

氏 名	Housseem Chatbri		
学 位 の 種 類	博 士 (工学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 7704 号		
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Content-Based Document Image Retrieval using Sketch Queries (スケッチ問い合わせを用いた文書画像内容検索)		
主 査	筑波大学・教授	博士 (工学)	亀山 啓輔
副 査	筑波大学・教授	Ph. D. (生体工学)	酒井 宏
副 査	筑波大学・教授	博士 (工学)	福井 和広
副 査	筑波大学・准教授	博士 (工学)	北原 格
副 査	筑波大学・准教授	博士 (工学)	滝沢 穂高

論 文 の 要 旨

近年、記述内容のアノテーションを必要としない文書やメディアの内容検索に関する研究が進められている。本論文では、文章、数式、画像を含む二値の文書画像に対し、スケッチによる問い合わせ画像を用いて部分的に類似する文書を検索する内容検索系の構築法を提案している。

スケッチ画像を問い合わせとして用いる場合には、(1)スケッチの大きさや線の太さの変動、およびノイズなどの影響を受けない画像の正規化手法、(2)領域形状の特徴化法、(3)類似度評価法の検討が必要とされる。また、効率的に画像を保持し検索を行うため、(4)画像を構成する領域の索引化手法も必要となる。

本論文では 1 章で上記(1)～(4)の段階を含む一般的なスケッチ問い合わせを用いた内容検索系の枠組みを定義し、以降の章で各段階の具体的な実現法について検討を行っている。

2 章では輪郭抽出および細線化を用いた画像の正規化手法について比較を行い、拡大縮小、ぼかし、ノイズ付加などの変動に対し輪郭抽出がより安定に形状特徴を保持しうることを明らかにしている。

3 章では二値画像に対して、その形状を特徴化する点を描画領域の前景と背景の両方に検出する特徴点検出法(Binary Image Keypoints Descriptor : BIK)を提案している。さらに検出した特徴点周辺の輪郭画素分布を局所記述子として用い輪郭形状を表す手法を提案し、BIK と組み合わせることにより、既存手法である Shape Context などの輪郭形状特徴化法と比べて高い精度で類似した図形、数式、画像のマッチングを行うことができることを示している。

4 章では、文書中にある数式の検索など、複数の領域からなる問い合わせ画像を用いた部分類似画像検索において、部分ごとの類似性を Bayes の定理に基づいて統合評価する手法を提案している。実験では局所特徴量として BIK を用い、手書き数式のデータセットに対し従来法に比べてより高い精

度で同一または類似した数式を検索することができることを示している。

5 章では、二値の文書画像中の黒画素が連続する部分(コンポーネント)の形状を特徴化し、特徴空間中でクラスタリングを行うことで、各部分の索引情報としてクラスタ番号を割り振る索引方式を提案している。提案法は特に印刷文書画像の圧縮に有効であり、画像の劣化を低く抑えつつも、直接 ZIP などの方法で圧縮する場合と比較して、 $1/3 \sim 1/20$ のデータ量で済むことが示された。また、類似画像検索においても、問い合わせに含まれるコンポーネントとクラスタ代表コンポーネントとの類似度比較のみですむために、検索効率を約 5 倍に向上させることができた。

審 査 の 要 旨

【批評】

本研究では、スケッチを問い合わせとして用いる二値文書画像中の類似部分画像検索で必要とされる各段階の処理に対してそれぞれ独自の手法を提案し、それらを組み合わせた類似画像検索系の枠組みについてその有効性を検証している。

3 章で提案された二値画像の特徴点選択法は、「図」の部分のみならず「地」に相当する背景領域からも特徴点を選出する、新たな発想に基づく独創的な手法である。同手法と局所画素分布に基づく特徴量を組み合わせ、フレキシブルかつ高精度な形状マッチングを可能としている点は高く評価することができる。

また、4 章で提案されている二値部分画像のマッチング手法は、複数の部品から構成される文書画像に対して、光学文字認識(OCR)や領域分割に頼ることなく個々の部分対応と領域の切り出しを実現している。これにより多くの前処理を必要とせず文字、数式、スケッチなどの多様な対象の検索を可能としている。

5 章で提案されている文書中の部品領域の索引化手法は、非可逆な圧縮ではあるものの、二値画像の高効率な記述形式に相当し、かつ内容検索において画像部分の対応付けを飛躍的に高速化する手法として高く評価することができる。

以上を総合的に判断し、本論文は博士の学位を受けるに値する研究成果であると認める。

【最終試験の結果】

平成 28 年 2 月 5 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。