

筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類

卒業研究論文

# 日本語フリック入力における感情識別

野口 杏奈

指導教員 志築文太郎 三末和男 田中二郎

2012年2月

## 概要

コンピュータによる感情識別を可能にするために、様々な特徴量が用いられてきた。本研究では、日本語フリック入力における感情識別を可能にするために、特徴量として日本語フリック入力のパターンを用いた。その準備として、ユーザの感情データと日本語フリック入力のパターンのデータを収集するために、日本語フリック入力 IMF アプリケーションと特定文章提示アプリケーションの2つを実装した。2つのアプリケーションは、一定時間経過後に15種類の感情を5段階のリッカート尺度にてユーザに尋ね、その後特定の文章をユーザに入力させる。実装したアプリケーションを用いてデータの収集及び調査を行い、特徴量として2つを用いることとした。1つはスライド速度と選択された文字の方向であり、もう1つはタッチの持続時間とタッチ間の移動時間である。それぞれの特徴量において決定木を作成して分類し、交差検定を用いて評価した結果、タッチの持続時間とタッチ間の移動時間を特徴量とした際に「興奮」「悲しみ」「緊張」の感情に対し67.1%～69.4%の識別精度を得た。

# 目次

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>第1章 序論</b>                            | <b>1</b>  |
| 1.1 コンピュータによる感情識別                        | 1         |
| 1.2 日本語フリック入力へのモチベーション                   | 1         |
| 1.3 本研究の目的とアプローチ                         | 2         |
| 1.4 本論文の構成                               | 3         |
| <b>第2章 関連研究</b>                          | <b>4</b>  |
| 2.1 コンピュータによる感情識別に関する研究                  | 4         |
| 2.2 身近な機器における感情識別に関する研究                  | 4         |
| 2.3 文字入力における感情識別に関する研究                   | 5         |
| <b>第3章 日本語フリック入力における感情識別</b>             | <b>6</b>  |
| 3.1 先行研究 [ELM11, Epp10]                  | 6         |
| 3.1.1 先行研究 [ELM11, Epp10] のアプローチ         | 6         |
| 3.1.2 Experience Sampling Method [HSC07] | 7         |
| 3.2 日本語フリック入力における感情識別方法                  | 7         |
| 3.2.1 データ収集アプリケーションの実装及びデータの収集           | 7         |
| 3.2.2 特徴量抽出と特徴量を用いた感情識別                  | 8         |
| スライド速度と選択された文字の方向に着目した特徴量抽出と分類           | 9         |
| タッチの持続時間とタッチ間の移動時間に着目した特徴量抽出と分類          | 9         |
| <b>第4章 データ収集アプリケーションの実装及びデータの収集</b>      | <b>10</b> |
| 4.1 日本語フリック入力 IMF アプリケーションの実装            | 10        |
| 4.1.1 日本語フリック入力機能                        | 10        |
| 4.1.2 ユーザの感情データの収集機能                     | 12        |
| 4.2 特定文章提示アプリケーションの実装                    | 12        |
| 4.3 データ収集及び調査                            | 13        |
| <b>第5章 スライド速度と選択された文字の方向を特徴量とした感情識別</b>  | <b>16</b> |
| 5.1 スライド速度と選択された文字の方向における特徴量抽出           | 16        |
| 5.2 各感情における回答のラベル付け                      | 16        |
| 5.3 分類                                   | 17        |
| 5.4 評価                                   | 17        |

|              |                                           |           |
|--------------|-------------------------------------------|-----------|
| 5.5          | 結果                                        | 17        |
| <b>第 6 章</b> | <b>タッチの持続時間とタッチ間の移動時間を特徴量とした感情識別</b>      | <b>20</b> |
| 6.1          | 連続した全ての 2 文字、3 文字間の持続時間と移動時間における特徴量抽出     | 20        |
| 6.1.1        | タッチの持続時間を利用した特徴量                          | 20        |
| 6.1.2        | タッチ間の移動時間を利用した特徴量                         | 21        |
| 6.1.3        | その他の特徴量                                   | 21        |
| 6.2          | 各感情における回答のラベル付け                           | 21        |
| 6.3          | はずれ値の除外と特徴量選択                             | 22        |
| 6.4          | 分類と評価                                     | 22        |
| 6.5          | 結果                                        | 22        |
| <b>第 7 章</b> | <b>議論</b>                                 | <b>25</b> |
| 7.1          | 日本語フリック入力における感情識別について                     | 25        |
| 7.2          | 今後の展望                                     | 26        |
| <b>第 8 章</b> | <b>結論</b>                                 | <b>27</b> |
|              | <b>謝辞</b>                                 | <b>28</b> |
|              | <b>参考文献</b>                               | <b>28</b> |
| <b>付 録 A</b> | <b>ユーザに提示した 64 セットの文章一覧</b>               | <b>31</b> |
| <b>付 録 B</b> | <b>データ収集及び調査に用いた同意書とアンケート及び調査手引き</b>      | <b>36</b> |
| <b>付 録 C</b> | <b>スライド速度と選択された文字の方向を特徴量とした際の各感情の識別精度</b> | <b>44</b> |
| <b>付 録 D</b> | <b>キーの持続時間とキー間の移動時間を特徴量とした際の各感情の識別精度</b>  | <b>47</b> |

# 図目次

|     |                                                     |    |
|-----|-----------------------------------------------------|----|
| 3.1 | データ収集の流れ . . . . .                                  | 8  |
| 4.1 | 実装した日本語フリック入力 IMF アプリケーション . . . . .                | 10 |
| 4.2 | $\vec{CL}$ と $\vec{CP}$ の内積および外積を用いた文字の選択 . . . . . | 11 |
| 4.3 | ユーザに提示する 5 段階のリッカート尺度 . . . . .                     | 13 |
| 4.4 | 特定文章の入力 . . . . .                                   | 14 |
| 5.1 | スライド速度と選択された文字の方向を特徴量とした際の感情識別結果 . . .              | 18 |
| 5.2 | 3 段階の分類において Weka により作成された決定木の例 . . . . .            | 19 |
| 6.1 | タッチの持続時間とタッチ間の移動時間を特徴量とした際の感情識別結果 . .               | 23 |
| 6.2 | 分類精度 67.1%を得た「緊張」の決定木 . . . . .                     | 24 |

# 第1章 序論

本章では、コンピュータによる感情識別の背景を述べ、日本語フリック入力における感情識別へのモチベーションを述べる。さらに、本研究の目的と目的達成のためのアプローチを述べる。

## 1.1 コンピュータによる感情識別

コンピュータによる感情識別を可能にするために、現在まで、様々な研究が行われてきた。コンピュータによる感情識別は、ユーザの感情をメッセージに組み込むことにより、ユーザの感情を自然に他者に対して表現することを可能とするなど Computer-Mediated Communication (コンピュータを介したコミュニケーション) への応用が期待される。また、ユーザの感情を日常生活においてリアルタイムに識別可能となれば、日々の感情を記録していく感情カレンダーなど、ライフログへの応用も可能となる。

コンピュータによる感情識別の従来の研究では、アプローチとして表情や声、心拍数や体温を分析してきた。例えば、ユーザの顔面筋の筋電図活動の分析 [PSV06] や、声の周波数からの特徴量抽出 [直井 05]、またユーザにバイオセンサーをとりつけ、ユーザの生体信号のパターンを分析する感情識別 [Pic97] などが行われている。しかしながら、これらのアプローチは高価な機器を必要とするため、一般的な家庭環境へは適応困難であるという問題点を有する。加えて、ユーザに特殊な機器を身につけさせ、非日常的な環境を強いることによる、ユーザへの負担が大きいという問題点も有する。

これらの問題点を解決するために、最近ではキーボードやマウスなど、我々の身近な機器を利用した、日常的な環境における研究も行われるようになってきている。例として、ユーザのキーボードにおけるタイピングの速さや、マウス操作におけるマウスのクリック回数や動きを利用した研究 [ZGDG03] を始めとして、キーストロークダイナミクスを利用した研究 [ELM11, Epp10] などが存在する。これらの研究において示されている身近な機器を利用した感情識別の利点は、より実用的な感情識別が可能となることである。

## 1.2 日本語フリック入力へのモチベーション

そこで、本研究においても身近な機器を利用した感情識別を行う。本研究では、先行研究が用いていない身近な機器としてタッチパネルを用いることにした。タッチパネルは従来様々な機器に利用されてきたが、近年のスマートフォンの普及により、その存在は我々に非常に

身近なものとなった。タッチパネルは先行研究で用いられてきたキーボードやマウスなどの機器とは異なり、それらの入力機器の代わりにユーザ自身の指で直接パネルに触れて操作することから、より人間の感情をその操作に反映しやすい機器と考える。

また身近な機器としては、携帯情報端末にも着目した。携帯情報端末は、ノート PC などと比べて小型であり、ユーザによる持ち運びが容易である。そのため、ユーザの感情は外部の環境や身体的要因からも影響を受ける。例えば、傘を持たずに夕立に遭い悲しくなるユーザもあり、ソファに寄り掛かりくつろぎを感じるユーザもいる。このように、携帯情報端末における感情識別では、固定された環境や姿勢よりもユーザの感情が顕著に現れると考える。

以上のことから、感情識別を行う身近な機器として、タッチパネルを搭載した携帯情報端末であるスマートフォンを選択した。先述したキーボードにおけるキーストロークダイナミクスを利用した研究 [ELM11, Epp10] を先行研究とし、その応用として、スマートフォンのタッチパネルで文字入力における感情識別の研究を行う。

次に、本研究では、スマートフォンにおいて入力する言語として日本語を選択した。これは、日本語が著者の第 1 言語であるためである。

従来の携帯電話では、10 個の数字キーと数個の記号キーを用いて文字を入力する。しかしながら、通常、スマートフォンにおいては画面上に自由にキーが配置されたソフトウェアキーボードにより文字の入力を行う。例外としてハードウェアキーボードしか持たないものや、タッチパネルとハードウェアキーボードの両方を備えた端末も存在する。ソフトウェアキーボードによる主な入力手法としては、数字キーの 1 つに 50 音の 1 行が対応し、キーを押す毎に入力文字が遷移するマルチタップ入力、キーに描画されたアルファベットに従い、ローマ字を用いて入力するローマ字入力、及びフリック入力などが挙げられる。フリック入力とは、キーにタッチした指を離さずに、上下左右のいずれかの方向にスライドさせることによって文字を選択する入力手法である。日本語の場合は、スライドさせる方向が母音 (50 音の段) に対応している。携帯電話で慣れたマルチタップ入力を用いる人や、QWERTY ソフトウェアキーボードによるローマ字入力を用いる人も多い。これと比較して、フリック入力は熟練することによりマルチタップ入力よりも高速に入力できるため、スマートフォンにおける主な入力方法として使われる [小町 11]。このことから、本研究では日本語の最適な入力手法としてフリック入力を選択した。また、以下本論文では、フリック入力にて日本語を入力することを日本語フリック入力と定義する。

### 1.3 本研究の目的とアプローチ

以上 1.1 節及び 1.2 節から、本研究の目的はスマートフォンに搭載されたタッチパネルにて日本語フリック入力における感情識別を可能にすることとする。

そのためのアプローチとして、ユーザの感情データと日本語フリック入力におけるデータを収集するために、日本語フリック入力 IMF (Input Method Framework) アプリケーションと特定文章提示アプリケーションを実装する。特定文章提示アプリケーションは、ユーザの自由に入力した文章だけでなく、特定の文章を入力した際のデータも収集するために用いる。そ

して、実装した2つのアプリケーションを用いてデータの収集を行い、収集したデータから特徴量を抽出する。抽出した特徴量において決定木を作成することにより分類を行い、交差検定を用いて分類の精度を評価する。評価により得られた分類精度が感情識別の精度となる。より詳しいアプローチは3章にて述べる。

