

アニメーション

コンピュータグラフィックス 第10回

教科書 Chapter4

CGアニメーションの構成

4－1

アニメーションとは

アニメート

生命を吹き込むという意味

✕ 動くものを直接撮影したものは、実写映像

静止している画像に制作者が演出し、動きを何らかの方法で作り出すこと

娯楽やエンターテインメントを目的とするため
必ずしも忠実に再現するものではなく、誇張などの技法を用いる

参考：シミュレーション

訓練や予測を目的とし、事象を正確に再現する目的

仮現運動とアニメーション

動いていないのに、動いて見える……

パラパラ漫画……仮現運動

<https://www.youtube.com/watch?v=Ulibg3nPu2I>

フィルムやVTRに1コマずつ撮影……コマ撮り

フルアニメーション(映画……24コマ／秒, TV……30コマ／秒)

1分間 = $30 \times 60 = 1800$ コマ

そのための1コマずつの画像の作り方

- ✓ セル……透明のセルロイドを少しずつ動かす
- ✓ パペットアニメ……ぬいぐるみをすこしずつ移動して撮影
- ✓ クレイアニメ……粘土人形を動かして撮影
- ✓ **CGで静止画として作成**

アニメーションの種類

セルアニメーション

<https://www.youtube.com/watch?v=gpEhS-oJuk8>

パペットアニメーション

<https://www.youtube.com/watch?v=t0NmdnySwrQ>

https://www.youtube.com/watch?v=hZZ_sJ5eZ-E

クレイアニメーション

<https://www.youtube.com/watch?v=rN9wPWu3TTA>

ストップモーションアニメーション

https://www.youtube.com/watch?v=ES_LvdzmKR8

セルアニメーションの中割

原画



中割画像



薄い線の画像
が中割

アニメーション技法のCGアニメへの応用

1930年代のディズニースタジオで多くの技法が開発された

- ① 押しつぶし・引き伸ばし
- ② タイミングと動作
- ③ 予備動作
- ④ ステージング
- ⑤ フォロースルー・オーバーラップ
- ⑥ 順次動きつけ・ボースごと動き付け
- ⑦ スローイン・スローアウト
- ⑧ 弧
- ⑨ 誇張
- ⑩ 2次動作
- ⑪ アピール

カメラワーク(1)

アングル

- ①ハイアングル: 見下ろす感じ、客観的な視点、**状況を説明するのに有効**
- ②ローアングル: 奥行きのある生き生きした感じ、角度が急だと窮屈な感じ
- ③アイレベル: もっとも日常的で違和感がない。平凡なシーン

■図5.2——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

「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

カメラワーク

フレームサイズ

- ① アップショット： キャラクターの表情に適している
- ② ミドルショット・・・背景とキャラクターが6：4 把握しやすい
- ③ ロングショット・・・水平線の位置に注意



[a] アップショット



[b] ミドルショット

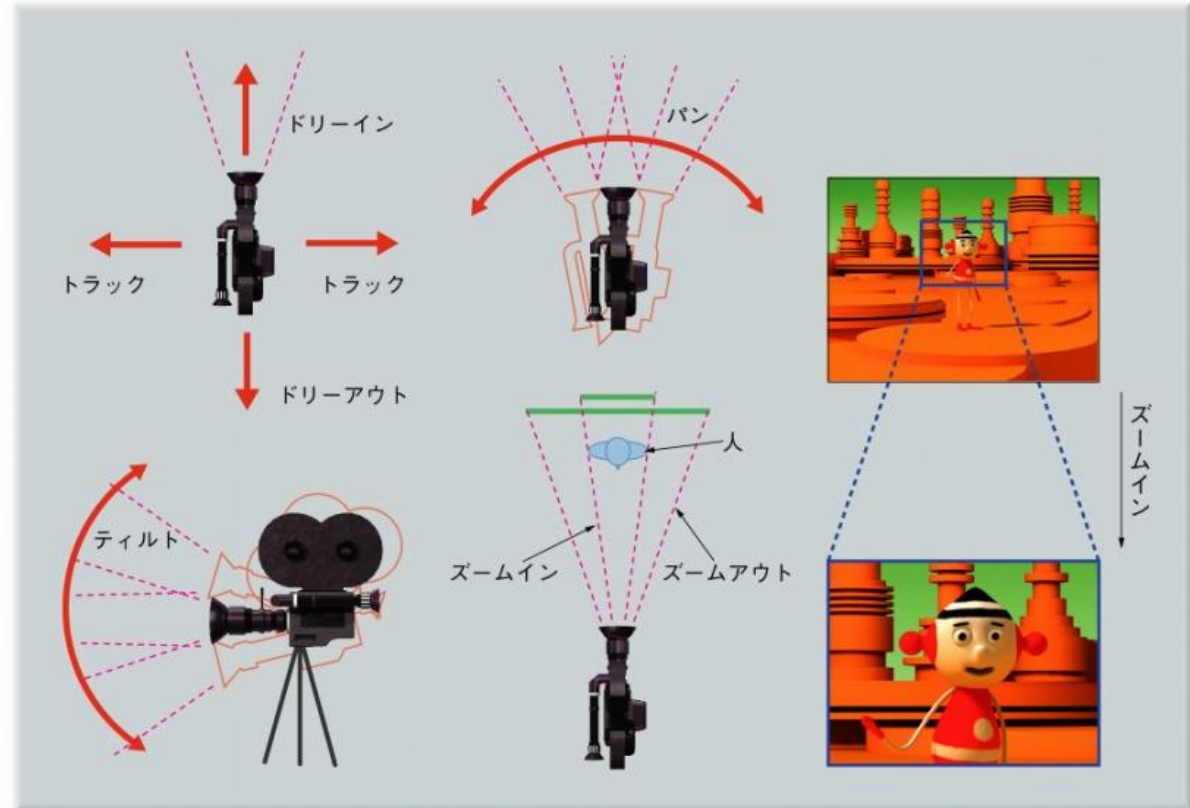


[c] ロングショット

カメラの動き

- ①ドリー（前後）
- ②トラック（左右）
- ③パン（水平方向のふり）
- ④ティルト（上下のふり）
- ⑤ズーム

■図5.3——カメラの基本動作



「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

キーフレームアニメーション

4 - 2

キーフレーム法とスケルトン法

キーフレーム法

キーフレーム：中割りにあたって、
中心となるフレーム
キー以外のフレームはコン
ピュータが計算

■図5.6——カメラの移動によるアニメーション

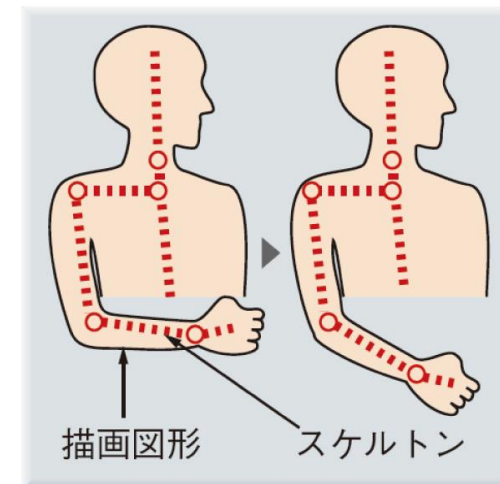


「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

スケルトン法

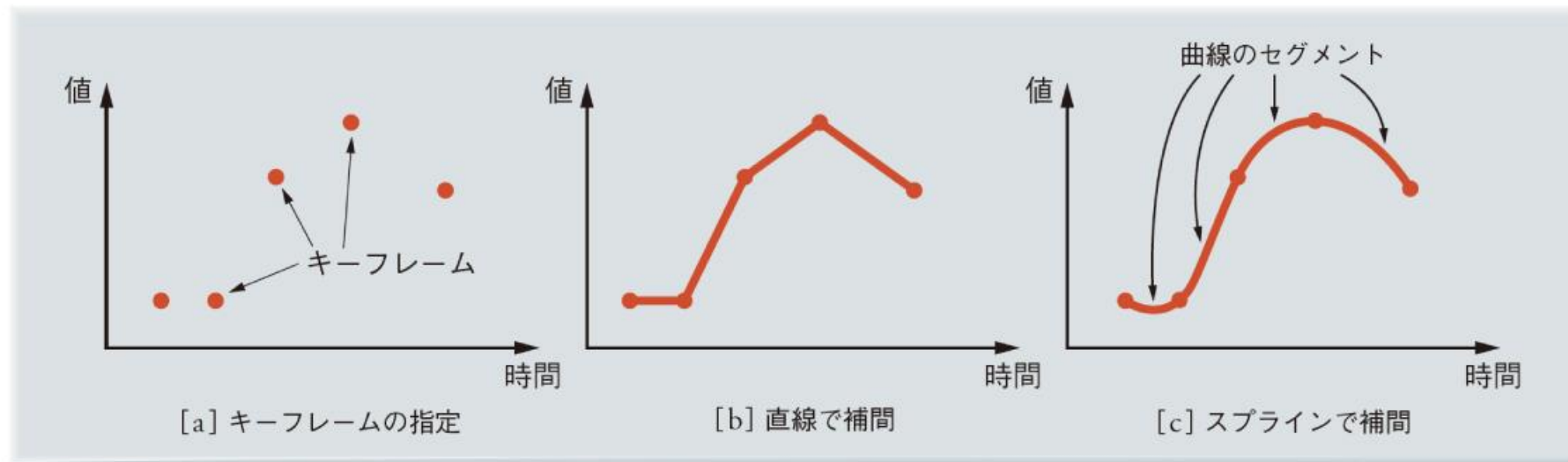
複雑な輪郭を持つ
人間や動物のアニメーション
(輪郭が変形する)

