

研究終了報告書

「CG 技術によるインタラクティブな 3D モデリング支援」

研究期間：2020 年 4 月～2023 年 3 月

研究者：中島 一崇

1. 研究のねらい

研究開始当初はサーフェスマデリングやテクスチャマッピングなど、様々な工程が複雑に絡み合う 3D モデリングの中の、特定の工程を支援する技術の研究開発を考えていた。しかし、実際に 3D モデリングを行っているプロフェッショナル(主に 3DCG クリエイター)に聞き取り調査を行ったところ、学術研究を社会実装するためには全く違った問題を解決する必要があるということが判明した。その問題とは、「学術研究を始めとして最先端の技術が現場でのコンテンツ作成に全く利用されていない」ということである。

近年、私が専門としているコンピュータグラフィックス分野をはじめ、様々な研究分野で最新の研究成果がソースコードなどの形でオンライン公開されるということが多くなってきている(例: git レポジトリ等)。しかし、その研究成果を利用するためには公開されているソースコードを適切にコンパイルし、実行可能バイナリを生成することが必須となっている。適切にコンパイルの設定をすることは非常に煩雑かつ難しい作業であるため、普段プログラムを作成している研究者の場合でも大変な労力が必要となる。そのため、非プログラマであるクリエイターにとってはソースコードのみ公開されているプログラムの利用は絶望的に近い。一部の研究者は研究成果を実行可能バイナリの形式で公開していることもあるが、大部分がコマンドラインツールとしての公開であり、こちらも非プログラマであるクリエイターにとっては依然として利用するためのハードルが高い。

上述のような事情でどんなに優れた研究成果であろうと、現場ではほとんど利用されていない。これは、研究者が研究成果を公開する際に(プログラミングスキルのある)研究者だけを対象としており、非プログラマのために追加作業をしていないという現状に起因している。そのため、このような現状を打開する方法として、さきがけ研究として(1)研究者が研究成果を容易に公開できる(2)(非プログラマの)利用者でも容易に最新の研究成果に触れることができる 仕組み(フレームワーク)を作成・公開することとした。

本研究の成果は提案するフレームワークが広く社会で利用されるようになってはじめて真価が発揮される。そのため、多くのさきがけ研究では研究期間は学術的研究を行い、期間後に社会実装につなげるということが多いように思うが、本研究では研究期間中から積極的に社会実装方面に力を入れた。

2. 研究成果

(1) 概要

研究期間中に紆余曲折あったが、本研究では、(1)研究者が研究成果を容易に公開できる (2)(非プログラマ)の利用者でも容易に最新の研究成果に触れることができる 仕組み(フレームワーク)を作成・公開した。(1)については、私自身が研究者であるため、C++でのプログラム作成を念頭に、一般的なプログラミングスキルで手軽に対応するだけで公開できるように調整を行った。(2)については、私自身が非プログラマのクリエイターでないため、フレームワークは作成の過程で現役の 3DCG クリエイター(非プログラマ)に綿密な聞き取り調査を行った。その結果、以下のような特徴的な機能を有するに至った。(a)利用の際にはインストール不要かつ、端末の種類を問わずに動作する Web アプリケーションとして動作する (b)機能の追加・削除を自由にできる(プラグイン機能) (c)複数ユーザーが画面に表示されているコンテンツを共有し、共同閲覧・共同編集できる。これらの機能は学術研究の文脈ではそもそも候補に挙がらなかったり、候補に挙がったとしても些末な開発部分であり、研究の核心ではないとして切り捨てられるようなものであるが、本研究は社会実装を重要視しているため、このような機能も積極的に採用した。

本フレームワークに関しては、github 上でソースコードを全て公開するとともに、Web 上で動作するデモを公開した。また、研究期間の間に社会実装への活動も積極的に行い、アニメスタジオである株式会社エイトカラズでの導入が決まるなど、すでに社会に普及し始めている。現時点ではまだ準備段階ではあるものの、CG 研究分野で近年盛んになっているソースコードの公開や再現性担保に向けた取り組みを行っている組織へのコンタクトも行う予定である。

