

平成 21 年 6 月 15 日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19500218
 研究課題名（和文） 高階調古文書画像解析・分類手法の研究
 研究課題名（英文） Research of old manuscript image analysis and classification based on high dynamic range image processing.
 研究代表者
 岡田 至弘 (OKADA YOSHIHIRO)
 龍谷大学・理工学部・教授
 研究者番号：30127063

研究成果の概要：古文書の文字領域内の墨の濃さの変化から運筆に関する特徴を解析する方法実際のシルクロード伝来の文書を対象に実験を進めた。古代紙の性質を精査し、紙の繊維の走向と紙漉きにおける繊維の分散の仕方によって表面的に計測できる高階調画像のデータの補正が必要となることを明らかにした。得られた知見および高階調画像DBは、国際敦煌プロジェクトデータベース（略称IDP URL <http://idp.afc.ryukoku.ac.jp/>）として公開した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・図書館情報学 人文社会情報学

キーワード：(1)古文書画像処理 (2)地図画像解析 (3)劣化画像復元

1. 研究開始当初の背景

デジタルカメラ技術の進展に伴い、高解像度のみならず階調特性を改善したデジタル画像入力が可能となってきた。このなかには、露光条件を変化させて階調数の高い画像を得るものもある (M. D. Grossberg and S.K. Nayar: "High Dynamic Range from Multiple Images: Which Exposures to Combine?," ICCV Workshop on Color and Photometric Methods in Computer Vision, Oct, 2003.)。ワンショットで撮影できるものも多くできており、今後は、このような高解像度かつ高階調の画像を扱う場面が多くなる。表示では依然として8ビット階調となるため、見た目の上

で高階調は大きなアドバンテージになりにくい。検索の特徴や解析にはこれまでよりも詳細な情報が得られることが期待できる。また、階調と同時に解像度が高いことで、同じ情報源から大域的な画像情報と局所的であるが細かな画像情報を得ることができ、大域と局所双方の特長について位相関係を明確にし、関係を知ることが容易になる。解像度は対象の大きさ、階調は露光といった撮影時の環境に関係するため、一度に撮影が可能であれば撮影時の負担や画像の管理も容易になる。解像度が高くなれば色も詳細に取得できるため、カラーキャリブレーションやカラーマネージメントと組み合わせることで

正確かつ詳細な色の記録にも活用できる。

これまで、高解像度の古文書に対して多重解像度解析を行った("Morphology 演算による高解像度古文書画像の Scale Space 生成", 藤井 大輔, 村山 健二, 岡田 至弘, 人文科学とコンピュータシンポジウム, vol. 2003, no.21, pp.127-134, 2003.)。そこでは、モルフォロジー演算を用いて多重解像度画像を生成し、その中から特徴抽出や解析などの過程に最適な解像度を対応させる試みを行った。評価実験として、「大谷文書」紙片の行高や行間の計測を行っている。このような経緯もあり、より高解像度、高階調となってその必要性和有効性を示せるものと考え。また、色についてもプロジェクタ表示などで表示対象の実物で使用されている色を基準にマッチングを試みている("コンテンツの色分布を考慮したカラーマネジメントシステム", 秦 綾子, 村山 健二, 岡田 至弘, 正司 哲朗, 電子情報通信学会 2005 年総合大会, D-12-9, p.159, 2005)。より詳細な色の情報、変化を活用できるものと考え。そして、スキャナーを用いて紙の表面にできる簀の目を計測する試みを行った("簀の目の測定方法の開発および応用例", 加藤 雅人, 正司 哲朗, 村山 健二, 岡田 至弘, 江南 和幸, 池田 和彦, 坂田 雅之, 文化財保存修復学会 第 25 回大会要旨集, pp.70-71, 2003.)。カメラによって同様のことが可能であれば、文化財に直接触れる機会を減らすことにつながると考える。

人文系の研究では、膨大な文書に対して分類を行う要求があり、機械による分類ができることが望まれている。入力装置の高性能化によって、画像として取得できる情報量は格段に多くなっていることから、特に 8 ビット階調では扱うことが困難なものに対して分類を行う必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高階調画像の解析及び高階調画像に適した特徴を利用した分類方法を開発することである。低い階調で埋もれてしまった情報を高い階調によって取得し解析を行うことで、異なる特徴が得られ、また低い階調のときよりも精度の良い特徴が得られることが期待できる。特徴は対象となる画像及びその領域によって異なるため、どのような対象が高階調でより優位性を示すか明らかにする必要がある。このような解析を行うために、多重解像度解析の概念を階調に拡張し、対象による特徴に適した階調の推定を行う。

