

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500126

研究課題名(和文)類似画像検索のための類似度測度と再帰的ランキング手法の開発

研究課題名(英文)Development of a new image search system based on similarity measures and ranking

研究代表者

Thi Thi Zin (ThiThi, Zin)

宮崎大学・工学部・准教授

研究者番号：30536959

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：ユーザ満足度最大化を目指して、新しい画像検索エンジンを開発するためにユーザの要求に関連の深い情報をフィードバックする再帰的ランキング手法を提案し、実際の画像セットを用いたいくつかの実験を通してその有効性を確認した。検索結果は固定的でなく、変化に絶えず追従していけるように工夫し、同時に似ている程度をパラメータにより制御できる類似度測度の開発を行った。このことにより、画像の類似度や提示順序を制御できるが、このような機能は従来の検索エンジンにはなかったもので、今後多くの応用分野に展開できるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Aiming at maximizing user satisfaction, we have proposed a recursive ranking method for feeding back a high information relevant to a user's request to develop new generation image search engines. The validity of the proposed method has been confirmed through a number of experiments using a real image set. Search results are not fixed. It is devised to be able constantly to follow the change of user request, and we developed the controllable similarity measure by parameters. Thus, it is possible to control the degree of similarity and the order of presentation of the images, such functionality has not been intended in the conventional search engines. The results can be deployed in many applications.

研究分野：画像処理

キーワード：類似画像検索 ユーザ満足度最大化 再帰的ランキング クラスタリング 画像類似測度 マルコフ定常状態確率

1. 研究開始当初の背景

(1) 現存のほとんどの画像検索システムは、画像に関連する周辺のテキストを利用してしている。しかし、ビジュアルな関連性は、単にテキストベースのアプローチだけでは判断できない。また、テキスト情報だけでは、通常、正確にユーザが希望する画像コンテンツを指し示すことは難しい。見かけ上はクエリとよく似ている2枚の画像が、クエリと同程度の強い関連性を持たない場合がある。一方、コンテンツベースの画像検索は発展途上にあり、色々なシステムが開発されつつあるが、変換不変で柔軟な高いロバスト性を持つものは少ない。また、1回目の検索結果は、クエリの持つ曖昧さと未知のユーザ意図等の様々な要因により悪影響を受けることが多いことが知られており、これらの問題は未解決のままである。

(2) これらの問題を解決するために、画像検索のリランキングが世界的に注目されてきている。リランキングは、ランキングされた画像からの類似度を用いた並べ替えとして定義される。これは、1回目の検索結果と補完的な知識の導入によって検索性能を向上させようとするものである。ここで、最も困難な問題は、類似度の定義である。私達の以前の研究では、画像類似度と一緒に「人気ランクと重み付きリンク構造解析」の概念を新規に導入することにより、新しい検索エンジンの開発に成功した。そこでは、マルコフチェーンのいくつかの特殊なタイプに基づく新しい類似画像検索エンジンのランキングシステムを導入した。また、ウェブ検索エンジンが成功するか否かは、そこで用いるクローリングポリシーに大きく依存するため、汎用検索エンジンに最適なクローリングポリシーを開発済である。

2. 研究の目的

(1) 「画像を用いた画像検索」という概念は

以前からあり、画像類似度に関しても多くの測度が提案されてきたが、どれも満足のものではない、と言われている。本提案研究の目的はユーザの要求にぴったり合致する情報を膨大な画像データベースから探し出して提示できるシステムを開発することである。さらに、ユーザ満足度最大化のために、ランキング、類別、可視化、意味的な解析、を行える新しい手法の開発を目指す。提案システムは、クエリを提示した時に、

①クエリを含む全体の類似画像を検索できる、
②クエリに含まれる一部分を検索できる、
ように自由に選択して設定できることを目指す。

(2) 高いユーザ満足度を目指して新しい類似画像検索エンジンを開発するためにユーザの要求に関連の深い情報をフィードバックする再帰的ランキング手法を開発し、実際の画像セットを用いたいくつかの実験を通してその有効性を確認する。ここでは、1回目の検索で得られた画像をクエリとして再検索するシードネスト (SN: Seed-Nest) 法と呼ばれるアルゴリズムを開発する。さらに、トップランクの画像の正規化検索回数を推定し、最終的に画像はオリジナルのランキングスコアの線形結合に基づいてソートすることでリランキングされ、ユーザに提示される。提案手法は柔軟性に富んでおり、新時代のWeb検索技術につながる可能性があると期待する。

