

コンピュータグラフィックス

第11回 アニメーション技法

理工学部 兼任講師
藤堂 英樹

本日の講義内容

■アニメーション技法

- カメラコントロール, キーフレームアニメーション
キャラクターアニメーション, 特殊効果



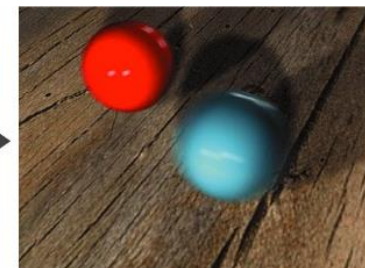
[a] ハイアングル



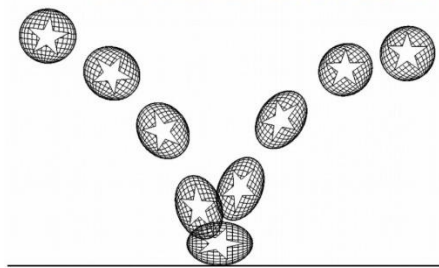
[b] ローアングル



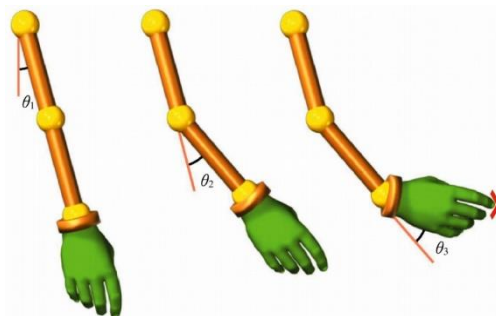
[c] アイレベル



■図5.13—押しつぶし・引き伸ばしの例(ボールを意図的に変形させることで、弾んだときのスピード感や躍動感を表現している)

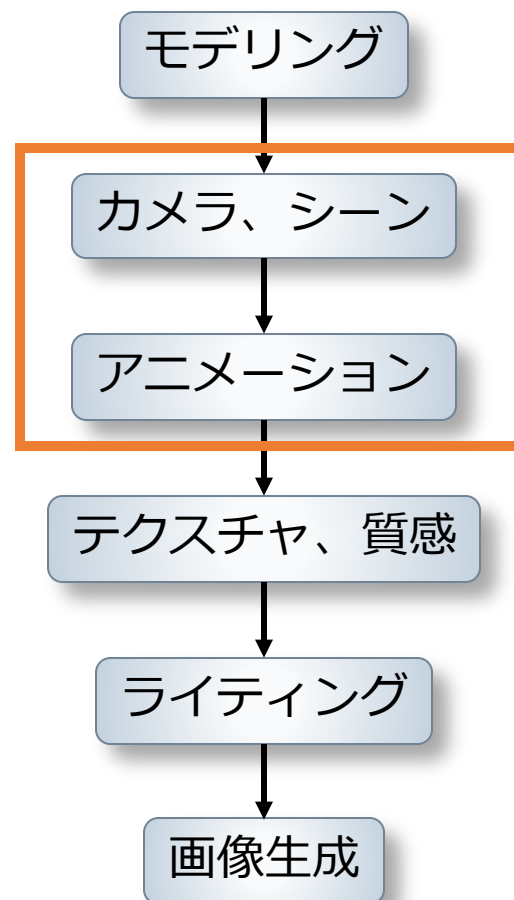


「コンピュータグラフィックス」2014年 / 財団法人国際情報教育振興協会 © (C) ARTS協会



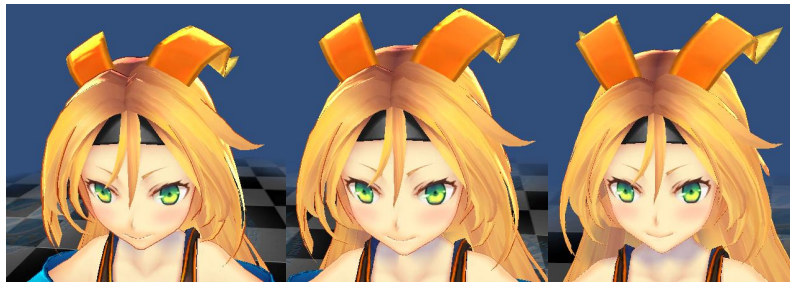
CG制作の主なワークフロー

■3DCGソフトウェアの場合



カメラコントロール

- カメラでアニメーションの見え方が決まる
 - 画角
 - カメラワーク
 - モーションブラー



■ 図5.3—代表的なカメラアングル



[a] ハイアングル



[b] ローアングル



[c] アイレベル



画角

■ 広角(35mm)

- 風景

■ 標準(50mm)

- 室内
- 記念写真

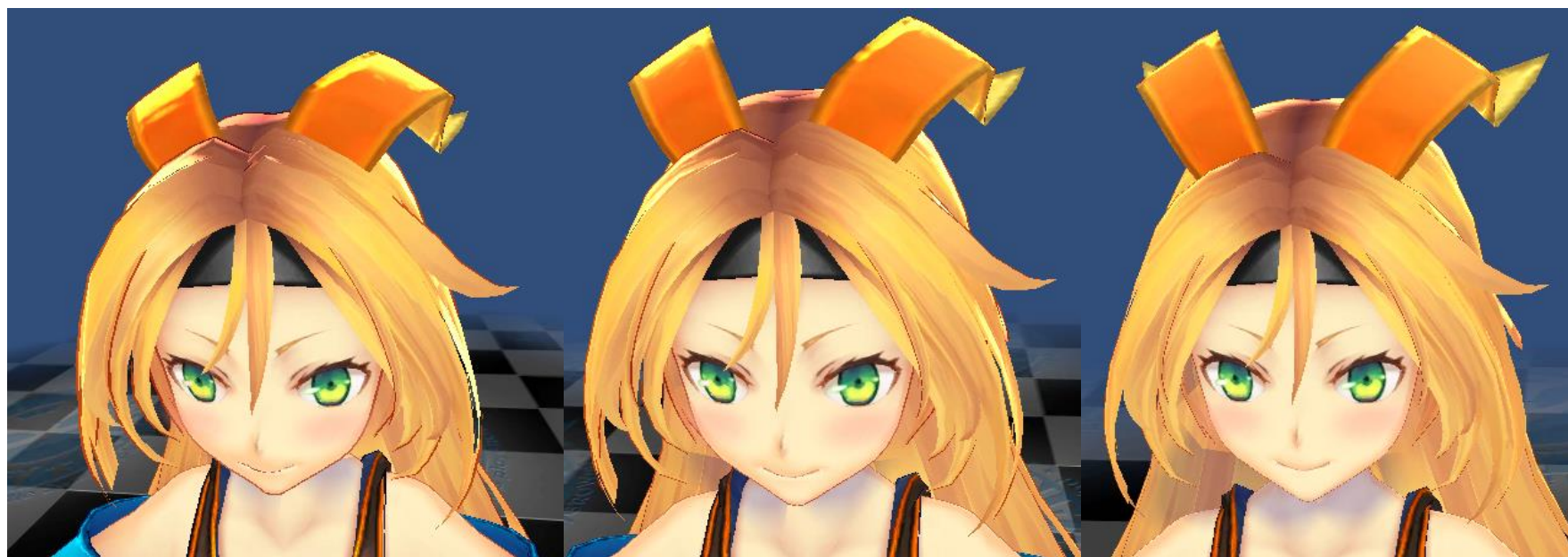
■ 望遠(100mm)

- ポートレート
- スポーツ

被写体と焦点距離
© キヤノン

CGでの画角

■ 広角, 標準, 望遠による見え方の違い



30mm
(広角)

50mm
(標準)

100mm
(望遠)

カメラワーク

■ アングル

- ハイアングル：見下ろすような角度
 - **客観的な視点**をつくる
- ローアングル：見上げるような角度
 - 奥行のある**生き生きとした表現**
- アイレベル：立った時の眼の高さ
 - **日常的な違和感の無いシーン**