古文書画像を対象とした場合、文書の文字部分など彩度の低い部分では、その変化が 1 画素あたりの階調度 8 ビットでは失われてし

まっている場合が多い。文字を平面的なパターンとしてみれば 8 ビットでも十分であるが、筆の運びなど墨の濃さに関わるようなより細かな部分に焦点を合わせたときには、8 ビットよりも高い階調の画像が必要となる。また、カラーの各チャンネルについて階調が高いということは、色についても細かな変化を捉えることが可能となる。文字の部分である墨の変化などの細かな変化を捉えるためには、より高階調の画像に適合した解析が必要となる。この細かな変化から墨の色や運筆、墨の濃さなどを扱うことが可能となる。また、同じ対象でも紙の色について細かい変化を捉えるのか、大まかな全体的な変化を捉えるかを選択的に解析する必要がある。そして、紙の簾の目や繊維についても同様に選択的な解析が必要である。本研究ではカラー画像の各チャンネルにおいて高い階調をもった画像データの積極的な活用を目指している。高階調の画像は特殊な分野での利用であったものが、今では一般的になりつつある。カラー画像の各チャンネルが高い階調をもつことによって、詳細な色の変化を捉えることが可能となる。従来では、モニターの表示能力が低いこともあり人が見ることを前提にした範囲における階調となるため、大まかな扱いとなっている。そのため、広いダイナミックレンジをもったカラー画像が一般的な活用をされることは想定されていない。この広いダイナミックレンジの特徴的な点として、低明度での変化も十分に捉えられている。コントラストの高い画像でも、明度の低い部分について解析が可能である。

解像度と階調が共に高いことで、詳細な視点と大まかな視点を共にもつことができる。文書画像であれば、文書のどの部分かを保持した状態で文書の中の細かな情報を得ることができる。色票であれば、一色で塗られているものであってもムラなどにより変化が生じている。色を一つの値にしてしまうとどの部分を計測したかわからないが、詳細な色の情報を面として保持していればどのムラがあっても後から選択し直すことができる。対象の領域によってその有効な特徴が得られる範囲は限定されている。その有効な特徴を得るために最適な階調を推定することで、適応的な解析が可能となる。ここから、大域的な変化と同時により詳細な変化を捉えることが可能と考える。

3. 研究の方法

研究目的に対応して同一条件下での撮影実験を進め、高階調画像を取得する。ここでは同一分類になると思われる複数の対象を用意し、比較する際の条件をそろえる。標準光源を用い、カラーチャートも併用し可能な

限り厳密な撮影(フォトメトリックな)を行う。この後、撮影された画像データ群を高階調画像 DB に集積し、ここから高階調特有の特徴による分類可能性を検証する。同時に低階調画像も用意し高階調による変化を確認する。具体的な撮影対象としては、4 世紀から 16 世紀に書写されたシルクロード伝来の古文書を用意する。特に注目する部分として、文字領域と紙についての明るさと色について、それぞれ階調による影響を考察する。文字領域については、その色から墨色を抽出し分類に利用できるかどうか有効性の検証を行う。色として得られる情報のほとんどは、紙の色となりやすいことが想定できるため、紙の色と比較し分離する。または、紙の色とは異なる分布から墨色を得る。

特殊な対象でない場合においても、高階調画像を用いることでこれまで隠れていた情報が表面の微細な変化として捉えられる可能性がある。この表面の変化に対して多重解像度解析を行い、特徴が得られるかどうか検証を行う。

また、古文書の文字領域内の墨の濃さの変化から運筆に関する特徴の抽出処理についても試みる。文字領域内の濃さは、筆の種類によっても異なり、またトメやハネ、交差している部分など何度か重なる部分が生じることで濃さは変化する。このような特徴を捉えて、分類に使用可能か検証する。文字は、文字を書いた際に用いた筆、墨、紙、保存状態などで大きく影響するため、特徴の抽出や分類がうまくいかない場合が考えられる。これらの関係についても検証し、条件を明確にする。その際、墨に関して紙の色や明るさの変化による影響を除去する方法についても合わせて考察する。

