

令和2年度共同利用研究報告書

2021年03月26日

九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所長 殿

所属・職名 専修大学・准教授  
巴山竜来

下記の通り共同研究の報告をいたします。

記

		整理番号	20200004
1. 研究計画題目	数理的生成手法によるCGとデジタルファブリケーション		
2. 新規・継続	新規		
3. 種別	一般研究		
4. 種目	研究集会(II)		
5. 研究代表者	氏名	巴山竜来	
	所属 部局名	専修大学	職名 准教授
6. 研究実施期間	2021年01月29日(金曜日)～2021年01月29日(金曜日)		
7. キーワード	コンピュータグラフィックス, 可視化, デジタルファブリケーション		
8. 参加者人数	62人		

9. 本研究で得られた成果の概要

数理的アルゴリズムを使ったコンピュータ上の幾何学的データ生成とその可視化技法は、ジェネラティブアートやプロシージャルモデリングと呼ばれている。例えば再帰的関数によって生成されるフラクタル図形は古くから知られているが、コンピュータグラフィックス(CG)では地形や植物などの自然物の表現にこういった技法が用いられてきた。近年、GPU(グラフィック処理装置)の性能が急速に進化しており、それによって数年前では困難であったような描画処理が扱えるようになりつつある。例えば大量かつ高速なデータ処理が求められるインタラクティブな映像生成はここ数年で大きく進展し、ゲームやヴァーチャルリアリティなど多くのCG分野で数理的生成手法が活用されている。この研究集会は、そういった数理的生成手法に関する理論と実践をつなげることを目的として計画した。

また近年のデジタル工作機械の進化により、CGはものづくりにも応用されている。例えばレーザーカッターや3Dプリンタを使えば、コンピュータ上で生成したデータを物体として出力することができる。このようなデジタルデータの物質化はデジタルファブリケーションと呼ばれており、新たな産業形態として注目されている。とくに数理的生成手法は建築やテキスタイルの分野で活用されている。この研究集会では、数学・情報科学に関する研究者とソフトウェア開発に携わる技術者、およびそれを製品設計や芸術表現に活用するデザイナーやアーティストとの交流を計画し、分野横断的な新たな研究の創出、ならびに産業への応用を目指した。

開催された研究集会では、メディアアーティストの古舘健氏、デザイナーの堂園翔矢氏、マテリアル・エクスペリエンス・デザイン研究者の寛康明氏と中丸啓氏、CG研究開発者の大垣真二氏を講演者として迎えた。感染症対策のためオンラインでの開催であったが、通常の対面形式の研究集会では参加が困難であったと思われる者も多く参加することができた。オンライン開催のため当初の計画よりも規模を縮小し、研究集会で扱うテーマも限定したが、その分深く掘り下げた講演を行うことができた。講演時間外にはディスカッションを行い、今後の新たな研究の可能性や製品開発について意見交換した。

---

# 成果報告書

本研究集会「数理的生成手法による CG とデジタルファブリケーション」は、数学のコンピュータグラフィックス(CG)やデジタルファブリケーションへの応用を目指し、数学・情報科学に関する研究者とソフトウェア開発に携わる技術者、およびそれを製品設計や芸術表現に活用するデザイナーやアーティストとの学際的交流を目的として企画された研究集会である。当初は幅広いテーマでの研究集会を計画していたが、コロナ禍での開催による制約から、研究対象の的を絞り、規模を縮小してオンライン上で開催された。

本研究集会のテーマは織物である。とくに組織、素材、CG 表現の3つの観点から研究開発に携わる古舘健氏、堂園翔矢氏、笈康明氏、中丸啓氏、大垣真二氏を講演者として招待した。当組織委員代表者の巴山竜来を含む6人の講演者のうち、大垣氏を除く5人は京都の西陣織企業である株式会社細尾の研究開発事業に関わっており、この事業に関する話題が講演では触れられた。とくに古舘氏と堂園氏と巴山が織物組織に関するプロジェクトに関わっており、笈氏と中丸氏が織物素材に関するプロジェクトに関わっている。

株式会社細尾との研究開発事業に関する経緯を簡単に述べておくと、山口情報芸術センターと株式会社細尾との共同研究開発プロジェクトに、古舘氏と慶應義塾大学笈研究室(当時)が参加していたことから研究開発事業がはじまっている。この成果は2017年度に展示「布のデミウルゴスー人類にとって布とは何か？」(山口情報芸術センター)で公開された。これを発展する形で古舘氏によるプロジェクト「Quasicrystal-ジェネラティブな手法を用いた準結晶的な織物表現の探求」が2019年度メディア芸術クリエイター育成支援事業として採択された。このプロジェクトに堂園氏、巴山、さらに平川紀道氏が加わって共同開発が行われ、その成果が2020年10月から展示「Quasicrystal-コードによる織物の探求」(HOSOO GALLERY)で公開された。一方、笈氏と中丸氏は素材からのアプローチによる織物の研究開発を ZOZO テクノロジーズ、東京大学笈研究室、株式会社細尾との共同研究として進め、この成果は2021年4月から展示「Ambient Weaving — 環境と織物」(HOSOO GALLERY)で公開される。