## 1.4 本論文の構成

1章以降の本論文の構成は以下の通りである。2章では関連研究を紹介する。3章では先行研究について述べ、さらに本研究にて行った感情識別の方法について詳述する。4章では日本語フリック入力におけるデータとユーザの感情を収集するためのデータ収集アプリケーションの実装と、それを用いたデータ収集及び調査について述べる。5章及び6章においては収集したデータからそれぞれ異なる特徴量を決定し抽出したことと、抽出した特徴量を決定木を用いて分類することで行った感情識別の結果について述べる。7章では、5章及び6章において行った感情識別の結果を基に議論を行い、最後に8章にて本研究の結論を述べる。



## 第2章 関連研究

本章では、本研究に関連する従来研究を述べる。まず、コンピュータによる感情識別を目的とした研究を概説し、そのなかでも特に身近な機器における感情識別に関する研究と文字入力における感情識別に関する研究について詳述する。

### 2.1 コンピュータによる感情識別に関する研究

Partala ら [PSV06] は、リアルタイムに感情を識別することを可能にするために、人が笑う際に動く大頬骨筋と、洗面をする際に動く皺眉筋の、2つの顔面筋の筋電図活動に着目した。被験者が写真と映像を見た際に感じた肯定的、否定的、中立の3段階の感情を識別し、結果として、70%~80%の精度で識別可能であった。

直井ら [直井 05] は、言語に依存せずに音声に含まれる感情を識別するために、周波数帯域に着目した。周波数帯域の特徴量として、周波数のピークを選択した。怒り、喜び、悲しみ、平静の4種類の感情において、2種類の感情識別実験と4種類の感情識別実験を行った。2種類の感情識別実験では、平静と喜び、平静と怒り、平静と悲しみ、喜びと怒り、喜びと悲しみ、怒りと悲しみの6種類にて実験を行った。結果として、2種類の感情識別実験からは喜びと悲しみの識別に成功した。また4種類の感情識別実験からは、喜びの識別精度として77%、平均では58%の識別精度を得た。

これらの研究は、コンピュータによる感情識別を目的とした研究である。しかしながら、アプローチとして人間の表情の分析や、声の周波数を特徴量として用いている点において本研究とは異なる。本研究では、コンピュータによる感情識別を可能とするために、日本語フリック入力におけるスライド速度と選択された文字の方向、及びタッチの持続時間とタッチ間の移動時間の2つを特徴量として用いる。

### 2.2 身近な機器における感情識別に関する研究

福井ら [福井 09] は、歩行運動における3軸の加速度情報を特徴量として用いて感情識別を行った。データの収集においては任天堂のWiiリモコンに搭載された単一加速度センサを使用し、被験者に中立、悲しみ、喜び、怒りの感情を込めて歩行するように指示した。なお、歩行の際に被験者には、ピッチに制限を設けない、不自然な動作をしないなど制限をした。収集したデータを用いて、福井らが開発した感情識別システムと人による感情推定の比較実験

を行った。結果として、福井らが開発した感情識別システムにおいて、人による感情推定と比べて高い識別率を得た。特に、悲しみに関しては高い識別が可能であった。

Zimmerman ら [ZGDG03] は、特徴量として、ユーザの 1 分間のマウスのクリック回数や動き、クリックしてから離すまでの時間、キーボードにおけるタイピング速度などを用いた。データの収集においては、被験者に映像を見せた後にオンラインショッピングのタスクを課した。また、Zimmerman らは感情の分類に次元のカテゴリーを用いている。次元のアプローチでは、悲しみや喜びなど言語的に定義の異なる分類ではなく、誘発性と覚醒度の直交座標を用いて感情を分類する。誘発性は感情をポジティブとネガティブという基準を用いて表し、覚醒度は感情を高低により表す。覚醒度とは目が覚めている状態を指し、覚醒度が低い場合は眠気となり、高い場合は興奮となる。例えば、怒りは高い覚醒度かつ誘発性がネガティブな感情である。Zimmerman らは次元のアプローチを用いて、感情を、覚醒度が高く誘発性がポジティブである、覚醒度は低く誘発性がポジティブである、覚醒度が高く誘発性がネガティブである、覚醒度が低く誘発性がネガティブである、中立の 5 種類とした。被験者の感情はタスク終了後に収集し、結果として、中立な感情と他の感情とでは著しい違いがあることを発見したが、起因された感情を互いに区別することはできなかった。

これらの研究は、感情識別を身近な機器を用いて行った点において本研究と共通している。しかしながら、識別に用いた感情が被験者の日常生活における感情ではないという点において異なる。本研究では、識別する感情は参加者が日常生活において実際に感じた感情を用いる。さらに、福井らの研究においては、被験者に想定させた感情をデータとして収集している点においても異なる。また、Zimmerman らの研究においては感情の分類において次元のアプローチを用いている点においても異なる。本研究では、悲しみや喜びなど、言語的に感情を分類するカテゴリー的アプローチを用いる。

## 2.3 文字入力における感情識別に関する研究

Vizer ら [VZS09] は認知的及び身体的ストレスの検出を行うために、キーストロークと言語的特徴を特徴量として使用した。被験者がコンピュータを使用して自由に入力した文章からサポートベクタマシンや決定木など複数の機械学習を用いて識別を行っている。結果として、非ストレス状態と身体的なストレス状態では、「同意できる」「同意できない」の 2 段階において 62.5%、認知的ストレスでは 75% の識別精度を達成した。

Vizer らの研究は、身近な機器を用いて文字入力における感情識別である点において本研究と共通性を見出すことができる。しかしながら、扱う感情が身体的ストレス及び認知的ストレスの 2 つのみであることと、また特徴量として言語的特徴を使用している点において異なる。本研究において扱う感情は、先行研究 [ELM11, Epp10] と同様の 15 種類であり、また日本語フリック入力の入力パターンのみを特徴量として使用している。

## 第3章 日本語フリック入力における感情識別

本章では、1章に挙げた目的を受け、日本語フリック入力における感情識別の方法について詳述する。本研究における主な構成要素はデータを収集するプロセスと、各感情を分類するために必要なデータ処理である。データの収集プロセスにおいて、ユーザが日本語フリック入力を行う際の入力した文字や時刻、座標などのデータと、その際のユーザの感情のデータを収集する。データ処理は、収集した日本語フリック入力のパターンのデータから特徴量を抽出し各感情における回答のラベル付けを行うことと、分類法を構築することの2つから成る。

### 3.1 先行研究 [ELM11, Epp10]

1章にて述べたように、本研究ではキーストロークダイナミクスを用いて感情識別を行う研究を先行研究 [ELM11, Epp10] とし、そのアプローチにならない日本語フリック入力における感情識別を行う。そのため、本節では先行研究 [ELM11, Epp10] のアプローチを説明する。

#### 3.1.1 先行研究 [ELM11, Epp10] のアプローチ

Epp らの先行研究 [ELM11, Epp10] では、次節 3.1.2 に説明する Experience Sampling Method [HSC07] の手法を用いて、以下のようにユーザの感情とキーストロークを収集し、分類した。

まず、Epp らはデータ収集ソフトウェアとして、以下のように動作するシステムを実装した。システムは以下の流れに基づいてデータを収集する。

1. バックグラウンドに常駐し、ユーザのキーストロークをデータとして収集する。
2. ランダムな時間にユーザに 15 種類の感情について尋ね、5 段階のリッカート尺度により回答させる。
3. 質問に回答後、ユーザに特定の文章を提示し入力させる。この時のキーストロークもデータとして収集する。

文字入力における感情識別を行った研究では、ユーザが自由に入力した文章よりも特定の文章が多く取り扱われ、精度を残している。このことから、先行研究 [ELM11, Epp10] においてはユーザの自由入力時と特定文章入力時の両方において特徴量の抽出が行われた。

収集した生データからは、キーを押してから離すまでの、キーを押し続ける持続時間とキー間の移動時間を特徴量として抽出した。得られた特徴量に基づき、15 種類の各感情において分類するための決定木を作成し、決定木の精度を交差検定にて検証した。

以上の流れで感情識別を行い、結果として、特定文章から抽出した特徴量を用いた際に「安心」「ためらい」「不安」「リラックス」「悲しみ」「疲労」の6つの感情に対して77.4%～87.6%の識別精度を得た。

### 3.1.2 Experience Sampling Method [HSC07]

Experience Sampling Method [HSC07] とは、Csikszentmihalyi らが人間のリアルタイムな感情を記録し、データとして蓄積するために開発した手法である。被験者にポケットベルを持たせ、約1時間毎にポケットベルを鳴らす。ポケットベルが鳴ると被験者はその時の状況と感情を記録用紙に記録する。これにより、その時、その場においてデータを収集することが可能となるため、ユーザが後から振り返り、誤った情報を記録することを避けることができる。しかしながら、実験者が被験者の感情をコントロールできないため、収集する感情のデータにばらつきや偏りが生じる欠点を持つ。

先行研究 [ELM11, Epp10] では、実験室にて誘発された1、2種類のみの感情ではなく、日常生活におけるリアルかつ多様な感情データを収集するためにこの手法が用いられた。

## 3.2 日本語フリック入力における感情識別方法

本節では、3.1節にて述べた先行研究 [ELM11, Epp10] のアプローチを基にした日本語フリック入力における感情識別の方法について述べる。日常生活における感情を収集するために、本研究においても Experience Sampling Method [HSC07] を用いる。

### 3.2.1 データ収集アプリケーションの実装及びデータの収集

日本語フリック入力時のキーのフックを実現するために、Android 端末上にて動作する日本語フリック入力 IMF アプリケーションを実装する。Experience Sampling Method [HSC07] を用い、ユーザが本アプリケーションを用いて文字を決定した際、最後に文字を入力してから1時間以上が経過していた場合、アプリケーションはユーザに15種類の感情についての質問画面を提示する。ユーザは入力する文字を決定した直後に画面が切り替わることにより、感情データを収集する時間だと知らされる。各感情についての質問は先行研究 [ELM11, Epp10] と同様の「いらだっている」「集中している」「怒っている」「幸せである」「困惑している」「安心である」「ためらっている」「ストレスを感じている」「リラックスしている」「興奮している」「気が散っている」「退屈している」「悲しい」「緊張している」「疲れている」の15種類である。ユーザは各感情について、「非常に同意できる」「同意できる」「どちらともいえない」「同意できない」「全く同意できない」の5段階のリッカート尺度により回答する。ユーザは、質問画面を提示された際に多忙であるなど、都合が悪い場合はデータ収集を中止することができる。

質問に回答した後、先行研究 [ELM11, Epp10] 同様にユーザはシステムが提示した特定の文章の入力を行う。そのために、日本語フリック入力 IMF アプリケーションを監視する特定文章提示アプリケーションを実装する。日本語フリック入力 IMF アプリケーション同様、特定文章提示アプリケーションも Android 端末にて動作する。3.1.1 節にて先述した通り、この特定の文章の提示は、ユーザが日常生活において自由に入力した文章だけでなく、特定の文章を入力した際のデータも取得するために行われる。これは、先行研究 [ELM11, Epp10] において、ユーザの自由入力時よりも特定文章入力時において高い識別精度を出したためである。ユーザが入力を終わると、画面はユーザに質問画面を提示する以前のものへと戻る。

次に、実装した2つのアプリケーションを用いてデータの収集を行う。ユーザ視点によるデータ収集の流れは図 3.1 の通りである。15 種類の感情についての質問への回答、及び特定文章の入力を1回分のデータとする。データ収集期間中、ユーザはこの流れを繰り返しデータを収集していく。

