

疲労軽減を考慮したタブレット向け日本語仮名入力キーボード A Japanese Kana Input Keyboard for Tablets That Reduces Users' Fatigue

矢島 鉄平

Tepei Yajima

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail: tepei.yajima.4y@stu.hosei.ac.jp

Abstract

Flick input has become the mainstream of input methods for smartphones. On the other hand, we often use a QWERTY-based software keyboard for tablets. However, we need to look at our fingers because each key of the keyboard is smaller than that of general keyboards and because we cannot feel tactile feedback. Also, we must release fingers from the touch panel to prevent input errors, and therefore, we get cumulative fatigue when we use them for a long time. Due to these problems, software keyboards for tablets have not yet established unlike those for smartphones. Previously, to tackle the former problem, Takei indicated that input precision can be improved by changing key sizes, and proposed a new input method. This paper proposes a new Japanese kana input software keyboard for tablets, by which we need not release fingers from the touch panel just as we use a general keyboard. The key layout is based on Takei's work that used 2-by-6 buttons. This paper shows the results of time and accuracy of users' input and a questionnaire survey of their fatigue. The average input time of this new keyboard was about 2.3 seconds per character, and the input error rate was about 0.5%. Moreover, significant differences appeared in the degree of fatigue in certain body regions.

1. はじめに

今日、スマートフォンで仮名入力を行う際、少数の指を使い高速に入力可能なフリック入力主流となった。一方タブレット端末では、物理キーボードに用いられる QWERTY 配列を、タブレット用に落とし込んだソフトウェアキーボードを用いることが多い。しかし、ソフトウェアキーボードは触覚的なフィードバックがなく、キーの大きさが小さいことなどから手元を注視して入力を行う必要があるという問題がある。また、誤入力を防ぐために、タッチパネル上のキーから常に指を離して入力を行わなければならない、長時間使用すると疲労がたまり、使いにくいという問題もある。これらの問題から、タブレット向けのソフトウェアキーボードはスマートフォンに比べ確立されていない。

竹井 [1]は、手元を注視する必要のあるという問題を解決するために、キーの大きさをタブレットの画面サイズに合わせた、2×6 ボタンの新入力方法を提案した。これによって、精度の高い入力を可能とした。

本研究では、入力のためのタップ操作と、タッチパネルに指を置いている状態を識別することで、物理キーボード同様にキーを押さないときでもキーに触れていられる新たなキーボードを提案する。キー配列には、入力精度を向上させた竹井の 2×6 ボタンの配列を用いた。ただし、本手法は文字入力に焦点を当てたため、仮名漢字変換などは考慮していない。本手法の評価のために、従来通り手を宙に浮かせた状態と、手首を机に置き、指をタッチパネルに置いた状態（以降、接地させた状態と呼ぶ）での入力方法において、入力時間と精度、さらにアンケートによる疲労度合いを計る調査を行い比較した。実験の結果、本手法は 1 文字あたり約 2.3 秒の入力時間と約 0.5% の単語入力エラー率を記録し、肩や上腕などの一部の部位において t 検定による疲労度の有意性を示した。

2. 関連研究

タブレット向けのキーボードに関する研究は数多くなされている。志築ら [2]はユーザの手に合わせたソフトウェアキーボードを作成した。ユーザがタッチパネル上に指を置くと、その位置に応じてボロノイ図を描画することで画面全体にキーが配置される。また、親指基点スライドという独自の入力方式によって修飾キー（shift, ctrl など）と英字の同時入力を可能とした。従来のソフトウェアキーボードとの長期的な比較によって、入力速度やエラー率において提案手法の有用性を示した。Sax ら [3]は QWERTY 配列を基に、各指のホームキーと、そのホームキーにおけるグループを設定した。これにより、各指に対応した入力ボタンが関連付けられ、ユーザの手に合ったキー配置を可能とした。また、本研究とは異なり、テキスト予測アルゴリズムと指圧から指をスクリーン上に置く設計も行っているが、指圧を感知できないデバイスでは、キーのレイアウトを変更する必要があるという問題点がある。Go らの研究 [4]では、ソフトウェアキーボードにおいて、ボタンの境界位置に指が触れた場合に正確な入力ができるように設計している。どのボタンが押されたのかを把握するため、タッチ位置周辺を円形に拡大することで入力しやすくした。

