JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	深層学習を用いた単眼カメラによる空書の自動認識
Author(s)	藤本，一文
Citation	
Issue Date	2020-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/16417
Rights	
Description	Supervisor:長谷川　忍，先端科学技術研究科，修士（情報科学）

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修士論文

深層学習を用いた単眼カメラによる空書の自動認識

1810165　藤本　一文

主指導教員　　長谷川　忍
審査委員主査　長谷川　忍
審査委員　　小谷　一孔
　　白井　清昭
　　岡田　将吾

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
（情報科学）

2020 年 2 月

Abstract

Sign language is one of the methods used for Deaf people to communicate with hearing people. However, only a handful of hearing people can use or understand sign language. The number of Deaf people in Japan is 340,000, but there are only less than 50,000 people can support them, such as sign language interpreters and summary scribes. The shortage of sign language interpreters is one of the critical social issues. Moreover, the words we use are constantly being updated, so sign language must adapt to the new words. Research on automatic recognition of sign language is progressing to solve the problem. In recent years, because deep learning in the field of AI research is rapidly evolving, research on time-series recognition from images and moving images are also in progress. The recognition accuracy has dramatically improved. In order to deal with new words, however, we focus on the next most common method of communication, characters such as air writing (Kusyo). Kusyo refers to writing characters in the air without using a brush or paper. This can be written mainly with one finger. Kusyo is often used when it cannot be represented by sign language words or finger letters, or when it is necessary to convey that "shape" has meaning. Also, this is faster than sign language for simple interaction with hearing people. Therefore, an environment that can automatically recognize Kusyo is required as well as sign language. However, there is not much research supported up to Kusyo.

The purpose of this research is to extend the range of automatic sign language recognition by developing a method for recognizing Hiragana's Kusyo written in front of a monocular camera using deep learning. A monocular camera can be installed at a lower cost than a dual camera, so it is easier to set up the environment. We also aim to develop a non-contact environment that does not use special sensors other than cameras.

The Hiragana used in this research consists of 50 characters (excluding ゐ and ゑ), 71 voiced and semi-voiced characters. There are three research questions in detecting and recognizing Kusyo. 1)It is not possible to identify where to start writing and where to end writing since it is an aerial character, 2)It is not know the line cut (between the first and second strokes) because it is a one-stroke, 3)It needs to prepare because there is no data of Kusyo by Hiragana for learning.

In this research, we developed an image of Kusyo and identified Hiragana by CNN. First, a region of a hand using colored gloves is detected, and a feature amount is extracted. These features are used for the following purposes. One is to set the start and end points for writing based on the feature amount on the screen. The other is to take the center of gravity of the hand area. By displaying the trajectory of the center of gravity, Kusyo was reproduced. At this time, the line toward the upper left direction was deleted, and the line cut was reproduced. In the experiment, these uncorrected data and corrected data are compared. Next, the obtained trajectory of the center of gravity is output as images data and cut out. The clipped image data is sent to the discriminator. In the discriminator, we use CNN that one of the deep learning. In addition, we use the fine tuning which allows learning with less training data. It uses ResNet for the network. Finally, Hiragana was identified from the result of the output from the discriminator.

The data to be learned was a hiragana's Kusyo by the participants using a video camera. In this research, we set up a camera in front of the participants and acquire the image of the hiragana's Kusyo because we often see a face-to-face when writing it. Kusyo is a part of handwritten characters. Handwritten characters include cursive writing. For this reason, we also conducted experiments that added publicly available handwritten character data to the learning data as well as Kusyo data collected from the video. Since the handwritten character data is different from the Kusyo data, the recognition accuracy may decrease depending on the difference in data amount. It was added in three patterns. In the comparative experiments, we compared a total of five models: a leaning model without correction, a leaning model with correction, and a leaning model with handwritten character data divided into three patterns and added with correction.

We have obtained generalized results by using 5-fold cross validation as an evaluation method. In the experimental results, the discrimination rate was 96[%] without correction. There were an identification rate of 97[%] with correction and 98[%] when handwritten character data was added there. We got good results by the effects of correction and handwritten character data.

概要

手話とは，ろう者が健聴者とコミュニケーションを行うために用いられる方法の一つである．だが，健聴者の中で手話ができる，もしくはわかる人はごくわずかである．日本のろう者の数が 34 万人という数に対し，手話通訳士や要約筆記者といったサポートができる人材は 5 万人弱しかおらず，手話通訳者の不足も問題とされている．また，私たちが使う言葉というのは日々新しい言葉が生まれるように手話言語も新しい言葉に対応しなければならない．これらの問題を解決するために手話の自動認識の研究も進んできている．

近年は AI 研究分野における深層学習が急速に進歩していることにともなって画像や動画から時系列的に認識する研究も進んでおり，認識精度は大きく向上している．しかし，新しい言葉にも対応しなくてはならないためその都度データを集めなければならない．

そこで本研究で注目したのは，コミュニケーションをとる方法として次に多い筆談や空書という文字であった．空書とは筆や紙を使わず，空中に文字を書くことを言う．主に指一つで書くことができる．空書は手話単語や指文字で表すことができないときや「形」に意味があることを伝えたいときに用いたられることが多い．また，手話とは違い，健聴者との簡単なやりとりにはこちらの方が早い．そのため手話と同じように，空書の自動認識できる環境も要求されるが，空書までサポートされた研究はあまりない．

本研究では，深層学習を利用して単眼カメラの前で書かれたひらがなによる空書を認識するための手法を開発し，手話の自動認識の範囲を拡張することを目的とする．単眼カメラはデュアルカメラよりも安価に導入できるため環境を整えやすい．また，カメラ以外には特別なセンサを用いらない非接触型の環境開発を目指す．

本研究で用いるひらがなは 50 音(ゐ，ゑを除く)，濁点，半濁点の 71 文字である．空書の検出・認識を行う上で課題として 3 つのことが挙げられる．（1）空書は空中文字ということもあり，どこからが書き出しであり，どこが書き終わりなのかの識別ができないこと，（2）一筆書きとなるため，線の切れ目（1 画目と 2 画目の間など）がわからないこと，（3）学習を行う上で，ひらがなによる空書のデータが存在しないため用意しなくてはならないこと，である．

本研究では，空書を画像化し，CNN による対象のひらがなの識別を行う開発を行った．まず，色手袋を用いた手の領域の検出，特徴量を抽出する．その特徴

量は 2 つことで利用する．1 つは画面内の特徴量の量で書きはじめ・書き終わりの設定を行った．もう 1 つは手の領域の重心をとるためである．重心の軌跡を表示することで空書の再現を行った．また，この時に左上方向の範囲に向かう線を消し，線の切れ目の再現も行った．実験では，これらの補正のないデータと補正のあるデータの比較を行った．そしてここで得られた重心の軌跡を画像データとして出力し切り抜きを行う．切り抜かれた画像データは識別器へと送られる．識別器には，深層学習の一つである CNN を用いる．また少ない学習データで学習を行うため，ファインチューニングを用いる．ネットワークには ResNet を使用する．そして識別器から出力された結果により，ひらがなの識別を行った．

学習するデータはビデオカメラで被験者によるひらがなの空書の様子を集めた．空書を行うとき，対面で見ることが多いため，本研究ではカメラを対象者の対面に設置し，ひらがなの空書の様子を画像で取得する．また，空書は手書き文字の一環である．手書き文字には草書と呼ばれる線が流れるように書かれた文字がある．そのため学習データに動画から集めた空書データだけでなく公開されている手書き文字データを追加した実験も行った．手書き文字データは空書データとは違うため，データ量の差によっては認識精度が落ちる可能性がある．そのため 3 パターンに分けて追加を行った．これによって比較実験では補正なしの学習モデル，補正ありの学習モデル，補正ありに手書き文字データを 3 パターンに分けて追加した学習モデルの合計 5 つのモデルで比較を行った．

評価方法として，5 分割交差検証を用いることにより汎化性能のある結果が得られた．実験結果では，補正なしの場合で 96[%]の識別率があった．補正ありの場合では 97[%]，そこへ手書き文字データを追加した場合では 98[%]の識別率があった．補正や手書き文字データの効果はあり，良い結果が得られた．

目次

第 1 章 序論 1

1.1 はじめに 1

1.2 対外発表 2

第 2 章 関連研究 3

2.1 概要 3

2.2 手話の自動認識 3

2.2.1 Light-HMM を用いた手法 3

2.2.2 領域切り出し付き畳み込みニューラルネットワーク(R - CNN) を用いた手法 3

2.3 空書認識 4

2.3.1 接触型による手法 4

2.3.2 非接触型による手法 5

2.4 手書き文字認識 5

第 3 章 提案手法 6

3.1 概要 6

3.2 手の検出 7
3.3 線の描画 7
3.4 文字認識 8
3.4.1 ResNet50 8
3.4.2 ファインチューニング（fine tuning） 9
3.4.1 手書き文字データセット 9
第 4 章 実験 10
4.1 実験目的 10
4.2 実験データ収集 10
4.3 空書の課題 12
4.3.1 書きはじめ・終わり 13
4.3.2 線の切れ目 14
4.3.3 データセット 16
4.4 学習トレーニング 18
4.4.1 交差検証（Cross Validation） 20
4.5 実験方法 21
4.6 実験結果 22
第 5 章 エラー分析と考察 25

5.1 概要 25
5.2 データ整理 25
5.3 エラー分析 28
5.3.1 「あ」,「お」について 28
5.3.2 「い」について 29
5.3.3 濁音・半濁音について 30
5.4 考察 31
第 6 章 おわりに 32
6.1 結論 32
6.2 今後の課題 32
謝辞 34
参考文献 35
付録 A　評価実験詳細 37

