

メディアテクノロジーシリーズ 6

デジタルファブリケーションと メディア

三谷 純

【編】

田中浩也・小山裕己・笥 康明・五十嵐悠紀

【共著】

コロナ社

メディアテクノロジーシリーズ 編集委員会

編集委員長	近藤 邦雄 (元東京工科大学, 工学博士)
編集幹事	伊藤 貴之 (お茶の水女子大学, 博士 (工学))
編集委員 (五十音順)	五十嵐悠紀 (お茶の水女子大学, 博士 (工学))
	稲見 昌彦 (東京大学, 博士 (工学))
	牛尼 剛聡 (九州大学, 博士 (工学))
	大淵 康成 (東京工科大学, 博士 (情報理工学))
	竹島由里子 (東京工科大学, 博士 (理学))
	鳴海 拓志 (東京大学, 博士 (工学))
	馬場 哲晃 (東京都立大学, 博士 (芸術工学))
	日浦 慎作 (兵庫県立大学, 博士 (工学))
	松村誠一郎 (東京工科大学, 博士 (学際情報学))
	三谷 純 (筑波大学, 博士 (工学))
	三宅陽一郎 (株式会社スクウェア・エニックス, 博士 (工学))
	宮下 芳明 (明治大学, 博士 (知識科学))

(2023年5月現在)

編者・執筆者一覧

編者	三谷 純	
執筆者 (執筆順)	田中 浩也 (1章)	小山 裕己 (2章)
	寛 康明 (3章)	五十嵐悠紀 (4章)

刊行のことば

“Media Technology as an Extension of the Human Body and the Intelligence”

「メディアはメッセージである (The medium is the message)」というマクルーハン (Marshall McLuhan) の言葉は、多くの人々によって引用される大変有名な言葉である。情報科学や情報工学が発展し、メディア学が提唱されたことでメディアの重要性が認識されてきた。このような中で、マクルーハンのこの言葉は、つねに議論され、メディア学のあるべき姿を求めてきたといえる。

人間の知的コミュニケーションを助けることができるメディアは生きていくうえで欠かせない。このようなメディアは人と人との関係をより良くし、視野を広げ、新しい考え方に目を向けるきっかけを与えてくれる。

また、マクルーハン「メディアはマッサージである (The medium is the massage)」ともいっている。マッサージは疲れた体をもみほぐし、心もリラックスさせるが、メディアは凝り固まった頭にさまざまな情報を与え、考え方を広げる可能性があるため、マッサージという言葉はメディアの特徴を表しているともいえるだろう。

さらにマクルーハン「人間の身体を拡張するテクノロジー」としてメディアをとらえ、人間の感覚や身体的な能力を変化させ、社会との関わりについて述べている。現在、メディアは社会、生活のあらゆる場面に存在し、五感を通してさまざまな刺激を与え、多くの技術が社会生活を豊かにしている。つまり、この身体拡張に加え、人工知能技術の発展によって“知能拡張”がメディアテクノロジーの重要な役割を持つと考えられる。このために物理的な身体と情報や知識を扱う知能を融合した“人間の身体と知能を拡張するメディアテクノロジー”を提案・開発し、これらの技術を活用して社会の構造や仕組みを変革し、

ii 刊行のことば

どのような人にとっても住みやすく、生活しやすい社会を目指すことが望まれている。

一方、大学におけるメディア学の教育は、東京工科大学が1999年にメディア学部を設置して以来、全国の大学でメディア関連の学部や学科が設置され文理芸分野を融合した多様な教育内容が提供されている。その体系化が期待されメディア学に関する教科書としてコロナ社から「メディア学大系」が発刊された。この第一巻の『改訂メディア学入門』には、メディアの基本モデルの構成として「情報の送り手、伝達対象となる情報の内容（コンテンツ）、伝達媒体となる情報の形式（コンテナ）、伝達形式としての情報の提示手段（コンペア）、情報の受け手」と書かれている。これからわかるようにメディアの基本モデルには文理芸に関連する多様な内容が含まれている。

