

[研究助成 (A)]

ラフスケッチ画から高品質な 3D キャラクタを 制作するための深層学習フレームワーク

Deep Learning-based Framework for 3D Character Design from Rough Sketch

2201023



研究代表者

東京大学
大学院情報理工学系研究科

助 教

福 里 司

共同研究者

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科

講 師

謝 浩 然

[研究の目的]

3DCG ソフトウェアの普及に伴い、3DCG 映像作品が世界中に発信されている。その一方、3DCG 技術は、多大な手間と時間のかかる作業である上に、ソフトウェア自体を操作するための専門知識（例：複雑なパラメータ調整）を要求されてしまうため、一般ユーザによる映像制作は難しい。このような背景から、ユーザ側が一方的に「3DCG システムの原理」を理解するのではなく、3DCG システム側が「ユーザがどのような結果を求めているのか」を理解するための方法が求められている。そこで本研究は、最も直感的な方法の一つ「スケッチ入力」に着目し、スケッチ画による 3DCG システムを制御するための基盤技術の構築を目指す。

[研究の内容、成果]

ユーザが描くラフなスケッチ画は、「鉛筆画のように線が重ね描きされている場合、形状情報（例：輪郭）が曖昧となっている」「描かれたパーツ形状（例：目）やパーツ間の関係性（例：目と鼻の距離やサイズ比）が常に正しく描かれているわけではない」ため、高品質な 3DCG モデル生成を行うための入力情報としては適切ではない。技術的な課題として、

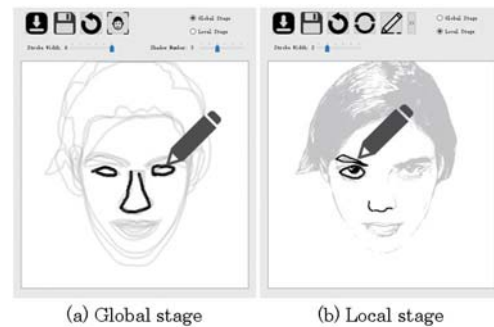


図1 DualFace [1]

「3DCG システムを操作するためのパラメータ（機械側）」と「ユーザが描いたスケッチ画（人間側）」のギャップをどのように埋めるのが挙げられる。そこで本研究は、高品質な 3DCG 映像作品を生成するために、前工程である「スケッチ画（ユーザ入力）自体の品質を向上させるための方法」と後工程の「3DCG キャラクタの動きを製作するためのスケッチ操作方法」に関する研究に着手した。以下に、それぞれの研究内容について紹介する。

一つ目の研究は、ユーザ自身のスケッチ画を描くスキルを伸ばすために用いられる「既存の写真や手描きスケッチを下絵にしながら絵を描く」方法を応用し、スケッチ制作自体をサポートするシステム「DualFace」である [1]。DualFace を構築するにあたり、スケッチ画を描く工程が、(1) パーツのバランス（大域的な特徴）を描く工程と(2) パーツ自体の形状（局

所的な特徴)を描く工程の二つに分かれていることに着目し、ユーザが描きたい絵に対する、それぞれの工程の下絵(ガイダンス)を表示する機能を検討する(図1)。具体的な方法としては、ラフスケッチ画(線画)のデータベースを事前に構築し、ユーザが描いている段階(途中結果)に、システムが「どのような絵を描きたいのか」をリアルタイムに推定し、二種類のガイダンスを表示するものである。但し、各ガイダンスとして、データベース上の線画イラストを直接「表示」した場合、ガイダンス可能な線画の種類がデータベース内に存在する絵のみに限られてしまい、ユーザは新しい絵を描くことができない。そこで本研究では、深層学習技術を応用し、ユーザが描いたスケッチ画(途中結果)に対する適切なガイダンスを「生成」する(=ユーザが描きたい絵を推定)。今回は、正面顔を対象とした線画データベースを構築し、生成されるガイダンスのクオリティに関する定性的な評価とユーザ評価を通して有用性を示した。

DualFaceは、線画データベースの種類を変更することで、任意の線画を描くためのサポートができる(例:キャラクタ画)。つまり、本プロジェクトの目的「3Dキャラクタの映像生成」用の入力データ(ユーザによって描かれるスケッチ画)の品質を向上させることができる。しかし、DualFaceは事前に膨大な枚数のキャラクタ線画のデータベースを用意しなければならない、データベース構築に非常に手間と時間がかかってしまう。そこで次の研究として、線画データベース構築自体を支援するための技術に従事した。まず我々は、任意のカラーイラストから線画データを自動抽出するアルゴリズム[2]に考案した。入力画像から線画データを抽出する代表的な手法として、Cannyフィルタが挙げられる。Cannyは他の既存エッジ抽出法より高品質な検出ができるものの、パラメータ数が多い点や実際の線(輪郭線)とのずれを引き起こしてしまうことが問題点として指摘さ



図2 イラストからの線画抽出 [2]

れている。近年では、機械学習を用いた線画データの抽出手法も考案されているが、こちらも膨大な規模のデータベース(カラーイラストと線画のペア)を用意しなければならない、当初の目的であった「イラスト線画のデータベースの作成を支援すること」と矛盾してしまう。そこで我々は、基礎的な図形(例:円、四角形、直線、曲線)を用いてデータ量を拡張するData Augmentation技法を用いることで、一組(または小数)の画像ペアデータによる線画抽出用の深層学習モデルを構築した。更に、後処理工程を追加することで、データ量が少ない状況下でも、従来手法と比べて高精度な線画抽出を実現した(図2)。

線画データベースの構築を支援する二つ目の方法として、少数の線画データ(サンプル)を基に、似ていながらも少し異なる線画(例:中割画像)を大量に作る方法を検討した。これまでに中割画像を生成する手法は多数考案されているものの、それらはいずれもサンプル間での対応関係(例:一枚目の画像の「顔の輪郭を表す線」と二枚目の「輪郭線」)を構築しなければならない。対応関係を構築する際、線画内のストローク線の形状類似度(局所的な特徴)を用いる方法が一般的であるが、この方法は線画の大域的な情報(パーツの位置関係)を考慮することは難しい。そこで我々は、イラスト内のパーツの隣接関係や骨格情報を基に、線画内の

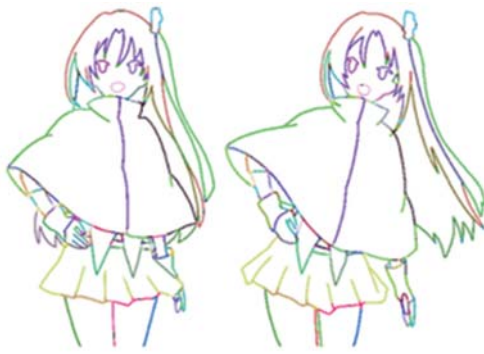


図3 線画間の対応関係の推定結果 [3]
(隣接関係を用いた場合)

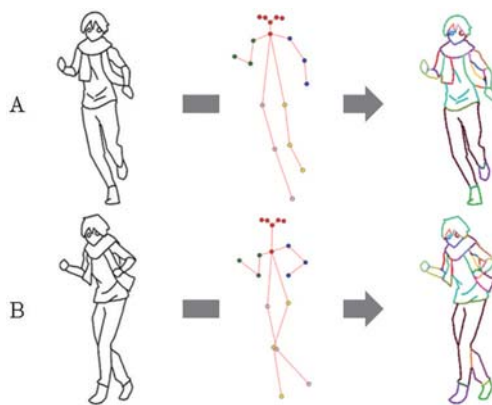


図4 線画間の対応関係の推定結果 [4]
(骨格情報を用いた場合)

大域特徴を考慮した対応関係の自動推定手法を提案した [3, 4]。更に、シンプルなユーザーインターフェースを導入することで、対話的な編集を可能とした。既存手法との比較した結果、推定精度及び修正回数で有用性を示した (図3, 図4)。

これまでに考案した手法を組み合わせることで、ユーザが描くキャラクタ線画 (入力データ) の品質を向上できる。それに伴い、3D キャラクタを生成するための技術の出力結果のクオリティ向上も期待できる。そこで我々は、3D キャラクタ制作における次の工程、キャラクタの動きの制作支援に関する手法を検討する。但し、スケッチ操作でキャラクタの動きを制御するためには、「ユーザはどのような絵を描くと良いのか」や「(これまでの研究と同様) ラフスケッチ自体の曖昧さをどのように解消するか」が求められてしまう。既存手法では、キャ

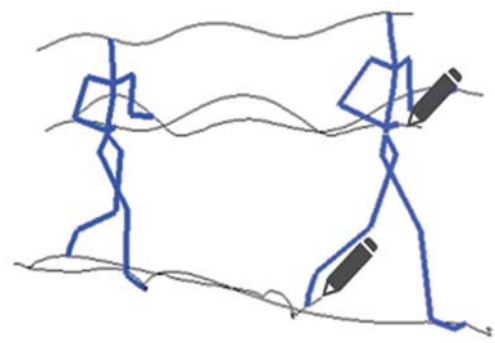


図5 Sketch2Motion [5]

ラクタのポーズ (姿勢) を数枚描くアプローチが主であったものの、動きのタイミングの指定 (時間設定) が難しい。そこで我々は、キャラクタの動きを表現する一般的なデータ形式、スケルトン構造の関節 (ジョイント) に着目し、各関節の軌道線をユーザが描く方式「Sketch2Motion」を提案した [5]。具体的な手順として、スケルトン構造で表現されるモーションデータを用意する。次に、各モーションデータの各関節の時系列データ (3 次元的な座標情報) を 2 次元キャンバス上に射影し、2 次元の軌道線のデータ (特徴量) を記録する。ユーザは 2 次元キャンバス上に軌道線をスケッチすることで、モーションデータの検索を実現する (図5)。但し、スケルトン構造には関節間の距離 (例: 腕の長さ) や関節角度に制限があるため、ユーザはモーションの制約を意識しつつ、スケッチ画を作成しなければならない。そこで我々は、DualFace で用いた手法、「ユーザの描いた絵 (途中結果) を基に下絵を生成す

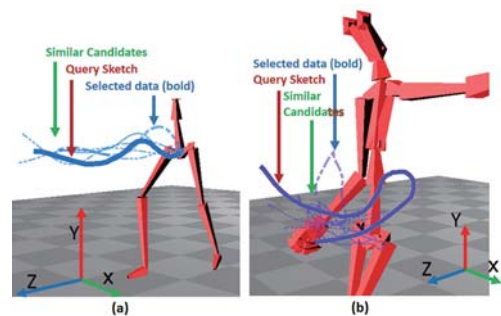


図6 ユーザのスケッチ操作に対する軌道線ガイダンスの一例

る手法」を応用し、軌道線の下絵をキャンバス上に表示する機能を開発した（図6）。

この機能を用いることで、ユーザはモーションの制約を直感的に理解することができる。今回は、シンプルなモーション（例：歩行やジャンプ動作）を対象とし、キャラクタの進行方向に対して横向きに射影した軌道線データベースを作成し、ユーザ実験を行った。その結果、既存のモーション検索手法（キャラクタのポーズを描く方法）と比べて、提案手法がより直感的かつ容易であることを示した。

更に、軌道線のスケッチ画を用いたモーション検索技術 [5] を応用し、検索した複数のモーションデータの一つにまとめる手法も提案した [6, 7]。具体的には、スケッチ画によって検索した各部位のモーションデータ（例：腕のモーション、足のモーション）の時系列情報を、スケルトンデータに直接埋め込むものである。ユーザ評価を通して本手法の有用性を示したものの、将来的には DualFace と同様、深層学習技術を用いて新しいモーションデータを合成する手法も検討したい。

[今後の研究の方向、課題]

本研究はラフなスケッチ画によって高品質な 3DCG キャラクタアニメーションの制作を実現するために、ユーザが描くスケッチ画の品質を向上させるシステム「DualFace」及び、イラスト画のデータベース構築を支援する方法（カラーイラストからの線画抽出方法、中割制作向けの線画間の対応関係の構築方法）、3D キャラクタの動きを制御するためのスケッチ入力方法及びモーション生成方法「Sketch2Motion」を考案した。今後の研究方向として、提案した Sketch2Motion の手法に深層学習アルゴリズムを組み合わせ、より高品質なモーションデータを

を生成することが挙げられる。更に、これらの研究成果は、すべてが独立したプログラムとになっているため、ユーザが気軽に扱うことは難しい。そこで、3D キャラクタモデルの生成手法の工程を追加した上で、全ての処理を行うことができるソフトウェアの開発及び、システム公開を目指したい。

[成果の発表、論文等]

- [1] Z. Huang, Y. Peng, T. Hibino, C. Zhao, H. Xie, T. Fukusato, K. Miyata. "DualFace: Two-Stage Drawing Guidance for Freehand Portrait Sketching." Computational Visual Media, Vol. 8, Issue 1, pp. 63-77, Springer, 2021.10.
- [2] Z. Huang, Y. Peng, H. Xie, T. Fukusato, K. Miyata. "One-shot Line Extraction from Color Illustrations." NICOGRAPH International 2021, pp. 19-22, 2021.07.09-10. Best Short Paper Award
- [3] R. Miyauchi, T. Fukusato, H. Xie, K. Miyata. "Stroke Correspondence by Labeling Closed Areas." NICOGRAPH International 2021, pp. 34-41, 2021.07.09-10.
- [4] R. Miyauchi, Y. Peng, T. Fukusato, H. Xie. "Skeleton2Stroke: Interactive Stroke Correspondence Editing with Pose Features." ACM SIGGRAPH ASIA 2021 Technical Communications, pp.6: 1-6: 4, 2021.12.14-17.
- [5] Y. Peng, Z. Huang, C. Zhao, H. Xie, T. Fukusato, K. Miyata. "Sketch-based Human Motion Retrieval via Shadow Guidance." NICOGRAPH International 2021, pp. 42-45, 2021.07.09-10
- [6] Y. Peng, C. Zhao, Z. Huang, T. Fukusato, H. Xie, K. Miyata. "Two-Stage Motion Editing Interface for Character Animation." The 20th annual Symposium on Computer Animation (SCA), pp. 3: 1-3: 2, 2021.09.07-10
- [7] 彭以深, 趙春琪, 黃正宇, 福里司, 謝浩然, 宮田一乘. "ラフスケッチによる2段階モーション編集技術." 第184回コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究会, 22: 1-22: 6, 2021.11.05-06.
- [8] Two Stage Design Strategy for Sketch-Based Graphical Interface, ACM SIGGRAPH Silicon Valley, 2021.10.