■ 図5.3——代表的なカメラアングル



[a] ハイアングル

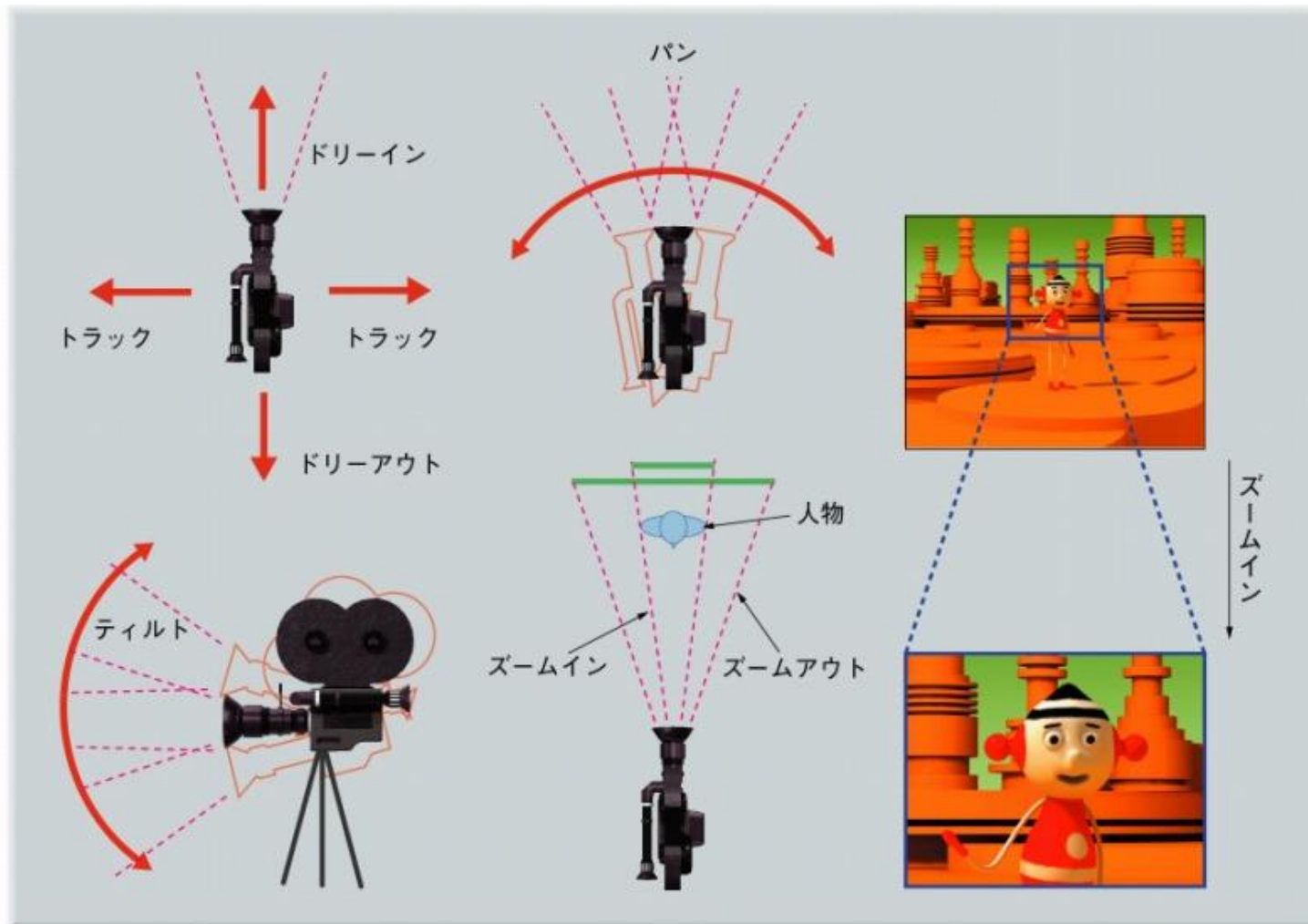


[b] ローアングル



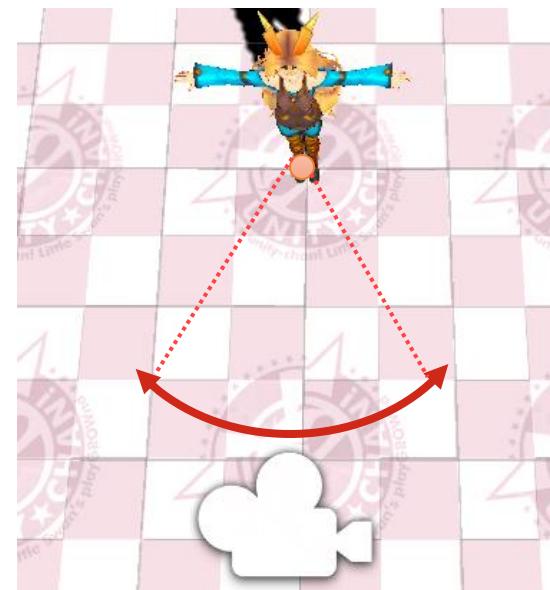
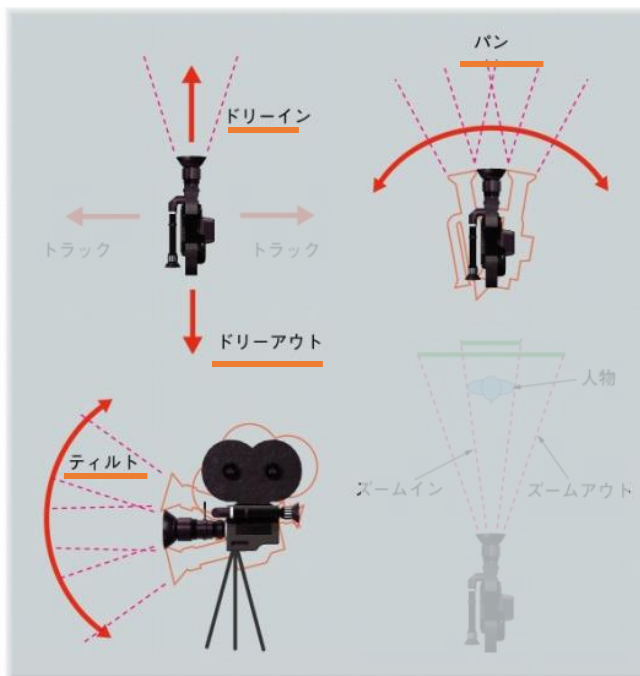
[c] アイレベル

