

2本のジョイスティックを用いたテキスト入力手法の ウィジェットが入力性能に与える影響の調査

横山 海青*¹ 日高 拓真*^{1*2} 鈴木 健介*^{1*2} 志築 文太郎*¹

Investing How the Widget of Text Entry Method using Dual Joysticks
Affects Text Entry Performance

Kaisei Yokoyama*¹, Takuma Hidaka*^{1*2}, Kensuke Suzuki*^{1*2} and Buntarou Shizuki*¹

Abstract – The widget of a software keyboard, installed on the game consoles for text entry using only the gamepad, occupies a certain amount of the screen real estate. The reduction of the occupancy allows game designers to allocate a larger area for the game contents. We show KAI, a software keyboard indication method that reduces the screen occupancy of the widget while minimizing the degradation of input speed and accuracy. We conducted a comparative study of the conventional, KAI, and invisible indication methods with JoyFlick. The results showed that the conventional widget was the fastest and least erroneous among the three indication methods. In addition, the invisible widget was the slowest and most errornous. Therefore, for some software keyboards, KAI can be applied to reduce screen occupancy while minimizing the degradation of input speed and accuracy.

Keywords : text entry, onscreen keyboard, software keyboard, indication

1. はじめに

家庭用のゲーム機は、ユーザがゲームパッドのみを用いて文字入力するために、ソフトウェアキーボードを提供している。とくに Nintendo Switch および PlayStation 5 は、入力可能な文字の一覧が画面に示され、ユーザがその中から入力したい文字を選ぶ方式（以降、一覧式）のソフトウェアキーボードを提供している。

しかし、一覧式ソフトウェアキーボードは、入力できる文字の種類と同じ数のキーを持つため、目的のキーを選ぶまでに必要な操作の回数が多く、ゆえに入力速度が遅くなる傾向にある。また、多数のキーを同時に画面に表示するため、画面占有面積が大きくなる傾向にある。

より高速な文字入力を可能とするソフトウェアキーボードを実現するため、2本のジョイスティックへの操作の組み合わせを用いた文字入力手法（以降、DJ¹式）が提案されてきた^{[1]~[5]}。過去に我々が提案したかな文字入力手法である JoyFlick^{[6]~[8]}も、同様に DJ式である。これらの手法では、目的のキーを選択するまでに必要な操作の回数が少ないため、一覧式に比べて高速な文字入力が可能である。一方、Sandes ら^[2]

以外の手法は、ユーザへの視覚的フィードバックのため、画面の一部を占有してウィジェットを表示する。これらの手法のウィジェットの画面占有面積を減らすことができれば、文字入力中であっても、より広い領域をコンテンツの表示に割り当てられるようになる。

仮に、ソフトウェアキーボードのウィジェットに一切画面の領域を割り当てない、すなわちウィジェットを非表示状態とした場合、ゲーム開発者はウィジェットの表示に用いられていた分の領域を他のコンテンツの表示に割り当てられるため、ゲームの表現の幅が広がると考えられる。しかし、QWERTY キーボードにおけるタッチタイピングが習得に時間を要する技能であるように、非表示状態のソフトウェアキーボードを用いた入力も習得に時間を要する技能であると考えられる。そのため、習得までの間、入力速度および入力精度が一時的に低下するものと考えられる。

我々はソフトウェアキーボード、特に DJ 式ソフトウェアキーボードについて、ウィジェットの画面占有面積を減らしつつ、入力速度および入力精度の低下を抑えるための表示方式である KAI(キー省略表示: Keys Abridged Indication) を示す。本研究では、従来表示、KAI、および非表示の3つのウィジェットをもつ JoyFlick の比較実験を行い、これらのウィジェットの表示方法がテキスト入力の入力速度および入力精度にどのような影響を与えるかを調べることを目的とする。

本研究の貢献を以下に示す。

*1: 筑波大学

*2: 同等の貢献

*1: University of Tsukuba

*2: Equally contributed.

1: Dual Joystick の略。

- ソフトウェアキーボードのウィジェットの画面占有面積を減らしつつ、入力速度および入力精度の低下を抑えるための表示方式である KAI を示した。
- DJ 式ソフトウェアキーボードである JoyFlick に KAI を適用した場合、入力速度および入力精度が、非表示を適用した場合より高速かつ正確であり、従来表示を適用した場合より低速あるいは等速、かつ不正確であることを示した。
- 従来表示、KAI、非表示の 3 つの表示方式の使い分けの方針を示した。

2. 関連研究

本研究は、DJ 式ソフトウェアキーボードに関する研究、および表示の省略に伴う入力速度および入力精度の比較に関する研究に関連している。

2.1 DJ 式ソフトウェアキーボードに関する研究

PizzaText^[1]²および TwoStick^[3]³は、それぞれの手法に固有のウィジェットを画面に表示するアルファベット入力用 DJ 式ソフトウェアキーボードである。これらの手法における入力速度 (Words Per Minute, 以降 WPM) および入力精度 (Total Error Rate, 以降 Total ER) は、それぞれ PizzaText^[1] が 8.59 WPM および 5.49% であり、TwoStick^[3] が 14.87 WPM および 8.20% である。また、EGConvert^[5]⁴、IToNe^[4]⁵、および JoyFlick^{[6]~[8]}⁶は、それぞれの手法に固有のウィジェットを画面に表示するかな文字入力用 DJ 式ソフトウェアキーボードである。これらの手法のユーザはまず片方のスティックへの操作により、入力したい文字が属しているグループを選び、続いてもう片方のスティックへの操作により、先程選択したグループの中から入力したい文字を選ぶ。これらの手法における入力速度 (Characters Per Minute, 以降 CPM) および入力精度は、IToNe^[4] が 45.17 CPM および 3.98% (ER^[9]) であった。また、我々が以前^{[6]~[8]}に計測した JoyFlick の入力速度は 42.8 CPM、入力精度は 8.22% (Total ER) である。

一方、Sandes ら^[2]は、ウィジェットを画面に表示しないアルファベット入力用 DJ 式ソフトウェアキーボードを提案した。この手法は QWERTY キーボードユーザ向けに設計されており、キー配置が QWERTY キー

