Capsule Network を生成器に使用した敵対的生成ネットワークの一検討

A Study on Generative Adversarial Network Using Capsule Network for Generator

丸嵜 佳奈子 渡辺 裕
Kanako Marusaki Hiroshi Watanabe

早稲田大学大学院 基幹理工学研究科 情報理工・情報通信専攻

Graduate school of Fundamental Science and Engineering, Waseda University

Abstract: 近年，Convolutional Neural Network (CNN) [1]を用いた画像処理が数多く提案されている．新しいデータを生成する敵対的生成ネットワークである Generative Adversarial Network (GAN) [2]もその一つであり，CNN を利用した DCGAN[3]などが存在する．GAN の研究は近年盛んに行われているが，生成画像の品質にはばらつきが生じるという問題があり，画像の生成は容易ではない．現在研究されている GAN には主に CNN が使用されているが, CNN には画像の特徴間の空間的情報が失われるという欠点がある．2017 年に CNN の欠点 を補うことのできる Capsule Network[4]が発表された．Capsule Network を GAN の識別器のみに使用した GAN は提案されている[5][6]が，生成器には Capsule Network は使用されていない．そこで，本研究では CNN の欠点を補い，CNN よりも画像の特徴を捉えることに優れる Capsule Network を GAN の識別器，生成器の両方の構造に組み込んだ Capsule GAN を提案する．

1. まえがき

近年，Convolutional Neural Network (CNN) [1]を用いた画像処理が数多く提案されている．新しいデータを生成する敵対的生成ネットワークである Generative Adversarial Network (GAN) [2]もその一つであり，CNN を用いた Deep Convolutional GAN (DCGAN) [3]などが存在する．しかし，プーリングにより，CNN は画像の特徴間の空間的情報が失われる．したがって，物体のパーツが揃っていれば，パーツの位置がバラバラでもその物体を認識する傾向を持つ．2017 年に CNN の欠点を補った Capsule Network[4]が発表された．CNN に比べ画像の特徴を捉えることに優れる Capsule Network を GAN に取り入れれば，より品質の良いデータを生成することができると考えられる．そこで，本研究では Capsule Network を GAN の識別機である Discriminator，生成器である Generator の両方の構造に組み込んだ Capsule GAN を提案する．

2．関連研究

Capsule Network を用いた GAN の研究として，Huseyn Gadirov らの研究[5]が挙げられる．Huseyn Gadirov らは GAN の Discriminator のみに Capsule Network を使用していた．また，Discriminator に Capsule Network を使用し，Generator の入力として Capsule Network の出力層である Digit Caps 層を使用した GAN の研究[6]では，DCGAN よりも高い品質の画像を生成することができることを示している．

3. Capsule Network

Capsule Network とは，CNN をベースとしたニューラルネットワークである．Capsule Network では，各ニューロンの入力をスカラーでなくベクトルとしている．また，各識別クラスに重み行列を用意している．これらの方法により，画像を各クラスの特徴間の空間的情報を保持したまま処理することが可能となる．

出力層として DigitCaps 層を出力する．DigitCaps 層は，画像の特徴をもった 16 次元のベクトルの集合となっている．ベクトルの数は識別クラス分あり，ベクトルの大きさが識別クラスの確率となる．

4. 提案手法

本研究で提案する Capsule GAN の Discriminator の構造を図 1，Generator の構造を図 2 に示す．図の構造は，10 クラスの画像を生成する場合の構造である．Discriminator には Capsule Network を CNN のように組み込んでいる．Generator の構造は，Capsule Network の流れを逆にした構造である．使用する重み行列は生成クラス分用意する必要があるが，Capsule Network が Generator に使用できるかを確認するため，本稿で用意する重み行列は一つのみとした．そのため，重み行列の使用方法は，一つの重み行列を全生成クラスで共有する場合と各クラスで使用する場合の二つの方法が考えられる．これら二つの結果を比較することで，重み行列が Generator においても機能しているかを確認することができる．また，各クラスで使用する場合では，用意できている重み行列が

一つであるため，生成クラスを一種類のみとした．したがって，生成クラス分 Capsule GAN を実行し，全クラスの画像を生成した．

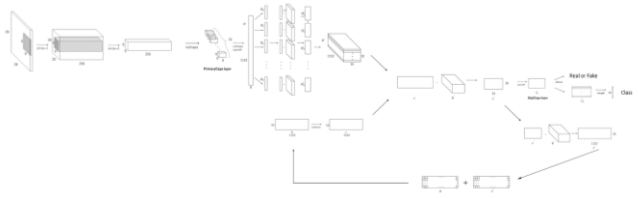

図 1　Discriminator の構造

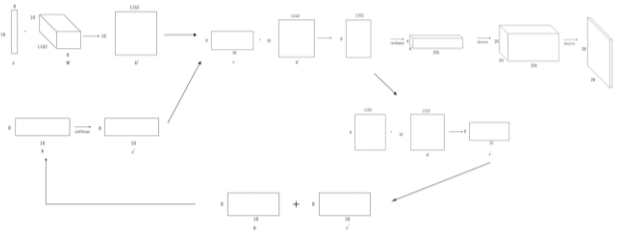

図 2　Generator の構造

5. 実験

MNIST [7]の画像を 60000 枚用いて二つの実験を行った．Generator の一つの重み行列を全生成クラスで共有した場合と各クラスで使用した場合である．Iteration はそれぞれ 50000 回とした．結果を図 3，図 4 に示す．

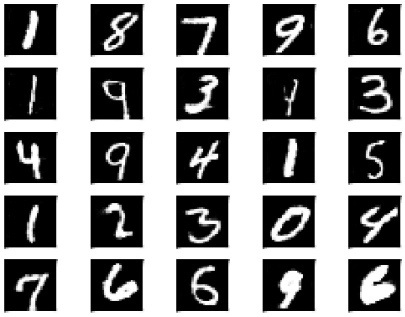

図 3　生成画像
(重み行列を全生成クラスで共有)

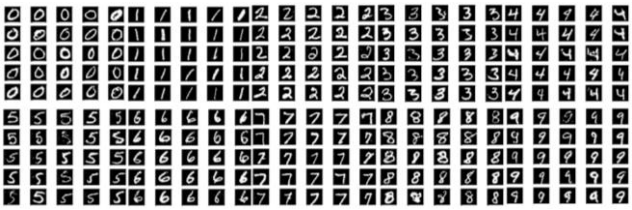

図 4　生成画像
(重み行列を各クラスで使用)

図 3，図 4 より，どちらの場合においても画像を生成できていることが確認できる．また，生成画像を Capsule Network を用いて識別し，識別率から実験結果の比較を行った．識別率が高いほど，生成画像の品質が良いと評価する．評価する画像はそれぞれ 100 枚用いた．評価に使用した Capsule Network の MNIST の識別率は 99.6 %]であった．結果を表 1 に示す．

表 1　評価結果

実験手法	識別率 [%]
重み行列を全クラスで共有した場合	84.0
重み行列を各クラスで使用した場合	96.0

表 1 より，重み行列を各クラスで使用した場合の方が，Capsule Network に生成画像を入力したときの識別率が高いことがわかる．このことから，Generator の重み行列は生成クラスごとに用意した方が良いことがわかる．

6. まとめ

本稿では，Capsule Network を GAN の Discriminator, Generator に使用し画像生成を行った．実験結果から，Capsule Network を Generator にも使用することが可能であることが確認できた．また，評価結果から Generator に使用する重み行列は生成クラスごとに用意した方良いことがわかった．そのため，今後は生成クラスの数の重み行列をもった Generator の構造を検討する必要がある．

7. 参考文献

[1] A. Krizhevsky, I. Sutskever and G. Hinton, “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks”, Neural Information Processing Systems (NIPS), pp. 1106-1114, Dec. 2012.

[2] I. J. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville and Y. Bengio, “Generative Adversarial Networks”, Neural Information Processing Systems (NIPS), Dec. 2014.

[3] A. Radford, L. Metz and S. Chintala, “Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks”, International Congerence on Learning Representations (ICLR), Jan. 2016.

[4] S. Sabour, N. Frosst and G. E. Hinton, “Dynamic Routing Between Capsules”, Neural Information Processing Systems (NIPS), Dec. 2017.

[5] H. Gadirov, M. Tamošiūnaité and D. Vitkute-Adzgauskiene, “Capsule Architecture as a Discriminator in Generative Adversarial Networks”, Vytautas Magnus University, Feb. 2018, M. D. thesis.

[6] K. Marusaki, H. Watanabe, “A Study on GAN Using Capsule Network”, IEICE General Conference, D-12-8, Mar. 2019.

[7] Yann LeCun, Corinna Cortes, and Christopher JC Burges. The mnist database of handwritten digits, 1998.

早稲田大学 大学院 基幹理工学研究科
情報理工・情報通信専攻 渡辺研究室
〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-14-9
Phone: 5286-2509, Fax: 5286-3488
E-mail: sana39_fs_mkoy@toki.waseda.jp