タイピングにおける疲労に関する研究も行われている。Kim らの研究 [5]では、タブレット型のタッチパネル、デスクトップ型 PC、ノート型 PC のキーボードを使用して 5 分間のタイピングを行っている間のユーザの肘から手首、及び肩の筋肉の動きを電極で計測した。結果として、タッチパネル式キーボードを長時間使用すると肩に疲労が生じる可能性があることを示した。

3. 予備実験

本研究ではタッチパネル上でも、物理キーボード同様にキーの上に指を置いた状態で文字入力ができるソフトウェアキーボードを提案する。タブレットのタッチパネルは通常、感圧方式ではなく、静電容量方式でタッチ位置を測定しているため、爪による操作はできない。無理のない指の動きで入力できるようにするため、キーの適切な配置を考える必要がある。そこで、ユーザによってどの程度、スクリーンに指を置いた状態での可動域に違いがあるのかを調べるための予備実験 1 を行った。その結果に基づき、QWERTY 配列のキーボードを作成し入力を行ったが、誤入力が増えたため、マルチタッチの精度に関する予備実験 2 を行った。実験環境として ZenPad 10 を使用し、Java を用いて Android アプリケーションを開発した。

3.1. 予備実験 1

ユーザによってどの程度、スクリーンに指を置いた状態での指の可動域に違いがあるのかを調べるための予備実験を行った。被験者は 21~22 歳の男女 3 名である。被験者は椅子に座り、タッチパネル上に 10 本の指を置いた状態で実験を開始する(図 1)。タッチしている指の本数が 10 本以下の場合には測定せず、10 本の指が接地している状態で、各指を無理なく動かしてもらった。動かしている間それぞれの指の座標を取得し続けた。



図 1 各指の座標取得

3.2. 予備実験 1 の結果と考察

予備実験 1 の結果を図 2 に示す。親指の可動域が最も広く、小指の可動域が最も狭いことが分かった。また、それぞれの指の可動域における平均は、小指が約 13mm、薬指が約 14mm、中指と人差し指が約 18mm、親指が約 20mm であることが分かった。最も可動域の広い親指と次に可動域の広い人差し指において約 2mm しか変化が出なかった原因に関しては、10 インチのタッチパネル上では、各指が干渉してしまい可動域を妨害してしまっていることが考えられる。これは手の大きい人でも、両手をスクリーンに置いた場合、自分の指が邪魔になり、大きく指を動かすことができないことを意味している。

この実験結果を踏まえ、各指の動きがそれぞれの可動域の平均以下になるよう、多くのユーザが使い慣れている QWERTY 配列のキーボードを作成した。実際に、指をキーの上に置いた状態で入力を行ってみると、入力に関係のないスクリーンに置いた状態の指で入力が起きた。

これは、入力の際に動かした指の影響で、入力に関係のない指が動いたためとも考えられるが、指が動かないよう注意した状態で入力を数回行う中でも頻繁に起きた。また、この誤入力は入力の際に動かす指の近辺で起きることが分かった。

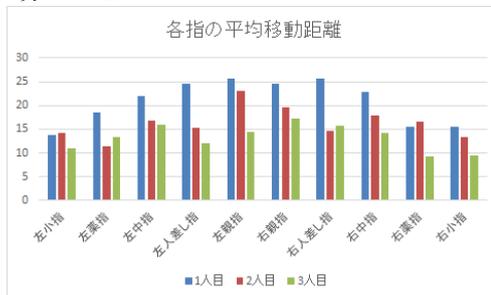


図 2 各指の平均移動距離

3.3. 予備実験 2

QWERTY 配列での誤入力の原因を確認するため、マルチタッチの精度を検証した。被験者は著者自身である。被験者は両手それぞれの指を置き、指の位置座標を画面内に表示しながら、自由に指を動かした。その中で、タッチ反応が切れていないかを確認する。タッチが切れている場合は、10 個の座標が表示されないため、明らかである。タッチされた座標が 10 点以下になったとき、直前の 10 点の座標を保存し、消滅した点とその隣にある点の距離を測定した。

