

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 5 月 15 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500160

研究課題名（和文） 絵画の色彩構成の客観的分析のための画像色彩処理の応用技術開発

研究課題名（英文） Development of Advanced Techniques of Color Image Processing for Objective Analysis of Color Composition in Paintings

研究代表者

小林 光夫 (KOBAYASI MITUO)

電気通信大学・名誉教授

研究者番号：70008829

研究成果の概要（和文）：絵画の色彩構成を、数学的概念に基づく画像色彩処理技法を用いて客観的に分析することにより、絵画のもつ意味を明らかにした。使用されている色の種類と面積比、画面上の各色の分布、画面上の色の変化などを計量することによって、たとえば、絵画の個人様式や時代様式の色彩的特徴を明らかにすることができた。

研究成果の概要（英文）：Advanced techniques of color image processing for objective analysis of color composition in paintings were developed and applied to various painting arts. The techniques include quantitative analysis of color combination, color layout and spatial color variation. The results of the analysis revealed, for example, the color features of personal style or era style of paintings.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
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、知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像情報処理、色彩情報処理

1. 研究開始当初の背景

美術に科学・技術を利用する例は、たとえば遠近法や補色理論など数多く見られる。一方、美術作品の表現手法や美的効果に関する科学的な研究はわずかである。近年になって、ポロックの絵画におけるフラクタル性の研究(Taylor他, Nature, 399, 422-(1999); Scientific American, 116-(2002,Dec.)), 絵画における配色の複雑さと規則性に関する研究(福本, 博士論文, 平成

17年度, 慶応義塾大学院政策・メディア研究科), シャガールの油彩画における年代変化の統計分析(筒井他, 日本色彩学会誌, 30, 58-68(2006))などが見られるようになってきた。

研究代表者は、このような研究に先駆け、1995年頃より“絵画における色彩美の科学的分析”を目指して研究を続けてきた。その成果は、国内では日本色彩学会, カラーフォーラム JAPAN, 情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会な

どを中心に、また海外では AIC (Association Internationale de la Couleur; 国際色彩学会)の大会や, Académie d'été de la couleur(フランス色彩連盟 FFC 傘下の画家や色彩学者のグループが開催)でほぼ毎年発表を行っている。われわれのアプローチは、先駆的な価値ある研究として、内外の研究者から評価を得ている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、これまでの先行研究で得られた基礎技術および知見に基づき、応用技術の開発と絵画作品の分析を行うことである。

具体的には、美学・美術学における長年の研究成果から得られた「美の感性」にかかわる諸概念、たとえば美的要素概念としての、ヴァルール、マッス、ドミナント、アクセント、コントラストなど、美的形式原理としての、ハーモニー、プロポーション、バランス、リズム、ムーヴマンなどを念頭に、数理科学的な考察により新たな合理的な概念構築を行い、それをを用いて、古今の優れた美術作品を対象に定量的な分析を試みる。すなわち、美的概念にかかわる数理モデルを構築し、モデルに沿って実際の絵画画像データを分析することによって、モデルの妥当性および感性との対応を検証する。

本研究は、人間の知的活動のなかで科学的な分析や理解がじゅうぶんに進んでいるとはいえない「美の感性」の客観的な理解に寄与し、21世紀の科学研究が志すべき目標のひとつである「人間存在の科学的・客観的理解」にむけて、近年進展の著しい脳科学や心理学からの知見を補完するものと考えている。

3. 研究の方法

画像色彩処理技術の開発と分析作業を並行して行うことにより、モデルの構築、検証、再構築というサイクルを有機的にすすめる。以下、具体的に述べる。

本研究は、三つの柱から構成される。第一の柱は研究の骨子であり、高次画像色彩情報の概念構成と抽出アルゴリズムの検討である。第二の柱は、高次画像色彩情報を扱うためのソフトウェア開発とそれをを用いた色彩構成の分析実験である。そして第三の柱は、分析対象とする絵画画像を収集し、データベースを構築することである。第一の柱と第二

の柱は相互に作用する。第一の柱で、一つの概念が数学的に定義されそれを求めるためのアルゴリズムが検討されると、第二の柱に移り、そのアルゴリズムに基づくプログラムが設計・実装され、実際の絵画画像を使って分析の実験が行われ、結果が得られる。この結果が我々の美学的知見と対照され、問題点があれば再び第一の柱に戻り、再検討がなされるという具合である。第三の柱は、第一・第二の柱に比べ、比較的独立に進められる。機会あるたびに絵画作品の画像データの収集に努め、分析実験に備えることになる。