メディア教育が本格的に開始され20年を過ぎるいま、多くの分野でメディア学のより高度で急速な展開が見られる。文理芸の融合による総合知によって人間生活や社会を理解し、より良い社会を築くことが必要である。

そこで、このメディア分野の研究に関わる大学生、大学院生、さらには社会人の学修のため「メディアテクノロジーシリーズ」を計画した。本シリーズは“人間の身体と知能を拡張するメディアテクノロジー”を基礎として、コンテンツ、コンテナ、コンペアに関する技術を扱う。そして各分野における基本的なメディア技術、最近の研究内容の位置づけや今後の展開、この分野の研究をするために必要な手法や技術を概観できるようにまとめた。本シリーズがメディア学で扱う対象や領域を発展させ、将来の社会や生活において必要なメディアテクノロジーの活用方法を見出す手助けとなることを期待する。

本シリーズの多様で広範囲なメディア学分野をカバーするために、電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会、日本ソフトウェア科学会、日本バーチャルリアリティ学会、ヒューマンインタフェース学会、日本データベース学会、映像情報メディア学会、可視化情報学会、画像電子学会、日本音響学会、芸術科学会、日本図学会、日本デジタルゲーム学会、ADADA Japan などにおいて第一線で活躍している研究者の方々に編集委員をお願いし、各巻の執筆者選

定、目次構成、執筆内容など検討を重ねてきた。

本シリーズの読者が、新たなメディア分野を開拓する技術者、クリエイター、研究者となり、新たなメディア社会の構築のために活躍されることを期待するとともにメディアテクノロジーの発展によって世界の人達との交流が進み相互理解が促進され、平和な世界へ貢献できることを願っている。

2023年5月

編集委員長 近藤邦雄

編集幹事 伊藤貴之

表紙・カバーデザインについて

私たちは五感というメディアを介して世界を知覚し、自己の存在を認知することができます。メディア技術の進歩によって五感が拡張され続ける中、「人」はなにをもって「人」と呼べるのか、そんな根源的な問いに対する議論が絶えません。

本書の表紙・カバーデザインでは、二値化された五感が新しい機能や価値を再構築する様子をシンプルなストライプ柄によって表現しました。それぞれのストライプは5本のゆらぎを持った線によって描かれており、手描きのような印象を残しました。

しかし、この細かなゆらぎもプログラム制御によって生成されており、十分に細かく量子化された表現によって「デジタル」と「アナログ」それぞれの存在がゆらぐ様子を表しています。乱雑に描かれたストライプをよく観察してみてください。本書を手にとった皆さんであれば、きっともう一つ面白いことに気づくでしょう。

デザインを検討するにあたって、同じコンセプトに基づき、いくつかのグラフィックパターンを生成可能なウェブアプリケーションを準備しました。下記 URL にて公開していますので、あなただけのカバーを作ってみてください。読者の数だけカバーデザインが存在するのです。世界はあなたの五感を通じて存在しているのですから。

馬場哲晃

〈Cover Generator〉 ぜひお試しください

<https://tetsuakibaba.github.io/mtcg/>

(2023年5月現在)



まえがき

私たちの日常生活やビジネス環境におけるデジタル技術の進化には驚くべきものがあります。それは、ものづくりにおいても例外ではありません。特に「デジタルファブリケーション」というデジタルデータをもとに制作を行う技術は、製造からメディア、アートまでの多岐にわたる領域において、大きな変化をもたらしています。本書『デジタルファブリケーションとメディア』では、この新しいものづくりの潮流の起源と、それらを支える技術、そしてその背景にある思想と今後の可能性について詳しく探っていきます。

デジタルファブリケーションの歴史は、コンピュータ支援設計、通称 CAD (computer aided design) の発展とともに始まりました。初期の段階では、大企業や研究機関だけが持つ技術であり、ソフトウェアや製造機器は高価で限定的なものでした。しかし、技術の進化とハードウェアの低価格化に伴い、デジタルファブリケーションは徐々に身近なものとなりました。小規模な工房や教育機関、そして個人の手にもこの技術は渡り、新しいクリエイティブな表現や革新的な製品開発が広がりを見せています。これらはニール・ガーシェンフェルドらが提唱する「パーソナルファブリケーション」といった概念の登場につながり、パソコンやデジタル加工機を利用して『(ほぼ) あらゆるものを』自分でつくる時代の幕を開けることになりました。また、芸術と技術を融合させた現代のアート、「メディアアート」に無くてはならない要素となっています。

