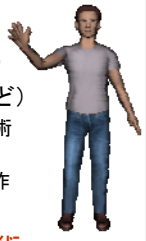
コンピュータグラフィックス特論 II

第10回　キャラクタアニメーション（1）

九州工業大学　尾下 真樹

キャラクタ・アニメーション

- CGにより表現された人体モデル（キャラクタ）のアニメーションを実現するための技術
- キャラクタ・アニメーションの用途
  - オフライン・アニメーション（映画など）
  - オンライン・アニメーション（ゲームなど）
    - どちらの用途でも使われる基本的な技術は同じ（データ量や詳細度が異なる）
    - 後者の用途では、インタラクティブな動作を実現するための工夫が必要になる
- 人体モデル・動作データの処理技術



全体の内容

- 人体モデル（骨格・姿勢・動作）の表現
- 人体モデル・動作データの作成方法
- サンプルプログラム
- 順運動学
- 逆運動学
- 姿勢補間
- 動作接続・遷移・補間
- 動作変形・生成・制御

今日の内容

- 人体モデルの基礎
- 人体モデル（骨格・姿勢・動作）の表現
  - 骨格モデルの表現
  - 姿勢・動作の表現
  - 形状モデルの表現
- 人体モデルの作成
- 動作データの作成
  - キーフレームアニメーション
  - モーションキャプチャ

前提とする基礎知識

- 位置・向き（回転）の表現と補間
  - vecmath ライブラリの利用方法
  - キーフレームアニメーションの講義の内容
- 幾何形状モデルの表現、可変長配列の扱い
  - Standard Template Library（STL） の利用方法
  - 幾何形状モデルの講義の内容
- OpenGL＋GLUT、オブジェクト指向設計
  - サンプルプログラムを理解するために必要

用語についての注意

- キャラクタアニメーション関連技術は、用語が統一されていないものがあるので、要注意
  - 例：前スライドの「動作接続」「動作遷移」「動作補間」等
  - 同じ概念・技術が別の名前で呼ばれたり、異なる概念・技術が同じ名前で呼ばれたりすることがある
  - 日本語／英語の両方とも
  - 本授業では、なるべく分かりやすい用語で統一した上で、別の呼び方についても補足説明する

人体モデルの基礎

人間の各要素の表現

本授業ではこの部分を扱う

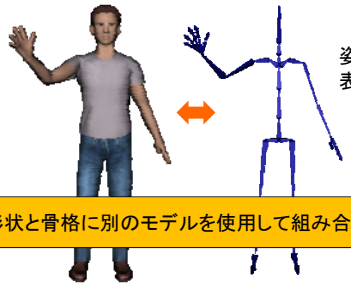
- 人体の表現
  - 身体の表現
    - 全身の骨格・形状の表現
  - 顔の表現
    - 細かい表情変化を表現するため には体とは別のモデルが必要
- 付属物の表現
  - 髪の毛や衣服など
    - シミュレーションによる動きの計算

人体モデルの表現

形状モデル（ポリゴンモデル）　骨格モデル（多関節体）

描画用

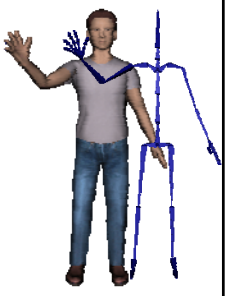
姿勢・動作の表現・処理用



形状と骨格に別のモデルを使用して組み合わせ

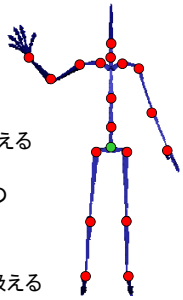
骨格モデルの表現

- 人間を多関節体として扱う
  - 人間の骨格をモデル化するためには、40～200 程度の自由度が必要になる
    - 基本的な関節だけで 40程度
    - 手の指や足の指なども入れると 200自由度くらい必要
  - 全関節の角度により人間の姿勢を表せる
  - 人体の形状モデルは、骨格の動きに応じて変形



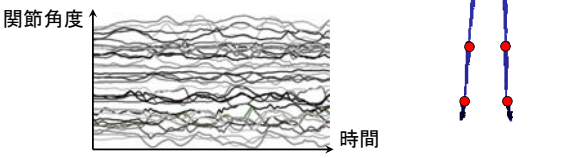
骨格モデルの表現

- 多関節体モデルによる表現
  - 複数の体節（部位）が関節で接続されたモデル
  - 体節
    - 多関節体の各部位、剛体として扱える
    - 複数の関節が接続されており、体節の長さや体節内での各関節の接続位置は固定
  - 関節
    - 2つの体節の間を接続、点として扱える
    - 関節の回転により姿勢が変化する