図目次

図 3.1　本研究のフローチャート 6

図 3.2　赤色手袋が検出される様子 7

図 4.1　動画データ収集の環境 11

図 4.2　動画データの一部 11

図 4.3　ビデオカメラの外観 12

図 4.4　空書で「あ」を書く際の例 13

図 4.5　分離してしまった文字例(左：お，中央：も，右：ぢ) 14

図 4.6　ひらがなの書き位置 14

図 4.7　方向ベクトル 15

図 4.8　補正なし画像データ 15

図 4.9　補正あり画像データ 16

図 4.10　x 軸，z 軸で疑似回転させた画像例 17

図 4.11　y 軸 10°ずつ回転させた画像例 17

図 4.12　学習推移の収束の様子 19

図 4.13　K 分割交差検証 21

図 5.1　「お」と誤認した「あ」（左：補正なし，右：補正あり）..... 28

図 5.2　「め」と誤認した「あ」（左：補正なし，右：補正あり）..... 28

図 5.3　「か」と誤認した「お」..... 29

図 5.4　「り」と誤認した「い」（左：補正なし，右：補正あり）..... 29

図 5.5　「へ」と誤認した「い」（左：補正なし，右：補正あり）..... 30

図 5.6　「ぶ」と誤認した「ぷ」（左：補正なし，右：補正あり）..... 30

図 5.7　「ぼ」と誤認した「ぽ」（上：補正なし，下：補正あり）..... 31

表目次

表 3.1　HSV の閾値 7

表 4.1　ビデオカメラの性能 [14] 12

表 4.2　収集時のカメラ設定 [14] 12

表 4.3　作成した各クラスのデータ数(枚) 17

表 4.4　作成した学習モデル 18

表 4.5　各クラスのラベル番号 19

表 4.6　学習に使用した PC の性能表 20

表 4.7　学習環境 20

表 4.8　各モデルの識別率 22

表 4.9　クラスごとの識別回数 23

表 5.1　50 音の識別率 25

表 5.2　濁音・半濁音の識別率 25

表 5.3　誤認が起きたひらがなの回数内訳 26

表 A.1　評価実験詳細の表番号 37

表 A.2 学習モデル 1 の 1 回目 38

表 A.3　学習モデル 1 の 2 回目 39

表 A.4　学習モデル 1 の 3 回目 40

表 A.5　学習モデル 1 の 4 回目 41

表 A.6　学習モデル 1 の 5 回目 42

表 A.7　学習モデル 2 の 1 回目 43

表 A.8　学習モデル 2 の 2 回目 44

表 A.9　学習モデル 2 の 3 回目 45

表 A.10　学習モデル 2 の 4 回目 46

表 A.11　学習モデル 2 の 5 回目..... 47

表 A.12　学習モデル 3 の 1 回目 48

表 A.13　学習モデル 3 の 2 回目 49

表 A.14　学習モデル 3 の 3 回目 50

表 A.15　学習モデル 3 の 4 回目 51

表 A.16　学習モデル 3 の 5 回目 52

表 A.17　学習モデル 4 の 1 回目 53

表 A.18　学習モデル 4 の 2 回目 54

表 A.19　学習モデル 4 の 3 回目 55

表 A.20　学習モデル 4 の 4 回目 56

表 A.21　学習モデル 4 の 5 回目 57

表 A.22　学習モデル 5 の 1 回目 58

表 A.23　学習モデル 5 の 2 回目 59

表 A.24　学習モデル 5 の 3 回目 60

表 A.25　学習モデル 5 の 4 回目 61

表 A.26　学習モデル 5 の 5 回目 62

第1章 序論

1.1 はじめに

手話は，ろう者が健聴者とコミュニケーションを行うために用いられる方法の一つであるが，健聴者も手話を知らないとコミュニケーションが行えない．平成 27 年度時点では，ろう者の数が 34 万人という数に対し，手話通訳士や要約筆記者等の数が合わせて約 46,800 人 [1] [2]であり，手話通訳者の不足も問題とされている．また，手話言語は国によって異なる上，日々新しい言葉が生まれるように手話言語も新しい言葉に対応するため増えつつある [3]．これらの問題解決のため手話通訳者の支援システムとして手話の自動認識の研究 [4]も進んできている．近年は AI 研究分野における深層学習が急速に進歩していることにともなって画像や動画から時系列的に認識する研究 [5]も進んでおり，認識精度は大きく向上している．しかし新しい言葉にも対応していかなければならないためその都度データを集めなければならない．

そこで本研究で注目したのは，コミュニケーションをとる方法として次に多い筆談や空書といった文字である．その中でも本研究では空書の認識に注目した．空書が用いられる理由としては，手話単語や指文字で表すことができないときや文字そのものの「形」に意味があることを伝えたいときに用いられることが多い．また，手話とは違い文字がわかる健聴者との簡単なやりとりにはこちらの方が早い．そのため手話の自動認識と同様に空書を自動認識できる環境が要求されるが，空書までサポートされた研究はあまりみられない．空書だけの研究としては LED ペンを利用した研究 [6]や Wii リモコンやセンサを用いた研究 [7]が行われている．また，カメラだけの非接触型の研究では複数のカメラを用いた手書き文字認識 [8]や空書ではないがデュアルカメラの Kinect を用いたジェスチャ認識 [9]が行われている．デュアルカメラは高価なものが多い中で，Kinect はプログラミングが行いやすくかつ比較的安価で手に入りやすいという利点があり，デュアルカメラを用いた研究の多くに利用されてきた．しかし，多くの研究で用いられていた Kinect は 2017 年 10 月に生産終了となり，新たなデュアルカメラを探す必要がでてきた．2020 年 3 月には Azure Kinect Development Kit が日本で発売されると報じられているが，こうした他のデュアルカメラを用い

た研究を行うとき，Kinect に代わる新しいデュアルカメラの基準に合わせた調整が必要になるため手間がかかってしまう．そのため本研究ではデュアルカメラより安価に導入が行える単眼カメラによる認識を行うこととする．また，手話や空書の検出・認識を行う際，赤外線センサや距離センサといった特別なセンサを準備しなくてはならないとなると，カメラ以外の余計なコストがかかるため，単眼カメラのみを用いた，できる限り非接触型に近い状態による開発を行うものとする．

本研究の目的は，深層学習を利用して，単眼カメラの前で書かれたひらがなによる空書を認識するための手法を開発し，手話の自動認識の範囲を拡張することである．

本研究で用いたひらがなは 50 音(ゐ，ゑを除く)，濁音・半濁音の 71 文字である．空書の検出・認識を行う上で課題として 3 つのことが挙げられる．（1）空書は空中文字ということもあり，どこからが書き出しであり，どこが書き終わりなのかの識別ができないこと，（2）一筆書きとなるため，線の切れ目（1 画目と 2 画目の間など）がわからないこと，（3）学習を行う上で，ひらがなによる空書のデータが存在しないため，用意しなくてはならないこと，である．

以下 2 章では，今までに行われてきた関連研究及び類似研究について述べる．3 章では提案システムの概要及び本研究で用いられる手法について述べる．4 章では，評価実験及び実験結果について述べる．5 章では，実験結果から得られた考察とエラー分析について述べる．6 章では，本研究をまとめ，今後の課題について述べる．

1.2 対外発表

藤本 一文, 長谷川 忍:“深層学習を用いた単眼カメラによる空書の自動認識”, 2019 年度教育システム情報学会北信越支部学生研究発表会，(2020 in press)

第2章 関連研究

2.1 概要

本章では本研究で行う空書の認識との関係から，手話の自動認識と空書認識もしくは類似した関連研究について述べる．

2.2 手話の自動認識

2.2.1 Light-HMM を用いた手法

橋本らの研究 [4]では Light-HMM を用いた認識を行うものであった．マルコフ過程（Markov Model）とは確率変数の系列モデルであり，各時刻の状態遷移確率分布がその直前の時刻の変数の値のみによって決まる確率過程である．隠れマルコフモデル（Hidden Markov Model（HMM））とは外部から直接観測することができない（隠れている）状態遷移をもつマルコフモデルのことである．HMM は音声認識や手話認識などの時系列データの認識に広く用いられている．Light-HMM では，特徴量の時系列データに低ランク近似することにより特徴的なフレームのみの抽出，後続処理の HMM の負荷を軽減する役割があった．

2.2.2 領域切り出し付き畳み込みニューラルネットワーク(R - CNN) を用いた手法

松田らの研究 [5]では手話動作分類をリカレント型畳み込みニューラルネットワーク（R-CNN）によって行った．畳み込みニューラルネットワーク（CNN）は多層のニューラルネットワークによる機械学習法である深層学習（Deep Learning）の中で，主に画像の学習を行うときに用いられる方法である．また，リカレントニューラルネットワーク（RNN）は与えられた時系列データから次に得られるだろうデータを予測するニューラルネットワークである．R-CNN はこれらの CNN と RNN を組みわせたものであり，CNN を動画のフレームで処理を行っていき，前ステップの出力を受け取ることで時系列的に RNN の処理を

行う. これにより, 手話の動作を分類することができるようになっている. だが, 空書を行っている様子の動画データは非常に少ないため，新しく集める必要がある.

2.3 空書認識

2.3.1 接触型による手法

ここで述べる接触型とは，カメラ以外のセンサや特別な設備を使ったものを指すとする. 空書の認識では空中で文字を書くことから 1.1 で述べた課題を解決する必要がある.

浅野らの研究 [6]では，指示デバイスとして LED ペンの ON/OFF を用いた手法で行われた．スイッチの ON/OFF によって書き始め・書き終わりの判定や文字の切れ目の判定が容易となっている．LED ペンの輝点から方向コードを求め, 輝点同士をつなぐことにより軌跡を検出している. 方向コードから輝点間の距離や角度を求めることにより方向ベクトルや書く速度を求めることが可能となっている．方向コード列の速度正規化を行うことにより個人差で変わる書くスピードの誤差をなくすことも行っている．識別にはこれらのコード列データを辞書データとして登録し，未知のコードと辞書データを比較する方式をとっていた.

杉本らの研究 [7]では，指示デバイスに Wii リモコンを用いていた．Wii リモコンには x，y，z の 3 軸の加速度センサが取り付けられており，そのうち x，z の 2 軸の加速度値を利用して筆記を検出していた．また，Wii リモコンには複数のボタンがあるため，ボタン配置によって LED ペンと同様に書き始め・書き終わりや文字の切れ目を再現していた．また文字の再現には LSDS 法，TRRS 法を利用した．LSDS 法は文字のそれぞれの線の長さを等しい長さに分割し，それらを 8 方向コードに量子化した上で辞書パターンと照合する方法であり，TRRS 法は文字のそれぞれの線の筆記時間の割合を 8 つに量子化し，辞書パターンと入力パターンを照合する方法である. これらを用いた辞書学習を行い，文字の識別を行っていた.

2.3.2 非接触型による手法

保呂らの研究 [8]では，複数のカメラを用いることより，視体積交差法による人物の立体検出を行った．これにより人の形状を復元し，腕や指先の検出を行う．そして空書が行われた際に指先の軌跡を見ることによって文字の検出を行う．書き始め・書き終わりに関しては，人物の立体検出により，立体形状全体の重心線から一定距離の場所に腕が出たときに判別する．文字の識別には事前に登録している文字の軌跡データとマッチングで照合し，識別を行う．

2.4 手書き文字認識

空書は空中に書く文字のことを指す．そのため類似研究として手書き文字認識が挙げられる．

パターンマッチングや統計により画像の領域から観測されたデータから結果を導出し，分類する方法がある．また，近年は機械学習の研究が進み，CNN を利用して画像や文字，音声認識を行う深層学習も注目されている．文字は傾きやサイズによって多種多様である．また，日本語はひらがなやカタカナ，漢字といった文字が多く，そのため類似文字も多く存在する．多種多様な文字への対応として，CNN は汎用性が高いが，学習するための膨大なデータセットを用意しなくてならないため，研究では公開データセットを用いることが多い．

第3章 提案手法

3.1 概要

本研究の流れを図 3.1 に示す．空書を行うとき，対面で見ることが多いため，本研究ではカメラを対象者の対面に設置し，ひらがなの空書の様子を画像で取得する．そして，その画像の中にある人から手の検出を行う．手の検出が行われなければ，そのまま次の画像へと移行していく．手の検出が行われたとき，その手の重心の座標を取得していく．取得された座標同士を繋ぐことにより，重心の軌跡線ができ，それがひらがなの空書の文字となる．できた文字は文字識別のために画像情報として識別器へと送られる．識別器には，CNN の ResNet50 でファインチューニングにより学習したものを用いる．

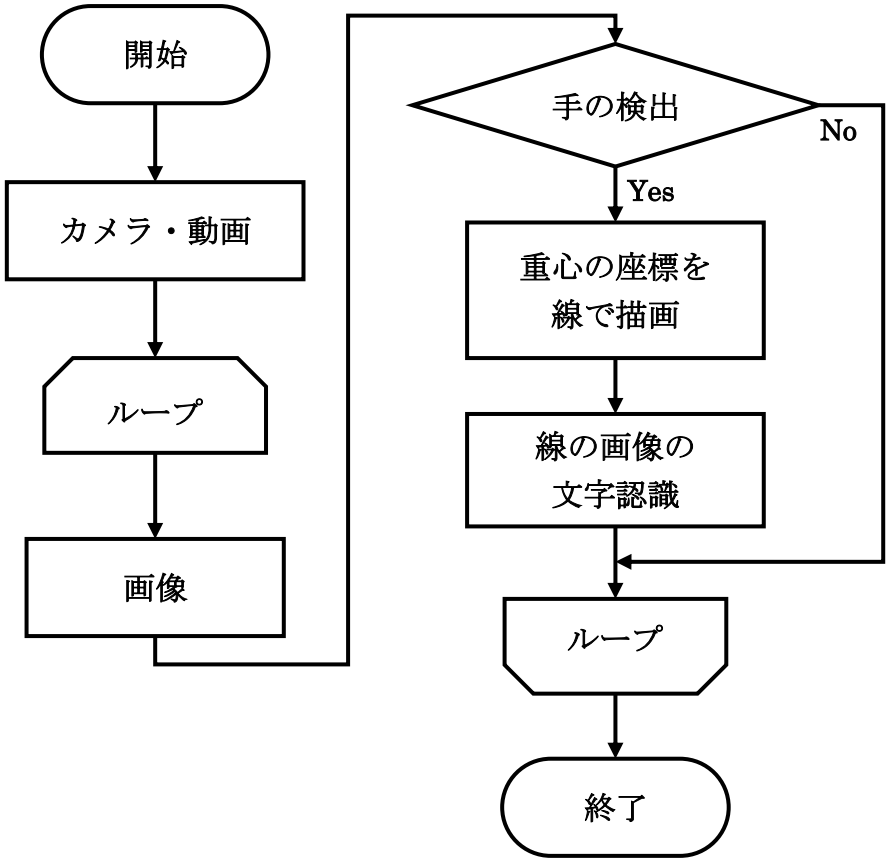

図 3.1　本研究のフローチャート

3.2 手の検出

本実験では，単眼カメラのみによる手の検出を行う必要があるため，被験者の手に色手袋を装着し，色抽出処理を行うことにより手の領域を検出した．検出時には，空書の動画データから得られた RGB 画像を用いる．まず，RGB 画像を HSV 画像へと変換する．HSV 画像へ変換することにより明るさに頑健になる．そして抽出される赤色の HSV の閾値を決める必要がある．閾値は予備実験により選定する．選定された HSV の閾値は表 3.1 に示す．Lower から Upper の範囲で抽出を行う．背景が白い場所での実験により被験者の色手袋の赤色の抽出を行っている．赤色手袋が検出されている様子を図 3.2 に示す．

