

H-017

医師のフィードバックに基づく胃生検画像の検索のための
特徴量生成手法の検討

A method for calculating image features for pathology image retrieval
based on relevance feedback

上野 智史[†] 橋本 真幸[†] 小池 淳[†] 三代川 齊之[†] 吉田 晃敏[†]

Satoshi UENO Masayuki HASHIMOTO Atsushi KOIKE Naoyuki MIYOKAWA Akitoshi YOSHIDA

1. はじめに

日本の胃癌死亡率は男女ともに世界第一位であり、最近では、毎年新たに 10 万人が胃癌と診断され、毎年 5 万人が胃癌で死亡している[1]。このような状況において胃癌の正確な診断・早期治療は必要不可欠であり、癌の確定診断を行う病理専門医の診断を支援する診断支援装置が求められている。

我々はこの課題に対し、診断に利用される胃生検の画像と類似する画像をデータベースから検索し、その類似画像と過去の所見データを提示することで診断の支援を行う手法を提案した[2]。本手法は画像から医学的特徴を抽出しその特徴量を用いて類似画像検索を行う。しかしながら従来手法は、特徴量抽出にあたり一律の特徴空間を利用しており、検索精度が事前パラメータのチューニングに用いるトレーニング画像に依存する可能性があった。

本論文では、上述の画像検索手法の改良手法を提案する。提案手法では、専門医が過去に行った検索とその結果に対して下した評価をフィードバックすることにより新たに行う検索クエリの特徴空間を決定すると同時に、検索結果をフィルタリングする。実験を通して提案手法の有効性を確認する。

2. 従来手法

これまでに我々が提案した胃生検画像の特徴量抽出手法[2]について述べる。HE(ヘマトキシリン・エオジン)染色液により染色した胃生検画像を、色に基づいて判別分析法により 4 領域に分割する。これらは医学的に特徴があり診断時に着目する細胞の集まりである腺管と、その内部の細胞核、腺管領域以外の通常の細胞組織領域と背景領域の 4 領域である。医学的観点からは上記腺管の大きさやその内部の細胞核の細胞質に占める割合が重要であり、また位置や回転に依存しない特徴量の生成が重要であると考えられる。そこで我々は医学的観点の特徴量とするために画像をブロックに分割しそのブロック内で医学的特徴を抽出しその頻度分布を画像特徴量として利用した。特徴量生成手法の概念図を図 1 に示す。図 1 の左側は領域分割後の胃生検画像であり、各ブロック内の細胞質に占める細胞核の割合(N/C比)および腺管の細胞組織に占める割合、腺管領域の大きさを特徴量として抽出する。

上記手法は、ブロックサイズの設定や複数種類の特徴量間で重みの配分を行って特徴空間を決定する必要がある。これまで特定のトレーニング画像を用いて最適化した値を一律に利用していたが、検索精度が最適化に用いたトレーニング画像に依存する可能性があった。

一方過去の予備実験により各特徴空間の最適値はクエリ画像ごとに若干の変動があることが確認できたことから、

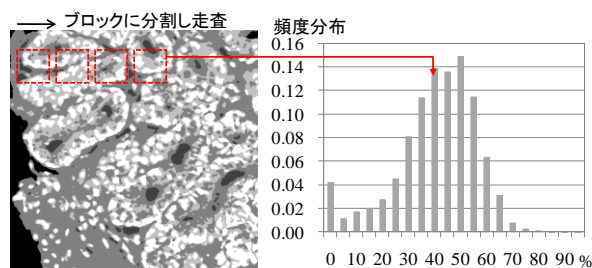


図 1 特徴量生成手法

画像ごとに特徴空間を変動することでより精度の高い検索が可能であると考えられる。

3. 提案手法

そこで本論文では、この特徴空間を専門医のフィードバックに基づいて決定し、また同フィードバックに基づき新しいクエリの検索結果のフィルタリングを行うことで、検索結果の精度の改善を図る手法を提案する。本提案手法の流れを以下に示す。

