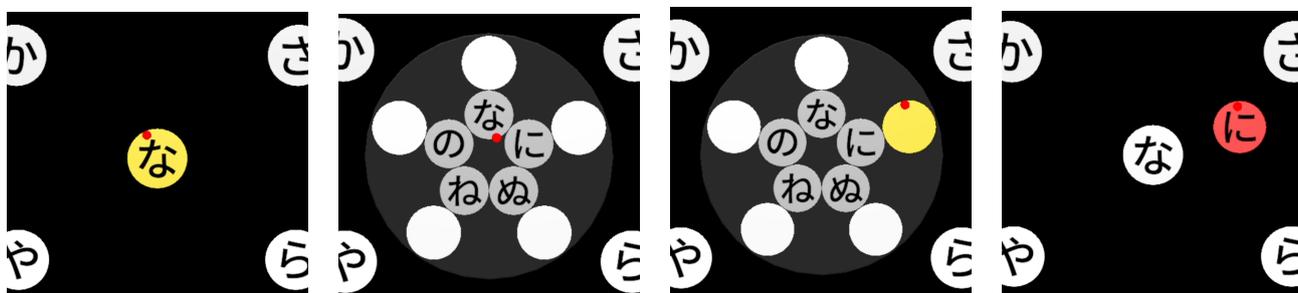


視線を用いた二段階選択による VR 用かな文字入力の手提案

山口 泰生^{1,a)} 崔 明根^{2,3} 志築 文太郎³

概要: 我々は視線でかな文字入力を行う手法として、子音と母音を連続的に選択する二段階かな文字入力手法 Sakura を提案する。本手法では子音キーを選択するとラベルキー（対応する母音が書かれたキー）と母音キーが放射状に表示され、母音キーを選択することで入力を完了する。ラベルキーを配置することで入力文字を探索する際の Midas Touch を回避しつつ、短い滞留時間でかな文字を入力することを可能とした。本稿ではまず Sakura の最適な滞留時間、および子音と母音のキー間距離を調査した。その後、得られた最適パラメータを用いた Sakura のユーザビリティを調査した。実験の結果、Sakura は QWERTY 入力と同等の入力速度、かつ有意に高い精度でかな文字を入力することが明らかになった。



(a) 目的の文字に対応する子音キーを注視し選択する。 (b) 子音キー選択後、対応するサブキーが表示される。 (c) 目的の文字に対応する母音キーを注視する。 (d) 母音キーが選択され、文字が入力される。

図 1: Sakura の文字入力の流れ。

1. はじめに

Virtual Reality (VR) において、視線を用いた入力手法が活用されている。視線入力では、ターゲット内部に一定時間視線を滞留させることでターゲットを選択する手法（滞留時間選択）が一般的であり、滞留時間選択手法を用いた文字入力手法が提案されている。一方、これらの研究の多くは英字入力を前提としており、日本語入力を対象とした研究は少ない。

本研究では、母音と子音を連続的に選択する視線日本語入力手法 Sakura を提案する。本手法では画面内に子音キーのみが表示されており、子音キーを選択するとその子音に対応したラベルキーと母音キーが子音キーの周りに放射状に表示される。その後、目的の母音キーを選択することで入力を完了する。放射上に表示されるサブキーを桜の花びらに例え、本手法を Sakura と名付けた。本手法は

スマートフォンなどに使用されるフリック入力と同様の選択手順を採用しているが、フリック入力のように日本語入力を二段階の視線入力で行う手法は既に検討されている [10]。これらの手法では一般的に使用される滞留時間である 500 ms–1000 ms で二回選択を行うことにより一文字を入力する。そのため、一段階入力よりも二倍程度の入力時間が必要になる。入力時間を短くする方法として滞留時間の短縮が挙げられるが、短い滞留時間は意図しない誤選択 (Midas Touch) の増加につながる。

