

Composition Analyzer

— コンピュータによる絵画の構図解析システム —

田中 昭二^{†‡}, 糊沢 順[†], 井口 征士[‡], 岩館 祐一[†]

† ATR 知能映像通信研究所

‡ 大阪大学大学院基礎工学研究科

本論文では、絵画における画面構成法の一つである黄金分割手法を用いて、絵画の構図情報を抽出するシステムに関して述べる。本システムは、構図情報として被写体の大きさ、形、位置を抽出する。また、本システムによって求められる黄金分割点の情報を用いて、被写体の各部位の位置や大きさがどのように決定されたかを分析することが可能である。構図情報の抽出は、被写体抽出処理と構図解析処理によって行う。被写体抽出処理は、人間の視覚特性を利用して開発した図領域抽出法を用いて行う。構図解析処理は、Dynamic Symmetry 法を用いて行う。本システムによって抽出された構図情報は、撮影された写真の構図を修正するシステムや、描こうとする絵の構図を決定する際の支援システム等、非専門家による作画支援を目的とするシステムに利用する予定である。

キーワード： 絵画、構図、オーサリングツール、図領域抽出

Composition Analyzer

- Computer Supported Composition Analysis on Masterpieces -

Shoji Tanaka^{†,††}, Jun Kurumizawa[†], Seiji Inokuchi^{††}, Yuichi Iwadate[†]

† ATR Media Integration & Communications Research Labs.

†† Department of Systems and Human Science, Osaka University

In this paper, we propose a tool for extracting composition information from pictures called the Composition Analyzer. This tool extracts such composition information, as the shapes, proportions and locations of figures, by two processes. More specifically, it first segments a picture into figures and a ground by a figure extraction method we developed. It then extracts the above composition information from the figures based on the Dynamic Symmetry principle. The extracted composition information facilitates the production of multimedia for non-professionals where the composition of the picture is refined or defined.

Keywords: Composition Analysis, Paintings, Authoring Tool, Figure Extraction

1. はじめに

近年、マルチメディアコンテンツを制作するための高性能かつ高機能なハードウェアおよびソフトウェアが安価に入手可能となり、非専門家でも備えられた機能を駆使すれば専門家と同等の品質を持つ作品を制作することが可能となった。これらのツールは、ユーザの多様な要求を満たすこと、および、製作時間の短縮化を目的としてこれまで定期的に改良されてきた。その結果、非常に多くの高レベルな機能を持つこととなり、それら一つを理解し、使いこなすためには高度な専門知識を要することとなった。そのため、専門家にとっては有益なツールであっても、非専門家にとっては難解で非常に使いにくいものとなった。

一般に、非専門家がマルチメディアコンテンツ制作において直面する問題の多くは、技術的な問題ではなく、作品に対するイメージをどのように表現するか等の表現方法に関するものである[1]。この問題の原因には、表現方法に関する専門知識や、ツールを効果的に利用するためのノウハウ、創造性や感性、センスといった表現能力が専門家と比べて乏しいことなどが考えられる。また、上記のオーサリングツールには表現方法に関する支援機能が乏しいことも原因の一つと考えられる。そこで、著者らは非専門家でも品質の高い作品を製作可能とする支援環境の実現を目指して研究を行っている。

本研究において著者らは、専門家によって制作された作品の構成要素（例えば、配色やタッチ、構図、特殊効果等）には芸術分野で長年培われてきた専門知識や技術、作者の感性といった情報が凝縮されていると考える[2]。よって、専門家によって制作された作品を分解し、各構成要素を最適なツールとともに非専門家に提供すれば、非専門家でも提供された素材を基に高品質な作品を制作可能であると考えられる。

本仮説に基づき、著者らは専門家によって制作された作品の構成要素データベース、および、構成要素データを用いた支援ツールの開発を行っている（図1）[2] [3] [4]。

これまで、デザイナの専門知識を用いて非専門家の制作活動を支援する研究として、中小路等のある[1]。中小路等は、デザイン分野における配色知識をルールベース化し、それに基づいて