表 3.1　HSV の閾値

	H	S	V
lower	170	150	0
upper	180	255	255

図 3.2　赤色手袋が検出される様子

3.3 線の描画

線の描画を行うためには手の位置を認識しなくてはならない．非接触型で挙げられる方法としては，赤外センサや距離センサといったセンサによる位置情報を得ることでその位置情報の移動により軌跡の描画が行える．本研究では，3.2 で求められた手の領域から重心の座標を求め，重心の軌跡の描画を行うこととする．

3.4 文字認識

空書では空中に書かれた文字を認識する必要がある．空書は人が直接書いているため手書き文字に酷似している．CNN による手書きの日本語認識については多くの研究 [10] [11]がされており，本研究では，空書と手書き文字が酷似していることに着目し，文字認識に CNN を用いる．

CNN の学習を行うためには，大量の訓練データが必要になる．大量の空書の動画・画像データを用意することは困難であると考えられるため，本実験では少ない学習データで学習が行えるファインチューニングを用いる．また，ファインチューニングを行うための学習モデルは ResNet50 を用いる．

学習データを用意するに際に，空書が手書き文字に酷似していることから本実験では空書の訓練データに追加して草書の文字データを用いた実験も検討する．

3.4.1 ResNet50

Residual Networks（ResNet）は，2015 年の ILSVRC でトップとなった Kaiming He らのネットワーク [12]である．一般的に，ある程度の多層ニューラルネットワークは層が少ないニューラルネットワークよりも精度が高くなるが，あまりに多くしすぎると勾配消失問題が発生し精度が悪化する．ディープラーニングの学習においては，各層ごとに活性化関数の微分を行い，勾配を計算することで重みを調整しているが，層を増やしすぎると微分の積が多くなりすぎて勾配が消えていくという問題がある．ResNet では通常のネットワークのように，何かしらの処理ブロックによる変換 F(x)を単純に次の層に渡していくのではなく，その処理ブロックへの入力 x をショートカットし，H(x)=F(x)+x を次の層に渡すことが行われている．このショートカットを含めた処理単位を residual モジュールと呼ぶ．ResNet では，ショートカットを通して，backpropagation 時に勾配が直接下層に伝わっていくことになり，非常に深いネットワークにおいても効率的に学習ができるようになった．

3.4.2 ファインチューニング（fine tuning）

ファインチューニングとは，既存のモデルの一部を再利用し，新しいモデルを構築する手法である．前半部分は画像の特徴の一般的なことを捉えているため再学習させる必要がない．後半の層になるほど，より具体的な特徴を捉えるようになっているため，最後のみを再学習させることで新しいクラスを識別できるようになる．公開されている多くの汎用モデルを使うことで，自分たち用のモデルを構築することができる．また，モデルを作る際には，1 クラスあたり数千〜数万の訓練データが必要になるが，ファインチューニングを用いると再学習に必要なデータは 1 クラスあたり数十〜数百の訓練データだけでモデルを作ることができるため，本研究のように用意できるデータが少ない場合には活用できると思われる．

3.4.1 手書き文字データセット

草書体は文字の書き方の一つである．流れるように書かれることの多い草書体は文字の切れ目が繋がっていることがある．そういった草書体を含めたひらがなの手書き文字の画像データセット [13]が公開されているため，本実験では訓練データに追加し，訓練データを補った学習も行う．

第4章 実験

4.1 実験目的

本研究では，3.1 で紹介したフローチャートに則り，実験を行っていく．実験に用いるため事前準備として空書の動画データを集める．動画データから文字認識のための学習データを集め，学習モデルを作成する．そしてひらがな一文字ずつの文字認識の評価を行う．

また，空書認識を行うためには前述した 3 つの課題があった．それらの課題への解決手法も述べていく．

4.2 実験データ収集

まず，空書の動画データを作るために被験者に 50 音(ゐ，ゑを除く)，濁音・半濁音の 71 文字の空書を行ってもらい，その様子を被験者の対面に設置したビデオカメラで撮影した．明るさや背景の条件を統一するために動画データの収集はすべて学内の 1 室で行った．また，識別の時に文字が混ざらないようにするために，1 文字ずつ順番に間隔をあけて書いてもらうようにした．動画データ収集の環境について図 4.1，収集できた動画データから取得した画像データを図 4.2 に示す．また，データ収集に用いたビデオカメラについては図 4.3，ビデオカメラの性能及び空書撮影時の設定については，それぞれ表 4.1，表 4.2 に示す．

空書を行う際，ビデオカメラの撮影している範囲内で行ってもらう必要があるため，本実験では，図 4.3 のようにビデオカメラのディスプレイを被験者側に向け，空書が画面内に収まっていることを確認してもらいながら収録を行った．また，被験者が 71 文字を書く上で，次にどの文字を書くべきかわからなくなることが懸念されたため，別のパネルもしくはディスプレイを用意し，そこに次に書くべき文字が表示されるようにした．これらの工夫によって被験者にあまり負荷を与えることなく，空書の動画データ収集を行うことができた．

収録時，被験者はカメラに向かって文字を書いているため，動画データ上では文字が反転した状態で収録されている．しかし，動画データの読み込みの時に反転して出力することで，文字画像は通常の向きで扱えるようにした．

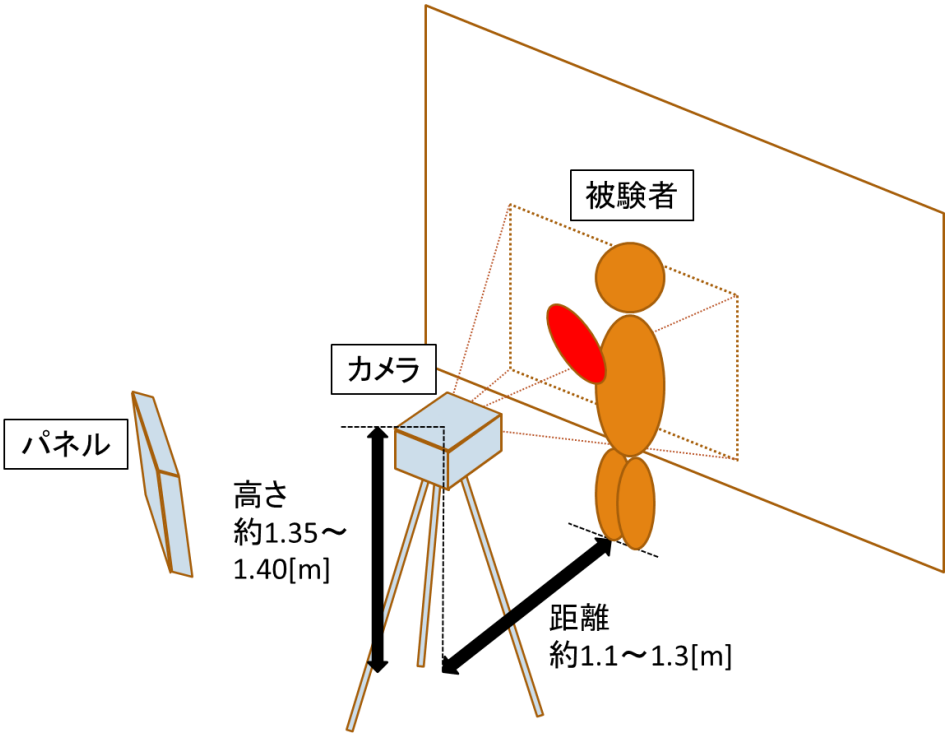

図 4.1　動画データ収集の環境

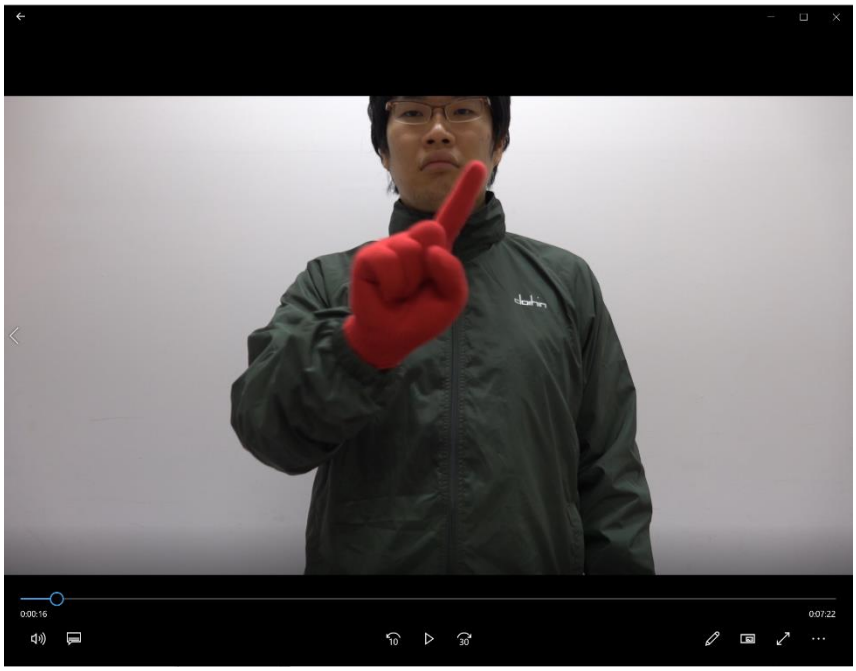

図 4.2　動画データの一部

図 4.3　ビデオカメラの外観

表 4.1　ビデオカメラの性能 [14]

カメラ	Sony,FDR-AX100
外形寸法	約81×83.5×196.5mm（幅×高さ×奥行き）
本体質量	約790g
電源電圧部	ACアダプター8.4V/バッテリー6.8V、7.3V
レンズ	F値／F2.8-4.5
最短撮影距離	約1cm(ワイド端)、約100cm(テレ端)

表 4.2　収集時のカメラ設定 [14]