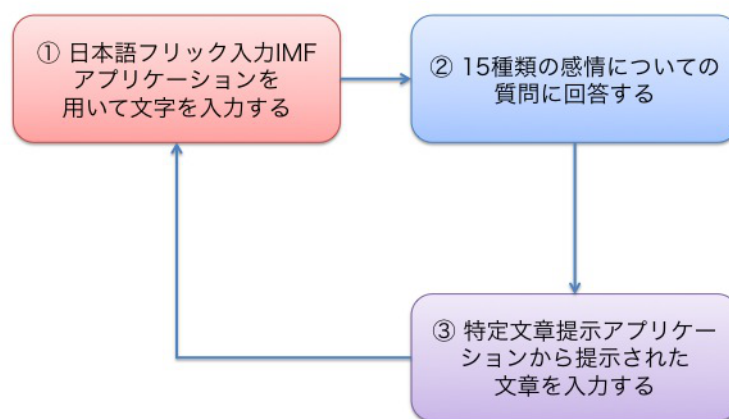


図 3.1: データ収集の流れ

### 3.2.2 特徴量抽出と特徴量を用いた感情識別

収集したデータから、特徴量を決定して抽出する。初めに、スライド速度と選択された文字の方向に着目し、特徴量を抽出する。抽出した特徴量を決定木を用いて分類し、交差検定にて分類精度を求める。次に、タッチの持続時間とタッチ間の移動時間を新たな特徴量とし

て抽出する。先と同様に決定木を用いて分類し、交差検定にて分類精度を求める。求めた分類精度が感情識別の精度となる。

### **スライド速度と選択された文字の方向に着目した特徴量抽出と分類**

特徴量としてスライド速度と選択された文字の上下左右の方向に着目し、抽出する。その後、抽出した特徴量に各感情におけるユーザの回答をラベル付けする。感情によっては回答数に歪みが生じたため、先行研究 [ELM11, Epp10] にならい under-sampling[CR03] を用いて歪みを除外する。最後にオープンソースのデータマイニングツールである Weka[WF05] を用いて C4.5 アルゴリズムにて決定木を作成して分類し、分類精度を交差検定にて検証する。

### **タッチの持続時間とタッチ間の移動時間に着目した特徴量抽出と分類**

先行研究 [ELM11, Epp10] の特徴量を参考とし、新たに、タッチの持続時間とタッチ間の移動時間に着目し、11 種類の特徴量を決定する。抽出した特徴量から外れ値を取り除き、スライド速度を用いた際と同様に under-sampling[CR03] にて回答数の歪みを除外する。また、correlation-based feature subset attribute selection method[Hal98] を利用して特徴量の選択を行い、各感情において相関性の高い特徴量へと種類を減らす。最後に、Weka[WF05] を用いて決定木を作成し、その分類精度を交差検定にて検証する。

## 第4章 データ収集アプリケーションの実装及びデータの収集

本章では、ユーザの日常生活における日本語フリック入力のパターンのデータと、その際の感情を取得するために実装した2つのAndroid 端末用のアプリケーションについて述べる。実装したアプリケーションのうち、1つは定期的にユーザの感情について質問を行う機能を持った日本語フリック入力 IMF アプリケーションである。もう1つは特定の文章を入力した際のデータを収集するために、文章を提示し、その文章をユーザに入力させる特定文章提示アプリケーションである。また、実装した2つのアプリケーションを用いて行ったデータ収集及び調査についても本章にて述べる。

### 4.1 日本語フリック入力 IMF アプリケーションの実装

本節では、フリック入力を使用して日本語が入力可能である、日本語フリック入力 IMF アプリケーションの実装について述べる。本アプリケーションは一定時間経過後にユーザの感情について尋ねる機能を持つ。本アプリケーションの外観を図 4.1 に示す。



図 4.1: 実装した日本語フリック入力 IMF アプリケーション

#### 4.1.1 日本語フリック入力機能

本アプリケーションにおいて、文字はタッチしたキーの中心座標、左上の頂点座標、及びタッチ点の座標の3つを用いて選択される。具体的には、図 4.2 に示すように、タッチした

キーの中心座標を  $C(Center_x, Center_y)$ 、左上の頂点座標を  $L(left, top)$ 、及びタッチ点の座標を  $P(P_x, P_y)$  として、 $\vec{CL}$  と  $\vec{CP}$  の内積及び外積を用いて角度と回転方向を求める。

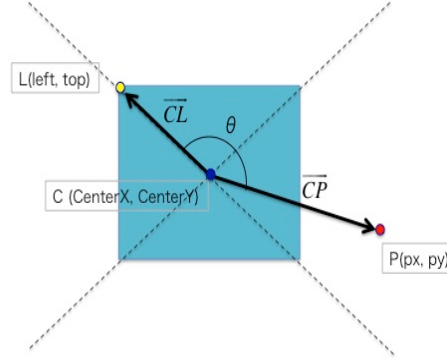


図 4.2:  $\vec{CL}$  と  $\vec{CP}$  の内積および外積を用いた文字の選択

$$\vec{CL} \cdot \vec{CP} \equiv (left - Center_x)(P_x - Center_x) + (top - Center_y)(P_y - Center_y) \quad (4.1)$$

$$\vec{CL} \times \vec{CP} \equiv (left - Center_x)(P_y - Center_y) - (top - Center_y)(P_x - Center_x) \quad (4.2)$$

$\vec{CL}$  と  $\vec{CP}$  の角度と回転方向により、以下の通りに文字が選択される。

- 右回りに  $90^\circ$  未満である時、「う」の段の文字が選択される。  
(例: 「あ」 → 「う」、 「な」 → 「ぬ」)
- 右回りに  $90^\circ$  以上  $180^\circ$  未満である時、「え」の段の文字が選択される。  
(例: 「あ」 → 「え」、 「な」 → 「ね」)
- 左回りに  $90^\circ$  未満である時、「い」の段の文字が選択される。  
(例: 「あ」 → 「い」、 「な」 → 「に」)
- 左回りに  $90^\circ$  以上  $180^\circ$  未満である時、「お」の段の文字が選択される。  
(例: 「あ」 → 「お」、 「な」 → 「の」)

指をスライドさせ文字が選択された場合は白い矩形が表示される。矩形には、スライドにより選択された文字が描画されている。図 4.1 は、「な」行から指を左へスライドさせ、「に」の文字が選択された際の画面である。

本アプリケーションでは、ひらがな (50 音図に掲載された 48 音及び濁音、半濁音、撥音)、句読点、及び「!」「?」「-」の 3 種の記号が入力可能である。また、かな漢字変換には、Social IME かな漢字変換 API ver 0.02<sup>1</sup> を使用した。ユーザの直接入力時のデータを収集するため

<sup>1</sup><http://www.social-ime.com/api.html>



に、予測変換は実装していない。また、日本語フリック入力のためのデータを収集するために、長押しや連続タップを用いて文字を入力することはできない。

日本語フリック入力において各キーに描画された「あ」の段以外の文字を入力する際は、キーをタッチした時 (Down)、離れた時 (Up) 以外に、指を上下左右へスライドした時である、Move イベントが発生する。よって、本アプリケーションを使用することで、日本語フリック入力のパターンのデータとして以下の情報を取得可能とした。

- 日付
- 時刻 (ミリ秒まで)
- Down/Move/Up いずれかのイベント
- タッチしたキー
- 選択された文字
- タッチ点の座標 (pixel)

#### 4.1.2 ユーザの感情データの収集機能

実装した日本語フリック入力 IMF アプリケーションは、ユーザが文字を決定した時に、最後に文字を入力してから 1 時間以上が経過していた場合、ユーザに図 4.3 に示す画面を提示し、その時の感情を尋ねる。これは Experience Sampling Method [ELM11] になっている。感情は、3 章にて述べた全 15 種類である。これらは全て、先行研究 [ELM11, Epp10] にならったものである。ユーザは各感情に対して 5 段階のリッカート尺度を用いて回答する。

## 4.2 特定文章提示アプリケーションの実装

ユーザの感情データの収集を終えた後、ユーザが特定の文章を入力した際のデータも収集するために、日本語フリック入力 IMF アプリケーションとは別に、文章を提示し、ユーザにその文章を入力させる特定文章提示アプリケーションを実装した。アプリケーションの外観を図 4.4 に示す。図 4.4 は、提示された特定文章を日本語フリック入力 IMF アプリケーションを用いて入力する様子である。提示する画面には特定文章の下にテキストボックスが用意され、ユーザに提示した文章を入力させる。特定文章提示アプリケーションがユーザに提示する文章は、青空文庫よりアントワーヌ・ド・サン＝テグジュペリ著、大久保ゆう訳の『あの子の王子くん (原題:LE PETIT PRINCE)』<sup>2</sup>より抜粋した。提示する文章の決定条件は以下の 2 つとした。

- 平易な文の構造を持ち、また日常生活において使用頻度の低い単語があまりないこと

---

<sup>2</sup>[http://www.alz.jp/221b/aozora/le\\_petit-prince.html](http://www.alz.jp/221b/aozora/le_petit-prince.html)

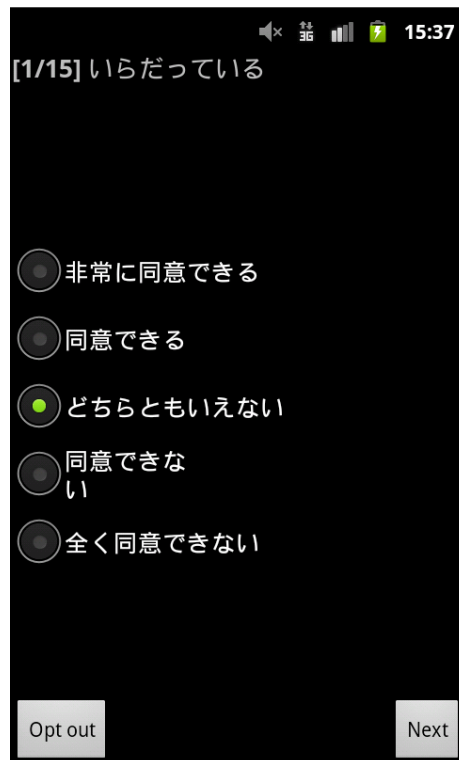


図 4.3: ユーザに提示する 5 段階のリッカート尺度

- 文中に用いられる漢字は常用漢字のみであること

アプリケーションが 1 度にユーザに提示する文章は 40～60 字の平均 51.5 字である。これらの文章を 1 セットとし、合計 64 セット作成した。64 セットの文章は順番にユーザに提示される。作成した 64 セットの文章は付録 A に記載する。

特定文章提示アプリケーションは、ユーザに文章を提示する機能のみを持ち、データを収集するのはあくまでも日本語フリック入力 IMF アプリケーションである。ユーザがスマートフォンを使用している時、本アプリケーションは常にバックグラウンドで動作し日本語フリック入力 IMF アプリケーションを監視する。ユーザが日本語フリック入力 IMF アプリケーションにおいて 15 種類の感情についての質問に回答した直後に特定文章提示アプリケーションは起動される。

### 4.3 データ収集及び調査

実装した 2 つのアプリケーションを用いて、日常生活における日本語フリック入力時のデータ収集及び調査を行った。データ収集は 2012 年 1 月 10 日から 16 日に行なわれ、参加者は平均 6.67 日間参加した。本研究は特徴量として日本語フリック入力のパターンを使用するため、