滞留時間を短くしつつ Midas Touch を回避する手法として、我々はマーキングメニューを用いた視線入力手法に着目した。マーキングメニューとは特定のマークを描くことで入力を行うメニューを指し、Kim らは視線で高速にマーキングメニューで入力を行う手法を提案した [4]。この手法は、メニューアイテムのラベルと選択領域を分離することで Midas Touch を回避しながら、短い滞留時間で選択を完了できる。ゆえに、Sakura を複数のマーキングメニュー（子音キー）で構成されるキーボードとして設計することで、高速かつ正確な日本語入力が可能になると考えた。

¹ 筑波大学 情報理工学位プログラム

² 日本学術振興会

³ 筑波大学 システム情報系

a) yamaguchi@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

本論文では、まず Sakura の入力方法およびキーボード構成などの詳細な設計を示す。次に Sakura における適切な滞留時間およびラベル配置位置を検討した。最後に、Sakura のかな文字入力パフォーマンスを報告する。

2. 関連研究

視線文字入力に関する研究では、QWERTY キーボードなど一般的なキーボード形状を用いることが多い。一方、より高速な文字入力を目指して特殊なキーボード形状を活用した手法も存在する。Urbina らは階層型パイメニューを連続的に選択する文字入力手法を提案した [5]。この手法は英字を n 分割してパイメニューに割り当て、メニューを選択するとそのメニューに対応した英字をさらに n 分割して新しいパイメニューに割り当てる。これを繰り返すことで選択する英字を絞り込む。Kim らは Urbina らの手法を参照して、格子状のマーキングメニューを用いることで、メニュー項目を固定の視線移動で選択する手法を提案した [4]。また、この手法はメニューアイテムのラベルと選択領域を分離することで Midas Touch を回避しながら、短い滞留時間で選択を完了できる。

かな文字入力では、50 音キーボードを用いることで一度の入力でかな文字の入力が可能である。しかしキー数が多いため、画面サイズが小さいディスプレイなどを使用する場合には不適切であった。ゆえに、二段階入力による視線かな文字入力手法が提案されている。Itoh らは子音選択後に母音を選択する手法を提案した [3]。また村田らはフリックキーボードに対してフリック入力の手順で入力を行う手法を提案した [10]。一方、二段階入力は二度の入力が必要であり、選択時間が増大するという課題を抱えている。この課題を回避するアプローチとして滞留時間を短くする手法が挙げられる。しかし、フリックキーボードなどは二段階目のキーボード（サブキー）が一段階目を選択したキー上に十字状に配置されるため、一段階目のキーを選択した後に意図せず「あ」段のキーが選択される可能性がある。

そこで本研究では、子音キーを選択後、「あ」段の文字も含めた 5 つのサブキーを周りに表示する、マーキングメニューを用いた視線かな文字入力手法 Sakura を提案する。フリック入力に関する研究では、通常のフリックにおける十字上のサブキー以外に 5 つのサブキーを放射上に配置する手法が提案されている [7], [8]。本研究ではこれらの研究のサブキー配置位置や、マークを描くことによってかな文字入力を行う手法である Drag&Flick [9]などを参照し、サブキーを放射上に配置したマーキングメニューを設計することで、短い滞留時間と低いエラー率のかな文字入力の達成を目指す。

3. Sakura

Sakura は二段階選択によってかな文字を入力する視線入

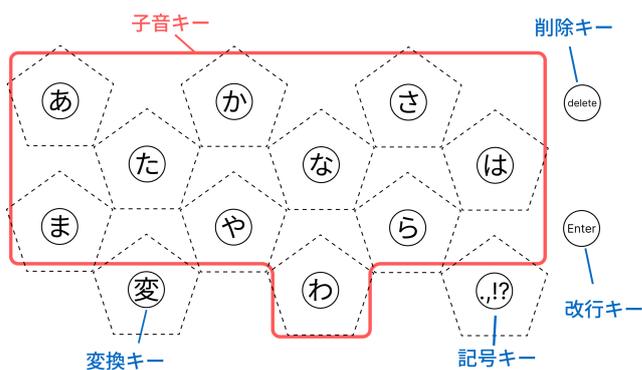


図 2: Sakura のキーボードレイアウト。

力手法である。通常時は子音キーのみが表示され (図 2)、子音キーが選択されるとラベルキーと母音キーが子音キーの周辺に放射状に表示される。なお、母音キーは図 2 の五角形の頂点の位置 (あ段が真上、それ以降の段は時計回りの順) に配置される。

