7ZC-07

機械学習を用いたスケッチベースの手続き型航空機モデリング

高橋　利茂 *　　小池　崇文 *
* 法政大学情報科学部　　† 法政大学大学院情報科学研究科

1. はじめに

本論文では，機械学習を用い，スケッチによって直感的に航空機の形状モデリングをする方法を提案する．現在のモデリングソフトは 3 次元形状を作成するために様々な機能を持ち，操作が複雑である．複雑な操作はユーザーが形状モデリングに集中して思考することを妨げる恐れがある．そこで，スケッチを入力としてモデリングすることを提案する．スケッチを用いてモデリングする手法として手続き型形状モデリングを使用する．あらかじめ手続き型モデリングで定義された形状をレンダリングし，これを用いて機械学習することでスケッチからモデルを推定させる．この手法により，モデリングソフトに対する知識が少なくてもスケッチさえできればモデリングができるようになる．

2. 関連研究

2.1. スケッチを用いたモデリング

Igarashi らは手描きスケッチを用いたモデリング手法を提案した [1]．この手法では，手描き曲線を多角形とする．多角形の凹角を形状の分岐点として見た場合の中心線 (chordal axis) を多角形に垂直な方向に持ち上げて立体を作る．しかし，この手法では作成される形状はスケッチの通りになる．つまり，スケッチが歪むと形状も歪んでしまう．

2.2. スケッチと機械学習を用いたモデリング

Nishida らは，スケッチと手続き型モデリングを用いたモデリング手法として，スケッチと機械学習を用いた建築物の手続き型モデリングを提案した [2]．最初に，屋根や窓などの部品形状を命令アルゴリズムで定義しておく．例えば，屋根は直方体を作り，その上面を小さくする，と命令アルゴリズムで定義する．次に命令アルゴリズムのパラメータをランダムに変えてレンダリングした画像を数万枚用意する．例えば，屋根は高さや長さなどのパラメータをランダムに変えてレンダリングする．この画像を入力として，畳み込みニューラルネットワークによって部品の種類と，部品のパラメータを学習する．ユーザーがモデリングするときには，ユーザーが描いたスケッチ画像を入力としてネットワークに読み込ませる．その後，読み込ませた画像に応じてネットワークが部品の種類とパラメータを推定し，部品の形状を決定する．この手法の出力形状は推定したパラメータと定義した命令アルゴリズムで計算した形状となる．

3. 提案手法

本研究ではスケッチと機械学習を用いた航空機の手続き型モデリングの手法を提案する．処理フローを図 1 に示す．

手法の構成は，実行前の学習段階と実行時のモデリング段階の 2 つに分けられる．まず提案手法でモデリングする前の処理では，航空機の胴体や翼などの部品を手続き型モデリングで作成する．部品は命令の組み合わせで定義されていて，パラメータを変更することにより形状を変えることができる．例えば翼のパラメータは長さや幅などがある．航空機の形状とパラメータは [3] を参考にした．部品の長さや厚さなどのパラメータをランダムに変え，形状の異なるモデルの画像を合計数万枚レンダリングする．この画像を入力として，畳み込みニューラルネットワークによって部品の種類と部品ごとのパラメータを学習する．畳み込みニューラルネットワークとはニューラルネットワークの一種である．例えば，畳み込みニューラルネットワークに写真と何が映っているかというラベルをセットで学習させると画像に何が映っているか判別できるようになる．部品の種類を学習した分類用ネットワークと部品ごとのパラメータを推定できるように学習した推定用ネットワークの 2 種類用意する．モデリングの際にはスケッチ画像をネットワークに読み込ませる．ネットワークは部品の種類とパラメータを推定し，形状を決定し，部品のモデルを作成する．作成された部品のモデルをつなぎ合わせて，出力である航空機のモデルを作成する．