まず、高次画像色彩処理のための準備として、領域と境界の抽出アルゴリズムや、領域のもつ色情報、境界のもつ色差情報の扱い、画面上の色変化や周期性の扱いなどを検討する。数学的な概念構成およびアルゴリズムに基づきプログラムを作成し、実際の画像を使って思い通りの結果が得られるかを検討し改良を加える。

さらに、これらの成果を用いて、高次の画像色彩情報の抽出実験を行なう。たとえば、画面上の色変化や周期性の分析を利用して、材質表現(マチエール)の抽出が期待される。この時期の研究遂行には、以前に(2006, 2007年度の科研費による研究で)開発した画像色彩処理の基礎技術およびソフトウェアを利用する。

以上の成果を受けて、さらに絵画の表現手法や美的概念に係わる画像色彩情報の概念構成とアルゴリズム化を行い、プログラム開発を進める。画像データ収集も平行して進める。また、高次の画像色彩処理によって得られた情報を利用して、具体的な問題、たとえば同一画家の作風(個人様式)の制作時期による変遷や、複数の画家の作風の違いなどを調査し、我々の研究手法の有効性を確かめると同時に、美学美術史的な事実を明らかにする。

一方折をみて、国内外の美術館等の協力を得て、絵画画像のデータ収集に努める。画像データとしては、本物の作品を直接デジタルカメラで撮影して得るのが望ましいが、困難な場合も多い。美術館等が正規に提供しているデジタル画像データや、品質の良いカタログ・画集などの利用も考える。

4. 研究成果

2009年度から2011年度に至る3年間を通じて、絵画の色彩構成の客観的分析のために必要な感性要素を探ること、および分析に必須の画像色彩処理アルゴリズムならびにコンピュータプログラムの開発を継続的に行った。後の2年間は、本研究を進めるには、色彩分析の基礎として用いる表色系と人間の色感覚・色知覚との関係の見直しが必須であることに気づき、測色値と色感覚・色知覚との数学的関係の探求にも力を注いだ。

以下研究成果を、国際会議等における発表内容に即し、時系列的に述べる。

2009年5月には、日本色彩学会第40回全国大会において、色彩分析に適した新しい色空間の構築の可能性を理論的に示した。また同大会において、画像の画面上の明暗変化と色彩変化の情報量(エントロピー)が色彩的特徴を表しうることを示した。

2009年7月には渡仏し、ボルドー近郊のSt. Astierで開催された色彩応用に関する研究集会において、色空間および配色分析に役立つ新配色空間のアイデアを発表した(招待講演)。同時に、研究協力者であるM. Albert-Vanel氏(元ENSAD教授、元フランス色彩連盟会長)と研究打合せを行った。

2009年9月末には、オーストラリア・シドニーで開催された国際色彩学会(AIC)において、2色配色の与える色彩の美しさについて、2色の平均明度および明度差の影響が大きいことを示した。これは、女子美術大学の李ユンジン氏(現ソウルの梨花女子大学色彩デザイン研究所研究員)らと共同研究の成果である。また同国際会議において、絵画の色彩構成の情報量(エントロピー)を用いて、画家の画風(個人様式および時代様式)の分類が可能であることを示した。

なお2009年11月には、フランスの色彩団体CIC(Centre d'Information de la Couleur)が共同編纂している専門誌Couleurの特別記念号(no. 179)として、筆者の日本の伝統服飾美に対する科学的分析結果が、筆者への頌として出版された。これは、我々の科学的な色彩分析手法を駆使して、国立歴史民俗博物館

所蔵の江戸時代のきものを分析し、日本の美について論じたものである。

2010年2月末には、日本色彩学会画像色彩研究会の2009年度研究発表会にて、高次画像色彩処理の基礎となる画像の領域抽出アルゴリズムとして、階層的クラスタ化法が有効なことを示した。また同研究発表会にて、情報量を用いた絵画の色彩分析に、色彩と明暗の双方の情報量の比較がより有効であることを示した。

