

## フリックかな入力における個人特性と注視による影響の分析

## Analysis of Individual Characteristics and Influence of Eye Gaze in Flick Kana Text Entry

横山 諒<sup>†</sup>      加藤 恒夫<sup>†</sup>      山本 誠一<sup>†</sup>  
Ryo Yokoyama      Tsuneo Kato      Seiichi Yamamoto

## 1. はじめに

近年、タブレット端末やスマートフォンなどのソフトウェアキーボードを備えた端末が広く普及している。これらの端末では、指を上下左右にスライドさせることによって、1 ストロークで多種類の文字を打ち分けられるフリック式入力採用されている。このフリック式入力は日本で多く利用されている。フリック式入力のようにフリック動作に着目した文字入力の研究は多くされており、Isokoski らの研究[1]では電子ペンを用いる QWERTY キーボードにおいて、押したキーとフリックの方向から 2 文字を同時に入力することで電子ペンの移動距離を減らす手法を提案した。また、Hyeonjoong らの研究[2]ではディスプレイが小さいスマートウォッチ上で、アルファベットとフリックを組み合わせることによって、キーの数を大幅に減らした入力手法を提案した。このようにフリックに着目した研究は多くあるが、フリック式入力の個人特性などを調べている研究は少ない。また、Jennifer らの研究[3]では iPhone 使用歴の有無による入力速度・入力精度の違いや iPhone 初心者のソフトウェアキーボードとハードウェアキーボードの入力速度・入力精度の違いなどを調べている。その中で iPhone の QWERTY キーボードにおいて、経験者と未経験者では入力速度に差があることが示されている。この研究では経験者と未経験者に着目していたが、経験者の間にも入力速度に個人差があった。そして、フリック式入力においても同様に経験者の間には入力速度に個人差が生じると考えられる。しかし、入力速度の差が指の動作の速さ、視線の位置、入力の正確さなど、どの要因から影響を受けているかはあまり調べられていない。そのため、本研究では入力速度が速い人と遅い人の個人特性から両者の違いについて調べたいと考えた。

また、従来のハードウェアキーボードにおいては、ディスプレイなどを注視して入力するタッチタイピングが推奨されている。実際に、Anna らのハードウェアキーボードを用いた研究[4]では、キーボードを視認している時間が長い人ほど入力速度が低下していくという結果が示されている。一方で、ソフトウェアキーボードではキーの凹凸がないため、キーボードから触覚的フィードバックを得ることができず、どのキーを押しているかが分からない。そこでユーザはキーボードを継続的に確認する必要がある[3]。そのため、入力画面を確認できず、誤りに気づきにくいという問題点が考えられる。しかし、ソフトウェアキーボードには触覚的なフィードバックが無い代わりにソフトウェアキーボード特有の視覚的なフィードバックがある。例えば、キーを押した際にはそのキーの色が変わる。また、フリック

式入力においてはフリックの方向を伝えるフリックガイドがキーの真上に表示される。それらのフィードバックから入力した文字を推測できる場合、ソフトウェアキーボードにおいてタッチタイピングが有効かどうかを議論する余地があると考えられる。

以上の点を踏まえて、本論文ではスマートフォンのフリックかな入力における個人特性と視線が文字入力に与える影響を明らかにするため、フリック式入力を長期間利用している 20 代を対象に実験を行った。長期間利用している実験協力者を比較することで、文字入力において重要となる visual scan time (次に押すキーを見つけるまでの時間) と travel distance (指を動かす距離) を視線追跡装置と入力座標の軌跡などで分析を行った。

## 2. フリック入力実験

## 2.1 実験協力者

本実験では、22~23 歳の大学生 18 名を実験協力者とした。フリック式入力の平均利用年数は 5.1 年であった。男性は 16 名、女性は 2 名であった。また、左手打ちが 3 名、右手打ちが 8 名、両手打ちが 7 名であった。5 人目から視線情報を取得したため、視線情報を取得できた人数は 14 名であった。

