

# コンピュータグラフィックス

---

## 第2回 CG発展の歴史

理工学部 兼任講師  
藤堂 英樹

# 導入の補足

## ■ 評価方法

- 出席点 (30%)
- レポート (70%)

## ■ レポート課題について

- 課題1 (25%): 授業第1-5回の内容
- 課題2 (25%): 授業第6-10回の内容
- 課題3 (20%): 授業第11-14回の内容

# 導入の補足

## ■ 授業用ホームページ

- <http://www.graco.c.u-tokyo.ac.jp/~tody/lectures/cg2014/>

## ■ Oh-o! Meijiの利用について

- 授業用ホームページと同じ内容を掲載します
- レポート課題の提出

# 講義資料に関して

- 授業用ホームページ, Oh-o! Meijiで  
スライド資料, デモプログラム等を配布します
- ※ : 著作物を含む箇所は授業のみの公開となります

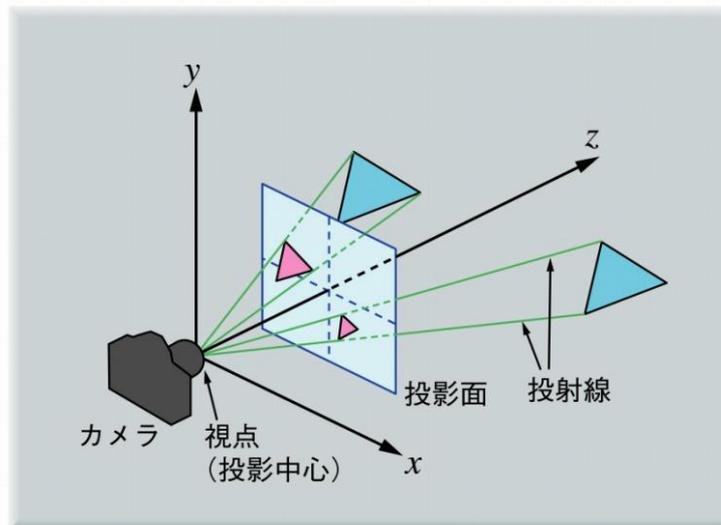
# 受講にあると良い基礎知識

## ■線形代数(ベクトル, 行列演算)

- 拡大・縮小：
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

## ■幾何学(高校数学+α)

■図2.27——透視投影の原理



【コンピュータグラフィックス】2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

# アンケート

## ■CGのどこに興味がありますか？

- 基礎理論
- システム
- 実制作の過程
- 産業応用
- プログラミング

■基礎理論を重視することは変わりませんが、  
授業の進め方とレポート課題の参考にします

# 本日の講義内容

## ■CG発展の歴史

- 1940～1960：CGの誕生
- 1970～1980：CG技術・製品の実用化
- 1980～現在：CGによる映画制作
- 1980～現在：CGの様々な応用

# CGの誕生: 1940～1960

## ■CGの基礎

- 軍事技術の開発がルーツ
- 1955: SAGEプロジェクト
  - 半自動防空管制システム
- コンピュータ⇔CG⇔人間

1955

SAGE

© The MITRE Corporation

## ■CAD/CAMの誕生

- 軍事用に工作機械の開発
- CAM: 工具の動きをコンピュータで制御
- CAD: 設計の過程をコンピュータで支援
- グラフィックディスプレイ
  - モーターとペンでCGを直接紙にハードコピー



■図a.51—IBM-2250グラフィックディスプレイ

【コンピュータグラフィックス】2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

IBM2250  
グラフィック  
ディスプレイ

# CGの誕生: 1940～1960

## ■ アイヴァン・サザーランド

- 1963: Sketchpadシステム
  - ライトペンでモニター上に図形を描く

## ■ CGアート

- ジョン・ウィットニー
  - モーショングラフィックス

## ■ 第1次コンピュータアートブーム

- コンピュータアートコンテスト
- 万国博での作品上映
- CGの展覧会

1963

Sketchpadシステム

© Ivan Sutherland

1975

Arabesque

© John Whitney

# CG技術の実用化に向けて：1970年代前半

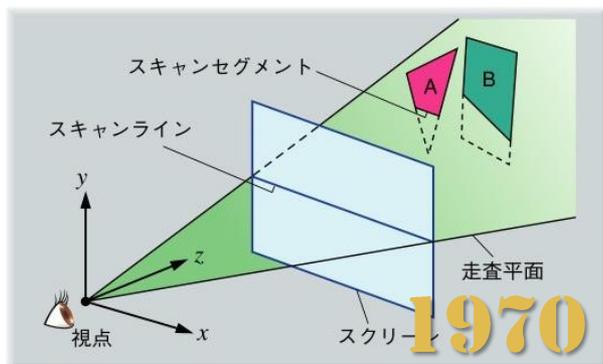
## ■ユタ大学CGグループ

■表a.7——ユタ大学で開発されたおもな3次元CG技術

隠面消去法		
スキャンラインアルゴリズム	ゲーリー・ワトキンス	1970年
ペインタアルゴリズム	マーチン・ニューウェル	1972年
Zバッファアルゴリズム	エドウィン・キャットマル/ランス・ウィリアムス	1974年
照明モデル		
フォンのモデル	ブイ・ツォン・フォン	1975年
ブリンのモデル	ジェームズ・ブリン	1977年
スムーズシェーディング		
グローシェーディング	アンリ・グロー	1971年
フォンシェーディング	ブイ・ツォン・フォン	1975年
マッピング		
テクスチャマッピング	エドウィン・キャットマル	1974年
環境マッピング	ジェームズ・ブリン/マーチン・ニューウェル	1976年
バンプマッピング	ジェームズ・ブリン	1978年
その他の技術		
細分割曲面	ジェームズ・クラーク/エドウィン・キャットマル	1974年
並列処理ハードウェアによるレンダリング	ヘンリー・フックス	1975年

「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会（CG-ARTS協会）

# ユタ大学CGグループ



[a] 走査平面

スキャンライン  
(Gary Watkins)



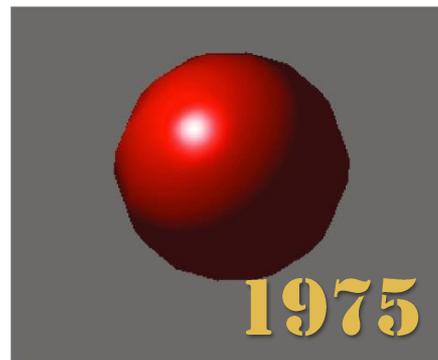
Zバッファ  
(Edwin Catmull, Lance Williams)



テクスチャマッピング  
(Edwin Catmull)



細分割曲面  
(James Clark, Edwin Catmull)



スムーズシェーディング  
(Bui Tuong Phong)

# CG技術の実用化に向けて：1970年代前半

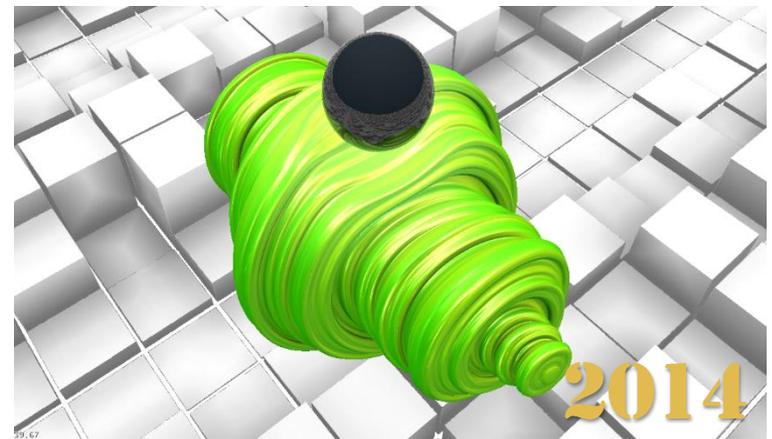
## ■レイトレーシングの誕生

- 光の反射, 屈折, 影を扱える技術
- 1980: ターナー・ウィットッドによる基礎技術の発表
- 今日でも多くの改良が行われ, 実用化が進んでいる

1980

初期のレイトレーシング

© Turner Whitted



Optix Ray Tracing Engine

© Julia set

# CG製品の確立と実用化：1970年代後半～

## ■ ドロー系システムの誕生

- Adobe社の活躍
  - 1985: PostScript (ページ記述言語)
  - 1987: Illustrator (ドローソフト)
  - 1988: Photoshop (画像加工ソフト)

■ 図a.56——「Illustrator®」、 「Photoshop®」の初期のパッケージ



[a] Adobe® Illustrator®

[b] Adobe® Photoshop®

このパッケージショットは、Adobe Systems Incorporatedの許諾を得て使用しています。  
Adobe、Adobe IllustratorおよびAdobe PhotoshopはAdobe Systems Incorporatedの米国ならびに他の国における商標または登録商標です。  
「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

# CG製品の確立と実用化：1970年代後半～

## ■グラフィックスワークステーション

- リアルタイムに3DCG制作を行うためのPC
- 1984: シリコングラフィックス社 IRIS 400

■図a.57——グラフィックスワークステーション（写真は後継機種のPersonal IRIS）



CPU : 10MHz  
メモリ : 1.5MB  
ハードディスク : 72MB

（提供：日本 SGI 株式会社）

「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会（CG-ARTS協会）

# CG製品の確立と実用化：1970年代後半～

## ■グラフィックスワークステーション

- リアルタイムに3DCG制作を行うためのPC
- 1984: シリコングラフィックス社 IRIS 400
- 2014: ゲーム用途のPCが高スペック

CPU : 4.2 GHz  
メモリ : 8GB  
ハードディスク : 2TB

**2014**

ALIENWARE Aurora

© DELL

# CG製品の確立と実用化：1970年代後半～

## ■アニメーションのデジタル化

- エドウィン・キャットマル
  - 1974：ユタ大学卒業
  - フル3Dによる映画やテレビ番組の制作
  - アートとエンタテインメント指向をもった研究
  - Disney, Pixarの現社長



© Walt Disney Animation Studios

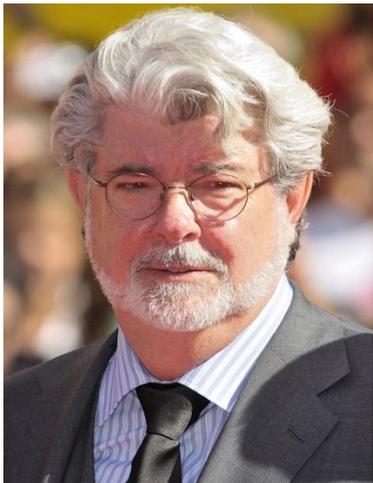


© Pixar Animation Studios

# CG製品の確立と実用化：1970年代後半～

## ■映画業界のデジタル化

- ジョージ・ルーカス
  - スター・ウォーズ, インディ・ジョーンズの映画監督
  - 1980: 音響・編集・CGのプロジェクトチームをつくる
  - CGプロジェクトにキャットマルも参加
  - 高品質で写実的なレンダリングシステム



**1997**

スター・ウォーズ・エピソード4  
© Lucasfilm Ltd.

**2005**

スター・ウォーズ・エピソード3  
© Lucasfilm Ltd.

# CGによる映画制作: 1980～

## ■CGがTVや映画で応用され始める

**1982**

トロン© Disney

**1985**

バック・トゥ・ザ・フューチャー  
© Universal Pictures

**1991**

ターミネーター2  
© TriStar Pictures

**1993**

ジュラシックパーク  
© Universal Pictures

# 実写+CGによる映像制作

## ■実写：身近な物

- 実物をそのまま撮影できる
- 人間などは実写の方が向いている

## ■CG：実写では撮影が難しい物

- 制作には労力がかかる
- 存在しない物も表現できる
- 人間の再現は難しい

実写

CG

1991

ターミネーター2

© TriStar Pictures

# 実写+CGによる映像制作

## ■実写：身近な物

- 実物をそのまま撮影できる
- 人間などは実写の方が向いている

## ■CG：実写では撮影が難しい物

- 制作には労力がかかる
- 存在しない物も表現できる
- 人間の再現は難しい

実写

CG

1993

ジュラシックパーク  
© Universal Pictures

# 実写+CGによる映像制作

## ■実写：身近な物

- 実物をそのまま撮影できる
- 人間などは実写の方が向いている

## ■CG：実写では撮影が難しい物

- 制作には労力がかかる
- 存在しない物も表現できる
- 人間の再現は難しい

CG

実写

2014

ライフ・オブ・パイ  
© 2014 Twentieth Century Fox  
Film Corporation

# フルCG映画の制作

## ■全ての映像をCGだけで制作する試み

- トイ・ストーリー (1995), シュレック (2001),  
ファイナルファンタジー(2001),  
モンスターズ・インク(2002), アナと雪の女王(2014)

1995

トイ・ストーリー © Disney ・ Pixar

2014

アナと雪の女王  
© 2014 Disney Enterprises, Inc.

# 実写とCGの融合

- CGによるリアルな人物の表現
- イメージベースド・レンダリング
  - 実際の計測データの利用によるリアルな表現

**1999** マトリックス© Warner Bros. Pictures

# 3D映画(立体視)の登場: 2009～

- 偏光式, 液晶シャッター式による高画質な3D映像
  - アバター(2009), アリス・イン・ワンダーランド(2010), バイオハザード4(2010), トランスフォーマー3(2011), ゼロ・グラビティ(2013), トランスフォーマー4(2014)

2009

アバター © 20th Century Fox

2013

ゼロ・グラビティ  
© Warner Bros. Pictures

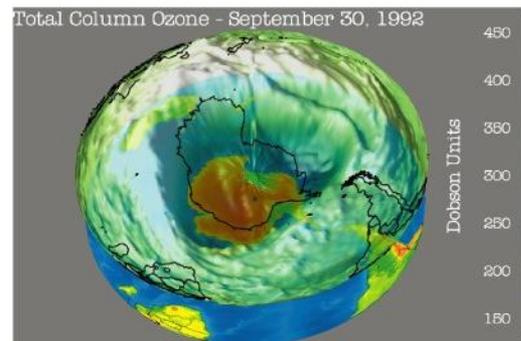
# CGの様々な応用: 1980～

## ■エンタテインメント主導のCG研究

- 映画の視覚効果技術
- ゲームコンテンツ

## ■一般的な産業分野

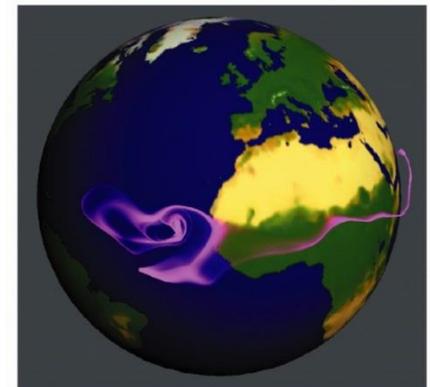
- デザイン
- シミュレーション
- 可視化



[a] オゾンホール

(Lloyd A.Treinisch, IBM Thomas J.Watson Research Center, USA)

■図7.41——フローボリュームによる気流の可視化



(提供: NtMax, 米国 Lawrence Livermore 国立研究所)  
「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

