

## 初心者のための基礎的鉛筆デッサン学習支援システム

和歌山大学 正会員 高 木 佐恵子  
 ” 松 田 憲 幸  
 ” 曾 我 真 人  
 ” 瀧 寛 和  
 (株)L. O. T 志 磨 隆  
 和歌山大学 吉 本 富士市

〈あらまし〉 絵画は、心を豊かにするための重要な研究テーマの一つである。これまで、絵画に関する多くの研究では、実際の画材を再現するような機能を提供するばかりで、ユーザが描いた絵を評価し、アドバイスを与えるようなものはなかった。そこで、我々は、初心者のための基礎的鉛筆デッサンの学習支援システムを提案する。提案システムは、モチーフに関するデータとユーザが鉛筆で画用紙に描いたデッサンの画像を入力とし、ユーザへのアドバイスを出力とする。提案システムでは、次の四つの機能により、処理が行われる：モチーフの特徴解析、デッサンの特徴解析、誤りの同定、アドバイスの生成と提示。提案システムの有効性を確かめるため、扱う対象を基礎的なモチーフに対する主要なアドバイスに限定したプロトタイプシステムを開発し、実験を行った。その結果、提案システムの有効性が確かめられた。

キーワード：絵画学習、デッサンの画像処理、絵の評価

〈Summary〉 A picture is one of important research subjects in order to make our life spiritually rich. Most studies on pictures, however, only propose some substitute functions of actual drawing or painting materials. There is no system that evaluates pictures drawn by users and gives advice about them. We propose an educational software for beginners in basic pencil drawing. Our system receives a subject (motif) data set and an image of a user's sketch and returns advice to the user. The processing is composed of the four functions: feature extraction of motifs, feature extraction of sketches, error identification, and generation and presentation of advice. We developed and experimented a prototype system limited to treat a basic motif and some principal advice. As a result, the validity of the proposed system was confirmed.

**Key words:** learning picture, image processing of pencil drawings, evaluation of drawings

### 1. はじめに

近年の様々な科学技術の発展によって、我々の生活は物質的に豊かになってきた。それに伴い、人々は精神的な豊かさを求めるようになってきた<sup>1)</sup>。そのため、心を豊かにする様々な活動を支援することは重要な課題となってきた。

精神的な満足を得られる活動の一つとして、絵画が挙げられる。芸術的な画像をコンピュータで生成するために、既に様々な研究が行われている。ノンフォトリアリスティックレンダリングの分野では、Haeberli<sup>2)</sup> による代表的な研究をはじめとして、絵画風の画像を生成するアルゴリズムやツールが数多く提案されている<sup>3)</sup>。実際の画材のかわりにペンタブレットなどを用いてコンピュータ上に絵を描くもの、写真などを絵画風に変換するもの、三次元オブジェクトを絵画調にレンダリングするものなど、様々な手法が提案されているが、どれも、絵を描く道具を提供しているにすぎない。ユーザが生成した

“An Educational Software for Novices in Basic Pencil Drawing” by Saeko TAKAGI, Noriyuki MATSUDA, Masato SOGA, Hirokazu TAKI (Wakayama University), Takashi SHIMA (L. O. T Co., Ltd.) and Fujiichi YOSHIMOTO (Wakayama University).

絵に対し、何らかの評価やアドバイスを返すようなシステムは提案されていない。デザイン支援の分野では、ファジー推論などを用いて、ユーザが抱いているイメージをポスターなどの具体的なデザイン画にする作業を支援するシステムが提案されている<sup>9),10)</sup>。これらのシステムでは、頭の中で漠然ともっているイメージをもとに、具体的なデザイン画を作成できるが、目の前にあるモチーフをどのように描いて絵にすればよいかをアドバイスする機能はない。また、画像解析の分野では、ユーザの作品をよりよくするために、著名な作品を参考にして適切な例を示すシステムが提案されている<sup>9),11)</sup>。これらのシステムでは、似たような題材を扱っている著名な作品との比較や一定のルールに基づき、色や構図に関して評価が行われる。しかしながら、ユーザが実際に見ているものとの関係は考慮されていない。

約半年間、初心者のための絵画教室で取材を行った結果、以下のようなことがわかった。まず、初心者の描くデッサンは、彼らが実際に見ているものとは大きく異なっていることが多かった。そして、初心者は自分のデッサンに誤りがあることに気がつかないばかりか、誤りを指摘されても、どのように修正すればよいのか、わからない場合がほとんどであった。誤りに気がつき、修正できる人には、たしかに教師は不必要であるが、そのような初心者はほとんどいない。一般的な初心者には、絵画指導者のアドバイスが必要である。

絵画指導者の数は決して多くはない。そのため、絵画を学びたい学習者であっても、その機会が手軽に得られないことは多い。また、高等教育においては、数百人の学生を1名の教師が指導することもあり、そのような場合にも、絵画指導者は不足している。

以上のような背景から、本論文では、初心者のための基礎的鉛筆デッサンの学習支援システムを提案する<sup>9)~12)</sup>。提案システムは、誰にでも馴染みのある画用紙と鉛筆を用いて、初心者がデッサンを学ぶことを支援する。本システムでは、モチーフに関するデータとユーザが描いた鉛筆デッサンの画像を入力とし、ユーザへのアドバイスを出力とする。本システムは、初心者の自習の支援だけでなく、学校教育における教師の補助的役割も目的としている。

本論文の構成は以下のようになっている。2.では、デッサン学習支援システムの設計について述べる。3.では、システムに必要な四つのサブシステムの詳細と処理の流れについて説明する。4.では、開発したプロトタイプシステムについて述べ、実験結果についても報告する。最後に、5.で本論文をまとめる。