## 2.2 実験環境

実験は静かな室内で行われた。文字入力の端末には Galaxy S4 (縦 137mm×横 70mm×厚み 8mm) を用いた。キーボードには日本語入力システムの OpenWnn[5]を用いた。OpenWnn にはフリック式入力を追加で実装し、文字入力時の入力キー、入力座標、入力時間や入力文字などを記録できるようにした。また、実験協力者に入力してもらう文は図 1 のアプリケーション上の入力文提示領域に表示した。視線情報を取得するために視線追跡装置の Tobii Pro Glasses2[6]を実験協力者に装着してもらった。

## 2.3 実験の手順

実験協力者には椅子に座ってもらい、文字を入力してもらった。入力時の姿勢については特に指定しておらず、普段どおりに入力するように伝えた。実験協力者には課題として、図 1 の入力文提示領域に表示された入力文を入力領域に入力してもらった。入力開始ボタンを押すと計測が開始され、表示された文を入力後、確定ボタンを押すと次の入力文が提示される。ただし、提示された入力文と異なって入力している場合は次の入力文が提示されないため、実験協力者は入力した文を修正する必要がある。全ての入力を終わると終了画面が表示される。

図 2 は実験の構成である。実験では文を提示した場合と単語を提示した場合で入力速度に差が出るかを検証するため、3 つのセッションに分けて行った。実験の流れの説明

<sup>†</sup> 同志社大学 大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Engineering,  
Doshisha University

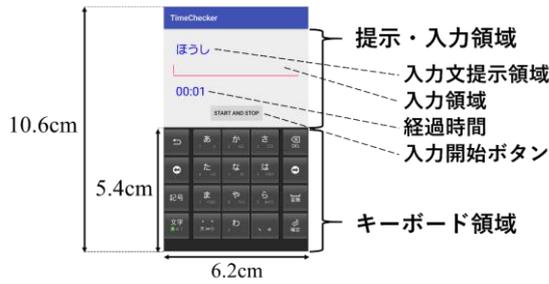


図1 実験画面

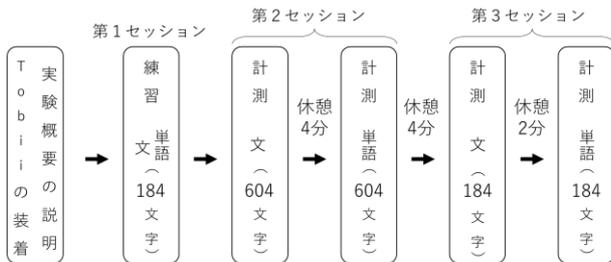


図2 実験の構成



図3 フリック移動時間とタッチ間移動時間

と Tobii Pro Glasses2 の装着後、第1セッションでは文と単語が混合した入力文 184 文字を入力してもらい、計測の流れを学ぶことを目的とした。第2セッションでは文と単語を 604 文字ずつ入力してもらい、キーボードに慣れることを目的とした。第3セッションでは文と単語を 184 文字ずつ入力してもらい、文と単語のそれぞれにおける入力速度を得ることを目的とした。それぞれの計測の間には 4 分、4 分、2 分の休憩を挟んだ。実験順序の影響を省くために文を先に入力すると単語を先に入力する人に均等に分けた。

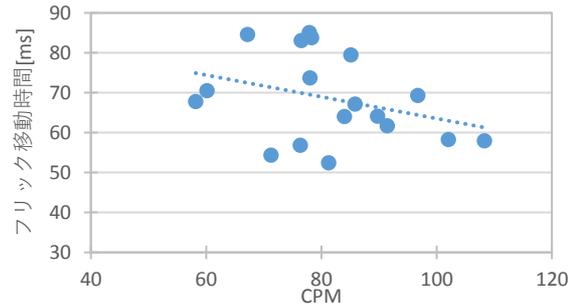
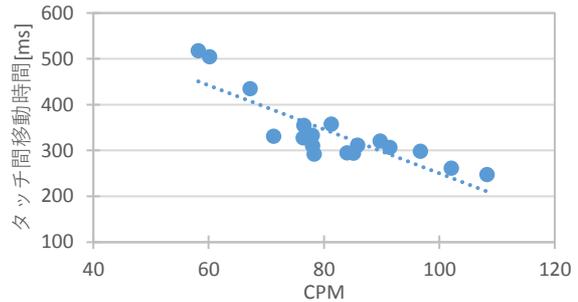
## 2.4 実験で使用した入力文