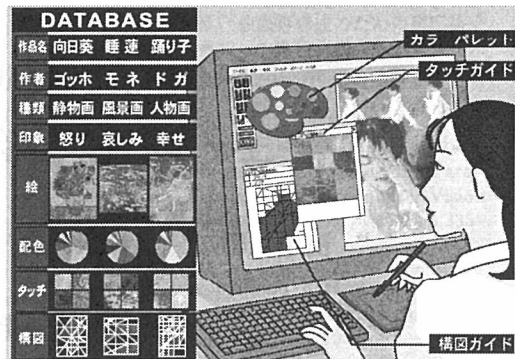


図1 作画支援環境

ユーザの配色決定作業を支援するシステム、eMMaCを開発した。このシステムは、デザイン対象物に対してユーザが設定した配色をルールベースを用いて評価し、得られた評価結果に基づいて適切な配色をユーザに教授するものである。このように、eMMaCはルールベースによる作業支援を行うのに対し、本研究で開発するシステムは専門知識に対応する事例ベースを用いて作業支援を行うものである。

本論文では、絵画の構図に着目し、絵画から構図情報を抽出するシステム、Composition Analyzerに関して述べる。

以下2章では、本システムの概要を述べる。3章および4章では、絵の構図情報を抽出するための2つの処理、被写体抽出処理および構図解析処理に関して述べる。5章では、抽出した構図情報を利用した応用システムに関して述べる。

2. Composition Analyzer

構図には様々な要素があるが、大まかに言えば、構図とは絵の中に描かれる被写体をバランス良く配置するための設計図であると言える[5]。バランスのとり方により、動きやリズム感が生まれ、それぞれ異なる印象を鑑賞者に与える。構図には明確なルールというものあまり存在しないが、長年培われてきた様々な知見が存在する。基本的には、主題となるオブジェクトを画面のどの位置に配置するか、またその形や大きさをどのように決定するが重要となる[6]。被写体の大きさや配置に関しては、構成比率や副題との対比によるリズム感の生成等に関する様々なテクニックが紹介されている[6] [7] [8] [9]。また、形に関しては、

例えば三角形は安定感を生み、逆三角形は動きを生み出すなどの知見がある[6].

このように構図には様々な要素が存在するが、全てに共通する重要なことは、何が絵の主題であるかを明確にすることである。画家や写真家は主題を明確にするために様々なテクニックを用いて主題を目立たせ、鑑賞者の視点を主題へ誘導する。また、一度主題に注がれた鑑賞者の視点を副題により画面の隅々まで誘導することにより絵にリズム感を与えるなどの技法が存在する[6]. このことから、特に専門家によって制作された絵の被写体は目立ち度（誘目度）が高い。よって、絵の各領域の誘目度を適切に評価可能であれば、被写体領域を抽出することが可能であると考えられる。

一方、長い芸術の歴史の中で、黄金分割と呼ばれる手法が最も美しく理想的な構成比率を求める手法として建築や絵画、彫刻などの分野で用いられてきた[9][10]. この黄金分割手法により求めた比率は黄金率と呼ばれ、古くは古代エジプト時代に神殿やピラミッド等の建築に用いられたとされている[9]. また、黄金分割手法は絵画にも多大な影響を与え、名画を世に輩出した巨匠の多くは、黄金分割手法を用いて自身の作品を構成したとされている[9]. 特に、17世紀のオランダ派の巨匠、レンブラントやフェルメールは黄金分割に積極的な関心を示しており、代表作である「夜警」や「クレヴァンサンの前に座す女」等は黄金分割の明徴ある作品である。近代では、スーラ、セザンヌ、ダリ、ピカソといった巨匠が同手法を用いている。また、写真においても同様の考え方により構図を決定することが一般的である[7][8]. このことから、黄金分割手法を用いれば、絵画や写真の構図、つまり、被写体の形や大きさ、被写体間の構成比率等がどのように決定されたのかを分析することがある程度可能であると考えられる。

Composition Analyzer システムは、上記考察を基に、入力された画像から被写体を抽出し、被写体被写体の形や大きさ、各部位の位置関係等の構図情報を黄金分割に基づいて抽出する。図2にComposition Analyzer による構図解析例を示す。