2010年3月には、日本色彩学会誌に、「絵画の色彩表現とその数理的分析手法」と題し、今後の研究への指針を定めるために、それまでの研究成果を要約して公表した。

2010年5月には、日本色彩学会第41回全国大会において、代表的な知覚色表色系であるMunsell, PCCS, NCSの諸色属性間に先験的な数学的關係が存在することを明らかにした。また同大会において、画像の色面構成分析に階層的領域抽出アルゴリズムが適用可能なことを示した。

2010年6月発行の日本色彩学会誌34巻2号には、2色配色の美しさと計量可能な知覚量との関係を明らかにした論文が、掲載された。これは、2009年9月のAICシドニー会議における研究発表を論文にまとめたものである。

2010年9月に渡仏し、研究協力者であるM. Albert-Vanel氏と研究打合せを行った。また同氏を含む画家および科学者のグループと絵画の質感について討論を行った。この成果の一部は2011年5月の日本色彩学会全国大会で発表された。

2010年11月には、第4回色彩情報シンポジウムin長野において、1型/2型色覚者と色覚正常者との色感覚を統一的に説明するモデルについて発表した。この成果は、画像の色情報と人間の色知覚を結び付ける重要な意味をもつであろう。

2010年12月発行の日本色彩学会誌第34巻4号および2011年3月発行の同誌第35巻1号に、19世紀フランスの色彩学者M. E. シュヴルールの先駆的な著作「色彩—その工芸への応用/色相環を利用して—、1864年」を翻訳掲載した(5. 主な発表論文等には未掲載)。これは筆者がおおよそ8年かけて仏語原著から訳出(本邦初訳)したものであり、本書で明らかにされた色

のトーンなる概念は、本研究で必須の知覚色の体系に重要な役を演じる。

2011年5月には、日本色彩学会第42回全国大会において、種々の知覚色表色系における色属性値間には本来数学的關係が存在することを明らかにし、多種の表色系の統一の可能性を示した。これにより、絵画の多様な色彩構成の扱いを、統一した表色系を用いて行うことが可能となる。また同大会において、絵画画像の質感分析の基礎となるHaarウェーブレット変換に基づくアルゴリズムを発表した（連携研究者鈴木卓治氏との共同研究）。これにより、絵画の色彩構成における感性要素としてのマチエールとの分析が可能となる。

2011年6月7-11日には、スイス・チューリッヒにおいて開催された国際色彩会議AIC2011において、色彩に関する3件の研究発表を行った。そのうち次の2件が本研究テーマに直接関わるものである。1件目は、種々の表色値間の關係を明らかにし知覚色表色系の統一を図るものであり、5月の日本色彩学会における研究発表内容の拡充である。2件目は、連携研究者鈴木卓治氏との共同研究成果である色彩分析ソフトウェア“SciColor”を紹介するものである。これは、絵画の色彩構成分析に役立つ画像色彩処理プログラムの、具体的な開発成果である。

2011年9月には、日本心理学会において、絵画の色彩構成の客観的分析に数学的思考が必要なこと、およびそれによる分析結果を紹介した（招待講演）。この成果は、2012年3月に発行された日本色彩学会誌、Vol. 36, No. 1に掲載された（招待論文）。

なお、5. 主な発表論文等には未掲載であるが、19世紀フランスの色彩学者M. E. シュヴールの名著「色彩の同時対比の法則とその応用」、Paris, 1839年初版の邦訳（本邦初訳）を、日本色彩学会誌Vol. 35, No. 2より毎号連載発表している。本書は、絵画を含む視覚芸術一般に、広く影響を与えた著名な文献であり、本研究のバックグラウンドとして極めて重要な地位を占める。なお、今後3年ほどで完訳する予定である。

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10件）

① 小林光夫, 絵画における色彩表現と数学モデル, 日本色彩学会誌 (招待論文), 査読無 (閲読有), 35 卷, 2012, 310-316.

② Mituo Kobayasi, A consideration on mathematical relations between color attributes of Munsell, PCCS, and NCS, Conference Proceedings of AIC2011, Interaction of Colour & Light in the Arts and Sciences, 査読有, -, 2011, 493-496.

③ Takuzi Suzuki and Mituo Kobayasi, A Color analyzing tool “SciColor” for research and education, Conference Proceedings of AIC2011, Interaction of Colour & Light in the Arts and Sciences, 査読有, -, 2011, 767-770.

④ 小林光夫, 知覚色の多様な表現と諸属性値間の關係について, 日本色彩学会誌, 査読無 (閲読有), supplement, 2011, 94-95.

