

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 14 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22560325

研究課題名(和文) 確率的領域分割と超平面クラス分類による高精度・汎用・実時間画像認識SOCの研究

研究課題名(英文) A study on real-time image recognition SOC with affine motion segmentation

研究代表者

深山 正幸 (Miyama, Masayuki)

金沢大学・電子情報学系・講師

研究者番号：30324106

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は汎用で高精度な画像認識アルゴリズムを考案し、これに基づく実時間SOCプロセッサを開発し、性能を実証することである。このSOCは汎用CPUとアフィン動き分割回路から構成される。左右一組のステレオ画像を入力すると動き分割回路が物体に対応する領域を抽出する。CPUは分割で得た勾配画像モーメントを特徴量としてSVMによるクラス分類を行う。そして次の時間の画像を入力し、動き分割回路がアフィン動きモデル推定により物体を追跡する。本SOCによる画像認識は車両検出・追跡を初め、幅広く応用できる。試作したSOCの面積は4.1mm<sup>2</sup>、最大周波数は94MHz、スループットはVGA91fpsであった。

研究成果の概要(英文)：This study proposes a novel image recognition algorithm for general purpose with high accuracy. We also develop an SOC based on this algorithm with real-time performance. The SOC consists of a general purpose CPU and a processor dedicated to affine motion segmentation. The processor divides an image into regions corresponding to objects captured in stereo images. The processor calculates gradient image moment to estimate a parallax between regions of an identical object in the left and right images. The CPU classifies objects with SVM (Support Vector Machine). The SVM uses the image gradient moment again as an image feature for recognition. Then the motion segmentation processor tracks objects with affine motion model estimation using an image of the next time. Image recognition by the SOC is applicable to many applications such as vehicle detection and tracking. The chip area of the SOC is 4.1 mm square. The operating frequency is 94 MHz. The processing throughput is VGA 91 fps.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：画像分割 パターン認識 画像認識 SOC

## 1. 研究開始当初の背景

近年、発展の著しい多くの応用分野において画像認識が実用化され、その高度化が期待されている。例えば車載応用では車両検出・追跡や歩行者検出・追跡が行われ、ヒューマンインタフェースでは顔・表情認識、ジェスチャ認識が行われる。

画像認識技術は適用対象毎に発展し、個々の認識性能を高める研究が続いてきた。適用対象と状況を適切に限定することにより画像認識の実用化が進んできた。近年、広範な対象と多様な状況への適応性、高精度、実時間性を同時に要求される応用に適用可能な技術の開発が進んでいる。この例は車載応用における車両・歩行者・障害物・道路の検出と追跡である。これには汎用的でロバストな高い認識性能を持つアルゴリズムが必要である。しかし高度なアルゴリズムは一般に演算量が高く実時間処理が困難である。

そこで実時間化のために複数の汎用 DSP や専用 DSP を使った専用装置が開発されている。DSP は処理の規則的な特徴抽出には効果を発揮するが、条件分岐が多く並列性の低い領域分割やクラス分類には低効果である。このため高速で消費電力の高い CPU を組み合わせる必要がある。一方、汎用的な画像認識専用 LSI の研究は動き推定などの一部の処理に留まっている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、汎用で高精度な画像認識アルゴリズムを考案し、これに基づく実時間 SOC プロセッサを開発し、性能を実証することである。目標はスループット性能 VGA 30 fps、動作周波数 150 MHz、0.18 $\mu$ m プロセスを用いたチップ面積 10 mm<sup>2</sup> 角とする。エネルギー最小化ラベリングによる領域分割とサポートベクトルマシンによるクラス分類を組合せて汎用性と高い認識精度を両立する。本研究は低電力を要求される組み込み機器でも高度な画像認識を可能とし、VLSI 画像処理

の学術、産業の発展に貢献する。

## 3. 研究の方法

研究課題は以下の 1) ~ 4) である。

- 1) 画像認識アルゴリズムの調査、研究
- 2) 画像認識プロセッサ・アーキテクチャの研究
- 3) 領域分割部とクラス分類部の TEG 開発
- 4) 画像認識 SOC プロセッサ開発、性能実証

平成 22 年度に課題 1)、平成 23 年度に課題 2) と 3)、平成 24 年度に課題 4) を行い、高精度・汎用・実時間画像認識 SOC を実現し、性能実証する。

平成 22 年度には、1) の画像認識アルゴリズムについて、A) 1 回の画面スキャン中に動きモデル推定と領域分割を同時処理する効率的な動き分割手法の考案、B) 新しい動き分割手法に基づく画素単位のパイプライン処理による高性能動き分割プロセッサ・アーキテクチャの考案、C) ステレオ動画像の空間的・時間的動き分割による物体検出・追跡手法の考案、D) 動き分割アルゴリズムのソフトウェア実装とライブラリ化、E) 本アルゴリズムの車両検出・追跡への適用を行った。