撮影モード	XAVC S HD
動画ピクセル	1920✕1080（ピクセル）
動画フレームレート	30fps

4.3 空書の課題

空書の認識には 3 つの課題がある．本実験でそれらに対処するための方法を挙げていく．

4.3.1 書きはじめ・終わり

本手法では，単眼カメラの前で空書を行うため，文字の書きはじめ・書き終わりの検出が困難である．図 4.4 に書きはじめ・空書途中・書き終わりの流れを示

領域の特徴量が動画の範囲内で一定以上となるとき，文字の書きはじめと判断する．逆に一定以下となったときを書き終わりと設定する．ただし，このままでは特徴量に左右されやすいため非常に不安定である．そのため特徴量が一定以下となったとき，すぐに書き終わりにするのではなく 0.3 秒ほど時間を置き，その間に入力が行われなかったと判定された場合に書き終わりと設定する．これにより，誤検出や文字を書いている最中に文字が分裂することを防ぐ．また，動画内に文字を書く予定のない手の動きが混入すると，画像生成にノイズが入ってしまい，文字ではない画像が生成されることがある．文字認識を行う際に，支障をきたす恐れがあるため，画像を生成する段階で，画像サイズが条件に満たないものは除外されるようにした．また，空書途中に被験者の手が画面外に出てしまい，図 4.5 のように文字が分裂してしまうこともある．画面外に出た時間が短ければ継続して軌跡をつなぐことができるため問題はないが，画面外に出ている時間が長いと分裂してしまう．その分裂した文字に関しては本実験では学習データには加えない．

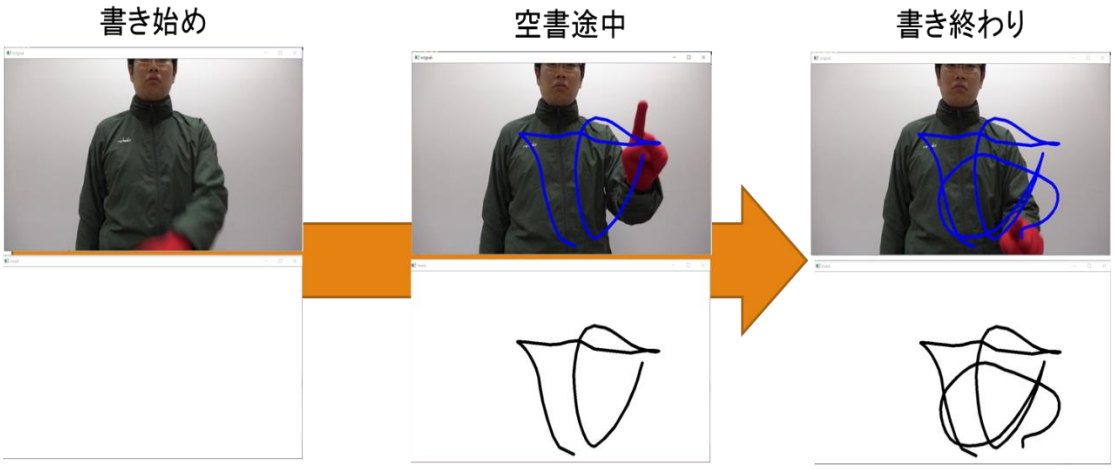

図 4.4　空書で「あ」を書く際の例

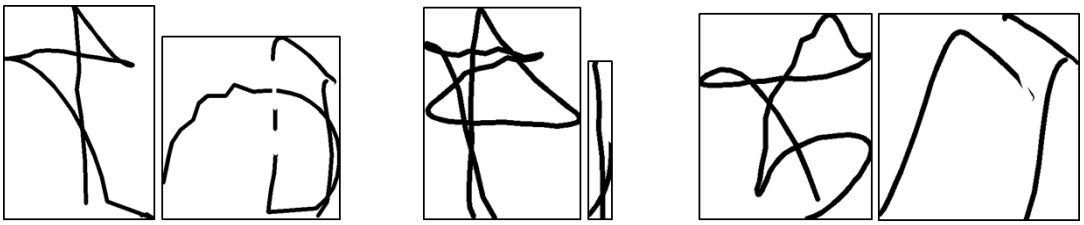

図 4.5　分離してしまった文字例(左：お，中央：も，右：ぢ)

4.3.2 線の切れ目

空書を行う際, 空中の文字は常に一筆書きとなってしまい, 文字の切れ目を判別することが困難である. 本実験では, 線の切れ目の再現として, 条件を設けた. 本実験で対象としているひらがなは基本的に上から下に向かって書いていく. ひらがなを図 4.6 にある一つのマス目に書く時，色のついている左上の領域内から書きはじめることがほとんどである. そしてそこから線を引き, 文字を書いていくのだが, 書いている最中に左上の領域に戻ることはほとんどない. そのため文字を書いている際に左上に向かう線を削除対象とすることで，線の切れ目を再現する.

線の軌跡は重心の座標の移動であらわされる．方向ベクトルを図 4.7 に示す. 左上に向かう線は重心の移動前の点P_{i-1}から移動先の点P_iの角度パラメータθ_iで求めることができる. 角度パラメータθ_iを求める方法として式(1)に示す. θ_iの範囲を(2)に示す. 条件として左上に向かう線であるため, 求められるθ_iの範囲は真上に向かうもので 90°，正面向かって真左に向かうもので 180° の範囲を条件とする.

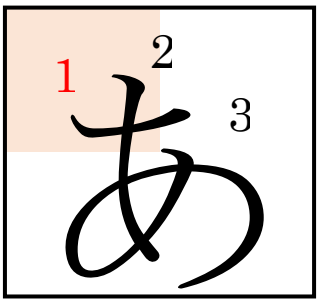

図 4.6　ひらがなの書き位置

これにより，できた文字を学習データとして用いる．図 4.8 に補正なしの画像データ，図 4.9 に上方向のベクトルの線を削除した補正ありの画像データを示す．文字の大きさは縦横の比率で大きく見えてしまっているが，文字自体はほぼ同じ大きさである．

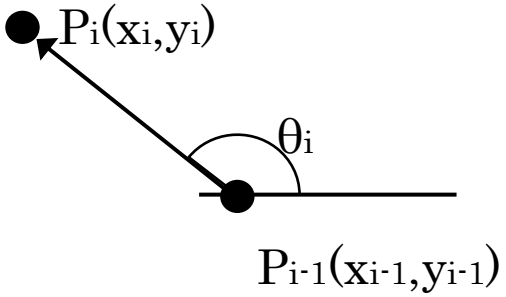

図 4.7　方向ベクトル

$$\theta_i = \tan^{-1}\left(\frac{y_i - y_{i-1}}{x_1 - x_{i-1}}\right) \qquad (1)$$

$$90 < \theta_i < 180 \qquad (2)$$

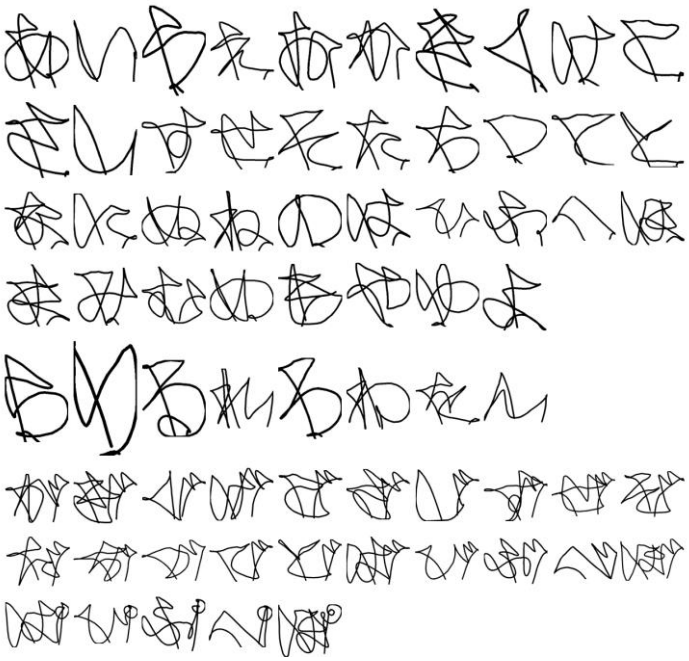

図 4.8　補正なし画像データ

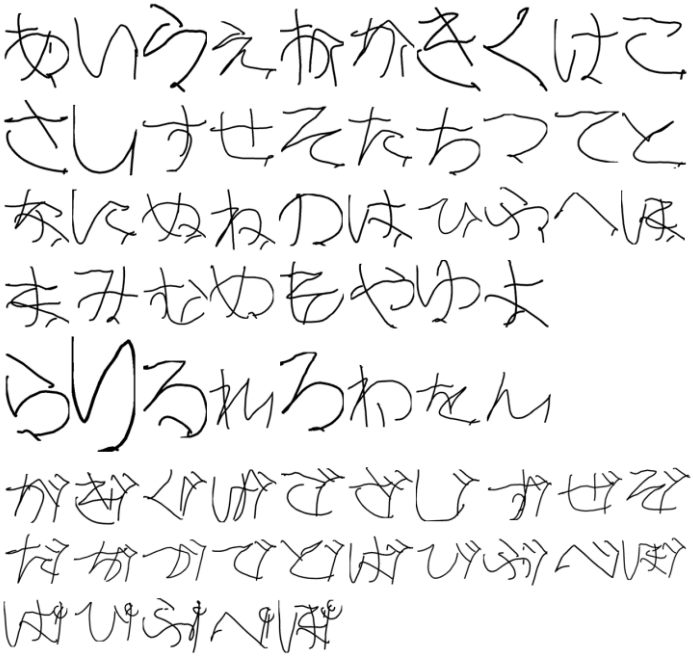

図 4.9　補正あり画像データ

4.3.3 データセット

ひらがなの空書を行っている動画・画像のデータセットを収集する必要がある．本実験では空書が行われている動画から空書の文字を画像データとして認識する．そのため 71 クラス分の文字画像を集めなければならない．29 人の被験者にビデオカメラの前で 71 文字を順番に書いてもらうことを 2 回行ってもらい，1 クラスあたり約 58 枚のデータを集めることができた．だが，学習を行う上では 1 クラスあたりのデータ数が少なく，認識精度の向上が見込まれないと思われるため，データ加工を行い，データ数を増やした．また，似たデータセットとして日本語ひらがなの手書き文字データセットを追加したものも作成した．

データ加工では，1 枚の画像を x，y，z 軸で左右に回転したものを用意した．x 軸，z 軸のものはそのまま回転させてしまうと画像が乱れることが多かったため，本実験ではアフィン変換による疑似回転したものを使用する．これにより元画像と合わせ 5 パターンの画像を作ることができる．さらにこれらの y 軸で左右に 10°ずつ回転をさせたものを用意することができるため，1 クラスあたり約 870 枚まで増やすことができた．x，z 軸で疑似回転した画像を図 4.10，y 軸回転させた画像を図 4.11 に示す．黒塗りされている部分は回転を見やすくした

ものであり，学習データとして使用する際には白色になっている．また各クラスのデータ数を表 4.3 に記す．

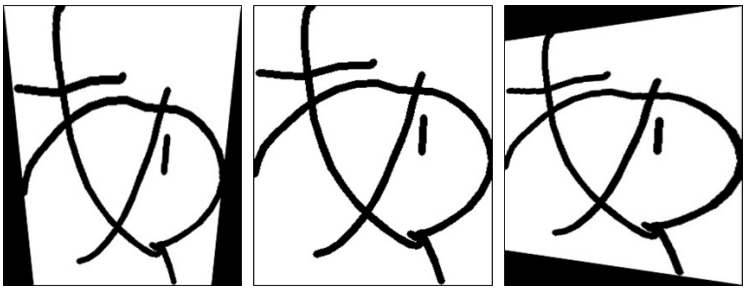

図 4.10　x 軸，z 軸で疑似回転させた画像例

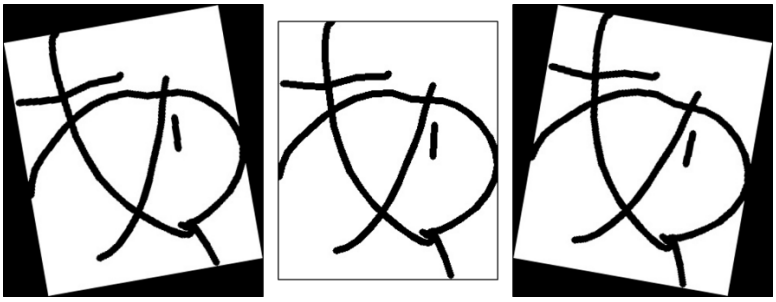

図 4.11　y 軸 10°ずつ回転させた画像例

表 4.3　作成した各クラスのデータ数(枚)

