

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 6 月 9 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300062

研究課題名（和文） 大規模高速特定物体認識とその実世界指向 Web への応用

研究課題名（英文） Large-Scale Specific Object Recognition and Its Application to Real-World Oriented Web

研究代表者

黄瀬浩一（KISE KOICHI）

大阪府立大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：80224939

研究成果の概要（和文）：実世界指向 Web とは、我々の周囲にある物体が情報の出入り口になる Web である。物体にカメラをかざすと関連情報を瞬時に取り出せる。また、物体の撮影を通してユーザ自らが情報を関連付けることもできる。扱う物体は、文字、文書から 3 次元物体、顔など様々である。本研究では、このような新しい Web を実現する上で必須となる物体認識技術の大規模化（文書の場合、1 億ページの識別）、高速化（文書の場合、27ms/query）、高精度化（文書の場合、認識率 99%）、およびその理論的基盤の構築、さらには、実世界指向 Web のプロトタイプを作成を行った。

研究成果の概要（英文）：The real-world oriented Web is a web of things that play a role of input/output tags of information. Information relevant to an object can be retrieved by just taking an image of it by using a camera. The user can associate relevant information to an object by taking its image. As objects to be handled, we consider various types such as characters, documents, 3D objects and faces. In this research we develop a method of object recognition with the following capabilities for realizing the above Web: (a) large-scale (for documents, 100 million pages), fast (for documents, 27ms/query), and accurate (for documents 99%). In addition we build a theoretical framework as well as prototypes of the real-world oriented Web.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,300,000	1,890,000	8,190,000
2011年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2012年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
総計	14,200,000	3,359,000	18,460,000

研究分野：情報工学

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報補処理・知能ロボティクス

キーワード：インターネット高度化、自動タグ付け、画像、文章、音声等認識、ディレクトリ・情報検索、文書画像検索

1. 研究開始当初の背景

本研究課題の申請時点で、研究代表者らは、大規模特定物体認識に関する一定の成果を得ていた。具体的には、以下の通りである。

(1) 文書画像検索：2 万ページのデータベースに対して 150ms/query の速度、98% の精度を達成。

(2) 平面物体認識：100 万画像に対して

60ms/query の速度、90% の精度を達成。

これらの成果は、申請時点で物体認識の常識となっていた BOF (Bag-Of-Features) では達成できないものであるが、大半の著名な研究者は BOF 以外に有望な方法はないと考えていた。この理由は、BOF を用いないと照合時間がかかりすぎるためである。これに対して、我々は近似最近傍探索を独自に開発し、

照合に用いることによって、常識を覆す速度と精度を達成していた。本研究課題は、これをさらに大規模化するとともに様々な認識対象に適用し、有効性を検証すること、ならびに、開発した技術を用いて実世界指向 Web のプロトタイプを構築することである。

2. 研究の目的

実世界指向 Web とは、我々の周囲にある物体が情報の出入り口になる Web である。物体にカメラをかざすとそれに関連付けられた情報を瞬時に取り出せる。また、物体の撮影を通してユーザ自らが情報を関連付けることもできる。扱う情報はテキストだけではなく、画像、音声から仮想現実に至るまで様々である。本研究の目的は、このような新しい Web を実現する上で必須となる物体認識技術の大規模化(1 億静止画の識別)、高速化(1 秒/query 以内)、高精度化(認識率 85% 以上、誤認識率 1%未満)、およびその理論的基盤の構築、さらには、実世界指向 Web のプロトタイプの作成である。

3. 研究の方法

以下の 4 通りの方法によって上記の目的を達成する。

(1) 多様な認識対象

文字、文書に加えて、3次元物体、顔を認識対象とする。また、文書画像については、テキスト主体の文書だけではなく、漫画などの線画を対象に加える。

(2) 大規模化

これまでの規模を大幅に上回る大規模化を施す。文書画像については 1 億ページ、漫画画像については 1 万ページ、3次元物体については 1000 物体、文字については、アルファベットに加えて仮名漢字、顔については 1 千万画像を識別対象とする。

