

解説



様々な角度から見たニューラルネットワークの将来像

8. 光電子共存型ニューラルネットワーク†

太田 淳†† 新田 嘉一†† 久間 和生††

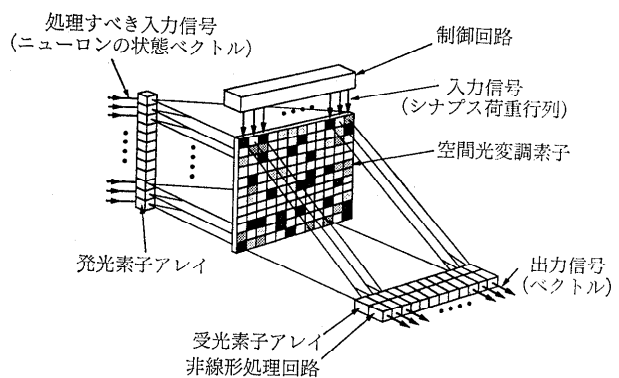
1. はじめに

ニューラルネットワークのハードウェア実現方式は、成熟した技術をもつ Si-LSI を用いる方式が現在盛んである¹⁾。しかし、Si-LSI ではネットワークをすべて2次元上に展開しなければならず、これが大規模化のネックとなる。これに対して、光技術では3次元空間を利用できるため、ネットワークの大規模化が容易となるとともに、光の並列性により画像の直接入力や処理が可能となる。光技術のもつこれらの優れた特長は、柔軟性の高い電子技術と併用することで最大限に引き出すことができる。このような光電子共存型ニューラルネットワークは、画像情報処理を中心とした次世代のニューロコンピュータとして現在研究開発が進められている。

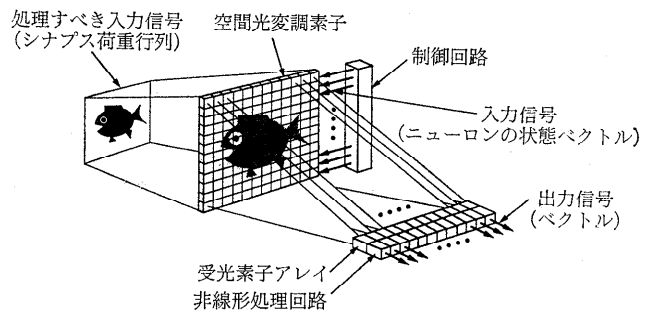
本稿では、この光電子共存型ニューラルネットワークの実現方式とその実例について、著者らの最近の研究成果を中心に述べる。

2. 基本構成

図-1 に、光電子共存型ニューラルネットワークの基本構成を示す²⁾。3次元空間を利用した高密度配線に光素子を、非線形処理に電子回路を用いた光電子共存方式である。タイプAは処理すべき信号をニューロンの状態ベクトルで表現する方式、タイプBは処理すべき信号そのものをシナプス荷重行列に用いる方式で、画像処理に適してい



(a) タイプA: ニューロン状態ベクトルが光入力, シナプス荷重値が電気入力.



(b) タイプB: ニューロン状態ベクトルが電気入力, シナプス荷重値が光入力.

図-1 光ニューラルネットワークの構成概念

る。どちらの方式も空間光変調器 (SLM*) がキーデバイスである。最近、この SLM と受光素子の機能を合わせもつ感度可変受光素子 (VSPD**) が開発された。

VSPD は、光電変換、変調、記憶の三つの機能を有する受光素子で、光電子共存型ニューラルネットワークにおけるシナプス機能を実現するキーデバイスとして期待されている。以下では、この VSPD を用いたタイプAとタイプBの光電子共存

† Optoelectronic Neural Networks by Jun OHTA, Yoshikazu NITTA and Kazuo KYUMA (Semiconductor Research Lab., Mitsubishi Electric Corp.).

†† 三菱電機(株)半導体基礎研究所

* Spatial Light Modulator

** Variable Sensitivity Photodetector

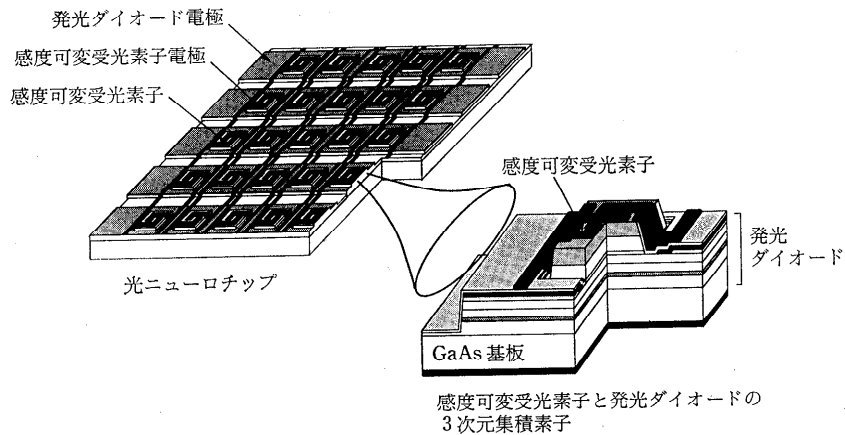


図-2 学習・記憶機能付き光ニューロチップの構造概念図

型ニューラルネットワークの実現例について述べる。

3. 実現例

図-1 のタイプ A 方式の集積化素子として学習・記憶機能付き光ニューロチップが報告されている⁴⁾。図-2 にその構造を示す。メモリ機能を有する VSPD アレイと発光素子アレイが GaAs 基板上に 3 次元的に集積化されている。現在、ニューロン数 128, シナプス数 128×128 のチップが試作されている。