3.1 入力方法

3.1.1 かな文字入力

本手法におけるかな文字入力の流れを図 1 に示す。まず、目的の文字に対応した子音キーを一定時間注視する (図 1a)。注視時間が一定の時間を超えると、子音が選択され子音キーが消える。次に子音キーが存在した位置から放射状に母音選択用のサブキーが表示される (図 1b)。サブキーは選択した子音に対応する母音の文字のラベルキー (例: 子音キーが「あ」なら「あ」段のキー) および母音を選択するための母音キーで構成されている。母音キーとラベルキーを分離することで、ラベルを参照している際の Midas Touch を回避している。最後に母音キーを一定時間注視することで入力が完了する (図 1c)。なお、サブキーが展開された状態においても別の子音キーへの注視は可能であり、取り消しなどの操作を行わずに、別の子音キーを見るだけで子音を切り替えられる。

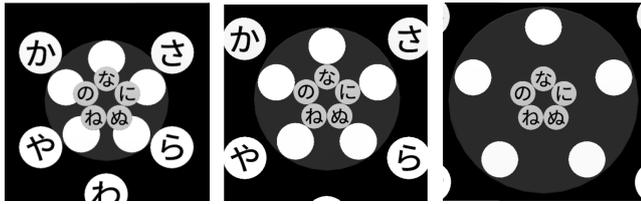
3.1.2 特殊入力

文字入力後に変換キーを選択することにより、最後に入力した文字に対応する文字を濁音化、半濁音化、または捨て仮名化できる。この時、変換の候補が複数ある場合は、サブキーにすべての候補が表示される。該当する文字が存在しない場合、サブキーには何も表示されない。なお、削除キーおよび改行キーにはサブキーがなく、一段階目の選択によって削除または改行がなされる。

3.2 キーボードレイアウト

3.2.1 子音キー

子音キーは直径 4° の円形状のキーであり、内部に対応した子音が描画されている。子音キーは常にユーザの視界内に表示され、注視されると色が変わる。全ての子音



(a) small: 4° (b) medium: 5° (c) large: 7°

図 3: 子音キーから母音キーまでの距離。

キーはキーボード生成時のユーザの頭部から等距離に配置された。そのため、キーボードはユーザの頭部を中心とした球面上に配置され、かつユーザから見て全て同じ大きさであった。また、子音キーの配置はGboard [2] の日本語フリックキーボードの実装を参考にした。ただし、視界に表示されるキーボードの面積をなるべく小さくするために、キーの配置を図2に示すように上から偶数番目の行のキーの位置をずらして配置した。

3.2.2 サブキー（ラベルキー，母音キー）

サブキーはラベルキーと母音キーで構成されており、子音キーの位置に近いラベルキーが、その外側に母音キーが配置される。ラベルキーは直径 2.5° の円形状のキーであり、内部に対応した母音が描画されている。母音キーは直径 3.5° の円形状のキーであり、内部には何も描画されない。サブキーは子音キー選択後に表示され、母音キーのみ注視されると色が変化する。母音キーの段は常に同一方向に存在するため、ラベルを参照せずに入力が可能である。

4. 実験 1: Sakura 最適パラメータ調査

子音および母音の選択に必要な滞留時間を短くした場合、入力に必要な時間が短くなるが、誤字選択の割合が増加する。また、ラベルキーと母音キーが近すぎる場合、選択したい文字を探索する際に Midas Touch が生じる。ゆえにこの実験では、Sakura における適切な滞留時間、および子音キーに対する母音キーの配置位置を検討する。

4.1 実験参加者，実験機器

実験には研究室内の 9 名（22–25 歳，平均年齢 23.44 歳，女性 2 名，男性 7 名）がボランティアとして参加した。全ての実験参加者は実験またはゲームによってアイトラッキングを体験したことがあった。また実験参加者の内、3 人が VR を利用したことがあった。

