

2002年度卒業論文

一点透視情報に基づく、
二次元画像の三次元変換に関する研究

指導教員：渡辺 大地

メディア学部 3DCG アプリケーション構築プロジェクト

学籍番号 99p394

前田 有希

2003年3月

2002 年度 卒 業 論 文 概 要

論文題目

一点透視情報に基づく、
二次元画像の三次元変換に関する研究

メディア学部
学籍番号: 99p394

氏名

前田 有希

主査

渡辺 大地 講師

副査

淵上 清代絵 教授

キーワード

透視図法 三次元変換 デッサン教育

今日の二次元画像を元とした三次元コンピュータグラフィックスのモデル生成は、精度が上がってきている反面、必要な計算や装置などが大掛かりになってきており、容易に利用できない場面が少なからず存在する。加えて、一枚の二次元画像からの三次元形状生成に限ってしまえば、二次元画像から得られる情報の少なさ故に利用できる研究の数は多いとは言い難い。しかし、スケッチやデッサン、絵画などの基本的に一枚しか素材が存在しない分野で、三次元形状生成が可能となれば、空間把握としてのデッサン教育などで応用できると考えられるために、単一二次元画像からの三次元形状生成は需要があると予測される。そこで本研究は、デッサン教育などで利用されることを想定し、精度よりも三次元形状を生成可能とすること念頭をおき、透視情報を利用した単一二次元画像からの三次元形状生成を提案する。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	一点透視情報による奥行き情報取得	3
2.1	透視図法	3
2.2	一点透視図法	4
2.2.1	一点透視図法と消失点	4
2.2.2	その他の透視図法	6
2.2.3	一点透視図法の描き方	7
2.3	一点透視情報による奥行き計算	8
第3章	デッサン支援システム	11
3.1	必要とされる機能	11
3.1.1	クリックによる頂点決定	12
3.1.2	ソース画像との比較	13
3.2	システム概要	13
3.2.1	ソース画像の読み込み	14
3.2.2	消失点の決定	14
3.2.3	頂点クリック	16
3.2.4	三次元形状を利用した比較	17
第4章	評価	19
4.1	比率	19
4.2	取得座標による変化	20
4.3	消失点による変化	21
第5章	問題点と今後の展望	23
5.1	問題点	23
5.1.1	扱える画像	23
5.1.2	比率での計算	23
5.1.3	消失点が必要	23
5.1.4	計算に使用する数値	24

5 . 1 . 5 頂点の決定	24
5 . 2 展望	24
第6章 まとめと結論	26
謝辞	28
参考文献	29

第1章 はじめに

今日の三次元コンピュータグラフィックスのほとんどは、仮想空間において環境や物体を Polygon based rendering に代表されるような幾何形状モデルを利用して表現することが主流である。幾何学形状モデルで実在するものを表現する際には、記憶や実物、類似するものや画像などを参考にモデルを作り出す事になるが、二次元画像等を参考として三次元形状を作り出す場合、画像からでは三次元形状生成に必要な情報を得ることが困難であり、その写実性にも限界がある。

近年、幾何形状情報のみを用いて仮想空間を表現するのではなく、実写映像をもとに仮想空間を表現する手法が活発に行われている[1、2]。これらは、実写映像を使用することで写実性の高い仮想空間の映像を提示できる方法として注目されており、実際に存在する物体の形状を計算機上で表現し、映像の中身と置き換えて物体を自由に移動、回転、変形させることで、より現実味のあるコンピュータグラフィックス画像の作成を可能にしている。これらの技術は、映画やコマーシャルなどの映像作品に導入事例が多く存在する。このように実写映像を元に三次元オブジェクトを作成するために、最近では空間スキャナ等の非接触型の三次元測定機を利用した形状復元や、ステレオによる三次元形状認識などの研究が盛んに行なわれている[3～8]。だが、これらの研究で使用されている測定機器は、測定できる大きさが限られていたり、特別な測定条件を必要とするものである。また、機器そのものが高価であることが多い。さらに、条件にあった環境を整える事が困難であったり、形状作成に必要な素材を揃える事が不可能な場合も多く存在する。このような背景から、コンピュータグラフィックスの分野では、近似の精度はある程度落ちて、迅速かつ手軽に形状を生成できるシステムが渴望されており、そのような需要が多い事は研究の種類、数の多さからも伺える。

前述の通り、近年の研究ではより正確に目標物の三次元形状を作り出す事が主流となっているが、必要な機材や複雑な処理を必要とするものが多く、素材一つから簡易的な三次元オブジェクトを作り出す研究というのが少ないように思われる。素材が一つの二次元画像という事に注目すると、2002年には Tour into the picture[9]を応用した MotionImpact[10]というソフトが発売されている。しかし、この MotionImpact は三次元

オブジェクトを作り出すわけではなく、一枚の絵を擬似的に三次元の箱と見立て、その箱の面を伸縮させることにより三次元的な動きを表現するものである。したがって、三次元オブジェクトを作り出すという点においては、期待される効果が得られるとは言い難い。

そこで本研究では、二次元画像からの三次元形状生成に焦点をあて、透視図からの三次元座標の算出及びモデリングと、その機能の応用として、デッサン画からの三次元形状生成とその可能性について提案する。二次元画像は前述の通り、三次元変換の参考にするには、奥行き情報や見えない部分の問題などがあることから不適合であるといえる。本研究は二次元画像を透視図と照合し、透視図として扱える場合は焦点の位置決定を行い、それを元に三次元的な奥行きを計算することで、二次元画像からの三次元形状生成を可能とする。今回の研究で扱えるのは透視図で描かれているものであるため、取り扱う画像は透視図で描かれていることを前提とする。デッサン画から三次元形状を作り出す事の利点として、意図した形状が正しくスケッチされているかどうかを三次元として把握できることが挙げられる。デッサンの元になった物体と見比べることが可能となり、デッサンが狂っている場合、どこがどのように間違っているのが容易に判断できるようになる。このことから空間把握としてのデッサン教育のような分野での効果が期待できる。

この論文では、第二章で、透視図法と奥行き算出法の解説。三章では、二章を元にどのようにしてスケッチ支援として応用するかを提案し、四章では機能の評価、五章で問題点とその解決法、あわせて展望を論じ、第六章でまとめと結論を述べる。

第2章 一点透視情報による奥行き情報取得

2.1 透視図法

「透視図法」とは「線遠近法」を基礎とした遠近表現で、Perspective drawing の訳語であり、ルネサンス期のイタリアでその理論的基礎が確立されたといわれている。「描く」という作業は、三次元の存在物である現実をキャンパスという二次元の中に押し込めるといふ操作である。また人間の網膜は凹型をした球面であるから、網膜上の情報も2次元である。つまり「見る」という作業自体で、すでに三次元を二次元に変換する操作が行われているといえる。そして、「見えるままに描く」という事が透視図法の本質ともいえる。

