

# タイピング学習支援のための機械学習による キー打鍵指判定器の作成と訓練用画像の収集方法

## Development of Keystroke-Finger Determining Unit and Collection Method of Training Images for Typing Learning Support

柴崎智哉<sup>\*1</sup>, 大西晃平<sup>\*2</sup>, 三好康夫<sup>\*2</sup>

Tomoya SHIBAZAKI<sup>\*1</sup>, Kohei ONISHI<sup>\*2</sup>, Yasuo MIYOSHI<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 高知大学大学院総合人間自然科学研究科理学専攻情報科学分野

<sup>\*1</sup> Graduate School of Humanities and Social Sciences, Kochi University

<sup>\*2</sup> 高知大学理工学部情報科学科（理学部応用理学科情報科学コース）

<sup>\*2</sup> Department of Information Science, Faculty of Science and Technology, Kochi University

Email: {shibazak, b153k044, miyoshi}@is.kochi-u.ac.jp

**あらまし：**一般に普及しているタイピング学習ソフトでは、押されたキーの正誤判定はできるが、押した指の正誤判定はできない。そこで本研究では、キーを押した指を考慮したタイピング学習支援を行うために、機械学習によるキー打鍵指判定器の開発を行っている。現在、判定器の作成に必要なキータイピング画像の収集を行っており、本稿では、画像の収集方法と判定器の作成方法、判定器の判定精度の検証結果について報告する。

**キーワード：**タイピング学習、キー打鍵指、機械学習、情報リテラシー、コンピュータ操作、情報スキル

### 1. はじめに

現在の社会では、パソコンスキルは必須であり、キーボードのタイピングスキルを身につけることは ICT を活用する上で必要不可欠である。タイピングスキルを身につけるには動きの「型」が重要であるが、一般に普及しているタイピング学習ソフトでは、押されたキーの正誤判定はできるが、押した指の正誤判定はできない。そこで本研究では、動きの「型」を習得するタイピング学習支援の実現を目指し、キー打鍵指判定器の開発を行っている。キー打鍵指判定器の先行研究には、田村ら<sup>(1)</sup>によるものがあるが、これは指に貼られたカラーシールの色の違いで識別する手法を用いている。また、カラーシールを撮影する Web カメラとキーボードは固定されている。我々が開発中のキー打鍵指判定器は、カラーシールやカメラ位置の固定という制約なしに利用できる。

### 2. キー打鍵指判定手法

我々の提案するキー打鍵指判定手法では、キータイピングを行っている手とキーボードを撮影し、その画像を訓練用データとした機械学習（多クラスロジスティック回帰）による判定を行う。訓練用データ作成手順を以下に示す。

#### 2.1 キータイピング画像の収集

キータイピング中の手とキーボードの撮影には Web カメラを用いる。ノートパソコンに内蔵された Web カメラでも撮影できるように、図 1 のような、キーボードを映す鏡を作成している。ノートパソコンに鏡を取り付けるにはスマートフォン用レンズクリップを用い、鏡の角度を自由に変えられる外枠の作成には 3D プリンタを使用した。鏡の角度を変えられるため、ノートパソコンのディスプレイも好きな角度に変えることができる。また、画像収集用の GUI アプリも開発した。このアプリの画面に表示され

た文字をタイプすると、キーを押した瞬間の Web カメラの画像が記録され、押したキーと押した時刻をファイル名とした JPEG 形式が保存される。

#### 2.2 教師ラベル付与と画像の前処理

収集されたキータイピング画像はファイル名でどのキーが押された時の画像であるかがわかるが、どの指で押したのかは、人の目で画像を見て判断しなければならない。キー打鍵指が判別できれば、その指情報を教師ラベルとして付与する。判別できない画像は除去する。

画像の前処理としては、キーボードの領域抽出と台形補正、肌色検出による 2 値化、縮小 (28px×28px) を行う。前処理を行う前後の画像の例を図 2 に示す。この 28px×28px の小さい白黒画像と教師ラベルのペアが訓練用データとなる。訓練用データはキーごとに収集・作成され、キーごとに打鍵指判定器が作成される。