本実験は Head Mounted Display (HMD) に VIVE フルフェイストラッカーが接続された VIVE XR Elite を用いた。アイトラッカの精度は 0.5°–1.1° であり、サンプリングレートは 90 Hz であった。実験に用いたソフトウェアは Unity ver. 2023.2.11f1 によって作成した。

4.2 実験デザイン

実験は実験参加者内実験計画を用いて行った。子音キーおよび母音キーの選択に必要な滞留時間（子音滞留時間，母音滞留時間），子音キーから母音キーまでの距離（キー間距離）の 3 つを独立変数とした。子音滞留時間および母音滞留時間は、一般的な滞留時間である 600 ms [6] に加え、さらに短い滞留時間である 400 ms, 200 ms を加えた 3 つとした。また、キー間距離は 4° (small), 5° (medium), 7° (large) とした (図 3)。なお、ラベルキーの位置はキー間距離に応じて変化せず、常に中心から 2.1° の位置（5 つの円状に配置されたラベルキーが接する距離）に表示された。

子音滞留時間と母音滞留時間は、組み合わせごとにラテン方格法を考慮した順番で提示された。また、キー間距離も同様にラテン方格法を考慮した順番で提示された。実験参加者が体験するキー間距離の順序は、子音滞留時間と母音滞留時間の組み合わせごとに全て同一であった。実験参加者は独立変数の組み合わせごとに 5 文字の入力を 2 回行なった。なお、先頭の一文字は課題文の理解の時間などを考慮し、分析データには含めなかった。ゆえに実験参加者一人当たり 216 回（3 子音滞留時間 × 3 母音滞留時間 × 3 キー間距離 × 4 × 2）のデータが得られた。

4.3 実験タスク

本実験では、提示された文字列を Sakura を用いて入力するタスクを実施する。タスクが開始されると、キーボードの上部に課題文が表示され、実験参加者は可能な限り高速かつ正確に文字を入力することが求められた。入力タスクで使用する文字列は、50 音からランダムに選んだ 5 文字を 2 セット、計 10 文字とする。ただし、その 10 文字は「あ」から「わ」までの子音がそれぞれ 1 回ずつ使用されるよう選定した。なお各子音に対する母音はランダムである。課題文を入力した後、実験参加者はキーボードの改行キーを選択することで課題文ごとの入力を完了した（滞留時間 600 ms）。改行キーを選択すると課題文が更新され、実験参加者は続けてかな文字の入力を行った。課題文の入力を全て完了した後、実験参加者は他のキー間距離に対して同様の手順を体験した。そして全てのキー間距離を体験した後、次の子音滞留時間と母音滞留時間を体験した。従属変数として選択時間とエラー率を採用した。選択時間とは前の文字が入力されてから次の文字が入力されるまでの時間であり、エラー率は全体の入力試行に対する間違った文字が入力された割合である。

4.4 結果

各条件における選択時間を図 4 に示す。選択時間は正規分布ではなかったため、整列ランク変換を適用した後に分散分析を行なった。その結果、子音滞留時間 ($F_{2,1866} = 75.24, p < .01$), 母音滞留時間 ($F_{2,1866} = 67.14, p < .01$),

