

第3世代CGI手法を用いたコンテンツ創出

高桑昌男

岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー (IAMAS)

齊藤宏治

シンセリアル株式会社

The Third Generation Computer Generated Image for the Contents Creation.

Masao Takakuwa

International Academy of Media Arts and Sciences(IAMAS)

tacwon@iamas.ac.jp

Koji Saito

Synthereal Co.,Ltd.

saito@synthereal.com

アブストラクト

本稿において、基本コンセプト “No Modeling”, “No Shading”, “No Rendering”を実現する「第3世代 CGI」の定義を行い、第3世代 CGI 手法を用いたコンテンツ制作の実例（新垣結衣 PV など）の紹介、および可能性を実証する。クオリティ向上（Global Illumination HDRI など）とコスト削減（人件費、光熱費など）という背反する要求を同時に達成する本手法は、IBMLR、GPU といった要素技術により達成される。

・Abstract

This paper presents the Third Generation Computer Generated Image. Our concepts are “No Modeling”, “No Shading”, “No Rendering”. This Method is based on Image Based Technology and Improved GPU Architecture. We present the new approach for the contents creation process that is vastly improved quality and cost.

・Key words

CGI(Computer Generated Image)、IBMLR(Image Based Modeling,Lighting,Rendering)、HDRI (High Dynamic Range Image)、GPU(Graphic Processor Unit)

1. はじめに

1980年代初頭、第1世代 CGI (Computer Generated Image) 制作において、「制作者は同時に研究者」であることが要求され、レイトレーシング、メタボールといったインハウス・ソフトウェア群、レンダリング専用並列コンピュータ (LINKS-1,2) 開発といった独自性を基盤に、日本のCG産業は、世界のリーダとして特異な評価を獲得していた。それから20年、SoftImage, Alias に代表される商用ソフトウェア普及、SGI社のグラフィックス・コンピュータ登場を機に、世界のCG産業は、第2世代へと猛進する。徹底した制作分業、1000台規模のレンダリング・ファーム導入。取分けハリウッド映像産業において、技術革新は、直接、コンテンツの品質向上へと転化された。一方、映画産業という巨大マーケットを持たない日本のCG産業は、技術革新がコスト削減手段として認識され、老舗のCG制作プロダクションのR&D部門閉鎖は余儀なく、日本における第2世代 CGI 制作の基盤は失われた。

一方、1996年、Paul Debevec が SIGGRAPH で発表した論文 Modeling and Rendering Architecture from Photographs [1] を転機に、IBMLR (Image Based Modeling, Lighting, Rendering) 分野における目覚ましい研究成果は、第2世代 CGI 制作における人海、物量を背景とする HMBMLR (Human/ Machine based Modeling, Lighting, Rendering) からの解放、第3世代 CGI 制作システムへのパラダイムシフトを示唆している。

本稿において、こうした第3世代 CGI 技術を基盤とする映像コンテンツ創出を提案し、実例を示すと共にその有用性を検証する。

2. 定義

最初に、本稿で検証する第3世代 CGI の概念を定義する。

第3世代 CGI :

IBMLR および、これらに関連するデバイス (GPU, 各種センサなど) 技術を基盤とし、研究開発、制作される CGI を総称し、第3世代 CGI と定義する。

表1に、第1世代 創世期のCGプロダクション、第2世代 (現在の) CGIプロダクション、本研究により実現される第3世代 CGIプロダクションを比較する。

第2世代で肥大化した雇用、レンダリング・ファームの規模は、制作規模、作品クオリティを犠牲にすることなく、第3世代において第1世代と同様な規模にまで縮小される。

第2世代で分業化された多くの単純作業 (3D デジタイズなど) は、一掃されるか、自動化される。ライティング、質感設計など、人手に頼る他なかったクリエイティブな作業領域においても、クオリティ評価の最終決定を人手に委ねることを除けば、自動化可能である。かつて日本のアニメーション産業が、ディズニーのフル・アニメーション制作システムに対峙して、リミテッド・アニメーションという独自の手法を進化、発展させ、世界を市場とする Cool な表現を獲得したのと同様に、第3世代 CGI は、第2世代で空洞化した日本のCG産業の状況を再生へと導く試金石となり得る。

第3世代 CGI は、IBMLR 技術を基盤とする新たな制作フロー構築により、従来の制作フロー (モデリング、シェーディング、レンダリング...) からの脱却を掲げ、飛躍的な高品質 (Global Illumination HDRI など)、低コスト (人件費、光熱費削減) 化のための制作環境実現をその目的とする。この制作フロー実現には、GPU、ManyCore などの技術革新、クラウド・コンピューティングなどの新たな地平が重要な役割を担っている。

