

DepthSketch : 深度情報を利用してスケッチに 遠近感を与える描画手法

名取則行^{†1} 福地健太郎^{†1}

概要 : 深度情報と色情報を同時に取得できるカメラを利用して、写真をなぞることで遠近感のあるスケッチを描けるシステムを開発した。写真の上からペンで描きこむと、ペンのある領域の深度に応じてペンの太さを変えるもので、これにより、写真をなぞっただけで奥行き感のあるスケッチを描くことができる。簡単な評価実験を行うことでただなぞるだけのスケッチに比べると、描き上がった絵に対する満足感が高いことが分かった。

DepthSketch: The drawing technique which gives depth perception to a sketch using depth data

NORIYUKI NATORI^{†1} KENTARO FUKUCHI^{†1}

Abstract: We developed a novel sketch drawing system giving perspective strokes using a depth camera that enables to capture both color and depth images simultaneously. The user can draw a stroke onto the captured color image that has perspective stroke by adjusting the size of the pen. The drawing by the proposed system supplies perspective feeling.

1. はじめに

手軽にスケッチを描きたいという要求は、カメラ内蔵のスマートフォンや小型のデジタルカメラが普及し、誰もがカメラを持ち歩くようになった今でも依然として存在する。その理由は様々だが、手で描くと自分が描きたいもののみ抽出した図像を得ることができる、手描きの味が欲しい、頭の中で思いついたものを図像にしたい、などが挙げられるだろう。



図 1 提案システムで描かれたスケッチ(右)と、元になった写真(左)

Fig. 1 A sketch drawn with the proposed system (right) and the original image (left).

本研究では、スケッチの描画手法の一つである「なぞり描き」を対象としている。すなわち、写真や絵の上にトレーシングペーパーのような透過性のある紙を置き、必要な部分を鉛筆でトレースしてスケッチを描く手法である。対

象をなぞるだけなので、オブジェクトの大きさや形状、配置などをかなり正確に写し出すことができ、絵の初心者でもある程度のスケッチを描くことができる。

一方で、「なぞり描き」によって描かれたスケッチ画は遠近感を感じないスケッチ画になりがちである。その理由として、描き手にトレース線の取捨選択をゆだねているため奥行に関する情報がトレースされない可能性があるという問題、オブジェクトの輪郭だけをトレースしてしまい、陰影の情報をトレースしないため、オブジェクトの立体感を失いやすいという問題が考えられる。さらに、遠近感を失ってしまう問題と合わせて、ただなぞっただけという心情と相まって出来上がったスケッチに対する描き手の評価は低くなりがちである。

我々は深度情報と合わせてスケッチを行う手法によりスケッチ画に遠近感を与えられると仮定し、提案手法を実装したシステムを開発してこの問題の解決を試みた。具体的には、トレース線に強弱をつけ、手前のものは太く、奥のものは細く描くことで、遠近感のあるスケッチ絵にすることで改善が図れるのではないかと考えた。

そこで今回、元となる写真を通常のカメラではなく、深度情報をあわせて撮影できるカメラを用い、なぞり描きの際のペンの太さに深度を反映させるスケッチシステム「DepthSketch」を実装した。実際に提案システムを使って描いたスケッチと、その元になった写真を図 1 に示す。

2. 関連研究

Shadow Draw[2]は、ユーザが描いたストローク群に近いエッジ集合を持った写真を、写真データベースの中から集め、それらのエッジ集合を重ねたものを薄く図示すること

^{†1} 明治大学大学院
Meiji University

により、ユーザが描きたいであろう絵の手本を示す、という手法でスケッチを支援する。ユーザが描きたいものを既存の写真集合から推測して提示することにより、ユーザの手元に手本が用意されていない状況からスケッチを始められる。