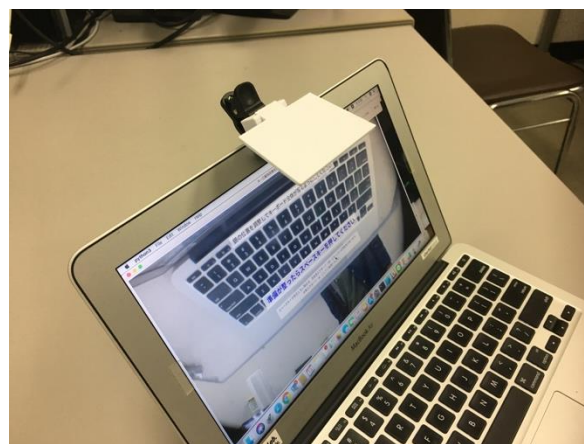


図 1 キータイピング画像収集用の鏡

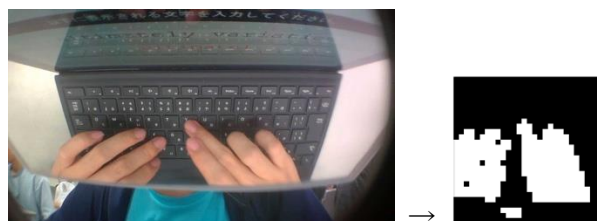


図2 前処理の前後の画像(打鍵キー: y, 指: 右中指)

### 3. 訓練用データ収集の試行と判定器の試作

大規模な訓練用データの収集の実施に向けて, まずは情報リテラシーに関する授業において, 45 人の受講生(理工学部の大学1年生)を対象に収集を試行した. このデータ収集の試行は, 授業にてタッチタイピングやホームポジションについて説明する前に行っている. 本学では20年程前からBYODを導入しており, 本授業も学生は自分のノートパソコンを使って受講している. 従って, 彼らにはキータイピング画像収集用 GUI アプリを自分のノートパソコンにインストールして使用してもらった. 今回は, a~z のキーそれぞれから始まる26の英単語をタイピングしてもらった. 数字キーや記号キー, 修飾キーについては今回扱っていない. 収集画像数は12,155枚で, そのうち93.6%の11,373枚にはキー打鍵指の教師ラベルを付与することができた. 表1に各指の打鍵回数を示しているが, 各キーの合計欄を見れば分かる通り, キーごとの収集画像数のばらつきは非常に大きい. 例えばb, j, w, x, z は26単語中1回しか出現しないため, 収集数が非常に少なくなっている. なお, 受講生の人数と収集画像数が一致しないのは, 間違ったキーを押した場合も画像を収集しているためである. 彼らの多くはホームポジションの「型」が身に付いておらず, 左右の人差し指と中指の4本だけでタイプしている様子が多く見られた. 人差し指や中指で押すべきキーの正解率を平均すると65%を超えるのに対し, 薬指や小指で押すべきキーでは35%に満たない正解率となったことから, 薬指や小指を使いこなせていないことが伺える.

以上の収集データを用い, a~z の各キーで, どの指で押したかを10クラス(左右の手, 5本ずつの指)で表現するキー打鍵指判定器を試作した. 判定器の判定精度の検証は訓練用データとテスト用データをランダムに8:2に分割し, 訓練用データで学習し判定器を作成し, テスト用データで判定器の予測結果を検証した. これを10回繰り返した平均を判定器の性能(正解率, 適合率, 再現率, F尺度)とした. 表2はキーごとの判定器の性能を示したものであるが, 紙面の都合上, 正解率の上位5件と下位5件のキーのみとする. ここでの性能とは, どの程度の精度で正しく指を判定できているか(判定器が判定した指が教師ラベルとして付与されたものと同じなら正解)という基準で評価している. 今回は, 「キーを押した指が正しい指であるか」を判定する性能は評価していない.

### 4. おわりに

キー打鍵指の判定器の作成に必要なキータイピ

ング画像の収集を試行し, キーごとの判定器の性能を検証した. 訓練用データの数が少なくても高い精度が得られているが, 多様な状況に対応できるようにするためにも, 今後はさらにキータイピング画像を収集し, データ数を増やして判定器の信頼性を高めたい. 表1で打鍵回数が0となっているキーと指の組み合わせが多くあるが, そのような押されにくい組み合わせの訓練用データをどうすべきかについても検討が必要である.

表1 各指の打鍵回数と正解率(正解指の数に下線)

| キー | 左小  | 左薬  | 左中  | 左人  | 左親 | 右親 | 右人  | 右中   | 右薬  | 右小 | 合計   | 正解率   |
|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|------|-----|----|------|-------|
| a  | 348 | 315 | 152 | 131 | 0  | 0  | 2   | 0    | 0   | 0  | 948  | 36.7% |
| b  | 0   | 0   | 3   | 15  | 0  | 0  | 28  | 1    | 0   | 0  | 47   | 31.9% |
| c  | 0   | 5   | 163 | 217 | 8  | 0  | 34  | 3    | 0   | 0  | 430  | 37.9% |
| d  | 0   | 12  | 257 | 155 | 0  | 0  | 19  | 2    | 0   | 0  | 445  | 57.8% |
| e  | 0   | 122 | 944 | 301 | 0  | 0  | 11  | 1    | 0   | 0  | 1379 | 68.5% |
| f  | 0   | 1   | 22  | 60  | 0  | 1  | 10  | 3    | 0   | 0  | 97   | 61.9% |
| g  | 0   | 0   | 20  | 133 | 0  | 0  | 51  | 9    | 1   | 0  | 214  | 62.1% |
| h  | 0   | 0   | 3   | 18  | 0  | 0  | 97  | 10   | 0   | 0  | 128  | 75.8% |
| i  | 0   | 0   | 2   | 0   | 0  | 0  | 239 | 1078 | 15  | 0  | 1334 | 80.8% |
| j  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 42  | 6    | 1   | 0  | 49   | 85.7% |
| k  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 35  | 50   | 3   | 0  | 88   | 56.8% |
| l  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 175 | 292  | 235 | 3  | 705  | 33.3% |
| m  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 1  | 198 | 64   | 3   | 0  | 266  | 74.4% |
| n  | 0   | 0   | 5   | 21  | 0  | 2  | 949 | 61   | 2   | 0  | 1040 | 91.3% |
| o  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 67  | 276  | 157 | 0  | 500  | 31.4% |
| p  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 40  | 113  | 96  | 43 | 292  | 14.7% |
| q  | 14  | 42  | 25  | 9   | 0  | 0  | 6   | 0    | 0   | 0  | 96   | 14.6% |
| r  | 0   | 2   | 246 | 282 | 0  | 0  | 40  | 16   | 0   | 0  | 586  | 48.1% |
| s  | 3   | 241 | 234 | 118 | 1  | 0  | 8   | 0    | 0   | 0  | 605  | 39.8% |
| t  | 0   | 1   | 258 | 540 | 0  | 0  | 97  | 53   | 0   | 0  | 949  | 56.9% |
| u  | 0   | 0   | 2   | 3   | 0  | 0  | 256 | 135  | 2   | 0  | 398  | 64.3% |
| v  | 0   | 0   | 11  | 88  | 2  | 0  | 25  | 6    | 1   | 0  | 133  | 66.2% |
| w  | 0   | 24  | 21  | 7   | 0  | 0  | 0   | 0    | 0   | 0  | 52   | 46.2% |
| x  | 1   | 10  | 16  | 18  | 1  | 0  | 3   | 0    | 0   | 0  | 49   | 20.4% |
| y  | 0   | 0   | 46  | 88  | 0  | 0  | 264 | 95   | 1   | 0  | 494  | 53.4% |
| z  | 17  | 8   | 8   | 15  | 1  | 0  | 0   | 0    | 0   | 0  | 49   | 34.7% |

表2 各キーの判定器性能(上位5件と下位5件)

| キー  | 正解率   | 適合率   | 再現率   | F尺度   |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| r   | 0.981 | 0.989 | 0.989 | 0.989 |
| k   | 0.961 | 0.971 | 0.963 | 0.967 |
| t   | 0.980 | 0.983 | 0.940 | 0.960 |
| f   | 0.960 | 0.963 | 0.959 | 0.959 |
| w   | 0.964 | 0.978 | 0.942 | 0.957 |
| ... | ...   | ...   | ...   | ...   |
| c   | 0.959 | 0.972 | 0.846 | 0.899 |
| j   | 0.970 | 0.970 | 0.850 | 0.893 |
| i   | 0.991 | 0.991 | 0.830 | 0.891 |
| g   | 0.967 | 0.977 | 0.780 | 0.843 |
| b   | 0.910 | 0.914 | 0.625 | 0.731 |

### 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 17K01130 の助成を受けた.

### 参考文献

- (1) 田村卓也, 曾我真人, 瀧寛和: “運指の誤りとアドバイスを与えるタイピングスキル学習支援環境”, 電子情報通信学会技術研究報告, 113(67), pp.29-34 (2013)