あ	840	さ	870	な	870	ま	870	ら	870
い	855	し	870	に	870	み	870	り	870
う	855	す	870	ぬ	870	む	840	る	870
え	870	せ	870	ね	870	め	870	れ	870
お	840	そ	870	の	870	も	870	ろ	870
か	855	た	870	は	870	や	870	わ	855
き	870	ち	870	ひ	870	ゆ	870	を	855
く	870	つ	870	ふ	870	よ	870	ん	855
け	870	て	870	へ	870				
こ	870	と	870	ほ	870				

が	870	だ	855
ぎ	855	ぢ	855
ぐ	870	づ	870
げ	870	で	870
ご	825	ど	870
ざ	870	ば	870
じ	855	び	870
ず	840	ぶ	870
ぜ	870	べ	870
ぞ	840	ぼ	870

ぱ	870
ぴ	870
ぷ	855
ぺ	855
ぽ	870

4.4 学習トレーニング

比較を行うために作成する学習モデルを表 4.4, 学習を行う際にひらがなにつけたラベル番号を表 4.5 に示す．訓練データとテストデータの比率は学習データの 2 割をテストデータに使用している．

表 4.4 の 1 番目は線の切れ目の再現を行っていない補正なしのデータでモデルを作成する. 2 番目は上に向かう線を削除した補正ありのデータでモデルを作成する．3 番目以降は補正ありデータに，手書き文字データを追加した学習モデルとなっている．空書データに影響が出ない範囲で手書き文字データを入れなければならないため，3，4，5 では手書き文字データの量を変えて実験を行う．また，5 番目においては，手書き文字データで 50 音（ゐ，ゑを除く）部分のみの加算となっている．これは，50 音と濁音，半濁音で追加データにより影響があるのかの評価を行うためである．

学習モデルを作成するための学習では, 学習データの量が少ないため, ファインチューニングを用いた学習を行う．使用する学習済みモデルは ResNet50 を利用する．これらで学習する際の設定したハイパーパラメータは，batchsize = 128 ，max_epoch =40 で行った．図 4.12 に示すように epoch 数が 33 付近で収束しているため，問題はないと思われる．学習時間はどれも 1 時間程度で終了した．学習に使用した PC の性能について表 4.5 に示す．また，使用したフレーA ムワークや開発言語などの学習環境について表 4.6 に示す．

表 4.4　作成した学習モデル

	学習モデル	訓練データ数（枚）	テストデータ数（枚）	実験データ数（枚）
1	補正なし	49116	12279	710
2	補正あり	49116	12279	710
3	補正あり＋手書き文字データ(各クラス+75枚)	53376	13344	710
4	補正あり＋手書き文字データ(各クラス+100枚)	54796	13699	710
5	補正あり＋手書き文字データ(4のデータに50音のみさらに各クラス+100枚)	58476	14619	710

表 4.5　各クラスのラベル番号

0	あ	10	さ	20	な	30	ま	38	ら	46	が	56	だ	66	ぱ
1	い	11	し	21	に	31	み	39	り	47	ぎ	57	ぢ	67	ぴ
2	う	12	す	22	ぬ	32	む	40	る	48	ぐ	58	づ	68	ぷ
3	え	13	せ	23	ね	33	め	41	れ	49	げ	59	で	69	ぺ
4	お	14	そ	24	の	34	も	42	ろ	50	ご	60	ど	70	ぽ
5	か	15	た	25	は	35	や	43	わ	51	ざ	61	ば		
6	き	16	ち	26	ひ	36	ゆ	44	を	52	じ	62	び		
7	く	17	つ	27	ふ	37	よ	45	ん	53	ず	63	ぶ		
8	け	18	て	28	へ					54	ぜ	64	べ		
9	こ	19	と	29	ほ					55	ぞ	65	ぼ		

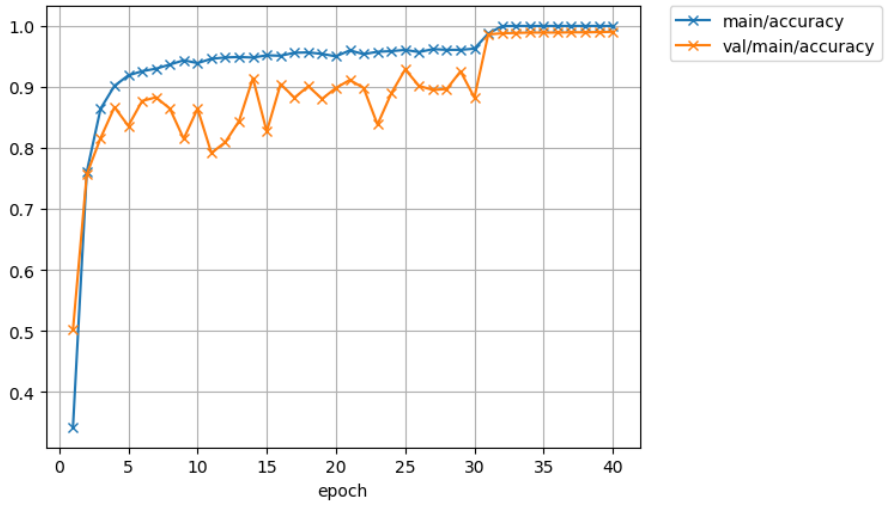

図 4.12　学習推移の収束の様子

表 4.6　学習に使用した PC の性能表

OS	Windows 10
メモリ	64.0 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i9-9900K CPU @3.60GHz (8 core)
GPU	NVIDIA RTX 2080

表 4.7　学習環境

フレームワーク	Chainer 6.5.0
開発言語	Python 3.7.3
開発環境	Visual Sutadio 2019

また，本実験ではデータ数の少ない学習を行うため，訓練用データとテスト用データによって認識精度の偏りが起こる可能性がある．そのためそれぞれの学習モデルに対して，交差検証（Cross Validation）を行う．これにより，平均を求めることよって汎化性能のある結果が求められる．

4.4.1 交差検証（Cross Validation）

交差検証（Cross Validation）とは，機械学習のモデルが本当に実用的であるかの検証をするために最も利用されている評価方法の一つである．交差検証にもいくつか種類があるが，本実験で用いたものは K 分割交差検証と呼ばれるものである．

K 分割交差検証について図 4.13 に示す．K 分割交差検証とは，まず機械学習を行うために用意された学習データを K 個に分割する．そのうち 1 つをテストデータとして使用する．図 4.13 の①の部分をテストデータとしたとき，残りのデータを訓練データとして学習し，モデルを作成する．次に，分割した②の部分をテストデータとして使用し，先ほどテストデータだった①を訓練データの方へ追加して学習モデルを作成する．これを繰り返していくと K 個分割した場合には K 回の学習結果が求められ，それらの平均が評価結果として求められる．

すべてのデータが訓練データとして利用され，平均化されることにより良い汎化性能の結果を得ることができる．

本研究では，学習データの 2 割をテストデータとしているため，5 分割交差検証を行うこととする．

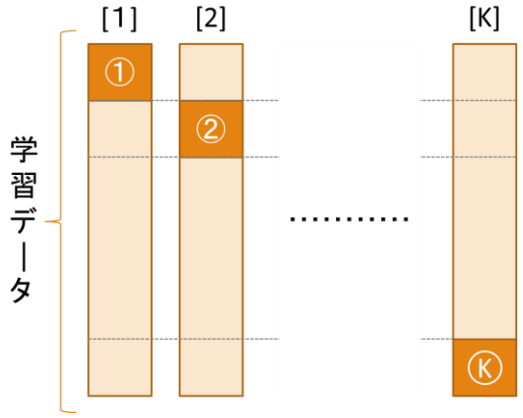

図 4.13　K 分割交差検証

4.5 実験方法

実験では，作成した学習モデルに対して実験用の動画データを用いてひらがなの認識精度の評価実験を行う．評価実験では，学習データで集めた 29 人とは別の 5 人の被験者に 2 回ずつ 50 音（ゐ，ゑを除く）と濁音・半濁音のひらがな 71 文字の空書を行ってもらう．それら 10 回分のデータから被験者ごとの認識精度や文字ごとの認識精度を調べる．認識精度を調べる方法として，被験者ごとの認識精度は 71 文字を通した識別率を求める．クラスごとの認識精度はそれぞれのクラスで 10 回行った識別のうち誤検出された回数から求める．どちらの認識精度も求める際には(3)式で求める．

$$\text{識別率} = \frac{\text{識別回数}}{\text{識別回数} + \text{誤検出}} \qquad (3)$$

4.6 実験結果

実験結果では，5 人の人物に 2 回ずつ書いてもらっているため 10 回分の認識結果が導き出される．また，5 分割交差検証を行ったことにより，同じ学習データで 5 つのモデルを作成し，実験を行った．そのため，1 つの学習データを用いた実験では合計 50 回中の識別率を求めることができる．学習を行う際に，それぞれのひらがに割り振ったラベルを表に示す．モデルごとの 71 文字通した識別率を表 4.8, それぞれのひらがなを 50 回書いたうちの正誤の数を表 4.9 に示す．表 4.8 では answer が正しく書かれた数，miss が間違えた数，Ave.が識別率を表している．また，表 4.9 では緑色の部分は間違えた回数が 1 回から 4 回のもの，赤色の部分は 5 回以上間違えた部分となっている．

これらの結果からこの手法により，空書の認識を行うことができた．補正なしの学習モデル 1 では，96.7[%]という識別率があった．補正を加えていくと，少しずつ間違えた回数は減っていき，補正を加えた学習モデル 2 では 97.7[%]，手書き文字データを加えていった学習モデル 3〜5 では 98.1[%]という識別率があった．

また，学習モデルごとで 5 分割交差検証を行った識別結果の詳細については付録 A の方にある．

表 4.8　各モデルの識別率

	model				
	1	2	3	4	5
Answer	3434	3468	3482	3483	3483
Miss	116	82	68	67	67
Ave.	0.967	0.977	0.981	0.981	0.981

表 4.9　クラスごとの識別回数

class		model				
		1	2	3	4	5
0	あ	45	47	48	48	49
1	い	45	46	47	45	50
2	う	47	47	47	48	48
3	え	50	50	50	50	50
4	お	44	45	48	47	47
5	か	50	50	50	50	50
6	き	50	50	50	50	50
7	く	50	50	50	50	50
8	け	49	50	50	49	49
9	こ	50	50	50	50	50
10	さ	49	50	49	50	50
11	し	50	50	50	50	50
12	す	50	50	50	50	50
13	せ	50	50	50	50	50
14	そ	49	50	48	49	49
15	た	50	50	50	50	50
16	ち	50	50	50	50	49
17	つ	50	50	50	50	50
18	て	50	50	49	50	47
19	と	50	49	47	48	50
20	な	49	50	50	50	50
21	に	50	50	50	50	50
22	ぬ	49	50	50	49	50
23	ね	49	50	50	50	50
24	の	50	50	50	50	50
25	は	49	50	50	50	50
26	ひ	50	49	50	50	50
27	ふ	50	50	50	50	50
28	へ	50	50	50	50	50
29	ほ	50	50	50	50	50
30	ま	50	47	49	48	48
31	み	50	50	50	50	50
32	む	46	48	50	49	50
33	め	50	49	50	50	49
34	も	50	49	47	49	49
35	や	50	50	50	49	50