カメラの基本操作



Unityでのカメラ操作

- ドリー：Alt+右ドラッグ
- パン&ティルト：Alt+ミドルドラッグ
- ピボット周りの回転：Alt+左ドラッグ



モーションブラー

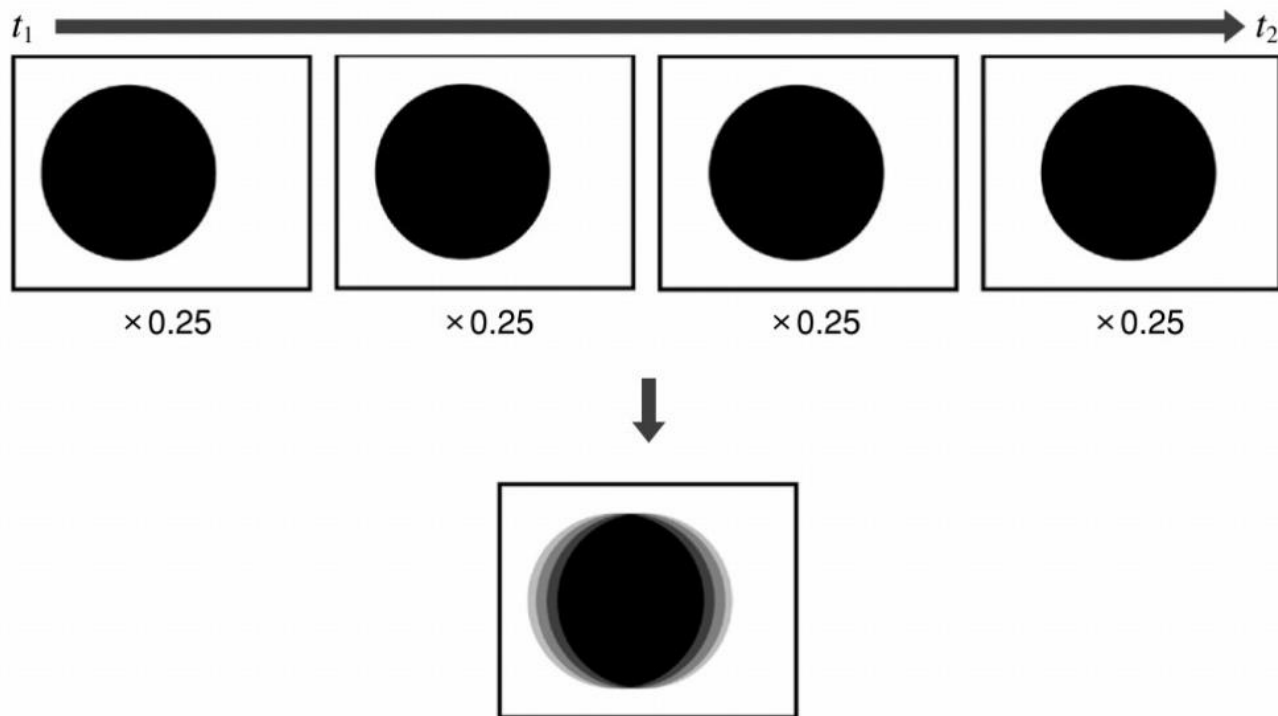
■CGではピンボケは起こらない

- 普通に計算すると**鮮明な画像**になる
- 実写ではカメラや被写体が動くと**ぶれ**が生じる
- **モーションブラー**：CGでのぶれの表現



モーションブラー

- 被写体が動いた時の**ぶれ**をシミュレーション
 - ある時間幅 t_1 から t_2 までの画像を重ね合わせる
 - シャッタースピード：時間幅 $[t_1, t_2]$



モーショントラッカー

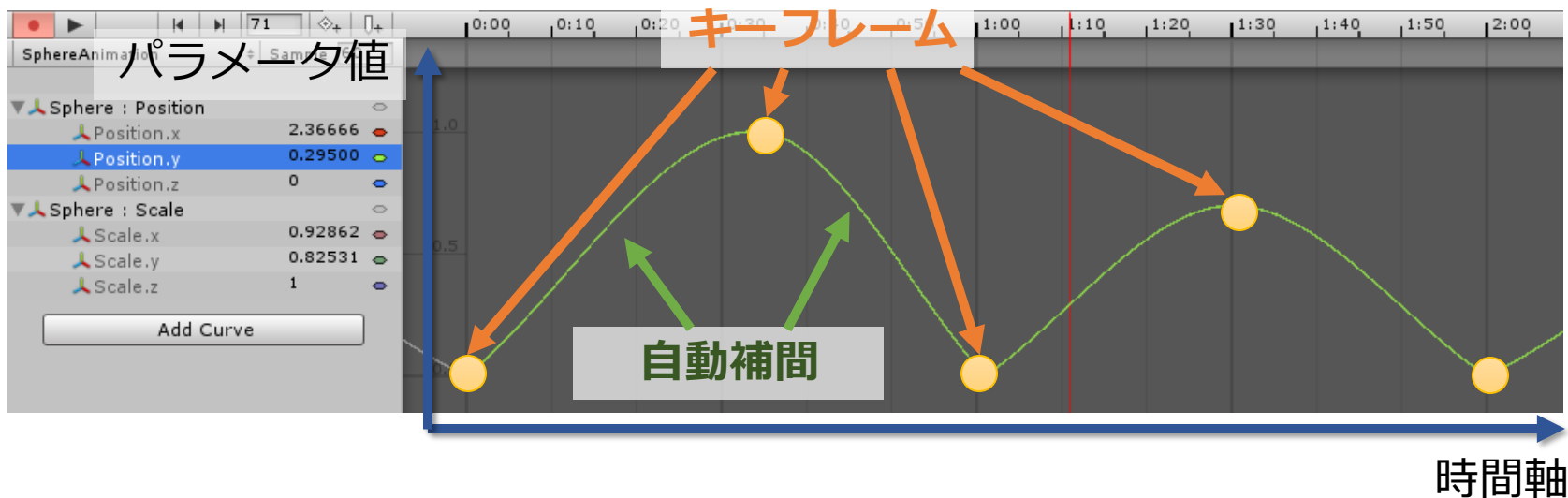
- 例：飛行機のプロペラのアニメーション
 - シャッター速度の変更によるぶれ度合の調整

<https://www.youtube.com/watch?v=lkG1TRgYmJY>

Animating a Propeller
© Autodesk 3ds Max Learning Channel

キーフレーム法

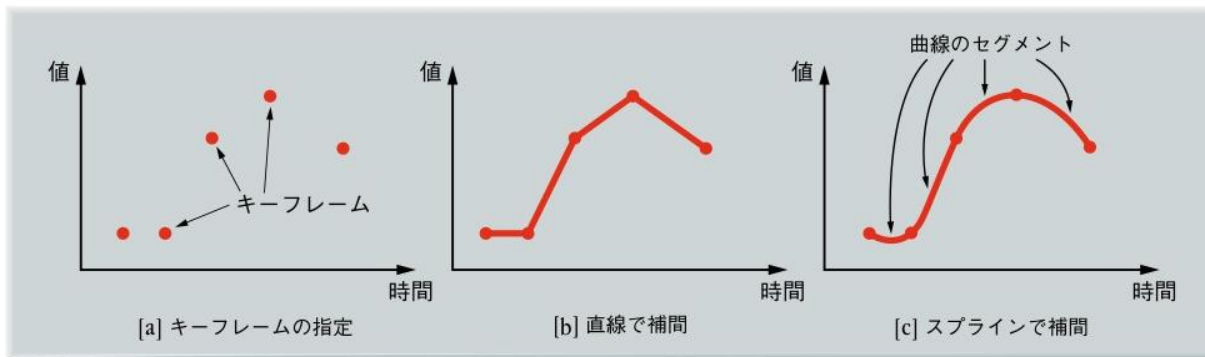
- アニメーションは1枚1枚の絵(フレーム)の集まり
- キーフレーム：基本となるフレーム
 - キーフレーム間の絵は**自動的に補間**される
 - 映像を構成する**パラメータ**が補間対象
 - 物体の位置, 大きさ, 色およびカメラパラメータ等



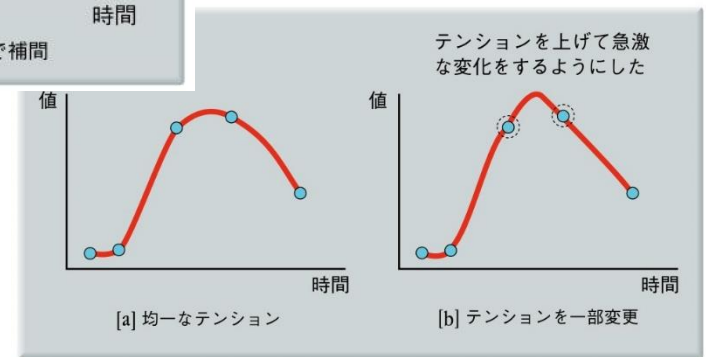
キーフレームの補間

■キーフレーム補間の種類

- 直線補間：かくかくした動き
- **スプライン補間**：滑らかな変化
 - 曲がり方の制御も可能



0—キーフレームの補間パラメータの制御



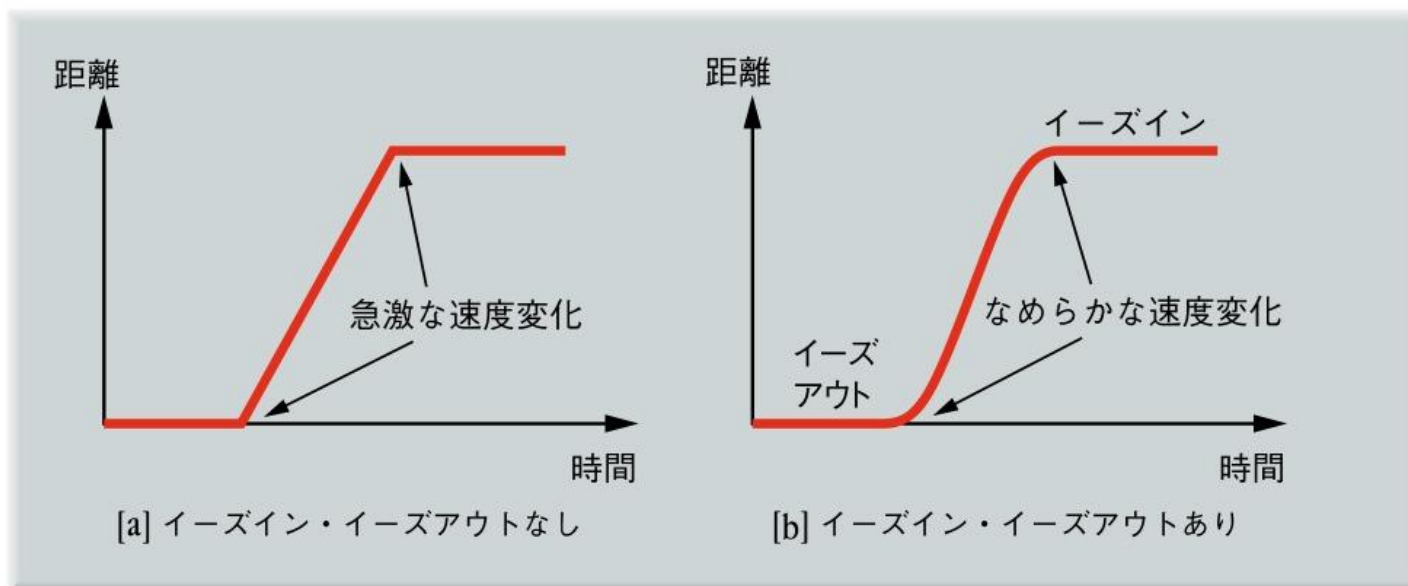
【コンピュータグラフィックス】2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

キーフレームの補間

■ イーズイン・アウト

- キャラクタの入り方・出方を滑らかにする

■ 図5.11——イーズイン・イーズアウト



「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)

Principles of Animation

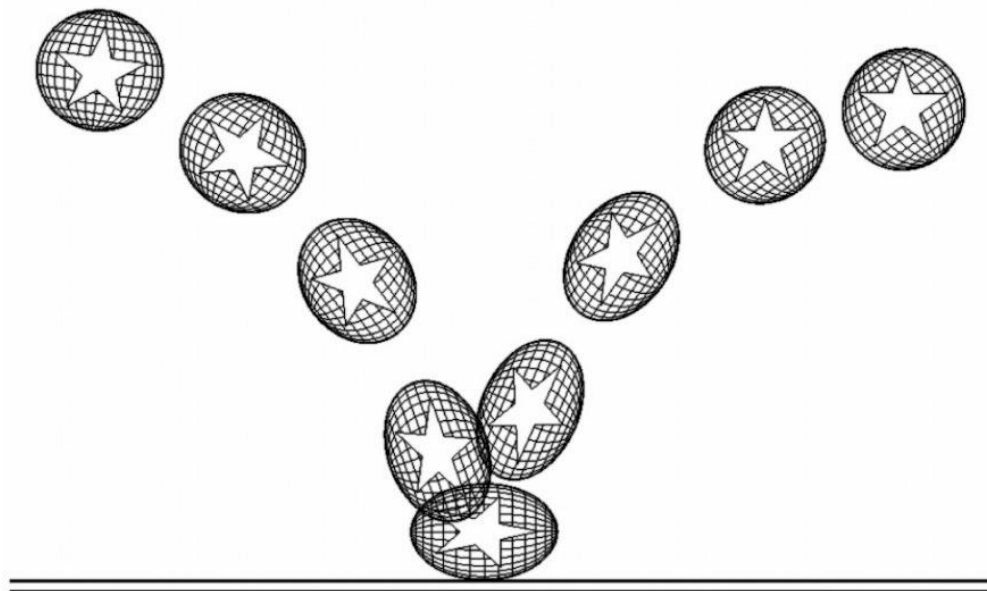
- Disneyが提唱するアニメーション技法のエッセンス
 - 押しつぶし・引き伸ばし
 - タイミングと動作
 - 予備動作
 - ステージング
 - フォロースルー・オーバーラップ
 - 順次動き付け・ポーズごと動き付け
 - スローイン・スローアウト
 - 弧
 - 誇張
 - 2次動作
 - アピール

Principles of Animation

■ 押しつぶし・引き伸ばし

- ボールが地面で跳ねるときなどの誇張した変形

■図5.13——押しつぶし・引き伸ばしの例(ボールを意図的に変形させることで、弾んだときのスピード感や躍動感を表現している)



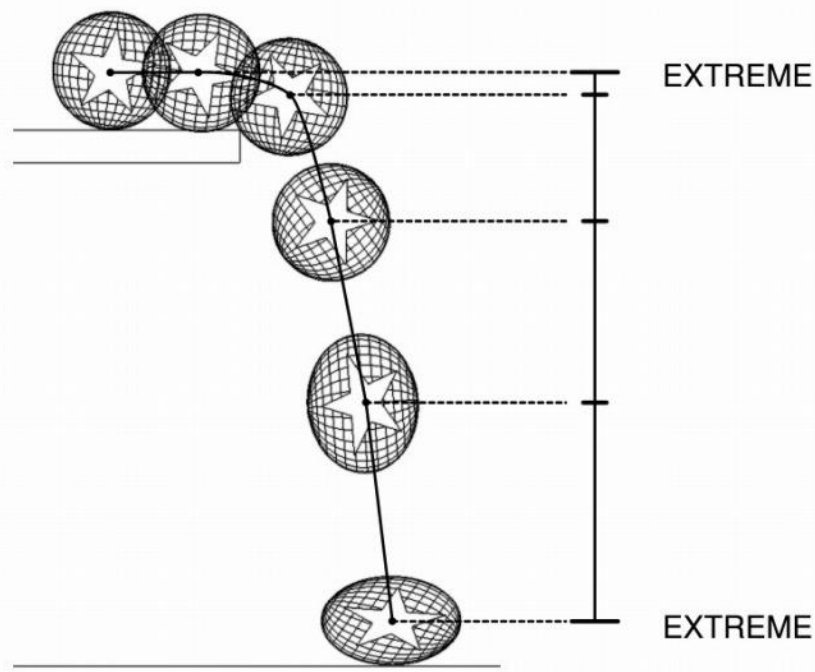
「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

Principles of Animation

■ スローイン・スローアウト

- ゆっくり動き出し, だんだん加速する

■ 図5.14——スローイン・スローアウトの例(右に書かれている棒状のものはタイミングチャート)



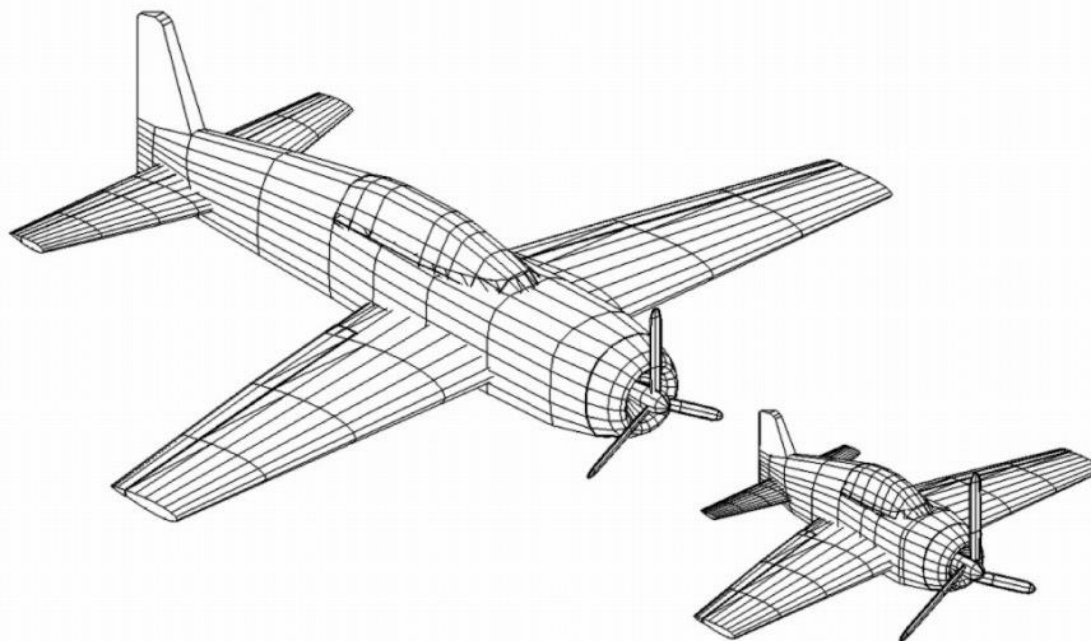
「コンピュータグラフィックス」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

Principles of Animation

■ アピール

- 興味を引くキャラクターの動きやデザイン

■ 図5.15——アピールの例(大人と子供を対比させた表現) プロペラの大きさは同じだが、翼や胴体の大きさを変えている



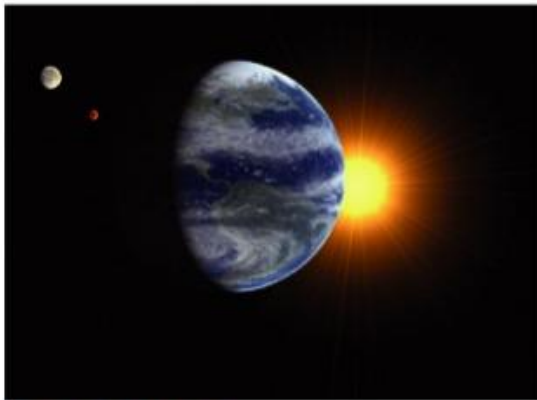
【コンピュータグラフィックス】2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

光学的な特殊効果

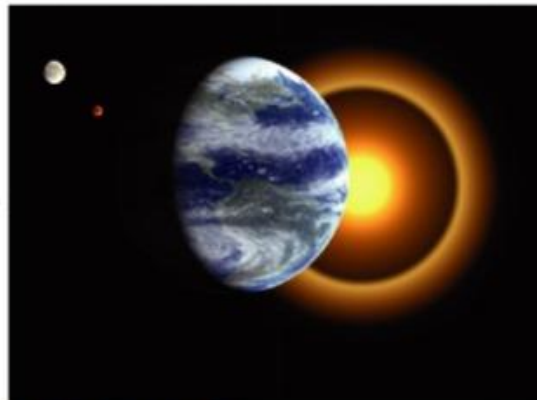
■ レンズエフェクト

- グローやフレアなどの光学的な特殊効果
- 光源の輝き, 光のリング, 光の筋, ハイライトの表現

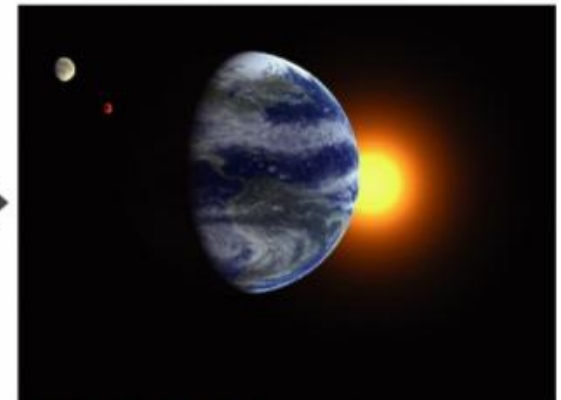
■ 図5.16——さまざまなレンズエフェクト



[a] 光の光条効果



[b] 光のリング効果



[c] 光のグロー効果

モーフィング

- ある画像を別の画像になめらかに変化させる
 - 2枚の画像間の**対応点**を指定
 - 顔画像の場合：目，鼻，口等の**特徴線**を対応付ける
 - 特徴線の位置の変化を基に合成画像を作成する
 - 特徴線の対応付け⇒**合成する場所が補正される**

■ 図5.18——画像のモーフィング処理



「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)

手続き型アニメーション

■物理的な法則をシミュレーションして動きを生成

- 各種パラメータ
- ⇒アニメーションデータが自動生成



手続き型アニメーション

■植物の生長アニメーション

- **Lシステム**：植物の生長過程を文法的に記述
 - **フラクタル**に類似
- 受光量，植生などの環境要因を考慮

■図5.26——生長のアニメーション



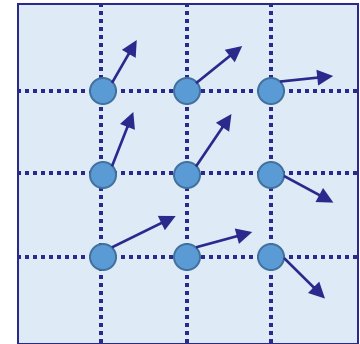
(提供：株式会社 JFP、岩手大学)

「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)

手続き型アニメーション

■ 煙, 炎, 雲 (ボクセル)

- 流体方程式をボクセルの格子上で解く
- 密度, 圧力, 粘性, 外力
 - ⇒ 速度
 - ⇒ 移流



<http://vimeo.com/64370623>

<http://vimeo.com/67367265>

<http://vimeo.com/47395708>

煙: ボクセル

© Vladimir Abramov

雲: ボクセル

© Side Effects Software Inc.

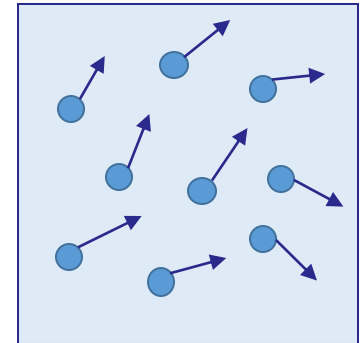
炎: ボクセル

© Shan Duan

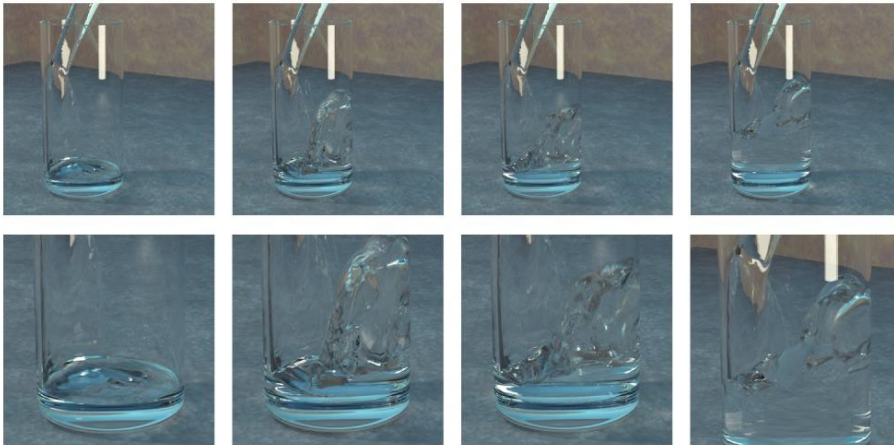
手続き型アニメーション

■液体（パーティクル）

- 流体方程式を粒子を用いて離散化
- 密度, 圧力, 粘性, 外力
⇒速度
⇒移流



■図5.27——液体のシミュレーション



(D. Enright, S. Marschner, R. Fedkiw, Proceedings of SIGGRAPH 2002 p.744 ©2002 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

<http://vimeo.com/83551058>

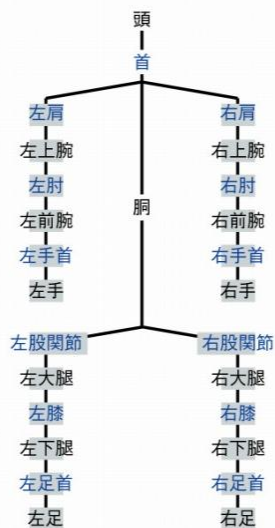
水: パーティクル
© Moritz Hausler

キャラクターアニメーション

■ フォワードキネマティクス (FK)

