

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 7日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500225

研究課題名（和文） 非対称性の構造を持つ層状ニューラルネットの認知、記憶機構の計算論的研究

研究課題名（英文） Computational Studies on the Cognition and Memory Mechanisms of the Layered Neural Network with Asymmetric Structure

研究代表者

石井 直宏（ISHII NAOHIRO）

愛知工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：50004619

研究成果の概要（和文）：神経系ネットワークの非対称性の構造および対称性の構造に注目し、視覚情報の生成がいかになされるか、生成された情報がどのように保存されるか、そして視覚系の上位レベルでどのように再構築されるかを明らかにすることである。2層回路の意味のある情報の流れの分類を非対称構造の処理原理から明らかにした。回路の不変量となる、方向性の検出量のベクトルの大きさがMT野では、きわめて、大きくなるのが、非対称回路の特徴から導かれた。

研究成果の概要（英文）：The architecture of the biological asymmetric network with odd-even (or even-odd) order nonlinearities is analyzed for the network computations. Motion perception is a basic mechanism in the layered visual system of the brain. The invariant equation for evaluation of the movement and its movement velocity are derived in the fundamental asymmetric sub-network computations. As the model of visual system, the layered heterogeneous network is developed here, which shows a generation model of movement vectors in V1 and MT area of the visual cortex.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：ニューラルネットワーク

1. 研究開始当初の背景

網膜を構成する神経回路はすでに、多くの研究がなされて来ている。神経回路の構造と機能について、われわれはNew York大学の故中研一教授との共同研究を行い、catfishの細胞の形態の分類(IEEE Trans.Bio.Eng,Vol.33,1986)、その機能をウィーナの非線形解析(Annals of Bio.Eng,Vol.16,1988)により、明らかにしてきた。ここでのcatfishの網膜

の神経回路の特徴が非線形性を有する非対称構造にあることを見出し、対称性のある回路と機能の異なることを明らかにして来た。この非対称性の回路が米国のHeeger教授らは皮質のV1野およびMT野などの回路構造のモデルを明らかにしている。われわれはこれらの上位の回路である大脳皮質のV1野、MT野の回路構造がcatfishの網膜の非対称構造と近い関係にあることに注目した。回路機能の

基本構造となることを見出し、MST 野を含めた、新たな認知、記憶のためのベクトル場の生成を計算論的に明らかにすることである。

2. 研究の目的

本研究では網膜、視覚系大脳皮質のV1野、MT野、小脳などに見られる神経ネットワークの非対称性の構造および対称性の構造に注目し、視覚情報の生成がいかになされるか、生成された情報がどのように保存されるか、そして視覚系の上位レベルでどのように再構築されるかを明らかにすることである。この研究を進め、非対称のニューラルネットワークが情報の生成に、きわめて有効な構造となることが分かった。

ニューラルネットの2段構成の非対称性の回路となる、V1野回路の出力がMT野の回路と接続することにより、層状回路の動作機序が重要となる。そこで、2層回路の意味のある情報の流れの分類を非対称構造の処理原理から明らかにした。回路の不変量となる、方向性の検出量のベクトルの大きさがMT野では、きわめて、大きくなること、非対称回路の特徴から導かれた。本研究で対象とする非対称構造のネットワークの機能として、第1段のネットのV1野の回路のベクトルの方向性の研究を行い、この回路を特徴づける不変量の研究を進めてきた。この不変量(ベクトル)の方程式がMT野へと接続する層状ネットワークの第2段の回路網構成となることにより、強い方向性をもつ冗長性のある不変量となることが分った。この方向性の作るベクトルの振る舞いから、ベクトル場の可能性について、研究を進めた。さらに、ニューラルネットの学習と予測についての応用問題への適用を検討した。

3. 研究の方法

非対称構造のニューラルネットワークはcatfishの網膜回路での基本回路となる。

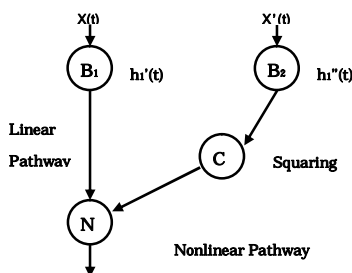


Fig.1 Asymmetric Neural Network for Spatial Interaction

図1で与えられる。左の経路が linear pathway を示し、右の回路が 2 乗機能を持つ nonlinear pathway である。この非対称回路を Wiener の提唱する、Wiener Analysis を適用すると、この回路の特徴が明らかになる。われわれは、この Wiener Analysis 手法を用いて、刺激の動きの変化に対する、回路の変化を明らかにしてきた。米国の Heeger 教授らは、大脳皮質の V1 野、それに続く MT 野の神経回路を図2のように提案してきた。このモデルは、今までの実験事実を説明するものとして、広く、認められている。

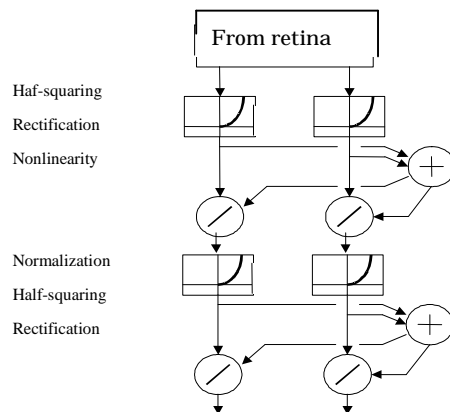


Fig.2 V1 followed by MR(Heeger et.al)

図2はV1野と同じ回路が続いてMT野の回路を作る層構造のニューラルネットである。Fukushima 教授はV1とそれに続くMTのベクトルの大きさを図3の模式図で示した。

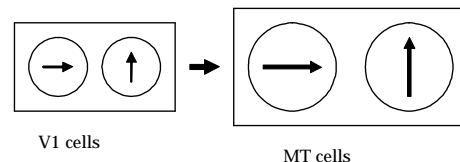


Fig.3 Vector development from V1 to MT
図3はV1野での方向性を持ったベクトルがMT野で大きくなっていることを表す。この図3のベクトルの大きさが図2のV1,MT回路で、計算論的に説明できるかどうかとなる。

4. 研究成果

われわれは、catfishの網膜における非対称回路構造が基本的な機能を有していることから Wiener Analysis の立場から、計算論的研究を進めてきた。網膜構造の回路には、非線形性の2次以上の可能性について、米国の Victor 教授らの研究では、3次以上が少ないことの実験的研究がある。さらに視覚系の高次の大脳皮質のV1野,MT野などの研究も多い。

われわれは、Heeger 教授の図 2 の飽和特性を有する非線形性の Taylor 級数展開により、図 4 の回路に変換した。図 4 の回路は、米国

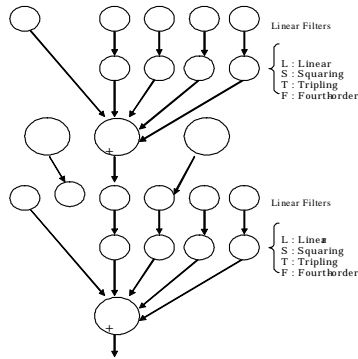


Fig.4 Decomposed network of Fig.3

の Heeger 教授らの V1 と MT の非線形性を sigmoid 関数で近似して、級数展開して、各項目の非線形項を回路成分としたものである。図 4 の展開により、非対称回路の組み合わせが多数、存在することを示している。

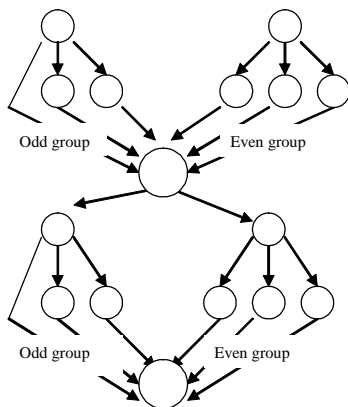


Fig.5 Odd and even nonlinearities groups

この 2 層回路の組み合わせを図 5 に示している。さらに、図 7 の上段回路では V1 での対称回路が、それに続く、MT 回路で非対称回路に変換されることになり、MT 回路での非対称回路構成の組み合わせが、膨大になることを示している。このとき、図 1 の回路が拡張された左の pathway の奇数次、右の pathway の偶数次の非対称回路のベクトル成分が図 1 の単純、非対称回路の値と同じになることを明らかにした。

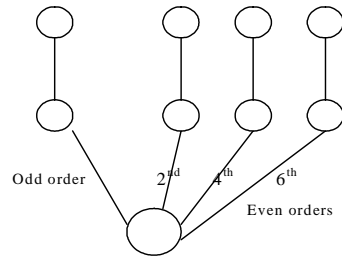


Fig.6 Combination of odd order nonlinearity with even order ones

図 6 に、左の pathway の奇数次と右 pathway の非線形性の項目の組み合わせを示している。このような知見により、Fukushima 教授が提唱する、図 3 の MT 回路でのベクトルの方向性の成分の大きくなることを計算論的に示すことになる。さらに、図 4 の 2 層の神経回路で多数の組み合わせ回路から、選択的にベクトルを生成する経路の生成を示すことができる。

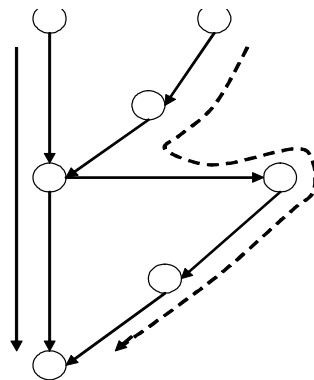


Fig.7 Information flow in the layered network with odd(1st) – even(4th) order nonlinearities

図 7 は、選択的経路の 1 例である。さらに、Fukushima 教授らは図 3 を拡張した絶対ベクトル、相対ベクトルの概念を提唱し、Optical flow の生成が可能であることをシミュレーションで示している。本研究では、Heeger 教授らの Normalization 回路が、Optical flow を生成す鍵となる回路について、ベクトル場の生成で、重要となることが示唆される。最後に、ニューラルネットでは、各部分処理が全体処理とどのような関係にあるかを明らかにするため、関連研究として、部分処理と全体処理のデータ工学からの研究を進めた。

5 . 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に
は下線)

[雑誌論文] (計 1 9 件)

Naohiro Ishii, " Classification by Partial Data of Reducts-kNN with Confidence", Int. Symp. on Applied Informatics, pp.1-4, 査読有, 2012

Naohiro Ishii, Ippei Torii, Yongguang Bao, Hidekazu Tanaka, "Modified Reduct-NearestNeighbor Classification", Proc. IEEE/ACIS Int. Conf. on Comp. And Information Science, pp.310-315, 査読有, IEEE Comp.Soc., 2012

Masashi Kawaguchi, Takashi Jinbo, Naohiro Ishii, "Analog Learning Neural Network using Multiple and Sample Hold Circuits", Proc. IEEE/ACIS Int. Conf. on Comp. and Information Science, pp.243--246, 査読有, IEEEComp.Soc., 2012

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Takahito Niwa, Naohiro Ishii, "Information Visualization Systems for Activation of Shotengai", 情報処理学会論文誌 (印刷中) 査読有, 2012

Ippei Torii, Kaoruko Ohtani, Nahoko Shirahama, Takahito Niwa, Naohiro Ishii, "Voice Output Communication Aid Application for Personal Digital Assistant for Autistic Children", Proc. IEEE/ACIS Int. Conf. on Comp. And Information Science, pp.329-333 査読有, IEEE Comp.Soc., 2012

Naohiro Ishii, Masashi Kawaguchi, Toshinori Deguchi, Hiroshi Sasaki, "Collaborative Activities of Layered Neural Network", Proc. ACIS/JNU Int. Conf. on Computers, Networks and Sys., 査読有, IEEEComp.Soc.Pub., pp.417-422, 2011

Naohiro Ishii, Toshinori Deguchi, Masashi Kawaguchi, Hiroshi Sasaki, "Vector Generations in Neural Network Computations", Proc. Int. Conf. on Parallel Dist. Comp. Systems, pp.23.1-23.8, 査読有, ACTA Press, 2011

Toshinori Deguchi, Naohiro Ishii, "On Memory Capacity in Incremental Learning with Appropriate Refractoriness and Weight Increment", Proc. ACIS/JNU Int. Conf. on Computers, Networks and Sys., pp.427-430, 査読有, IEEE Comp.Soc., 2011

Naohiro Ishii, Yuichi Morioka, Yongguang Bao, Hidekazu Tanaka, "Control of Variables in Reducts kNN Classification with Confidence", KES11, Lecture Notes in Computer Science, Vol.8994, pp.98-117, 査読有, Springer, 2011

Kazunori Iwata, Toyoshiro Nakajima, Yoshiyuki Anan, Naohiro Ishii, "Efforts Prediction Models using Self-Organizing Maps for Embedded Software", Proc. IEEE Int. Conf. on Tools for Artificial Intell. pp.142-147, 査読有, IEEEComp.Soc., 2011

Naohiro Ishii, Yuichi Morioka, Shinichi Suyama, Yongguang Bao, "Classification by Rough set, AdaBoost, and SVM", Proc. Int. Symp. on Network, Parallel and Dist. Comp., pp.63-68, 査読有, IEEE Comp.Soc., 2011

鳥居一平, 岡田陽介, 小野木学, 丹羽高仁, 石井直宏, "商店街活性化のための視覚情報化の試み", 電気学会論文誌 (C, 情報システム部門) Vol.130, No.12, pp.2178-2179, 査読有, 2011

Naohiro Ishii, Yuichi Morioka, Hiroaki Kimura, Yongguang Bao, "Classification by Multiple Reducts-kNN with Confidence", Proc. IDEAL, Lecture Notes of Computer Science, Vol. 6283, pp.94-101, 査読有, Springer, 2010
岩田真典, 中島豊四郎, 阿南佳之, 石井直宏, "ニューラルネットワークを利用した組み込みソフトウェア開発における総工数とエラー予測モデル", 電気学会論文誌 (C, 電子情報システム部門) Vol.130, No.12, 査読有, pp.2167-2173, 2010

Masashi Okada, Naohiro Ishii, Ippei Torii, "Information Extraction Using XPth", Proc. KES, Lecture Notes in Computer Science, Vol.6278, pp.104-112, 査読有, Springer, 2010

Ippei Torii, Yousuke Okada, Takahito Niwa, Manabu Onogi, Naohiro Ishii, "Information Visualization System for Activation of Shopping Streets", Proc. KES, Lecture Notes in Computer Science, Vol.6278, pp.113-122, 査読有, Springer, 2010

Naohiro Ishii, Yuta Hoki, Yuki Okada, Y. Bao, "Nearest Neighbor Classification by Relearning", Proc. IDEAL, Lecture Notes of Computer Science, Vol. 5788, pp.42-49, 査読有, Springer, 2009

吉田豊, 横山清子, 石井直宏, "周波数・パワーの高速連続算出法を用いた息止め時における心拍変動解析", 電気学会論文誌 (C, 電子情報システム部門)、

Vol.129, No.1, pp.1-7, 査読有, 2009

Naohiro Ishii, Ippei Torii, Tomomi Kanda, "Similarity Grouping of Printings by Distance Measure and SelfOrganizing Map", Proc.KES, Lecture Notes in Computer Science, Vol.5712, pp.713-720, 査読有, Springer, 2009

[学会発表](計 3件)

福田純也、出口利憲、石井直宏, "カオスニューラルネットワークによる逐次学習に関する研究", 平成 22 年度、電気関係学会東海支部連合大会, 8月, 2010

鳥居一平、岡田陽介、水谷将之、石井直宏, "簡単なフォトリアリスティックフェイシャルモデリング", かたちシュレ, 3月, 2009

鳥居一平、岡田陽介、水谷将之、石井直宏, "フォトリアリスティックオブジェクトモデリングの手法、簡易手法による微細突起形状復元への応用", 平成 21 年度電気関係学会東海支部連合大会, 9月, 2009

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井直宏 (ISHII NAOHIRO)
愛知工業大学・情報科学部・教授
研究者番号: 50004619

(2) 研究分担者

鳥居一平 (TORII IPPEI)
愛知工業大学・情報科学部・准教授
研究者番号: 50454327

(3) 連携研究者

()

研究者番号: