

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月19日現在

機関番号：20103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22650020

研究課題名（和文） デザイナーの感性を記録するための高精細印刷物画像撮影システム

研究課題名（英文） High Definition Graphic Designed Printed Paper Shooting System for Recording Designers' Kansei

研究代表者

川嶋 稔夫（KAWASHIMA TOSHIO）

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：20152952

研究成果の概要（和文）：

本研究ではグラフィックデザイナーなどの制作上の企図を、デジタル撮影によって失わないために、対象や対象を撮影した画像記録からオリジナルの見え方を推定する研究を進めた。この研究によって、近現代印刷物の紙質や印刷技法、デザインの企図を含めて記録する手法を研究するとともに、および、不十分な条件下で保存され、撮影された資料の修復方法の研究が行われた。

研究成果の概要（英文）：

In this research project, we have proposed methods to record the original appearance of designed printed paper and sheet-shaped fine arts to preserve the intention of the designer or artist. We also proposed methods to estimate the original appearance from images shot under insufficient illumination or preservation condition.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	0	2,000,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	240,000	3,040,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：表面反射率特性、デジタルアーカイブ、3次元形状推定、陰影除去

1. 研究開始当初の背景

デザイナーの制作物はそれがどのような場所で観賞され、どのような印象をもたれることを期待するか、という企図の上にデザインされている。江戸時代の錦絵版画あれば、室内の蠟燭の下で観賞されたかもしれない。昭和のポスターであれば建物の外壁にはられていたかもしれない。このようなデザイナ

ーの見られ方の企図は、現代の印刷物のデジタルアーカイブでは全く無視され、無反射照明下で色の再現性だけを気にした画一的デジタル化が進められている。

印刷物は情報を伝える手段としてはもちろん、グラフィックデザイナーが感性を發揮する場でもあり、図形や文字と色彩のデザインに加え、用紙やインクを選択、印刷手法の

選択などが重要な因子である。申請者らは、函館中央図書館と共同で近代ポスターコレクション約 2000 点のデジタル化を進めてきたが、通常のデジタル撮影では質感や印刷技法上の工夫の大半が失われてしまうため、新たなデジタル撮影記録の枠組みが必要であると考えた。



図 1. 印刷物デジタルアーカイブス

そこで本研究ではグラフィックデザイナーの制作上の企図を、デジタル撮影によって失わないために、対象を正確に高精細に撮影するだけでなく、つぎの 2 項目に挑戦することを計画した。

- (1) 近現代印刷物の紙質や印刷技法，デザインの企図を含めてデジタル撮影を行う手法の確立
- (2) グラフィックデザイン制作物の観賞のための過不足のない自由度をもつ情報システムの確立

2. 研究の目的

本計画では、デザイン観賞の視点を前提とする高精細で効率的なデジタル撮影・復元手法の確立に挑戦した。第 1 に印刷物を 300～400dpi 程度で表面の反射特性(拡散反射，鏡面反射を含む)を記録するための効率的な方式を確立する。第 2 に撮影記録から任意照明条件下でのレンダリング(ロウソクなどの炎のゆらぎのもとでの浮世絵観賞や屋内での自然光による掲示ポスターの観賞など)を行える動的なビューワーの開発を行う。第 3 に観賞の作法をあきらかにし，観賞に過不足のない自由度をビューワーとして提供することで，大幅な撮影コストと保存データ量の低減を行う。

これまでの印刷物デジタルアーカイブは「資料の保存」という画一的な視点から記録が行われていたが，グラフィックデザインの記録としては不十分なものであった。本研究はグラフィックデザインを「それが使われた場での見え方」として復元するような，観

賞環境と記録方式を併せて提供することで，近代デザイン史研究を推進し，グラフィックデザイナーアーカイブ観賞という新たなエンターテインメントを切り開くと考える。

3. 研究の方法

本計画では下記の点について研究を進めた。

(1) 超高解像度反射率記録装置の研究

高精度表面形状推定方式および表面反射特性のデータ収集方式にもとづいて，反射分布を推定する手法について研究を行った。当初液晶ディスプレイで光源パターンを生成することを計画していたが，照度差ステレオ法を前提に，それにもとづく鏡面反射特性と拡散反射特性の分離が可能であることが確認された。曲率の大きな折れや反りの検出も当初のレーザスリット光に比べて劣らない精度が得られたので，二つの手法を併用することなく，単一の手法でロバストに表面形状と反射特性の同時推定に用いることができることが確認された。

具体的には，図 2 にしめすような鏡面反射を含んだ凹凸のある印刷物を対象として，3次元形状モデルを生成するシステムを実装した。3次元形状モデルを生成するにあたり，撮影した複数枚の画像から，面法線，3次元形状，拡散反射分布，鏡面反射分布，鏡面反射モデルを推定する。3次元形状の推定方法として，東京大の肥後らの提案した面法線の推定法と千葉大の氏家らの提案した形状推定方法を利用することにした。



図 2 鏡面反射のある印刷物の例

反射率分布の推定方法として，はこだて未来大土橋らの提案した手法と，肥後らの手法を参考に独自の手法を用いた。3次元形状，拡散反射分布，鏡面反射分布の推定精度は面法線の推定精度に依存するので，面法線の推定精度を向上させるために，撮影画像から色の境界を検出し，面法線の補正を行う手法で精度の向上を図った。

(2) 複数照明下での表面色の推定

(1)に関連して，光源色が異なる複数照明下での真の表面色の推定を行うためのアルゴリズムについて研究を行った。

ここでは、照明の数は2つであるということが既知で、キャリブレーション用に表面がランバート反射の白い球体(参照球)を視野内に置けるケースについて、照明の色を推定ことで、ピクセルごとに照明の混合率を求めホワイトバランスの復元を扱った。

これは次のようにおこなう。まず、RGB空間上で色の分布を求める(図3)。光源色の方向角が離れている場合は、輝度のピークを分離できるが、近接する場合は輝度のピークにおいて、両方の照明が混合してしまうため、本来の照明の色を求めることが不可能である。すなわち輝度のピークをもとめるとピーク q_1, q_2 の位置は内接平行四辺形から外に出てしまうことがわかる。そこで、外接する平行四辺形から本来の輝度のピークである i_1, i_2 を求めることで、光源色を分離し表面色の推定を行う研究をすすめた。

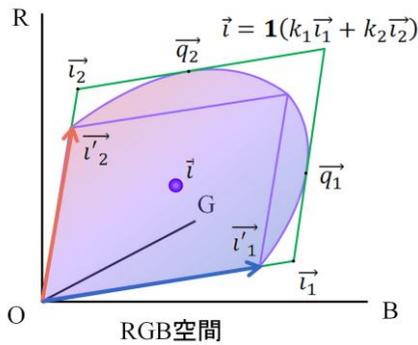


図3 近接する混合照明下での照明色推定

(3) 撮影済み画像からの陰影の軽減

撮影済みの軸物書画の記録画像から表面形状変化による陰影を推定し、復元を行う研究を進めた。アルゴリズムでは折れと湾曲の数理モデル化を行い、濃淡変化の連続性と折れ湾曲モデルから、陰影除去後の画像を推測し、復元する手法をとった。

たとえば、平面に描かれた書の場合、軸の保存状態によっては折れや湾曲が生じてしまう(図4)。これを修復するためには、3次元形状の推定や、反射特性の推定が必要になる。



図4 折れや湾曲のある美術品

4. 研究成果

(1) 超高解像度反射率記録装置の研究

照度差ステレオ法を利用し、部分的に鏡面反射性のある印刷物を計測して、鏡面反射率分布を求める方法を提案した。図5に計測例を示す。



図5 印刷物の反射特性の分離結果

左の元画像から鏡面反射成分が分離され、拡散反射のみになっていることがわかる。これらの例では照明方向の異なる約50枚の画像が撮影されているため、さまざまな入射角の鏡面反射成分が得られ、鏡面反射率分布も求められている。

(2) 複数照明下での表面色の推定

2色色分布のことなる光を用いて照明した球を対象にして、色を復元する実験を試みた。図6はその1例である。この例では、白色の物体を2色の光源で照明し(右)、色空間の軸ベクトルから光源色を推定し、白色に復元されている(左)。

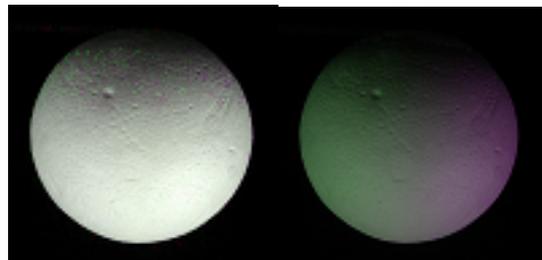


図6 混合照明下で撮影された画像(右)から照明条件を復元した結果例(左)