■図4.9——スケルトン法



キーフレームの補完

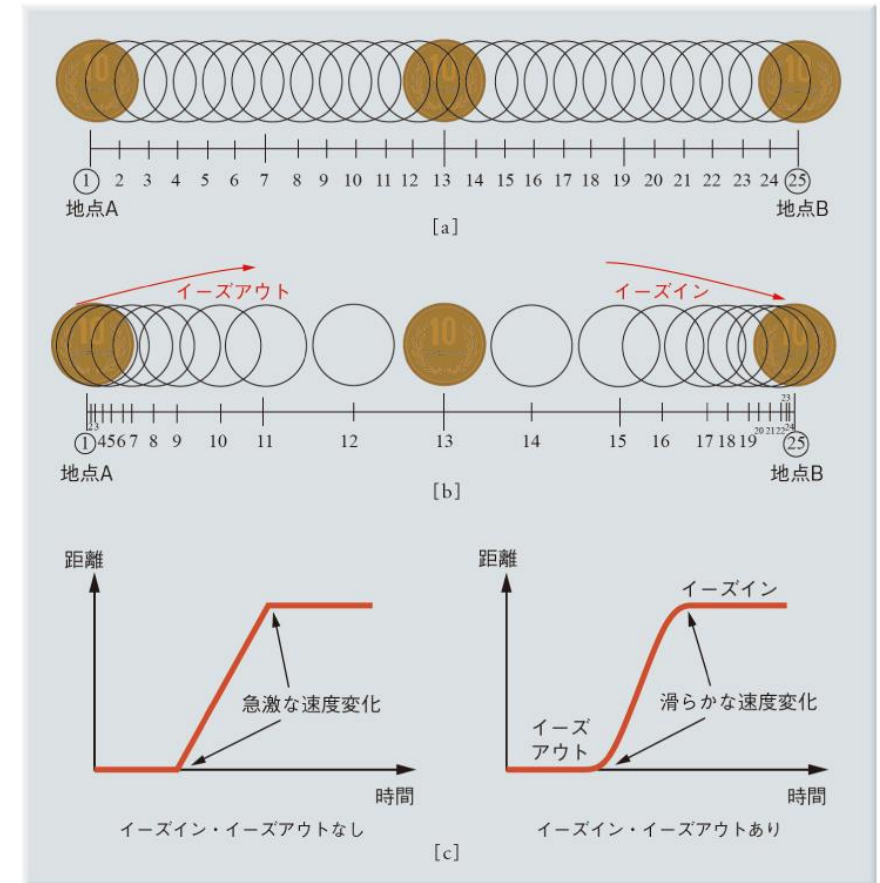
滑らかな動きを再現するには、[C]



キーフレームの補完

■図4.11—
イーズイン・イーズアウト

急激な速度変化は不自然
ゆっくり滑りだすように(イーズアウト)
移動を徐々に終える(イーズイン)



「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年／
公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

キーフレームの補完まとめ

■図5.9——ボールの跳ね返りのキーフレームアニメーション



「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会（CG-ARTS協会）

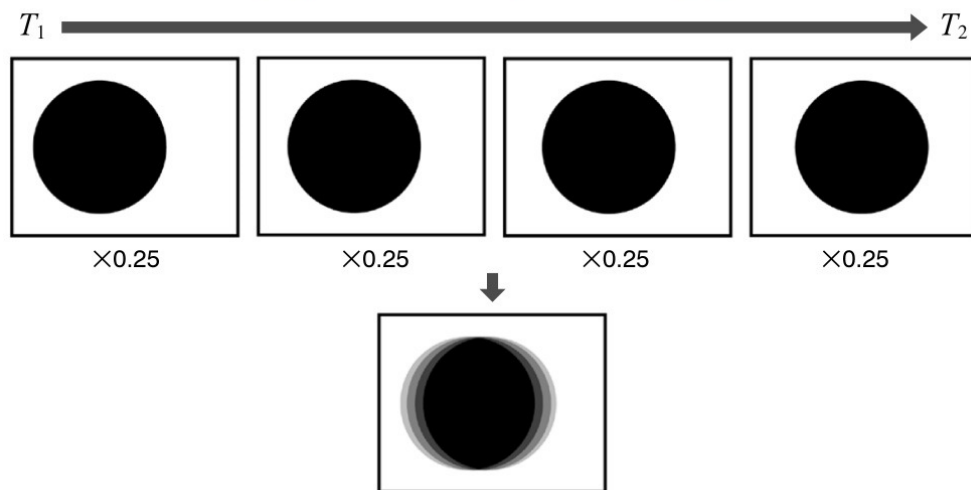
キーフレーム以外は、物理法則にとらわれない誇張表現も可能



モーションブラー

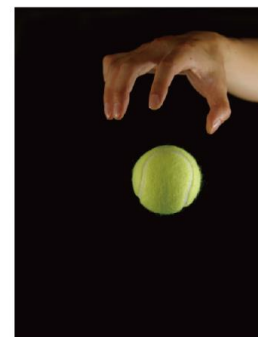
動きあるものを撮影した時に生じるぼけやぶれ

■図5.5——モーションブラーの原理



『ビジュアル情報処理』2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

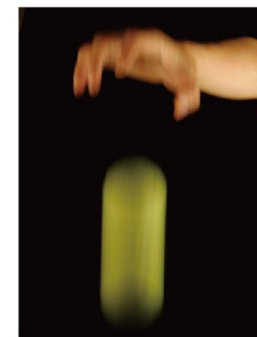
実写



[a] シャッタースピード1/1,000秒の場合



[b] シャッタースピード1/60秒の場合



[c] シャッタースピード1/8秒の場合

CG

■図5.4——モーションブラー



『ビジュアル情報処理』2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

形状変形アニメーション(1)

モーフィング

ある画像を別の画像に滑らかに変化させる
2枚の画像の対応点を決める(赤線)

■図5.16——画像のモーフィング処理

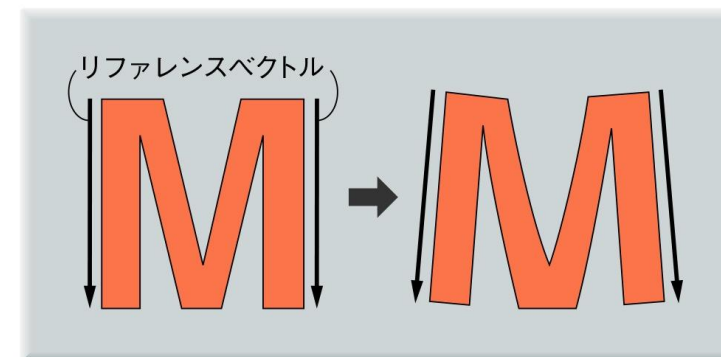


「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

ワーピング

1枚の画像を対象
リファレンスベクトルによって変
形前後の対応を指定
処理的には、モーフィングと同じ

■図5.17——画像のワーピング処理

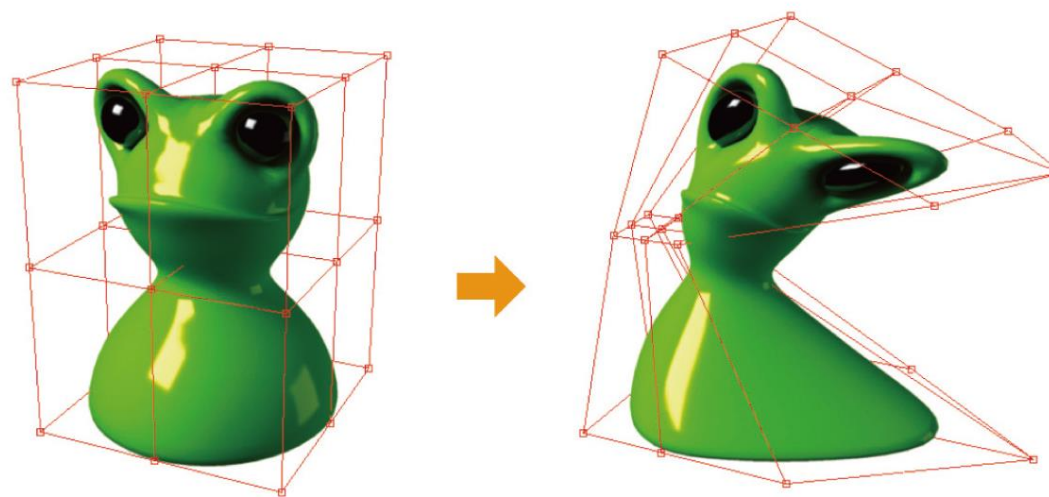


「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

形状変形アニメーション(2)

自由形状変形 (Free Form Deformation: FFD)

- 柔軟な物体の形状変形を実現
- オブジェクトを囲む格子点を動かすことで内部の空間を変形、それに応じてオブジェクトを変形



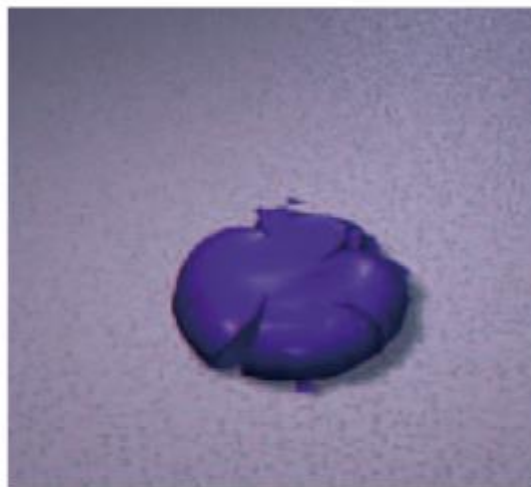
(提供: 木村 卓)

形状変形アニメーション(3)

有限要素法(FEM)でシミュレーション

例

物体の形状と物理特性を与えて、外力が加わった時の破壊をシミュレーション



(J. F. O'Brien, A. W. Bargteil and J. K. Hodgins, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002 p.291
© 2002 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

手続き型アニメーション

4－3

手続き型アニメーション

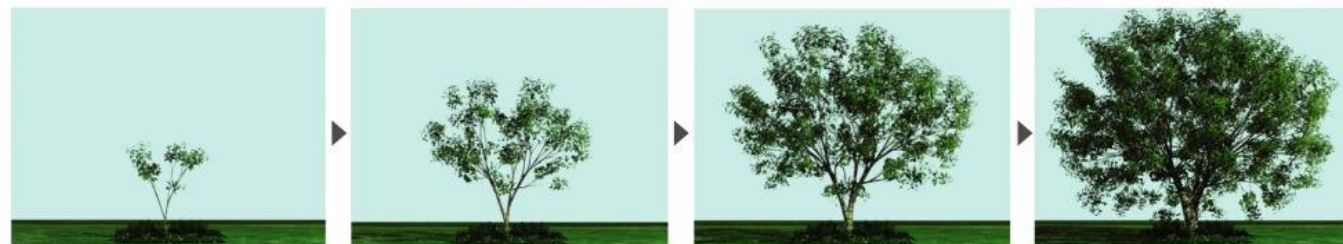
手作業（キーフレームアニメーション）では、
表現しきれない複雑な形状や成長の動きを
物理的な法則をシミュレーションしたり
設定したルールで自動生成する

- ◆植物などの成長過程を表現する手法
- ◆流体や爆発、燃焼を表現する手法
- ◆AIを用いた自立行動の表現

進化・成長のアニメーション

Lシステムを応用した生長モデル

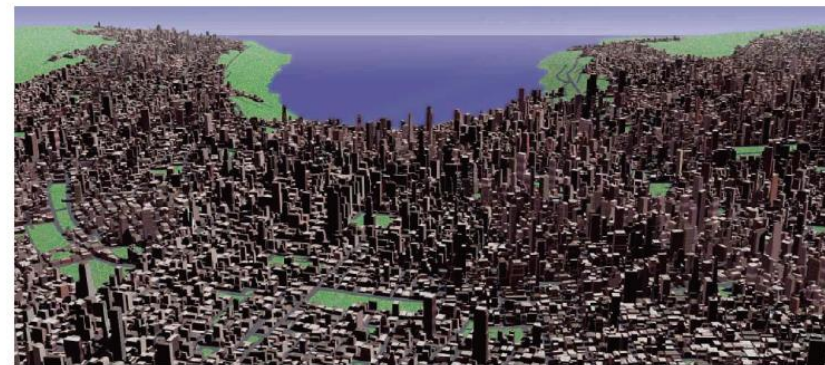
■図5.21——生長のシミュレーション



(提供：株式会社 JFP, 岩手大学)

「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

海拔や人口密度などの情報による都市の成長モデル



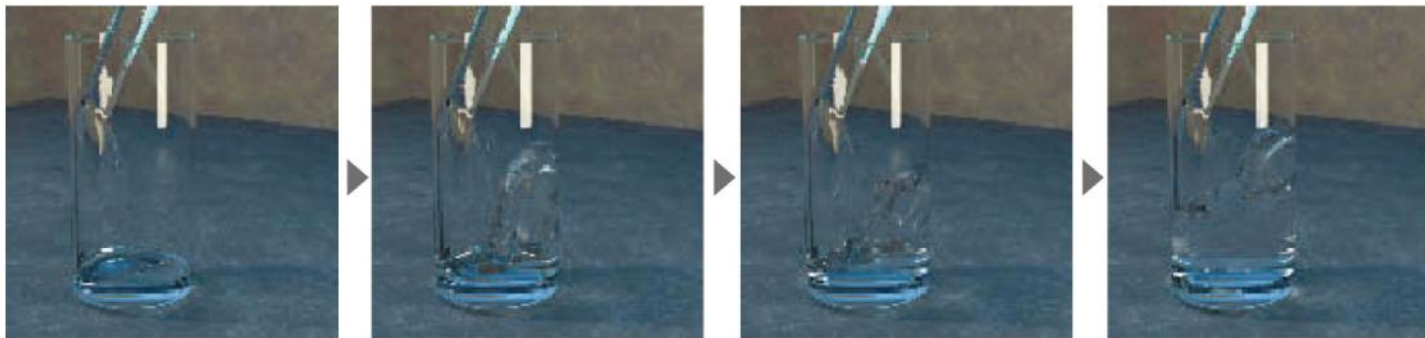
(Y.I. H. Parish and P.Müller, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001 p.308 ©2001 ACM, Inc.
Reprinted by permission.)

自然現象のアニメーション

流体や火花(不定形オブジェクト)のアニメーション

パーティクル・・・小さな粒子でモデル化
その動きを計算して画像化する

波: 界面の周期関数による動きのシミュレーション
注ぐ水は表現できない・・・仮想マーカーを配置



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

ナビエ・ストークス方程式による流体の計算

■図5.23——ガス状物体のシミュレーション



(Copyright 2001, Ronald Fedkiw and Henrik Wann Jensen)
「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

パーティクルの応用

- 表面が定義できないような物体を表す
- オブジェクトを大量のパーティクルの集まりとして定義し、一括して動作させる
- 雪や紙吹雪、建物の爆発、鳥や魚の群れなどを表現できる

■図4.21——パーティクルによる噴水の表現



(提供：筑波大学 金森由博)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年／公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

AIを用いたアニメーションの自動生成

ゲームなどに用いられるキャラクターが自律的に動作するアニメーション

<https://www.youtube.com/watch?v=f07PfYOCQBY>

これはほんとにAI https://ai.userlocal.jp/document/virtual_chatbot

群衆アニメーション

<https://youtu.be/i4XM6KNSj3M>

https://www.youtube.com/watch?v=_U4SMPkaVPo

作り方

https://area.autodesk.jp/column/tutorial/gemba_convert/06_crowd_animation/

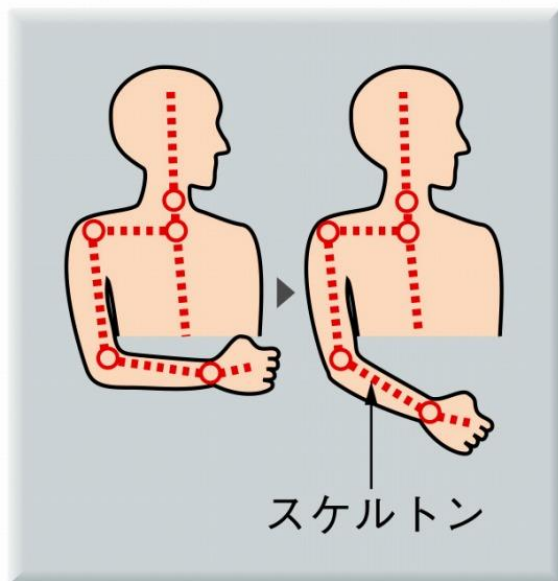
キャラクターアニメーション

4 - 4

スケルトン法

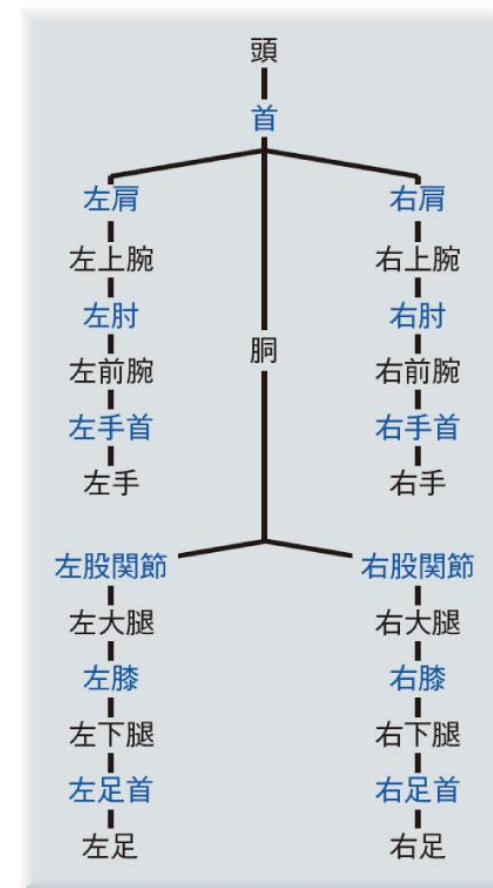
スケルトン・・・仮想的な骨格(ボーン)
骨格を動かし、
形状(スキン)の変形を計算する

