

動的なテンプレートを持つセルラニューラルネットワークの 動画画像処理時のテンプレート調査

川原 雅一[†] 上手 洋子[†] 西尾 芳文[†]

[†] 徳島大学 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1

E-mail: †{kawahara, uwate, nishio}@ee.tokushima-u.ac.jp

あらまし 本研究では、動的なテンプレートをもつセルラニューラルネットワーク (D-CNN) の動画画像処理時のテンプレート調査を行う。我々が提案した D-CNN は、更新されるごとにテンプレートが変化していく特徴を持つ。以前の研究では、D-CNN の出力特性を調べ、入力画像に応じた出力画像が得られることが確認できた。そこで今回は、2 値画像とグレイスケール画像の 2 種類の画像を用いて、入力画像をそれぞれ変化させた場合における更新されたテンプレートの調査を行う。

キーワード セルラニューラルネットワーク, 動画画像処理

Investigation of Updated Template in Cellular Neural Networks with Dynamic Template for Motion Picture Processing

Masakazu KAWAHARA[†], Yoko UWATE[†], and Yoshifumi NISHIO[†]

[†] Dept. of E.E. Eng., Tokushima University,

2-1 Minami-Josanjima, Tokushima, 770-8506, JAPAN

E-mail: †{kawahara, uwate, nishio}@ee.tokushima-u.ac.jp

Abstract In this study, we investigate the characteristics of the update template in D-CNN when input images are changed during D-CNN process. We express the variation of the update template through the gray scale. We also calculate the increasing or decreasing ratios of element in the update template. From these obtained results, we confirmed that D-CNN is effective for motion pictures.

Key words Cellular Neural Networks, Motion Picture Processing

1. ま え が き

近年、情報化社会が進むにつれて日常に情報が氾濫し、一度に処理すべき情報の量が増加してきている。しかし、これまでデジタル回路で行われてきた情報処理は逐次処理を行うため、情報処理が遅くなり、リアルタイムな信号処理ができないという問題がある。そこで人間の神経系を基に考案されたニューラルネットワークを用いた情報処理が盛んに行われ、既に各方面での実用化が進んでいる。その応用は連想メモリ、パターン認識、画像処理など幅広いものがある。さらにニューラルネットワークとセルラオートマトンの概念を組み合わせたニューラルネットワークの一種である、セルラニューラルネットワーク (Cellular Neural Networks: CNN) [1] が 1988 年に L. O. Chua らによって開発された。従来のニューラルネットワークのように、CNN は局所的結合の特性を持つため LSI 化に適している。また CNN の構造は動物の網膜の構造に類似し

ており、様々な画像処理 [2][3] を行うのに適している。

CNN はテンプレートとよばれる与えられたパラメータに応じて処理を行う。しかしながら、テンプレート自体は一定の値をもつため、単純な処理しか行うことができない。この特徴はテンプレートの良い点でも、悪い点でもある。

以前の研究で、我々は動的なテンプレートを持つ CNN(D-CNN) を提案した [4][5]。この D-CNN の一番の特徴はテンプレートが更新するごとに動的に変化することである。以前の研究結果から、従来の CNN の収束する値は 1 つであるに対して、D-CNN の収束する値は 2 つまたは 3 つに変化することが確認できた。また、D-CNN は収束するまでの時間が、従来の CNN よりも早いことも確認できた。しかしながら、D-CNN のメカニズムは詳しく調査できていない。そこで、本研究では、D-CNN の動画画像処理時におけるテンプレート調査を行う。更新されたテンプレートの値から、D-CNN の特徴を調査し、D-CNN は動画画像処理に効果があることを確認する。

2. 動的なテンプレートをもつセルラニューラルネットワーク (D-CNN)

本研究では、ある一定時間ごとに入力画像を変化させた場合における D-CNN のテンプレートの調査を行う。また、従来の CNN とは違い、D-CNN のテンプレートは順位学習によって、処理ごとに更新される。次に提案した D-CNN のアルゴリズムについて詳しく説明する。

[Step1]: まず始めに、D-CNN の全てのセルの状態値と出力値を以下の状態方程式と出力方程式で更新する。

状態方程式:

$$\begin{aligned} \frac{dv_{xij}}{dt} = & -v_{xij} + \sum_{k=i-r}^{i+r} \sum_{l=j-r}^{j+r} A_{(i,j;k,l)} v_{ykl}(t) \\ & + \sum_{k=i-r}^{i+r} \sum_{l=j-r}^{j+r} B_{(i,j;k,l)} v_{ykl}(t) + I. \end{aligned} \quad (1)$$

