

タッチパネル端末向け縦型 QWERTY キーボードの 性能評価

箱田 博之^{1,a)} 志築 文太郎² 田中 二郎²

概要: 本稿では、タッチパネル端末向けの縦型 QWERTY キーボードと、その性能評価について示す。我々はまず、スマートフォンにおける片手親指タッチ入力の特徴を調査する予備実験を行った。この予備実験から、縦長の領域をキーボードとして用いることの妥当性を、ポインティング精度・時間から示した。そして、縦型 QWERTY キーボードの設計、及び表示位置の決定を行った。縦型 QWERTY キーボードは、Android 端末上にて動作するアプリケーションとして実装し、入力精度、速度、及び使用感を検証する実験を行った。

1. はじめに

近年、スマートフォンに代表されるタッチパネル端末のサイズが大きくなり、コンテンツの表示領域が拡大されている。このような表示領域の拡大の需要は大きく、今後さらに増えていくとされている [1]。その一方で、端末サイズが大きくなると、片手把持時に親指が届かない領域が発生し、端末画面内のオブジェクトにタッチできない問題が起こる。そのため、ユーザは両手操作を余儀なくされたり、端末を逐一持ち替えなくてはならない。

タッチパネル端末における文字入力にはソフトウェアキーボードが用いられるが、ソフトウェアキーボードも同様に、親指が届かず、片手親指による入力が困難なことがある。そこで我々は、タッチパネル端末を片手把持した際に、親指で QWERTY キーボードの入力を容易にすることを目的とし、縦型 QWERTY キーボードの設計を行った。

我々はまず、スマートフォンにおける片手親指タッチ入力の特徴を調査する予備実験を行った。この予備実験に基づき、縦型 QWERTY キーボードの設計、及び表示位置の決定を行った。縦型 QWERTY キーボードは、Android 端末上にて動作するアプリケーションとして実装し (図 1)、入力精度・速度・使用感を検証する実験を行った。本稿ではこれらについて報告する。

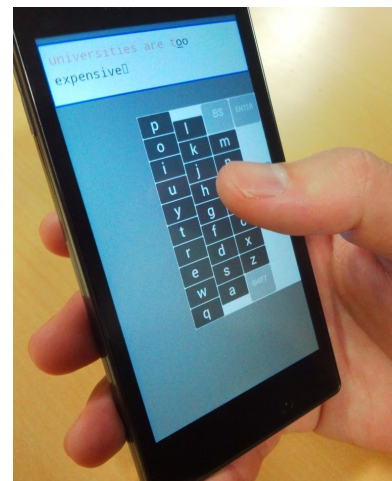


図 1 縦型 QWERTY キーボード
Fig. 1 Portrait QWERTY keyboard.

2. 関連研究

本研究では、スマートフォンにおける片手親指タッチ入力の特徴を調査する予備実験を行い、この予備実験に基づき縦型 QWERTY キーボードの設計を行った。よって、関連する研究には、「片手親指タッチ特性」を調査する研究、「ソフトウェアキーボード」に関する研究が挙げられる。本節では、これらに関する研究についてそれぞれ述べる。

2.1 片手親指タッチ特性

携帯情報端末におけるタッチ入力の特徴を調査した研究がある [2-4]。多くのユーザが片手での携帯情報端末の操作を望んでいるため [5]、これらの研究は、特に、端末を片

¹ 筑波大学情報学群情報メディア創成学類
College of Media, Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba
² 筑波大学システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba
^{a)} hakoda@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

手親指で操作する際のタッチ特性について調査している。その結果、端末画面の位置によってタッチ精度・速度が異なることを示された。また、いずれの研究においても、親指を自然に伸ばした状態で届く位置のタッチ精度が高く、反対に、親指の届きにくい位置のタッチ精度が低い傾向にあることが示された。

この知見を活かした文字入力手法が開発されている [6,7]。高濱ら [6] は、親指の届きやすい円弧状にボタンを配置し、円弧上をなぞってこする様な動作（ラビング入力）により文字を入力する手法を提案した。Kimiooka ら [7] は、同様に円弧状にボタンを配置し、両手親指でのマルチタッチジェスチャにより文字を入力する手法を提案した。

