



## 3DCGの質感表現はアニメーションの何を変えたのか

メタデータ	言語: ja 出版者: 大阪公立大学大学院文学研究科文化構想学専攻表現文化学教室 公開日: 2024-06-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 大嗣 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24729/0002000927">https://doi.org/10.24729/0002000927</a>

# 3DCGの質感表現はアニメーションの何を変えたのか

山本大嗣

『表現文化』第13号

2024年3月31日

p. 32-48

大阪公立大学文学研究科  
文化構想学専攻表現文化  
学教室

ONLINE ISSN:

2758-786X

## 1. はじめに 3DCGの質感表現と「原形質性」

本論文の主題は、ハリウッドの商業アニメーション作品のメインストリームである3DCGを使って制作された作品において、質感の表現がアニメーションの「原形質性」ならびに「可塑性」の表現にどのような影響を与えたのかをディズニー及びPIXARの作品を題材に考察することである。アニメーションにおける「原形質性」については、旧ソ連の映画監督であるセルゲイ・エイゼンシュテインがディズニーに関する論考の中で「かつて——そして——永久に割り当てられた形式の拒絶、硬直化からの自由、いかなるフォルムにもダイナミックに変容できる能力である」と述べている<sup>(1)</sup>。一方、この変容できる能力に一定の制限を加えつつ、キャラクターの柔軟性を許容して一貫性を担保するというのが「可塑性」の概念である。本論の関心のひとつは、ディズニーの手描きアニメーション作品を前提として生まれたこれらの概念が、現在の3DCG作品で適用可能な局面を明らかにすることである。ディズニー・スタジオが生み出し、キャラクターアニメーションに多大な影響をもたらした「アニメーションの12の原則」を概観し、「可塑性」や質感表現が、3DCG表現においてどのように扱われ、どのように行われているのかを技術的な側面から分析する。これにより今後の3DCGによるアニメーション作品を理解するうえで有益な視点を提示できると考える。

ハリウッドの商業アニメーション作品のメインストリームである3DCGを使って制作された作品は、長らくフォトリアルであること、そして現実世界を忠実にシミュレートすることを指向してきた。作品制作と技術開発が並行して進展し、アニメーション作品においてどれだけフォトリアルであるかが注目されてきた。2019年に公開されてアカデミー長編アニメ映画賞を受賞した『トイ・ストーリー4』は、フォトリアルな世界観のもと主人公のおもちゃとその持ち主である人間が同じ世界に存在するストーリーである。そのフォトリアルを指向する流れを変えたのが、2018年に公開されて同じくアカデミー長編アニメ映画賞を受賞した『スパイダーマン：スパイダーバース』である。本作では従来の物理的かつ光学的にシミュレートされたフォトリアルな質感ではなく、アメリカのコミックスや日本のアニメを感じさせる質感表現を用いることで異なる世界が並列して存在するスト

(1) Jay Leyda, ed. *Eisenstein on Disney*. Trans. Alan Y. Upchurch. Calcutta: Seagull Books, London, 2017, p.21. (「ディズニー」今井隆介 抄訳、『表象』07、表象文化論学会、2013年、160頁)

ーリーを表現している。現実世界の見た目に近づけるのではなく、世界観や画作りのために行われる質感表現、広くルックデベロップメント (Look Development) とよばれる工程において新しい潮流を生み出すきっかけとなった作品である。これらの作品に観察できるような3DCGの質感の表現がキャラクターの形状やその変化、動きにどのような影響を与えうるのかを「原形質性」及び「可塑性」をキーワードに考察する。

本論文では、まずエイゼンシュテインの論考における「原形質性」について概観した後で、3DCGのリギングやシェーディングに関する主要な技術を取り上げて、これらが「原形質性」を抑制する方向に作用する状況と原因について整理する。あわせてディズニー作品を特徴づける「アニメーションの原則」や「可塑性」について具体的な作品を例に分析することで、3DCGにおける質感表現がアニメーション表現全般にもたらす影響を論じることにはしたい。

## 2. エイゼンシュテインの「原形質性」と「アニメーションの12の原則」

エイゼンシュテインがその論考のなかで提出した「原形質性」の概念を理解するために、アニメーション作品における輪郭線の役割と「可塑性」を簡潔に考察する。あわせて、線画アニメーションからセル・アニメーション、3DCGへと制作手法が変化するのにもなると、ディズニー・スタジオの「アニメーションの12の原則」が適用される場面がいかに変化したのかを提示したい。

フランスの画家エミール・コールが1908年に制作した最初期のアニメーション作品『ファンタスマゴリー』では、線で形作られた棒人間とでも呼ぶべきキャラクターが描かれている。キャラクターと背景の区別はなく、すべてが同一平面上に描かれており、線が自由気ままにメタモルフォーゼをくり返しながらか、イメージが変容していくことこそが本作品の主題であり魅力である (図1)。このキャラクターを形作る線は時には他のキャラクターと交わり、同化し、場面を転換する装置としても機能する。

ウィンザー・マッケイが1914年に発表した『恐竜ゲーティ』では、一枚の紙に透視図法を使って恐竜のゲーティだけでなく背景についても奥行きが感じられるよう立体的に描かれている (図2)。細馬宏通が『ミッキーはなぜ口笛を吹くのか』において指摘しているように、本作品は当初見世物として構想されており、ヴォードヴィル芸としての性質を考えるなら、観客に対して恐竜が実在しているかのように感じさせるためのリアリティが必要だった。細馬は知覚心理学における「大きさの恒常性」<sup>(2)</sup>に着目し、二次元 (画面) と三次元 (舞台) が融合し、一つの奥行き世界を表現したものと分析している。

(2) 細馬宏通『ミッキーはなぜ口笛を吹くのか—アニメーションの表現史』新潮選書、2013年、82-86頁。

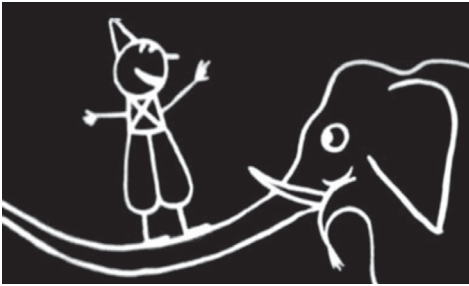


図1



図2

いずれの作品も線画アニメーションではあるが、『ファンタスマゴリー』が同一画面上の他の要素との接続を許容し、遠近法にとらわれることなく自由に変形する「開いた線」を用いているとするならば、『恐竜ガーディ』は奥行きを表現するために形（面）をなぞる「閉じた線」、すなわち輪郭線で構成されていると言える。細馬宏通はエイゼンシュテインがディズニーアニメーションの特徴として「線画」を挙げていることに注目し、その線が閉曲線を成し、閉じた輪郭線がアニメートされることで可塑的な領域を形成すると指摘し、輪郭線によって閉じこめられた面が線画アニメーションの中で可塑的に変形し、立体的な事物を想起させる現象を「袋性」と呼んでいる<sup>(3)</sup>。この「袋性」は「原形質性」の構成要素であり、『恐竜ガーディ』もまさにこの「袋性」を有しているわけであるが、この「袋性」は「原形質性」の必要条件であっても、十分条件ではないと細馬は述べている<sup>(4)</sup>。内的な力によって起こる変形、環境中の重力や浮力による制約から逸脱した変形や動きを兼ね備えた表現こそがアニメーションにおける「原形質性」であるとしている<sup>(5)</sup>。細馬はこれらの変形や動きを「内エネルギー性」や「半重力性」と呼んだが、『恐竜ガーディ』がその実在を表すためにこれらの変形や動き、すなわち「原形質性」から距離を置いていることは明らかである。

では、なぜ多くのアニメーションで輪郭線を有した線画表現が用いられるのかを絵画とセル・アニメーションの仕組みから考えてみたい。我々の現実世界は三次元であり、すべての物体もまた立体であることから輪郭線は存在しない。デッサンなどで用いられる輪郭線は、物体の奥行きや表面、空間ならびに内部と外部の境目など複数の要素を表し、いずれも写実的な描写では光・面・質感に還元される。机に置かれたリングを描くときの線は、机とリングの境界を表し、空間とリングの境界を表し、リングの丸みや机との質感のちがいを表すものであるはずだ。そうであるなら、ある物体の光・面・質感が正しく表現されていれば輪郭線は不要であるといえる。もちろん輪郭線を用いることでこれらの境界を明らかにすることもまた可能である。つまり、線画アニメーションの輪郭線はキャラクターの一貫性を保証するために用いられる「可塑性」<sup>(6)</sup>を担保するだけでなく、「奥行き」や「質感」を表現しているのである。『恐竜ガーディ』では、ゴツゴツとした岩場や波打つ水面、ガーディーの皮膚のしわなどが線の太さや細さを使い分け

(3) 細馬宏通「溶けるチーズ考ー「原形質性」の微視的分析と逆アニメーション学」、日本記号学会編『アニメの人間 インデックスからアニメーションへ』所収、新曜社、2022年、119-120頁。

(4) 同書、120頁。

(5) 同書、121-122頁。

(6) 土井伸彰「柔らかな世界」、加藤幹彦編『アニメーションの映画学』臨川書店、2009年、85頁。

て描かれている。アニメーションが写実的な表現をひたすらに目指すのであれば光・面・質感の詳細な描写にたどりつくはずであるが、周知のようにアニメーション制作には膨大かつ地道な作業が求められる。『恐竜ガーディ』ではガーディーと背景と一緒に描かれたペン画を1万枚も描いているが、その一枚一枚において絵画のように光・面・質感を描写することは現実的ではない。その代わりにペンによる輪郭線の表現で絵画に迫ろうとしているのである。

こうした特徴を持つ線画アニメーションの商業化と分業化を大きく進展させるのに貢献したのが、透明なセルロイドを用いた「セル・アニメーション」である。背景とキャラクターを分離し、協同作業によって制作を行うプロダクション・システムはジョン・ランドルフ・ブレイによって、「セル・アニメーション」以前に特許が取得されていた<sup>(7)</sup>。ブレイはトレーシングペーパーを用いていたが、これをセルロイドに置き換えたのがアメリカのアール・ハードである。彼が発明したこの手法は背景の上に透明なシートを重ねるというもので、背景のような動きのない部分を重複して描く必要がないこと、キャラクターについても動きのある部分とない部分とで分けられることから極めて効率的であった。そして、この手法は現代にいたるまでアニメーション制作に極めて大きな影響をもたらし、線画アニメーションの輪郭線に新たな役割を付与することになる。

アール・ハードが1915年から1925年にかけて制作した『ボビー・バンプス』シリーズ(図3・図4)は、漫画を原作としたアニメーション作品である。背景はグレーの紙に描かれており、主人公のボビーと愛犬のフィドはセルロイドに描かれている。背景の質感とキャラクターの質感には大きな違いがあり、図3の道路や壁がまさに奥行きを持った面を描写しているのに対して、キャラクターは平板な印象を与える。その理由は「セル・アニメーション」の仕組みにある。「セル・アニメーション」ではそれぞれのキャラクターの輪郭線の内部を不透明な絵の具で塗りつぶしている。この塗りつぶしの工程は彩色とよばれ、撮影時に強い光を投じても透けることがないように厚塗りされる。一般的にセル画が完成するまでの工程は、①紙に描かれた原画から線をセルに写し取り(トレス)、②写し取った線画をもとにセルに彩色を行うことで完成する。こうして完成したセル画を複数枚重ねることで、背景とキャラクター、キャラクターとキャラクター、顔と顔のパーツなどキャラクター内部の重なりによって奥行き認知が可能な表現が出来上がる。この過程で『ボビー・バンプス』では極端に輪郭線が強調されて描かれることとなり、『恐竜ガーディ』に見られたような線画の細かな描写を失っている。「セル・アニメーション」では、奥行き表現は線からセルのレイヤー構造に移り、輪郭線はセルを塗りつぶす範囲をあらわすものでしかなくなってしまったと言える。

(7) 細馬宏通、『ミッキーはなぜ口笛を吹くのか—アニメーションの表現史』、101-103頁。





図3

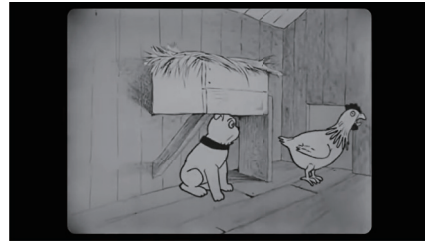


図4

さらには輪郭線の内部も彩色によって細かな描写を失うこととなった。図4は輪郭線が強調され質感と奥行きに乏しいキャラクターが、線画で描かれた透視図法の背景に配置されている。初期のセル・アニメーション作品が奥行きの表現を追い求めながらも、背景とは異なる質感のキャラクターを如何にして同一画面内に同居させるか試行錯誤している様子がうかがえる。キャラクターが描かれる動画と背景のスタイルの不統一は映像のカラー化によって一層深刻なものとなった。エイゼンシュテインがディズニーの『バンビ』を批判した際には、背景と動画とのあいだにスタイル上の不和が生じ、自然主義的な背景が採用された作品ではもはや不愉快ですらあったと述べている<sup>(8)</sup>。さらにエイゼンシュテインは平面的な動画は立体的に描かれた背景から浮き上がり、叙情性が必要なところで逆に滑稽さをかもしだしていると指摘し、固く閉ざされた輪郭線ではなく背景に溶けこむような筆づかいでキャラクターを描くべきであろうと評している<sup>(9)</sup>。セル・アニメーションは効率的な制作手法を手に入れる代償として、質感の不統一により作品への感情移入を困難にしてしまったのではないだろうか。

エイゼンシュテインの論文がその限界を指摘したセル・アニメーションの技法はディズニーによって更新され、1937年には世界初の長編カラー作品『白雪姫』が公開され、さらにその翌年にはエイゼンシュテインが「原形質性」を見出した『人魚の踊り』が公開されている。先ほど言及した『バンビ』は1942年の公開である。土井伸彰は「柔らかな世界」において、ディズニー・スタジオの長編作品に対するジークフリート・クラカウアーの批判的な見方を取り上げている。ディズニー・スタジオの実写映画的なアプローチは「想像力を容赦なく抑えつける」ことになっており、1941年公開の『ダンボ』では作品世界が現実似た空間となっているが、その理由はキャラクターにパーソナリティを与えるためであった<sup>(10)</sup>。立体的に描かれた背景と現実と似た空間からなる作品世界に閉じ込められた平板なセルのキャラクターは、パーソナリティすなわち一貫性を具えたアイデンティティを獲得すべく線画が有していた原形質性を捨て去り、生物の発達段階を行ったり来たりするような変形はもはや許されなくなった。さらには観客が現実の世界であると「信じる」<sup>(11)</sup>ように、キャラクターの描かれ方においても実在の生命であるかのように見せかける必要が出てきたのである。その実践がどのようなものであったかをディズニー・スタジオのアニメーターであるフランク・トーマ

(8) 今井隆介「〈原形質〉の吸引力  
エイゼンシュテインの漫画アニメーション理論」、加藤幹郎編『アニメーションの映画学』所収、臨川書店、2009年、37-38頁。

(9) エイゼンシュテインの指摘に対する回答としては、切り紙アニメーションや油絵アニメーションなどの存在を挙げることができるが、いずれもキャラクターを描くための素材としてセルロイドと塗料を用いていないことに注意すべきである。

(10) 土井伸彰「柔らかな世界」、83-84頁。

(11) 同書、85頁。

ストオーリー・ジョンストンの著作『生命を吹き込む魔法』(The Illusion of Life)で確認したい。現在にいたるまでキャラクターアニメーションに極めて大きな影響を与えているこの著作は、「アニメーションのバイブル」と呼ばれている。ディズニー・スタジオが作り上げた表現や技法は、キャラクターが自らの意志で動いているかのように見えることを目指したものであり、同書はそこにいたるまでの過程や制作上のポイントを図版や写真を交えて紹介している。同書第3章で解説される「アニメーションの原則」はディズニー・スタジオの作品の特徴をよく表しているだけでなく、今なおキャラクターアニメーションの範例として機能している。以下がその12の原則である。

- ① Squash & Stretch (潰しと伸ばし)
- ② Anticipation (予備動作)
- ③ Staging (演出)
- ④ Straight Ahead Action & Pose to Pose (逐次描きと原画による設計)
- ⑤ Follow Through & Overlapping Action (あと追いの工夫)
- ⑥ Slow In & Slow Out (両端づめ)
- ⑦ Arc (運動曲線)
- ⑧ Secondary Action (副次アクション)
- ⑨ Timing (タイミング)
- ⑩ Exaggeration (誇張)
- ⑪ Solid Drawing (実質感のある絵)
- ⑫ Appeal (訴える力)

上記は『生命を吹き込む魔法』に記載されている順に並べたものであるが、そこに記載されている内容を見ていくと奥行きやパース、空間を強く意識したものであることが分かる。たとえば、④ Straight Ahead Action & Pose to Pose (逐次描きと原画による設計)では、レイアウトの中に強いパースがあったり、絵を背景に合わせる必要があるときには<逐次描き>はほとんど役に立たないと書かれており<sup>(12)</sup>、原画の重要性を強調している。同書はキャラクターの動きによっていかにして「信じる」ものを生み出すかという視点で書かれているが、その中で唯一空間や奥行きに直接に言及しているのが⑪ Solid Drawing (実質感のある絵)である。⑪以外は動きに関するものがほとんどであるのに対して、⑪ではキャラクターのデザインがどうあるべきかについて書かれている。

当時のディズニーのスタジオの壁には「その絵は重さと奥行きがありバランスがとれているか?」という標語が掲げてあり、腕や足が左右対称となる「双子」

(12) フランク・トーマス/オーリー・ジョンストン『生命を吹き込む魔法』、スタジオジブリ訳、徳間書店、2002年、61頁。

を描くことがないよう注意が払われていたという<sup>(13)</sup>。そうしたエピソードの紹介に続く部分の記述を以下に引用したい。

(13) 同書、71頁。

彼らが求めていたのは、「アニメートできる」形、つまり量感はあるが柔軟さもあり、強さはあるが生硬さのない形、アニメーターの狙いを表現しうる形だったのだ。静的な形とは正反対の、生きて動ける形が必要だったのだ。私たちがなりにそれを「可塑性」と呼んだのだが、語義も「形作ることができる、柔軟な」ということだったので、フィーリングが表れていてぴったりだった<sup>(14)</sup>。

(14) 同書、71-72頁。

Solidは「立体」と訳すこともできるが、同書を翻訳したスタジオジブリが「実質感」と翻訳していることも興味深い。「立体」と「可塑性」はディズニーの理想とするキャラクターにおいては不可分であり、それが「アニメートできる形」となっている状態を「実質感」があると呼ぶことができるだろう。「立体」とはどの方向から描いても立体的であることに加えて、どの方向からでも描けることを含むと考えるならば、その捉え方はまさに3DCGのモデルに通ずる。形状が立体であること、そして360°どの視点からでも描くことができることは、3DCGにおけるオブジェクトとカメラの関係を想起させる。ディズニーの長編アニメーション作品では、キャラクターの彩色に大きな制限が課されつつもその動きとデザインで独自の写実的リアリズムを追求していたのである<sup>(15)</sup>。

(15) Chris Pallant, Disney-Formalism: Rethinking 'Classic Disney', in *Animation: An Interdisciplinary Journal* 5 (3), 2010. 本論文ではディズニーの初期長編映画作品の特徴のひとつがハイパーリアリズムにあり、それを「ディズニーフォルマリズム」と呼んでいる。

セル・アニメーションの特質を踏まえるときさらに見逃せない記述を⑫ Appeal (訴える力)に確認できる。アピールは観客に訴える力の源泉をアニメーションの絵に求めている。複雑すぎる、見づらい絵や貧弱なデザイン、不自然な動きはアピールを減じさせるとしている<sup>(16)</sup>。しかしながら、①から⑩までが作画や実際の演出に適用できる実践的な原則であるのに対して、このアピールに関する記述はセル・アニメーションの限界について嘆いている。「人物の顔に微妙な影をつけると性格の陰影まで表せるが、アニメーションはそういう影がつけにくい」であるとか、単なる線で感情を伝えるのは無茶だとしたうえで「キャラクターの顔をアップにしすぎると、平板に見えてくる」であるとか、セル・アニメーション作品を映画館で上映すると「絵の中の繊細な線は拡大され、30センチも幅がある真っ黒な線になってしまう」と述べられている。いずれもセル・アニメーションにとって避けられない問題であり、裏を返せばディズニーが求めている理想が見えてくる。「1930年代の半ばごろ、私たちは微妙な陰影や、質感や、輪郭のない部分がほしいと思っていたが、そういう要素は現実的ではなかった」という記述からは、微妙な陰影や質感の表現が可能で、輪郭のない描画こそがディズニーの、特にアニメーターたちの悲願であったことがうかがい知れる。実際にこのような表現に

(16) フランク・トーマス/オーリー・ジョンストン『生命を吹き込む魔法』、72頁。



チャレンジしたのが『ピノキオ』のブルー・フェアリーのクローズアップのカット（図5）である<sup>(17)</sup>。

(17) 同書、73頁。



図5

ブルー・フェアリーの頬や髪の毛には陰影や質感の表現がほどこされ、背景と髪の毛には輪郭線がない。明るさの差によって背景と人物の奥行きが表現されており、『ボビー・バンプス』のように質感が異なることによる違和感はほとんどない。しかしながら、右肩や顎から首にかけては輪郭線が描かれている。多くの枚数を描き、平板な塗りを前提とするセル・アニメーションでは、色調が似ている肌や髪を描き分けることはやはり困難であり、輪郭線があることで右肩、髪、顔・首、左腕という奥行き感を表現することができている。限られた条件ではあるが陰影や質感が描かれたブルー・フェアリーと手前に座るコオロギのキャラクターであるジミニ・クリケットを比較すると全く印象が異なることがわかる。命を与える側のブルー・フェアリーと与えられる側のピノキオやジミニを描き分けることは演出上も一定の効果があったはずである。二次元平面に三次元世界の遠近感や三次元の物体の立体感を表現する絵画の手法は、奥行き知覚の絵画の手がかり（pictorial cue of depth perception）と呼ばれている<sup>(18)</sup>。奥行き知覚の絵画の手がかりには、遮へい（重なり：occlusion）、線遠近法（linear perspective）、肌理の勾配（texture gradient）、大きさ（relative size）、高さ（relative height）、大気遠近法（aerial perspective）、陰影（shading, shadow）、ハイライト（highlight）がある。遮へいは輪郭線を用いることで表現可能であり、線遠近法や肌理の勾配、大きさや高さは⑪ Solid Drawing（実質感のある絵）に関するものである。セル・アニメーション、とりわけキャラクターを描く際に、立体感を表現する絵画の手法として再現困難であったのは、いずれも微妙なグラデーションや質感の表現を前提する大気遠近法、陰影、ハイライトということになる。

(18) 三浦佳世「絵画における表現と知覚」、電子情報通信学会『知識ベース』、2010年、3/(6)。

「アニメーションの12の原則」の⑫ Appeal（訴える力）の最後では、「私たちは、各カットのポイントをうまく伝える方法を模索し、そうする中で、キャラクターアニメーションを発展させ、世界をあっと言わせる芸術に変えていった。だが当時は、自分たちのそういう努力を自慢に思うでもなく、ただ限界を感じて苛立つばかりだった。」と書かれている。現在もキャラクターアニメーションにおいて大きな影響力をもつ「アニメーションの12の原則」だが、その背景にはセル・アニ

ーション特有の問題があり、観客が「信じる」ものを絵画的効果ではなく、キャラクターの動きや形状の変化で補おうという姿勢があることを忘れてはならない。これにより3DCGアニメーションにおいて、「アニメーションの12の原則」や「可塑性」が作品に対してどのように機能するかを検討する際の視点が変わってくるはずである。

### 3. 3DCGの技術にみる「可塑性」と質感の表現

「原形質性」を基準にすると、土居が指摘するように、「可塑性」はあくまでも「キャラクターの一貫性を保証するために用いられるもの」に過ぎないという見方になるが、ディズニーは「原形質性」とは正反対の形状変化である「可塑性」をどのように捉えていたのだろうか。土居は『生命を吹き込む魔法』第3章「アニメーションの原則」に挙げられている項目のいずれもが、キャラクターが実在の生命であるかのように「見せかける」ためのものであると指摘している。Squash & Stretch（潰しと伸ばし）はメタモルフォーゼを目的としているのではなく、「生き物なら、どんなに骨ばっていても、動いているうちに、肉体が許す範囲でかなりの柔軟性を示す」ことに依拠しており、アニメーションのキャラクターもまた現実の生物を支配する法則に従属していることを的確に表現することで、実際の生きものと変わらぬ存在としてみなされるようになると述べている<sup>(19)</sup>。しかしながら、土居はこの目的を実現するために「可塑性」をどのように描くべきかについては触れていない。その答えは当然のことながら「アニメーションの原則」の中にあるわけなのだが、そこでは「可塑性のある」形は図6のように説明されている<sup>(20)</sup>。

(19) 土井伸彰「柔らかな世界」、85頁。

(20) フランク・トーマス/オーリー・ジョンストン『生命を吹き込む魔法』、72頁。

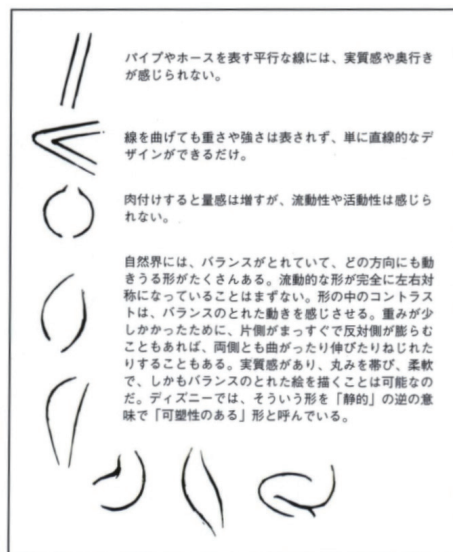


図6

前節でも述べたように、「可塑性」とは量感や柔軟さがあり、硬さはないが強さを感じさせる形である。そして、アニメーターの狙いを表現できる、生きて動け

る形である。平行線や直線的なデザインのような対称性は重要ではなく、自然界にあるような膨らみやねじれ、丸みのある形が「可塑性」を表現するのに適している。それでは3DCGではどのような機能を用いて「可塑性のある」形を表現しているのか。技術的背景に焦点を当てて考察したい。

### 3-1 骨と肉体ーリギングとスキンウェイト、ボリュームプリザベーション

3DCGの制作フローはアニメーション作品の場合、以下の3つの工程から始まる<sup>(21)</sup>。

- ① ラフモデルの作成
- ② アニメーションのためのセットアップ
- ③ アニマティクス（プリビジュアライゼーション）制作

①ではデザイン画や設定資料をもとにキャラクターの形状制作を行う。モデリングの自由度は極めて高く、その変化も自由自在である。むしろその形状変化の自由さゆえに、キャラクターをアニメーションさせる際、形状の一貫性をいかに保つかが課題であった。それを解決したのが「体積維持（volume preservation）」と呼ばれる技術である。本来、3DCGにおいて自由に変形するという事は、そのオブジェクトの体積も自由に変わるということであるが、「体積維持」はオブジェクトの変化の前後で、その体積が変わらない範囲において形状の変化をコントロール可能とする技術である<sup>(22)</sup>。腕の曲げ伸ばしや歩行など人間の身体がどのように動いても基本的にその体積が変わらないのと同様に、3DCGのキャラクターにおいても、一定の体積を保ちながら形状をコントロールすることが可能となる。さらには、体積だけでなく元のプロポーションを維持したままでキャラクターに様々な姿勢をとらせることもできるようになる（図7）<sup>(23)</sup>。

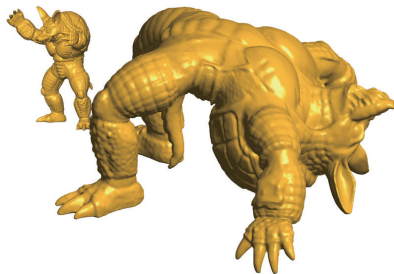


図7

輪郭線もなく立体で表現されるキャラクターはまさに原形質性の構成要素である「袋性」を有した存在そのものであるが、その袋は容易に変形することを拒むかのようにコントロールされている。その様子はゴム人形のようにもあり、3DCGがメタモルフォーゼをとまなう「原形質性」の表現ではなく、より効率的に「ア

(21) CGWORLD + 永田豊志編著『CG & 映像しくみ事典(第二版)』、株式会社ワークスコーポレーション、2009年、100-101頁。

(22) IGeoffrey Irving, Craig A Schroeder, Ronald P Fedkiw, Volume conserving finite element simulations of deformable models, Association for Computing Machinery, *ACM Transactions on Graphics* Volume 26, Issue 3, July 2007.

(23) Yaron Lipman, Daniel Cohen-Or, Ran Gal, David N Levin, Volume and shape preservation via moving frame manipulation, Association for Computing Machinery, *ACM Transactions on Graphics* Volume 26, Issue 1, January 2007. Graph.. 26.

アニメーションの原則」の「スクワッシュ・アンド・ストレッチ」を含むデフォーメーションを実現するために使われていることがうかがえる。

②のアニメーションのセットアップでは、①で作ったモデルにボーンと呼ばれる骨組みをいれていくことになる。階層構造をベースに各オブジェクトをセットし、関節を設定するなどしたキャラクター全身の骨組みをアーマチュアと呼ぶ。モデルにこれら一連の作業を施して、アニメーターが効率よくアニメートできるようにすることをリギング (Rigging) と呼ぶ (図8・図9)。そのリギングの設定作業において、重要な役割を果たすのがスキニング (Skinning)、とりわけスキンウェイトと呼ばれる機能である。

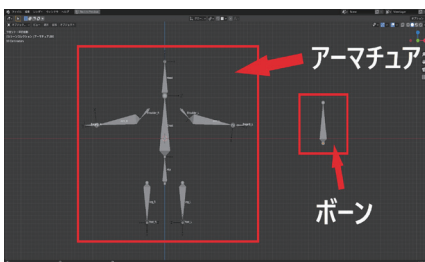


図8 アーマチュアとボーン

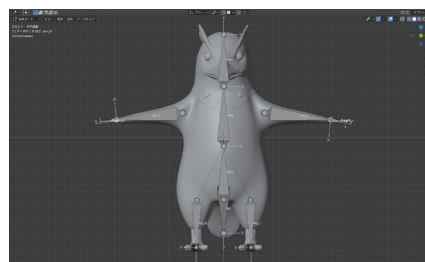


図9 アーマチュアの対称化

スキニングではボーンにあわせてモデルのどの部分を追随して変形させるかを指定する。その変形の程度を調整するのがスキンウェイトである (図10)。スキンウェイト如何でモデルの変化、すなわちアニメーションの是非が決まると言っても過言ではない。図11では真ん中の脚の膝がくぼんでしまっているが、スキンウェイトが正しく設定されている右の足は体積を維持して自然な印象となっている<sup>(24)</sup>。「体積維持」と「スキンウェイト」を組み合わせることで前述の図6で述べられていた表現、すなわち生きて動ける形として「量感」「柔軟さ」「強さ」を備えた表現が可能になったことから、3DCGはいっそう「原形質性」から離れて、ディズニーのアニメーションが求める「可塑性」への扉を大きく開けることになった。これまでに誰も見たことがないようなクリーチャーや怪物であっても出鱈目なメタモルフォーゼをすることなく、「アニメーションの原則」の延長線上で演算結果に従って伸びたり縮んだりするのである。

(24) AUTODESK「第23回:素早くスキンウェイトをつける方法1/2 | 読んで触ってよくわかる! Mayaを使いこなす為のAtoZ」『AREA JAPAN』、2012年1月5日 [https://area.autodesk.jp/column/tutorial/maya\\_atoz/skin\\_weights\\_1/](https://area.autodesk.jp/column/tutorial/maya_atoz/skin_weights_1/)(最終閲覧2024年3月3日)

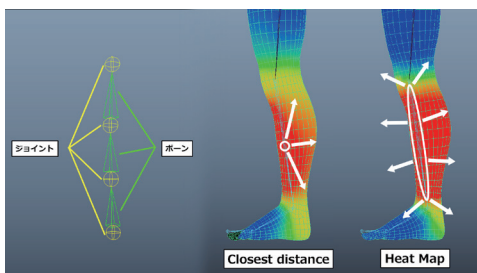


図10 バインド法とヒートマップ

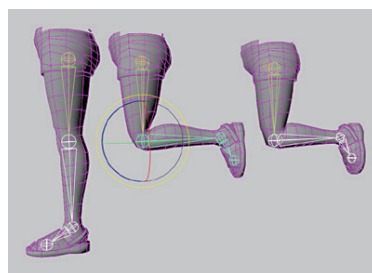


図11 体積維持と輪郭保持

最後に③のアニメティクス (プリビジュアライゼーション) 制作は、ポリゴン数を削



減したデータ量の少ないモデルを使って制作される「動く絵コンテ」のことを指す。構図やカメラワークを確定することで必要となるモデリング作業の目星をつけることもできる。

### 3-2 皮膚と光-サブサーフェス・スキヤタリング、シェーディングとレンダリング

3DCGの制作フローはアニメーション作品の場合、大きく分けるとモデリング、リギング、アニメーション作成に続いて以下の2つの工程が必要である<sup>(25)</sup>。セル・アニメーションで描画が困難であった微妙なグラデーションや質感の表現はこの工程で制作する。

(25) CGWORLD + 永田豊志編著『CG & 映像しくみ事典(第二版)』、100-101頁。

#### ④ ライティング

#### ⑤ レンダリング

④はシーンの照明を設定するもので、現実世界と同じように作用する複数のライト(光源)を組み合わせる用いる。ライトの強さやサイズ、位置は自由に設定することができる。ハイライトや影の生成についても細かいところまでコントロールすることができるのが3DCGの特徴である。しかしながら現実世界と同じ明暗の環境を再現することは困難であるため、広い範囲の輝度情報を持つHDRI (High Dynamic Range Image) を使ったイメージベースドライティング(図12)は実写合成の場面で広く用いられており、非常に複雑なライティングを比較的容易に再現することが可能である。

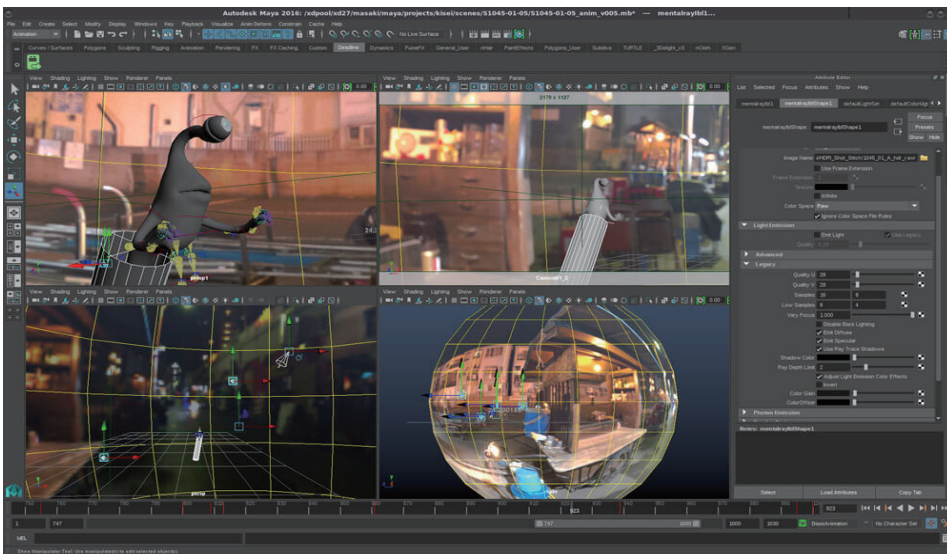


図12 HDRIを活用したMAYAのライティング作業画面

セル・アニメーションで描画困難であったのは、微妙なグラデーションや質感の表現が前提となる大気遠近法、陰影、ハイライトであったことは、前節においてすでに述べた。



絵画では色彩や質感によって光が表現される。加えて、明暗法や陰影法により立体感や奥行きを際立たせることができる。しかしながら、セル・アニメーションでは塗りが平板となることから、キャラクターの色彩や明暗の階調は制限されることになる。図13はディズニーの1941年公開の長編アニメーション作品『ダンボ』であるが、皮膚と帽子や首の布の質感のちがいは表現できていない。一方、2019年公開の3DCGアニメーション作品の『ダンボ』(図14)では額の飾り、皮膚、瞳が陰影(form shadow、cast shadow)豊かで、かつ異なる質感で表現されている。3DCGでは光が操作可能な対象として、具体的な数字(パラメーター)として存在している点が絵画とは大きく異なる。

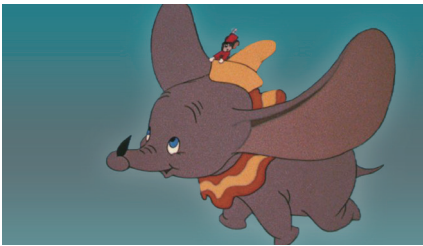


図13



図14

ライトから届いた光が物体に当たったとき、その面の明るさを求める計算をシェーディングと呼んでいる<sup>(26)</sup>。代表的なシェーディングモデルには、はっきりとしたハイライト(鏡面反射)が出るプラスチックやガラスなどの表現に向いているフォン(Phong)やオブジェクトの表面の凹凸を考慮した計算が可能で金属やゴムなど比較的幅広い表現が可能でブリン(Blinn)などがある。質感のちがいはハイライトの出方によるところもあり、目的の質感にあったシェーディングモデルを選ぶことが重要である<sup>(27)</sup>。その質感の表現に大きな影響を与えたのが「サブサーフェス・スキヤタリング」とよばれるシェーディングモデルの登場であった。人の肌や大理石など背景が透けるほどではないが、光を透過し内部で散乱・反射するような性質をもつ材質が表現できるようになり、フォンやブリンのように光の透過を考慮しないモデルよりもフォトリアルな表現が可能である<sup>(28)</sup>。図14を詳細に見てみると皮膚には強めの照明があたってできる影があり、細かな皺が表現されている。その皮膚には明確なハイライトはない一方で、左目には白くハイライトがあり、光を透過して潤んだような印象をもたらしている。3DCGでは同一のカット、同一のオブジェクトでも異なるシェーディングモデルを使い分けることで限りなくフォトリアルな質感に近づくことができる。

②のレンダリングは最終的に画像を生成する工程である。モデル、サーフェス、カメラ、ライトを設定し、サーフェスの明るさや質感をどのようなシェーダーを使って計算するのか、影や反射、屈折、透過などを考慮する必要がある。カメラからの視点で画像の出力が行われるが、カメラから見えない部分については消去されることがほとんどである。これを隠面消去と呼ぶ。これによりレンダリング

(26) 同書、120-121頁。

(27) 同書、121頁。

(28) 同書、135頁。

の計算時間を短縮することが可能となった。その代表的な隠面消去方法に「レイトレーシング法」というものがあり、その原理は光源から発した光が物体に当たって反射し、最終的にカメラに届くまでの軌跡をたどって物理的に正確な描画を行っている<sup>(29)</sup>。

3DCGでは光は操作可能な対象であり、その光をシミュレーションした計算結果としてキャラクターやその質感が図像として表現される。言わば3DCGのキャラクターはその質感に関して言えば我々が暮らす現実世界と同じ物理法則に則っている地続きの状態であるといえる。ディズニーが追い求めたものが実際の生命であると観客が信じ込んでしまうような「生命のイリュージョン (The Illusion of Life)」であったならば<sup>(30)</sup>、果たして3DCGで作られたフォトリアルなダンボにディズニー的な「可塑性」は必要なのであろうか。

(29) 同書、132-133頁。

(30) 土井伸彰「柔らかな世界」、87頁。

#### 4. 3DCGがアニメーションにもたらしたもの

ウォルト・ディズニーの言葉に「現実をもとにして空想的なことをするには、まず現実を知らなくてはならない」というものがある<sup>(31)</sup>。長編アニメーション作品『バンビ』制作の際には実際に小鹿をスタジオに連れてきて、その動きを研究したという逸話がのこっている。そのディズニー社ならびにその関係者は最初期の3DCGアニメーションをどのように評価していたのであろうか。

(31) フランク・トーマス/オーリー・ジョンストン(2002)、前掲書、75頁。

PIXAR社を設立し、1988年発表の『ティン・トイ』でアカデミー賞短編アニメ賞を受賞し、1995年公開の『トイ・ストーリー』でアカデミー特別業績賞を受賞したジョン・ラセターは、そのキャリアをディズニーのアニメーターとしてスタートさせている。その彼が1981年に当時制作中であったディズニーの特撮映画で、CG映像を組み込んだ作品『トロン』(図15)を見たときに語ったのが以下の言葉である。

ウォルト・ディズニーは、キャリアを通じて、生涯を通じて、アニメーションに空間的広がりを導入しようと奮闘した……僕はそこに突っ立って、映像を見ながら言ったんだ。「ウォルトが待っていたのは、まさにこれだぜ」<sup>(32)</sup>

(32) デイヴィッド・A・プライス『メイキング・オブ・ピクサー』櫻井祐子訳、早川書房、2009年、83頁。

その後、ディズニーを退社したラセターは、1984年に『アンドレとウォリーB.の冒険』を、1986年に『ルクソーJr.』(図16)をSIGGRAPHで発表した。『アンドレとウォリーB.の冒険』は、モーションブラーと「アニメーションの原則」を適用した初めての3DCG作品である。『生命を吹き込む魔法』の共著者であるフランク・トーマスはこの作品を見て、真実味のある動きをし、真実味のある感情を持ったキャラクターアニメーションには、微妙なニュアンスが大いに必要だと述べ、

コンピューターではそれはとらえられないと本作を批判的に評価している<sup>(33)</sup>。一方で『ルクソーJr.』は電灯の親子の生き生きとした様子を「写真的リアリズム」よりもむしろ「感情的リアリズム」で描いた点において極めて高い評価を得た。『アンドレとウォリーB.の冒険』では表現できなかった真実味のある動きと感情、すなわち「可塑性」と「感情的リアリズム」を『ルクソーJr.』では表現することができたのである。のちにジョン・ラセターがディズニー風の思考と感情をキャラクターにもたせることができた振り返っていることから<sup>(34)</sup>、キャラクターが自らの意志を持って動いているかのように見せることを目指していたことがわかる。翌1987年に『ルクソーJr.』での経験をもとにSIGGRAPHでジョン・ラセターが発表した論文「Principles of Traditional Animation Applied to 3D Computer Animation」では、ディズニー・スタジオの「アニメーションの原則」をいかに3DCGアニメーションに適用するかを述べている。前提となっているのは、セル・アニメーションにも共通するキーフレームアニメーション（Pose to Pose原画による設計）である。12の原則のうち⑪Solid Drawings（実質感のある絵）を除外したうえで、残りの原則を、媒体のちがいを問わず同じように適用可能なものとメディアのちがいに応じて適用の仕方が変わるものに分けている。⑪Solid Drawings（実質感のある絵）を除外したのは、まさに3DCGがウォルト・ディズニーが求めていたSolid、すなわち立体を描いているからであろう。

(33) 同書、92-93頁。

(34) 同書、139-140頁。

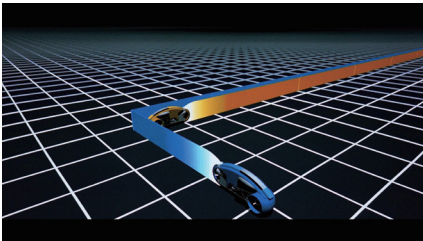


図15



図16

伝統的な手描きアニメーションあるいは3DCGというメディアの違いを問わず「アニメーションの原則」が適用可能なのは、ラセターによれば、主にモーションに関係する②Anticipation（予備動作）③Staging（演出）⑤Follow Through & Overlapping Action（あと追いの工夫）⑧Secondary Action（副次アクション）⑨Timing（タイミング）⑩Exaggeration（誇張）であると述べている。適用の仕方が変わるのは、変形をとまなう①Squash & Stretch（潰しと伸ばし）⑥Slow In & Slow Out（両端づめ）⑦Arc（運動曲線）⑫Appeal（訴える力）⑪Straight Ahead Action & Pose to Pose（逐次描きと原画による設計）である。ここで重要なのは、3DCGのアニメーション作品であっても「可塑性」を前提とした「アニメーションの原則」が適用可能だということではない。むしろ、メディアのちがいを越えて「アニメーションの原則」がなぜ適用可能なのか、またなぜ一部の原則は適用の仕方が変わるのかを考えることが重要で

ある。すでに我々は3DCGによる極めてフォトリアルな作品において、人間と変わらない、もしくは人間と同じように実在していると信じるキャラクターがAnticipation（予備動作）やSquash & Stretch（潰しと伸ばし）などしないことを知っている。したがって、「アニメーションの原則」は絶対的なものではなく、相対的なものであると言える。そこに大きく関わるのが質感の表現である。ジョン・ラセターの初期の3DCG作品になぜ「アニメーションの原則」が適用できるのか？ それはセル・アニメーション同様、当時の3DCGの質感表現が未発達であったからではないだろうか。

## 5. 結語 ルックデベロップメントとアニメーション表現

3DCGにおける質感表現の重要性を表す言葉として「ルックデベロップメント」という用語がある。質感に関する個別の工程であったテクスチャやシェーディング、レンダリング、場合によってはポストプロダクションでの作業をも包含するこの言葉は、3DCGや制作工程のデジタル化が質感の表現にどれだけ自由をもたらしたのかをよく表している。アニメーションの歴史において、セル・アニメーションという技法は長く使われ続け、その技法の頂点に君臨していたディズニーは極めて大きな影響力を持っていた。セル・アニメーションが作られ続ける限り、質感を生み出す「ルックデベロップメント」という概念は生まれなかったであろうし、「原形質性」や「可塑性」、「アニメーションの12の原則」があらためて見直されることもなかったであろう。3DCGの技術はあらゆる質感をシミュレートできることから、日本のテレビアニメ作品のようなルックが開発され、2Dと3Dが違和感なく融合する作品が近年増えてきている。これまでのハリウッド映画のフォトリアルな路線と決別した『スパイダーマン：アクロス・ザ・スパイダーバース』では、コミックのような表現が作品中に頻繁に登場し、「原形質性」を取り戻したかのようにキャラクターが自由に飛び回り、そして自在に変形する。3DCGがセル・アニメーション（的技法）に取って代わろうとしている現在、我々は質感表現が作品全体に及ぼす影響について意識的になる必要がある。線画アニメーションと「原形質性」、セル・アニメーションと「可塑性」、ディズニーの長編作品『白雪姫』と「ロトスコープ」、フォトリアルな3DCGと「モーションキャプチャー」などキャラクターの質感表現とキャラクターの移動や変形の度合いが呼応していることは明らかである。フォトリアルな質感表現は「原形質性」や「可塑性」を抑制する方向に機能することから、キャラクターのアニメーションや作品のストーリーも自ずと空想的なものから現実的なものへとシフトする力が働くであろう。その一方で3DCGはあらゆる質感をシミュレートし、新たな質感表現を生み出すことが可能である。そうであるならば、新たなアニメーション作品が生まれる可能性を3DCGの質感表現に見出すことができるのではないだろうか。

## 【図版出典】

- 図1 エミール・コール『ファンタスマゴリー』（1908年）
- 図2 ウィンザー・マッケイ『恐竜ガーター』（1914年）
- 図3 アール・ハード『Bobby Bumps Puts a Beanery on the Bum』（1918年）
- 図4 アール・ハード『Bobby Bumps - Chef』（1917年）
- 図5 ベン・シャープスティーン/ハミルトン・S・ラスク監督『ピノキオ』（1940年）
- 図6 フランク・トーマス/オーリー・ジョンストン『生命を吹き込む魔法』スタジオジブリ訳、徳間書店、2002年、72頁。
- 図7 3DCGモデルの体積と形状の維持が可能になったことで可塑性のある表現が容易になった ([http://www.math.tau.ac.il/~lipmanya/volume\\_and\\_shape/volume.htm](http://www.math.tau.ac.il/~lipmanya/volume_and_shape/volume.htm))
- 図8 三角錐の部分が骨、球体の部分が関節にあたる（【Blender2.9】リギングの方法：まずはここから基礎編！ | CGbox）
- 図9 ボーンの追加や削除、親子関係を設定する（【Blender2.9】リギングの方法：まずはここから基礎編！ | CGbox）
- 図10 ヒートマップによるバインド方法は人体の骨に肉がついてくるイメージを再現しやすい（第2回：人体セットアップシンプル編/バインドスキン | AREA JAPAN）
- 図11 スキンウェイトを適切に設定することでモデルの体積と輪郭を保つことができる（第23回：素早くスキンウェイトをつける方法1/2 | AREA JAPAN）
- 図12 映画『寄生獣』でHDRIを活用したMAYAのライティング作業画面（撮影現場を再現するHDRIを用いたライティング技法 | CGWORLD）
- 図13 ベン・シャープスティーン監督『ダンボ』（1941年）
- 図14 ティム・バートン監督『ダンボ』（2019年）
- 図15 スティーブン・リズバーガー監督『トロン』（1982年）
- 図16 ジョン・ラセター監督『ルクソーJr.』（1986年）