36	ゆ	49	50	50	50	50
37	よ	46	50	50	50	50
38	ら	49	49	48	50	50
39	り	50	50	50	50	50
40	る	50	50	49	50	50
41	れ	50	50	50	50	50
42	ろ	50	50	50	50	48
43	わ	50	50	50	50	50
44	を	50	50	50	50	50
45	ん	50	50	50	50	50
46	が	50	50	50	50	50
47	ぎ	49	50	50	50	50
48	ぐ	50	50	50	50	50
49	げ	49	50	50	50	50
50	ご	50	50	50	50	50
51	ざ	48	46	49	50	46
52	じ	50	49	50	50	50
53	ず	48	49	49	50	48
54	ぜ	49	50	50	50	49
55	ぞ	49	50	50	49	49
56	だ	50	50	50	50	50
57	ぢ	49	48	50	49	50
58	づ	46	50	50	50	50
59	で	45	47	43	45	44
60	ど	45	46	44	46	48
61	ば	50	50	50	50	50
62	び	36	47	47	45	46
63	ぶ	45	46	47	45	46
64	べ	42	50	50	50	49
65	ぼ	39	46	47	48	47
66	ぱ	46	45	49	49	49
67	ぴ	48	42	48	46	48
68	ぷ	41	39	40	41	38
69	ぺ	50	49	50	50	50
70	ぽ	46	44	43	42	44

第5章 エラー分析と考察

5.1 概要

本章では，4 章で得られた実験結果の内容について考察を行っていく．誤認が起きた箇所やモデルごとの識別率などを比べたエラー分析，考察を行う．

5.2 データ整理

実験結果からデータ整理を行った．表 4.9 を見ると誤認が集中していることがわかる．モデルごとの 50 音のみの識別率を表 5.1，濁音・半濁音の識別率を表 5.2 に示す．50 音ではモデルごとの識別率はあまり差がなく，98.4~99.2[%]という認識精度であった．濁音・半濁音では 93.6~96.1[%]にまで落ち，50 音と比べると認識精度は悪かった．誤認を起こしたひらがなの回数内訳を表 5.3 に示す．

表 5.1　50 音の識別率

	model				
	1	2	3	4	5
Answer	2264	2275	2276	2278	2282
Miss	36	25	24	22	18
Ave.	0.984	0.989	0.990	0.990	0.992

表 5.2　濁音・半濁音の識別率

	model				
	1	2	3	4	5
Answer	1170	1193	1206	1205	1201
Miss	80	57	44	45	49
Ave.	0.936	0.954	0.965	0.964	0.961

表 5.3　誤認が起きたひらがなの回数内訳

class		誤認	model					total
			1	2	3	4	5	(class)
0	あ	お	2					2
		め	3	3	2	2	1	11
1	い	へ		4	2	4		10
		り	5		1	1		7
2	う	ら	3	3	3	2	2	13
4	お	あ	1					1
		か		4	2	3	2	11
		み	1					1
		む	3					3
		め	1					1
		づ		1			1	2
8	け	り	1			1	1	3
10	さ	き	1		1			2
14	そ	き	1					1
		て				1	1	2
		と			2			2
16	ち	ら					1	1
18	て	こ			1		3	4
19	と	に		1	3	2		6
20	な	を	1					1
22	ぬ	め	1			1		2
23	ね	れ	1					1
25	は	に	1					1
26	ひ	ぴ		1				1
30	ま	よ		3	1	2	2	8
32	む	か	4					4
		ね				1		1
		ひ		2				2
33	め	の		1				1
		や					1	1
34	も	き		1				1
		さ			1			1
		そ			1			1
		た			1	1		2
		ら					1	1
35	や	め				1		1
36	ゆ	り	1					1
37	よ	さ	2					2
		ふ	1					1
		む	1					1

38	ら	ゆ	1	1	2			4
40	る	ろ			1			1
42	ろ	う					1	1
		え					1	1
47	ぎ	ぞ	1					1
49	げ	ば	1					1
51	ざ	ご	2	4	1		4	11
52	じ	い		1				1
53	ず	あ	1					1
		が	1	1	1		2	5
54	ぜ	す	1				1	2
55	ぞ	ぎ				1	1	2
		だ	1					1
57	ぢ	お		1				1
		か		1				1
		が	1			1		2
58	づ	ひ	1					1
		ど	2					2
		ぴ	1					1
59	で	ひ		3	2	4	4	13
		び	5		5	1	2	13
60	ど	ご	5	4	5	4	1	19
		ぜ					1	1
		で			1			1
62	び	ひ	3	1	3	4	4	15
		で				1		1
		ぴ	11	2				13
63	ぶ	ふ	2	4	3	5	4	18
		ぷ	3					3
64	べ	ぺ	8				1	9
65	ぼ	ほ			1	1		2
		ば	2	4			2	8
		ぽ	9		2	1	1	13
66	ぱ	ば	4	5	1	1	1	12
67	ぴ	び	2	8	2	4	2	18
68	ぷ	ぶ	9	11	10	9	12	51
69	ぺ	べ		1				1
70	ぽ	ぼ	4	6	7	8	6	31
total(model)			116	82	68	67	67	400

5.3 エラー分析

表 5.3 からモデルごとの間違えたひらがなの内訳を確認していく．補正を行わなかった場合と行った場合とを比較し，分析を行う．表ではそれぞれのクラスにおいて同じ誤認が 5 回以上起きた箇所は黄色，各モデルの誤認の合計で 5 回以上の箇所は赤色で示している．複数回の誤認が起きている箇所は，同じ被験者の同じ文字が 5 分割交差検証によって生成された各モデルで同じ誤認を起こすことが多くあった．複数人の被験者らが誤認を起こす文字は少なかった．そこで，ここでは各モデルの誤認の合計が 5 回以上で赤色になっている箇所のいくつかの分析を行う．

5.3.1 「あ」，「お」について

「あ」のひらがなでは，実験を通して「お」，「め」という誤認を起こした．誤認が起きた文字の補正なしと補正ありの文字を図 5.1，図 5.2 に示す．補正がかけられていないときは，「お」と「め」の複数の誤認が起きていたが，補正をかけた後は「お」の誤認はみられなかった．上方向の線を消した効果はあったと思われる．だが，「め」の誤認は補正をかけた後は多少減少したものの誤認がみられた．誤認を起こした理由としては，「あ」の 1 画目と 2 画目の線が 3 画目の線と比べ短く，全体的に「め」と誤認が起きやすいと思われる．

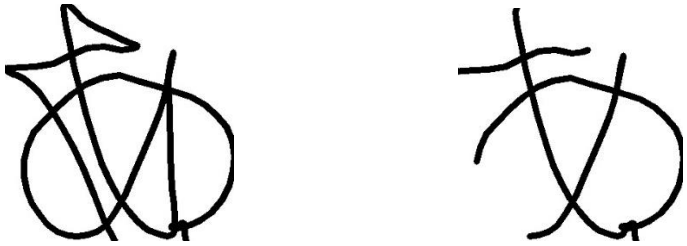

図 5.1　「お」と誤認した「あ」（左：補正なし，右：補正あり）

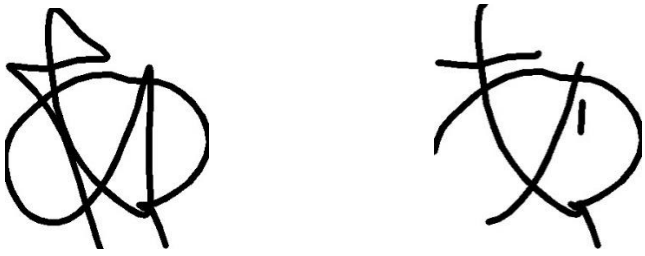

図 5.2　「め」と誤認した「あ」（左：補正なし，右：補正あり）

「お」のひらがなでは，補正なしの学習データでは様々なひらがなと誤認を起こしていた．補正をかけた後は「か」と誤認するケースが多くみられた．2 人の被験者の「お」が「か」と誤認されることが多くあった．補正をかけた後に誤認が起きた 2 種類の「お」のひらがなを図 5.3 に示す．上方向の線を消すことにより 2 画目の線が少し消えてしまい，線が少し分割された．3 画目にあたる左上の位置に点があるなど「お」と「か」には類似している箇所が多く，消すべき線と消してはいけない線の区別をつけなければならない．手書き文字を学習データに加えてからのモデルは補正のみのモデルよりは認識精度は良くなっていた．

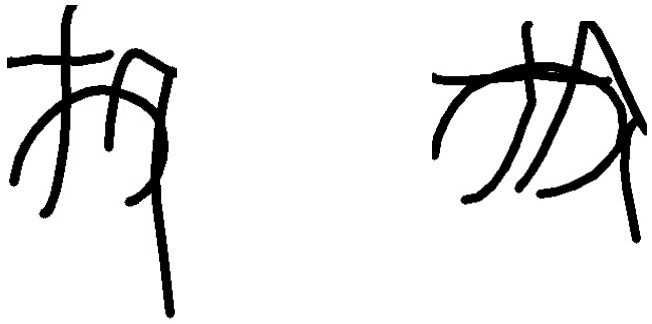

図 5.3　「か」と誤認した「お」

5.3.2 「い」について

「い」のひらがなでは, 補正なしの状態の時, 2 人の被験者らのひらがなが「り」と誤認された．補正をかけた後や手書き文字データを追加したモデルでは 2 人の「い」は誤認を起こすことが少なくなり，精度は良くなった．上方向の余分な線がノイズとなり, 精度を落としていたと思われる. 誤認が起きた文字の補正なしと補正ありの文字を図 5.4 に示す.

図 5.4　「り」と誤認した「い」（左：補正なし，右：補正あり）

補正をかけた後,「へ」と誤認する比率が高くなったのは, 被験者の 1 人の「い」が横に長くなってしまっていたため, 補正をかけた後は「へ」に見えるようになってしまった. 誤認が起きた文字の補正なしと補正ありの文字を図 5.5 に示す.

図 5.5 「へ」と誤認した「い」(左：補正なし，右：補正あり)

5.3.3 濁音・半濁音について

濁音・半濁音は全体的に 50 音と比べると識別率が低かった. 濁音・半濁音の 25 文字は 50 に濁点・半濁点がついているかで識別しなくてはならない. また, 画数が多くなるため, 手を動かす箇所が多くなり, 軌跡が長くなる. そのため, 余分な線が多く含まれノイズが生まれやすくなる. 特に「は行」,「ば行」,「ぱ行」は濁点・半濁点の有無に加え, さらに濁点・半濁点の区別も行わなければならないため, 識別が困難であった. 表 5.3 からもわかる通り,「は行」,「ば行」,「ぱ行」はそれぞれで同じような文字の誤認を起こしている. 特に「ぷ」や「ぽ」は画数が多いひらがなであり, 誤認した回数が最も多かった. 濁点や半濁点を書いたとき, 書き方によっては点や丸の上を横断してしまっている. 誤認が起きた文字の補正なしと補正ありの文字を図 5.6, 図 5.7 に示す.

