程は3つである。

- (1) 各指に配置された各行を記憶する
- (2) 指でなぞることで「a-i-u-e-o」の間隔を学習する
- (3) 入力した文字を音声で確認する

この3つの学習行程を行うことで基本的な文字入力は学習完了となる。例えば、(1) な行に対応する指を覚える (2) な行の皮膜式ポテンショメータの溝をなぞることで「na-ni-nu-ne-no」の間隔を指で確認して入力する (3) 入力した文字と音声の文字を確認する。文字は指で皮膜式ポテンショメータをなぞっているときは入力されず、指を離すと同時に入力される。ボタンを的確に押すのではなく指でなぞり確認してから入力することで誤字率を軽減させる。学習行程における音声フィードバックであるが、キーボードの初学時は音声フィードバックでの確認を行う。本フリック入力型キーボードは、学習が習熟してもテンキー型キーボードと異なり操作者の入力速度を損なうことがないので、学習習熟時には個人の入力速度に対応して、入力した単語や文章ごとに適時必要な音声読み上げを行う仕様とする。

3.2 実装した機能

本方式の平仮名入力方式の機能を実装して、検証を行うことで改善・評価を繰り返し行った(図8)。

3.2.1 平仮名日本語入力

指をフリックさせて離すことで、ひとつの平仮名を入力する。視覚障害者は文字の確認を視覚出来ないため、入力すると同時に入力した文字の音声をフィードバックとして得ることで入力した文字を確認する。10個の皮膜式ポテンショメータの溝に「あ行」から「わ行」までの行がそれぞれ対応するように割り振られている。この中から入力したい平仮名の行を選択する。選択した指をフリックさせて入力したい文字の場所にきたら指を皮膜式ポテンショメータから離して入力する。ローマ字入力のように母音と



図 8 実働プロトタイプによる検証，評価



図 9 スタイリングモック

子音を 2 回に分けて入力しないため，高速で日本語入力を行うことが出来る．

3.3 今後実装する機能

現状では実装が困難な機能の部分をビデオプロトタイプで表現することで，入力方式の具体的なイメージを一般ユーザと専門家と共有することで評価を得た（図 10）．

3.3.1 仮名漢字変換

平仮名を入力した後に，右手の人差し指を中心部へとフリックさせることで漢字に変換する（図 11.1），そのとき漢字の詳細読みがされることで何の漢字に変換されたかを確認する．もし入力したい文字と異なればもう一度フリックすることで次の候補に進む．例えば，「こうえん」と入力した後に右手の人差し指をフリックさせると「公園」と文字が入力され，音声で「おおやけの公，幼稚園の園」という詳細読みがされ変換された漢字を確認する．

3.3.2 数字・英字変換

数字と英字の変換は仮名漢字変換機能と同様に数字の仮名読みを入力した後に，右手の人差し指を中心部へとフリックさせることで数字と英字に変換する．数字と英字を漢字と同じ入力操作方法にすることで学習コストを軽減する．例えば，「いち」と入力した後に右手人差し指をフリックすることで「1」と変換されて音声で「数字のいち」と読み上げる．英字も数字と同様に「えー」と入力した後に右手人差し指をフリックすることで「A」と変換されて音声で「英語のえー」と読み上げる．

3.3.3 濁音変換

濁音・半濁音・促音・拗音を入力するには，漢字・数字・英字変換と同様に平仮名を入力した後右手人差し指を中心部へとフリックさせることで濁音に変換させていく．例えば，「が」と入力したいときは，「か」と入力した後に右手人差し指をフリックすることで「が」と変換されて音声で「が」と読み上げる．

3.3.4 削除

左右どちらかの手の 5 本指を握るようにフリックさせることで一文字削除する（図 11.2）．同様に 10 本指を握るように指をフリックさせることですべて削除する．削除用と



図 10 ビデオプロトタイプ



図 11 今後実装・検証する機能

して新たにボタンを配置するのではなく，平仮名入力と同じ動作の組み合わせを変更することで削除を行う仕様にし，各指をホームポジションから移動させずに削除を行うことで，誤入力と学習コストを軽減する．

3.3.5 決定

平仮名を入力して変換した後，決定ボタンを押すと文字が決定され，決定した単語を読み上げる．文字入力時のリアルタイム音声フィードバックによる確認と，文字入力を行い決定後に音声確認を行うことで誤字率を回避する．

4. 評価と考察

本プロトタイプを用いて首都大学東京の学内展示・学外展示で，一般ユーザによるフィールドテストを行い，また国立特別支援教育総合研究所の協力を得て，視覚障害者支援の専門家にインタビューを行った．調査は来場者の方と専門家に実働プロトタイプの使用方法的説明，実働プロト

タイプでの平仮名入力, ビデオプロトタイプでの補足機能の説明を行い, その操作性についての意見や感想を得る方法で行った.

4.1 一般ユーザ及び専門家の意見

一般ユーザ及び専門家に使用してもらい, 実働プロトタイプの皮膜式ポテンショメータに形成したスリットとスリットの間隔を指で認識して, ユーザが意図した文字を入力出来ることを確認した. ユーザ観察により, 本入力方式が各行の配置を確認・記憶するだけのステップで文字入力の学習が完了することも確認出来た. 眼を閉じて文字入力をしてもらアルタイムでの音声フィードバックがあるため, ユーザが入力している文字の確認も容易であった. また薬指と小指の操作が困難であるという意見を得た. この点においては動かしにくい指を考慮した入力方式を提案する必要がある. 一般ユーザーはフリック入力になじみがあり, 触覚提示とフリック入力の新たな入力方式に対しては好印象であった. 上記の論点より2つの改善点をここで述べる.

- (1) 指と行の割り振りを再考する
- (2) 各指と各行の対応をより明確にする

この2つの点を改善することでよりスムーズに文字入力を学習することが可能になる.

5. 今後の展望

本研究では, 視覚障害者のための触覚提示と音声インタフェースによる文字入力を支援する日本語フリック入力型キーボードの検証・改善を行うため, 実働プロトタイプを制作した. 今後は補足機能の実装を行い, コンピュータのキーボード初学者や既存のキーボードになじめなかった視覚障害者に使用してもらうことで操作性の確認・検証を行うこととする. さらに, 本入力方式を視覚障害者のための文字入力だけでなく, 本入力方式を応用することで, 日本語を母国語としている人に対するユニバーサルな入力方式として発展させる.

参考文献

- [1] 厚生労働省:平成18年身体障害児・者実態調査結果 (online), 入手先 (<http://www.mhlw.go.jp/>) (2014.04.12).
- [2] 総務省情報通信政策研究所:障がいのある方々のインターネット等の利用に関する調査研究 [結果概要] (online), 入手先 (<http://www.soumu.go.jp/iicp/>) (2014.04.12).
- [3] PacMate, Freedom Scientific's corporate
- [4] 植野 治, 多田 順治, 岩田 正, 白石 直之, 和田 亮 視覚障害者向け点字キーを装備した携帯情報機器の開発 (福祉情報工学一般) 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学 09135685 一般社団法人電子情報通信学会 2007-05-17 107 61 1-5
- [5] Seongil Lee, Sang Hyuk Hong, and Jae Wook Jeon. 2002. Designing a universal keyboard using chording gloves. SIGCAPH Comput. Phys. Handicap. 73-

- 74 (June 2002), 142-147. DOI=10.1145/960201.957230 <http://doi.acm.org/10.1145/960201.957230>
- [6] 平岡 茂夫, 宮本 一伸, 富松 潔, 高橋 広 LK-017 Behind Touch 2: 視覚障害者のための触覚, 音声による携帯電話インタフェース, 情報科学技術レターズ FIT(電子情報通信学会・情報処理学会) 運営委員会 2004-08-20, 3, 91-294
- [7] Caleb Southern, James Clawson, Brian Frey, Gregory Abowd, and Mario Romero. 2012. An evaluation of BrailleTouch: mobile touchscreen text entry for the visually impaired. In Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI '12). ACM, New York, NY, USA, 317-326. DOI=10.1145/2371574.2371623 <http://doi.acm.org/10.1145/2371574.2371623>
- [8] 浅川 智恵子, 北村 浩三, 伊藤 隆 音声入出力を利用した視覚障害者向け WebReader の研究 情報処理学会研究報告. SLP, 音声言語情報処理 09196072 一般社団法人情報処理学会 1997-07-18, 97, 66 53-58
- [9] 「国語の文章における仮名の使用状況について」, 渡辺 定久 (電子技術総合研究所), 中野 洋 (国立国語研究所), 情報処理学会「日本文入力方式研究会第12会資料」(1983年11月)