(3) 近似最近傍探索の開発

従来から提案されている LSH (locality-Sensitive Hashing)などの手法を大幅に改善する新しい手法を構築する。具体的には、探索対象が特徴空間内で分布する密度を検索に用いることにより、検索精度を低下させることなく検索速度を向上させる。

(4) アプリケーション

実世界指向 Web を実現した新しいアプリケーションを構築する。具体的にはスマートフォンを用いて、実時間で対象を認識するシステムを構築する。

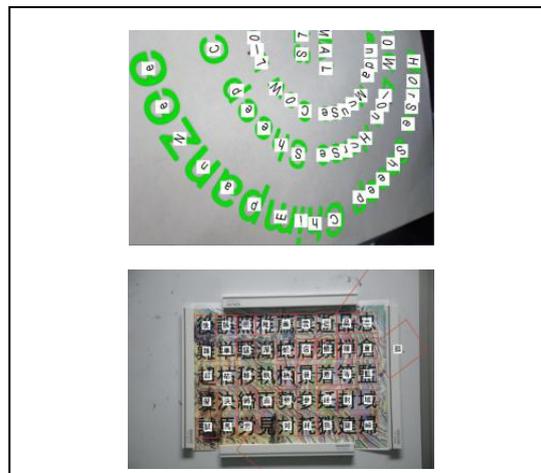
4. 研究成果

認識対象ごとに大規模化等について述べた後、近似最近傍探索とアプリケーションについて述べる。

(1) 文字

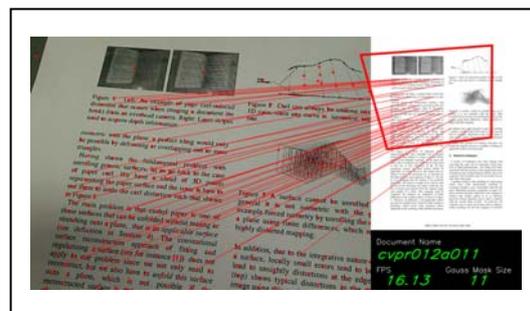
文字については、多様なレイアウトやフォ

ントに加えて、複雑背景を伴う場合でも認識可能な手法を提案した。これらの手法は他に例をみない独自性の高い手法となっている。動作の一例を下図に示す。



(2) 文書画像

1 億ページのデータベースを構築し、これを用いて文書画像検索の性能評価を行った。この文書画像検索手法は我々が開発した LLAH(Locally Likely Arrangement Hashing)と呼ぶ手法であり、下図に示すとおり、文書の微小部分(単語や文字など)を高速にデータベースと照合する手法である。その結果、検索時間 26.8ms/query の処理時間で 98.7% の検索精度を実現した。同じ処理を、近似最近傍探索を用いずに実現すると、100 時間/query 程度が必要になることから、大幅な高速化が達成されていることが分かる。



(3) 漫画画像

1.1 万ページの漫画画像を対象として、部分的な複製を検索できる手法を構築した。

(4) 3次元物体

1003 物体の物体データベースを構築した。また、この物体データベースを用いて物体を認識する手法として Bloomier フィルタと呼ばれるデータ構造による手法を提案し、物体認識時に問題となるメモリ量を削減できることを示した。

さらに大規模局所特徴量を用いた 2 段階相互部分空間法による認識手法を開発し、従来法を利用した場合と比べて千倍から 1 万倍程度の高速化を達成した。

物体認識の際に大きな問題となるのは、認識対象の物体が複雑な背景下に存在する場合である。このような状況下では背景から得られる無関係な特徴によって、物体が正しく認識されない場合がある。この問題を解決する手法として、super pixel, reference point, 局所特微量の文脈, などを用いることで、複雑背景のもとでも、正しく物体を認識する手法を構築した。

