

# 照明効果のパイオニアとしてのフォトリアリスティック レンダリングへの挑戦

西田 友是<sup>†1</sup>

**概要**：コンピュータグラフィックスの研究が始まり50年が経過した。著者はこの分野の萌芽期の1970年から研究を開始し、隠面消去や陰影処理などの基礎的な研究からはじめ、照明効果から自然物の表現、NPRなど広範囲の研究に携わった。

本年度のSIGGRAPH ASIAでのPioneers Panel (CV, VR, CG各分野のパイオニア)のパネリストの1人が、西田のCG画像は「照明効果のみでもリアリティを表現してるので感激した」と数年前言ってくださったのがヒントなり、物体の複雑さのみでなく半影や相互反射など照明モデルのリアリティへの挑戦を講術する。特に、筆者がパイオニアである光源の種類による半影、相互反射計算、粒子による散乱による光跡(ボリュームライト)、天空光のような環境光源などCGの技術要素を紹介する。

**キーワード**：パイオニア, Shading model, ソフトシャドウ (半影), ラジオシティ法, ボリュームライト, 環境光源

## Challenge to Photorealistic Rendering as a Pioneer of Illumination Models

TOMOYUKI NISHITA<sup>†1</sup>

### 1. はじめに

CGの黎明期1970年代は、まだディスプレイやモニタが普及していない時代でした。当時、著者はラインプリンターアスキーアートのように文字を重ね書きして濃淡を出力する印字装置一を使って、陰線消去や隠面消去の研究をしていました(図2参照)。1980年代に開発した著者らのラジオシティ等の手法を皮切りに、CG分野では写実的な表現手法が確立していき、今では映画やアニメなど、広くCGが浸透してきたのは感慨深い。

最先端のCGは、実写と見分けがつかなくなったり、あるいはCGと気づかないことすら多いのではないのでしょうか。それは、CGは今や映像制作のツールを超えて、現実の物理現象を予測する手段としての役割を確立してきてる。CGは自然科学から産業界まで、幅広く役立つ学問・技術・ツールとなってきた。自然科学と産業界の接点に位置するCGの新時代のための挑戦として、著者の過去の挑戦的研究を紹介したいと思います。

著者の研究分野は、照明効果、形状処理とレンダリング、自然物の表現、インタラクティブ・レンダリング、非写実的表現(NPR)、およびComputational photographyと広範囲に及びます。具体的には；

- ①リアルな画像の生成；リアルさは照明効果を忠実に計算。そのため、種々の光源に対するShading Modelの開発
- ②自然景観の表示；CG画像と写真との合成法、水、空、

雲等の表示を粒子の散乱特性を考慮したリアルな画像の生成法

③形状処理とその応用；多角形に近似しない高精度の曲面(パラメトリック曲面、メタボール曲面)表示法の開発、および自由形状変形法

④2D形状変形；モーフィング、ワーピング、形状補間

⑤NPR；ノンフォトリアリスティックレンダリング(墨絵、ペン&インク風)

⑥WebCG；CG教育への応用、グラフィックスAPI(Java)

⑦Computational Photography；焦点ボケ(奥行検出)、ブレの解除、画像合成

CG分野でトップコンファレンスと言えば、ACM SIGGRAPH(1974年創設)とEUROGRAPHICS(1980年創設)である。最近ではSIGGRAPH論文は学会誌TOG(Transaction on Graphics)に掲載される。このTOGの論文も含めてSIGGRAPH論文としてカウントするようになった。したがって、著者らは、TOGも含めるとSIGGRAPHが20論文(1985-2015) [1-20]、EUROGRAPHICSも20論文(1984-2015)採択されている。それらの中でも、本稿では、筆者が最も早くから研究している照明効果に焦点を当てて紹介する。

すなわち、物体の複雑さのみでなく半影や相互反射など照明モデルのリアリティへの挑戦の経緯を紹介する。特に、筆者がパイオニアである光源の種類による半影、相互反射計算(ラジオシティ)、粒子による散乱による光跡(ボリュームライト)、天空光のような環境光源などCGの技術要素を紹介する。日本人は、CGを始め多くの発明は欧米が中心であり日本発の技術は少ないという偏見で、解説書などであまり取り上げてもらえないので、敢えて日本発のC

<sup>†1</sup> 広島修道大学 / UEI リサーチ  
Hiroshima Shudo University / UEI Research  
nishita@shudo-u.ac.jp

Gへの貢献を述べる。

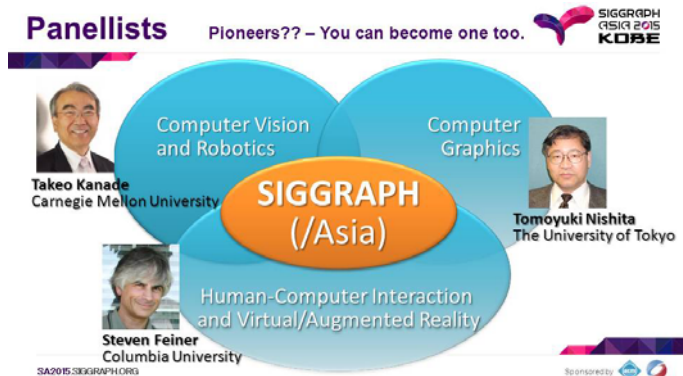


図 1 SIGGRAPH ASIA でのパイオニアのセッション

## 2. CG 研究における Shading Model

本年度の SIGGRAPH ASIA での Pioneers Panel (CV, VR, CG 各分野のパイオニア ; 図 1 参照) のパネリストの 1 人である Steven Feiner 教授(コロンビア大学)が、彼の大学で私が講演した際、西田の CG 画像は「照明効果のみでもリアリティを表現してるいので感激した」と言ってくださったように、CG において陰影表現は重要な要素である。

CG は 1963 年のサザーランドのスケッチパッドの研究が始まりとされており、本年で 50 年余になる。著者は学部時代に CG 研究に挑戦し始め(1970)、隠線消去問題の論文を発表し、修士時代から本講演の主題の陰影表示問題(あるいは照明効果)に取り組んだ。本稿ではこの 40 年間の陰影処理あるいは照明効果に関する著者の CG 研究の歴史を紹介する。

CG 分野では、SIGGRAPH が最も権威があり、大きな影響を与えている。表 1 に、筆者と SIGGRAPH を含む CG の歴史年表を示す。

表 1 CG の歴史および西田の研究史

1963	サザーランドの研究 ; CG の開始
1970	学部時代 西田研究開始
1972	最初の論文 : 隠線消去
1974	SIGGRAPH 開始
1979	研究再開
1981	非一様点光源 SIGGRAPH 裏表紙
1982	線光源 SIGGRAPH アートショウ入選
1983	SIGGRAPH エレクトリックシアター入選
1985	Radiosity 法を SIGGRAPH で発表
1993	地球大気 の発表
1994	水中の光学的効果発表
2003	サウンドレンダリング発表
2005	ACM SIGGRAPH から S.A.Coons 賞を受賞
2006	画像電子学会 西田賞創設
2012	反射分布関数など 2 件 SIGGRAPH 発表
2013	UEI リサーチ設立
2014	屈折を利用した隠し画像の表現 SIGGRAPH 発表

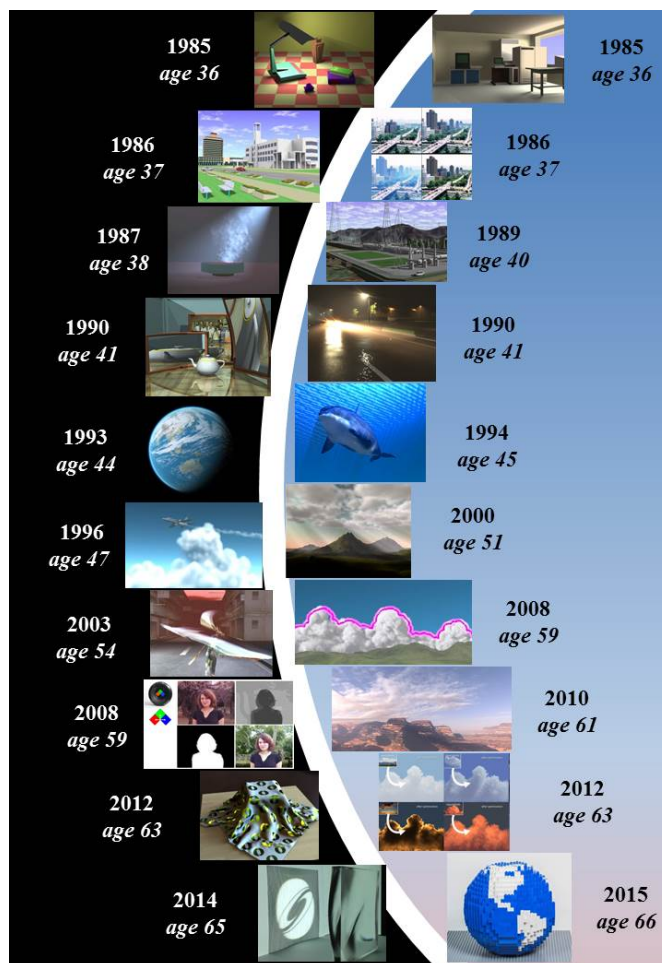


図 2 著者の SIGGRAPH 論文の代表的な画像(上から時系列)

図 2 は、筆者の 1985 年から本年までの SIGGRAPH 論文の代表画像を示す。なお、発表時の年齢も併記している。

本講演では、筆者が SIGGRAPH において初期段階(1985-1996)で発表した CG の技術要素を、共同研究者や弟子によりインタラクティブでかつ高精度な表現法に進化したので、それらを取り上げて紹介する。

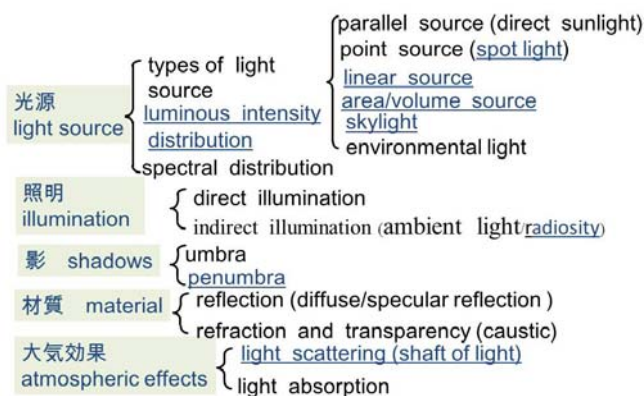


図 3 Shading Model の要素

リアルさは、データの複雑さ(曲面も)に比例すると言われているが、むしろ陰影の表現力の方が効果があると言える。すなわち、半影や間接照明(相互反射)が効果的である。他にも照明(あるいは光学的)効果の表現としては、集光効果(コースティック)、光跡、大気散乱(空や水の色、霞の効果)、グレア、反射特性・材質(BRDFの編集、多重散乱による半透明感)があげられる。図3は shading model の構成要素を示している。そのうちでアンダーラインを施している要素は、筆者がパイオニアの一人である。

### 3. Shading Model における先駆的研究

最初に取り組んだ研究が、影の研究であるが、図4に学生時代に発表した影の計算例を示す。当時はまだ濃淡を表現できるディスプレイ装置がない時代なので、ラインプリンターの重ね印字やXYプロッターで表現した(1973)。CGで扱う光源の種類は、1980年初頭までは、平行光線と点光源のみであった。従来、点光源についても実際は配光特性をもっているにも限らず等方性の光源で扱われてきた。筆者はスポットライトのように照射方向が限定される(あるいは分布関数をもつ)光源を扱えるようにした。図5の左図は配光特性も持つ光源の例で、1981年のSIGGRAPHの論文集の裏表紙に掲載されたものである。論文としては1985のTOGに掲載されたが[2]、世界に先駆けて1981年以前にこうした点光源の計算法を開発していた。

現実世界では光源は大きさを持つ光源がほとんどであることから、著者は大きさを持つ光源を扱えるようにした。これらの光源は半影を生じる。光源は2つに分類ができる。一つは局所光源と環境光源(あるいは遠方光源)である。

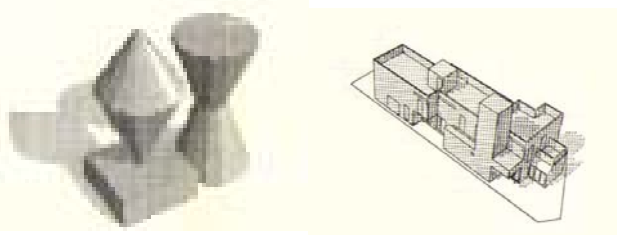


図4 影の表示(濃淡を表示できるディスプレイのない時代、左;ラインプリンターの重ね印字、右;xyプロッタで濃淡表現)



図5 配光特性を持つ点光源、線光源による半影の表示

### 3.1 種々の光源と影の効果

現実の世界には、点光源以外の光源が一般的であり、光源が大きさをもたないものはない。したがって、光源に大きさがある限り必ず影は柔らかい影、すなわち半影(ソフトシャドウ)を有す。従来のCGではこうした光源には注目されてなかったが、筆者は影に注目し、線光源をはじめ各種の光源による照明モデルを発表した。すなわち、線光源(1985)、面光源(1983)、多面体光源(1983)、曲面光源(1991)、天空光(半径の大きな半球光源)(1986)に関する照明モデルを発表した。( )内は国際論文の発表年度である。線光源は本学会の全国大会で1981年に発表しており(付図1参照)、かつSIGGRAPH 1982のアートショーに採択されており、世界に先駆けた研究といえる。半影の表現としてR.Cookの分散レイトレーシング(1984)が著名であるが、この論文で西田のアートショーの作品(1982)で刺激されたと書いてある。図5右図に線光源の例(世界初の半影表示)を示す。また、図6にJim Foley, 前述のSteven Feinerらの有名な著書「Computer Graphics -Principles and Practice-2nd ed.」(1995)に掲載された著書の作品(半影の計算)を示す。

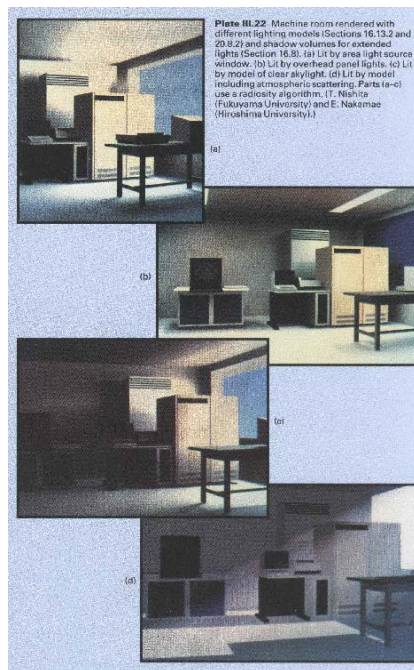


図6 半影を伴う画像の掲載例

天空光は大きな半球と光源である。この場合も半影を伴う。さらに太陽の位置に依存し輝度分布をもつ。筆者は半球を帯状に分割することで、影および輝度分布を考慮した計算法を解決した。これはのちに「環境光源」といわれるものと同じような光源であり、環境光源の基本アイデアは著者らによると言える。また、スローンは事前光伝達法(PRT)という方法を提案し、環境光源による輝度計算の高速化を発表した。彼の論文で、土橋(著者も共著者)の論文を参考にしていると書いてある。土橋らの方法は予めいくつかの照度分布を計算しておき、それらを基底関数

に分解して記憶しておき、その係数を変えるのみで結果画像を高速に得る方法である。この方法はEUROGRAPHICS 1995で発表し論文賞も頂いた論文[22]であり、PRTのパイオニアも著者らともいえる。関連情報は[23]を参照されたい。

### 3.2. 相互反射光

室内の表示を考えると、必ず壁などからの反射で部屋は照らされる。すなわち、光の相互反射による間接光は無視できない。筆者は世界に先駆けて1984年春に照明学会において相互反射を考慮した表示法を発表した(付図2参照)。その後1985年のSIGGRAPHでコーネル大学と同じセッションでの発表[1]となった。彼らは熱放射の分野を基本的に研究しており、この方法をラジオシティ法と称し、この名前が一般化した。

ラジオシティ法は大局照明の基本となったものであり、その効果は下記のようなものである。

- 1) 影が半影(ぼやけた影)を伴う。
- 2) 直射光が届かない部分も、相互反射による間接光により照射される。
- 3) 反射面の色が隣接する面に影響する(カラーブリーディングと呼ばれる)

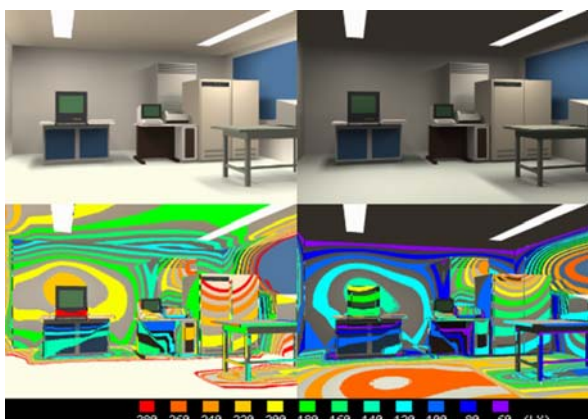


図7 ラジオシティ法の例(右は直射光のみ、左は相互反射光有、下部は照度の数値データを示すカラーベルト)

基本的に図7のように拡散反射のみを対象としたが、発展させて曲面を含む室内でかつ鏡面反射も扱える方法も発表した。さらに、PRTを発展させた考えで、ほぼリアルタイムで相互反射を計算する方法も発表した。なお、曲面の処理には筆者が曲面を精度よく表示するレイトレーシング法[8](Bezier Clipping法と呼ぶ)を活用した。関連情報は[24]を参照されたい。

### 3.3. 散乱光の効果(関与媒質)

大気や水蒸気などの粒子を考慮した光学的効果(特に散乱・吸収)も無視できない。屋外(自然界)では当初は霞の効果には注目されていた。室内では窓から入る光が粉

塵などを照射し、光跡が見られる。またスポットライトや灯台の光でも光跡が見られる。こうした効果は日常的にみられるものであり、こうした効果の表現が望まれていた。筆者は1985年にGCAD研究会で発表し(この発表で情報処理学会山下記念賞のこの分野の第一号とし受賞)、SIGGRAPH 1985のエレクトリックシアターでの映像の一部として、図8左のようにライトの照射光(近年ではボリュームライトと称す)を表現した。これを始めに、煙の表示、窓からの光跡の表現法を発表した。図8右図は、SIGGRAPH1987で発表したもので、光跡のみでなく煙による影も計算している。これは学会誌の裏表示にも掲載された。図9はSIGGRAPH 1996のエレクトリックシアターに採択された動画である。

さらに、自然現象に関し、子供用のハンドブックで空はなぜ青いかの解説を読み、それで粒径と散乱光の波長の依存性を知り、地球大気の色[9]、水の色や水中での光跡[10]などの表現法を開発した。なお、散乱を最初に取り入れたのはJ. Blinnで、土星の輪の表示に用いた。ただこの論文では氷のような粒径の大きな粒子を対象としていた。大気中の分子や水の分子のような粒径の小さなものの散乱光を扱ったのは著者らが最初である。

太陽光あるいは人口光源がからの光は反射または複数回の反射を経て視点に入射される。特に粒子状の関与媒質がある場合は、散乱・吸収が重要である。視線に届く光は本来視線上の光を積分する必要があるが、2014年には効率いいサンプリングを用いる方法を提案した[16]。

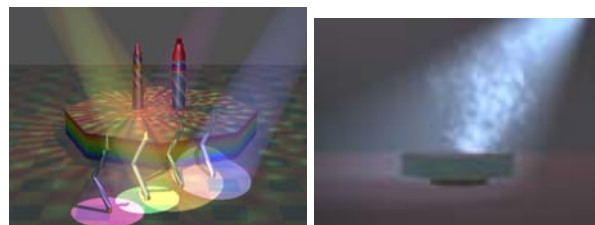


図8 光跡(ボリュームライト)の表示(左;SIGGRAPH1985のエレクトリックシアターに採択;右;SIGGRAPH 1987の裏表紙に掲載[5])



図9 光跡の表現

散乱光は空の色を決める。その空の色の分布が天空光の分布を決める。この天空光の輝度分布は太陽の位置により変化する。この天空光は環境光原とみなされ、環境光

源で照射された室内の明るさを効率よく計算する方法も開発した。関連情報は[25]を参照されたい。

### 3.4. 各種の光学的効果

光の反射、散乱に加えて、光の干渉、グレア効果、薄膜による光の干渉、レンズの効果などと種々な光学手効果も扱う必要がある。こうした種々の効果の計算法も開発した。

イメージベースレンダリングもCG分野で最近注目されている。AR (Augmented Reality ; 拡張現実感) も有効的な方法である。筆者らは写真画像とCG画像の合成法をSIGGRAPH 1986 で発表した[6]。この方法は写真画像の霞の効果や影を考慮したCG画像を生成するものである。単なる画像のモンタージュというのではなく、その写真の撮られた光源や大気環境を反映して、影や霞の効果も考慮した合成法である。まさに最近のAR技術を先取りしたものである。

## 4. 日本からの論文に期待するもの

CGのパイオニアという立場で本講演をしましたので、日本のSIGGRAPHでの活躍を考えてみたい。

あるサイト[21]によるとSIGGRAPHの論文著者は3500人以上になります。そのうち日本人著者(第一著者のみ)は僅か40人である。1985から1995では日本は毎年2,3件の発表があり、多いときは5件も発表があった。その後は4年おきに発表件数0があるなど冬の時代となっている。最近では若い研究者のみの発表になり、しかも在外日本人の発表が半数を占めるようになった。難易度が高くなると経験者の指導が不可欠であるが、日本の研究機関の指導者に関し、SIGGRAPH論文の発表経験者が限られている点が問題である(極論すると経験ある東大の研究室以外からの採択は難しい)。1980年代はNTT, IBM, 日立など企業からの発表があったが、最近では民間の研究機関にCGを研究できる環境がなくなったのも要因である。

長年の研究者として得た教訓などを参考に書かせて頂きたいと思えます。

**研究のヒント**に関し、i) 分野外から導入するのみでも発見である。ii) 微分より積分スタイルの研究が有効。iii) 創造的な研究は40歳までにすませておく。iv) 文献の読過ぎは、想像力(情熱)を減速させる(初期段階は最小限)。v) 成功体験は弊害(他人を含め失敗を観察することが成功へ)。vi) 研究方向を変えない方が、(継続すれば)大成する。

**研究体制**に関しては、i) トップダウンの研究体制(メディア分野などでは、萌芽期においては天才的な研究者の先導で研究が進んだ)がかつては有効だった。真理の探究というより、社会生活を豊かにする研究分野であるので、個々

の体験の中にこそ必要な発見がある。したがって、近年はボトムアップの研究体制が有効な時代(近年では、色々な才能をもった異分野の人が協調することで多様性の時代に即した研究)といえる。ii) 外に出て研究者同士の「つながり」に重点を置いて取り組んでもらいたい。iii) サザーランドが「創造とは過去の知見を組み合わせること」と言ったように、組み合わせの効果を引き出す「つながり」が重要である。iv) プログラム開発が不可欠なCG分野では、若手研究者と論文採択経験者の協調(つながり)が重要である。

**トップコンファレンスへの論文採択要件**は、特にチームとして、SIGGRAPH論文採択のためのポイントは、i) 複数投稿しないと採択の可能性が低い(チームで3件以上の投稿が理想)。ii) 論文経験のあるメンバーとの共著が採択率に影響する、外部との連携も重要(共著者のシェア)。iii) 日本人の場合筆頭著者は38才より若くないと最近では採択されてない(この分野の研究者では、博士修了後から30歳ごろをピークに能力は徐々に減衰しているのでは)。iv) 周囲に議論してくれる研究者がいないと採択率は高くない。v) 国際会議委員になる(動向を知るのみでなく、国を代表し後継者を育成)。vi) 2重投稿を避け、文章のコピーを避ける(アジア人は特に疑われる)。vii) 美しい結果画像に努力する(絵画や音楽などの芸術の趣味が重要)。

## 5. おわりに

本講演では、著者の長年にわたるCG研究の中で、照明効果に関連するものに焦点をあてて紹介した。国内での発表や英文学会誌の発表年も含めると、1981(1985)に光源の種類による半影、1984(1985)に相互反射計算、1985(1987)に粒子による散乱による光跡(ポリウムライト)、1985(1986)に天空光のような環境光源など：()内は英文誌発表。これらは、筆者が世界に先駆けて1980年代に最初にSIGGRAPHなどで発表したものである。これらは共同研究者や研究室学生が改良を加えインタラクティブな速度でかつ高精度レンダリング法を実現し、より実用性の高いものに洗練された(それらの論文は省略)。なお、曲面を高精度で表示する方法もリアリティに重要であり、Bezier Clipping法を用いたレイトレーシング法をSIGGRAPH1990で発表した[8]、本稿では照明効果に限って紹介した。なお、著者の研究項目は付録Aを参照されたい。

CG研究の成果は次のようである。i) リアリティおよび使いやすさとしての支援ツールとして確立した。ii) 数理の力は自然物のシミュレーションに有効で、かつリアルタイム化にも貢献した。すなわち、物理則に基づく自然現象のアニメーションの精度を向上させた。特にダイナミクス(破壊、切断、流体・粉体の、爆発など)や光学特性(粒子による散乱・吸収による、空、大気、雲などの色)を考

慮したモデルが貢献した。

民間での活力が挑戦の一つと言える。UEI リサーチはまだ設立されてから二年半ですが、既にトップジャーナル (ACM Transactions on Graphics) やトップカンファレンス (SIGGRAPH) 等で成果を発表 (4 件) しており、計 40 以上の論文が採択されている。今後もトップクオリティの研究成果を残すべく邁進していく所存です。2015 年夏、さらなる研究環境の充実と規模拡大のため、UEI リサーチはベンチャー企業の UEI 社から、東証一部上場企業の株式会社ドワンゴに移管され、その活躍を加速しています。豊富なコンテンツと配信プラットフォームを持つドワンゴと密に連携をとることで、新しい時代の産学連携の形を実現すべく、さらなる雄飛を目指しています。

**謝辞** 東京大学西田研空室の研究体制の継続を目的とし、2013 年春に、UEI 社長の清水氏の支援で民間の CG の研究機関 UEI リサーチが設立された。また 2015 年夏にはさらなる安定した研究所になるべくドワンゴ (川上会長) に移管された。清水、川上両氏による研究支援に感謝します。

## 参考文献

- 1) T. Nishita and E. Nakamae, "Continuous Tone Representation of Three-Dimensional Objects Taking Account of Shadows and Interreflection," Computer Graphics, Vol.19, No.3, 1985-7, pp.23-30.
- 2) T. Nishita, I. Okamura, and E. Nakamae, "Shading Models for Point and Linear Sources," ACM Transactions on Graphics, Vol.4, No.2, 1985-4, pp.124-146.
- 3) T. Nishita and E. Nakamae, "Continuous Tone Representation of Three-Dimensional Objects Illuminated by Sky Light," Computer Graphics, Vol.20, No.3, 1986-8, pp.125-132.
- 4) E. Nakamae, K. Harada, T. Ishizaki, T. Nishita, "Montage : The Overlaying of The Computer Generated Image onto a Background Photograph," Computer Graphics, Vol.20, No.3, 1986-8, pp.207-214.
- 5) T. Nishita and E. Nakamae, "A Shading Model for Atmosphere Scattering Considering Luminous Intensity Distribution of Light Sources," Computer Graphics, Vol.21, No.3, 1987-7, pp.303-310.
- 6) K. Kaneda, F. Kato, E. Nakamae, T. Nishita, H. Tanaka, T. Noguchi, "Three-Dimensional Terrain Modeling and Display for Environmental Assessment," Computer Graphics, Vol.23, No.3, 1989-8, pp.207-214.
- 7) E. Nakamae, K. Kaneda, T. Okamoto, T. Nishita, "A Lighting Model Aiming at Drive Simulators," Computer Graphics, Vol.24, No.4, 1990-8, pp.395-404.
- 8) T. Nishita, T. Sederberg, M. Kakimoto, "Ray Tracing Trimmed Rational Surface Patches," Computer Graphics, Vol.24, No.4, 1990-8, pp.337-345.
- 9) T. Nishita, T. Shirai, K. Tadamura, E. Nakamae, "Display of The Earth Taking into account Atmospheric Scattering," Proc. of SIGGRAPH'93, 1993-8, pp.175-182.
- 10) T. Nishita, E. Nakamae, "Method of Displaying Optical Effects within Water using Accumulation-Buffer," Proc. of SIGGRAPH'94, 1994-7, pp.373-380.
- 11) T. Nishita, Y. Dobashi, E. Nakamae, "Display of Clouds Taking into Account Multiple Anisotropic Scattering and Sky Light," Proc. of SIGGRAPH'96, 1996-8, pp.379-386.

- 12) Y. Dobashi, K. Kaneda, H. Yamashita, T. Okita, T. Nishita "A Simple, Efficient Method for Realistic Animation of Clouds," Proc. of SIGGRAPH'2000, 2000-7, pp.19-28
- 13) Y. Dobashi, T. Yamamoto, T. Nishita, "Real-time Rendering of Aerodynamic Sound using Sound Textures based on Computational Fluid Dynamics," ACM Trans. on Graphics, Vol. 23, No. 3 (Proc. SIGGRAPH2003), 2003-7, pp.732-740.
- 14) Y. Dobashi, K. Kusumoto, T. Nishita, T. Yamamoto, "Feedback Control of Cumuliform Cloud Formation Based on Computational Fluid Dynamics", ACM Trans. on Graphics, Vol. 27, No. 3, (Proc. SIGGRAPH2008), Article 94. 2008-8
- 15) Y. Bando, Bing-Yu Chen, T. Nishita, "Extracting Depth and Matte Using a Color-Filtered Aperture, ACM Trans. on Graphics, Vol.27, No.5, Article 134, pp.1-9 (Proc. of SIGGRAPH ASIA2008), 2008-12
- 16) Y. Yue, K. Iwasaki, Bing-Yu Chen, Y. Dobashi, T. Nishita, "Unbiased, Adaptive Stochastic Sampling for Rendering Inhomogeneous Participating Media" ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH Asia 2010), Vol.29, No.5, Article 177, 2010-12
- 17) Y. Dobashi, W. Iwasaki, A. Ono, T. Yamamoto, Y. Yue, T. Nishita, "An Inverse Problem Approach for Automatically Adjusting the Parameters for Rendering Clouds Using Photographs," ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH Asia 2012), Vol.31, No.5, Article 145, 2012-12
- 18) K. Iwasaki, Y. Dobashi, T. Nishita, "Interactive Bi-scale Editing of Highly Glossy Materials," ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH Asia 2012), Vol.31, No.5, Article 144, 2012-12
- 19) Yonghao Yue, Kei Iwasaki, Bing-Yu Chen, Yoshinori Dobashi, Tomoyuki Nishita, "Poisson-based Continuous Surface Generation for Goal-based Caustics" ACM Transactions on Graphics (presented at SIGGRAPH 2014), 33, 3, 31:1-31:7, 2014-5
- 20) Sheng-Jie Luo, Yonghao Yue, Chun-Kai Huang, Yu-Huan Chung, Sei Imai, Tomoyuki Nishita, Bing-Yu Chen, "Legolization: Optimizing LEGO Designs" ACM Transactions on Graphics (presented at SIGGRAPH Asia 2015), , 2015-11
- 21) <http://mathias.hullin.net/SIGGRAPHStats/firstAuthor.html#index>
- 22) Y. Dobashi, K. Kaneda, E. Nakamae, H. Yamashita, T. Nishita, "A Quick Rendering Method using Basis Functions for Interactive Lighting Design," Computer Graphics Forum, Vol.14, No.3, 1995-9, pp.229-240.
- 23) <http://nishitalab.org/user/nis/ourworks/ExtendedLigh/softshadows.html>
- 24) <http://nishitalab.org/user/nis/ourworks/radiosity/radiosity.html>
- 25) <http://nishitalab.org/user/nis/ourworks/scattering/lightscattering.html>

## 著者紹介

東京大学名誉教授、広島修道大学経済科学部教授 (UEI リサーチ所長 兼)。

昭和 48 年広島大学工学研究科修了、同年マツダ入社。昭和 54 年から福山大学電子電気工学科講師、昭和 63 年から 1 年間米国 Brigham Young 大学客員研究員、平成 2 年から福山大学教授。(平成 6 年から東京大学理学部非常勤講師を経て)平成 10 年 10 月から東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻教授。平成 11 年から新領域創成科学研究科 複雑理工学専攻教授。平成 25 年 4 月から現職、また同年に研究所 (UEI リサーチ) を設立し研究所長 (研究所は平成 27 年 8 月から DOWANGO 社に移管)。

日本におけるコンピュータグラフィックス研究のパイオニアであり、3次元物体のリアルな表現法、照明シミュレーション (種々の光源、相互反射光の計算、天空光)、景観予測、自由曲面の表示法、CGアニメーション、インタラクティブレンダリング等の研

究に従事 (1970 年から 35 年以上) . 著書に「3次元コンピュータグラフィクス」(昭晃堂)、「ビジュアルコンピューティング - 3次元CGによる画像生成」など数冊. 工学博士. 情報処理学会、画像電子学会、電気学会、電子情報通信学会、可視化情報科学会、ACM、IEEE 各会員. 著書に「3次元コンピュータグラフィクス」(昭晃堂)、「ビジュアルコンピューティング - 3次元CGによる画像生成」など数冊.

平成 13 年から画像電子学会ビジュアルコンピューティング研究会委員長、平成 18 年から情報処理学会 GCAD 研究会主査. 平成 20 年から画像電子学会次期会長、平成 21 年-22 年は画像電子学会会長. 昭和 62 年情報処理学会から、研究賞 (現山下記念研究賞) 授賞. 平成 17 年米国 ACM SIGGRAPH から Steven A. Coons Award を受賞、平成 18 年 NICOGRAPH から CG-Japan Award を受賞. 他に EUROGRAPHICS Best Paper Award, 画像電子学会論文賞、NICOGRAPH から優秀論文賞および CG 国際大賞審査員特別賞など. 平成 18 年 3 月画像電子学会において、CG 関連の優秀論文の著者に与えられる賞「西田賞」が創設された.

### 付録 A 著者の CG の研究項目のリスト

著者のこれまでの陰影モデルに関連する研究を時系列に以下に列記します.

相互反射 (1985)[1]、空間輝度分布を持つ天空光 (1986) , 大気粒子の光減衰による霞の効果(1989)[4] (CG画像と写真とのモンタージュに利用)、大気中の粒子の散乱光 (1987)[5]、まつ毛による光の回折 (1990) (夜間のドライブシミュレータに利用)、地球大気の大気散乱光 (1993) [9]、曲面間の相互反射 (1993)、波により生じる光跡・集光などの水中の光学的効果(1994)[10]、天空光により照射された室内の照明設計(1996)、多重散乱による雲や空の色(1996)[12]、多重散乱による空の色分布の計算、分光分布をもつ天空光により照射される建築物の高速表示(1996)、多重散乱光による積雪の色(1999)、衛星画像による 3 次元雲の生成 (2000)、散乱光による海の色(2003)、グレア (2004,2005)、薄膜による光の干渉光の高速表示(2004) (動的に変形するシャボン玉の色)、NPR (顔料の混色) (2005)、前処理計算による相互反射光の高速化(2007)、大局照明のための会話的照明設計(2007)、カラーフィルター付きカメラレンズによる奥行検出(2008)[15]、分光分布を持つ環境光光源 (1996)、反射・屈折光(分光)の高速計算(2008)、動的に変化する環境光光源のモデル(2009)、媒質中の散乱光(2010)、オーロラの色 (2011)、全周波数光源による変形物体のリアルタイム表示(2012)、鏡面反射面の高速表示(2012)、表面下散乱 (サブサーフェススキヤタリング) (2013)



付図 1 線光源による影の計算法 (1981 全国大会で発表) (この時代はまだ手書きで、ワープロはない)



付図 2 相互反射の計算法 (1984 全国大会で発表)