平成 23 年度には、2) の画像認識プロセッサ・アーキテクチャの研究と 3) の領域分割部とクラス分類部の TEG 開発を行った。

平成 24 年度には、4) の画像認識 SOC の開発を行った。

## 4. 研究成果

平成 22 年度には、研究の方法に記載した A) と B) の手段により従来の動き分割プロセッサと比較してスループット性能を 2 倍とし、必要な画像メモリ容量を半分にした。C) は同時刻の左右ステレオ画像の空間的動き分割によりカメラから物体までの距離画像生成と物体検出を同時に行い、現在と次の時刻の 2 枚の画像の時間的動き分割により移動する物体を追跡する手法である。本手法は物体の

基本特性（物体は空間的に集中し、動きは一つ）に基づいて検出・追跡を行うため汎用的であり、共通の動き分割で空間的・時間的解析を行うため効率的である。D)では時空間動き分割アルゴリズムをソフトウェア実装し、オープンソースライブラリ OpenCV を組み合わせて画像認識シミュレータ・プラットフォームを構築した。E)ではこのプラットフォームを利用して車両検出・追跡シミュレータを構築し、アルゴリズムの有効性を確認した。

平成23年度に検討したSOCプロセッサは汎用CPUと動き分割プロセッサから構成される。SOCプロセッサのブロック図を図1に示す。画像認識SOCに左右一組のステレオ画像が入力されると動き分割プロセッサがアフィン動き分割により物体に対応する領域を抽出する。動き分割プロセッサは1回の画面走査で境界更新と新領域検出を同時に行うアルゴリズムに基づき、画素単位でパイプライン処理する回路構成を採る。動き分割プロセッサのブロック図を図2に示す。汎用CPUは動き分割の際に計算された領域の輝度勾配行列を画像特徴量としてSVM（Support Vector Machine）によるクラス分類を行い、物体を認識する。そして動き分割プロセッサは現在の画像と次の時間の画像を用いてアフィン動きモデル推定により物体に対応する領域を追跡する。本SOCプロセッサは60MHz動作時、VGA30fpsのステレオ動画をリアルタイムで処理可能である。本SOCプロセッサによる画像認識は車両検出・追跡、身体ジェスチャ認識、顔によるマンマシンインタフェースに幅広く応用できる。そして東京大学 VDEC 提供ローム 0.18 $\mu$ m プロセス試作サービスを利用してTEGを開発した。チップサイズは2.5mm角となり、パッケージはQFP80とした。試作チップをLSIテスタで評価し、正常動作を確認した。

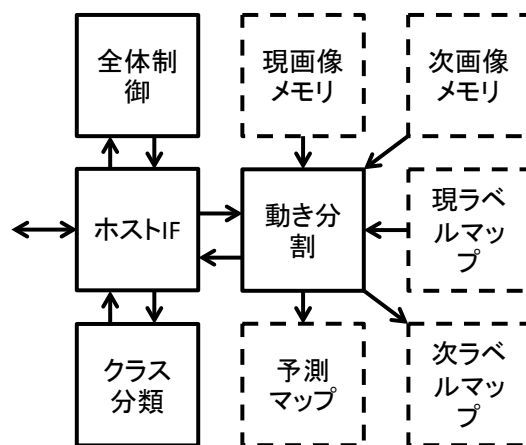


図1 画像認識SOCブロック図

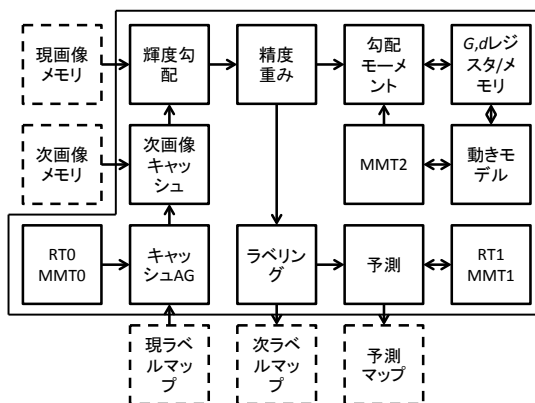


図2 動き分割プロセッサブロック図

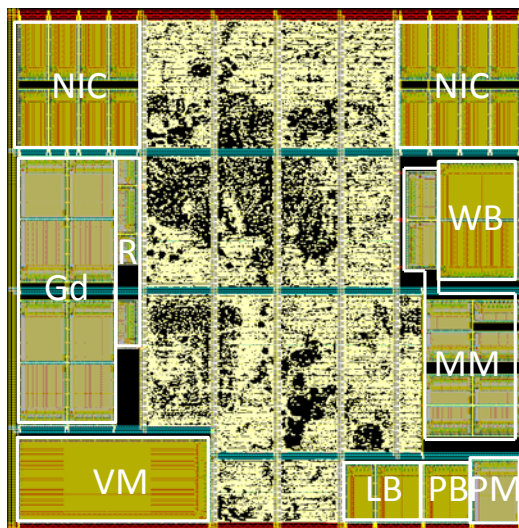


図3 画像認識SOCレイアウト図

平成24年度に東京大学 VDEC の提供する 0.18 $\mu$ m 半導体プロセス試作サービスで画像認識SOCを試作した。回路規模は32万ゲート（2入力NAND換算）、総メモリ容量は40Kビット、チップ面積は4.1mm角、最大動作周波数94MHz、スループットはVGA 91fpsとなった。LSIテスタで試作したSOCの正常動作