本実験で使用した入力文セットは 2 つに分類される。1 つは 2~5 文字の単語で構成しており、もう 1 つは 6~22 文字の文で構成した。第1セッションでは 6 単語と 2 文、第2セッションでは 174 単語と 40 文、第3セッションでは 62 単語と 16 文を入力してもらった。総入力文字数は 1576 文字であった。また、入力文セットでは各キーを入力する回数の偏りを小さくするために全体で 32 個のバングラム文セットで構成した。バングラムとは濁点・半濁点・小文字を除いたひらがな 46 文字をそれぞれ 1 回以上使用したものとした。そのため、1 文字に対して 32 回以上押している。

## 2.5 評価指標

今回の実験の客観評価指標として、入力速度は 1 分当たりの入力文字数 (CPM: Characters Per Minute) で表す。入力精度は 1 文字当たりのエラー率 (EPC: Error Per Character) で表す。CPM は総入力文字数を入力に要した総時間で割って求めた。また、EPC は誤って入力した文字数を総入力文字数で割って求めた。

入力速度との関係性を調べるために図3のようにフリック移動時間とタッチ間移動時間を求めた。フリック移動時間とはキーを押してから離すまでのフリックに要した平均

図4 CPMとフリック移動時間 ( $r = -0.32$ )図5 CPMとタッチ間の移動時間 ( $r = -0.85$ )

時間を求めている。タッチ間移動時間とはキーを離してから次のキーを押すまでに要した平均時間を求めた。

実験協力者毎のタッチ位置のばらつきを調べるために、実験協力者毎にタッチした瞬間の座標の標準偏差  $s_p$  を式 (1) のように求めた。 $s_k$  は各キーの標準偏差であり、式 (2) のように平均二乗誤差 (RMSE: Root Mean Square Error) を用いて求めた。

$$s_p = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^n s_k \quad (1)$$

$$s_k = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \{(x_{ki} - \bar{x}_k)^2 + (y_{ki} - \bar{y}_k)^2\}} \quad (2)$$

$p$  と  $k$  と  $i$  は、それぞれ  $p$  番目の実験協力者の  $k$  番目の入力キーの  $i$  番目のタッチを表している。本論文の入力キーの対象は、あ~わ、濁点、削除、確定の 13 個のキーである。また、 $x_{ki}$  と  $y_{ki}$  は各キーの  $xy$  方向の入力座標であり、 $\bar{x}_k$  と  $\bar{y}_k$  は実験協力者毎の各キーの重心の座標である。実験協力者毎の標準偏差  $s_p$  は各キーの標準偏差  $s_k$  の平均で求めた。

入力速度と入力精度が視線とどのように関係性があるかを調べるためにキーボード注視率 (%) を求めた。図1のキーボード領域と提示・入力領域の 2 つの領域に分類して、計測時間中にキーボード領域を注視した時間の割合を求めたものをキーボード注視率とした。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 入力速度と入力動作・注視行動の関係性

本論文では、図2の第2セッションと第3セッションで得たデータをもとに集計した。実験の結果、CPM の値は 58.2-108.3、平均 81.6 であった。最も入力が遅い人と速い人では CPM の値が約 2 倍の差があった。図4と図5はそれぞれ実験協力者ごとの CPM と平均のフリック移動時間、実験協力者ごとの CPM と平均のタッチ間移動時間の関係を表している。CPM とフリック移動時間には弱い負の相関 ( $r = -0.32$ ) があった。また、フリックの移動距離も求めていたがこちらも弱い負の相関であったため、フリックの動作が CPM に影響を与える可能性は低い。次に CPM とタ