3.4. 予備実験 2 の結果と考察

予備実験 2 の結果、各指の間隔が約 3mm 程度近づいた場合、それぞれの指の座標の統合と分離が繰り返されていることが分かった。これは静電容量方式で座標を取得していることが原因だと考えられる。これにより、各指の平均移動距離以下に設定した QWERTY 配列のキーボードには、入力の際に 3mm 程、各指が近づく動作があり、これにより入力を行っていない指でも入力と判定されてしまうことが分かった。

4. 提案手法

本研究では、予備実験の結果から QWERTY 配列のキーボード作成は不可能と判断し、竹井の研究 [1] で使われた 2×6 ボタンキーボードの配列を採用した。それぞれの指が画面上に接地していても入力可能となる設計を行う。画面上に指を置いていても手の姿勢が楽になるよう、経験的に各ボタンに 10 度の角度をつけた(図 3)。

接地とタップ動作の判定を行うために、ユーザの指がタッチパネルに接触してから離すまでの時間に 140 ミリ秒という閾値を設けた。これにより、接地なのか入力なのか判定することを可能とした。140 ミリ秒という値は、志築らの研究 [2] でキャリブレーションとタップを区別するために用いられたものである。

基本的な入力方法は竹井の研究 [1] で用いられた 2×6 ボタン入力と同様、「あ段」子音選択を行い、対応した行から 1 文字入力する 2 ストローク方式で行う。しかし、

半濁点、拗音（小文字）をいくつか持つ場合は 3 ストロークで入力を行う。各ストロークの操作は以下の通りである。

1. 初期状態は子音選択になっている。「あ段」の子音が 2×5 ボタン上に表示され、タップすることで子音選択から、母音選択へ移行する。選択された子音に応じて a, k, s, t, n, h, m, y, r, w のアルファベットが表示される。
2. 母音選択画面では、上 5 つのボタンに選択子音に応じた行が表示される。下 5 つには濁音もしくは拗音が表示される。母音選択画面でバックスペースキーを入力した場合、ボタンは初期状態に戻り、子音入力におけるアルファベットも消える。
3. 選択した子音が濁音、半濁音、拗音など複数持つ場合は、母音選択画面で右下の **Change** キーを入力することで、下 5 つのボタンを半濁音や拗音に切り替えて入力することができる。



図 3 キー配列

5. 実験

Android タブレットを対象としたソフトウェアキーボードを実装し、実験を行った。機材には ZenPad 10 を使用し、Java で Android アプリケーションを開発した。

2×6 ボタンキーボードにおいて、手を宙に浮かせた状態と、接地させた状態での入力の比較実験を行った。被験者は男女 18~24 歳のボランティア 10 名とした。

5.1. 実験内容

机にタブレット端末を置き、被験者は椅子に座り実験を行った。実験前に仕様を把握してもらうため、5 問の練習を行ってもらった。キーボード上部に表示される 5 文字の問題を入力後、Enter キーを押して次の問題へ移行する。被験者は 60 問の問題を入力し、その後アンケートに答える。手を宙に浮かせた状態での入力と、手首を机に置き、指をタブレット上に接地させた状態での入力に分け、それぞれ 1 セットずつ、計 2 セット 120 問をタイピングしてもらった。慣れによる疲労変化を考慮するため、1 セット目に、被験者の半数は手を浮かせた状態で、残りの半数は接地させた状態で入力してもらった。実験環境を等しくするため、各セット 1 時間以上のインターバルを設け、60 問ずつ被験者問わず同じ順番に提示した。また、竹井の研究 [1] で QWERTY 配列と 2×6 ボタン入力において、1 文字入力時間が 2 倍以上違うという結果が得られていたことから、本研究では QWERTY との比較で

