

## 最新の CG 技術

加藤立真, 相馬啓佑, 町田啓悟

Ryuma KATO, Keisuke SOMA, Keigo MACHIDA

### 1 はじめに

コンピュータグラフィックス (以下 CG) は様々な場面で利用されている。今やテレビ番組や広告にも必ずと言ってよいほど用いられ、その他にも建築やインテリア、工業デザイン、医療といった様々な分野でも幅広く活用されている。

### 2 コンピュータグラフィックスとは

CG とは、コンピュータを使って画像を処理または生成する技術である。2DCG と 3DCG に分類され、D (次元) の数により生成及び利用方法が異なる。2DCG とは、2次元の平面領域に画像を描く技術である。ペンタブレットなどを使ったペインティングもしくは写真を取り込んだイメージ処理などが挙げられる。ペインティングは線や色の塗りつぶしなどによって行われ、現実とほぼ同様の作業工程で画像を描くことができる。イメージ処理は取り込んだ写真や画像に対して任意の効果を付け、目的に沿った画像に編集することが目的である。3DCG とはコンピュータ上で立体空間の情報を生成し、仮想的な 3次元の世界を投影する技術である。空想の世界の表現や、現実世界の現象・建築・景観のシミュレーション、工業デザインなどに利用される。以下のような手順が 3DCG の一般的な生成方法となる。

1. 3次元座標上に置かれた点を頂点として仮想立体を構成する (モデリング)
2. 複数の頂点から成される各面に色や材質などを表現する情報を与える (マッピング)
3. 任意の光の強さや光源の位置から物体を照らす (シェーディング)
4. 視点の座標や見る方向などを決め、最終的な見栄えを 2DCG 化する (レンダリング)

複数の頂点からなる多角形平面をポリゴンと呼ぶ。ポリゴンを細胞のように用いることで、現実世界における連続的な立体構造をコンピュータ内において離散的な立体構造として再現することができる。近年では、コンピュータの性能向上により、CG を表現するポリゴンの数の細密化や描画のリアルタイム化などが進んだ。例として、1996 年に任天堂から発売された家庭用ゲーム機「NINTENDO64」が発売された。このハードウェアは 2D ゲームから完全 3D ゲームへの移行を謳い話題を呼んだが、ポリゴン表示能力は最大 10 万ポリゴン毎秒であった。約 20 年後、マーベル・エンターテインメントより 2014 年に映画「アメイズング・スパイダーマン 2」が発売された。劇中に登場する「ライノ」というサイ型パワー

ドスーツには、3兆 5414 億 3500 万ものポリゴンが使用された。

### 3 新たな CG 技術

CG 技術の発展には 2 種類の方向がある。一方は前節で取り上げたような、コンピュータの性能向上による数字の面における CG 技術の発展である。もう一方は、新たなアイデアを元にした手法の面における CG 技術の発展であり、「イメージベースドライティング」と「コンピュータシミュレーションフォトグラフィ」がこれに当たる。

#### 3.1 イメージベースドライティング

イメージベースドライティング (「Image Based Lighting」以下 IBL) とは、あるオブジェクトを背景画像と合成する際、背景画像を光源として物体に対して自動でライティングする技術である。IBL に用いる背景画像には、HDR (High Dynamic Rengi) 画像を使用する。通常、コンピュータ上のイメージは RGB それぞれ 256 階調の画像で表現されるが、光の強弱を表すためには分解能が足りないため、IBL ではより大きな階調を持つ HDR 画像が必要となる。HDR 画像の元となる写真は、後に球体状に編集するために予め魚眼レンズやミラーボールに映り込んだ像を用いて撮影する。そしてその写真を元に画像編集ソフトを用いて HDR 画像へ変換し、3DCG ソフトにより球体の形状に画像を貼り付けることで、IBL に使用できる背景画像を作成する。そして、球体の内側にオブジェクトを配置し、背景画像の色を輝度に変換し、オブジェクトを照らす。

背景画像は光源としてだけでなくシーン内に見える背景としても機能するため、光源とオブジェクト、背景の 3 つのバランスを取らなければならないところを物体と背景の 2 つのバランスを取るだけで済む。また、シーン内に金属などの光沢反射物が存在した場合、その金属面の映り込みを光源と背景が別々になっている場合よりも容易に表現することができる。さらに、背景として画像だけでなく 3DCG で作成した動画を使用することも可能であり、リアルな合成映像を自動で作ることができる。

IBL は色付きの下敷き越しに光を当てることで、対象の近傍に下敷きがあることを表現することに近い技術である。オブジェクトの 360 度全方向から環境画像越しに光を照射し、色を付加することで、オブジェクトの周りにその環境が存在していることを表現しているのである。ただし、下敷き越しに投射された光は解像度の低いぼやけた光となる。現実の物体に映り込む主な像は、下敷きなどを介さず直接届いた光である。投射された光を直接届いた光と同等の解像度に近づけ、より現実的な映り込

みを再現することが、精細な HDR 画像を必要とする動機である。

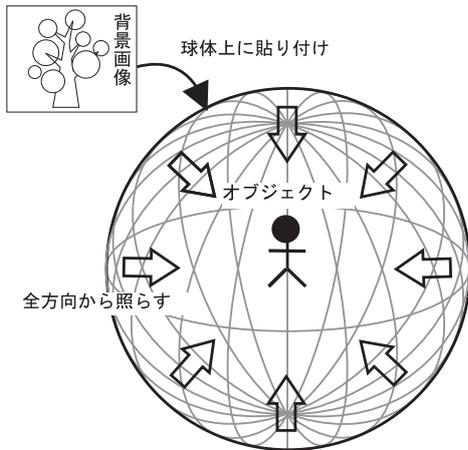


Fig.1 IBL の手順

### 3.2 コンピューショナルフォトグラフィ

「Computational Photography (以下 CP)」とは、撮影時に編集に必要な情報を予め保存しておく技術である。従来のカメラと比較して、光を利用して撮影対象の情報をレンズで集光しセンサーから 2 次元データとして取り込む過程が変更される。撮像過程においてより多くの情報を記録することにより、様々な方法でデータから画像への復元を行うことができる。コンピュータによる処理を前提に撮影を行う点が「computational (コンピュータ的な)」と呼ばれる所以である。

2011 年 10 月にレン・ンにより、ライトフィールドカメラ「Lytro」の発売が発表された。このカメラはメインのレンズ、センサーに加えてマイクロレンズを備えており、従来の光の情報をより多く集めることが可能である。ここで収集する光の情報を、「ライトフィールド」といい、CP の基礎技術となる概念である。

ライトフィールドとは、空間を飛び交う光線の「場」であり、1 本 1 本の光線は撮影対象から反射された光の輝度を保持している。ライトフィールドカメラでは、この光線それぞれについて平行な 2 平面を設定し、各平面と光線との交点、すなわち 4 つのパラメータを測定する。2 平面のそれぞれの座標を通ったか、4 次元データによってある 1 つの光線を特定でき、光線それぞれについて画像を復号しステレオ画像を得ることで、撮像後に様々な処理を施すことができる。なお、ライトフィールドカメラでは平行な 2 平面として、マイクロレンズとセンサを用いる。メインレンズの内側にはマイクロレンズとセンサが規則的に配置されており、Lytro では  $1.4 \mu\text{m}$  サイズの画素センサが  $3280 \times 3280$  画素、マイクロレンズの直径は 10 画素分の大きさである。各画素ごとに 1 本の光源を記録するため、全体で 1076 万本の光線を記録し

ている。マイクロレンズごとに光線のデータから小画像を復元し、それらを加算平均することで写真を作成するため、その加算の仕方によっては焦点を当てる場所のうちに変更することなどができる。以上がライトフィールド情報を元に画像を生成する方法である。結局のところ、多数のカメラで同時撮影を行い、撮影途中でカメラ同士の視差からそれぞれ距離測定しておき、最終的に画像合成を行うことと同等の作業を一つのカメラ内で実現しているのである。

多数のステレオ画像を用いることで、焦点変更に限らず様々な画像を生成することができる。例としては、両眼立体視するための左眼画像・右眼画像の生成や、奥行き推定による 3DCG のモデリングが挙げられる。いずれも従来のカメラで撮影した画像では不可能な CG 技術である。

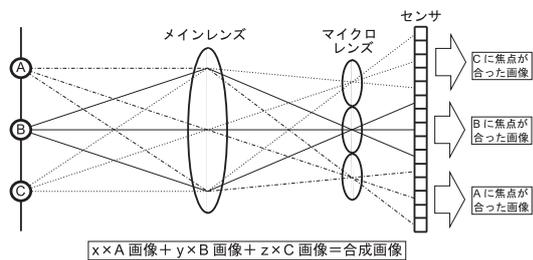


Fig.2 ライトフィールドカメラの原理

## 4 今後の展望

CP で撮影した画像は 3 次元情報を含むため、撮影した時点で IBL の環境画像として利用することができる。また、CP により映像を撮影できるようになれば、さらに IBL を使用することにより CG 技術の自由度は格段に上がる。これらの技術を用いることで、ハリウッド等の映画スタジオは、主演俳優と最低限のセットのみを用意さえすれば事足りることになる。撮影後コンピュータ上で視点や焦点、俳優の場所を変更し、エキストラや背景の合成を行い、完成映像をリアルタイム生成するような手順が映画撮影の主流になるのではないかと考えられる。

CG 技術の発展において、表現の精度の高さや速さとは別に、いかに画像や映像に視覚情報以外の様々な情報を付加していくかどうかが、今後の発展の鍵となるだろう。

## 参考文献

- 1) コンピュータ・グラフィックスの歴史 3DCG というイメージネーション, 大口孝之, 2009 年
- 2) Sony Pictures, <http://www.sonypictures.com/>
- 3) It's The NINTENDO, 武田亨, 2000 年
- 4) Image-Based Lighting - Institute for Creative Technologies, <http://ict.usc.edu/pubs/Image-Based%20Lighting.pdf>
- 5) 多機能化に向かう次世代カメラ, [http://toshiba.semicon-storage.com/design\\_support/elearning/keytechnology/\\_icsFiles/afieldfile/2010/11/05/edn1011\\_39\\_47feature02.pdf](http://toshiba.semicon-storage.com/design_support/elearning/keytechnology/_icsFiles/afieldfile/2010/11/05/edn1011_39_47feature02.pdf)