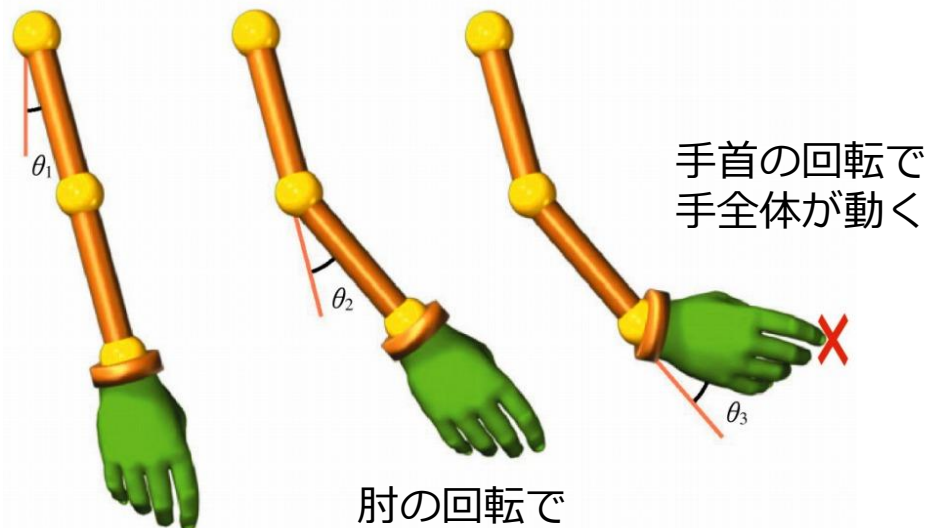
- 階層構造で多関節を表現

■ 図5.29——階層構造(指先は除く。関節部は青色、部位は黒色で表している)



「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5.30——フォワードキネマティクス



手首の回転で
手全体が動く

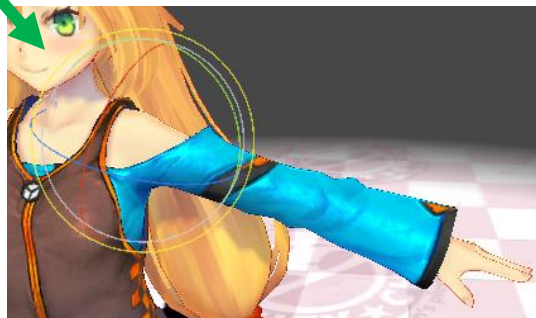
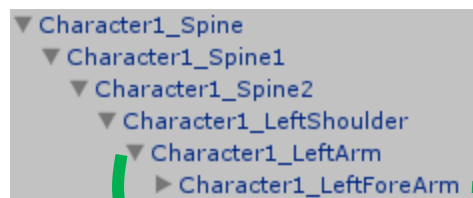
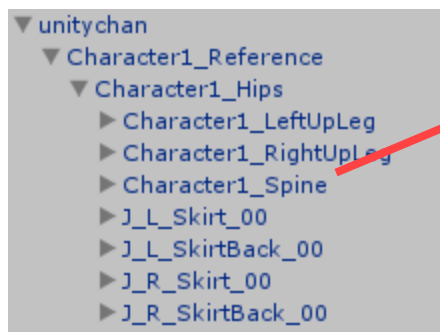
肩の回転で
上腕から先も動く

肘の回転で
前腕から先も動く

キャラクターアニメーション

■Unityちゃん

- 同様の階層構造で多関節構造を表現
- FKでキャラクターのポーズ付けが可能

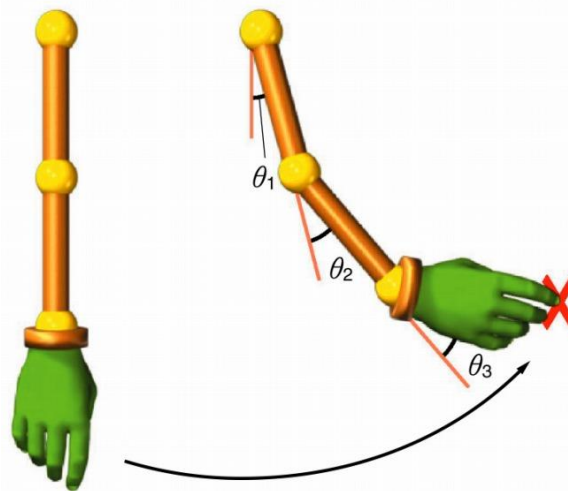


キャラクターアニメーション

■ インバースキネマティクス (逆運動学)

- **末端を指定**すると自動計算で各関節の角度を求める
- 動作が一意に定まらないこともしばしば
 - 脇が開くケースもある
- ⇒ 制約条件を付加して解を限定する
 - 各関節の可動域
 - 指定関節の向き指定

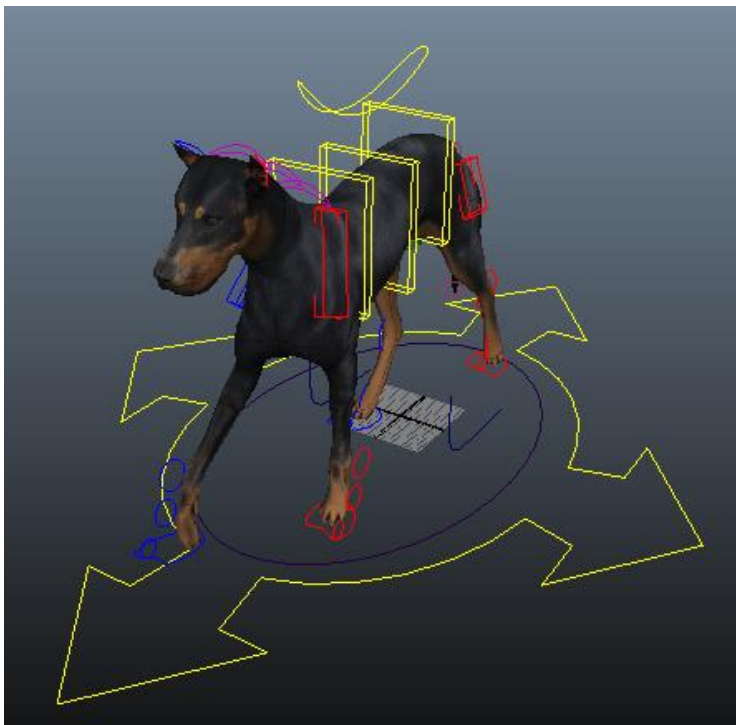
■ 図5.31—インバースキネマティクス



「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)

キャラクターアニメーション

- Mayaでのキャラクターアニメーション例
 - リグ：FKとIKの組み合わせで作られる

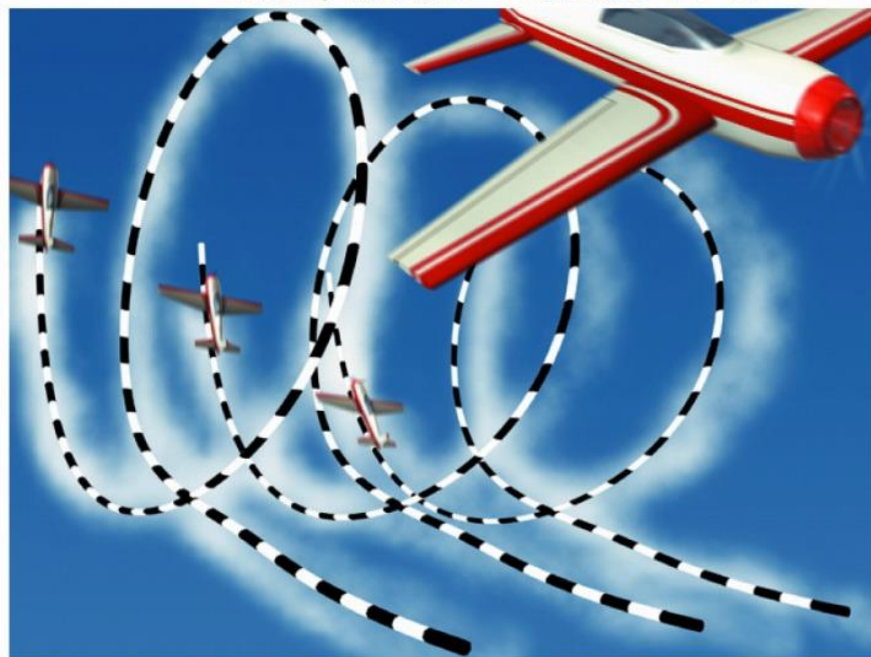


パスアニメーション

■ 曲線の軌跡(パス)に沿ってアニメーション

- 飛行機の軌道をパスに沿わせる
- カメラをパスに沿わせる
- 姿勢制御：位置，向き

■ 図5.32——パスアニメーション(図中の白黒のストライプの帯が、飛行機のパスを指定している)