## 2. 鉛筆デッサン学習支援システムの設計

### 2.1 コンピュータによる鉛筆デッサンの評価

鉛筆デッサンの学習支援のためには、まず最初にユーザの描いたデッサンを評価する必要がある。コンピュータに芸術作品の評価をさせることは難しい。しかし、対象を初心者の描く鉛筆デッサンに限定した場合、評価は可能であると予想される。初心者のデッサン学習の目的は、ものを見えるとおりに描く能力の育成である<sup>13)</sup>。そこで、見えるとおりになるべく正確に描くことを目的としてデッサンを描くならば、モチーフとの比較により、評価が可能であると考えられる。

### 2.2 初心者に与えるべき基本的アドバイス

一般的な初心者が必要とするアドバイスを収集するため、初心者を対象とした絵画教室の取材を行った。また、複数の関連書籍からもアドバイスデータを収集した。

絵画教室で収集したデータを分析した結果、アドバイスは大きく2種類に分類され、それは、誤りを指摘するアドバイスと、理屈や描き方などを教える補足的アドバイスであった<sup>9)</sup>。誤りを指摘するアドバイスの例として、ユーザの描いた形状が、実際のモチーフの比率と合っていないことを指摘するものなどがある。また、補足的アドバイスの例としては、曲線を描くための腕の動かし方や、円柱や円錐を描くときに必要となる楕円の描き方などの説明がある。また、遠近法などの基本的知識も含まれる。

関連書籍から得られたのは、主として補足的アドバイスであった。書籍には、多くのよいデッサンの例が掲載されているが、それらは、学習者が自分のデッサンの誤りを見つけることには、あまり役立たない。

一般的な初心者は、誤りの存在に気づくことができないので、誤りを指摘するアドバイスは、デッサン学習において不可欠なものである。多くの誤りは、対象を十分に観察して正しく認識することのないまま、描いてしまうことに起因する。デッサン学習支援システムでは、誤りを指摘するアドバイスと補足的アドバイスの両方を扱う必要がある。

### 2.3 対象とする鉛筆デッサンの条件

一般に、鉛筆デッサンは、形と調子の二つの要素から成り立つ<sup>14)</sup>といわれている。形とは、輪郭などに表れるものである。調子とは、光の方向と陰影、固有色、質感や量感、遠近などにもとづく濃淡である。絵画に関する素養のある人は、対象の陰影や面の構成、概形など、各自の表現に必要な特徴に注目して、デッサンを描く<sup>15)</sup>ので、必ずしも形と調子とを段階的にわけて描かない。

しかしながら、絵画に関する素養のない初心者は、まず形をとらえた後、陰影を加えるという段階的な描き方のほうが、描く対象の特徴をとらえやすいということが絵画教室での取材から判明した。そこで本稿では、最初のステップとして、初心者の鉛筆デッサンに対し、形に関する評価とアドバイスを扱う。

本論文では、以下の四つの条件を満たすような鉛筆デッサンを対象とする。

- (1) モチーフが丸皿とジョッキである。
- (2) 陰影の少ない、形だけを描いた線画である。
- (3) ある程度濃い線で描かれている。
- (4) 補助線が描かれていない。

モチーフを限定し、扱うアドバイスを限定するため、条件(1)を定める。丸皿とジョッキをモチーフに選んだ理由は、以下のとおりである。形状が簡単で認識しやすいモチーフならば、誤ったデッサンを描いた場合、初心者も誤りに気づきやすい。取材した絵画教室において、ほとんどの初心者に、丸皿を実際に見えているよりも丸く描く傾向がみられた。しかし、指摘を受ければ、その多くは改善されたので、丸皿は、対象を正しく認識することを学ぶのに適した学習対象の一つといえる。また、ジョッキには、高さの違う円が含まれているため、目の高さと対象との関係に基づき、楕円のゆがみ具合が異なることを学ぶことができる。円は、目の高さに近いものほど平らになり、離れるほど円形に近づくものである。ジョッキには、上部と底部とに少なくとも二つの異なる楕円が含まれている。更に、デッサンにおいては、直線や楕円といった基本的要素を正しく描けることが重要である。花瓶に生けられた花などのような複雑な対象とは異なり、丸皿とジョッキには初心者にも比較的とらえやすい状態で基本的要素が含まれている。

残りの三つの条件は、評価に必要な特徴の抽出処理を軽減するため、描き方を限定するものである。既に述べたように、本論文では、初心者の鉛筆デッサンに対し、形に関する評価とアドバイスを扱うので、条件(2)を定める。更に、鉛筆で描かれている領域を抽出しやすくするため、デッサンはある程度濃い線で描かれており、補助線を描いた場合には、消してからシステムへ入力することとする。なお、実際の絵画教室では、ある程度濃い線で形を描いた後、消しゴムで軽く消し、薄い線にしてから、陰影づけを行っており、形をとらえるために描いた濃い線が、デッサンの仕上げの段階までそのまま残されることはなかった。そこで、将来、提案システムで陰影について扱う場合にも、形について評価した後、濃い線を薄く消してもらい、陰影づけを行った後の最終的なデッサンには、不必要な濃い輪郭線は描かれないことを