■図5.7—スケルトン法

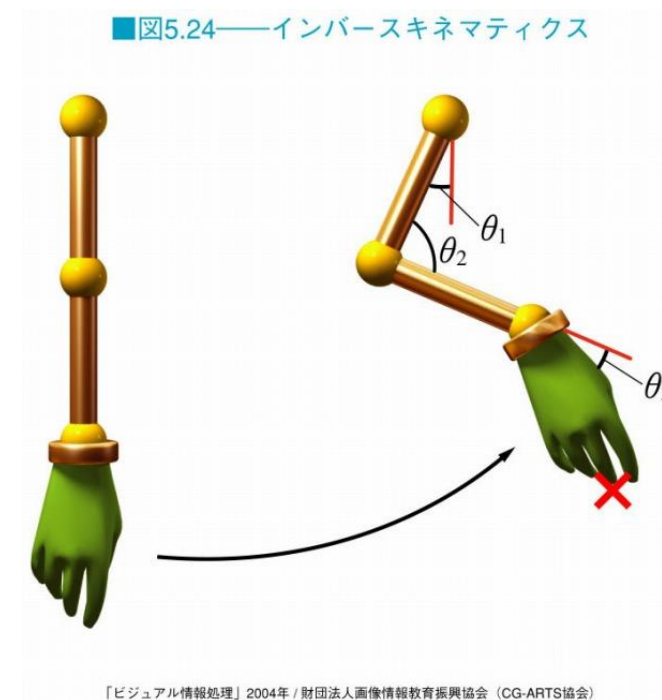
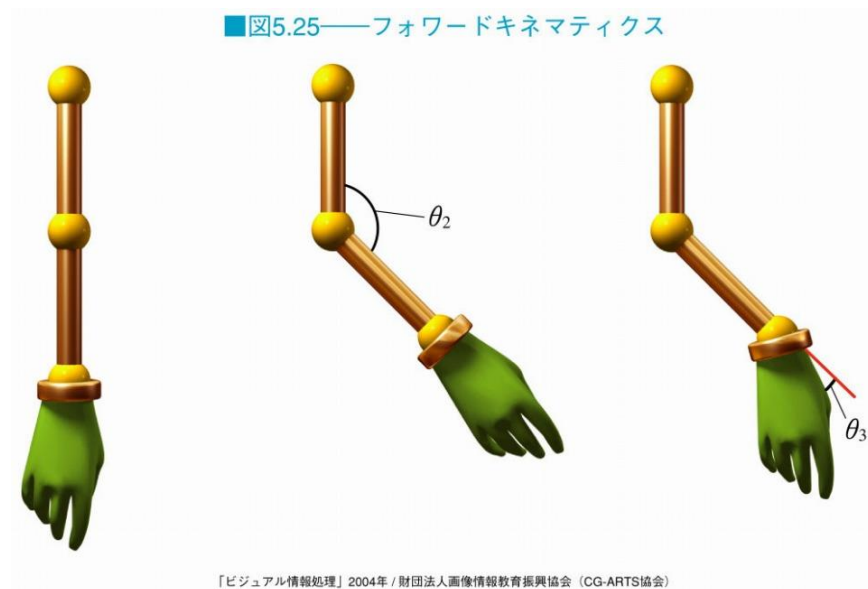


「ビジュアル情報処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

■図4.22——
人体の階層構造
(指先は除く。関節部は青色、
部位は黒色で表している)



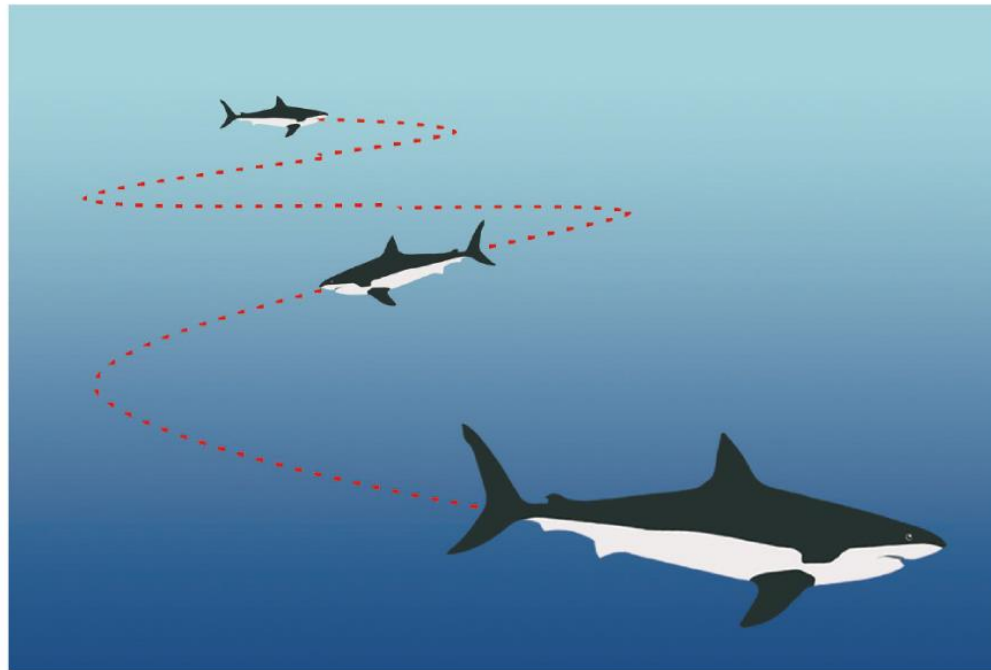
フォワードキネマティクス (FK) とインバースキネマティクス (IK)



動作を作りやすい

パスアニメーション

■図4.25——パスアニメーション
(図中の点線が、サメのパスを指定している)



「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

キャラクターを動かす技術

モーションキャプチャー

人物や物体の動きをデジタルで記録する技術

顔の表情を取得するフェーシャルキャプチャー(トラッカー)も

アバタへの動作のリアルな再現手法

モーションキャプチャは慣性センサ式(機械式)、光学式、画像処理式が主流

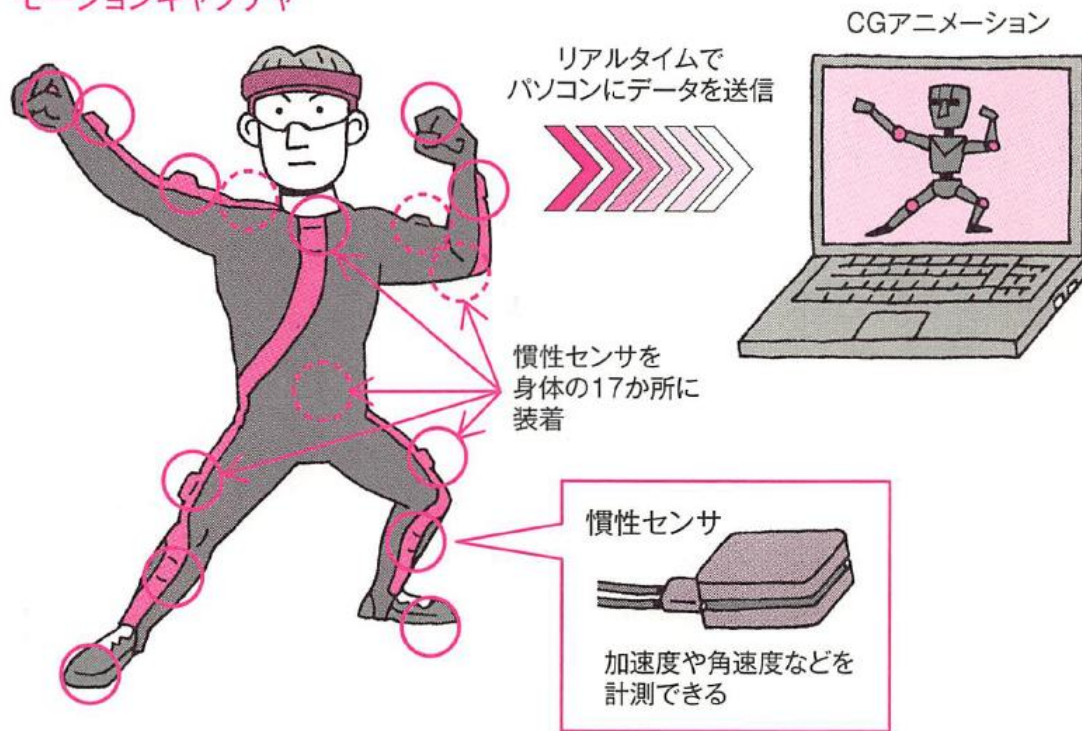
最近では

画像処理とくにAIの進歩によりスマホなどの普通のカメラで、人間の動作や顔の表情を取得するものがある

慣性センサー式(機械式)

図1 慣性センサ式のモーションキャプチャ

慣性センサ式
モーションキャプチャ



慣性センサー

加速度センサーやジャイロ스코ープ

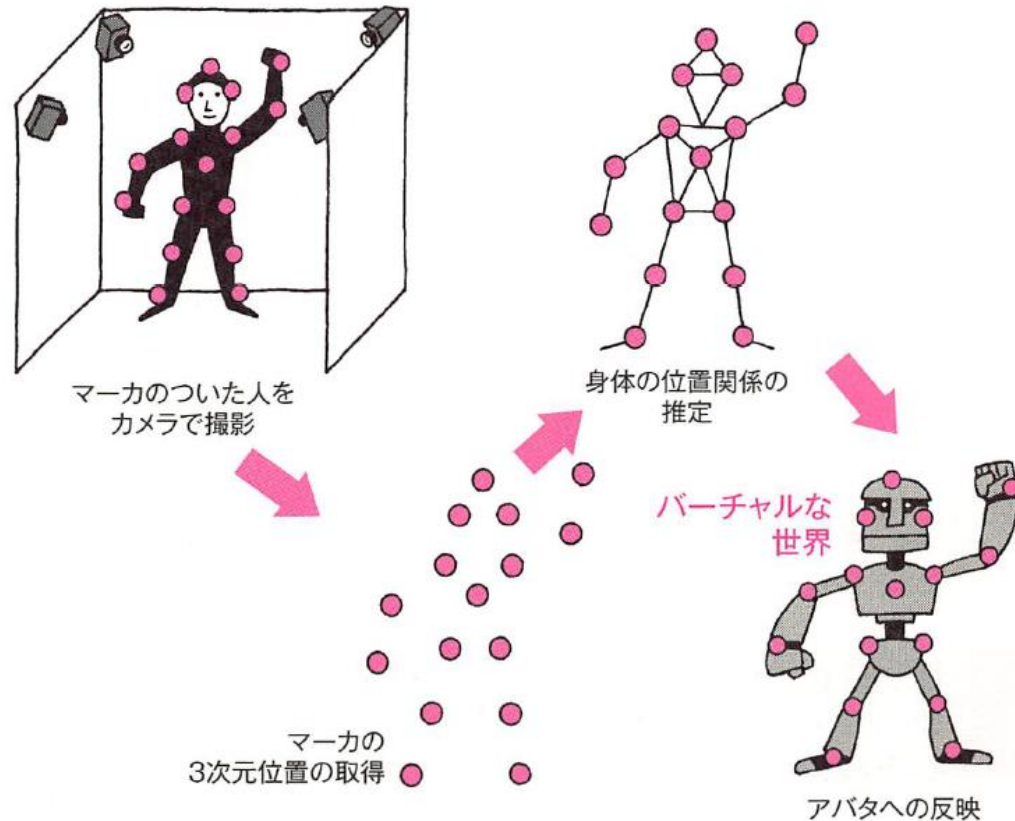
- ✓ 位置の精度は、相対的な変化のためズレが大きい
- ✓ 室内、外を問わない
- ✓ 空間の大小も問わない