(3) 検索結果は固定的でなく、変化に絶えず追従していけるように工夫する。同時に似ている程度をパラメータにより制御できるような類似度測度の開発を目指す。このことにより、画像の類似度や提示順序を制御できるが、このような機能は従来の検索エンジンにはなかったもので、今後多くの応用分野に展開できるものと考ええる。基本的なアルゴリズムに関してはすでにいくつかの予備的な実験の段階を終えて、有望な結果を得ており、

Web 検索の新しい時代に寄与できる可能性がある。

3. 研究の方法

(1) フェーズ 1 (平成 24 年度)

フェーズ 1 では、画像類似度測度のためのマルコフ定常状態確率を用いた新しい概念を導入し、その性質を調べ、効率よい、計算コストの低いアルゴリズム開発を目指す。従来の概念を拡張して、剰余 (co-set) 関数理論を用いて定常状態確率分布と初期確率分布の効率的な計算方法を開発する。導き出された確率分布を 2 次元ベクトルとして用いると、確率分布なので、統計的な距離測度を画像検索に用いることが出来るが、どのような距離が最適か、についても調べる。

(2) フェーズ 2 (平成 25 年度)

フェーズ 2 では、多種多様なモダリティのキューを観測することで、相補的に関連情報をもたらす、画像検索のための SN ベースのリランキングシステムの開発を行う。まず、クエリ画像から特徴を抽出し、一次検索部で画像データベース内の特徴テーブルを参照して、最も類似度が高い画像を選び出す。次に、最終ランキング部ではランキングテーブルを参照し、選び出された画像に対応付けられたランキング順に検索結果を出力する。この方法は、予め事前ランキングを行うことで、計算コストが少なく、かつ、妥当なランキングで結果をユーザに提示でき、ユーザ満足度を向上させるという効果がある。

(3) フェーズ 3 (平成 26 年度)

最終フェーズ 3 では、フェーズ 1、フェーズ 2 で開発した要素技術を基に各モジュールの統合と調和を行い、コンテンツベースの画像検索システムとして実用化に向けて完成度を高めていく。画像検索システムの構築に際して、重要なことが 2 つある。①画像間の類似性を的確に定量化すること、②ユーザとシステムのやりとりを通してユーザの要

求を的確に把握すること、である。最後にフェーズ 1～3 で、得られた結果を取りまとめ、成果を公表していく。

4. 研究成果

代表的な成果をまとめる。詳細は学術論文および国際会議等で公開している。ここでは、大規模なデータベース内からユーザの欲する類似画像を検索するための新たな手法を提案した。提案システムは、複数の形状記述子 (領域ベースと輪郭ベース) を使用し、クラスタリングと再帰的ランキング手法によりユーザの要望に応える。システムによって提示された選択肢の中からユーザの選択によって、ユーザの要求を把握する。クエリを提示したときの従来手法と提案手法との違いを図 1 に示す。クラスタリングとユーザの選択により、ユーザが希望する画像グループが検索される様子を示している。さらに、図 2 は特徴を単独で用いたときと比べて、複数個用いたときの効果を示している。ここでは、領域ベース (チェルニケモーメント) と輪郭ベース (フーリエディスクリプター) の 2 つを用いた例を示しているが、その他の特徴を相補的に用いても同様の効果が得られる。図 3 は、クエリと検索結果画像との包含関係を示しており、柔軟性を確認できる。また、クラスタリングの効果は大きく、シミュレーション実験からは、クラスタリング無しの手法に比べて平均で 20%、最大で 50%以上の検索性能改善が見られた。提案手法では、データ点が割り当てられるクラスタ数に関する何らかの事前知識なしに、最適なクラスタ数を自動的に決定することができる。ほとんどの従来のアプローチは、クラスタリングアルゴリズムが適用される前に、クラスタ数が分かっている必要があるが、本アプローチでは不要であり、この点は重要なポイントである。提案手法の有効性は、実画像を用いた画像セグメンテーションの結果からも確認された。