以下に上記被写体抽出処理および構図解析処理について述べる。

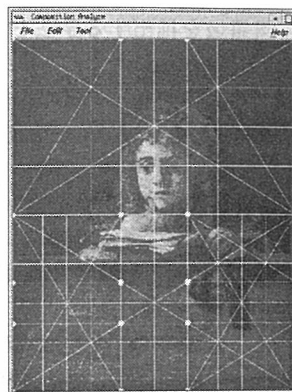


図2 Composition Analyzer による構図解析例

3. 被写体領域抽出処理

画像には必ず図として認識される領域と地として認識される領域があり、画像の観測者は、画像中の様々な情報から図と地の分離を行う[11]. これまでに、視覚系の生理学的研究においてV4野が入力されたシーンの図と地の分離に大きく寄与していることが明らかとなっている[11]. V4野は、物体認識に関する波長および空間周波数成分の様々な情報に対して敏感であるといわれており、空間周波数成分においては、エッジの長さ、幅、方位、さらには運動の方向や空間周波数に対する選択性をもつ細胞が多く存在する[12]. また、V4野で初めて現れる反応の特徴として、広い周辺抑制野の存在が報告されている[11]. 中心興奮野に提示された刺激と同じ波長構成、また同じ空間周波数成分をもった刺激が周辺抑制野に提示されると、中心部刺激に対する興奮反応が抑制され、周辺抑制野に提示した刺激を徐々に変化させると中心部刺激の興奮反応に対する抑制が弱められる。この周辺抑制の働きが図と地の分離に寄与していると考えられている[11]. V4野では入力された刺激に対する意味的な情報処理は行われていない。つまり、この段階では、入力されたシーンの意味や観測者の興味などによる誘目度評価が行われていないことになる。とすれば、V4野の周辺抑制機能から、画像の各領域とその周辺との波長（色）および空間周波数成分（テクスチャ）の違い（コントラスト）を用いて図領域と地領域がある程度分離可能であると考えられる。

以上の考察を基に、著者等は画像領域の色およびテクスチャのコントラストを特徴量とし、入力さ

れた画像から図領域を抽出する手法を開発した [13].

図領域抽出法の処理の流れは下記の通りである.

処理 1) EdgeFlow モデルによる画像領域分割 [13]

処理 2) 各領域の色およびテクスチャのコントラストパラメータを計測

処理 3) 判別関数による図領域と地領域の判別

処理 4) 判別した図領域の抽出

図 3 に本手法による被写体領域抽出結果の一部を示す. なお, 本手法の詳細に関しては文献[13]を参照していただきたい.

本論文では, 図領域と被写体領域を同等とみなし, 同手法を被写体領域抽出処理に利用することにした.

ここで, 上記手法はほぼ正確に画像の被写体領域を抽出可能であることが著者等の実験で明らかとなっているが [13], 画像によっては正確な抽出結果を得られない場合がある. そこで, システムが誤りを起こした場合に, ユーザが抽出結果を容易に修正可能とした.

システムはまず, 被写体領域抽出結果として, 被写体領域をカラーで, 背景領域をグレーで表示する. また, 領域分割結果として領域の境界線も同時に表示する. ユーザは提示された抽出結果に対して, 適切でない領域をマウス等のポインティングデバイスを用いて選択することにより抽出結果を修正可能とした (図 4 参照). 例えば, ある被写体領域が背景領域とされている場合, その領域を選択すると, 領域がカラーで表示され, システムは同領域を被写体領域として再認識する. 同様に, 背景領域が被写体領域とされている場合, その領域を選択すると, 領域がグレーで表示され, システムは同領域を背景領域として再認識する.

以上の手続きにより被写体領域抽出を行った後, システムは被写体がどの領域から構成されているかをユーザに問い合わせる. ユーザは, マウス等のポインティングデバイスを用いて個々の被写体を構成する領域を線で囲むか, あるいは, それらの領域を同時選択することにより指示する (図 4 参照). システムは, 選択された領域群毎にそれらを一被写体として認識し, 後で説明する構図解析の対象とする (図 4 参照).