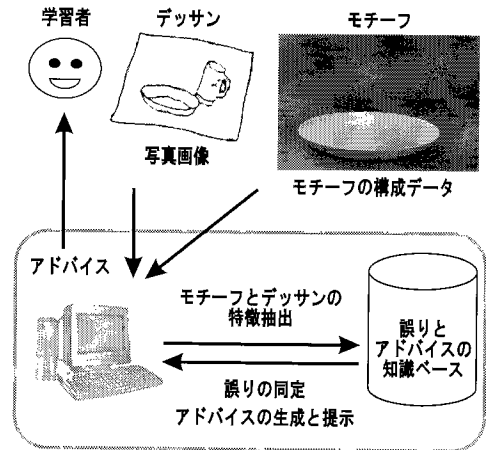


図1 提案システムの概要

Fig. 1 Overview of the proposed system

想定している。

## 2.4 提案システムの概要

図1に提案システムの概要図を示す。最初に、学習者はモチーフの構成データを入力する。入力されたデータから、三次元モチーフモデルが生成され、ユーザの視点から見たモチーフの特徴量が抽出される。また、学習者は自分のデッサンをデジタルカメラで撮影する。撮影したデッサンの写真から、デッサンの特徴量が抽出される。得られた特徴量の比較と、誤り知識ベースのルールから、誤りが同定される。誤りの程度や種類、カリキュラム、学習履歴などを考慮して、アドバイス知識ベースに基づき数種のアドバイスが生成され、適切な形でアドバイスが学習者へ返される。

ところで、ユーザの描いたデッサンのデータをコンピュータへ取り込むために、ペンタブレットなどを用いて直接コンピュータ上で描くことも考えられる。しかし、このような方法では、画用紙と鉛筆のもつ表現力や描き心地はまだ実現できていないこと、鉛筆デッサンで多用される消しゴムで描く表現が容易にはできないことなどの問題がある。また、紙への描画とコンピュータを使用した描画の比較実験では、コンピュータを用いた場合、ツールの使い方などに注意が向けられ、描画活動に影響するという指摘がある<sup>10)</sup>。これらの理由により、画用紙と鉛筆という、誰にでも馴染みのある描画環境を設定した。

## 3. 提案システムの行う処理

### 3.1 データ処理の流れ

提案システムは、以下のサブシステムから構成される：モチーフの特徴抽出、デッサンの特徴抽出、誤りの



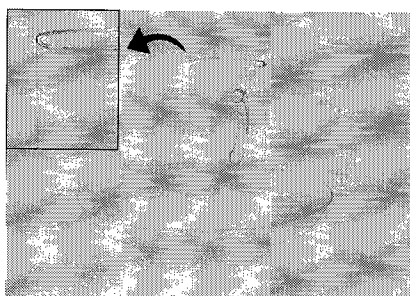


図3 デッサンの例  
Fig. 3 Example of a sketch

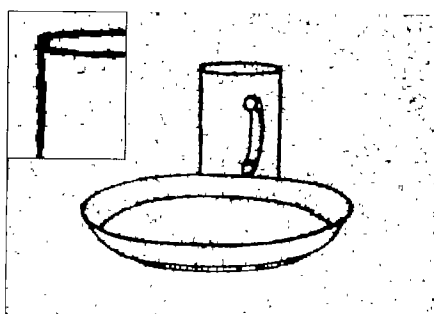


図4 テクスチャ解析で得られた仮の描画領域  
Fig. 4 After texture analysis

領域を抽出する。一つの手法を用いただけではよい結果が得られないので、テクスチャ解析と輪郭抽出の両方を組み合わせて、描画領域を抽出している。テクスチャ解析によって、実際の描画領域よりも多少広い仮の描画領域が得られる。仮の描画領域内において、輪郭線で挟まれている領域を実際の描画領域と見なす。図3に、デッサン画像から画用紙部分が切り出された例を示す。テクスチャ解析によって得られた仮の描画領域を図4に、輪郭抽出の結果を図5に、算出された描画領域を図6に示す。

次に、デッサンの骨格を得るため、描画領域に対して細線化<sup>17)</sup>を行う。細線化によって得られたデッサンの骨格をもとに、皿のふち、ジョッキの上部のふち、ジョッキの筒部分などの特徴抽出する部位を特定する。まず、細線化の結果を、デッサンの骨格を構成している分岐点とそれを結ぶ曲線分とに分類する。それらの組合せにより、抽出したい部位の再構成を行い、特徴抽出する部位を特定する。再構成には、モチーフの構成データから予想されるおおよその構図や、抽出する部位の幾何学的特徴などを利用する。この段階で、画用紙と背景の境界線やその他のひげ状の細かなノイズなど、モチーフを構成していないとみなされた線分が除去される。図7に

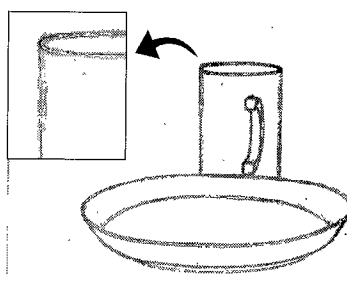


図5 抽出された輪郭  
Fig. 5 After edge detection

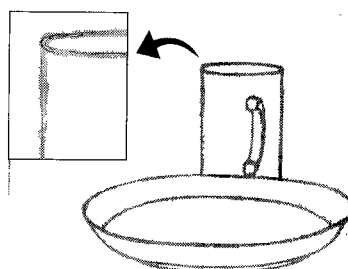


図6 描画領域  
Fig. 6 Drawn areas

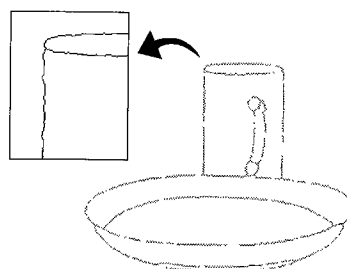


図7 曲線分の分類再構成後  
Fig. 7 After classification and reconstruction

示す曲線分の再構成後の画像例は、図6に示した画像に対して処理を行った結果である。

特徴抽出する部位を特定した後、評価に必要となる特徴抽出を行う。例えば、特徴抽出する部位が疑似楕円であるなら、疑似楕円を構成する点の座標で最も左端の点を長軸の端点と仮定し、その最遠点を長軸の右端の端点とする。得られた長軸の midpoint を疑似楕円の中心とし、中心から長軸に垂直な方向に引いた直線と疑似楕円を構成する曲線分との交点を短軸の端点とする。このような方法を用いる理由は、デッサンで描かれる形状がユーザの視点から見たモチーフの形状と、正確には一致しないた

