

# 博士論文審査報告書

## 論文題目

Research on Refinement and Real-time Editing of  
Expression for 3DCG Character Animation

3DCG キャラクタの表現の改善法と実時間操作に関する研究

申請者

加藤	卓哉
Takuya	Kato

Department of Pure and Applied Physics, Research on Image Processing

2019年2月

本論文では、近年増加する音楽 CG 映像の作成における技術を支援する研究を提案している。特に、音楽 CG 映像の中でもライブパフォーマンスを行う上で重要な技術に着目し、研究が行われている。こうした背景には、音楽と CG という親和性が高いにも関わらずほとんど相互の関係性について検討された研究が存在しないこと、また存在してもその精度が低いことが挙げられる。音楽 CG 映像をはじめとする特殊な CG 映像制作に際して、多くの技術を基本的な CG 制作技術を転用することにより、その制作過程を効率化することが可能である。モデリングや基本動作の適用、レンダリングなどを始めとする技術などがこれにあたる。こうした技術は音楽 CG 制作においても転用可能であることが知られている。しかし、歌唱時の表情合成と実時間でのキャラクターコントロールについては、未だ研究が進んでおらず、また音楽との親和性から CG 技術からの転用が難しい。一般的な CG 制作技術と比較し、音楽 CG においてはビートやメロディー、楽曲構造、歌声など様々な付加要素と動作との関係性を検討することが求められる。そこで本論文では、一般的な CG 技術において用いられる手法を改善するため、音楽情報処理の技術や音楽作成・編集に使用されている技術を活用することにより、音楽 CG に特化した CG 制作技術の研究を行っている。本論文は、主に表情合成技術と実時間キャラクターコントロールの 2 点に着目し、音楽 CG 制作を支援する研究を 3 つ提案している。本論文は、以下のように構成されている。

1 章では、研究の意義と章構成について述べている。音楽 CG の需要、他の CG 研究との差などについて述べ、本研究の分野内における立ち位置や研究する分野についての基本事項が述べられている。

2 章では、基本的な CG 制作過程と、本論文が採用した CG 制作手法について述べている。異なる CG 制作技術の差や、音楽 CG 制作との親和性、採用した技術の有効性について述べられている。これにより、本論文で提案された手法への需要の高さなどに言及している。

3 章では、表情作成の際に使用されている基底表情の自動作成手法について述べられている。表情作成においては、基底表情の重み付き線形和によりアニメーションを作成するブレンドシェイプアニメーションという手法が取り入れられているが、その上で基底となる表情作成を大量に行うことについて問題提起した。そこで、少ない表情データセットからデータセット変形特徴を抽出し、それを自動で作成された粗い表情モデルに適用することで、高精細な基底表情を作成することに成功した。データセットの特徴を適切に付与することで、既存研究の問題であったモデルのトポロジーの違いやキャラクタ固有の特徴的な表情の再現に成功

した．今後の課題として，音楽 CG に特化した基底表情合成技術の提案が挙げられている．

4 章では，3 章で作成した基底表情のブレンド率を推定技術に関する研究について述べられている．本論文では音楽 CG 制作に特化した技術として，歌声と楽曲情報のみからブレンド率を推定する技術を提案した．本論文では音楽 CG において重要な歌唱の特徴を CG で表現するため，音声からの情報のみならず，楽曲からのビート情報やメロディー情報，そして音声情報から推定された口形素の情報を入力とした深層学習を用いることで，歌唱時の目や頬，首の回転などの推定に成功した．スピーチアニメーションとは異なる歌唱に特化した特徴として楽曲情報などを適用することで，より高い精度でアニメーションの推定精度を高めることに成功した．評価に際しては，定量評価に加え，プロのアーティストを含めた主観評価実験を実施し，自然さや学習された動作の特徴などについて高い評価を受けた．3 章での基底表情作成技術と組み合わせることで，少ない表情データセットと音声，楽曲の情報のみから高精細な歌唱時の表情アニメーションの生成が可能となった．本研究で用いられている技術は，様々な実際のライブにも使用されること試みが進められるなど，高い評価を受けている．

5 章では，よりライブパフォーマンスにおける技術に特化し，音楽 CG においてダンスするキャラクターを実時間で操作可能とするインターフェースを提案した．音楽 CG のライブパフォーマンスにおいては，そのコンテンツの特殊性と動作の特殊性から，一般に普及するインタフェースを用いることが困難である．そこで，この章では，DJ インタフェースを用いた音楽 CG に特化した新たなキャラクターコントロールインタフェースを開発した．DJ インタフェースによる音楽の実時間コントロールを参考に，音楽との親和性が高いダンスモーションをコントロールするインタフェースを考案した．このインタフェースの実現において，どのようにユーザーにダンスの自然な切り替え点を計算するか，またそれをどのように提示するかについて検討した．提案されたインタフェースについて，ユーザー側の視点と観客側の視点において，主観評価実験を行い，それぞれについて高い評価を得た．実際のライブパフォーマンスにおいても実験を行い，提案手法を用いたアニメーションは観客やユーザーより高い評価を受けた．

6 章では，本論文の結論と今後の課題について述べている．特に本研究が必要とされる既に死去した歌唱者のライブパフォーマンスへの技術転

用の可能性について述べ、今後の音楽 CG 研究の展開などについても言及している。

本論文は、音楽 CG という新しい CG 分野において、音楽とキャラクターアニメーションの関係性について、実際の CG 制作課程に沿った制作支援方法の研究を行った。これまで、CG 技術として大きく分類されていた技術分野から音楽 CG 分野を切り分け、音楽における情報を考慮する形でキャラクターアニメーションを作成する研究について提案した。一般的な CG 研究のみでは困難であった表情合成技術やキャラクターコントロールに関する技術に際し、音楽情報を活用することにより、問題を解決するに至っている。また、それぞれについて定量的評価のみならず、プロのアーティストなどによる主観評価を行ったうえで高い評価を受ける等、学術的にも価値のあるものである。また、論文中で提案された方法は、実際のライブパフォーマンスで適用された実績があり、その効果を実際のユースケースに沿って実証した点も意義は大きい。以上の理由から、本博士論文は博士（工学）の学位論文に値すると認める。

2019 年 2 月

審査員 主査 早稲田大学教授 工学博士（東京大学） 森島繁生

副査 早稲田大学教授 理学博士（早稲田大学） 小松進一

早稲田大学教授 博士（工学）（早稲田大学） 澤田秀之

副査 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
主任研究員 博士（情報理工学）（東京大学） 深山 寛