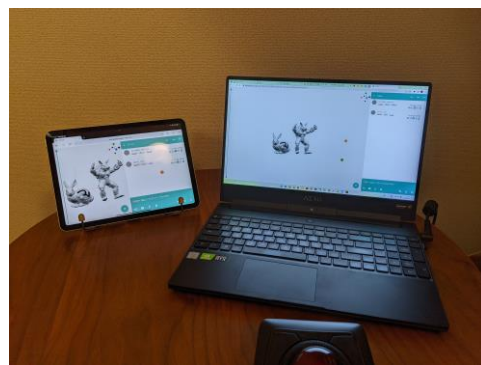
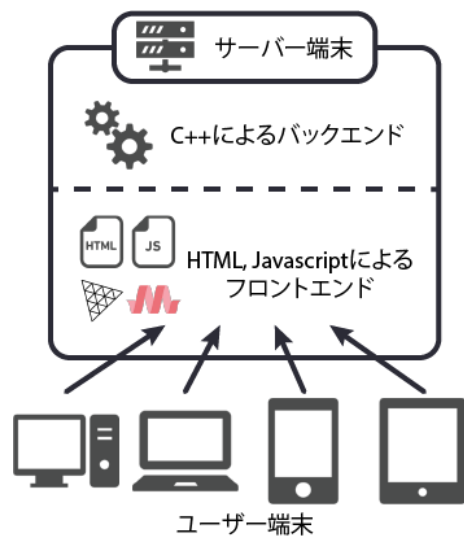
(2) 詳細

本フレームワークは、C++で作成されたサーバープログラムと、HTML, Javascript と言った Web 技術で作成されたフロントエンドと言う組み合わせで実現されている。研究成果を公開する研究者は C++のサーバープログラム側に研究成果を適切にコンパイルして作成した動的リンクライブラリを読み込むことで研究成果を各クライアント(ユーザー)に公開することができるようになる。

(1) 研究者が研究成果を容易に公開できる

(1-i) 概要

研究者、特に 3DCG 分野の研究者が研究成果を容易に公開できる仕組みとして、(後述の、



図：ノートパソコン(Windows)とiPad(iPadOS)でビューを共有している様子

利用者のユーザビリティ向上の施策と重複するが、)プラグイン機能を採用し、機能(具体的には個々の研究者の研究成果技術)をあとから追加できる仕組みをフレームワークに採用した。具体的には、研究成果を公開したい研究者が、特定の引数を受け取る関数を実装し、それを動的リンクライブラリ(DLL ファイルや so ファイルとして)コンパイルするだけでプラグインの制作ができる。プラグイン機能を採用することで、研究者側は本フレームワークの全貌を知ることなく、関数の引数の意味を理解するだけで容易にプラグインを作成することができる。

(1-ii) 将来課題

本フレームワークは、私の専門分野が 3DCG、特に三次元形状処理である関係で、現時点では三次元形状処理周辺との親和性が高い形で作り込んである。具体的には、クライアントである Web ブラウザから何かしらの Web API をコールし、この結果がサーバーからクライアントに返送されるという構成になっている。しかし、研究期間中に他分野の CG 研究者の先生方と議論した際、「物理シミュレーションや流体シミュレーションのように、描画 1 フレームごとにまとめたデータを必要とするような使い方はできないか？」というコメントを多く頂いた。現時点のプラグインシステムでも不可能ではないが、プラグイン作成の作業コストが高くなってしまふ。より広範な CG 分野(さらに大きな目標としては CG 以外の分野)の研究成果の公開をサポートするためにも、更にフレームワークの作り込みを進める必要がある。

(非プログラマの)利用者でも最新の研究成果に触れることができる

(1-i) 概要

概要にも記載したとおり、本フレームワークでは、学術研究では切り捨てられてしまうような特徴もあえて積極的に実装している。

(1-i-a) 利用の際にはインストール不要かつ、端末の種類を問わずに動作する Web アプリケーションとして動作する

これは、プロフェッショナルの CG クリエイターは様々な端末や OS を使い分けて作業をしていることが大変一般的であるということと関連している。社会実装のことを考えると、多くのクリエイターに利用してもらう必要があるため、Windows や macOS といった一般的な OS だけでなく、タブレット端末やスマートフォン端末など、ありとあらゆる端末や OS を使用環境として想定する必要がある。すると、OS ごと、端末ごとにアプリケーションを作成して配布することは現実的ではないとわかり、Web アプリケーションとして作成することとした。また、副次的な効果であるが、Web アプリケーションにすることで、インストールの作業が必要無くなるため、端末へのインストールが制限されている専門学校などの教育機関への普及も狙うことができるようになった。

(1-i-b) 機能の追加・削除を自由にできる(プラグイン機能)