これらの研究では、既存の入力手法と異なる新しい文字入力手法を提案している。一方で、我々の提案する縦型 QWERTY キーボードは、既存の QWERTY キーボードと同様の入力手法であるため、初心者でも入力に慣れやすいと考える。

2.2 ソフトウェアキーボード

ソフトウェアキーボードのレイアウトは様々なものが考案されている。効率的に入力を行うことができるレイアウトを提案した研究がある [8,9]。また、学習のしやすさの面から最適化を図ったレイアウトも研究されている [10]。The 1Line Keyboard [11] は、QWERTY 配列の縦に並んでいるキーをひとつのキーとして、キーボード領域を小さくしたソフトウェアキーボードである。辞書データを用いて曖昧性を解消することによって単語の入力を行う。その一方で、ユーザが新たなレイアウトの学習をする意欲がないことが示されている [10,12]。このことから、本研究では QWERTY 配列を採用した。

携帯情報端末における、ソフトウェアキーボードの表示位置について評価した研究がなされている。中川ら [13] は、ソフトウェアキーボードを画面上部、画面下部、入力部直下の 3 通りで表示し、それぞれにおいて文字入力タスクを被験者にさせ、評価を行った。定量的な評価の結果、画面下部に表示する方式は入力速度が最も速いものの、入力ミスが頻発することがわかった。iGrasp [14] は、タブレットの持ち方に応じてソフトウェアキーボードの配置や表示位置を自動で提供するシステムである。予備実験の結果、持ち方によって好まれるソフトウェアキーボードの配置や表示位置が異なることを示した。さらに、iGrasp がタイピング速度と使いやすさを有意に向上させたことを評価実験によって示した。本研究は、予備実験で端末画面へのタッチ特性を調査し、これを基にキーボード領域として妥当な領域を決定する。

3. 予備実験

縦型 QWERTY キーボードの設計のため、端末サイズが

大きいスマートフォンにおけるタッチ入力の特性を調査する予備実験を 2 つ行った。

3.1 被験者

大学生・大学院生のボランティア 6 名（男性、年齢 21-24）を被験者とした。すべての被験者が、日常的にスマートフォンを使用し、右手によって操作していた。また、スマートフォンの利用歴は、10-36 ヶ月、平均 21.8 ヶ月であった。

3.2 実験機器

実験用端末として、Android 端末（LG Electronics Optimus G L-01E、端末サイズ：高さ 137mm × 幅 69mm × 厚さ 9.6mm、画面サイズ：4.7 インチ（高さ 103.6mm × 幅 58.3mm）、OS：Android 4.1.2）を用いた。

3.3 予備実験 1

予備実験 1 では、実験用端末への親指によるポインティング精度・速度を調査し、その結果からキーボードの配置として最適な領域、つまりポインティング精度が高く、かつポインティング時間も短い領域を検討する。

3.3.1 タスク

被験者には、椅子に座ってもらい、実験用端末を片手で把持してもらった。なお、被験者全員が日常的に右手でスマートフォンを扱っていたため、把持する手を右手とした。日常的なスマートフォンの使用を想定し、肘から手先を身体や机等で支えないように端末を保持する条件で統一した。また、把持姿勢は固定せず、ターゲットに応じて自由に動かしてよいこととした。

被験者が端末画面の実験開始ボタンをタッチすると実験が開始され、端末画面に黒い矩形のターゲットが表示される（図 2）。ターゲットを正方形にするため、端末画面を 16×9 で分割した。その結果ターゲットのサイズは 6.5mm、面積が 42.25mm^2 となった。各矩形箇所につき 5 回ずつ無作為に提示した。その結果、各被験者に計 720 回（5 回 × (16×9) 箇所）ポインティングを行ってもらった。被験者には、できる限り正確にタスクを行うことと、届かないターゲットの場合はできる限りターゲット付近をポインティングするよう教示した。実験所要時間は、一人当たり 15-20 分であった。

3.3.2 実験結果と考察

ターゲット箇所毎に、ポインティングの成功数を総ポインティング数で除した百分率によって精度を求めた（図 3a）。また、ターゲット表示から被験者がタッチを行うまでの平均時間も求めた（図 3b）。それぞれ、色が濃いほど精度が高く、時間が短い。