ボードに基づいて定められている。入力速度 (WPM) は 6.75 WPM であり、入力精度 (Sandes らによる定義) は 19.3% である。

ウィジェットの画面占有面積が大きい場合、文字入力中においてコンテンツの表示に割り当てられる画面の領域が狭くなる。我々の提案手法 KAI は、選択しているキーにのみ対応する文字を表示し、その他のキーには文字を表示せずキー配置の概形のみを示すことによりウィジェットの画面占有面積を減らすことが可能である。また、これらの研究においては、表示の有無を含めたウィジェットのデザインの違いによる入力速度および入力精度の評価は行われていない。一方、本研究においては、JoyFlick を用いて、従来表示、省略表示、および非表示状態における入力速度および入力精度について比較実験を行う。

2.2 ソフトウェアキーボードのウィジェットの省略および評価に関する研究

ソフトウェアキーボードの表示を省略した文字入力手法の提案およびその入力速度および入力精度の調査が行われてきた。

The 1line Keyboard^[10]は、入力できる文字の種類と同じ数のキーを直線上に配置することによって、表示領域を約 60%削減したタッチパネル用 On-screen キーボードである。TapStr^[11]は、タップおよびストローク方向による入力が可能な、縦方向に圧縮されたスマートフォン用 On-screen QWERTY キーボードである。Kim および Lee^[12]は、半透明の QWERTY キーボードをタブレット端末上に実装した。また、Zhu ら^[13]は、スマートフォン用 QWERTY キーボードを非表示状態にした際の入力速度を調査した。これらの手法は、文字を小さくする、キーボードの表示を透過させる、またはキーボードを表示しないことによって、画面占有面積を下げているため、本来のコンテンツが見やすくなるという利点を有する。一方、いずれの手法も、それぞれの既存手法に比べて入力速度が低いことが示されている。

これらの研究では、On-screen キーボードの画面占有面積を下げるための省略表示を提案し、また入力速度および入力精度について調査した。我々も同様に、ウィジェットの画面占有面積を下げる省略表示を提案し、JoyFlick を用いて、従来表示、省略表示、および非表示状態における入力速度および入力精度について比較実験を行う。

3. KAI: キー省略表示

KAI (Keys Abridged Indication) は、ソフトウェアキーボードのウィジェットの文字サイズを維持したまま画面占有面積を減らしつつ、同時に入力速度および入力精度の低下を抑えるための表示手法である (図

2 この手法を用いるには、7 方向を識別できるスティックを 1 つ、および 4 方向を識別できるスティックを 1 つを持つデバイスが最低限必要である。

3 この手法を用いるには、8 方向を識別できるスティックを 2 つ持つデバイスが最低限必要である。

4 この手法を用いるには、8 方向を識別できるスティックを 2 つ持つデバイスが最低限必要である。

5 この手法を用いるには、10 方向を識別できるスティックを 2 つ持つデバイスが最低限必要である。

6 この手法を用いるには、8 つの方向を識別できる押し込み操作が可能なスティックを 1 つ、4 つの方向を識別できる押し込み操作が可能なスティックを 1 つ、およびボタンを 2 つ持つデバイスが最低限必要である。

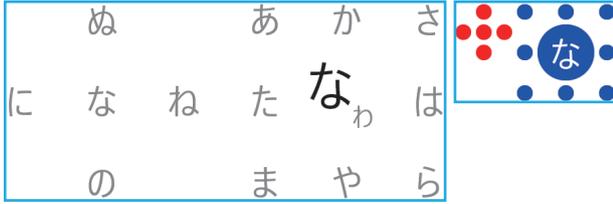


図1 JoyFlickのウィジェット。(左) 従来表示および(右) KAI。従来表示(強調されている文字を除く)とKAIのウィジェット上の文字サイズは同一。

Fig.1 Widgets of JoyFlick: Conventional indication (left) and KAI (right). Characters on the conventional indication except emphasized one and KAI have the same size.

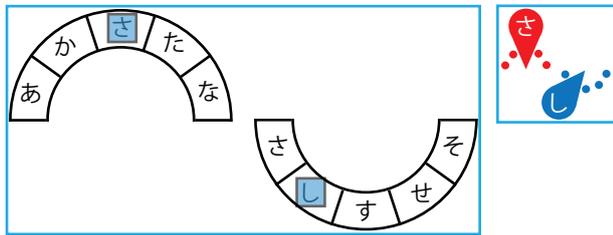


図2 IToNe^[4]のウィジェット。(左) 従来表示および(右) KAI。従来表示とKAIのウィジェット上の文字サイズは同一。

Fig.2 Widgets of IToNe^[4]: Conventional indication (left) and KAI (right). Characters on the conventional indication and KAI have the same size.

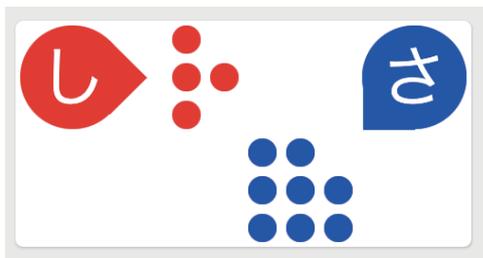


図3 KAIを適用したJoyFlickのウィジェット。子音「さ」キーおよび母音「い」キーが選択されている。なお、子音「さ」が選択されているため、母音「い」キーに対応する文字は「し」である。

Fig.3 The KAI widget of JoyFlick. The widget indicates that the consonant key S and the vowel key I are selected.