出力方程式:

$$v_{yij}(t) = \frac{1}{2}(|v_{xij}(t) + 1| - |v_{xij}(t) - 1|). \quad (2)$$

[Step2]: 次に、図 1 のように、更新されたセルの出力値と、その一つ前のセルの出力値および、その周りのセルの出力値 9 つを以下の式 (3) で比較する。

$$Dif(i, j; k, l) = |v_{y,(i,j)}^{past} - v_{y,(k,l)}^{now}|. \quad (3)$$

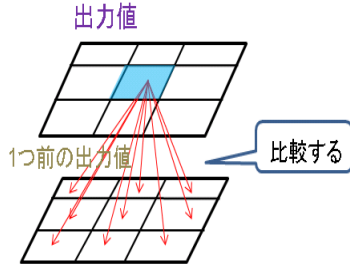


図 1 出力値の比較

[Step3]: 計算された $Dif(i, j; k, l)$ の値 9 つの中で、最も小さい値を “winner”、2 番目に小さい値を “second” とそれぞれ定義する。本手法において、D-CNN の更新方法で、更新されるテンプレートの要素は 2 つだけである。このステップでは、更新されるテンプレートの要素を決定することができる。

[Step4]: 更新された “winner” と “second” に対応するテンプレートの要素を以下の手順に従って更新を行う。

(更新方法): 例として、式 (4) のようなテンプレートを仮定する。

更新前のテンプレート:

$$A_{(i,j)}^{now} = \begin{bmatrix} a_{11}^{now} & a_{12}^{now} & a_{13}^{now} \\ a_{21}^{now} & a_{22}^{now} & a_{23}^{now} \\ a_{31}^{now} & a_{32}^{now} & a_{33}^{now} \end{bmatrix},$$

$$B_{(i,j)}^{now} = \begin{bmatrix} b_{11}^{now} & b_{12}^{now} & b_{13}^{now} \\ b_{21}^{now} & b_{22}^{now} & b_{23}^{now} \\ b_{31}^{now} & b_{32}^{now} & b_{33}^{now} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$I_{(i,j)}^{now} = I^{now}.$$

例えば、式 (4) において、“winner” が (i, j) “second” が $(i-1, j-1)$ だとすると、 A テンプレートは、 a_{22}^{now} 、 a_{11}^{now} の 2 つが更新され、 B テンプレートは、 b_{22}^{now} 、 b_{11}^{now} の 2 つが更新されることになる。また、今回の更新方法においては、閾値 I は更新されない。

さらに、D-CNN のアルゴリズムにおいて、“winner” と “second” にそれぞれ学習率係数を定義し、変化させる。“winner” と “second” の学習率係数はそれぞれ以下のように表される。学習率係数:

$$R_1 = R_{10} \left(1 - \frac{\text{Number of calculation}}{\text{Number of calculation}_{max}} \right). \quad (5)$$

$$R_2 = R_{20} \left(1 - \frac{\text{Number of calculation}}{\text{Number of calculation}_{max}} \right). \quad (6)$$

本研究において、学習率係数の値は時間と共に減少していく。今回 $\text{Number of calculation}_{max}$ の値は 10 に設定した。すなわち、“winner” と “second” の学習率係数は 10 回更新を行うまで計算される。 $\text{Number of calculation}_{max}$ が 10 以上になった場合、“winner” と “second” の学習率係数が 0 となり、テンプレートは更新されない。この学習率係数を与えることによって、テンプレートの要素が更新される。更新式は以下のように表される。

更新式:

$$a_{winner}^{updated} = a_{winner}^{now} - R_1(v_{y,(i,j)}^{past} - v_{y,(i,j)}^{now}). \quad (7)$$

$$a_{second}^{updated} = a_{second}^{now} - R_2(v_{y,(i,j)}^{past} - v_{y,(i,j)}^{now}). \quad (8)$$

式 (5)、(6) により、 R_1 と R_2 は更新するごとに徐々に減少する。 B テンプレートの要素においても A テンプレートと同様に更新される。また、“winner” と “second” の初期の学習率係数は以下のように表される。