精度に関しては、傾向が読み取れなかった。これは、ポインティングタスクにおいて、把持姿勢を固定しなかったことによって安定したポインティングがなされなかったた

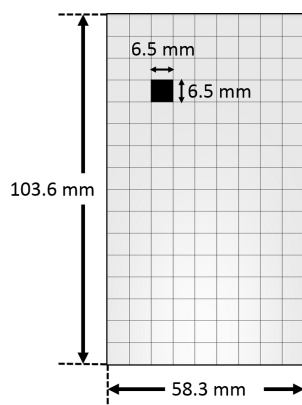
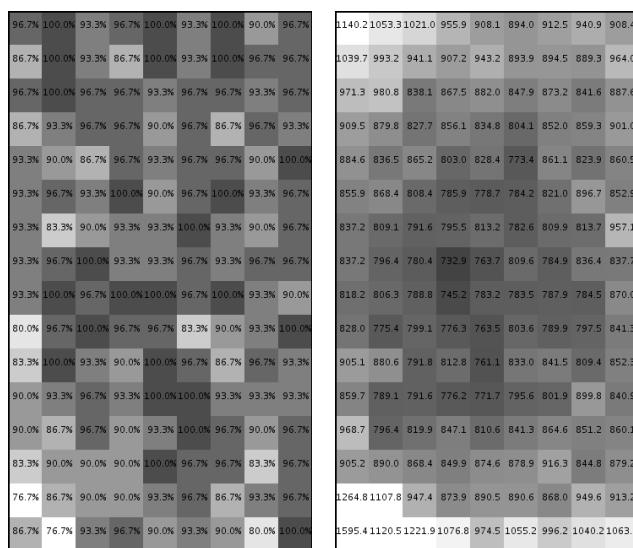


図 2 端末画面に提示されるターゲット
Fig. 2 Target shown in display.

めと考えられる。

平均時間に関しては、端末画面の中央ほどポインティング時間が短いことが分かる。これは、親指を自然にスライドする動作のみでポインティングが可能領域であると考えられる。ポインティング時間が長い箇所は、親指を伸ばしたり曲げたりする動作に加え、把持姿勢を変える動作を行ったためと考えられる。また、表示されたターゲットとポインティング時間との相関は見られなかった。



(a) ポインティング精度 (%) (b) ポインティング時間 (ms)

図 3 予備実験 1 の結果

Fig. 3 Result of preliminary experimental 1.

そこで、キーボードの配置場所として適切な領域を探るために、図 4 のように QWERTY キーボードの大きさごとに抜き出し、比較を行った。Android 端末に搭載されている QWERTY キーボードを実測したところ、キーボードのサイズは、高さ 38.9mm × 幅 58.3mm であった。今回のタスクにおけるターゲットは 6.5mm であったため、キーボードサイズを 6 マス × 9 マスで近似した。16 マス × 9 マスから、キーボードの大きさで抜き出すことができる領

域は、横長の領域が 11 通り、縦長の領域が 32 通りで計 43 通りである。

領域毎にポインティング精度・時間を表示したグラフを図 5, 7 に示す。それぞれをポインティング精度・時間順にソートした結果を図 6, 8 に示す。ポインティング精度・時間共に、縦長領域の方が良い傾向にあることが分かる。一般的なキーボードの配置領域（領域 11）へのポインティング精度は低く、ポインティング時間も非常に長いことが分かる。

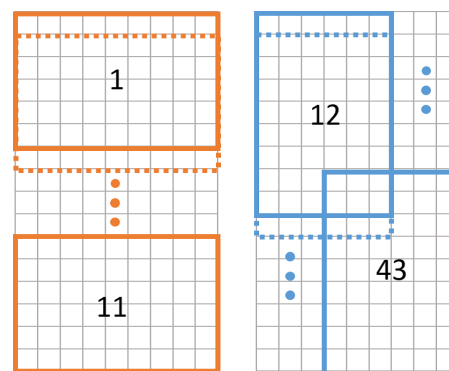


図 4 キーボード領域の抜き出し
Fig. 4 Keyboard areas.

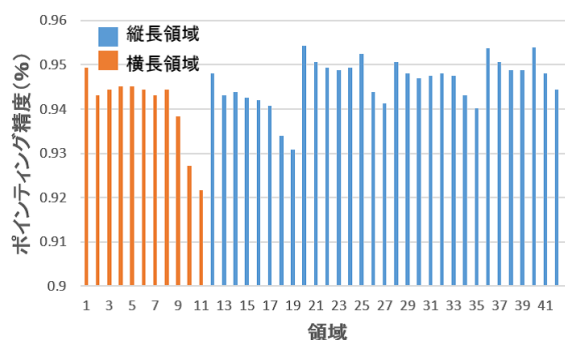


図 5 領域毎のポインティング精度
Fig. 5 Pointing accuracy on each area.