透視図法は、明確に定義された用語と、手法によって定式化されている[11]。図1は透視図法の概念を図で示したものである。

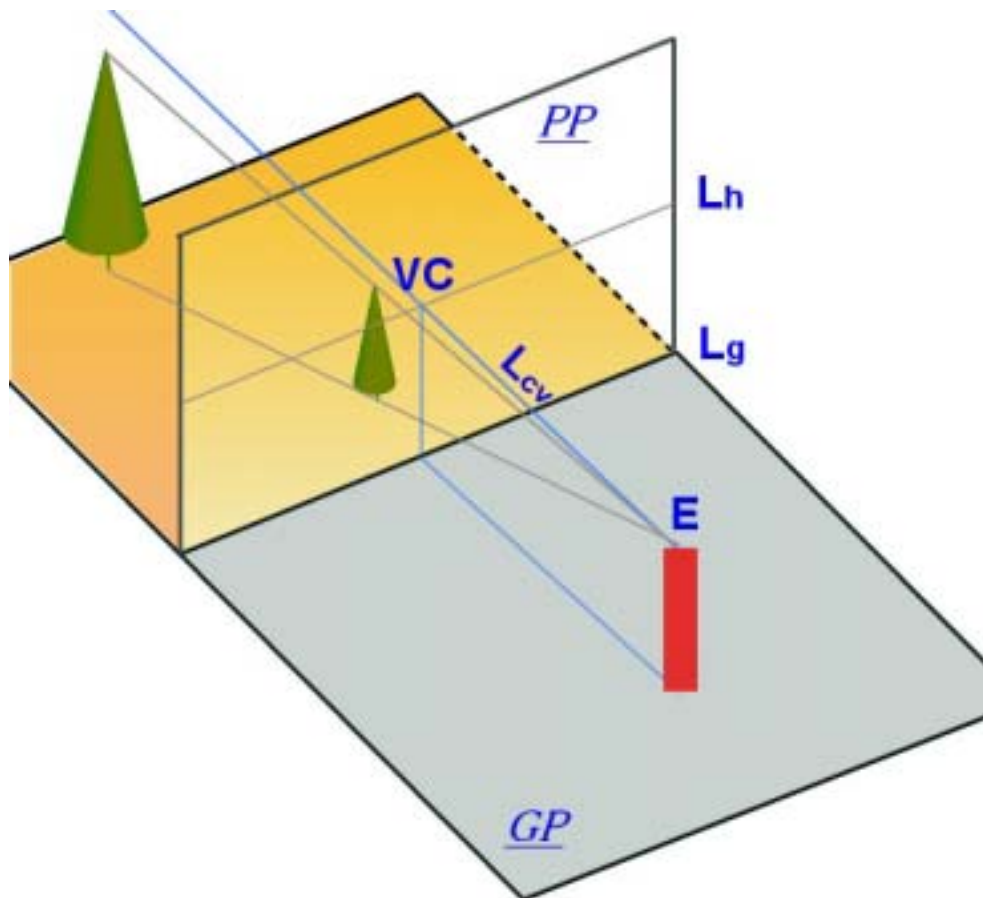


図1 . 透視図法図説

GP: 基面 (Ground Plane)

PP: スクリーン (画面)

E : 視点

Lg : 基線 (Line of Ground)

Lcv : 視軸

VC : 視心

Lh : 地平線 (Line of Horizon)

- ・ 水平な平面 GP を置く
- ・ その上に直立する PP を立て、GP を二つの領域にわけ
- ・ 片方に視点 E を置き、もう一方に描く対象 (図 1 では木) を置く
- ・ GP と PP の交線を Lg とする
- ・ E から PP に垂直に引いた線を、Lcv とし、その Lcv が PP と交わる点を VC とする

この時、描く対象の実際の大きさは一定でも、E からの距離と角度により、見える大きさと位置が変わってくる。スクリーン PP を通して見える対象の像が、そのまま「透視図」と言うことになるのである。また、Lh は、Lg から「視点の高さ」分だけ上に設定された直線であり、地平線や水平線は必ず視点の高さにみえ、視点の位置をどのように変えても必ず視点の高さにくることになる。地平線とは無限遠点の集まりであるともいえるので、消失点は Lh 上に存在するということがわかる。

2.2 一点透視図法

透視図法は、描く際の消失点の数で「一点透視図法」「二点透視図法」「三点透視図法」に分類される。ここでは本研究で利用する一点透視図法の解説を行う。

2.2.1 一点透視図法と消失点

図 2 は一点透視図法で描かれた簡単な画像で、画像中央付近へ向かって奥行きが表現されていることがわかる。緑色の直線は奥行きを表現する黒の直線を延ばした物である。

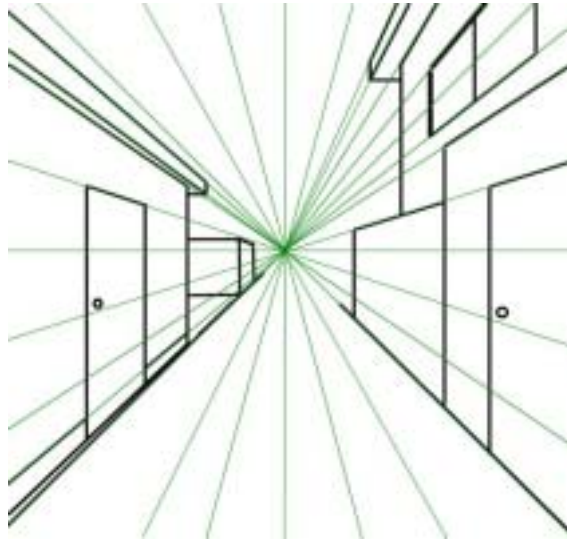


図2 . 一点透視図と補助線

緑色の直線に注目すると、ある一点で交わる事がわかる。この点がこの絵での消失点となる。奥行きを表現する線を延ばし、線が集中する点（消失点）が一箇所ならば一点透視図法で表されているともいえる。つまり、一点透視図法では奥行きを表現する直線は必ず一つの消失点へ向かっていることになる。絵画においては立体図法に忠実に描かれている場合もあるが、実際には立体図法には当てはめられない絵画の方が多く存在する。しかし透視図法に忠実に描かれているならば、コンピュータグラフィックスだけではなく絵画等の手書きの絵からも消失点を発見することが可能である。

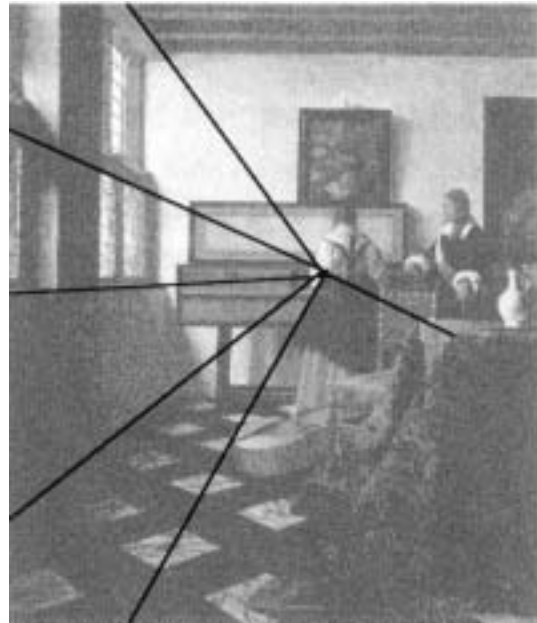


図3（左） 図4（右）. フェルメール, The Music Lesson, 1665 WebMuseum

参考：WebMuseum, 美の図額

図3、4の二つの画像は、フェルメールの描いた絵画（The Music Lesson）とそれをグレースケール化し奥行きを表す部分を通る直線を引き消失点を割り出したものである[12、13]。透視図法で描かれているものならば、絵画でも消失点の位置が割り出せる事がわかる。フェルメールの絵画は正確な透視図法で描かれているものが多いことで有名であり、この絵画の他にも透視図法で描かれていることがわかるものが多数存在する。

2.2.2 その他の透視図法

これまで説明してきたように、消失点の位置が正確にわかる事は、透視図法全体の特徴であり、消失点が二箇所、三箇所にある場合はそれぞれ二点透視図法、三点透視図法といわれる。以下の図5、6はそれぞれ二点透視図法、三点透視図法で描かれた直方体である。それぞれ二箇所、三箇所に向かう形で直線が構成されているのがわかる。

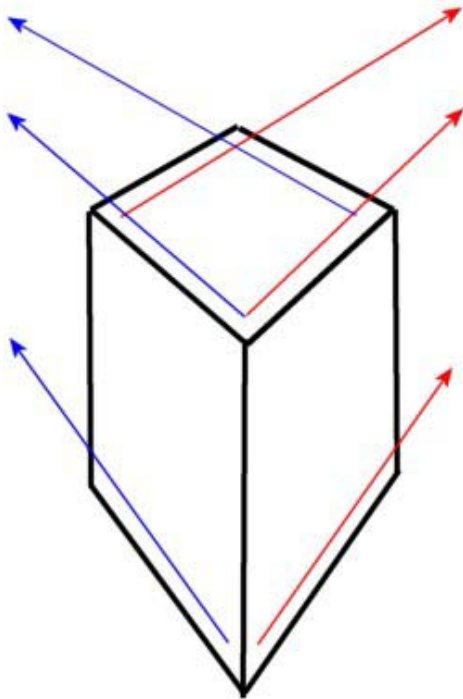


図 5 . 二点透視図

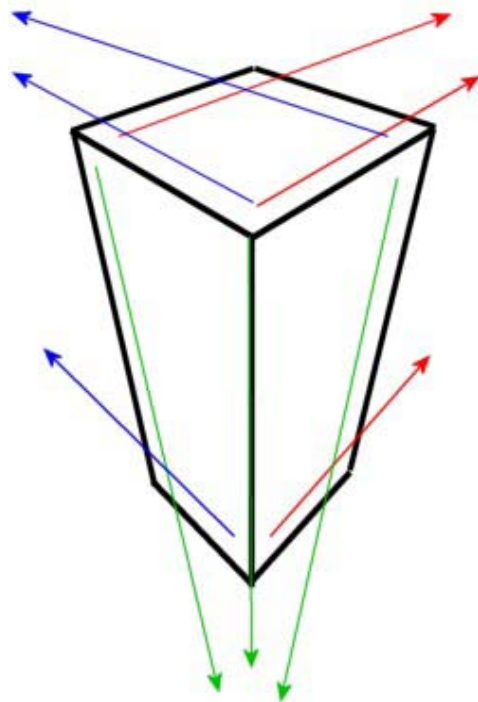


図 6 . 三点透視図

2 . 2 . 3 一点透視図法の描き方

では、透視図法は描く際にはどのようにするかというと、消失点から決めて描き始める。
 図 7 は一点透視図法の描き方である。実際には図 7 の 4 のような見え方はないのだが、わかりやすいように前面を正面に向けた図で解説する。

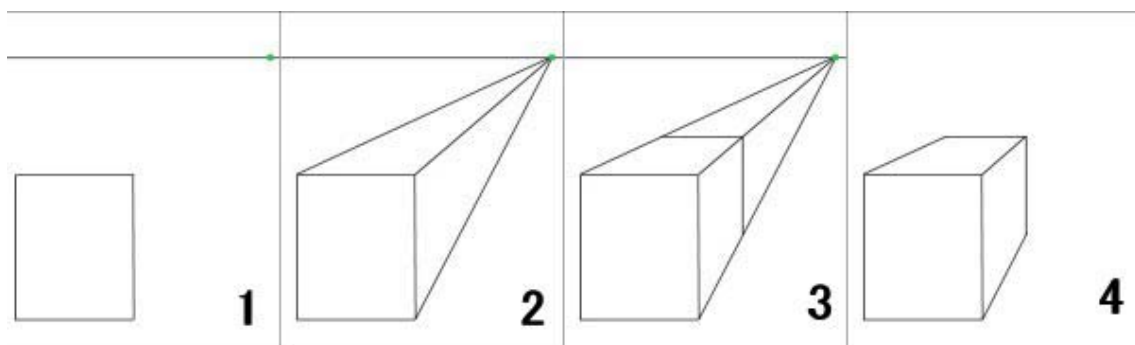


図 7 . 一点透視図法

手順は以下の通りである。

消失点を含む地平線を描き、前面に見えるはずの面を描く（図 7 の 1）

描いた面の各頂点と消失点を結ぶ直線を描く（図7の2）

消失点へと引いた直線を、必要な奥行き分だけ区切る（図7の3）

必要のない線を消す（図7の4）

図7の一点透視図法の描き方からも判る通り、透視図法で絵に奥行きをつける際は消失点の決定が必要不可欠である。デッサンとは見えるままに描く事が基本であるが、実際に描かれる際には書き手独自の要素が含まれる事も多い。そこで本研究では、スケッチ画への応用を想定してはいるものの、よりわかりやすいように単純に描かれているもの扱う必要があると考え、実際にはありえない図ではあるが、図7に描かれている直方体のように、一点透視図法で手前の面が長方形で正面に描かれているものを読み込ませる画像（以下、ソース画像）として使うことにした。

2.3 一点透視情報による奥行き計算

今回の研究では、消失点位置とスクリーン上での目標点の位置から割合を使って奥行きを算出する。

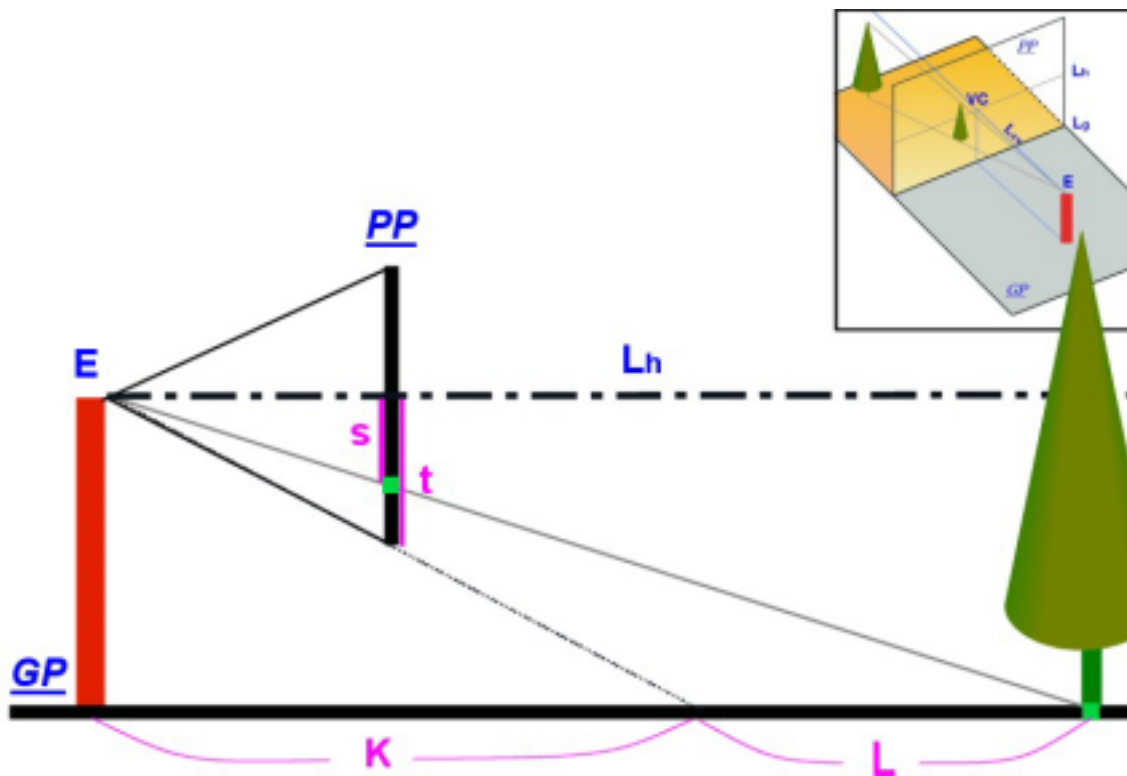


図8 . 一点透視図における奥行き計算

図8は図1の透視図法を横から見たものである。図8の青色で書かれている記号は図1のものと同じである。ただし、Eを始点としてPPを通り、GPと平行に描かれている直線は、地平線の高さであるLhを表す。

紫色で書かれた記号はそれぞれ以下のものを表す。

s : 消失点からスクリーン上での目標点までの長さ

t : 消失点からスクリーン下端までの長さ

K : 視点Eからスクリーン下端に映る地点までの実際の距離

L : スクリーン下端に映る地点から目標点までの実際の距離

図7においての目標点とは図7右側に描かれている木の根元までである。スクリーンPP上ではスクリーンに映る木の根元ということになる。

tとsからスクリーン内での目標点の割合を求め、視点Eからスクリーン下端に映る地点

までの実際の距離 K をかけることにより、スクリーン下端から目標点までの距離を算出する方法をとる。

この算出法は、二次元画像から容易に得られる値を利用するのであるが、算出される奥行きが二次元画像からでは特定できない K という値に左右されてしまう問題点を持つ。 K は拡大や縮小、視線の向きによってその値を変えるのだが、これらの場合は映されている物自体の見え方は変わらないため消失点の位置は変わらないので、 s と t から求められる割合は変わらない。ある程度自由に K の値を設定できることが望ましいのだが、今回の研究ではいくつかの条件を設けてある事と、研究目的が精度よりも容易に三次元形状を作り出す事にあるので、今回は K の値は定数として扱う。

第3章 デッサン支援システム

絵画等の場合は描き手の味付けともいうべき要素がふんだんに盛り込まれている場合も多いが、スケッチやデッサン等の手書きの絵というのは、見えるままに描く事を基本とする。特に空間把握としてのデッサン教育の一環としてデッサン等を描いている場合は、いかに目に見えるまま正確に描けるかが重要になってくる。しかし、二次元の状態ではどの程度正確に描かれているかがわかり難い。そこでデッサン等の二次元画像を元に三次元形状を作り出す事で、デッサンの元となった物体、デッサン、そして三次元形状を比較することにより、描かれているスケッチがどのような形を表現しているか、正確にデッサンされているのか、正確に描かれていない場合はどこがどのように間違っているか等の判断が容易になる。このため、第2章で述べた透視図法と奥行き計算を元に三次元形状を作り出し、比較することにより、デッサン教育としての応用が可能となると考えられる。

以下でデッサン教育に利用すると想定しての必要な機能と、今回作成したシステムの概要と説明を行う。なお扱う画像は2.2.3でも述べたように、よりわかりやすいように単純に描かれているもの扱う必要があると考え、実際にはありえない形ではあるが、一点透視図法かつ手前の面が長方形で正面に描かれているものをソース画像に利用する。

3.1 必要とされる機能

デッサンだけに限らず、単一の二次元画像を素材として三次元形状を作り出す場合、問題となるのは奥行き情報だけではない。単二次元画像では必ず見えない部分が存在する。二次元画像とは言い換えれば一つの視点からのみ映された世界である。前面が見えるならば必ずその後ろには隠れた部分が存在することになる。よって実際には描かれているものの隠れた部分は何かしらの形を持つが、二次元画像からでは判断することが困難であり、利用者の実体験や記憶に基づいて予測、判断するしかない。物体の形を決定するだけならば、画像を走査し特徴点の抽出や、目標物の切り出しを行う方法等で可能であるが、切り出し等の場合は隠れた部分を含め、一部の頂点の場所が特定できないために、三次元形状を生成する際に利用するには適当であるとは言い難い。切り出し等で得られる図というのは物体の輪郭線で切り取ったものであるといえる。輪郭線上にある頂点からでは、物体をシルエットとして判別できるだけで、内部に内包される頂点の場所が決定できないので、

どのような形をしているかという判断が難しい。今回扱う画像は直行座標を持つ直方体を一点透視図法で描いた物であるという前提が存在するので、切り出す方法を利用し前面であるはずの部分を参考として赤い点で表されている頂点を決定することも可能であるが、将来的には様々な種類のオブジェクトを扱う事を考慮すると、ある程度自由に決められる方法が望ましいと考えられる。

また、デッサン等の三次元形状化ということで、作り出された形状はデッサンの元となった実物と比べられる事となる。この時、さまざまな角度から作り出された形状を見ることが出来なければ、三次元でオブジェクトを生成する意味はない。この事から、デッサン画像と生成された三次元形状が同時に表示されることが望ましいと考えられる。

以上の事から、以下の二つの機能が必要だということになる。

- ・読み込まれた画像の頂点を任意に指定できる
- ・生成された物を動かしつつソースとなったスケッチと比べることが可能である

本研究では、クリックによる頂点取得、ソース画像との比較がしやすい表示領域作成をすることにより、これらの問題を解決した。

3.1.1 クリックによる頂点決定

隠れた部分については、マウスのクリックによる目標物の頂点の指定を採用した。あわせて隠れた部分だけではなく、見えている部分の頂点もマウスのクリックにより物体の形を決定する。このようにして各頂点の二次元上の座標を取得することにより、切り出し等では決定しにくい頂点の場所を指定でき、隠れている頂点の決定も可能となる。本研究はデッサン教育におけるスケッチ画を前提とするので、描かれている物体は単純な物体である場合も多いことが予測され、描いた本人が利用する場合や、あるいはスケッチされた物体の実物が近くにある場合等も考えられるので、利用者の記憶、予測などから比較的容易に形状を知ることが出来ると推測するからである。マウスのクリックにより、隠れた部分の頂点の位置決定を可能にすることで、より円滑に求める形状の生成が可能になると考える。

3.1.2 ソース画像との比較

ソースとなったスケッチと三次元形状の比較については、スケッチを読み込んだ物と三次元形状が生成される空間とを隣り合わせで表示し、利用者側からのアクションで三次元形状を拡大、縮小、回転を行えるように作成した。このことにより、迅速かつ手軽にソース画像と三次元形状を多角的に比較することができるため、どの程度正確に描かれているかなどが容易に判断できるようになる。

奥行きについては頂点をクリックすることにより求めた座標から、第2章で述べた一点透視図での奥行き計算方法を用いて計算することになる。

3.2 システム概要

実際利用するにあたって、まずはソースとするデッサン画を決定することから始めなければならない。扱える画像には制限があり、一点透視図法で描かれた物を扱い、以下の二つの条件を満たしてなければならない。

直交座標系を持つ直方体が描かれている

直方体の底面は地面となる面に接している

これらの条件を満たしていないと、正しい結果が得られない。

システム利用は以下の流れで行われる。

ソース画像の読み込み

消失点の決定

頂点クリック

画像と三次元形状の比較

それぞれの詳細に関しては以下に述べる。

3.2.1 ソース画像の読み込み

図8は三次元形状生成のソースとなる画像を読み込んだ基本画面である。左側のウィンドウに読み込まれたソース画像が表示される。消失点の決定、頂点の決定もこの左のウィンドウで行うことになる。右のウィンドウは計算により作り出された三次元形状が表示される空間である。