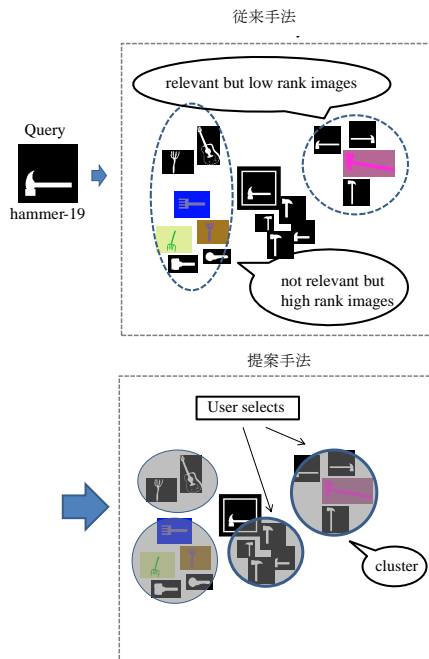


図1 ユーザの選択から関連画像を見つける手法のイラスト図

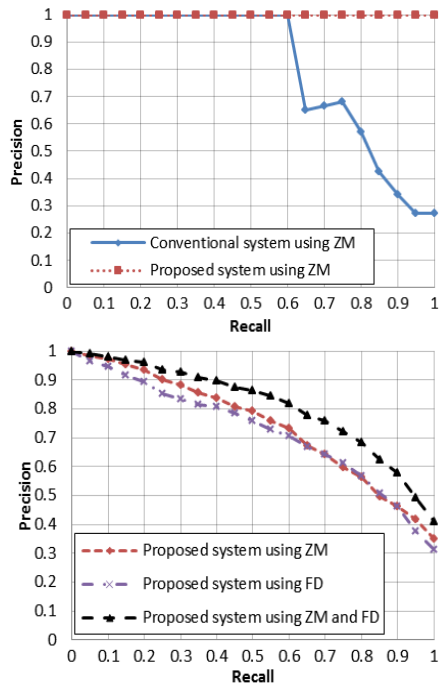


図2 単独特徴を用いた場合に比べて複数特徴を用いたときの再現率と精度の向上

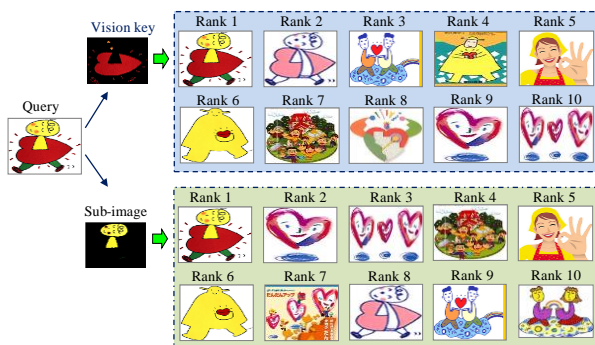


図3 クエリと検索結果画像との包含関係

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 11 件)

