The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	実時間マルチスケール空間フィルタ処理機能を有する知能視覚センサの開発と応用
Author(s)	安川, 真輔
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61748
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　安川　真輔　）	
論文題名	実時間マルチスケール空間フィルタ処理機能を有する知能視覚センサの開発と応用

論文内容の要旨

本論文は，筆者が主に大阪大学大学院工学研究科博士後期課程在学中に行った実時間マルチスケール空間フィルタ処理機能を有する知能視覚センサの開発と応用に関する研究をまとめたものであり，全7章から構成されている．

第1章では，本論文の目的と意義を述べた．生体の視覚系が，その並列階層的な構造を活かし，視覚情報を異なる複数のスケールで効率的に解析していることを述べた．次に，画像を複数のスケールで高速に解析する意義を述べた．逐次型演算に基づいた従来の視覚システムの構成では，実時間で画像をマルチスケールで解析することは困難であり，生体の視覚系に学び，アーキテクチャレベルからシステムを見直すことが必要であることを論じた．

第2章では，マルチスケール解析法の初段にあるマルチスケール空間フィルタ処理の高速化に関する先行研究を述べた．また本研究の鍵となる技術である生体網膜神経回路を模擬したアナログ抵抗回路網について述べた．

第3章では，複数の空間フィルタ処理機能を有する知能視覚センサについて述べた．本視覚センサは空間フィルタ処理を瞬時に実行するアナログ抵抗回路網とFPGA（Field-Programmable Gate Array）から構成された．本視覚センサが実時間でマルチスケール空間フィルタ処理画像を取得できることを示した．

第4章では，第3章で提案した知能視覚センサを応用し，マルチスケールの輪郭検出機能を有する知能視覚システムを構築したことを述べた．本システムではFPGA内のデジタル回路が並列に動作することで効率よくマルチスケールで輪郭検出画像を取得できた．

第5章では，抵抗回路網を用いたスケール不変特徴量の抽出について検討した．従来，用いられてきたガウシアンフィルタと抵抗回路網の空間フィルタの空間特性の違いが，スケール不変な特徴点の検出に与える影響をソフトウェア・シミュレーションにより比較・検討した．

第6章では，画像からスケール不変特徴量を実時間で抽出する知能視覚システムについて述べた．本システムは，上記のセンサに，並列に特徴抽出処理を実行するデジタル回路を配することで実現した．実機実験により，本システムを実時間物体トラッキングに応用できることを示した．

第7章では，本研究で得られた結果を総括した．

以上のように，本論文では，複数の空間フィルタ処理画像を実時間で取得できる視覚センサを開発し，それが工学的に有用であることを明らかにした．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　安川　真輔　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	八木 哲也
	副 査	教授	森 伸也
	副 査	教授	金子 真
	副 査	教授	伊藤 利道
	副 査	教授	森 勇介
	副 査	教授	片山 光浩
	副 査	教授	尾崎 雅則
	副 査	教授	片山 竜二
	副 査	教授	近藤 正彦

論文審査の結果の要旨

実時間での画像処理および認識は、情報社会における必須の工学技術の一つである。特にロボットビジョン、車の自動走行や日常環境における情報機器とのインターフェースなどでは、小型かつ低消費電力での処理・認識が強く求められる。しかしながら、従来のデジタル直列逐次演算に基づく画像処理手法は、画像という空間的に広がった情報の処理には全く不向きである。特に実世界を映す自然画像には、様々な大きさ（空間周波数）のイメージが含まれているため、従来の画像処理手法による処理は計算量が爆発的に増大し、小型・低消費電力なシステムでの実時間処理は極めて困難である。一方で生体の視覚神経回路は、複雑な自然画像を極めて効率よく、実時間かつ低消費電力で処理を行うことができる。本論文は、この生体の視覚情報処理からヒントを得たまったく新しいアーキテクチャを有するアナログ/デジタル混在型の並列知能視覚センサを提案し、実際にアナログ集積回路と最近急速に普及したプログラマブルなデジタル集積回路、すなわち Field Programmable Gate Array（FPGA）とを組み合わせた試作システムによって、自然画像の処理を効率よく実行できることを示している。以下にその内容と評価を具体的に記す。

第一章では，本論文の目的を述べている。自然画像には様々な大きさの物体イメージが含まれている。これを処理するためには、複数の空間的広がりを持ったフィルタにより前処理を実行する、すなわちマルチスケールの空間フィルタ群によって画像を前処理する必要があるが、このマルチスケール前処理は、従来のデジタル画像処理手法を用いると極めて非効率的である。ここではこれらの問題を解決する手段として、生体の並列視覚情報処理アーキテクチャに学ぶことの重要性を指摘し、新しい知能視覚センサを開発することを目的として述べている。さらに続く第二章では、従来の逐次演算による空間フィルタ処理とその高速化の試みについての先行研究、および逐次型演算による空間フィルタ処理とその問題点について具体的に述べている。さらにここでは、本論文の独創性、新規性の鍵となる生体網膜神経回路を模擬したアナログ抵抗回路網とそれを内蔵する知能視覚センサについて述べている.

