

タッチタイピング学習支援システムのための運指検出手法の提案

加納 大地* 大久保 雅史*

Proposal of Fingering Detection Method for Touch Typing Learning Support Systems

Daichi Kano* and Masashi Okubo*

Abstract - Recently, typing skills especially touch type is considered to be important. However, the typing skill of students tends to be poor, because of the use of smart phone. Some students try to improve their typing skill using typing learning support system. However, existing typing learning support systems tend to focus on the typing speed, and to ignore which finger presses the key. In this research, we are aiming at the developing of typing learning support system which focuses on not only the typing speed but also the fingering. and in this paper, we propose the fingering detection method, and develop the prototype system. The proposed method is able to detect which finger presses the key when any key is inputted, using the image information from web camera. The effectiveness of proposed method is demonstrated by evaluation experiment in this paper.

Keywords: touch typing, learning support system and interface design

1. 結論

近年、情報活用の実践力、情報の科学的な理解、情報社会に参画する態度といった情報活用能力のうち、タイピング能力は最も基礎的な能力であり、重要視されている^{[1][2]}。しかし、大学生のタイピング能力調査では、ビジネスパーソンとして支障を来すほどタイピング能力の低い学生がいるにもかかわらず、「ネット世代のほとんどの学生は ICT (Information and Communication Technology) を十分に活用できる」といった誤認が広がっていることが明らかになっている^[3]。タイピング能力を向上させるひとつの方法としてタッチタイピングがある。タッチタイピングとは別名ブラインドタッチやタッチメソッドとも呼ばれ、キーボード入力を行う際に手元を見ずに画面のみを見て入力する方法である。タッチタイピングを習得することによって、入力速度の向上や視線運動による疲労負担の軽減が可能であることが明らかになっている^[4]。しかしながら、新社会人白書の 2018 年度から社会人になる大学生男女 384 人を対象とした調査では、60.7%の学生が、タッチタイピングができないと回答している^[5]。

タッチタイピングの習得の有無を調べる手法は、これまでにいくつか提案されている。松永らは独自に開発した試験専用タイピングソフトと無刻印キーボードを用いてタッチタイピングが正しくできているかを判定する手法を提案している^[6]。また安藤らは、タイピング時の視線を追尾して入力中に手元を見ていない人ほどタイピング能力が高くなるという結果が得られており、初心者がタイピング能力を向上させるためには、タッチタイピングを習得すること、素早く指を移動するトレーニングを

行うことが必要であると言及している^[7]。しかし、これらの手法ではどの指でキーを押したかについては着目されていない。同様に、e-typing などの既存のタイピング練習ソフトにおいても、できるだけ速く正確にキーを押すことが重要視されており、どの指でキーを押したかについては着目されていない^[8]。

そこで、本研究ではタッチタイピングを習得できていない人のための正しい運指の習得を支援するシステムの構築を最終的な目的とする。これまで提案された手法では、無刻印キーボードの使用や視線追尾によってタイピング能力を測定していた。本稿ではタイピング時に検出される運指をもとにタッチタイピングの学習支援を行うシステムの開発のために、タイピング時の運指の映像と押されたキーのデータに基づき、どの指でキーを押したかの判定を行う手法を提案する。

2. タイピングスキル

2.1 タッチタイピング

図 1 にキー配置と指のホームポジション、さらにそれぞれのキーを打つのに推奨されている指を示す。ホームポジションとはタッチタイピングを行う際に基本となる指の置き位置である。



図 1 指のホームポジションとキーの割り当て

Fig.1 Home position and finger's quota.