本書は、デジタルファブリケーションとメディアを支える技術や概念、応用分野を「離散的設計」「コンピューテーショナルデザイン」「インタラクティブなものづくり」「パーソナルファブリケーション」といった四つに分け、それぞれを独立した章で解説します。

1章では、「デジタル」本来の意味に立ち返り、離散的設計によるものづくり

の本質を追求します。広義のデジタルファブ리케이션から、デジタルマテリアル、アーキテクティッドマテリアル、セルフアセンブリシステムといった狭義の離散的ものづくりまでを網羅し、最先端の幅広い実例とともに、その意味と意義について議論します。そして、デジタルファブ리케이션が地球環境問題に立ち向かうことができる技術でもある可能性を示します。

2章では、コンピューショナルデザインを主題とし、従来は属人的であった設計のプロセスを数理的な最適化問題としてモデル化する手法、および数理技術と計算機を駆使することによって、人間の思考力の限界を超えた高度な設計、あるいは効率的な設計プロセスを達成しようとする試みを紹介します。設計を最適化問題の視点から捉えるという姿勢を徹底し、機能性に着目したもののづくりを実現するためのアプローチを手描きイラストとともに解説します。

3章では、インタフェース技術やインタラクションデザインの観点からデジタルファブ리케이션領域を概観し、その事例や展望を整理して紹介します。その中では、ものの造形だけではなく、センサやアクチュエータと一体化して、形状を動的に制御しインタラクションに用いる研究を複数取り上げます。さらに、形状ディスプレイあるいは形状変化インタフェースと呼ばれる研究領域の兆しや課題について議論し、デジタルファブ리케이션およびメディアアートの未来像を示します。

4章では、ユーザー視点からのデジタルファブ리케이션を取り上げ、一般市民が手軽にものづくりに関わることができる社会づくりへの取り組みを紹介します。大量生産された商品の中から自分の欲しいものを選択するのではなく、欲しいものを自分でデザインして使うことが当たり前の世の中になったとき、私たちが自分の欲しいものを設計・制作するために必要な支援ツールのあるべき姿を模索します。

それぞれの章は、各分野の第一線で活躍する著名な研究者が執筆しました。デジタルファブ리케이션とメディアという共通のテーマを掲げながらも、それらをどのような視点から捉え、考察するか、そしてどのように整理しまとめるかは執筆者ごとに大いに異なるものとなっています。本書では、このような執筆

者ごとの独特なスタイルを統一することをせずに敢えて残すことで、それぞれが長年にわたり取り組んできた研究に基づく深い知識と情熱を感じられるものとなっています。本書を手にとった読者の皆様が、各章を読み進めることで、それぞれの視点や文体の違いを楽しみながら、デジタルファブリケーションの幅広い領域に触れることができることでしょう。さらに、このテクノロジーがメディアやアートの領域にもたらす影響にも、各章ごとに焦点を当てています。デジタル技術を活用した新しいメディアアートの形成、クリエイティブな表現の多様性、そしてその背後にある技術、ときにはその思想について、深く考察しています。

この本がデジタルファブリケーションの奥深い世界を探るきっかけとなり、そしてそれを日常に取り入れ、新しい価値を創出するためのインスピレーションとなることを願っています。最も重要なのは、デジタルファブリケーションがもたらす可能性が、専門家だけでなく、私たち一般の人々にも開かれているということです。私たち一人ひとりが、自らのアイデアを形にし、それを共有するための手段としてこの技術を利用できるのです。

本書が特に適していると読者層としては、3Dプリンタやレーザーカッターなどのデジタル加工機を使ったものづくりや、メディアアート、そして新しい技術そのものに興味を持つ学生、研究者、アーティスト、ビジネスの新しい可能性を求める企業家やマーケターなど、幅広い方々が該当します。そして、自らの手で何かをつくり出すことに興味や情熱を持つすべての方々に、本書が有益であると感じていただけると信じています。

