

大解像度画像からの類似部分画像の高速抽出 ～”VIEWGLE”の開発～

五味愛 伊藤貴之
お茶の水女子大学 理学部情報科学科

1. 概要

インターネット、デジタルカメラやカメラつき携帯電話の普及に伴い、今では誰もがデジタル画像を作成することが容易となった。大量の画像情報を活用できる環境の増加に伴い、それらの膨大なデータを効率的に検索することに対する需要はますます高まっている。同じ画像サイズの写真データを比べる類似画像検索は研究が盛んに行われている。一方で、小解像度画像に写る物体の形、色を把握し、大解像度画像の特定の一部にその物体を自動発見するという検索に関する研究には、まだ議論の余地がある。

本研究は既存の画像認識技術を応用し、大解像度画像の中から、入力画像に類似する部分画像を高速に自動発見する一手法を提案する。

2. 関連研究

特定領域の画像のみを対象とする画像検索システムとして、有名なものは QBIC[1]などがある。QBIC は初めての商用画像検索システムであり、類似画像やユーザのスケッチによって検索することができる。

最近の画像検索では、色に関する特徴量抽出結果を用いる手法[2]、色と構図から特徴量を抽出した手法[3]がある。また画像の境界線抽出結果を用いる手法として、ウェーブレット変換を用いる手法[4]も発表されている。ただし、これらはどれも同じ画像サイズの写真データを比べる類似画像検索の研究である。

大解像度画像から類似部分画像を抽出する研究としては、指定した人間の顔を高速抽出する研究事例がある[5]。

3. 提案内容

本研究は、大解像度の写真データの中から、ユーザの求める一部分を高速かつ的確に検索するシステムを提案する。開発手順は以下の通りである。

(1)検索時の画像分割の最適化

大解像度画像の中から、検索したい物体が撮影された部分を切り取って抽出する、という問題を以下のように定式化する。

- ・ 入力画像を I 、大解像度画像を I' とする。
- ・ I' から切り取った長方形領域を I'' とする。このとき I'' を、 I' の左から x 画素目、上から y 画素目、を左上端とし、幅 w 画素、高さ h 画素のサイズを有する長方形領域とする。
- ・ (x,y,w,h) の値を変化させながら切り取った様々な I'' に対して、 I との画像類似度を判定し、類似度が高い I'' を出力結果として提示する。

このとき I'' の抽出のために、 x,y,w,h に対して想定しうる全ての値を用いていたのでは、膨大な処理時間がかかる。そこで次のようなプロセスによって、高速に適切な I'' を探し出すことを考える。

1. ステップ 1 として、大きめに I' を分割し、各々の I'' に対して I に写る物体の存在可能性を判定する。
2. ステップ 2 として、ステップ 1 において物体の存在可能性があるとして判定された I'' に対して、さらに小さい部分画像を抽出し、できるだけ少ない反復回数で I と画像類似度の大きい I'' を発見する。
3. 各々のステップにて、効率よい自動画像分割を実現し、かつステップごとに類似度判定手法を使い分ける。

ステップ 1 では、 I' を大きく分割して抽出された I'' に対し、単純かつ高速な特徴量算出技術を用いて、 I に撮影された物体の存在可能性を判定する。存在可能性がないと判定された I'' の内部領域は、ステップ 2 の対象から除外する。

ステップ 2 では、ステップ 1 で除外されなかった I'' を徐々に細かく分割しながら、 I に最も類似度の高い I'' を抽出する。このとき I'' の分割結果が粗いと、類似度が最大となる部分画像を抽出しそこなう可能性が生じる。例えば I'' の生成のために $x=x_1, x=x_2 (x_1 < x_2)$ という 2 つの x 座標値を採用した際に、実際には $x=(x_1+x_2)/2$ の位置で I'' を生成するのが最適である、ということが起こりえる。かといって、想定しうる全ての x 値を対象としてステップ 2 を反復していたのでは、膨大な処理時間がかかる。

そこで、できるだけ少数の I'' を生成しながら最適な I'' を発見するために、最適化問題の目標関数等に近似手法を用いた手法の一つである応答曲面法を用いる。応答曲面法とは、設計変数と状態量の間を何点かの解析もしくは実験結果を用いて近似した関数である。一般的には、解析や実験点のパラメータ設定に実験計画法が使われ、関数の近似に最小二乗曲面が使われる。応答関数として 2 次多項式を

Fast extraction of similar partial images from high-resolution images: ~development of "VIEWGLE"~
Ai Gomi, Takayuki Itoh,
Ochanomizu University
(gomiai,itot)@itolab.is.ocha.ac.jp

用いた場合、応答曲面は式(1)ようになる。

$$y = \beta_0 + \sum_{i=0}^n \beta_{ix_i} + \sum_{i=0}^n \beta_{ix_i^2} + \sum_{i < j} \beta_{ijx_ix_j} \quad (1)$$

これを本研究の問題におきかえると以下のようになる。まず実験計画法を用いて、少数の(x,y,w,h)値の組み合わせI'を類似度判定の回数分だけ用意をする。この各々のI'に対して画像類似度を数値化し、式(1)に代入する。ただし式(1)において、yは類似度であり、x₀~x₃は(x,y,w,h)の各数値である。これを連立方程式として、これらの最小二乗曲面を生成することにより、βの各値を算出する。この最小二乗曲面は一般的には画像類似度が最大となる1点をもつので、その点における(x,y,w,h)を算出することで、類似度が最大となる部分画像を推定する。この処理を反復することで、少ない回数の画像類似度判定により、高速かつ的確に、Iに類似する画像I'を抽出できる。

(2) 検索画像に適したアルゴリズムの自動選択

画像類似度判定アルゴリズムはすでにたくさんの手法が提案されている[1]~[4]。これらの手法をステップ1とステップ2で、また画像の性質によって使い分けることで、高速な画像検索を可能にする。現段階ではどのアルゴリズムがどのステップ、またどのような画像に適するのか、実験を進めている最中である。現時点では[4]に記述された手法の一つを用いている。この手法ではまず、K-means法で入力画像および大解像度画像に減色を施し、減色結果が同一である隣接画素をグループ化してラベリングする。この隣接画素グループごとに重心位置を比較し、IとI'との間で同色グループ間の重心位置の距離を算出する。この距離の合計値から類似度を判定する。

4. 実行結果



図1：(左)入力画像I (右)大解像度画像I'

本手法の実行例として、図1に入力画像Iおよび大解像度画像I'の例を、また図2に、本手法によって発見された類似部分画像I''の例を示す。筆者らの実装では、本手法を

使わずにしらみつぶしに検索した場合に、図2と同等な画像を発見するために要した類似度判定回数は8519回であった。それに対して、本手法を用いて図2を得るために要した類似度判定回数は253回であった。



図2：類似部分画像I''

この結果により、本手法の適用により類似度判定の回数が大幅に減り、かつ的確な類似部分画像を得られていることがわかる。ただし現時点での筆者らの実験では、応答曲面法を用いる時にw,hの値を固定し、(x,y)の値の組み合わせだけを用いている。今後はw,hも変数に加えて最適化することで、更に精度を向上したい。

5. まとめ

本報告では、大解像度画像の中から、入力画像に類似する部分画像を高速に自動発見する一手法を提案した。

今後の課題として、画像類似度判定の精度と速度を上げ、さまざまな画像を使い、実験を繰り返し改良したい。

本研究の最終目標は、入力画像の撮影時視線方向を高速かつ的確に検索するシステムの構築である。このシステムは例えば、「最も人気のある記念写真アングル」を検索するシステムとして実用できると考えられる。筆者らはこのシステムを“VIEWGLE”と命名し、開発を進めている。

謝辞

京都大学小山田教授から、応答曲面法のプログラムを提供して頂きました。本大学増永教授および増永研究室M1隅田氏から、地理情報処理に関する情報を提供して頂きました。

参考文献

- [1] C. Faloutsos, R. Barber, M. Flickner, W. Niblack, D. Petkovic, and W. Equitz. Efficient and Effective Querying by Image Content. Journal of Intelligent Information Systems, Vol. 3, No. 3, pp. 231-262, 1994.
- [2] 橋本、色彩情報に基づく画像検索システム、<http://chihara.aist-nara.ac.jp/people/95/masano-h/research-j.html>
- [3] 谷田川、色と構図に基づく画像検索ブラウザの提案 東京大学大学院平成14年度修士論文, 2002.
- [4] 福見、知的画像検索のためのニューラルネットへの知識埋め込みとルール抽出、電気通信普及事業団研究調査報告書、2003、http://www.taf.or.jp/publication/kjosei_18/pdf/071.pdf
- [5] T. Hattori, H. Kitajima, T. Yamasaki, Face Pattern Recognition And Extraction From Multi Persons Scene, Proceedings of ICEIS 2003 (Fifth International Conference on Enterprise Information Systems), ACM, AAAI and IEEE, pp.92-99, 2003.