⑤ 鈴木卓治, 小林光夫, 画像の局所的な色変化の特徴を検出するための Haar ウェーブレット変換の検討, 日本色彩学会誌, 査読無 (閲読有), supplement, 2011, 30-31.

⑥ 李ユンジン, 小林光夫, 側垣博明, 2色配色の“美しさ”とメトリック知覚量の關係, 日本色彩学会誌, 査読有, 34 卷, 2010, 131-142.

⑦ 小林光夫, 絵画の色彩表現とその数理的分析手法, 日本色彩学会誌, 査読有, 34 卷, 2010, 73-78.

⑧ Mituo Kobayasi, Taizo Muroya, An analysis of Color Composition in Paintings by means of Information Entropy, 11th Congress of the International Colour Association 2009 Proceedings, ISBN 1 877040 76 2, 査読有, -, 2009, (CD-ROM).

⑨ Younjin Lee, Mituo Kobayasi, Hiroaki Sobagaki, Metric Quantities Representing “Beauty” of Two-Color Combinations, 11th Congress of the International Colour Association 2009 Proceedings, ISBN 1 877040 76 2, 査読有, -, 2009, (CD-ROM).

⑩ Mituo Kobayasi, Esthétique de la couleur dans la mode traditionnelle japonaise,

Couleur, CIC, 査読無 (招待論文), spécial (no.179), 2009, 4-21.

[学会発表] (計 11 件)

- ①小林光夫, 絵画の色彩分析と数学的思考, 日本色彩学会第 75 回大会ワークショップ(招待講演), 2011 年 9 月 15 日, 日本大学桜上水キャンパス (東京).
- ②小林光夫, 知覚色の多様な表現と諸属性値間の関係について, 日本色彩学会第 42 回全国大会, 2011 年 5 月 15 日, 千葉大学 (千葉県千葉市).
- ③鈴木卓治, 小林光夫, 画像の局所的な色変化の特徴を検出するための Haar ウェーブレット変換の検討, 日本色彩学会第 42 回全国大会, 2011 年 5 月 14 日, 千葉大学 (千葉県千葉市).
- ④小林光夫, 鈴木卓治, 標準観測者と 1 型/2 型色覚者の色感覚の違いを統一的に説明するモデルについて, 第 4 回色彩情報シンポジウム in 長野 2010, 2010 年 11 月 6 日, 長野大学 (上田).
- ⑤小林光夫, Munsell, PCCS, および NCS の色属性間の数学的関係について, 日本色彩学会第 41 回全国大会, 2010 年 5 月 15 日, 長良川国際会議場 (岐阜).
- ⑥鈴木卓治, 小林光夫, 平面造形作品の色面構成分析への階層的領域抽出法の適用, 日本色彩学会第 41 回全国大会, 2010 年 5 月 15 日, 長良川国際会議場 (岐阜).
- ⑦鈴木卓治, 小林光夫, 画像の色面構成分析のための階層的領域抽出法の検討, 日本色彩学会画像色彩研究会 2009 年度研究発表会, 2010 年 2 月 27 日, 国立新美術館 (東京都).
- ⑧小林光夫, 室屋泰三, 色空間の分割に基づく情報量を用いた絵画画像の色彩構成の分析, 日本色彩学会画像色彩研究会 2009 年度研究発表会, 2010 年 2 月 27 日, 国立新美術館 (東京都).
- ⑨ Mituo Kobayasi, Color Space and Combination of Color, 10^{ème} academie d' été de la couleur, 2009 年 7 月 18 日 (招待講演), Centre LECLERC, Saint Asiter, France.
- ⑩小林光夫, 色の基本色成分表示に基づく等歩度色空間の構成 (理論), 日本色彩学会第 40 回全国大会, 2009 年 5 月 16 日, 慶應義塾

大学日吉キャンパス (横浜市).

⑪室屋泰三, 小林光夫, 絵画画像の画面上の“明暗変化”と“色彩変化”の情報量に着目した特徴抽出, 日本色彩学会第 40 回全国大会, 2009 年 5 月 16 日, 慶應義塾大学日吉キャンパス (横浜市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 光夫 (KOBAYASI MITUO)
電気通信大学・名誉教授
研究者番号: 70008829

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

鈴木 卓治 (SUZUKI TAKUZI)
国立歴史民俗博物館・研究部・准教授
研究者番号: 70270402