

人工網膜チップとその応用

現行の画像処理システムは、CCDカメラで取り込んだ画像データすべてを後段の処理系に送り処理を行う逐次・集中処理方式である。この方式には以下の2つの問題がある。まず、後段のプロセッサは画像の前処理から認識・判断などの高次処理まですべてを行うため、処理内容によっては過大な負荷がかかってくる。もう一点は、画像データをすべて転送するために、CCDプロセッサ間やフレームメモリープロセッサ間の通信ボトルネックが生じることである。

これに対して、人間は網膜のもつ分散・並列処理機構により、認識・理解などの高度で複雑な情報処理をリアルタイムで行っている。筆者らのグループで開発を進めている人工網膜チップは、この網膜のもつ分散・並列処理機能、情報圧縮機能、フィードバック機能を工学的に模倣したものである¹⁾。本チップは「電流モード加減算方式」と「制御信号走査方式」により、実用的な解像度、感度を実現し、かつ外部から様々な画像処理機能を選択できる点が大きな特徴である。以下では、人工網膜チップの動作原理や基本構造を述べるとともに、その応用について紹介する。

1. 動作原理

人工網膜チップは、感度可変セルを2次元状に配列したものである。簡単な回路構成で光電流出力の極性を制御できる感度可変受光セルにより画素間出力の加減算が可能（「電流モード加減算方式」）となり、オンチップ画像処理が実現されている。図1に示すように人工網膜チップへの時刻 t での制御信号ベクトルを $S(t)$ 、画像を $N \times N$ 次元マトリクス W とすると、出力光電流ベクトル $J(t)$ は画像マトリクスと制御信号ベクトルとの積 $J(t) = WS(t)$ となる。したがって、 $t = T_1$ から T_N まで制御信号ベクトルを N 個時系列に入力しその出力電流ベクトルによりマトリクスを構成することにより、画像

太田 淳・船津 英一・久間 和生

W を処理することができる。この方式は、制御信号要素をスキャンしてゆくことが同時に画像の走査にもなっている「制御信号走査方式」であり、これにより高速な画像処理が実現できる²⁾。

制御ベクトル信号 $S(t)$ のパターンを変えることによって、図2(a)～(d)に示すような様々な画像処理が行える。例えば、(a)では、 $S(t) = (1, 0, 0, \dots, 0)$ とし、これを $(0, 1, 0, \dots, 0)$ 、 $(0, 0, 1, \dots, 0)$ のように1行目から最終行までシフトすれば、CCDカメラのような画像検出ができる。また(b)のように $S(t) = (1, -1, 0, 0, \dots, 0)$ とし、順にシフトさせていけば、入射画像の隣接する行間の差信号が得られるため、エッジ検出できる。(c)は適当なコードの制御ベクトル信号を加えて、複雑な画像の中から指定した画像を抽出するパターンマッチングの例である。この場合、入力画像の中から二重線のみを検出している。(d)はランダムアクセスの例であり、画像中の任意の部分のみ検出することができる。

2. 基本構造

標準的なMOS (metal oxide semiconductor) プロセスを用いて作製されたチップは、コア回路（画像検出/処理部）と周辺回路（スキャナー、マルチプレクサー）を集積化したもので、画素数は 256×256 、受光エリアは $2/3$ インチフォーマットである³⁾。コア回路中の各ピクセルには、感度可変（極性切換）回路と電荷蓄積回路が集積されている（図1）。図3(a)はチップの外観

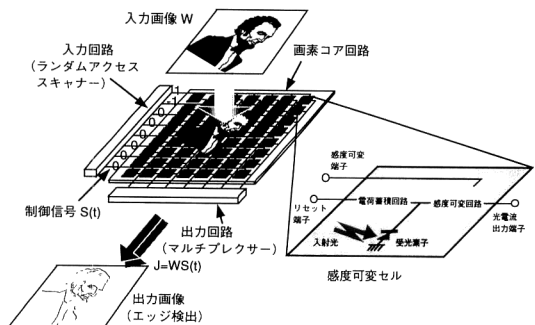


図1 人工網膜チップの構成。

An artificial retina chip and its applications (1996年1月22日受理)

Jun OHTA, Eiichi FUNATSU, Kazuo KYUMA 三菱電機(株)先端技術総合研究所 (〒661 尼崎市塚口本町 8-1-1)

