

# P2P を用いた類似画像検索の問合せ処理の設計と実装

山上 祥<sup>†</sup> 青柳 西蔵 長松 隆 鎌原 淳三

神戸大学大学院海事科学研究科 〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5 丁目 1-1

E-mail: <sup>†</sup> 138w114w@stu.kobe-u.ac.jp

**あらまし** 我々は P2P ネットワークによるコンテンツベースの画像検索システムの開発を行っている。このシステムはエージェントベースの P2P プラットフォームである PIAX を利用しており、分散処理によって効率的に並列な類似度計算を行うことができる。また、各ピアは位置情報に基づいたクラスタリングにより、画像エージェントを管理しており、位置情報付き画像の効率的な検索が行える。これまで検索処理をコンソールインタフェースで行っていたため検索の実行と結果の確認が難しいという問題があった。そこで Web ページを通して検索が行える Web エージェント機能を実装した。ユーザが検索したい画像を検索用ページのフォームで指定すると、Web エージェントは画像から問合せ処理を行うクエリエージェントを生成し、検索対象の存在するピアに移動させ、ピア内で類似画像を検索させる。検索結果は、類似度順に Web エージェントを通じて表示され、これにより検索結果の確認がしやすくなった。

**キーワード** P2P, 画像検索, エージェント

## 1.はじめに

近年インターネット利用者数などの拡大により、情報世界のビッグデータ化が進んできている。携帯端末などの発展もめざましく、撮った写真などをすぐにインターネット上にアップロードする事ができるようになっている。インターネット上の写真においても高解像度の画像が増えてくることで、写真単体のデータ量も大きくなり、取り扱うには相当の負荷がかかってしまうことが考えられる。

インターネット上の写真の検索を検索する方法としては、タグと呼ばれる画像に付与されたキーワードや Web ページ中の周辺語の推定による Text-Based 検索手法が知られている。この手法では検索したい写真の情報が言語で表しにくい場合や、写真内の店舗名を知りたい時にアラビア語など言語自体を知らない場合などに検索を行うことができない。そのため、画像の内容から検索する手法が必要である。この手法が Contents-Based な手法である。

Contents-Based な手法では視覚特徴量を用いる。しかし、画像の視覚特徴量に基づいた類似計算は、完全に同じ画像を発見することは比較的容易であるが対象が同じだけで異なる時間や異なる撮影者によって撮影された写真の類似を発見するのは依然難しい問題である。またテキストベースのキーワードマッチングのように高速化の技法が確立されているとは言えない。

膨大な数の画像との類似度比較を行うには高速化のために並列計算が必要となってくるが、視覚特徴量毎に異なる

類似度計算を複合的に行う必要がある。

我々はこの問題の解決のためにエージェントベースの P2P ネットワークによる Contents-Based の画像検索システムの開発を行っている[2,3]。システムの開発には PIAX を利用している。PIAX は大阪大学が開発しているエージェントベースの P2P プラットフォーム[1]であり、これを用いることで柔軟な計算を行うエージェントを並列に動作させるシステムを作ることができる。

また、これまでの我々の研究[2]により、位置情報付きの写真を対象とした場合には、位置情報による絞り込みと画像間の地理的距離を類似度計算に考慮させることで検索の精度や速度の上昇が可能となることがわかった。

我々はこれまでに類似画像検索システムの設計と提案を行ってきた[2]が、検索処理をコンソールインタフェースで行っていたため検索の実行や結果の確認などが容易ではなかった。そこで本研究では、PIAX のエージェントを用いた Web インタフェース経由の検索について設計を行い、異なる計算式での検索を選択できる機能を実装した。

また、今までの人の目で判断しがたいコマンドラインインタフェースのみの検索システムから、結果の可視化によって結果の確認がしやすくなり、システム開発のし易い環境の構築と、一般での利用での使いやすさを向上することができた。

## 2. 関連研究

関連研究として鎌原ら[3]はピア内の画像エージェントが増加した場合にボロノイ領域を利用して新たなピアを作り出す手法を提案している。

有吉ら[4]はP2Pでの位置情報付き画像の検索システムにおけるクラスタリングされたピアの配置をドロネーアルゴリズムによって行う手法を提言し、実装・実験を行っている。

川田ら[5]はP2Pネットワークにおいてピアをクラスタリングというある種のグループ化をすることより、通信の効率化や負荷分散をする手法を提案している。

幸島ら[6]はセマンティックWebサービスへのインタフェースとしてエージェントを利用することで、ユーザとサービスにおけるギャップを埋めるシステムを開発している。

これまで、[5,6]のようにクラスタリングやエージェントの研究がなされP2Pシステムの発展を目的として進められているが、本研究のように画像検索を目的としたものはない。我々は、[3,4]のようにP2Pでの画像検索システムの構築のための研究を行ってきた。

