

## 概要

本研究では、ネットワークの構造の違いが表情認識の学習精度に与える影響についての研究を行った。深層学習は、様々分野で大きな成果をあげているが、特に画像処理分野での成果が有名である。画像処理には、人物認識や表情認識などがあり、一般的に人物認識よりも表情認識のほうが変化が少なく難しいとされている。そこで本研究では、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いて表情認識を実現する。高精度な認識を実現するには、十分な数の学習データを用意するだけでなく、前の層内の素子との結合範囲 (カーネルサイズや受容野とも呼ばれる)、畳み込み層で抽出する特徴数 (フィルタ数)、畳み込み層とプーリング層の組合せを一つの層としその層数と言ったハイパーパラメタを問題に合せて適切に与える必要がある。そこで本研究の目的は、カーネルサイズ、フィルタ数、層数を様々に組合せることで、これらハイパパラメタの最適値を求め、高精度な表情認識を実現することである。その際、計算量を軽減するため、(1) 1 層 CNN においてカーネルサイズ、フィルタ数を様々に変えこれらの探索範囲を絞り込み、次に (2) 2 層 CNN では 1 層 CNN の結果にもとづき絞り込まれたカーネルサイズ、フィルタ数の組合せでさらなる絞り込みを行ない、最後に (3) 特定のカーネルサイズでフィルタ数のみ変え、3 層 CNN、4 層 CNN のフィルタ数の最適数を求める。実際の数値実験では、イスタンブールのマルマラ大学が提供してる BAUM-1 と日本人女性の表情のみの JAFEE を用いる。それぞれのデータセットで 4 表情ずつ用いて実験を行なった。訓練データは、BAUM-1 では、360 枚とし、JAFEE では 1440 枚とした。検査データは、BAUM-1 では 88 枚とし、JAFEE では、72 枚とした。実験の結果最適なハイパパラメタであったのは、BAUM-1 のときには層数 1 層でカーネルサイズ  $7 \times 7$ 、フィルタ数が 96 枚のときで、識別率 48 %、JAFEE のときには層数 2 層でカーネルサイズ  $3 \times 3$ 、フィルタ数が 48 と 96 のときと 96 と 96 のときで、識別率 75% であった。BAUM-1 は 48% を超える識別率を出すことができなかったが、これは学習データ数が少なかったために最良なハイパパラメタを設定できていないことが考えられる。JAFEE では、検査データが訓練データと同じ人物の際にはほとんど 100% に近い識別率であったが、異なる人物の場合には sadness の表情が happiness の表情に誤認識してしまった。それ以外の 3 表情は正しく認識できていた。このような問題は、単に表情画像を入力画像とするだけでなく、各表情間の差分データも入力とし、抽出すべき特徴をより明確にすることで解決することが可能となると考える。このような構成法を実現してみることが今後の課題である。

## Abstract

In this study, I investigated the effects of differences in network structure on the learning accuracy of facial expression recognition. Although deep learning has achieved great results in various fields, it is particularly famous in the field of image processing. Image processing includes person recognition and facial expression recognition, generally facial expression recognition is more difficult than human recognition, because there are little changes. In this study, I implement facial expression recognition using convolutional neural network (CNN). In order to implement high-precision recognition, it is necessary not only to prepare a sufficient number of training data, range of connection with elements in the previous layer (also called kernel size or receptive field), the number of features (the number of filters) extracted by the convolutional layer, combination of convolutional layer and pooling layer as one layer, it is said that hyperparameters need to be given appropriately numbers according to the problem. Therefore, the purpose of this research is to use various combinations of kernel size, number of filters, and number of layers, find the optimal values of these hyperparameters, the goal is to implement highly accurate facial expression recognition. At that time, in order to reduce the amount of calculation, (1) the kernel size and the number of filters are varied in the one-layer CNN to narrow down these search ranges. Next, (2) in the two-layer CNN, further refinement is performed with the combination of the kernel size and the number of filters narrowed down based on the result of the one-layer CNN. Finally, (3) only the number of filters is changed for a specific kernel size, and the number of filters in the 3-layer CNN and 4-layer CNN is calculated to find the optimal number. In actual numerical experiments, BAUM-1 provided by Marmara University in Istanbul and JAFEE with only facial expressions of Japanese women are used. The experiment was performed using four expressions in each data set. The training data is 360 for BAUM-1, JAFEE uses 1440. The inspection data is 88 for BAUM-1, JAFEE uses 72. As a result of the experiment, the optimal hyperparameter was In the case of BAUM-1, the number of layers is one, the kernel size is  $7 \times 7$ , and the number of filters is 96. The recognition rate was 48 %. In the case of JAFEE, the number of layers is 2, the kernel size is  $3 \times 3$ , and when the number of filters is 48 and 96, and when it was 96 and 96. The recognition rate was 75 % . BAUM-1 could not achieve a recognition rate of over 48 %, this is because the number of training data was small and the best hyper parameters could not be set. In JAFEE, the recognition rate was almost 100 % when the test data was the same person as the training data. In the case of different people, the expression of sadness was misrecognized as the expression of happiness. The other three facial expressions were correctly recognized. Such a problem is not limited to just inputting facial expression images, the difference data between each facial expression is also input, we think that it is possible to solve by making the features to be extracted clearer. It is a future task to realize such a construction method.

## 謝辞

皆様，本当にありがとうございました．

# 目次

<b>1</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	2
<b>2</b>	<b>ニューラルネットワーク</b>	<b>3</b>
2.1	畳み込みニューラルネットワーク ( Convolution Neural Network ) の概要	3
2.1.1	畳み込み層	3
2.1.2	プーリング層	4
2.1.3	全結合層	5
2.1.4	CNN のモデル	5
2.1.5	CNN の学習方法	7
2.2	RNN ( Recurrent Neural Network ) の概要	8
2.3	LSTM ( Long Short - Term Memory ) の概要	8
<b>3</b>	<b>畳み込みニューラルネットワークを用いた表情認識</b>	<b>10</b>
3.1	表情認識のための CNN	10
3.2	表情認識に用いる表情画像	11
3.3	実験方法	12
3.4	結果	12
<b>4</b>	<b>考察</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>まとめと今後の課題</b>	<b>26</b>
5.1	まとめ	26
5.2	今後の課題	26

## 1 はじめに

### 1.1 研究背景

近年, 人工知能に関する多くの分野で情報処理技術として知的処理技術の一つである深層学習が用いられている. 深層学習とは, ニューロンの層が多段に組み上げられたニューラルネットワークのことを指す. [1] 深層学習が用いられる分野としては分野としては株価予想や人物認識や表情認識などに挙げられる画像処理, 話し言葉や書き言葉など我々が普段使うような自然言語を対象として, それらの言葉が持つ意味を解析する自然言語処理などがある. 深層学習は, 一般的に従来の機械学習を超える性能を持ち, 人と同レベル以上のパフォーマンスを期待することができる. 機械学習の研究は第一次人工知能ブームと呼ばれる, 1950 年代後半から始まっている. しかし, 当時のコンピュータの性能から 1970 年代にはすでに人工知能研究は衰退していき, 冬の時代と呼ばれる期間が訪れる. その後も研究が行われ, 1980 年代に専門家が持つ知識をコンピュータに記憶させて, それをもとに問題を解決しようというエキスパートシステムというものが取り組みとして行われ, 人工知能研究は第二次人工知能ブームを迎えた. しかし, 人間が事前に定義してコンピュータに記憶させなければならないという観点から, 膨大な量のルール設定や例外処理がうまく行かず実用的ではなかった. このような問題から, 社会の期待に答えることができず 1990 年代中頃から再び冬の時代が訪れた. その後, 現在まで続く第三次人工知能ブームが始まったがその先駆けとなったのが Arthur Lee Samuel が生み出した機械学習のアプローチで, とりわけ深層学習に注目が集まった. この機械学習では従来の人間が知識を定義するものとは違い, 機械が自ら学習するため人間による不完全な定義に比べ対処できる問題の数が増えた. 実用化の理由としてデジタル技術の発達により大量のデータを扱いやすくなったことも挙げられる.

2006 年に Hinton らは入力データを教師データとしても用い, 主に次元削減に用いられる, オートエンコーダという技術を用いた深層学習を発明し, ネットワークによる特徴量の抽出や, 人間の知識表現によって生まれる記号設置問題を解決した.[2] また, 企業による研究も様々なものが行われており, 2012 年 9 月に一般物体認識のコンテストである ILSVRC (ImageNet Large

Scale Visual Recognition Challenge) で Krizhevsky らによる多層ニューラルネットワークが一位になったことをきっかけに同年 6 月にはグーグルの猫と呼ばれる 9 層のニューラルネットワークによって画像特徴を学習することによって成功するなど再び広く我々の目に止まるようになり, 第 3 次人工知能ブームとともに多くの研究が行われるに至った.[3] Krizhevsky らの深層ニューラルネットワークは, 当時一般的だと考えられている方法に大きな差をつけて勝利した. また, ILSVRC は 2010 年から始まり, 2015 年に人間の認識性能を超えた. ILSVRC では人間が判断しても判別しにくいものが含まれており, 完璧に判断することは難しい, なので人間が識別できない画像でさえ多層ニューラルネットワークは識別することが可能であり, その応用の範囲は多岐に渡る. 実際に画像認識だけでなく, 機械による判断をした場合のミスの代償が大きい医療診断や経過の予想や, 入手可能なデータが不足している場合の認識など特定の分野以外で, 自動運転や囲碁や将棋などを指す AI や音声認識などでは人間を超す性能を示していることが知られている.[4]

## 1.2 研究目的

このように 1950 年代から研究されてきた人工知能には様々な応用分野が存在し、深層学習の使用法は多方面に渡っており、今後も様々な分野で活躍することが見込まれている。産業分野における工場計測データや医療分野における医療検診データなど、クラウドサーバと連携してデータの収集をリアルタイムで行い、膨大に収集されたデータから隠れた特徴を抽出したり、次に出現する時系列データをの予測を行う学習システムなどが注目を集め、実用化が期待されている [5]。深層学習の分野ではネットワークをどのように構成したら良いのかという課題が存在している。ネットワークの層数やカーネルサイズやカーネルのストライド、フィルタの枚数などのハイパパラメータと呼ばれるパラメータの決め方も研究途中で最適なハイパパラメータは見つかっていない [6]。また、このような問題を解決するために入力データに応じて適切なネットワーク構造を探索する構造適応型学習法を、尤度の概念を取り入れた Deep Learning 手法である Restricted Boltzmann Machine (RBM) [7] および事前学習した RBM を階層化し学習する Deep Belief Network (DBN) [8] において開発されている [9]。

一般物体認識 (general object recognition) とは、画像認識の研究で対象としてきた特定の制約のもとで撮影された画像とは大きく異なるデジタル化された写真とは違う、我々の日常にある従来の一般的な制約のない実世界のシーンの画像に対して計算機がその中に含まれる物体を一般的な名称で認識することをす。制約のない画像における一般的な名称が表す同一クラスの範囲が広く、同一クラスに属する対象のアビアランスの変化が極めて大きく、対象の特徴抽出、認識モデルの構築、学習データセットの構築が困難なために画像認識の研究において最も困難な課題の一つであると考えられている。[10]

