

電子・情報工学専攻	学籍番号	999009
申請者氏名	山田 仁	

指導教官氏名	米津 宏雄 教授 吉田 明 教授
--------	---------------------

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	生体の視覚機能に学んだ画像輪郭および動き検出機構の集積回路化に関する研究
------	--------------------------------------

(要旨 1,200 字程度)

明るい領域と暗い領域が視野中に同時に存在する環境で対象物の動きを検出する技術は、自動車の運転支援や民生用ロボットのようなシステムで必要となる。しかし、逐次処理型コンピュータを画像処理に用いた場合、動き情報抽出のために膨大な計算が必要になるため処理スピードが問題となる。一方、生体は、初期視覚機構が超並列ネットワークを構成し情報を処理するため、明るさに適応しリアルタイムで動画像を処理できる。生体の視覚処理に学び、Si大規模集積回路技術を用いることにより、動画像処理を行う視覚機能デバイス実現が期待できる。本研究では、明るさに対する広いダイナミックレンジを確保しつつ動き信号を生成し、局所的な背景の速度を抑制してオプティカルフローを生成するネットワークを、シンプルな単位回路からなるアナログMOS集積回路とすることを目的とした。

最初に、脊椎動物の外網膜にある視細胞、水平細胞および双極細胞からなるネットワークのモデルを電子回路化した。MOSトランジスタ12個からなるシンプルな単位回路を用いて、隣接する単位回路に電流が拡散するときに自律的に拡散長を変化させて、局所的な明暗に適応してエッジを検出する電流拡散ネットワークを構成した。二次元SPICEシミュレーションにより、約4桁のダイナミックレンジにわたってネットワークがエッジを出力することを確認した。また、格子パターンと実画像のシミュレーションによって、二次元実画像における局所適応エッジ検出の性能を示した。さらに単位回路を一次元配列したテストチップ測定により局所適応動作を確認した。このテストチップでは35%という高い開口率を得た。

次いで、脊椎動物の内網膜に存在する双極細胞端、狭域・広域アマクリン細胞および神経節細胞の機能とネットワークに着目しモデル化を行った。アマクリン細胞が動き信号を生成する機能に学んで、外網膜回路で生成したエッジ信号を入力と仮定し、単位回路を構成した。この回路では、キャパシタで発生した遅れ時間を利用して、入力信号の立上り直後と終了直後にパルス状の動き信号を生成する。一次元SPICEシミュレーションによって、動き信号の生成機能を確認した。また、神経節細胞の機能に学んで、動き信号を局所的に集めて速度情報を生成するモデルを提案し、一次元SPICEシミュレーションによってその機能を確認した。テストチップ測定により単位回路が動き信号を生成する機能を確認した。さらに、外網膜回路、二値化回路および内網膜回路を統合した二次元動き検出網膜チップを設計した。

最後に、オプティカルフローの表示を行うモデルを提案した。二次元画像において局所的なエッジ図形の動き信号を入力とし、ある時定数で減衰する電位分布を生成してオプティカルフローを表示するネットワークを提案した。さらに、この回路の出力電位の減衰時定数をフィードバック制御するために、局所領域の平均電位分布を生成するネットワークを提案した。エッジの動き信号を入力とした二次元SPICEシミュレーションによって、オプティカルフロー表示と平均電位分布の生成を確認した。さらに、フィードバック用電位分布によって、オプティカルフローを形成する個々の移動ベクトルの大きさを抑制する機能も確認した。以上により、局所的な背景の速度を抑制する機能をもつオプティカルフロー表示機能を実現できることを明らかにした。