

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 21 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500171

研究課題名（和文） 並列処理に基づく物体認識アルゴリズムに関する研究

研究課題名（英文） Object Recognition Algorithm based on Parallel Processing

研究代表者

市村 直幸（ICHIMURA NAOYUKI）

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号：50356466

研究成果の概要（和文）：

本研究では、近年急速に発達している多数の計算コアを有する GPU (Graphics Processing Unit) を利用し、並列処理に基づく物体認識アルゴリズムを構成することを目的とした。まず、物体認識の基盤要素である局所不変特徴の抽出に対し、並列処理を適用した。方向マップと呼ばれるデータ構造を導入することにより、並列処理で効率的に実行可能な均一な局所演算により特徴抽出を構成できることを示した。その結果、従来の方法よりも、高速かつ特徴数の変化に対しスケラビリティの高い特徴抽出を実現することができた。また、抽出した特徴の並列処理による対応付けに関しても検討を行った。ベクトル量子化に基づく近似最近傍法が有用との知見を得ている。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this research is to develop an object recognition algorithm based on a parallel processing using GPU (Graphics Processing Unit) which has been emerged recently. First, the parallel processing is applied to extraction of local invariant features because the features are now one of the fundamental entities of object recognition algorithm. Introducing the data structure called the orientation maps, we can adopt homogeneous local operations which are efficiently performed by the parallel processing for feature extraction. The algorithm using the orientation maps is fast as well as scalable in terms of the number extracted features. Second, finding the correspondences among local invariant features by the parallel processing is investigated. The approximated nearest neighbor method based on vector quantization would be promising.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：コンピュータビジョン

1. 研究開始当初の背景

近年のイメージングデバイスの性能向上や携帯機器への組み込み等に伴い、大量の映像を高速に処理する必要性が高まっている。また、多数の演算コアを有するプロセッサであるメニーコアプロセッサの発達により、並列処理により種々のアルゴリズムを高速化することが有望とされている。これらのことから、本研究では、並列処理による物体認識アルゴリズムの開発を目指した。

2. 研究の目的

本研究では、並列プロセッサとして普及している GPU (Graphics Processing Unit) を用いて、高速な物体認識アルゴリズムを構築することを目的とした。特に、物体認識において必要不可欠な特徴抽出の並列化に注力した。また、抽出した特徴の対応付けについても研究開発を行うことも目的とした。

3. 研究の方法

特徴抽出については、物体認識の基盤要素として幅広く用いられている局所不変特徴量を対象とし研究開発を行った。局所不変特徴量の抽出は、(1) 局所領域の設定、(2) 局所領域内の特徴ベクトルの計算、の2段階の処理から構成される。それぞれの処理を並列化するに当たり、どのような点が問題になるかをアルゴリズムの実装を通じ明確にし、その後問題点の解決を図った。

また、特徴の対応付けについては、どのようなアルゴリズムが並列処理と親和性が高いかについての検討を行った。

4. 研究成果

特徴抽出で特に問題となったのは、特徴ベクトルの計算において、並列処理の効率を落とす不均一な局所演算が含まれることであった。これによって、単に従来のアルゴリズムを並列化するだけでは、特徴数が増すと計算時間も急速に増加する、つまり、スケーラビリティが悪化することが明らかになった。この点を改善するため、方向マップと呼ばれるデータ構造を導入し、並列処理で効率的に実行可能な均一な局所演算によってアルゴリズムを構成した。結果、高速化と共にスケーラビリティが大きく向上することを示した。

図1は、4k2k(4096x2304 画素)フォーマットの画像における特徴数に対する計算時間の変化を表す。方向マップを導入したアルゴリズムにより、特徴数に対するスケーラビリティが大きく向上していることがわかる。また、