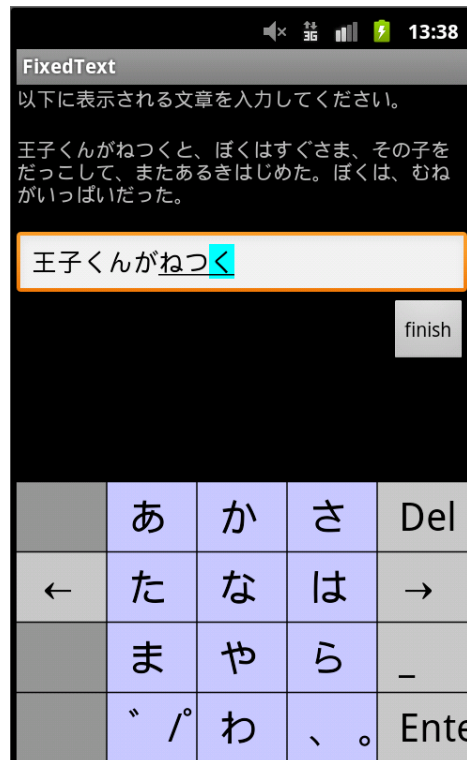


図 4.4: 特定文章の入力

日常的に日本語を使用する人を募集した。その結果、参加者は 21 歳から 24 歳の日本人大学生 9 名となり、うち 2 名が男性であった。期間中、参加者の行動に制限はなく、日常生活において、スマートフォンにて文字を入力する際に日本語フリック入力 IMF アプリケーションを使用してもらった。データ収集及び調査に用いた同意書とアンケート及び調査手引きを付録 B に添付する。ユーザが 15 種類の感情についての質問に回答し、その後特定文章の入力を終えて 1 回分のデータ収集とし、結果として合計 82 回分のデータの収集に成功した。

データ収集及び調査は参加者が普段使用しているスマートフォンに 2 つのアプリケーションをインストールし行った。使用した端末は SHARP 社 IS03 及び IS05、SAMSUNG 社 Galaxy S 及び Galaxy S2、SONY ERICSSON 社 Xperia 及び Xperia arc であった。使用したスマートフォンは全て Android OS を搭載し、そのバージョンは 1 名が 2.1(Eclair)、他 8 名が 2.3(Gingerbread) であった。また、参加者達が普段使用していた日本語入力 IMF アプリケーションは「Google 日本語入力 Beta」「Samsung 日本語キーボード」「iWnnIME-SHedition」「OpenWnn フリック対応」「PoBox Touch」であった。7 名は普段からフリック入力のみを使用し、2 名は Qwerty キーボードを利用したローマ字入力も使用していた。

参加者の 1 日のスマートフォン使用時間は 30 分から 15 時間であり、平均 2.78 時間であった。また、そのうちメールや SNS などにて文字を入力している時間は 15 分から 3 時間であり、平均 1.06 時間であった。参加者のスマートフォンの主な使用目的を表 4.1 に示す。全員が

メールや SNS 利用のためと回答し、通話と Web 閲覧と回答した人は 5 名ずつであった。ゲームと回答した人は 1 人もいなかった。また、スマートフォンの画面操作には 7 名は右手を使用し、2 名は両手を使用している。なお、9 名の参加者のうち左利きは 1 名であり、この 1 名は画面の操作には右手を使用していた。

表 4.1: 参加者の主なスマートフォン使用目的

| 被験者 | 通話 | メール | SNS | ゲーム | Web 閲覧 | その他 |
|-----|----|-----|-----|-----|--------|-----|
| A   | ○  | ○   | ○   |     | ○      |     |
| B   | ○  | ○   | ○   |     | ○      |     |
| C   |    | ○   | ○   |     |        |     |
| D   |    | ○   | ○   |     | ○      |     |
| E   | ○  | ○   | ○   |     |        |     |
| F   |    | ○   | ○   |     |        |     |
| G   | ○  | ○   | ○   |     | ○      |     |
| H   |    | ○   | ○   |     | ○      |     |
| I   | ○  | ○   | ○   |     |        |     |

## 第5章 スライド速度と選択された文字の方向を 特徴量とした感情識別

本章では、特徴量として日本語フリック入力において指のスライド速度と選択された文字の方向に着目し、これらを用いて行った感情識別について述べる。分析は先行研究 [ELM11, Epp10] を基とし、収集した生データから特徴量の抽出を行い、各感情において参加者の回答をラベル付けしたデータへと変換した。変換したデータを用いて決定木を作成し、交差検定を用いて分類精度を検証した。

### 5.1 スライド速度と選択された文字の方向における特徴量抽出

調査にて扱った 15 種類の感情と指の動きの関係性を考えたところ、怒りやストレスを感じた時や、または興奮している時、ユーザは指を速くスライドさせるのではないかと仮説を立てた。そこで、特徴量として、日本語フリック入力における指のスライド速度と選択された文字の方向を選択した。

4.1.1 節にて述べたように、生データは日時、Down/Move/Up のうちいずれかのイベントと、タッチしたキー、選択されている文字、タッチ点の座標から構成されている。そこで生データより、指がタッチした際の時刻と座標を用いてスライドの操作時の指の速度を計測し、特徴量として抽出した。速度の単位は Pixel/ミリ秒である。また選択された文字の方向は、ユーザが最終的に入力した文字に応じて上下左右を判定し、特徴量として抽出した。

### 5.2 各感情における回答のラベル付け

抽出された全ての特徴量に対して、分類のために参加者の各感情における回答をラベル付けした。4.1.2 節にて前述したように、本研究では、参加者から 15 種類の感情を 5 段階にて収集した。その際幸福や怒りなどの感情の種類によっては、参加者は「非常に同意できる」「全く同意できない」の極端な選択肢を避けたため、歪みが生じた。そこで、「非常に同意できる」を「同意できる」に、「全く同意できない」を「同意できない」にまとめ、各感情を「同意できる」「どちらともいえない」「同意できない」の 3 段階とした分類も行うことにした。また、「いらだち」や「怒り」の様に類似する 2 つの感情と、「集中」や「散漫」の様に相反する 2 つの感情の区別が可能か否かを検証するために 3 段階にまとめたものから「どちらともいえない」を抜いた、「同意できる」「同意できない」の 2 段階における分類も行うことにした。

また、各段階の回答数に歪みが生じた場合、分類の精度に影響がでる可能性があるため、under-sampling[CR03]を用いて歪みを除外した。under-sampling[CR03]とは、最も数の少ない回答数に合わせるために、回答数の多い回答がラベル付けされたデータをランダムに取り除く手法である。これにより、均一な分布を作り出すことが可能である。

### 5.3 分類

平均 6.67 日間の調査にて、参加者 9 名がデータを収集した回数は最低 2 回、最高 22 回の合計 82 回 (平均 9.1 回) であった。そのため、ユーザにより回答数に差が生じたが、15 種類の各感情に対して、参加者ごとに決定木を作成した。また、収集したデータの数が少ないため、参加者全体のデータを統合した場合における決定木も作成した。この際、各感情における 5 段階、3 段階、2 段階の回答は決定木の分類においては目的変数となった。決定木は、Weka[WF05]を用いて C4.5 アルゴリズムにて作成された。

以上のことから、最終的に 15 種類の感情に対して作成した決定木の数以下の 12 通りである。

- 参加者 9 名ごとの決定木
- 参加者全員のデータを統合した場合の決定木
  - － 5 段階において under-sampling[CR03] を用いて回答数の歪みを除外した場合
  - － 3 段階において under-sampling[CR03] を用いて回答数の歪みを除外した場合
  - － 2 段階において under-sampling[CR03] を用いて回答数の歪みを除外した場合

### 5.4 評価

作成した決定木の分類精度の評価には交差検定を使用した。交差検定とは、データセットのサイズが限られている場合に標準的な分析法であり、元のデータを  $N$  個に分割し、うち 1 個をテストデータ、残りの  $N-1$  個をトレーニングデータとして学習を行う。分割された  $N$  個のデータが 1 度はテストデータとして用いられるように繰り返し、それぞれにおいて算出された精度の平均を推定精度とする。本研究では、10 分割の交差検定によって精度を求めた。参加者全員のデータを統合した場合においては、各段階で under-sampling[CR03] を 10 回行い、それぞれにおいて分類を行い評価した。得られた推定精度の平均を分類精度とした。

### 5.5 結果

参加者によっては感情についての質問に回答した回数が少なすぎたため、またあるいは、感情によっては同じ選択肢を回答し続けたために、回答の歪みが顕著となった。例えば、参加者うち 1 名は「怒り」の感情に対し、常に「どちらともいえない」と回答した。これにより、分類

精度が非常に高い結果となった場合や、決定木が作成できない場合が存在した。このことから、参加者個々人において決定木を作成するのは、収集したデータ数から不可能であることがわかった。また、「怒り」の感情では、参加者全員のデータを統合した場合においても一度も「非常に同意である」が選択されていなかった。そのため、5段階において under-sampling[CR03] を適応した場合は決定木が作成できていない。

参加者全員のデータを統合した場合における各感情ごとの決定木の分類精度は図 5.1 の通りとなった。この分類精度が感情識別の精度となる。棒グラフの緑が2段階における識別精度であり、赤が3段階、青が5段階における識別精度を表す。また、3段階の分類において作成された決定木の例を図 5.2 に示す。各段階における識別精度は、5段階では平均 27.8%、3段階では平均 38.7%、2段階では 55.3%となり、全て有意な結果とはならなかった。

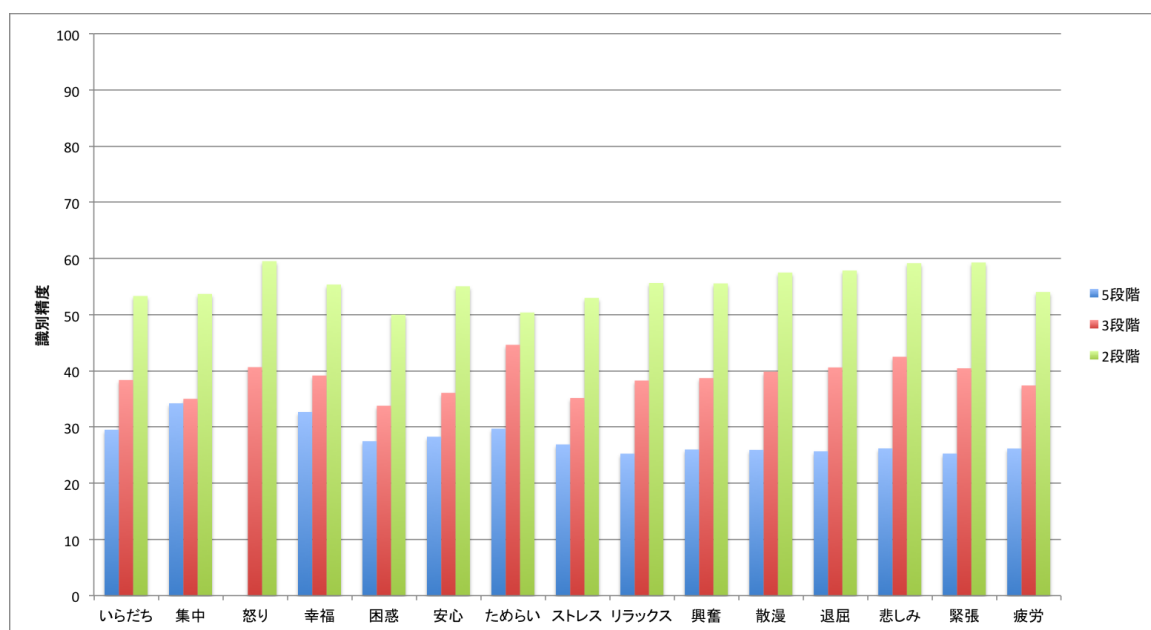


図 5.1: スライド速度と選択された文字の方向を特徴量とした際の感情識別結果

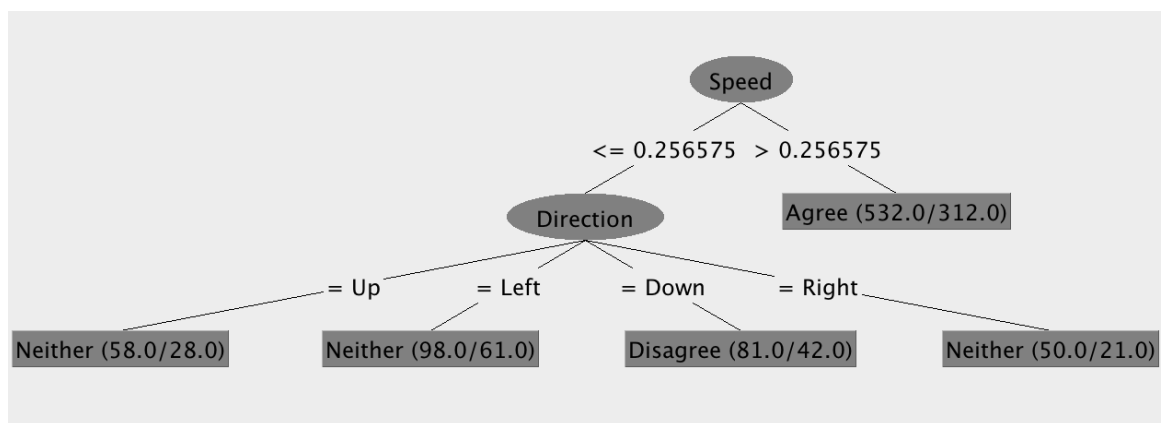


図 5.2: 3 段階の分類において Weka により作成された決定木の例



## 第6章 タッチの持続時間とタッチ間の移動時間を特徴量とした感情識別

本章では、5章とは異なり、先行研究 [ELM11, Epp10] を参考とした、タッチの持続時間とタッチ間の移動時間に着目した特徴量の抽出と、これらを用いて行った感情識別について述べる。タッチの持続時間とは、ユーザがあるキーをタッチしてからそのキーを離すまでの時間である。また、キー間の移動時間とは、ユーザがあるキーを離してから次のキーをタッチするまでの時間である。