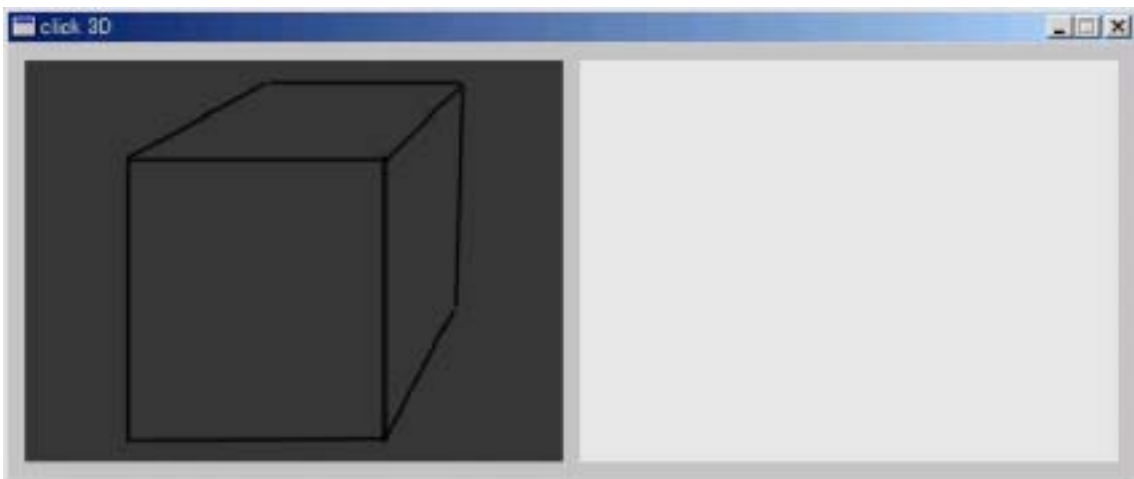


図8 . 基本画面 左：ソース画像 右；生成物が表示される空間

3.2.2 消失点の決定

消失点の決定には図9の放射線を利用する。この放射線の中心座標を数値入力により動かしていく。放射線の各線を補助線として、目標とするオブジェクトの奥行きを表す部分と放射線の角度を見ながら放射線の中心座標を調節し、奥行きを表す直線が放射線と重なるように設定する。この時の放射線の中心がこの画像の消失点となる。消失点決定の様子がわかりやすいように図10、図11に示す。図10で左のウィンドウの右上付近に放射線の中心が位置していることがわかる。この時は放射線を形成する直線が奥行きを表す直線と同じ点へ向かってはいない。図11は放射線の中心の場所を変えた状態である。放射線を形成する直線と奥行きを表す直線が重なっており、同じ点へ向かっていることがわかる。

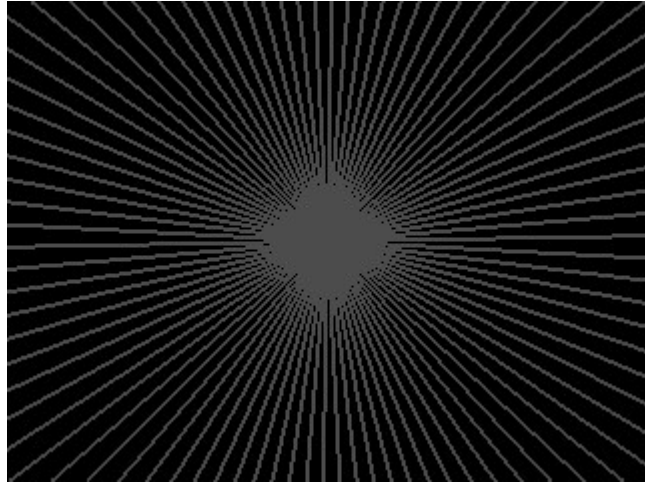


图 9 . 放射線

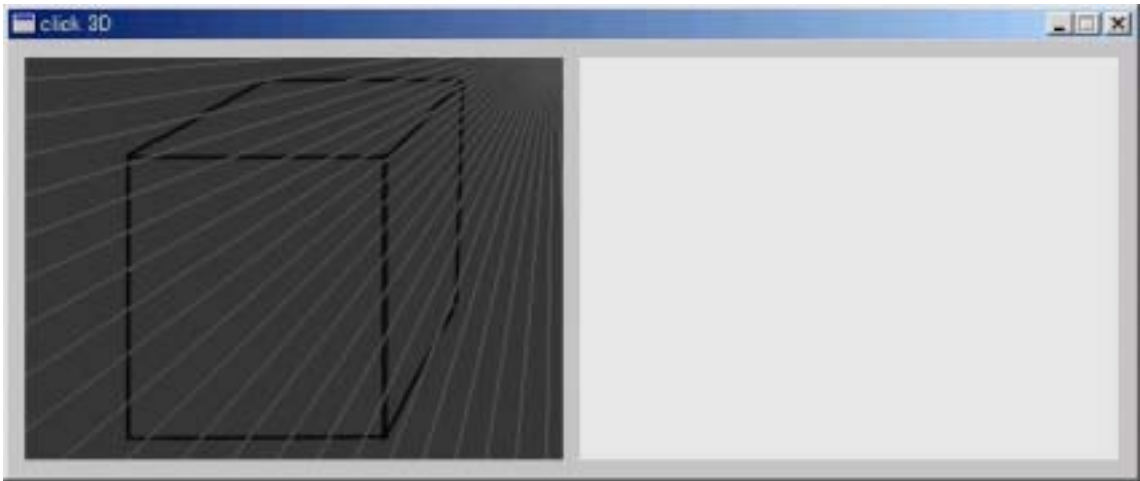


图 1 0 . 消失点決定法



図 1 1 . 消失点の決定

3 . 2 . 3 頂点クリック

消失点を決めた後は、ソース画像に描かれた直方体の頂点をクリックして座標を取得する。その際、二次元画像での座標では縦と横しかないので、三次元での高さや奥行きが両方とも画面下から上へと表現されるため、取得される数値だけでは高さや奥行きの判断が困難となる。そこで、頂点を取得する順番を決定することによりこの問題を回避した。クリックする順番を示したものを図 1 2 に示す。図 1 2 の各頂点につけられている番号順に、天井面の右上を担う頂点から時計回りにクリックし、その後底面の右上を担う頂点から時計回りにクリックする必要がある。このように頂点をクリックする順番を指定することで、どの点が奥にあり、どの点が高さを表すのか等の判断を行うのである。なお、画像中で隠れている部分については、利用者本人が頂点が存在するはずである場所をクリックして、その座標を決定、取得することになる。

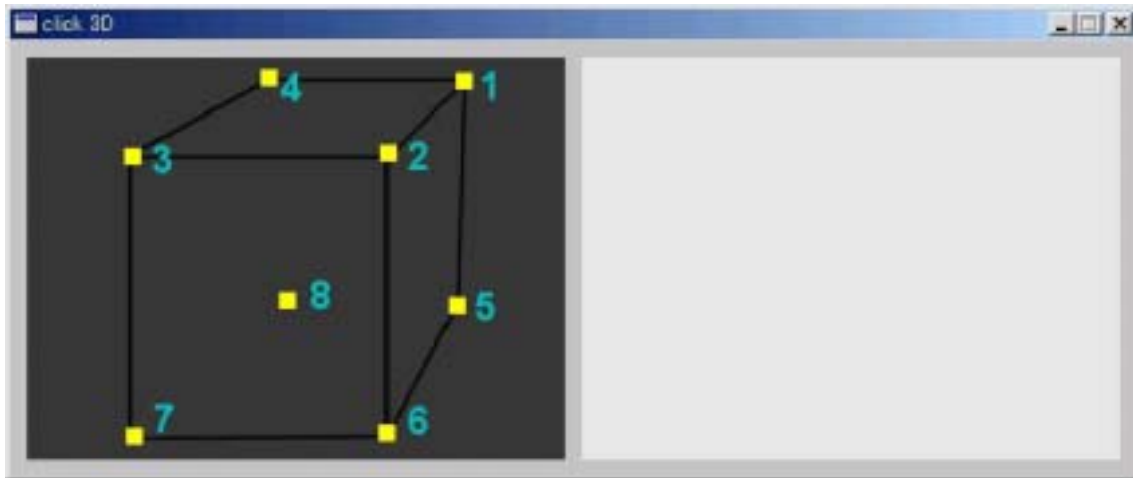


図 1 2 . 頂点をクリック

3 . 2 . 4 三次元形状を利用した比較

8ヶ所の頂点のクリックが終了すると、取得された座標を元に計算されたオブジェクトが右の窓に自動的に出現する。図 1 3 に生成物が表示されたものを示す。この状態でキーボードによる操作で利用者はオブジェクトを操作し、拡大、縮小、回転、移動を利用して左窓のソース画像と見比べることが可能となる。勿論頂点クリック時(3 . 2 . 3)に指定された順番で頂点をクリックしなかった場合は、正確に頂点の座標を決定していても、三次元形状は望む形では生成されない。図 1 4 は頂点の取得順序を故意に変えて三次元形状を生成させたものである。赤い色ではない部分は、計算が上手くできていないためにポリゴンが裏返っている状態である。形を見てもわかるように図 1 3 とは明らかに違ういびつな形が生成されているのがわかる。

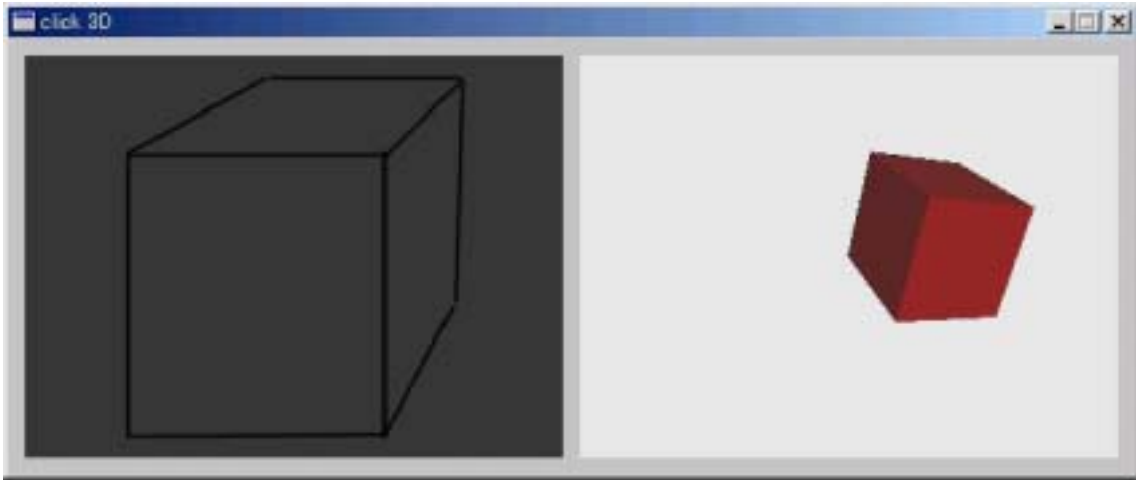


図 1 3 . 生成物との比較

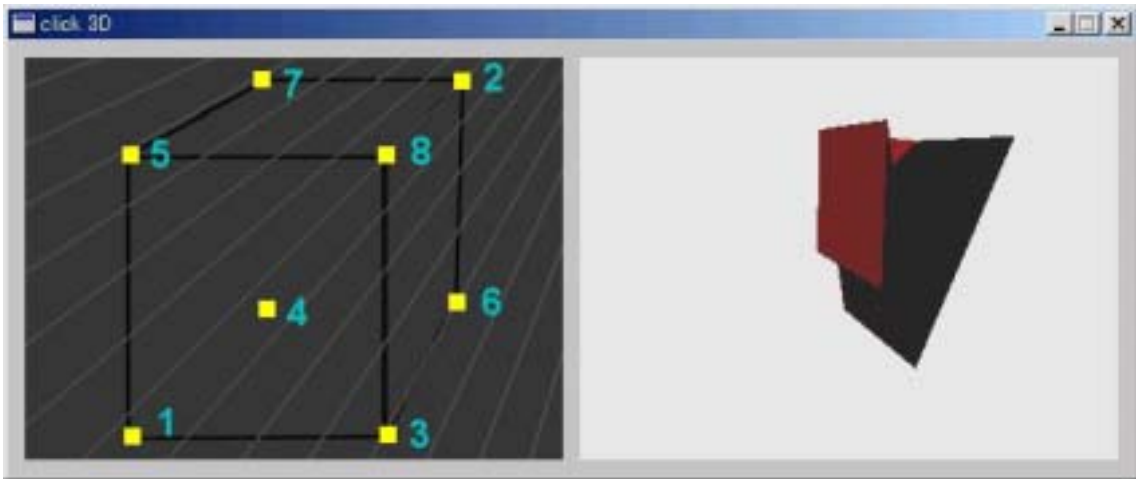


図 1 4 . クリック順を無視した場合

第4章 評価

デッサン画などからの三次元形状生成という事で、生成された三次元形状の各辺の長さの比率がソース画像とどの程度あっているかということを確認する必要がある。しかし二次元画像からでは各辺の比率を得ることは難しいので、まずは三次元形状でわかりやすい比率のオブジェクトを作成し、そのオブジェクトを二次元画像へと変換した画像をソースとすることで、三次元形状を作り出した際に比率がわかりやすい状態を作り出し、本研究での奥行き計算と形状作成がどの程度正確かという事の確認をした。まずは各辺の比率がわかりやすい三次元形状として、縦、横、奥行きの比率が 1:1:1.5 の直方体を作成した。この図形を斜め上方から見たものを元に、横を表す直線を前面が長方形になるように手を加え、前面のみ正面を向いている状態にし、評価に使うソース画像として利用した。なお、奥行きを表す部分には手を加えてないため、三次元としての比率は基本的にそのままであるので、比率の比較という点においては差し支えがないと考える。あわせて、頂点座標取得の際にわざと間違っただけの情報取得し、三次元形状を生成することで、間違っただけの座標からはそれを元にした崩れた図形が生成されることを確かめた。その後、消失点の場所が間違っている場合にも意図した形状が生成されないことを確かめた。

4.1 比率

前述の比率が 1:1:1.5 の三次元情報を持つ直方体から作成した二次元画像を元に、デッサン支援システムを利用して生成した三次元形状が図 15 である。左が正面から見たもの、右が横から見たものである。縦、横と奥行きの比率が 1:1.5 に近い状態であることがわかる。この事から手前の面が正面を向いて描かれている一点透視図法で描かれた図形ならば元にした画像に近い三次元形状が生成されることがわかる。



