OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	昆虫視覚系の計算原理に学んだ衝突回避のための単眼ロボットビジョン
Author(s)	奥野, 弘嗣
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1201
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【９】

氏名	奥野弘嗣（おくのひろつぐ）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第　２２４２３　号
学位授与年月日	平成20年８月31日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	**昆虫視覚系の計算原理に学んだ衝突回避のための単眼ロボットビジョン**
論文審査委員	（主査） 教授　八木　哲也 （副査） 教授　谷口　研二　教授　尾崎　雅則　教授　伊藤　利道 教授　森　勇介　教授　片山　光浩　教授　杉野　隆 教授　栖原　敏明　教授　近藤　正彦　教授　森田　清三

論文内容の要旨

本論文は，昆虫視覚系の計算原理に学んだ衝突回避のための単眼ロボットビジョン開発に関する研究をまとめたものであり，全7章により構成されている．

第1章では，本論文の目的と意義を述べた．まず視覚センサで衝突回避を行うことの意義を述べた．次いで従来の視覚情報処理の特徴と問題点を挙げ，生体の視覚情報処理を模倣することにより実現を目指す視覚センサの特長を明らかにした．

また，本研究が生体機能の中でも特に注目した，昆虫の視覚情報処理，視覚制御運動に関する生理学的・行動学的研究についての概説を行った．次に昆虫を模倣した視覚センサ開発に関する先行研究を紹介し，それらと本研究とのアプローチの違いを明らかにした．

第2章では，バッタの視覚神経系において，至近距離に迫った接近物体に対して選択的応答を示す神経細胞(lobula giant movement detector, LGMD)について述べた．本研究では，この神経系における計算原理を模倣することにより，効率的な衝突検知システムの実現を目指した．過去の研究において提案されたLGMDの神経回路モデルを紹介し，その回路で行われている情報処理について説明した．また，この回路において，遅延を持った側抑制機構が至近距離物体への選択的応答の要因となっていることを解説した．

第3章では，本研究により考案した，バッタLGMDで行われている計算原理を模倣した電子回路モデルについて述べた．物体の様々な運動に対するモデルの応答を，コンピュータシミュレーションを用いて検証した．この結果から，モデルがバッタLGMDと同様，接近物体に対し至近距離で強く応答することを確認し，更に遅延を持った側抑制の時空間特性がモデルの応答特性に与える影響を明らかにした．

第4章では，目指す視覚情報処理を効率的に行うために開発したハードウェアについて述べた．フロントエンドには，アナログ回路の利点を生かし，様々な時空間フィルタを瞬時に施すことができるシリコン網膜を用い，その後段には並列情報処理に適し，かつ多目的に扱えるFPGA (field-programmable gate array)を配した．

また，第3章で考案した電子回路モデルを，一部簡略化した形でハードウェアに実装した衝突検知システムにつ

いて述べた．側抑制は隣接一画素に限定し，側抑制のための時空間フィルタは全てFPGAに実装した．応答の測定はLCD(liquid crystal display)に物体の運動を模擬するパターンを提示することで行った．この結果より，本システムは至近距離物体への選択的応答をある程度示すが，選択性を高めるためにはより広い空間フィルタが必要となることを確認した．

第5章では，第3章で考案した電子回路モデルを第4章で開発したハードウェアに実装した衝突検知システムについて述べた．側抑制に求められる広い空間フィルタは，アナログ抵抗回路網により実現した．ディジタル演算が苦手とする空間フィルタがフロントエンドでなされているため，FPGAにおける計算コスト及び回路規模は大きく抑えられた．実装システムはシミュレーション動画を用いて評価を行い，至近距離物体への選択的応答を示すことを確認した．接近物体への応答特性は，電子回路モデル同様，側抑制に用いる時空間フィルタによって制御できることを確認した．

第6章では，本研究で開発した衝突検知システムの，実環境応用について述べた．実環境での検証は，本システムをモータ駆動の小型模型自動車に搭載することにより行った．実環境では，自己振動を始めとして，動画を用いたシミュレーションでは想定していなかった問題が認められたが，適切に対策を施すことにより，実環境でも安定して動作することを確認した．

第7章では，本研究で得られた知見を総括した．

論文審査の結果の要旨

本論文は、昆虫視覚系の計算原理に学び開発を行った衝突回避のための単眼ロボットビジョンシステムに関する研究をまとめたものであり、以下の７章より構成されている。

第１章では、本論文の目的と視覚センサで衝突回避を行うことの意義を述べるとともに，生体の視覚情報処理を模倣した視覚センサの特長を明らかにしている。

第２章では、バッタの視覚神経系において，至近距離の接近物体に対して選択的応答を示す神経細胞(lobula giant movement detector，LGMD)について述べている。また本論文の研究が、この神経系における計算原理に基づいて行われたこと、及び神経系における計算原理をハードウェアで模倣することの意義を述べている。

第３章では、LGMD で行われている計算原理を模倣した電子回路モデルを考案し、このモデルの動作説明を行っている。物体の接近等に対するこのモデルの応答を、コンピュータシミュレーションを用いて検証し、このモデルが至近距離物体への選択的応答を行うことを示している。また、このモデルを用いて衝突検知を行う場合の、回路パラメータ設定の指針を示している。

第４章では、目指す視覚情報処理を効率的に行うために開発したハードウェアを紹介し、このハードウェアが、アナログ回路とディジタル回路の双方の利点を生かした情報処理を実行できることを説明している。また、第３章で考案した電子回路モデルを、簡易的にハードウェアに実装することにより、ハードウェア上でのモデルの動作を検証し、至近距離物体への選択的応答を行うことを示している。

第５章では、第３章で考案した電子回路モデルを第４章で開発したハードウェアに実装した衝突検知システムについて述べている。ディジタル演算が苦手とする空間フィルタリングがアナログ抵抗回路網でなされているため、ディジタル回路における計算コスト及び回路規模が大きく抑えられたことが述べられている。また、シミュレーション動画を用いた評価より、このシステムが至近距離物体への選択的応答を行うことが示されている。さらに、初期画像処理のみをアナログ回路で行い、後処理をディジタル回路で行うことによって、高い計算効率と汎用性を併せ持つシステムが実現できることを示している。

第６章では、本研究で開発した衝突検知システムの、実環境応用について述べている。実環境では、自己振動等の問題が確認されているが、ディジタル回路の持つ汎用性を生かしてアルゴリズムを一部
改良することにより、実環境でも安定して動作することを示している。

第７章では、本研究で得られた知見を総括している。

以上のように、本論文は、瞬時に演算が行えるアナログ回路と高い汎用性を持ったディジタル回路を用いて生体の視覚神経系を模倣することにより、小型かつ低消費電力の衝突回避視覚センサが実現できることを述べており、電気電子情報工学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。