### 6.1 連続した全ての2文字、3文字間の持続時間と移動時間における特徴量抽出

先行研究 [ELM11, Epp10] においては、連続で入力された特定の2文字、3文字間におけるキーの持続時間とキー間の移動時間を特徴量としていた。これは、全ての2文字、3文字間において特徴量を抽出すると抽出した特徴量の数が100,000以上になるためである。しかしながら、本研究では先行研究 [ELM11, Epp10] と比べてデータ収集を行った期間が短く、データ数が少ないため、連続で入力された全ての2文字、3文字間においてタッチの持続時間とタッチ間の移動時間を特徴量として生データより抽出した。特徴量は全部で11種類とし、実際に本研究において利用した特徴量を表6.1に示す。また、各特徴量の詳しい説明を6.1.1節から6.1.3節において行う。

#### 6.1.1 タッチの持続時間を利用した特徴量

本研究では、連続した全ての2文字、3文字間における持続時間として、2文字、3文字中の1文字における持続時間と、2文字、3文字間における持続時間の両方を特徴量とした。例えば、「ふゆ」という連続した2文字間における持続時間では、「ふ」と「ゆ」のそれぞれの文字においてキーが押されてから離されるまでの持続時間と、「ふゆ」という2文字間、つまり最初の「ふ」のキーが押されてから最後の「ゆ」のキーが離されるまでの持続時間を特徴量として抽出する。表6.1においては、1文字の持続時間である2G\_1D1U、2G\_2D2U、3G\_3D3Uと2文字、3文字間の持続時間である2G\_1D2U、3G\_1D3Uが持続時間として利用した特徴量となる。

表 6.1: 使用した 11 種類の特徴量

| Code        | 説明                                            |
|-------------|-----------------------------------------------|
| 2G_1D2U     | 2 文字間において、最初のキーが押されてから、2 番目のキーが押されるまでの時間      |
| 2G_1D1U     | 2 文字間において、最初のキーが押されてから、離されるまでの時間              |
| 2G_1U2D     | 2 文字間において、最初のキーが離されてから、2 番目のキーが押されるまでの時間      |
| 2G_2D2U     | 2 文字間において、2 番目のキーが押されてから、2 番目のキーが押されるまでの時間    |
| 2G_NumEvent | 2 文字間において、起きたイベントの数                           |
| 3G_1D2D     | 3 文字間において、最初のキーが押されてから、2 つの目のキーが押されるまでの時間     |
| 3G_2D3D     | 3 文字間において、2 番目のキーが押されてから、2 最後つの目のキーが押されるまでの時間 |
| 3G_2U3D     | 3 文字間において、2 番目のキーが離されてから、最後のキーが押されるまでの時間      |
| 3G_3D3U     | 3 文字間において、最後のキーが押されてから、離されるまでの時間              |
| 3G_1D3U     | 3 文字間において、最初のキーが押されてから、最後のキーが離されるまでの時間        |
| 3G_NumEvent | 3 文字間において、起きたイベントの数                           |

### 6.1.2 タッチ間の移動時間を利用した特徴量

タッチの持続時間とは異なり、タッチ間の移動時間には常に 2 つのキーが関わる。例えば「ふゆ」と入力された時は「ふ」のキーが離されてから、「ゆ」のキーが押されるまでが移動時間となる。このため、1 つのキーによる移動時間の特徴量は存在しない。表 6.1 においては、2G\_1KeyLat、3G\_1KeyLat、3G\_2KeyLat が移動時間の特徴量となる。

### 6.1.3 その他の特徴量

持続時間と移動時間の特徴量を合わせ持つ、あるキーが押されてから、次のキーが押されるまでに経過した時間も特徴量とした。「ふゆ」という 2 文字においては、「ふ」のキーが押されてから、「ゆ」のキーが押されるまでの時間が該当する。これにより、表 6.1 における 2G\_1D2D、3G\_1D2D、3G\_2D3D も特徴量として加わった。

生データでは、ユーザが指をスライドした際は、移動した距離やスライドにかけた時間により 1 文字の選択における Move イベントの回数が異なる。そこでさらに、各 2 文字、3 文字間において発生したイベントの数を数え、これも特徴量とした。表 6.1 における 2G\_NumEvents と 3G\_NumEvents がこれに該当する。

## 6.2 各感情における回答のラベル付け

抽出された全ての特徴量に対して、5.2 節と同様に参加者の各感情における回答のラベル付けを行った。各感情の回答を 5 段階と、5 段階を 3 段階、2 段階へとまとめたものの 3 種類とし、各段階において under-sampling[CR03] を用いて歪みを除外した。

### 6.3 はずれ値の除外と特徴量選択

ユーザがスマートフォンの操作を止めた時など、文字の入力が途中で中断した際に生じる外れ値を取り除いた。先行研究 [ELM11, Epp10] にならい、9 名の参加者ごとに各特徴量に対する平均と標準偏差を計算し、標準偏差の 12 倍以上となった場合外れ値として除外した。

また、Hall[Hal98] の、correlation-based feature subset attribute selection method を使用し、それぞれの感情において相関性の高い特徴量を 11 種類の特徴量から選択した。

### 6.4 分類と評価

6.1 節から 6.3 節に述べた処理を行い変換したデータを、5 章同様に Weka[WF05] を用いて決定木を作成し分類した。5.5 節にて述べたように、データ数が少なすぎるため、個々人において決定木を作成することができない。そのため、すべての参加者のデータを統合し、各段階において under-sampling[CR03] を用いた場合のみ決定木を作成した。

また、5 章同様に 10 分割の交差検定を用いて作成した決定木の分類精度を検証した。

### 6.5 結果

図 6.1 は、15 種類の各感情における決定木の分類精度である。最も分類精度が高かったのは 2 段階の決定木であった。結果として、分類精度が 65.0% を超えたものは「興奮」(69.4%) 「悲しみ」(67.5%) 「緊張」(67.1%) の 3 つであった。また、3 段階の決定木の精度だけを比べても、「興奮」及び「悲しみ」は他の感情と比べわずかに高い精度となっている。「興奮」「悲しみ」「緊張」の感情においてそれぞれ特徴量選択を行った結果を表 6.2 に、また作成した決定木の例として、「緊張」において作成した決定木を図 6.2 示す。各感情における分類精度は付録 D に添付する。

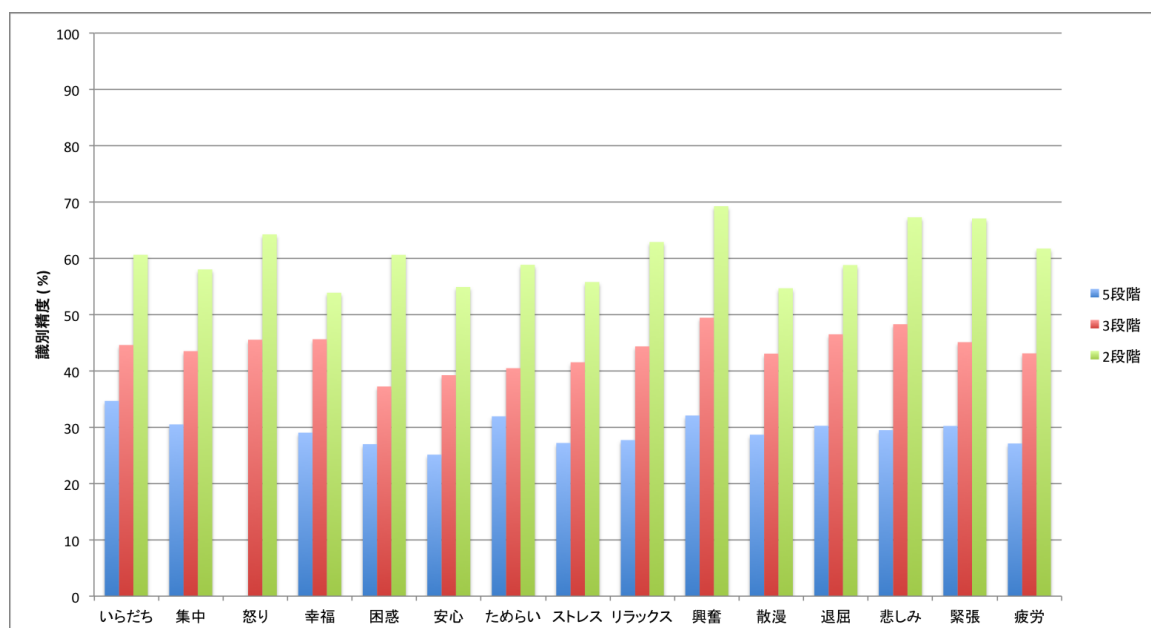


図 6.1: タッチの持続時間とタッチ間の移動時間を特徴量とした際の感情識別結果

表 6.2: 「興奮」「悲しみ」「緊張」において選択された特徴量

|             | 「興奮」 | 「悲しみ」 | 「緊張」 |
|-------------|------|-------|------|
| 2G_1D2U     |      | ○     | ○    |
| 2G_1D1U     | ○    | ○     | ○    |
| 2G_1U2D     | ○    | ○     |      |
| 2G_2D2U     | ○    | ○     | ○    |
| 2G_NumEvent |      |       |      |
| 3G_1D2D     | ○    |       |      |
| 3G_2D3D     | ○    | ○     | ○    |
| 3G_2U3D     | ○    | ○     |      |
| 3G_3D3U     | ○    | ○     | ○    |
| 3G_1D3U     | ○    | ○     | ○    |
| 3G_NumEvent |      |       |      |