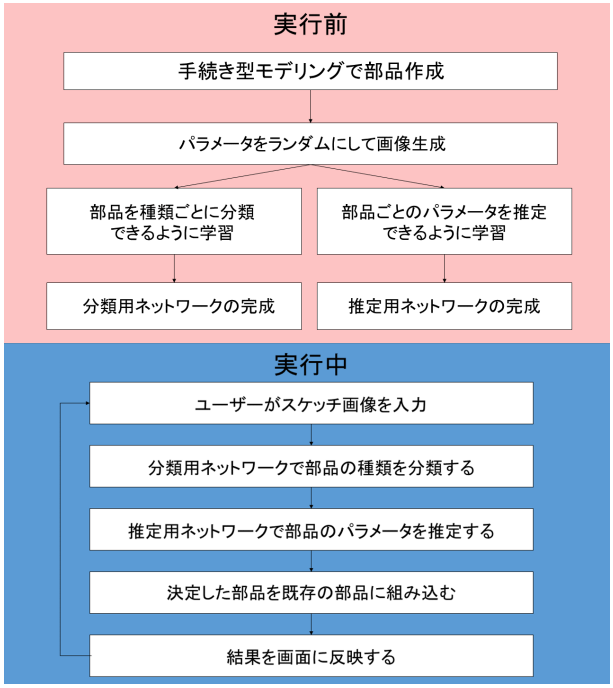


図 1. 処理フロー

3.1. 部品

部品には航空機を構成する最低限の部品として胴体，翼，エンジンを作成した．これらのパラメータはパラメータ推定ネットワークの出力が 0 から 1 の間で正規化されているため，0 から 1 の間となる．

3.2. 学習

部品のパラメータをランダムに決定して画像をレンダリングする．Nishida らの研究 [2] で使用した EDline[4] と呼ばれる線分検出アルゴリズムを用いてレンダリング画像から線分を検出し，検出した線分で新しく画像を作る．LSD で検出した線分は手描き線を模倣した線になる．そのため手描きスケッチ画像から推定することを目的としたネットワークの学習に適している．これにより，LSD を用いて作った画像で学習したネットワークはレンダリング画像で学習したネットワークより手描きスケッチ画像から推定する精度が高くなる．LSD を用いて作った学習画像を各種部品ごとにそれぞれ 5000 枚用意する．

Sketch-based Procedural Modeling of Aircraft using Machine Learning
Toshishige TAKAHASHI, Takafumi KOIKE
Faculty of Conputer and Information Sciences, Hosei University, Tokyo, Koganei-shi, 3-7-2 Kajino-cho

Copyright ©2019 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

次に，部品分類用ネットワークを学習するためのデータセットとパラメータ推定用ネットワークを学習するためのデータセットを作る．データセットは学習画像とネットワークに推定させたい数値であるラベルのセットである．部品分類用のデータセットでは，例えば胴体の画像と部品の種類のうち胴体を示す値である 0，翼の画像と部品の種類のうち翼を示す値である 1 をデータセットに登録する．パラメータ推定用のデータセットでは，例えば長さが 0.9，幅が 0.3 の翼の画像と長さの値である 0.7，幅の値である 0.7 をデータセットに登録する．学習画像とラベルのデータセットを畳み込みニューラルネットワークに読み込んで学習する．

3.3. スケッチの推定

スケッチは部品に対して真上からの視点と真横からの視点と正面からの視点の 3 面図で行う．工業系の製図では 3 面図がよく使われているためである．スケッチはまず，分類用ネットワークで読み込む．分類用ネットワークはそれが何の部品であるかを確率で示す．例えば翼のスケッチを入力すると，分類用ネットワークは翼:90 %，胴体:5 %…のように結果を返す．この中で確率の一番高い種類を作成する部品として決定する．また，確率の一番高い種類が自分の作りたい部品でなかった場合，手動で部品を選択する．次に決定した部品のパラメータ推定ネットワークで読み込み，パラメータを推定する．例えば，翼を選択した場合は翼用の推定用ネットワークで各パラメータを推定する．

3.4. 入力インターフェイス

スケッチ入力用インターフェイスを図 2 に示す．内側の 4 つの画面がスケッチ入力画面である．左上が機体左側からの視点，右上が機体の真上からの視点，左下が機体の前からの視点，右下が機体の左斜め前からの視点である．それぞれの視点の入力画面にスケッチに対する操作ボタンを配置している．また，左の画面にはスケッチから推定した部品の種類を表示し，右の画面には現在作成した部品の一覧を表示する．