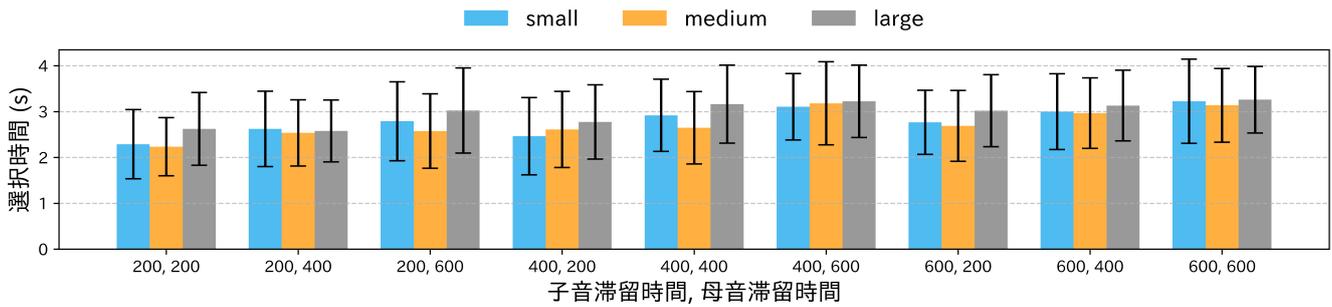


図 4: 実験 1 の選択時間の結果。

キー間距離 ($F_{2,1866} = 19.96, p < .01$) に有意な差が確認された。同様にエラー率も正規分布ではなかったため、整列ランク変換を適用した後に分散分析を行なった。その結果、子音滞留時間 ($F_{2,1893.1} = 197.34, p < .01$)、母音滞留時間 ($F_{2,1893.1} = 118.40, p < .01$)、キー間距離 ($F_{2,1893.1} = 194.45, p < .01$) に有意な差が確認された。さらに交互作用として子音滞留時間 × 母音滞留時間 ($F_{4,1893.1} = 90.01, p < .01$)、子音滞留時間 × キー間距離 ($F_{4,1893.0} = 118.54, p < .01$)、母音滞留時間 × キー間距離 ($F_{4,1893.1} = 118.87, p < .01$)、子音滞留時間 × 母音滞留時間 × キー間距離 ($F_{8,1893.1} = 119.31, p < .01$) が確認された。

エラー率は全ての独立変数の組み合わせで 5.56 % 以下であり、Sakura は高精度で文字入力が可能であることが明らかになった。選択時間は滞留時間が短くなるほど高速になり、(200 ms, 200 ms, small) 条件 (平均選択時間: 2.29 s, エラー率: 4.29%) と (200 ms, 200 ms, medium) 条件 (平均選択時間: 2.29 s, エラー率: 1.39%) が最速であった。これらの条件は選択時間がほぼ同一であるため、よりエラー率の低い条件である (200 ms, 200 ms, medium) を Sakura のパラメータとして採用した。

5. 実験 2: ユーザビリティ調査

Sakura と既存のかな文字入力手法の選択パフォーマンスを比較することを目的として、文字入力タスクを実施した。なお、実験機器は実験 1 と同じである。

5.1 実験参加者

実験には研究室外の大学生、大学院生の 12 名 (22–24 歳、平均年齢 22.92 歳、女性 1 名、男性 11 名) がボランティアとして参加した。実験参加者の内、4 名が実験によってアイトラッキングを体験したことがあった。また実験参加者の内、2 名が VR を利用したことがあった。

5.2 実験デザイン

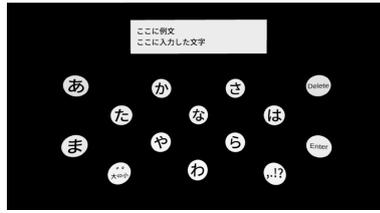
実験は実験参加者内実験計画を用いて行った。独立変数として、**入力手法**を採用した。入力手法は Sakura と 50 音

入力、QWERTY 入力である。Sakura は第一実験で検討した最適パラメータを使用した提案手法である。50 音入力は全てのかな文字を画面に一樣に表示したキーボードを用いた入力手法を指し、QWERTY 入力は QWERTY 配列キーボードを用いた入力手法を指す。50 音入力では一度のキー選択でかな文字が入力でき、QWERTY 入力では英字入力による二度のキー選択でかな文字が入力できる。50 音入力および QWERTY 入力はいずれもキーのサイズが 3.5°、キー同士の間隔が 1.5°、選択に必要な滞留時間が 600 ms であった。図 5 に各手法のキーボードを示す。

入力手法はラテン方格法を考慮した順番で提示された。実験参加者は入力手法ごとに 115 文字で構成される 15 文の入力を順に行なった。なお、先頭の一文字は課題文の理解の時間などを考慮し、分析データには含めなかった。そのため、15 文字のデータは使用しなかったため、100 文字分のデータが分析された。ゆえに実験参加者一人当たり 300 回 (3 入力手法 × 100) のデータが得られた。従属変数は入力速度 (CPM: Characters Per Minute) とトータルエラー率 [1] である。