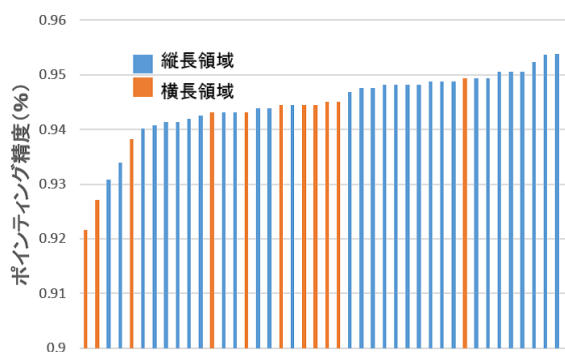


図 6 領域毎のポインティング精度（ソート済み）
Fig. 6 Pointing accuracy on each area (sorted).

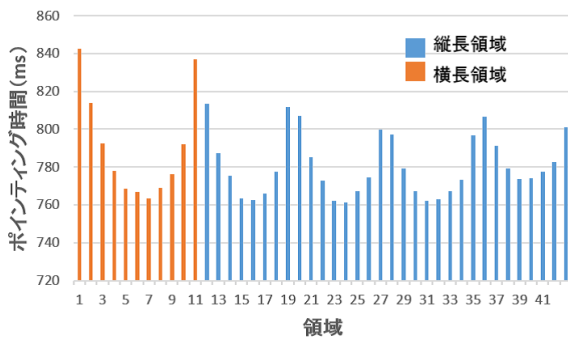


図 7 領域毎のポインティング時間
Fig. 7 Pointing time on each area.

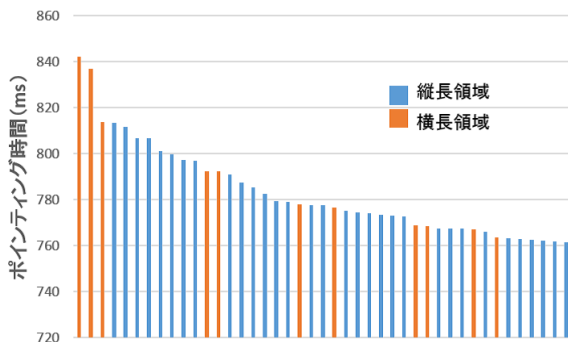


図 8 領域毎のポインティング時間（ソート済み）
Fig. 8 Pointing time on each area (sorted).

縦長の領域として抜き出した領域内の精度の平均を図 9 に、また、ポインティング時間の平均を図 10 に示す。精度に関しては、中央・右端中央・上端の付近に高い精度の領域が存在することがわかる。時間に関しては、上端・下端領域のタッチ時間が長く、中央ほど低い結果となっている。両者の特性を考慮すると、中央、及び右端中央領域付近にキーボードを配置することにより、文字入力のパフォーマンスが向上することが期待される。

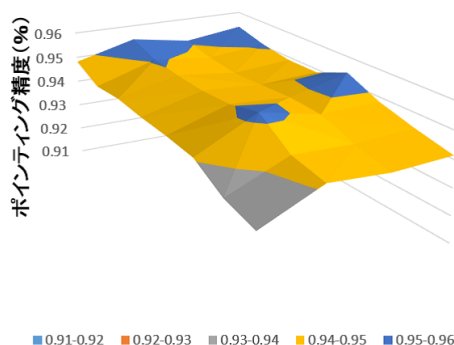


図 9 ポインティング精度の平均
Fig. 9 Average pointing accuracy on each area.

これらの知見から、縦長の領域を使ったキーボードを用いることが妥当であると考えられる。

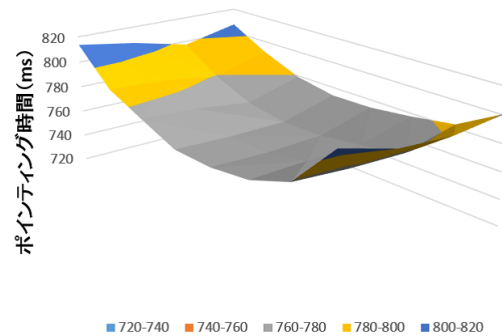


図 10 ポインティング時間の平均
Fig. 10 Average pointing time on each area.

3.4 予備実験 2

予備実験 1 の結果から、縦長の領域を使ったキーボードの優位性が示された。しかし、通常、キーボード入力を行う際は、把持姿勢が固定された状態であると考えられる。一方予備実験 1 では、端末画面全域にターゲットが表示されるので、親指でポインティングするために被験者の把持姿勢が絶えず変化していた。そこで予備実験 2 は、端末の把持姿勢を固定することによって縦長キーボードの最適な配置を探る。

本研究の提案するキーボードは、タブレット端末のような大きなタッチパネル端末においても使用でき、また画面端に配置されている方が画面レイアウトも見やすいため、端末画面端に接する配置とする。

3.4.1 タスク

図 11 に示す、ABCDE の 5 つの領域にて予備実験 1 と同様のポインティングタスクを行ってもらった。5 つの領域は、QWERTY キーボードと同じサイズである。すべて端末画面の右端に接するように配置し、端末画面上端からの距離がそれぞれ、0 マス（上端）、1.5 マス、3.5 マス（中央）、5.5 マス、7 マス（下端）となっている。

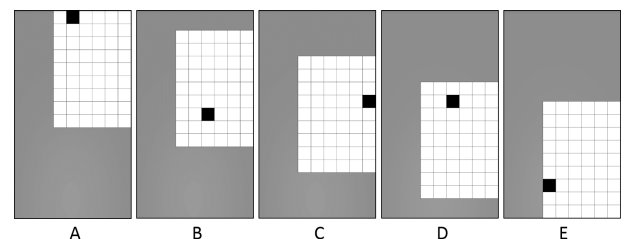


図 11 予備実験 2 における 5 つの領域
Fig. 11 5 areas in Preliminary Experiment 2.

下記のタスクの組合せを 1 セットとし、1 人あたり 5 セット行ってもらった。また、疲労による影響を軽減するため、セット間は十分な休憩を取ってもらった。

キャリブレーションタスク

領域の四隅に黒い矩形を表示する。この矩形をポイン

ティングしながら、持ち方を変えずにすべてのターゲットをポインティングできる持ち方を探ってもらった。

ポインティングタスク

キャリブレーションタスクで探った持ち方をできる限り変えないように教示し、予備実験 1 と同様にポインティングタスクを行ってもらった。

タスクを行う領域の順番は、各被験者毎に無作為に提示した。また、それぞれの領域内の各矩形箇所につき 5 回ずつ無作為に提示した。その結果、各被験者毎に計 1350 回 (5 領域 × (5 回 × (9 × 6) 箇所)) ターゲットを提示した。タスク終了後、アンケートに答えてもらった。実験所要時間は、一人当たり 45-55 分であった。

3.4.2 実験結果と考察

領域別にポインティング精度と、ミスポインティング時のターゲットからの距離ピクセル単位で表したものを図 12, 13 に示す。また、ポインティング時間を示したグラフを図 14 に示す。

ポインティング精度に関しては、領域 C が最も高く、また領域 CD 間 ($p < .05$)、及び CE 間 ($p < .01$) に有意差が認められた。また、領域 B も D, E に比べ有意に高かった ($p < .05$)。これらのことから、端末下端から中央にかけての領域より、中央から端末上端にかけての領域の方がポインティング精度が高いことが分かる。

ポインティング時間に関しては、領域 D が最も低く、その他の領域との有意差が認められた ($p < .01$)。B と E 領域間には有意差が見られなかった ($p = .626$)。その他のすべての領域間には有意差が認められた ($p < .01$)。

また、ミスポインティング時のターゲットからの距離の平均に関しては、中央から上端の領域と中央より下の領域の間、ABC と DE の間に有意差が認められた。

ポインティングタスクの行いやすさについてのアンケートによると、領域 D が最も好まれ、次いで C が好まれた。領域 A が最も評価が低い結果となった。その理由として、領域毎に端末の把持姿勢のキャリブレーションを行った結果、領域 A をポインティングしやすいように端末を把持すると、端末の重心が崩れ、ポインティングはしやすいものの持ちにくくなっていたためと考えられる。また、領域 D, C が好まれた理由としては、端末の下端を支えることで安定すること、及び普段のスマートフォン使用時の把持姿勢と変わらないためと考えられる。