めである。

### 3.4 誤りの同定

モチーフの特徴抽出で得られたデータと、デッサンの特徴抽出で得られたデータから、誤り判定に用いるパラメータを計算する。モチーフデータとデッサンデータは画像上における長さや座標であり、そのままでは誤り判定に用いることができない。そのため、1種類の誤り判定に対し、一つ以上の誤り判定パラメータを設定する必要がある。計算した誤り判定パラメータを誤り知識ベースにあるルールに照らし合わせ、誤り同定を行う。誤り知識ベースには、誤りとパラメータの関係(ルール)が格納されている。誤りの程度は、まったく誤りが無い状態から、誤りが大きい状態までを段階別に評価する。誤り知識ベースのルールに基づき、デッサンのもつ誤りの種類や箇所、誤りの程度の同定が行われ、次のアドバイス生成および提示部にその結果が渡される。

ここで用いられる知識ベースや、誤り判定で用いられるパラメータ群は、絵画教室の取材から得られたアドバイスのデータをもとに構築する。また、知識ベースのルールには演繹推論を用い、関連パラメータの値から誤りの同定と誤りの程度の評価を行う。

### 3.5 アドバイスの生成と提示

生成するアドバイスは、テキスト、音声、図、三次元モデルの四つのメディアを通してユーザに提示される。

まず、誤りの程度や種類をアドバイス知識ベースのルールに照らし合わせ、テキストのアドバイスが生成される。その際、カリキュラムや学習履歴も考慮される。ここで用いられるアドバイス知識ベースは、絵画教室の取材や関連書籍から得られたアドバイスのデータを基に構築する。誤りを指摘するアドバイスが最初に生成され、必要があれば、補足的アドバイスも生成される。アドバイスの量が多すぎると、ユーザのやる気を損なうので、すべての誤りに対してアドバイスを返すのではなく、デッサン学習における重要度、絵画教室の取材での頻度、ユーザの学習履歴などに基づき、実際にユーザに返すアドバイスを決定する。また、複数の項目についてアドバイスを返す場合には、その提示順序についても、効果的なアドバイスとなるように制御する。アドバイスの選択と提示順序は、絵画教室で得られた実際のアドバイスデータの解析から構築したアルゴリズムに基づいて決定する。ここで、テキスト表示だけでなく、音声による読み上げを加えることで、文字を読むことが困難な場合でもアドバイスを受けられるようにする。

図の表示によるアドバイスは、テキスト表示と音声によるアドバイスの補助として用いられる。ユーザの描いたデッサンの上に、モチーフの特徴から得た正しいデッ

サンの見本を重ねて示したり、誤りを含む部分を示す補助線を加えたり、透視投影などに関する説明図を表示したりすることで、アドバイスの理解を高めるといふねらいがある。図8にテキスト表示と補助線によるアドバイス提示例を示す。

三次元モデル表示によるアドバイスでは、誤りの程度や種類を三次元モデルを用いて表現し、学習者に誤りを認識させやすくする。CAI分野では、学習者に誤りの存在を気づかせるために、誤りの可視化がよく用いられ

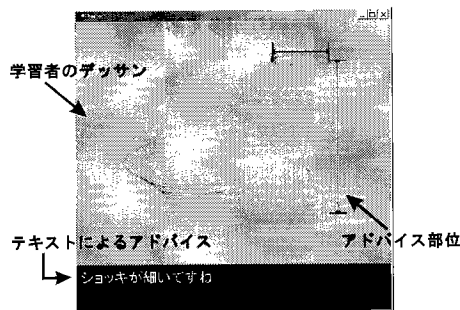
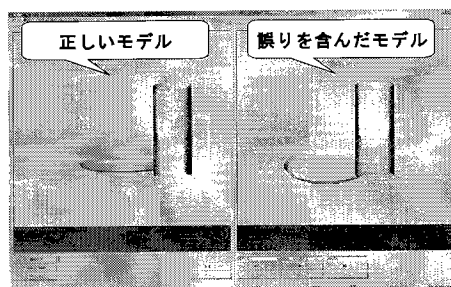
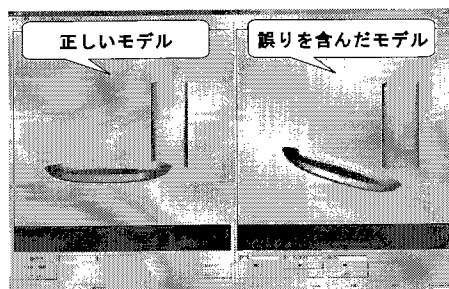


図 8 テキストと図によるアドバイス提示例

Fig. 8 Example of presenting advice



(a) 正面から見た例  
Front view



(b) 横から見た例  
Side view

図 9 三次元モデルによる誤りの可視化例

Fig. 9 Example of error visualization with 3 D model

る。提案システムでは、モチーフモデルの生成で用いたデータに基づき、基本の三次元モデルを生成し、それに誤り同定の結果を加えることで誤りを含む3次元モデルを生成する。デッサンの三次元的な矛盾の指摘などは、言葉や二次元の図だけでは説明が困難であることが、絵画指導者の取材からわかっている。これに対し、三次元モデルを使うことで説明が容易になり、また、ユーザもより直感的に誤りを理解できるようになる。