*: 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻

*: Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

2.2 タイピング速度

タッチタイピング習得者、非習得者間でのタイピング速度の違いを明らかにするため、入力速度(WPM)に関する調査を行っている。WPM (words per minute) とは、1分あたりの打鍵数のことで、タイピングスキルを表す一つの指標である。同志社大学、大学院の学生 16 名を対象にして調査を実施している。調査項目は、タッチタイピングを習得していると考えているかどうかを“はい”または“いいえ”で答えさせるもの、実際にタイピングを行わせ、その時の入力速度を計測し答えさせるものの 2 つとしている。入力速度の測定には、e-typing の腕試しタイピングという練習モードを用いている^[8]。図 2 に、申告によるタッチタイピング習得者(a)と非習得者(b)の入力速度のヒストグラムを示す。タッチタイピングを習得していると申告した人(図 2(a))は WPM の値が 150 から 400 で、一方、タッチタイピングを習得していないと考えている人(図 2(b))は、その WPM の値が 100 から 250 となっていることがわかる。よって、タッチタイピング非習得者の運指を検出するには、WPM の値が 300 程度までの入力に対応したシステムを開発する必要がある。

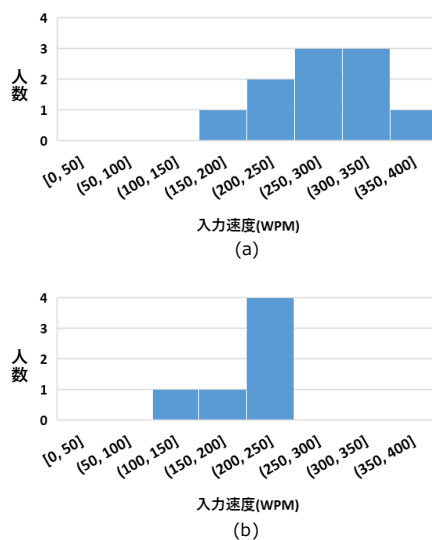


図 2 タッチタイピング習得者(a)と非習得者(b)の入力速度のヒストグラム

Fig.2 Histogram of typing speed of touch typing of acquirers(a) and non- acquirers(b).

2.3 研究目的

本研究では、タイピング時に検出される運指をもとにタッチタイピングの学習支援を行うシステムの開発、および開発したシステムを用いてタイピング練習を行うことで、タッチタイピング非習得者にタッチタイピングを習得させる可能性の検証を最終的な目的としている。

本稿では、タイピング時の運指の映像と押されたキーのデータに基づき、どの指でキーを押したかの判定を行う手法の提案をしている。また、その手法を用いたシステムで評価実験を行い、推定精度を求めることで、システムの有効性を検証する。

3. タイピングにおける運指の検出

3.1 システム概要

図 3 にシステムの概要を示す。キーボードの真上に設置したウェブカメラを用いて撮影した映像を PC に送り、全キーと全指の座標を取得している。また、キーが押されたとき、キーボードで入力されたキーの名前が PC に送られ、前もって得られた全キーの座標から、入力されたキーの座標を抽出し、入力されたキーの座標と全指の座標をもとに、入力に使用した指の推定処理を行い、結果を出力する。

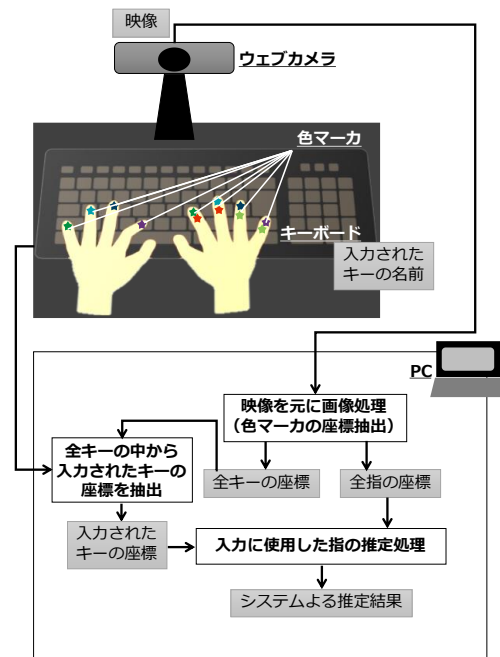


図 3 システムの概要

Fig.3 System configuration.