姿勢・動作データの表現

- 多関節体の姿勢の表現
  - 各関節の回転角度（40~自由度）
  - 腰の位置・向き（6自由度）
- 多関節体の動作の表現
  - 姿勢の時間変化により表せる



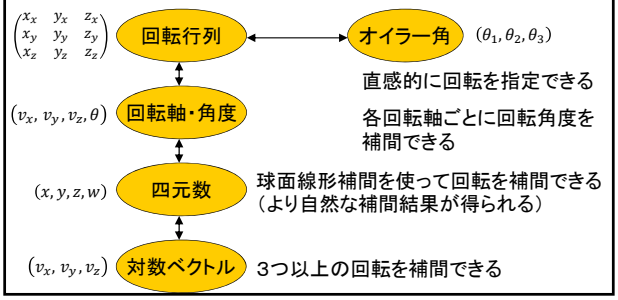
動作データの例

関節の回転の表現

- キーフレームアニメーションの講義で学習した、3種類の向き（回転）の表現方法のいずれかを使用
  - オイラー角による表現
  - 回転行列による表現
  - 四元数による表現
    - これらの表現は互いに変換可能なので、必要に応じて変換できる
    - 複数の表現を持たせるようにしても良い
    - レンダリング時には回転行列が必要になる

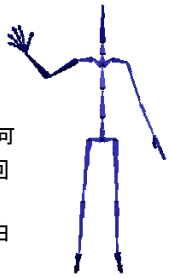
向きの表現方法と相互変換

- 回転行列による表現方法が基本



関節の自由度の種類

- 3自由度関節
  - 人間の大部分の関節は3自由度
- 1自由度関節
  - ひじやひざなどの関節
    - 実際は2自由度以上も多少は回転可
  - オイラー角表現の場合は1つの回転角度で表現できる
  - 回転行列・四元数の場合は1自由度になるように制約を適用する
    - 全関節を3自由度とするならば省略可

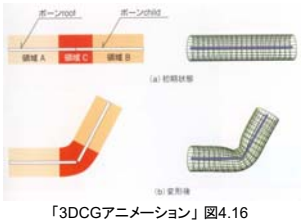


動作データの表現方法

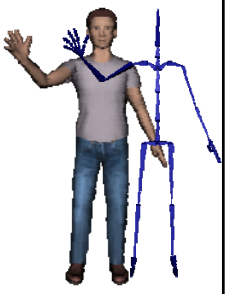
- 一定間隔動作データ
  - 一定間隔の全フレームの姿勢データを持つ方法
  - 姿勢データの配列により表現可能
- キーフレーム動作データ
  - キーフレームの姿勢データのみを持ち、中間の姿勢は補間によって求める方法
  - （時刻、姿勢データ）の組の配列により表現可能
    - 各関節ごとに別のキー時刻・姿勢データを持たせる方法もある
    - 一定間隔データに比べると、データ量は少なく済む

形状変形モデル（ワンスキンモデル）

- 人間の形状を全身で1つのポリゴンモデルとして作成
- 骨格モデルの変形に応じてポリゴンモデルの各頂点を移動

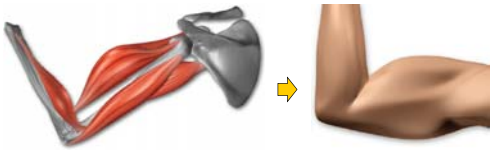


「3DCGアニメーション」図4.16



より高度な形状変形モデル(1)

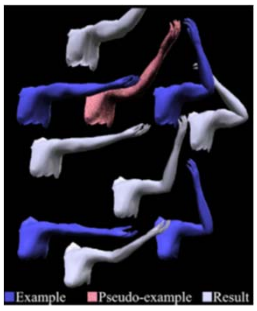
- 筋肉モデルにもとづく変形
  - 人間の筋肉をモデリング
  - 骨格の動きに応じて筋肉を伸縮
  - 筋肉の動きに応じて皮膚を変形
    - ※ ワンスキンモデルよりもリアルな変形を実現できる



[Softimage XSI]

より高度な形状変形モデル(2)