最後に、これまでに提案してきた物体認識手法の有効性を検証するため、上記手法の簡易版を用いて、TRECVID と呼ばれるビデオ検索のコンテストに参加した。TRECVID は多数のタスクから構成されるが、このうち我々はINS と呼ばれるタスク（大規模ビデオデータから特定物体を探し出すタスク）に参加した。その結果、我々は初参加であるにもかかわらず、世界4位（国内1位）の成績を残すことができた。

(5) 顔

1000万顔画像データベースを構築し、局所特微量を用いた高速顔認識手法を実現した。1000位認識率98.5%のときに、照合時間185ms/queryを達成し、近似最近傍探索による認識手法の顔画像認識への有効性を実証した。

(6) 近似最近傍探索

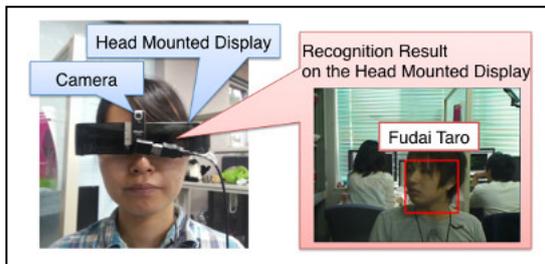
Bucket Distance Hashing と呼ぶ新しい近似最近傍探索の手法を提案し、最大1億ベクトルを用いた評価実験によって、LSH, SH, ANNなどの従来の代表的な手法と比べて高速な探索が可能であることを実証した。

(7) アプリケーション

下図に示すような文書を対象とした実世界指向Webのインタフェースを構築した。



この他に、下図に示すような顔認識を用いたシステムも実装した。



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17件)

■学術論文 (査読有り)

1. Weihan Sun, and Koichi Kise, "Detection of exact and similar partial copies for copyright protection of manga", International Journal on Document Analysis and Recognition (IJ DAR), 16, 1, pp.1-19 (2013-3)
2. Marcus Liwicki, Seiichi Uchida, Akira Yoshida, Masakazu Iwamura, Shinichiro Omachi, and Koichi Kise, "More than Ink — Realization of a Data-Embedding Pen", Pattern Recognition Letters (2013)
3. Megumi Chikano, Koichi Kise, Masakazu Iwamura, Seiichi Uchida, and Shinichiro Omachi, "Recovery and localization of handwritings by a camera-pen based on tracking and document image retrieval", Pattern Recognition Letters (2013)
4. Weihan Sun, and Koichi Kise, "Cartoon Character Recognition Using Concentric Multi-Region Histograms of Oriented Gradients", IEEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, 132, 11, pp.1847-1854 (2012-11)
5. Martin Klinkigt, and Koichi Kise, "Object Recognition for Less-Requirements", IEEEJ Transactions, 131, 11, pp.1878-1888 (2012-5)
6. 竹田 一貴, 黄瀬 浩二, 岩村 雅一, "大規模文書画像検索のためのメモリ効率と識別性の向上", 電子情報通信学会論文誌 D, J95-D, 7, pp.1491-1494 (2012-7)
7. Martin Klinkigt, and Koichi Kise, "Using a Reference Point for Local Configuration of SIFT-like Features for Object Recognition with Serious Background Clutter", IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, 3 (2011-12)
8. 井上 勝文, 黄瀬 浩二, "データセットの違いが物体認識に与える影響の解析 —特徴ベクトルの一致探索を用いた認識手法の場合—", 電気学会論文誌(C), 131, 11, pp.1915-1924 (2011-11)
9. 岩村 雅一, 堀松 晃, 丹羽 亮, 黄瀬 浩二, 内田 誠一, 大町 真一郎, "段階的な枝刈りによるアフィン不変な文字認識", 電気学会論文誌(D), 131, 7, pp.873-879 (2011-7)