デジタルファブリケーションというフィールドは、これからも私たちの生活や文化、ビジネスに大きな影響をもたらし続けるでしょう。新しいデジタル技術と人々の生活との間に生まれる新しいものづくりの姿は、私たちの住む世界を大きく変える可能性を秘めています。本書を通じて、デジタルファブリケーションと新しいメディアの、過去と現在、そして次に来る姿を展望していただければ幸いです。

2024年3月

編者 三谷 純

目 次

第 1 章

ものの離散化と^{ディスクリート}離散的设计の可能性

1.1 デジタルファブリケーションとは何か	1
1.1.1 「デジタル」を捉え直す	1
1.1.2 広義のデジタルファブリケーション	3
1.1.3 ものづくりの民主化と分散型製造	5
コラム：オープンデザインの成熟	7
1.1.4 デジタルファブリケーションの拡張	8
1.1.5 狭義のデジタルファブリケーションへ向けて	9
1.2 「離散性」の意味と意義	10
1.2.1 クロード・シャノンによる「通信のデジタル化」	10
1.2.2 「製造のデジタル化」とは何か	12
1.2.3 最小単位を基本としたものづくりの歴史	14
コラム：東京 2020 オリンピック・パラリンピック表彰台	15
1.2.4 デジタルマテリアル	17
1.2.5 アーキテクテッドマテリアル	20
コラム：ボクセルモデリングとセルラーアーキテクテッドマテリアル	23
1.2.6 セルフアセンブリシステム	24
1.3 「地球環境問題」に向き合うためのデジタルファブリケーション	30
1.3.1 サンゴ着生具のデザイン	31
1.3.2 菌糸ユニットを用いた森のドーム	34
1.3.3 ジャイラングル構造体による都市冷却	35

1.3.4 「環境メタマテリアル」の可能性 37

1.4 デジタルファブリケーションと呼応する思想・美学 38

1.4.1 オープンシステムサイエンス 38

1.4.2 ハーネス計算 40

1.5 むすびに 41

第 **2** 章

**出力物体の機能性に着目した
コンピューテーショナルデザイン**

2.1 コンピューテーショナルデザイン 43

2.1.1 コンピューテーショナルデザインとは 43

2.1.2 最適化問題とは 45

2.1.3 設計問題と最適化問題 49

2.2 デジタルファブリケーションにおけるコンピューテーショナルデザイン 50

2.2.1 デジタルファブリケーションにおける設計変数 50

2.2.2 機能性を最適化問題に組み込む方法 54

2.3 出力物体の機能性の種類と研究事例 57

2.3.1 出力物体の壊れにくさ 57

2.3.2 特定の用途で使う際の性能 62

2.3.3 利用時の使い心地 67

2.4 最適化の対象となる設計変数の種類 71

2.4.1 3次元形状 71

2.4.2 物体表面の凹凸 73

2.4.3 部品の配置 74

2.4.4 微細構造・パターン 75

2.5 発展的な話題	76
2.5.1 機能性以外の設計指針	76
2.5.2 コンピュータショナルファブリケーション	78
2.6 むすびに	80

第 3 章

インタラクティブなものづくり

3.1 身近になるものづくり	81
3.2 デジタルファブリケーションを取り巻くインタフェース	83
3.2.1 デジタルファブリケーションのプロセス	83
3.2.2 対話的なファブリケーション	84
3.2.3 デジタルファブリケーション装置の直接操作	86
3.2.4 対話的な 3D プリント：設計と造形の作業空間を重ねる	87
3.2.5 手作業を支援・拡張する道具	90
3.3 即興的なファブリケーション	94
3.3.1 高速化する 3D プリンタ	95
3.3.2 「プレビュー・プレタッチ」のためのファブリケーション	95
3.3.3 大きさや重さに着目したプロトタイピング	97
3.3.4 素材を使い回せる即興的造形手法	100
3.4 造形後に姿・形を変えるもののファブリケーション	107
3.4.1 4D プリンティング	107
3.4.2 造形後に膨らみ形を変える 4D プリント	109
3.4.3 「食べられる」4D プリント	111
3.4.4 Unmaking と素材の経時変化を取り込むデザイン	112
3.5 ものの造形から変形を操るインタフェースへ	113
3.5.1 形状変化インタフェースとは	114
3.5.2 形状変化インタフェースのデザインスペース	118