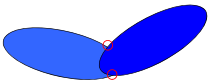
- 形状補間
  - あらかじめ入力された複数のサンプル形状を適切な重みでブレンドすることで、変形を実現
  - 姿勢に応じて、適切なブレンドの重みを計算する必要がある



[Sloan 01]

剛体の組み合わせによる形状表現

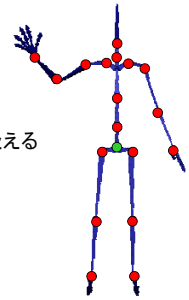
- 各体節を幾何形状モデルとして表現
  - 関節部分ではポリゴンがめり込むが、全体としてはつながって見える
    - 正確な陰面消去が必要
    - 境界が不自然になる
  - 昔はよく使われていた
  - ロボットなどの表現には有効



骨格・姿勢・動作の表現

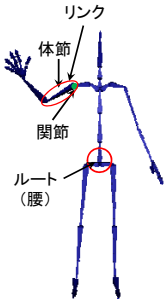
骨格モデルの表現(復習)

- 多関節体モデルによる表現
  - 複数の体節(部位)が関節で接続されたモデル
  - 体節
    - 多関節体の各部位、剛体として扱える
    - 複数の関節が接続されており、体節の長さや体節内での各関節の接続位置は固定
  - 関節
    - 2つの体節の間を接続
    - 関節の回転により姿勢が変化する



骨格モデルの表現方法

- 多関節体モデルの表現
  - 体節・関節の集合により表現
    - ルート体節(通常は腰)から複数の末端体節(手・足・頭)に向かって、体節・関節を順番に接続したツリー構造により表現
  - 体節＋関節＝リンク
    - 1つの体節と1つの関節(ルート側の関節)をまとめて、リンクとして扱う方法もある
      - リンクのことを関節や体節と呼ぶこともあるので要注意



骨格モデルの表現方法

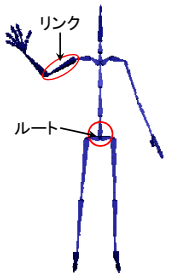
- 具体的にどのようなデータ構造で表現するかは、いくつかの方法がある
  - 以下の 3通りの表現方法を説明
- 表現方法(1)
  - 骨格と姿勢をまとめる、体節と関節をまとめる
- 表現方法(2)
  - 骨格と姿勢を分ける、体節と関節をまとめる
- 表現方法(3)
  - 骨格と姿勢を分ける、体節と関節を分ける
  - この表現方法を推奨

骨格モデルの表現方法の違い

- 骨格・姿勢の情報をまとめるか、分けるか
- 骨格情報の中で、体節と関節をまとめるか、分けるか
- 姿勢情報での、関節の回転の表現方法
- 骨格情報での、末端位置の情報の持たせ方
  - 体節に付属情報として持たせる or 仮想的な関節として扱う
- 関節可動範囲、筋力等の追加情報の有無

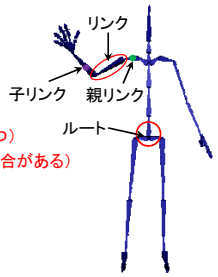
骨格モデルの表現方法(1)

- 最も単純な表現方法
  - 各リンクを表すクラスを定義
  - リンクに含まれる情報
    - 骨格情報（固定情報）
      - 隣接リンク
      - 隣接リンクとの相対位置
      - (スキニング情報)
    - 姿勢情報（動作によって変化）
      - 親リンクに対する相対回転
      - ルートの位置・向き(ルートリンクのみ)



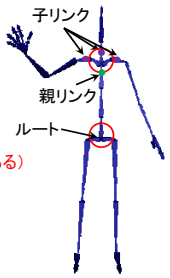
骨格モデルの表現方法(1)

- 最も単純な表現方法
  - 各リンクを表すクラスを定義
  - リンクに含まれる情報
    - 骨格情報（固定情報）
      - 隣接リンク
        - » 親リンク(ルート側、常に一つ)
        - » 子リンク(末端側、複数の場合がある)
      - 隣接リンクとの相対位置
      - (スキニング情報)
    - 姿勢情報（動作によって変化）
      - 親リンクに対する相対回転
      - ルートの位置・向き(ルートリンクのみ)



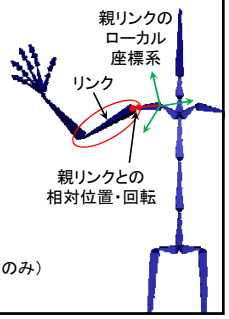
骨格モデルの表現方法(1)