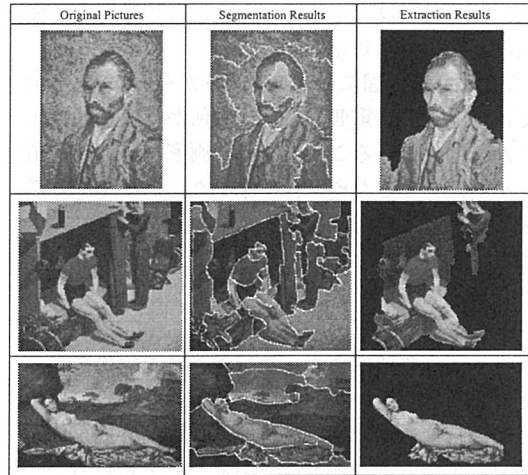


図 3 被写体領域抽出結果

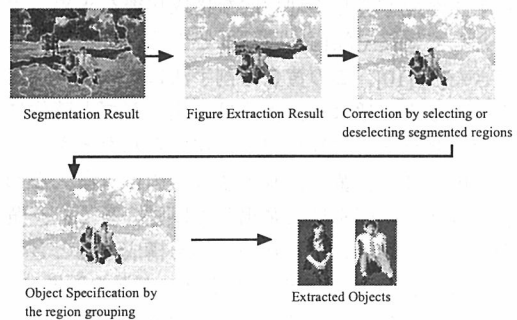


図 4 被写体抽出処理

4. 黄金分割手法を用いた構図解析処理

前述の通り黄金分割は最も美しく理想的な構成比率を求める手法として長い芸術の歴史において用いられてきた [9] [10]. 絵画においては, 被写体を画面に構成する上でこの黄金分割手法が用いられ, 被写体の位置や大きさのみならず, 各部位のプロポーションも同手法で決定された絵画が多く見つかっている [10]. よって, 黄金分割手法を用いれば, 絵画や写真の構図情報として被写体の形や大きさ, 被写体間の構成比率等がどのように決定されたのかを分析することがある程度可能であると考えられる.

一般に, 美的バランスの良い理想的な比率には下記のものが存在するといわれている [9].

- 1) 1:1
- 2) 1:√2
- 3) 1:√3
- 4) 1:√4

- 5) $1:\sqrt{5}$
- 6) $1:1.618$ (黄金率)

ここで、縦横比が1)から5)に示す比率を持つ矩形はルート矩形、6)に示す比率を持つ矩形は ϕ 矩形と呼ばれている[10]。これらの矩形は全て正方形を基にして作成可能であることがエール大学工芸美術科のジェイ・ハンビッジ教授によって証明された[9]。またジェイ・ハンビッジは、同じ手続きにより、上記矩形中に相似矩形を作成可能であること、元矩形よりも大きな相似矩形を作成可能であることを発見した。これは、ダイナミック・シンメトリ法（以下Dynamic Symmetryとする）と呼ばれている[9]。この手法を用いれば上記理想的な比率を持つ矩形から同じく理想的な比率を持つ矩形を導出可能である。彼はこの手法を用いて古代ギリシャ文明の建築物がルート矩形あるいは ϕ 矩形を基にして設計されたことを示した。

一方、絵画で用いられるキャンバスは2)および6)の比率を持つものが一般に使用されている[14]。絵画のキャンバスには、題材に応じて3つの規格が存在する。それらは、Paysage (風景), Marine (海図), Figure (肖像)と呼ばれ、Paysageは $\sqrt{2}$ 矩形、Marineは ϕ 矩形、Figureは2つの ϕ 矩形を長辺で合わせた矩形となっている。このことから、絵画のキャンバスにダイナミック・シンメトリ法を適用して画面を分割することは、被写体の大きさや位置等を決定する理想的なガイドポイントを求めることと同等であると考えられる。

以上から、著者等は絵の被写体に対してDynamic Symmetryを適用することにより被写体の大きさや形、位置がどのように決定されたかを予測可能で、かつ、予測結果から構図情報を抽出することが可能であると考えた。

ここで、Dynamic Symmetryにより画面を分割する手順を説明する。まず、矩形の一頂点から対角線を引く。次にその対角線に垂直に交差するように別の頂点から線を引く。その線と矩形の長辺との交点から長辺と平行な、もう片方の長辺へ垂線を下ろすことにより矩形内に相似矩形が作成される。この手続きを繰り返せば画面をより細かく分割可能である(図5)。

以下に、ダイナミック・シンメトリ法を用いた構図情報抽出法を示す。なお、前述のとおりFigure型キャンバスは2つの ϕ 矩形を長辺で合わせた矩形

であるため、Figure型キャンバスにDynamic Symmetryを適用する際には、あらかじめキャンバスを2分割する必要がある。また、構図を決定するうえで中心線も重要な要素となりうることから[10]、Dynamic Symmetryを適用する前に縦及び横方向の中心線を引くこととする。

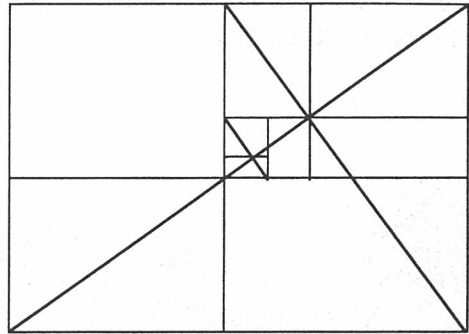


図5 Dynamic Symmetry法

構図解析手続：

縦横の中心線を引く

if キャンバス = Figure then

 キャンバスを2分割し、それにより作成された矩形をターゲット矩形とする

else

 キャンバスをターゲット矩形とする

End

While ターゲット矩形が存在する

 For 全てのターゲット矩形に対して
 矩形内に相似矩形を求める

 For 全ての相似矩形に対して

 If 矩形のサイズがしきい値よりも小さい then

 矩形を無視する

 Else If 矩形に対する被写体の占有率がしきい値よりも大きい then

 矩形を無視する

 Else if 矩形に対する背景の占有率がしきい値よりも大きい then

 矩形を無視する

 Else

 矩形をターゲット矩形とする

 End

End

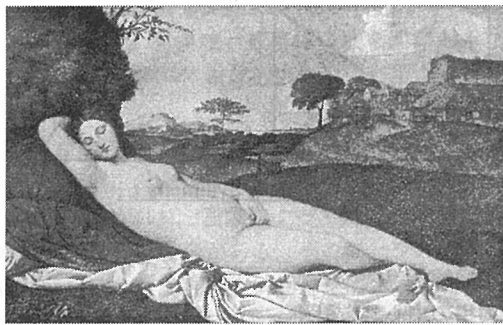
End

End

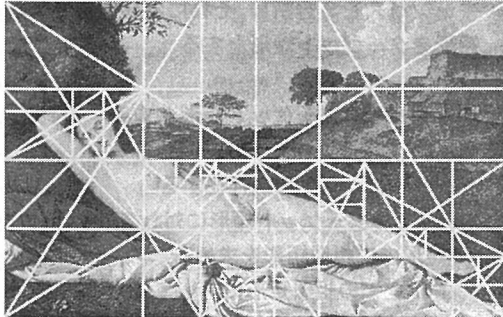
相似矩形を求める際に引いた補助線で囲まれる領域で、被写体の占有率がしきい値よりも大きい領域を抽出する

抽出された領域を被写体が描かれる前のラフスケッチとみなし、大きさ、重心位置、形等の情報を構図情報として抽出する

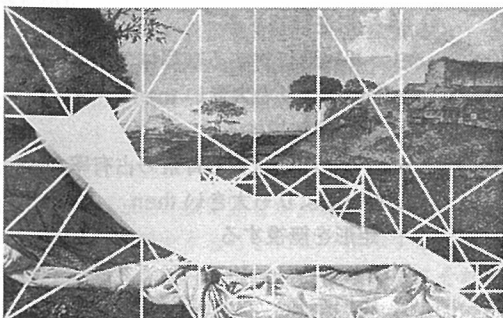
図6に本手法により構図解析を実行した結果を示す。



原画像



予測したラフスケッチ



導出した黄金分割線

図6 構図解析結果例

図6からも分かるように、この手法を用いれば被写体がどのように描かれたのかがある程度推測可能である。例えば、図中のヴィーナスの体の形や大きさ、各部位の位置、さらには、水平線の位置などが全て黄金分割によって決定されていることが分かる。

5. 構図情報を利用したシステム

本章では、現在著者等が研究開発を行っている構図情報を利用したシステムのいくつかを紹介する。

5.1 Image Re-Composer

絵を描くときや写真を撮るときなど、作者が最も意識しなければならないことの一つに構図がある。もし、構図を全く意識せずに絵が制作されたとすれば、結果としてその絵は平凡でありきたりのものになる可能性が高い。しかしながら、構図に関する知識に乏しい非専門家にとっては、たとえ構図を意識したとしても、被写体を美しくかつバランスよく画面中に構成する構図を決定することは困難である。そこで、一度撮影、あるいは描画された絵を、専門家が制作した絵の構図を利用して修正可能とするシステム、Image Re-Composerを開発した[4]。

Image Re-Composerは、ユーザが入力した絵から被写体を抽出し、抽出した被写体をユーザが指定した構図情報を用いて再構成することにより、元絵をより品質の高い絵に修正することを可能とするシステムである。本システムにより、ユーザは同じ被写体に対して様々な構図を適用することが可能となり、構図に応じて絵のバランスがどのように変化するかを体験を通じて学習することがで

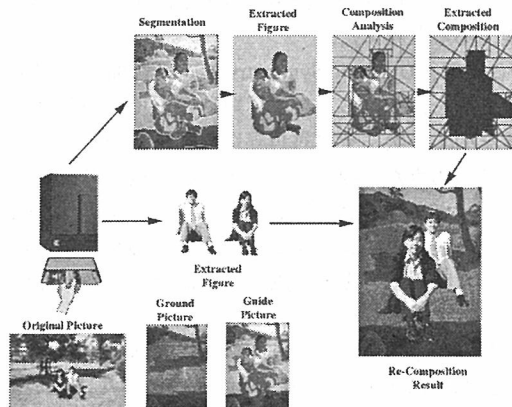


図7 Image Re-Composer

きる。また、専門家によって制作された作品の構図を指定すれば、彼らが美的バランスをどのように作品の中で扱ってきたかを学習することも可能である(図7)。

5.2 Composition Determinor

Composition Determinorは、デジタルカメラに構図に関する画家および写真家の知識を持たせたシステムで、今撮影しようとする被写体を最もバランス良く画面に構成する構図をユーザに提案するシステムである(図8)。Composition Determinorの実現には、画家および写真家が持つ知識に基づいて、構図の善し悪しを評価可能な評価関数をいかに定義するかが課題となる。現在、同課題について検討を行っている。

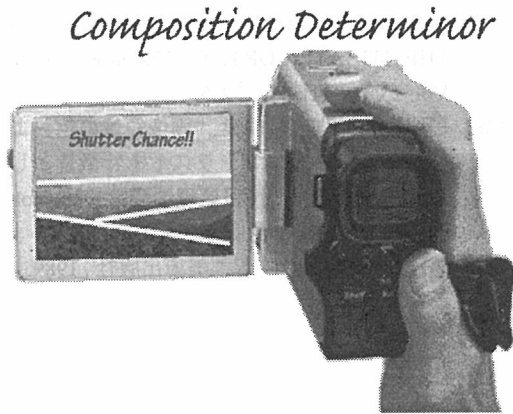


図8 Composition Determinor

5.3 Composition Guide

Composition Guideは、今描こうとする被写体をバランスよく配置するためのガイドをユーザに提示するシステムである(図9)。ユーザは、Composition Guideに対してラフスケッチを与えることで最適な構図ガイドを得ることができる。また、既存の絵画を指定すれば、その絵画の構図に合わせて、被写体の大きさや位置等を調整することが可能であり、例えばゴッホ風であるとかピカソ風に作品を仕上げることも可能である。Composition Guideも未だ実現には至っていないが、実現に向けて研究開発を遂行している。

Composition Guide

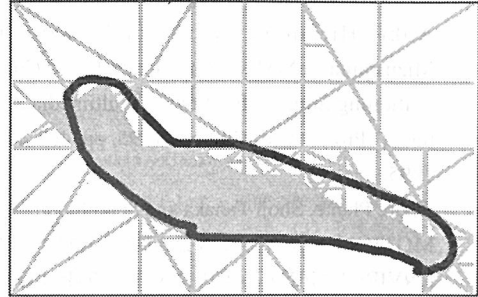


図9 Composition Guide

6. おわりに

本論文では、入力された絵の構図情報を抽出可能なシステム、Composition Analyzerについて述べた。本システムは、画像から図領域抽出法により被写体を抽出し、抽出された被写体に対してDynamic Symmetryを適用して被写体が描かれる前のラフスケッチを予測することにより、構図情報を抽出する。

本システムは、黄金分割によって得られる絵の静的な構造のみを扱うものであるが、黄金分割が長い芸術の歴史の中で絵画に与えた影響を考慮すれば、本システムで用いた手法の適応範囲は広いものと考ええる。

5章で紹介したように、本システムによって得られた構図情報を利用したシステム、あるいは、本システムの構図抽出機能が基本となったシステムと、構図という一つの観点から非専門家を支援する様々なシステムへの展開が期待できる。また、上記システムは単なる支援ツールにとどまらず、美術教育等、人文科学分野への貢献も大いに期待できると著者等は考えている。

今後は美学分野における専門家と共同し、著者等が開発しようとするシステムの有効性の評価に加え、芸術分野におけるコンピュータの新たな利用形態に関しても検討を進めていく考えである。

参考文献

- [1] Kumiyo Nakakoji, Brent N. Reeves, Atsushi Aoki, Hironobu Suzuki and Kazunori Mizushima, "eMMaC: Knowledge-Based Color Critiquing Support for Novice Multimedia Authors," Proc. ACM Multimedia'95, pp. 467-476, 1995.
- [2] Andre Plante, Shoji Tanaka and Seiki Inoue, "M-MOTION: A CREATIVE AND LEARNING ENVIRONMENT FACILITATING THE COMMUNICATION OF EMOTIONS," Proc. CGIM'98, pp. 77-80, 1998.
- [3] Andre Plante, Shoji Tanaka and Yuichi Iwadate, "M-Motion Proportional Color Palette: Abstracting Expert Practice from Art Masterpieces," Proc. Applied Informatics 99, 1999.
- [4] Shoji Tanaka, Jun Kurumizawa, Andre Plante, Seiji Inokuchi and Yuichi Iwadate, "Image Re-Composer: A Post-production Tool using Composition Information of Pictures," Proc. IEEE Multimedia Systems'99, Vol. 1, pp. 439-444, 1999.
- [5] Donis A. Dondis, "A primer of Visual Literacy," The MIT Press, 1974.
- [6] 視覚デザイン研究所, "構図エッセンス," 1983.
- [7] Eastman Kodak Company, "Composition: Guide to better Pictures," Available at <http://www.kodak.com/global/en/consumer/pictureTaking/composition/composiMain.shtml>.
- [8] Seven Hills Camera Club, "Basic Composition," Available at <http://www.ultranet.com/~shcc/technical/composition/bascomp.htm>.
- [9] 柳, "黄金分割," 美術出版社, 1965.
- [10] Richard D. Zakrajsek, "Perception and Imaging," Focal Press, 1997.
- [11] 大山, 今井, 和氣, "感覚・知覚 心理学ハンドブック," 誠信書房, 1996.
- [12] Robert Desimone, Stanley J. Schein, Jeffrey Moran and Leslie G. Ungerleider, "CONTOUR, COLOR AND SHAPE ANALYSIS BEYOND THE STRIATE CORTEX," Vision Research, Vol. 25, pp. 441-452, 1985.
- [13] 田中, 井口, 岩館, 中津, "画像領域の色およびテクスチャのコントラストを特徴量とした図領域の抽出," 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 8, 1999 (8月掲載予定).
- [14] 黒江, "油彩画の技術," 美術出版社, 1989.