第三章では，複数スケールでの空間フィルタ処理の実行に適したハードウェア・アーキテクチャを提案し、これを試作した知能視覚センサの動作とその有用性について述べている。考案・試作した視覚センサは、空間フィルタ処理を瞬時に実行するアナログ抵抗回路網と FPGA により構成され、小型かつ低消費電力で実時間処理が実現できる。試作機のアナログ抵抗回路網は、既存の MOS（Metal-Oxide-Semiconductor）集積回路であるが、ここではこの集積回路の空間フィルタ特性を外部信号により制御することによって，取得画像に対してフレーム毎のサンプル時間内に複数の空間フィルタを適用できることを，単なるシミュレーションではなく実験によって明確に示している点が高く評価できる.

続く第四章では、第 3 章で述べた知能視覚センサの後段に FPGA によるデジタル演算回路を付加した知能視覚センサに

ついて述べている。この知能センサは、第3章で述べたアナログ集積回路で得られたマルチスケールでのフィルタ処理画像に対し、FPGA 上のデジタル回路により、フレーム遅れがなく連続的に処理を加えることを可能にする。さらにここでは実際に複数の試験画像を用いて，構築した知能視覚センサが入力イメージ内の大まかな構造から細やかな構造までを、単一フレーム取得時間内で並列に抽出することを実験により示している。処理に必要とされる消費電力は、従来の画像処理手法のものとは桁違いに低く、システムは小型で応用性が高い。

第五章では，第四章で提案・試作した知能視覚センサを用いて、複数の空間スケールで処理した画像の間で、処理スケールに不変な点を抽出する手法をシミュレーションにより提案している。ロボットなどの移動システムから見た画像は、対象物の大きさが常に変化するために，特徴点を実時間で追うこと、すなわち異なるフレーム間での対応点を特定することが極めて重要である。ここでは従来のデジタル画像処理手法によるスケール不変特徴量抽出について簡潔に述べた上で、第三章、第四章で示したシステムが、従来手法より格段に効率的であることをソフトウェア・シミュレーションで確認している.

第五章のシミュレーション解析の結果に基づいて第六章では、画像からスケール不変特徴量を実時間で抽出する知能視覚センサシステムを構築し、そのシステム構成と動作について述べた上で、応用例を実験的に示しシステムの性能を検証している。このシステムには特徴量抽出の高速化を図るために、視覚センサ内の FPGA 上に新たに実装した並列演算モジュールが含まれており、新規性が認められる。さらにこの章では、構築した視覚システムに対して、対象物の大きさと位置が時々刻々変化する試験動画を提示し、システムが実時間でスケール不変な特徴量を抽出し、特徴点を連続的に追跡できることを実験的に確認している。この結果は、提案するシステムの有用性およびその実世界への応用のポテンシャルの高さを明確に示しており、その新規性と研究の到達レベルの高さを示したものと評価される。

以上のように本論文には、様々な広がりを持った物体のイメージを含む、すなわち広い帯域の空間周波数を含む自然画像を、マルチスケールで実時間処理する全く新しい視覚システムを提案・試作し、かつそのシステムの実用性を実験的に示した結果が，適格かつ適切に記載されている。システムは小型かつ低消費電力という点で，従来のデジタル画像処理を凌駕しており、論文の内容には高い新規性、有用性が含まれている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。

様式 8

最終試験の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　安川　真輔　）			
最終試験担当者		職　名	氏　名
	主 査	教授	八木　哲也
	副 査	教授	森　伸也
	副 査	教授	金子　真
	副 査	教授	伊藤　利道
	副 査	教授	森　勇介
	副 査	教授	片山　光浩
	副 査	教授	尾崎　雅則
	副 査	教授	片山　竜二
	副 査	教授	近藤　正彦

最終試験の結果の要旨

本学学位規程第１０条の規定により、学位申請者に対して学位論文を中心とし、論文内容及びこれに関連のある科目について試問を行い、審査委員全員の協議の結果、平成２８年１１月２４日合格と判定した。