図 5.6 「ぶ」と誤認した「ぷ」(左：補正なし，右：補正あり)

図 5.7　「ぼ」と誤認した「ぽ」（上：補正なし，下：補正あり）

5.4 考察

71 文字すべての認識精度で見たとき，補正をかけなかったものより補正を加えた場合や手書き文字データを追加した場合で認識精度は良くなっていた．だが，別の酷似したひらがなや画数が多いひらがなだけ見たとき，書き方によって認識精度はあまりよくなっていなかった．補正を加えたモデルでも認識精度がよくないときは手書き文字データを加えたモデルも認識精度は良くなっていなかった．これはデータ加工を加えたとはいえ，元の画像の量が少なかったためのデータ不足の恐れがあると思われる．また，補正を加えたことによって認識精度が落ちたひらがなもあった．これは上方向の線を消すということによって不必要な線と必要な線の判別が行えていないため，識別に必要な線まで消してしまっていると思われる．不必要な線と必要な線の判別を行える方法を検討する必要がある．また，濁音・半濁音を 50 音と一緒の識別器で行うのではなく別の識別器で認識する方法も考えられる．

第6章 おわりに

6.1 結論

本研究では，深層学習を利用して単眼カメラの前で書かれたひらがなによる空書を認識するための手法を開発し，手話の自動認識の範囲を拡張することを目的とした．

実験では，50 音（ゐ，ゑを除く）と濁音・半濁音の 71 文字のひらがなを 1 文字ずつ 5 人の被験者に 2 回書いてもらい識別を行った．検証方法には 5 分割交差検証を用いて検証を行った．学習データは 29 人分のデータを集め，補正なしのものと補正を加えたもの，手書き文字データを追加したものの 5 種類を用意した．71 文字のひらがなを識別させたとき，補正なしのものは 96[%]，補正ありのものは 97[%]の識別率が導き出された．また，手書き文字データを追加したものは 98[%]の識別率となり，効果があることがわかった．

だが，エラー分析を行った結果，識別できるものと識別できていないものの差があることがわかった．酷似したひらがな同士や濁音・半濁音のような画数が多いひらがなは書き方によって誤認することが多いと分かった．

上方向の線を消すという補正以外にも，軌跡の余分な線を判別することができればより識別精度の向上が見込まれる．

6.2 今後の課題

本研究において，まだまだ足りないと思われることが多く見つかった．今後の課題として，空書の課題と交えて見つかった問題を挙げていく．

- 書きはじめ・書き終わりの課題

  本実験では，書きはじめ・書き終わりを色手袋の特徴量で設定していた．そのため画面の中に入ったと同時に線の描画が行われ，逆に画面の外に出ない限り線の描画は続くということであった．これでは文字の始点・終点以外の線が多く含まれる．特定の手の形や動きをしたときに，書きはじめ・書き終わりを認識できることができれば，画面内の余分な線を少なくすることが

できると思われる．また，手の自動認識を行うことが可能となれば，色手袋を用いる必要もなくなるため，非接触型の空書認識ができるようになると思われる．

また，本実験では，求められた手の特徴量から重心を求め，その重心の軌跡によって文字を再現していた．被験者らの中には指先で文字を書いているイメージで書いている人が多くいた．そのため自分が思っている通りの字になっていないことや乱れることが多かった．これは学習データにも影響することがあるため指先の認識も行えた方がいいと思われる．

- 線の切れ目の課題

  本実験では，線の切れ目として，左上に向かうベクトルの線を削除することを行った．これによって人の目から見たら非常に見やすくなった．全体的な識別率も上がった．だが，機械が文字を識別するのに必要な部分の線も消してしまっており，誤認を起こす元にもなってしまった．そのため，上方向の線を消す以外の線の切れ目を考えなくてはならないと思われる．

  手の位置座標から文字を書く際に通らない位置や場所を特定することができれば除外する線がわかりやすくなる．反辞書確率モデルを用いた場合，重心の座標を取得しているため，座標の流れから異常を見つけることができると思われる．

- データ不足の課題

  本実験では，CNN による空書文字の識別を行った．画像による識別のため，手書きの文字と酷似していると考えられた．そのため手書き文字データの追加を行い，データ量を補うことも行った．結果的には識別率はわずかに上がっていたため，効果はあると思われる．文字の形がもっとはっきりすることができれば，より効果が出るかもしれない．

  また，空書の動画データをより集めることができれば，画像による CNN ではなく，動きを含めた動画による R-CNN による認識もできると思われる．

謝辞

本研究に際して，多大なご指導ご鞭撻いただきました長谷川忍准教授に深く感謝します．また，本研究を進めるにあたり，様々な助言を頂きました長谷川研究室の皆様，実験時に被験者を快く引き受けてくださった皆様に深く感謝します．最後に，これまでの大学生活・研究活動を暖かく見守り，支え続けてくださった両親，家族に深く感謝します．

参考文献

[1] 手話通訳等を行う者の派遣その他の聴覚，言語機能，音声機能その他の障害のため意思疎通を図ることに支障がある障害者等に対する支援の在り方について - 厚生労働省，https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000096735.pdf，アクセス：2020/1/16.

[2] 盲ろう者に関する実態調査　報告書 - 厚生労働省，https://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/shougaishahukushi/cyousajigyou/sougoufukushi/dl/h24_seikabutsu-02a.pdf，アクセス：2020/1/16.

[3] 新しい手話の動画サイト，https://www.newsigns.jp/　，アクセス：2020/1/16.

[4] 橋村佳祐，齊藤剛史，“Light-HMM を用いた手話認識，”電気関係学会九州支部連合大会講演論文集，p. 511，2015.

[5] 松田啓佑，飯塚博幸，山本雅人，“手話動作分類における RCNN モデルの性能評価と内部状態解析，”人工知能学会全国大会論文集，pp. 1-4，2018.

[6] 浅野敏郎，宮田明，本田幸生，“空中文字ジェスチャを用いた視覚インタフェース，”精密工学会誌，pp. 333-337，2011.

[7] 杉本真佐樹，中井一文，江崎修央，清田公保，“Wii リモコンを用いた目本語文章の入力方法，”映像情報メディア学会技術報告，pp. 59-62，2011.

[8] 保呂毅，稲葉雅幸，“複数カメラを用いた手書き文字認識システム，”第 14 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ，2006.

[9] 熊澤遼，渡辺亮，“Kinect を用いた NUI システムの構築～ジェスチャと指先本数認識を利用した TV の操作～，”自動制御連合講演会講演論文集，pp. 26-28，2016.

[10] 秦優哉, 小森一誠, 川名晴也 , 大枝真一, “CNN のアンサンブル学習による文字認識の正誤判定評価,” 第 80 回全国大会講演論文集, pp. 707-708, 2018.

[11] 紙徳直生, 伊藤大喜, 多田晃己, 孟林 , 山崎勝弘, “深層学習を用いた甲骨文字認識,” 第 80 回全国大会講演論文集, pp. 513-514, 2018.

[12] K. He, X. Zhang, S. Ren , J. Sun, “Deep Residual Learning for Image Recognition,” arXiv:1512.03385, 2015.

[13] 文字画像データセット(平仮名 73 文字版)を試験公開しました, https://lab.ndl.go.jp/cms/hiragana73, アクセス：2020/1/16.

[14] FDR-AX100 主な仕様 | デジタルビデオカメラ　ソニーストア, https://www.sony.jp/handycam/products/FDR-AX100/spec.html, アクセス：2020/1/23.

付録 A　評価実験詳細

ここでは，4 章で行った実験結果の詳細を記す．表 A.1 に評価実験詳細に関することをまとめる．それぞれのモデルで 5 分割交差検証を行っているため，モデルごとに 5 つの結果がある．また，判別しやすいように詳細の表では誤認した箇所を赤色に変えている．

表 A.1　評価実験詳細の表番号

学習モデル	表番号
1	表A.2～表A.6
2	表A.7～表A.11
3	表A.12～表A.16
4	表A.17～表A.22
5	表A.23～表A.27

表 A.2 学習モデル１の１回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	4	0	0	0	0	0.8
い	1	1	1	1	1	1	1	39	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	38	2	2	2	2	2	2	0.9
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	33	4	4	4	4	4	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	33	22	22	22	22	0.9
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	5	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0.9
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	27	37	37	37	37	37	37	0.9
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	50	51	0.9
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	0	53	53	53	53	53	53	0.9
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	26	58	58	58	58	58	58	58	0.9
で	59	59	59	59	62	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	67	67	62	62	62	62	62	26	0.7
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1
べ	64	64	64	69	69	64	64	64	64	69	64	0.7
ぼ	65	65	65	70	65	65	65	65	65	65	65	0.9
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	68	68	68	68	0.9
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1
answer		69	70	67	63	70	69	70	71	69	70	688
miss		2	1	4	8	1	2	1	0	2	1	22
Ave		0.972	0.986	0.944	0.887	0.986	0.972	0.986	1.000	0.972	0.986	0.969

表 A.3　学習モデル１の２回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0.9
い	1	1	1	1	39	1	1	39	1	1	1	0.8
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	31	4	4	4	4	32	4	4	4	0.8
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	5	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0.9
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	32	37	37	37	37	37	37	0.9
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	61	49	49	49	0.9
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	50	51	0.9
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	46	53	53	53	0.9
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	60	58	58	58	58	58	58	58	0.9
で	59	59	59	59	62	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	67	67	62	62	62	62	62	26	0.7
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	68	0.9
べ	64	64	64	69	64	64	64	64	64	64	64	0.9
ぼ	65	65	65	70	70	65	65	65	65	65	65	0.8
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	62	67	67	67	62	67	67	0.8
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	63	68	68	68	0.7
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぼ	70	70	70	70	70	70	70	70	70	65	70	0.9
answer		69	70	66	64	70	71	66	70	69	69	684
miss		2	1	5	7	1	0	5	1	2	2	26
Ave		0.972	0.986	0.930	0.901	0.986	1.000	0.930	0.986	0.972	0.972	0.963

表 A.4　学習モデル１の３回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	39	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	5	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0.9
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	39	36	36	36	36	36	36	36	0.9
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	36	38	38	38	0.9
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	56	55	55	55	55	0.9
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	60	58	58	58	58	58	58	58	0.9
で	59	59	59	59	62	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	67	62	62	62	62	62	26	0.8
ぶ	63	63	63	63	68	63	63	63	63	63	27	0.8
べ	64	64	64	64	69	64	64	64	64	64	64	0.9
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	61	65	70	0.8
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	68	68	68	68	0.9
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		69	71	68	66	71	70	68	70	71	68	692
miss		2	0	3	5	0	1	3	1	0	3	18
Ave		0.972	1.000	0.958	0.930	1.000	0.986	0.958	0.986	1.000	0.958	0.975

表 A.5　学習モデル１の４回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	2	38	2	2	2	2	2	2	0.9
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	32	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	6	14	14	0.9
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	44	20	20	20	20	20	20	0.9
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	41	23	23	23	23	23	23	0.9
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	21	25	25	25	25	25	25	0.9
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	5	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0.9
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	10	37	37	37	37	37	37	0.9
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	67	58	58	58	58	58	58	58	0.9
で	59	59	59	59	62	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	67	67	62	62	62	62	62	67	0.7
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1
べ	64	64	64	69	69	64	64	64	64	64	64	0.8
ぼ	65	65	65	70	70	65	65	61	65	65	65	0.7
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	61	0.8
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	68	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1
answer		69	71	66	60	71	71	69	70	71	69	687
miss		2	0	5	11	0	0	2	1	0	2	23
Ave		0.972	1.000	0.930	0.845	1.000	1.000	0.972	0.986	1.000	0.972	0.968

表 A.6　学習モデル１の５回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	4	0	0	0	0	0.8
い	1	1	1	1	1	1	1	39	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	38	2	2	2	2	2	2	0.9
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	32	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	39	8	8	8	8	8	8	0.9
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	6	10	10	10	10	0.9
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	10	37	37	37	37	37	37	0.9
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	55	0.9
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	13	0.9
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	46	57	57	57	57	57	57	57	57	57	0.9
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	59	62	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	67	62	62	62	62	67	67	0.7
ぶ	63	63	63	63	68	63	63	63	63	63	27	0.8
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	69	64	0.9
ぼ	65	65	65	70	70	65	65	65	65	70	65	0.7
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	68	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	65	70	0.8
answer		69	71	68	62	70	69	69	71	67	67	683
miss		2	0	3	9	1	2	2	0	4	4	27
Ave		0.972	1.000	0.958	0.873	0.986	0.972	0.972	1.000	0.944	0.944	0.962

表 A.7　学習モデル２の１回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	38	2	2	2	2	2	2	0.9
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	26	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0.9
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	6	34	34	34	34	34	34	0.9
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	26	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	61	61	65	65	0.8
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	62	67	67	67	62	67	67	0.8
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	63	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	64	69	69	69	69	69	69	0.9
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		69	71	69	65	71	71	68	69	71	69	693
miss		2	0	2	6	0	0	3	2	0	2	17
Ave		0.972	1.00	0.972	0.915	1.00	1.00	0.958	0.972	1.00	0.972	0.976