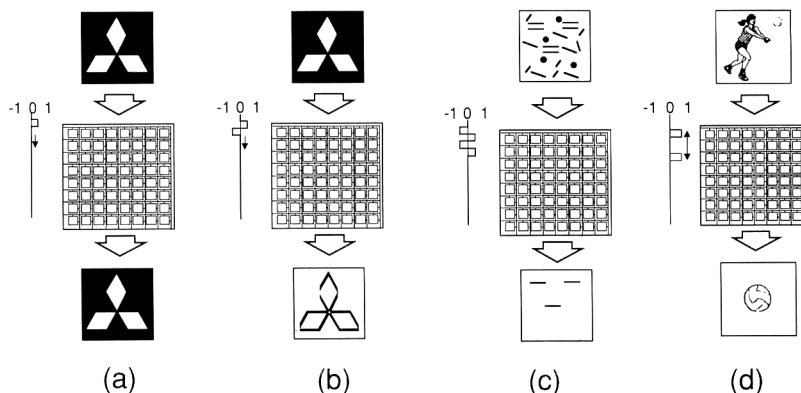


図2 画像処理例。(a)画像検出, (b)エッジ検出, (c)ランダムアクセス, (d)パターンマッチング。

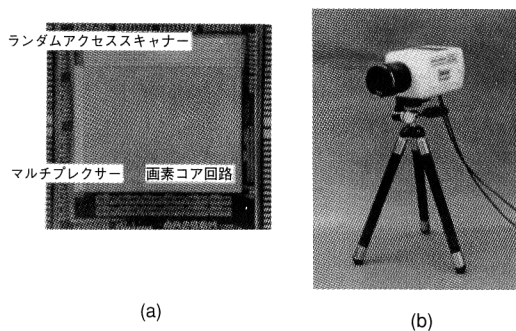


図3 (a)人工網膜チップ表面写真, (b)人工網膜チップを組み込んだカメラ外観写真。

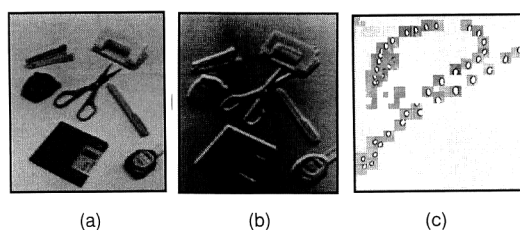


図4 画像処理実験結果。(a)画像検出, (b)エッジ検出, (c)目標注視。

写真, (b)は人工網膜チップを組み込んだカメラの外観である。このカメラを用いて画像検出やエッジ検出などの機能が確認されている。

3. 応用例

人工網膜チップは画像検出だけでなく様々な画像処理を制御信号のパターンを変えるだけで実現できるため、

産業用カメラやマルチメディアなどの様々な分野での応用が期待される。図4(a)と(b)は通常画像検出とエッジ検出の例である。また、例えばパターンマッチングにより目標を探し、次にランダムアクセスによりその目標追尾を行うフィードバックシステムも実現できる。図4(c)は、目標追尾の実験結果である。ライトスポットの位置をパターンマッチング機能を用いて見つけ、次にランダムアクセス機能によりその座標値を中心とした16×16画素を切り取り表示する。これを繰り返すことにより目標物体(ライトスポット)のみを表示してゆくことができる。

オンチップ画像処理機能をもつ人工網膜チップについてその原理、構造、応用例について述べた。256×256画素CMOS (complementary metal oxide semiconductor) 化により、ほぼ実用的なデバイスが実現されたといえる。今後は高解像度化・高機能化をめざし、具体的な応用分野への展開が期待される。

文 献

- 1) K. Kyuma, E. Lange, J. Ohta, A. Hermanns, B. Banish and M. Oita: "Artificial retinas—fast, versatile image processors," *Nature*, **372** (1994) 197-198.
- 2) E. Funatsu, K. Hara, T. Toyoda, Y. Miyake, J. Ohta, S. Tai and K. Kyuma: "An artificial retina chip made of a 128×128 pn-np variable-sensitivity photodetector array," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, **7** (1995) 188-190.
- 3) E. Funatsu, Y. Nitta, Y. Miyake, T. Toyoda, H. Kabamoto, Y. Nabeta, J. Ohta and K. Kyuma: "An artificial retina chip with a 256×256 array of n-MOS variable-sensitivity photodetector cells," *Proc. SPIE*, **2597** (1995) 283-291.