初期学習率係数:

$$\text{Winner} : R_{10} \quad (0 \leq R_{10} \leq 0.1). \quad (9)$$

$$\text{Second} : R_{20} = R_{10}/4. \quad (10)$$

この更新方法により、式 (7)、(8) を使って更新を行った後のテンプレートは以下のように表される。

更新後のテンプレート:

$$A_{(i,j)}^{updated} = \begin{bmatrix} a_{11}^{updated} & a_{12}^{now} & a_{13}^{now} \\ a_{21}^{now} & a_{22}^{updated} & a_{23}^{now} \\ a_{31}^{now} & a_{32}^{now} & a_{33}^{now} \end{bmatrix},$$

$$B_{(i,j)}^{updated} = \begin{bmatrix} b_{11}^{updated} & b_{12}^{now} & b_{13}^{now} \\ b_{21}^{now} & b_{22}^{updated} & b_{23}^{now} \\ b_{31}^{now} & b_{32}^{now} & b_{33}^{now} \end{bmatrix},$$

$$I_{(i,j)}^{updated} = I^{now}. \quad (11)$$

[STEP 5]: STEP1 から STEP4 までを繰り返す .

3. シミュレーション結果

本章では、動画画像処理時における更新後の D-CNN のテンプレート調査結果を示す . 本研究では、初期テンプレートとして以下のテンプレートを与える .

初期テンプレート:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0.07 & 0.1 & 0.07 \\ 0.1 & 0.32 & 0.1 \\ 0.07 & 0.1 & 0.07 \end{bmatrix}, I = 0. \quad (6)$$

3.1 2 値画像処理時における D-CNN のテンプレート調査
まず、2 値画像を処理した場合における D-CNN のテンプレート調査を行う . 本研究では、入力画像を 4 枚用意し、10 [τ] ごとに入力画像を変化させる .

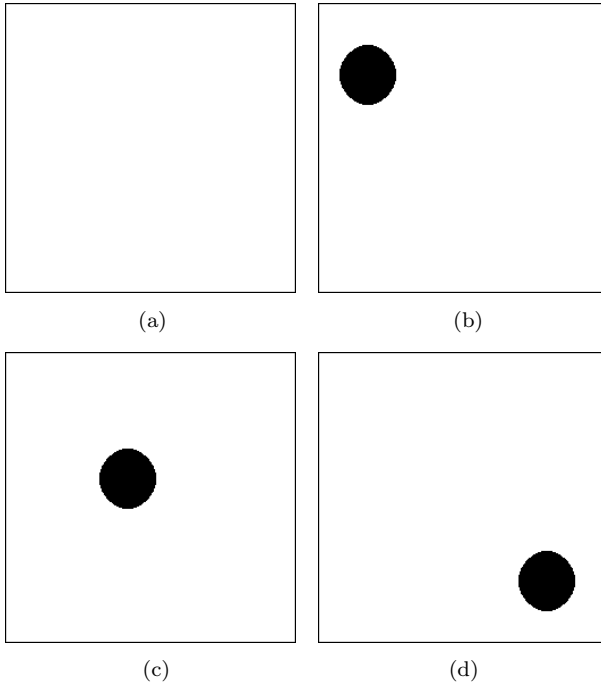


図 2 2 値の入力画像. (a) 入力画像 1. (b) 入力画像 2. (c) 入力画像 3. (d) 入力画像 4.

図 2 の (a) から (d) に入力画像を変化させることにより、黒い丸が現れて、下に移動していくように画像が変化しているのがわかる . このように入力画像を変化させた場合において、更新された D-CNN のテンプレートの変化を調査する .

今回はテンプレートの変化を調査するための閾値 $Th_{(i,j)}$ を式 (12)、式 (13) のように定義した .

$$Th_A(i,j) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \quad (12)$$

$$Th_B(i,j) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 b_{ij}. \quad (13)$$

この閾値 $Th_{(i,j)}$ は、各テンプレート要素の合計値を閾値としている . この閾値を基準として、更新された D-CNN のテンプレートがどのように変化するか調査を行う .