- (1) Thi Thi Zin, Pyke Tin, H. Hama and T. Toriu, "A New Look into Web Page Ranking Systems", Springer, *Genetic and Evolutionary Computing: Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol.329, pp.343-351, 2015. (査読有)
- (2) Thi Thi Zin, Pyke Tin, H. Hama and T. Toriu, "A Triplet Markov Chain Model for Loitering Behavior Detection", *ICIC International, ICIC Express Letters (Part B: Applications)*, Vol.6, No.3, pp.613-618, Mar. 2015. (査読有)
- (3) Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu and H. Hama, "A Correlated Random Walk First Passage Time Distance for Data Clustering with Medical Applications", *ICIC Express Letters, Part B: Applications (An Intl. J. of Research and Surveys)*, vol.5, no.2, pp.577-582, Apr. 2014. (査読有)
- (4) Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu, and H. Hama, "A Matrix-Geometric Method for Web Page Ranking Systems", *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, Vol. 6, No. 4, pp. 639-647, July 2015. (査読有)
- (5) Pyke Tin, Thi Thi Zin, T. Toriu, and H. Hama, "A Novel Hybrid Approach to Image Ranking System", *ICIC International, ICIC Express Letters (Part B: Applications)*, Vol.6, No.3, pp.613-618, Mar. 2015. (査読有)
- (6) Pyke Tin, Thi Thi Zin, H. Hama and T. Toriu, "A Data-Driven Key Information Search System in Big Data Analytics", *ICIC Express Letters, Part B: Applications (An Intl. J. of Research and Surveys)*, vol.5, no.2, pp.365-370, Apr. 2014. (査読有)
- (7) Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu and H. Hama, "A Two Dimensional Correlated Random Walk Model for Visual Tracking", *ICIC Express Letters: An Intl. J. of Research and Surveys*, Vol.7, No.5, pp.1501-1506, May 2013. (査読有)
- (8) M. Sugimoto, Thi Thi Zin, T. Toriu and Pyke Tin, "A Series of Action Recognition using HMM and Probability Representation based on Binned Features Set", *ICIC Express Letters: An Intl. Journal of Research and Surveys*, vol.7, no.4, pp.1419-1424, Apr. 2013. (査読有)
- (9) T. Iwanaga, Thi Thi Zin, H. Hama, T. Toriu and Pyke Tin, "Similar Image Retrieval System Reflecting User Intention Using Shape Descriptors", *ICIC Express Letters: An Intl. Journal of Research and Surveys*, 7 (4), pp. 1425-1430, (2013). (査読有)
- (10) Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu and H. Hama,

“A Stochastic Model for Measuring Popularity and Reliability in Social Network Systems”, *Proc. of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2013)*, Manchester, UK, Oct. 13-16, 2013. (査読有)

- (11) Pyke Tin, Thi Thi Zin, T. Toriu and H. Hama, “A general framework for knowledge based human behavior understanding”, *ICIC Express Letters: An Intl. J. of Research and Surveys*, Vol.6, No.4, pp.899-904, Apr. 2012. (査読有)

[学会発表] (計 13 件)

- ① Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu, and H. Hama, “An Embedded Knowledge Extraction Technology for Consumer Video Surveillance”, *Proc. of the 3rd IEEE Global Conf. on Consumer Electronics (GCCE 2014)*, Tokyo, Japan, pp.510-511, Oct. 7-10, 2014.
- ② Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu, H. Hama, “A Human Behavior Analyzer Framework for Consumer Product Search Engines”, *Proc. of the 3rd IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014)*, Tokyo, Japan, pp.138~139, Oct. 7-10, 2014.
- ③ Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu, and H. Hama, “A New Background Subtraction Method using Bivariate Poisson Process”, *Proc. of 10th Intl. Conf. on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2014)*, Kita-Kyusyu, Japan, pp.419-422, Aug. 27-29, 2014.
- ④ Thi Thi Zin, Pyke Tin, H. Hama and T. Toriu, “An Integrated Framework for Detecting Suspicious Behaviors in Video Surveillance”, *Proc. SPIE 9026, Video Surveillance and Transportation Imaging Applications 2014*, 902614; doi:10.1117/12.2041232. (IS&T/SPIE Electronic Imaging, San Francisco, California, USA, Feb. 2-6, 2014.
- ⑤ Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu, and H. Hama, “A Big Data Application Framework for Consumer Behavior Analysis”, *Proc. of the 2nd IEEE Global Conf. on Consumer Electronics (GCCE 2013)*, Tokyo, Japan, pp.245-246, Oct.1-5, 2013.
- ⑥ Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu and H. Hama, “A Series of Stochastic Models for Human Behavior Analysis”, *IEEE Intl. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2012)*, Seoul, Korea, pp.3251-3256, Oct. 14-17, 2012.
- ⑦ Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu and H. Hama, “A Probability-based Model for Detecting Abandoned Objects in Video Surveillance Systems”, *Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proc. of The World Congress on Engineering 2012 (WCE 2012)*, London, U.K, vol.2, pp.1246-1251, Jul. 4-6, 2012. (最優秀論文賞)

- ⑧ Pyke Tin, Thi Thi Zin, T. Toriu, and H. Hama, “A Cluster Based Ranking Framework for Multi-Typed Information Networks”, *Proc. of 10th Intl. Conf. on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2014)*, Kita-Kyusyu, Japan, pp.415-418, Aug. 27-29, 2014.