5.3 実験タスクと手順

本実験では、提示された短文を視線で入力するタスクを実施する。タスクが開始されると、キーボードの上部に課題文が表示され、実験参加者は可能な限り高速かつ正確に文字を入力することが求められた。課題文の入力手順および課題文の更新の手順は実験 1 と同じである。まず実験参加者は練習として、15 文の 6–12 文字の短文からなる計 115 文字の練習文を入力する練習を行った。その後、実験参加者は 15 文の 6–12 文字の短文からなる計 115 文字の課題文を入力した。練習文および課題文には、50 音、濁音、半濁音、捨て仮名および長音記号からなる、意味のある短文を用いた。また練習文および課題文はいずれの手法および実験参加者においてもそれぞれ共通のセットが用いられ、それぞれランダムな順序で提示された。実験に要した時間は 90 分以下であった。実験参加者は上記の手順を全ての入力手法で体験し、その後、実験後アンケートにて入力手法の好みの順位、およびその理由を回答した。



(a) Sakura



(b) 50音入力



(c) QWERTY入力

図 5: 実験 2 において用いた入力手法のキーボード.

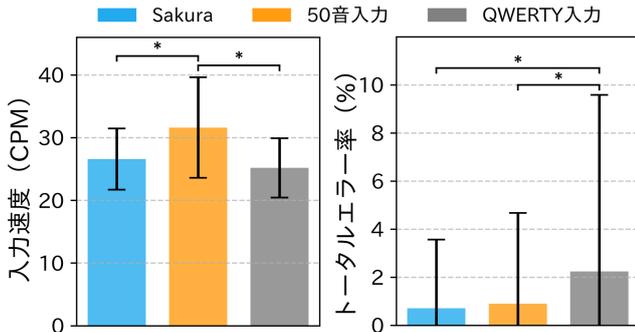


図 6: 実験 2 における各入力手法の入力速度およびトータルエラー率の結果 (* $p < .05$).

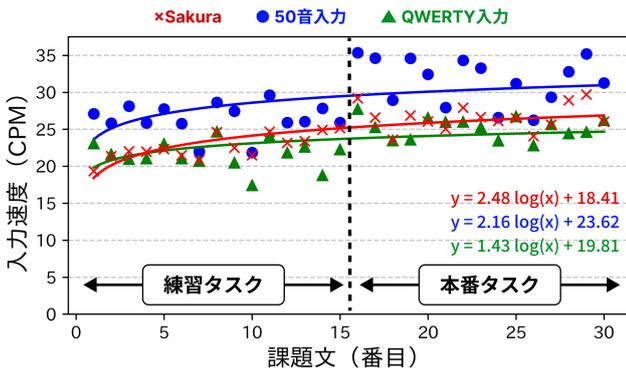


図 7: 文字入力速度の変遷および近似曲線.

5.4 結果

5.4.1 入力速度

各入力手法の入力速度の平均はそれぞれ, Sakura が 26.58 CPM, 50 音入力が 31.60 CPM, QWERTY 入力が 25.17 CPM であった (高いほど良い) (図 6 左). 入力速度は正規分布していたため, 繰り返しのある一元配置分散分析を使用した. その結果, 入力手法 ($F_{2,1866} = 25.51, p < .01$) に有意な差が確認された. また多重比較 (holm 法) の結果, Sakura と 50 音入力 ($T = -5.83, p < .01$) および QWERTY 入力と 50 音入力 ($T = -5.48, p < .01$) 間に有意差が確認された. 練習および本番タスク中の文字入力速度の変遷を図 7 に示す.