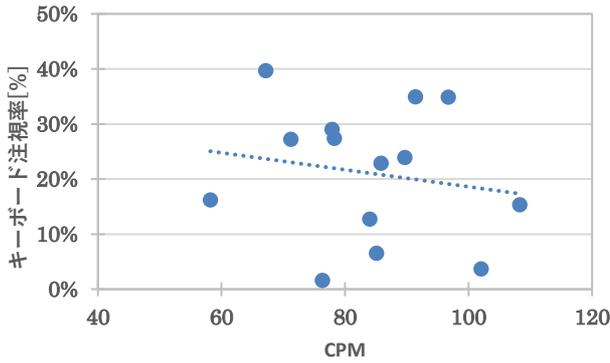


図 6 キーボード注視率と CPM ( $r = -0.17$ )

タッチ間移動時間には強い負の相関 ( $r = -0.85$ ) があった。このことから、キーを離してから、次のキーを押すまでの時間が CPM に強く影響を与えることが分かった。また、第3セッションにおける単語を入力した時の CPM と文を入力した時の CPM の値に統計的な有意差はなかった。

以上のことから、CPM の値が高い人はキーを離してから次のキーを押すまでの時間を短くする必要があるため、次に押すキーを判断するまでの時間が短い。

図 6 はキーボード注視率と CPM の関係を表している。キーボード注視率の値は 2-40%、平均 21% であった。キーボード注視率の最大値が 40% と低く見えるが、今回の実験環境ではキーボード以外を入力文提示領域を必ず見る必要があるため、キーボードをよく見て入力していると考えた。従来のハードウェアキーボードではタッチタイピングが推奨されていることからキーボード注視率が低い人ほど CPM が高い結果になると考えられたが、キーボード注視率と CPM には相関がなかった ( $r = -0.17$ )。図 6 では CPM の値が高い人の中にキーボードを中心に見て入力する人と入力中の文を中心に見て入力する人の両者が存在した。また、CPM の値が低い人にも両者が存在した。

以上のことから、CPM とキーボード注視率には関係がないことが分かった。その理由として、ハードウェアキーボードのタッチタイピングでは、入力文からフィードバックを得ることで誤りが発生したときに早く気づくことができるという利点があるが、ソフトウェアキーボードではキーボードからもフィードバックを得ることができるため、タッチタイピングをしなくても CPM に大きな影響を与えないと考えられる。今回の実験環境において、キーボードから与えられたフィードバックとして考えられるのは 2 つある。1 つは押したキーの色が変化することで、もう 1 つは押したキーの上に表示されるフリックガイドである。今回の実験環境では実際にキーボードからフィードバックを得ているのか、キーの色の変化とフリックガイドのどちらからフィードバックを得たのかは分からなかった。

### 3.2 入力精度の原因と視線の関係性

次に入力精度の原因と視線の関係性を調べた。図 7 は実験協力者全員の誤りを分類した結果である。その結果、入力キーの押し間違えが 45%、フリック操作の誤りが 26%、入力キーとフリックの両方の誤りが 13% と入力キーとフリック操作の誤りが多いことが分かった。それ以外の誤りとしては、「あか」を「かあ」のように入力する順番が反対になる「入力順の誤り」が 4%、濁点や小文字の変換を忘れるなどの「濁点小文字変換の誤り」が 3%、提示された

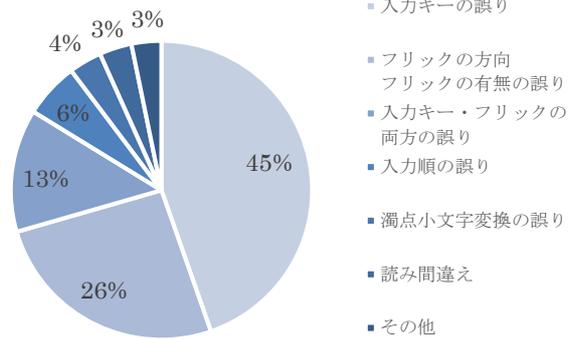


図 7 誤入力の要因

3%	24%	4%
10%	入力目標	14%
3%	25%	1%

それ以外のキー 15%

図 8 入力キーの誤りについての分類

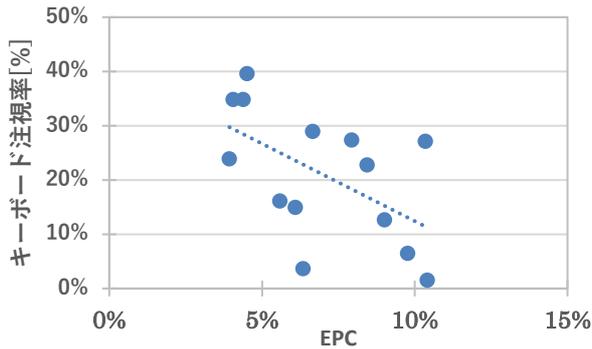
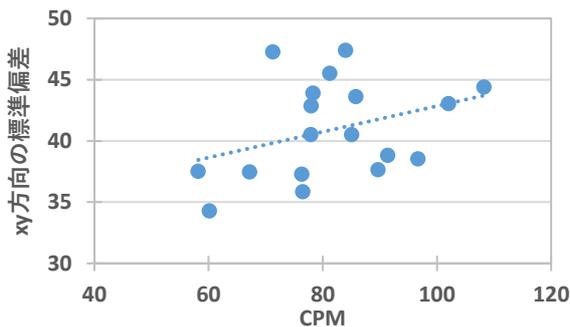
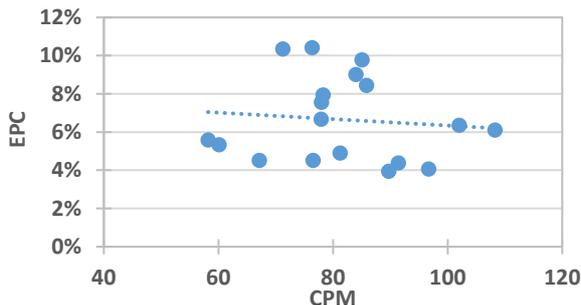


図 9 フリック操作の誤り

入力文を読み間違えて接続詞などを誤って入力する「読み間違え」が 3%、などであった。また、「入力順の誤り」は両手打ちの人によく見られた。以上の点を踏まえて、誤りの大部分を占めていた入力キーの誤りとフリック操作の誤りをさらに調べた。

図 8 は入力目標に対してどの位置のキーを誤って押したかを表している。入力目標に対して隣接した上下左右方向に押し間違える割合が 7 割以上であり、特に上下方向に押し間違えていることが多かった。その理由として、視線の角度と指を出す角度が異なるため、入力目標に対して上下のずれが生じているためであると考えられる。また、キーボードを見ない人においては、端末を保持することでキーの横幅は直感的に予測することができるが、縦方向に関しては予測するための触覚的なフィードバックがないため、誤りの回数が増えたと考えられる。

図 9 は誤って入力したフリックの軌跡を表している。出力する人数が多いと軌跡が分かりにくいため、今回は無作為に選んだ 4 名分のみを出力した。また、フリック方向を誤った入力(「い」→「え」, 「ぬ」→「ね」など)に限定した。図 9 のフリックの軌跡から上下左右の直線状に伸び

図10 キーボード注視率と誤り回数 ( $r = -0.55$ )図11 CPMと各キーのxy方向の標準偏差 ( $r = 0.35$ )図12 CPMとEPC ( $r = -0.1$ )

ていることが分かり、誤ったフリック方向の場合も入力中には誤っていることに気づいていないと推測される。

図10はキーボード注視率とEPCの関係を表しており、弱い負の相関 ( $r = -0.55$ ) があつた。キーボード注視率が高い人、つまりキーボードをよく見る人ほどEPCが低下する傾向がある。その理由として、図7の誤入力の要因で述べたように文字入力の誤りの約45%が入力キーの誤りであるため、キーボードをよく確認している人ほど、キーを押し分けていると考えられる。