既に述べたように、実際に絵画教室において、本当は薄い楕円に見えるはずの皿を実際に見えているよりも丸く描いてしまうという誤りが多く観察された。この誤りに対し、絵画指導者は、“あなたのお皿はまるですごく高いところから見たみたいに丸くなっていますよ”というようなアドバイスを返していた。図9は、この誤りの可視化例である。皿が実際よりも丸く描かれている、というのは、高い視点から見た場合もあるが、視点を移動しないならば、皿が傾いていると考えられる。そこで、誤りを含んだ三次元モデルでは、皿を傾けて配置する。同図(a)に示すように、モデルを正面から見ると、学習者が描いたように皿が丸く見え、同図(b)に示すように、モデルを横から見ると、皿が傾いているのがよくわかる。このような例では、横から見ることで、誤りに気づきやすくなると考えられる。

#### 4. プロトタイプシステムの評価実験

##### 4.1 プロトタイプシステムで扱うアドバイス

提案システムの有効性を検証するため、プロトタイプシステムを開発した。デッサンのアドバイスは数多くあるが、すべてを実装することは困難である。そこで、形の描き方に関係するアドバイスの中で初心者を対象とした絵画教室の取材で頻度が高かったアドバイスを選択した。選択したアドバイスは、取材での頻度の高い順に、以下の11項目である。

1. 皿を見る視点が低い
2. 上下左右の余白に偏りがある
3. 皿が大きい・小さい
4. ジョッキが太い・細い
5. 皿の丸みが足りない
6. 皿の端が尖っている
7. ジョッキの各楕円の関係がおかしい
8. ジョッキの上下幅が違う
9. 皿の底が高い
10. ジョッキが傾いている
11. 皿が深い・浅い

これらのアドバイス項目に対し、約50個のデッサンパラメータが計算される。例えば、皿の丸みに関するアド

バイスのためには、皿の上部の擬似楕円の長軸短軸の長さ、擬似楕円の中心、擬似楕円の上端や下端の複数箇所から長軸までの距離、擬似楕円の左端や右端の複数箇所から短軸までの距離などを算出する。なお、モチーフデータについては、デッサンデータよりも算出するデータがやや少なく、約40個程度である。これは、余白の大きさなど、デッサンデータだけから判断するアドバイス項目があるためである。

誤りの同定サブシステムでは、11種類のアドバイス項目に対し、合計22個の誤り判定パラメータを用いる。絵画教室での取材の分析に基づき、誤りの程度は、誤りの全くない状態を含め、4段階または5段階で判定している。例えば、“皿を見る視点が低い”という誤りでは、誤りがない場合、誤りが小さい場合、中程度の場合、大きい場合の4段階で判定する。また、“皿が大きい・小さい”というような誤りでは、皿が大きい、やや大きい、誤りがない、やや小さい、小さい、という5段階となっている。

開発したアドバイス生成サブシステムでは、1回のアドバイス提示に含まれる誤りを三つ以下としている。これは、絵画教室での取材において、1回のアドバイスに含まれる項目が三つ以下であった場合が90%以上であったことに基づいている。また、複数のアドバイスを提示する場合の順序も、取材の分析によって得られた順序としている。生成するアドバイスは、学習履歴(アドバイス提示履歴)を参照し、詳しい補足的アドバイスは最初の1回だけ行うようにしたり、同じ誤りをしている場合には、“まだおかしい”というような表現を用い、アドバイスを同じ表現で与えないようにしたりしている。更に、誤りの少ないデッサンに対しては、よく描けているという誉め言葉を出すようにしている。今回のプロトタイプシステムでは、音声によるアドバイスは、既存の音声合成ソフト<sup>1)</sup>を用いた。また、三次元モデルは、VRMLで記述している。

##### 4.2 デッサンの特徴抽出の評価

ユーザの描いたデッサンから必要な特徴を正しく抽出できない限り、有効な評価とアドバイスを返すことはできない。そこで、提案した手法で、実際のデッサンからどの程度必要なデータを取得できるかを実験した。実験対象は、和歌山大学の学生10名、和歌山市公民館で開催されている成人学級の水彩画教室の生徒16名、和歌山市内の小学4年生23名が描いた皿とジョッキのデッサンである。なお、どの被験者も絵画に関する知識や技

(注1) IBM ProTALKER 97 <http://www-6.ibm.com/jp/voiceland/pt20/>

能はほとんどもっていない。

大学生には、あらかじめ、補助線を用いず、なるべくはっきりとした1本線で描くように伝えてあったため、どのデータもほぼ正確に特徴抽出できた。成人学級では、特に指示を与えなかったため、補助線が残っているものが多く、陰影も描かれているデッサンも2点あったが、補助線をきれいに消せば、ほぼ特徴抽出できた。陰影が描かれているものについても、陰影が皿領域の内部に薄く描かれている程度ならば、必要なパラメタは正しく抽出できていた。

大学生の場合も成人学級の場合も、目的とするパラメタが正確に算出できなかったときの原因は、描画領域抽出の段階で、画用紙上の細かな陰影を描画領域として抽出してしまったり、描画領域を抽出し損なったりしたため、結果的に、目的とする部位の再構成に失敗したためであった。プロトタイプシステムでは、曲線分の分岐状態に基づいて曲線分を再構成し、部位を特定しているため、曲線分が連結していない場合や、画用紙全体に広がっている場合には失敗する。曲線分の再構成の成否は、描画領域の抽出によるところが大きい。描画領域抽出のためのテクスチャ解析や輪郭抽出で用いているしきい値は、文献8), 9)においては、固定値を使用していた。入力されたデッサン画像に応じて、画像中の頻度の高い値をもとに算出したしきい値を用いることによって、認識精度はやや改善されたが、同じデッサンであっても、撮影状態によっては、正しく認識できない場合もあり、更に改善が必要である。