(3) 撮影済み画像からの陰影の軽減

貴重資料のカラー撮影画像をもとに、その陰影分布から3次元形状を推定し復元する試みを行った。この実験では、函館市にある国華山高龍寺が収蔵する書のアーカイブ画像を対象に修復を試みた。

この研究では折れを図7のような断面であると仮定し、陰影の数理モデルを利用して断面形状の推定を行った。このモデルに基づいて推定された形状から、折れを回復した状態での色の分布を求めて画像の修復を行った。

その結果を図8に示す。

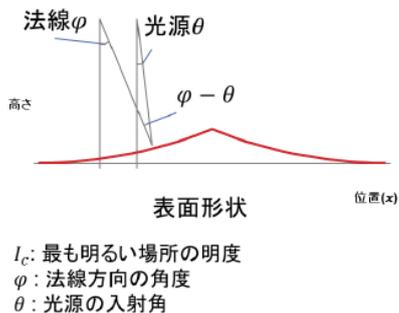


図7 折れの形状モデル

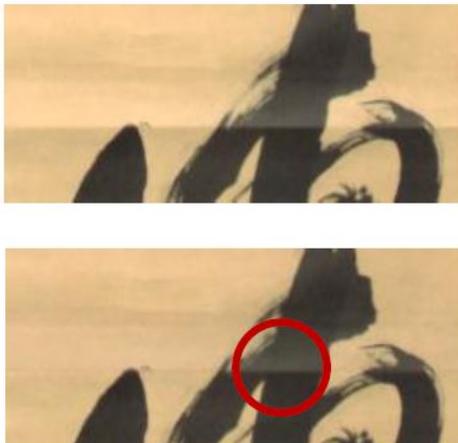


図8 折れのモデルに基づく画像修復結果
(上：修復前，下：修復後)

[結果の総括]

印刷物や絵画などの平面美術資料を撮影した画像は、グラフィックデザイナーは画家による意図的な反射率分布が組み込まれることがあり、それを正確に記録し、推定し、再現することが重要な課題であった。

今回の計画では、その課題をいくつかとりあげ、実験的な再現を試みた。形状や反射率の推定と修復は可能ではあることは示された。しかし「鑑賞」に堪えられるものにするためには、再現表示手法も含めた総合的な研究が必要であると考えられる。

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)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 平原壮紀, 川嶋稔夫, 寺沢 憲吾, デジタルアーカイブのための表面形状および反射率分布の推定, 電気学会情報処理研究会研究報告, 査読なし, IP-12-011, pp. 55-60, 2012
- ② 石丸敬祐, 川嶋稔夫, 寺沢 憲吾, デジタル修復のための軸物画像からの陰影の除去, 画像電子学会研究会予稿, 査読なし, 11-04-8, pp. 45-51, 2012
- ③ 川嶋稔夫, 都市の記憶と情報技術, 日本バーチャルリアリティ学会誌, 査読なし, vol. 16, No. 4, pp. 6-13, 2011
- ④ 川嶋稔夫, デジタル技術を利用した文化財の保護と活用, 函館中華会館創立100周年記念シンポジウム報告書, 査読なし, pp. 11-16, 2011

[学会発表] (計4件)

- ① 川嶋稔夫, 都市の記憶と情報技術, 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2011年9月21日, 公立ほこだて未来大学(函館市)
- ② 川嶋稔夫, 利用者の視点にたつ地域デジタルアーカイブと画像技術, 画像電子学会第257回研究会, 2011年8月2日, 公立ほこだて未来大学(函館市)
- ③ 石丸敬祐, 川嶋稔夫, 軸物デジタル画像からの陰影の除去, 電子情報通信学会総合大会学生ポスターセッション, 2011年3月15日, 東京都市大学(東京都)
- ④ 小鷹晋太郎, 川嶋稔夫, 混合照明下での被写体の表面色推定, 電子情報通信学会総合大会学生ポスターセッション, 2011年3月15日, 東京都市大学(東京都)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川嶋 稔夫 (KAWASHIMA TOSHIO)

公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号: 20152952

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし