

メディアテクノロジーシリーズ 3

# 可視化と科学・文化・社会

竹島由里子

【編】

伊藤貴之・宮地英生・田中 寛

【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	竹島由里子
執筆者 (執筆順)	伊藤 貴之 (1章, 2.4節, 4章)
	宮地 英生 (2.1~2.3, 2.5~2.7節)
	田中 覚 (3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、マクルーハンは「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は“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

「可視化」は、自然現象や人体の観察や分析に古くから利用されてきました。例えば、有名な画家でもあり科学者でもあるレオナルド・ダ・ヴィンチは、川の中に板を配置したときにどのように川の流れが変化するかをスケッチ画として残しています。また、ダ・ヴィンチは人体解剖図も残しており、陰影を付けることにより骨と筋肉の構造を3次元的に描画しています。これらは500年以上経った現在でも有用な情報であり、どのように科学や医学が進歩してきたかを知る手がかりとなっています。

データの分析においても「可視化」はなくてはならないものです。皆さんの最も身近な事例はグラフででしょうか。グラフの原型は18世紀に政治経済学者のウィリアム・プレイフェアによって作られたといわれており、棒グラフ、折れ線グラフ、円グラフなど現在でも利用されているグラフを生み出しました。また、看護師としても有名なフローレンス・ナイチンゲールは統計学者としても知られており、クリミア戦争における死因を円グラフを用いて可視化しています。

このように、人手で描画することにより「可視化」を行っていた世界が、コンピュータの登場により一変します。コンピュータ性能の向上やコンピュータグラフィックス技術の発展により、コンピュータ内で可視化を行うコンピュータビジュアライゼーションが広く利用されるようになったのです。コンピュータを利用することにより、人手では困難であった大規模データの可視化や対話的な操作が可能になりました。そして、さまざまな分野において「可視化」は必要不可欠な技術となっているのです。

本書では、実際にどのように「可視化」が利用されているのかを、「科学・文化・社会」の三つの分野に分けて、実用例を交えて紹介します。

2章では、空気や液体などの流体の可視化を中心に、自然科学分野における可視化事例を掲載しています。数値シミュレーションなどによって得られた数値データをコンピュータ内でどのように可視化し、解析を行うかについて述べられています。3章では、有形文化財をデジタルデータとして永久保存する方法を通して、人文科学分野における可視化の利用例を紹介します。有形文化財をデジタル保存するための3次元点群の取得方法やその可視化手法についても述べられています。4章では、実世界の物理空間に依存しないようなデータを扱う社会科学における可視化事例を紹介します。センサデータやソーシャルメディアにおけるデータ、写真や動画などのマルチメディアデータなど、多岐にわたる可視化事例が掲載されています。

また、本書の総括として、1章では、可視化の歴史なども踏まえて本書の構成について詳しく紹介されています。

この本を手にとった皆さんが、いろいろな場面において可視化が利用されていることを知る一助になれば幸いです。また、可視化技術とさまざまな分野が結びつくことにより、学術や産業が新たなフェーズへと発展していくことを願います。

2023年8月

編者 竹島由里子

<sup>†1</sup> 本書の書籍詳細ページ (<https://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339013733/>) 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。

<sup>†2</sup> 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。

<sup>†3</sup> 本書で紹介している URL は 2023 年 8 月現在のものです。



# 目 次

## 第 1 章

### 可 視 化 と は

<b>1.1</b>	<b>可視化の歴史と定義</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>自然科学と可視化</b> .....	<b>3</b>
1.2.1	自然科学に活用される情報科学技術	3
1.2.2	自然科学が課題対象とする実空間の例	4
1.2.3	scientific visualization	5
<b>1.3</b>	<b>人文科学と可視化</b> .....	<b>6</b>
1.3.1	デジタルヒューマニティーズ	6
1.3.2	過去の復元・現在の保存	6
<b>1.4</b>	<b>社会科学と可視化</b> .....	<b>7</b>
1.4.1	社会科学に活用される情報科学技術	7
1.4.2	information visualization	8
1.4.3	情報処理技術がもたらした新しい社会問題のための可視化	9
<b>1.5</b>	<b>本書の構成</b> .....	<b>10</b>

## 第 2 章

### 科学と可視化

#### — 流体・医療・生命情報 —

<b>2.1</b>	<b>概要：科学的なデータの可視化</b> .....	<b>11</b>
2.1.1	実験計測データの可視化	13
2.1.2	数値シミュレーションの可視化	14



<b>2.2 科学技術分野での可視化の目的と対話操作</b> .....	15
2.2.1 科学技術分野における可視化の目的	16
2.2.2 科学技術分野における可視化に必要な対話操作	18
<b>2.3 流体シミュレーションの可視化</b> .....	21
2.3.1 データ形式	22
2.3.2 流体シミュレーションの可視化で用いる可視化手法	23
2.3.3 ボリュームレンダリング	27
2.3.4 点群表示	28
2.3.5 数値流体シミュレーションの可視化例	30
<b>2.4 その他の科学技術分野における可視化</b> .....	38
2.4.1 医療撮影画像を用いた可視化	38
2.4.2 生命情報に関する可視化	39
<b>2.5 科学技術分野における VR/AR/MR/XR の活用</b> .....	41
2.5.1 立体視装置	42
2.5.2 没入型ディスプレイ	44
2.5.3 オーグメンティッドリアリティ	46
2.5.4 ミックスドリアリティ	48
2.5.5 クロスリアリティ	50
2.5.6 可聴化	53
<b>2.6 科学技術分野の可視化システム</b> .....	55
2.6.1 科学技術分野の可視化システムの実装	56
2.6.2 事例紹介：可視化フレームワーク VisAssets	57
<b>2.7 本章のまとめ・今後の展望</b> .....	61

## 第 3 章

# 文化と可視化

— 文化財の 3次元計測 —

<b>3.1 概要：文化財のデジタル保存と可視化</b> .....	63
------------------------------------	----

<b>3.2 有形文化財のデジタル保存</b> .....	64
3.2.1 3次元計測技術の発展	64
3.2.2 3次元計測で取得されるデータ	66
<b>3.3 3次元計測データの軽量化</b> .....	67
3.3.1 ランダムサンプリング	68
3.3.2 ボクセル化	68
3.3.3 ポアソンディスクサンプリング	70
3.3.4 ポリゴンメッシュ化	71
<b>3.4 3次元計測データのポイントレンダリング</b> .....	73
3.4.1 ポリゴンレンダリングとポイントレンダリング	73
3.4.2 描画単位としての「点」に付与される属性	74
3.4.3 点に3次元的な幾何学形状を与えるポイントレンダリング	74
3.4.4 点の2次元的な像を利用するポイントレンダリング	76
3.4.5 3次元計測点群を活用したバーチャルリアリティ	78
<b>3.5 3次元計測データの半透明可視化</b> .....	80
3.5.1 半透明可視化における「奥行き感」の重要性	81
3.5.2 3次元計測点群の半透明可視化の難しさ	82
3.5.3 確率的ポイントレンダリングの概要	84
3.5.4 確率的ポイントレンダリングの実行手順	86
3.5.5 半透明性の確率的な実現	87
3.5.6 不透明度を制御する公式	90
3.5.7 輝度勾配による法線ベクトルが不要な陰影付け	92
3.5.8 点密度制御	95
<b>3.6 事例紹介：有形文化財3次元計測点群の可視化</b> .....	96
3.6.1 京都・祇園祭の山鉦	96
3.6.2 宮城・瑞巖寺の洞窟遺跡群	98
3.6.3 滋賀・旧中島家住宅（古民家）	100

3.6.4	京都・藤森神社の拝殿	102
<b>3.7</b>	<b>計測ノイズとその除去・消失</b>	<b>103</b>
3.7.1	3次元計測における計測ノイズ	103
3.7.2	計測ノイズの除去	105
3.7.3	計測ノイズを統計的に消失させる可視化	106
3.7.4	ノイズの消失実験	109
3.7.5	ノイズ消失の理論的背景	113
<b>3.8</b>	<b>3次元計測データの特徴領域強調</b>	<b>115</b>
3.8.1	特徴領域強調の必要性	116
3.8.2	3次元構造テンソルを用いた特徴領域抽出	116
3.8.3	特徴領域の強調可視化	121
3.8.4	3次元エッジを細線化する可視化	124
3.8.5	ソフトエッジの強調可視化	127
<b>3.9</b>	<b>事例紹介：巨大文化遺跡のマルチデータソース可視化</b>	<b>130</b>
3.9.1	ボロブドゥール寺院のデジタル保存と可視化	131
3.9.2	寺院表面	133
3.9.3	地下基礎工事部分	134
3.9.4	隠された壁面レリーフ	135
3.9.5	データ統合とマルチデータソース可視化	138
<b>3.10</b>	<b>本章のまとめ・今後の展望</b>	<b>139</b>

