

入門CGデザイン

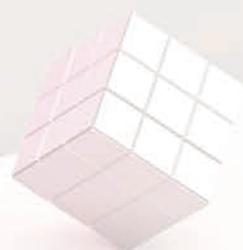
CG制作の基礎

INTRODUCTION TO
CG DESIGN

FOR
CG CREATORS

第2版

SAMPLE



CGクリエイター検定 [ベーシック] 対応書籍

 CG-ARTS
公益財団法人画像情報教育振興協会

1

CGとは

1-1	CGとは	006
1-1-1	CGの歴史	006
1-1-2	CGの制作手法と表現	006
1-2	CG表現の広がりと活用	007
1-2-1	CGが活用される分野と用途	007
1-3	CG制作のワークフロー	011
1-3-1	CG制作工程の全体像	011
1-3-2	絵コンテの実際	016
1-3-3	CG制作における職種について	017
1-4	CG制作のための事前準備の重要性	018
1-4-1	リファレンス(参考資料)収集	018
1-4-2	仕様の確認	019
1-4-3	制作体制の確認と注意	019

2

表現の基礎

2-1	観察と表現	022
2-1-1	デッサン	022
2-1-2	遠近法	028
2-2	色と動き	032
2-2-1	色	032
2-2-2	動き	039
2-3	文字	044
2-3-1	タイポグラフィ	044
2-3-2	フォントの利用	046
2-4	レイアウト	048
2-4-1	基本原則	048
2-4-2	ユーザインタフェースへの応用例	050
2-4-3	メディアに応じた配慮	051

3

2次元CGと写真撮影

3-1	2次元CGの基礎	054
3-1-1	デジタル画像の基礎	054
3-1-2	ラスタ形式とベクタ形式	060
3-1-3	ラスタ形式による描画の実際	063
3-1-4	ベクタ形式による描画の実際	066
3-2	写真撮影とレタッチ	070
3-2-1	写真撮影	070
3-2-2	写真のレタッチ	080

4

3次元CGの制作

4-1	モデリング	090
4-1-1	座標系	090
4-1-2	点, 線, 面	092
4-1-3	移動, 回転, スケール	092
4-1-4	モデルの表示	092
4-1-5	モデルの形状表現	094
4-1-6	モデリング手法	098
4-1-7	モデリングの実際	109
4-2	マテリアル	116
4-2-1	マテリアルの基礎	117
4-2-2	PBRマテリアルの基本パラメータ	118
4-2-3	マッピングによる質感表現	122
4-2-4	マッピングの適用方法	125
4-2-5	マッピングの実際	128
4-3	リギング	130
4-3-1	リギングの要素	130
4-4	アニメーション	138
4-4-1	CGアニメーションの基礎	138
4-4-2	キャラクターアニメーションの実際	144
4-5	エフェクト	152
4-5-1	エフェクトの制作手法	153
4-5-2	エフェクト表現	154
4-5-3	エフェクトに関わる技術	157
4-6	カメラワーク	160
4-6-1	画角	160
4-6-2	ショットサイズ	161

4-6-3	カメラアングル	162
4-6-4	カメラの動き	163
4-7	ライティング	168
4-7-1	ライトの種類	169
4-7-2	ライトの強度と色	172
4-7-3	ライトによる影	174
4-7-4	ライティングの手法	175
4-8	レンダリング	178
4-8-1	レンダリングとは	178
4-8-2	レンダリング処理	181
4-8-3	さまざまなレンダリング表現	186
4-8-4	レンダリングの実際	188
4-9	合成(コンポジット)	194
4-9-1	合成の目的	194
4-9-2	合成の基礎	195
4-9-3	合成の実際	196
4-10	編集	198
4-10-1	映像の単位と階層構造	198
4-10-2	なぜ編集が必要なのか	199
4-10-3	編集の際の心構え	202
4-10-4	モンタージュ理論	202
4-10-5	イマジナリーライン	203
4-10-6	カットのつなぎ方	204
4-10-7	編集における音の扱い	205
4-10-8	編集作業の実際	206

5

CG制作を支える技術の基礎

5-1	ハードウェアとソフトウェア	210
5-1-1	コンピュータの構成と周辺機器	210
5-1-2	アプリケーションソフトウェア	218
5-1-3	さまざまなサービスの活用	220
5-2	制作物の仕様と出力形態	222
5-2-1	制作物の仕様	222
5-2-2	ファイル形式	224
5-2-3	作品の出力形態	227
5-2-4	制作物の公開に関する注意	228
5-3	デジタルの基礎	229
5-3-1	2進法と16進法	229
5-3-2	アナログデータとデジタルデータ	229

6

知的財産権

6-1	知的財産権	234
6-1-1	知的財産権	234
6-1-2	著作権法	235
6-1-3	デジタルデータなどの法的保護	239
6-1-4	©(マルシー)マークによる著作権表示	240

index	241
参考図書	247
写真・画像・査読 協力	247

1-1

CGとは

コンピュータグラフィックスとは、コンピュータを利用してディスプレイ上などに、画像や映像を生成する技術、またはそのようにして制作された画像や映像のことである。

1-1-1 CGの歴史

1963年にアイヴァン・サザーランド(I.E.Sutherland)が開発した「スケッチパッド(Sketchpad)」により、コンピュータグラフィックス(CG: Computer Graphics)の基礎が築かれた。そののち、3次元表示やアニメーションの研究が進み、航空宇宙や軍事の分野などでもシミュレーション技術として発展を始めた。そして1970年代以降、画像処理技術や描画アルゴリズムの進展により、映画・ゲーム・設計の分野への応用が拡大した。^{*1} 現在では、教育・医療・建築・芸術など多岐にわたる領域でも不可欠な技術基盤となり、日常生活においても広く視認される存在となっている。

1-1-2 CGの制作手法と表現

CGの制作手法は、2次元CG(2DCG)と3次元CG(3DCG)に大別できる。2DCGは、コンピュータ上の平面に図形や画像を配置・編集し、描画して制作する手法である。一方、3DCGは、3DCGソフトウェアの空間内にモデルを配置し、カメラを通して2DCGを生成する手法である。^{*2} 近年ではゲームやVRのように、3D空間そのものを視聴・操作するインタラクティブな形態も広く用いられている。^{*3}

CGによる表現手法は写実的(photorealistic)と非写実的(non-photorealistic)に大別できる。写実的な表現は、映像や写真のように、光、影、質感まで現実世界のようにリアルに描写する表現である。これに対して、非写実的表現は、イラストやマンガ、絵画のような様式化された表現である。非写実的な表現の一例として、3DCGを手描きアニメーションのような見た目に再現するトゥーンシェーディング^{*4}があり、アニメ制作やゲームなどで広く用いられている。

これらの制作手法や表現手法を活用して、CGはさまざまな用途に用いられている。

*1 アルゴリズムとは、計算処理の手順や方法のこと。CGでは描画の流れや計算方法を指す。

*2 3DCGソフトウェアのことをDCCツール(Digital Content Creation tool)とよぶ場合もある。

*3 2DCGと3DCGは、相互に補完しながら用いられることが多い。2DCG作品では、レイアウトやカメラワークの一部に3DCGを利用したり、3DCG作品でも、テキストチャ画像や背景として2DCGを取り入れたりすることがある。

*4 セルシェーディング、セルルック、トゥーンレンダリングなどとよばれることもある。

1-2

CG表現の広がりと活用

CGは、わたしたちの生活に身近な存在となっている。ここでは、CGがどのような分野や用途で用いられ、また、どのような表現の広がりをもって活用されているかについて解説する。

1-2-1 CGが活用される分野と用途

CGは、映画、アニメ、ゲームをはじめ、広告や出版、配信、建築、医療など、さまざまな分野や用途で活用されている。エンタテインメントに限らず、情報の可視化やシミュレーションなど、表現手段のひとつとしても広く用いられており、その活用範囲は広がっている。

また、CG表現には、写実的で複雑なものから簡潔で抽象的なものまで幅があり、2D的な表現から3D空間を活用した表現、さらにユーザの操作に応じて変化するインタラクティブな表現まで、多様な形態が存在する。用途や目的に応じて、これらの表現は使い分けられ、組み合わせられている(図1.2.1)。



■図1.2.1—CGを利用するさまざまなコンテンツやサービス

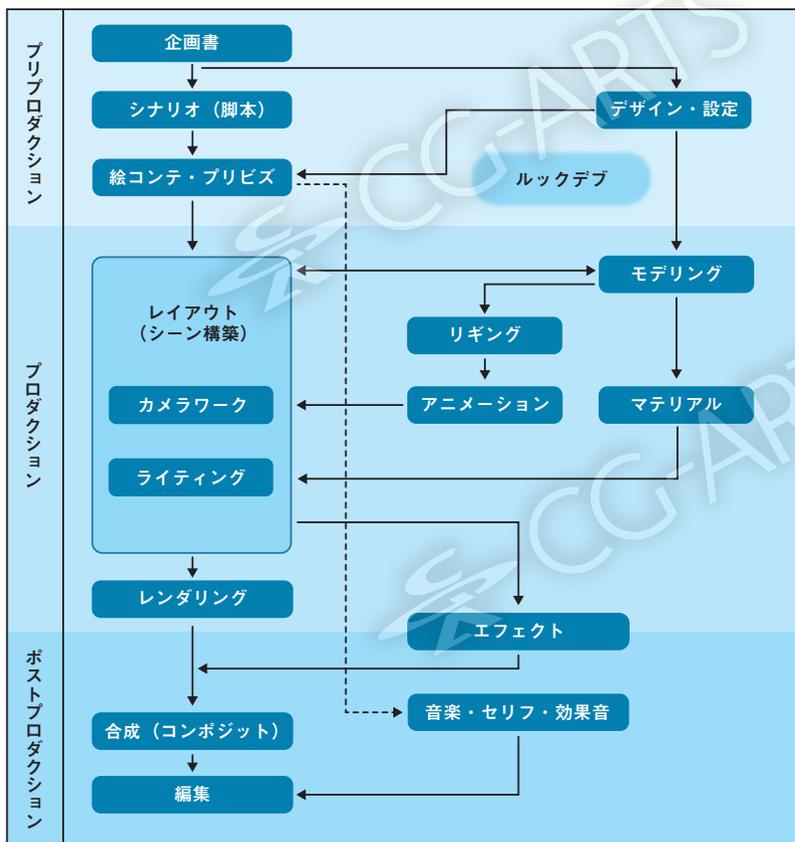
1-3

CG制作のワークフロー

ここでは、CG制作における基本的なワークフローを示し、企画から完成に至るまでの制作工程の流れを解説する。

1-3-1 CG制作工程の全体像

CG制作の現場には、企画やデザインなどの準備段階から、放送や上映、流通のためのマスター制作に至るまで、最終的な映像を完成させるには、数多くの制作工程(workflow)が存在する。ここでは、図1.3.1に示す代表的なCG制作のワークフローについて説明する。



■図1.3.1——CG制作のワークフロー

1-4

CG制作のための事前準備の重要性

CG制作においては、制作開始前の準備が重要である。事前準備を怠ると、途中で構成変更や手戻りが発生しやすく、時間や労力の無駄につながる。テーマや目的、必要な素材、作業工程を事前に整理することで、個人およびチームでの作業効率が向上する。ここでは、CG制作のための事前準備として重要なものを解説する。

1-4-1 リファレンス(参考資料)収集

CG制作では、時代や地域、文化、美術、デザインなどを調査し、設定に適したリファレンス(参考資料:reference)を収集することが重要である。

とくに写実的なコンテンツでは、現実の対象を正確に再現するため、設計図、製品スペックなどの公式な資料を入手したり、可能なかぎり実物を観察・撮影したりする^{*1}など、一次資料の収集にあたる^{*2}ことが望ましい。映像や写真などの資料も有効であるが、現場に行ける場合は、自らの目で確認することで理解が深まり再現精度が高まる。

キャラクターの動きを制作する際は、人体や機械の動作原理を専門書などで学習したり、自分で実際に動いてみたり、そのようすを撮影して観察したりすることが非常に有効である。また、自分では再現できない動きについては、インターネット動画のみならず、映画やアニメーションなど既存作品の表現も含め、より信頼性・再現性の高い資料を参照することが推奨される。

*1 可能であれば、実物をフォトグラメトリや3Dスキャンで取得すると、形状精度が求められる制作において有効な一次資料となる。

*2 現地調査が難しい場合は、地図サービスのストリートビュー機能や公的機関の高精度資料、博物館のデジタルアーカイブなど信頼性の高い情報源を活用すれば、実物に近い理解が得られる。

■表 1.4.1——リファレンス(参考資料)の例

区分	制作に重要な観点	収集すべきおもな資料の例
人物キャラクター (構造・衣装・動き)	<ul style="list-style-type: none">・身体構造の理解(骨格・筋肉)・衣装や装飾の構造・アニメーションの原則	<ul style="list-style-type: none">・人体解剖図(骨格・筋肉)・衣装デザイン資料 (ファッション誌、美術資料)・ヘアメイク資料・自分で動いて撮影した動画・再現性の高い映像 (映画、アニメ作品など)
自然物・自然現象 (質感・形状変化・スケール)	<ul style="list-style-type: none">・質感(表面・反射・透過)・時間による形状変化(波、炎、雲)・スケール感、環境との関係	<ul style="list-style-type: none">・実物観察、現地での写真・動画撮影・図鑑、写真集・自然ドキュメンタリなどの映像・専門の自然現象シミュレーションや記録
建築物・メカ・人工物 (構造・寸法・機能)	<ul style="list-style-type: none">・構造理解(パーツ、接合部)・寸法(長さ・幅・高さ)、プロポーション(比率や全体的なバランス)・機能、可動のしくみ	<ul style="list-style-type: none">・設計図、見取り図、スペックシート・現地取材での観察、実測、3Dスキャンニング・写真集や建築資料・実写映像、工業デザイン系の資料

2-1

観察と表現

3DCGソフトウェアでは、モデリングされたオブジェクトは正確に描画され、素材やライティングの設定によって写実的な質感を表現できる。しかし、このように高度な表現手法が整っているにもかかわらず、CGアーティストにはデッサンなどの描画経験が求められる。なぜなら、CG表現において観察力や表現力が極めて重要だからである。描画のトレーニングを繰り返すことで、対象をじっくり観察し、形状や構造、光と影、質感といった視覚情報を的確にとらえる力が養われる(図2.1.1)。こうした経験は、作品の良し悪しを見極める眼を育て、より豊かなCG表現を支える基礎力となる。



■ 図2.1.1——複雑な対象をシンプルにとらえる

[a]の写真を例に、大まかに特徴をとらえる手順を紹介する。[b]に示すように、はじめに画面内の明暗を単純化しながら、モノクロの画面として整理する。つぎに、[c]に示すように、明暗を変えないように注意しながら色に置き換える。[d]の工程で細部が描かれて完成となるが、[c]までの観察と表現こそが絵の完成度を決める重要な工程となる。デッサンを行う場合も同様に、描き始めは細部にとらわれず、大きな構成要素を観察することが重要である。画面全体をつねに客観的に見ることで、バランスよく作業が進められるようになる。

2-1-1 デッサン

デッサン(dessin)は、鉛筆や木炭、ペンなどで紙に描かれる素描やスケッチのことを指し、観察力や表現力を養うトレーニングとして、古くから美術教育の基礎課程で行われてきた。デッサンを通して得られる絵を描く力は、ビジュアル表現の基礎であると同時に、簡単な描画を通してアイデアやイメージを共有するための、コミュニケーションの手段としても役立つ。

2-2

色と動き

人が外部から得る情報のおよそ8割は視覚によるものといわれており、なかでも「色と動き」は「形」と並んで視覚情報の中核をなす要素である。ここでは、「色と動き」の基礎的な特性を知り、私たちの脳がそれらをどのように認識しているかを解説する。

2-2-1 色

色は物体を識別するための手がかりとして用いられるだけでなく、人の感情や心理状態にも影響を与える。人間が色を感じるしくみや特性を理解することで、色を使った適切な表現が可能になる。

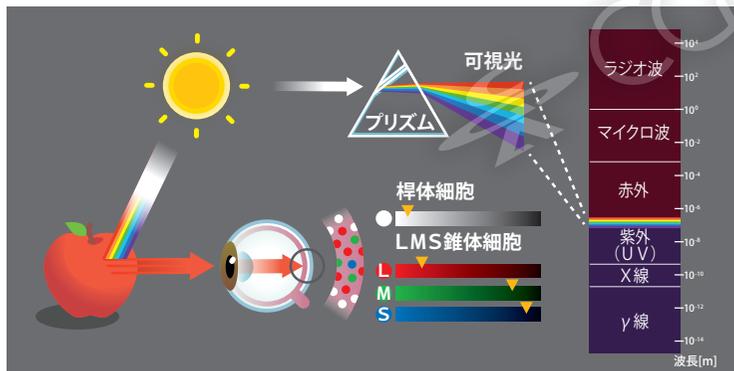
[1] 色と光

リンゴが赤く見えるのは、リンゴに当たった光のうち、赤い波長成分がおもに反射され、その光を私たちが色として知覚しているためである。私たちが色として感じる光は**可視光**とよばれ、X線や紫外線、赤外線などと同じ電磁波の一部である。可視光は約380nm(紫)~780nm(赤)という限られた波長範囲に属しており、その波長の違いが色の違いとして認識されている。

色を見分けられる人の目はどのようになっているのだろうか。人間の目の網膜には、明暗を感じる**桿体**と色を感じる**錐体**という視細胞がある。錐体にはL・M・Sの3種類があり、可視光のなかのそれぞれ異なる波長に感度のピークをもつ。この3種類の反応の組み合わせによって、私

たちは多様な色を知覚している(図2.2.1)。このように、人間の視覚が3種類の錐体の組み合わせによって色を知覚する性質を、**三色性(trichromacy)**とよぶ。

*1 錐体細胞のL・M・Sは、人間の網膜に存在する3種類の錐体細胞の名称に由来する。L(Long), M(Middle), S(Short)は、それぞれ長波長・中波長・短波長の光に感度のピークをもつが、その感度特性は純粋な赤・緑・青に対応するものではない。



■図2.2.1——色を認識するしくみ

目の奥の網膜部分は簡略化されているが、実際にはものを見る視細胞全体の約95%が明るさをとらえる桿体細胞である。また、色を認識する錐体細胞は網膜の中心部に集中していて桿体細胞に比べると数が少ない。ガラスなどでできた多面体のプリズムに太陽光を通すと、波長によって光の曲がる角度が異なることで、虹のような色の帯ができる。

2-3

文字

どのような形や大きさの文字を使うのか、文字をどのように並べるのかといった、文字による視覚的表現のことをタイポグラフィとよぶ。CG制作においても、CGと文字を組み合わせた表現が必要になる場面は少なくない。ここでは、タイポグラフィの基本である文字のデザイン、文字組みについて解説する。

2-3-1 タイポグラフィ

タイポグラフィは、書体とフォント、文字組みという要素により構成されている。いずれも作品のテーマやコンセプトを表現するうえで最適なものを選択・調整しなければならない。

[1] 書体とフォント

文字のデザインのことを書体(タイプフェイス)とよび、そのデザインによる文字のセット(数百~数万の文字データの集合体)のことをフォント(font)という^{*1}。

アルファベットや英数字をおもに用いて構成された書体を欧文書体とよび、ひらがなやカタカナ、漢字を含む日本語の文字体系に対応した書体を和文書体という。

欧文書体はセリフとよばれる文字の末端部分の装飾の有無によって、セリフ体とサンセリフ体に大きく分けられる(図2.3.1)。セリフ体は文章の可読性に優れているため、書籍や新聞の本文に用いられることが多い。これに対してサンセリフ体は装飾が少なく、視認性に優れているため、標識や映像などに広く用いられている。



[a] セリフ体の例

[b] サンセリフ体の例

■ 図2.3.1——欧文書体

一方、和文書体には、おもな分類として明朝体とゴシック体がある(図2.3.2)。明朝体は縦線が太く横線が細い特徴をもち、文字を構成する横線の右端などにうろことよばれる三角形の装飾があり、優雅さや伝統を表現する。一方、ゴシック体は縦線と横線の太さが均一であり、力強さや現代性を感じさせる^{*2}。

*1 欧文フォントは、標準的なもので約100~300文字程度であるのに対し、和文フォントは、多数の漢字を含むため、約5,000~23,000文字程度となることが多く、規格や用途によっては、それ以上の文字数を収録するフォントもある(JIS水準やUnicodeなどの規格により、含まれる文字数は異なる)。なお、書体とフォントは混同して使われることも多いが、本来は意味の異なる用語であるため、文脈に応じた使い分けが必要である。

*2 書体によって太さが若干異なるものやうろこがあるようなゴシック体も例外的に存在する。

2-4

レイアウト

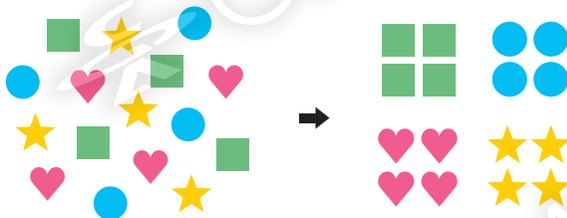
画面や紙面などにおいて要素の大きさや配置を設計することをレイアウトとよぶ。CG制作では、作品の形態やジャンルに関わらず、レイアウトは作品の意図や見やすさに直接影響をおよぼすため、非常に重要である。ここではレイアウトにおける基本原則と応用例、およびメディアに応じた配慮について解説する。

2-4-1 基本原則

効果的なレイアウトには、大きく分けて4つの原則がある。以下の原則を適切に組み合わせることで、視認性が高く機能的なデザインが可能となる。ただし、過度な適用は逆効果になる可能性もあるため、バランスを考慮しながら使用することが重要である。

[1] 近接

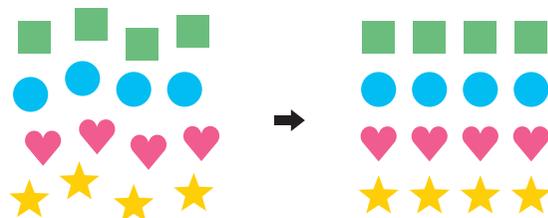
近接(proximity)とは、関係のあるものを近づけて配置することであり、関連する要素をグループ化することで、情報の構造を明確にできる。視覚的なまとまりをつくり、ユーザの理解を助ける(図2.4.1)。



■図2.4.1——近接の例

[2] 整列

整列(alignment)とは、各要素を揃えて並べることである。水平・垂直の軸を意識し、ルールに従って配置することにより、要素間の関係性を示すことができる。また、不必要な視線の動きを減らし、洗練された印象を与える(図2.4.2)。



■図2.4.2——整列の例

3-1

2次元CGの基礎

*1 アナログ情報からデジタルデータへの変換については、5-3-2を参照のこと。

デジタルデータで表された画像のことをデジタル画像とよぶ。^{*1}CGで扱われる画像は、すべてデジタル画像である。ここでは、デジタル画像の基礎について解説する。ここで解説する技術情報や考え方は、2DCGの作品を制作する際に必要となるのはもちろんのこと、3DCGの作品を制作する際の、各種マッピング素材の準備やレンダリング後の画像の加工など、多くの工程で必要になる。

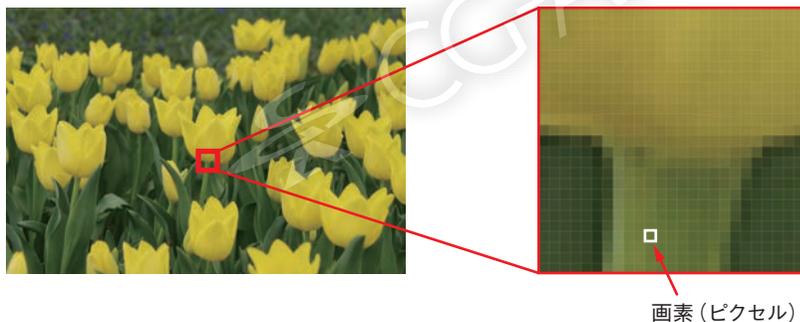
3-1-1 デジタル画像の基礎

デジタル画像は、デジタルカメラによる撮影やCGソフトウェアによる制作など、さまざまな方法でつくられる。PC上で扱われるこれらの画像は、最終的にモニタなどに映像として表示されたり、紙などに印刷物として出力されたりする。

出力結果の画質は、デジタル画像を構成する要素である画素の数や密度、画素ごとの色数、出力先であるモニタや印刷機の性能によって決まるが、実際に画像や映像を視聴する距離によっても、その感じ方は変わってくる。これらの要素がどのように関係し合い、どのような影響があるかについて理解しておく必要がある。

[1] 画素(画素数と解像度)

デジタル画像を構成する最小単位を**画素**(ピクセル:pixel)とよぶ。各画素は色の情報を持ち、たくさんの画素が集まることで写真やCGイラストのような画像が表現される(図3.1.1)。



■ 図3.1.1——デジタル画像と画素
デジタル画像を拡大すると、画素が集まって構成されていることがわかる。

3-2

写真撮影とレタッチ

ここでは、デジタルカメラによる写真撮影の基本と、写真の完成度を上げるためのレタッチ方法について、とくに3DCGを学ぶうえで有用な項目を中心に解説する。

3-2-1 写真撮影

3DCGは、バーチャルな空間にオブジェクトとカメラを設定し、レンダリングすることで画像を得る。このプロセスは、現実世界での写真撮影をシミュレーションしたものだといえる。そのため、3DCGには写真撮影と共通する用語や概念も多く、写真撮影のしくみや原理を理解することは、3DCGを学ぶうえでも非常に有用である。

また、ライティングや構図など、写真撮影のさまざまな表現技術の多くは、そのまま3DCGの絵づくりに生かすことができる。さらに、自らが写真撮影の技術をもつことも大切である。この技術は、テクスチャとして使用するために写真素材を撮影したり、参考資料を撮影したりなど、3DCGを制作するときにも役立つ。ここでは、デジタルカメラによる写真撮影の基本的な項目について説明する。これらの考え方は、3DCGソフトウェアにおけるカメラやライティングの設定にも共通している。

[1] 主題

写真撮影では、**主題**を明確にすることが重要である。主題とは何を伝えたいかというテーマであり、感情や概念の場合もあれば、具体的なモチーフの場合もある。主題を明確にすることで、構図や表現手法などを具体的に検討できる。

[2] 構図

構図とは、被写体を画面内にどのように配置するかという画面構成であり、主題をより効果的、印象的に表現するための、絵づくりのプロセスの一部である。ここでは構図の検討時に考慮すべき点について説明する。

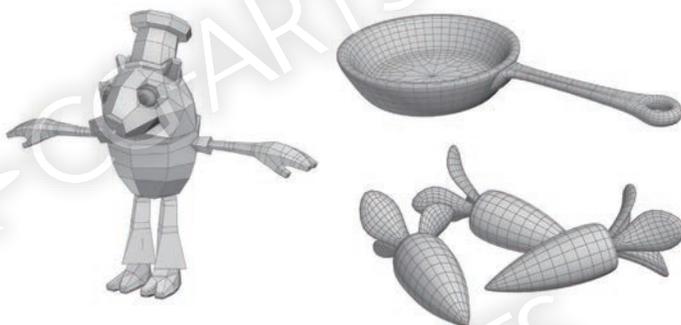
① フレーミング

フレーミング(framing)とは、被写体のどこをどのように切り取るかを定めることである。何を見せ、何を見せないかという取捨選択であり、撮影者の意図を最も端的に表すプロセスといえる。主題とは関係ないものをフレームの外に出して簡素化し、要素を減らすのが基本である(図3.2.1)。

4-1

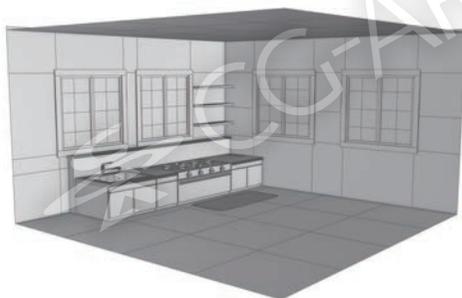
モデリング

3D空間内において、キャラクタや小道具、背景の形状や材質を表現したデータのことをモデルとよび、これらのモデルをつくることをモデリングとよぶ(図4.1.1)。ここでは、モデルの位置を表すための座標系、モデルの構成要素、モデルの移動や回転、モデルの表示方法、ポリゴンなどのモデリング要素、モデリング手法について解説する。



[a] キャラクタモデル

[b] 小道具モデル



[c] 背景となるキッチンのモデル

■ 図4.1.1——キャラクタ、小道具、背景となるキッチンのモデル

4-1-1 座標系

3D空間内で点や線、物体の位置を表すために用いられるのが座標系である。

[1] 座標系と座標値

3DCGにおいて最も多く使われるのは3次元直交座標系^{*1}(three-dimensional orthogonal coordinate system)で、3つの直交する座標軸上の位置を示す3つの数値の組み合わせで表される。この座標系では、原点を基準としたX、Y、Z軸上の数値(x, y, z)の組み合わせで位置を表す(図4.1.2)。この数値を座標値(coordinate value)とよぶ。

*1 直交座標系には、右手系と左手系があり、X軸、Y軸は同じであるが、Z軸の方向が逆になっている。また、ワールド空間の上下方向をY軸とする場合と、Z軸とする場合がある。これらはアプリケーションによって異なり、とくにデータをコンバートする際に注意が必要である。

4-2

マテリアル

マテリアルは、そのモデルの質感を決定付ける大きな要素である(図4.2.1, 図4.2.2)。ここでは、マテリアル設定の基本パラメータ、マッピングによる質感表現、マッピングの適用方法について解説する。

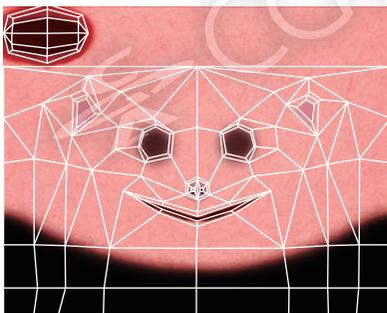


[a] 反射の属性を設定し、金属の質感を表現したもの



[b] 透過・屈折の属性を設定し、ガラスの質感を表現したもの

■図4.2.1——基本パラメータによるマテリアル設定



[a] キャラクタ頭部のUVを展開した線画と、それをガイドに描かれたテクスチャを重ねたもの



[b] テクスチャを適用した頭部モデル



[c] すべてのパーツにテクスチャを適用した状態

■図4.2.2——マッピングによるマテリアル設定

キャラクターのパーツには、UVマッピングでテクスチャを貼り付けている。

4-3

リギング

モデリングされたオブジェクトに魅力的な動きを与えるためには、リギングという工程が不可欠である。リギングを施すことで、オブジェクトの変形や動きを効率的に制御できるようになり、アニメーターはキャラクタなどを自在に操作して多様なアニメーションを生み出すことが可能となる(図4.3.1)。ここでは、リギングの目的と基礎的な手法について解説する。



■ 図4.3.1——多様なキャラクタに対するリギングの例

4-3-1 リギングの要素

CG作品には人型のキャラクタをはじめとして、動物や乗り物、機械など、さまざまな動く3Dモデルが登場する。これらにポーズやアニメーションを付けるためのしくみをリグ(rig)とよび、そのリグをつくることをリギング(rigging)とよぶ。リグには、モデルを動かすための構造と、それを効率的に扱うためのさまざまな工夫が組み込まれている。

リギングの対象は人型のキャラクタに限らず、四足歩行の動物や多くのパーツが連動して動く機械など多岐にわたり、それぞれに適したリグをつくる必要がある。制作時には、後述する階層構造や変形機構、形状補間、スキニング、FK・IKやコンストレインなどが複合的に用いられる。そのため、完成したリグは一見複雑に見えるが、それぞれの要素はシンプルなくみで成り立っている。

[1] 階層構造

階層構造(hierarchy)とは、あるオブジェクトを「親(parent)」とし、その下に「子(child)」をつなげるような関係のことで、親子関係ともよばれる

4-4

アニメーション

アニメーション (animation) は「魂」を意味する「anima」を語源とし、本来は動かない対象に「生命を吹き込む」プロセスである (図 4.4.1)。技術の進歩によってアニメーションの表現はより複雑になってきたが、その基本的な原理は手描きアニメーションの時代から大きく変わっていない。ここでは、そうした原理を踏まえたうえで、3DCGアニメーションの基礎的な手法について解説する。



■図 4.4.1——キャラクターのアニメーション

4-4-1 CGアニメーションの基礎

CGアニメーションは、手描きアニメーションとは異なり、キャラクターやカメラの動き、ライトの位置や強さなど、さまざまな情報を数値として時間軸(タイムライン)上に記録することで制作される。この方法は、制作過程での修正が容易であり、工程ごとにクオリティを段階的に高めていけるというメリットがある。こうした特徴を踏まえ、ここではCGアニメーションの概要と基礎的な制作工程について説明する。

[1] タイムライン

タイムライン (timeline) とは、フレームを時間軸上に並べ、時間の流れとして視覚的に管理・編集するためのユーザインタフェースである。タイムラインを用いることで、制作中のアニメーションを再生できるほか、現在の位置を示すスライダによって、指定したフレームに情報を記録したり、そのフレームの状態を確認したりすることができる。アニメーションをつくり始める際には、タイムラインに表示されているフレームレート^{*1}の確認を忘れてはならない。制作するアニメーションの用途に応

*1 フレームレート、fpsについては、2-2-2 [1]を参照のこと。

4-5

エフェクト

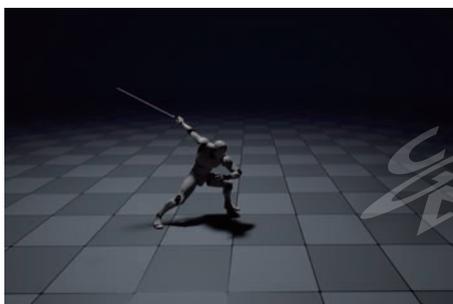
エフェクト (visual effects) とは、映像・アニメーション・ゲームにおいて視覚効果を加え、作品に臨場感や説得力を与える技術である。たとえば、背景に雨や雷 (図4.5.1) といった自然現象を加えることで、物語の舞台や登場人物の心情を視覚的に強調できる。また、髪の毛や衣服の揺れ、足元に舞う土煙 (図4.5.2) のように、キャラクターの動きに付随する物理的な表現も、空気存在や動きを伝える補助的な演出として機能する。さらに、剣を振る動作に光の軌跡を加えるといった演出では、スピード感や威力を直感的に伝えることができる (図4.5.3)。ここでは、エフェクトの制作手法、表現の種類、そして制作技術について解説する。



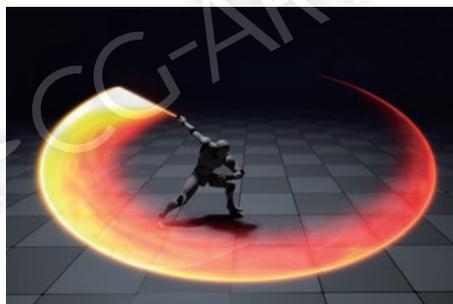
■図4.5.1——雷



■図4.5.2——土煙



[a] エフェクトなし



[b] エフェクトあり

■図4.5.3——剣撃にエフェクトを加えた表現例

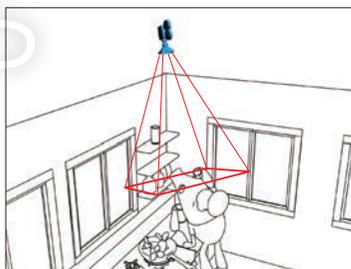
4-6

カメラワーク

3D空間内のモデルを撮影するカメラの位置や向き、レンズの設定、動かし方などを決め、フレーミングする(構図をとる)ことをカメラワークとよぶ(図4.6.1)。ここでは、画角、フレーミング、カメラアングル、カメラの動きについて解説する。



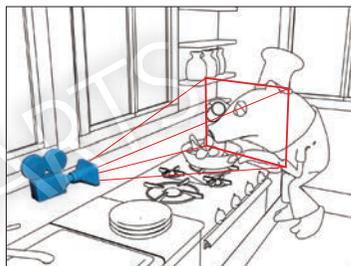
[a] 標準的な画角でハイアングル(俯瞰)に設定



[b] [a] のカメラ配置



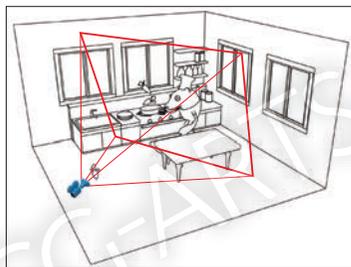
[c] 狭い画角でクローズアップに設定



[d] [c] のカメラ配置



[e] 広い画角でローアングル(あおり)に設定



[f] [e] のカメラ配置

■図4.6.1——カメラワークの例

フレーミングは、何をどのように見せたいのかという意図の表れである。

4-6-1 画角

*1 画角を角度で指定する場合は1つの値で決まるが、焦点距離で指定する場合はアパーチャーサイズやセンサーサイズなどよばれるパラメータとの組み合わせで決まるため注意する。焦点距離については、3-2-1 [4]も参照のこと。

*2 作業用ビューポートの画角と、カメラの画角は個別に設定できる。混同しないように注意する。

*3 3DCGソフトウェアでは、カメラを作成すると、一般に広角から標準相当の画角がデフォルトで設定されている。あくまでも初期値なので、目的に合っているかを確認し、必要に応じて変更するのが望ましい。

画角とは、カメラから見える視野の広さを示すもので、**焦点距離**や**角度**で指定できる。指定する焦点距離の値は、現実のカメラで使用する焦点距離と同等に考えてよい。画角の違いはパースペクティブの違いとなり、絵づくりに大きく影響する。画角は大きく**広角**、**標準**、**望遠**に分類できるが、それぞれ効果が異なり、使用目的に合わせて選択する必要がある。

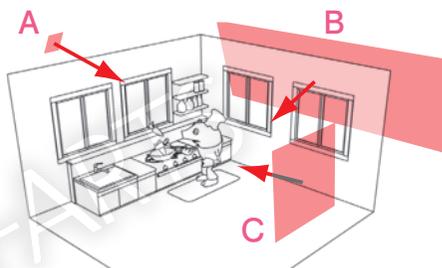
4-7

ライティング

演出方針を踏まえ、ライトを設定し、モデルやそのシーンの見え方を決めることをライティングとよぶ。同じモデルとカメラ条件であっても、ライトの配置や強さ、色を変えることで、シーンの印象は大きく変化する。昼と夜では空間の雰囲気や物の見え方が異なり、物語のなかで果たす役割も変わってくる(図4.7.1)。ライティングは、形状を照らすだけでなく、シーンの意味や演出意図を視覚的に伝える重要な工程である。ここではライトの種類、強さと色、影、ライティングの手法について解説する。



[a] 昼間の室内ライティング

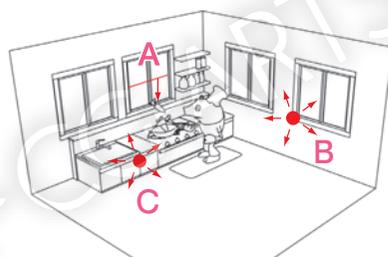


[b] [a] のライティング設定

- A: 太陽光を想定したライトを小さな面光源で設定
- B: 窓からの外光を大きな面光源で設定
- C: 陰になる部分を照らす面光源



[c] 夜間の室内ライティング



[d] [c] のライティング設定

- A: コンロ上の蛍光灯をキーライトとして細い面光源を設定
- B: キーライトの逆側を照らす暖色系のポイントライト
- C: 陰になる部分を照らす寒色系のポイントライト

■図4.7.1——昼と夜のライティング例

[a] [c] は、ライティングの例である。同じモデル、同じカメラを用いても、ライティングしただけで大きくイメージが異なることがわかる。

4-8

レンダリング

3D空間内に配置されたモデルやカメラ、ライトなどの情報を基に計算を行い、2D画像を生成することをレンダリングとよぶ。ここでは、レンダリング処理の手順について解説し、さらに多様なレンダリング表現についても述べる。

4-8-1 レンダリングとは

レンダリング(rendering)とは、3DCGシーン内に定義されたモデル・マテリアル・ライト・カメラなどの情報を基に、2D画像を生成する処理である。この処理を行うソフトウェアはレンダラ(renderer)とよばれ、使用目的や処理方式によっていくつかの分類がある。

[1] レンダラの進化と分類

レンダラは1970年代から研究が進み、1980年代に基本技術が確立された。当初はCPUによるソフトウェア処理が主流で、計算コストの高いレンダリングは限られた用途にとどまっていたが、1990年代以降のCPU高速化や、3DCGをリアルタイムで処理できるゲーム機の登場によって用途が拡大した。とくに、GPUの発展により、リアルタイムレンダリングが一般化し、近年ではGPUを汎用計算に利用するGPGPU技術によって、レンダリングの高速化も進んでいる。

レンダリング方式は、大きく以下の3つの観点で分類できる。

① 処理時間の観点

レンダリングにかかる処理時間の観点では以下のように分類できる(図4.8.1)。

・プリレンダリング

プリレンダリング(pre-rendering)は、あらかじめ高品質な画像や映像を出力する方式である。レンダリングに時間をかけられるため、美しく正確な描写が可能であり、映画・アニメなど映像作品制作で多く利用される。

・リアルタイムレンダリング

リアルタイムレンダリング(real-time rendering)は、ユーザ操作やプロ

4-9

合成（コンポジット）

今日の映像作品では、合成処理を行って映像を仕上げるのが一般化している。ここでは、合成処理の目的、技術的な基礎、実際の制作手法について解説する。

4-9-1 合成の目的

合成（コンポジット：composite）の目的は、目標としているイメージの画像が一度の撮影や制作で得られない場合に、ほかの工程で作られた素材を組み合わせることで、最終的な画像をつくり出すことにある。実際の制作現場では、現実世界で撮影した別々の素材を合成する場合も多いが、近年では実写の人物とCGで作られた背景を合成するなど、CG素材を用いる合成が増えている。その結果、現実にはあり得ない映像の制作が可能となり、映像によるエンタテインメント表現の幅が大きく広がった。

また、合成は、撮影コストを抑えるうえでも効果が期待できる。理想的な天候や何万人もの群衆、爆発などの特殊効果、仮想の都市などをCG

で表現・合成すれば、現実
に用意する必要がないため
である（図4.9.1）。

一方、フル3DCGのアニメーション作品においては、シーン内のすべての素材をまとめてレンダリングすることも可能ではあるが、オブジェクトやレンダリング要素ごとに分けてレンダリングし、あとで合成する場合も多い。これにより、レンダリングの処理負荷の分散ができるのに加え、出力された素材の組み合わせ方法の変更や色調整もレンダリング後に行えるため、多彩な表現が可能となる。



[a] 完成画像
撮影素材にCGの渓谷が合成されている



[b] CGの渓谷



[c] 撮影素材

■図4.9.1——合成の例「渓谷交差点」
©2025 Tomoyuki Miyake “Hello VFX” ボーンデジタル刊
<https://www.borndigital.co.jp/book/9784862466259/>

4-10

編集

映像作品は一般に、観客の視覚に届く「映像」と聴覚に届く「音」から構成されている。映像制作における編集とは、ある意図やねらいのもと、映像素材と音素材を切り貼りして、1本の映像作品に仕上げることである。ここでは、まず映像の単位と階層構造や編集の必要性について解説したのちに、具体的な編集技法について解説する。

4-10-1 映像の単位と階層構造

映像は連続した静止画で構成されている。これら各々の静止画のことを^{*1}フレームあるいはコマとよぶ。

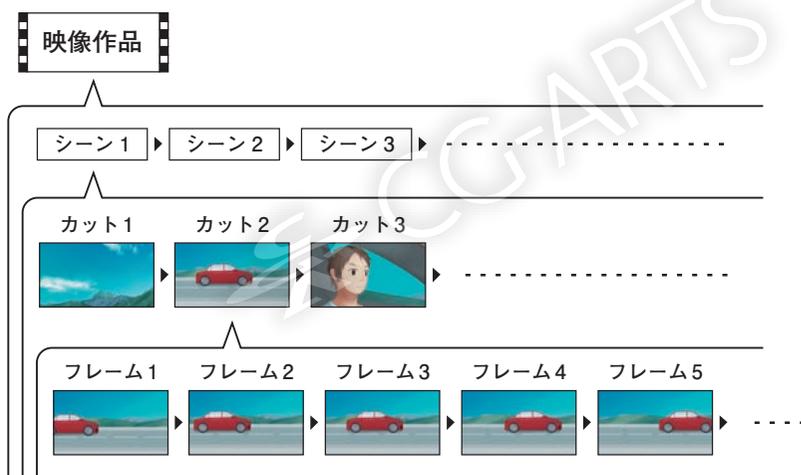
*1 フレームについての詳細は、2-2-2[1]を参照のこと。

また、複数のフレームにより構成された、時間的にも空間的にも連続した一連の映像を^{*2}カット(cut)とよび、これが映像編集において基本となる単位である。ビデオカメラで撮影する場合、録画の開始から停止までに撮影された動画がカットに相当する。1つのカットのなかでは、被写体やカメラが動く場合でも、各フレームを個別に見比べると、前後のフレームは、ほとんど同じ静止画に見える。

*2 英語ではショット(shot)とよぶ。

図4.10.1に示すように、複数のフレームを組み合わせることで、1つのカットがつくられている。また、複数のカットを組み合わせることで、1つのシーン(場面:scene)がつくられている。そして、複数のシーンにより、1つの映像作品が^{*3}できている。

*3 映像の上映時間が長くなると、図4.10.1の階層構造の「映像作品」と「シーン」の間に、複数のシーンを組み合わせて「パート」や「シーケンス」という単位が挟み込まれることがある。



■ 図 4.10.1——映像作品の階層構造

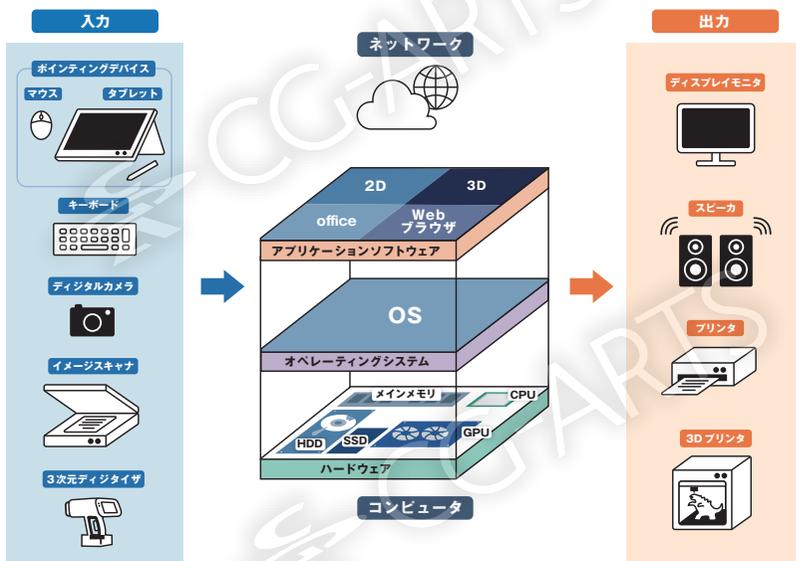
5-1

ハードウェアとソフトウェア

CGを制作するためには、コンピュータ、データを入力するための装置(入力装置)、データを出力するための装置(出力装置)といったハードウェアと専用のソフトウェアが必要になる。ここでは、ハードウェアとソフトウェアに加え、ネットワークを介して提供されるサービスについて解説する。

5-1-1 コンピュータの構成と周辺機器

コンピュータは、ハードウェア、それを動かすための基本ソフトウェアであるOS(オペレーティングシステム)、そして目的に応じて利用するアプリケーションソフトウェア(以下、ソフトウェア)から構成されている。CG制作では、これらに加えて入力装置や出力装置などのさまざまな周辺機器を整備する必要がある。図5.1.1に、これらの要素とその関係を示す。



■ 図5.1.1——コンピュータの構成

[1] ハードウェアとOS

ハードウェアとは、コンピュータを構成する物理的な装置や部品のことである。ここでは、ハードウェアと、ハードウェアを制御するとともにソフトウェアが動作するための環境を提供するOSについて説明する。

5-2

制作物の仕様と出力形態

CGで制作したデータは、さまざまな形でコンテンツとして活用され、媒体（メディア）を通じて公開される。どのメディアで展開するか、どのような仕様のコンテンツかによって、制作時の設定や出力形式、ファイル形式は異なる。そのため、制作物は工程のなかの中間素材ととらえ、出力や公開を見据えて、後工程への確に受け渡せるよう確認が欠かせない。

5-2-1 制作物の仕様

作品の最終的な上映・放映・公開の形態や目的が決まると、納品形態やメディア、データ仕様が決まる。それに^{*1}に応じて、画面サイズやアスペクト比、表示方式や色深度などの制作仕様が決まり、必要なハードウェアやソフトウェア、ファイル形式も選定されていく。

*1 映像の表示方式には、インタレースとプログレッシブの2種類がある。インタレースは奇数・偶数行を交互に表示する方式で、テレビ放送などに使われてきた。一方、プログレッシブはすべての行を一度に表示する方式で、現在の映像制作や配信では主流となっている。

[1] 代表的な映像仕様の要素

映像メディアや利用シーンに応じた映像制作では、基本となる仕様をあらかじめ把握しておく必要がある。

① 画面サイズ・アスペクト比

画面サイズ(図5.2.1)は、横と縦にそれぞれ何画素あるかを示し、その比率をアスペクト比(aspect ratio)とよぶ。テレビやゲーム、ネット配信では、おもにFHD(1,920×1,080画素)やHD(1,280×720画素)といったサイズが多く使われ、アスペクト比は16:9になる。アスペクト比は、絵コンテの段階における画面設計に重要な要素である。表5.2.1に代表的な映像メディアと画面サイズを示す。



■ 図5.2.1 ——画面サイズの例

5-3

デジタルの基礎

音声や画像はデジタル化することにより、コンピュータで扱えるようになる。これにより、データの保存や複製、編集、伝送などが容易となる。その際、データに劣化が生じない点もデジタルデータの利点である。ここでは、デジタルデータの特徴について解説する。

5-3-1 2進法と16進法

コンピュータは、すべてのデータを「0」と「1」だけで表す2進数で処理をする^{*1}。この2進数による表現方法を2進法とよぶ。2進数の1桁はビット(bit)とよばれる情報の最小単位となる。複数のビットを組み合わせることで、数値や文字、色などさまざまな情報を表現できる。通常、データを効率よく表現するために、ビットを8個集めたバイト(byte)という単位を用いる。さらに、大きなデータ量を表すときは、つぎのような単位が使われる。

- ・1キロバイト(KB)=1,024バイト
- ・1メガバイト(MB)=1,024KB
- ・1ギガバイト(GB)=1,024MB

このように、2進法はコンピュータには適しているが、人間が読むには桁数が多くなりすぎてわかりにくくなる。そこで、人間にとって読みやすく、かつ2進数と相性のよい表現方法として16進法が用いられる。16進法は、つぎの16種類の文字で1桁を表す。

- ・0~9 (通常の数字)
- ・A~F (10進数における10~15が対応する)

たとえば、2進数の01010は、16進数では0Aと表される。これは、2進数を下から4桁ごとに区切って、対応する16進数1桁に置き換えていくことで変換できる(表5.3.1)。

*1 この「1」と「0」は、電気的には電圧の高低などの物理的状態の違いとして実現される。また、これらの値は論理回路においては真偽(TRUE/FALSE)を表す値として扱われ、AND、OR、NOTなどの論理演算に用いられる。

■表5.3.1—2進数・16進数・10進数の対応関係

16進数	2進数	10進数
00	00000	0
01	00001	1
02	00010	2
03	00011	3
04	00100	4
05	00101	5
06	00110	6
07	00111	7
08	01000	8
09	01001	9
0A	01010	10
0B	01011	11
0C	01100	12
0D	01101	13
0E	01110	14
0F	01111	15
10	10000	16

5-3-2 アナログデータとデジタルデータ

人間の発する声や、紙に描かれたイラスト、フィルムで撮影された写真などのアナログデータは、音の大きさや画像の明るさ・色が滑らかに

6-1

知的財産権

視聴覚的な情報表現としては、映像、音楽、テキスト、写真、アニメーション、漫画などさまざまな要素がある。これらのうち知的財産として法的に保護されるものは、独占的な利用が認められ、他人による無断利用や模倣から守ることができる。これらを保護すると同時にさらに活用するためには、知的財産権に関する知識が不可欠である。ここでは、法的保護の対象となる情報表現や創作者の権利など、知的財産権のうち、著作権について解説する。

6-1-1 知的財産権

知的財産権とは、人間が知的な創造活動によって生み出した成果(知的財産)に対する権利の総称である。知的財産権制度は、成果を生み出した創作者に一定期間権利を与えて法的に保護することで、他人による成果の無断利用を防ぐとともに創作者の経済的基盤を確保することによってさらなる成果の創造をうながし、もって産業や文化の発展をもたらすことを目的としている。

知的財産権には、おもに**著作権**と**産業財産権**(特許権、実用新案権、意匠権、商標権)があり、保護対象とする成果により権利や保護法が異なる。知的財産権の概要は表6.1に示すとおりである。

■表6.1——知的財産権の概要

	保護対象	保護法	権利名	保護期間
著作権	著作物(小説、音楽、舞踊、絵画、建築、地図、映画、写真、プログラムなど)	著作権法	著作権 (詳細は表6.2を参照)	著作者の死後70年 (法人、映画は公表後70年)
	実演、レコード、放送		著作隣接権	実演、発売後70年、 放送後50年
産業財産権	発明(「物」、[方法]、「物の生産方法」の発明で高度なもの)	特許法	特許権	出願日から20年
	考案(物品の形状、構造または組み合わせにかかわる考案で高度性は不要)	実用新案法	実用新案権	出願日から10年(無審査)
	意匠(物品のデザイン、画像デザインなど)	意匠法	意匠権	出願日から25年
	商標(トレードマーク、サービスマーク)	商標法	商標権	設定登録日から10年 (10年ごとに更新可能)
その他	営業秘密(ノウハウ、顧客データなど)、 著名な商品表示、形態など	不正競争防止法	—	—
	半導体集積回路	半導体集積回路 の回路配置に関する法律	回路配置利用権	設定登録日から10年
	植物新品種	種苗法	育成者権	品種登録日から25年 (樹木など永年性植物は30年)

参考図書

[CG-ARTS発行]

- 1 デジタル映像表現 -CGによるアニメーション制作- [改訂新版] (2015)
- 2 ビジュアル情報処理 -CG・画像処理入門- [改訂新版] (2017)
- 3 コンピュータグラフィックス [改訂新版] (2015)
- 4 入門マルチメディア [第二版] (2023)
- 5 実践マルチメディア [第二版] (2024)
- 6 入門Webデザイン [第四版] (2022)

写真・画像・査読 協力

ABCオプテラススタジオ株式会社

Artec 3D

CafeGroup株式会社

DJI JAPAN株式会社

株式会社ENGI

株式会社KADOKAWA

TELYUKA

株式会社アグニ・フレア

岩野 一郎 (名古屋学芸大学)

榎本 千秋 (P.U.M.P)

太田垣 沙也子 (株式会社バンダイナムコエクスベリエンス)

小澤 鮎子 / 小澤 ころこ

有限会社オレンジ

金久保 哲也 (東京工芸大学)

有限会社神風動画

菊池 司 (東京工科大学)

木村 卓 (株式会社IMAGICAエンタテインメントメディアサービス)

キャノン株式会社

キャノンマーケティングジャパン株式会社

株式会社クレセント

株式会社講談社

櫻井 快勢

佐藤 皇太郎 (サトリデザイン / 東京造形大学)

サンワサプライ株式会社

株式会社白組

鈴木 靖生 (日本工学院八王子専門学校)

土屋 花琳

東京工科大学

東京デザイナー学院

(浅野 仁希 / 井上 淳之介 / 加藤 千恵美 / 窪 芳洋 /

篠本 圭 / 知念 侑希 / 富田 孝一郎 / 松永 治空)

東宝株式会社

名古屋学芸大学 映像メディア学科

卒業制作作品「seeable」(2018)

(制作者：寺井 菜摘 / 安井 梨乃 / 秋野 慎太郎 / 兼子 裕加 /

島田 郁美 / 高土 瑞稀 / 竹内 あい / 松田 七海)

西井 育生 (名古屋国際工科専門職大学)

日本教育財団

株式会社バッファロー

藤代 一成 (慶應義塾大学)

株式会社ボーンデジタル

株式会社ポリフォニー・デジタル

三宅 智之

村上 雄大

山田 有祐 (CGSLAB合同会社)

山本 浩司 (東京国際工科専門職大学)

[敬称略・五十音順]

入門CGデザイン — CG制作の基礎 — [第2版] 編集委員会

【編集委員長】

木村卓 (株式会社IMAGICAエンタテインメントメディアサービス)

【編集委員】

佐藤 皇太郎 (サトリデザイン/東京造形大学)

西井 育生 (名古屋国際工科専門職大学)

三上 浩司 (東京工科大学)

山本 浩司 (東京国際工科専門職大学)

【執筆者】

稲葉 剛士 (株式会社アグニ・フレア) — chapter4-5

岩野 一郎 (名古屋学芸大学) — chapter2-1・2-2・4-3・4-4

太田垣 沙也子 (株式会社バンダイナムコエクスペリエンス) — chapter2-3・2-4

川島 基展 (株式会社もももワークス/東京工科大学) — chapter5-1

木村卓 (株式会社IMAGICAエンタテインメントメディアサービス) — chapter3-2・4-1・4-6・4-7・4-9

後藤 道子 (IPデザイン研究所) — chapter6

佐藤 皇太郎 (サトリデザイン/東京造形大学) — chapter3-1・4-10

下澤 章吾 (株式会社アグニ・フレア) — chapter4-5

鈴木 祐貴 (日本コンピュータ学園東北電子専門学校) — chapter4-2・4-8

三上 浩司 (東京工科大学) — chapter1・5

[五十音順]

【企画・編集】(CG-ARTS)

小澤 賢侍

影山 由夏

黒川 崇史

須藤 篤志

近藤 聖子

篠原 たかこ

【イラスト】(CG-ARTS)

宮内 舞

本書の内容を公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS) に無断で複製、翻訳、翻案、放送、出版、販売、貸与などの行為、また、スキャンやスクリーンショットを行いデジタルデータ化し、インターネット上に公開すること、ならびに AI 学習その他のデータ解析用途に利用することはできません。
本書中の製品名などは、一般に各メーカーの登録商標または商標です。
本文中ではそれらを表すマークなどは明記しておりません。

書名 ————— 入門CGデザイン — CG制作の基礎 — [第2版]

第1版1刷 ————— 2015年3月2日

第2版1刷 ————— 2026年2月27日

発行者 ————— 溝口 稔

発行所 ————— 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

東京都中央区築地1-12-22 コンワビル 7F Tel 03-3535-3501

URL <https://www.cgarts.or.jp/>

表紙デザイン ————— 北田 進吾 名取 友春 (キタダデザイン)

表紙アートワーク — 木村卓 (株式会社IMAGICAエンタテインメントメディアサービス)

印刷・製本 ————— 日興美術株式会社

ISBN978-4-903474-79-3 C3004

CG-ARTSがこれまでに発行した
「入門CGデザイン」のテキストブック

『入門CGデザイン』

第一版一刷(2006年11月1日)～第一版八刷(2013年10月17日)

【編集委員長】

木村卓

【執筆者】

大口 孝之 川口 吾妻 木村卓 久保田 浩明
源田 悦夫 後藤 道子 小林 昭世 鈴木 祐貴
原田 泰 松隈 浩之

【編集協力】

尾形 薫 川島 基展 山口 康夫

[五十音順]

【企画・編集】

宮内 舞 尾形 美幸

『入門CGデザイン — CG制作の基礎—』

第一版一刷(2015年3月2日)～第一版七刷(2025年4月18日)

【編集委員長】

木村卓

【編集委員】

佐藤 皇太郎 西井 育生 三上 浩司 山本 浩司

【執筆者】

大口 孝之 川口 吾妻 木村卓 久保田 浩明
源田 悦夫 後藤 道子 小林 昭世 佐藤 皇太郎
鈴木 祐貴 西井 育生 原田 泰 松隈 浩之
三上 浩司 山本 浩司

【取材協力】

東京デザイナー学院
(浅野 仁希 / 井上 淳之介 / 加藤 千恵美 / 窪 芳洋 /
篠本 圭恵 / 知念 侑希 / 富田 孝一郎 / 松永 治空)

【編集協力】

尾形 美幸

[五十音順]

【企画・編集】

篠原 たかこ 影山 由夏

CG-ARTSの検定や書籍
(正誤表を含む)の情報は
こちらをご覧ください
www.cgarts.or.jp



ISBN978-4-903474-79-3

C3004 ¥3500E

定価 3,850円(本体 3,500円+税10%)



9784903474793



1923004035009

SAMPLE

INTRODUCTION TO
CG DESIGN

FOR
CG CREATORS