- 最も単純な表現方法
  - 各リンクを表すクラスを定義
  - リンクに含まれる情報
    - 骨格情報（固定情報）
      - 隣接リンク
        - » 親リンク(ルート側、常に一つ)
        - » 子リンク(末端側、複数の場合がある)
      - 隣接リンクとの相対位置
      - (スキニング情報)
    - 姿勢情報（動作によって変化）
      - 親リンクに対する相対回転
      - ルートの位置・向き(ルートリンクのみ)



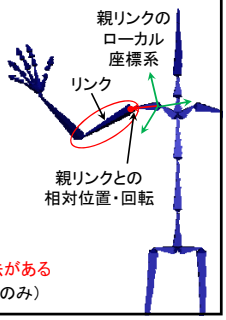
骨格モデルの表現方法(1)

- 最も単純な表現方法
  - 各リンクを表すクラスを定義
  - リンクに含まれる情報
    - 骨格情報（固定情報）
      - 隣接リンク
      - 隣接リンクとの相対位置
        - » 親リンクの座標系での位置
      - (スキニング情報)
    - 姿勢情報（動作によって変化）
      - 親リンクに対する相対回転
      - ルートの位置・向き(ルートリンクのみ)



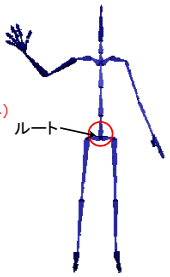
骨格モデルの表現方法(1)

- 最も単純な表現方法
  - 各リンクを表すクラスを定義
  - リンクに含まれる情報
    - 骨格情報(固定情報)
      - 隣接リンク
      - 隣接リンクとの相対位置
      - (回転自由度・軸の情報)
      - (スキニング情報)
    - 姿勢情報(動作によって変化)
      - 親リンクに対する相対回転
        - » 回転の表現には複数の方法がある
      - ルートの位置・向き(ルートリンクのみ)



骨格モデルの表現方法(1)

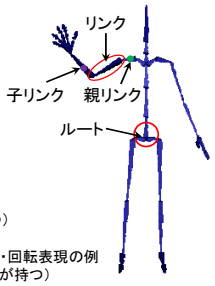
- 最も単純な表現方法
  - 各リンクを表すクラスを定義
  - リンクに含まれる情報
    - 骨格情報(固定情報)
      - 隣接リンク(ルートリンクは子リンクのみ)
      - 隣接リンクとの相対位置
        (ルートリンクは持たない)
      - (スキニング情報)
    - 姿勢情報(動作によって変化)
      - 親リンクに対する相対回転
        (ルートリンクは持たない)
      - ルートの位置・向き(ルートリンクのみ)



骨格モデルの表現方法(1)

```
// 多関節体の各リンクを表す構造体
struct  Link
{
    // 親リンク(常に一つ、ルートはなし)
    Link *              parent;
    // 子リンク(複数になることがある)
    vector< Link * >    children;
    // 親リンクからの接続位置(ローカル座標系)
    Point3f             offset;
    // ルートリンクかどうかのフラグ
    bool                is_root;

    // ルートリンクの位置・向き(ルートのみが持つ)
    Point3f     root_pos;
    Matrix3f    root_ori;   // 回転行列による向き・回転表現の例
    // 親リンクに対する相対的な回転(ルート以外が持つ)
    Matrix3f    link_rot;   // 回転行列による向き・回転表現の例
};
```



骨格モデルの表現方法(1)

- 多関節体の骨格・姿勢の表現
  - リンクの集合(ツリー構造)により表現
    - どちらの方法(あるいは組み合わせ)でも可能

```
// 多関節体の骨格・姿勢を表す構造体
struct  SkeletonAndPosture
{
    // 全リンクの配列(0番目の要素をルートリンクとする)
    vector< Link * >  links;
};

// 多関節体の骨格・姿勢を表す構造体
struct  SkeletonAndPosture
{
    // ルートリンク(リンクのツリー構造により表現)
    Link *              root_link;
};
```

骨格モデルの表現方法(2)

- 骨格情報と姿勢情報を分ける方法
  - 骨格情報を表すクラス(基本的に固定の情報)
  - 姿勢情報を表すクラス
    - 腰の位置・向き(6自由度)
    - 各関節の回転(n自由度)
  - こちらの方法の方が使いやすい
    - 同一骨格の複数の姿勢データの扱いが容易になる
      - あるキャラクタの多数の姿勢データを扱う場合や、骨格が同じキャラクタが複数登場する場合も、骨格データは1つを共有すれば済む

骨格モデルの表現方法(2)

```
// 多関節体の各リンクを表す構造体(骨格情報のみ)
struct  Link
{
    // 親リンク(常に一つ、ルートはなし)
    Link *              parent;
    // 子リンク(複数になることがある)
    vector< Link * >    children;
    // 親リンクからの接続位置(ローカル座標系)
    Point3f             offset;
};

// 多関節体の骨格を表す構造体
struct  Skeleton
{
    // 全リンクの配列(0番目の要素をルートリンクとする)
    vector< Link * >  links;
};
```

骨格モデルの表現方法(2)

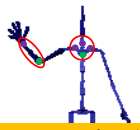
- 骨格情報と姿勢情報を分ける
  - 姿勢情報から骨格情報を参照

```
// 多関節体の姿勢を表す構造体
struct  Posture
{
   Skeleton *  body;
   Point3f      root_pos;        // ルートの位置
   Matrix3f     root_ori;        // ルートの向き(回転行列表現)
   Matrix3f *   link_rotations;  // 各リンクの相対回転(回転行列表現)
                                 // [リンク番号] リンク数分の配列
};
```

骨格モデルの表現方法(3)

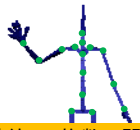
- 骨格情報の中で、関節・体節を分ける

関節・体節をまとめる



体節に、一つの親関節と複数の子関節の情報を含める(体節を順番に辿るとき、方向により異なる処理が必要)

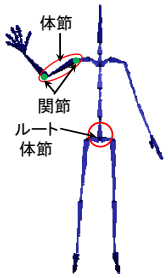
関節・体節を分ける



体節に、複数の関節へのリンクを含める(体節に順番に辿るとき、どの方向も同じ処理が可能)

骨格モデルの表現方法(3)

- 骨格情報の中で、関節・体節を分ける
  - 体節に含まれる情報
    - 接続される複数の関節
    - 各関節の接続位置
      - 体節のローカル座標系での位置
  - 関節に含まれる情報
    - 接続される2つの体節
      - ルート側・末端側の体節



骨格モデルの表現方法(3)

- 骨格情報の中で、体節と関節を分ける

```
// 多関節体の体節を表す構造体
struct  Segment
{
   // 接続関節
   vector< Joint * >     joints;
   // 各関節の接続位置(体節のローカル座標系)
   vector< Point3f >     joint_positions;
};

// 多関節体の関節を表す構造体
struct  Joint
{
   // 接続体節
   Segment *             segments[ 2 ];
};
```

```
// 多関節体の骨格を表す構造体
struct  Skeleton
{
   // 体節・関節の配列
   vector< Segment * >  segments;
   vector< Joint * >    joints;
};
```

骨格モデルの表現方法(3)

- 骨格情報と姿勢情報を分ける

```
// 多関節体の姿勢を表す構造体
struct  Posture
{
   Skeleton *  body;
   Point3f      root_pos;        // ルートの位置
   Matrix3f     root_ori;        // ルートの向き(回転行列表現)
   Matrix3f *   joint_rotations; // 各関節の回転(回転行列表現)
                                 // [リンク番号] リンク数分の配列
};
```

骨格モデルの表現方法(3)

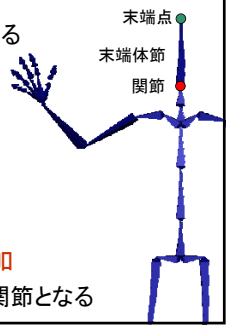
- 関節の回転やルートの向きの表現方法
  - 回転行列(3×3行列)以外の表現方法もある
    - 四元数の場合、リンク数分の配列(回転行列と同様)
    - オイラー角の場合、全リンクの自由度の総和分の配列
      - 自由度が異なる関節を混在させる場合は、やや複雑になる
- 関節回転の可動範囲の定義(詳細は省略)
  - 可動範囲を定義して姿勢を制限する方法もある
- 筋骨格モデル(詳細は省略)
  - 動作解析・生成のため筋力を考慮する方法もある

骨格モデルの表現方法(3)

- 末端点の情報の表現方法
  - 末端点も必要になることがある
- 方法1:体節に情報を追加

```
// 多関節体の体節を表す構造体
struct Segment
{
   …
   // 体節の末端位置
   bool          has_site;
   Point3f       site_position;
};
```

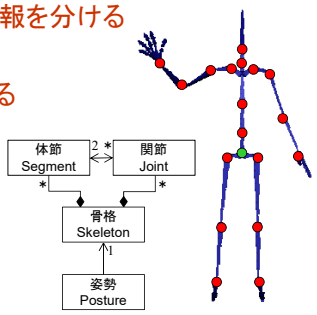
- 方法2:仮想的な関節を追加
  - 1つの体節のみに接続する関節となる



骨格モデルの表現方法のまとめ

- 骨格情報と姿勢情報を分ける
- 骨格情報の中で、体節と関節を分ける

```
// 多関節体の体節を表す構造体
struct Segment
// 多関節体の関節を表す構造体
struct Joint
// 多関節体の骨格を表す構造体
struct Skeleton
// 多関節体の姿勢を表す構造体
struct Posture
```



形状モデルの表現

- 人体形状(ワンスキンモデル)に必要な情報
  - 骨格構造の情報
  - 全身の幾何形状データ
  - 骨格構造の各リンクから幾何形状の各頂点へのウェイト
    - m×n の行列データ(リンク数m、頂点数n)
- 通常はアニメーションソフトを使って作成したモデルを利用

形状モデルの表現方法

- 変形のためのウェイト情報は、行列(2次元配列)により表現できる

```
// ワンスキンモデルを表す構造体
struct OneSkinModel
{
   // 骨格情報
   Skeleton *    skeleton;
   // 幾何形状情報
   Obj *         skin_shape;
   // 変形のためのウェイト情報
   float **      weights;  // [頂点番号][体節番号] の2次元配列
   // 初期姿勢での各体節の変換行列の逆行列
   Matrix4f *    init_seg_frames;  // [体節番号]
};
```

初期状態の姿勢から計算

動作データの表現方法(復習)

- 一定間隔動作データ
  - 一定間隔の全フレームの姿勢データを持つ方法
  - 姿勢データの配列により表現可能
- キーフレーム動作データ
  - キーフレームの姿勢データのみを持ち、中間の姿勢は補間によって求める方法
  - (時刻、姿勢データ)の組の配列により表現可能
    - 各関節ごとに別のキー時刻・姿勢データを持たせる方法もある
    - 一定間隔データに比べると、データ量は少なく済む

動作データの表現方法

- 一定間隔データとキーフレームデータ

```
// 動作データ(一定間隔)
struct Motion
{
   int          num_frames;   // 全フレーム数
   float        interval;     // フレーム間の時間間隔
   Posture *    frame_poses;  // 姿勢配列 [フレーム番号]
};

// 動作データ(キーフレーム)
struct KeyframeMotion
{
   int          num_keyframes;  // キーフレーム数
   float *      key_times;    // 各キー時刻の配列 [キーフレーム番号]
   Posture *    key_poses;    // 各キー姿勢の配列 [キーフレーム番号]
};
```

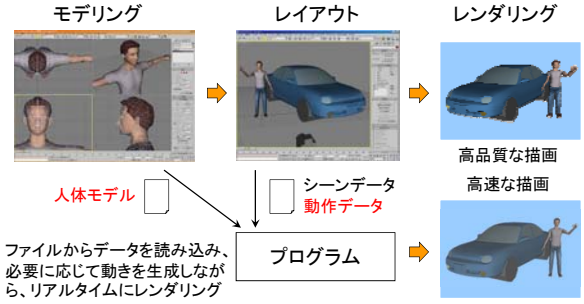
人体モデルの作成

人体モデルの作成方法

- 人体モデル（＝骨格＋形状モデル）の作成方法
- 市販のアニメーションソフトウェアを使用してデザイナが作成
- 自分のプログラムで使用するときには、アニメーションソフトウェアからファイルに出力したものを読み込んで使用

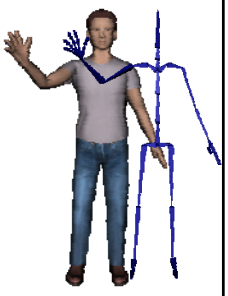
市販ソフトウェアの利用（復習）

- 既存ソフトウェアと組み合わせたプログラミング



人体モデルの作成手順

- 標準的な作成手順
  1. 立ち姿勢の形状モデルを作成
     - 幾何形状＋テクスチャ画像
  2. 骨格モデルを作成して、形状モデルと対応付ける
     - 形状変形のための、各体節に対する各頂点の重みを調整
     - 形状＋骨格モデルのことを リグ（Rig）、対応付けの作業を リギング（Rigging）、と呼ぶ



動作データの作成

動作データの作成

- 動作データの主な作成方法
  - キーフレームアニメーション
  - モーションキャプチャ
  - （動力学シミュレーションによる方法）
    - 3番目の方法は、やや特殊な方法なので、後述

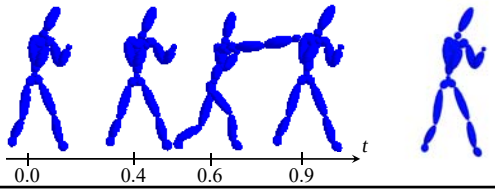
動作データの作成・表現方法

- 動作データの作成方法
  - モーションキャプチャ
  - キーフレームアニメーション
- 動作データの表現方法
  - 一定間隔データ
    - モーションキャプチャデータは通常こちらの方法で表現
  - キーフレームデータ
    - 手作業での編集にはこちらの表現の方が向いている

※ アニメーションソフトの機能で一定間隔データからキーフレームデータへの変換も可能

キーフレームアニメーション

- 動作のキーとなる姿勢を手作業で作成
  - キー姿勢の時刻・姿勢(キーフレーム)を作成
    - 各関節の回転を操作、各部位の位置を操作
- キー姿勢の間を自動的に補間して動作生成



キーフレームの姿勢の作成

- キーフレームにおけるキー姿勢の作成
  - 基本的にはアニメータが手作業で作成
  - かなりの時間・労力がかかる
- 基本的な姿勢の作成方法
  - 1つの関節の回転を操作
  - 1つの部位(関節・体節)の位置を操作
    - 部位の位置に合わせて関節の回転を自動計算(後述する逆運動学を使用)

モーションキャプチャ

- 人間の身体にセンサをつけて、人間の動作を計測・取得する方法
- モーションキャプチャ機器の方式
  - 光学式、慣性式、磁気式、RGB-Dカメラ式、等
  - 計測に使用するセンサーの種類の違いにより、さまざまな方式がある
    - センサーから得た計測データを、動作データに変換する処理が必要となる
    - 計測の時間間隔は、センサーの種類によって異なる
    - センサーの種類によっては、骨格モデルも推定可能

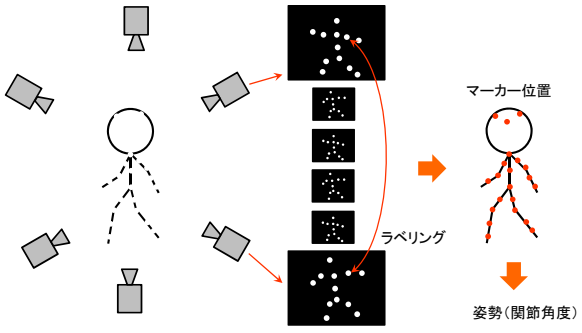
モーションキャプチャ機器の種類(1)

- 光学式
  - 現在、主に使われている方式
  - 体の各部位にマーカを付けてカメラで撮影
  - 複数のカメラから姿勢を計算
  - 姿勢の推定に時間がかかる
- 自発光学式
  - 光学式の拡張版
  - 各マーカが順番に発光
  - ラベリング処理が容易になる

Optitrack © NaturalPoint

Visualeyez © Phoenix Tech.

光学式モーションキャプチャ



モーションキャプチャ機器の種類(2)

- 慣性式
  - 加速度・ジャイロ・地磁気センサーの組み合わせにより、各部位の向きを計測
  - 小型・安価に実現可能

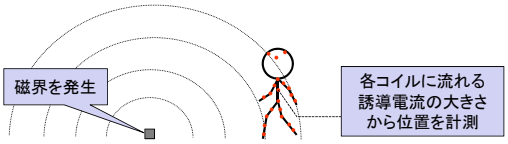

Perception Neuron © Noitom


Xsens MVN © Xsens

モーションキャプチャ機器の種類(3)

- 磁気式
  - 磁界を発生させて、体の各部位につけたセンサの位置・向きを計算
  - 高速・高精度
  - ケーブルの拘束のため動きづらい


trackSTAR © Ascension



モーションキャプチャ機器の種類(3)

- 磁気式
  - 磁界を発生させて、体の各部位につけたセンサの位置・向きを計算
  - 高速・高精度
  - ケーブルの拘束のため動きづらい


trackSTAR © Ascension

- 機械式
  - 体の各関節に回転角度を計測するための計測器を装着
  - 計測器の重さのため動きづらい


Gypsy © Meta Motion

モーションキャプチャ機器の種類(4)

- RGB-Dカメラ方式
  - 各ピクセルの奥行を計測
  - 人体部位・姿勢の推定
    - 完全な姿勢は求められない
  - 他の方式よりも精度は低い
  - Kinect が代表的
    - 事前に学習したモデルを使って、デプス画像中の各部位の位置を推定


Kinect © Microsoft

Shotten et al., "Real-Time Human Pose Recognition in Parts from a Single Depth Image", IEEE CVPR 2011.

モーションキャプチャ機器の種類(4)

- RGB-Dカメラ方式
  - 各ピクセルの奥行を計測
  - 人体部位・姿勢の推定
    - 完全な姿勢は求められない
  - 他の方式よりも精度は低い


Kinect © Microsoft

- マーカレスカメラ方式
  - 部位の長さが既知であれば、通常のカメラのみでも姿勢推定は可能
  - RGB-Dカメラを使うよりも、さらに精度は落ちる

モーションキャプチャ機器の比較

方式(製品例)	光学式(Optitrack)	慣性式(Perception Neuron)	RGB-Dカメラ方式(Kinect)
精度	高	中	低
スーツ着用	要	要	不要
専用スペース	必要	不要	不要
動作(姿勢)取得	○	○	△
骨格モデル推定	○	×	△
指の姿勢取得	△※1	○	△※2
顔の表情取得	△※1	×	△※2
最大秒間フレーム数	120	60	30
価格	数百～数千万円	数十～一千万円	数万円

※1 全身の姿勢とは別にキャプチャを行う必要がある
※2 限定された状態の識別しかできない

動作データの作成方法の比較

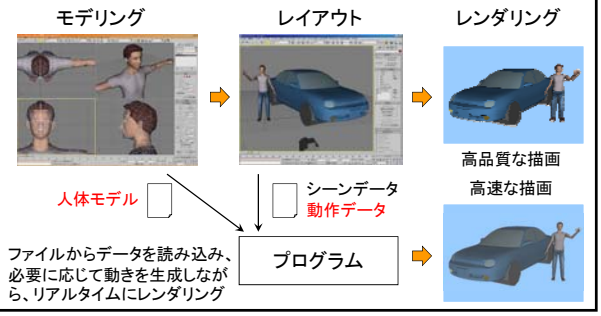
- モーションキャプチャ
  - 人間の動きをそのまま取り込めるので、一見手軽そう
  - 実際には、ノイズや、俳優とキャラクタの骨格の違いなどのため、かなり編集が必要になる
  - そのままではキーフレームがないので編集がしづらい
- キーフレーム編集
  - ゼロから作成しなければならないため大変
  - キーフレームが設定されているので、修正はしやすい
  - 人間らしい細部の動きや自然さを実現するのは難しい
- 両者の使い分けや組み合わせが必要

動作データの作成・利用方法

- 既存のソフトウェアを使用して作成
  - キーフレームアニメーションにより動作を作成する場合は、アニメーション編集ソフトウェアを利用
  - モーションキャプチャにより動作を作成する場合は、使用機器に対応したソフトウェアを利用
    - さらに編集を行う場合は、アニメーション編集ソフトウェアを利用
  - 通常は、人体モデルと合わせて、動作データを作成する
    - 演技者の骨格にもとづく動作データを、キャラクタの骨格にもとづく動作データに変換する必要がある（モーションリターゲッティング（後述）の技術（機能）を利用）
- アニメーション編集ソフトウェアからファイルに出力した動作データを読み込んで使用

市販ソフトウェアの利用（復習）

- 既存ソフトウェアと組み合わせたプログラミング



まとめ

- 人体モデルの基礎
- 骨格・姿勢・動作の表現
  - 骨格モデルの表現
  - 姿勢・動作の表現
  - ワンスキンモデル
- 人体モデルの作成
- 動作データの作成
  - キーフレームアニメーション
  - モーションキャプチャ

次回予告

- 人体モデル（骨格・姿勢・動作）の表現
- 人体モデル・動作データの作成方法
- サンプルプログラム
- 順運動学
- 逆運動学
- 姿勢補間
- 動作接続・遷移・補間
- 動作変形・生成・制御