「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)

筋肉変形アニメーション

- 骨, 筋肉⇒皮膚の動きをシミュレーション
 - 腕を曲げた時の**筋肉の盛り上がり**の表現

<https://www.youtube.com/watch?v=qKBFsvFLapY>

Maya Muscle Demo
© Stefan Ehrenhaus

表情アニメーション

■ ブレンドシェイプ

- 特徴的な顔や局所変形のセットを補間して表情を作る
- パラメータの数が多くて大変
⇒ 各種自動化の手法が提案されている



[Kholgade11]

<https://www.youtube.com/watch?v=MwgSDj0qvp0>

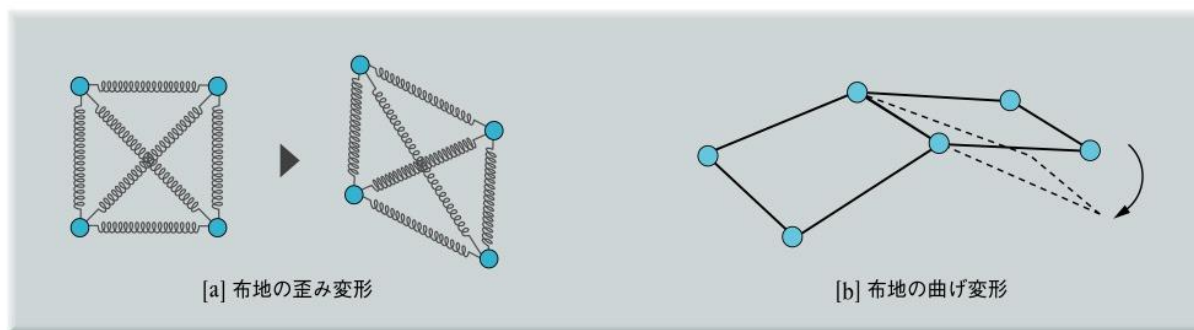
Faceware
© 2014 Faceware
Tech.

布のシミュレーション

■物理モデルに従った布地の変形

- 基本はバネ質点系モデル
- キャラクタとの干渉も考慮

■図5.37——布地の物理モデル



「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)



高速な
布シミュレーション
[Kavan11]

髪の毛のシミュレーション

■ 髪の毛の本数は一般的に**10万本**

- 高速に髪の毛のシミュレーションを行う手法
- 実写画像をキャプチャしてデザインを手助けする手法



高速な髪の毛の
シミュレーション
[Müller12]



実写画像のキャプチャ
[Hu14]

レポート課題3-1

- CG制作ソフトウェアを使ってアニメーションをデザインしなさい
 - **使用するソフトウェア**：自由に選択してよい
 - 作成するアニメーション：自由にデザインしてよい

Unity

■授業でも取り扱ったゲームエンジン

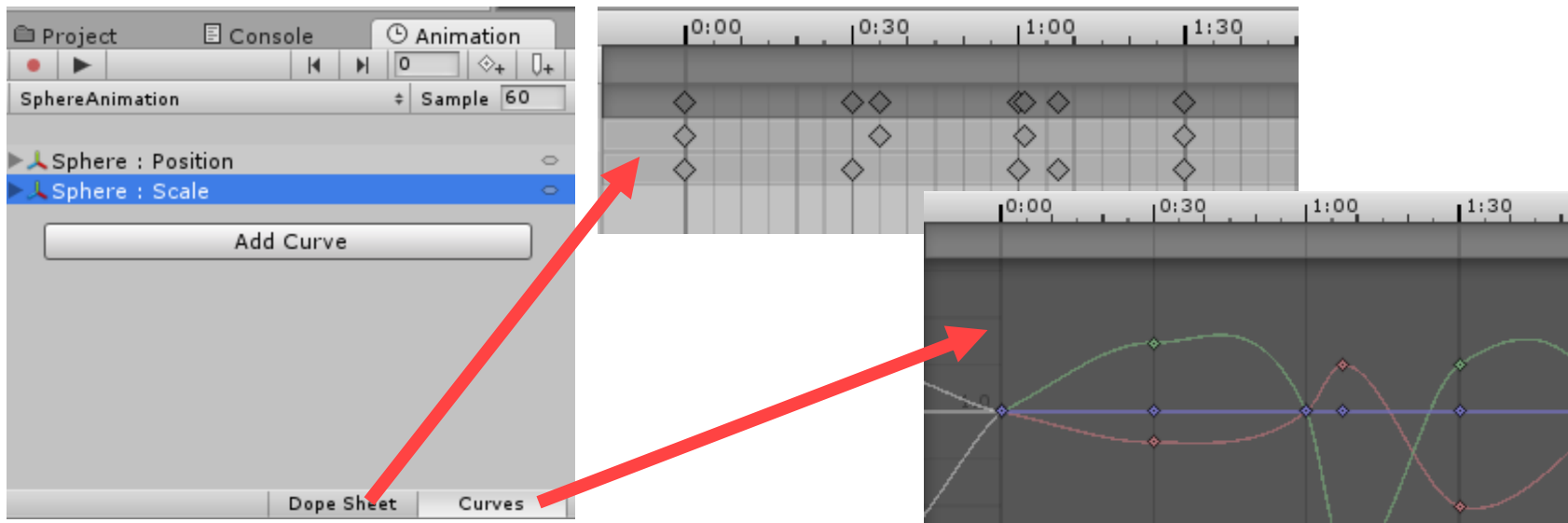
- Web : <http://japan.unity3d.com/>
- Unityちゃんを使つての制作が可能
- キーフレーム作成機能



Unity

■ポーズ作成課題の延長でアニメーション作成可能

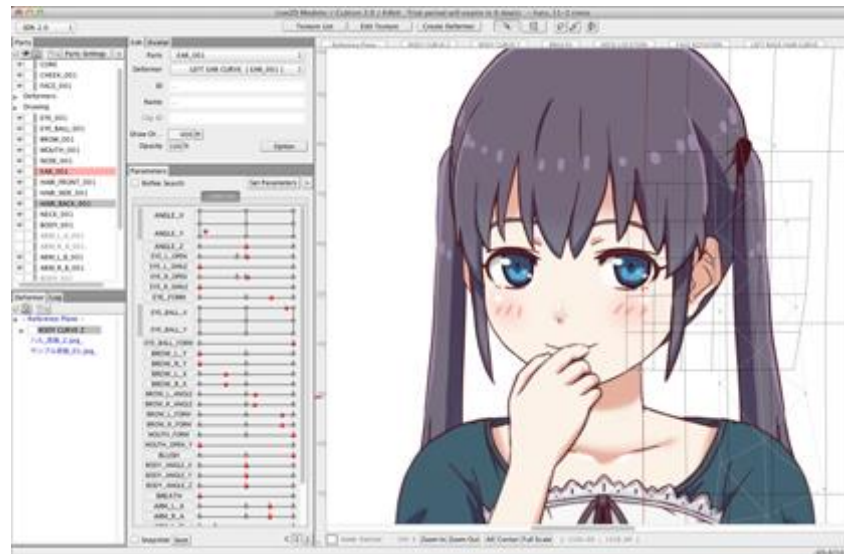
- キーフレーム作成
- Animationビュー
 - Dope Sheet: どこにキーフレームが打たれているかの確認
 - Curves: 補間のカーブを調整できる