機械式モーションキャプチャ



光学式

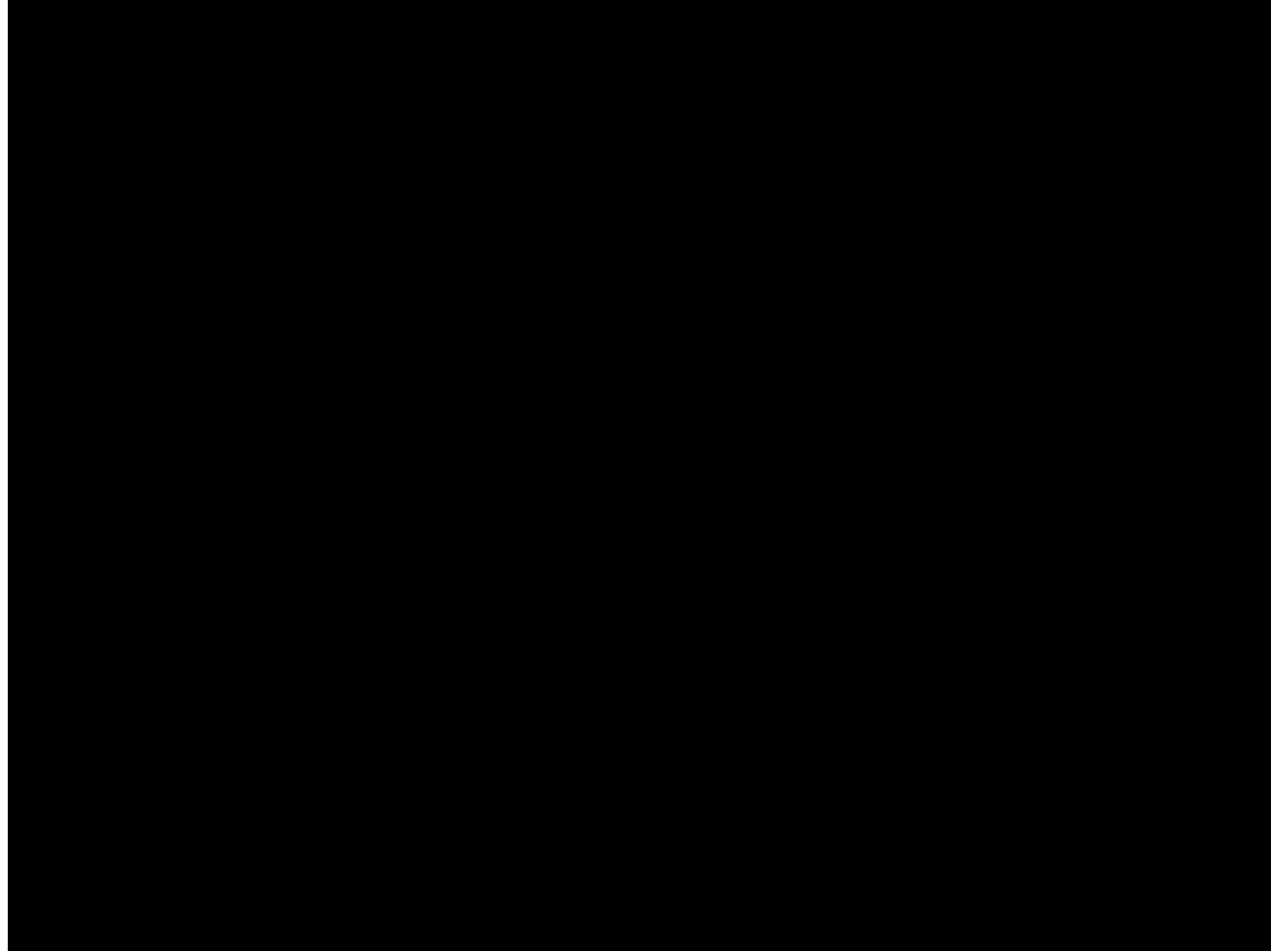
図2 光学式のモーションキャプチャ



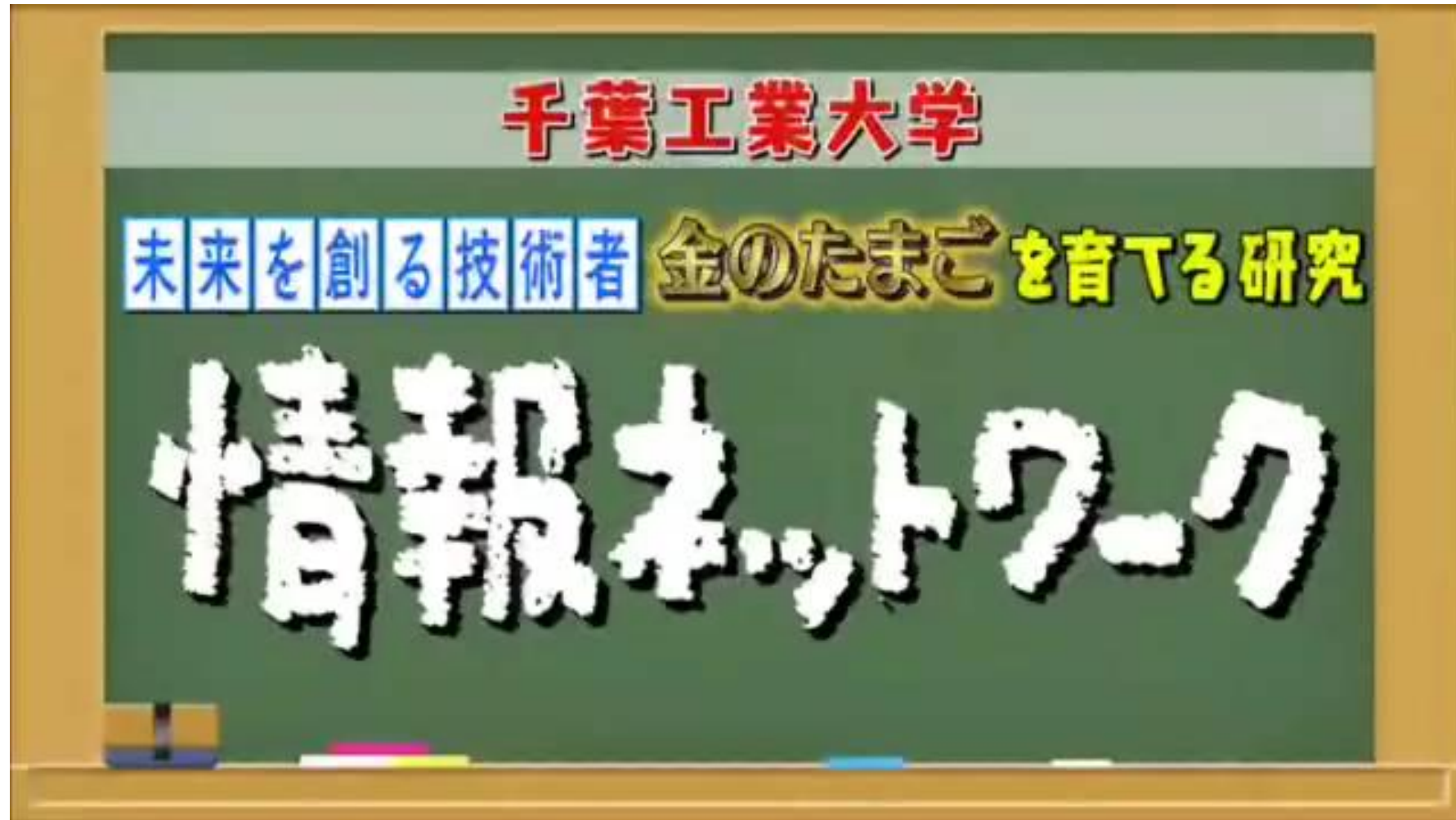
複数のカメラ(赤外線カメラ)を用いて身体につけたマーカを読み取って身体の動きを再現

- ✓ 位置の精度は、空間位置なので正確
- ✓ 室内とくにカメラの設置した決められた空間内のみ

光学式モーションキャプチャー



光学式モーションキャプチャー



画像処理式



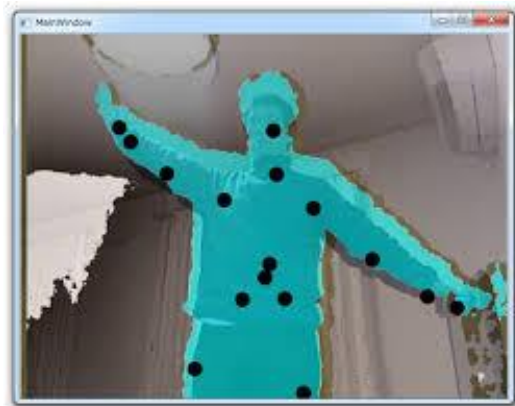
KINECT™
for XBOX 360.

<https://youtu.be/oyjNqksc-m8>

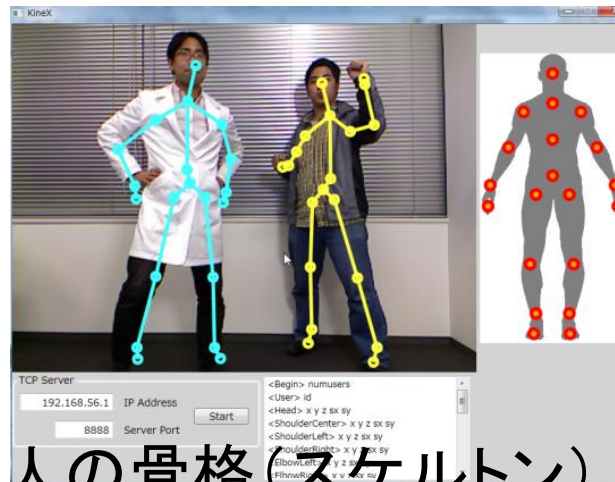
Kinect

2017販売終了

マイクロソフトから発売されたジェスチャー・音声認識によって操作ができるデバイス



深度カメラから人を抽出



人の骨格(スケルトン)
の動きに変換

- ✓ とにかく簡易にできる
- ✓ 複雑な動作には弱い

AIを用いた新しい方法

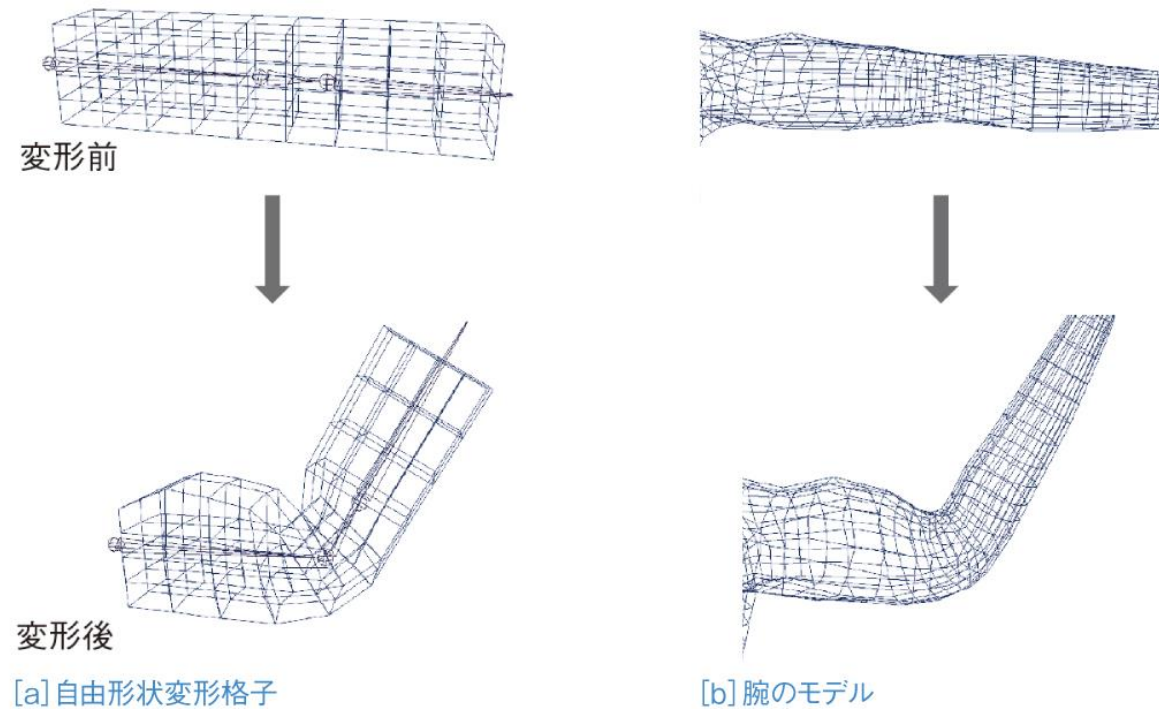
OpenPose

DeepLearningを使った、単眼カメラでのスケルトン検出ができるプログラムライブラリー



筋肉変形アニメーション

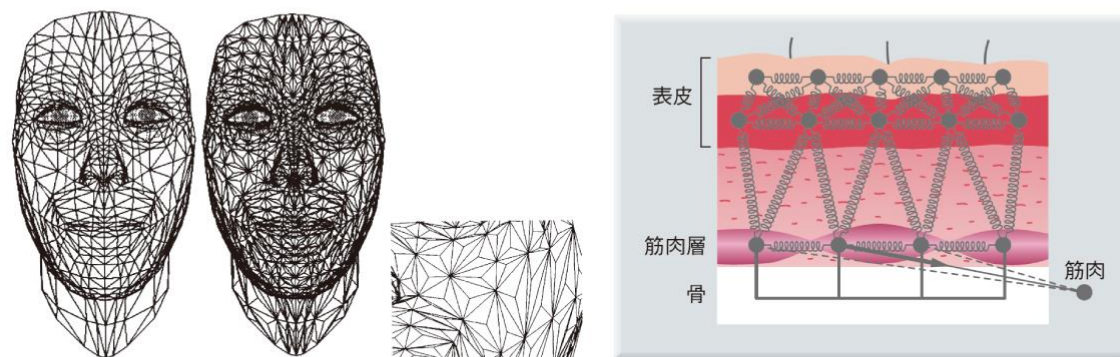
■図4.27——自由形状変形による腕のモデルの変形



「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

表情のアニメーション

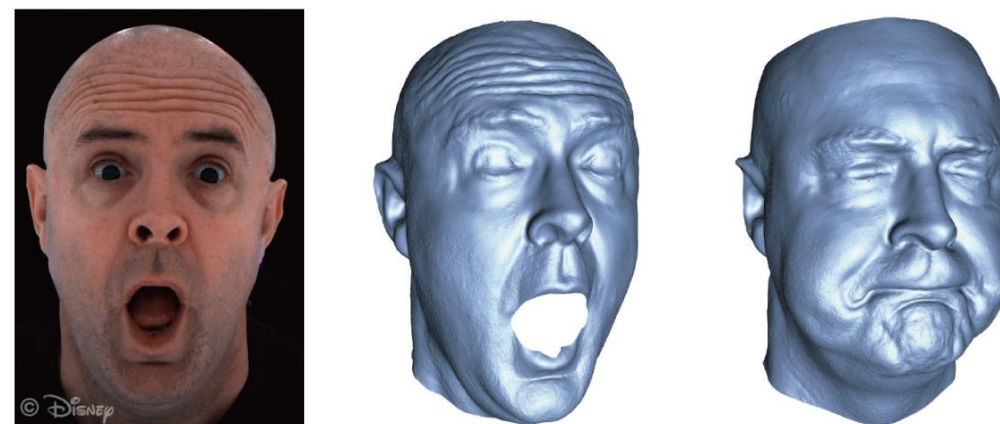
■図4.28——表情の生成のための3組織



[a] 表皮のポリゴンモデル(左), 表皮のモデルから作成したバネ-質点系モデル(中央) およびその拡大図(右)
(Republished with permission of Taylor & Francis Group LLC Books from Computer Facial Animation by Frederic I. Parke and Keith Waters, permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.)