5.4.2 トータルエラー率

各入力手法のトータルエラー率の平均はそれぞれ, Sakura が 0.71 %, 50 音入力が 0.90 %, QWERTY 入力が 2.24 %

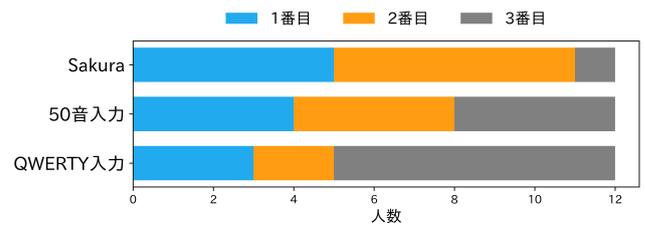


図 8: 入力手法の実験参加者の好み.

であった (低いほど良い) (図 6 右). トータルエラー率は正規分布していなかったため, フリードマン検定を使用した. その結果, 入力手法 ($\chi^2_{2,N=12} = 13.82, p < .01$) に有意な差が確認された. また多重比較 (ウィルコクソンの符号順位検定) の結果, Sakura と QWERTY 入力 ($Z = -2.86, p < .05$) および QWERTY 入力と 50 音入力 ($Z = 2.78, p < .05$) 間に有意差が確認された.

5.4.3 手法の好み

図 8 に, 参加者の好みの手法の順位付けを示す. Sakura, 50 音入力, QWERTY 入力の平均順位はそれぞれ 1.67, 2.00, 2.33 であった (低いほど良い).

実験参加者は Sakura の文字入力の方法がフリック入力に近く, 理解しやすいとコメントした (P5 「普段スマホで使っているフリック入力と同様に入力できた」). また, Sakura は同じ二段階入力である QWERTY 入力よりも視線移動が少なく済む点が好まれた (P2 「必要な目の移動量が Sakura のほうが少ない」). 50 音入力は一度のキー選択で入力が完了することの高速性が好まれていた (P2 「1 文字入力するために必要な入力が少なく疲れにくいと感じた」). 一方で画面内のキーが多いことが混乱に繋がるというコメントも得られた (P3 「キーの数が多いためどこに目的のキーがあるか一瞬混乱する」, P12 「qwerty と 50 音はキーが多く, 迷ってしまうことが多かった」).

6. 考察

第一実験より, Sakura は短い滞留時間 (200 ms) でありながら, 低いエラー率 (1.39%) でかな文字入力が可能であることが明らかになった. また滞留時間が短くなるほど選択速度が高速となり, 200 ms の滞留時間を用いることで一般的な滞留時間 (600 ms) を用いるよりも 1 秒程度

入力速度を改善した。また第二実験より、Sakura は入力速度 26.58 CPM, トータルエラー率 0.71% の入力性能を有していることが明らかになった。この入力速度は QWERTY 入力の入力速度 25.17 CPM と同程度の速度であり、短い使用時間でも一般的な入力手法と同等の入力速度を達成できることが明らかになった。

一方で、Sakura は 50 音入力よりは有意に入力速度が遅かった。50 音入力が Sakura よりも高速である理由として、Sakura が二回のキー選択が必要である一方で、50 音入力は一度の入力でかな文字入力が可能なためだと考えられる。加えて、Sakura においてはラベルキーを視覚探索する時間が生じるため、さらに入力速度が遅れてしまったと考えられる。ゆえにラベルキーの探索を行わないで良いほど Sakura の入力が熟達した場合、Sakura の入力速度が 50 音入力の入力速度に匹敵する可能性がある。また、本研究では Sakura の最適な滞留時間を 200 ms であると結論づけたが、さらに短い滞留時間を調査していないため、より短い滞留時間でも高精度に入力できる可能性がある。ゆえに、Sakura の更なるパラメータ調査が必要だと言える。