## 3. PIAXによる類似画像検索システム

我々の提案している画像検索システムについて説明する。本システムで使用するP2PプラットフォームであるPIAXについても述べる。

### 3.1 PIAX

PIAXはエージェントベースのユビキタス環境を構築することを可能とするP2Pプラットフォームである。ユビキタスネットワークの著しい発展により様々な情報やサービスが散在するようになり、これらを連携させるためにPIAXは提案・開発された。P2Pはクライアントサーバシステムと違い各クライアント同士が直接通信するシステムであるが、これによって各クライアントに処理を任せるといったことができる。PIAXはモバイルエージェント機能とP2P構造化オーバーレイネットワーク機能とをあわせもつJAVAのクラスライブラリである。PIAXはエージェントというユーザと他のユーザまたはソフトウェア

アの間の中ドルウェアとして存在する。様々な目的に合わせて作成したエージェントをピア間を行き来しながら動作を行わせる。また、PIAXにはピアの位置管理機能があり、ピアに位置を与えることができ、与えた位置から検索・呼出などを行うことができる。

我々の開発中のシステムでは、画像ごとにエージェントを作成して分散した処理による効率的な並列類似計算によって画像の特徴量などの莫大な量のデータを取扱うことができるようにしている。

### 3.2 開発中のシステム概要

我々は位置情報付き写真を対象として、内容ベースの類似画像検索(Content-Based Image Retrieval :CBIR)を行うP2PエージェントシステムGeoConscious CBIRを開発してきた[4]。システムの概要は図1のようになっている。この図のようにユーザからの質問が様々なエージェントの連携により処理され検索したい画像に類似した画像を提案する。

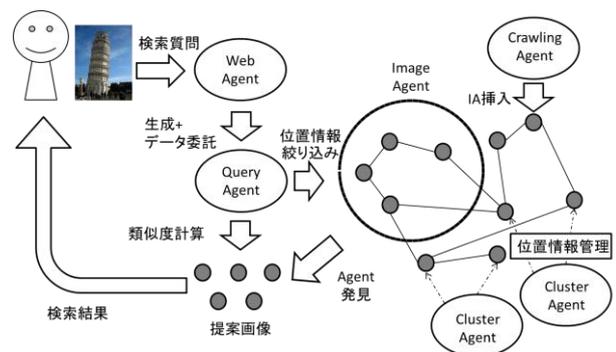


図 1. システム概要

システムの運用は、1)分散P2Pデータベース構築、2)類似画像問い合わせ、の2つが独立して行っている。1)のデータベース構築はさらに3つのパート:1-1)写真収集、1-2)特徴量計算、1-3)地理的クラスタリング、に分かれている。データベース構築に関して、1-1)写真収集は実験システムのため、あらかじめ与えられるデータセットを用いる、1-2)についてはMPEG-7で定められているColor Layout, Scalable Color等の実装にLIRE(Lucene Image REtrieval)[7]のライブラリを用いており、1-3)の地理的クラスタリングの手法に関してはすでに[2]で述べている。そのため1)データベース構築は本稿の対象としない。

本システムでは PIAX のエージェント機能を利用して以下のエージェントを作成している。

- I. イメージエージェント(Image Agent :IA) : 画像の様々な情報を保持するエージェント。保持すると同時に画像特徴量や特徴量距離などの計算も行うことができる。PIAX のモバイルエージェントを利用して作られていて、ピア間を自由に行き来することができる。MVCモデルに当てはめるとモデル(Model)に相当する部分と考えられる。そのためIAは能動的に動作することはない、他のエージェントからの操作に基づいて処理を行う。
- II. Web エージェント(Web Agent :WA) : Web インターフェイスを担うエージェント。PIAX のモバイルエージェントを利用して作られている。ユーザからの検索の受付や結果表示などを行う。MVCモデルではビュー(View)の部分を担当する
- III. 質問エージェント(Query Agent :QA) : 質問処理を担当するエージェント。一種のIAであり、特徴量の計算も行うことができる。QAは問い合わせのコントローラ(Controller)部分を担当する。
- IV. クラスターエージェント(Cluster Agent :CIA) : ピア内でのIAの管理を担うエージェント。本システムでは地理情報により管理を行う。PIAXのPersistent エージェントを利用して作られていて、ピア間の移動をすることはできない。
- V. クローリングエージェント(Crawling Agent) : 画像データベースの構築のために画像をIAとして追加していくエージェント。PIAXのモバイルエージェントを利用して作られている。

本稿では 2)の類似画像問い合わせについて、特に Web 経由での処理の流れに焦点を当てて詳細な設計を検討し、その実装について説明する。

### 3.3 Web エージェントによる類似画像問い合わせ

GeoConscious CBIR システムは、PIAX による P2P ネットワーク上で動作しており、ユーザはこのネットワークに参加する Web エージェント(Web Agent: WA)を生成す

る。Web エージェントは PIAX のモバイルエージェントを用いて作られている。Web エージェントは先のクエリエージェントの生成の他に Web サーバの役割をする。

生成した WA に対してユーザはブラウザを経由して処理を行う。従って、通常のクライアント・サーバー構成の Web ベースのアプリケーションと異なり、検索を受け付ける一つの Web サーバにアクセスの集中を避け、複数の Web サーバに分散することができる。

類似検索の処理は WA が他のエージェントと連携して行うが、質問処理の主要部分は質問エージェント(Query Agent: QA)が行うため、WA は QA のみを相手として処理を依頼する。

WA は次の図 2,3 のように動作する :

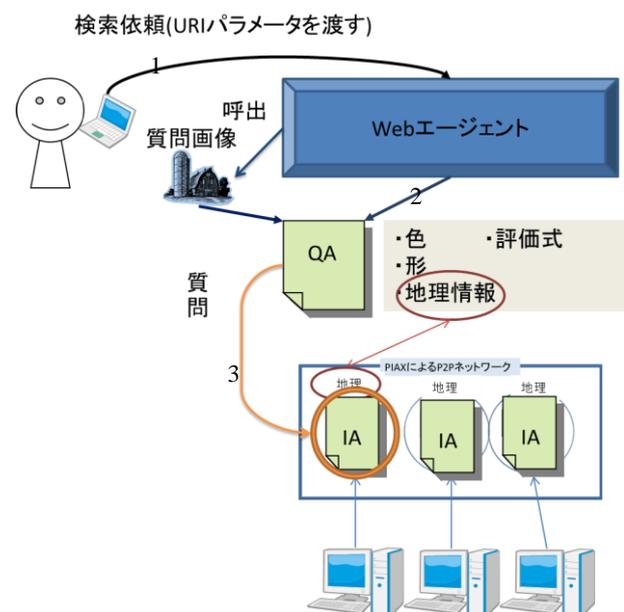


図 2. WA の質問動作

- 1) URI パラメータによる質問画像の指定の受付
- 2) 質問画像をターゲットとしての QA 生成と、QA への画像データの受け渡し
- 3) 画像の位置情報に基づいて地理的クラスタに相当するピアの検索を PIAX のピア位置管理機能に基づいて行い、発見したピアに QA を移動させる(QA はピアを移動できるモバイルエージェントである)

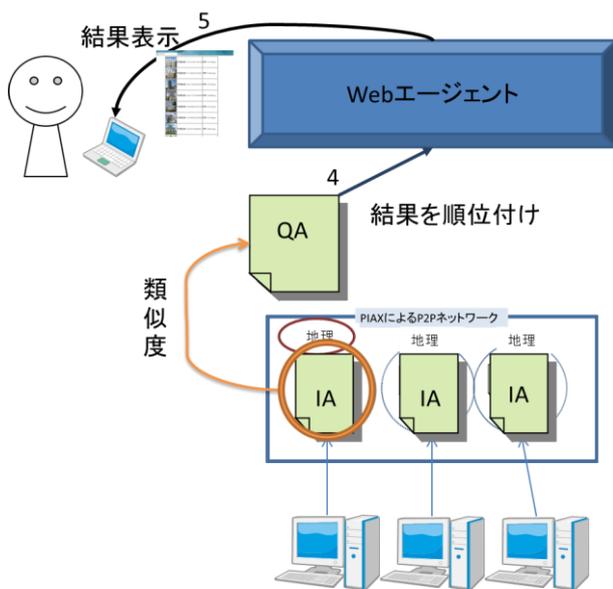


図 3.WA の結果表示動作

- 4) QA が類似画像検索結果を返すまで待機(QA が WA を覚えておいて呼び出す)
- 5) WA は検索結果を受け取ると、結果から画像リンクを構築し、検索結果の順序に基づいて結果を視覚的に確認できる HTML ページを生成する(検索結果のページは図 4 のようになっている)

	特徴量距離 = 170.15510177612305	時間 = 353519nsec
	特徴量距離 = 171.4091453552246	時間 = 244447nsec
	特徴量距離 = 181.27449226379395	時間 = 330742nsec
	特徴量距離 = 184.47713470458984	時間 = 339082nsec
	特徴量距離 = 186.92009735107422	時間 = 312135nsec
	特徴量距離 = 187.94929122924805	時間 = 317910nsec
	特徴量距離 = 190.3047103881836	時間 = 368275nsec

図 4.検索結果

QA が行う処理は次の通りである：

- 1) WA によって動作するピアを移動しているの、ピアに関する情報を収集し、ピアをクラスタとして IA を

管理しているクラスタエージェント(Cluster Agent: CIA)を見つける

- 2) CIA から管理している IA の集合を取得する
- 3) WA から受け取った質問画像のデータに基づいて特徴量計算を行う
- 4) 2)で取得した IA の集合に対して、3)の特徴量と評価式を渡して類似度計算を行わせる。IA は並列に類似度を計算する
- 5) すべての IA の類似度計算が終わるまで待つてから、類似度の高い順に IA をソートし、WA に戻り WA にその結果を渡す

IA は以下のように動作する：

- 1) QA は類似度の評価式を文字列で IA に渡す
- 2) IA は、質問画像の特徴量と IA 自身が保持する写真画像の特徴量との間の類似度を評価式に基づいて計算する
- 3) 計算した類似度を IA は QA に返す
- 4) QA は結果を配列として格納し、類似度の数値を昇順にソート処理し類似度の順位を算出する

位置情報付き画像はクロールエージェントによって随時追加されていき、各ピアの保有する画像の量が増え正解の画像が増えていくことになる。

また、各ピア同士はドローンアルゴリズムによって距離や通信ルートを管理されて効率的に通信できるようになっている。これにより検索対象としたいピアを発見するのに余計な通信をカットすることができる。また、各ピアの配置はクラスタエージェントによる位置情報にもとづいて行われ質問画像の位置情報と照らし合わせることで検索の速度上昇を見込むことができる。

#### 4.実装と結果考察

今回は提案システムの実装を行った。

提案システムは、まず PIAX を起動し検索対象の画像群の特徴量計算などを行い、Web サーバに記憶させる。その後、類似画像を検索したい画像までのパスを入れた URL を任意のブラウザで入力し移動すると検索結果が上から順に順位の高いものから画像とともに表示される。

実際に検索を実行してみたところ, 以前のコンソールインタフェースでの表示と異なり, 検索結果が画像で表示されるため結果の確認が容易になった. しかし, 調べたい画像に写っている対象と一致している対象の画像が上位に来ることは少なかった. あくまで今回は画像検索の精度は問題ではないが今後検索の精度を向上させる必要がある. また, システムを本格的に稼働させるにはデータセットではなく Web 上の無数の画像データを取り扱う必要があるため, 位置情報などのデータが付いていない画像などを収集・整理し, 実験をしていかなければならない.

## 5.まとめ

本稿では PIAX による類似画像検索システムにおける問合せ処理の設計と実装について述べた. これまで, 人が検索結果を直感的に把握することが難しかった点が改善され, 本システムの開発や一般での利用はよりしやすくなったと言える. これから, 複数台の端末を用いたシステムの利用実験や, より扱いやすい Web インタフェースの構築を目指す.

## 6.謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 22300035 の助成を受けたものです.

## 参考文献

- [1] 吉田 幹, 奥田 剛, 寺西 裕一, 春本 要, 下條 真司, “マルチオーバーレイと分散エージェントの機構を統合した P2P プラットフォーム PIAX” 情報処理学会論文誌 Vol.49 No.1 2008.
- [2] 山上 祥, 鎌原 淳三, 長松 隆, 吉田 健作, ” P2P を用いた位置情報付き画像の類似画像検索性能評価, ”全国大会講演論文集 2013, pp.655-657, 2013.
- [3] J. Kamahara, N. Tanaka, K. Hirayama, T. Nagamatsu, Y. Teranishi, Y. Ariyoshi, ”Design of GeoConscious P2P Content-based Image Retrieval, ” Proc. of Seventh International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA2012), pp.82-87, 2012.
- [4] Y. Ariyoshi, J. Kamahara, Y. Teranishi” Location-dependent Content-based Image Retrieval System Based on a P2P Mobile Agent Framework”, 2013 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, pp.72-77, 2013.
- [5] 川田 量久, 石本 一生, 上田 和憲, ” P2P ネットワークにおけるクラスタリング手法の提案, ” 情報処理学会研究報告. 2007-DSM-45, pp.49-54, 2007.
- [6] 幸島 明夫, 和泉 憲明, 車谷 浩一, 中島 秀之, ”セマンティック Web エージェントによる実世界指向のサービス連携機構, ”情報処理学会研究報告. 2003-UBI-2, pp.123-128, 2003.
- [7] Lire - An Open Source Java Content Based Image Retrieval Library (<http://www.semanticmetadata.net/lire/>)