計算時間は100万の特徴を抽出するのに約1秒であることもわかる。この結果は、並

列処理において方向マップを導入することが、高速化とスケーラビリティの向上に有効であることを示すものと言える。

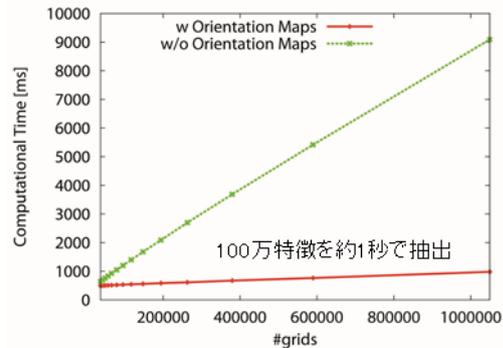


図1 特徴数に対する計算時間の変化。
赤：方向マップを導入したアルゴリズム、
緑：従来のアルゴリズム。

また、特徴の対応付けについては、個々のデータで独立に行われる距離計算が基本となる最近傍法が有望との結果を得た。そして、計算効率を上げるため、ハッシングやベクトル量子化に基づく近似最近傍法を検討した。大量データを取り扱う場合のメモリ効率を勘案すると、データ圧縮効率を高めることができる直積ベクトル量子化に基づく方法が有望との知見を得て、その基本的な性能についての実験的検証を行った。

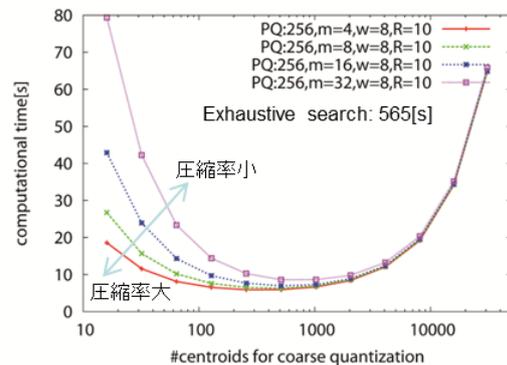


図2 直積ベクトル量子化のセントロイド数、次元分割数に対する計算時間の変化。

図2は、直積ベクトル量子化において、セントロイド数(横軸)、および、次元分割数(m)を変化させた場合の計算時間の変化を表している。この場合、309,893個のデータを含むデータベースに対し、15,005個のクエリの最近傍探索を行った。枚挙的探索に約565秒要するのに対し、直積ベクトル量子化を導入すると、計算速度が7倍~70倍程度高速化される。その際の最近傍探索の精度(recall@10:上位10個のデータ内に最近傍データが含まれる割合)を表したのが図3で

ある。この図から、例えば、セントロイド数を 128、次元分割数を 32 とすると、90%以上の精度が得られることがわかる。この際、データベースは元のサイズの約 6%に圧縮できる。この結果から、直積ベクトル量子化は、メモリ量の削減し、かつ、精度を維持したうえで、計算速度を向上させるのに有効と考えている。

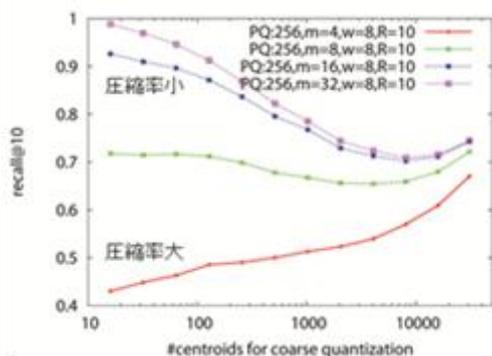


図3 直積ベクトル量子化のセントロイド数、次元分割数に対する最近傍探索の精度の変化。

上記の成果の一部は、国際会議等で発表を行っている。特徴抽出の成果において、Best Poster Awardを受賞する、解説記事の執筆依頼を受ける等、並列化の導入効果を示したことに対して一定の評価はなされているものと考えている。

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 6 件)

- ① 市村直幸, 方向マップを用いた局所不変特徴量の抽出, 映像情報メディア学会, 査読無 (解説記事), Vol.66, No.10, pp.831-834, 2012.
- ② Naoyuki Ichimura: Scalable Local Feature Extraction with Orientation Maps and GPU Computing, GTC On-Demand: http://on-demand.gputechconf.com/gtc/2012/posters/P0380_ScalableLocalFeature_Naoyuki_Ichimura.pdf, 査読有, 2012.
- ③ Naoyuki Ichimura: Extracting Multi-size Local Descriptors By GPU Computing, Proc. IEEE 2nd Workshop on Visual Content Identification and Search, 査読有, 2011. DOI: 10.1109/ICME.2011.6012157
- ④ Naoyuki Ichimura: GPU Computing with Orientation Maps for Extracting

Local Invariant Features, Proc. The Sixth IEEE Workshop on Embedded Computer Vision, 査読有, 2010.

DOI: 10.1109/CVPRW.2010.5543742

- ⑤ 市村直幸, 多重サイズ局所記述子の GPU による抽出, 第 13 回画像の認識・理解シンポジウム論文集, 査読無, pp.982-989, 2010.
- ⑥ 市村直幸, GPU と方向マップに基づく局所不変特徴量のオンライン抽出, 情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会研究報告, 査読無, Vol.2011-CG-142, pp.1-6, 2010.

[学会発表] (計 11 件)

- ① 市村直幸, 画像認識のための局所不変特徴量の理解と GPU による高速実装, 技術セミナー, (株)トリケップス主催, 2012 年 10 月 26 日, オームビル (東京都).
- ② 市村直幸, GPU による並列画像処理技術の開発とカメラへの応用の可能性, 技術セミナー, (株)日本情報技術センター主催, 2012 年 7 月 12 日, 飯田橋レインボービル (東京都).
- ③ Naoyuki Ichimura: Scalable Local Feature Extraction with Orientation Maps and GPU Computing,, GPU Technology Conference, 2012 年 5 月 14 日, San Jose Convention Center (アメリカ合衆国).
- ④ 市村直幸, 画像処理の基礎と実装例 - 局所特徴量・SIFT・GPU による高速化 -, 技術セミナー, (株)日本テクノセンター主催, 2012 年 4 月 10 日, 日本テクノセンター (東京都).
- ⑤ 市村直幸, 方向マップに基づく画像処理による局所不変特徴量の抽出, GTC Workshop Japan, 2011 年 7 月 22 日, 東京ミッドタウンホール (東京都).
- ⑥ Naoyuki Ichimura: Extracting Multi-size Local Descriptors By GPU Computing, IEEE 2nd Workshop on Visual Content Identification and Search, 2011 年 7 月 11 日, La Salle (スペイン).
- ⑦ 市村直幸, GPU による局所不変特徴量のオンライン抽出, 講習会「GPU による高速画像・映像処理」, 2011 年 3 月 22 日, 機会振興会館 (東京都).
- ⑧ 市村直幸, GPU と方向マップに基づく局所不変特徴量のオンライン抽出, 情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会, 2011 年 2 月 8 日, 慶應義塾大学日吉キャンパス (神奈川県).
- ⑨ 市村直幸, GPU による画像からの局所不変特徴量の抽出, GPGPU セミナー, (株)サードウェーブ主催, 2010 年 12 月 13

- 日，秋葉原 UDX ギャラリー（東京都）。
- ⑩ 市村直幸，多重サイズ局所記述子の GPU による抽出，画像の認識・理解シンポジウム，2010 年 7 月 28 日，釧路市観光国際交流センター（北海道）。
 - ⑪ Naoyuki Ichimura: GPU Computing with Orientation Maps for Extracting Local Invariant Features, The Sixth IEEE Workshop on Embedded Computer Vision, 2010 年 6 月 13 日，Hyatt Regency San Francisco (アメリカ合衆国)。

[その他]

ホームページ

<http://staff.aist.go.jp/naoyuki.ichimura/>

受賞

Best Poster Award, GTC (GPU Technology Conference) Workshop Japan, 2011.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

市村 直幸 (ICHIMURA NAOYUKI)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号：50356466