画像認識の分野で主要な役割を果たしているのが CNN (Convolution Neural Network) である。畳み込みニューラルネットワークは、畳み込み層とプーリング層を交互に積み重ねた構造を持つフィードフォワード型のニューラルネットワークである。ILSVRC で用いられ、優秀な成績を残しているものは CNN の構造を複雑にしたものであり、様々な種類の CNN が提案されている。このように現在 CNN はどのような構造

にするのが良いのかという最適解が知られていない。本研究では、人間の顔画像の表情認識を対象として、深層学習による総構造の違いが識別結果に与える影響についての研究を行った。本実験では BAUM-1 と JAFEE という 2 つのデータセットを用いてそれぞれ Bothered, Happiness, Neutral, Sadness の 4 種類と Anger, Happiness, Sadness, Surprise の 4 種類の識別を行った。

## 2 ニューラルネットワーク

本章では、深層学習に主に用いられる CNN ( Convolution Neural Network ) と RNN ( Recurrent Neural Network ) , LSTM ( Long Short - Term Memory ) についての概要と、CNN を用いた静画像による表情認識実験について述べる。

### 2.1 畳み込みニューラルネットワーク ( Convolution Neural Network ) の概要

ニューラルネットワークとは、人間の脳の仕組みから着想を得たものであり、神経回路網をコンピュータ上で表現しようと作られた数理的モデルである。人間の脳はニューロンと呼ばれる神経細胞の結びつきで情報伝達や記憶の定着が行われており、その人間の脳神経系の持つ強力な学習能力を数学的に応用することにより、画像認識や音声認識などへの利用が期待され研究が行われている。

通常ニューラルネットワークは、入力層、出力層、隠れ層から構成されており、これらの層と層の間にニューロン同士のつながりを示す  $W$  があり、これを重みと呼ぶ。ニューラルネットワークの隠れ層は多層にすることができ、隠れ層が多数存在する多層構造のニューラルネットワークのことをディープラーニングと呼ぶ。そのディープラーニングの主力となっているものの一つに畳み込みニューラルネットワークがあり、畳み込み層とプーリング層を 1 つのペアとして、それらが複数回重ね合わせて構成される順方向性ニューラルネットワークである。

#### 2.1.1 畳み込み層

畳み込みニューラルネットワークに入力としての画像が与えられたとき、その画像の特徴量を抽出する操作のことを畳み込みと呼ぶ。

畳み込み層は単純型細胞をモデルに考えられたものであり、元の画像にフィルタをかけて元の画像よりも少し小さい特徴マップを出力する、またこのフィルタは画像全体をスライドするので特徴がどこにあってても抽出することができ、その際にフィルタの数だけ特徴マップが出力される。

ここで例として、対象とする画像を  $X \times Y$  Pixels の RGB の階調値とし、 $k$  番目の階調の素子 (  $i, j$  ) の画素値を  $I_{ij}^k$  とする。ただし、 $k = 1$  が R、 $k = 2$  が G、 $k = 3$  が B とする。最初の層の畳み込み層の  $a$  番目のフィルタの (  $i, j$  ) 番目の素子の内部状態  $y_{ij}^{(1)(a)}$  は、

$$y_{ij}^{(1)(a)} = \sum_{k=1}^3 \left( \sum_{x \in W} \sum_{y \in W} w_{ij}^{(1)(a)(k)} I_{i+x, j+y}^{(k)} + b_{ij}^{(1)(a)(k)} \right) \quad (1)$$

その出力  $\tilde{y}_{ij}^{(1)(a)}$  は、

$$\tilde{y}_{ij}^{(1)(a)} = \max \left( y_{ij}^{(1)(a)}, 0 \right) \quad (2)$$

$\ell$  番目の層の畳み込み層の内部状態  $y_{ij}^{(\ell)(a)}$  は、

$$y_{ij}^{(\ell)(a)} = \sum_{\alpha=1}^{N(\ell-1)} \sum_{x \in W} \sum_{y \in W} w_{ij}^{(\ell)(a, \alpha)} z_{i+x, j+y}^{(\ell-1)(\alpha)} + b_{ij}^{(\ell)(a)} \quad (3)$$

で表される。ここで、 $w_{ij}^{(1)(a)(k)}$  は入力層と畳み込み層間のシナプス結合加重、 $W$  は各素子が入力を受ける範囲を与える配置集合 ( 受容野 )、 $b_{ij}^{(1)(a)(k)}$  は閾値である。最終層 (  $L$  ) の内部状態  $y_k^{(L)}$  は、前層のプーリング層の出力  $z_{ij}^{(L-1)(a)}$  との全結合として、以下のように与えられる。

$$y_k^{(L)} = \sum_{\alpha=1}^{N(L-1)} \sum_i \sum_j w_{ki}^{(L)(\alpha)} z_{ij}^{(L-1)(\alpha)} + b^{(L)k} \quad (4)$$

これらの内部状態は活性化関数と呼ばれる非線形関数を経て、畳み込み層の出力としてプーリング層へ伝播する。活性化関数の例として、ステップ関数、シグモイド関数、ソフトマックス関数、恒等関数、ReLU などが挙げられる。ステップ関数は、階段関数とも呼ばれる閾値を境にして出力が切り替わるようにする関数である。シグモイド関数は、式で表すと以下のように表される。

$$h(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})} \quad (5)$$

入力した値が大きいほど 1 に近づき、入力した値が小さいほど 0 に近づく関数である。ソフトマックス関数は、式で表すと以下のように表される。

$$y_i = \frac{e^{x_i}}{\sum_{i=1}^n e^{x_i}} \quad (6)$$

恒等関数は、受け取った値をそのまま出力したい場合に用いる関数である。ReLU は 0 以下の値は、0 にし

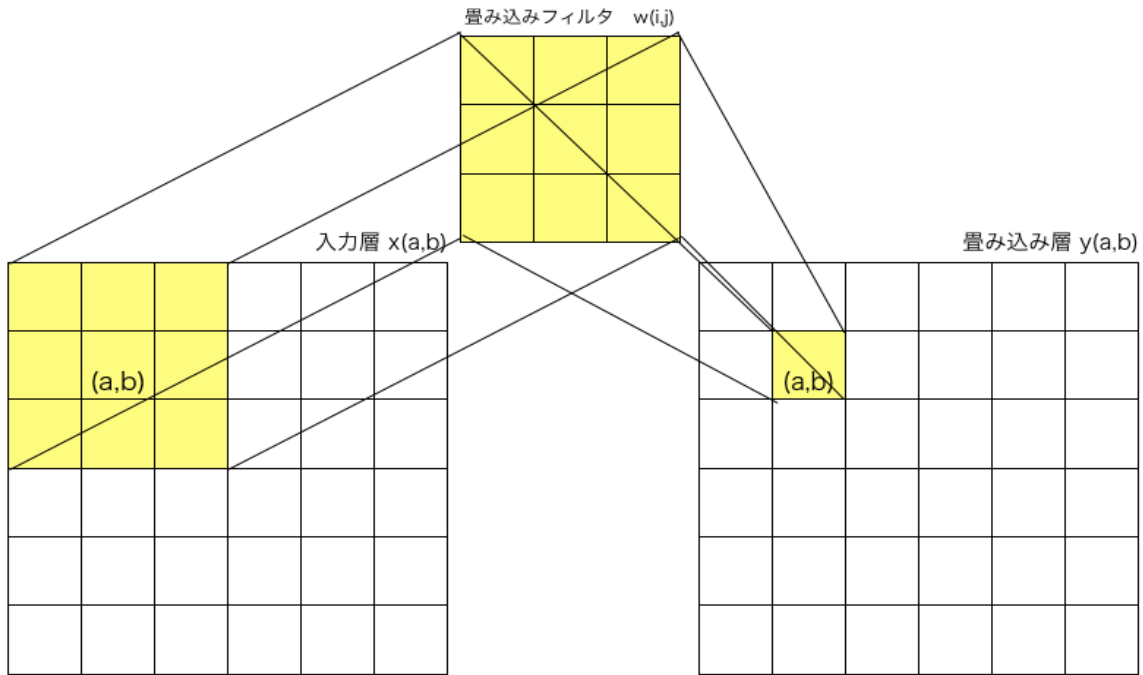


図 1: 点 (a,b) での畳み込み処理

て 0 以上の値の場合にそのままの値を出力するという関数である. ReLU を式で表すと以下ようになる.

$$f = \max(0, x) \quad (7)$$

入力層が  $6 \times 6$ , 畳み込みフィルタがフィルタが  $3 \times 3$  のときの畳み込み操作の例を以下に示す. ただし入力を  $x$ , 出力を  $y$  とし, 畳み込みフィルタの重みを  $w$  としたときの畳み込み層での点 (a,b) についての情報を求めたい場合を図に示す. その後左上から右下への畳み込みを考えストライドを 1 としたときの (a+1,b) での畳み込みを図に示す.

### 2.1.2 プーリング層

畳み込み層は単純型細胞をモデルに考えられたものであるが, プーリング層は複雑型細胞をモデルにして作られたモデルである.

画像から重要な情報を残して縮小する方法であり, 特徴マップからとある一部分の領域を取り出し, そのうちの最大値を取り出す最大プーリング (max pooling) や, 特徴マップからとある一部分の領域を取り出し, その領域の平均値を取る平均プーリング (average

pooling) などがあるが, 画像認識の分野では最大プーリングが使われていることが多い. また, プーリング層の出力を  $z_{ij}^{(1)(a)}$  とすると以下のように表される.

$$z_{ij}^{(1)(a)} = \max_{x \in W, y \in W} \tilde{y}_{i+x, j+y}^{(1)(a)} \quad (8)$$

最大プーリングと平均プーリングの例をそれぞれ図 2 と図 3 に示す. 畳み込み層やプーリング層で行われる手法にパディングというものがある. パディングとは入力として与えられた画像のピクセルの周りにピクセルを配置し囲むという方法である. パディングを行うことによるメリットは, 畳み込み層やプーリング層を経ることによって入力画像のサイズが小さくなっていくので, パディングを行うことにより画像サイズを小さくしなくて済むという点と, 畳み込み層やプーリング層を経ることにより外側から縮小されていく画像にパディングを行うことで, 画像の端のピクセルも畳み込みの回数を増やすことができるので精度を高めることができるという点がある. パディングの手法の一つにゼロパディングと呼ばれるピクセルの周りをゼロのピクセルで囲うというものがある, このゼロパディングの例を図 4 に示す.



## 2.1.3 全結合層

畳み込み層, プーリング層を経ても入力として与えられた画像の配列のままであるが, これらの層を経て特徴データが取り出された入力として与えられた画像データを一つのノードに結合し, 活性化関数によって変換された値を出力する層である.

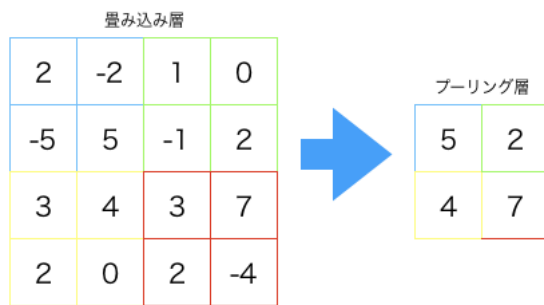


図 3: 最大プーリングの例

## 2.1.4 CNN のモデル

CNN の最初のモデルは LeCun たちにより提案された LeNet と呼ばれるものであり, その構造は畳み込み層とプーリング層が交互に並んでいる構造である. 第一層の畳み込み層で  $32 \times 32$  の入力データを  $5 \times 5$  のフィルタで畳み込みを行い  $28 \times 28$  の特徴マップを出力する. この出力を  $2 \times 2$  のフィルタでプーリングを行い, 次に  $14 \times 14$  の出力にする. この特徴マップを  $5 \times 5$  のフィルタで畳み込みを行い,  $10 \times 10$  の特徴マップとしてプーリング層に出力する.  $2 \times 2$  フィ

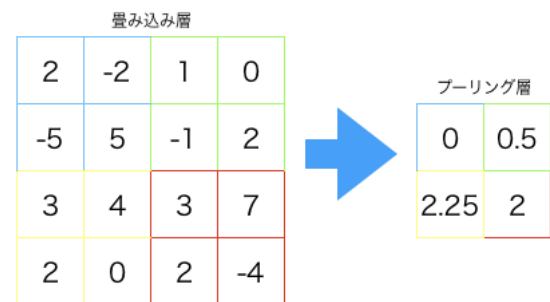


図 4: 平均プーリングの例

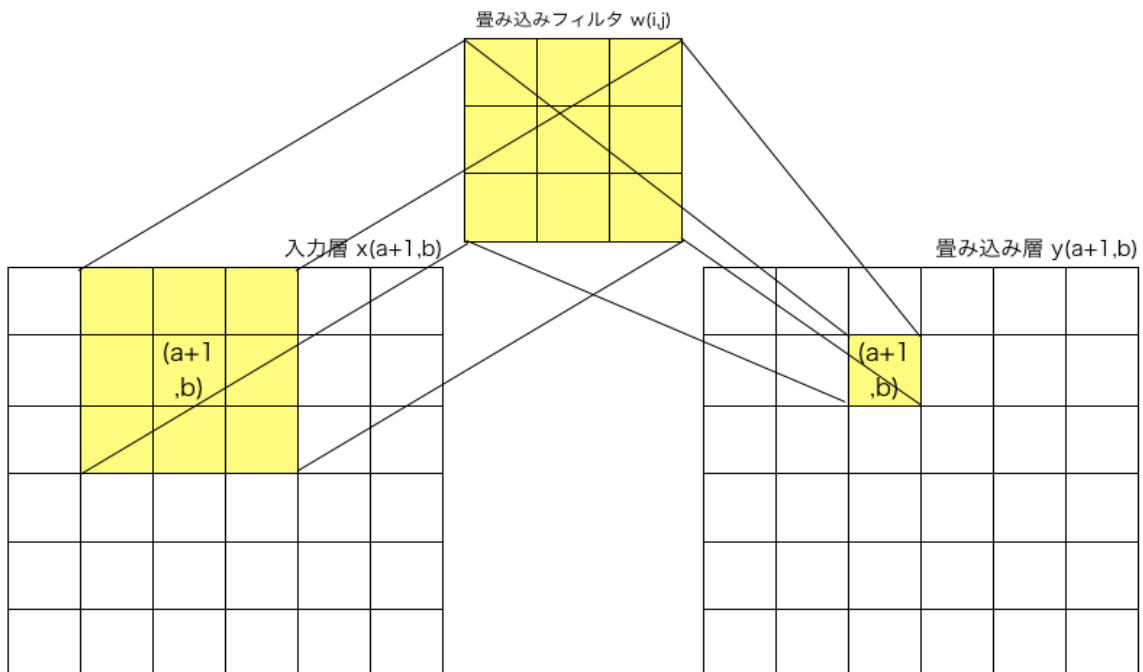
図 2: 点  $(a+1, b)$  での畳み込み処理

表 1: AlexNet の層構造

順番	層	カーネルサイズ
1	conv/4	$11 \times 11 \times 3 \times 96$
2	max-pooling	-
3	conv	$5 \times 5 \times 4 \times 256$
4	max-pooling	-
5	conv	$3 \times 3 \times 256 \times 384$
6	conv	$3 \times 3 \times 192 \times 384$
7	conv	$3 \times 3 \times 192 \times 256$
8	max-pooling	-
9	FC-4096	$1 \times 1 \times 4096$
10	FC-4096	$1 \times 1 \times 4096$
11	FC-1000	$1 \times 1 \times 1000$
-	softmax	-

ルタを持つプーリング層は  $5 \times 5$  の特徴マップを出力して全結合層に入力信号として渡され, 出力は活性化関数を通して 10 クラスの分類が行われる。

14 年後の 2012 年にトロント大学の研究者である Alex Krizhevsky たちが提案したモデルが AlexNet と呼ばれる CNN で畳み込み層とプーリング層が交互に並ぶ構造である。ネットワーク構造を図に示す。この AlexNet には五層の畳み込み層と三層のプーリング層が存在する。ネットワークの最終部分には分類識別のために三種類の全結合層 (Fully Connected Layer : FC) が配置され, 最後の層からは softmax 関数を通じて, 1000 クラスに対する確率分布が出力される。これは ImageNet と呼ばれる 1400 万枚以上の画像のデータセットに採用されている 1000 クラス分類に対応さ

表 2: VGG16 の層構造

順番	層	カーネルサイズ
1	conv3-64	$224 \times 224 \times 64$
2	conv3-64	$224 \times 224 \times 64$
-	max-pooling	$112 \times 112 \times 128$
3	conv3-128	$112 \times 124 \times 128$
4	conv3-128	$112 \times 124 \times 128$
5	conv3-128	$112 \times 124 \times 128$
-	max-pooling	$56 \times 56 \times 256$
6	conv3-256	$56 \times 156 \times 256$
7	conv3-256	$56 \times 156 \times 256$
8	conv3-256	$56 \times 156 \times 256$
-	max-pooling	$28 \times 28 \times 516$
9	conv3-512	$28 \times 28 \times 516$
10	conv3-512	$28 \times 28 \times 516$
-	max-pooling	$28 \times 28 \times 516$
11	conv3-512	$14 \times 14 \times 516$
12	conv3-512	$14 \times 14 \times 516$
13	conv3-512	$14 \times 14 \times 516$
-	max-pooling	$7 \times 7 \times 516$
14	FC-4096	$1 \times 1 \times 4096$
15	FC-4096	$1 \times 1 \times 4096$
16	FC-1000	$1 \times 1 \times 1000$
-	softmax	$1 \times 1 \times 1000$

せるためである。また畳み込み層が二つに分割されている理由としては GPU の性能によるものである。

オックスフォード大学の Visual Geometry Group という研究グループが開発したモデルに VGG がある。畳み込み層とプーリング層から構成されており, AlexNet の進化系で層の深さを 16 層, 19 層にしたモデルである。非常に小さな  $3 \times 3$  の畳み込みフィルタを用いて, ネットワークの深さを 16 層から 19 層に増加させることにより識別の精度を改善している。この小さなフィルタを持つ畳み込み層を 2 から 4 回連続して重ね, それをプーリング層でサイズを半分にすることを繰り返す行いう構造が特徴である。

2014 年の ILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) と呼ばれる 2010 年から始まった大規模画像認識の競技会で 2 位という成績を残したことで有用性が実証され, 更にシンプルなアー

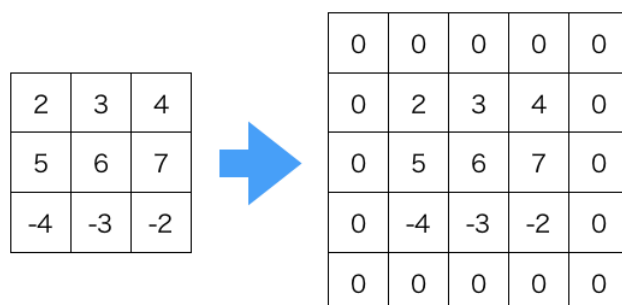


図 5: ゼロパディングの例

表 3: GoogleNet の層構造

順番	層	カーネルサイズ
1	conv7	$112 \times 112 \times 64$
2	max-pooling3	$56 \times 56 \times 64$
3	conv3	$56 \times 56 \times 192$
4	max-pooling3	$28 \times 28 \times 192$
5	inception	$28 \times 28 \times 256$
6	inception	$28 \times 28 \times 480$
7	max-pooling3	$14 \times 14 \times 480$
8	inception	$14 \times 14 \times 512$
9	inception	$14 \times 14 \times 512$
10	inception	$14 \times 14 \times 512$
11	inception	$14 \times 14 \times 528$
12	inception	$14 \times 14 \times 832$
13	max-pooling3	$7 \times 7 \times 832$
14	inception	$7 \times 7 \times 832$
15	inception	$7 \times 7 \times 1024$
16	avg-pooling7	$1 \times 1 \times 1024$
17	dropout(40%)	$1 \times 1 \times 1024$
18	linear	$1 \times 1 \times 1000$
19	softmax	$1 \times 1 \times 1000$

キテクチャであり実用に向いている。

入力画像は  $224 \times 224$  の RGB 画像であり、最初の  $3 \times 3$  の畳み込み層でのフィルタのチャネル数は 64 で、マックスプーリングごとに 2 倍になり、128, 256, 528 と増加していき、出力は  $1 \times 1000$  次元の配列である。また VGG16 のネットワークの構造を図に示す。また FC-4096 は並列次数 4096 の全結合層を表す。次に先述した 2014 年の ILSVRC の優勝モデルである GoogleNet は基本的なネットワークの構造は CNN と同様であるが、特徴としてネットワークの構造が縦方向だけでなく横方向にも深さを持つことが挙げられる。それは複数の畳み込み層やプーリング層から構成される Inception モジュールと呼ばれる小さなネットワークを作成し、これらを通常の畳み込み層のように重ねていき CNN を構成していると言える。Inception モジュールを組み込んだ GoogleNet のネットワークの構造を図に示す。

ここで conv3d は  $3 \times 3$  のフィルタを持つ畳み込み層であり、 $112 \times 112 \times 64$  は出力のサイズを意味

している。また Inception モジュールで  $5 \times 5$  の畳み込み層を  $3 \times 3$  の畳み込み層を 2 つ重ねたものに変更し、改良を施したモデルのことを Inception-V2 と呼ぶ。さらに総構造を深くしたものの代表例として、ResNet と呼ばれる Microsoft 社の Kaiming He の研究グループによって提案され、2015 年の ILSVRC で優勝した CNN モデルが挙げられる。それまでのネットワーク構造ではあまり層を深くしすぎると性能が逆に落ちてしまうという問題があったがそれを残差学習構造と呼ばれるある層への入力をバイパスして層をまたぎ奥の層へと入力し、勾配の消失や発散を防ぎ超多層のネットワークの実現を可能にした。

このように CNN の層の数を増やしよりディープな構造にしたものを DNN (Deep Neural Network) とも呼ぶ。

### 2.1.5 CNN の学習方法

機械学習には教師あり学習、教師なし学習、強化学習の三つの学習法がある。教師あり学習とは、学習データに正解ラベルをつけて学習する方法である。分類や予測などは教師あり学習のクラスである。それに対して教師なし学習は、学習するデータに正解ラベルをつけずに学習する方法である。こちらの教師なし学習は、様々な入力を読み取っていくうちに自律的に対象を認識できるようになっていく学習方法であり、教師あり学習に比べ実装難度が高い。クラスタリングや次元削減などは教師なし学習のクラスである。強化学習は価値を最大化するような行動を学習する方法である。囲碁や将棋で目先の取れるコマがあったとしてもそれが敗北につながるような手だとしたら、取らずに勝利に近づく手を打つことが強化学習の目的である。強化学習のアルゴリズムには、Q 学習、Sarsa、モンテカルロ法などがある。