3.5.3 形状変化インタフェースの現状と課題	119
3.5.4 ユーザー体験の設計と応用に向けて	126
コラム：エラーから広がる？ デジタルファブリケーション表現	127
3.6 む す び に	128

第 4 章

パーソナルファブリケーション

4.1 初心者がデザインをすることは簡単か	130
4.2 プ リ ン タ	134
4.3 3D プ リ ン タ	137
4.4 レーザーカッター	141
4.5 カッティングプロッタ	145
4.6 切削加工機（ミリングマシン）	151
4.7 刺 繍 ミ シ ン	153
4.8 編 み 機	154
4.9 ヒューマンハンド	159
コラム：自分でデザインしてみたいものを身の回りで探してみよう	168
4.10 む す び に	172
引用・参考文献	175
索 引	185

^{†1} 本書の書籍詳細ページ (<https://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339013764/>) からカラー図面などの補足情報がダウンロードできます。

^{†2} 本書で使用している会社名、製品名は一般に各社の登録商標です。本書では® や TM は省略しています。

^{†3} 本書で紹介している URL は 2024 年 3 月現在のものです。



第 1 章

ものの離散化とディスクリート離散的設計の可能性

「デジタルファブリケーション」という語には、広義から狭義まで多くの意味が重なっている。広義の意味は「デジタルデータから（限りなく直接的に）ものをつくること」であり、3D プリンタやレーザーカッター、ミシン等のデジタル製造装置がそれを媒介する。この定義は比較的一般化されているといってよい。しかし、さらにより狭義に踏み込めば、「デジタル (digital)」が本来「離散量」という意味を持っていることから、「ものを“離散的 (ディスクリート) に” 捉え直し、製造すること」と捉えることができる。このことの本質的な意味はまだ一般に広く知られてはいない。

今後気候変動をはじめとする、地球環境の予測不可能な問題が頻発する時代においては、「デジタルファブリケーション」の広義から狭義まで複数の意味を正しく理解することで初めて可能となる。環境問題へ対応したものづくりや、ものの改変を通じた環境への持続的な向き合い方・取組み方を試行していくことが重要である。本章では、そのための概念と思考の道筋を整理していきたい。

1.1 デジタルファブリケーションとは何か

1.1.1 「デジタル」を捉え直す

現代においてもはや「デジタル」は日常語である。「何らかのかたちでコンピュータを使ったものごと」はあまねく「デジタル」と呼ばれており、この言葉を耳にしない日はない。ただ、多少意味にこだわって言葉が使用される場面では、次の三つのような用法があるのではないだろうか^{1),†}。

† 肩付きの番号は巻末の引用・参考文献を示す。

2 1. ものの離散化と離散的設計の可能性

- ① 純粹にバーチャルで、非物質的であるという意味。「物理的」と対置される使用法。「デジタル新聞」など。
- ② 電子的でコンピュータプログラムで動作するという意味。「機械的」と対置される使用法。「デジタルカメラ」など。
- ③ 離散的で不連続なユニットからなるという意味。「アナログ(連続的)」と対置される使用法。「デジタル時計」など。

現在のように「デジタル」が広い範囲を包む言葉として使用されるようになったのは、われわれの手にある「デジタルコンピュータ」が、上記①～③すべての意味を含んでおり、それがそのまま日常化したからだと考えられる。しかし、「デジタル」という概念を、コンピュータ以外の「もの」に再び照射して、世界を再解釈していく際には、もう一度①～③を一つずつに分解して、一つずつ検討していくことも、試してみる価値があるだろう。それぞれの定義を独立に扱い、その意味的組合せを精緻に検討していけば、そこから新たな発想が生まれることもあるからだ。例えば「物理的な形態で存在しながらも(つまり①ではないけれども)、②と③の意味ではデジタルな性質を持っている」というような中間領域にあるものは、いったいどのようなものだろう? このように問うてみることで、これまでにはなかった、新たな世界イメージを獲得する契機になるのではないだろうか(図 1.1)。

技術論を一度離れて、世界を再解釈するところから「デジタルファブリケーション」の意義を定義してみるとするならば、それは

「デジタル」の本質的な意味を捉え直しながら、われわれの「ものの解釈」を再び深め、改め、また新たな可能性を開いていく知の営みと言語化することができる。

本章では、このような「問い」を根底に抱きつつ、よく知られた広義の「デジタルファブリケーション」の定義を再確認することから始めて、順に意味を掘り下げ、より狭義の深層へとその本質に迫っていきたい。

一般的な捉えられ方
「アナログ」

↑

中間領域

↓

「デジタル」

非物質的	プログラム可能	離散的	
×	×	×	土など
○	×	×	デジタル新聞
×	○	×	デジタル時計
×	×	○	ブロック玩具
○	○	×	デジタルカメラ
×	○	○	プログラマブルマター
○	×	○	ブロックゲームなど
○	○	○	コンピュータ全般

図 1.1 一般的に「アナログ」と呼ばれるものと「デジタル」と呼ばれるものの中領域

1.1.2 広義のデジタルファブ리케이션

一般的によく知られた、「デジタルファブ리케이션」の広義の意味は「デジタルデータから（限りなく直接）ものをつくること」であり、3D プリンタやレーザーカッター、ミシン、ロボットアーム等の「デジタル製造装置」がそれを媒介する（図 1.2）。



図 1.2 代表的なデジタル製造装置や電子部品²⁾

〔1〕 従来のものづくり方 1990年代、設計が手描き図面から CAD (computer aided design) に移行して以来 30 年以上が経ち、いまわれわれの身の回りにある大量生産プロダクトの大半は、コンピュータ上で設計されている。その設計図は、デジタルデータとして保管されている。そして、その設計図をもとに物理的なプロダクトが製造されている。われわれが使用者として日々触れているプロダクトの大半は、もとを正せば、「デジタルデータ」がもとになってつくられている。しかし、従来は「デジタルデータ」から「もの (フィジカルオブジェクト)」がつくり出されるまでには、いくつもの工程を経由していた。例えば「型」を削り出して、そこに材料を射出して製造するプラスチック製品や、いくつもの部品に分けて製造して、あとから組み立てる自動車や建築等である (図 1.3)。一般に、靴、家電、家具から建築まで、従来の工業社会のものづくり方は、まず「部品」を製造して、あとから組み立てるという工程を踏んでおり、その工程が効率的に分業化されてきた。

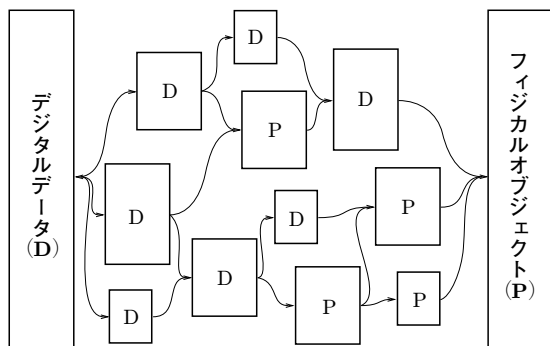


図 1.3 複数の工程から編成される、従来の「もの」のつくり方

〔2〕 デジタルファブリケーションのものづくり方 これに対して、「デジタルファブリケーション」は、デジタルデータからものに至るまでの従来の工程を限りなく「縮約」し、究極的にはデジタルデータから「直接的に」もの (フィジカルオブジェクト) がつくられることを指向する (図 1.4)。型をつくることなく直接製品を造形し、部品を統合して一体的に出力できる 3D プリントはその代表例である。逆に、3D 物体をスキャンすれば、それが直接、次なる