3.2 キーを押した指の検出処理

3.2.1 色マーカの抽出処理

図 4 に緑色を例に色マーカ抽出処理の流れを示す。ウェブカメラを用いて取得された映像は、フレームごとに分割した静止画として処理される。処理の過程で色領域の検出を行うため、黒色のキーボードの下に黒色の布を敷くことで検出精度を上げている。まずウェブカメラから取得した画像に対して各色マーカの領域を抽出する。つぎに、抽出された部分の領域の重心を求める(図中赤丸)。求められた重心の画面上での座標を色マーカの座標としている。

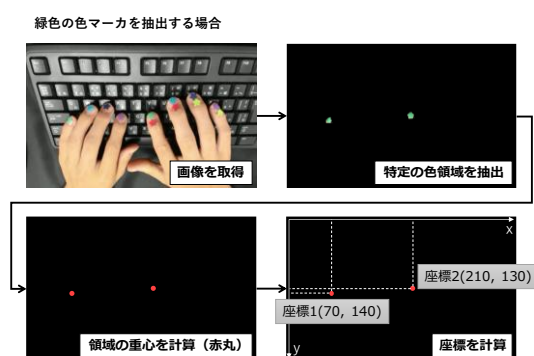


図 4 緑色の色マーク抽出処理の流れ
Fig.4 Procedure of green color markers detection.

(a) キーの座標抽出処理

図 5(a)に上段・中段・下段に分類されたアルファベットキーを示す。図 5(b)に色マーク付きアクリル板をキーボードに取り付けた様子を示す。それぞれの色マークの領域を抽出するために、ウェブカメラから得られた画像に対して HSV 色空間における色相(H)の値に閾値を設けた色相フィルタを適用する。表 1 に色ごとの色相フィルタの値を示す。色マークの抽出処理後、同じ段で取得されたマークの座標のうち画像の横方向である X 軸の値を比較することで、それぞれのアルファベットキーの座標を推定している。

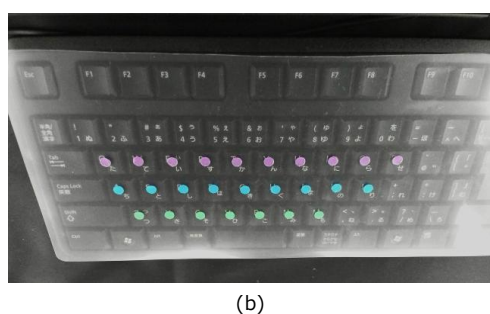
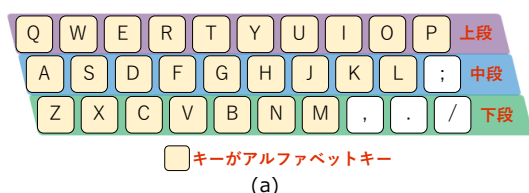


図 5 キーの位置推定のためのキーボード上のマーク
Fig.5 Markers(b) on keyboard for key positions detection(a).

表 1 色ごとの色相(H)フィルタの値 (キーの色マーク)

Table1 Hue filter values of HSV per colors.
(key's color marker)

段	色名	色相上限値	色相下限値
上段	紫色	320	248
中段	青色	220	176
下段	緑色	174	104

(b) 指の座標抽出処理

指の座標を検出するために各指に色マークを装着する。本システムにおいて色マークを装着する指は、タイピング時によく使用する左右の人差し指から小指までの計 4 本ずつ合わせて 8 本の指としている。メインの 4 色の色マークと 2 色のサブマークを用いている。マークの検出時のマークの検出能力の向上のためメインマークを 4 色にしている。また、メインの色マーク 4 色での指の座標抽出では、片手のみの入力や両手が交差した状態で入力を行った際に、マークが左右どちらの手の指なのか特定できないため、右手の指にはメインとサブの 2 色のマークを装着している。表 2 に各指と色マークの組合せ、図 6 に組合せどおりに色マークを装着した両手の指を示す。前述の、キーの色マークの領域を抽出する手法と同様、色相フィルタを適用する。表 3 に色ごとのフィルタの値を示す。それぞれのフィルタの値は、他の色マークやキーボード周辺の黒色や灰色、手の甲の肌色を誤って抽出してしまわないように調整している。色マークの抽出処理により、メインとサブ、それぞれの色マークの座標が取得される。ここで、メインとサブの色マークの組合せを手がかりに、各指の座標を推定する。具体例として、緑色の色マークを抽出する場合を考える。緑色のメインマークが 2 つ抽出されたときには、その周辺に朱色のサブマークがあるものを右手人差し指の座標、一方その周辺に朱色のサブマークがないものを左手小指の座標と推定している。同様の手法を用いて、8 本の指すべての座標を推定している。