10. Atushiro Kojima, Hiroshi Miki, and Koichi Kise, "Object Recognition From n-grams of Human Actions without Shape Models", ICIC Express Letters, Part B: Applications, 2, 3, pp.547-552 (2011-1)
 11. 黄瀬 浩一, 野口 和人, 岩村 雅一, "参照特徴ベクトルの増加による低品質画像の高速・高精度認識", 電子情報通信学会論文誌 D, J93-D, 8, pp.1353-1363 (2010-8)
 12. 井上 勝文, 黄瀬 浩一, "特定物体認識における Bloomier Filter を用いたメモリ削減法とその実験的評価", 電子情報通信学会論文誌 D, J93-D, 8, pp.1407-1416 (2010-8)
 13. 孫 維瀚, 黄瀬 浩一, "線画の著作権保護のための部分的複製検出法", 電子情報通信学会論文誌 D, J93-D, 6 (2010-6)
 14. 岩村 雅一, 古谷 嘉男, 黄瀬 浩一, 大町 真一郎, 内田 誠一, "付加情報の一般的な割り当て", 電子情報通信学会論文誌 D, J93-D, 5, pp.579-587 (2010-5)
 15. 岩村 雅一, 中居 友弘, 黄瀬 浩一, "特徴点の配置に基づく画像検索手法の解析 —Geometric Hashing と LLAH の比較と解析—", 電子情報通信学会論文誌 D, J93-D, 4, pp.494-501 (2010-4)
- 解説・総説 (査読無し)
16. 黄瀬 浩一, 岩村 雅一, "特徴点の高速照合とその文書画像検索への応用", 電子情報通信学会誌, 94, 8, pp.836-841, 東京 (2011-8)
 17. 黄瀬 浩一, "局所特徴量を用いた画像照合による特定物体認識", 人工知能学会誌, 25, 6, pp.769-776 (2010-11)

[学会発表] (計 86 件)

1. Yuzuko Utsumi, Yuya Kato, Kai Kunze, Masakazu Iwamura, and Koichi Kise, "Who are you? — A Wearable Face Recognition System to Support HumanMemory", 4th International Conference on Augmented Human, 2013-3-8, Stuttgart, Germany
2. Takuya Kobayashi, Takumi Toyama, Faisal Shafait, Masakazu Iwamura, Koichi Kise, and Andreas Dengel, "Recognizing Words in Scenes with a Head-Mounted Eye-Tracker", 10th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS2012), 2012-3-29, Gold Coast, Australia
3. Masaki Tsukada, Masakazu Iwamura, and Koichi Kise, "Expanding Recognizable Distorted Characters

- Using Self-Corrective Recognition", 10th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS2012), 2012-3-29, Gold Coast, Australia
4. Weihan Sun, Koichi Kise, and Yoann Champeil, "Similar Fragment Retrieval of Animations by a Bag-of-features Approach", 10th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS2012), 2012-3-29, Gold Coast, Australia
5. Kazutaka Takeda, Koichi Kise, and Masakazu Iwamura, "Real-Time Document Image Retrieval on a Smartphone", 10th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS2012), 2012-3-27, Gold Coast, Australia
6. Koichi Kise, "Document Identification", International Workshop on Digital Media Analysis, Search and Management, 2012-2-27, San Diego, USA (Invited Talk)
7. Koichi Kise, and Takahiro Kashiwagi, "1.5 Million Subspaces of a Local Feature Space for 3D Object Recognition", 1st Asian Conference on Pattern Recognition, 2011-11-29, Beijing, China
8. Weihan Sun, and Koichi Kise, "Similar Manga Retrieval Using Visual Vocabulary Based on Regions of Interest", 11th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2011), 2011-9-21, Beijing, China
9. Kazutaka Takeda, Koichi Kise, and Masakazu Iwamura, "Real-Time Document Image Retrieval for a 10 Million Pages Database with a Memory Efficient and Stability Improved LLAH", 2011 International Conference on Document Analysis and Recognition, (ICDAR2011), 2011-9-21, Beijing, China
10. Masakazu Iwamura, Takuya Kobayashi, and Koichi Kise, "Recognition of Multiple Characters in a Scene Image Using Arrangement of Local Features", 11th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2011), 2011-9-21, Beijing, China
11. Kazutaka Takeda, Koichi Kise, and