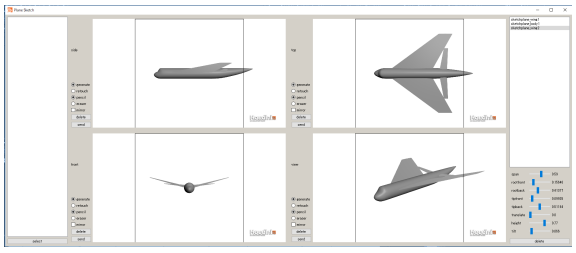


図 2. スケッチ入力インターフェイス

3.5. 環境

本研究はモデリング環境として Houdini16.5 を使う．Houdini とは手続き型モデリングに特化した 3DCG ソフトウェアである．機械学習フレームワークとして Nishida らの研究 [2] でも使用された Caffe を使う．スケッチ入力画面作成のプログラミング言語は Python を使用する．

4. 実験

図 2 の入力画面を使用して航空機を作成してもらう．まず，被験者に入力画面の説明をする．その後，練習として航空機を作ってもらう．練習の後，スケッチのみでサンプルモデルにできるだけ似せるように航空機を作ってもらう．次に，パラメータのみでサンプルモデルにできるだけ似せるように航空機を作ってもらう．評価指標は Nishida らの研究 [2] を参考に，作成時間，作業中のクリック回数，各部品のパラメータのサンプルモデルとの差とする．サンプルモデルは図 3 である．

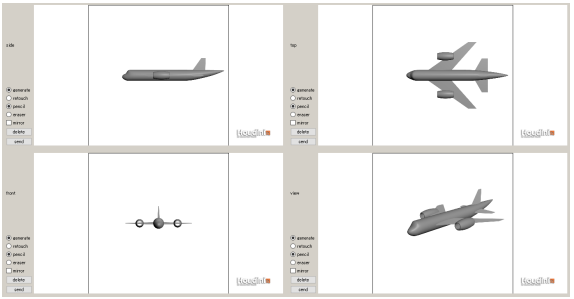


図 3. サンプルモデル

5. 結果

8 人の被験者に実験してもらった．作成時間の平均，作業中のクリック回数の平均，各部品のパラメータのサンプルモデルとの差の二乗の平均を表 1 に示す．

表 1. 実験結果

	作成時間 (秒)	作業中のクリック回数	各部品のパラメータのサンプルモデルとの差の二乗平均
スケッチのみ	263.2	78.8	0.030
パラメータのみ	341.8	138.8	0.053

6. 考察

平均作成時間はスケッチのみで作業した方が短かった．また，作業中のクリックの平均回数はスケッチのみの方が少なかった．また，サンプルモデルとのパラメータ誤差について見るとスケッチのみの方が精度がよいことがわかる．以上のことからスケッチの方が作業効率が上がっていると考えられる．

7. 結論

本研究ではスケッチと機械学習を用いて航空機のような流線形状の手続き型モデリングをする手法を実装した．また，スケッチを用いた手続き型モデリングはパラメータ調整のみで行う手続き型モデリングより作業効率が上がった．胴体，翼，エンジン以外の部品も作成することでさらに本物に近い形状の航空機や，旅客機以外の例えば戦闘機といった航空機も作成できるように検討したい．

参考文献

[1] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka and Hidehiko Tanaka, “Teddy: A Sketching Interface for 3D Freefrom Design”, ACM SIGGRAPH 99.

[2] Gen Nishida, Ignacio Garcia-Dorado, Daniel G. Aliaga, Bedrich Benes and Adrien Bousseau, “Interactive Sketching of Urban Procedural Models”, ACM Transactions on Graphics Volume 35 Issue 4, July 2016 Article No. 130.

[3] Daniel P. Raymer, “Aircraft design: a conceptual approach”, Reston:AIAA Inc,1999.

[4] Cuneyt Akinlar and Cihan Topal, “EDlines: Real-time Line Segment Detection by Edge Drawing (ED)”, ICIP, 28372840.

Copyright ©2019 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.