を確認した。

本研究の学術的な特色・独創的な点は以下のとおりである。

- 1) 動物体と静止物体の両方に対応できる領域分割アルゴリズム
- 2) 1)とサポートベクトルマシンによる画像認識アルゴリズム
- 3) 2)のアルゴリズムに基づく画像認識プロセッサの回路構成

本研究の結果、VGA 91 fps の画像認識を動作周波数 94MHz で実時間実行するプロセッサが、 $0.18\mu\text{m}$  プロセスを用いた 4.1mm 角チップ上に実現した。これにより、処理性能の限られた組込み機器でも高度な画像認識が可能となり、車載、ロボット、監視といった産業分野で機能性、利便性、安全性の向上に貢献すると考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 深山正幸, 松田吉雄, “VGA 91 fps 画像認識用アフィン動き分割プロセッサ,” 電子情報通信学会和文論文誌 D, (掲載決定), [http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j97-d\\_6\\_1122&category=D&year=2014&lang=J&abst=j](http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j97-d_6_1122&category=D&year=2014&lang=J&abst=j), 査読有.
- ② 深山正幸, 山田圭悟, 松田吉雄, “勾配モーメントを画像特徴に用いた車両認識,” 電子情報通信学会和文論文誌 D, Vol. J97D, No. 2, pp. 343-348, (2014. 2), <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009688474>, 査読有.
- ③ 深山正幸, 松田吉雄, “VGA 131 fps アフィン動きモデル推定 VLSI プロセッサ,” 電子情報通信学会和文論文誌 D, Vol. J94D-2, No. 12, pp. 2082-2092, (2011. 12), [https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j94-d\\_12\\_2082&category=D&year=2011&lang=J&abst=](https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j94-d_12_2082&category=D&year=2011&lang=J&abst=), 査読有.

[学会発表] (計 8 件)

- ① 大蔵忠丸, 深山正幸, 松田吉雄, “勾配モーメント特徴と SVM による車両画像分類,” 平成 25 年度電気関係学会北陸支部連合大会予稿集, 石川県金沢市金沢大学, (2013. 9) .
- ② 森田 峻介, 深山正幸, 松田 吉雄, “アフィン動きモデル推定プロセッサの顔器官追跡への応用,” 電子情報通信学会技術報告書, 石川県金沢市金沢大学, (2013. 8), <http://ci.nii.ac.jp/naid/40019781307>.
- ③ 深山正幸, “画像認識プロセッサの研究,” 電子情報通信学会技術報告書, 石川県能美市北陸先端科学技術大学院大学, (2013. 9), <http://www.ieice.org/ken/paper/20130918hB54/>.
- ④ MIYAMA, Masayuki, MATSUDA, Yoshio, “Integrated Face Detection, Tracking, and Pose Estimation,” International Conference on Signal Processing, Beijing China, (2012. 10) , 10.1109/ICoSP.2012.6491760, 査読有.
- ⑤ 折戸昭良, 深山正幸, 松田吉雄, “ヘルマート動きモデル推定と二次元多関節モデルを用いた人体部位追跡,” 平成 24 年度電気関係学会北陸支部連合大会予稿集, 富山県小矢部市富山県立大学, (2012. 9) .
- ⑥ Masayuki Miyama, Yoshio Matsuda, “Vehicle Detection and Tracking with Affine Motion Segmentation in Stereo Video,” IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications 2011, Kuala Lumpur Malaysia, (2011. 11), 10.1109/ICSIPA.2011.6144099, 査読有.
- ⑦ 谷元俊司, 深山正幸, 松田吉雄, “複数領域対応アフィン動きモデル推定回路の設計,” 平成 23 年度電気関係学会北陸支部連合大会予稿集, 福井県福井市福井大学, (2011. 9) .
- ⑧ 野坂陽一, 深山正幸, 松田吉雄, “Haar-like 特徴とアフィン動きモデル推

定を用いた顔の検出・追跡と向き推定,”平成 23 年度電気関係学会北陸支部連合大会予稿集, 福井県福井市福井大学, (2011.9)

( )

研究者番号 :

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

(3) 連携研究者

( )

研究者番号 :

名称 : 画像分類装置及びその方法

発明者 : 深山正幸

権利者 : 金沢大学

種類 : 特許

番号 : 特願 2013-136946

出願年月日 : 2013.6.28

国内外の別 : 国内

名称 : 運転支援システム, 運転支援方法, 及び, プログラム

発明者 : 深山正幸

権利者 : 金沢大学

種類 : 特許

番号 : 特願 2011-249916

出願年月日 : 2011.11.15

国内外の別 : 国内

名称 : 情報処理装置, 及び, 情報処理方法

発明者 : 深山正幸

権利者 : 金沢大学

種類 : 特許

番号 : 特願特願 2011-247600

出願年月日 : 2011.11.11

国内外の別 : 国内

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

深山 正幸 (MIYAMA, Masayuki )

金沢大学・理工研究域 電子情報学系・講師

研究者番号 : 30324106

### (2) 研究分担者