1右, 図2右, および図3)。

3.1 デザイン

KAIを適用したソフトウェアキーボードのウィジェットの例を, 図1右, 図2右, および図3に示す。選択されているキーは, キーの背景となる図形に重ねて, キーに対応する文字を表示する(例: 図1右の「な」, 図2右および図3の「さ」および「し」)。選択され

ていないキーは, キーに対応する文字を表示せずに, キーの背景となる図形のみを小さく表示する。

ソフトウェアキーボードを使用するユーザが次のキー選択に必要な操作を把握するには, 「現在どのキーが選択されているか」および「キー配置」の2つの情報が必要であると考えられる。KAIを適用したウィジェットは, どのキーが選択されているかをユーザに示す一方, キー配置については概形を示すに留める。したがって, ソフトウェアキーボードのキー配置を覚えていたユーザは, 現在どのキーが選択されているかをウィジェットから読み取ることにより, 次のキー選択に必要な操作を把握できると考えられる。

文字入力の入力速度および入力精度は, ユーザが表示から得られる情報が減るにつれて低下すると考えられる。従来表示に比べて, KAIがユーザに与える情報は少ない。非表示に比べて, KAIがユーザに与える情報は多い。したがって我々は, KAIは従来表示と非表示の中間の入力速度および入力精度を持つという仮説を立て, 評価実験(4.1節)にて検証した。

3.2 デザイン上の工夫

KAIをDJ式ソフトウェアキーボードに適用するにあたって, 我々は以下も採用した。

3.2.1 左右の領域の色分け

IToNe^[4]およびJoyFlickのように, ウィジェットが左右の領域に分割されているソフトウェアキーボードにもKAIを適用することができる。その場合, 図1右, 図2右, および図3のように, 左右の領域にそれぞれ個別の色を割り当て, キーの背景色として用いることとした。これにより, さらなるウィジェットの縮小のために左右の領域の間隔を削減しても, 左右の領域の区別が付きやすくなると考えられる。

3.2.2 コーンの表示

DJ式ソフトウェアキーボードにおいて, ユーザはスティックを用いて方向を入力することによりキーを選択する。その場合, 選択されているキーに向けて, キーが所属するメニューの中心からコーンを表示することとした(図2右および図3の「さ」および「し」)。これにより, 選択されているキーを強調すると同時に, ユーザが現在入力している方向も示すことができる。

3.2.3 ストレイフ: ウィジェットのキャレットへの追従

Papoutsakiらの調査^[14]によれば, ハードウェアキーボードのタッチタイピングを行うユーザはキャレット付近を注視している。ある程度ゲームパッドの操作に慣れたユーザは操作の際にゲームパッドを視認することが少ないため, ハードウェアキーボードではなくゲームパッドを用いたテキスト入力においても, 同様の傾向が現れることが予想される。そのため, ウィジェットをキャレットに追従させること(以降,

ストレイフ)とした。これにより、ウィジェットの表示位置を固定したときに比べて、ユーザがウィジェットを確認する際の視線移動の距離を短縮できると考えられる。

3.3 縮小率

文字サイズが同じ時、従来表示の面積に対する KAI の面積の割合(縮小率)は、入力手法のキー配置、選択されているキー、およびキー間の距離に依存する。図 1 においては、縦幅は従来表示の 54.8%、横幅は従来表示の 37.9%であり、したがって縮小率は 20.8%である。

4. 評価実験

ウィジェットの表示方法がテキスト入力の入力速度および入力精度に与える影響を調べるため、我々は JoyFlick を用いた評価実験を行った。

4.1 仮説

従来表示が「現在どのキーが選択されているか」および「キー配置」の両者を明示するのに対し、KAI は前者を明示しつつ後者は概形を示すに留めており、非表示では両者を示さない。

ユーザの入力速度および入力精度は、表示から得られる情報が減るにつれて低下すると考えられる。したがって、我々は以下の仮説 H1 および H2 を立て、検証の対象とした。

H1 入力速度は、従来表示, KAI, 非表示の順に高い

H2 入力精度は、従来表示, KAI, 非表示の順に高い

4.2 入力手法

入力手法には JoyFlick^{[6]~[8]}を用いた。入力手法の選定の経緯は以下のとおりである。まず、実験を日本国内において行うため、英語よりも日本語を母語とする参加者を募集することがより容易であることから、実験に用いる入力手法を日本語の入力手法とした。さらに、KAI がソフトウェアキーボードのキー配置を覚えているユーザによる使用を想定していること、かつ、若年層においてフリック入力のユーザが多く^[15]募集しやすいことから、日本語用の DJ 式ソフトウェアキーボードの中でも、フリック入力に似たキー配置を持つ JoyFlick を実験に用いる入力手法として選定した。

なお、KAI を表示手法として用いる際には、3.2 節にて述べた全てのデザイン上の工夫を適用した。また比較のため、KAI だけでなく従来表示にもストレイフ(3.2.3 節)を適用した。

以下に、JoyFlick の操作方法の概要を述べる。ユーザは右スティックを用いて子音を選択した後、左スティックを用いて母音を選択し、最後に左スティックをニュートラルポジションに戻すことによって文字を

入力する。濁音、半濁音、促音、および拗音は、元となる清音を入力した後、コントローラ上のトリガーボタンを用いて変換することにより入力する。また、子音「わ」は右スティックの押し込み、母音「あ」は左スティックの押し込みによって選択できる。

4.3 実験参加者

日本語を母語とし、スマートフォンにてフリック入力を使用する 19-35 (M=22.1, SD=3.20) 歳の 24 名が実験に参加した。2 名が女性であり、残りは男性だった。2 名が左利きであり、残りは右利きだった。全ての参加者は JoyFlick を用いた文字入力の経験がなかった。また、ゲームパッドの使用頻度の高さを「日常的に使用する」「しばしば使用する」「ときおり使用する」「まれに使用する」「まったく使用したことがない」の 5 段階のリッカート尺度を用いて尋ねたところ、15 名が「日常的に使用する」「しばしば使用する」または「ときおり使用する」と回答し、9 名が「まれに使用する」「まったく使用したことがない」と回答した。以降、前者をグループ G、後者をグループ N と呼称する。

4.4 実験に用いた装置およびソフトウェア

我々は Kotlin 言語を用いて、実験用のアプリケーションを macOS 上に実装した(図 4)。実験には、ゲームパッドとして Nintendo Switch Pro コントローラーを、コンピュータとして MacBook Pro 2020 13 インチモデルを用い、ゲームパッドとコンピュータを Bluetooth によって接続した。また、実験用のアプリケーションは全画面表示した。