この素子は VSPD が有するアナログメモリ機能を用いることにより、外部メモリを用いることなく学習を行うことができ、これまでに誤差逆伝搬学習則やボルツマンマシン学習則が実現されている。また、メモリ作用により画像間の演算も可能になり、画像差分や動体物の検出への応用が示されている⁵⁾。

図-1 のタイプ B の構成は、画像情報をシナプス荷重に、制御信号をニューロンの状態ベクトルに対応させることができ、画像直接処理に適している。制御信号とフィードバック回路の組合せにより、画像の連想メモリ^{6),7)}と人工網膜チップ⁸⁾の試作例が報告されている。

画像連想メモリは、図-3 に示すように入力画像をシナプス荷重値に対応させ、ニューロンの初期ベクトルを制御電圧パターンとすることで実現できる。これにより、画像情報を 1 次元のニューロン状態ベクトルに変換することなく 2 次元のまま入力することができる。現在、基本機能が実証された段階で、画像情報を直接処理で

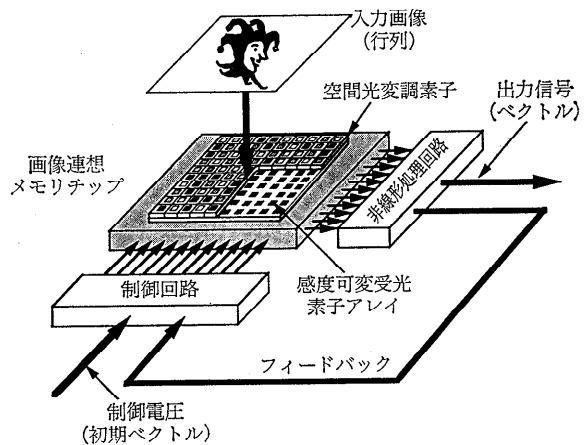


図-3 画像連想メモリの構成概念図

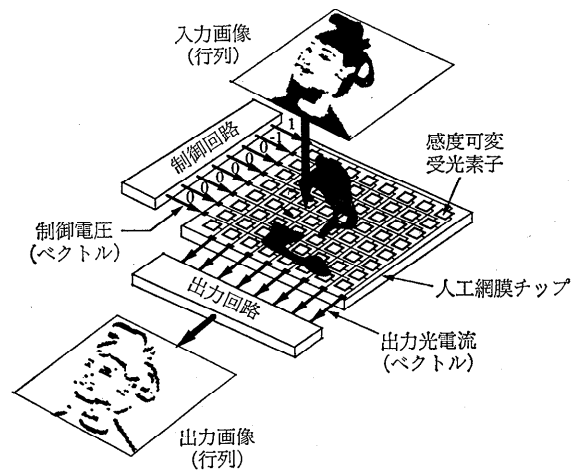


図-4 人工網膜チップの構造概念図

きる連想メモリとして有望である。

図-1 のタイプ B で制御ベクトルと入力画像の相関演算も実現でき、この原理に基づいた $128 \times$

128 アレイの人工網膜チップが試作されている。その構造概念図を図-4に示す。制御信号パターンを変化させることにより、画像の検出、輪郭抽出、フーリエ変換などの機能が実証されている。ワンチップで様々な機能を有する視覚情報処理デバイスとして今後の発展が期待される。

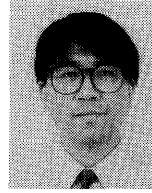
4. おわりに

光電子共存型ニューラルネットワークは光の特長を生かした視覚画像処理分野への応用が期待される。Si-LSIと異なりデバイス技術がまだ未成熟な分野であり、今後アーキテクチャと結び付いたデバイス開発が必要不可欠であろう。

参 考 文 献

- 1) たとえば、久間、中山：ニューロコンピュータ工学，工業調査会（1992）。
- 2) 久間：電気学会誌，113，279（1993）。
- 3) Ohta, J., Nitta, Y., Tai, S., Takahashi, M. and Kyuma, K.: *IEEE J. Light. Tech.*, 9, 1747 (1991).
- 4) Nitta, Y., Ohta, J., Tai, S. and Kyuma, K.: *Appl. Opt.*, 32, 1264 (1993).
- 5) Nitta, Y., Ohta, J., Tai, S. and Kyuma, K.: *Int'l Joint Conf. Neural Networks, Nagoya* (1993).
- 6) Zhang, W., Ishii, T., Takahashi, M. and Kyuma, K.: *Opt. Lett.*, 17, 673 (1992).
- 7) Oita, M., Tai, S. and Kyuma, K.: *Int'l Joint Conf. Neural Networks, Nagoya* (1993).
- 8) Lange, E., 船津, 原, 久間：電子情報通信学会春季全国大会，D 83 (1992)。

(平成6年1月18日受付)



太田 淳

1958年生。1981年東京大学工学部卒業。1983年同大学院修士課程修了。工学博士。現在、三菱電機(株)半導体基礎研究所勤務。光ニューラルネットワークの研究・開発に従事。1992年電子情報通信学会論文賞受賞。応用物理学会、電子情報通信学会、Optical Society of America 各会員。



新田 嘉一

1963年生。1986年東北大学工学部卒業。1988年同大学院修士課程修了。現在、三菱電機(株)半導体基礎研究所勤務。光ニューラルネットワークの研究・開発に従事。1992年電子情報通信学会論文賞受賞。応用物理学会会員。



久間 和生

1949年生。1972年東京工業大学工学部卒業。1977年同大学院博士課程修了。工学博士。現在、三菱電機(株)半導体基礎研究所第三研究部長。光ニューラルネットワーク・Si-LSIニューロチップなどの研究・開発に従事。1991年(光協会)桜井賞。1992年電子情報通信学会論文賞など受賞。IEEE-LEOS, International Neural Network Society, 応用物理学会、電子情報通信学会など各会員。