- Masakazu Iwamura, "Memory Reduction for Real-Time Document Image Retrieval with a 20 Million Pages Database", Fourth International Workshop on Camera-Based Document Analysis and Recognition (CBDAR2011), 2011-9-22, Beijing, China
12. Martin Klinkigt, Koichi Kise and Andreas Dengel, "Generic and Specific Object Recognition for Semantic Retrieval of Images", 15th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, 2011-9-14, Kaiserslautern, Germany
 13. Martin Klinkigt, Koichi Kise, Heiko Maus, and Andreas Dengel, "Semantic Retrieval of Images by Learning from Wikipedia", 15th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, 2011-9-12, Kaiserslautern, Germany
 14. Weihan Sun, and Koichi Kise, "Similar Partial Copy Recognition for Line Drawings Using Concentric Multi-Region Histograms of Oriented Gradients", 12th IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA2011), 2011-6-13, Nara, Japan
 15. Martin Klinkigt, and Koichi Kise, "From Local Features to Global Shape Constraints: Heterogeneous Matching Scheme for Recognizing Objects Under Serious Background Clutter", Asian Conference on Computer Vision, 2010-11-12, Queenstown, New Zealand
 16. Tomoyuki Mutoh, Masakazu Iwamura, and Koichi Kise, "Theoretical Analysis on Pruning Nearest Neighbor Candidates by Locality Sensitive Hashing", Proceedings of TENCON2010 IEEE Region 10 Conference, 2010-11-23, Fukuoka, Japan
 17. Weihan Sun, and Koichi Kise, "Similar Partial Copy Detection of Line Drawings Using a Cascade Classifier and Feature Matching", International Workshop on Computational Forensics, 2010-11-12, Tokyo, Japan
 18. Kazumasa Iwata, Koichi Kise, Masakazu Iwamura, Seiichi Uchida, and Shinichiro Omachi, "Tracking and Retrieval of Pen Tip Positions for an Intelligent Camera Pen", 12th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR2010), 2010-11-17, Kolkata, India
 19. Tomohiro Sakata, and Koichi Kise, "Flower Classification by Using Multiple Kernel Learning", 2nd China-Japan-Korea Joint Workshop on Pattern Recognition (CJKPR2010), 2010-11-5, Fukuoka, Japan
 20. Katsufumi Inoue, and Koichi Kise, "Memory Reduction Method for Specific Object Recognition Based on Lossy Encoding of Feature Vectors with a Bloomier Filter", 2nd China-Japan-Korea Joint Workshop on Pattern Recognition (CJKPR2010), 2010-11-5, Fukuoka, Japan
 21. Martin Klinkigt, and Koichi Kise, "Local Configuration of SIFT-like Features by a Shape Context", 2nd China-Japan-Korea Joint Workshop on Pattern Recognition (CJKPR2010), 2010-11-4, Fukuoka, Japan
 22. Tomoyuki Mutoh, Masakazu Iwamura, and Koichi Kise, "Derivation of Theoretical Formulas of Accuracy on Accessing Neighboring Buckets in Hash-Based Approximate Nearest Neighbor Search", 2nd China-Japan-Korea Joint Workshop on Pattern Recognition (CJKPR2010), 2010-11-4, Fukuoka, Japan
 23. Kazutaka Takeda, Koichi Kise, and Masakazu Iwamura, "Multilingual Document Image Retrieval Based on a Large-Scale Database", 2nd China-Japan-Korea Joint Workshop on Pattern Recognition (CJKPR2010), 2010-11-4, Fukuoka, Japan
 24. Takuya Kobayashi, Masakazu Iwamura, and Koichi Kise, "Recognition of Affine Distorted Characters by Using Affine-Invariant Local Descriptors", 2nd China-Japan-Korea Joint Workshop on Pattern Recognition (CJKPR2010), 2010-11-4, Fukuoka, Japan
 25. Weihan Sun, and Koichi Kise, "Copyright Protection of Line Drawings: Copyrighted Part Detection Using Cascade Classifiers", 2nd China-Japan-Korea Joint Workshop on Pattern Recognition (CJKPR2010), 2010-11-4, Fukuoka, Japan

