

千葉大学 富永・堀内研究室

小池 芳明[†] 奥田 広志[†]

[†] 千葉大学大学院 融合科学研究科

“Tominaga & Horiuchi Laboratory, Chiba University” by Yoshiaki Koike and Hiroshi Okuda (Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University, Chiba)

1. まえがき

私たち富永・堀内研究室は、千葉市稲毛区の千葉大学西千葉キャンパスで、画像獲得からレンダリングに至るカラー画像処理を中心に、日々研究を行っています。西千葉キャンパスは、数多くの学部からなる千葉大学最大のキャンパスであり、毎日約 13,000 人の学生が生活をしています。この西千葉キャンパスの工学部 7 号棟に、私たちの所属する富永・堀内研究室があります。研究室は、富永昌治教授、堀内隆彦准教授、斎藤一技術専門職員のもと、2006 年 9 月に設立された新しい研究室であり、大学院生 14 名、学部生 10 名、研究生 2 名の計 26 名の学生が在籍しています(2008 年度予定)。図 1(a)の写真は研究室内のメンバーであり、図 1(b)は西千葉キャンパスの構内です。本稿では、研究室の様子や研究概要について紹介します。なお、本稿のカラー図面は、<http://diplab.tp.chiba-u.jp/>において公開していますので、参考にしてください。

2. 富永・堀内研究室

人間の視覚系と機械の視覚系の現状を比べた場合、人間の視覚系はやはり優位といえます。しかし、視覚情報の多次元化やデバイスの高機能化によって、部分的には人間の能力を超えるシステムの実現が可能になってきました。本研究室では、視覚情報の獲得・処理・認識・生成を一連の流れとして捉え、視覚情報を体系的に位置づけて、知的画像処理の総合システムの実現を目指しています。情報メディアとしては、



図 1(a) 研究室のメンバー



図 1(b) 大学構内の風景

色彩、分光、偏光などの視覚情報に興味を持っています。

研究では、映像の獲得から生成まで行うため、研究に使用する映像・画像は自分達で計測します。そのため、研究室には計測や評価に用いる暗室が 3 部屋あり、皆で順番を決めながら使用しています。それぞれの目的に応じたカメラを用いた計測のほか、レーザ変位計、レーザレンジファインダ、ゴニオスペクトル・フォトメータなどの計測装置を利用します。獲得された画像は高解像度で多チャンネルの膨大なデータ量となるため、PC では効率的な処理ができず、研究室内 LAN を構築して、全学生が Unix ベースで研究開発を行っています。

本研究室では、毎週 2 回、全室員が参加するゼミを行っています。月曜日

は、研究の打ち合わせをするゼミが朝からあります。全メンバーの研究進捗状況の報告とともに、研究環境や予定等、研究室運営について議論しています。火曜日には、研究に関連する文献ゼミと研究発表ゼミがあり、関連研究の幅広い知識と英語力の向上に努めています。また研究発表のスキルアップに努めます。

3. 研究テーマ紹介

本研究室では「知的デジタルカラー画像処理」を主なテーマとし、大きく分けて「コンピュータビジョン分野」「画像処理・理解」「コンピュータグラフィックス分野」の 3 つの分野の研究に取り組んでいます。それぞれの分野の中から、主要なテーマについて紹介します。

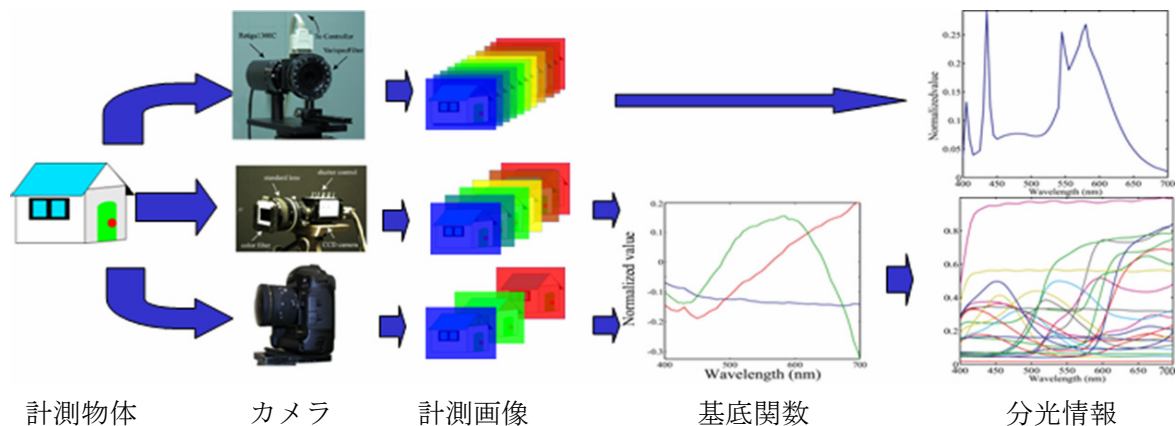


図2 マルチバンドカメラ系の開発

3.1 コンピュータビジョン分野

人は周囲の情報を得るために、そのほとんどを視覚に頼っています。しかし、視覚から得られる情報にも限界があります。例えば、太陽が沈む夕日とバラの花の色を、人間は同じように赤と表現しますが、横に並べて比較すると実際には大きく異なる色なのです。

「コンピュータビジョン分野」では、人間の視覚では捕えきれない情報を、コンピュータを用いて獲得・解析することで、役立つ研究をしています。

3.1.1 分光画像計測

人間の目に入ってくる光は電磁波で、その特性を波長ごとに表したものを分光エネルギー分布といいます。また、物体表面での波長ごとの反射率を分光反射率といいます。このような分光分布や分光反射率といった分光情報を知ることが、高次視覚系の実現や色再現研究において重要です。

本研究室では、通常の RGB カメラのほかに、カラーフィルタや透過波長を任意に制御できる液晶チューナブルフィルタを用いて、シーンのマルチバンド獲得を図っています。このようなカメラ系で分光画像を獲得することにより、シーン中の物体の分光反射率や照明光源の推定が可能となります。

図2は本研究室で開発しているカメラシステムと推定プロセスの概要を示しています。物体の分光反射率の推定および照明光源の推定ができれば、物体の識別や認識が可能となるのです。

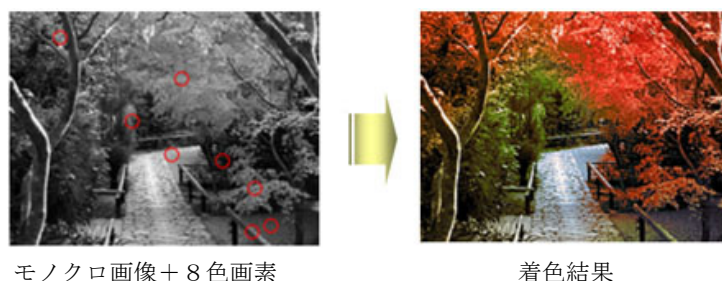


図3 カラリゼーション処理



図4 カラー画像の見えの改善

3.2 画像処理・理解分野

インターネットやマルチメディア技術の発展にともない、デジタルカラー画像は人間の視覚コミュニケーションにおいて、ますます重要な役割を果たしています。「画像処理・理解分野」では、人間の視覚特性などを考慮した知的画像処理を目指して、様々な研究を行っています。

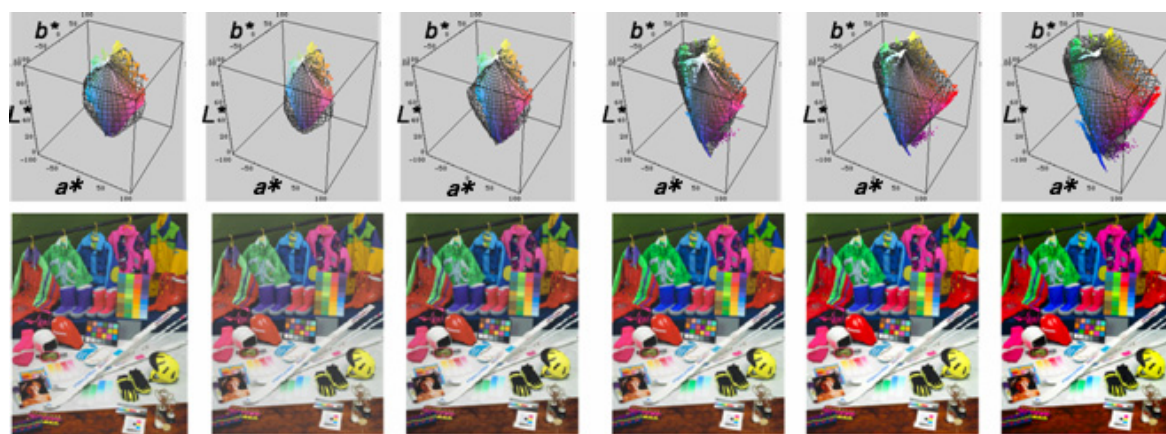
3.2.1 カラリゼーション・色変換

モノクロ画像に着色する処理をカラリゼーションといいます。私たちは、わずかな色の情報から、効果的な着色を行うアルゴリズムを開発しました。

カラリゼーションによるモノクロ画像の着色例を図3に示します。左のモノクロ画像の赤丸で囲まれた8画素に色情報を与えただけで、右のカラー画像を再現することができます。この研究は、モノクロ動画へのカラリゼーションや、モノクロ画像への色彩情報の埋め込み、新しい画像符号化への応用を行っています。