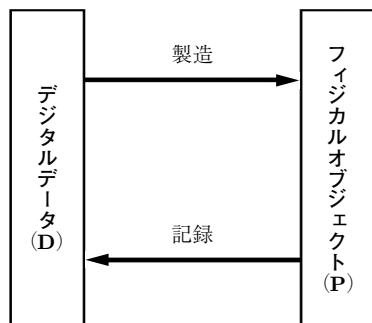


図 1.4 工程が縮約され、デジタルデータから「直接」ものがつくられるデジタルファブ리케이션の目指すかたち

3D データをつくるための型であり「設計図」になることも重要である。このような技術によって、デジタルとフィジカルが相互変換的になっていく。

1.1.3 ものづくりの民主化と分散型製造

21 世紀に入り、デジタルファブ리케이션が改めて注目されることになった背景には、デジタル工作機器が急速に小型化し、卓上（デスクトップ）サイズという新たなジャンルが生まれたことにも理由がある。その結果、これまで中～大型の工作機械が置かれてきたような「作業室」以外にも、カフェ、図書館、病院など、いろいろな場所で気軽にものをつくれる環境が実現した。こうした動向の中から生まれてきた社会的な動向が「ものづくりの民主化（パーソナルファブ리케이션）」である。パーソナルコンピュータとインターネットの普及、そしてデジタル化は総じて、従来は一部のプロフェッショナルに限られていた創造行為や発信行為を一般の人々にも可能にする役割を果たしてきた。写真、グラフィック、音楽、動画制作等のデジタルコンテンツ分野で先行して「民主化」が進んできたが、デジタルファブ리케이션機器が低価格化しデスクトップ化したことによって、「ものづくり」にも民主化の波が到来した。

筆者はおそらく、日本で最初に 3D プリンタを自宅で使い始めた人間であるのだが、それはおよそ 15 年前のことであった。時が流れ現在では、筆者の研究室に所属する学生は 1 人 1 台ずつほぼ全員が 3D プリンタを自宅に所有している。そのほか、デジタルファブ리케이션機器を身近に使うことができる市

索引

【あ】	【け】	【す】
アーキテクテッドマテリアル 20, 75	形状ディスプレイ 114	数理最適化 45
アディティブマニユファク チャリング 83	形状変化インタフェース 114	スケッチインタフェース 132
【い】	【こ】	【せ】
インスタントインクジェット 回路 136	コスト関数 46	製造可能性 77
インタラクティブファブリ ケーション 85	コンピュータ グラフィックス 44	制約関数 47
【お】	コンピューターショナル デザイン 8, 43	制約条件 46
オープンシステムサイエンス 38	コンピューターショナル ファブリケーション 9, 78	制約付き最適化問題 46
オープンデザイン 7	【さ】	積層 12
【か】	最急降下法 65	積層製造 83
解候補 45	再構築可能性 104	設計空間 49
可展面 133, 150	最小化 45	設計結果 49
環境メタマテリアル 38	最小単位 14, 17	設計戦略 49
簡略化 149	最大化 45	設計変数 49
【き】	最適化アルゴリズム 48	設計目標 49
機能性 50	最適解 45	設計問題 43
逆設計 56	最適化問題 44	セルフアセンブリシステム 26
【く】	【し】	セルフアラインメント 15
グラフィカルユーザ インタフェース 82	自動結合ブロック 15	セルラーアーキテクテッド マテリアル 22
	シャノンの通信路 符号化定理 11	【た】
	重畳表示 165	探索空間 46
		探索変数 46
		タンジブルビッツ 116
		タンジブルユーザ インタフェース 116
		【ち】
		直接操作 86

【て】	
デジタルファブリケーション	81
デジタルマテリアル	19
【と】	
トポロジー最適化	73
【ね】	
熱溶解樹脂積層	84
【は】	
ハイトフィールド	77
パーソナルファブリケーション	81, 130
パラメトリック形状モデリング	53
【ひ】	
光造形	84

