

2023年度 卒業論文

人のような描き方ができる頭部の
線画生成の研究

2024年3月

指導教員

藤江真也 教授

千葉工業大学 先進工学部
未来ロボティクス学科

森田大雅

目次

第1章	序論	1
1.1	背景	1
1.2	本研究の目的	2
1.3	本論文の構成	2
第2章	関連研究	3
2.1	描画ロボットに関する研究	3
2.2	エッジ抽出に関する研究	3
第3章	システム構成	4
3.1	ハードウェア	4
3.2	ロボットの機構	4
3.3	手先の位置と回転角の関係	4
第4章	提案手法	7
4.1	領域と端点を用いた経路の求め方	7
第5章	実験	8
5.1	概要	8
5.2	比較手法	8
5.2.1	ラスタスキャン	8
5.2.2	領域と端点を用いた方法	8
第6章	結論	9

圖目次

表 目 次

第1章 序論

1.1 背景

従来の描画ロボットの研究では描かれた絵が、どのくらい上手く描けているかに着目している研究が多い。例えばシンプルにエッジ抽出から人物画を描く文献 [1] や、エッジ抽出とハッチングから芸術的な人物画を鉛筆で描く文献 [2]、リモートユーザがタブレットを介してロボットに描かせる文献 [3] などが存在する。これらの研究ではたしかに模写や芸術的な表現が可能になっている。

古来よりヒトは頭部を数多く描いてきた。文字を描く技術が生まれ、絵を技術が生まれ、記録することができるようになった。しかし映像として記録できるようになるまでの間、ヒトは文章や絵で記録を行う。絵を描くことで当時の災害や争いの悲惨さを伝えたり、カリスマ性のある指導者の偉大さを強く表現したりした。またヒトの頭部も多く描かれた。なかでもヒトの頭部は表情が存在するため絵に様々な意味を連想させたり、静止した一場面にストーリーをもたせたり、背景などの他の要素をより際立たせる。静止しているにも関わらず、ストーリーをもつ点では映像とはまた別の独特な魅力を持っている。これは絵画以外に漫画などにも当てはまることで、頭部を描く重要性は高い。

現代ではデジタルで絵を描いたり、AI に絵を生成してもらうことが当たり前になっている。絵の場合、アナログの複製はほとんど意味をなさない。たとえ見た目が同じに見えても、絵の具を使った量や、混ぜた色の比率、筆のタッチの刻み方を完全に再現することは不可能であるからだ。それだけ、優れた絵描きの絵のオリジナリティは強く評価される。また時間と労力は有限であるため、作品数は限られる。

1.2 本研究の目的

従来の描画ロボットの研究を調査した結果、人のような描き方を追求したものが少ないと感じた。そこで本研究では、ある画家が描いた頭部作品の画像から描き順ができるだけ人に近い描き方をする描画ロボットを作成を行う。現代において鉛筆デッサンをする場合、線画を描く、つまり輪郭をはっきり描く方法は一般的ではない。これは古典的なデッサンの方法で昔の巨匠、例えばミケランジェロやダビンチなどが輪郭を描いている。しかし全く行われないうわけでもなく、画家によっては輪郭を描く。また、輪郭を描くことで何かしら特別な意味を込めた場合などに描く場合もある。

1.3 本論文の構成

第2章 関連研究

描画ロボットに関する研究と、線画を求めるためにエッジをできるだけ残せるようにする必要がある。

2.1 描画ロボットに関する研究

文献 [1] では、6 軸のマニピュレータロボットを用いて、シンプルにエッジ抽出から人物画を描く研究を行っている。また文献 [2] では、Canny やラブラシアンなど様々なエッジ抽出と細線化、そして影の部分などをハッチングで表現できるように、芸術的な人物画を鉛筆で描く研究を行っている。またリモートユーザがタブレットを介してロボットに描かせる文献 [3] などが存在する。

2.2 エッジ抽出に関する研究

用途にもよるがエッジ抽出において、Canny のエッジ検出アルゴリズムが最もよく用いられる。エッジ抽出を行うとき、しきい値を高くするとノイズは少なくなるが、エッジが見えなくなってしまう。逆にしきい値を低くするとエッジは残るが、ノイズがはっきりと現れてしまう。これらのトレードオフ関係に取り組んだ論文が文献 [4] である。この文献は画像を領域ごとに仕切り分けを行い、その領域ごとにエッジがあるのか、ノイズがあるのか、両方あるのかを判定し、領域ごとにしきい値の値を決め、トレードオフ関係に対処しようとしている。結果的に改良に用いた Canny のエッジ検出アルゴリズムより若干向上したことを示している。

第3章 システム構成

3.1 ハードウェア

ロボットの機体は Adept の ADA031 を用いている．Arduino で動作するため、画像処理の難易度が高い．そこでメインボードを Raspberry Pi に代え、それとロボットアームの各 servo モータを接続するためにブレッドボードやジャンパー線、抵抗を用いて改良を行った．

3.2 ロボットの機構

本研究で用いるロボットは 3 軸のマニピュレータロボットである．servo1 を原点とし、各 servo の回転角度を $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 、各リンクの長さを l_1, l_2, l_3, l_4 とする．

3.3 手先の位置と回転角の関係

リンク座標系に定義した各パラメータと、順運動学と逆運動学を用いて手先の位置から回転角を求める．また DH(Denavit-Hartenberg) 記法を用いて、各リンクの関係を示す．このリンク座標系をもとに、座標系 1 から 3 への座標変換行列を求めると以下ようになる．

$${}^0T_3 = {}^0T_1 T_1^2 T_2^2 T_3 = \begin{pmatrix} C_1 C_{23} & -C_1 S_{23} & 0 & l_2 C_1 S_2 \\ S_1 C_{23} & -S_1 S_{23} & 0 & l_2 S_1 S_2 \\ -S_{23} & -C_{23} & -1 & l_2 C_2 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

ただし、

$$\begin{pmatrix} C_{23} = \cos\theta_2\cos\theta_3 - \sin\theta_2\sin\theta_3 \\ S_{23} = \sin\theta_2\cos\theta_3 + \cos\theta_2\sin\theta_3 \end{pmatrix}$$

また、手先ベクトルが以下のように求まる。

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & l_4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -l_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & l_4 \\ 0 & 1 & 0 & -l_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

式 (3.1) と (3.2) より手先までの座標変換行列 0P_r が以下のように求まる。

$${}^0P_r = {}^0T_3 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & l_4 \\ 0 & 1 & 0 & -l_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{t} \\ \mathbf{0} & 1 \end{pmatrix}$$

ただし、回転行列 \mathbf{R} と並進 \mathbf{t} は以下の結果になる。

$$\begin{aligned} \mathbf{R} &= \begin{pmatrix} C_1C_{23} & -C_1S_{23} & 0 \\ S_1C_{23} & -S_1S_{23} & 0 \\ -S_{23} & -C_{23} & -1 \end{pmatrix} \\ \mathbf{t} &= \begin{pmatrix} l_4C_1C_{23} + l_3C_1S_{23} + l_2C_1S_2 \\ l_4S_1C_{23} + l_3S_1S_{23} + l_2S_1S_2 \\ -l_4S_{23} + l_3C_{23} + l_2C_2 + l_1 \end{pmatrix} \\ \mathbf{0} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

座標変換行列の並進ベクトル \mathbf{t} が順運動学解なので、手先の位置 x, y, z が以下のように求まる。

$$\begin{aligned} x &= C_1(l_4C_{23} + l_3S_{23} + l_2S_2) \\ y &= S_1(l_4C_{23} + l_3S_{23} + l_2S_2) \\ z - l_1 &= -l_4S_{23} + l_3C_{23} + l_2C_2 \end{aligned} \quad (3.3)$$

式 (3.3) より逆運動学解 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ は以下のように求まる.

$$\begin{aligned}
 \theta_1 &= \frac{1}{2} \cos^{-1} \left(\frac{x^2 - y^2}{x^2 + y^2} \right) \\
 \theta_2 &= \cos^{-1} \left(\frac{x^2 + y^2 + (z - l_1)^2 + l_2^2 - l_3^2 - l_4^2}{2l_2 \sqrt{x^2 + y^2 + (z - l_1)^2}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z - l_1} \right) \\
 \theta_3 &= \cos^{-1} \left(\frac{x^2 + y^2 + (z - l_1)^2 - l_4^2 - l_3^2 - l_2^2}{2l_2 \sqrt{l_3^2 + l_4^2}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{-l_4}{l_3} \right)
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

第4章 提案手法

4.1 領域と端点を用いた経路の求め方

第5章 実験

5.1 概要

経路の求めるためにラスタスキャンと領域、端点を用いた方法のどちらが人のような描き方に近いかを比較し、どちらの描き順が人が描いたように見えるのかアンケートを oo 人にとった.

5.2 比較手法

比較には以下に示す

5.2.1 ラスタスキャン

5.2.2 領域と端点を用いた方法

第6章 結論

謝辭

参考文献

- [1] M. Pichkalev, R. Lavrenov, R. Safin and K. -H. Hsia, "Face Drawing by KUKA 6 Axis Robot Manipulator," 2019 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Kazan, Russia, 2019, pp. 709-714, doi: 10.1109/DeSE.2019.00132.
- [2] Felix Fisgus, Joris Wegner: "Pankraz Piktograph".
- [3] Shubham Agarwal, Sarvesh S. S. Rawat, V Sumathi: "A drawing robotic hand based on inverse kinematics", International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES2014), Chennai, India, 2014, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICICES.2014.7034005.
- [4] D. Dhillon and R. Chouhan, "Enhanced Edge Detection Using SR-Guided Threshold Maneuvering and Window Mapping: Handling Broken Edges and Noisy Structures in Canny Edges," in IEEE Access, vol. 10, pp. 11191-11205, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3145428.