以上の結果から、我々は右端中央に QWERTY キーボードを配置することとした。

4. 評価実験

予備実験から得た知見から、縦型 QWERTY キーボードのプロトタイプを作成した (図 15b)。縦型 QWERTY キーボードの性能、及び特性を調べるために、文字入力実験を行った。

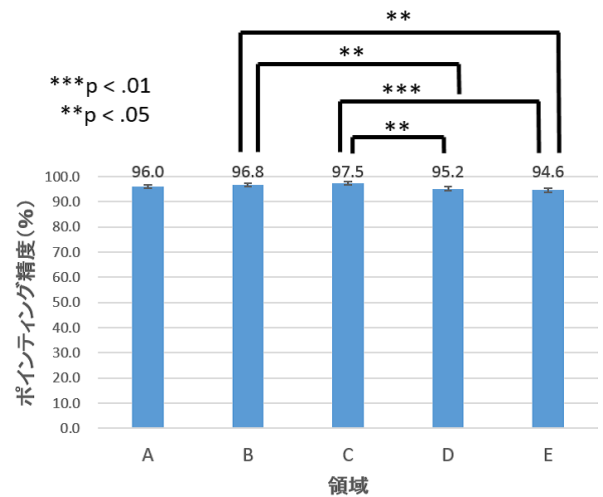


図 12 領域別ポインティング精度

Fig. 12 Pointing accuracy of each area.

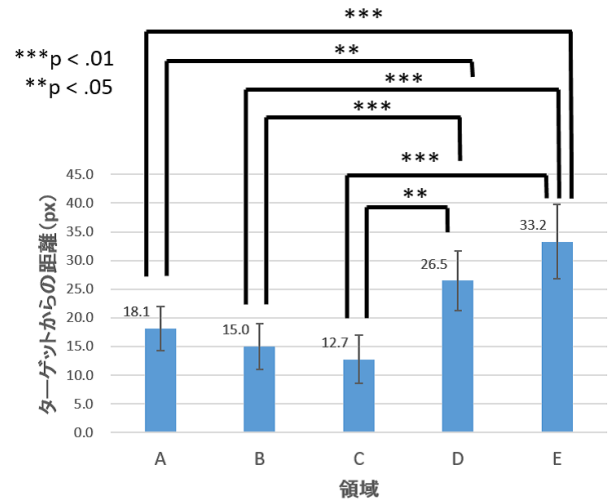


図 13 ターゲットからの距離

Fig. 13 Distance from targets.

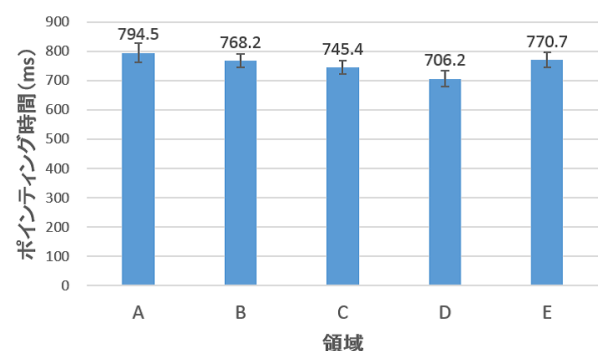


図 14 領域別ポインティング時間

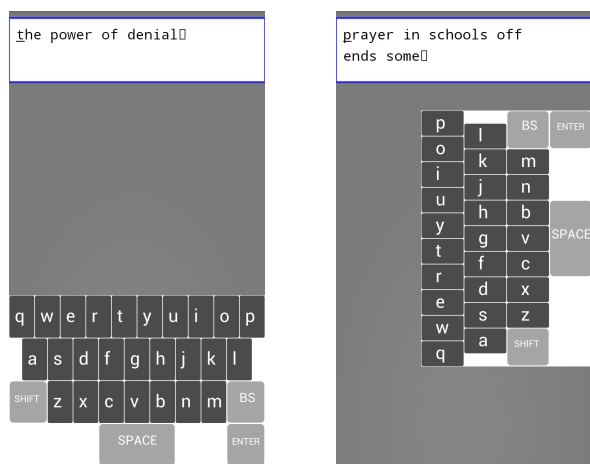
Fig. 14 Pointing time of each area.