- 特徴空間の決定
 - 従来手法で検索を行う。検索クエリ画像を $Q_x(x=1, 2, \dots, M)$ とする。
 - 専門医が上記検索結果の上位 N_r 件の画像に対してクエリ画像との類似・非類似のフィードバック評価を行う。
 - 上記フィードバックに基づき、クエリ画像 Q_x に対する最適な特徴空間 F_x を決定する。
 - 上記クエリ画像 Q_x に対する特徴空間 F_x と類似・非類似画像のリストを保存する。以下フィードバック評価付きクエリ画像 Q_x を過去クエリ画像 Q_x とする。
- 検索結果のフィルタリング
 - 新たなクエリ画像 Q の検索を行う際の特徴空間 F を過去クエリ画像 Q_x と Q との類似度に基づいて決定する(過去クエリ画像 Q_p , 特徴空間 F_p)。
 - クエリ画像 Q を特徴空間 F_p を用いて検索し、検索結果に対して過去クエリ画像 Q_p の検索時に非類似と判定された画像をフィルタリングする。

以下、詳細を述べる。

3.1 特徴空間決定

クエリ画像に対する検索結果画像上位 N_r 件の専門医の類似・非類似判定のフィードバックを利用して、相対 KL 変換法[3]に基づき、類似画像と非類似画像の特徴量の分離度を高める特徴空間を決定する。相対 KL 変換法は、自カテゴリの特徴を抽出し、他カテゴリにも共通に含まれる特徴や、自カテゴリに含まれない特徴を抑制する手法である。

専門医にクエリ画像 Q_x の類似画像と判定された画像は、それぞれが互いに類似していると考えられるため、本提案手法ではこれらを用いて一つの固有空間を作成する。また非類似画像と判定された画像は、非類似画像間の類似度は一般に不明であるため個別に扱う。クエリ画像 Q_x と類似画像群との類似度は複合類似度法を用いて算出する。またクエリ画像と複数の非類似画像 N_d 枚(最大 N_d 枚)の特徴量の類似度はベクトル間の余弦値を用いており、その平均値を算出する。上記類似カテゴリの類似度と非類似画像の類似度の平均値の比に基づき、分離度が最大になるように特徴空間を決定する。

3.2 クエリ画像間の類似度決定

新しいクエリ画像 Q の最適な特徴空間を決定するために、新しいクエリ画像 Q と過去のフィードバック評価付きクエリ画像 Q_x の類似度を判定する。クエリ画像 Q を全ての特徴空間 F_x で過去クエリ画像 Q_x と類似度を算出し、任意の p に対して特徴空間 F_p で Q と Q_p の類似度が最大である Q_p が存在するとき、 Q と Q_p を類似画像と判定する。上記組み合わせが複数存在する場合はそのうちいずれかひとつを選択し、また上記組み合わせが存在しない場合は Q と Q_x の類似度の分散に基づいて、類似度が高い画像を 1 枚選択する。

3.3 検索結果のフィルタリング

上記で算出したクエリ画像 Q に適する特徴空間 F_p を用いてデータベースから類似画像を検索する。検索結果上位 N_r 件に対して、過去クエリ画像 Q_p にて非類似判定をされた画像が存在する場合、最大 N_n 枚検索結果からフィルタリングを行い、以降の検索結果を繰り上げる。

4. 評価実験

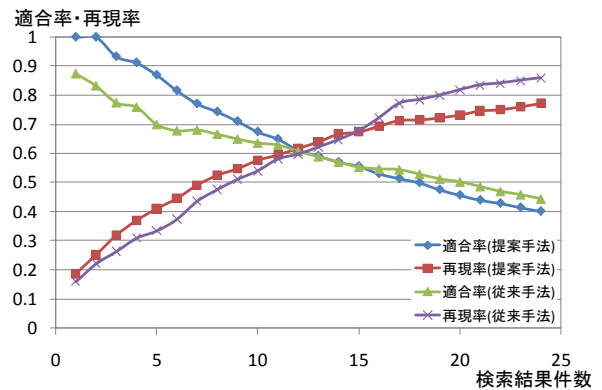
4.1 実験環境

胃癌の診断における分類の一つに Group 分類[1]があり、Group I - Group V の 5 段階 (I が正常で、V が癌と診断される) に分類される。画像データベースとして Group I-IV はそれぞれ 12 枚、Group V が 24 枚の計 72 枚を利用した。画像サイズは全て縦横 512 ピクセル、画像取得時の顕微鏡の倍率は 200 倍で固定である。病理専門医と病理研修医の 2 名が主観評価によりクエリ画像とデータベース内の全画像との類似度をそれぞれ評価し、評価 5 段階中 4 以上を類似画像としている。

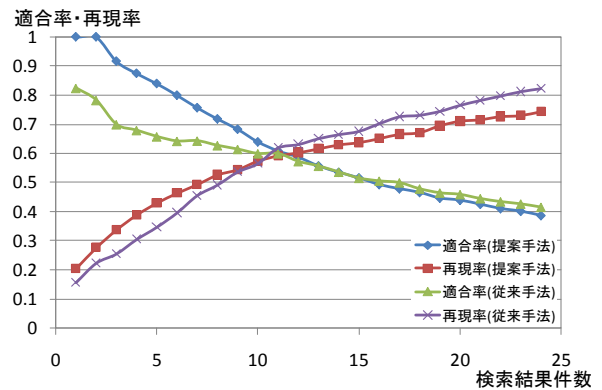
実験では予備実験によりパラメータを $N=20$, $N_r=20$, $N_d=5$, $N_n=10$ に決定した。フィードバック評価付きクエリ画像 Q_x を 20 枚用意し、新規クエリ画像 Q はそのうちの 1 枚を選択した 20 パターンを利用して、その検索結果の平均適合率・平均再現率で評価する。

4.2 実験結果

2 名の主観評価に基づく実験結果を図 2 に示す。検索結果に占める適合率・再現率の平均値で評価し、図 2 の横軸は検索結果表示数、縦軸はその時の平均適合率・平均再現率を示す。適合率は検索結果件数に占める検索結果の類似画像の件数の割合、再現率はデータベース中に存在する類似画像件数に占める検索結果の類似画像の件数の割合である。いずれも値が大きいほど検索結果が良好であることを示す指標の一つである。



(a) 病理専門医の評価



(b) 病理研修医の評価

図 2 実験結果

図 2 から両者のいずれの場合も検索結果上位の適合率・再現率の向上が図れ、類似画像を提示することによる診断支援手法の精度の改善を確認した。特に検索結果上位 3 件程度の精度の改善が見られ、検索結果上位において従来手法より 12 ポイントの改善が確認できる。

またクエリ画像と過去クエリ画像の類似度決定においては、実験対象の 20 パターン中、16 パターンにおいて類似度が最大である過去クエリ画像を選択され、また残りの 4 パターンも次に類似度が高い組み合わせとして選択された。それら 20 組の画像は全て 2 人の専門医の評価で互いに類似と判定された画像の組み合わせであり、提案手法がクエリ画像間の類似度判定に効果的であることを確認した。

5. まとめ

本論文では、胃生検画像の類似画像検索において、検索クエリ画像に適切な特徴空間を過去の検索結果のフィードバックに基づき選択し、検索結果のフィルタリングを行うことで検索精度を改善できることを確認した。今後は利用する特徴量を追加して精度の改善を試みる。

参考文献

- [1] 関塚ほか, “胃の悪性新生物,” 臨床検査のガイドライン 2005/2006 症候編・疾患編・検査編, pp.158-163, 日本臨床検査医学会, 東京, 2005.
- [2] 上野ほか, “局所色特徴に基づく胃生検類似画像検索の検討,” 平 20 信学総全大, 2008.
- [3] 池野ほか, “相対 KD 変換法によるパターン認識,” 信学論 (D-II), vol.J80-D-II, No.2, pp.541-547, Feb.1997.

† 株式会社 KDDI 研究所 KDDI R&D Laboratories, Inc.

‡ 旭川医科大学 ASAHIKAWA MEDICAL COLLEGE