プラグイン機能を採用した第一の目的は前述のとおり、研究者が研究成果を公開する際の負担を軽減するためであったが、不要な機能を削除することでインターフェースをシンプルに保つことができるなど、テストとして本フレームワークを使ってもらったクリエイターからはポジティブなフィードバックを得られた。プラグイン機能はモダンな 3DCG 作成ツール(Blender など)ではすでに一般的であり、クリエイターも必要に応じてプラグインを読み込むというワークフローに慣れているというのも大きかったと思う。

(1-i-c) 複数ユーザーが画面に表示されているコンテンツを共有し、共同閲覧・共同編集できる

3DCG のコンテンツ作成においては、複数のクリエイターが同じ画面を見ながら議論を行い、意見を出し合うということが非常に多い。この議論の際には、3D モデル上の一点を指し示しつつ話し合いを行うというようなことが頻繁に行われる。そのため、Websocket という Web 技術を用いることで、複数クライアントの間でカメラやマウスカーソルを同期させ、あたかも全員で同じものを見ているかのようなビューを実現した。

こちらもテストとしてクリエイターに少し使ってもらったが、新型コロナウイルス感染症の流行によるリモートでの打ち合わせと非常に親和性が高く、予想外の部分で非常に好意的に受け取ってもらえた。

(1-ii) 将来課題

現時点では三次元形状データを読み込んで、共同編集を行うというワークフローを想定したインターフェースを用意している。現時点で最低限の機能は満足しているが、テストとして使ってもらった際のフィードバックとして特定の用途(3D モデリングの UV 展開やアニメ制作における 3D オブジェクトのレイアウトデザイン)に特化したインターフェースがほしいという要望が多く聞かれた。インターフェースの作成は HTML や Javascript といったプログラミングに類似するスキルと、本フレームワークへの十分な理解が必要となるため、現時点では気軽に行うことができない。インターフェースのカスタマイズといった点についても、フレームワーク側の改善やドキュメントの作成などを進めて行きたいと考えている。

社会実装

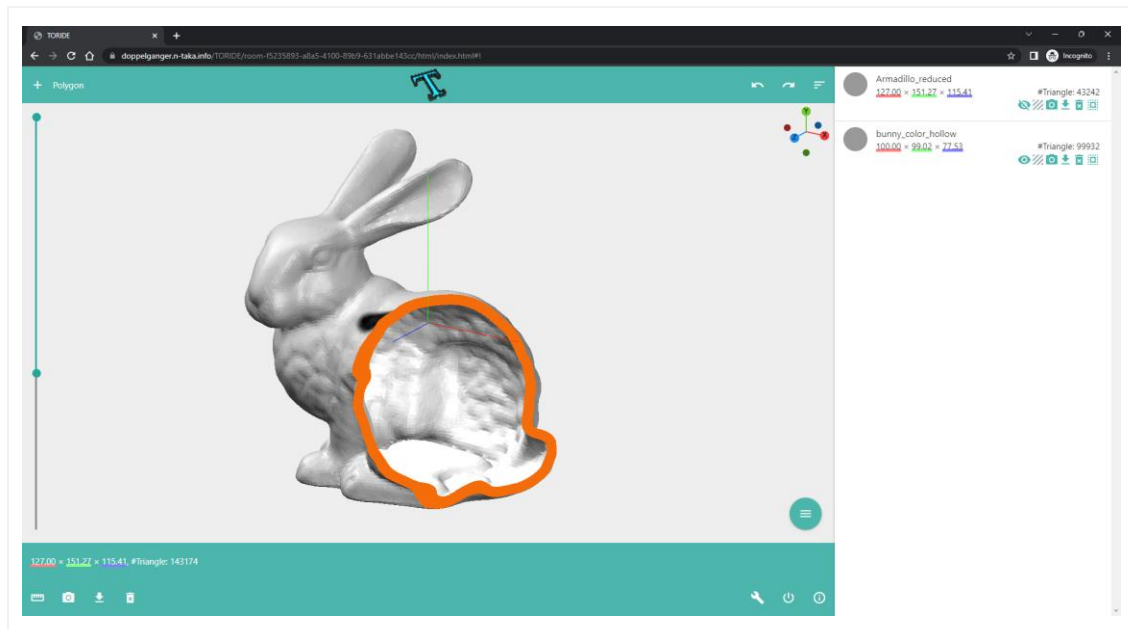
本フレームワークは Doppelganger という名をつけて github 上でレポジトリを公開している。また、このフレームワークを利用する形で TORIDE と名付けた三次元形状処理ツールも作成・公開している。特に TORIDE に関しては後述する内容と重複するがアニメスタジオである株式会社スタジオエイトカラーズが導入を決めており、すでに社会実装のフェーズが動き始めている。