[b] 断面図

■図4.29——表情のキャプチャの例



(T.Beeler, F.Hahn, D.Bradley, B.Bickel, P.Beardsley, C.Gotsman, R.W.Sumner and M.Gross, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2011 p.271 © 2011 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

フェーシャルトラッキング(キャプチャー)



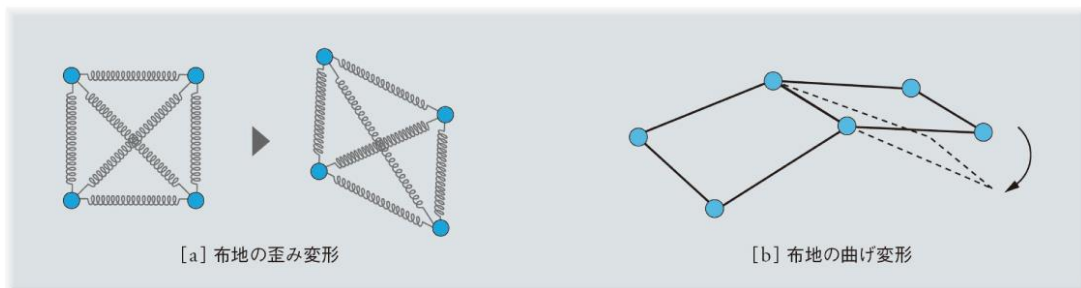
光学式モーションキャプチャーの一種

<https://youtu.be/A320joyubZc>
<https://youtu.be/rdhX75cC3Ag>



布地のアニメーション

■図4.30——布地の物理モデル



「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

■図4.31——着衣のアニメーション



(W.W.Feng, Y.Yu and B.U.Kim, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2010 ©2010 ACM, Inc.
Reprinted by permission.)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

髪の毛のアニメーション

■図4.32——髪の毛のアニメーション



(G. Daviet, F. Bertails-Descoubes and L. Boissieux, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2011
© 2011 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年／公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

群衆(フロック)アニメーション

AIのアニメーションが紹介

■図4.33——群集のアニメーション



(提供: 株式会社 StudioGX)

「ビジュアル情報処理[改訂新版]」 2017年/公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

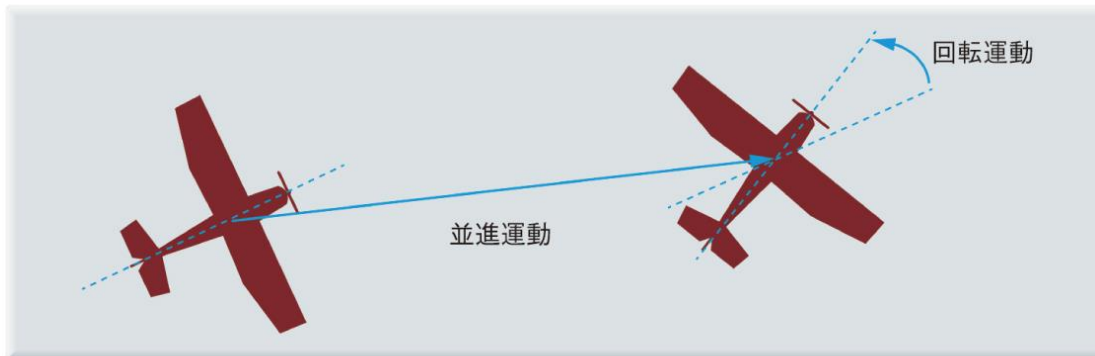
物理ベースアニメーション

4 – 5

剛体と弾性体

大きさを無視した質点の力学とは異なり、大きさをもつ剛体の力学は姿勢の変化(転向)が考えられる。こまの回転運動などは剛体の力学で扱われるテーマの一つである。なお、物体の変形を考える理論として、弾性体や塑性体の理論がある。(Wiki)

■図4.34——剛体の運動



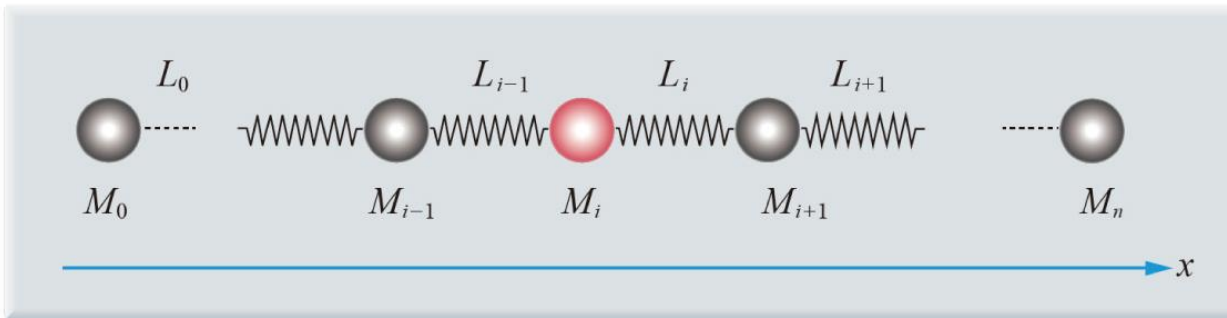
運動には、慣性モーメントなど
剛体に作用する力・・・風や重力
別の剛体との衝突
などを考慮

弾性体のシミュレーション

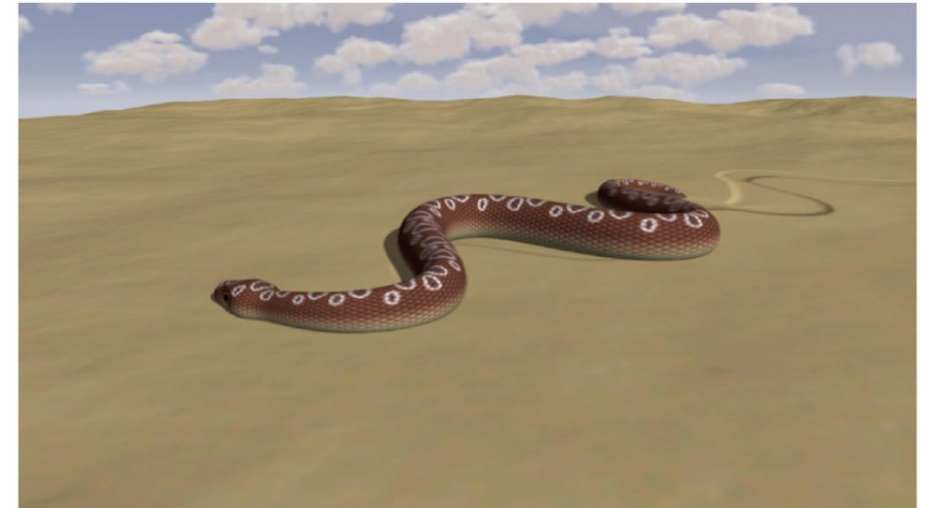
ゴムや布など外力によって変形する物質のシミュレーション
… バネ-質点系モデルが使われる

■図4.35——1次元のバネ-質点系モデル

赤い質点Mが移動



■図4.36——バネ-質点系モデルを用いた蛇のアニメーション

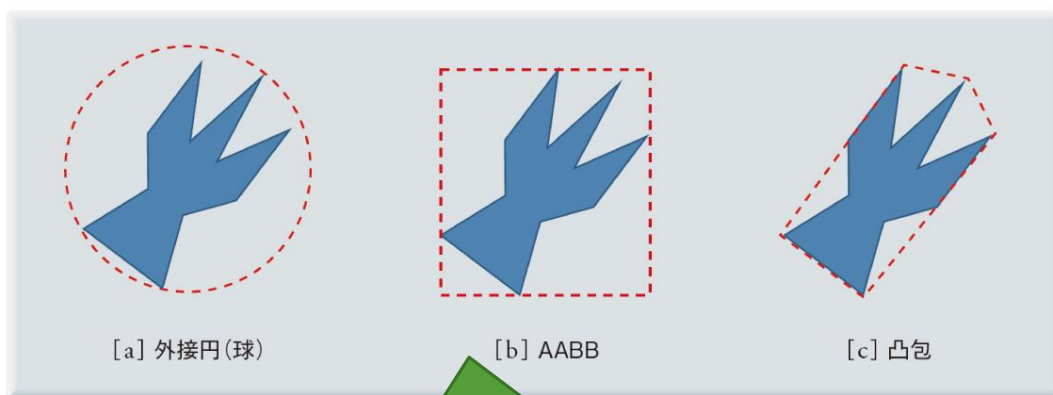


(© Gavin Miller. Reprinted by permission of Gavin Miller.)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