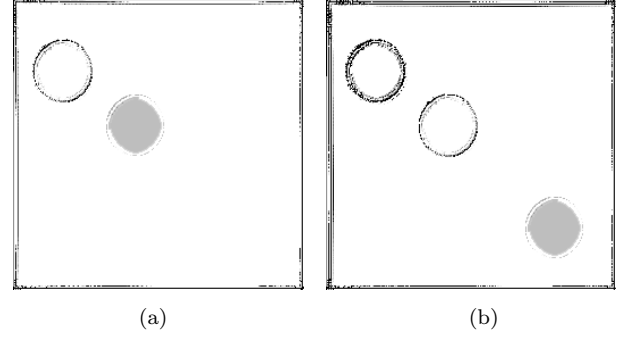


図 3 更新されたテンプレートの分布. (a) 入力画像 3 を処理した後の更新されたテンプレート. (b) 最終的に更新されたテンプレートの分布.

図 3 は更新されたテンプレートの分布を表している . 図 3(a) は変化途中の更新されたテンプレート分布を示しており、図 3(b) は入力画像が図 2(d) まで変化した後の更新されたテンプレートの分布を示している . 閾値 $Th_{(i,j)}$ を超えるとテンプレートの部分はより黒く変化し、 $Th_{(i,j)}$ を下回ると、セルの部分はより白く変化するように設定している . これらの結果から、更新されたテンプレートは、一つ前の入力画像に依存していることが確認できる .

図 4 は更新されたテンプレートの変化を示している . 図 4(a) は更新されたテンプレートの値が閾値を超えた数の割合を示している . 図 4(b) は更新されたテンプレートの値が閾値を下回った数の割合を示している . これらの結果からも、更新されたテンプレートの数は、入力画像の変化に依存していることがいえる .

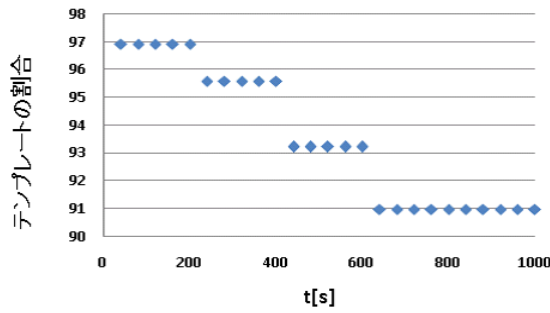
3.2 グレイスケール画像処理時における D-CNN のテンプレート調査

次にグレイスケール画像における、D-CNN のテンプレート調査を行う . 先ほどの調査と同様に 10[τ] ごとに入力画像を変化させて、テンプレートの調査を行う .

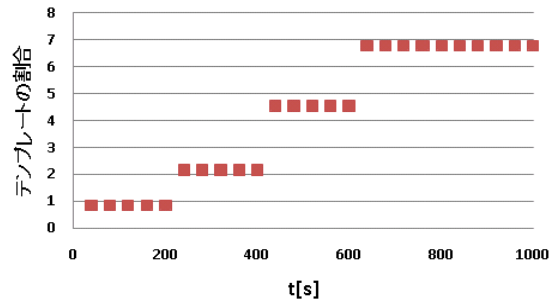
図 5 は入力画像を表している . 入力画像を図 5(a) から (d) まで変化させる事で人形が現れて右へ移動していくように変化する . 前の調査と同じように、動画画像処理の場合におけるテンプレート調査を行う .

図 6 は、D-CNN により更新されたテンプレートの分布を表している . これらの結果から、入力画像を変化させることにより、エッジ部分のテンプレートの値が大きく変化しているのがわかる . さらに入力画像を変化させることにより、新しく変化した部分のテンプレートがより更新されていることがわかる .

次に、更新されたテンプレートの数の変化をグラフに表して調査を行った . 図 7 より、閾値 $Th_{(i,j)}$ を下回るテンプレ-



(a)



(b)

図4 図2における更新されたテンプレートの変化の割合 (a) $Th_{(i,j)}$ を下回ったテンプレートの割合. (b) $Th_{(i,j)}$ を超えたテンプレートの割合.

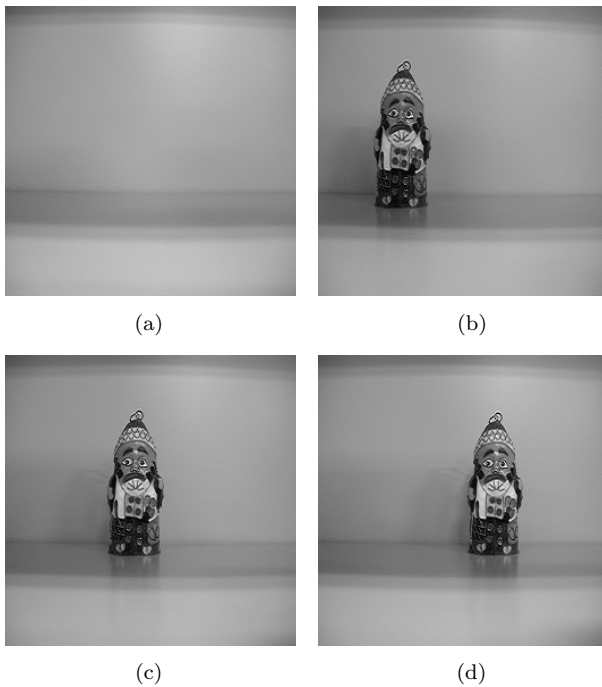
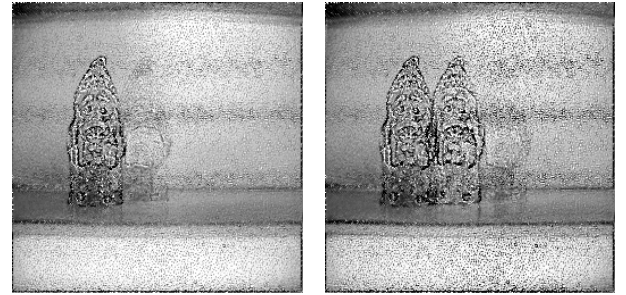


図5 グレイスケールの入力画像. (a) 入力画像 1. (b) 入力画像 2. (c) 入力画像 3. (d) 入力画像 4.

トの数は徐々に減少しているのに対し、閾値 $Th_{(i,j)}$ を超えるテンプレートの数は徐々に増加している。これらの結果から、D-CNN のテンプレートは新しい入力画像が入力されたときに大きく変化することが確認できる。このように、入力画像が変



(a)

(b)

図6 更新されたテンプレートの調査. (a) 更新途中のテンプレートの分布. (b) 最終的に更新されたテンプレートの分布.

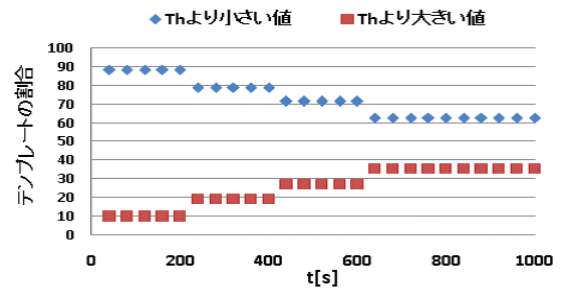


図7 更新されたテンプレートの種類の変化

化した場所に応じてテンプレートも変化することから、D-CNN は入力画像の変化に対応した出力結果が得られる。したがって D-CNN は動画像処理に効果的であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、動的なテンプレートをもつセルラニューラルネットワーク (D-CNN) の動画像処理時のテンプレート調査を行った。D-CNN は、更新されるごとにテンプレートが変化していくという特徴をもつ点に着目し、入力画像を変化させた場合における更新されたテンプレートの調査を行った。調査方法としては、2 値画像とグレイスケール画像を処理した場合に、更新されたテンプレートの変化を調査した。シミュレーション結果から、D-CNN は入力画像が変化したときにテンプレートが一番大きく変化することが確認できた。調査結果から、D-CNN は動画像処理に効果があると考えられる。

文 献

- [1] L. O. Chua and L. Yang, "Cellular Neural Networks: Theory," IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 32, pp. 1257-1272, Oct. 1988.
- [2] F. Dirk and T. Ronald, "Coding of Binary Image Data using Cellular Neural Networks and Iterative Annealing," Proc. of ECCTD'03, vol. 1, pp. 229-232, Sep. 2003.
- [3] M. Namba and Z. Zhang, "Cellular Neural Network for Associative Memory and Its Application to Braille Image Recognition," Proc. of IJCNN'06, pp. 4716-4721, Jul. 2006.
- [4] M. Kawahara, T. Inoue and Y. Nishio, "Cellular Neural Network with Dynamic Template and its Output Characteristics," Proc. of IJCNN'09, pp. 1552-1558, Jun. 2009
- [5] M. Kawahara, T. Inoue and Y. Nishio, "Image Processing Application Using CNN with Dynamic Template" Proc. of CNNA'10, pp. 41-46, Feb. 2010.