- ⑨ Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu and H. Hama, “A Markov chain model for image ranking system in social networks”, *Proc. SPIE 9027, Imaging and Multimedia Analytics in a Web and Mobile World 2014*, 90270B; doi:10.1117/12.2042621 (IS&T/SPIE Electronic Imaging, San Francisco, California, USA), Feb. 2-6, 2014.

- ⑩ Thi Thi Zin, Pyke Tin, H. Hama and T. Toriu, “Knowledge based Social Network Applications to Disaster Event Analysis”, *Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proc. of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2013*, Hong Kong, pp. 279-284, (2013) (Certificate of Merit Award).

- ⑪ Pyke Tin, Thi Thi Zin, T. Toriu, and H. Hama, “An Integrated Framework for Disaster Event Analysis in Big Data Environments”, *Proc. of the 9th Intl. Conf. on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2013)*, Beijing, China, Oct. 16-18, 2013.

- ⑫ Pyke Tin, Thi Thi Zin, T. Toriu and H. Hama, “A Stochastic Petri Net Framework for Human Behavior Analysis in Surveillance Video”, *The 7th Intl. Conf. on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2012)*, Shanghai, China, Nov. 4-6, 2012.

- ⑬ Thi Thi Zin, Pyke Tin, T. Toriu, H. Hama, “Conceptual Vision Keys for Consumer Product Images”, *The 1st IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2012)*, Tokyo, Japan, Digital Object Identifier:10.1109/GCCE.2012.6379649, pp. 435-436, (2012)

[図書] (計 件)

[産業財産権] (計 8 件)

○出願状況 (計 8 件)

- ①名称：データ解析装置、データ解析プログラム及びデータ解析方法
発明者：パイティン、ティティズイン、鳥生隆、濱裕光
権利者：公立大学法人大阪市立大学
種類：特許
番号：特願 2014-64612
出願年月日：26年3月26日

国内外の別：国内

②名称：画像処理装置、画像処理プログラム及び画像処理方法
発明者：鳥生隆、濱裕光、ティティズイン
権利者：公立大学法人大阪市立大学
種類：特許
番号：特願 2014-057428 号
出願年月日：26年3月20日
国内外の別：国内

③名称：背景抽出装置、主成分分析装置及び主成分分析プログラム
発明者：鳥生隆、濱裕光、ティティズイン
権利者：公立大学法人大阪市立大学
種類：特許
番号：特願 2014-56631
出願年月日：26年3月19日
国内外の別：国内

④名称：三次元復元装置、プログラム及び方法
発明者：ティティズイン、濱裕光、森阪匡通
権利者：公立大学法人大阪市立大学
種類：特許
番号：特開 2015-052986
出願年月日：25年9月9日
国内外の別：国内

⑤名称：画像検索装置、画像検索方法及び画像検索プログラム
発明者：ティティズイン、濱裕光、鳥生隆、パイティン
権利者：公立大学法人大阪市立大学
種類：特許
番号：特開 2014-092909
出願年月日：24年11月2日
国内外の別：国内

⑥名称：対象物の認識システム、見守りシステム、監視システム
発明者：濱裕光、鳥生隆、パイティン、中島重義、ティティズイン、橋本幸枝
権利者：公立大学法人大阪市立大学
種類：特許
番号：特開 2012-202883
出願年月日：24年10月22日
国内外の別：国内

⑦名称：3次元データと2次元データの統合方法及びこれを用いた見守りシステム、監視システム
発明者：濱裕光、鳥生隆、パイティン、中島重義、ティティズイン、橋本幸枝
権利者：公立大学法人大阪市立大学
種類：特許
番号：特開 2012-146132
出願年月日：24年8月2日
国内外の別：国内

⑧名称：異常事態の検出システム
発明者：鳥生隆、中島重義、ティティズイン、濱裕光
権利者：公立大学法人大阪市立大学
種類：特許
番号：特開 2012-146040
出願年月日：24年8月2日
国内外の別：国内

○取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

Thi Thi Zin (ティティズイン)
宮崎大学・工学部・准教授
研究者番号：30536959

(2) 研究分担者

濱 裕光 (HAMA, Hiromitsu)
大阪市立大学・工学研究科・名誉教授
研究者番号：20047377

(3) 連携研究者

()

研究者番号：