ピクセル	23
ピックアンドプレイス機構	25
ヒューマンインザループ最適化	78
ヒューマンコンピュータインタラクション	44, 82
ビルディングブロック	14, 17
【ふ】	
付加製造	83
プログラマブルマター	117
【ほ】	
ボクセル	23
【ま】	
マルチフィラメント3D プリンタ	124

【め】	
メカニカルメタマテリアル	75
メッシュ	23, 52
【も】	
目的関数	45
【ら】	
ラピッドプロトタイピング	131
【り】	
離散最適化問題	47
【れ】	
連続最適化問題	47

【C】	
CAMat	23
CG	44
CSG	169
【F】	
FFF 方式	84
【G】	
GIK	17
GUI	82

【H】	
HCI	44, 82
【N】	
NC 機械	84
【S】	
SLA 方式	84
SMA	116
【U】	
Unmaking	112

【V】	
VoxCAD	24
VoxCraft	24
~~~~~	
<b>【数字】</b>	
1 次元プリンタ	97
2 値化	10
3 次元電子回路	18
3 次元 CNC 装置	86
3D アセンブラ	20, 25
4D プリンティング	107
4D プリント	79

—— 編者・著者略歴 ——

三谷 純 (みたに じゅん)

1998年 東京大学工学部精密機械工学科卒業  
2000年 東京大学大学院工学系研究科修士課程  
修了(情報工学専攻)  
2000年 ピー・アイ・エム株式会社勤務  
2000年 ヤフー株式会社勤務  
2004年 博士(工学)(東京大学)  
2004年 独立行政法人理化学研究所勤務  
2005年 筑波大学講師  
2009年 筑波大学准教授  
2015年 筑波大学教授  
現在に至る

田中 浩也 (たなか ひろや)

1998年 京都大学総合人間学部基礎科学科卒業  
2000年 京都大学人間環境学研究科修士課程修了  
2003年 東京大学大学院工学系研究科博士課程  
修了(社会基盤工学専攻)  
博士(工学)  
2004年 東京大学生産技術研究所助手  
2005年 慶應義塾大学講師  
2008年 慶應義塾大学准教授  
2016年 慶應義塾大学教授  
現在に至る

小山 裕己 (こやま ゆうき)

2012年 東京大学理学部情報科学科卒業  
2014年 東京大学大学院情報理工学系研究科修  
士課程修了(コンピュータ科学専攻)  
2017年 東京大学大学院情報理工学系研究科博  
士課程修了(コンピュータ科学専攻)  
博士(情報理工学)  
2017年 産業技術総合研究所研究員  
2022年 産業技術総合研究所主任研究員  
現在に至る

笈 康明 (かけひ やすあき)

2002年 東京大学工学部電子情報工学科卒業  
2004年 東京大学大学院学際情報学府修士課程  
修了(学際情報学専攻)  
2007年 東京大学大学院学際情報学府博士課程  
修了(学際情報学専攻)  
博士(学際情報学)  
2008年 慶應義塾大学講師  
2011年 慶應義塾大学准教授  
2018年 東京大学准教授  
2022年 東京大学教授  
現在に至る

五十嵐 悠紀 (いがらし ゆき)

2005年 お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業  
2007年 東京大学大学院情報理工学系研究科修  
士課程修了(コンピュータ科学専攻)  
2010年 東京大学大学院工学系研究科博士課程  
修了(先端学際工学専攻)  
博士(工学)  
2010年 日本学術振興会特別研究員 PD  
2013年 日本学術振興会特別研究員 RPD  
2015年 明治大学専任講師  
2018年 明治大学専任准教授  
2022年 お茶の水女子大学准教授  
現在に至る

# デジタルファブ리케이션とメディア

Digital Fabrication and Media © Mitani, Tanaka, Koyama, Kakehi, Igarashi 2024

2024年5月10日 初版第1刷発行

★

検印省略

編者 三谷 純  
著者 田中 浩也  
小山 裕己  
寛 康明  
五十嵐 悠紀  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 三美印刷株式会社  
製本所 株式会社 グリーン

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844 ・ 電話 (03) 3941-3131(代)

ホームページ <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-01376-4 C3355 Printed in Japan

(松岡)



JCOPY <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。