4.5 タスク

参加者はコンピュータの置かれた机の前に椅子を用いて着座した姿勢で、実験用ソフトウェアに表示される短文(図 4a)を入力した。参加者は高速かつ正確な入力を行うよう求められた。参加者は文字の削除と入力によって入力誤りを訂正できたが、入力誤りを必ず全て訂正することは求められていなかった。参加者はゲームパッドのプラスボタンを押下することにより、次の短文の入力に進んだ。

4.6 表示手法

従来表示(図 4 上)、KAI(図 4 中)、非表示(図 4 下)の 3 つの表示手法が、実験に用いられた。従来表示および KAI のウィジェットにおいて表示されている文字のサイズは、従来表示における強調されている文字を除き(例:図 4 上における「か」)、同じである。また、図 4 における KAI の縮小率は 17.0%であった。

参加者の負担を軽減するため、1 名の参加者につき、3 つ全てではなく 2 つの表示手法が割り当てられた。カウンターバランスを取るために、各参加者の表示手法の割り当ておよび順序を、ラテン方格法を用いて定めた。

2本のジョイスティックを用いたテキスト入力手法のウィジェットが入力性能に与える影響の調査

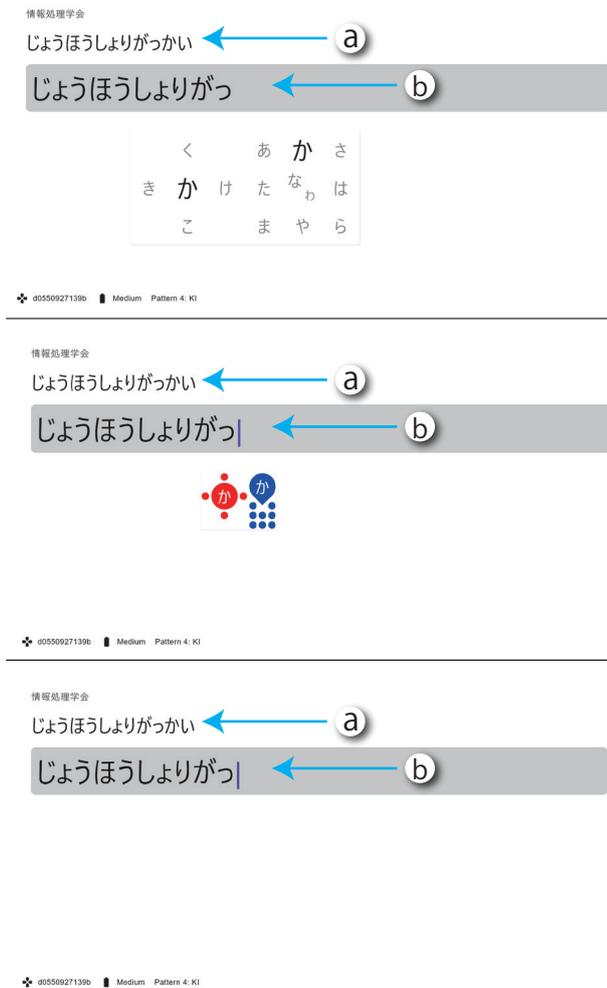


図4 実験用のアプリケーションの表示例。上から順に、従来表示、KAI、非表示。a: 参加者が入力するよう求められている文字列。b: 参加者が入力した文字列。

Fig. 4 Display during the tests: conventional (upper), KAI (middle), invisible (lower). The participant is instructed to enter (a) and (b) has been entered.

4.7 練習文セットおよび測定文セット

練習文セットおよび測定文セットの2つの短文のセットが、実験に用いられた。練習文セットは28文の短文からなり、累計文字数は289文字だった。測定文セットは24文の短文からなり、累計文字数は168文字だった。練習文セットおよび測定文セットはかな文字の清音、濁音、半濁音、捨てがな、および長音記号「ー」によって構成されていた。なお、練習文セットおよび測定文セットは、以前我々が行った実験^{[6][8][7]}と同じものを用いた。

4.8 実験手順

参加者は実験の最初に、参加者の属性を調べるためのアンケートに回答し、続いてJoyFlickの操作方法の

説明を受けた。その後、参加者は割り当てられた手法1つにつき1セッション、合計2セッションの入力を行った。1つのセッションにおいて、参加者はまず練習サブセッションを行い、続いて測定サブセッションを行ったのち、最後にそのセッションに割り当てられた手法に関するアンケートに回答した。参加者1名につき、実験に要した時間は1時間以下だった。また、参加者1名につき、入力を求められた文字数は式(1)の通りだった。

$$2 \text{セッション} \times (289 \text{文字} + 168 \text{文字}) = 914 \text{文字(1)}$$

4.8.1 練習サブセッション

各セッションの練習において、参加者は従来表示のJoyFlickを用いて、練習文セットに含まれている全ての短文を1回ずつ入力した。順序効果を打ち消すため、練習文の提示順は無作為化された。

練習において従来表示のJoyFlickを用いた理由は、KAIが、ソフトウェアキーボードのキー配置を覚えているユーザによる使用を想定しているからである。すべての参加者はフリック入力のユーザではある。しかし、JoyFlickとフリック入力のキー配置には差異があるため、参加者がKAIの想定ユーザとなるには、従来表示のJoyFlickを使用することによりJoyFlickのキー配置を覚える必要がある。そのため、各セッションの練習サブセッションにおいて、セッションに割り当てられた表示手法ではなく、従来表示のJoyFlickを用いることとした。

4.8.2 測定サブセッション

各セッションの計測において、参加者はセッションに割り当てられた表示手法のJoyFlickを用いて、測定文セットに含まれている全ての短文を1回ずつ入力した。順序効果を打ち消すため、測定文の提示順は無作為化された。

5. 結果と考察

入力速度および入力精度を解析対象とした。入力速度の指標としてCPM、また入力精度の指標としてTotal ERおよびMSD ER (Minimum String Distance Error Rate)を用いた。なお、これらの指標の定義はArifら^[9]に基づく。