はなく、2 セットとも 2×6 ボタン入力を使用して実験を行った。これにより、時間による疲労蓄積の違いを少なくした。

本実験では、各問題にかかった時間と、入力エラー傾向、エラー率を測定した。入力エラー傾向に関しては、子音選択と、母音選択における入力エラーに分けて計測した。例えば、問題が「こんにちは」だった場合、入力における正解は、「k こ w ん n に t ち h は」となる。これに対する入力が「k こ w ん n な t ち h は」だった場合、母音選択エラー「に：な」として 1 回カウントされる。また、「リコーダー」のような長音符が使われる場合の入力は正解が「r り k こ Others-t だ Others-」となる。対して「r り k こ Others-t だ w を」と入力した場合は、子音入力エラー「Others：w」と母音入力エラー「-：を」が 1 つずつカウントされる。Others は子音入力エラーとし、半濁音や拗音を入力する際に使用する Change キーに関しても Others と同様の扱いとする。

エラー率は箱田ら [6] と同様、問題と入力された文字列を比較し、誤入力、余分な文字、入力されなかった文字の合計を全問題の総文字数で除したものである。アンケートには産業疲労研究会 [7] が作成した「疲労部位調べ」を用いた。首、左右肩、左右上腕、左右肘・前腕、左右手・手首、背部、腰部における疲労度合いを、実験終了と同時に「0：全く感じない」、「1：わずかに感じる」、「2：かなり感じる」、「3：強く感じる」、計 4 段階で評価してもらった。

5.2. 実験結果と考察

本実験の結果を表 1 に示す。接地させた状態での入力は、手を宙に浮かせた状態での入力と比べて 1 文字入力平均時間が多くかかることが分かった。原因は大きく 2 つあると考えられる。1 つ目は、入力における動作の増加である。通常手を宙に浮かせた状態での入力は目的のキーに対して指を垂直に下ろし、スクリーンに触れたら引き上げる 2 ステップの動作で入力ができる。一方で、スクリーンに指を置いた状態で入力を行う場合、入力キーの上で一度指を引き上げ、垂直に下ろし、スクリーン接触後もう一度引き上げる 3 ステップの動作が必要である。タップ認識をさせるために、手を宙に浮かせた状態での入力より 1 つ動作が多くなることが分かった。2 つ目に、自分の手でキーが隠れてしまうことが考えられる。キーの上に指を置いている場合、自分の手によって下段のキーが隠れてしまう。その結果、慣れない 2×6 ボタンキーボードでは、キーの配置を確認しながら入力を行うため、入力に時間がかかったと考えられる。単語入力エラー率と平均 BackSpace キー使用回数においても、本手法が従来手法と比べて劣る結果となった。これは、入力に関係のない指が接地動作の中でタップと判定されてしまったことが考えられる。

表 1 1 文字入力平均時間、単語入力エラー率、平均 BackSpace キー使用回数

1 文字入力時間(秒)	単語入力エラー率(%)	平均 BackSpace 使用回数(回)
UP	0.33	29.1
DOWN	0.50	32.5

上位 5 位までの誤りの傾向と回数を表 2 に示す。手を宙に浮かせた状態と接地させた状態ともに、上下左右隣り合うキー同士の誤りが多いことが分かった。また、どちらの入力手法でも Others を a と誤入力することが多いことも分かった。これは、次の問題へ進む際に「Others → Enter」とボタンを押す必要があるが、Others を押下できず、Enter のポジションにある a キーを押してしまっていたと考えられる。

表 2 誤りの傾向と回数

子音選択	誤り(UP)	回数(UP)	誤り(DOWN)	回数(DOWN)
1	r:w	14	t:Others	13
2	Others:a	13	a:k	12
3	t:s	11	t:s	12
4	k:a	10	w:Others	12
5	a:k	8	Others:a	10
母音選択	誤り(UP)	回数(UP)	誤り(DOWN)	回数(DOWN)
1	と:ど	11	じ:し	10
2	い:あ	11	や:や	9
3	だ:た	6	と:ど	6
4	こ:こ	5	ば:は	6
5	じ:し	4	い:あ	4

