

平成 14 年 2 月 21 日

電子・情報工学専攻	学籍番号	953311
申請者氏名	大谷 真弘	

指導教官氏名	米津 宏雄 教授 石田 誠 教授
--------	---------------------

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	生物の視覚システムに学んだ動き検出機能のアナログ集積回路化に関する研究
------	-------------------------------------

(要旨 1,200 字程度)

本論文では、昆虫などの視覚システムにおける情報処理機構に基づく初期視覚機能のアナログ集積回路化について述べる。ハエなどの昆虫の視覚システムは、動き検出機能に特化した情報処理機構を構築している。これにより、昆虫はその微小な脳にも関わらず、自らの優れた飛翔能力を有効に活用することが可能となっている。このようなシンプルかつ高性能な初期視覚機能は、形状認識や動きの知覚といった高度な画像処理システムを構築する際のプリプロセッサにも必要とされている。本論文で述べるアナログ集積回路は、そのようなプリプロセッサの実現を目的とするものであり、高度な画像処理システムを構築する上で重要な役割を担うと考えられる。

以上の考えに基づき、最初に、昆虫の視覚システムにおいて局所的な動き情報を検出する機構を説明する相関モデルのアナログ集積回路化を行った。回路化においてアナログ電子回路の特長を有効に利用した結果、構築した基本回路はこれまでに提案された動き検出回路に比較して、もっとも少ない素子数で構成された。構築した基本回路は、Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (SPICE)および本学固体機能デバイス研究施設において作製した試作チップを用いて、その回路動作を検証した。その結果、構築した基本回路は相関モデルと同様に局所的な動き情報を検出することが可能であることが確認された。

次に、ハエの視覚システムに存在する方向選択性動き検出神経細胞モデルのアナログネットワークの考案およびその集積回路化を行い、その回路動作を SPICE を用いて検証した。この神経細胞モデルは、相関モデルに基づく動き検出器からの出力を樹上突起により空間的に統合し、細胞体の活動度を変化させる。考案したネットワークは、Miller 効果などに着目し、回路を構成する MOS トランジスタの寄生容量を有効に活用することによって、その占有面積を縮小することが可能となった。また、考案したネットワークの二次元配置方法を検討し、それに基づく集積回路設計を行った。

最後に、カブトガニの側眼における視覚システムのモデルに基づき、単一の基本回路によって時間的および空間的なコントラストの検出を行うアナログネットワークの考案を行った。考案したネットワークでは、モデルと同様に自己抑制機構によって時間的なコントラスト、つまり動き情報の検出を行い、側抑制機構によって空間的なコントラストの検出を行う。考案したネットワークの基本回路は、カブトガニの側眼の構造およびモデルに基づくことによって、シンプルな回路構造に動き検出機能と空間的なコントラストの検出機能の両方を含むことが可能となった。

本研究で考案したネットワークは、より高い時空間解像度を必要とする視覚情報処理システムにおいて優れたプリプロセッサとして機能することが可能であると期待される。また、それらの情報処理機構は生体モデルと類似した特性を有しており、生体の視覚システムのさらなる解明に貢献することが可能であると考えられる。