Sakura は 50 音入力よりも入力速度が低かったが、実験参加者は Sakura の方が 50 音入力および QWERTY 入力よりも好ましい入力手法だと感じていた。実験参加者は Sakura の方が好ましい理由として「キーの小ささ」を挙げた。50 音入力はキー数が多いため、キー数が少ない Sakura がより好まれたと考えられる。加えて実験参加者は「視線を移動させる距離の短さ」を Sakura が好ましい理由として挙げた。Sakura は母音キーが子音キーの周辺に表示されるため、QWERTY 入力よりも平均して短い視線移動距離で入力が可能である。この入力キーの接近性が要因で Sakura が好まれたと考えられる。また視線移動距離の短さがユーザの好みに結びつくことから、視線移動距離を短くすることで Sakura のユーザビリティが向上すると考えられる。現状の Sakura は展開されたサブキーが周囲の子音キーと重ならないキーボードレイアウトを採用している。そのため、子音キーがサブキーと重ならないように動的に移動するような設計を採用することで、キーボード全体のサイズが大幅に減少し、さらに視線移動の距離が削減できると考えられる。ゆえに、Sakura のキーボードレイアウトには更なる改善の余地があると考えられる。

7. まとめ

VR における高速な視線かな文字入力を目的として、我々は二段階文字入力手法 Sakura を開発した。実験の結果、Sakura は低いエラー率で文字入力が可能であり、また QWERTY キーボードを用いた一般的な二段階入力手法と同等の入力速度を達成した。これらの結果はマーキングメニューがかな文字入力速度の向上に寄与する可能性を示唆している。本研究はマーキングメニューをかな文字入力

に用いた初めての研究であり、提案手法には更なる改善余地があると考えられる。今後は Sakura を改善することで、より高速な視線かな文字入力の開発を目指す。

参考文献

- [1] Arif, Ahmed and Stuerzlinger, Wolfgang: Analysis of Text Entry Performance Metrics. In: 2009 IEEE Toronto International Conference Science and Technology for Humanity (TIC-STH). pp. 100–105 (10 2009). DOI: 10.1109/TIC-STH.2009.5444533
- [2] Google, LLC.: Gboard - Google キーボード - Google Play のアプリ. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.inputmethod.latin&hl=ja/>, 最終閲覧日 2024 年 12 月 9 日
- [3] Itoh, K., Aoki, H., Hansen, J.P.: A comparative usability study of two Japanese gaze typing systems. In: Proceedings of the 2006 Symposium on Eye Tracking Research & Applications. p. 59–66. ETRA '06, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2006). DOI: 10.1145/1117309.1117344, <https://doi.org/10.1145/1117309.1117344>
- [4] Kim, T., Ham, A., Ahn, S., Lee, G.: Lattice Menu: A Low-Error Gaze-Based Marking Menu Utilizing Target-Assisted Gaze Gestures on a Lattice of Visual Anchors. In: Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. pp. 277:1–277:12. CHI '22, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2022)
- [5] Urbina, Mario H. and Huckauf, Anke: Alternatives to single character entry and dwell time selection on eye typing. In: Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications. pp. 315–322. ETRA '10, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2010). DOI: 10.1145/1743666.1743738, <https://doi.org/10.1145/1743666.1743738>
- [6] Zhang, Xinyong and Xu, Pianpian and Zhang, Qing and Zha, Hongbin: Speed-accuracy trade-off in dwell-based eye pointing tasks at different cognitive levels. In: Proceedings of the 1st International Workshop on Pervasive Eye Tracking & Mobile Eye-Based Interaction. pp. 37–42. PETMEI '11, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2011). DOI: 10.1145/2029956.2029967, <https://doi.org/10.1145/2029956.2029967>
- [7] ジャストシステム: 日本語入力システム ATOK for Android. <https://atok.com/android/>, 最終閲覧日 2024 年 12 月 23 日
- [8] 桜井雄介, 増井俊之: QWERTY ソフトキーボード上のフリック日本語入力システム. 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告 **2013**(5), 1–4 (2013), <https://cir.nii.ac.jp/crid/1570291227972747392>
- [9] 青木良輔, 橋本遼, 瀬古俊一, 片岡泰之, 井原雅行, 渡辺昌洋, 小林透: Drag&flick: タッチスクリーンを用いた視覚障がい者向け文字入力方式. 情報処理学会 インタラクション (2013)
- [10] 村田朋来, 盛川浩志, 小宮山撰: VR 空間における視線入力に関する基礎的検討. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) **2018**(22), 1–6 (2018)