4.1 実験設計

著者 1 名を被験者とし、画面下端に配置された QWERTY

キーボードと縦型 QWERTY キーボードの性能比較を行った。それぞれのレイアウトを図 15 に示す。評価実験において条件をそろえるために、両キーボードのキーの配置、サイズ、キーボードの領域面積を統一した。つまり縦型 QWERTY キーボードにおいては、通常の QWERTY キーボードを 90° 回転させたものを、予備実験 2 における領域 C に配置した。また、実験端末として予備実験時と同様の端末を用いた。

1 日当たり 1 セッションの実験を 3 セッション (3 日間) 行った。また、1 セッション当たり 3 回のタスクを行い、1 タスク当たり 10 文の英文を入力した。つまり、合計 90 文の入力を行った (3 セッション × 3 タスク × 10 文 = 90 文)。タスクにおいて使用した英文 [15] の平均文字数は、28.61 文字であった。



(a) QWERTY キーボード (b) 縦型 QWERTY キーボード

図 15 文字入力実験のキーボードレイアウト

Fig. 15 Keyboard layout in experiment of text entry.

4.2 実験結果と考察

エラー率を図 16 に、入力速度を図 17 に示す。エラー率、入力速度ともに、縦型 QWERTY キーボードは、従来の QWERTY キーボードと比べて優れた結果を示さなかった。これは、縦型 QWERTY キーボードのレイアウトが、被験者が普段使用しているキーボード (従来の QWERTY キーボード) のレイアウトと異なるためであると考えられる。しかし、縦型 QWERTY キーボードのレイアウトに慣れるに従って、エラー率、入力速度ともに向上すると考えられる。加えて、縦型 QWERTY キーボードのレイアウトは従来の QWERTY キーボードと同様のレイアウトであるため、学習速度は速いと考えられる。

しかし、今回、著者 1 名のみを被験者とし、かつ、タスク数の少ない実験設計となってしまった。このため、学習効果を測定するのに十分な実験データを得ることができなかった。今後、被験者とタスク数を増やした実験設計とすることにより、縦型 QWERTY キーボードの学習効果につ

いて調査する。

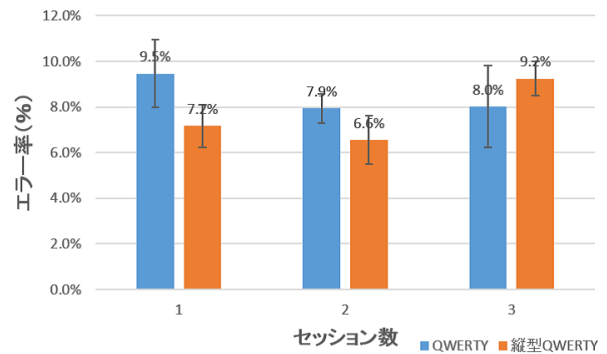


図 16 エラー率
Fig. 16 Error rate.

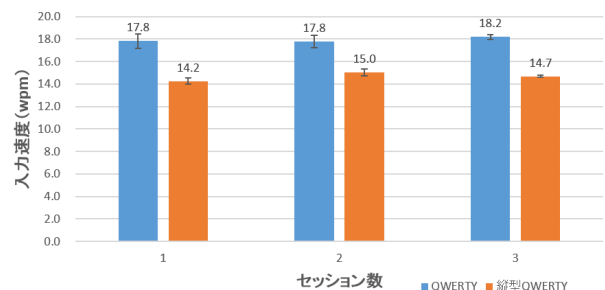


図 17 入力速度
Fig. 17 Entry speed.