3.2.2 画質改善

デジタルカメラの普及により、私たちはシーンの情報を容易に獲得することが可能になりました。しかしながら、撮影状況やカメラ機種の違いによ



IJ printer (6-dye) IJ printer (4-pigment) Toner printer CRT display LCD display Plasma display

図5 異なる色域のデバイスにおける色再現(上: デバイスの色域. 下: 最大色域を考慮した再現画像)

り、実際のシーンと人間の見えとでは大きく異なる場合があります。この研究では、カメラによって獲得されたデジタル画像が人間の見えに近くなるように、画像処理技術で改善します。改善結果例を図4に示します。カメラ画像の暗部や明部の見えが大幅に改善されていることがわかります。

また、表現技術として、適応的鮮鋭化、動画のハーフトニング技術などの研究を行っています。さらには次世代画像通信における画質改善にも取り組んでいます。

3.2.3 色空間処理

この研究では、色空間において、電子すかし技術などによる情報蓄積・隠蔽、異なるメディア間での色域処理、画像符号化、領域分割などの処理を行っています。

近年、高性能で安価な画像機器の普及に伴い、異種メディア間でのカラー画像情報の伝達の機会が増えています。この際に、色域写像法は異種メディア間の色の見えの一致を図る必須技術となりつつあります。この研究では、画像の色域を出力デバイスの様々な色域に適応的に圧縮・伸張し、“好ましい色”への変換を目指しています。図5に、異なるデバイスの色域と、その色域特性を活用した再現画像を示します。

3.3 コンピュータグラフィックス分野

テレビや映画に限らず、あらゆる映像にコンピュータグラフィックス

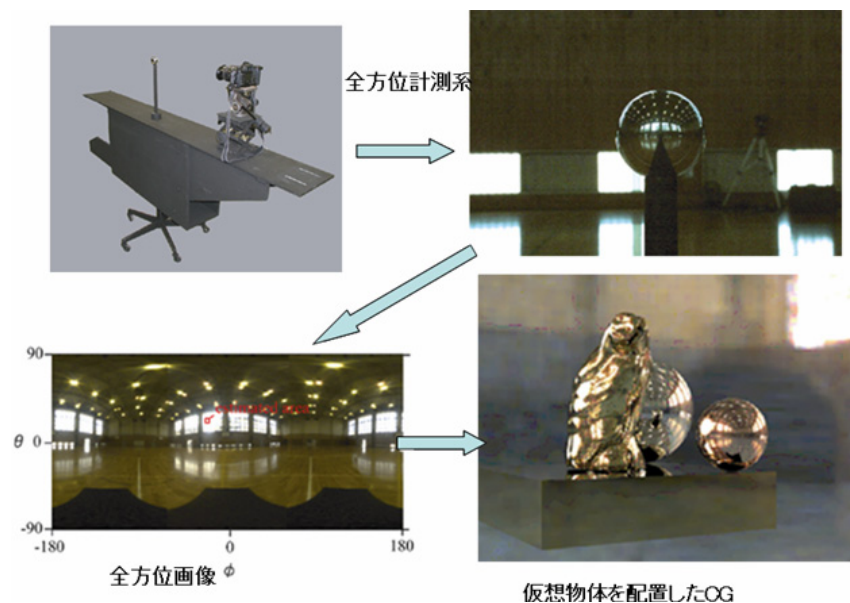


図6 全方位分光画像の計測とAV

(CG)が盛んに取り入れられています。その技術は日々進歩し、現実なのかCGなのか見分けのつかない映像シーンを目にする機会が増えています。しかし、既存のCGは人間の視覚特性や分光情報を十分考慮しているとはいえません。「コンピュータグラフィックス分野」では、実際の人間の視覚特性や分光情報に基づいたCG技術の基礎研究を行っています。