2種の入力精度の指標のうち、Total ERは短文の入力中に修正された誤入力と修正されなかった誤入力の両方を入力誤りとしてカウントする指標であり、手法間および参加者間の入力精度の比較に用いた。一方、MSD ERは修正されなかった誤入力のみを入力誤りとしてカウントする指標であり、本実験の結果と他の論文の実験結果の比較を容易にするために記載した。参加者は短文の入力において誤入力を全て修正することは求められていなかった(4.5節)ため、誤入力が

7. [8]の4章に記載されている実験。

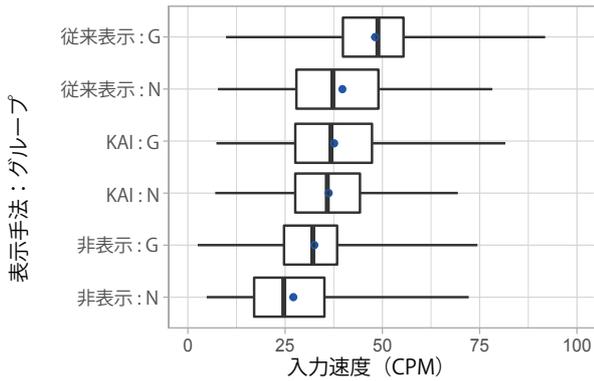


図5 測定サブセッションにおける CPM. 箱ひげの左端が最小値, 右端が最大値, 箱が第一四分位数から第三四分位数までの領域, 縦太線が中央値, 丸印が平均値を示す.

Fig.5 CPM in test sub-sessions. The left edge of the whisker shows the minimum value, the right edge shows the maximum value; the box shows the region between the first and third quartiles; the bold vertical line shows the median; the dot shows the mean.

表1 測定サブセッションにおける CPM の, グループ G-N 間の p 値および効果量.

Table 1 The p-values and effect sizes in CPM between the groups in test sub-sessions.

表示手法	p 値	効果量
KAI	0.945	5.54×10^{-2}
非表示	1.39×10^{-4}	0.282
従来表示	8.24×10^{-9}	0.369

発生した際に, 誤入力を放置することにより入力精度の低下と引き換えに入力速度を高めるか, あるいは誤入力を修正することにより入力速度の低下と引き換えに入力精度を高めるか, どちらの戦略をとるかは実験参加者に委ねられていた. Total ER と MSD ER を併せて用いることにより, 短文の入力中に発生した誤入力のうち, 参加者により修正された誤入力の割合がわかるため, 本実験の参加者のとった戦略の傾向を知ることができる.

独立変数は, 表示手法 (3水準: 従来表示, KAI, および非表示) およびゲームパッドの使用頻度に基づく分類 (2水準: グループ G およびグループ N) の2つである. 2群の比較には Brunner-Munzel 検定^[16], 多重比較には Steel-Dwass 検定 (漸近検定) を用い, 有意水準を 0.05 とした. また, 効果量には Cliff's delta を用いた. なお, 統計解析の実行には R^[17] および NSM3 パッケージ^[18] を用いた.

5.1 入力速度

測定サブセッションにおける, 表示手法とグループの組み合わせごとの CPM を図 5 に示す. また, 測定

表2 測定サブセッションにおける CPM の, 2つの表示手法間の p 値および効果量.

Table 2 The p-values and effect sizes between two indication methods in CPM in test sub-sessions.

比較対象	グループ	p 値	効果量
従来表示-KAI	G	0.00	0.431
	N	0.585	0.106
従来表示-非表示	G	0.00	0.650
	N	0.00	0.491
KAI-非表示	G	2.35×10^{-4}	0.222
	N	7.34×10^{-8}	0.418

表3 測定サブセッションにおける Total ER の, グループ G-N 間の p 値および効果量.

Table 3 The p-values and effect sizes in Total ER between the groups in test sub-sessions.

表示手法	p 値	効果量
KAI	0.840	7.00×10^{-2}
非表示	1.93×10^{-2}	0.200
従来表示	0.403	9.60×10^{-2}

サブセッションにおける, 同じ表示手法を用いた異なるグループの比較 (表 1), および異なる表示手法を用いた同じグループの比較 (表 2) の p 値および効果量を示す.

図 5 および表 1 より, 従来表示および非表示の JoyFlick を用いるとき, グループ G はグループ N よりも高速に入力できると言える. 一方, KAI を適用した JoyFlick を用いるとき, グループ G とグループ N の CPM の差は小さいものと考えられる.

また, 図 5 および表 2 より, グループ G においては, 従来表示の JoyFlick を用いた入力最も速く, 非表示の JoyFlick を用いた入力最も遅いと言えるため, H1 が支持された. グループ N においては, 非表示の JoyFlick を用いた入力は従来表示および KAI よりも遅く, 一方で従来表示と KAI の差は小さいものと考えられる. したがって H1 が支持されたとは言えないが, 従来表示と KAI の差が小さいことは, KAI を実際のアプリケーションに用いる上ではより好ましい結果である.

5.2 入力精度

入力精度の指標として用いた Total ER および MSD ER それぞれについて述べる.

5.2.1 Total ER

測定サブセッションにおける, 表示手法とグループの組み合わせごとの Total ER を図 6 に示す. また, 測定サブセッションにおける, 同じ表示手法を用いた異なるグループの比較 (表 3), および異なる表示手法を用いた同じグループの比較 (表 4) の p 値および効果量を示す.

図 6 および表 3 より, いずれの表示手法について

2本のジョイスティックを用いたテキスト入力手法のウィジェットが入力性能に与える影響の調査

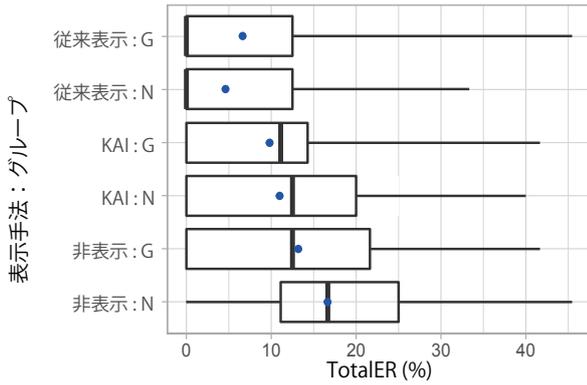


図6 測定サブセッションにおける Total ER. 箱ひげの左端が最小値, 右端が最大値, 箱が第一四分位数から第三四分位数までの領域, 縦太線が中央値, 丸印が平均値を示す.

Fig. 6 Total ER in test subsessions. The left edge of the whisker shows the minimum value, the right edge shows the maximum value; the box shows the region between the first and third quartiles; the bold vertical line shows the median; the dot shows the mean.

表4 測定サブセッションにおける Total ER の, 2つの表示手法間の p 値および効果量.

Table 4 The p-values and effect sizes in Total ER between two indication methods in test subsessions.

比較対象	グループ	p 値	効果量
従来表示-KAI	G	1.50×10^{-3}	0.195
	N	1.53×10^{-7}	0.340
従来表示-非表示	G	0.00	0.382
	N	0.00	0.611
KAI-非表示	G	1.27×10^{-3}	0.197
	N	2.69×10^{-4}	0.301

表5 測定サブセッションにおける MSD ER.

Table 5 MSD ER in test subsessions.

表示手法	グループ	中央値 (%)	平均値 (%)	SD (%)
KAI	G	0.00	0.877	3.42
	N	0.00	0.397	2.36
非表示	G	0.00	0.474	2.82
	N	0.00	0.481	2.62
従来表示	G	0.00	0.507	2.61
	N	0.00	0.170	1.55

も, グループ間の Total ER の差は小さいものと考えられる. また, 図6および表4から, グループGおよびNのいずれにおいても, 従来表示の Total ER が最も低く, 非表示の Total ER が最も高いと言えるため, H2が支持された.

5.2.2 MSD ER

測定サブセッションにおける MSD ER の, 表示手法とグループの組み合わせごとの MSD ER を表5に示す. また, 同じ表示手法を用いた異なるグループの比較, および異なる表示手法を用いた同じグループの

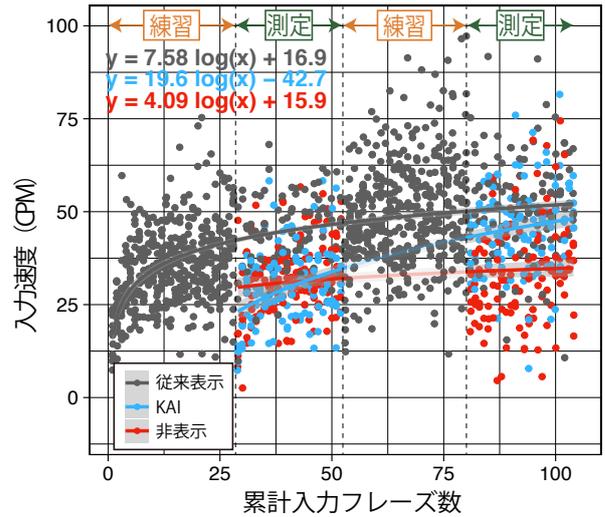


図7 グループGの, 最初の練習サブセッションから最後の測定サブセッションまでにおける CPM. プロットされた点は, それぞれそのフレーズにおける1名の参加者の CPM を示す. 灰色の帯は 95%信頼区間を示す.

Fig. 7 Text entry speeds of each phrase entry by group G from the first training subsession to the last test subsession. Each point features one phrase entry by one participant. The gray bands show 95% confidence intervals.

比較のいずれにおいても, 有意差は示されなかった.

過去の実験[7],[8]において, 参加者は従来表示を用いた入力の際にはほぼ全ての誤入力を訂正した. 今回の実験において, 従来表示のみならず KAI および非表示を用いた入力においても, 同じ傾向が確認された(表5).

5.3 習熟

最初の練習サブセッションから最後の測定サブセッションまでにおける CPM を, 図7(グループG)および図8(グループN)に示す.

図7および図8のいずれにおいても, 非表示の学習曲線は傾きが水平に近い. したがって, 80フレーズ(750文字)程度の入力練習では, 非表示を用いた入力の習得は難しい可能性があると言える.

また, 図7のKAIについて, 1回目の測定サブセッション(29フレーズ目から52フレーズ目まで)および2回目の測定サブセッション(81フレーズ目から104フレーズ目まで)の分布および学習曲線から, グループGに対しては, 80フレーズ(750文字)程度の入力練習によって, KAIを用いた入力の速度が非表示以上かつ従来表示未満になることが推察される.

6. 実験の限界および今後の課題

実験および議論における制限, また今後の課題について述べる.

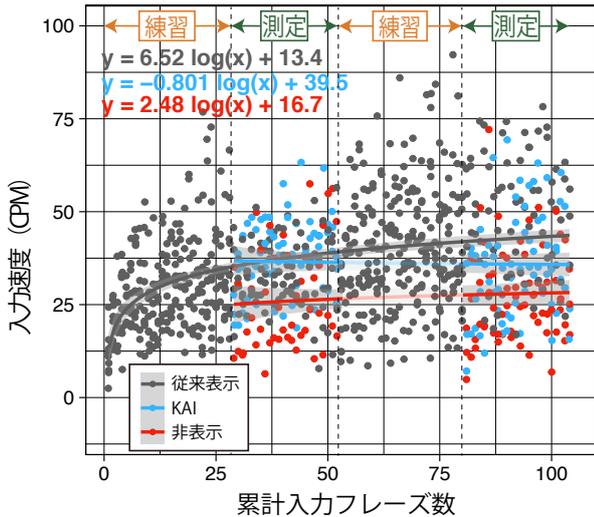


図8 グループ N の、最初の練習サブセッションから最後の測定サブセッションまでにおける CPM. プロットされた点は、それぞれそのフレーズにおける 1 名の参加者の CPM を示す. 灰色の帯は 95% 信頼区間を示す.

Fig. 8 Text entry speeds of each phrase entry by group N from the first training subsession to the last test subsession. Each point features one phrase entry by one participant. The gray bands show 95% confidence intervals.

6.1 比較の公平性

KAI はソフトウェアキーボードのキー配置を覚えているユーザによる使用を想定している. そのため, 今回の実験においては, いずれのセッションにおいても練習に従来表示を用いた (4.8.1 節). これにより, KAI および非表示と, 従来表示の入力経験の量に差が生じている. 従って, 仮に入力経験の量を揃えた場合, KAI および非表示と, 従来表示の入力速度および入力精度の差は小さくなる可能性がある.

6.2 手法割り当てと参加者の偏り

図 7 の KAI の学習曲線とは異なり, 図 8 の KAI の学習曲線の傾きは水平に近い. ただし, グループ N のうち, 1 回目の測定サブセッションで KAI を用いた参加者の 1 回目の練習サブセッションにおける入力速度 (3 名, 平均 39.5 CPM) は, 1 回目の測定サブセッションで従来表示または非表示を用いた参加者の 1 回目の練習サブセッションにおける入力速度 (6 名, 平均 25.5 CPM) よりも速いことが, Brunner-Munzel 検定^[16]によって示された ($p = 2.13 \times 10^{-13}, d = 0.531$). すなわち, JoyFlick を用いた入力が特に高速な参加者が, 1 回目の測定サブセッションで KAI を用いる実験パターンに偏って割り当てられていた. そのため, 本実験の結果を用いてグループ N の KAI の習熟について議論することは難しい. また同時に, 今回統制を行ったユーザの属性, すなわちフリック入力を使用す

るか否か^{[6]~[8]} およびゲームパッドの使用頻度以外にも, JoyFlick の入力速度に影響を与えるユーザの属性が存在する可能性があり, 今後調査する必要がある.

6.3 ほかの入力手法を用いた実験

今回の実験においては入力手法として JoyFlick を用いたが, KAI は JoyFlick 以外の DJ 式ソフトウェアキーボードにも適用可能である. 50 音表に基づいたキー配置を持つ IToNe^[4] (図 2), および QWERTY キーボードに基づいたキー配置を持つ Sandes らの手法^[2] は, ユーザが手法のキー配置を覚えやすく, KAI の適用に適した手法だと考えられる.

これらの手法を用いた従来表示, KAI, および非表示の比較により, ウィジェットが入力性能に与える影響が, JoyFlick 以外の入力手法においても再現可能かどうか, またどのような機序によってもたらされるのかを解明することに繋がると考えられる.

6.4 デザインの工夫による入力速度および入力精度への影響の調査

今回の実験において工夫の有無による比較は行われていないため, 工夫の有無による入力速度および入力精度への影響は調査できなかった. デザインの工夫の有効性を示すためには, 工夫の有無による比較実験を行う必要がある.

6.5 ゲームパッドの操作への習熟度と, 従来表示と KAI の入力速度の差

実験において (表 2), グループ G は従来表示と KAI の入力速度に中程度 ($d = 0.431$) の差が出たものの, グループ N は差が小さかった ($d = 0.106$). 従来表示と KAI の間には「キー配置の明示」の有無という違いがある. したがって, ゲームパッドへの習熟度が低い場合, キー配置の明示による入力速度の向上幅は小さいと言える. この関係の機序を探り対応策を立てることにより, より高速な DJ 式ソフトウェアキーボード, あるいはより操作に習熟しやすいゲームパッドの開発に寄与する可能性があり, 今後調査する必要がある.

6.6 入力手法および表示手法への習熟度

本実験は, 入力手法および表示手法を使い慣れているユーザを想定した実験ではなかった. すなわち, すべての参加者は JoyFlick を用いた文字入力の経験がなく, また, 1 人の参加者が実験に要した時間は 1 時間以下だった. そのため, 参加者の入力手法および表示手法への習熟度には向上の余地があった. 入力手法および表示手法への習熟度は入力速度および入力精度に大きく影響すると予想されるため, 入力手法および表示手法を使い慣れているユーザを想定した, 表示手法が入力速度および入力精度へ与える影響の調査を行う必要がある.

7. 従来表示, KAI, 非表示の使い分け

実験(4.章)により, KAIは非表示よりも入力速度および入力精度が高く, またゲームパッドの操作への習熟度が高いユーザにとっては従来表示よりも入力速度が低いことが示された。

したがって, 従来表示, KAI, 非表示は, 次のように使い分けることができる。

- 従来表示を配置できる画面の余裕がある場合は, 入力速度および入力精度において最も優れる従来表示を用いる。
- 動画配信へのコメントの書き込み, プレイヤーおよび登場キャラクターの命名, あるいはテキストチャットのような, コンテンツの表示になるべく広い画面の領域を割り当てたい状況では, 画面占有面積の小さなKAIを用いる。ただし, 入力手法に深く習熟したユーザのために, 画面占有面積のない非表示とKAIを切り替えられるようにしておくことが望ましい。

8. まとめ

本研究において, ソフトウェアキーボードの画面占有面積を低減しつつ, 同時に入力速度および入力精度の低下を抑えるための表示手法であるKAIを示した。また, 従来表示, KAI, および非表示をJoyFlickに適用し, 比較する実験を行った。

実験の結果, ゲームパッドの操作に慣れた実験参加者にとっては, 従来表示, KAI, 非表示の順に入力速度および入力精度が高かった。また, ゲームパッドの操作に慣れていない実験参加者にとっては, KAIを用いた入力は非表示と比較して高速であり, 入力の過程において発生した誤入力が少なかった。

この結論の普遍性を確かめるためには, IToNe^[4]およびSandesらの手法^[2]のようなJoyFlick以外のソフトウェアキーボードを用いた実験を行い, 同様の実験結果が得られることを確かめる必要がある。