手を宙に浮かせた状態と、接地させた状態での入力における疲労度のアンケート調査結果の平均値に有意な差があるかを確かめるため、対応のある t 検定を行った。検定の結果、有意水準 5% で「データの平均値に差は無い」という帰無仮説は棄却され、左肩、左上腕、左手・手首、右肩、右上腕、右手・手首、腰部で「2 つの入力手法には差がある」となった。以下、表 3 に検定の結果を示す。左右の手・手首に関して、提案手法の疲労度が従来の手法と比べ高い結果となったが、その他の項目では優れた結果となった。左右の手・手首において劣る結果が出た理由として、提案手法のキー配列が大きな要因であると考えられる。例えば文字列として「い」を入力する場合、左手薬指で子音「あ」を選択し、その後左手中指で母音「い」を選択する。子音選択終了時、入力のため薬指は宙に浮いた状態になる。その状態で母音を入力する場合、薬指を宙に浮かせたまま中指でキーを押す必要があり、場合によっては指をキー上に置けない時間ができてしまう。結果、手首を机に付けたまま指を浮かせなければならぬ状態になり、疲労度が高くなったと考えられる。

表 3 疲労度アンケートの平均と t 検定結果

	UP(平均)	DOWN(平均)	t 値	p 値
首	1.1	0.70	1.5	0.17
左肩	1.7	0.40	4.3	0.0019
右肩	1.3	0.40	3.3	0.010
左上腕	1.4	0.50	3.3	0.010
右上腕	1.2	0.40	2.8	0.022
左肘・前腕	1.4	1.3	0.43	0.68
右肘・前腕	1.1	1.2	-0.36	0.73
左手・手首	1.0	1.4	-2.4	0.037
右手・手首	0.70	1.4	-4.6	0.0013
背部	0.80	0.40	1.5	0.17
腰部	1.2	0.40	4.0	0.0031

6. おわりに

本研究では、タブレット端末において疲労を軽減するため、接地させた状態で入力可能なソフトウェアキーボードの提案を行った。接地させた状態とタップを識別し、物理キーボード同様キーの上に手をのせた状態で入力を可能とした。

本キーボードの実装後、本手法と従来の入力手法で入力速度、エラー傾向、エラー率、アンケートによる疲労度の評価実験を行った。従来の入力手法と比べ、1 文字入力時間とエラー率は劣るものの、疲労度は調査 11 部位中 5 つの部位で優れた結果を得た。しかし、入力時に従来よりも 1 ステップ動作が多くなってしまふことや、2×6 ボタンキー配置は本研究の手法に適さなかったことなどが今後の改善点として見込まれる。接地した状態でも楽に入力ができるキー配列を検討する必要がある。

文 献

- [1] 竹井啓, "タブレット向け 2×6 ボタン日本語仮名入力キーボード(卒業論文)," 法政大学情報科学部, 2016.
- [2] 久野祐輝, 志築文太郎, 田中二郎, "キーを指の設置位置とその周囲に配置するソフトウェアキーボード," 情報処理学会論文誌, vol. 55, no. 4, pp. 1353-1364, 2014.
- [3] S. Christian, L. Hannes and L. Elaine, "LiquidKeyboard: An Ergonomic, Adaptive QWERTY Keyboard for Touchscreens," *Proc. Fifth International Conference on Digital Society*, pp. 117-122, 2011.
- [4] K. Go and Y. Endo, "CATKey: Customizable and Adaptable Touchscreen," *Lecture Notes in Computer Science (Proc. IFIP INTERACT)*, vol. 4662, pp. 493-496, 2007.
- [5] J. H. Kim, L. Aulck, M. C. Bartha, C. A. Harper and P. W. Johnson, "Differences in Typing Forces, Muscle Activity, Comfort, and Typing Performance among Virtual, Notebook, and Desktop Keyboards," *Applied Ergonomics*, vol. 45, no. 6, pp. 1401-1413, 2014.
- [6] 箱田博之, 志築文太郎, 田中二郎, "タッチパネル端末向け縦型 QWERTY キーボードの性能評価," 情報処理学会研究報告: ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), vol. 2013-HCI-154, no. 6, pp. 1-8, 2013.
- [7] 産業疲労研究会, "調査ツール," [Online]. Available: <http://square.umin.ac.jp/of/service.html>.