小学生の描いたデッサンでは、もとのデッサンにおいて描画線が途切れているものや、三角形に近いような皿が描かれているものがあり、曲線分の再構成に失敗する例が多かった。プロトタイプシステムは、大学生や成人学級の生徒が描いたデッサンをもとに開発したため、皿はある程度左右上下とも対称な形に、また、ジョッキもある程度まっすぐな筒状に描かれていることを想定していた。しかしながら、小学生はそうのように描かないことが多く、プロトタイプシステムでは対応できないデッサンが半数近くあった。加えて、画用紙のぎりぎりにまで描いてあったり、はみ出ていたりするものも、大人の絵よりも多く、そのために判定できないものもあった。

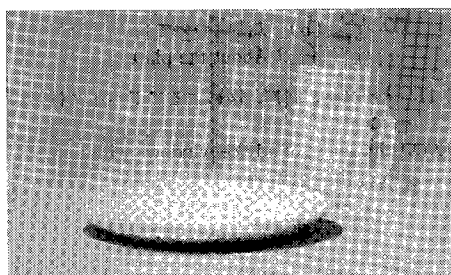
#### 4.3 初心者によるシステムの試用実験と評価

絵画知識や技能のない20代の大学生10名にプロトタイプシステムを使ってもらい、その使用感をアンケート調査して、システムのインタフェース面に対する定性的評価を行った。アンケートはシステムの操作に関する6項目と、システムの与えたアドバイスに関する8項目の合計14項目の質問を設定した。また、システムに関し

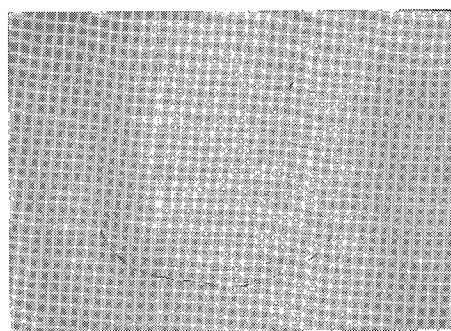
て自由に意見を述べてもらった。

実際のモチーフの例を図10(a)に、初心者による典型的なデッサンの例を同図(b)に示す。プロトタイプシステムは、このデッサンについて以下のようなコメントを返した：

- (1) “円筒の断面の楕円は、目の高さと同じ場合は直線になり、下に行くに従って、だんだん丸みを帯びた楕円になっていきます。でも、あなたのジョッキは、この丸みの差がおかしいですよ。” このアドバイスをテキストと図によって提示しているウィンドウを図11(a)に示す。
- (2) “構図は大体良いですね。ただ絵がちよっと右に偏り気味ですね。”
- (3) “お皿の形状は大体よく描けていますね。だけど、お皿が上から見たみたいに丸くなっています。あなたの位置から見たら、もっと横に長く見えるはずですよ。もっとこう横長にしてください。”
- (4) “楕円を描くときは、こうして枠を描いて、4等分すると描きやすいですよ。aとb, cとdは左右対称、aとc, bとdもほぼ上下対象で



(a) モチーフ  
Motif

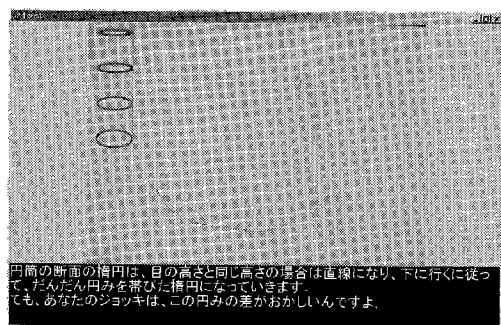


(b) デッサン  
Sketch

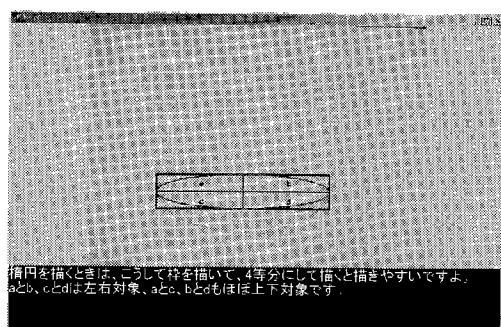
図10 実際のモチーフとデッサンの例

Fig. 10 Each example of actual motifs and sketches





(a) ジョッキについて  
About the mug



(b) 丸皿について  
About the plate

図 11 テキスト、音声、図によるアドバイス提示のウィンドウ例

Fig. 11 Example of advice windows with text, voice, and illustration

す。”このアドバイスでは、図 11(b)に示すように、補助線として矩形と楕円がデッサンの上に重ねて提示される。

続いて、図 12 に示すように、三次元モデルが提示される。三次元モデルは、左側に正しいモチーフモデル、右側に誤りを含んだモデルが表示される。これらのアドバイスがシステムによって与えられた後、被験者は自分のデッサンを修正した。図 13 に修正後のデッサンを示す。システムのアドバイスを受ける前と比べ、皿の大きさ、皿の丸み、ジョッキの上部と下部の楕円の丸みなど、いくつかの点が修正された。こうして、アドバイス後のデッサンは、アドバイス前のデッサンと比べ、より実際のモチーフに似たものとなった。

以上は、典型的なアドバイス例である。多くの被験者は、皿が丸すぎるという指摘と、楕円の描き方の説明を受けた。また、数名の被験者は、皿が小さいと指摘された。皿が小さいというアドバイスは、絵画教室でも頻度が高く、また、実験のために収集したデッサンの多くに

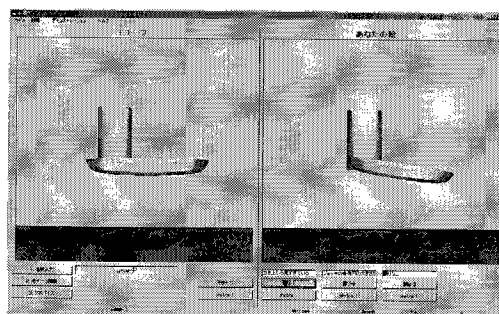


図 12 三次元モデルによるアドバイス提示のウィンドウ例

Fig. 12 Example of advice windows with 3D model

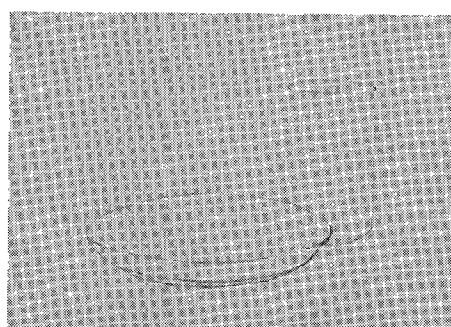


図 13 アドバイス後のデッサンの例  
Fig. 13 Example of sketches after advice

について、このアドバイスが出されていた。

システムの操作に関しては、大半のユーザが、モチーフデータの測定作業が面倒であると回答した。また、デジタルカメラからのデッサン画像の取り込みに時間がかかったことから、システムの流れがスムーズでないという意見も多くでた。以上より、入力インタフェースを改善する必要があると考えられる。

システムの与えたアドバイスに関するアンケートでは、約半数の被験者がアドバイスを理解しやすいと答えた。また、アドバイスに従って直したデッサンについて、ほとんどの被験者がよくなったと回答した。以上より、システムの与えたアドバイスは有効であったことが考察される。しかし、デッサンをどう直したらよいのか理解しにくいとの回答もあった。このように、与えたアドバイスが十分ではないことも判明した。

システムに関する自由回答としては、合成音声によるアドバイスの発音がよくない、デッサンを直している間にアドバイスを忘れてしまうため、与えられたアドバイスを見直せるリストがほしい、といった意見が数人の被験者から出ていた。対策として、合成音声の代わりに、あらかじめ録音したアドバイスの台詞を再生する方法な

どが考えられる。また、与えたアドバイスを紙に出力するなど、インタフェースの改善が必要である。

#### 4.4 絵画指導者による評価

4.3 節の実験結果を絵画指導者に見てもらい、システムの与えたアドバイスの適切さを検証した。その結果、システムの与えたアドバイスは絵画指導者からみても、ほぼ適切であることがわかった。また、アドバイス前のデッサンとアドバイス後のデッサンを比べた結果、ほとんどのデッサンが改善されていると評価された。これにより、システムの与えたアドバイスが正しいものであり、ユーザに対して有効であったことが確認された。また、絵画指導者でも気付くことが困難な微小な間違いも、システムでは判断できることもわかった。しかし、皿が大きすぎてジョッキが小さすぎるデッサンなどでは、システムが皿とジョッキを逆に認識したため、デッサンの特徴抽出に失敗している場合があり、不適切なアドバイスを与えていることを指摘された。

### 5. おわりに

本論文では、初心者が鉛筆デッサンの基礎を学ぶことを支援するシステムを提案した。提案したシステムは、モチーフの特徴抽出、デッサンの特徴抽出、誤りの同定、アドバイスの生成と提示という四つの機能からなる。これらの機能を持つプロトタイプシステムを開発し、絵画の素養がない一般ユーザのデッサンに対して実験を行った。

その結果、鉛筆デッサンの基礎学習において、構図や形状の評価とアドバイスが可能であることがわかった。また、ユーザと絵画指導者に行ったアンケートの結果から、システムがデッサンの初心者に対して有効なアドバイスを与えていることがわかった。これにより、提案するシステムの有効性を確認した。

しかし、特に小学生の描いたデッサンでは、デッサンの特徴抽出に失敗する場合が少なくないため、処理を改良する必要がある。また、モチーフデータの入力インタフェースの改善、音声によるアドバイスの改善や、システムの出したアドバイスをいつでも参照可能にすることも検討事項である。

今回は形に関するアドバイスに限定してシステムを開発したが、鉛筆デッサンには、陰影、質感や量感など、調子の要素は不可欠である。そこで現在、調子に関する評価とアドバイスに取り組んでいるが、より一般に使えるように、アドバイス項目の追加、また、丸皿とジョッキ以外の果物や花といったモチーフにも対応したシステムにする必要もある。

謝辞 実験にご協力いただいた、和歌山市立城北小

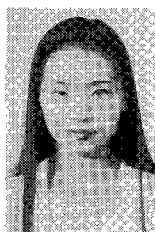
学校の皆様、和歌山市市民成人学級水彩画教室の皆様にも深く感謝する。また、プロトタイプシステムの開発に貢献した和歌山大学システム工学部卒業生 梶本信幸氏、川西英彰氏、合田隆三氏、丸山依子氏に感謝する。

### 参考文献

- 1) 内閣府大臣官房政府広報室編：国民生活に関する世論調査(平成 14 年 6 月調査) (2002).
- 2) P. Haeberli: Paint by numbers: Abstract image representations, Computer Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH 90), Vol. 24, No. 4, pp. 207-214 (1990).
- 3) B. Gooch and A. Gooch: Non-Photorealistic Rendering, A K Peters Ltd. (2001).
- 4) 市野順子, 田野俊一: “デザイン描画を支援するユーザインタフェース”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J 82-D-II, No. 10, pp. 1693-1709 (1999).
- 5) 尾畑貴信, 萩原将文: “感性を反映できるカラーポスター作成支援システム”, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 3, pp. 701-710 (2000).
- 6) K. Nakakoji, Brent N. Reeves, A. Aoki, H. Suzuki, and K. Mizushima: “eMMaC: Knowledge-based color critiquing support for novice multimedia authors”, Proceedings of ACM Multimedia '95, ACM, pp. 467-476 (1995).
- 7) S. Tanaka, J. Kurumizawa, S. Inokuchi, and Y. Iwade: “Composition analyzer: Support tool for composition analysis on painting masterpieces”, Knowledge-based Systems, Vol. 13, No. 7-8, pp. 459-470 (2000).
- 8) 合田隆三, 丸山依子, 川西英彰, 梶本信幸, 高木佐恵子, 吉本富士市: “初心者のための鉛筆デッサン支援システム”, 情報処理学会研究報告 2002-CG-106, pp. 19-24 (2002).
- 9) 川西英彰, 合田隆三, 梶本信幸, 丸山依子, 曾我真人: “デッサン学習支援システムプロジェクトにおけるアドバイス生成部について”, 電子情報通信学会 教育工学研究会 予稿集 (2002).
- 10) N. Kajimoto, N. Matsuda, H. Taki, M. Soga, S. Takagi, F. Yoshimoto, and T. Shima: “The proposal of the technique of error visualization for a learner's pencil drawing”, Proceedings of International Conference on Computers in Education 2002, APC/AACE, pp. 153-157 (2002).
- 11) S. Takagi, N. Matsuda, M. Soga, H. Taki, T. Shima, and F. Yoshimoto: “A learning support system for beginners in pencil drawing”, Proceedings of GRAPHITE 2003 (short paper), ANZGRAPH/SEAGRAPH, pp. 281-282 (2003).
- 12) S. Takagi, N. Matsuda, M. Soga, H. Taki, T. Shima, and F. Yoshimoto: “An educational tool for basic techniques in beginner's pencil drawing”, Proceedings of CGI 2003 (poster session), The Society for Art and Science (in press).
- 13) R・デ・レイナ(倉田一夫訳): “初めてのデッサン教室”, エルテ出版 (1998).
- 14) 山本正英: “デザイナーのための鉛筆デッサン”, 婦人画報社 (1985).
- 15) 笠尾教司, 中嶋正之: “デッサンをもとに抽出した表現特徴と画像表現シミュレーションへの応用”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 53, No. 6, pp. 873-881 (1999).
- 16) 千川文子, 岩田 満, 田野俊一: “紙へのスケッチとコンピュータを用いた描画における創造性への影響”, Proceedings of Human Interface 2000, Human Interface Society, pp. 219-222 (2000).
- 17) 安居院猛, 中嶋正之: “画像情報処理”, 森北出版 (1991).

(2003 年 2 月 7 日受付)

高 木 佐恵子 (正会員)



平8, お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業。平10, お茶の水女子大学大学院理学研究科情報科学専攻修了。平12, 東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻修了。同年, 和歌山大学システム工学部助手, 現在に至る。博士(工学)。絵画を対象としたコンピュータグラフィックスに関する研究に従事。ACM, 情報処理学会, 芸術科学会各会員。

松 田 憲 幸



平4, 関西大学工学部管理工卒業。平9, 大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。同年, 大阪大学産業科学研究所助手。平12, 和歌山大学システム工学部助手, 平15, 同大講師, 現在に至る。博士(工学)。ユーザモデル, 学習支援システム, 情報フィルタリングの研究に従事。平10年度人工知能学会研究奨励賞受賞。教育システム情報学会, 電子情報通信学会, 人工知能学会, システム制御情報学会, 情報処理学会, IAIED, 各会員。

曾 我 真 人



平4, 大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)および, 学術修士。和歌山大学経済学部講師を経て, 現在, 和歌山大学システム工学部助教授。平11~12, ドイツ国立情報処理研究所(現フラウンホーファー研究所)客員研究員, 学習支援, リモート天文台, Web情報処理システム, ヒューマンインタフェース等の研究に従事。情報処理学会, 電子情報通信学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会などの会員。

瀧 寛 和



昭55, 大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程物理系専攻修了。同年, 三菱電機(株)入社。昭61, (財)新世代コンピュータ技術開発機構に出向。平2, 三菱電機(株)帰任。平10, 4月より和歌山大学システム工学部 教授, 工学博士(大阪大学)。知識獲得, 知能ロボット, 設計エキスパートシステム, ウェアラブルインテリジェンス, ユビキタスコンピュータに関する研究に従事。IEEE, 人工知能学会, 電子情報通信学会, 農業情報学会, 情報処理学会, 日本VR学会各会員。

志 磨 隆



昭40, 多摩美術大学美術学部デザイン科卒業。同年, 関東自動車工業(株)(トヨタ自動車グループ)入社, 自動車デザイン業務に従事。平5, 4月近畿情報システム産業協議会設立, 会長に就任。平13, 11月(株)L.O.T会長に就任。平12から平14まで, 和歌山市中心公民館成人学級水彩画教室講師。平14より, NHKりんくう文化センターデッサン・淡彩画教室講師。平15, 5月カナダ総領事館(大阪)にて, 水彩画展を開催。和歌山県知事諮問機関「わかやまITアドバイザー会議」, 和歌山県教育庁「きのくに教育協議会」等, 委員。

吉 本 富士市



昭41, 岡山大学工学部電気工学科卒業。明石工業高等専門学校, 和歌山大学教育学部を経て, 現職は和歌山大学システム工学部教授, 工学博士(京都大学)。最近の研究は, 絵画などを対象とした心を豊かにする情報技術。スプライン関数とその応用(教育出版)などの共著書。IEEE, 情報処理学会, 電子情報通信学会などの会員。