利益相反の開示

本研究はヤフー株式会社からの研究費で実施された。

参考文献

- [1] Yu, D., Fan, K., Zhang, H., Monteiro, D., Xu, W. and Liang, H.: PizzaText: Text Entry for Virtual Reality Systems Using Dual Thumbsticks, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 24, No. 11, pp. 2927–2935 (online), available from (<https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2868581>) (2018).
- [2] Sandnes, F. E. and Aubert, A.: Bimanual text entry using game controllers: Relying on users' spatial familiarity with QWERTY, *Interacting with Computers*, Vol. 19, No. 2, pp. 140–150 (online), available from (<https://doi.org/10.1016/j.intcom.2006.08.003>) (2007).
- [3] Költringer, T., Isokoski, P. and Grechenig, T.: TwoStick: Writing with a Game Controller, *GI '07: Proceedings of Graphics Interface 2007*, pp. 103–110 (online), available from (<https://doi.org/10.1145/1268517.1268536>) (2007).
- [4] Go, K., Konishi, H. and Matsuura, Y.: IToNe: A Japanese Text Input Method for a Dual Joystick Game Controller, *Proceedings of CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '08*, pp. 3141–3146 (online), available from (<https://doi.org/10.1145/1358628.1358821>) (2008).
- [5] 株式会社エルゴソフト: 文字入力制御方法、プログラム、記録媒体及び文字入力装置, 特開 2002-268818 (2002).
- [6] 横山海青, 高倉礼, 志築文太郎: JoyFlick: フリック入力に基づくゲームパッド向けかな文字入力手法, 第 28 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ予稿集, WISS2020, 日本ソフトウェア科学会, pp. 97–102 (オンライン), 入手先 (<https://www.wiss.org/WISS2020Proceedings/data/17.pdf>) (2020).
- [7] Yokoyama, K., Takakura, R. and Shizuki, B.: JoyFlick: Japanese Text Entry Using Dual Joysticks for Flick Input Users, *Human-Computer Interaction – INTERACT 2021* (Ardito, C., Lanzilotti, R., Malizia, A., Petrie, H., Piccinno, A., Desolda, G. and Inkpen, K., eds.), Cham, Springer International Publishing, pp. 107–125 (2021).
- [8] 横山海青, 高倉礼, 志築文太郎, 川口一画: フリック入力に基づく 2 本の押し込み機能付きジョイスティックを用いたテキスト入力手法, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 23, No. 4, pp. 383–396 (オンライン), 入手先 (https://doi.org/10.11184/his.23.4_383) (2021).
- [9] Arif, A. S. and Stürzlinger, W.: Analysis of Text Entry Performance Metrics, *2009 IEEE Toronto International Conference Science and Technology for Humanity, TIC-STH '09*, pp. 100–105 (online), available from (<https://doi.org/10.1109/TIC-STH.2009.5444533>) (2009).
- [10] Li, F. C. Y., Guy, R. T., Yatani, K. and Truong, K. N.: The 1line Keyboard: A QWERTY Layout in a Single Line, *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '11*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 461–470 (online), available from (<https://doi.org/10.1145/2047196.2047257>) (2011).
- [11] Sharif, M. A., Rakhmetulla, G. and Arif, A. S.: TapStr: A Tap and Stroke Reduced-Qwerty for Smartphones, *Companion Proceedings of the 2020 Conference on Interactive Surfaces and Spaces, ISS '20*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 47–50 (online), available from (<https://doi.org/10.1145/3380867.3426208>) (2020).
- [12] Kim, S. and Lee, G.: Design and Evaluation of Semi-Transparent Keyboards on a Touchscreen Tablet, *Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces, ISS '18*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 155–166 (online), available from (<https://doi.org/10.1145/>

- 3279778.3279801) (2018).
- [13] Zhu, S., Luo, T., Bi, X. and Zhai, S.: Typing on an Invisible Keyboard, Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '18, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1–13 (online), available from (<https://doi.org/10.1145/3173574.3174013>) (2018).
- [14] Papoutsaki, A., Gokaslan, A., Tompkin, J., He, Y. and Huang, J.: The Eye of the Typer: A Benchmark and Analysis of Gaze Behavior during Typing, Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications, ETRA '18, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), available from (<https://doi.org/10.1145/3204493.3204552>) (2018).
- [15] Nagasawa, N.: How Japanese University Students Type on Smartphone and PC, Computer & Education, Vol. 43, pp. 67–72 (online), available from (<https://doi.org/10.14949/konpyutariyoukyouiku.43.67>) (2017). (in Japanese).
- [16] Brunner, E. and Munzel, U.: The Nonparametric Behrens-Fisher Problem: Asymptotic Theory and a Small-Sample Approximation, Biometrical Journal, Vol. 42, No. 1, pp. 17–25 (online), available from ([https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1521-4036\(200001\)42:1%3C17::AID-BIMJ17%3E3.0.CO;2-U](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1521-4036(200001)42:1%3C17::AID-BIMJ17%3E3.0.CO;2-U)) (2000).
- [17] R Core Team: R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2016).
- [18] Schneider, G., Chicken, E. and Becvarik, R.: CRAN - Package NSM3, <https://cran.r-project.org/web/packages/NSM3/index.html>. accessed: 2022/02/22.

(2022年9月27日受付, 2023年1月19日再受付)

著者紹介

横山 海青 (学生会員)



1998年生。2021年筑波大学情報学群情報科学類卒業。現在、同大学院システム情報工学研究群情報理工学位プログラム博士前期課程在学中。ヒューマンインタフェースに関する研究に興味を持つ。ヒューマンインタフェース学会学生会員。

日高 拓真



1998年生。2021年筑波大学情報学群情報メディア創成学類卒業。現在、同大学院システム情報工学研究群情報理工学位プログラム博士前期課程在学中。ヒューマンインタフェースに関する研究に興味を持つ。情報処理学会学生会員。

鈴木 健介



1999年生。現在、筑波大学情報学群情報科学類在学中。ヒューマンインタフェースに関する研究に興味を持つ。

志築 文太郎 (正会員)



1971年生。1994年東京工業大学理学部情報学科卒業。2000年同大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻博士課程単位取得退学。博士(理学)。現在、筑波大学システム情報系教授。ヒューマンインタフェースに関する研究に興味を持つ。日本ソフトウェア科学会、ACM、IEEE Computer Society、情報処理学会、ヒューマンインタフェース学会各会員。