表 2 各指と色マークの組合せ

Table2 Combination of each fingers and color markers.

手	指	色名 (メイン)	色名 (サブ)
左手	小指	緑色	なし
	薬指	碧色	なし
	中指	藍色	なし
	人差し指	紫色	なし
右手	人差し指	緑色	朱色
	中指	碧色	朱色
	薬指	藍色	若竹色
	小指	紫色	若竹色



図 6 色マークを装着した両手の指
Fig.6 Color markers attaching fingers of both hands.

表 3 色ごとの色相(H)フィルタの値
Table3 Hue filter values for each color markers.

色名	色相上限値	色相下限値
緑色	160	120
碧色	200	162
藍色	230	202
紫色	320	280
朱色	358	350
	10	0
若竹色	104	60

3.2.2 入力に使用した指の推定処理

図 7 に「F」キーが押された場合の入力した指の推定手順を可視化したものを示す。「F」キーが押されたときの 8 本の指の座標と、あらかじめ取得している「F」キーの座標を比較している。「F」キーの座標とそれぞれ 8 本の指の座標とのユークリッド距離を計算し、その距離が最も小さい指を、入力に使用した指と推定している。ただし、40 画素以上離れた場合は推定不能としている。この指の推定処理はアルファベットキーが入力されるごとに繰り返し行っている。

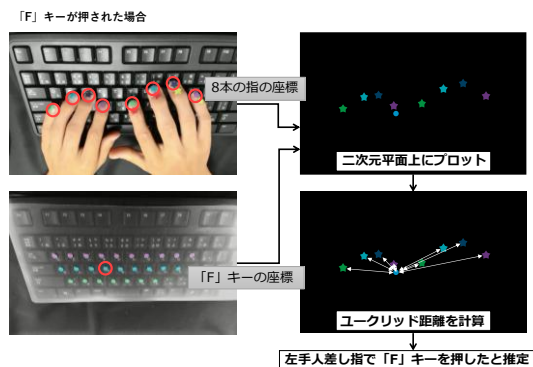


図 7 「F」キーが押された場合における指の推定手順
Fig.7 Finger estimating process when “F” is inputted.

4. システムの評価実験

4.1 システムの評価実験方法

図 8 にシステムの評価実験方法の手順を示す。文字列の入力に対して、システムを用いてどの指でキーを押したかの推定を行う。一方で、実験者は文字列入力時の運指の映像を後で目視で確認し、実際にどの指でキーを押したかを判定する。システムから得られた推定結果と目視により確認された判定結果を比較して提案手法の推定精度を求めている。

図 9 に入力するキーの構成を示す。本実験では、実験者が文字列の入力を行う。文字列は A から Z までのアルファベット計 26 文字の中から生成されたものである。文字列の組合せは、ランダムなものと規則性のあるものの 2 通りで、ランダムな組合せの文字列として「pfesrfqvfzxlqomxikru」、規則性のある組合せの文字列として、打ちなれた単語である「おはよう」と「ありがとう」という和単語のローマ字表記「ohayouarigatouohayoou」の入力を行う。この 20 文字の文字列の入力をそれぞれ 5 度繰り返し、計 200 文字に対する推定を行う。なお、入力速度の違いによる推定精度の変化を見るため、5 度繰り返す際は毎回入力速度を変化させている。

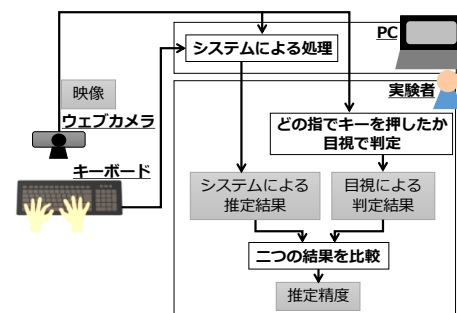


図 8 実験の手順
Fig.8 Experimental procedure.

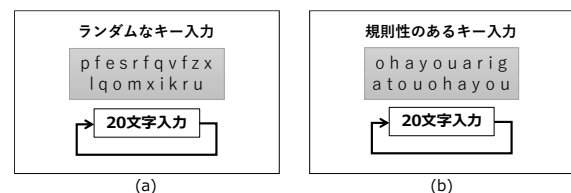


図 9 入力文字列
Fig.9 Input characters in case of random(a) and some words(b).

4.2 結果

(1)式に推定精度の求め方を示す。図 10 に文字列の組合せごとに分類した実験結果を示す。図の横軸に入力速度(WPM)、縦軸に推定精度をとることで、異なる速度でのキーの入力に対する推定精度を示している。実験結果より、WPM の値が大きくなるにつれて推定精度が下がる傾向があることがわかる。

$$\text{推定精度} = \frac{(\text{システムによる推定と目視による推定が一致した文字数})}{(\text{推定を行った文字数})} \quad (1)$$

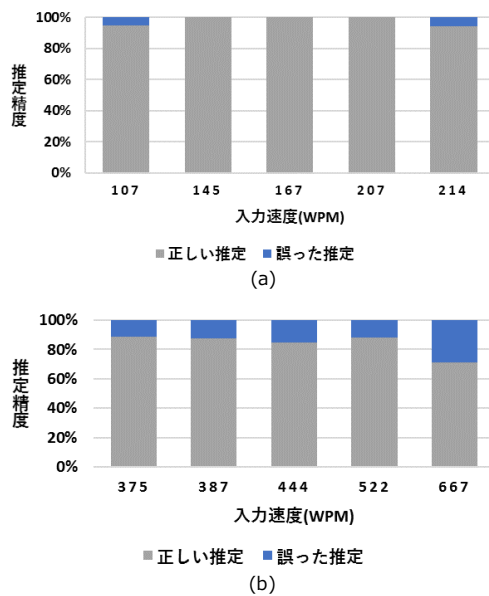


図 10 入力速度ごとの推定精度
Fig.10 Estimating precisions for typing speed
for random pattern(a) and for some words(b).

4.3 考察

4.3.1 誤った推定が行われる例

タイピング時の映像と抽出された指の座標のデータに基づき、誤った推定の検証を行った結果、原因は 2 つに分類できた。

図 11 に、原因 1 として、オクルージョンにより誤った推定が行われる例を示す。原因 1 では、キーを押した指の色マーカが、他の指もしくは他の指の色マーカに隠れてしまい、誤った推定が行われた。原因 1 による誤った推定は、「A」「S」を入力する際に多く見られた。規則性のある組合せの文字列の入力では、「A」を入力する回数が多かったため、原因 1 による誤った推定が多く行われた。

図 12 に、原因 2 として、運指に画像のサンプリング、(30FPS)が追いつかず、誤った推定が行われる例を示す。原因 2 では、ウェブカメラから得られた画像からは色マーカが判別できずに誤った推定が行われた。

図 13 に、原因 1 と 2 に分類した、入力速度(WPM)ごとの誤った推定の回数を示す。



図 11 オクルージョンにより誤った推定が行われる例
Fig.11 Example of mistakenly estimated cases by occlusion.



図 12 運指に画像のサンプリングが追いつかず
誤った推定が行われる例
Fig.12 Example of mistakenly estimated case
when sampling of image cannot catch up with fingering.

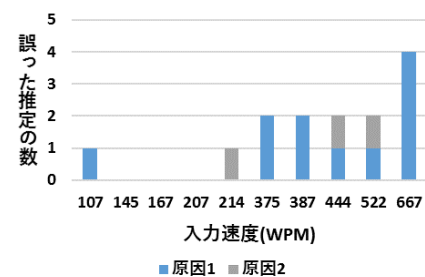


図 13 入力速度ごとの各原因の誤った推定の数
Fig.13 Mistakenly estimated figures categorized.

4.3.2 システムの有効性

実験結果と考察より、WPM の値が 300 程度までであれば、オクルージョンによる誤った推定を除き、正しい推定が行われていると考えられる。本研究においてシステムを用いる対象はタッチタイピング非習得者であるが、2.2 の調査よりこれらの対象者の WPM の値が 300 を超える可能性はきわめて低いと考えられる。つまり、タッチタイピングの学習を必要とする非習得者に対して本システムを用いる場合、オクルージョンによる誤った推定結果を除けば、本手法により正しい推定結果が得られると考えられる。

5. 結論と今後の展望

本研究では、タイピング時に検出される運指をもとにタッチタイピングの学習支援を行うシステムの開発、及び開発したシステムを用いてタイピング練習を行うことで、タッチタイピング非習得者にタッチタイピングを習得させる可能性の検証を最終的な目的としている。

本稿では、タイピング時の運指の映像と押されたキーのデータに基づき、どの指でキーを押したかの判定を行う手法の提案をしている。また、その手法を用いたシステムで評価実験を行い、推定精度を求めることで、システムの有効性を検証している。

実験結果より、タイピング時の WPM の値が大きくなるにつれて推定精度が落ちることがわかった。誤った推定を行った原因の考察から、その原因を 2 つに分類し、オクルージョンにより誤った推定が行われるケースと運指に画像のサンプリングが追いつかず、誤った推定が行われるケースが存在することがわかった。

実験結果と考察から、タッチタイピングの学習を必要とする非習得者に対して本システムを用いる場合、オクルージョンによる誤った推定結果を除けば、システムから正しい推定結果が得られ、システムは有効であることが明らかとなった。

今後の展望として、本システムをタッチタイピング非習得者に用いて、タッチタイピングの学習支援を行うことを提案する。具体的には、画面に文字を呈示し学習者にその文字を入力させる。入力を誤った場合と推奨される指で入力しなかった場合に、それぞれ学習者にその旨を画面に呈示する。タイピング時にどの指でキーを押したかをユーザに意識させることにより、タッチタイピングの習得が容易になると考えられる。

謝辞

本研究は科研費 (18K11414) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 文部科学省: 情報活用能力について,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/_icsFiles/afldfile/2017/01/17/1381046_01_1_1.pdf
(2018 年 7 月 7 日参照)
- [2] 松山, 中島, 石井: 演習でのタッチタイピング練習の効果, 電気学会論文誌 C, Vol. 122-C, No.12, pp. 2189-2190 (2002)
- [3] 児島: BYOD 時代におけるネット世代の情報リテラシー —初年次学生のタイピング能力に関する 3 年間の調査から—, 名古屋学院大学論集, Vol. 52, No. 3, pp.45-57. (Jan.2016)
- [4] 田村, 高岡: タイピングにおける動作特性の解析, 情報教育シンポジウム, pp.155-160. (Aug.2012)
- [5] 新社会人白書 2017: マイナビ学生の窓口調べ, (Feb.2017)
- [6] 松永豊: 試験用タイピングソフトの開発と実践, 愛知教育大学研究報告, No. 56, pp.211-215. (Mar.2007)
- [7] 安藤明伸, 伊藤 拓也: タイピング能力と視点移動に関する一考察, 宮城教育大学情報処理センター研究紀要, No. 17, pp.43-46. (Mar.2010)
- [8] イータイピング株式会社: イータイピング (e-typing)ホームページ
<https://www.e-typing.ne.jp/> (2018 年 7 月 7 日参照)