Google DeepMind の開発した AlphaGo はコンピュータ囲碁プログラムであり、2015 年に人間のプロ囲碁棋士をハンディキャップ無しで破った初のコンピュータ囲碁プログラムである。膨大な数の対局データを教師あり学習として学習し、さらに強化学習を行い勝つためのパターンを特徴量として学習させており、その後コンピュータ同士を対局させ競わせていくことにより強力なコンピュータ囲碁プログラムが誕生した。

## 2.2 RNN ( Recurrent Neural Network ) の概要

ニューラルネットワークの出力を別のニューラルネットワークの入力として利用するような再帰的構造を持ったニューラルネットワークのことを RNN ( Recurrent Neural Network ) と呼ぶ。

時間を追って得られたデータを時系列データと呼び、画像などのデータが一つのベクトル  $x_n$  で表されるのに対し、 $(x(1), \dots, x(t), \dots, x(T))$  という  $T$  個のデータが 1 つの入力データ群このデータを用いて更に次に得られるであろうデータを予測する方法の一つである。時系列データには、気温の推移や降水量の変化などの気象データ、株価や売上の推移などが挙げられ、これらのデータは一般的なデータの集まりではなく、データの並び自体に意味を持つ。

時刻  $t$  での入力を  $x(t)$ 、入力層と隠れ層の間の重みを  $U$ 、隠れ層と出力層の間の重みを  $W$  とすると隠れ層の値  $s(t)$  とネットワークの出力  $y(t)$  は、以下のように表すことができる。

$$s(t) = f(Ux(t) + Ws(t-1)) \quad (9)$$

$$y(t) = g(Vh(t)) \quad (10)$$

また RNN の基本構造の例を図 5 に示す。

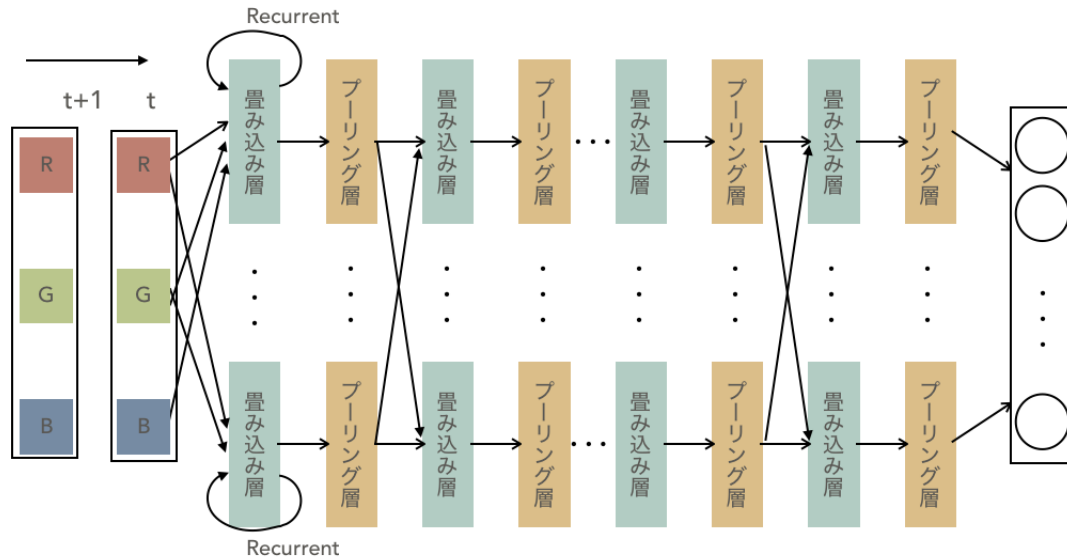


図 6: RNN の基本構造

## 2.3 LSTM ( Long Short - Term Memory ) の概要

LSTM ( Long Short - Term Memory ) は 1995 年に RNN の拡張として 1995 年に登場した時系列データを扱うモデルである。Long Term Memory ( 長期記憶 ) と Short Term Memory ( 短期記憶 ) という神経科学における用語から取られており、従来の RNN で学習できなかった長期依存を学習できるという特徴を持つ。LSTM は RNN の中間層のユニットを LSTM block と呼ばれるメモリと 3 つのゲートを持つブロックに置き換えることで実現されている。畳み込み層の内部状態を以下のように表す。

$$y_{ij}^{(\ell)(a)}(t) = y_{ij}^{(\ell)(a)} + \sum_{\tau=1}^T \sum_{\alpha=1}^{N(\ell)} \sum_{x \in W} \sum_{y \in W} v_{ij}^{(\ell)(a, \alpha)} y_{i+x, j+y}^{(\ell)(\alpha)}(t-\tau) \quad (11)$$

また、LSTM の基本構造の例を図 6 に示す。

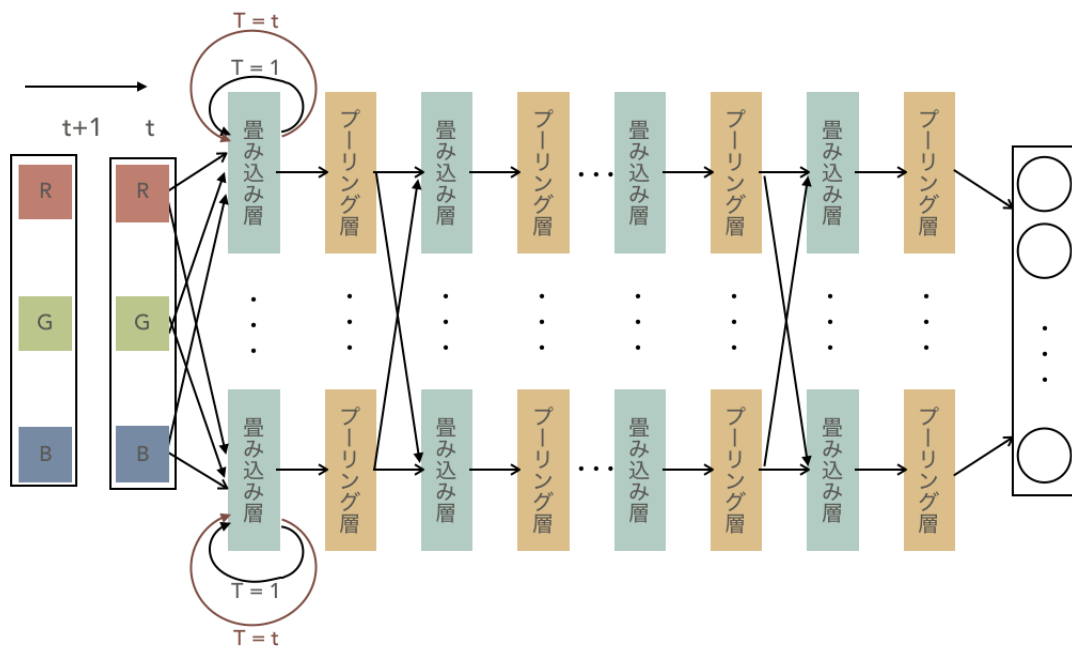


図 7: LSTM の基本構造

### 3 畳み込みニューラルネットワークを用いた表情認識

古くから研究が行われている機械学習の分野では、ネットワークの構成をどうするかということが重要な課題の 1 つとされてきた。

#### 3.1 表情認識のための CNN

本章ではプログラミング言語には Python を用いた。Python の深層学習ライブラリである Keras を用いてネットワークの構成を行った。

今回の実験では、畳み込み層とプーリング層の組み合わせを 1 層と考え、1 層、2 層、3 層での実験を行った。また、用いる CNN について図に示す。畳み込み層において畳み込みという処理を行う際に用いられるのがフィルタと呼ばれるもので、この図の場合はカーネルサイズが  $w$  で、フィルタの枚数が  $N$  枚である。ある素子が入力を受ける範囲のことを受容野と呼び、カーネルサイズとも呼ばれる。畳み込み層には異なる特徴を抽出するフィルタが複数用意されている。最終層では全結合層に、プーリング層から出力が結合する

表 4: 1 層

カーネルサイズ	$3 \times 3$	$5 \times 5$	$7 \times 7$
フィルタ数	24	24	24
	48	48	48
	96	96	96

表 5: 2 層

カーネルサイズ	$3 \times 3$	$3 \times 3$	$5 \times 5$	$5 \times 5$
フィルタ数	48	48	48	48
	48	96	48	96
	96	96	96	96

表 6: 3 層

カーネルサイズ	$3 \times 3$	$3 \times 3$	$3 \times 3$
フィルタ数	48	48	48
	48	96	96

表 7: 2 層追加分

カーネルサイズ	$3 \times 3$	$3 \times 3$	$5 \times 5$	$5 \times 5$
フィルタ数	12	24	12	24
	12	48	12	48
	12	96	12	96
	24	48	24	48
	24	96	24	96

ことによってパターン識別が行われる。それぞれの層数におけるカーネルサイズとフィルタ数の関係を表に示す。ただしこれらは、BAUM-1 と JAFEE 両方に共通する場合のみで、JAFEE について追加で行った分のカーネルサイズとフィルタ数の関係については、表に示す。例えば、層数が 1 層でカーネルサイズが  $3 \times 3$  でフィルタ数が 24 の場合は畳み込み層にて画像データに対し  $3 \times 3$  のフィルタによる畳込み処理を 24 回行い、ゼロパディングを用いてデータのサイズを縮小させないようにするといった操作を行った。また、活性化関数には relu 関数を用いた。  $2 \times 2$  のフィルタを用いてマックスプーリングにより最大値を出力し

表 8: 3 層追加分

カーネルサイズ	$3 \times 3$	$3 \times 3$	$3 \times 3$
フィルタ数	12	48	48
	12	96	96
	24	48	48
	24	96	96

た. スライドはフィルタの大きさと同数とした. その後 2 次元配列で与えられた要素を 1 次元配列にし, 全結合層に与えた. また最適化関数には Adam を用いており, 損失関数には categorical crossentropy を用いた.

### 3.2 表情認識に用いる表情画像

この実験に用いたデータセットは, BAUM-1 と JAFEE の 2 種類で, BAUM-1 は, イスタンブールのマルマラ大学が公開しているデータセットで, 被験者 30 人に様々な画像や動画を見せたときの反応を 10 秒から 20 秒の動画にまとめたものである. 表情は, Anger, Boredom, Bothered, Concentrating, Contempt, Disgust, Fear, Happiness, Neutral,

Sadness, Surprise, Thinking, Unsure の 13 種類である. 本実験ではこの中から, Bothered, Happiness, Neutral, Sadness の 4 種類の表情を用いて実験を行った.

データセット内の人物画像の例を図に示す. それぞれの人物が示す表情についてはデータセットに付属する excel シートから確認し, 訓練データ, 検査データを作成した. また, 確認に用いた excel データの一部を図 9 に示す. JAFEE は, Michael Lyons, Miyuki Kamachi, Jiro Gyoba の 3 人によって提供されている, 日本人女性 10 名の Anger, Disgust, Fear, Happiness,



図 9: BAUM-1 の人物画像の例

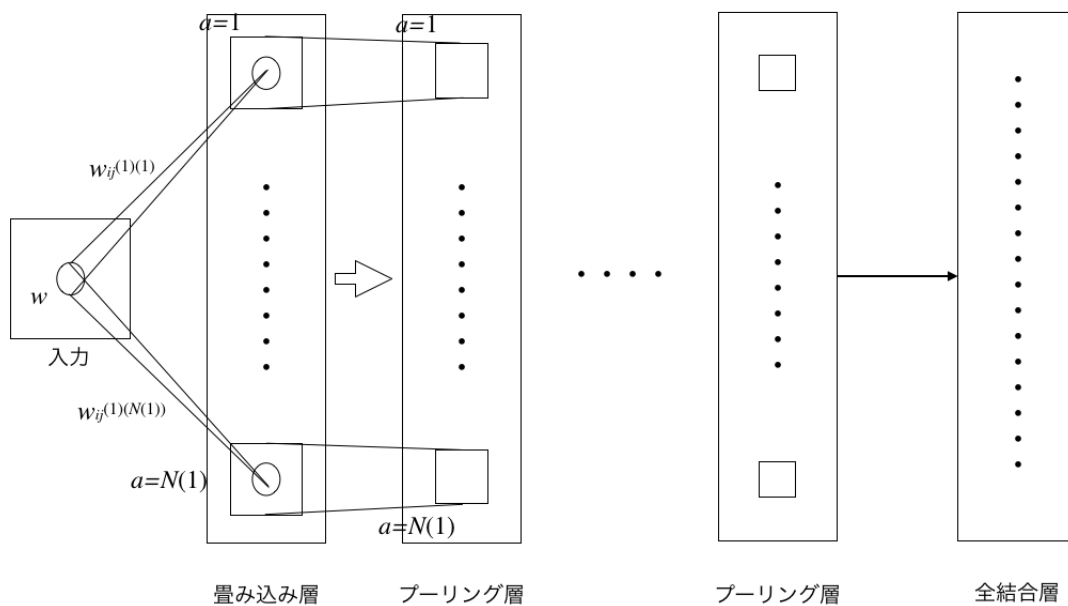


図 8: 畳み込みニューラルネットワークの基本構造

Neutral, Sadness, Surprise の 7 種類の表情を撮影したデータセットで 60 人の日本人学生が表情を評価しているものである。データセット内の人物画像の例を図に示す。これらの人物画像を用いて BAUM-1 の訓練データには各表情男性女性各 3 名ずつ、計 6 名で 3 枚ずつの合計 18 枚、4 表情合計で 72 枚、角度をランダムに変えたもので 5 倍にして 360 枚分を用いた。JAFEE の訓練データには各表情につきコントラストを変えたものを含めて女性 5 名で 36 枚ずつの合計 180 枚、4 表情合計で 720 枚、角度をランダムに変えたもので 2 倍にして 1440 枚分を用いた。

BAUM-1 の検査データには、各表情につき訓練データに用いた人物とは別の男性 2 名と女性 2 名の計 4 名で 4 枚ずつの合計 16 枚、訓練データに用いた人物と同じ男性 3 名女性 3 名の計 6 名で各 1 枚ずつの計 6 枚で、各表情同じ人物と別の人物合わせて 22 枚、4 表情合計で 88 枚とした。JAFEE の検査データには、

各表情につき訓練データに用いた人物と別の女性 2 名で 4 枚ずつの計 8 枚、訓練データに用いた人物と同じ女性 5 名で各 2 枚の計 10 枚で、各表情同じ人物と別の人物合わせて 18 枚、4 表情合計で 72 枚とした。

### 3.3 実験方法

本実験では畳み込みニューラルネットワークを用いて層構造が 1 層, 2 層, 3 層の場合にフィルタ数とカーネルサイズを変更し識別率を調べた。その際に用いる訓練データと検査データは BAUM-1 と JAFEE という 2 つのデータセットから作成した。

### 3.4 結果

それぞれの層数のときのカーネルサイズとフィルタ数による各表情においての識別結果を表に示す。ただし、表から表は BAUM-1 の識別結果を示し、表から表は JAFEE の識別結果を示す。その際に JAFEE の識別結果は訓練データと検査データが同じ人物で構成されている場合は、100 % の識別率を示したため訓練データと検査データが別人物で構成されている場合のみの判別結果を表示する。

Number	Subject Label	Clip	Clip Name	Emotion	Emotion Code	Gender	Age
1	1	5	S001_005	Unsure	13	M	23
2	1	6	S001_006	Thinking	12	M	23
3	1	7	S001_007	Concentrating	4	M	23
4	1	8	S001_008	Concentrating	4	M	23
5	1	9	S001_009	Unsure	13	M	23
6	1	10	S001_010	Happiness	8	M	23
7	1	11	S001_011	Happiness	8	M	23
8	1	12	S001_012	Concentrating	4	M	23
9	1	13	S001_013	Concentrating	4	M	23
10	1	14	S001_014	sadness	10	M	23
11	1	15	S001_015	Anger	1	M	23
12	2	1	S002_001	Neutral	9	M	24
13	2	10	S002_010	Unsure	13	M	24
14	2	11	S002_011	Unsure	13	M	24
15	2	12	S002_012	Concentrating	4	M	24
16	2	13	S002_013	Neutral	9	M	24
17	2	14	S002_014	Concentrating	4	M	24
18	2	15	S002_015	Happiness	8	M	24
19	2	16	S002_016	Unsure	13	M	24
20	2	17	S002_017	Happiness	8	M	24
21	2	18	S002_018	Happiness	8	M	24
22	2	19	S002_019	Neutral	9	M	24
23	2	20	S002_020	Happiness	8	M	24
24	2	21	S002_021	Unsure	13	M	24
25	2	22	S002_022	Happiness	8	M	24

図 10: excel シートの例



図 11: JAFEE の人物画像の例



表 9: 1 層  $3 \times 3$  Bothered

	24	48	96
1	Sadness	Sadness	Sadness
2	Sadness	Sadness	Sadness
3	Sadness	Sadness	Sadness
4	Sadness	Sadness	Sadness
5	Bothered	Bothered	Bothered
6	Bothered	Bothered	Bothered
7	Neutral	Neutral	Neutral
8	Sadness	Happiness	Happiness
9	Happiness	Happiness	Happiness
10	Bothered	Bothered	Bothered
11	Neutral	Neutral	Neutral
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Sadness	Bothered	Bothered
14	Neutral	Neutral	Bothered
15	Sadness	Sadness	Sadness
16	Sadness	Sadness	Sadness
17	Happiness	Happiness	Happiness
18	Happiness	Happiness	Happiness
19	Sadness	Sadness	Sadness
20	Sadness	Sadness	Sadness
21	Bothered	Bothered	Bothered
22	Bothered	Bothered	Bothered
正答数	5	6	7

表 11: 1 層  $3 \times 3$  Neutral

	24	48	96
1	Neutral	Neutral	Neutral
2	Bothered	Bothered	Bothered
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Bothered	Neutral	Neutral
5	Bothered	Bothered	Sadness
6	Bothered	Neutral	Neutral
7	Bothered	Happiness	Bothered
8	Bothered	Bothered	Bothered
9	Bothered	Neutral	Neutral
10	Bothered	Happiness	Neutral
11	Neutral	Neutral	Neutral
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Neutral	Neutral	Neutral
14	Bothered	Bothered	Bothered
15	Bothered	Neutral	Neutral
16	Neutral	Neutral	Neutral
17	Neutral	Neutral	Neutral
18	Bothered	Bothered	Sadness
19	Bothered	Bothered	Sadness
20	Neutral	Neutral	Neutral
21	Bothered	Bothered	Sadness
22	Bothered	Bothered	Bothered
正答数	8	12	13

表 10: 1 層  $3 \times 3$  Happiness

	24	48	96
1	Happiness	Happiness	Happiness
2	Neutral	Neutral	Neutral
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Happiness	Happiness	Happiness
5	Neutral	Neutral	Neutral
6	Sadness	Sadness	Sadness
7	Sadness	Sadness	Sadness
8	Happiness	Happiness	Happiness
9	Neutral	Happiness	Happiness
10	Neutral	Happiness	Bothered
11	Sadness	Sadness	Sadness
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Happiness	Happiness	Happiness
14	Bothered	Neutral	Neutral
15	Happiness	Happiness	Happiness
16	Happiness	Happiness	Happiness
17	Bothered	Neutral	Neutral
18	Sadness	Sadness	Sadness
19	Happiness	Happiness	Happiness
20	Neutral	Neutral	Neutral
21	Happiness	Neutral	Happiness
22	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	9	10	10

表 12: 1 層  $3 \times 3$  Sadness

	24	48	96
1	Bothered	Bothered	Bothered
2	Sadness	Sadness	Sadness
3	Bothered	Bothered	Bothered
4	Sadness	Sadness	Sadness
5	Bothered	Neutral	Neutral
6	Happiness	Bothered	Bothered
7	Sadness	Sadness	Sadness
8	Bothered	Bothered	Bothered
9	Happiness	Bothered	Bothered
10	Bothered	Neutral	Neutral
11	Bothered	Bothered	Bothered
12	Bothered	Neutral	Neutral
13	Bothered	Neutral	Neutral
14	Bothered	Happiness	Bothered
15	Bothered	Bothered	Bothered
16	Bothered	Bothered	Bothered
17	Sadness	Sadness	Sadness
18	Happiness	Bothered	Bothered
19	Sadness	Sadness	Sadness
20	Sadness	Sadness	Sadness
21	Bothered	Happiness	Bothered
22	Bothered	Bothered	Bothered
正答数	6	6	6

表 13: 1 層  $5 \times 5$  Bothered

	24	48	96
1	Sadness	Sadness	Sadness
2	Sadness	Sadness	Sadness
3	Sadness	Sadness	Sadness
4	Sadness	Sadness	Sadness
5	Bothered	Bothered	Bothered
6	Bothered	Bothered	Bothered
7	Neutral	Sadness	Bothered
8	Happiness	Neutral	Happiness
9	Happiness	Neutral	Happiness
10	Bothered	Bothered	Bothered
11	Neutral	Sadness	Bothered
12	Neutral	Sadness	Bothered
13	Bothered	Bothered	Bothered
14	Neutral	Sadness	Bothered
15	Sadness	Sadness	Sadness
16	Sadness	Sadness	Sadness
17	Happiness	Happiness	Happiness
18	Happiness	Happiness	Happiness
19	Sadness	Bothered	Sadness
20	Sadness	Bothered	Neutral
21	Bothered	Sadness	Bothered
22	Bothered	Happiness	Bothered
正答数	6	6	10

表 15: 1 層  $5 \times 5$  Neutral

	24	48	96
1	Sadness	Sadness	Sadness
2	Bothered	Sadness	Bothered
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Bothered	Neutral	Bothered
5	Bothered	Sadness	Sadness
6	Sadness	Sadness	Neutral
7	Bothered	Neutral	Bothered
8	Neutral	Sadness	Bothered
9	Bothered	Neutral	Bothered
10	Bothered	Neutral	Bothered
11	Neutral	Neutral	Neutral
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Neutral	Neutral	Neutral
14	Bothered	Sadness	Bothered
15	Neutral	Sadness	Neutral
16	Neutral	Neutral	Neutral
17	Neutral	Neutral	Neutral
18	Neutral	Sadness	Sadness
19	Sadness	Sadness	Sadness
20	Sadness	Sadness	Sadness
21	Bothered	Sadness	Bothered
22	Bothered	Sadness	Bothered
正答数	9	10	8

表 14: 1 層  $5 \times 5$  Happiness

	24	48	96
1	Neutral	Neutral	Bothered
2	Neutral	Sadness	Bothered
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Neutral	Neutral	Happiness
5	Neutral	Neutral	Neutral
6	Sadness	Sadness	Sadness
7	Sadness	Sadness	Sadness
8	Neutral	Neutral	Neutral
9	Happiness	Neutral	Happiness
10	Neutral	Sadness	Happiness
11	Sadness	Sadness	Sadness
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Happiness	Happiness	Happiness
14	Neutral	Neutral	Bothered
15	Happiness	Happiness	Happiness
16	Happiness	Happiness	Happiness
17	Neutral	Neutral	Neutral
18	Sadness	Sadness	Sadness
19	Happiness	Happiness	Happiness
20	Neutral	Neutral	Neutral
21	Neutral	Neutral	Neutral
22	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	6	5	8

表 16: 1 層  $5 \times 5$  Sadness

	24	48	96
1	Bothered	Bothered	Bothered
2	Sadness	Sadness	Sadness
3	Neutral	Sadness	Happiness
4	Sadness	Sadness	Sadness
5	Neutral	Neutral	Neutral
6	Bothered	Bothered	Bothered
7	Sadness	Sadness	Sadness
8	Sadness	Sadness	Bothered
9	Bothered	Bothered	Bothered
10	Neutral	Neutral	Neutral
11	Sadness	Sadness	Bothered
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Neutral	Neutral	Neutral
14	Neutral	Sadness	Happiness
15	Bothered	Bothered	Bothered
16	Bothered	Sadness	Bothered
17	Sadness	Sadness	Sadness
18	Bothered	Bothered	Bothered
19	Sadness	Sadness	Sadness
20	Sadness	Sadness	Sadness
21	Bothered	Bothered	Bothered
22	Sadness	Sadness	Sadness
正答数	9	12	7

表 17: 1 層  $7 \times 7$  Bothered

	24	48	96
1	Sadness	Bothered	Sadness
2	Sadness	Neutral	Sadness
3	Sadness	Sadness	Sadness
4	Sadness	Sadness	Sadness
5	Bothered	Bothered	Bothered
6	Bothered	Bothered	Bothered
7	Neutral	Neutral	Neutral
8	Happiness	Neutral	Happiness
9	Happiness	Neutral	Happiness
10	Bothered	Bothered	Bothered
11	Neutral	Neutral	Neutral
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Bothered	Bothered	Bothered
14	Neutral	Neutral	Neutral
15	Neutral	Neutral	Sadness
16	Neutral	Neutral	Sadness
17	Happiness	Neutral	Happiness
18	Happiness	Neutral	Happiness
19	Sadness	Sadness	Sadness
20	Neutral	Neutral	Sadness
21	Bothered	Bothered	Bothered
22	Bothered	Bothered	Bothered
正答数	6	7	6

表 19: 1 層  $7 \times 7$  Neutral

	24	48	96
1	Sadness	Bothered	Sadness
2	Sadness	Neutral	Neutral
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Bothered	Bothered	Happiness
5	Bothered	Neutral	Neutral
6	Neutral	Happiness	Neutral
7	Bothered	Neutral	Happiness
8	Sadness	Neutral	Neutral
9	Bothered	Happiness	Happiness
10	Bothered	Bothered	Happiness
11	Neutral	Sadness	Neutral
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Neutral	Happiness	Neutral
14	Sadness	Neutral	Neutral
15	Sadness	Happiness	Neutral
16	Neutral	Happiness	Neutral
17	Neutral	Neutral	Neutral
18	Neutral	Sadness	Neutral
19	Sadness	Happiness	Neutral
20	Sadness	Neutral	Sadness
21	Neutral	Neutral	Neutral
22	Bothered	Happiness	Neutral
正答数	9	10	16

表 18: 1 層  $7 \times 7$  Happiness

	24	48	96
1	Neutral	Bothered	Happiness
2	Neutral	Neutral	Happiness
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Neutral	Bothered	Happiness
5	Neutral	Neutral	Neutral
6	Sadness	Happiness	Sadness
7	Neutral	Neutral	Sadness
8	Neutral	Neutral	Happiness
9	Happiness	Happiness	Happiness
10	Bothered	Bothered	Happiness
11	Sadness	Sadness	Sadness
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Happiness	Happiness	Happiness
14	Bothered	Neutral	Neutral
15	Happiness	Happiness	Happiness
16	Happiness	Happiness	Happiness
17	Bothered	Neutral	Neutral
18	Sadness	Sadness	Sadness
19	Happiness	Happiness	Happiness
20	Neutral	Neutral	Neutral
21	Neutral	Neutral	Happiness
22	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	6	7	12

表 20: 1 層  $7 \times 7$  Sadness

	24	48	96
1	Sadness	Sadness	Bothered
2	Sadness	Sadness	Sadness
3	Bothered	Bothered	Happiness
4	Sadness	Sadness	Sadness
5	Neutral	Neutral	Neutral
6	Bothered	Bothered	Bothered
7	Sadness	Sadness	Sadness
8	Sadness	Sadness	Happiness
9	Bothered	Bothered	Happiness
10	Neutral	Neutral	Neutral
11	Sadness	Sadness	Happiness
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Neutral	Neutral	Neutral
14	Bothered	Bothered	Happiness
15	Bothered	Bothered	Bothered
16	Bothered	Bothered	Happiness
17	Sadness	Sadness	Sadness
18	Bothered	Bothered	Bothered
19	Sadness	Sadness	Sadness
20	Sadness	Sadness	Sadness
21	Bothered	Bothered	Happiness
22	Sadness	Sadness	Happiness
正答数	10	10	6

表 21: 2 層  $3 \times 3$  Bothered

	48 48	48 96	96 96
1	Bothered	Bothered	Bothered
2	Sadness	Sadness	Neutral
3	Bothered	Sadness	Bothered
4	Bothered	Sadness	Bothered
5	Bothered	Bothered	Bothered
6	Bothered	Bothered	Happiness
7	Bothered	Bothered	Happiness
8	Happiness	Happiness	Happiness
9	Happiness	Happiness	Happiness
10	Bothered	Bothered	Bothered
11	Bothered	Bothered	Happiness
12	Bothered	Bothered	Happiness
13	Sadness	Sadness	Bothered
14	Bothered	Bothered	Happiness
15	Sadness	Sadness	Happiness
16	Sadness	Sadness	Happiness
17	Happiness	Happiness	Happiness
18	Happiness	Happiness	Happiness
19	Sadness	Sadness	Bothered
20	Sadness	Sadness	Neutral
21	Bothered	Bothered	Happiness
22	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	11	9	7

表 23: 2 層  $3 \times 3$  Neutral

	48 48	48 96	96 96
1	Sadness	Neutral	Happiness
2	Bothered	Bothered	Bothered
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Happiness	Happiness	Bothered
5	Bothered	Bothered	Happiness
6	Bothered	Bothered	Sadness
7	Happiness	Happiness	Bothered
8	Bothered	Bothered	Happiness
9	Happiness	Happiness	Bothered
10	Happiness	Happiness	Bothered
11	Neutral	Neutral	Neutral
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Neutral	Happiness	Neutral
14	Bothered	Bothered	Happiness
15	Bothered	Bothered	Happiness
16	Neutral	Neutral	Neutral
17	Neutral	Neutral	Neutral
18	Bothered	Bothered	Happiness
19	Bothered	Bothered	Happiness
20	Sadness	Neutral	Happiness
21	Bothered	Bothered	Happiness
22	Bothered	Bothered	Bothered
正答数	6	7	6

表 22: 2 層  $3 \times 3$  Happiness

	48 48	48 96	96 96
1	Happiness	Happiness	Bothered
2	Happiness	Happiness	Bothered
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Happiness	Happiness	Happiness
5	Neutral	Neutral	Neutral
6	Sadness	Sadness	Happiness
7	Sadness	Neutral	Happiness
8	Happiness	Happiness	Bothered
9	Neutral	Happiness	Happiness
10	Happiness	Happiness	Bothered
11	Sadness	Sadness	Happiness
12	Neutral	Neutral	Neutral
13	Happiness	Happiness	Happiness
14	Happiness	Happiness	Bothered
15	Happiness	Happiness	Happiness
16	Happiness	Happiness	Happiness
17	Happiness	Happiness	Bothered
18	Sadness	Sadness	Happiness
19	Happiness	Happiness	Happiness
20	Neutral	Neutral	Happiness
21	Happiness	Happiness	Bothered
22	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	13	14	12

表 24: 2 層  $3 \times 3$  Sadness

	48 48	48 96	96 96
1	Bothered	Bothered	Bothered
2	Sadness	Sadness	Sadness
3	Bothered	Bothered	Happiness
4	Sadness	Sadness	Sadness
5	Bothered	Bothered	Happiness
6	Happiness	Happiness	Bothered
7	Happiness	Happiness	Sadness
8	Bothered	Bothered	Bothered
9	Happiness	Happiness	Bothered
10	Bothered	Bothered	Happiness
11	Bothered	Bothered	Bothered
12	Bothered	Bothered	Happiness
13	Bothered	Bothered	Happiness
14	Bothered	Bothered	Happiness
15	Happiness	Happiness	Bothered
16	Bothered	Bothered	Happiness
17	Sadness	Sadness	Sadness
18	Happiness	Happiness	Happiness
19	Sadness	Sadness	Sadness
20	Sadness	Sadness	Sadness
21	Happiness	Happiness	Happiness
22	Bothered	Bothered	Bothered
正答数	5	5	6

表 25: 2 層 5 × 5 Bothered

	48 48	48 96	96 96
1	Bothered	Neutral	Bothered
2	Sadness	Happiness	Happiness
3	Bothered	Neutral	Sadness
4	Bothered	Neutral	Bothered
5	Bothered	Bothered	Bothered
6	Happiness	Bothered	Bothered
7	Happiness	Bothered	Neutral
8	Happiness	Happiness	Neutral
9	Happiness	Happiness	Neutral
10	Bothered	Bothered	Bothered
11	Happiness	Bothered	Neutral
12	Bothered	Bothered	Neutral
13	Bothered	Bothered	Bothered
14	Happiness	Bothered	Neutral
15	Happiness	Happiness	Happiness
16	Happiness	Happiness	Happiness
17	Happiness	Happiness	Neutral
18	Happiness	Happiness	Neutral
19	Bothered	Neutral	Bothered
20	Sadness	Happiness	Happiness
21	Happiness	Bothered	Bothered
22	Happiness	Bothered	Bothered
正答数	8	10	9

表 27: 2 層 5 × 5 Neutral

	48 48	48 96	96 96
1	Happiness	Happiness	Sadness
2	Happiness	Neutral	Bothered
3	Neutral	Neutral	Neutral
4	Happiness	Happiness	Bothered
5	Happiness	Bothered	Sadness
6	Sadness	Sadness	Sadness
7	Happiness	Happiness	Bothered
8	Happiness	Happiness	Sadness
9	Happiness	Happiness	Bothered
10	Happiness	Happiness	Bothered
11	Neutral	Neutral	Neutral
12	Happiness	Happiness	Sadness
13	Happiness	Bothered	Neutral
14	Happiness	Neutral	Happiness
15	Sadness	Sadness	Sadness
16	Bothered	Neutral	Neutral
17	Neutral	Neutral	Neutral
18	Happiness	Happiness	Happiness
19	Happiness	Happiness	Sadness
20	Happiness	Happiness	Sadness
21	Happiness	Happiness	Neutral
22	Bothered	Neutral	Bothered
正答数	3	7	6

表 26: 2 層 5 × 5 Happiness

	48 48	48 96	96 96
1	Bothered	Neutral	Bothered
2	Neutral	Bothered	Neutral
3	Neutral	Bothered	Neutral
4	Bothered	Neutral	Bothered
5	Neutral	Bothered	Neutral
6	Happiness	Neutral	Sadness
7	Happiness	Neutral	Sadness
8	Neutral	Neutral	Sadness
9	Happiness	Bothered	Happiness
10	Bothered	Bothered	Bothered
11	Happiness	Neutral	Sadness
12	Neutral	Bothered	Neutral
13	Happiness	Happiness	Sadness
14	Bothered	Neutral	Bothered
15	Happiness	Happiness	Happiness
16	Happiness	Bothered	Happiness
17	Sadness	Neutral	Bothered
18	Happiness	Neutral	Sadness
19	Happiness	Happiness	Happiness
20	Neutral	Bothered	Neutral
21	Bothered	Neutral	Sadness
22	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	9	4	5

表 28: 2 層 5 × 5 Sadness

	48 48	48 96	96 96
1	Happiness	Happiness	Sadness
2	Sadness	Bothered	Sadness
3	Happiness	Happiness	Bothered
4	Sadness	Sadness	Sadness
5	Neutral	Bothered	Neutral
6	Happiness	Neutral	Bothered
7	Sadness	Neutral	Sadness
8	Happiness	Happiness	Sadness
9	Happiness	Neutral	Bothered
10	Happiness	Bothered	Neutral
11	Sadness	Happiness	Sadness
12	Happiness	Neutral	Neutral
13	Happiness	Neutral	Neutral
14	Happiness	Happiness	Bothered
15	Happiness	Neutral	Bothered
16	Happiness	Happiness	Bothered
17	Happiness	Happiness	Sadness
18	Happiness	Neutral	Bothered
19	Happiness	Sadness	Sadness
20	Bothered	Sadness	Sadness
21	Happiness	Happiness	Bothered
22	Sadness	Happiness	Sadness
正答数	5	3	10

表 29: 3 層  $3 \times 3$  Bothered

	48 48 48	48 96 96
1	Neutral	Neutral
2	Sadness	Sadness
3	Neutral	Neutral
4	Neutral	Bothered
5	Bothered	Bothered
6	Sadness	Sadness
7	Bothered	Bothered
8	Neutral	Neutral
9	Neutral	Sadness
10	Sadness	Sadness
11	Neutral	Sadness
12	Neutral	Neutral
13	Neutral	Sadness
14	Neutral	Sadness
15	Neutral	Sadness
16	Neutral	Sadness
17	Happiness	Happiness
18	Sadness	Sadness
19	Bothered	Bothered
20	Neutral	Bothered
21	Neutral	Neutral
22	Neutral	Neutral
正答数	3	5

表 31: 3 層  $3 \times 3$  Neutral

	48 48 48	48 96 96
1	Neutral	Neutral
2	Bothered	Bothered
3	Sadness	Sadness
4	Neutral	Neutral
5	Sadness	Sadness
6	Bothered	Bothered
7	Neutral	Neutral
8	Neutral	Neutral
9	Sadness	Sadness
10	Neutral	Neutral
11	Neutral	Neutral
12	Sadness	Sadness
13	Neutral	Neutral
14	Neutral	Neutral
15	Neutral	Neutral
16	Sadness	Sadness
17	Neutral	Neutral
18	Neutral	Neutral
19	Bothered	Bothered
20	Neutral	Neutral
21	Bothered	Bothered
22	Neutral	Neutral
正答数	9	9

表 30: 3 層  $3 \times 3$  Happiness

	48 48 48	48 96 96
1	Happiness	Sadness
2	Happiness	Neutral
3	Neutral	Neutral
4	Happiness	Neutral
5	Sadness	Sadness
6	Happiness	Neutral
7	Sadness	Sadness
8	Neutral	Neutral
9	Neutral	Neutral
10	Neutral	Neutral
11	Happiness	Neutral
12	Happiness	Happiness
13	Happiness	Neutral
14	Sadness	Sadness
15	Sadness	Sadness
16	Happiness	Sadness
17	Happiness	Happiness
18	Neutral	Neutral
19	Neutral	Neutral
20	Neutral	Neutral
21	Happiness	Sadness
22	Happiness	Sadness
正答数	11	2

表 32: 3 層  $3 \times 3$  Sadness

	48 48 48	48 96 96
1	Neutral	Neutral
2	Neutral	Neutral
3	Sadness	Sadness
4	Neutral	Neutral
5	Neutral	Neutral
6	Neutral	Neutral
7	Sadness	Sadness
8	Sadness	Sadness
9	Happiness	Happiness
10	Neutral	Neutral
11	Bothered	Bothered
12	Bothered	Bothered
13	Neutral	Neutral
14	Neutral	Neutral
15	Sadness	Sadness
16	Bothered	Bothered
17	Neutral	Neutral
18	Bothered	Bothered
19	Bothered	Bothered
20	Neutral	Neutral
21	Sadness	Sadness
22	Sadness	Sadness
正答数	6	6

表 33: 1 層  $3 \times 3$  Anger

	24	48	96
1	Anger	Anger	Anger
2	Sadness	Sadness	Happiness
3	Sadness	Sadness	Happiness
4	Sadness	Sadness	Happiness
5	Anger	Anger	Anger
6	Sadness	Sadness	Happiness
7	Anger	Anger	Anger
8	Anger	Anger	Anger
正答数	4	4	4

表 37: 1 層  $5 \times 5$  Anger

	24	48	96
1	Anger	Anger	Anger
2	Happiness	Happiness	Happiness
3	Happiness	Happiness	Happiness
4	Happiness	Happiness	Happiness
5	Anger	Anger	Anger
6	Happiness	Happiness	Happiness
7	Anger	Anger	Anger
8	Anger	Anger	Anger
正答数	4	4	4

表 34: 1 層  $3 \times 3$  Happiness

	24	48	96
1	Happiness	Happiness	Happiness
2	Happiness	Happiness	Happiness
3	Happiness	Happiness	Happiness
4	Happiness	Happiness	Happiness
5	Happiness	Happiness	Happiness
6	Happiness	Happiness	Happiness
7	Happiness	Happiness	Happiness
8	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	8	8	8

表 38: 1 層  $5 \times 5$  Happiness

	24	48	96
1	Happiness	Happiness	Happiness
2	Happiness	Happiness	Happiness
3	Happiness	Happiness	Happiness
4	Happiness	Happiness	Happiness
5	Happiness	Happiness	Happiness
6	Happiness	Happiness	Happiness
7	Happiness	Happiness	Happiness
8	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	8	8	8

表 35: 1 層  $3 \times 3$  Sadness

	24	48	96
1	Surprise	Surprise	Surprise
2	Surprise	Surprise	Surprise
3	Surprise	Surprise	Surprise
4	Surprise	Surprise	Surprise
5	Surprise	Surprise	Surprise
6	Surprise	Surprise	Surprise
7	Surprise	Surprise	Surprise
8	Surprise	Surprise	Surprise
正答数	0	0	0

表 39: 1 層  $5 \times 5$  Sadness

	24	48	96
1	Surprise	Happiness	Happiness
2	Happiness	Sadness	Happiness
3	Surprise	Happiness	Surprise
4	Surprise	Happiness	Surprise
5	Happiness	Sadness	Happiness
6	Happiness	Anger	Happiness
7	Surprise	Happiness	Happiness
8	Happiness	Anger	Happiness
正答数	0	0	0

表 36: 1 層  $3 \times 3$  Surprise

	24	48	96
1	Happiness	Surprise	Surprise
2	Anger	Surprise	Surprise
3	Happiness	Surprise	Surprise
4	Anger	Happiness	Sadness
5	Surprise	Surprise	Surprise
6	Anger	Happiness	Surprise
7	Anger	Happiness	Surprise
8	Surprise	Happiness	Surprise
正答数	2	4	7

表 40: 1 層  $5 \times 5$  Surprise

	24	48	96
1	Anger	Happiness	Surprise
2	Happiness	Anger	Surprise
3	Anger	Happiness	Happiness
4	Happiness	Anger	Happiness
5	Anger	Surprise	Surprise
6	Happiness	Anger	Happiness
7	Happiness	Anger	Happiness
8	Anger	Surprise	Surprise
正答数	0	2	4

表 41: 1 層  $7 \times 7$  Anger

	24	48	96
1	Anger	Surprise	Anger
2	Happiness	Happiness	Happiness
3	Anger	Happiness	Happiness
4	Happiness	Surprise	Happiness
5	Anger	Happiness	Anger
6	Happiness	Happiness	Happiness
7	Anger	Anger	Anger
8	Anger	Anger	Anger
正答数	5	2	4

表 42: 1 層  $7 \times 7$  Happiness

	24	48	96
1	Happiness	Happiness	Happiness
2	Anger	Happiness	Happiness
3	Anger	Happiness	Happiness
4	Happiness	Happiness	Happiness
5	Anger	Happiness	Happiness
6	Anger	Happiness	Happiness
7	Happiness	Happiness	Happiness
8	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	4	8	8

表 43: 1 層  $7 \times 7$  Sadness

	24	48	96
1	Happiness	Happiness	Happiness
2	Surprise	Surprise	Happiness
3	Happiness	Happiness	Surprise
4	Happiness	Happiness	Surprise
5	Surprise	Surprise	Happiness
6	Surprise	Surprise	Happiness
7	Happiness	Happiness	Happiness
8	Surprise	Surprise	Happiness
正答数	0	0	0

表 44: 1 層  $7 \times 7$  Surprise

	24	48	96
1	Surprise	Happiness	Happiness
2	Happiness	Anger	Surprise
3	Happiness	Happiness	Happiness
4	Anger	Anger	Surprise
5	Surprise	Surprise	Happiness
6	Happiness	Anger	Happiness
7	Happiness	Anger	Happiness
8	Surprise	Surprise	Happiness
正答数	3	2	2



表 45: 2 層  $3 \times 3$  Anger

	12 24	12 48	12 96	24 48	24 96	48 48	48 96	96 96
1	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
2	Anger	Anger	Happiness	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
3	Anger	Anger	Happiness	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
4	Sadness	Anger	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Anger	Anger
5	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
6	Sadness	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Anger	Anger
7	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
8	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
正答数	6	8	5	6	6	6	8	8

表 46: 2 層  $3 \times 3$  Happiness

	12 24	12 48	12 96	24 48	24 96	48 48	48 96	96 96
1	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
2	Happiness	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
3	Happiness	Anger	Surprise	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
4	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
5	Happiness	Anger	Surprise	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
6	Happiness	Anger	Happiness	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
7	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
8	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	8	4	6	5	8	8	8	8

表 47: 2 層  $3 \times 3$  Sadness

	12 24	12 48	12 96	24 48	24 96	48 48	48 96	96 96
1	Anger	Surprise	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
2	Happiness	Happiness	Happiness	Sadness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness
3	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
4	Happiness	Surprise	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
5	Anger	Happiness	Anger	Sadness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness
6	Happiness	Happiness	Happiness	Sadness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness
7	Anger	Anger	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
8	Anger	Anger	Anger	Sadness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	5	2	4	4	4	0	0	0

表 48: 2 層  $3 \times 3$  Surprise

	12 24	12 48	12 96	24 48	24 96	48 48	48 96	96 96
1	Happiness	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise
2	Happiness	Anger	Surprise	Anger	Sadness	Surprise	Surprise	Surprise
3	Happiness	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise
4	Happiness	Surprise	Surprise	Anger	Anger	Surprise	Surprise	Surprise
5	Happiness	Anger	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise
6	Happiness	Surprise	Surprise	Anger	Sadness	Surprise	Surprise	Surprise
7	Happiness	Anger	Surprise	Sadness	Sadness	Surprise	Surprise	Surprise
8	Happiness	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise
正答数	0	4	8	4	4	8	8	8

表 49: 2 層  $5 \times 5$  Anger

	12 24	12 48	12 96	24 48	24 96	48 48	48 96	96 96
1	Anger	Anger	Surprise	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
2	Sadness	Sadness	Sadness	Anger	Anger	Sadness	Anger	Happiness
3	Sadness	Sadness	Sadness	Anger	Anger	Sadness	Anger	Happiness
4	Sadness	Sadness	Sadness	Anger	Anger	Sadness	Anger	Happiness
5	Anger	Anger	Surprise	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
6	Sadness	Sadness	Sadness	Happiness	Anger	Sadness	Anger	Happiness
7	Anger	Anger	Sadness	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
8	Anger	Anger	Surprise	Anger	Anger	Anger	Anger	Anger
正答数	4	4	0	7	8	4	8	4

表 50: 2 層  $5 \times 5$  Happiness

	12 24	12 48	12 96	24 48	24 96	48 48	48 96	96 96
1	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
2	Happiness	Happiness	Happiness	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
3	Happiness	Happiness	Happiness	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
4	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
5	Happiness	Happiness	Happiness	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
6	Happiness	Happiness	Happiness	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
7	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
8	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
正答数	8	8	8	4	8	8	8	8

表 51: 2 層  $5 \times 5$  Sadness

	12 24	12 48	12 96	24 48	24 96	48 48	48 96	96 96
1	Surprise	Happiness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
2	Happiness	Surprise	Happiness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness	Sadness
3	Happiness	Happiness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
4	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
5	Surprise	Surprise	Surprise	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Sadness
6	Surprise	Surprise	Happiness	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Surprise
7	Happiness	Happiness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
8	Happiness	Surprise	Happiness	Sadness	Happiness	Happiness	Happiness	Surprise
正答数	0	0	3	2	0	0	0	2

表 52: 2 層  $5 \times 5$  Surprise

	12 24	12 48	12 96	24 48	24 96	48 48	48 96	96 96
1	Happiness	Surprise	Surprise	Surprise	Happiness	Happiness	Happiness	Surprise
2	Surprise	Surprise	Surprise	Anger	Surprise	Surprise	Happiness	Surprise
3	Happiness	Surprise	Surprise	Surprise	Happiness	Happiness	Happiness	Surprise
4	Surprise	Surprise	Anger	Anger	Happiness	Surprise	Happiness	Surprise
5	Happiness	Surprise	Surprise	Surprise	Happiness	Happiness	Happiness	Surprise
6	Surprise	Surprise	Surprise	Anger	Surprise	Surprise	Happiness	Surprise
7	Surprise	Surprise	Surprise	Anger	Surprise	Surprise	Happiness	Surprise
8	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Happiness	Happiness	Happiness	Surprise
正答数	5	8	7	4	3	4	0	8

表 53: 3 層  $3 \times 3$  Anger

	12 48 48	12 96 96	24 48 48	24 96 96	48 48 48	48 96 96
1	Anger	Anger	Anger	Anger	Surprise	Anger
2	Anger	Anger	Happiness	Anger	Happiness	Sadness
3	Anger	Anger	Happiness	Anger	Anger	Anger
4	Anger	Sadness	Happiness	Sadness	Anger	Anger
5	Anger	Anger	Anger	Anger	Surprise	Surprise
6	Anger	Sadness	Happiness	Sadness	Happiness	Sadness
7	Anger	Anger	Anger	Anger	Surprise	Anger
8	Anger	Anger	Anger	Anger	Surprise	Anger
正答数	8	6	4	6	2	5

表 54: 3 層  $3 \times 3$  Happiness

	12 48 48	12 96 96	24 48 48	24 96 96	48 48 48	48 96 96
1	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
2	Anger	Surprise	surprise	Happiness	Anger	Surprise
3	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Anger	Happiness
4	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
5	Anger	Happiness	Happiness	Happiness	Anger	Anger
6	Anger	Surprise	Surprise	Happiness	Anger	Anger
7	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
8	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Surprise
正答数	4	6	6	8	4	4

表 55: 3 層  $3 \times 3$  Sadness

	12 48 48	12 96 96	24 48 48	24 96 96	48 48 48	48 96 96
1	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Sadness	Sadness
2	Anger	Anger	Happiness	Surprise	Anger	Anger
3	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Sadness	Sadness
4	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
5	Anger	Anger	Happiness	Surprise	Anger	Anger
6	Anger	Anger	Anger	Surprise	Anger	Anger
7	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness	Happiness
8	Anger	Anger	Happiness	Surprise	Anger	Anger
正答数	0	0	0	0	2	2

表 56: 3 層  $3 \times 3$  Surprise

	12 48 48	12 96 96	24 48 48	24 96 96	48 48 48	48 96 96
1	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise
2	Anger	Surprise	Surprise	Happiness	Surprise	Surprise
3	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise
4	Anger	Surprise	Surprise	Anger	Surprise	Surprise
5	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise
6	Anger	Surprise	Surprise	Happiness	Surprise	Surprise
7	Anger	Surprise	Surprise	Happiness	Surprise	Surprise
8	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise	Surprise
正答数	4	8	8	4	8	8

## 4 考察

本実験では、フィルタサイズとフィルタの枚数を別とした、3種類の層構造のCNNによって4種類の表情の分類を行った。1層では、どのカーネルサイズにおいてもフィルタ数を増やすことにより同等以上の識別率となった。カーネルサイズによる違いはあまり大きい数値の変化はなかった。この結果から、1層の場合ではカーネルサイズによる変化はあまりないが、フィルタ数の増加による識別率向上を望むことができると考えられる。一般的にカーネルサイズを小さくすることにより、得られる特徴量が増えるので識別率の向上が考えられるが、1層の場合は畳み込み層が1層なのであまりその恩恵を受けられなかったのではないかと考えられる。フィルタの数を増やすことによっても、特徴マップの数を増やせるので識別率が向上することが考えられるが結果のようにフィルタの数の増加による識別率の向上が見られた。フィルタのサイズで識別率の2層の場合にはフィルタの数が48と48、48と96のときに比べて、96と96のときの識別率はあまり低下しなかった。カーネルサイズが $3 \times 3$ のときに比べて $5 \times 5$ の場合には高い識別率を示した。これはカーネルサイズが大きいほど識別率が下がるが畳み込み層が2層に増えたことによる特徴量の減少が理由だと考えられる。3層の場合には、1層、2層のときに比べて識別率が落ちてしまっていた。以上よりフィルタの枚数については、層数が1の場合には増やすことによる認識率の向上を望むことができたが、総数が2層、3層と増えていくとフィルタの枚数が増えるにつれて識別率の低下も見られるようになったため、単純に増やすことによる識別率の向上は認められないのではないかと考えられる。識別率が上がらなかった理由として考えられる点は、かさ増しをしたが十分とは言えない訓練データの枚数と、表情画像を選ぶ際に動画をフレームごとに切り、それをエクセルシートで確認しながら選ぶ際に目視で選んだことによる主観の違い、などが原因だと考えられる。訓練データの数が少ないと得られる特徴が少なくなり、それに伴って識別率も低下してしまっただと考えられる。以上の結果からわかることは、層数、フィルター数、カーネルサイズの違いによって識別率の変化があるため、表情認識を行うにあたってネットワークの構造の見直しを行うことにより認識率を上げることは可能であると考えられる。

## 5 まとめと今後の課題

### 5.1 まとめ

本研究では, CNN の構造の違いによる表情認識性能を明らかにすることを目的とした. その結果, 層の深さ, カーネルサイズやフィルタの枚数を適したものにすることにより認識率を高めることが可能であることがわかった. 識別率自体は半分を上回るものがなかったが, その理由として Bothered と Sadness のような悩みと悲しみという似たような表情で人間でも判断の難しい表情を選択したことや, 髪の毛や肌など表情認識に必要な部分の特徴を得ていたり, 適切なデータの数を用意できなかったことが考えられる. よって今後の課題としては, 表情認識に用いる適切な表情選択や, 表情変化がわかる目や口などを重点的に判別することや, 表情認識に用いるデータを収集し, 適切な数で表情認識をすることなどが考えられる.

### 5.2 今後の課題

課題

## 参考文献

- [1] 浅川伸一. *python* で体験する深層学習. コロナ社, 2016.
- [2] 小高知宏 白井治彦 諏訪いずみ 岡田直人, 黒岩丈介. 深層学習による時系列データ処理手法の検討. 福井大学工学研究科知能システム工学専攻修士論文, 2018.
- [3] 岡谷貴之. 画像認識のための深層学習. 人工知能学会誌, vol.28(6), pp.962-974, 2013.
- [4] 小高知宏 白井治彦 諏訪いずみ 細田雅光, 黒岩丈介. 深層学習による表情認識手法の開発. 福井大学工学部知能システム工学科卒業論文, 2018.
- [5] M.Skitmore T.Lyons. *Project risk management in the Queensland engineering construction industry:A survey*. International Journal of Project Management,22-1,51/61, 2012.
- [6] Akira Hara Kenneth J. Mackin Shin Kamada, Takumi Ichimura. *Adaptive structure learning method of deep belief network using neuron generation-annihilation and layer generation*. Neural Computing and Applications, Vol.31(11), pp.8035-8049, 2019.
- [7] G.E.Hinton. *A Pratical Guide to Training Restricted Boltzmann Machines*. Neural Network,Trick of the Trade,Lecture Notes in Computer Science(LNCS,7700),599/619,Springer, 2012.
- [8] Y teh G.E.Hinton, S.Osindero. *A fast learning algorithm for deep belief nets*. Neural Computation,18-7,1527/1554, 2006.
- [9] Takumi Ichimura Shin Kamada. *An Adaptive Learning Method of Restricted Boltzmann Machine by Neuron Generation and Annihilation Algorithm*. Proc.of 2016 IEEE Internatinal Conference on Systems,Man,and Cybernetics(IEEE SMC 2016),1273/1278, 2016.
- [10] 柳井啓司. 一般物体認識の現状と今後. 情報処理学会論文誌, 2007.

- [1 ] 小松大起, 岡田直人, 濱田利行, 黒岩丈介, 小高知宏, 諏訪いずみ, 白井治彦, 令和 1 年度電気・情報関係学会  
北陸支部連合大会 発表, F2-13 ネットワークの構造の違いによる表情認識性能の差異 (2019.8)