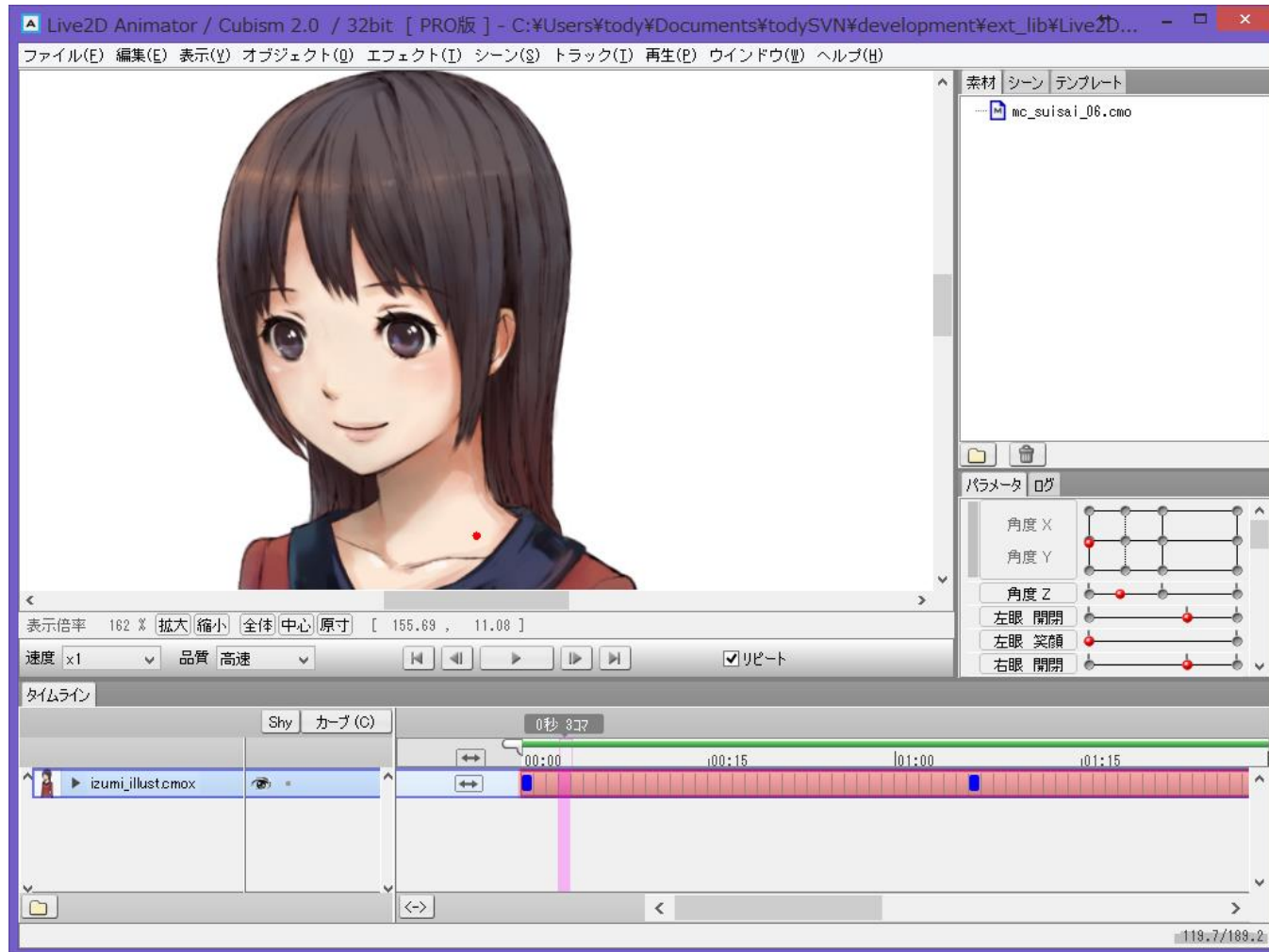
Live2D

■ 2Dを活かした立体表現

- Web: <http://www.live2d.com/>
- Unityちゃん同様にすぐに遊べるキャラクターデータ
- パラメータで表情やポーズの調整が可能
- キーフレーム作成機能



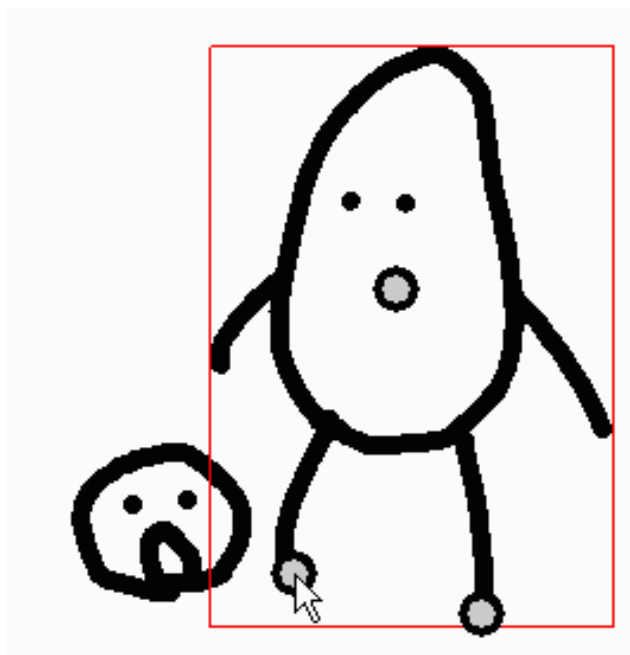
Live2D



ムービングスケッチ

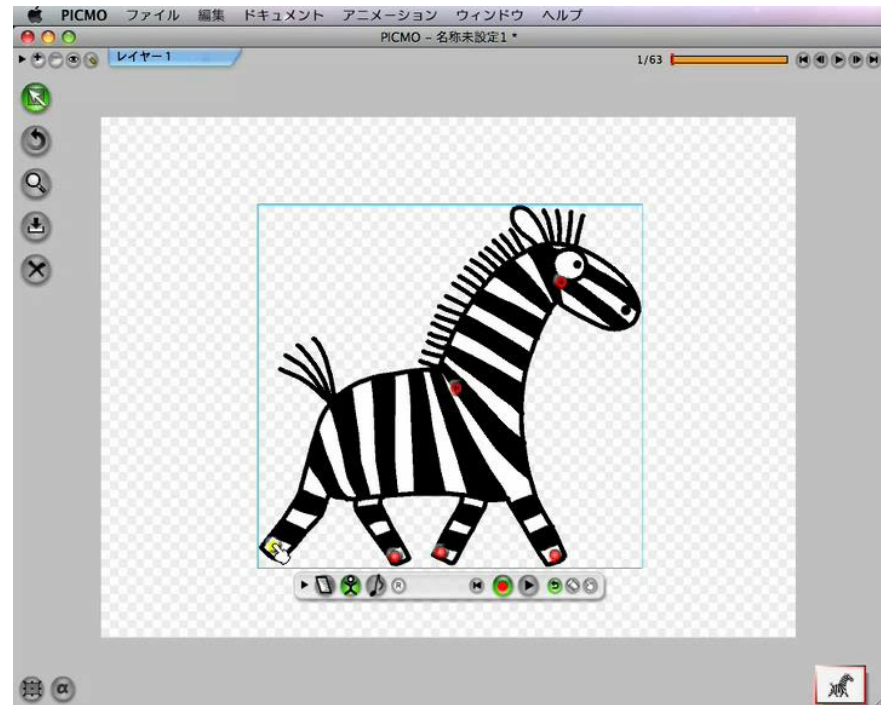
■初心者向けのアニメーションシステム

- Web: <http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/research/rigid/movingsketch/index-j.html>
- Windows, Java専用
- 製品版のPICMOであれば, Macでも利用可能



PICMO Animation

- ムービングスケッチの機能が搭載された商用ソフト
 - 画像の変形によるアニメーション
 - ピン&ドラッグによるアニメーション

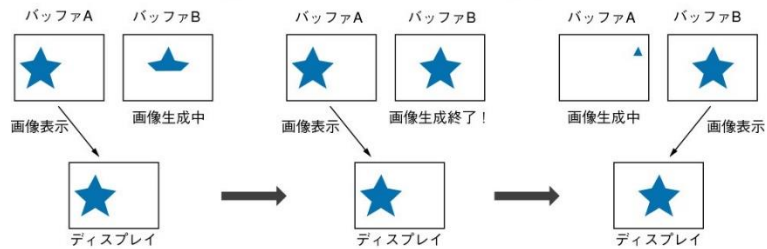


次回

■リアルタイムCG

- リアルタイムアニメーションの手法
- リアルタイムのCGシステム

■図5.41——ダブルバッファ方式



「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)

■図5.44——シェーダを用いたリアルタイムシェーディングの例 (NVIDIA社のデモコンテンツ)



(©NVIDIA Corporation)

「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)