

ニューラルネットワークに関する文献紹介

シカゴ大学 放射線科 カートロスマン放射線像研究所 鈴木 賢治

ニューラルネット (NN) とは、生物の神経回路網を模擬し、脳の情報処理を人工的に実現しようとするものです。ここでは、NN の歴史を簡単に振り返りながら、重要と思われる文献を紹介いたします。

1958 年に心理学者の Rosenblatt は、パーセプトロンと呼ばれるパターン認識のための学習機械のモデルを提案しました¹⁾。パーセプトロンは、脳の情報処理を実現するものと期待され、NN の研究の第一次ブームを引き起こしました。しかし、1969 年に Minsky らがパーセプトロンの限界 (線形分離可能な問題しか解けない) を示した²⁾ため、このブームは一旦去ります。その後、1985 年に Hopfield らがホップフィールドネットワークを提案し、これにより巡回セールスマン問題 (セールスマンが各都市を 1 回ずつ訪問するときの最短経路を求める問題) を解けることを示しました³⁾。1986 年に Rumelhart らが多層パーセプトロン (パーセプトロンを多層構造にしたもの) とバックプロパゲーション学習法を提案し、パーセプトロンの限界を解決できることを示しました⁴⁾。これにより、NN の研究の第二次ブームが起き、活発な研究が行われました。Funahashi は、多層パーセプトロンが任意の連続関数を近似可能なモデルであることを理論的に示しています⁵⁾。高い汎化性能 (未学習のパターンに対する性能) を得るために、NN の構造を適切に設計する必要があることが指摘され、Pruning (枝刈り; 不要なネットを除去する方法) と呼ばれる手法が数多く提案されました⁶⁾。LeCun らの提案した OBD⁷⁾が有効な手法の 1 つとされています。

多層パーセプトロンは、様々な分野 (例えば、音声処理⁸⁾、パターン認識⁹⁾、運動制御¹⁰⁾ など) に応用されています。医療分野では、例えば、コンピュータ支援診断¹¹⁾⁻¹⁵⁾、長時間心電図の情報圧縮¹⁶⁾、放射線画像の画質改善^{17),18)}などへの応用があります。これまでに様々な NN モデルが提案されており、パターン認識において有用なモデルとして、RBF(Radial Basis Function; 動径基底関数)ネットワーク¹⁹⁾やサポートベクターマシン²⁰⁾があります。最近では、コンピュータの処理能力の飛躍的な向上を背景に、画像の画素を直接扱う NN も提案されています。例えば、Fukushima らの提案した Neocongnetron²¹⁾を簡略化した Shift-invariant NN²²⁾や Convolution NN²³⁾があり、病巣の検出²⁴⁾や分類²⁵⁾に応用されています。

- 1) Rosenblatt F: The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65, 386-408, (1958).
- 2) Minsky M and Papert S: *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*. MIT Press, MA, (1969).
- 3) Hopfield JJ and Tank DW, "Neural" computation of decisions in optimization problems. *Biological Cybernetics*, 52, 141-152, (1985).
- 4) Rumelhart DE, Hinton GE and Williams RJ: Learning internal representations by error propagation. *Parallel Distributed Processing*, 1, MIT Press, MA, 318-362, (1986).
- 5) Funahashi K: On the approximate realization of continuous mappings by neural networks. *Neural*

Networks, 2, 183-192 (1989).

- 6) Reed R: Pruning algorithms –A survey. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 4(5), 740-747, (1993).
- 7) LeCun Y, Denker JS and Solla SA: Optimal brain damage. *Advances in Neural Information Processing*, 2, 598-605, (1990).
- 8) Sejnowski TJ and Rosenberg CR: Parallel networks that learn to pronounce English text. *Complex Systems*, 1, 145-168, (1987).
- 9) LeCun Y, Boser B, Denker JS, et al.: Handwritten digit recognition with a back-propagation network. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2, MIT Press, MA, (1990).
- 10) Kawato M, Uno Y, Isobe M and Suzuki R: A hierarchical neural network model for voluntary movement with application to robotics. *IEEE Control Systems Magazine*, 8, 8-16, (1988).
- 11) Asada N, Doi K, MacMahon H, Montner S, Giger ML, Abe C and Wu Y: Potential usefulness of artificial neural network for differential diagnosis of interstitial lung diseases: A pilot study. *Radiology*, 77, 857-860, (1990).
- 12) Fujita H, Katafuchi T, Uehara T and Nishimura T: Application of artificial neural network to computer-aided diagnosis of coronary artery disease in myocardial SPECT bull's eye images. *Journal of Nuclear Medicine*, 33(2), 272-276, (1992).
- 13) Suzuki K, Horiba I, Ikegaya K and Nanki M: Recognition of coronary arterial stenosis using neural network on DSA system. *Systems and Computers in Japan*, 26, 66-74, (1995).
- 14) Katsuragawa S, Doi K, MacMahon H, Monnier-Cholley L, Ishida T and Kobayashi T: Classification of normal and abnormal lungs with interstitial diseases by rule-based method and artificial neural networks. *Journal of Digital Imaging*, 19, 108-114, (1997).
- 15) Ishida T, Katsuragawa S, Ashizawa K, MacMahon H and Doi K: Application of artificial neural networks for quantitative analysis of image data in chest radiographs for detection of interstitial lung disease. *Journal of Digital Imaging*, 11, 182-192, (1998).
- 16) Nagasaka Y and Iwata A: Data compression of long time ECG recording using BP and PCA neural networks, *IEICE Transactions on Information and Systems*, E76-D, 12, 1434-1442, (1993).
- 17) Suzuki K, Horiba I, Sugie N and Nanki M: Neural filter with selection of input features and its application to image quality improvement of medical image sequences. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E85-D, 1710-1718, (2002).
- 18) Suzuki K, Horiba I and Sugie N: Efficient approximation of a neural filter for quantum noise removal in X-ray images. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 50, 1787-1799, (2002).
- 19) Renals S: Radial basis function network for speech pattern classification. *Electronics Letters*, 25, 437-439, (1989).
- 20) Vapnik V: *The Nature of Statistical Learning Theory*. Springer Verlag, New York, (1995).
- 21) Fukushima K and Miyake S: Neocognitron: A new algorithm for pattern recognition tolerant of deformations and shifts in position. *Pattern Recognition*, 15, 455-469, (1982).
- 22) Zhang W, Itoh K, Tanida J and Ichioka Y: Parallel distributed processing model with local space-invariant interconnections and its optical architecture. *Applied Optics*, 29, 4790-4797, (1990).
- 23) Lo SB, Chan HP, Lin JS, Li H, Freedman MT and Mun SK: Artificial convolution neural network for

medical image pattern recognition. *Neural Networks*, 8, 1201-1214, (1995).

- 24) Zhang W, Doi K, Giger ML, Wu Y, Nishikawa RM and Schmidt RA: Computerized detection of clustered microcalcifications in digital mammograms using a shift-invariant artificial neural network. *Medical Physics*, 21, 517-524, (1994).
- 25) Sahiner B, Chan HP, Petrick N, Wei D, Helvie MA, Adler DD and Goodsitt MM: Classification of mass and normal breast tissue: A convolution neural network classifier with spatial domain and texture images. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 15, 598-610, (1996).

次に、ニューラルネットの教科書を列挙し、それぞれについて内容を簡単に紹介します。

- 26) Haykin S: *Neural Networks a comprehensive foundation*. Prentice Hall, NJ, (1999).
ニューラルネットの基礎を広くカバーしたバイブル（聖書）的教科書です。
- 27) Bishop CM: *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford University Press, Oxford, (1995).
ニューラルネットによるパターン認識の教科書で、バイブル的な存在です。
- 28) 甘利俊一：神経回路網の数理。産業図書，東京，(1978).
理化学研究所（元東京大学）の甘利先生の教科書です。生物学上のニューラルネットから人工ニューラルネットまでを数理的に体系立ててまとめています。
- 29) 石井健一郎，上田修功，前田英作，村瀬洋：わかりやすいパターン認識。オーム社，東京，(1998).
ニューラルネットによるパターン認識を理解するために役に立つ教科書です。パターン認識理論の基礎を中心に、ニューラルネットとの関連を分かり易く述べています。著者は、NTTのCS基礎研の研究者です。難しいことを（本質を崩すことなく）分かり易く説明しています。
- 30) 上坂吉則：ニューロコンピューティングの数学的基礎。近代科学社，東京，(1993).
ニューラルネットの基礎を定式化して丁寧に解説しています。数学的側面からの入門書といえます。
- 31) Kermanshahi B：ニューラルネットワークの設計と応用。昭晃堂，東京，(1999).
ニューラルネットを設計する際の方法を説明し、応用例を紹介しています。
- 32) 国際電気通信基礎技術研究所 編：ニューラルネットワーク応用。オーム社，東京，(1995).
ニューラルネットの基礎とともに、画像、音声、運動、通信などへの応用について解説しています。
- 33) 谷萩隆嗣 編：ニューラルネットワークとファジィ信号処理。コロナ社，東京，(1998).
ニューラルネットを利用した信号処理について解説した教科書です。
- 34) 小杉幸夫：神経回路システム—基礎と応用。コロナ社，東京，(1995).
ニューラルネットの基礎とともに、医療応用を含む広い分野への応用例を紹介しています。
- 35) 計測自動制御学会 編：ニューロ・ファジィ・AIハンドブック。オーム社，東京，(1994).
ニューラルネット関係のハンドブックです。知識・知能情報処理を体系立てて理解したいときや、ある技術が大雑把に知りたいときなどに役立つと思います。
- 36) 平野広美：Cでつくるニューラルネットワーク。パーソナルメディア，東京，(1991).
ニューラルネットの入門書です。プログラムのソースリストが付いていますので、ニューラ

ルネットを試しに試してみるのに良いと思います。出版社からのディスクサービスも有ります。

ニューラルネットに関する論文と教科書を紹介しました。筆者の勉強不足により、重要な文献を見落としている可能性があります。ご容赦ください。紹介しました文献がご自身の研究に少しでもお役に立てば幸いです。