地となる紙については、地色や簀の目、繊維について解析を行う。より特徴の出やすい解像度や階調を推定する手法を考察する。大まかな色を見る場合、低い階調と解像度であり、繊維の色などをみる場合、高い階調と解像度が必要となる。また、簀の目を見る場合などはそれに適合した解像度にすることでより特徴が出やすい。多重解像度解析を用いることで、様々な解像度と階調に変化させて特徴の出やすくする。

4. 研究成果

3. の研究方法に則り、古文書の文字領域内の墨の濃さの変化から運筆に関する特徴抽出アルゴリズムの研究を実際のシルクロード由来の文書を対象に検討を進め、その有効性を検証した。ここでは、文書の媒体である古代紙の性質を精査し、紙の繊維の走向と紙漉きにおける繊維の分散の仕方によって表面的に計測できる高階調画像のデータの

補正が必要となることを、実験によって明らかにした。計測(高階調画像撮影)において、古文書表面の反射計測だけでなく、均質なバックライト照明による透過光計測データも併せて利用することにより、紙の性質に左右されない墨書きそのものの特徴を把握できることを示した。この手法は、紙だけでなく絹本などの媒体に対する墨書解析にも十分適用可能なことを、世界最古の世界地図である中国(元:1402年)由来の地図上の劣化文字(文字領域は、墨書および他地形図は染料)の濃淡解析にも適用し、鮮明な墨書文字復元と、絹本の織目解析からの幾何的補正による精緻な原典画像の復元結果を得た。

高階調画像の撮影においては、本研究により確立したフォトメトリックな画像撮影手法により、超高精細・高階調デジタルカメラバックを用いた大判デジタルカメラによる高精細記録(400DPI以上)撮影と、RGB各16ビットによる高階調表現および標準カラーチャートによるCMSの適用により均質な画像記録を作成し、Web上で公開を進めた。この高階調画像DBは、日本だけでなく、中国・英国・ロシア・ドイツ・フランスにおいても同時アクセス可能なDBである国際敦煌プロジェクトデータベース(略称IDP URL <http://idp.afc.ryukoku.ac.jp/>)として公開され平成20年度末においては22万点以上の高階調画像の集積が行った。このDB収録の高階調画像データに対して、研究方法において考案した墨書に関する特徴抽出アルゴリズムの適用とその有効性の実証を進めた。また古文書断片のように1紙からなり両面からの撮影および反射光・透過光による撮影が物理的な可能な対象に対しては、バックライト照明(透過光)による撮影データも併せて公開し、紙の繊維・漉き方に大きく依存する墨書解析の方法が大きく改善できる事を示した。

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)

[学会発表](計6件)

岡田、若間、芝：特徴点の三角形分割による画像の対応付け：電子情報通信学会PRMU研究会、2008年11月27日、大阪大学

岡田、坂本、江南、森、滝澤、河野：大谷コレクション「本草集注序録」・「比丘含注戒本」用紙の科学分析：日本文化財科学会第25回大会、2008年6月14日、鹿児島大学

岡田、坂本、江南、土屋、河野、増田：大谷コレクション五代時代経典「維摩詰

所説経」,「妙法蓮華経」の用紙の科学分析：日本文化財科学会第25回大会、2008年6月14日、鹿児島大学

岡田、坂本、Imre、江南：国際敦煌プロジェクトデータベースの展開-卷子本のアーカイブに関する検討：人文科学とコンピュータシンポジウム、2007年12月13日、京都大学

岡田、若間：劣化画像解析による古地図におけるランドマークの鮮鋭化、人文科学とコンピュータシンポジウム、2007年12月13日、京都大学

岡田、若間：劣化画像解析による古地図からのランドマーク抽出の検討、日本国際地図学会平成19年度定期大会、2007年8月26日、法政大学

〔図書〕(計1件)

岡田編：古典籍デジタルアーカイブ研究センター研究成果報告書：龍谷大学、2008年、179頁

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 至弘

龍谷大学・理工学部・教授

研究者番号：30127063