Doppelganger (github): <https://github.com/n-taka/Doppelganger>

TORIDE (github): https://github.com/n-taka/Doppelganger_TORIDE

TORIDE (Web デモ): <https://doppelganger.n-taka.info/TORIDE> (開発の都合で停止している場合がある)

以下、実際に動作している Web デモのスクリーンショットを掲示する。



3. 今後の展開

本研究の成果として作成・公開しているフレームワークである **Doppelganger** および、このフレームワークを利用して開発した三次元形状処理ツールである **TORIDE** はすでにアニメスタジオの株式会社スタジオエイトカラーズでの利用が内定しているなど、すでに社会実装としての成果を挙げている。

また、現時点ではまだ水面下でのやり取りではあるが、株式会社スタジオエイトカラーズ以外の企業に関しても **Doppelganger** および **TORIDE** を利用したいというお声掛けを頂いているため、株式会社スタジオエイトカラーズ以外にも本研究成果が 1, 2 年以内には高い確度で社会で利用されるようになる見込みである。

一方、学術研究としての側面では、現在 **Doppelganger** を導入して研究成果を公開するためのマニュアルを作成している段階であり、このマニュアルが完成次第、研究手法の再現性担保の取り組みをしている団体にコンタクトを取ろうと考えている。

いずれの場合も、**Doppelganger** および **TORIDE** の品質向上の作業は必須であるため、継続的な開発は続ける。

4. 自己評価

まず、具体的な研究課題が研究開始当初から変わってしまったという点に関して、アドバイザーの先生方をはじめ、**JST** 担当の方にも大変ご迷惑をおかけしてしまって恐縮するばかりである。しかし、最終的に仕上げた仕事である、学術研究成果を容易に公開するためのフレームワークというものの重要性や社会に与えるインパクトに関しては自信を持っている。

研究の進め方に関しては、予算の見積もりが甘く、**JST** 担当の方に何度もご迷惑をおかけしてしまった。足りなくなったら困るという恐怖心のあまり、使う可能性のある上限に近い金額を申請していた一方、実際に研究に取り組んでみるとずっと少ない執行で済んでしまったというケースが多く、このような場合に「少ない予算で済んだから良し」とするのではなく、「更に一歩先」に進めるよう巧みに研究計画を修正するようなスキルは今度身につけていかなければならないと思った。

一方、社会実装を重視するあまり、学術研究としての側面が疎かになってしまっている、具体的には、学術論文の発表数がほとんど無いという点に関しては、さきがけ研究を進めるにあたっての裁量の大きさに甘えてしまった。もし次にこのような機会が与えられる事があれば社会実装と学術研究の間のバランスを上手く取ることを強く意識したいと思う。

何より、博士課程終了直後という右も左もわからない状態でさきがけ研究という大舞台を経験させていただけたことに感謝しかない。

5. 主な研究成果リスト

(1) 代表的な論文(原著論文)発表

研究期間累積件数: 1件

1. 中島 一崇, 吉本 大輝, コンピュータグラフィックス分野の学術研究成果を手軽に公開・利用するためのフレームワークの提案, VC シンポジウム, ポスター発表

近年、コンピュータグラフィックス分野の学術研究成果は、論文データに限らず、様々な形でインターネット上で公開されるようになった。しかし、研究成果を既存ソフトウェア上で利用するためのプラグイン開発は非常に手間が大きく、研究者による成果公開はその大半が git レポジトリ(ソースコード)に留まっている。結果として、実際の現場(例: 映像作品の制作現場やモノづくりの現場)で活用される機会は非常に少ない。そこで本研究では、最新の学術研究成果を手軽に公開・利用するためのフレームワークを提案する。さらに、本フレームワークをもとに設計した「三次元形状向けのコラボレーションツール」の技術デモを実施する。

(2) 特許出願

研究期間全出願件数: 0 件(特許公開前のものも含む)

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. 中島 一崇, 吉本 大輝, コンピュータグラフィックス分野の学術研究成果を手軽に公開・利用するためのフレームワークの提案, VC シンポジウム, ポスター発表