### 3.3 入力速度と入力精度の関係性

最後に、入力速度と入力精度の関係性について調べた。

図11はCPMと各キーのxy方向の標準偏差、図12はCPMとEPCの関係を表している。それぞれ弱い正の相関 ( $r = 0.35$ ) と相関がない ( $r = -0.1$ ) という結果になった。ただし、どちらの図においてもCPMの値が平均付近の人達において、標準偏差もしくはEPCの値が個人によってばらつきが大きい。それに対してCPMの値が低い人、またCPMの値が高い人においては近い傾向がある。このことから、入力速度は3つの習熟段階に分類できる可能性があると考えた。入力速度が遅い人は、各キーを丁寧に押し分けてい

るためEPCは小さいがCPMも小さい。入力速度が平均的な人は速く入力しようとするので入力が粗くなるためEPCが大きい人が含まれる。入力速度が速い人は入力の速さと正確性を両立できている。ただし、現状では実験協力者の人数が少なく統計的優位差はないため、今後人数を増やすことによって更なる検証をしていく必要がある。

### 4. おわりに

本論文ではフリックかな入力における個人特性と視線が文字入力に与える影響を明らかにするために20代の実験協力者18名を対象にフリックかな入力の実験を行った。

その結果、入力速度においてはキーを離してから次のキーを押すまでの時間が短いほど、速く入力することができることが分かった。入力精度においてはキーを押す際に上下左右方向に押し間違えることが誤入力の最も大きな要因であった。もう1つの大きな要因であるフリック操作の誤りにおいては、誤っている際のフリック軌跡が直線状に伸びていることから、フリックの最中に誤りに気づいている可能性が低いことが分かった。

また、視線情報に着目すると入力速度が速い人の中にはキーボードをよく見る人と、キーボードを全く見ない人が混在していた。そのため、ソフトウェアキーボードにおいては入力文を注視するタッチタイピングは必須ではないと考えられる。その理由として、キーボードからもフィードバックを得られる可能性があるからである。例えば、キーの境界付近で入力した際は、入力目標以外のキーの色が変わったり、フリックガイドの表示される位置が大きすぎたりするため、誤りに気づく可能性がある。そして、キーボードをよく見る人ほど入力精度が高くなる傾向があつた。

今後の課題として、入力速度と入力精度の関係性について3つの習熟段階を推測したが、実験協力者の人数が少ないため統計的有意差がなかった。そのため、実験協力者をさらに増やして3つの習熟段階やその他の実験結果を裏付ける必要があると考えられる。また、今回の実験では転写作業を課した。しかし、転写作業では提示した文を確認するのに時間を必要としてしまい、人によっては確認するのに時間がかかっている場合も考えられる。そこで、確認している時間を除いて分析する必要があると考えられる。

#### 参考文献

- [1] Poika Isokoski, Benoit Martin, Paul Gandouly, and Thomas Stephanov. 2010. Motor Efficiency of Text Entry in a Combination of a Soft Keyboard and Unistrokes. *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, ACM, 683–686.
- [2] Hyeonjoong Cho, Miso Kim, and Kyeongun Seo. 2014. A Text Entry Technique for Wrist-worn Watches with Tiny Touchscreens. *Proceedings of the adjunct publication of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology*, ACM, 79–80.
- [3] Jennifer M. Allen, Leslie A. McFarlin, Thomas Green, 2008. An In-Depth Look into the Text Entry User Experience on the iPhone. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 52nd Annual Meeting*, Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, 508–512.
- [4] Anna Maria Feit, Daryl Weir, Antti Oulasvirta, 2016. How We Type: Movement Strategies and Performance in Everyday Typing, Aalto University, Helsinki, Finland, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2016*, 4262–4273.
- [5] OpenWnn  
<https://android.googlesource.com/platform/packages/inputmethods/OpenWnn>
- [6] Tobii Pro Glasses2  
<https://www.tobiiipro.com/>