The Drawing Assistant[1]は、写真を手本にしたデッサン練習を支援するもので、基本的なデッサン手法に基づいたアドバイスや修正を、ユーザの描いた線に対してインタラクティブに提示する。

dePEND[3]は、半自動的なペンの制御により、正確な線と形状を描き出すことができるもので、机下のネオジウム磁石をスライダーで動かし、磁石にくっついたユーザのボールペンを制御するシステムである。ユーザは必ずしもスライダーの軌道に従う必要はなく、描画の最中に自由にアレンジを加えることができる。また、デジタルペンを用いることで軌跡を記録することができ、一度記録したものと全く同じものを何度も描くことができる。

オノマトペン[4]は感覚的で親しみやすい「ギザギザ」「つるつる」といったオノマトペを用いた表現をペンストロークに反映するインタラクション手法である。オノマトペを声に出しながらストロークを引くと、そのオノマトペに応じた質感や形状のストロークを引くことができる。これによりブラシ選択の必要がなくなり、より直感的にブラシを変更しやすくなったとしている。

図 2 深度情報(左)とそれを利用したスケッチ(右)

Fig. 2 Depth image (left) and a sketch drawn from it (right).



オノマトペンと同じくストロークそのものを自動的に加工し、描画する手法を用いた研究として、書道に限定したシステムではあるが、サンプリング書道[5]が挙げられる。この研究は電子楽器であるサンプラーのメタファーを取り入れることにより、書道の新しい表現法を提案した。モデルとなる書をマウスポインタでなぞることでスキャンし、サンプル群を出力することにより描画を行う。これにより誰でも容易に味のある書が描けるようになった。

いずれも手描きのスケッチについて、ユーザをどう支援するかに着目しているが、対象物の正確なデッサンではなく、描いたものの質に対しては注意を払っていない。本研究は描いたものの質を向上させることを目的としており、デッサンについては写真のなぞり描きの域を出てはならず、

これらとは相補的な関係にある。

3. 提案手法および開発したシステム

3.1 提案手法

我々はユーザが意識せず、ただなぞっただけで遠近感のあるスケッチ画を描き出せるような、または、スケッチ画の遠近感をより強調できるような手法を提案する。

手描きのスケッチで遠近感を出す手法は様々だが、遠近法の基本となる一転透視図法や二転透視図法に代表される透視図法は「なぞり描き」の性質から何も考えなくても自然に取り入れることになる。問題となるのは、このとき透視図法として必要なストロークなどを描き手が故意に描かなかったときである。その場合スケッチ画からは奥行感や遠近感が失われてしまう。

この問題に対して我々は、深度情報を利用する描画手法により、透視図法以外の遠近法を取り入れることができると仮定した。

3.2 提案手法を実装したシステム

ストロークのみのスケッチ画において、取り入れることのできる遠近表現法として、風景画で用いられる遠近法のひとつである、近い物は太く、遠くのものは細く描く表現法、つまりはストロークに強弱をつける表現法に着目した。

深度情報を用いることで手前の物と奥の物の区別がつき、対象となる写真全体の深度から描画部分の最適な太さのストロークを割り出すことができる。これにより、描画時のペン直下の場所に対応する深度情報を反映して、距離が近い領域ではストロークを太く、遠い領域では細くと、動的にストロークの太さを変えると、図2に示すように遠近感のあるスケッチが描かれる。ストロークの太さはペンの位置に応じて動的に変化するため、近いもの・遠いものをそれぞれ描くだけで、対象物の遠近を表現することが可能となる。

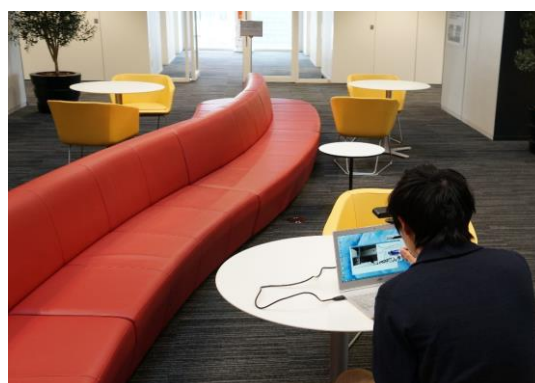


図 3 提案システムを使ったスケッチ風景

Fig. 3 Overview of the system in use.

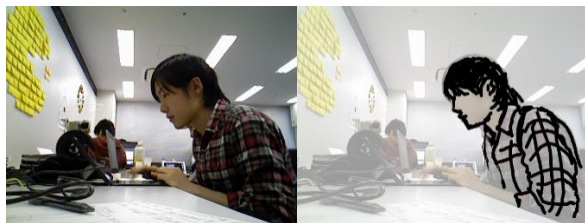


図 4 提案システムの使用画面
Fig. 4 The use screen of the system.

本システムはタッチディスプレイと対応するペンを持つタブレット PC(Surface Pro 2)・3D カメラ(XTION LIVE PRO)で構成されている。Surface Pro 2 のかわりに、PC と液晶ペンタブレットの組み合わせでもよい。

本システムの使用手順は、まず描きたい風景を 3D カメラにより、深度情報と色情情報の両方を撮影する。次に、色情情報をスケッチ画面に表示しながら、その上をペンでなぞっていくことでユーザはスケッチをしていく。使用風景の例を図 3 に、使用画面を図 4 に示す。

現在の実装では、取得した深度画像の最小値と最大値から、全体を 7 段階に分けてストロークに反映している。ストロークの太さは、最小で 1 ピクセル・最大で 7 ピクセルとしている。なお、システムを使用して描画する際に起こりうる各種課題に対して適切に対応できるようにいくつかの描画モードを実装した。

3.2.1 マニュアルモード

本システムはストロークの太さが深度情報に完全に依存しているため、狭い領域を描くのが難しい。たとえば、椅子の取っ手や机の脚など細い領域を描く際にはペンが領域からはみ出てしまう。そこで、マニュアルモードを実装した。マニュアルモードはストロークの太さを自分で選択し、その太さを維持し続ける。また、数字キー 1~7 とストロークの太さはリンクしており、それぞれ 1 ピクセル~7 ピクセルに対応している。マニュアルモード中であれば太さの変更はいつでもできる。

また、マニュアルモードは顔の表情や印刷物の文字を再現したいなど、深度情報的には太い線になってしまうが、細かい部分の描き込みをしたい場合と写真には存在していない完全にオリジナルのオブジェクトを描き込みたい場合に使用することで、部分的に深度情報を無視して描き込むことができる。

3.2.2 補助モード

狭い領域での描画をある程度自動化するモードが補助モードである。ペンを中心とした縦横 30 ピクセル幅の正方形領域内における全ピクセルと対応する深度情報の平均深度を常に計算し、ペン直下の深度情報とを比較し、差の絶対値が設定した閾値を超えた場合は、直前のストロークの太さを維持するという手法で実現した。

補助モードには深度情報のノイズを軽減する効果も期待



図 5 ノイズ削除前(上)ノイズ削除後(下)
Fig. 5 Before erasing a noise (up)
and after erasing a noise (down).

される。今回の実装では深度情報の取得に 3D カメラを用いたため、取得した深度情報には細かいノイズが写りやすく、描線の途中で一部だけ線の太さが変わってしまうことがある。そこで補助モードを用いればペン直下の周辺平均深度情報からペンの太さを算出するので、細かいノイズには影響されなくなる(図 5)。

3.2.3 深度探知モード

マニュアルモードにおいて、なんとなく選んだストロークの太さだとスケッチ画全体のバランスを崩してしまいかねない。そこで、描き込みたい部分と同じぐらいの深度にあるオブジェクトを写真内から選択し、適切な太さを読み取り、太さに反映できる描画モードを実装した。システム画面の左半分に映っている写真に対して、深度を取得したい部分にペン先をタッチすると、その部分に対応するピクセルの深度情報を元にしたストロークの太さになる。

また、描画しているオブジェクトの一部が手前の不要なオブジェクトで隠れてしまっていた場合など、描画対象としているオブジェクトの深度情報が連続していない際に、同じ太さでその延長を描きたいという要求にも答えることができる。

4. 評価実験

本システムを使用しスケッチを描いた際に、できあがった成果物に対しての評価が高くなるのか、遠近感を与えることができるのか、及び実装した各モードは意図した通りの使われ方をしているのかを検証した。



図6 被験者が描く写真

Fig. 6 The photographs drawn by the subject

4.1 実験手法

研究室内外の大学院生・学部生、合わせて 11 人に図 6 に示す 3 枚のそれぞれ異なるシーンの写真を、本システムを用いてスケッチしてもらった。それぞれの題材においてインテリアや人物の顔の描画、文字の描画、重なり合う部分の描画など細かい部分への描きこみに各モードが使用されることを期待した。補助モードに関してはノイズ取りの効果もあるので全スケッチに適用した。また、成果物に対する評価は同じスケッチ画であっても人によって多種多様である。そこで、評価の方法として、スケッチ画を描いた被験者自身が自分の成果物を評価する。そのため、実験開始前に「写真の情報をどれだけトレースするのか」という質問を多く問われたが、こちらからどれぐらいトレースするのかは指示をせず、満足のいくところで描き終えるように促した。なお、スケッチは描き手の自由であるべきなので、定規を使った者やトレース以外のオリジナルの描画も一切制限はしなかった。被験者 11 人を描画技能で分けるためにアンケート調査した。ここで描画技能は完全に被験者

の自己評価である。被験者 11 人中、自己評価「上手い」が 1 人、自己評価「普通」が 4 人、自己評価「下手」が 6 人であった。描き終わった後に成果物への評価と遠近感の感じ方についてアンケートを取り、各モードを使用した被験者には何故そのモードを使おうとしたのか、使ってみてどうであったかを答えてもらった。

4.2 結果

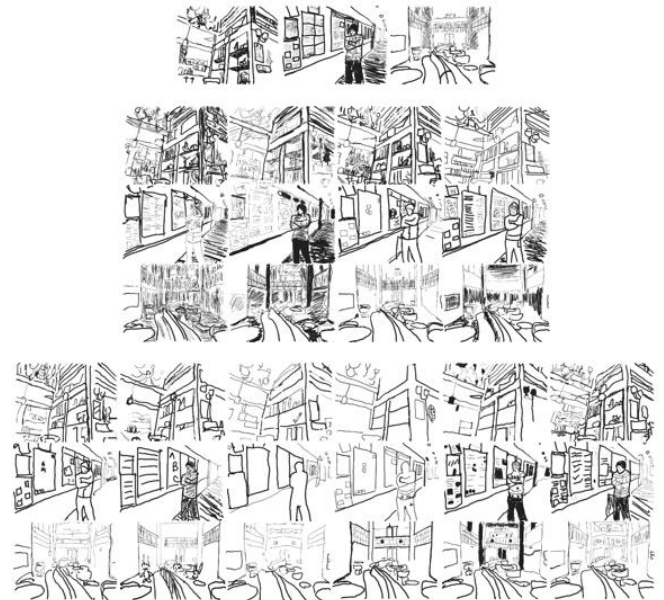


図7 実験結果 自己評価「上手い」(上)

自己評価「普通」(中)自己評価「下手」(下)

Fig. 7 The drawn result. Self-valuation "well" (up)

Self-valuation "normal" (middle) Self-valuation "poor" (down)

図 7 に実際に描かれたスケッチ画を、各モードの使用状況や使用した感想も含め被験者からのフィードバックを描画技能別に以下にまとめる。

自己評価「上手い」

- 細部を描くときにマニュアルモードおよび深度取得モードを使用した。しかし、深度取得モードはペン移動が面倒だったのでほとんどマニュアルモードを使用した
- 最初はどうかと思ったが、見直すと確かに遠近感を感じた

自己評価「普通」

- 最初にデフォルトのモードで全体を描いてから、深度取得モードで細部を描きこんでいった
- 細かい部分を描くときや、塗りつぶしたい部分にはマニュアルモードを使用し、柱など同じ深さの直線を描きたいときに深度取得モードを使用した
- 床など、奥行のある一続きの面で適当に塗りつぶしても遠近感のあるスケッチ画ができた
- スケッチ画全体のバランス的に近いところでも細く、遠いところでも深く描きたいときがあった

- デフォルトのモードが便利でほとんどそのモードで描いた
 - タブレットで絵を描いた経験はほとんどなかったが、完成したスケッチ画はとても遠近感を感じさせるものになった
 - 深度取得モードを使用しても、自分が思ったストロークの幅でないときはマニュアルモードを使用した
- 自己評価「下手」
- 広い空間の写真ではテーブルがうまく描けなかったのでウサギに描き替えた
 - 人物とポスター、広い空間のスケッチ画では遠近感が出ていた
 - 細かいオブジェクトが多く、マニュアルモードで切り替えながら描いた
 - 一旦描き終わった後、スケッチ画に付け足したいと思ったときに深度取得モードを用いて最後の仕上げをした
 - 柱を描くときに、柱とその奥との境界線でストロークの幅が変わってしまうのが嫌だったのでマニュアルモードを使用した
 - 細かい物を描くときにマニュアルモードを使用した
 - 最初だけマニュアルモードと深度取得モードを使用したけど、それ以降は使わなかった
 - 始めはデフォルトのモードで描き、細部はマニュアルモードで描いた
 - 境界線などで太さが大きく変化してしまうときにマニュアルモードを使用した

このほかのフィードバックとして、システム面へのフィードバックもあり、ユーザの要求を考察することができるため記述しておく

- 手動でストローク太さの振り幅を設定したかった
- 写真や描画中のスケッチ画を拡大縮小しながら描きたかった
- 線の太さは一度描いてみないとわからないので、現状の太さを確かめる機能がほしい

5. 考察

5.1 成果物に対する評価、遠近感について

実験結果から提案システムで描いたスケッチは少なからず描いた本人の評価が良くなることが分かった。同様に、遠近感に関しても提案システムによって少なくとも遠近感を与えられることが分かった。しかし、成果物に対する評価では支援がないよりは良いという被験者が 45.5% (5人)、遠近感は少しだけ感じるという被験者が 36.4% (4人)であり、提案システムでは高い支援効果を得ることは出来ないことが分かった。

しかし、評価の内訳をみると、支援効果の低かった 9 人は全て描画技能の自己評価が「下手」の被験者であっ

た。このことから本システムでは自己評価「普通」以上のユーザは高い支援効果を、自己評価「下手」のユーザは低い支援効果を得られることが分かった。

「なぞり描き」の性質上、描画技能に左右されないという見通しだったが、実験結果を見てみるとスケッチ画の完成度は描画技能に比例しているように見受けられる。しかし、オブジェクトの大きさや位置などに大差はない。決定的に違うのは総ストローク数である。これは、どの情報をとれただけトレースすれば一般に良いとされている絵画になるのかを自己評価「普通」以上の被験者は感覚として自然にみにつけており、何名かの被験者は大事な情報をトレースしないうちに満足して描画を終了してしまうため、そこまで良い出来だと感じなかったと考えられる。

ユーザに多くのストロークを描くように誘導するシステムやユーザの描画ストローク以外のストロークを自動的に補ってくれる機能を組み込むことで、自己評価が「下手」なユーザに高い支援効果を与えることができるかもしれない。

5.2 各モードについて

全ての被験者が最低でも片方のモードを使用していた。多くの被験者が細部を描くとき、深度が大きく異なる境界線の描画にマニュアルモードか深度取得モードを使用していた。これは各モードの意図した通りのことであり、その有用性を確かめることができた。

数人の比較者は、それぞれの深度が大きく異なる柱の境界線にマニュアルモードなり、深度取得モードなりを使用したとしている。このような部分ではストロークの太さの変化が著しく、柱の境界の様にまっすぐな直線であると縦横 30 ピクセル中半分以上がそれぞれ差の激しい深度情報になってしまうため補助モードも役に立たない。よって、このような部分では各モードの必要性が高いことが分かった。

補助モードについては被験者からデータのノイズに関する発言を得られなかったため、有効に機能していたといえる。

5.3 被験者のフィードバックから分かったこと

状況によってストローク幅の振り幅を手動で決められる機能を要求した被験者がいた。このことから、現在のシステムは深度情報の最奥と最も手前のデータを均等に 7 等分しているため、場合によってはストロークの太さに偏りが出てしまう可能性があることが分かった。これに対処するための手段として、7 等分した後の各太さの割合を計算し、その割合が均等になるように全体を調整する手法が考えられる。また、この調整もユーザによって行えるようにすれば、それぞれのユーザに最適のストロークの太さの割合となり、より遠近感を与えることができると考えられる。

描画時の傾向としてすべての被験者が近くオブジェクトから描き始めていることが分かった。この傾向を用い

ればユーザの描画順序やストローク順序などを誘導することができる可能性があり、今後検討する必要がある。

二人の被験者は塗りつぶしについて言及していた。一人は、奥行のある一続きの面において、適当に塗りつぶしてもそこに遠近感が生まれたとしている。本来塗りつぶしは一色でその面を全て塗ってしまうため、線の太さには影響されないはずである。にもかかわらず遠近感のある塗りつぶしができるというのは、あえて隙間のある塗りつぶしにすることでストロークの太さが一続きに変化している様が窺えるためだと考えられる。もう一人は塗りつぶしを行う時にマニュアルモードを使用したとしており、描画ソフトなどによく実装されているブラシと同じ役割として使われたということである。このことから今回我々はストロークの太さという情報を遠近感として使用していたが、これは描き手の表現の手段でもあることが分かった。ゆえに、遠近感の提示にストロークの太さを利用することは再度一考しなければならない。

6. 他の遠近感の表現の仕方

今回我々は、提案手法である深度情報を利用した遠近表現としてストロークの太さに着目したが、前述した通り、ストロークの太さは場合によっては描き手の表現の手段として使用されることが分かった。

そこで、ストロークの太さ以外の遠近表現として、空気遠近法、ぼかし効果、立体視差に着目し、深度情報を利用してこれを自動的に表現できるシステムを開発した。新たに開発したシステムを用いて描いたスケッチ画を図8に示す。



図8 他の遠近表現 空気遠近法(上)
ぼかし効果(中)両眼視差による立体視(下)

Fig. 8 Other perspective. Aerial perspective (up), the blur effect (middle) and stereogram (down)

これにより、本提案手法である深度情報を利用するスケッチ手法は応用性が高く、既存の遠近表現をシステムに取り込めることが分かった。

7. おわりに

今後は、提案手法を使つてのスケッチ実験をさらに重ね、必要な機能を洗い出し実装を進めていくのと同時に、提案手法を実装したシステムで描かれたスケッチの優位性についての検証を進め、また提案手法の限界について探っていく。

参考文献

- 1) Iarussi, E., Bousseau, A. and Tsandilas, T.: The Drawing Assistant: Automated Drawing Guidance and Feedback from Photographs, Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '13, New York, NY, USA, ACM, pp. 183{192, DOI:10.1145/2501988.2501997 (2013).
- 2) Lee, Y. J., Zitnick, C. L. and Cohen, M. F.: Shadow-Draw: Real-time User Guidance for Freehand Drawing, ACM Trans. Graph., Vol. 30, No. 4, pp. 27:1{27:10, DOI:10.1145/2010324.1964922 (2011).
- 3) Junichi Yamaoka and Yasuaki Kakehi : dePEND: augmented handwriting system using ferromagnetism of a ballpoint pen, Proceedings of UIST '13, pp.203-210(2013).
- 4) 神原啓介、塚田浩二：オノマトペ、コンピュータソフトウェア 27(1)、pp.48-55(2010)
- 5) 内平博貴、宮下芳明：サンプラーのメタファーを取り入れた書道表現システム、情報処理学会研究報告.HCI、ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告 2009-HCI-133(5)、pp.1-7(2009)