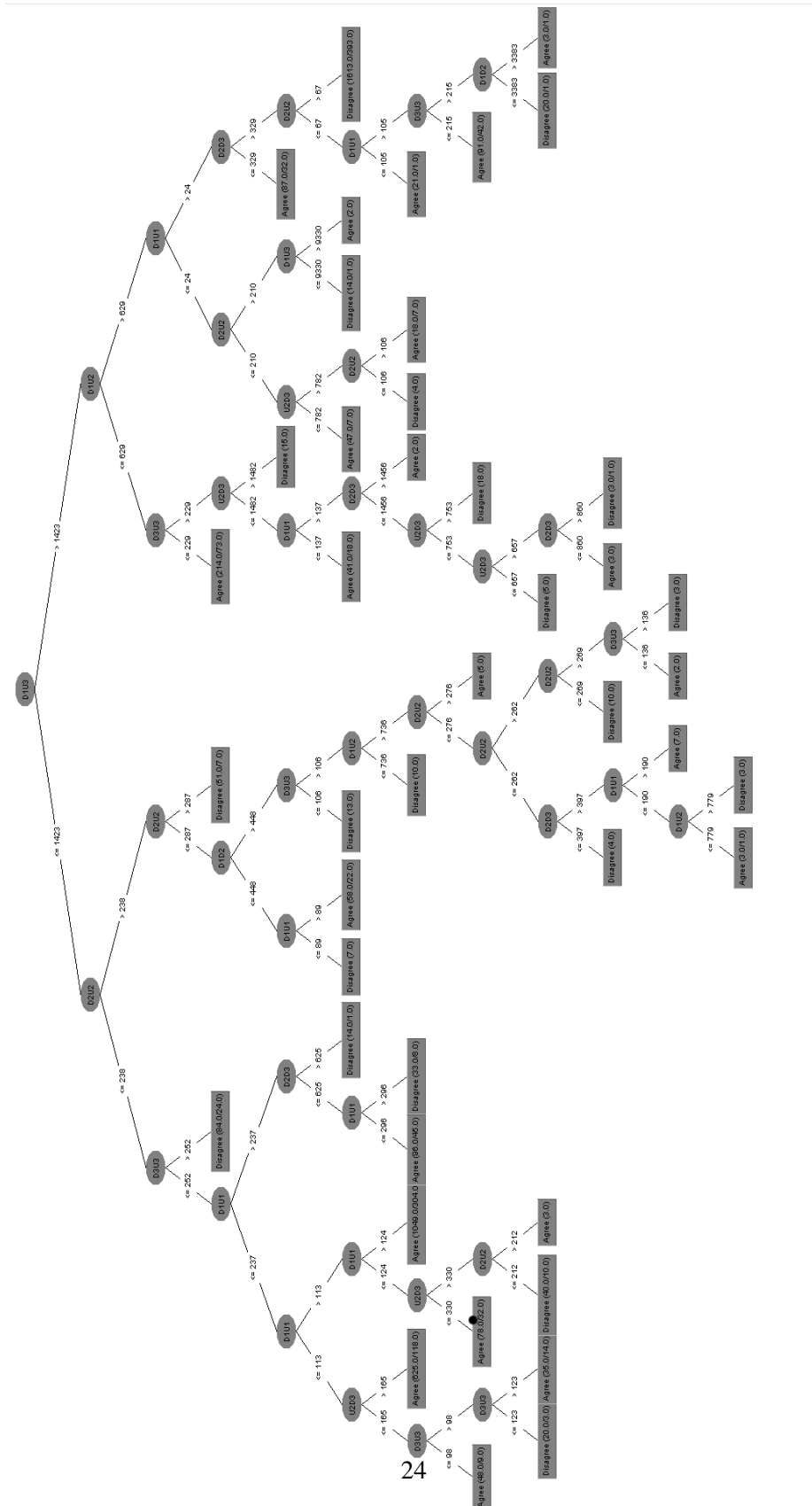


図 6.2: 分類精度 67.1%を得た「緊張」の決定木

## 第7章 議論

本章では、5章及び6章にて述べた2種類の特徴量を用いた感情識別の結果について議論する。また、本研究における今後の展望について述べる。

### 7.1 日本語フリック入力における感情識別について

本研究では、日本語フリック入力における感情識別の特徴量として、初めにスライド速度と選択された文字の方向、次にタッチの持続時間とタッチ間の移動時間に着目した。結果として、スライド速度と選択された文字の方向を特徴量として用いた際には各感情において有意でない識別結果となったが、タッチの持続時間とタッチ間の移動時間を特徴量として用いた際は、2段階において「興奮」「悲しみ」「緊張」の感情に対して67.1%~69.4%の精度を得た。67.1%~69.4%の精度は、感情識別の精度として十分に高いとは言えない。しかしながら、ある程度の傾向は認められ、日本語フリック入力における感情識別を実現するための特徴量として可能性が認められる。

しかしながら、識別精度向上のために、現在のタッチの持続時間とタッチ間の移動時間を基としたより効果的な特徴量の検討が必要である。具体的には、本研究の分析においては全ての2文字、3文字間において特徴量を抽出したが、先行研究[ELM11, Epp10]のように特定の2文字、3文字間においてタッチの持続時間とタッチ間の移動時間の特徴量を抽出するなどを検討している。

また、スライド速度と選択された文字の方向を特徴量にした場合においても、精度の向上を目指す。本研究では特徴量として、指をスライドさせた方向ではなく、選択された文字より上下左右を判定した方向を用いている。そこで、特徴量をスライド速度とスライド方向とすることを検討しており、また新たな特徴量として速度だけでなく加速度にも着目していく。

本論文においては参加者9名の平均6.67日間のみのデータを使用したため、データ量が少ないという問題点があった。しかし、今回のデータ収集及び調査に参加した9名の一部は、現在も実装したアプリケーションを継続して使用し、データ収集に協力している。そのため、新たに人数を増やし、また調査期間も十分に設けることでデータを増やすことが可能となる。1人1人の参加者から十分なデータが収集できたならば、個人毎の決定木を作成することによって感情の識別精度を改善することが可能であると考えられる。例えば、ストレスを感じた時に、速く指をスライドさせる者や、入力の途中で指が止まる回数が増加する者もいるだろう。このような個人による特徴的な違いが識別可能となれば、より良い決定木が作成可能である。

## 7.2 今後の展望

今後の展望としては、まず、15種類の感情のうち、「いだち」や「怒り」のような類似した感情や「集中」や「散漫」などの相反する感情に対する相関性を検証する。

本研究の最終目標は日常生活においてユーザが日本語フリック入力を用いて自由に文字を入力した際の感情識別を可能にすることである。しかしながら、実装した日本語フリック入力 IMF アプリケーションでは入力には日本語のみ可能であったため、参加者が英数字を入力するために IMF アプリケーションを変更し、そのまま元に戻すのを忘れていたという例があった。そのため、自由入力時のデータは、参加者全員のデータを統合しても十分に集まらず、分類することができなかった。このことから、日本語フリック入力において英数字も入力可能とするか、もしくは参加者が普段から使用している日本語フリック入力 IMF アプリケーションにおいてキーのフックを可能にする必要があると考えている。

最後に、本研究では先行研究 [ELM11, Epp10] にならい、分類のアルゴリズムとして決定木を使用した。サポートベクタマシンなど他の機械学習の使用も検討している。

## 第8章 結論

本研究では日本語フリック入力における感情識別を可能にするために、2つの特徴量を考案し、検証を行った。2つの特徴量のうち、1つはスライド速度と選択された文字の方向であり、もう1つはタッチの持続時間とタッチ間の移動時間である。

ユーザの感情データと日本語フリック入力のパターンのデータを収集するために、一定時間経過後にユーザの感情を尋ねる日本語フリック入力 IMF アプリケーションを実装した。また、ユーザが特定の文章を入力した際のデータを収集するために、特定文章提示アプリケーションも実装し、2つのアプリケーションを用いてデータの収集及び調査を行った。

収集したデータから日本語フリック入力における感情識別の特徴量として、初めにスライド速度と選択された文字の方向を使用した。そして、この特徴量を抽出し15種類の各感情において決定木を用いて分類した。しかしながら、結果として15種類全ての感情において識別精度は有意でなかった。そこで次に、新たな特徴量としてタッチの持続時間とタッチ間の移動時間を使用し、再度決定木を作成して分類を行った。結果として「同意できる」「同意できない」の2段階の分類において、15種類の感情のうち「興奮」「悲しみ」「緊張」に対して67.1%～69.4%の識別精度を得た。この数値は感情識別の精度として決して高いものではないが、傾向があると言え、日本語フリック入力における感情識別の特徴量として可能性を示した。

今後の課題として、精度を向上するために双方の特徴量において、より効果的な特徴量の検討が必要である。例えば、スライド速度と選択された文字の方向においては、速度だけでなく加速度などにも着目した特徴量を検討している。また、タッチの持続時間とタッチ間の移動時間においては、特定の文字種と組み合わせることを検討している。さらに、データ量を十分に確保することにより、個人毎の決定木の作成や、参加者の日常生活において自由に入力した文章から特徴量を抽出し、その際の決定木の作成も行う。



## 謝辞

本研究を行うにあたり、指導教員である志築文太郎先生、三末和男先生、そして田中二郎先生には研究テーマの決定や論文の執筆、そして研究発表などに関して多くのご指導とご助言をいただきました。心より感謝申し上げます。また、高橋伸先生には、直接の指導教員ではないにもかかわらず、論文執筆へのご意見や研究発表に関するご助言をいただきました。心より感謝申し上げます。

インタラクティブプログラミング研究室の皆様には、研究活動と日常生活を通して大変お世話になりました。特に WAVE チームの皆様にはテーマの作成に、アプリケーションの実装、論文の執筆まで数多くのアドバイスやアイデアをいただきました。心より感謝致します。

本研究にとって欠かすことのできないデータ収集及び調査に協力してくださった参加者の皆様に心より感謝致します。そして、私を精神面で支え、さらに論文執筆にあたり日本語のアドバイスをくれた安部遥さん、高橋彩花さん、田澤芽衣さんに心から感謝致します。本当にありがとう。

最後に、様々な面で私を支えてくれた家族や友人、そして大学生活においてお世話になった全ての方々に感謝致します。本当にありがとうございました。

## 参考文献

- [CR03] Drummond Chris and C. Holte Robert. C4.5, class imbalance, and cost sensitivity: Why under-sampling beats over-sampling. In *Proceedings of the ICML'03 Workshop on Learning from Imbalanced Data Sets*, pp. 1–8, 2003.
- [ELM11] Clayton Epp, Michael Lippold, and Regan L. Mandryk. Identifying emotional states using keystroke dynamics. In *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems*, CHI '11, pp. 715–724, 2011.
- [Epp10] Clayton Epp. Identifying emotional states through keystroke dynamics. Master's thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 2010.
- [Hal98] M. A. Hall. *Correlation-based Feature Subset Selection for Machine Learning*. PhD thesis, University of Waikato, Hamilton, New Zealand, 1998.
- [HSC07] J M Hektner, J A Schmidt, and M Csikszentmihalyi. *Experience Sampling Method: Measuring the Quality of Everyday Life*. Sage Publications Inc, 2007.
- [Pic97] Rosalind W. Picard. *Affective computing*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1997.
- [PSV06] Timo Partala, Veikko Surakka, and Toni Vanhala. Real-time estimation of emotional experiences from facial expressions. *Interacting with Computers*, Vol. 18, pp. 208–226, 2006.
- [VZS09] Lisa M. Vizer, Lina Zhou, and Andrew Sears. Automated stress detection using keystroke and linguistic features: An exploratory study. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 67, pp. 870–886, 2009.
- [WF05] Ian H. Witten and Eibe Frank. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Second Edition (Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems)*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2005.
- [ZGDG03] Philippe Zimmermann, Sissel Guttormsen, Brigitta Danuser, and Patrick Gomez. Affective computing—a rationale for measuring mood with mouse and keyboard. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, Vol. 9, pp. 539–551, 2003.

- [小町 11] 小町守, 木田泰夫. スマートフォンにおける日本語入力の現状と課題. 言語処理学会第 17 回年次大会論文集, pp. 1095–1098, 2011.
- [直井 05] 直井克也, 松本哲也, 竹内義則, 工藤博章, 大西昇. 感情に関する特徴量の検討 (視聴覚情報処理及び一般). 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, Vol. 105, No. 99, pp. 37–42, 2005.
- [福井 09] 福井博章, 田村宏樹, 田中寿, 淡野公一. 単一加速度センサを用いた感情識別. 電子情報通信学会技術研究報告. CAS, 回路とシステム, Vol. 108, No. 388, pp. 109–114, 2009.

## 付 録 A ユーザに提示した 64 セットの文章一覧

以下は、実装したアプリケーションにおいて使用した 64 セットの文章である。ユーザは以下の文章が順番に提示され、提示された文章を入力するものである。

1. ヒツジがちいさな木を食べるってことが、どうしてそんなにだいじなのか、ぼくにはわからなかった。
2. ただ、王子くんとしては、そうとおもいたくなかったんだけど、じつは、この星のことも、ざんねんにおもっていたんだ。
3. 王子くんがねつくと、ぼくはすぐさま、その子をだっこして、またあるきはじめた。ぼくは、むねがいっぱいだった。
4. ぼくは、ちょうど知らせにくるところだった。かんがえてたよりも、やるべきことがうまくいったんだ、って。
5. そのとき、また、なぜだかわからないけど、へんになんか気持ちになった。それなのに、ぼくはきいてみたくなっていたんだ。
6. それから、いそぐようでもなく、石のあいだをカシャカシャとかかる音をたてながら、すりぬけていった。
7. そういえば、じぶんのちいさな星をすててきたんだって。だから、おもいきって王さまにおねがいしてみた。
8. ところがなんと、この絵を見て、ぼくのちいさなしんさいくんは目をきらきらさせたんだ。
9. ぼくは、かべから 20 メートルのところまできたけど、まだなにも見えない。王子くんは、だんまりしたあと、もういちどいった。
10. だからあつというまにフランスへいけたら、夕ぐれが見られるってことになる。でもあいにく、フランスはめちゃくちゃとおい。
11. でも、おとなのひとにこんなことをいっても、やっぱりしんじない。いろんなところが、じぶんたちのものだっておもいたいんだ。

12. こんなちょうしで、ちよつとうたぐりぶかく、みえっぱりだったから、その花はすぐに、その子をこまらせるようになった。
13. ぼくは、だるそうにからだをうごかした。井戸をさがすなんて、ばかばかしい。はてもしれない、このさばくで。
14. ぼくの友だちは、ひとつもはつきりしたことをいわなかった。あの子はぼくを、にたものどうしだとおもっていたのかもしれない。
15. この絵は、ぼうしなんかじゃなかった。ボアがゾウをおなかのなかでとかしている絵だった。
16. 「ここだよ。ひとりで、あるかせて。」そういつて、あの子はすわりこんだ。こわかったんだ。あの子は、こうつづけた。
17. それはともかく、いきなりひとが出てきて、ぼくは目をまるくした。なにせひとのすむところのはるかかなたにいたんだから。
18. もちろん、だれひとりとして、それを見つけてないし、きっと、さがすひとさえいなかった。
19. ぼくは、ものうりの話をききながら、ほんのすこしだけのこっていた水を、ぐいとのみほした。
20. でも、気をとりなおして、「これから行くのに、おすすめの星はありませんか？」と、その子はたずねた。
21. しかも、そのひとはいまフランスにいて、さむいなか、おなかをへらしてくるしんでいます。心のささえがいます。
22. とおくからながめると、たいへん見ものだ。このおおぜいのうごきは、バレエのダンサーみたいに、きちつきちつとしていた。
23. すると、きかんしゃが、ぴかつ、びゅん、かみなりみたいに、ごろごろごろ。ポイントがかりのいるたてものがゆれた。
24. そこへすぐ、花のことば。「あさのおしょくじのじかんじゃなくて。このままあたしはほうっておかれるの？」
25. この水があるのは、星空のしたをあるいて、くるくるのうたがあつて、ぼくがうでをふりしぼったからこそなんだ。
26. さて、王子くんが、さばくを、岩山を、雪の上をこえて、ながながとあゆんでいくと、ようやく1本の道に行きついた。

27. ぼくは、とろんとしながら、星をながめた。のどがからからで、ぼうっとする。王子くんのことばがうかんでは、ぐるぐるまわる。
28. きみを見てると、かわいそうになる。このかたい岩でできたちきゅうの上で、力もないきみ。
29. でもあいにく、ぼくはハコのなかにヒツジを見ることができない。ひょつとすると、ぼくもちょっとおとなのひとなのかもしれない。
30. 「ちこうよれ、よう見たい。」王さまは、やっただれかに王さまらしくできると、うれしくてたまらなかった。
31. その子は、もうなにもいえなかった。いきなり、わあっとなきだした。夜がおちて、ぼくはどうぐを手ばなした。
32. あたりまえだといわんばかりだった。ひとりですいぶんあたまをつかったけど、ようやくどういうことなのかなっとくできた。
33. おとなのひとって、そうとうかわってるな、と王子くんは心のなかでおもいつつ、たびはつづく。
34. 「こんにちは。」と王子くんはていねいにへんじをして、ふりかえったけど、なんにもいなかった。
35. さぼくの井戸っていうのは、さぼくのなかで、かんたんな穴がぼこっとあいてるだけ。ここにあるのは、どうも村の井戸っぽい。
36. しなさいっていわれたことを、こんなにもまじめにやる、このあかりつけのことが、すきになった。
37. ぼくは、ひしひしとかんじた。なにか、とんでもないことがおころうとしている。ぼくは、その子をぎゅっときしめた。
38. あの子は、音もなくぬけだしていた。ぼくがなんとかおいつくと、あの子は、わき目もふらず、はや足であるいていた。
39. だれともうちとけられないまま、6年まえ、ちょっとおかしくなって、サハラさぼくに下りた。
40. ぼくはポケットから、ためしにかいた絵をとりだした。王子くんはそれを見ると、わらいながら、こういった。
41. 「ねえ、やくそくをまもってよ。」と、王子くんはぽつりといって、もういちど、ぼくのそばにすわった。

42. でも、あの子のいった花はそれじゃなくて、ある日、どこからかタネがはこばれてきて、めを出したんだ。
43. その子はへとへとだった。すわりこむ。ぼくもその子のそばにすわりこむ。しーんとしたあと、その子是这样もいった。
44. おとなのひとつ、やっぱりただのへんてこりんだ、とだけ、その子は心のなかでおもいつつ、たびはつづく。
45. その子は、なんのまえおきもなく、いきなりきいてきたんだ。ずっとひとりで、うーんとなやんでいたことが、とけたみたいに。
46. ことばよりも、してくれたことを、見なくちゃいけなかった。あの子は、いいにおいをさせて、ぼくをはれやかにしてくれた。
47. 「てっきりまだ、ぼくんちだとおもってた！」なるほど。ごぞんじのとおり、アメリカでまひるのときは、フランスでは夕ぐれ。
48. けれど、なにも見えないし、なにもきこえない。それでも、王子くんはまたことばをかえしていた。
49. でも、ほんとにあったのは、ありきたりのバラ。それと、ひざたけの火山みつつで、そのうちひとつは、たぶん、ずっときえたまま。
50. ぼくは、とびあがった。なんと、そこにいたのは、王子くんのほうへシャーっとかまえている、きいろいヘビが1匹き。
51. 王子くんは、たかい山にのぼった。それまでその子の知っていた山といえば、たけがひぎまでしかない火山がみつつだけ。
52. ぼくは、このわらいごえが、もうぜったいにきけないなんて、どうしても、うけいれることができなかった。
53. ねえ、王子くん。こんなふうに、ちょっとずつわかってきたんだ。きみがきみしく、ささやかに生きてきたって。
54. さっきのページのものと、おなじけしきなんです、きみたちによく見てもらいたいから、もういちどかきます。
55. それに、わしの星にはたんけん家がおらん。ちりのはかせはな、町、川、山、海、大うなばらやさばくをかぞえに行くことはない。
56. ガラスのおおいをもったまま、おろおろと、そのそばに立ちつくした。どうしておだやかでやさしいのか、わからなかった。

57. しかも、そのひとはいまフランスにいて、さむいなか、おなかをへらしてくるしんでいます。心のささえがいます。
58. あの子は、そうっとたおれた。木がたおれるようだった。音さえもしなかった。すなのせいだった。
59. そして、おとなのひとは、ぜったい、ひとりもわからない。それがすっごくだいじなんだってことを！
60. ぶあつい本をいくつも書いている、おじいさんのすまいだった。「おや、たんけん家じゃな。」
61. あの子はちょっとためらって、そのあと立ち上がった。1 ぽだけ、まえにすすむ。ぼくはうごけなかった。
62. ほかのどれよりも、ちいさかった。ほんのぎりぎり、あかりと、あかりつけの入るばしょがあるだけだった。
63. そんなことがあったら、どうか！ぼくの、ひどくせつないきもちを、どうにかしてください。
64. くちわをあの王子くんにかいてあげたんだけど、ぼくはそれに、かわのひもをかきたすのをわすれていたんだ



## 付 録 B    データ収集及び調査に用いた同意書と アンケート及び調査手引き

次ページ以降は、4 章において示したデータ収集及び調査の際に配られた参加するにあたっての同意書とアンケート及び調査手引きである。

スマートフォンにおける日本語入力時のデータ収集および調査のお願い

文責：野口杏奈

この度は調査にご協力いただき、ありがとうございます。

- ☐ 本調査の目的は、野口が行う卒業研究「タッチパネルにおける文字入力を利用した感情識別（仮）」を行うにあたり、作成したアプリケーションを使用していただき、スマートフォンにおいて文字を入力する際の情報（タッチした時刻および座標、入力した文字）を取得することです。
- ☐ 日常生活におけるスマートフォン使用時に、野口が作成した日本語入力 FEP アプリケーションを使用していただけます。その際、定期的に問われる感情に関する質問に答え、アプリケーションから提示される文章を入力していただけます。
- ☐ 研究への参加予定期間は 5 日間～1 週間程度です。
- ☐ 研究への参加は協力者の自由意志によるものであり、研究への参加を随時拒否・撤回することができます。
- ☐ この調査によって得られたデータは、個人が特定できないように処理します。
- ☐ 学内外にて発表する論文に調査内容を利用することがありますが、いかなる場合においても協力者のプライバシーは保全されます。

調査に関して、上記内容を十分に理解し、同意していただけたら、下部の署名欄に署名をお願いします。

平成      年      月      日

所属 \_\_\_\_\_

署名 \_\_\_\_\_

説明者    所属 情報学群 情報メディア創成学類 \_\_\_\_\_

氏名 \_\_\_\_\_

調査に関するアンケート

文責：野口杏奈

1. 年齢、性別、利き手、第1言語(母国語)についてお答えください。

年齢: \_\_\_\_歳      性別: 男・女      利き手: 右・左      第1言語: \_\_\_\_\_

2. 本研究に使用するアプリケーションをインストールしたスマートフォンの機種は何ですか。(例: docomo Galaxy S II)

\_\_\_\_\_

以下、2 で聞いたスマートフォンについてお聞きします。

3. 普段スマートフォンの画面を操作する際に用いる手、使用する言語についてお答えください。

手: 右・左・両手・その他(                      )      言語: \_\_\_\_\_

4. 平均して1日にスマートフォンを使用する時間はどれくらいですか。

\_\_\_\_\_ 時間

5. スマートフォンの使用目的は何ですか。(複数回答可)

①. 通話    ②. メール    ③. Twitter や Facebook などの SNS    ④. ゲーム  
⑤. Web 閲覧    ⑥. その他(                      )

6. スマートフォンにおいて、Twitter やメールなど、文字を入力する時間は1日にどれくらいですか。

\_\_\_\_\_ 時間

7. 普段使用している日本語入力 FEP アプリケーションは何ですか。

\_\_\_\_\_

8. 8. で聞いた日本語入力 FEP アプリケーションに関して、使用している日本語入力方式は何ですか。(複数回答可)

① フリック入力    ② Qwerty キーボードを使用したローマ字入力  
③ マルチタッチ(トグル打ち)    ④ ベル打ち    ⑤ その他(                      )

以下、普段使用している PC についてお聞きします。

9. OS は何ですか。(複数回答可)

- ① Mac OS X ② Windows ③ Linux ④ その他( )