## 第 4 章

### 社会と可視化

#### — メディアやビジネスから見える社会現象 —

<b>4.1</b>	<b>概要：社会現象を映し出す可視化</b>	<b>141</b>
4.1.1	社会現象のための可視化手法	144
4.1.2	機械学習と可視化	145
4.1.3	可視化とインタラクションデザイン	146

---

4.1.4	社会現象の可視化に関する新たな展開と課題	148
<b>4.2</b>	<b>センサデータと可視化</b> .....	<b>148</b>
4.2.1	環境、災害に関するセンサデータの可視化	150
4.2.2	移動体追跡結果の可視化	154
<b>4.3</b>	<b>インターネットと可視化</b> .....	<b>157</b>
4.3.1	ウェブの歴史と可視化	157
4.3.2	ソーシャルメディアの定義と可視化	160
<b>4.4</b>	<b>マルチメディアと可視化</b> .....	<b>167</b>
4.4.1	写真集合の可視化	168
4.4.2	音楽の可視化	172
<b>4.5</b>	<b>基幹システムと可視化</b> .....	<b>178</b>
4.5.1	ビジネス・金融情報の可視化	178
4.5.2	セキュリティ情報・不正情報の可視化	182
<b>4.6</b>	<b>人工知能と可視化</b> .....	<b>186</b>
4.6.1	人工知能がもたらす社会問題と可視化	186
4.6.2	機械学習の説明責任のための可視化	191
<b>4.7</b>	<b>本章のまとめ・今後の展望</b> .....	<b>195</b>
<b>引用・参考文献</b> .....		<b>199</b>
<b>索引</b> .....		<b>209</b>

# 第 1 章

## 可視化とは

本書は可視化という技術を「科学・文化・社会」という三つの分野にどのように適用するかを論じるものである。その序論として本章ではまず、計算機による可視化の歴史と定義を紹介する。続いて三つの大きな学問体系である自然科学・人文科学・社会科学のおのおのについて、可視化がどのように適用されてきたかについて論じる。そして、本書の構成について紹介する。

### 1.1 可視化の歴史と定義

人間は情報の 80~90%を目から収集しているといわれている。視覚は特にほかの感覚と比べて空間分解能力が高いとされており、多数の構成要素からなる情報を脳内で分解して同時に認識する能力に長けているといわれている。言い換えれば、情報を目から収集することで、人間はより多くの知識を獲得できることになる。可視化という技術が目指す「情報を見えるようにする」という行為は、人間の知的蓄積を高めるために必要不可欠な処理であると考えられる。

可視化という単語の歴史は長く、計算機が発達する前から用いられてきた。例えば、旧来から流体実験の分野では、そのままでは見ることでできない空気の流れを見えるようにするために、色のついた煙を出すことで見えることにするなどの工夫をしてきた。このように、計算機の画面上での可視化が普及する以前から、実空間上で自然現象を見える形にするための各種の工夫を可視化と呼ぶ時代があった。

それに対して、本書が扱う可視化とは、「情報処理によって計算機の画面上に

## 2 1. 可視化とは

情報を描画できる状態にし、ユーザの対話操作によって各ユーザが所望する形式で情報を描画すること」であるとする。つまり、本書が扱う可視化という技術は「計算機の画面への可描化」であるといえる。

21世紀に入ってから、可視化という単語はいくつかの場面で流行を遂げている。東日本大震災の直後には「電力消費量の可視化」といって、テレビ画面やウェブブラウザに電力消費量を数値表示する場面が増えた。しかしこれらは極論すれば「読み上げる」ことでも理解できる情報であり、画面上で表示することが必要不可欠な情報ではない。また「工場の製造過程の可視化」「警察の捜査過程の可視化」など、業務プロセスの振返りができるような記録をすることを可視化と呼ぶ場面もあった。これらも同様に、極論すれば計算機の画面上で表示することを必要不可欠とするような話ではない。本書ではこのような意味での可視化を対象としない。あくまでも「情報を描く」ための理論・技術や応用事例を本書では対象とする。

「情報を描く」という行為は特定の学術分野や産業分野に限定することのない汎用的な行為である。言い換えれば、計算機による可視化は、いかなる学術分野や産業分野にも適用可能な行為である。これは情報処理技術自体がいかなる学術分野とも融合可能な技術であることに似ている。これを実証する事例として、近年の大学の学部学科の名前には、「生命情報」「機械情報」「社会情報」「経営情報」「文化情報」というように、情報学とほかの分野を融合した学問体系が急激に成長している。この傾向は2010年以降のデータサイエンスブームによって後押しされており、非常に多くの学術分野においてデータに基づいた分析や検証が有効であることが実証されている。計算機による可視化もこれと同様に、多くの学術分野との連携や融合が可能であると考えられる。

このような背景から本書は、計算機による可視化技術について、各種の学術分野への連携や融合による応用事例を網羅的に紹介するものである。

大学などの高等学術機関にて、多くの場面において学問は以下の三つに大別される。

**自然科学**      いわゆる「理系」と呼ばれる分野で、例えば理学・工学・医学・

薬学・農学などが該当する。自然科学を単に「科学」と称することも多い。

**人文科学** 文化に関する学問分野で、例えば文学・言語学・地理学・歴史学・芸術学などが該当する。

**社会科学** 社会に関する学問分野で、例えば社会学・法学・経済学・経営学などが該当する。

本書はこの学問体系にならって、科学・文化・社会の三つのカテゴリから可視化技術の応用事例を紹介するものである。以下、三つの学問分野と可視化との関係について概観する。

## 1.2 自然科学と可視化

### 1.2.1 自然科学に活用される情報科学技術

自然科学の多くの学問分野ではすでに情報科学技術が広く活用されている。あくまでも例として以下のような点が挙げられる。

**理 学** 自然科学の中でも伝統的な学問とされてきた物理・化学・生物・地学などの各分野においても、シミュレーションなどの計算科学が理論・実験に続く第3の科学的手法として、さらにデータ科学が第4の科学的手法として定着した。この結果、理論や実験の検証をシミュレーションや機械学習に頼る研究現場が急速に増えた。

**工 学** 工業製品やプラントなどの設計過程はIT化され、さらにその製造前の検証も実験から解析（計算機シミュレーション）に主役が移ってきた。製造工程はデータベース化され、故障の原因が製造中のどこにあるかを追跡することが容易になった。自動車や建築物などの大規模工業製品の中には情報処理チップが組み込まれるようになり、工業製品の挙動はデジタルデータとして記録可能になった。

**医 療** 電子カルテシステムの普及により、検診・検査の結果がデータベース化されるようになった。また、撮影画像がデジタル化されたことにより、機械学習によるモデル化が進み、画像認識を用いた診断技術が進んだ。介

## 4 1. 可視化とは

---

護やリハビリなどの現場ではセンサ技術や補助ロボットの導入が進んだ。

**生命** 蛋白質をはじめとする生体の挙動に対して分子シミュレーションを適用して解明する研究が進んでいる。また細胞中の遺伝子の配列を解読することで生命の進化や機能を理解する研究が進んでいる。これらの知見は医療や創薬にも応用されており、特に創薬分野では薬品の初期探索において計算機が活躍するようになった。

### 1.2.2 自然科学が課題対象とする実空間の例

前節で挙げた自然科学の各分野には共通の学術的課題がある。それは「**実空間**にありながらそのままでは目にしにくい事象を扱っている」という点である。具体的な例として、以下のような実空間が自然科学の多くの学術的課題において対象となる。

**マイクロな世界** 例えば蛋白質をはじめとする分子の構造は、そのままでは目にはできない上に、高価な撮影技術を用いても初心者にとって視認性の高い撮影結果が得られるとは限らない。

**巨大な世界** 宇宙に代表されるような巨大な空間は、その全貌を直接目にはすることはできない。

**危険な空間** 工業設計の現場では例えば、溶鉱炉や原子炉の内部に代表されるように、人間が入ることが困難な場所の状況を理解する必要がある。

**超高速な現象** 1秒間に数十コマの撮影技術では記録しきれないほどの超高速な現象を理解するためには、なんらかの方法で現象の時間変化を補完する必要がある。

**人体の内部** 医療撮影は人体内部を対象とするが、個々の画像は人体の一部を2次元の情報として切り取ったものであり、それを見ただけで人体内部の立体構造を理解できるとは限らない。

計算機による可視化は、上述のような「そのままでは目にしにくい事象」を視覚的に表現し、人間の理解を促すための効果的な手段の一つである。



### 1.2.3 scientific visualization

科学技術系のデータを高い視認性で画面表示するための可視化技術は科学系可視化 (SciVis: scientific visualization) と呼ばれている。scientific visualization は、コンピュータグラフィックス技術を駆使して可視化の対象となる 3 次元空間を再現し、色や形などの視覚属性を調節することで視認性の高い形でその事象を表現する。

scientific visualization を構成する諸技術は以下のような観点から分類可能である。

**入力情報** scientific visualization の入力情報は、現実世界での実測値と、計算機シミュレーションによる算出値に大別される。このうち実測値には、各種センサが計測した数値や、カメラ等によって撮影された画像などが該当する。

**データ構造** scientific visualization が対象とするデータ構造としておもに、3 次元空間を細かく分割した格子構造、物理量や運動情報を有する大量の点 (粒子) の集合、対象物体の表面形状、などが適用される。自然科学を対象とする可視化手法の多くは、データ構造に基づいて技術的に細分化される。

**数学的定義** おもに格子構造で数値化された自然現象を可視化する際には、その格子構造で表現される 3 次元空間に物理値の「場」が存在すると仮定する場合が多い。そしてスカラ場、ベクトル場、テンソル場のいずれかを仮定することによって可視化手法は技術的に細分化される。

ここまで論じてきたように本書では、自然科学に関する可視化手法の中でも、3 次元物体や 3 次元空間の再現によって自然現象などを再現する可視化手法を主たる対象とする。逆にいえば、自然科学に関する可視化手法の中でも、物理的な 3 次元空間の再現を目的としない可視化手法にはフォーカスしない。例として、電子カルテなどの医療文書からのテキスト分析結果の可視化手法、遺伝子を構成するアミノ酸の配列の分析結果の可視化手法などは物理的な 3 次元空間を仮定しない。このような可視化手法については本書ではごくわずかな事例の紹介にとどめる。

# 索引

<b>【あ, い】</b>		<b>【く, け】</b>		<b>【せ, そ】</b>	
アップサンプリング	91	グリフ	26	全分散	121
アルファブレンディング	82	計算社会科学	8	速度の大きさ	23
インフォグラフィックス	146	計測ノイズ	67, 103	ソフトエッジ	127
<b>【う, え】</b>		<b>【こ】</b>		<b>【た】</b>	
ウェブマイニング	158	固有値エントロピー	121	タイムライン	25
渦度	23	固有値和	121	ダウンサンプリング	91
渦粘性係数	23	混相流	30	ダッシュボード	147
運動視差	20, 42	コンピュータグラフィックス			
エントロピー	106		63		
<b>【お】</b>		<b>【さ】</b>		<b>【ち】</b>	
オクルージョン	18	サーフェイスレンダリング	27	中心極限定理	113
音の大きさ	54	サーフェル	74	超解像	107
音程	54	サブピクセル処理	107	直線性	117, 119
<b>【か】</b>				<b>【て】</b>	
海中ソナー	12	差分法	22	デジタルヒューマニ	
科学系可視化	5, 144	散乱性	121	ティーズ	6
確率的ポイントレンダリング	81, 84			テクスチャマッピング	78
可視化モジュール	58	<b>【し】</b>		デプスキュー	21
可聴化	53	視覚ガイド	102	デプスソート	83
カルマン渦	15	視覚的分析	146	デプスピーリング	84
<b>【き】</b>		シャープエッジ	127		
気象レーダ	12	集合知	157	<b>【と】</b>	
輝度勾配	94	焦点調節	42	特徴領域	116
輝度調整	103	情報可視化	9, 144	都市空間シミュレーション	
局所面セグメント	88	深層学習	137		
曲率変動性	117, 119				
		<b>【す】</b>			
		スカラ量	23	ドロネー三角形分割	72
		スタッガード格子	23	ドロネー分割法	23
		ストーリーテリング	147	ドローン	65

<b>【な, ね, の】</b>	不透明度ベース特徴		<b>【ま】</b>	
ナビエ・ストークス方程式 14	強調可視化 122		マルチデータソース	
音色 54	分散共分散行列 117		可視化 130	
ノイズ透明化手法 106	<b>【へ】</b>		<b>【ゆ】</b>	
<b>【は】</b>	平面性 117, 120		有限要素法 22	
外れ値ノイズ 104	ベクトル量 23		<b>【ら】</b>	
バーチャルリアリティ 41, 63	<b>【ほ】</b>		ランダムサンプリング 68	
<b>【ひ】</b>	ポアソンディスク		ランダムノイズ 104	
ビッグデータ 67	サンプリング 70		ランバートの余弦則 92	
非等方性 121	ポイントグラフィックス 79		<b>【り】</b>	
非平面性 121	ポイントスプライト 78		流跡線 24	
ビルボード 78	ポイントレンダリング	28, 66, 73	粒子画像流速計測法 13	
<b>【ふ】</b>	ボクセル化 68		粒子法 22	
フォトグラメトリ 65	没入型装置 44		流線 24	
不確実性 39	ポリゴングラフィックス 79		流脈線 25	
輻 轉 42	ポリゴンメッシュ 66		両眼視差 42	
不透明度関数 125	ポリゴンメッシュ化 71		<b>【れ】</b>	
不透明度グラデーション 125	ポリゴンレンダリング 66		レーザ計測 64	
不透明度公式 90	ポリウムレンダリング 27			

<b>【A, B】</b>	<b>【I】</b>	<b>【U】</b>
AR 46	immersive analytics 147	UAV 65
AV 49	<b>【M】</b>	Unity 79
BIM 101	MR 48	Unreal Engine 79
<b>【C】</b>	MRI 38	<b>【V, X】</b>
CT 38	<b>【P】</b>	VR 41
CT 検査 11	PIV 13	XAI 145
<b>【D】</b>	<b>【Q】</b>	XR 50
DEM 37	Q 値 23	<b>【数字】</b>
<b>【E】</b>	<b>【S】</b>	3次元計測 64
EWA スプラッティング 84	SALM 49	3次元計測点群 65
<b>【H】</b>	SfM 65	3次元構造テンソル 117
HMD 44	SONAR 12	4次元可視化 97

—— 編者・著者略歴 ——

竹島 由里子 (たけしま ゆりこ)

1994年 お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業  
1996年 お茶の水女子大学大学院理学研究科修士課程修了 (情報科学専攻)  
1999年 お茶の水女子大学大学院人間文化研究科博士課程修了 (人間環境学専攻) 博士 (理学)  
1999年 お茶の水女子大学大学院助手  
2001年 東北大学流体科学研究所助手  
2004年 日本原子力研究所博士研究員  
2005年 東北大学流体科学研究所助手  
2007年 東北大学流体科学研究所助教  
2010年 東北大学流体科学研究所講師  
2015年 東京工科大学准教授  
2018年 東京工科大学教授  
現在に至る

伊藤 貴之 (いとう たかゆき)

1990年 早稲田大学理工学部電子通信学科卒業  
1992年 早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了 (電気工学専攻)  
1992年 日本アイ・ビー・エム株式会社 (東京基礎研究所) 勤務  
1997年 博士 (工学) (早稲田大学)  
2003年 京都大学大学院情報学研究科 COE 研究員兼任  
2005年 お茶の水女子大学助教授  
2007年 お茶の水女子大学准教授  
2011年 お茶の水女子大学教授  
現在に至る

宮地 英生 (みやち ひでお)

1985年 岡山大学工学部生産機械工学科卒業  
1987年 岡山大学大学院工学研究科修士課程修了 (生産機械工学専攻)  
1987年 久保田鉄工株式会社勤務  
2006年 東京大学大学院工学研究科博士後期課程修了 (機械工学専攻) 博士 (工学)  
2011年 サイバネットシステム株式会社勤務  
2015年 東京都市大学教授  
現在に至る

田中 覚 (たなか さとし)

1982年 早稲田大学理工学部応用物理学科卒業  
1984年 早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了 (物理学及び応用物理学専攻)  
1987年 早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了 (物理学及び応用物理学専攻) 理学博士  
1988年 早稲田大学助手  
1992年 福井大学助手  
1996年 福井大学講師  
2000年 福井大学助教授  
2002年 立命館大学教授  
現在に至る

## 可視化と科学・文化・社会

Visualization for Science, Digital Humanities, and Sociology

© Takeshima, Ito, Miyachi, Tanaka 2023

2023年10月27日 初版第1刷発行



検印省略

編者 竹 島 由 里 子  
著者 伊 藤 貴 之  
宮 地 英 生  
田 中 覚  
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 978-4-339-01373-3 C3355 Printed in Japan

(松岡)



< 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、そのつと事前に、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。