また、通常の QWERTY キーボードとは異なり、縦型 QWERTY キーボードではキーボードの中心が把握しづらく、キーの探索時間が多くかかってしまった。ユーザがキーボードの中心を意識できるように、中心線を入れるなどの工夫をすることにより、キーの特定が容易になり、キーの探索時間が短くなると考えられる。

5. まとめと今後の課題

我々はまず、スマートフォンにおける片手親指タッチ入力の特徴を調査する予備実験を行った。結果を分析し、縦長領域のキーボードの可能性を示した。また、その表示位置の妥当性についても検討した。この予備実験を基に、縦型 QWERTY キーボードの設計、及び表示位置の決定を行った。縦型 QWERTY キーボードは、Android 端末上にて動作するアプリケーションとして実装し、入力精度・速度・使用感を検証する実験を行った。その結果、通常の QWERTY キーボードに比べ性能は劣るが、新たなキーボードとしての可能性を示した。

今回は、日常的に右手でスマートフォンを使用している人に被験者となってもらったが、タッチ特性に関しては左右対象の特性が得られると考えられる。そのため、左利きのユーザは縦型 QWERTY キーボードを左端に配置する

ことになるが、QWERTYの向きについて検討する必要がある。

また、本稿では縦長のキーボードの妥当性をポインティング精度・時間から示したが、今後は縦型QWERTYキーボードの学習の容易さなど、他の視点から妥当性を示す。それに伴い、縦型QWERTYキーボードと通常のQWERTYキーボードとの入力性能を比較する被験者実験を行い、縦型QWERTYキーボードの性能評価、及び特性の調査を行う。

参考文献

- [1] Brown, P.: Smartphone owners want thin devices with larger displays, Technical report, Wireless Device Lab (2012).
- [2] Wang, Y., Yu, C., Liu, J. and Shi, Y.: Understanding Performance of Eyes-free, Absolute Position Control on Touchable Mobile Phones, in *Proceedings of the 15th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '13, pp. 79–88, New York, NY, USA (2013), ACM.
- [3] Park, Y. S. and Han, S. H.: Touch key design for one-handed thumb interaction with a mobile phone: Effects of touch key size and touch key location, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 1, No. 40, pp. 68–76 (2010).
- [4] 松浦吉祐, 郷健太郎: 小型タッチ画面における片手親指の操作特性, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 9, No. 4 (2007).
- [5] Karlson, A. K. and Bederson, B. B.: Understanding single-handed mobile device interaction, Technical report, Department of Computer Science, University of Maryland (2006).
- [6] 高濱健児, 郷健太郎: 親指の往復運動に基づく小型タッチ画面端末向けソフトウェアキーボード, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 269–275 (2010).
- [7] Kimioka, G., Shizuki, B. and Tanaka, J.: Niboshi for slate devices: a japanese input method using multi-touch for slate devices, in *Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction: interaction techniques and environments - Volume Part II*, HCI'11, pp. 81–89, Berlin, Heidelberg (2011), Springer-Verlag.
- [8] MacKenzie, I. S. and Zhang, S. X.: The Design and Evaluation of a High-performance Soft Keyboard, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '99, pp. 25–31, New York, NY, USA (1999), ACM.
- [9] Zhai, S., Hunter, M. and Smith, B. A.: The Metropolis Keyboard - an Exploration of Quantitative Techniques for Virtual Keyboard Design, in *Proceedings of the 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '00, pp. 119–128, New York, NY, USA (2000), ACM.
- [10] Bi, X., Smith, B. A. and Zhai, S.: Quasi-qwerty Soft Keyboard Optimization, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '10, pp. 283–286, New York, NY, USA (2010), ACM.
- [11] Li, F. C. Y., Guy, R. T., Yatani, K. and Truong, K. N.: The 1Line Keyboard: A QWERTY Layout in a Single Line, in *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '11, pp. 461–470, New York, NY, USA (2011), ACM.
- [12] Mackenzie, I. S., Zhang, S. X. and Soukoreff, R. W.: Text entry using soft keyboards, *Behaviour & Information Technology*, Vol. 18, No. 4, pp. 131–144 (1999).
- [13] 中川尊雄, 上野秀剛: 携帯端末におけるソフトウェアキーボードの表示位置に着目した使いやすさの評価, シンポジウムモバイル研究論文集, pp. 3–8 (2007).
- [14] Cheng, L.-P., Liang, H.-S., Wu, C.-Y. and Chen, M. Y.: iGrasp: Grasp-based Adaptive Keyboard for Mobile Devices, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pp. 3037–3046, New York, NY, USA (2013), ACM.
- [15] MacKenzie, I. S. and Soukoreff, R. W.: Phrase Sets for Evaluating Text Entry Techniques, in *CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '03, pp. 754–755, New York, NY, USA (2003), ACM.