本研究集会では、巴山は数学の織物組織への応用とそのコンピュータ上での実装について話した。織物組織の基本パターンは平織、綾織、朱子織の3種類の周期的パターンからなるが、これは整数格子の問題に帰着し、格子の不変量や最適化によって織物の性質を定めることが分かった。また織物は巨大なテンソルと見なすことができるが、組織生成としてテンソル演算を使う

方法を導入し、それを GPU 演算として実装する手法について紹介した。古舘氏は上述のプロジェクト経緯と西陣織の概観について話した。西陣織は京都の西陣地域で生産された織物のことをいうが、長い歴史の中で織物の美が追究されてきた。その美の価値観を先端情報技術によって更新できるかどうかの挑戦を、この一連のプロジェクトでは行っている。堂園氏は細尾の織物とコンピューショナル・デザインによるそのバリエーション展開について話した。細尾の織物のデザインのオリジナルは職人の手作業によって生み出されたものであるが、これを分析してコード化し、プログラミングを使って無数の亜種を生み出す実践について紹介した。

また筧氏、中丸氏は、マテリアル・エクスペリエンス・デザインの研究成果と織物への応用について話した。マテリアル・エクスペリエンス・デザインとは、スマート素材と呼ばれるようなコンピュータ制御可能な素材を使った、モノと人とのインタラクション全般を設計するものである。熱に反応する糸や ID 情報が埋め込まれた糸を使うことで、温度によって柄が変わる布やセンサーによって情報を取得することができる布をつくることができる。大垣氏は近年の布の CG 表現に関して話した。布の CG 表現は古くはポリゴンにテクスチャを貼ることによってできていたが、近年のコンピュータ性能の向上により繊維レベルでモデリングすることが可能である。それをレンダリングした画像や映像は実写と区別できないほどの品質で、高精度の製織シミュレーションが可能である。

この研究集会では、それぞれ異なる観点から織物にまつわる知見を共有し、また今後の研究開発への応用へ向けてのディスカッションを行った。織物自体の歴史は古いですが、最先端のテクノロジーが入り込む(ハックする)余地が十分に残されており、その数理構造や素材、意匠、機能性、可視化など多様な観点からの分野横断的研究、および産業への技術応用が可能である。さらなる研究推進を目指したい。

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所共同利用・研究集会  
数理的生成手法による CG とデジタルファブリケーション

IMI Workshop of the Joint Research Projects in Kyushu University  
**Computer Graphics and Digital Fabrication in Mathematical Aspects**

日時：2021年1月29日（金）10:00–16:00

場所：Zoom によるオンライン開催

Date: January 29 (Fri), 2021 10am to 4pm in Japan

Place: Online via Zoom

<https://sites.google.com/view/weaving2020>

- 10:00–10:10 ご挨拶 Opening Remarks
- 10:10–11:00 巴山竜来 Tatsuki Hayama (専修大学 Senshu University)  
織物組織の数理と実装 Mathematics of Weaving and Implementation
- 11:10–11:40 古舘健 Ken Furudate  
Quasicrystal / コードオリエンテッドな織物の可能性 The Possibilities of Code-Oriented Textile
- 11:40–13:30 休憩 Lunch Break
- 13:30–14:00 堂園翔矢 Shoya Dozono (Qosmo)  
コンピューテーショナルデザインと織物 Computational Design and Textile
- 14:10–15:00 笥康明 Yasuaki Kakehi (東京大学 University of Tokyo)  
中丸啓 Satoshi Nakamaru (ZOZO Research)  
素材駆動フィジカルインタフェース Material-Driven Physical Interfaces
- 15:10–16:00 大垣真二 Shinji Ogaki (ZOZO Research)  
布の可視化技術 Technique for Visualizing Clothes

組織委員 Organizers: 石井豊 Yutaka Ishii (九州大学 Kyushu University) / 大垣真二 Shinji Ogaki (ZOZO Research) / 鍛冶静雄 Shizuo Kaji (九州大学 Kyushu University) / 巴山竜来 Tatsuki Hayama (専修大学 Senshu University)