図 1 5 . 生成物を正面と横から見たもの

4 . 2 取得座標による変化

次に、クリック時のずれによる生成物への影響を確かめた。図 1 6 は正確に頂点を取得したもの、図 1 7 は頂点を取得する順番は同じだが、わざと間違えた座標を取得しているものである。なお、頂点座標を取得する際にクリックする順番を間違えた場合に三次元形状が正常に生成されないことは 3 . 2 . 4 節で説明した通りである。正確に頂点を取得した場合はソース画像に近い三次元形状が生成されていることが、間違えた頂点座標を取得している場合は取得した座標に合わせて崩れた三次元形状が生成されていることがわかる。このことから、クリックによる取得座標にあわせた三次元座標計算及び形状生成がなされているといえる。

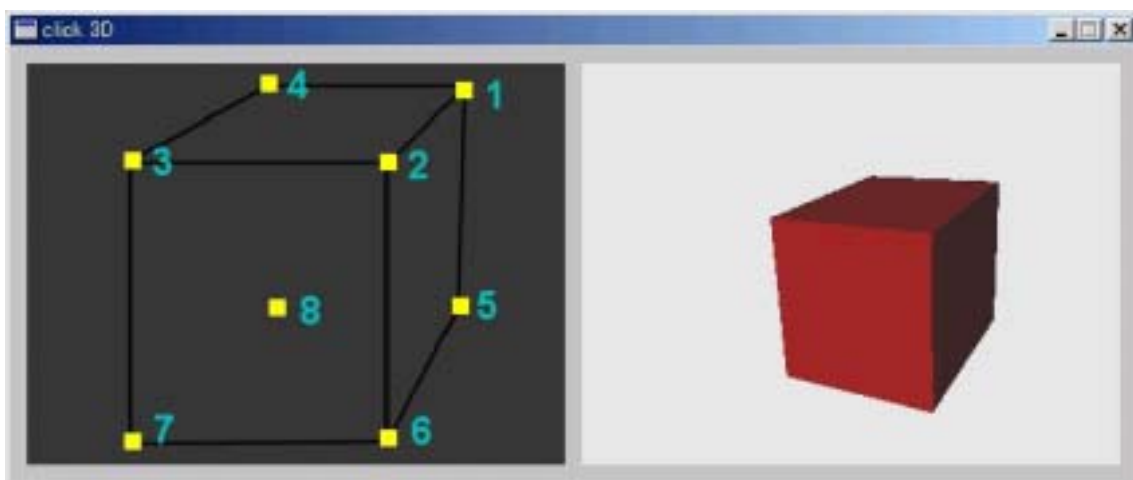


図 1 6 . 正確に頂点を取得

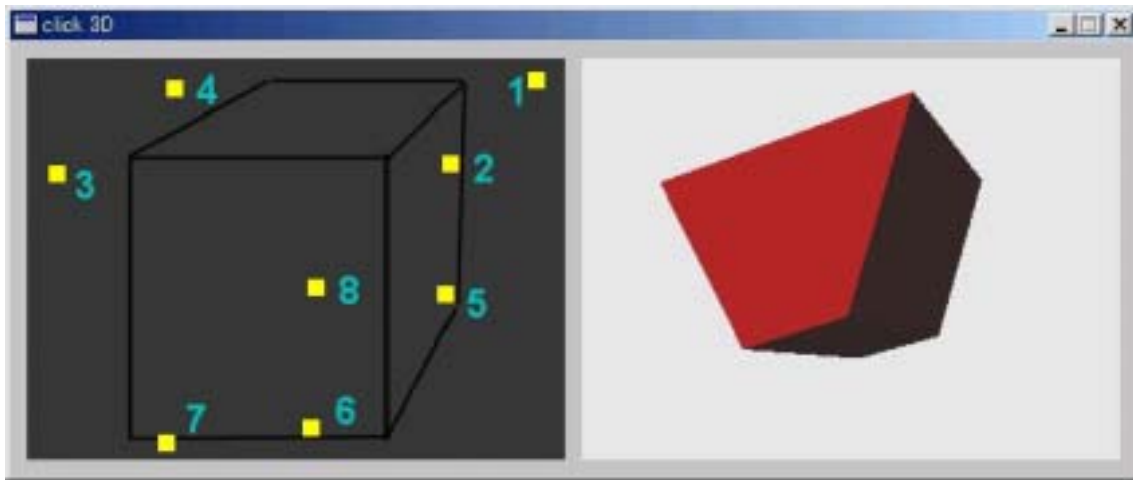


図 1 7 . でたらめな頂点を取得

4 . 3 消失点による変化

最後に消失点の位置が間違っていた場合に、どのような三次元形状が生成されるか確かめた。図 1 8 は消失点の決定のみ間違っている場合を示している。消失点を決定の際の補助線となる放射線と奥行きを表す直線が同じ方向を向いていないことがわかる。右のウィンドウに表示された三次元形状は前面のみしか表示されていないのは、頂点は正確な座標を取得しているが消失点が間違っているために、他の面の計算がうまくいっていないためである。この他にも消失点の位置が低すぎる場合や画像上で物体の内部に内包されている場合等は、前面のみが生成されるのではなく、直方体として生成されるが各辺の比率が崩れていたり、形状自体が表示されなかったりする等いくつかのパターンが存在した。このことから、消失点の位置が大幅に間違っている場合は三次元形状生成に必要な計算自体がうまくいかない事と、消失点がずれている場合は比率が不正確な三次元形状が生成されることがわかる。



図 1 8 . 間違った消失点

以上の事から、正確な頂点の取得及び消失点の決定を行えば、期待する図形に近いものが生成されることがわかる。

第5章 問題点と今後の展望

5.1 問題点

今回の研究の問題点として、以下の5つの項目が挙げられる。

- ・扱える画像
- ・比率での計算
- ・消失点が必須
- ・計算に使用する数値
- ・頂点の決定

以下で順にこれらの説明を述べる。

5.1.1 扱える画像

奥行き情報を計算できるのは一点透視図法で描かれた直交座標系の物体だけである。このため、曲面を持つ物体や複雑な形状を持つ物体は取り扱う事ができない。実際のデッサン画は一点透視図法ではなく透視図法で描かれていることや、直方体のようなものばかりを描いているわけではないという問題点がある。加えて、正確に描かれていない場合等の高さのずれなども、計算上の誤差増大の問題から、奥に見える高さを表す直線の長さは手前に見える高さと同じとして扱っている。

5.1.2 比率での計算

画像から取得できる長さの比率で奥行きを計算するために、その物体自体の大きさ、角度などは判断することができない。例えば、今後複数の物体を扱えるようになった場合、手前にある小さな物と奥にある大きな物というのは区別できないという問題点が発生することが予想される。また、奥行きを表す直線がどの程度傾いているかというのも算出することが出来ない。

5.1.3 消失点が必須

消失点が決定できないようなソース画像では期待する成果は得ることができない。2章でも述べたように消失点を決定することが最も重要な要素の一つであるために、消失点が決定できない画像からは奥行きを計算することができず、結果として三次元形状も望む形

で作成することができない。

5.1.4 計算に使用する数値

4章でえられた結果は、視点から画面下端までの実際の距離がわかっていないと得られない結果である。実際にはデッサン画からその距離を求めることは困難であることから、常にこのような結果が得られるとは言い難い。どのようにしてその値、あるいは代わりになる数値を取得するかということが、課題として残っている。

5.1.5 頂点の決定

今回の研究では、隠れた部分の頂点の決定もできるようにクリックを利用したシステムを作成しているが、スケッチ・デッサン画から三次元形状を作成する場合に、隠れた部分の頂点を決定する段階で、間違った座標を指定してしまった場合に、他の部分は正確に描かれているのにソースでは隠れている部分で、このデッサンは正確に描かれていない。というような不当な判断を受ける可能性があると考えられる。そのため、今回は実際の計算には隠れた頂点を決定したときに得られる二次元座標は利用せずに、見えている他の7つの頂点の座標を元に三次元形状生成に必要な三次元座標を算出している。このため手前の面と奥の面が同じ形として生成されるのだが、将来的には様々な種類を三次元形状を作り出す必要があることを考慮して、頂点がどのような場所にあるともユーザーがスケッチの元となった形を把握しているならば、三次元形状を生成できるように、ある程度幅を持たせて作成した。しかしながら、汎用性を持つ反面、クリックから得られる座標を取得し奥行き算出に利用することは、描かれているものに関係なく三次元形状を生成してしまうという問題点であるとも考えられる。

5.2 展望

今回は透視図法から得られる透視情報を利用しての三次元形状生成であったが、透視情報のみを利用するのではなく、画像処理による物体の切り出し、特徴点の抽出、色の濃淡情報による奥行き計算などを利用することで上記の問題を回避することが考えられる。他にも、奥行き計算に必要な数値を決定する方法として、次のようなものが有効となると考える。ここでは便宜上、スケッチ対象物を A、スケッチされた A を B、B を読み込んだ物を B'、B'を拡大縮小させたものを C とし、B と A の大きさ関係に B'と C をあわせた時に求

められる B' と C の三次元的な距離を利用することによって、視点から画面までの距離を割り出すというものである。また、物体の形を決定する際にも、透視情報を用いている今回の場合はクリックによる頂点決定が有効であると考え利用したが、上記のような他の方法もあわせて利用する場合にはクリック以外の頂点決定法や、形を推測、決定する方法が必要となってくることが考えられる。芸術分野での応用を考えると、より多くの種類のスケッチから三次元形状を作り出せることが必要であり、理想であるので、様々な技術を利用しての今後の発展が望まれる。

第6章 まとめと結論

今日の二次元画像を元とした三次元コンピュータグラフィックスのモデル生成は、精度が上がってきている反面、必要な計算や装置などが大掛かりになってきており、容易に利用できない場面が少なからず存在する。加えて、一枚の二次元画像からの三次元形状生成に限ってしまえば、二次元画像から得られる情報の少なさ故に利用できる研究の数は多いとは言い難い。しかし、スケッチやデッサン、絵画などの基本的に一枚しか素材が存在しない分野で、三次元形状生成が可能となれば、空間把握としてのデッサン教育などで応用できると考えられるために、単一二次元画像からの三次元形状生成は需要があると予測される。そこで本研究は、デッサン教育などで利用されることを想定し、精度よりも三次元形状を生成可能とすること念頭をおき、透視情報を利用した単一二次元画像からの三次元形状生成を提案した。

透視情報を利用するにあたり、最も重要なのは消失点の決定である。見えるままに描く事を基本とするデッサン等は消失点を決定できる場合が多いので、奥行きが必ず消失点へと向かう一点透視図法と比較、照合し、絵画等でも正確に透視図法で描かれていれば消失点が決定できることを説明した。消失点の位置が決定されたら、奥行きを求めたい点までと画面下端に描かれる地点までの長さの比率で、その点がどの程度画面下端から離れているのかを計算する方法を提案し、三次元形状生成に必要な三次元座標を得るに至った。しかし、二次元画像に描かれているものの形状決定時の問題として、二次元画像には必ず見えない部分が存在することと、輪郭線上に存在しない頂点の場所を自動的に決定することは難しいこと、の二点に加えて、二次元画像から得られる座標情報は縦と横しか存在しないために、高さとお行きの判断が難しいことが挙げられる。そこで本研究は、利用者がクリックで任意に頂点を決定することで、この問題を回避した。あわせて、クリックする順序を指定することで高さとお行きの区別をし、三次元形状を生成を行った。生成された三次元形状と元になった画像とを隣り合わせのウィンドウに表示し、三次元形状を自由に動かせるようにした事で容易な比較が可能となり、空間把握等のデッサン教育の分野で応用を視野に入れたプログラムを作成した。

本研究は、第 5 章でも述べたように解決すべき問題点もあり、現状ではまだまだ空間把

握などのデッサン教育としての実用に耐え得るとは言い難く、実用段階には程遠いといえる。しかし、二次元画像からの三次元形状生成という分野でのスケッチ・デッサン教育への応用としての、アプローチの一つとしての可能性は提示出来たのではないだろうか。

謝辞

本研究を進めるにあたり、遅々として作業が進まない私への寛大な処置や、丁寧な指導と適切な助言をしていただいた、渡辺先生と淵上先生に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Zheng J. Y., Tsuji S, “ Panoramic representation of scenes for route understanding, ”, Proc.10th Int. Conf. Pattern Recof, pp.161-167, 1900
- [2] Jeffrey Smith, Jessica Hodgins, Irving Oppenheim, Andrew Witkin, “ Creating Models of Truss Structures with Optimization ”, Transactions on Graphics, ACM SIGGRAPH 2002, 21(3), pp 295-301.
- [3] 佐藤清秀, 山本裕之, 田村秀行, “ 現実空間と仮想空間の位置合わせ手法 - ステレオカメラと3次元センサの組み合わせ - ”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'98) 論文集 I, IPSJ Symposium Series Vol.98, No.10, pp.I-7.I-12, 1998
- [4] 垂水秀行, 伊藤敏夫, 金田悠紀夫, “ 照度差ステレオ法を用いた光源位置未知画像からの多面体の面認識 ”, 電子情報通信学会論文誌 D- , Vol.j83-D- NO.9, 2000, pp. 1895-1904
- [5] 株式会社オージス総研, Virtual GAIA, 1999
<http://www.ogis-ri.co.jp/>
- [6] 佐藤いまり, 佐藤洋一, 池内克史, “ 全方位ステレオによる実光源環境の計測とそれにもとづく仮想物体の実画像への重ね込み ”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J81-D-II, No. 5, pp. 861-871, May 1998.
- [7] 西野恒, 佐藤いまり, 佐藤洋一, 池内克史, “ Eigen-Texture 法: 複合現実感のための3次元モデルに基づく見えの圧縮と合成 ”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J82-D-II, No. 10, pp. 1793-1803, October 1999
- [8] 金井崇, 鈴木宏正, 木村文彦, “ 複数枚の写真からの三次元形状生成システムの開発 ”, 図学研究, Vol. 31, No. 2 , pp.5-16 , 1997
- [9] 堀井洋一, 新井清志, 野村洋之, 安生健一, “ Tour Into the Picture - 1枚の絵からのアニメーション - ”, 画像ラボ, Vol.8 No12, pp.1-5, 1997
- [10] 株式会社ホロン, MotionImpact , 2002 ,
<http://www.holonsoft.co.jp/>
- [11] Illustrator イライイラスト解消委員会 , 透視図法 , 2002 ,
<http://y-ok.cn1.jp/index.html>
- [12] WebMuseum,Paris , Vermeer,Jan ,
<http://www.ibiblio.org/wm/paint/auth/vermeer/>

[13] 日本図学会編, “美の図学”, 1998