# CGの様々な応用: 1980～

## ■ゲーム

**1983**

ファミコン©任天堂

**1990**

スーパーファミコン©任天堂

**1994**

プレイステーション©Sony

**2000**

プレイステーション2©Sony

**2012**

Wii U©任天堂

**2014**

Xbox One©XBox

※年代はハードの発売年

# CGの様々な応用: 1980～

## ■ Web 3D: Web上で3次元モデルを利用する技術

**1994**

VRML / X3D © x3dom.org

**2011**

WebGL  
3 Dreams of Black © Google

**2014**

Unity Web Player  
Butterfly Demo © Unity Technologies

# CGの様々な応用: 1980～

## ■ ヴァーチャル・アイドル

- CGで作られたアイドル
- 実際のタレント同様にTV, CMで活躍



1999

テライユキ  
© くつぎけんいち

2007

初音ミク  
©クリプトン・フューチャー・メディア

2014

THE IDOLM@STER  
©バンダイナムコゲームス

# 3DCGソフトウェア

## ■映像産業で普及しているソフトウェア

- **Autodesk** Maya (元エイリアス社, 1998~)
- **Autodesk** Softimage | XSI (元Softimage社, 1986~)
- **Autodesk** 3Ds Max (元Kinetix社, 1990~)
- LightWave 3D(NewTek社, 1994~)

Maya  
© Autodesk

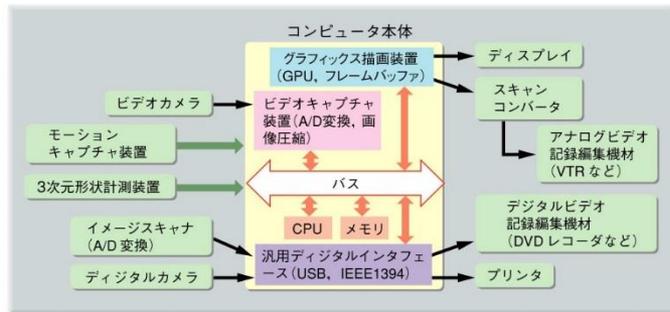
Softimage | XSI  
© Autodesk

3Ds Max  
© Autodesk

# 次回

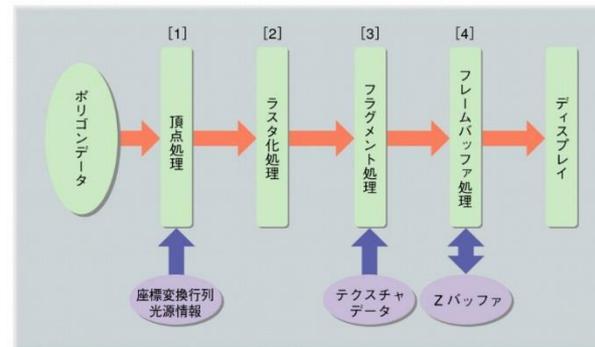
## ■CGシステム

■図8.1—CGシステムの構成



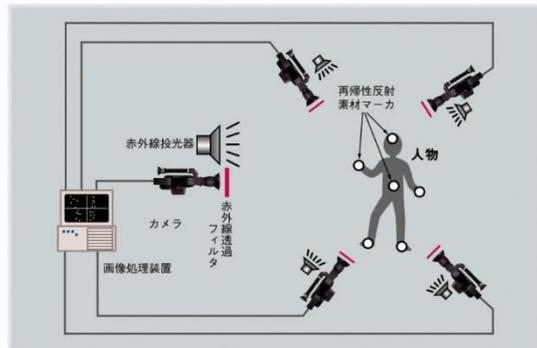
「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

■図8.10—3次元CGハードウェアによるCG描画処理の流れ



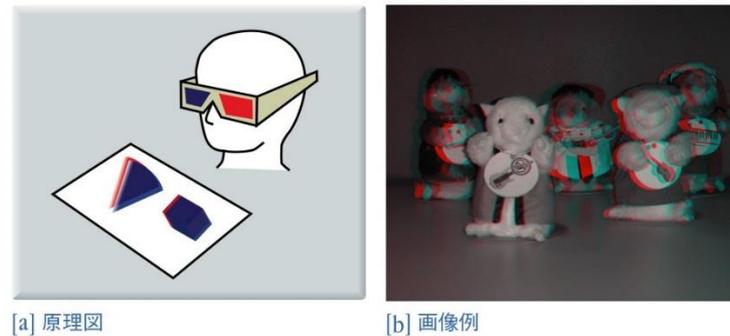
「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

■図8.13—再帰性反射素材マーカを用いた光学式モーションキャプチャ装置の計測原理



「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

■図8.14—アナグリフ方式



「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)