3.3.1 全方位分光画像の計測とAV

自然環境下での光源は単一ではなく、昼光や蛍光灯、白熱電球などがありま

す。また、それぞれの光源が壁や物体に反射することにより、その反射光を新たな光源と考えることができます。このように考えると、光源は全方位に連続的に存在しており、これらの光源情報を獲得するシステムの開発が必要です。本研究室では全方位計測系として鏡面球や魚眼レンズとカメラを組み合わせたシステムを開発しています。全方位画像から全方位照明光のエネルギー分布を推定できれば、リアルなシーンのレンダリングのみならず、仮想物体をシーンに配置した Augmented



図7 絵画のデジタルアーカイブ

Virtuality の画像(以下, AV 画像と称す)を生成することが可能になります。

図6では, 獲得システムの一例として, 鏡面球を用いた全方位計測系と AV 画像を示しています。まず, 全方位計測系(図6左上)ではカメラで鏡面球(図6右上)の像を撮影します。鏡面球は周囲のシーンを映し出しているので, この撮影画像を座標変換することによって, 全方位画像(図6左下)を得ます。この全方位画像を3D空間の背景として仮想物体を配置しレンダリングを行うと, 仮想物体があたかも実際の空間に存在しているかのようなリアルなシーンを得ることができます(図6右下)。しかも全て分光計算ですから色の再現は正確です。紙面では紹介できないのが残念ですが, ホームページでは AV 画像のアニメーションを公表していますので, 是非ご覧ください。

3.3.2 絵画のデジタルアーカイブ

美術品などの貴重な文化遺産をデジタル映像として保存するデジタルアーカイブが注目を集めています。美術品の記録・保存・映像再現には色情報と形状情報の精度が要求されます。

本研究室では油彩画などを対象として, 画像獲得, 画像解析, 画像レンダリングの方法を開発しています。油絵のような絵画の質感を再現するためには, 分光反射率のみでは十分とはいえません。油絵の表面材料は厚い油膜層からなり, 表面は粗いけれども光沢やハイライトが観察されます。したがって絵画は拡散反射する平面体ではなく, 光沢のある凹凸物体とみなすべきで, 絵画の映像生成には物体表面の

何らかの形状情報が必要となります。絵画表面の物理的性質として, 表面分光反射率, 法線ベクトル, 3次元反射モデルが挙げられます。分光反射率はマルチバンド画像計測より推定します。表面形状を表す法線は, 複数の光源を切り替えて撮影した複数枚の画像から照度差ステレオ法により求めます。3次元反射モデルは, 拡散反射成分と鏡面反射成分からなる Cook-Torrance モデルを用いて表現します。

これにより任意の照明光源と視点における絵画をレンダリングすることができます。図7は絵画のデジタルアーカイブの概要を示します。レンダリング結果では, 白熱電球と昼光という異なった光源での絵画の見えが適切に再現されていることが確認できます。

3.4 研究成果の公表

私たちの研究成果は, 国際誌では JIST, JEI, JSID, JOSA など, 国内誌では, 映像情報メディア学会を中心として, 日本色彩学会, 電子情報通信学会, 画像電子学会, 情報処理学会などの国内誌で公表しています。国際会議では, IS&T/SID's CIC, SPIE EI, AIC, CGIV, IEEE ICPR, ICIP, ICASSP, ACCV, SIGGRAPH などで発表・討論を行っています。詳細は, ホームページの論文のページで公表していますので, 是非ご覧ください。

著者は, 2006 年映像情報メディア学会年次大会で発表して光栄にも学生優秀発表賞を受賞し, 2007 年カラーフォーラム JAPAN ではベストプレゼンテーション賞をいただきました。昨年は他の研究室員も画像センシングシンポ

ジウムで注目発表に選ばれました。

4. むすび

本稿では, 私たちが在籍する富永・堀内研究室について紹介しました。昨年度は, 6月に ICC Chiba University Experts' Day が開催され, 本研究室に世界中の多くの色彩画像研究者が見学に訪れました。また, 10月には視覚・脳科学の権威あるスタンフォード大学の Wandell 教授が滞在され, ゼミに参加されて議論していただきました。研究室では, 年間昼夜なく研究を行っていますが, 研究以外にも研究室員の親睦を深めるゼミ旅行や, 研究室メンバー丸となって優勝を目指す研究室対抗ソフトボール大会などがあります。本研究室の研究内容に興味を持たれた方は, 是非本研究室のホームページをご覧ください。



2008 年千葉大学大学院 自然科学研究科 博士前期課程修了。在学中は, 画像の見えの改善に関する研究に従事。

こいけ
よしあき

小池 芳明



2007 年千葉大学工学部卒業。現在, 同大学院融合科学研究科 博士前期課程在学中。分光画像処理の研究に従事。

おくだ
ひろし

奥田 広志