



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

授業のホームページ

■基本はOh-o! Meijiを利用

- 授業資料の配布
- レポート課題の提出

■授業用ホームページ（捕捉）

- <http://www.cloud.teu.ac.jp/public/MDF/toudouhk/lectures/cg2016/index.html>

■検索キーワード

- 藤堂英樹 東京工科大
- Teaching -> コンピュータグラフィックス2016年度

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

出席

■ Oh-o! Meijiで授業内アンケートに答えて下さい

- CGのどこに興味がありますか？
- 今回紹介した映像作品の中で興味を持った作品のタイトルと関連したCG技術のキーワードを挙げて下さい。

■ Oh-o! Meijiの授業ページが見えない人

- 授業用ホームページ内

回数	講義日	講義内容	講義資料	アンケート
1	2016/9/26	導入（講義内容の説明）	▶ PDF	
2	2016/10/3	CG 発展の歴史		▶ Form

- メール

- 件名「CG2016-2: 学籍番号 氏名」
- 質問の回答をメールで送る。

レポートに関して

- 複数課題を選択
- 上限が25点

	レポート課題1(25点)	レポート課題2(25点)	レポート課題3(20点)
小課題1	12/15		
小課題2	10/15		
小課題3			
小課題4			
小課題5			
合計	22/25		

レポートに関して

- 複数課題を選択
- 上限が25点

	レポート課題1(25点)	レポート課題2(25点)	レポート課題3(20点)
小課題1	12/15		
小課題2	10/15		
小課題3			
小課題4	7/10		
小課題5			
合計	29⇒25/25		

レポートに関して

- 複数課題を選択

- 上限が25点

	レポート課題1(25点)	レポート課題2(25点)	レポート課題3(20点)
小課題1	12/15	10/15	
小課題2	10/15		8/12
小課題3		8/15	6/12
小課題4	7/10		
小課題5			
合計	25/25	18/25	14/20

レポートに関して

- 複数課題を選択
- 上限が25点

	レポート課題1(25点)	レポート課題2(25点)	レポート課題3(20点)
小課題1	12/15	10/15	
小課題2	10/15		8/12
小課題3		8/15	6/12
小課題4	7/10		
小課題5			
合計	25/25	18/25	14/20

合計が57/70

レポートに関して

■複数課題を選択

■上限が25点

	レポート課題1(25点)	レポート課題2(25点)	レポート課題3(20点)
課題1	12/15	10/15	
課題2			8/12
課題3			6/12
課題4	7/10		
課題5			
合計	25/25	18/25	14/20

出席点が24/30なら
全体の評価は81/100

合計が57/70

レポート課題について

■ 複数の課題を選択する形式

- 各課題には配点が記載
- 一回分の配点25点を上限に選択課題の合計点で評価
- フォーマット通りの提出で配点の40%を保証

■ 課題の種類

- 調査・報告型
- 体験・演習型

調査・報告型の課題

- 例: 映画でCG技術を1つ取り上げ, その技術について詳しく解説しなさい

体験・演習型の課題

■各種ソフトウェアを使った簡単な制作

3Dモデリング

キャラクターの
ポージング

アニメーション
制作

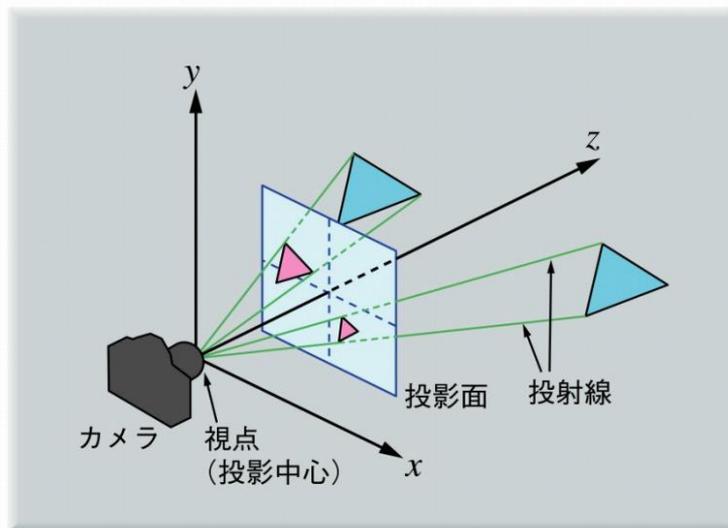
受講にあると良い基礎知識

■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)

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

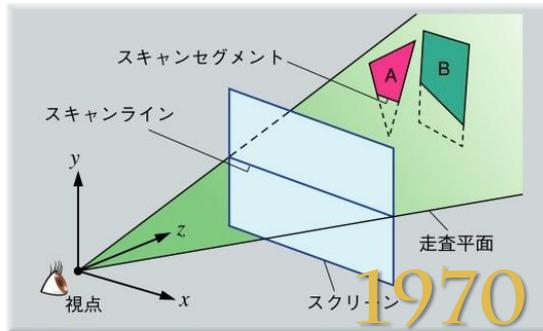
1975

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



[a] 走査平面

スキャンライン
(Gary Watkins)



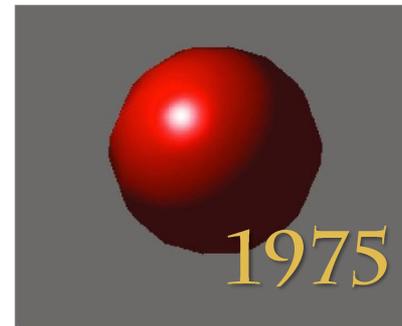
Zバッファ
(Edwin Catmull, Lance Williams)



テクスチャマッピング
(Edwin Catmull)



細分割曲面
(James Clark, Edwin Catmull)

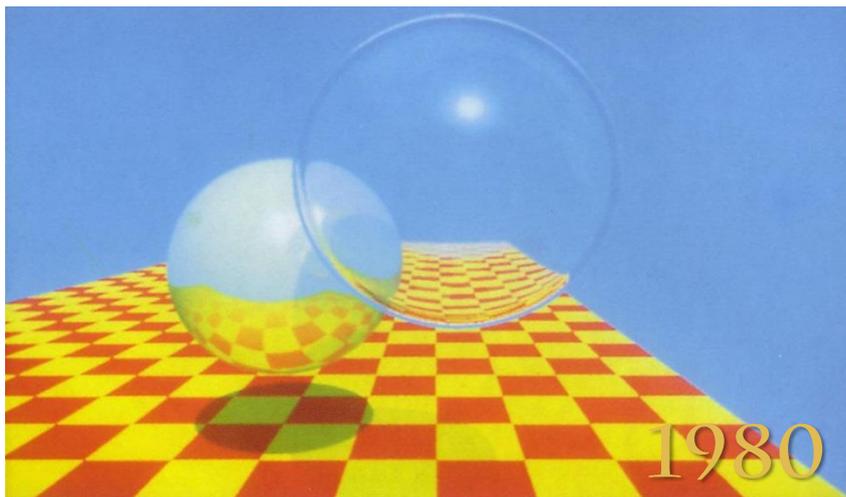


スムーズシェーディング
(Bui Tuong Phong)

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

2015

NVIDIA IRAY

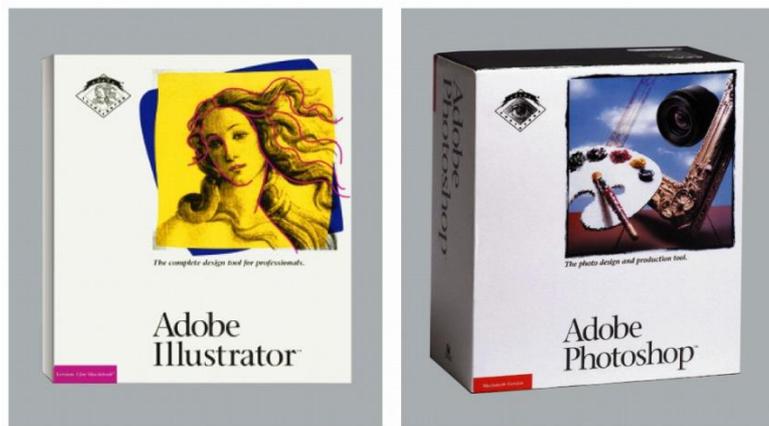
© NVIDIA

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)



クラウドシステム



Illustrator



Photoshop

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
- 2016: ゲーム用途のPCが高スペック

CPU : 4.0 GHz
メモリ : 16GB
ハードディスク : 2TB
GPU : 8GB

2016

ALIENWARE Area-51

© 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



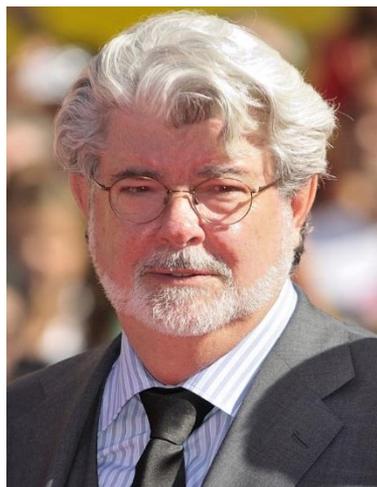
© Pixar Animation Studios

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

Star Wars: Episode IV
© Lucasfilm Ltd.

2016

Rogue One: A Star Wars Story
© 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

トロン© Disney

バック・トゥ・ザ・フューチャー
© Universal Pictures

ターミネーター2
© TriStar Pictures

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

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

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

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

2015

ジュラシック・ワールド
© 2015 ILM / Universal Pictures
and Amblin Entertainment

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),
ベイマックス(2015), ズートピア(2016)

トイ・ストーリー© Disney • Pixar

2016

ズートピア
© 2016 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

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)

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～

■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

PlayStation © Sony

2000

PlayStation 2© Sony

2014

Xbox One© Xbox

2016

PlayStation 4 Pro© Sony

※ 年代はハードの発売年

昔の映像技術事例

■ ゲーム映像の初期

- ファミコン: 8bit CPU, 52色



スーパーマリオブラザーズ
©任天堂

昔の映像技術事例

■ ゲーム映像の初期

- ファミコン: 8bit CPU, 52色

ドット絵によるアニメーション
(パラパラ漫画形式)

ゲーム映像の発展の歴史

■画質・動きが少しずつ改善

1983

ファミコン© 任天堂

1990

スーパーファミコン© 任天堂

1994

PlayStation © Sony

2000

PlayStation 2© Sony

2014

Xbox One© Xbox

2016

PlayStation 4 Pro© Sony

※年代はハードの発売年

3DCGの発展

■形が綺麗に，見た目もリアルに

1983

ファミコン© 任天堂

1990

スーパーファミコン© 任天堂

1994

PlayStation © Sony

2000

PlayStation 2© Sony

2014

Xbox One© Xbox

2016

PlayStation 4 Pro© Sony

※ 年代はハードの発売年

3DCG初期のゲーム

■PlayStation

- 32bit CPU, 1,677万色
- 1シーン 1万ポリゴン

FINAL FANTASY VII
©スクウェア・エニックス

3DCG中期のゲーム

■ PlayStation2

- 128bit CPU
- 1シーン 10万ポリゴン

FINAL FANTASY XII
©スクウェア・エニックス

最新の3DCGのゲーム

■PlayStation4 Pro

- 1シーン 1000万ポリゴン

FINAL FANTASY XII
©スクウェア・エニックス

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 (10/17)

■CGシステム

© Oculus VR

© 20th Century Fox

© 20th Century Fox

出席の確認

■ Oh-o! Meijiで授業内アンケートに答えて下さい

- CGのどこに興味がありますか？
- 今回紹介した映像作品の中で興味を持った作品のタイトルと関連したCG技術のキーワードを挙げて下さい。

■ Oh-o! Meijiの授業ページが見えない人

- 授業用ホームページ内

回数	講義日	講義内容	講義資料	アンケート
1	2016/9/26	導入（講義内容の説明）	▶ PDF	
2	2016/10/3	CG 発展の歴史		▶ Form

- メール

- 件名「CG2016-2: 学籍番号 氏名」
- 質問の回答をメールで送る。