- 2010-11-4, Fukuoka, Japan
26. Atsuhiko Kojima, Hiroshi Miki, and Kochi Kise, "Object Recognition Based on n-gram Expression of Human Actions", of 20th Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR2010), 2010-8-23, Istanbul, Turkey
 27. Koichi Kise, Megumi Chikano, Kazumasa Iwata, Masakazu Iwamura, Seiichi Uchida, and Shinichiro Omachi, "Expansion of Queries and Databases for Improving the Retrieval Accuracy of Document Portions — An Application to a Camera-Pen System", 9th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS2010), 2010-6-9, Boston, USA
 28. Masakazu Iwamura, Tomohiko Tsuji, and Koichi Kise, "Memory-Based Recognition of Camera-Captured Characters", 9th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS2010), 2010-6-9, Boston, USA

[図書] (計 2 件)

1. Seiichi Uchida, Marcus Liwicki, Masakazu Iwamura, Shinichiro Omachi and Koichi Kise, Data-Embedding Pen, Multimedia Information Hiding Technologies and Methodologies for Controlling Data, pp.396-411 (2012-10)
2. 黄瀬 浩一, Bag-of-Features に基づく物体認識 (1) - 特定物体認識 -, CVIM チュートリアルシリーズコンピュータビジョン最先端ガイド, 3, pp.63-84, アドコム・メディア (2010-12)

[産業財産権]

○出願状況 (計 4 件)

1. 名称: 近似最近傍探索装置、近似最近傍探索法およびそのプログラム
発明者: 岩村 雅一, 佐藤 智一, 黄瀬 浩一
権利者: 大阪府立大学
種類: 特許
番号: 特願 2012-042172
出願年月日: 2012 年 2 月 28 日
国内外の別: 国内
番号: PCT/JP2013/055440
出願年月日: 2013 年 8 月 20 日
国内外の別: 国外
2. 名称: 近似最近傍探索に係るデータベースの登録方法および登録装置
発明者: 岩村 雅一, 黄瀬 浩一

- 権利者: 大阪府立大学
種類: 特許
番号: 特願 2011-119128
出願年月日: 2011 年 5 月 27 日
国内外の別: 国内
番号: PCT/JP2012/062406
出願年月日: 2012 年 5 月 15 日
国内外の別: 国外
3. 名称: 文書画像データベースの登録方法および検索方法
発明者: 竹田 一貴, 黄瀬 浩一, 岩村 雅一
権利者: 大阪府立大学
種類: 特許
番号: 特願 2011-45513
出願年月日: 2011 年 3 月 2 日
国内外の別: 国内
 4. 名称: 三次元物体認識用画像データベースの作成方法および作成装置
発明者: 柏木隆宏, 外山託海, 黄瀬浩一
権利者: 大阪府立大学
種類: 特許
番号: 特願 2010-103543
出願年月日: 2010 年 4 月 28 日
国内外の別: 国内
番号: PCT/JP2011/060277
出願年月日: 2011 年 4 月 27 日
国内外の別: 国外

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ
<http://imlab.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黄瀬 浩一 (KISE KOICHI)
大阪府立大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 80224939

(2) 研究分担者

◇岩村 雅一 (IWAMURA MASAKAZU)
大阪府立大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 80361129

◇岩田 基 (IWATA MOTOI)
大阪府立大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 70316008

◇内海 ゆづ子 (UTSUMI YUZUKO)
大阪府立大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 80613489