表 A.8　学習モデル 2 の 2 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0.9
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	38	38	2	2	2	2	2	2	0.8
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	0.8
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	37	30	30	30	0.9
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	26	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0.9
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	36	38	38	38	0.9
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	5	57	57	57	57	57	57	0.9
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	1
ど	60	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	1
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	62	67	67	62	62	67	67	0.7
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	63	68	68	68	0.7
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		68	71	68	65	70	71	66	70	71	71	691
miss		3	0	3	6	1	0	5	1	0	0	19
Ave		0.958	1.000	0.958	0.915	0.986	1.000	0.930	0.986	1.000	1.000	0.973

表 A.9　学習モデル 2 の 3 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	67	26	26	26	26	26	26	26	0.9
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	37	30	30	30	0.9
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	1	52	52	52	52	52	52	52	0.9
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	1
ど	60	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	1
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	61	61	65	65	0.8
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	63	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70	0.8
answer		69	71	68	68	71	71	67	70	71	70	696
miss		2	0	3	3	0	0	4	1	0	1	14
Ave		0.972	1.000	0.958	0.958	1.000	1.000	0.944	0.986	1.000	0.986	0.980

表 A.10　学習モデル 2 の 4 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	33	0	0	0	0	0.8
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	58	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	21	19	19	0.9
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	37	30	30	30	0.9
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	24	33	33	33	33	33	33	33	33	0.9
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	50	50	0.8
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	46	53	53	53	0.9
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	4	57	57	57	57	57	0.9
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	67	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	62	67	67	67	67	67	67	0.9
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	63	68	68	68	0.7
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		70	70	68	68	69	70	66	70	70	68	689
miss		1	1	3	3	2	1	5	1	1	3	21
Ave		0.986	0.986	0.958	0.958	0.972	0.986	0.930	0.986	0.986	0.958	0.970

表 A.11　学習モデル 2 の 5 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	50	50	0.8
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	67	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	62	67	67	67	62	67	67	0.8
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	68	68	68	68	0.9
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		71	71	69	67	71	71	71	70	70	68	699
miss		0	0	2	4	0	0	0	1	1	3	11
Ave		1.000	1.000	0.972	0.944	1.000	1.000	1.000	0.986	0.986	0.958	0.985

表 A.12　学習モデル 3 の 1 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0.9
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	38	2	2	2	2	2	2	0.9
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	19	14	14	0.9
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	21	19	19	0.9
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	42	40	40	40	40	40	0.9
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	50	51	0.9
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	62	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	26	62	62	62	62	62	62	62	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	62	67	67	67	0.9
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	63	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70	0.8
answer		70	71	68	69	69	71	67	69	70	70	694
miss		1	0	3	2	2	0	4	2	1	1	16
Ave		0.986	1.000	0.958	0.972	0.972	1.000	0.944	0.972	0.986	0.986	0.977

表 A.13　学習モデル 3 の 2 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	39	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	9	18	18	18	18	18	18	18	18	0.9
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	36	38	38	38	0.9
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	62	62	59	59	59	59	59	59	0.8
ど	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	1
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	63	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		71	70	69	69	71	71	67	71	71	70	700
miss		0	1	2	2	0	0	4	0	0	1	10
Ave		1.000	0.986	0.972	0.972	1.000	1.000	0.944	1.000	1.000	0.986	0.986

表 A.14　学習モデル 3 の 3 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0.9
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	38	38	2	2	2	2	2	2	0.8
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	21	19	19	0.9
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	10	34	34	34	34	34	34	34	34	34	0.9
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	62	59	59	59	59	59	59	0.8
ど	60	50	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.8
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	26	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	29	0.9
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	68	68	68	68	0.9
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70	0.8
answer		69	71	68	67	70	71	69	70	71	68	694
miss		2	0	3	4	1	0	2	1	0	3	16
Ave		0.972	1.000	0.958	0.944	0.986	1.000	0.972	0.986	1.000	0.958	0.977

表 A.15　学習モデル 3 の 4 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	19	14	14	0.9
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	21	19	19	0.9
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	37	30	30	30	0.9
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	15	34	34	34	34	34	34	34	34	34	0.9
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	46	53	53	53	0.9
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	62	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	59	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.8
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	1
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	63	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		69	71	69	70	71	71	67	69	71	71	699
miss		2	0	2	1	0	0	4	2	0	0	11
Ave		0.972	1.000	0.972	0.986	1.000	1.000	0.944	0.972	1.000	1.000	0.985

表 A.16　学習モデル 3 の 5 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	6	10	10	10	10	0.9
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	14	34	34	34	34	34	34	0.9
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	36	38	38	38	0.9
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	26	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	70	70	65	65	65	65	65	65	65	0.8
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	62	67	67	67	67	67	67	0.9
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	63	68	68	68	0.7
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		70	70	67	66	71	70	69	71	71	70	695
miss		1	1	4	5	0	1	2	0	0	1	15
Ave		0.986	0.986	0.944	0.930	1.000	0.986	0.972	1.000	1.000	0.986	0.979

表 A.17　学習モデル 4 の 1 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	28	1	1	1	1	1	39	1	1	1	0.8
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	33	22	22	22	22	22	0.9
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	33	35	35	35	0.9
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	62	59	59	59	59	59	59	0.8
ど	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	26	62	62	62	62	62	62	26	0.8
ぶ	63	63	63	63	27	63	63	63	63	63	27	0.8
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	29	0.9
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	63	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70	0.8
answer		70	71	68	68	70	71	66	71	71	68	694
miss		1	0	3	3	1	0	5	0	0	3	16
Ave		0.986	1.000	0.958	0.958	0.986	1.000	0.930	1.000	1.000	0.958	0.977

表 A.18　学習モデル 4 の 2 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0.9
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	38	2	2	2	2	2	2	0.9
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	18	14	14	0.9
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	37	30	30	30	0.9
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	26	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	68	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		69	71	68	69	71	70	70	70	71	69	698
miss		2	0	3	2	0	1	1	1	0	2	12
Ave		0.972	1.000	0.958	0.972	1.000	0.986	0.986	0.986	1.000	0.972	0.983

表 A.19　学習モデル 4 の 3 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	38	2	2	2	2	2	2	0.9
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	21	19	19	0.9
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	23	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0.9
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	47	55	55	55	0.9
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	1
ど	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	26	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	70	0.9
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	62	67	67	0.9
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	68	68	68	68	0.9
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70	0.8
answer		69	71	70	69	71	71	69	69	71	68	698
miss		2	0	1	2	0	0	2	2	0	3	12
Ave		0.972	1.000	0.986	0.972	1.000	1.000	0.972	0.972	1.000	0.958	0.983

表 A.20　学習モデル 4 の 4 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0.9
い	1	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	39	8	8	8	8	8	8	0.9
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	21	19	19	0.9
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	15	34	34	34	34	34	34	34	34	34	0.9
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	46	57	57	57	57	57	0.9
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	59	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	62	67	67	0.9
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	68	68	68	68	0.9
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70	0.8
answer		69	71	69	69	69	71	69	69	71	70	697
miss		2	0	2	2	2	0	2	2	0	1	13
Ave		0.972	1.000	0.972	0.972	0.972	1.000	0.972	0.972	1.000	0.986	0.982

表 A.21　学習モデル 4 の 5 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	0.8
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	37	30	30	30	0.9
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	50	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.8
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	1
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	62	67	67	67	62	67	67	0.8
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	63	68	68	68	0.7
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		70	71	68	67	71	71	67	70	71	70	696
miss		1	0	3	4	0	0	4	1	0	1	14
Ave		0.986	1.000	0.958	0.944	1.000	1.000	0.944	0.986	1.000	0.986	0.980

表 A.22　学習モデル 5 の 1 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	9	18	18	18	18	18	18	18	18	0.9
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	62	59	59	59	59	59	59	0.8
ど	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	26	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	69	64	64	64	64	64	64	64	0.9
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	63	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70	0.8
answer		71	70	68	69	71	71	69	71	71	69	700
miss		0	1	3	2	0	0	2	0	0	2	10
Ave		1.000	0.986	0.958	0.972	1.000	1.000	0.972	1.000	1.000	0.972	0.986

表 A.23　学習モデル 5 の 2 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0.9
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	18	14	14	0.9
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	9	18	18	18	18	18	18	18	18	0.9
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	35	33	33	0.9
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	2	42	42	42	0.9
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	50	50	0.8
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	46	53	53	53	0.9
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	47	55	55	55	0.9
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	1
ど	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	1
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	70	0.9
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	62	67	67	0.9
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	68	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	65	70	70	70	0.8
answer		71	70	69	70	70	71	66	68	70	69	694
miss		0	1	2	1	1	0	5	3	1	2	16
Ave		1.000	0.986	0.972	0.986	0.986	1.000	0.930	0.958	0.986	0.972	0.977

表 A.24　学習モデル 5 の 3 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	38	38	2	2	2	2	2	2	0.8
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	37	30	30	30	0.9
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	50	0.9
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	13	0.9
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	62	59	59	59	59	59	59	0.8
ど	60	60	60	60	60	60	60	54	60	60	60	0.9
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	26	62	62	62	62	62	62	62	0.9
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	61	61	65	65	0.8
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	68	63	68	68	63	68	68	68	0.8
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		71	71	67	67	71	71	67	70	71	68	694
miss		0	0	4	4	0	0	4	1	0	3	16
Ave		1.000	1.000	0.944	0.944	1.000	1.000	0.944	0.986	1.000	0.958	0.977

表 A.25　学習モデル 5 の 4 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	4	4	4	58	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	38	34	34	34	34	34	0.9
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	1
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	46	53	53	53	0.9
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	26	62	62	62	62	62	62	26	0.8
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
ぴ	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	1
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	63	68	68	68	0.7
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぼ	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1
answer		71	71	68	70	70	71	68	71	71	69	700
miss		0	0	3	1	1	0	3	0	0	2	10
Ave		1.000	1.000	0.958	0.986	0.986	1.000	0.958	1.000	1.000	0.972	0.986

表 A.26　学習モデル 5 の 5 回目

label		A		B		C		D		E		class
		①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	評価
あ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
い	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
う	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
え	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
お	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	0.9
か	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
き	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
く	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1
け	8	8	8	8	39	8	8	8	8	8	8	0.9
こ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1
さ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1
し	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1
す	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1
せ	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1
そ	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1
た	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1
ち	16	16	16	16	16	16	16	16	38	16	16	0.9
つ	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1
て	18	18	9	18	18	18	18	18	18	18	18	0.9
と	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1
な	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
に	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
ぬ	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
ね	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	1
の	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1
は	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1
ひ	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1
ふ	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	1
へ	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1
ほ	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	1
ま	30	30	30	30	30	30	30	37	30	30	30	0.9
み	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1
む	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	1
め	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	1
も	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	1
や	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1
ゆ	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	1
よ	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1
ら	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	1
り	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1
る	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1
れ	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	1
ろ	42	42	42	42	42	42	2	42	42	42	42	0.9
わ	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1
を	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1
ん	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1
が	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	1
ぎ	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1
ぐ	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	1
げ	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	1
ご	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1
ざ	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	50	0.9
じ	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	1
ず	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1
ぜ	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1
ぞ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1
だ	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	1
ぢ	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1
づ	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	1
で	59	59	59	26	59	59	59	59	59	59	59	0.9
ど	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	1
ば	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1
び	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	1
ぶ	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	27	0.9
べ	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	1
ぼ	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	1
ぱ	66	66	66	66	61	66	66	66	66	66	66	0.9
ぴ	67	67	67	67	62	67	67	67	67	67	67	0.9
ぷ	68	68	68	63	63	68	68	63	68	68	68	0.7
ぺ	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1
ぽ	70	70	70	65	70	70	70	70	70	70	70	0.9
answer		71	70	68	66	71	70	69	70	71	69	695
miss		0	1	3	5	0	1	2	1	0	2	15
Ave		1.000	0.986	0.958	0.930	1.000	0.986	0.972	0.986	1.000	0.972	0.979