3. 現在までの経緯

第3世代 CGI の理念に基づき、主な研究発表実績を表2に示す。以降の章 (4. Inverse Image Mosaicing、5. HDR Mvoie Project および 6. 新垣結衣 PV) で扱う事例以外の概要を、インバースライティング (図1)、あとからモーションブラー (図2) に示す (動画像は、<http://www.synthereal.com> 参照)。

表1 世代間のプロダクション比較

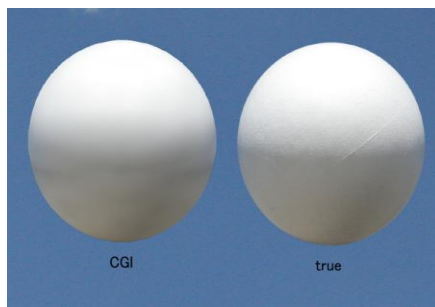
	第1世代	第2世代	第3世代
特徴	研究・開発の時代、技術集約産業	分業化の時代、大量雇用、巨大資源	省力化
ソフトウェア	インハウス	SoftImage, Maya, RenderMan+インハウス	Image Based Modeling, Lighting, Rendering
ハードウェア	インハウスまたは既存	既存	GPU
職種	研究開発者=制作者	Software Engineer, Data Management, Set Dresser, Animator, Archives Coordinator, Feature Film Department Manager, Software Engineer, Research, Layout Artist, Technical Director, Lighting, Generalist, Production Engineering (3D Computer Graphics), Manager...	デジタイジング、モデリング、シーン設計などのオペレータが存在せず、巨大レンダリングファームを持たぬ制作集団
雇用	10~30人	700~2000人	10~30人
レンダリング・ファーム	専用コンピュータ(LINKS-1, PIXAR)、スーパーコンピュータ(CRAY1)	1000~2000台規模のワークステーションまたはPC	20台程度のPC
制作規模	20分	2時間	2時間
マーケット	CM、短編(10分)	長編映画、CM	長編映画、CM
年間売上	最大でも5億円程度	50~100億円	20億円程度
主なプロダクション	トニーリンクス、PIXAR	PIXAR, ILM, PDI, BlueSky, デジタルドメイン、R&H	

Inverse Lighting による太陽光・天空光ライティング

屋外で撮影された画像と CG 画像の質感のマッチングをとることは、非常に骨の折れる作業であり、オペレータが経験と感に頼り作業を行っているのが現状である。Inverse Lighting 技術では、これらライティング設計が困難なシーンを、画像処理的アプローチにより解決を目指すものである。



撮影した画像をこの画像（1枚）を元に推測を行う



測定画像より得られた情報から生成したCGイメージ（左）および実写（右）との比較



測定画像より得られた情報を元に別オブジェクトにライティングした例

図1. インバースライティング

表2 第3世代研究発表実績

発表内容(形態)		発表または展示	参照
群集シミュレーションのアートアニメーションへの適用 ー好ハオー http://www.youtube.com/watch?v=jG3yMwZvLes			資料1
2005/3/18	SIGGRAPH東京セミナー CG-GONG	増田一太郎	
2005/6/26	第7回日本アニメーション学会大会 IN多摩美 論文発表 SIGGRAPH東京セミナー CG-GONG	増田一太郎 + 高桑昌男	
2006/3/3	第3世代CGI研究 コンセプト説明	高桑昌男	
	HDR Movie	小椋 玲央奈	資料2
	APGPU http://www.youtube.com/watch?v=yQ88FGMfsNg	岡野 良久	資料3
	がぞうしよりいろいろ http://www.synthereal.com/jp/makeSlowMotion.html http://www.synthereal.com/jp/makeMotionBlur.html http://www.synthereal.com/jp/miniaturize.html	齋藤宏治	
SOURCE OF LIFE はじまりの水 - IAMAS in Yokohama展 http://www.iamas.ac.jp/yokohama/index.html			
2006/3.1 8~21	好ハオ インスタレーション作品展示	増田一太郎	
	Real Time Rendering	岡野 良久	
いまからだー IAMAS in Tokyo 会場: スパイラルガーデン(スパイラル1F) http://www.iamas.ac.jp/tokyo/			
2007/8・ 24~26	好ハオ	増田一太郎	
	Real Time Rendering	岡野 良久	
	HDR Movie Project http://www.youtube.com/watch?v=zzgvxtzkFMo	小椋玲央奈、井村潤、高桑昌男	
SIGGRAPH東京セミナー CG-GONG			
2008/3/7	HDR Movie Project	高桑昌男	
	Inverse Image Mosaicing	齋藤宏治	
新垣結衣プロモーションビデオ http://www.mg.jp/artist/gakky/			
2007/	スタジオジブリ(百瀬ヨシユキ監督)と共同でPV制作 http://www.ghibli.jp/top.html	増田一太郎、齋藤宏治、高桑昌男	
2009/2-25	WPCL-10663 piece (初回限定盤B) マキシシングル発売	WPCL-10663	
2009/4/30	CGWORLD 06 P74-75 Making記事掲載		資料4
2009/6/17	WPZL-30120/21 HUGアルバム発売 PV付属	WPZL-30120/21	



before: 撮影画像



after: モーションブラー効果の付加

モーションブラー

3D画像にモーションブラーを付加する場合、付加しない場合に比較し10倍以上のレンダリング時間が必要である。一方、画像編集時にモーションブラーを付加するには様々な制約がある上、効果を人手で調整する必要がある。Optical Flowを用いた動画画像の解析から、自動的にモーションブラーを付加することができる。

図2. あとからモーションブラー

4. Inverse Image Mosaicing

IIM(Inverse Image Mosaicing) は、従来イメージモザイク時に捨てられていた情報を活用する新しい画像処理技法である。動画をイメージモザイクにより1枚の静止画に変換し、各種の画像処理は生成されたイメージモザイク(静止画像)上で行う。動画像での処理が静止画での処理に帰着するため、画像処理にかかる人的コストを数十から数百分の一にすることが期待できる。

4.1 IIM 応用例 1 クリーンプレート動画生成

演出上不要な物体の除去や VFX の妨げとなる物体を除去した(動)画像はクリーンプレートと呼ばれ、実写合成時には重要な素材となる。一方、映像製作の現場においては、人手によるレタッチ作業が不可欠であり、動画像のクリーンプレート作成には静止画像のそれよりも数十～数百倍のコストが生じる(各フレームに対してのレタッチ作業)。

IIM により、レタッチ作業がイメージモザイク上のクリーンプレート作成に帰着し、静止画のクリーンプレート作業と同程度のコストを達成できる(図3.、4.)。

4.2 IIM 応用例 2 マスク動画生成

実写映像の背後を CG 画像が通過するケースでは、前景に対するマスク画像の作成作業が生じる。動画像の場合、全フレームに対するマスク画像が必要となる。一般にマスク動画制作の負荷を軽減するため、トラッキング手法などが用いられるが、得られたマスク動画が完全であるという保証はない。そのため制作者が目視でマスク品質をチェックし、必要なら該当フレームのマスク画像にレタッチを施している。

IIM では、イメージモザイク上で合成処理を行い、マスク対象となる実写画像は動かない(カメラ固定の場合と同様)。その結果、必要なマスク画像は1つだけとなり、尚且つ、イメージモザイク上で合成された画像を元に IIM により動画が作成されるためマスク処理が破綻しない(図5.、6.)。



図 3. 処理前の画像



図 4. 処理後の画像

この例では大部分のクリーンプレート化もイメージモザイク生成時に行った。画像処理で除去できなかった微小な領域に関して、イメージモザイク上にてレタッチを行っている。



図 5. クレーンの背後を通過する CG 画像



図 6. イメージモザイク上での合成

5. HDR MOVIE PROJECT



図 7. HDR Movie ワンショット

HDR MOVIE PROJECT は、第3世代 CGI の最終目標である“**No Modeling**”, “**No Shading**”, “**No Rendering**”の全てを達成すべくを目標に掲げた野心的なプロダクトである。そのため太極拳の人物以外すべては **IBMLR** を基盤とする手法で制作されている、「背景も含め、実写を一切含まないフル3DCG作品 (図 7.)」である。

映画『**MATRIX**』、『**スパイダーマン**』などデジタル・ダブルの俳優を再現する **Paul Debevec** が提案したライトステージ技術[3]、『**BATMAN BEGINS**』の都市景観に適用されたダブルネガティブ社が開発した **HDR パノラマ技術**、こうした **IBL (Image Based Lighting)** に基づく **HDRI (High Dynamic Range Image)** 表現は **VFX** として定着し、重要な地位を占めるに至っている。一方、これらの手法が扱う **HDRI** には幾何情報が含まれない。そのため **ambient occlusion** などの手法により擬似的に **Global Illumination** を実現する他はなく、被写体の移動やカメラの移動により変化する光源情報を反映することができない欠点を持つ。我々が提案する **HDR MOVIE** においては、**IBM (Image Based Modeling)** 手法を応用することで、複数の静止画像から仮想的3次元空間を再構築することで正確な幾何情報を再現している。以下に **HDR MOVIE** 制作手順のあらましを示す。

- ① 複数アングルから **HDRI** 撮影 (数百枚)
- ② **IBM** により **3D** 仮想空間構築
- ③ カメラ移動に伴い変化する仮想空間を仮想ミラ

ーボールにレンダリング(図 8.)

- ④ 仮想ミラーボールの位置にオブジェクトを置きレンダリング (**IBL+Global Illumination**)

③は、従来の **HDRI** プロセスでは撮影現場におけるミラーボール撮影に該当する。違いは静止画ではなく動画像という点にある。一見すると数百枚の撮影を強要する制作フローは、非現実的な作業のように思われるが、日本の撮影現場の実情を知れば、ミラーボール、グレーボール撮影の方が遥かに非現実的であることは理解できる。一方、現場では撮影記録としてスチル撮影は必ず行われ、**RGB12** ビット程度の **HDR** 深度が許容できるのであれば撮影記録の画像から **3D** 仮想空間を構築することも可能である。**HDR MOVIE** が提案する制作フローは、ロバートゼメキス監督が『**ポーラエクスプレス**』で用いたパフォーマンス・キャプチャによる制作フロー (シナリオ→撮影→イメージボード→シーン設計・・・) との親和性が高く、将来の映像制作における一つの理想を示唆するものである。

④レンダリング・プロセスでは、大域拡散反射計算に **IBL (HDR MOVIE 環境マッピング)** を、大域鏡面反射の一部にレイトレーシングなどの手法を用いることで、計算コストを大幅に削減している。更に **IBL** 部分については、**Precomputed Radiance Transfer** 手法を用いて **GPU** リアルタイムレンダリングへの置換え可能である。



図 8. 仮想ミラーボール

6. 新垣結衣 PV



図 9. 新垣結衣 PV ワンショット
©2009 スタジオジブリ

好ハオ[6] (資料1) で開発したシステムを基に、スタジオジブリ (百瀬ヨシユキ監督) と共同で新垣結衣プロモーションビデオ (図 9.) の制作を行った。第3世代 CGI 初期プロダクトである好ハオには、HDR MOVIE PROJECT のような “No Modeling”, “No Shading”, “No Rendering” という明確なコンセプトはなく、N 体シミュレーション結果を GPU レンダリングするというレンダリングコスト削減という要素だけが達成されている。翻って制作から3年を経過した後の商業作品へのアプローチでは、その間の技術革新を積極的に取込むことで、新たなアニメーション制作フローを提案している。スタジオジブリにて採用した好ハオ制作フローを図 10. に示す。

この制作フローで特徴的なことは、N 体シミュレーション結果の特徴である「有機的アニメーションの魅力」を損なはぬようパラメータを変化させ生成した複数のシミュレーションから、絵コンテで記述されたシーンに合致するシミュレーションを選択的に採用し、コンポジットするという点にある。これは、前述のパフォーマンス・キャプチャによる次世代の演出手法にも合致する。

本プロモーションビデオでは、劇場上映などを想定し 2K 解像度での制作が要求され、好ハオシミュレーションではエリアシング除去のため 4K 解像度での最終 GPU レンダリングを行っている。そのために GPU 分割レンダリング・ソフトウェアを新たに開発している。更に、既存のスタジオジブリ制作

環境 (SoftImage, AfterEffect など) に適応するための開発も行っている。にも拘わらず、デザイン、開発担当者それぞれ 1 名、2 カ月の作業期間で好ハオパートの全行程を完了し得た。4K という高解像度と 2 カ月という短い制作期間を克服できた理由を第3世代 CGI 思想に根差した制作フローの構築に求めることは容易である。

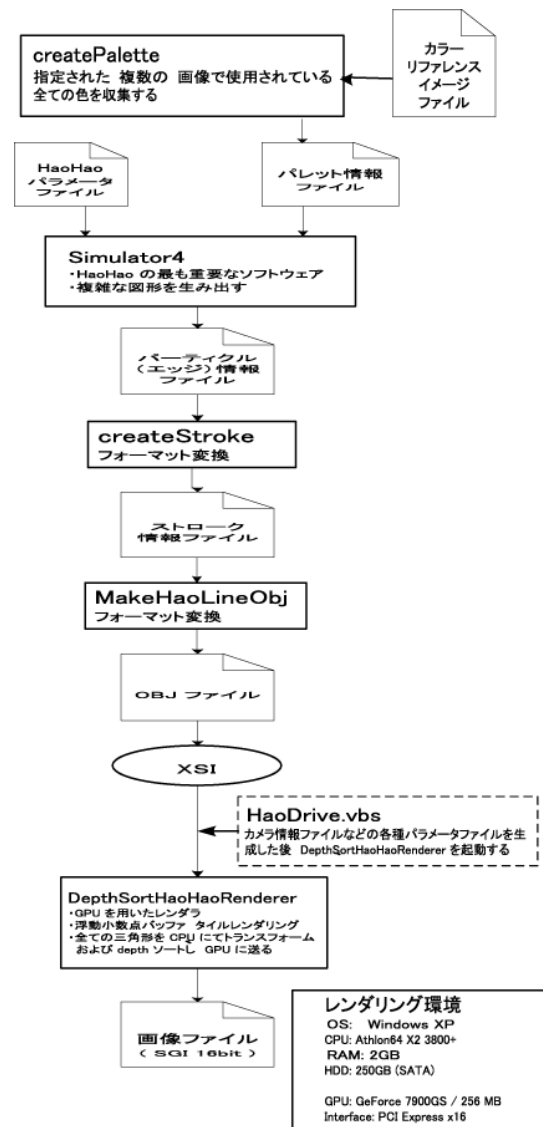


図 10. 好ハオ制作フロー

7. まとめ

本稿において、5年間に渡る第3世代 CGI の取組を紹介し、実制作を通じてその有用性を検証した。第2世代制作システムは、分業化、専門化による大量雇用と数 1000 台規模のレンダーリング・ファームを採用することで長編作品の制作を実現している。こうした制作システムは、IBMLR 登場以前、最終レンダーリングに GPU を利用するという想像すらできない時代の産物に過ぎない。既に PIXAR[4]や ILM[5]では、最終レンダーリング結果の確認に GPU シェーダによるレンダーリング・プロセスを制作フローの一部に組み込んでいる。しかし一方、相変わらず石膏をデジタル化し取込むという作業も顕在している。肥大化した雇用を守るための第2世代システムを放棄し、第3世代システムに乗換える行動が容易でないことは想像できる。一方、幸運にも第2世代が空洞化している日本の映像産業においては、一挙に第3世代に飛躍する好機を迎えていることを本稿の結びとしたい。

参考文献

- [1] Paul E. Debevec Camillo J. Taylor Jitendra Malik, Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A hybrid geometry- and image-based approach SIGGRAPH 96
- [2] Paul E. Debevec and Jitendra Malik. Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs. SIGGRAPH 97
- Acquiring the Reflectance Field of a Human Face*
- [3] Paul Debevec, Tim Hawkins, Chris Tchou, Haarm-Pieter Duiker, Westley Sarokin, and Mark Sagar , Acquiring the Reflectance Field of a Human Face, SIGGRAPH 2000
- [4] Fabio Pellacini, Kiril Vidimce, Aaron Lefohn, Alex Mohr, Mark Leone, John Warrelpics: a Hybrid Hardware-Accelerated Relighting Engine for Computer Cinematography, SIGGRAPH 2005
- [5] Jonathan Ragan-Kelley Charlie Kilpatrick Brian W. Smith Doug Epps Paul Green Christophe Hery Frédo Durand, the lightspeed automatic interactive lighting preview system SIGGRAPH 2007
- [6] 増田一太郎、高桑昌男、好ハオ 群集シミュレーションのアート・アニメーションへの適用第 2005 7 回 日本アニメーション学会

高桑昌男



1980 年 日本大学生産工学部数理工学科卒. 1983 (株) トーヨーリンクス入社. LINKS-2 開発. つくば博覧会「ザ・ユニバース」CGディレクターほか. 1988 フリーランス花博覧会「ユニバース2ー太陽の響きー」アドバイザーほか. 1996 IAMAS (岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー) 教授. 論文 拡散レイトレーシング他. 著書 CG レイトレ物語. ACM SIGGRAPH 会員 アニメーション学会会員

齊藤宏治



1994 年 豊橋技術科学大学大学院工学研究科修了. 1998 年 IAMAS (岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー) 卒. Microsoft Product Development Limited, Digital Domain社インターンなどを経て 2005 年 シンセリアル社設立