10. キーボードのレイアウトは何ですか。

\_\_\_\_\_

11. 普段利用している日本語入力 FEP は何ですか。

- ① ATOK ② ことえり ③ Microsoft IME ④ Google 日本語入力  
⑤ Social IME ⑥ その他( )

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

本調査では、普段ご使用のスマートフォンに、野口が作成した日本語入力 FPS アプリケーションである「lme」をインストールしていただきます。

#### 1. 「lme」アプリケーションの説明

フリック入力とは、キーにタッチした指を離さずに、上下左右のいずれかの方向にスライドさせることによって、文字を選択する入力手法です。日本語の場合は、スライドさせる方向が母音（50 音の段）に対応しています。例えば、「な」をタッチしたまま左にスライドすると「に」を入力できます。同様に、上にスライドすると「ぬ」、右なら「ね」、下なら「の」が入力可能です。図 1 は、「な」をタッチしたまま上へスライドし「ぬ」の文字を入力している様子です。指をスライドし、文字が選択された場合は、その文字が描画された白い矩形が表示されます。

|   |       |        |     |       |
|---|-------|--------|-----|-------|
|   | あ     | か<br>ぬ | さ   | Del   |
| ← | た     | な      | は   | →     |
|   | ま     | や      | ら   | _     |
|   | ゝ / ° | わ      | 、 。 | Enter |

図 1

##### (1)入力可能文字

本アプリケーションでは、以下の 3 つが入力可能です。

- ・ ひらがな(50 音図に掲載された 48 音および濁音、半濁音、撥音)
- ・ 句読点
- ・ 「!」「?」「—」の 3 種の記号

「/」キーを押す事により、ひらがなを濁音、半濁音、撥音、小文字へ変換する事ができます。また、句読点および 3 種の記号は「、。」「?」「!」キーにて可能です。(タッチしてそのまま指を離した場合は「、」が、上方向へのスライドにて「?」左方向にて「!」右方

向にて「！」が選択されます。)

## (2)操作

また操作として、以下が可能です。

- ・「←」キーにて左方向、「→」キーにて右方向へ操作
- ・「Del」キーにて文字の消去、
- ・「\_」キーにて文字の変換（空白「   」の入力も可能）
- ・「Enter」キーにて文字の決定、改行

なお、今回はフリック入力を用いて日本語を入力する時のみのデータを収集するために、以下の操作には対応しておりません。

- ・ 予測変換
- ・ 長押し
- ・ 連続タップ

そのため、普段ご利用の日本語入力 FEP アプリケーションと比べて不便と感じるかもしれません、ご了承ください。

## (3)文字の変換に関して

「Ime」では、文字の変換は WebAPI である、Social IME を用いています。そのため、使用する場所や環境により文字の変換に時間がかかる場合がございます。

## (4)その他注意

英数字および絵文字、顔文字等の直接入力はできません。これらを入力する場合は日本語を入力し、変換していただくか、もしくはその都度 IME を変更してください。(Google の検索窓、メールの本文など文字入力を行うテキストボックスを直接長押しすると、「入力方法」を選択することが出来ます。その際、図 2 の用に、何も表示されていない入力方法を選択してください。)



図 2

## 2. 調査手順および内容

本「Ime」アプリケーションは、文字入力中に定期的にユーザの感情について図3の様に質問をしてきます。質問は全部で 15 種類あり、「非常に同意できる」「同意できる」「どちらともいえない」「同意できない」「全く同意できない」の5段階のリッカート尺度にて回答してください。回答を終えたら、「Next」ボタンを押し、次の質問に回答してください。なお、左下の「Opt out」ボタンを押すと、質問を中断することが可能です。

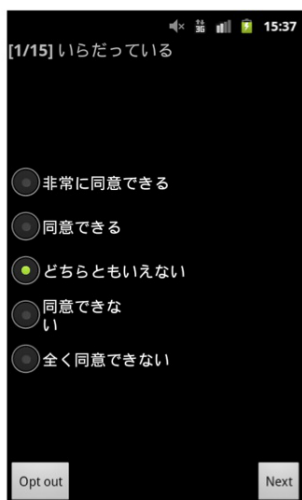


図 3

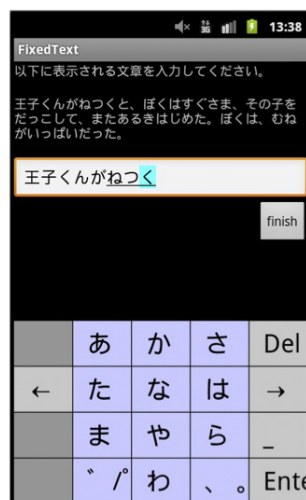


図 4

15 個全ての質問に答えると、次に、図 4 の用に文章の入力画面が提示されます。  
提示された文章を入力し、「finish」ボタンを押してください。調査手順および内容は以上  
になります。この調査を 5～7 日間続けていただくことになります。

何か問題が発生した場合や、質問、ご意見等がございましたら、  
野口までご連絡ください。 よろしくお願い致します。

Email: [noguchi@iplab.cs.tsukuba.ac.jp](mailto:noguchi@iplab.cs.tsukuba.ac.jp)

Tel: 090-9150-4031

野口杏奈



## 付 録 C    スライド速度と選択された文字の方向 を特徴量とした際の各感情の識別精度

以下の表は、5 章にて述べたスライド速度と選択された文字の方向を特徴量とした際の 15 種類の各感情における決定木の分類精度である。この分類精度が、各感情における識別精度となる。

表 C.1: 「いらだち」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 29.5 % | 0.119  |
| 3  | ○              | 38.4 % | 0.0765 |
| 2  | ○              | 53.3 % | 0.0665 |

表 C.2: 「集中」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 34.2 % | 0.178  |
| 3  | ○              | 35.0 % | 0.0253 |
| 2  | ○              | 53.7 % | 0.0738 |

表 C.3: 「怒り」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | $\kappa$ 係数 |
|----|----------------|--------|-------------|
| 5  | ○              | — %    | —           |
| 3  | ○              | 40.7 % | 0.110       |
| 2  | ○              | 59.5 % | 0.191       |

表 C.4: 「幸福」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 32.7 % | 0.159  |
| 3  | ○              | 39.2%  | 0.0874 |
| 2  | ○              | 55.4 % | 0.107  |

表 C.5: 「困惑」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量   |
|----|----------------|--------|---------|
| 5  | ○              | 27.5 % | 0.0935  |
| 3  | ○              | 33.8 % | 0.00690 |
| 2  | ○              | 50.0 % | 0       |

表 C.6: 「安心」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 28.3%  | 0.103  |
| 3  | ○              | 36.1%  | 0.0413 |
| 2  | ○              | 55.0 % | 0.101  |

表 C.7: 「ためらい」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量   |
|----|----------------|--------|---------|
| 5  | ○              | 29.7 % | 0.121   |
| 3  | ○              | 44.6 % | 0.170   |
| 2  | ○              | 50.4 % | 0.00760 |

表 C.8: 「ストレス」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 26.9%  | 0.0863 |
| 3  | ○              | 35.2 % | 0.0275 |
| 2  | ○              | 53.0 % | 0.0596 |

表 C.9: 「リラックス」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 25.3%  | 0.0658 |
| 3  | ○              | 38.3 % | 0.0741 |
| 2  | ○              | 55.6 % | 0.113  |

表 C.10: 「興奮」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 27.5 % | 0.0941 |
| 3  | ○              | 57.3 % | 0.0406 |
| 2  | ○              | 59.8 % | 0.196  |

表 C.11: 「散漫」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 25.9 % | 0.0957 |
| 3  | ○              | 39.9 % | 0.0979 |
| 2  | ○              | 57.5 % | 0.0266 |

表 C.12: 「退屈」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 25.7 % | 0.0710 |
| 3  | ○              | 40.6 % | 0.109  |
| 2  | ○              | 57.9 % | 0.157  |

表 C.13: 「悲しみ」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 26.2 % | 0.0775 |
| 3  | ○              | 42.5 % | 0.138  |
| 2  | ○              | 59.2 % | 0.183  |

表 C.14: 「緊張」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 25.3 % | 0.0660 |
| 3  | ○              | 40.5 % | 0.107  |
| 2  | ○              | 59.3 % | 0.190  |

表 C.15: 「疲労」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 26.2 % | 0.0772 |
| 3  | ○              | 37.4 % | 0.0610 |
| 2  | ○              | 54.0 % | 0.0807 |

## 付 録 D キーの持続時間とキー間の移動時間を 特徴量とした際の各感情の識別精度

以下の表は、6 章にて述べたキーの持続時間とキー間の移動時間を特徴量とした際の 15 種類の各感情における決定木の分類精度である。この分類精度が、各感情における識別精度となる。

表 D.1: 「いらだち」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量 |
|----|----------------|--------|-------|
| 5  | ○              | 32.4%  | 0.155 |
| 3  | ○              | 46.1%  | 0.191 |
| 2  | ○              | 61.7 % | 0.235 |

表 D.2: 「集中」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量 |
|----|----------------|--------|-------|
| 5  | ○              | 30.0 % | 0.125 |
| 3  | ○              | 46.2 % | 0.194 |
| 2  | ○              | 58.0 % | 0.161 |

表 D.3: 「怒り」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量 |
|----|----------------|--------|-------|
| 3  | ○              | 45.5 % | 0.183 |
| 2  | ○              | 64.3 % | 0.285 |

表 D.4: 「困惑」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 28.9%  | 0.112  |
| 3  | ○              | 39.5 % | 0.0928 |
| 2  | ○              | 60.6 % | 0.213  |

表 D.5: 「安心」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 25.2%  | 0.0652 |
| 3  | ○              | 39.9 % | 0.0984 |
| 2  | ○              | 54.7 % | 0.0934 |

表 D.6: 「ためらい」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量 |
|----|----------------|--------|-------|
| 5  | ○              | 31.0%  | 0.138 |
| 3  | ○              | 44.1 % | 0.161 |
| 2  | ○              | 58.9 % | 0.177 |

表 D.7: 「ストレス」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 27.2%  | 0.0901 |
| 3  | ○              | 41.5 % | 0.123  |
| 2  | ○              | 55.8 % | 0.116  |

表 D.8: 「リラックス」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 27.7%  | 0.0965 |
| 3  | ○              | 44.4 % | 0.165  |
| 2  | ○              | 62.9 % | 0.258  |

表 D.9: 「興奮」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量 |
|----|----------------|--------|-------|
| 5  | ○              | 30.9%  | 0.136 |
| 3  | ○              | 49.8 % | 0.247 |
| 2  | ○              | 69.4 % | 0.388 |

表 D.10: 「散漫」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 27.9%  | 0.0984 |
| 3  | ○              | 43.2%  | 0.149  |
| 2  | ○              | 55.6 % | 0.112  |

表 D.11: 「退屈」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量 |
|----|----------------|--------|-------|
| 5  | ○              | 29.5%  | 0.118 |
| 3  | ○              | 46.9%  | 0.204 |
| 2  | ○              | 59.3 % | 0.185 |

表 D.12: 「悲しみ」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度  | K 統計量 |
|----|----------------|-------|-------|
| 5  | ○              | 29.5% | 0.119 |
| 3  | ○              | 48.3% | 0.224 |
| 2  | ○              | 67.5% | 0.349 |

表 D.13: 「緊張」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量 |
|----|----------------|--------|-------|
| 5  | ○              | 30.2%  | 0.128 |
| 3  | ○              | 45.1%  | 0.177 |
| 2  | ○              | 67.1 % | 0.342 |

表 D.14: 「疲労」における識別結果

| 段階 | under-sampling | 分類制度   | K 統計量  |
|----|----------------|--------|--------|
| 5  | ○              | 27.7%  | 0.0959 |
| 3  | ○              | 43.1%  | 0.147  |
| 2  | ○              | 61.7 % | 0.234  |