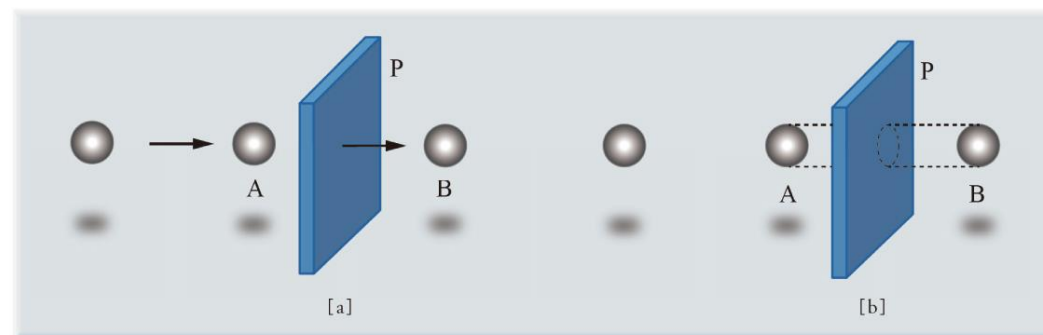
衝突判定

■図4.37——衝突判定に用いられる形状



バウンディングボックス

■図4.38——衝突判定の取りこぼし



[a] ある時点の静止画で判定すると球はPに衝突しない
[b]のように平行移動(スイープ)を判定する必要がある

静止している状態では、領域の重なりだけなので容易

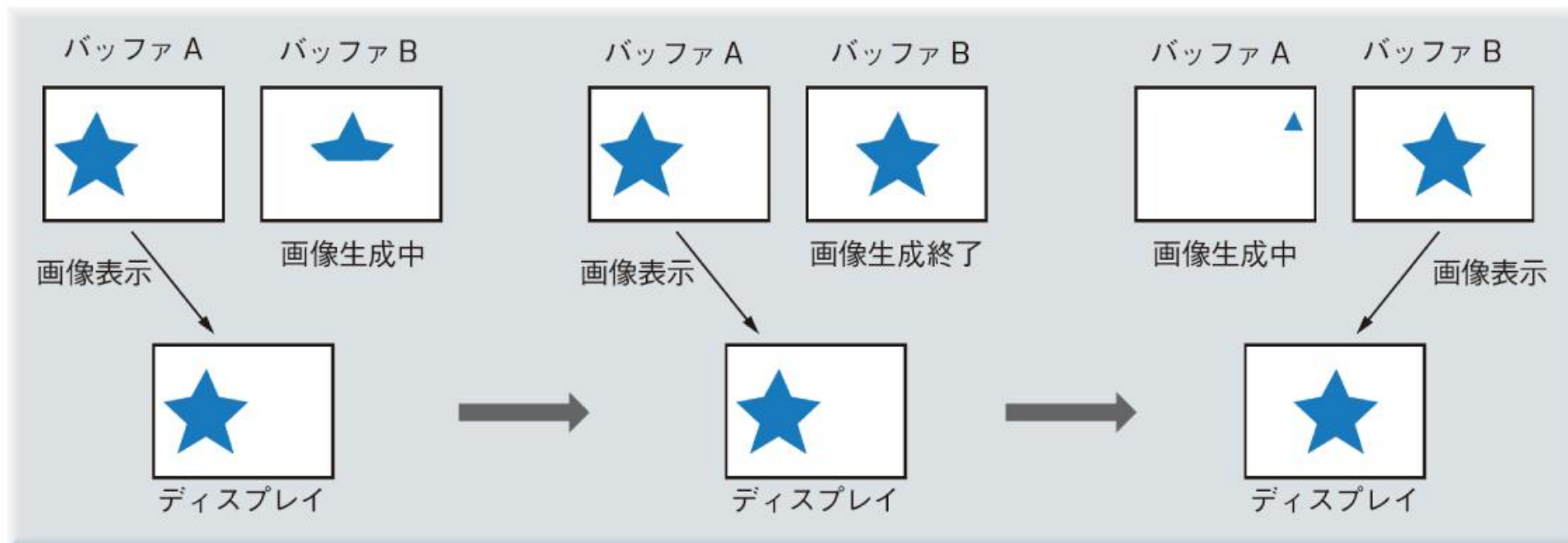
リアルタイムアニメーションと実写映像との合成

4－6

リアルタイムアニメーション

■図4.39——ダブルバッファ方式

ダブルバッファー・・・ちらつきはないが、1/30秒で1画面生成
そのためには、GPUを利用、VertexシェーダーとPixelシェーダ



リアルタイムアニメーションの事例

■図4.40——バーチャルセット



(提供: 株式会社 PANDASTUDIO.TV)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

■図4.41——プログラマブルシェーダを用いたリアルタイムシェーディングの例



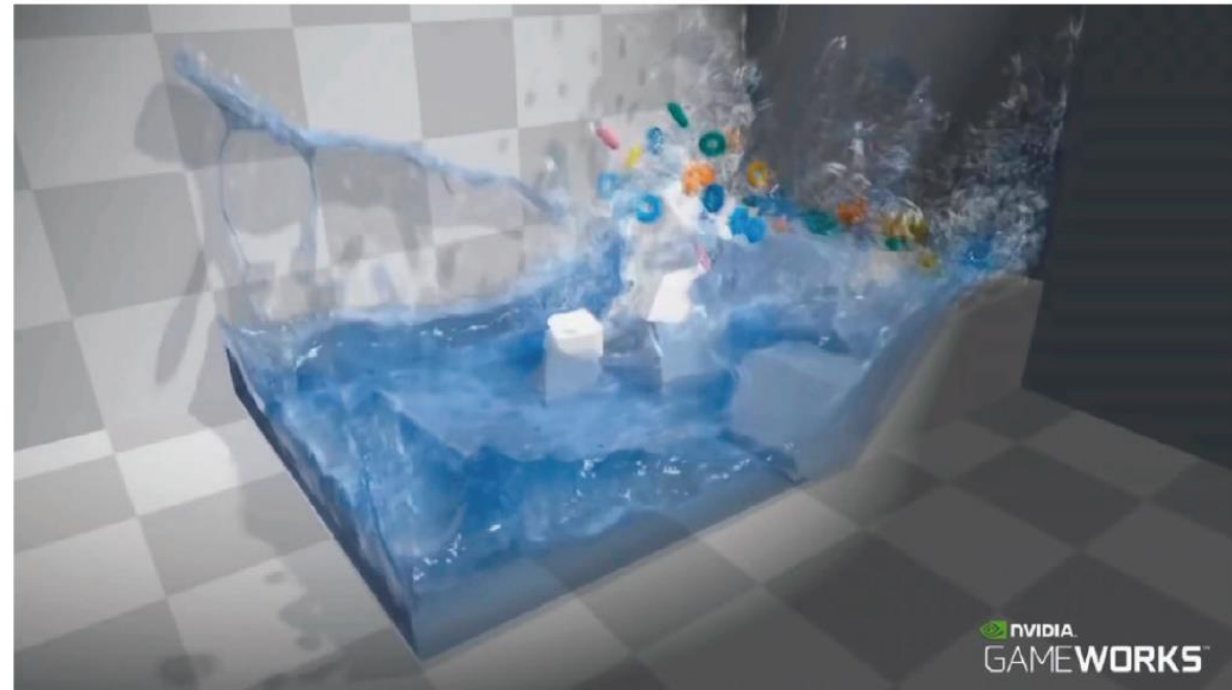
(© 2017 NVIDIA Corporation, <http://www.nvidia.co.jp/coolstuff/demos>)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

ゲーム物理

ゲーム業界では、
物理エンジンと呼ばれる

■図4.42——リアルタイム物理シミュレーションの例



(© 2017 NVIDIA Corporation, <http://www.nvidia.co.jp/coolstuff/demos>)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

実写映像との合成

カメラパラメータとの整合

■図4.43——マッチムーブによる実写とCGの合成例



『FUTURE FACTORY—ロボット工場長、採用。| グッスマ15周年』(©GOOD SMILE COMPANY, INC.)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)

照明条件との整合

■図4.44——イメージベーストライトニングの例『Digital Ira』



(© 2017 NVIDIA Corporation, <http://www.nvidia.co.jp/coolstuff/demos>)

「ビジュアル情報処理 [改訂新版]」 2017 年 / 公益財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS)