

DhaibaWorks

2021年度版 クイックスタート

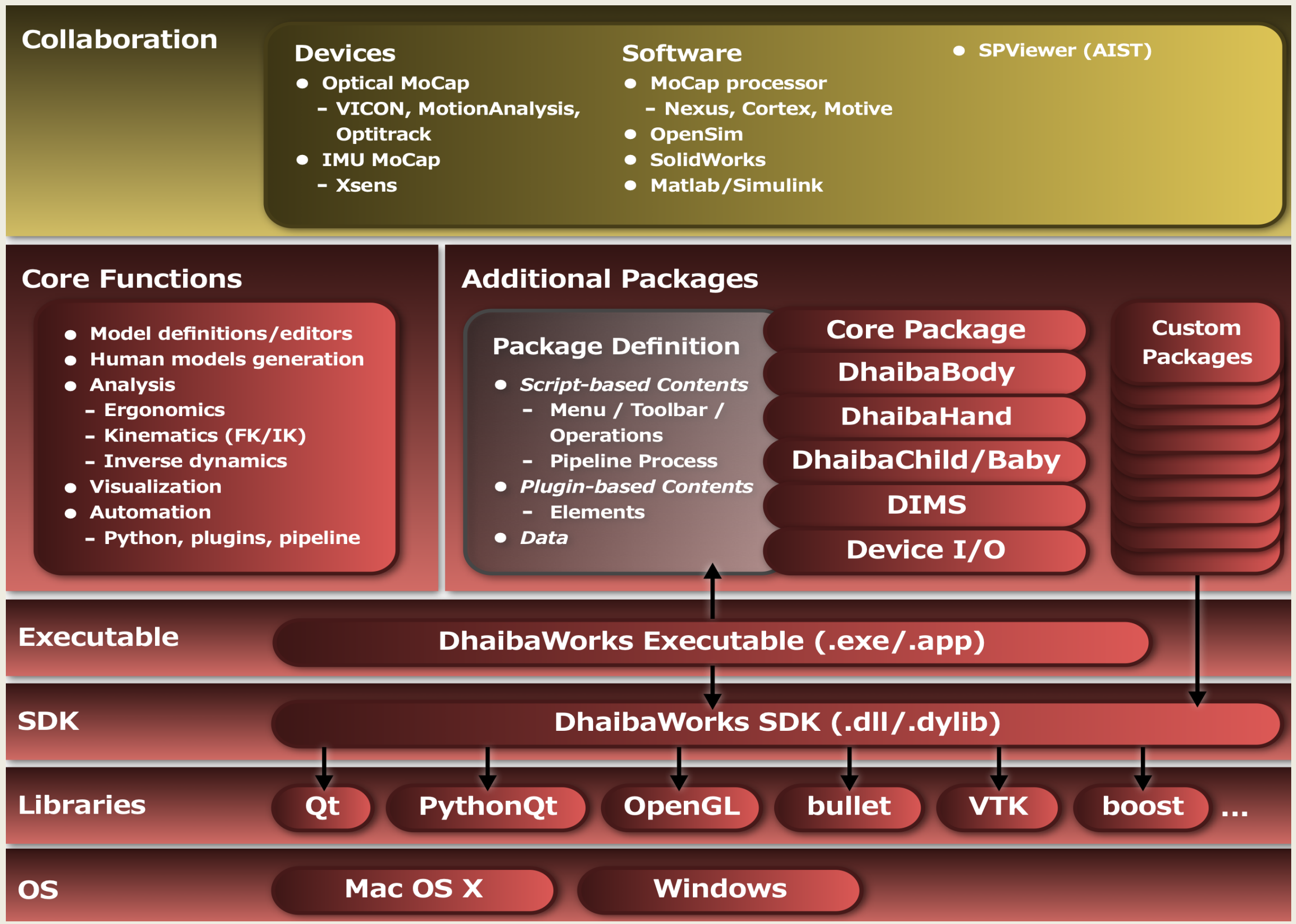
産業技術総合研究所 人工知能研究センター
デジタルヒューマン研究チーム
遠藤 維

1. イントロダクション

Features

- 製品設計プロセスにおいてエルゴノミック設計を計算機を用いて支援するためのソフトウェア・プラットフォーム
- 多様なデジタルヒューマンモデルを統合
 - DhaibaHand, DhaibaBody, DhaibaChild, DhaibaBaby, …
- 姿勢生成・解析から評価、最適設計支援まで対応
- 用途に応じた多様な拡張機能
 - プラグイン
 - Pythonスクリプト
- CADシステムとの連携





ソフトウェア

— プラットフォーム

- Mac OS X (10.15.4にて動作確認)
- Windows 10 64bit

— 必要なライブラリ

- Visual C++ 2015再頒布可能パッケージ Update3 (Windowsのみ)

ハードウェア

— CPU

- 64ビットIntel/AMDマルチコアプロセッサ

— GPU

- OpenGL3.0対応
- **オンボードGPU非対応**

— メモリ

- 4GB以上 (8GB以上を推奨)

— ハードディスク

- 5GB以上の空き容量

必要なファイル

- メール等で個別に送付
 - DhaibaWorks Licenses.zip
- ポータルサイトからダウンロード
 - 自動インストールの場合
 - Dhaiba Suite Downloader (DWPackageManager)
 - 手動インストールの場合
 - Dhaiba Suite v2.18.20xxx for macOS/win64.zip
 - 各パッケージのZipファイル

インストール方法

- 自動インストール
 - DWPackageManagerを実行する
 - 組織内のネットワークポリシーによっては接続不可
- 手動インストール
 - ポータルサイトにあるDhaiba Suite Install Manual.pdfを参照

- 2018/12/18 DhaibaHand V1 r181218を追加
- 2018/12/17 DhaibaWorks V2 r20230を追加
- 2018/11/26 DWPackageManagerを更新。Zipファイルが特定のリスト構成となっている場合に解凍できない不具合を修正
- 2018/11/26 DhaibaWorks V2 r20158を更新（リビジョン番号の更新なし）。フォルダの構成が間違っている不具合を修正
- 2018/11/09 Dhaiba Suite Install Manualを追加

Available Dhaiba Suite

Application	Revision	Compatible Revision of DhaibaWorks	Download
Dhaiba Suite Downloader (DWPackageManager)	2018/11/26	All	macOS Win64
DhaibaWorks V2	20091		macOS Win64
	20135		macOS Win64
	20158		macOS Win64
	20230		macOS Win64
	20502		macOS Win64
	20609		macOS Win64
	20924		macOS Win64
Packages for DhaibaWorks			
DhaibaBody V1	180901	20091 - 20924	macOS/Win64
DhaibaBody V2	180901	20091 - 20924	macOS/Win64
DhaibaHand V1	180901	20091 - 20924	macOS/Win64
	181218	20091 - 20924	macOS/Win64

Windows版

- ダウンロードしたZipファイルをすべて解凍する
- DhaibaWorks Licensesフォルダ
 - Cドライブの直下に配置する
 - 配置できない場合はどこにおいてもよい
 - DhaibaWorks起動時にそのフォルダを指定する
- Dhaiba Suite v2.18.20xxx for win64フォルダ(A)
 - どこにおいてもよい
- 各パッケージのフォルダ
 - Cドライブの直下に「DhaibaWorks V2 Packages」という名前のフォルダを作成し、その中に配置する
 - 配置できない場合は(A)/Packagesフォルダの中に配置する

macOS版

- ダウンロードしたZipファイルをすべて解凍する
- Dhaiba Suite v2.18.20xxx for macOSフォルダ(A)
 - どこにおいてもよい
- 「ターミナル」アプリケーションを起動し、以下のコマンドを実行する
 - `xattr -cr (A)フォルダへのパス`
- DhaibaWorks Licensesフォルダ
 - (A)フォルダの中に配置する
 - 配置できない場合はどこにおいてもよい
 - DhaibaWorks起動時にそのフォルダを指定する
- 各パッケージのフォルダ
 - 「/ユーザ/共有」フォルダの直下に「DhaibaWorks V2 Packages」という名前のフォルダを作成し、その中に配置する
 - 配置できない場合は(A)/Packagesフォルダの中に配置する

メニュー

The screenshot shows the DhaibaWorks 2012 interface. At the top, there's a menu bar with options like 'ファイル', '編集', '表示', etc. Below it is a toolbar with various icons. The main window is titled 'myMoCapSequence' and contains a 'モーションシーケンスエディタ' (Motion Sequence Editor) with controls for 'Import', 'Rigid Body Ctrl', 'Armature Ctrl', and 'Contact Area'. A central 3D view shows a hand holding a blue cube, with a coordinate system labeled 'ワールド座標系' (World Coordinate System) and 'ワールド座標系(姿勢のみ)' (World Coordinate System (pose only)). To the left is an 'Element List' with 'myFeaturePoints' selected, and below it is an 'Element Property List' with 'myFeaturePoints' details. To the right is a 'myFeaturePoints' editor with fields for 'Class name', 'Point Supplier', 'Name', 'Comment', 'Reference vertex ID', and 'Vertex position'. At the bottom, there are a 'Python Console' and a 'Log Output Window'.

ショートカットアイコン

モーションシーケンスエディタ

エレメントリスト

ディスプレイ

ワールド座標系

ワールド座標系(姿勢のみ)

プロパティリスト

Python
コンソール

ログウィンドウ

さまざまな
エレメントエディタ

エレメントリスト

— 左クリック

- エレメントを選択
- ShiftキーやCtrlキーで複数選択可

— 右クリック

- エレメントメニューを表示

— ドラッグ

- エレメントの表示順序を変更

— 新規グループ (下部アイコン)

- エレメントグループを作成

— 削除 (下部アイコン)

- 選択中のエレメントを削除
(関連性をもたないもののみ)
- deleteキーでも削除できる

メニュー

— 左クリック

- 実行

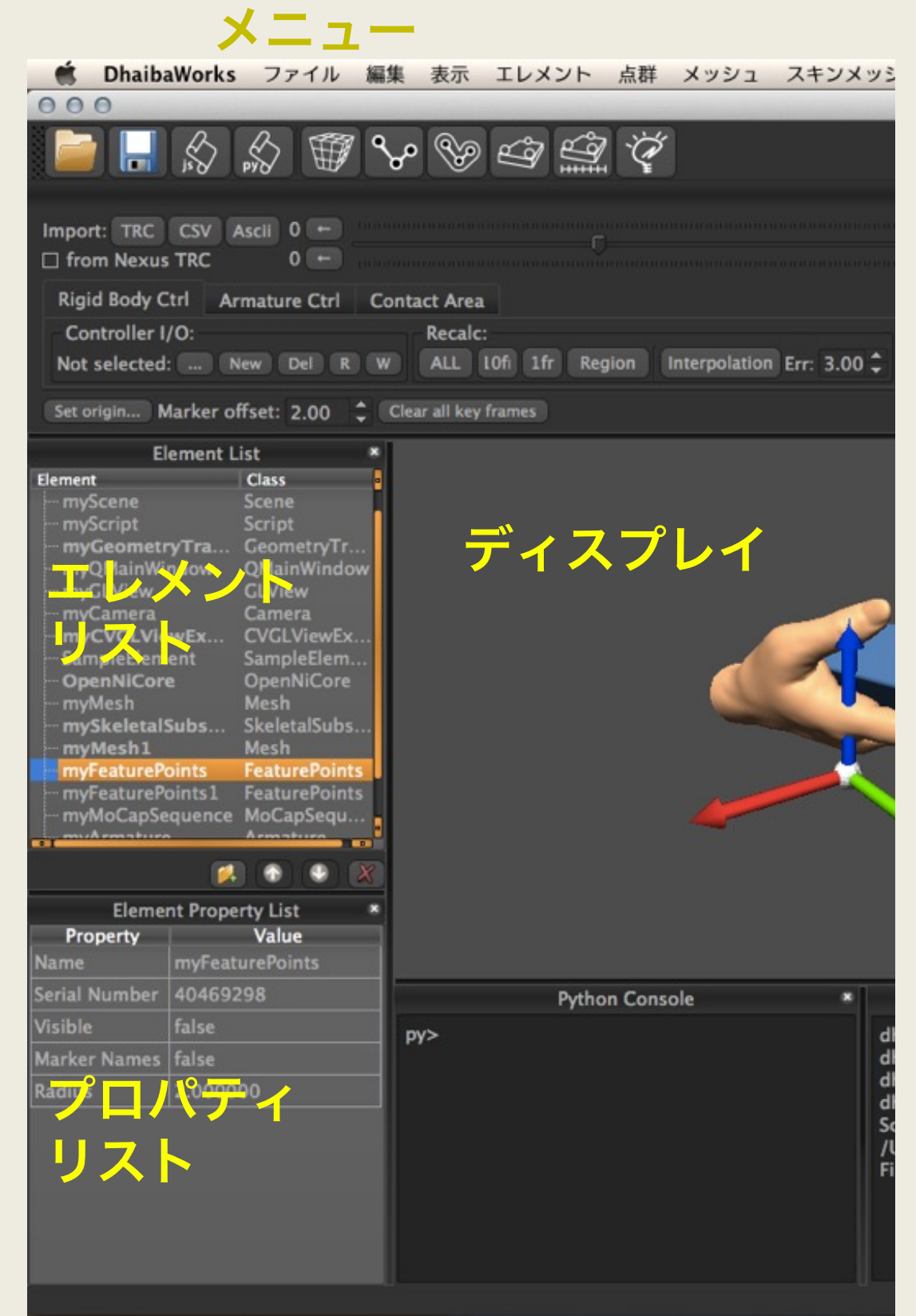
— Ctrl+左クリック

- スクリプトを表示して実行

プロパティリスト

— Value欄を左クリック

- プロパティを変更



ディスプレイ

- 左ドラッグ
 - ビューを回転
- Shift + 左ドラッグ
 - ビューを平行移動
- マウスホイール
 - ビューを拡大縮小
- Shift + マウスホイール
 - ビューを前進・後退

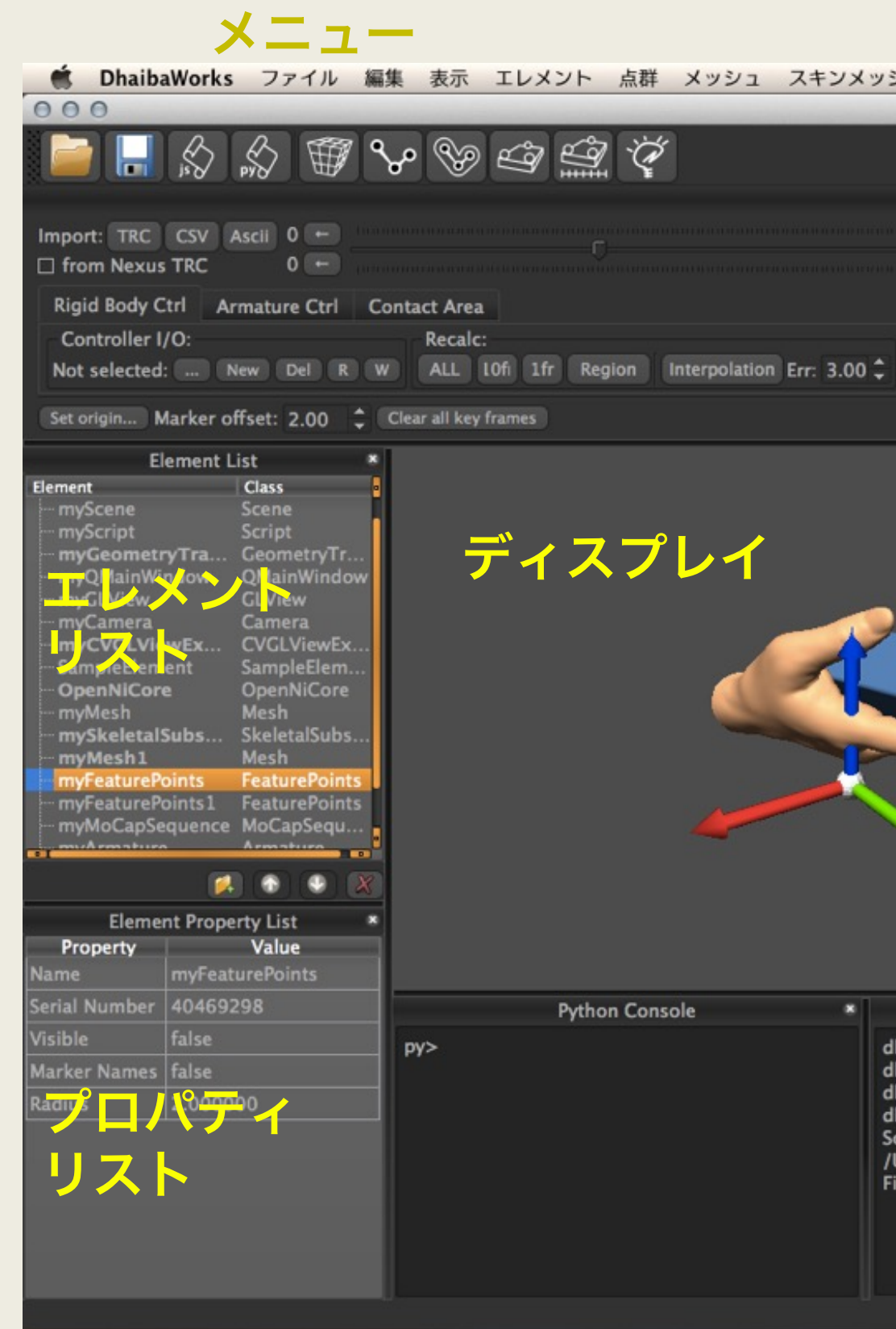
ディスプレイ内に表示されているエレメント

- 左クリック
 - エレメントを選択
 - ShiftキーやCtrlキーで複数選択可
- 右クリック
 - エレメントメニューを表示

エレメント選択中のキー操作

- タブキー
 - 選択エレメントの編集モードの切替(*1)
- G/R/Sキー
 - 選択エレメントを平行移動/回転/拡大縮小(*1)
- Vキー
 - 表示/非表示の切り替え(*1)

(*1) 一部のエレメントのみ



ファイル

- Open Scene File (.xml)...
- DhaibaWorksシーンファイル(.xml)/FBXシーンファイル(.fbx)/OBJシーンファイル(.obj)を開く
 - 現在のシーンに追加される
- Save Scene File (.xml)...
- 現在のシーンをDhaibaWorksシーンファイル(.xml)として保存する

DhaibaWorksシーンファイルは、XMLファイルおよび同名のフォルダからなる。
フォルダ名は変更しないこと。XMLファイルとフォルダは同じディレクトリに配置すること

編集

- Undo/Redo
- スクリーンショットをコピー
 - 現在のOpenGLビューをクリップボードにコピーする

表示

- 背景色を変更...
- ワールド座標軸
 - 赤：X軸, 青：Y軸, 緑：Z軸

エレメント

- Create Element



シーン操作

- (1) XML/FBX/OBJシーンファイルを開く
- (2) XMLシーンファイルを保存

スクリプトファイルの実行

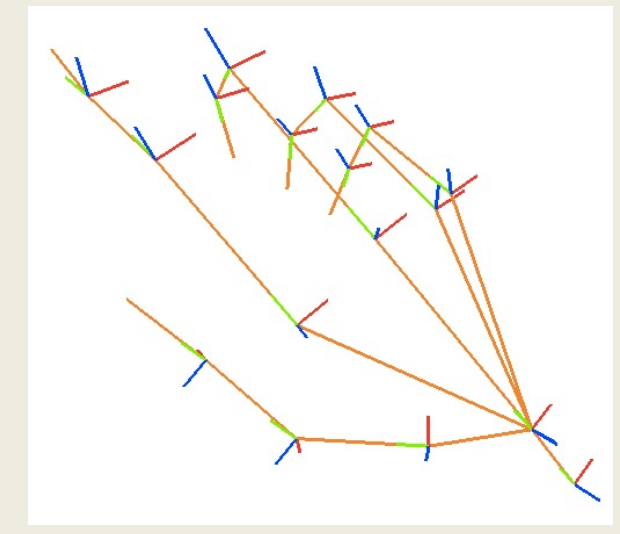
- (3) JavaScriptの実行 (非推奨)
- (4) Pythonスクリプトの実行

エレメントの作成

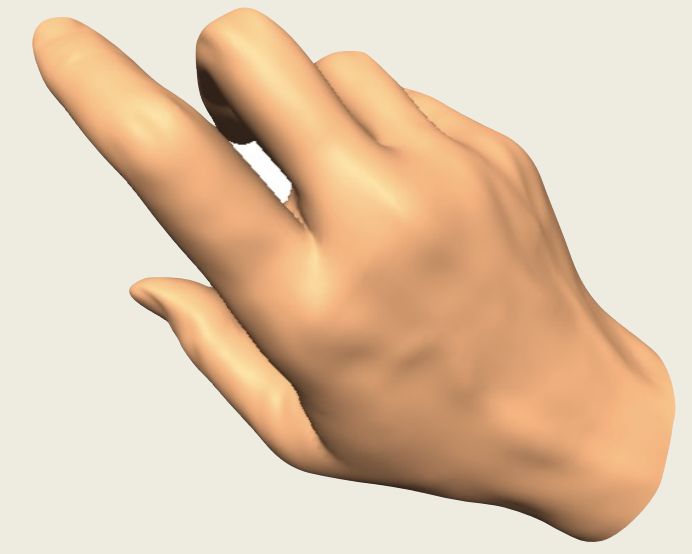
- (5) メッシュ
- (6) リンクモデル
- (7) SSD表皮変形
- (8) 特徴点群
- (9) フォースセット
- (10) モーションキャプチャシーケンス
- (11) 光源



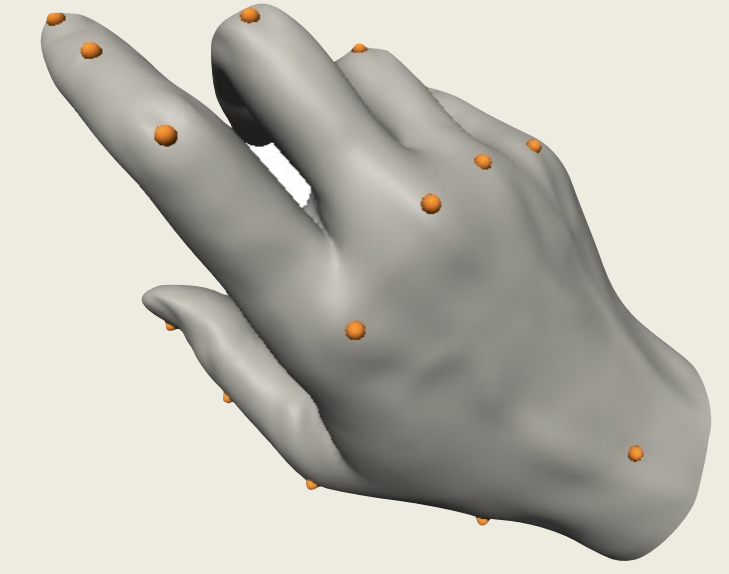
メッシュ
(Mesh)



リンクモデル
(Armature)



SSD表皮変形
(SkeletalSubspace
Deformation)



特徴点群
(FeaturePoints)

その他のエレメントタイプ

フォースセット(ForceSet), 点群(PointCloud), カメラ(Camera),
モーションキャプチャ処理(MoCapSequence),
逆動力学解析(MultiRigidBodyForceEstimation), ...

2. エレメントの基本操作

メッシュエレメントを作成

- メニュー>エレメント>Create Element>Geometry>メッシュエレメントを作成, またはショートカットアイコン
- エレメント「myMesh」が作成される



メッシュファイルを読み込む

- 単一のメッシュを含むファイルを読み込む
- メッシュエレメントを作成
- エレメントメニュー>メッシュファイルをインポート
 - » OBJ/STL(ascii/binary)/VTK Polyデータ(VTP)など

- 複数のメッシュを含むファイルを読み込む

- メニュー>ファイル>Open Scene File...
またはショートカットアイコン
 - » XML/OBJ/FBX



プリミティブ形状メッシュを作成

- メニュー>エレメント>Create Element>Primitive Geometry> (作成したいジオメトリを選択)

メッシュエレメント選択時の操作

表示・非表示

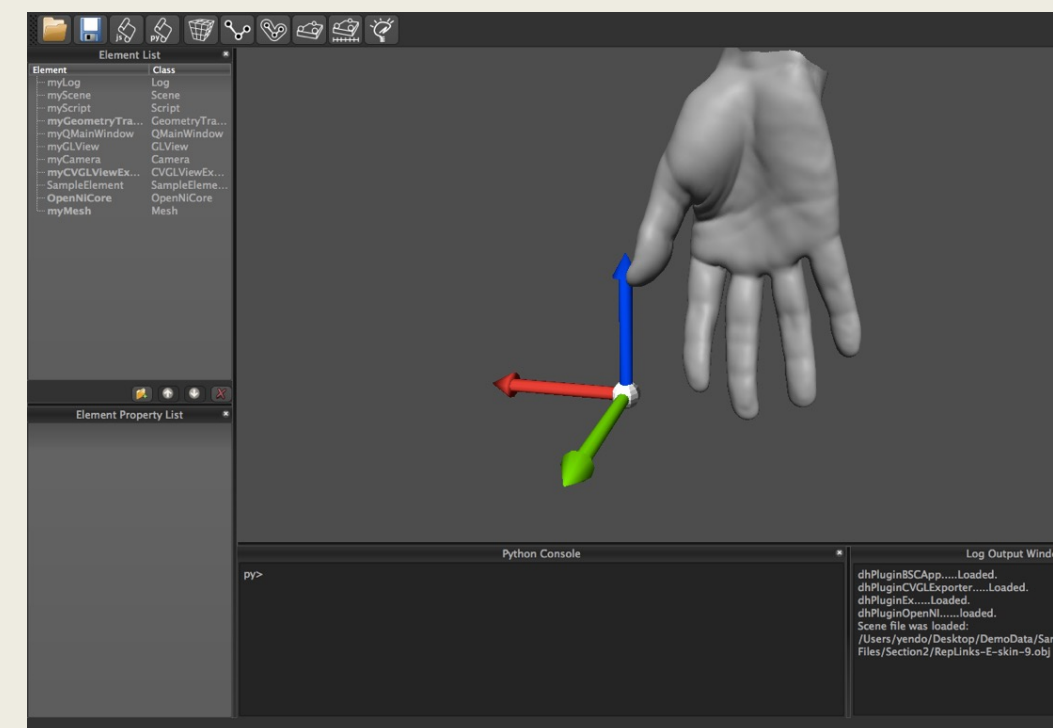
- メッシュの表示・非表示を切替える
 - » Vキーを押す, もしくはプロパティリスト>表示する
 - » プロパティリストより, 頂点・エッジ・面分等の表示・非表示や透明度も編集可

メッシュの姿勢 (同次変換行列) を数値で編集・リセット

- エレメントを選択
- プロパティリスト>同次変換行列
 - » リセット: 「単位行列」をクリック, OKを押す

メッシュを平行移動・回転・スケールさせる

- メッシュの平行移動
 - » エレメントを選択
 - » Gキーを押す, マウスでコントローラをドラッグ
 - » 再度Gキーを押して操作終了
- メッシュの回転, スケール
 - » 回転はRキー, スケールはSキーを押して同様に処理する



リンクモデルエレメントを作成

- メニュー>エレメント>Create Element>Geometry>アーマチャ(リンクモデル)エレメントを作成, または
- ショートカットアイコン
 - エレメント「myArmature」が作成される

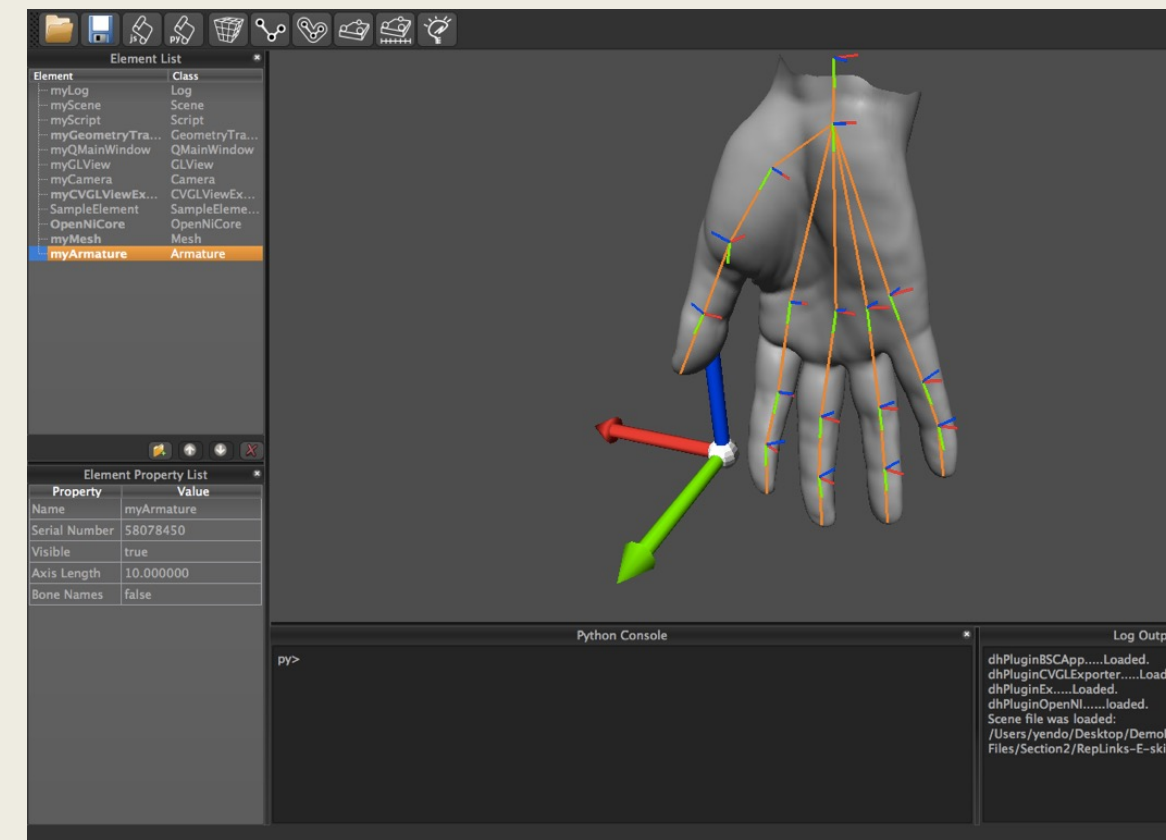
リンクモデルファイルを読み込む

- リンクモデルエレメントを作成
- ファイルを読み込む
 - エレメントメニュー>アーマチャを ●●●から読み込み...

リンクモデルエレメント選択時の操作

- リンクモデル全体を平行移動・回転・スケールさせる
 - メッシュと同様 (G/R/Sキー)

- リンクモデルの姿勢をリセットする
 - エレメントメニュー>Reset posture
- 編集モードとの切替え
 - タブキー
- プロパティリスト
 - ボーン名の表示, 表示座標軸の長さの設定など
- 別のリンクモデルエレメントからコピー
 - エレメントメニュー>...からコピー
- 構造が同じ別のリンクモデルエレメントから姿勢をコピー
 - エレメントメニュー>...から姿勢をコピー
- 現在の姿勢を初期姿勢とする
 - エレメントメニュー>現在の姿勢をデフォルトに設定



編集モード

— Bonesリスト

- ボーンの階層構造
- ドラッグで親子関係を変更

— 追加/除去/Clear

- ボーンを追加/削除/全削除

— Display Mode

- Initial posture
 - » 初期姿勢を編集するモード
 - » 各リンクのローカル座標系を編集
- Current posture
 - » 現在の姿勢を編集するモード
 - » 各リンクの関節回転角を編集

— Mouse Interaction Mode

- G/R/Sキーによる座標変換の対象を選択
 - » Global: リンク全体
 - » Origin: リンクのローカル座標系
 - » Tail: リンク先端位置
 - » Mass Center: リンクの重心位置

• Apply Joint Constraints

- » ボーン回転時に関節可動域外への回転を制限する

— General Bone Property

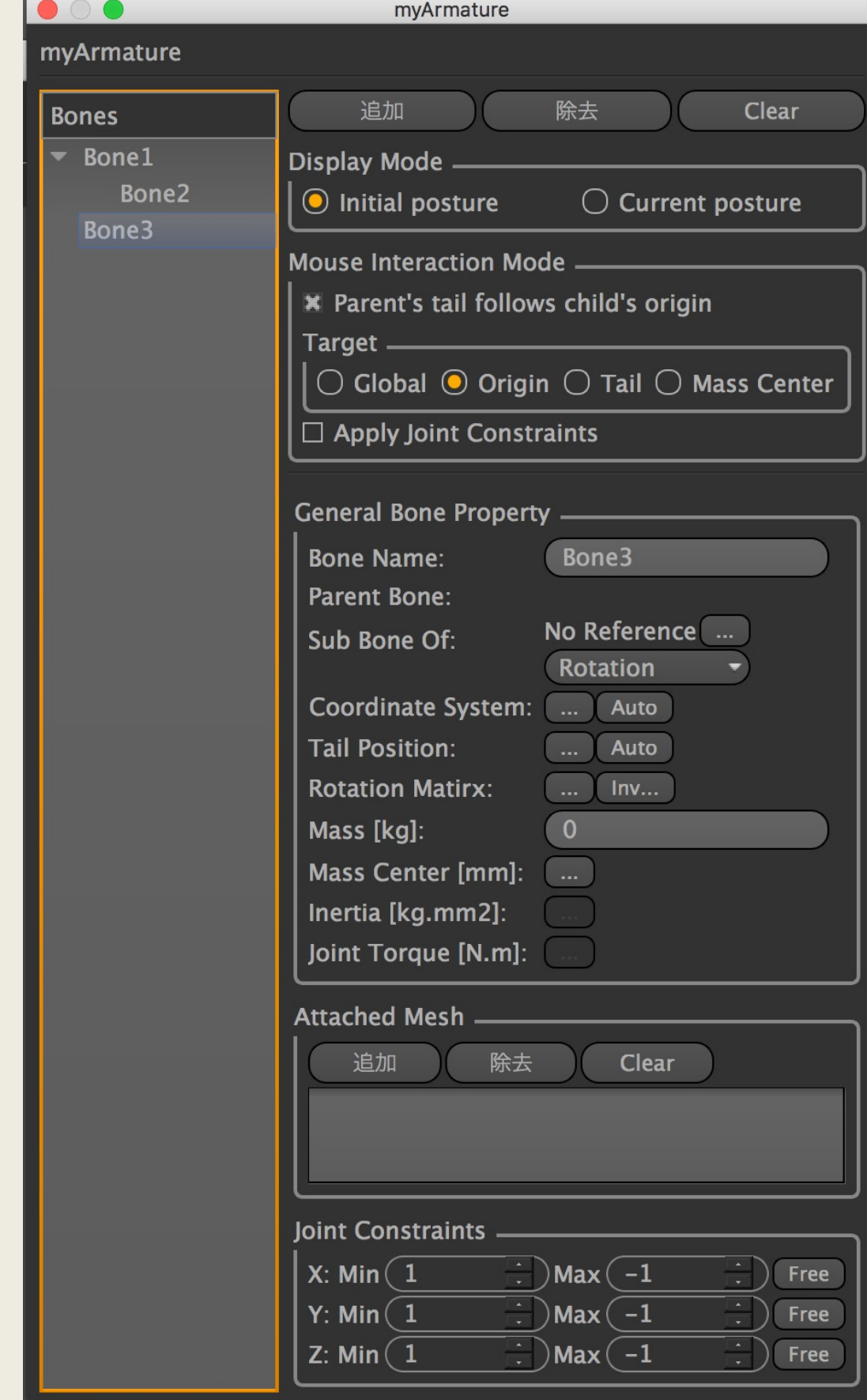
- 各リンクのローカル座標系・先端位置・関節回転角・質量・重心を数値で設定

— Attached Mesh

- リンクにメッシュエレメントをアタッチする。アタッチされたメッシュの位置姿勢はリンクの位置姿勢に追従する

— Joint Constraints

- 各軸方向の関節可動域を設定する



SSDエレメントを作成

— ショートカットアイコン>SSDモデルエレメントの生成

- Initial Mesh: 初期姿勢のメッシュを選択
- Armature: リンクモデルを選択

— 「Execute」を押す

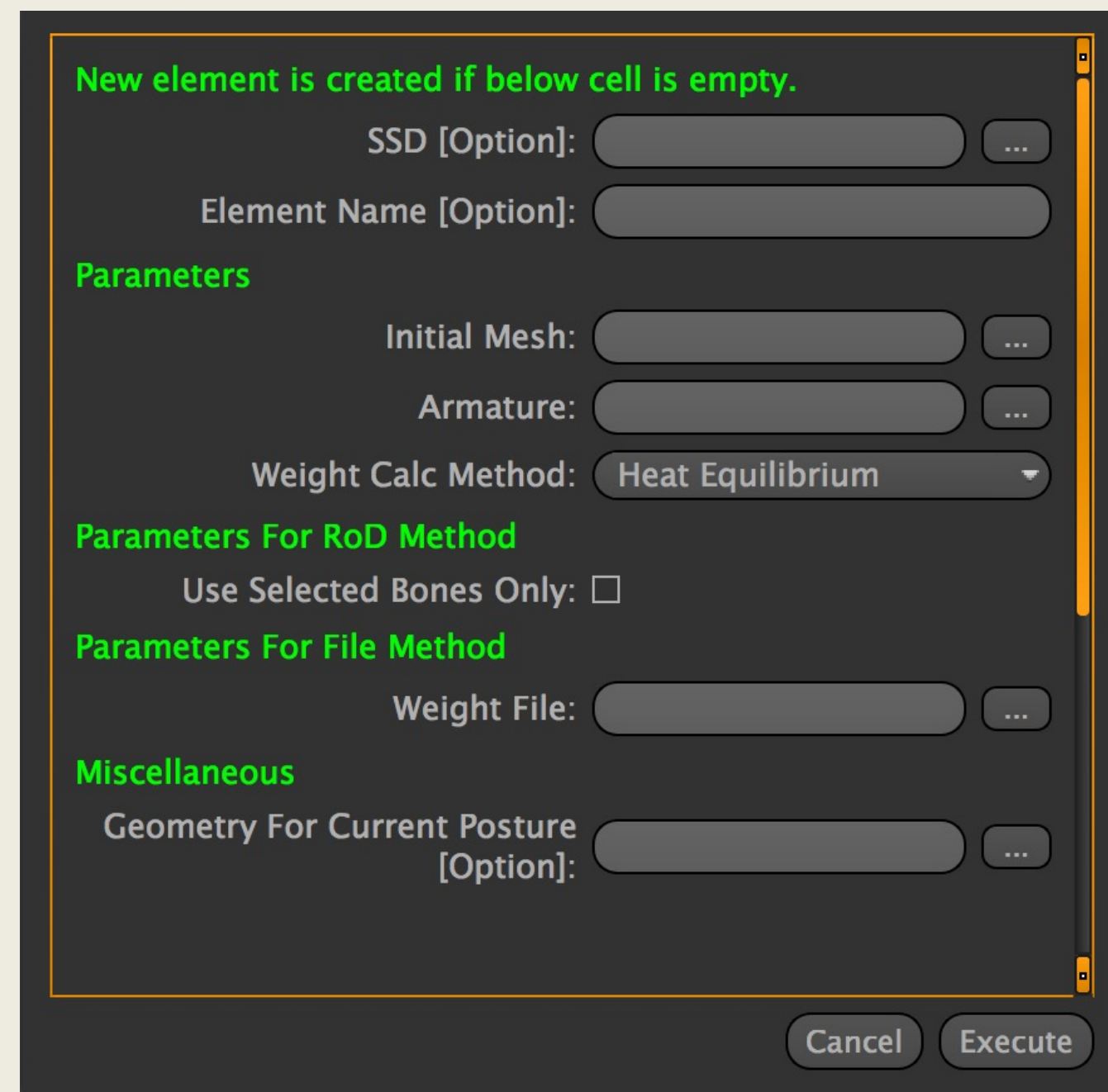
- しばらく待つと、エレメント「mySkeletalSubspace Deformation」が作成される

リンクモデルの骨を回転させる

— SSDエレメントに対応するリンクモデルエレメントを選択

— 編集モードに入る (Tabキーを押す)

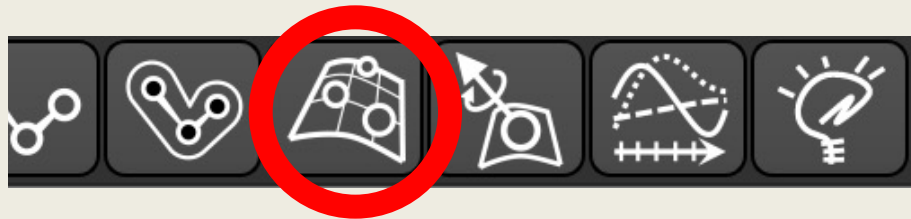
- ボーンを選択
- Rキーを押しリンクを回転させる



特徴点群エレメントを作成

- メニュー>エレメント>Create Element>Geometry>特徴点セットエレメントを作成, またはショートカットアイコン

- エレメント「myFeaturePoints」が作成される



特徴点群エレメント選択時の操作

- 特徴点群全体を平行移動・回転・スケールさせる
 - メッシュと同様 (G/R/Sキー)
 - 点群を参照しない場合のみ可能 (後述)
- 編集モードとの切替え
 - タブキー

- プロパティリスト
 - 特徴点名の表示, 表示する特徴点の半径の設定など
- 特徴点をすべて削除
 - エレメントメニュー>Clear Points
- 別の特徴点群エレメントからコピー
 - エレメントメニュー>Copy From...
- 構成が同じ特徴点群エレメントから各特徴点の情報をコピー
 - エレメントメニュー>Copy Point Values From...

編集モード

— リスト

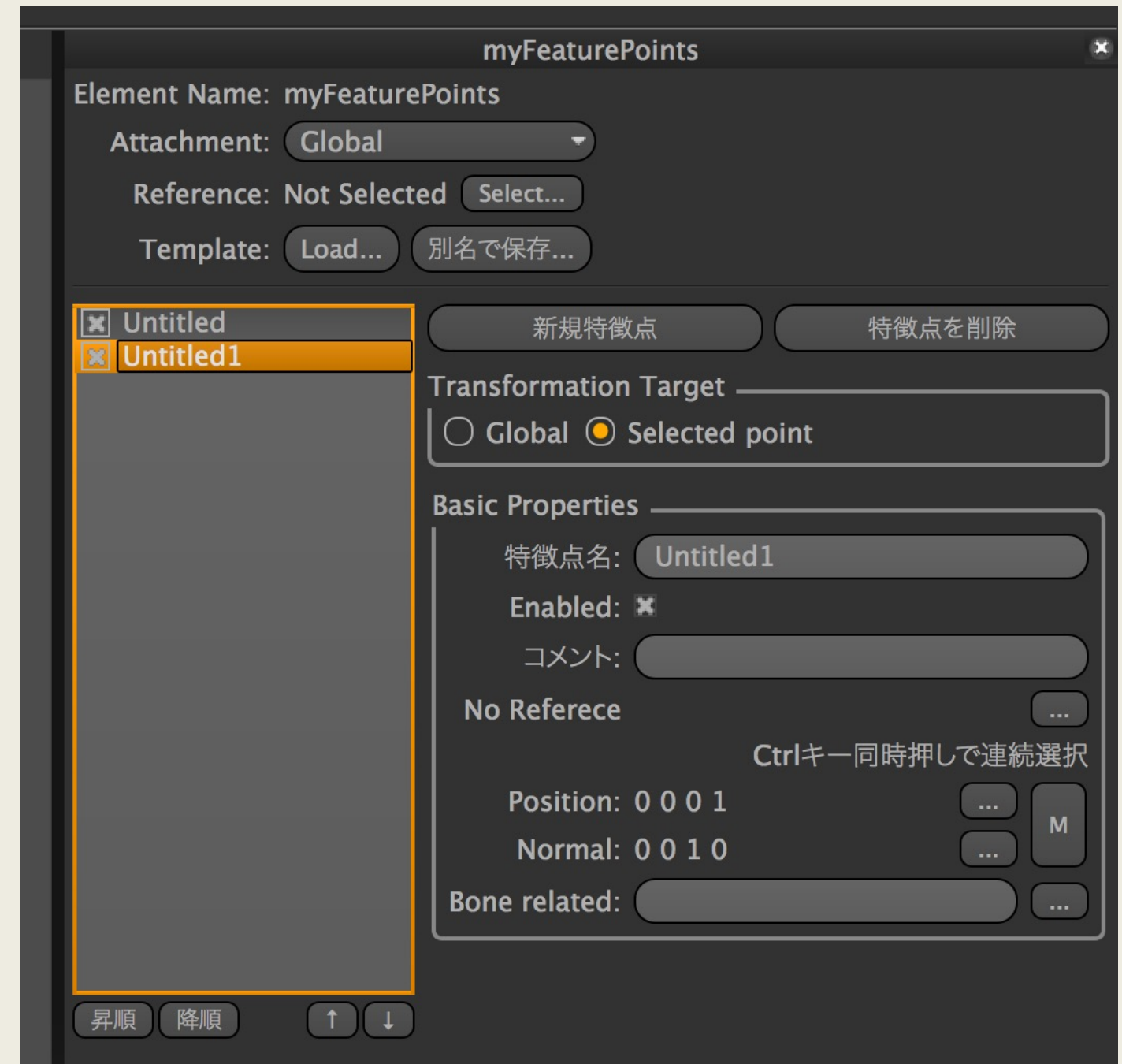
- 特徴点のリスト
- 昇順/降順/↑/↓ボタンで順序入替え

— Attachment: 特徴点の配置方法を設定

- Global: ワールド座標系の任意の位置に配置できる
- Link: リンク座標系に配置され, 追従する
- Point: 点群の一点上に配置され, 頂点位置に追従する
- Face: メッシュ面分上に配置され, 面分形状に追従する

— Reference:

- Linkアタッチモードなら参照するリンクモデルエレメント
- Pointアタッチモードなら参照する点群サプライヤエレメント
 - 点群サプライヤ: 点群, メッシュ, SSD表皮変形など
- Faceアタッチモードなら参照するメッシュサプライヤエレメント
 - メッシュサプライヤ: メッシュ, SSD表皮変形など



編集モード(続き)

— Transformation Target

- G/R/Sキーによる座標変換の対象

— Enabled

- チェックされていれば有効

— Reference Point/Face ID

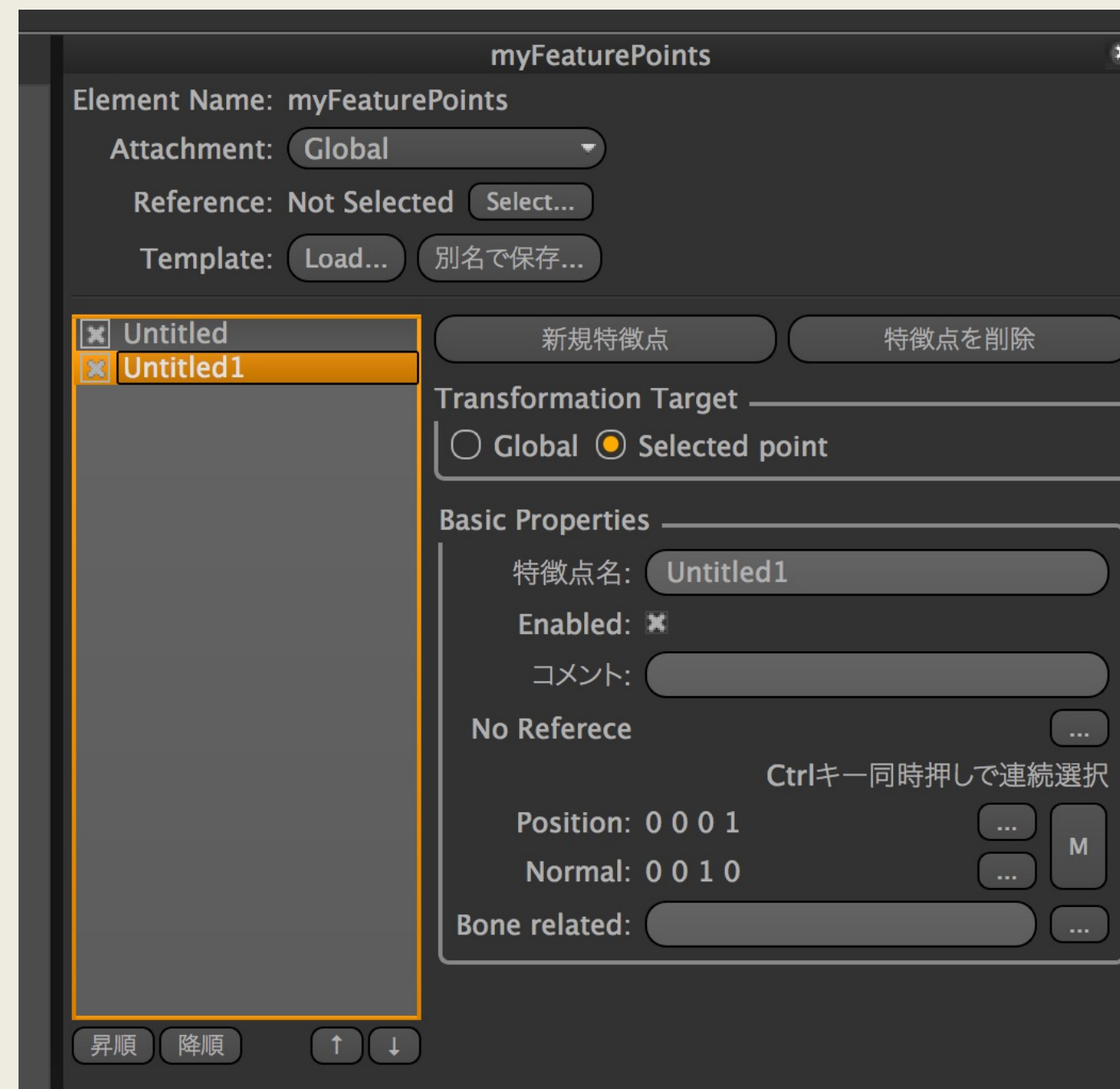
- Point/Faceアタッチモードで、この特徴点が参照する点/面分のインデックス
- 点/面分の選択方法
 - » 「…」ボタン>点/面分を右クリック

— 位置

- Global/Linkモード時に特徴点の位置を数値で設定

— Bone related

- Linkモード時にこの特徴点が参照するリンク名



パイプライン処理

— オペレーション

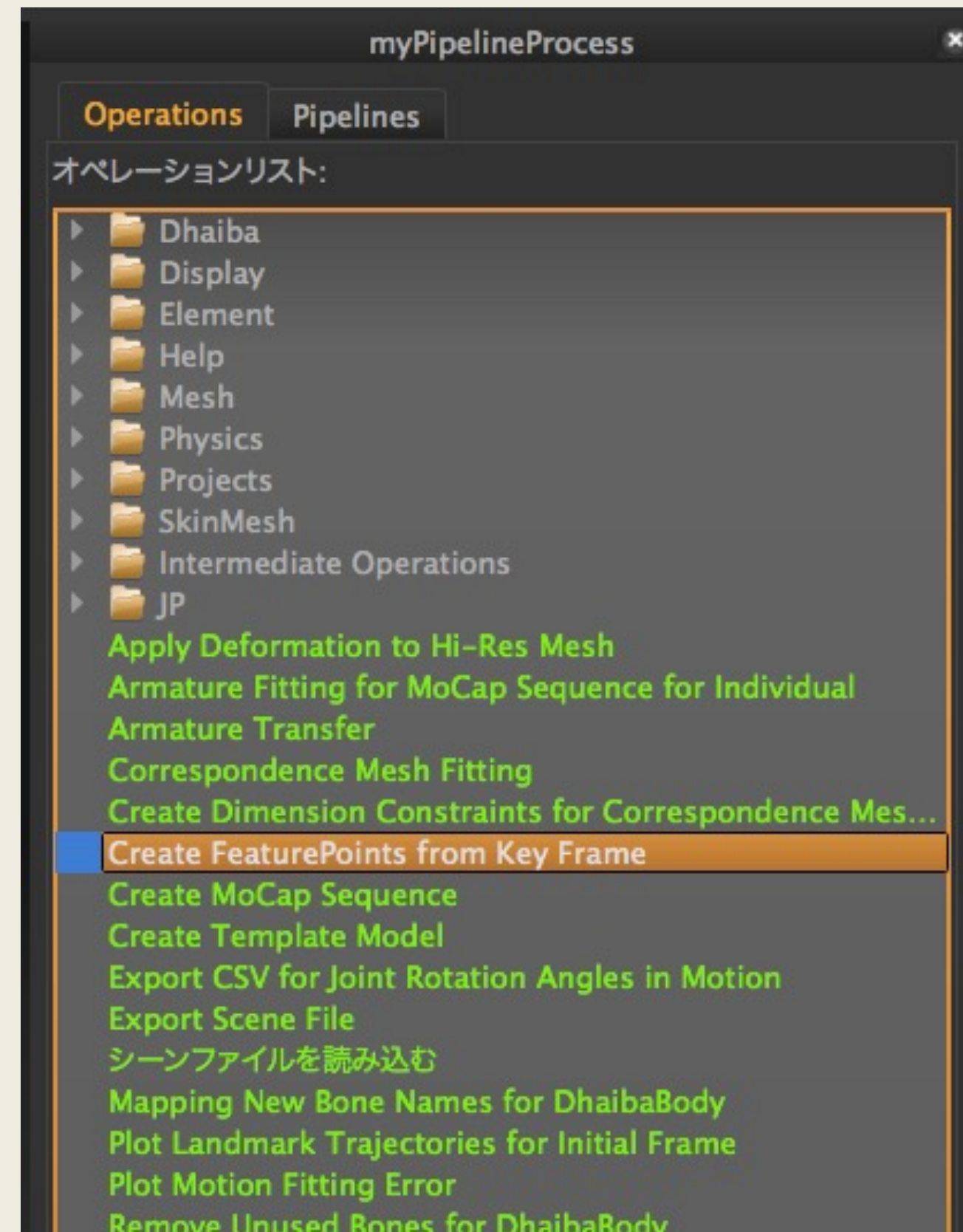
- 1つのPython言語スクリプトファイルに記述された様々な処理機能
- 特殊なコメント行を追加することにより、GUIで実行時に変更可能なプロパティを設定可能

— パイプライン

- オペレーションを組み合わせて順番に実行する機能
- パイプラインごとに、オペレーションのプロパティをカスタマイズすることも可能

パイプライン処理エレメント

- 起動時にFundamentalsグループ内に1つ作成されている
- 右サイドウィジェットで編集



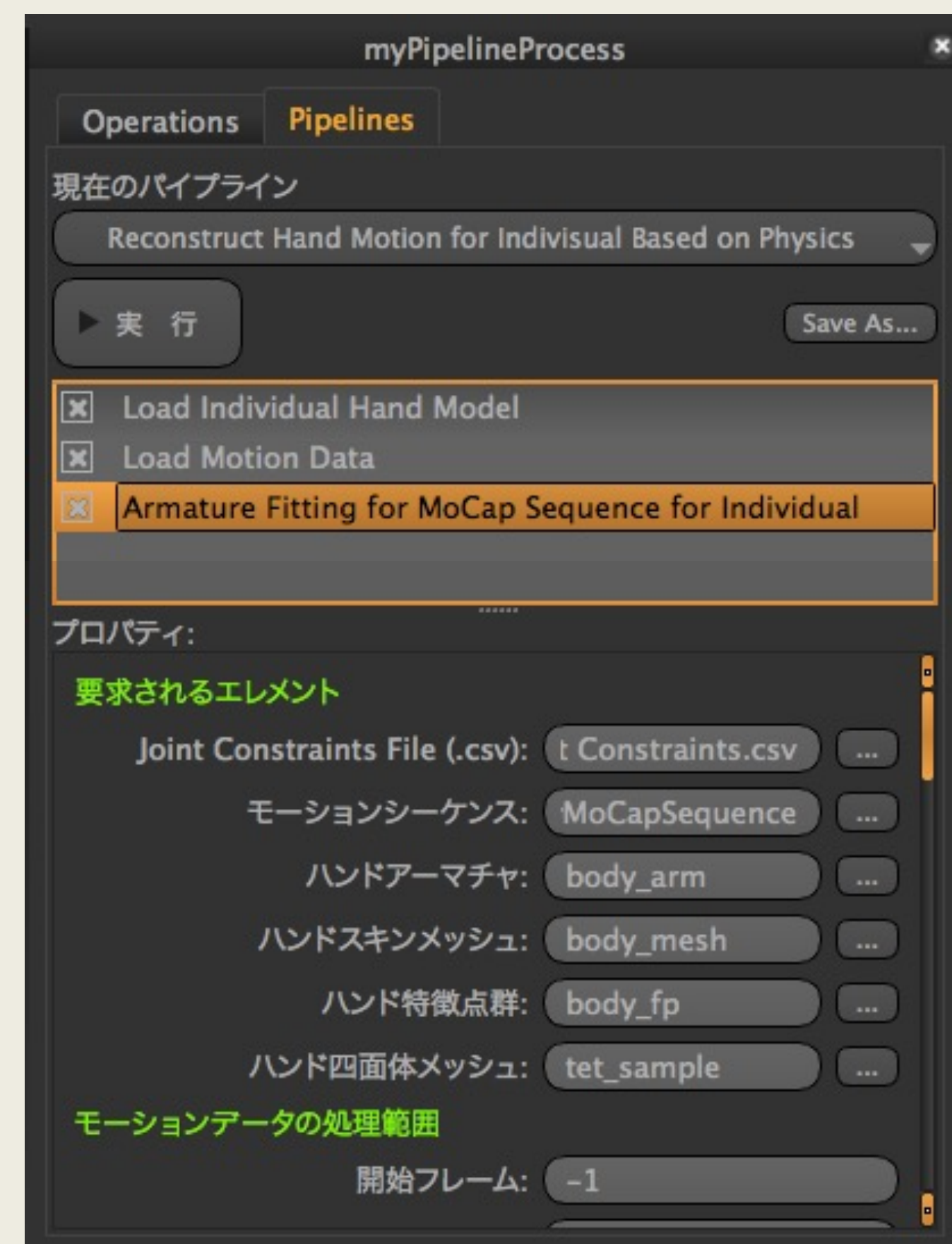
パイプライン処理の編集

— Operationsタブ

- リスト項目を右クリック
 - オペレーションのスクリプトソースコードを表示
 - オペレーションを現在のパイプラインに追加
 - オペレーションを単体で実行

— Pipelinesタブ

- 現在のパイプラインを表示
- プルダウンメニューから既存のパイプラインを読み込み可能
- オペレーションリストを右クリック
 - オペレーション単体の実行/削除
- 実行ボタン
 - チェックされているオペレーションを上から順番に実行する
- プロパティ
 - 選択しているオペレーションで使用可能なプロパティ群を表示

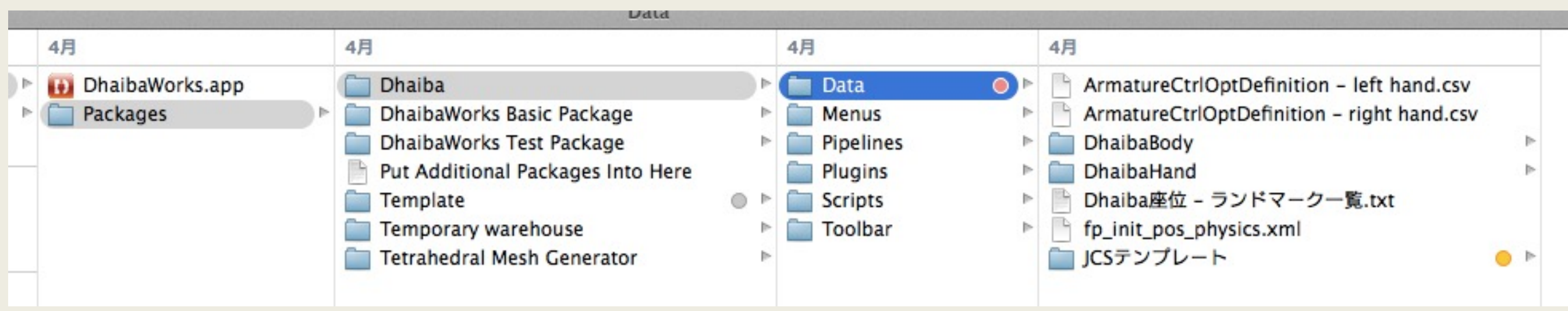


3. パッケージ

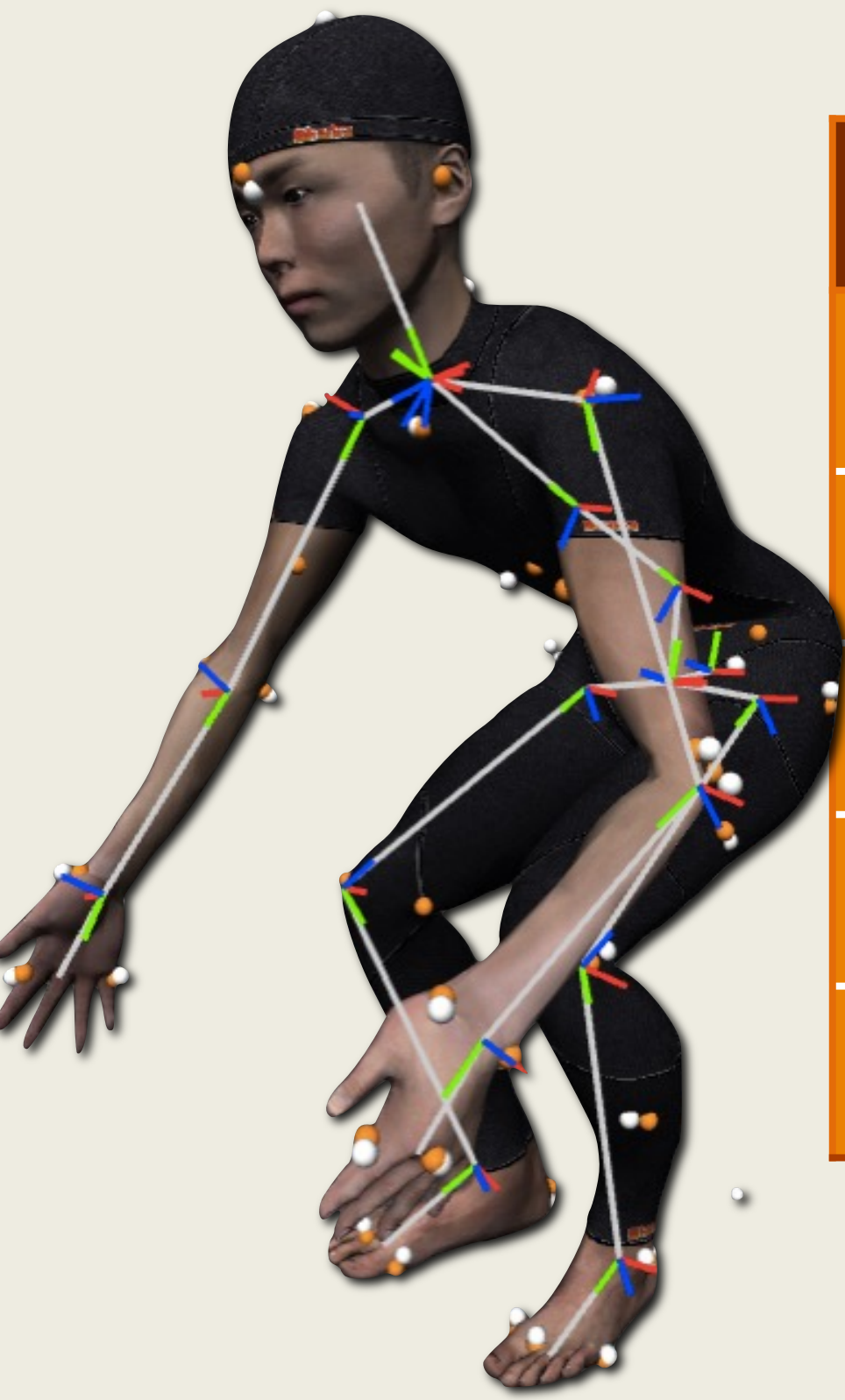
パッケージ

- 産総研またはサードパーティから提供される機能・データの基本単位
- 1つのパッケージは、1つのフォルダからの階層構造になっている
- 下記のいずれかのフォルダの中に入れておくと起動時に自動的にロードされる
 - 「<DhaibaWorksルートフォルダ>/Packages/<パッケージ名>」
 - 「C://DhaibaWorks V2 Packages/<パッケージ名>」 (Windowsのみ)
 - 「/Users/Shared/DhaibaWorks V2 Packages/<パッケージ名>」 (macOSのみ)
- パッケージの階層構造

- <パッケージ名>
 - └ Data
 - └ Menus
 - └ Pipelines
 - └ Plugins
 - └ Scripts
 - └ ...



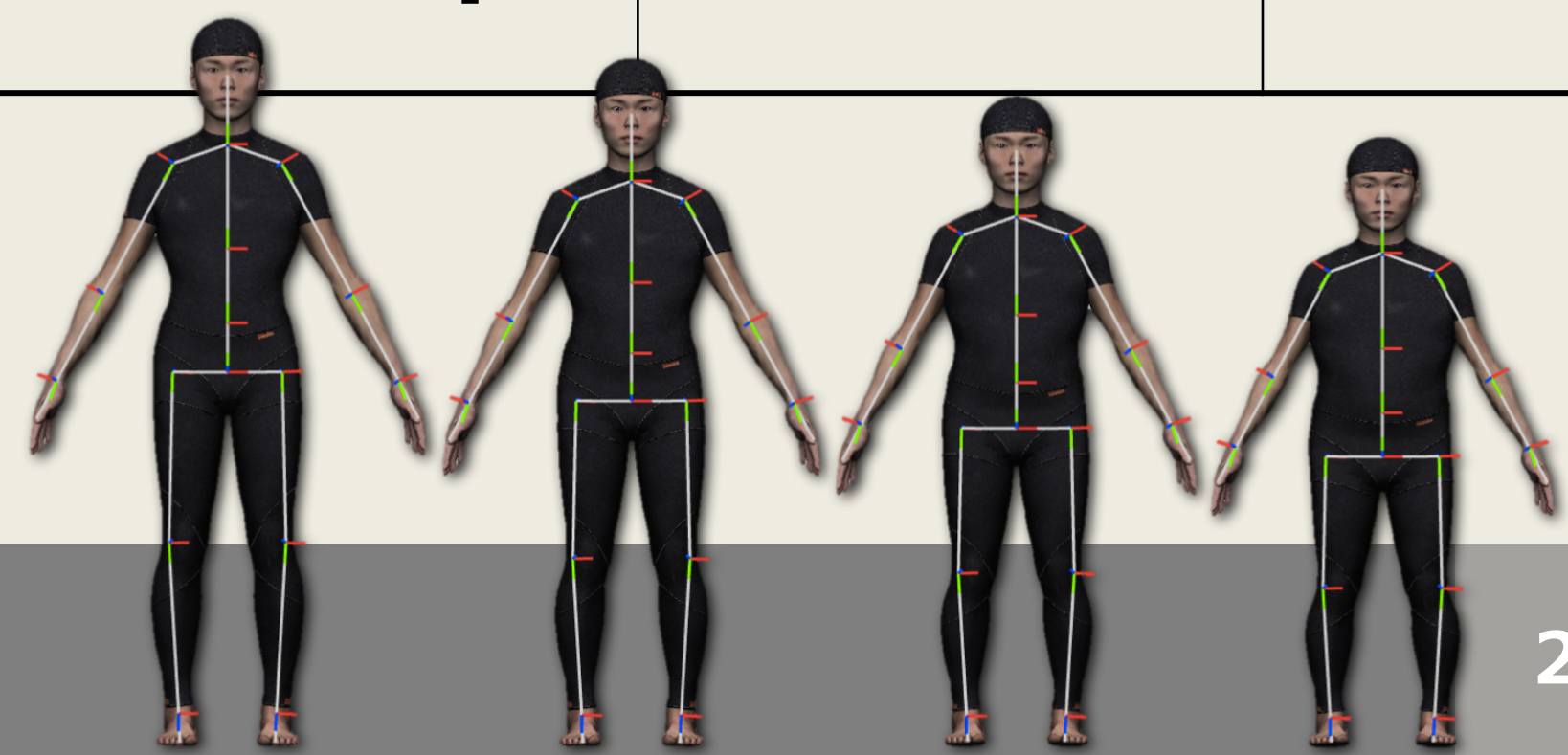
4. ヒューマンモデルの生成



Dhaibaキネマティクスモデル	
初期姿勢 表皮メッシュ	dhMesh
マテリアル	dhMaterial
テクスチャ	dhGLTexture
リンクモデル	dhArmature
SSD表皮変形	dhSSD

その他のDhaibaモデル	
ランドマーク	dhFeaturePoints
ボリウム メッシュ	dhTetrahedralMesh
モーション	
動作シーケンス	dhMoCapSequence
ダイナミクスモデル	
外力	dhForceSet

	用途	入力	操作	処理時間
バウンダリファミリの読み込み	<ul style="list-style-type: none"> 日本人成人男女の代表体型モデル 	なし	メニュー選択	数秒
寸法サブセットにもとづく人体モデル生成	<ul style="list-style-type: none"> 大まかな個人別体型 代表体型モデル 	<ul style="list-style-type: none"> 任意の寸法サブセット (身長+体重など) 	メニュー選択	数秒
モーションキャプチャによる人体モデル生成	<ul style="list-style-type: none"> 個人別体型 	<ul style="list-style-type: none"> 立位標準姿勢のマーカ一位置セット [任意の寸法セット] 	パイプライン実行	1分程度



バウンダリファミリ

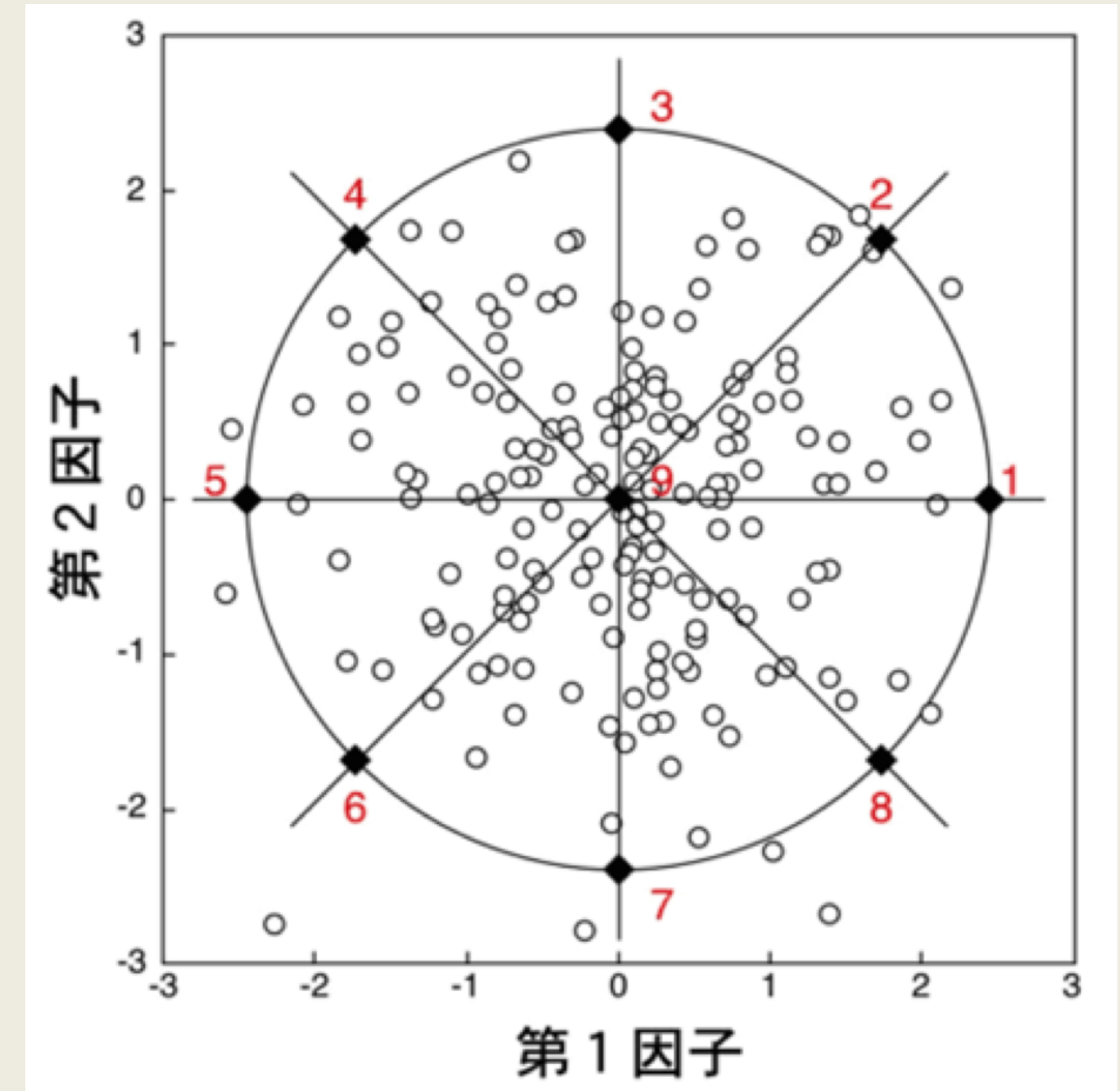
人体における多様性をできるだけ少ない数の人体モデルによってカバーするための人体モデルセット

因子分析や主成分分析法を使って、現実中存在しそうな、分布の端にいる体形が持つべき寸法を算出する手法

- 特定の人間の寸法ではなく、分布の上で特定の位置にいる仮想的な人間の寸法を、統計的に算出したもの

2次元主成分空間において、全被験者のうち95%がその中にはいるような確率楕円(*1)を描く。楕円上の8点と空間原点の1点に対し、これらに対応する人体モデルを生成し、バウンダリファミリとする

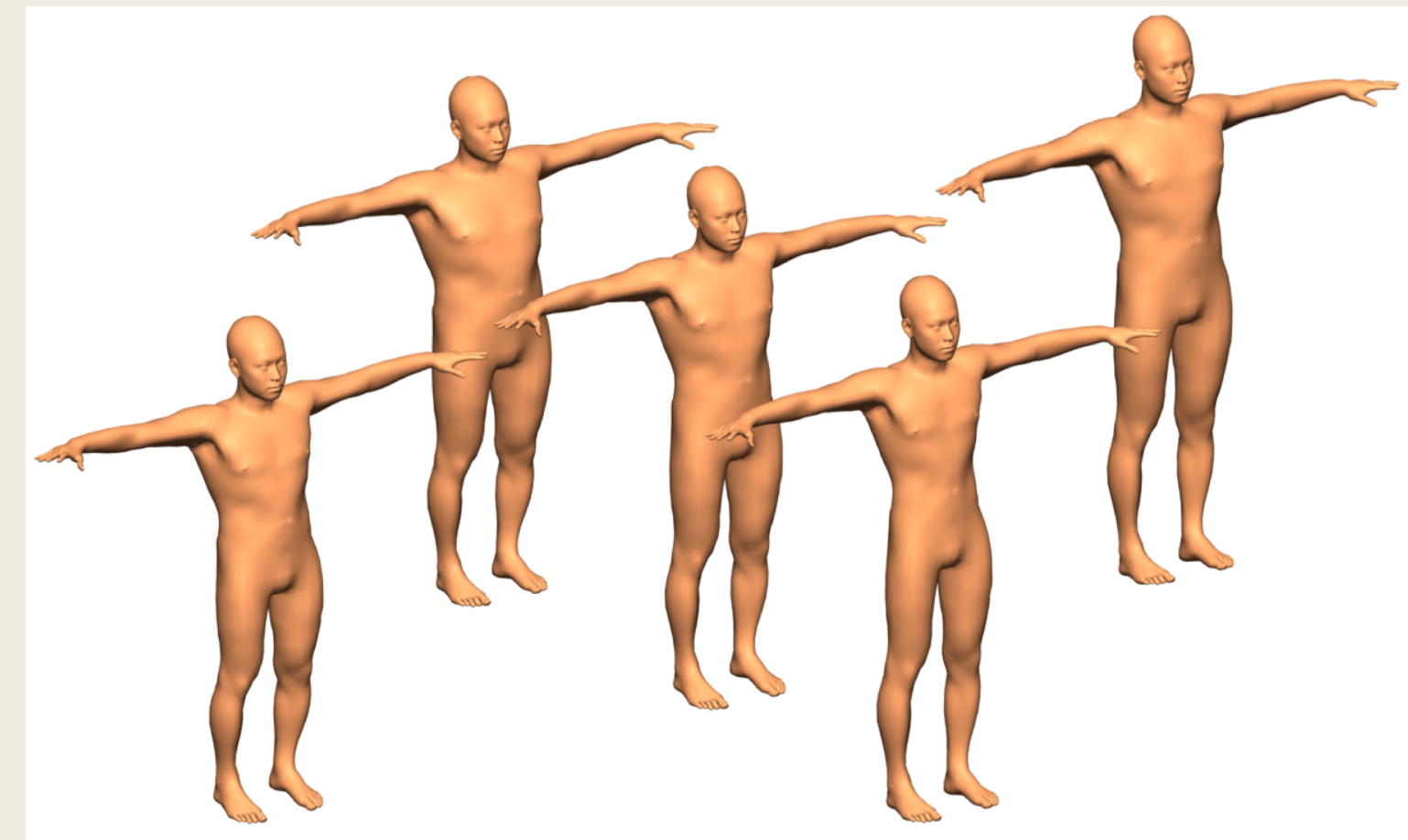
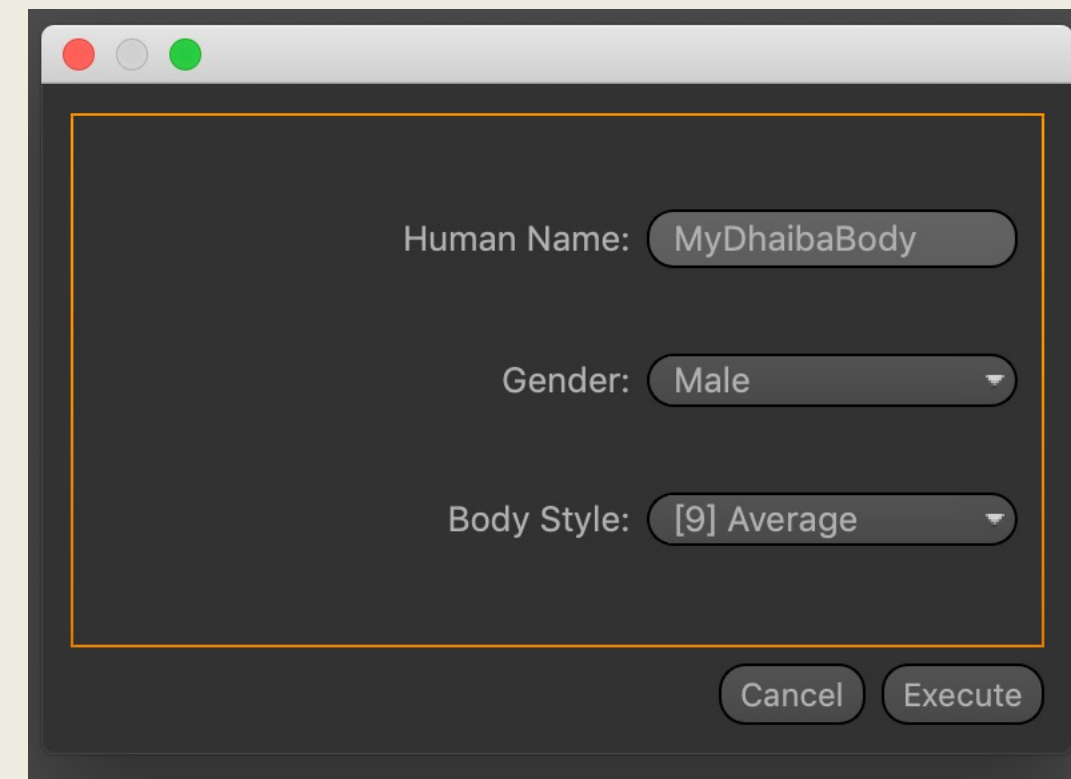
- (*1) 各次元において標準偏差の2倍の値を径とし、楕円を描くと、正規分布の場合ほぼ分布の95%が楕円内部に含まれる



実行手順 (DhaibaBody V2向け)

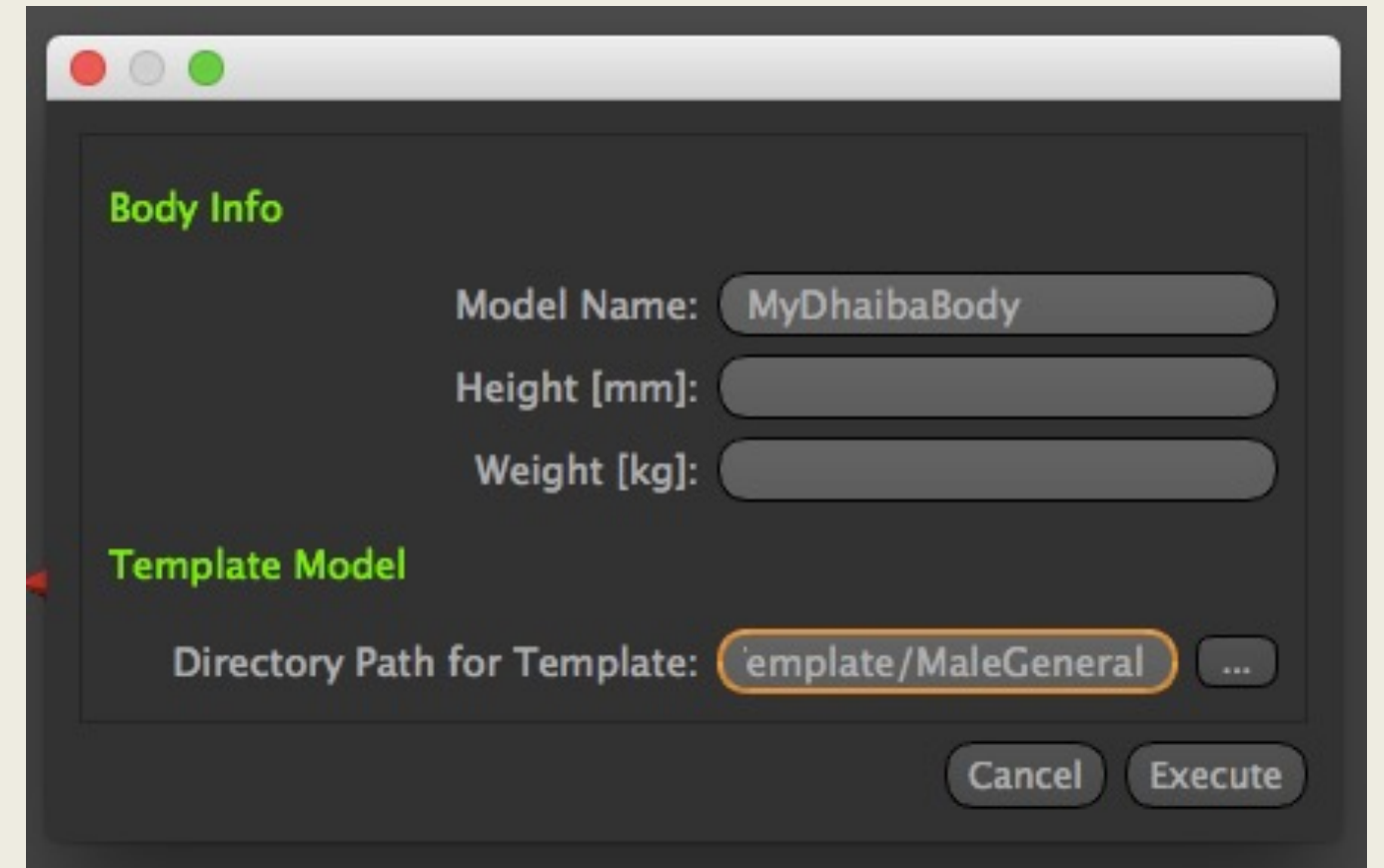
— メニュー>Dhaiba>DhaibaBody V2>
バウンダリファミリをロード…

- ダイアログが開く
 - Model Name
 - » 生成されるDhaibaモデルの元素セットが格納される
元素グループ名
 - Gender
 - » 生成されるDhaibaモデルの性別
 - Body Style
 - » 生成されるDhaibaモデルの体格
- 「Execute」ボタンを押す



実行手順

- メニュー>Dhaiba>DhaibaBody V2>
少数寸法からDhaibaV2を生成[性別]
 - ダイアログが開く
 - » Model Name : 生成されるDhaibaモデルの元素セットが格納される元素グループ名
 - » Height [mm] : 生成されるDhaibaモデルの身長
 - » Weight [kg] : 生成されるDhaibaモデルの体重
 - » Directory Path for Template : テンプレートとなるDhaibaモデル (通常は指定不要)
 - 「Execute」 ボタンを押す
 - » 数秒待つ



手法の概要

- 寸法サブセットからの寸法フルセットの推定
 - HQL人体寸法データベース2004-2006
 - 全身寸法217項目 x 日本人成人男女6,700人程度
 - 主成分分析により寸法空間から主成分空間を生成
 - 寸法サブセットを満たす主成分スコアを推定
 - 主成分スコアから寸法フルセットを推定

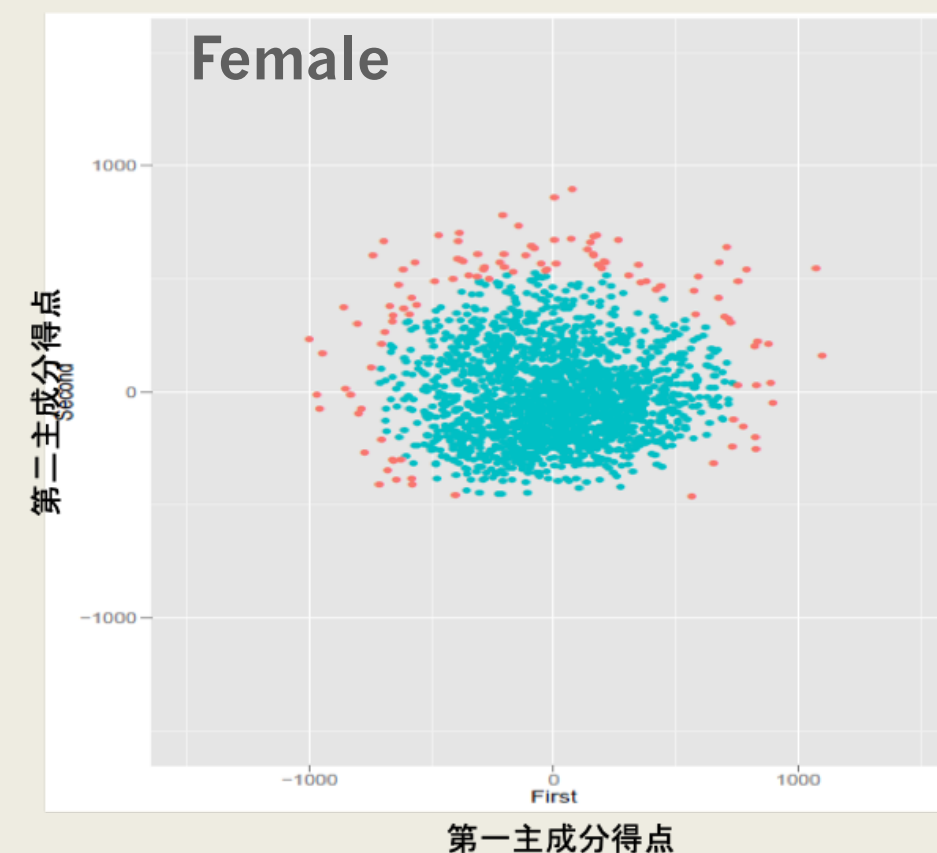
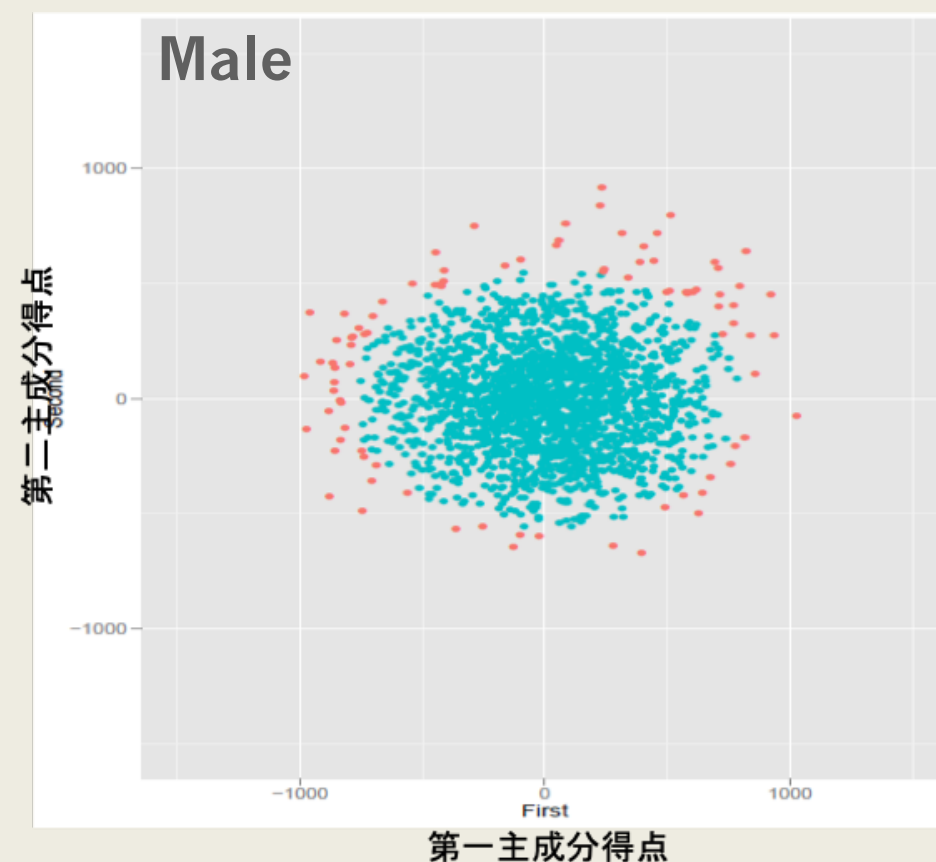
HQL DBライセンス使用上の注意点

— コンソ法人会員1

- 法人年間ライセンス
 - 10社単位のボリュームライセンス
 - 協議会から年度単位で支払

— 個人会員

- アカデミックライセンス
 - 規約に同意の上, 研究目的に限る



概要

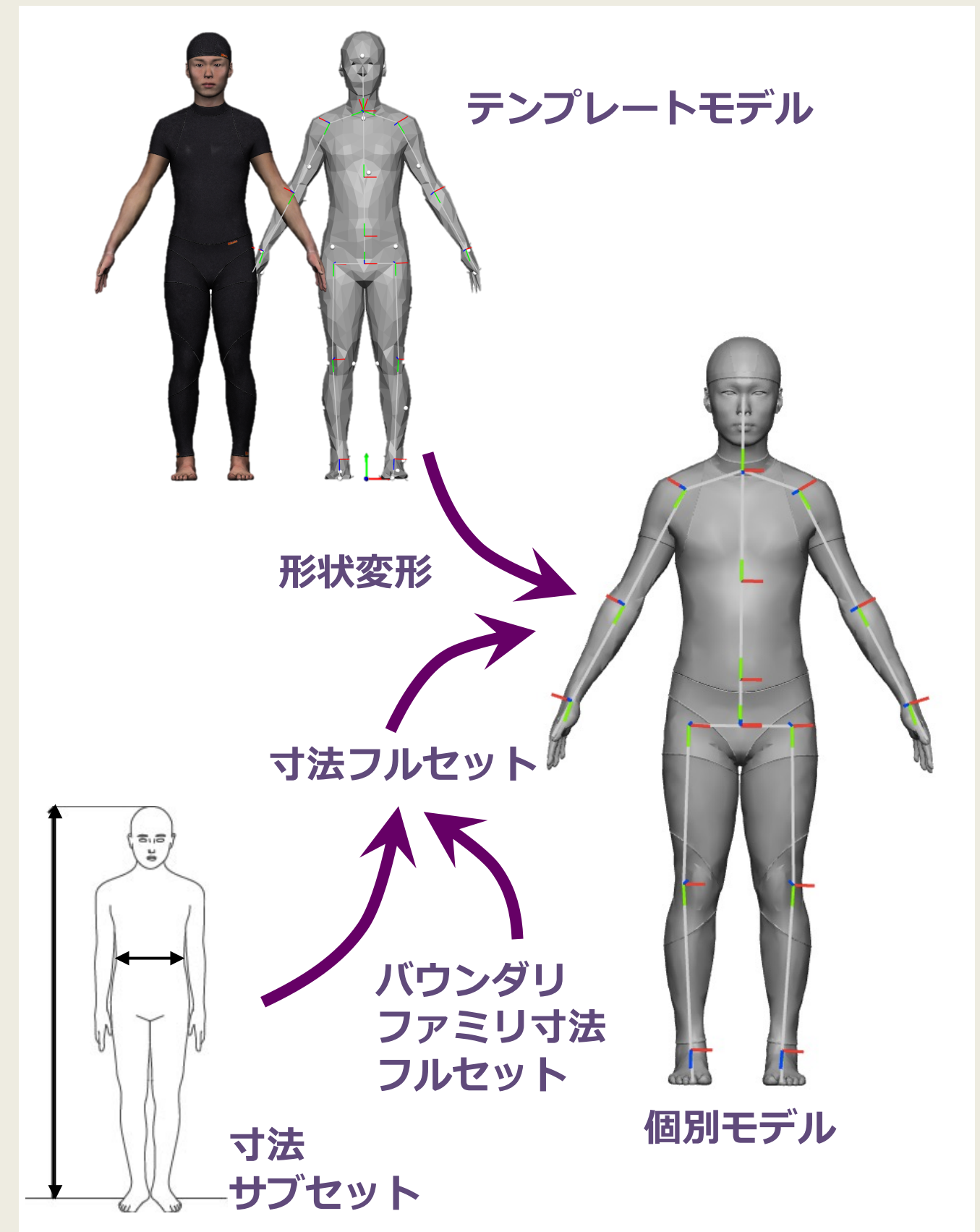
- 体型を十分に表現可能な寸法フルセットから人体相同モデルを生成

メッシュ類似性評価関数にもとづく最適化

- 制御変数：メッシュ頂点位置
- 目的関数： E_S, E_I
 - E_S ：メッシュ各面分の，隣接面分との変形量の差
 - E_I ：初期形状からの形状変形量
- 制約条件：寸法が指定値に一致すること
 - 寸法は指定した2頂点間の距離で表現

寸法フルセットの推定手法

- 寸法サブセットからの推定
- バウンダリファミリ寸法フルセットの推定

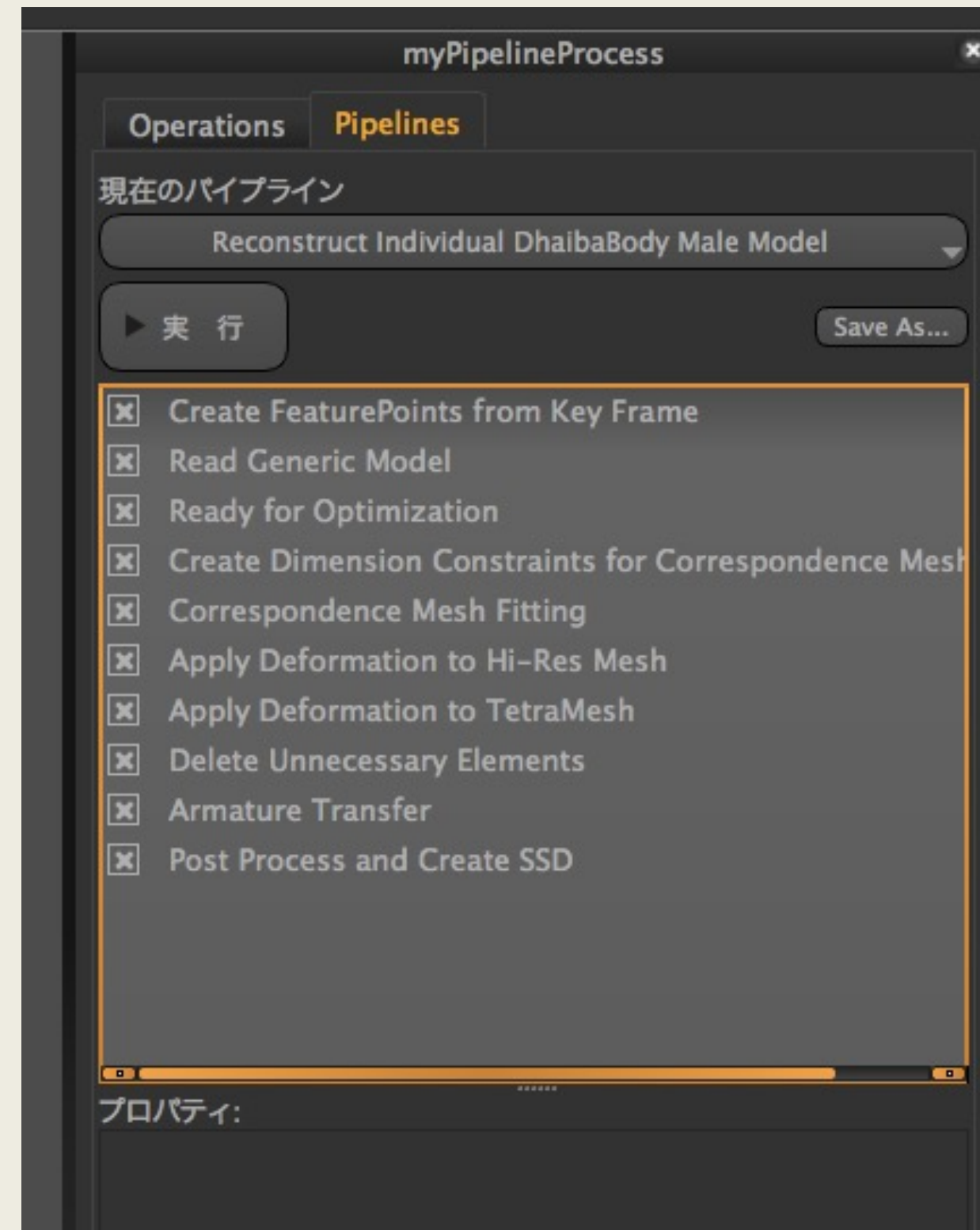


実行手順

－ パイプラインエディタ

- 「現在のパイプライン」から「DhaibaBody V2/Reconstruct Individual DhaibaBody V2 Male Model v1.17.8.18」を選択
- 「実行」ボタンを押す。ダイアログが開く：
 - » T Pose Motion File : CSV, C3D, TRCファイルを選択。
初期フレームが立位標準姿勢となっていること
 - » Body Weight [kg] : 被験者の体重を指定

本手法が最適化において使用するIntel MKLライブラリは、実行時に莫大なメモリを消費するため、計算機に最低でも8GB程度のRAMが搭載されていない場合、メモリエラーになる可能性がある（ログウィンドウを参照してください）



概要

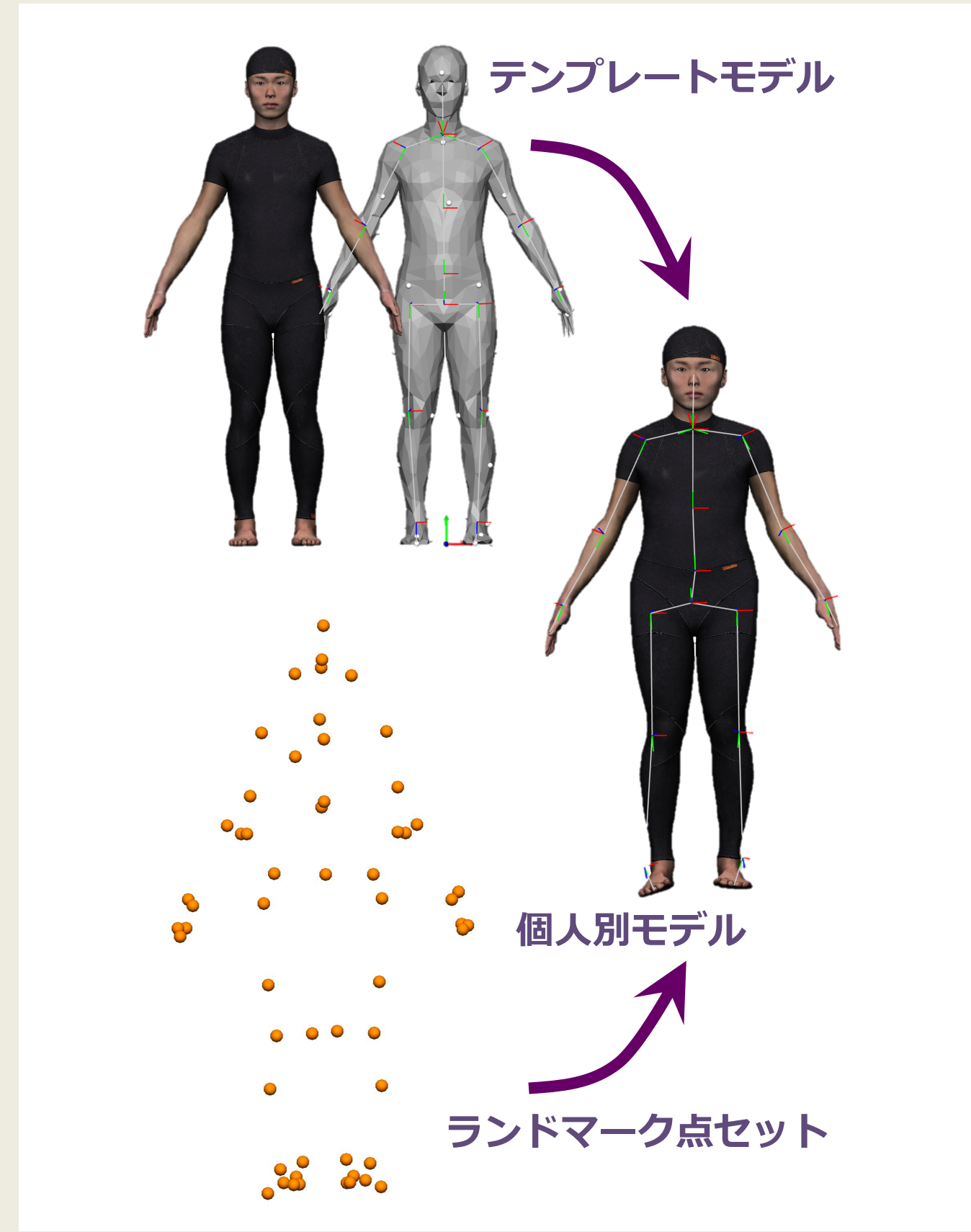
- 立位標準姿勢における表皮上の解剖学的特徴点セットの各点位置から人体相同モデルを生成
- 個人別の人体モデルを高精度に再現することが可能

メッシュ類似性評価関数にもとづく最適化

- 制御変数：メッシュ頂点位置
- 目的関数： E_S, E_I
 - E_S ：メッシュ各面分の，隣接面分との変形量の差
 - E_I ：初期形状からの形状変形量
- 制約条件：
 - メッシュ上の各ランドマーク頂点位置が対応するマーカ点に一致すること

ランドマークセットの位置情報の取得

- モーションキャプチャを使用
 - 表皮解剖学的特徴点に光学式マーカを貼り，複数のカメラで撮影し，各マーカ位置を復元



Dhaibaモデルを開く/作成する 着装モデルを読み込む

- メニュー>Dhaiba>DhaibaBody V2>DhaibaV2に着衣 v1.17.8.28
 - Model Name
 - Dhaibaモデルが含まれているエレメントグループ名を選択
 - Cloth Type
 - 着衣の種類を選択



5. ヒューマンモデルの姿勢生成

	用途	入力	操作	処理時間
リンクモデルの各関節を手動で回転	手動での姿勢作成	Dhaibaキネマティクスモデル	リンクエディタにおけるマウス操作	リアルタイム
最適化による目標点到達	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイムIK モーションキャプチャによる姿勢再現 	Dhaibaキネマティクスモデル Dhaibaランドマーク 各ランドマークの目標点 [リンクモデル参照姿勢]	<ul style="list-style-type: none"> メニューから実行 MoCapシーケンスエディタから操作 	リアルタイム
ばねダンパモデルを利用したシミュレーション	モーションキャプチャによる姿勢再現	Dhaibaキネマティクスモデル Dhaibaボリュームメッシュ Dhaibaランドマーク マーカシーケンス	パイプライン実行	数秒 / 姿勢
	代表寸法モデル等に対する姿勢推定	Dhaibaキネマティクスモデル Dhaibaボリュームメッシュ Dhaibaランドマーク マーカシーケンス	パイプライン実行	数十秒 / 姿勢

廃止

Dhaibaモデルを開く/作成する

4章参照

SSD表皮変形エレメントがない場合は作成する

2-3参照

リンクモデルをグローバルに平行移動・回転させる

2-2 (1)参照

リンクモデル編集モードにする

現在の姿勢編集モードにする

リンクを選択し、回転させる

2-2 (2)参照

MyDhaibaBody_arm

Bones

- PELVIS
 - SPINE
 - STERNUM
 - NECK
 - L_CLAVICLE
 - L_HUMERUS
 - L_ULNA
 - L_HAND
 - R_CLAVICLE
 - R_HUMERUS
 - R_ULNA
 - R_HAND
- R_FEMUR
 - R_TIBIA
 - R FOOT
 - R_TOE
- L_FEMUR
 - L_TIBIA
 - L FOOT
 - L_TOE

General Bone Property

Bone Name: L_TIBIA
 Parent Bone: L_FEMUR
 Sub Bone Of: No Reference ...
 Rotation
 Coordinate System: ... Auto
 Tail Position: L G Auto
 Rotation Matrix: ... Inv...
 Mass [kg]: 2.79276
 Mass Center [mm]: L G
 Inertia [kg.mm2]:
 Joint Torque [N.m]:

Attached Mesh

追加 除去 Clear

Joint Constraints

X: Min -1 Max 160 Free Lock
 Y: Min -1 Max 1 Free Lock
 Z: Min -1 Max 1 Free Lock

Pythonコンソール ログ出力ウィンドウ

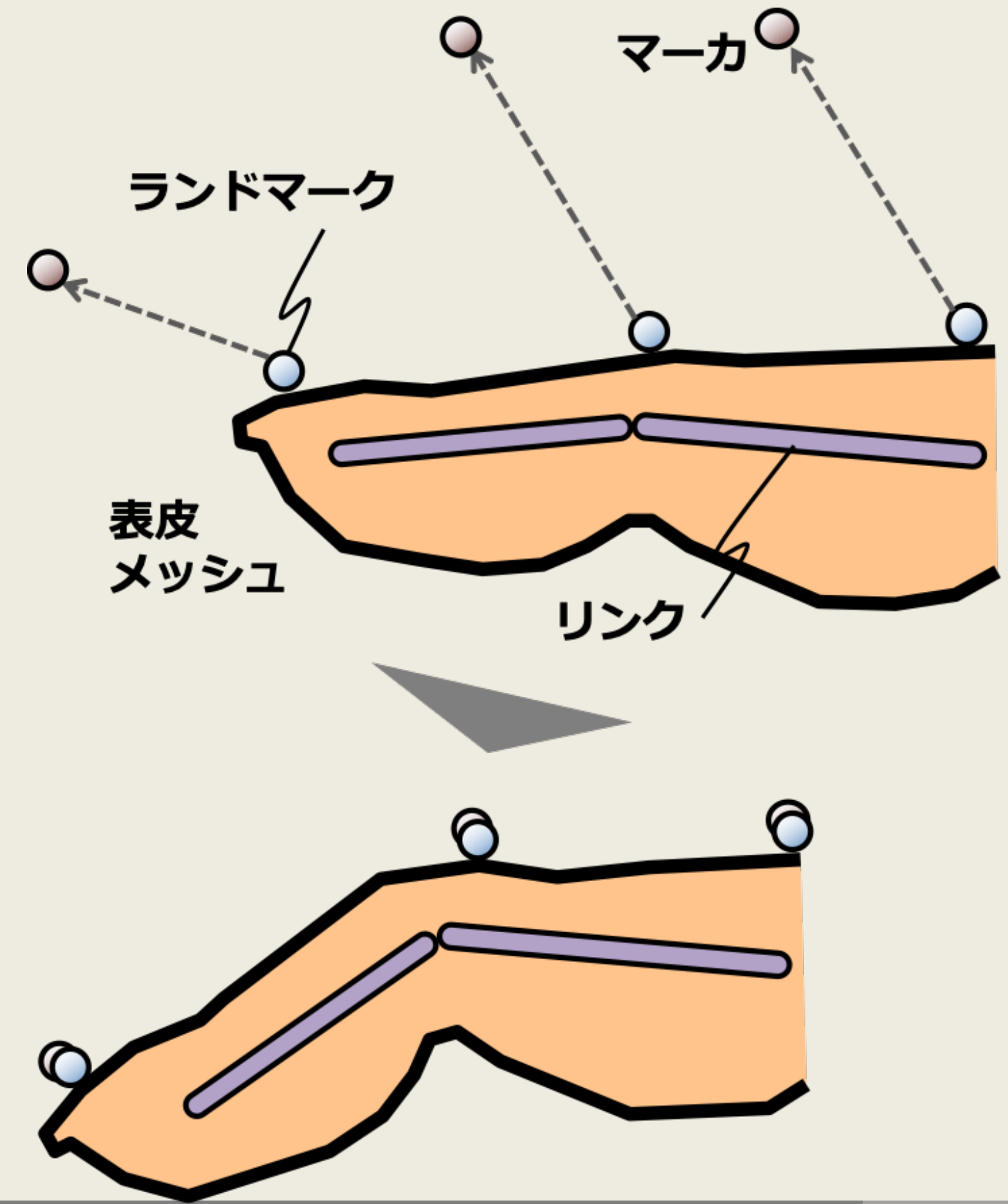
```

dhPluginOpenVR::initPlugin() called.
dhPluginPhysicsSimulation....Loaded.
dhPluginSurfaceReconstruction....Loaded.
dhPluginTest::initPlugin() called.
dhPluginTetrahedralMeshGenerator....Loaded.

OpenGL Version: 2.1 ATI-2.8.38
Graphics Hardware
- Vendor: ATI Technologies Inc.
- GPU: AMD Radeon Pro 560 OpenGL Engine
GLSL Version: 1.20
buffers = 1, samples = 4
    
```

モーションキャプチャから得られたランドマーク マーカ位置から個人別人体モデルの姿勢を最適化 手法で再現

- 制御変数：各関節回転角（1-3自由度）
- 最小化する目的関数
 - ランドマークと対応するマーカ間距離
 - 各関節回転量
 - (オプション) ランドマークと対応するマーカの姿勢のずれ
- 制約条件：関節可動域



モデルの準備

- Dhaibaモデルを開く/作成する
- 表皮上にランドマークがない場合は作成する
 - 2-4(1)(2)参照
 - » FaceアタッチモードもしくはPointアタッチモード
 - » 点群サプライヤとしてSSD表皮変形エレメントを選択
- 空間に各ランドマークに対応する目標点セット (ターゲット特徴点群) を作成する
 - 2-4(1)(2)参照
 - » 特徴点群エレメントを新たに作成
 - » アタッチメントモードは任意
 - » 前項のランドマーク名と同じ名前の特徴点を作成：
 - ・すべてのランドマークに対して作成しなくてもよい
 - ・エレメントメニュー>Copy From…を使用すると楽

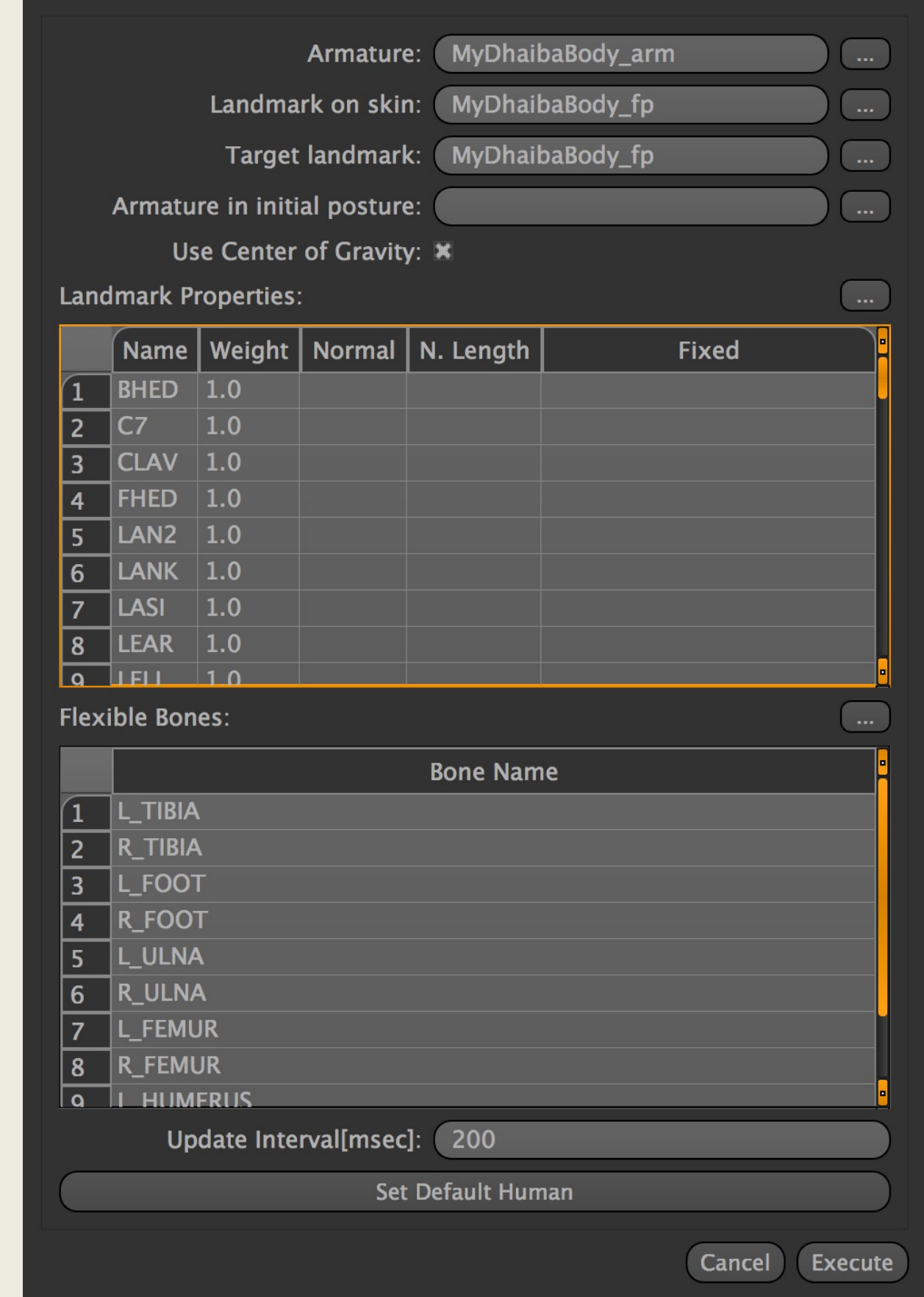
• ターゲット特徴点群の便利な作成方法

- » 特徴点群エレメントを新たに作成
- » エレメントメニュー>Edit>Copy From...
 - ・ Dhaibaモデル表皮上の特徴点群を指定する
- » エレメントメニュー>Edit>Make All Points Enabled/Disabled...
 - ・ ダイアログでMake all points disabledを選択
- » 特徴点群エディタを開く
 - ・ アタッチメントモードをGlobalに設定する
 - ・ 四肢先端や頭部、PELVIS付近の特徴点のチェックボックスをオンにする

[次ページにつづく](#)

リアルタイムIKを実行する

- メニュー>Dhaiba>リアルタイム姿勢推定を開始v6
 - Armature: Dhaibaリンクモデルエレメントを選択
 - Landmark on Skin: Dhaiba特徴点群エレメントを選択
 - Target landmark: ターゲット特徴点群エレメントを選択
 - Armature in initial posture: 「Armature」欄と同じものを選択
 - Use Center of Gravity: 姿勢を保持した際に転ばないような姿勢のみに限定させる
 - » 重心の地面への投影点をフットエリアの内側に存在させる
 - Landmark Properties:
 - » Name: 特徴点名、Weight: 点をフィットさせる強さ
 - » Normal: x, y, zまたはこれらの組み合わせを入力 (例: xz)
xzと入力した場合, Dhaiba特徴点のローカル座標系のx軸およびz軸も, 目標特徴点のローカル座標系のx軸およびz軸に一致するように姿勢を生成する
 - N. Length: Normalをフィットさせる強さ: 200程度が妥当
 - Set Default Human: 押すと人体の推奨設定値が自動入力される
 - Update Interval: 未使用のパラメータ
- ダイアログを閉じた後, ターゲット特徴点群の各点の位置・姿勢を変更すると, Dhaibaの姿勢が自動的に追従する



Dhaibaモデルを開く/作成する

- SSD表皮変形エレメント、表皮上にランドマークがない場合は作成する

モーションシーケンスエレメントを作成する

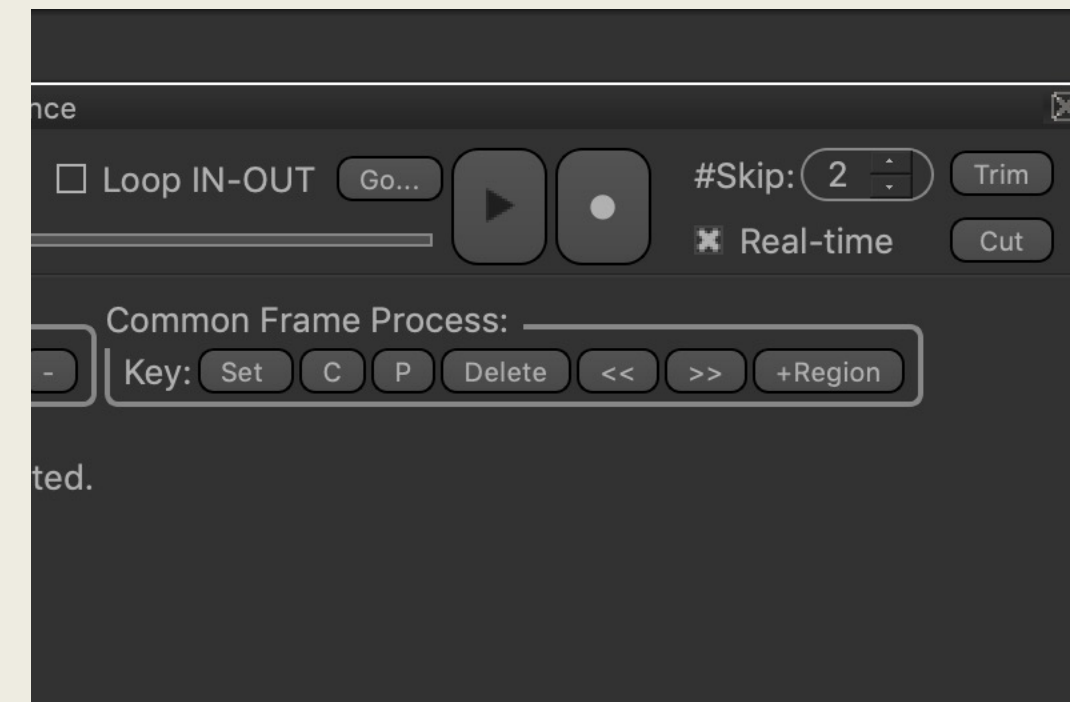
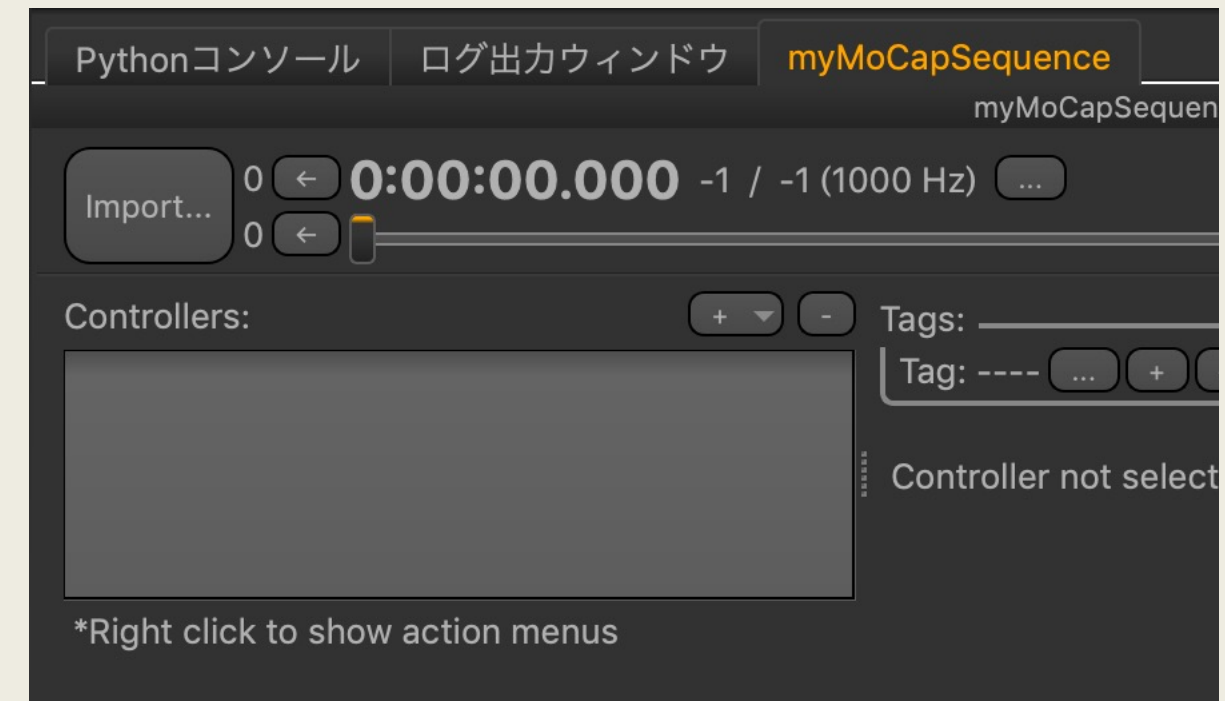
- メニュー>エレメント>Create Element>MoCapシーケンスエレメントを作成, またはショートカットアイコン
 - モーションエディタが自動で開く

モーションファイルを開く

- Import...ボタン
 - マーカ用モーションコントローラが作成される

リンクモデル用モーションコントローラを作成する

- Controllers: +ボタン>dhMCArmatureController
 - Armature: Dhaibaリンクモデルエレメントを選択
 - Marker Controller: モーションファイル読み込み時に作成されたマーカ用モーションコントローラを選択
 - Feature Points: Dhaiba特徴点群エレメントを選択
- Landmark Fitting: 「0」で仮合わせ、「ALL」で全フレームフィット
 - 数秒~数分待つ (モーションのフレーム数に依存)



物体の姿勢をフィッティングする方法

- メッシュエレメントを作成、形状を読み込む
- 特徴点群エレメントを作成
 - Faceアタッチモード
 - 作成したメッシュエレメントをReferenceとする
 - モーションキャプチャの際に物体に貼付した位置と同じ位置に特徴点を配置する。特徴点名を、対応するマーカ名と同一にしておく
- モーションキャプチャエレメントを作成し、モーションファイルを読み込む
- モーションキャプチャエレメントエディタ > Controllers > 「+」 > dhMCRigidBodyController
 - Rigid Body : メッシュエレメントを指定
 - Marker Controller : フィッティングするマーカが含まれているマーカコントローラ名を指定
 - Feature Points : メッシュにアタッチした特徴点群エレメントを指定
- モーションキャプチャエレメントエディタ > Landmark Fitting > 「ALL」

6. ヒューマンモデルの評価

	用途	入力	操作	処理時間
視野	可視性の評価	視線ベクトル	スクリプト	—
接触領域・面積	接触部位の評価 接触量の評価	人体姿勢 製品姿勢	GUI	<1s
把持安定性 (Force Closure / Grasp Quality)	製品に対する把持安定 性の評価	人体と製品の接触 製品重心 摩擦係数	GUI	<1s
接触力・関節トルク	人体の特定の部位への 負荷 人体関節への負荷	人体と製品の接触 既知の外力 人体力学パラメタ	GUI	10ms
筋発揮率	人体筋肉への負荷	人体と製品の接触 既知の外力 人体力学パラメタ・ 筋モデル	外部ソフトウェアとの 連携	開発中

問題

- 複数の剛体からなる多リンク系の各剛体における力・トルクのつりあいから未知の力・トルクを推定する
- 入力
 - 各リンクの質量・重心・慣性特性、運動（加速度など）
 - 既知の接触点に対する力・トルクベクトル, 対応リンク
 - 未知の接触点に対する対応リンク
- 出力
 - 未知の接触点に対する力・トルクベクトル
 - 各リンクの関節間力・関節トルク

解法

- 二次計画法

$\forall G \in \text{RigidBody}$,
 H_i : G 's child body, K : G 's parent body

Variables: $\forall x \in X$

Minimize: $\sum_x (w_x x)^2$

Subject to:

$$m_G \mathbf{g} + \sum_k (\mathbf{f}_{C_k}^G) + \mathbf{f}_K^G + \sum_i \mathbf{f}_{H_i}^G = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{r}_{cog}^G \times (m_G \mathbf{g}) + \sum_k \mathbf{t}_{C_k}^G + \mathbf{t}_K^G + \sum_i \mathbf{t}_{H_i}^G = \mathbf{0}$$

Where

$$\mathbf{f}_{C_k}^G = \sum_{j=0,1,2,\dots,N_e} x_{C_{k,j}}^G \mathbf{c}_{C_{k,j}}^G, \quad (x_{C_{k,j}}^G \geq 0)$$

$$\mathbf{t}_{C_k}^G = \sum_{j=x,y,z} x_{C_{k,(N_e+j)}}^G \mathbf{e}_j,$$

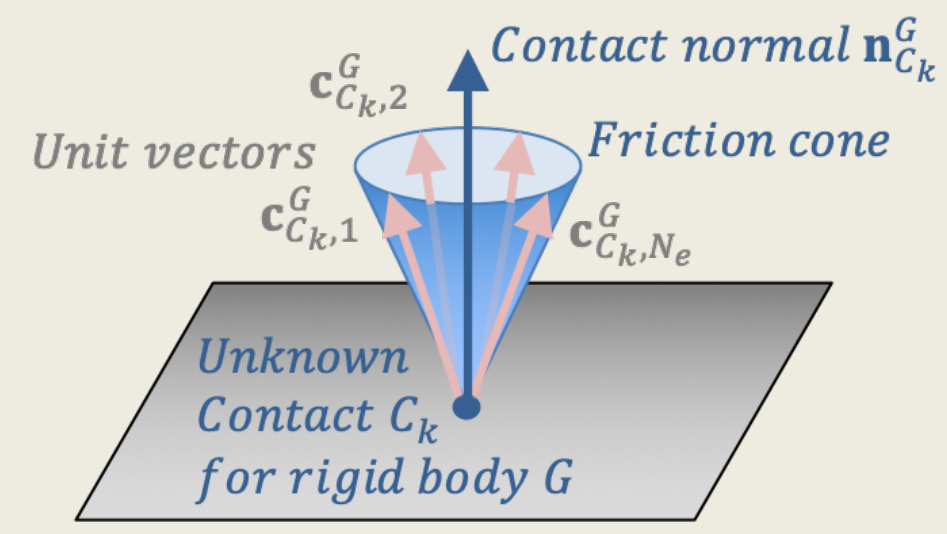
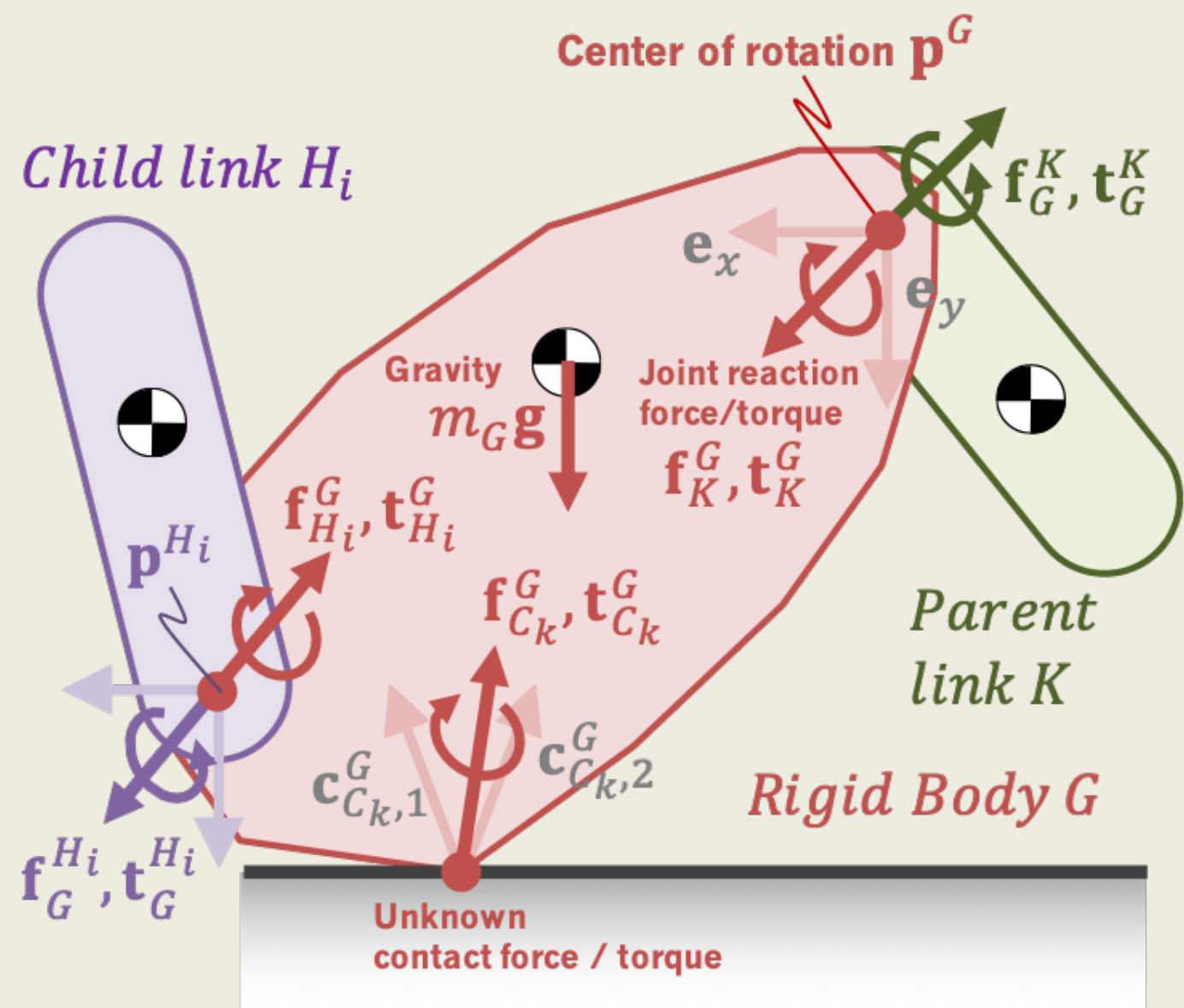
$$\mathbf{f}_K^G = \sum_{j=x,y,z} x_{K,j}^G \mathbf{e}_j, \quad \mathbf{t}_K^G = \sum_{j=x,y,z} x_{K,(j+3)}^G \mathbf{e}_j$$

$$\mathbf{e}_x = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T, \mathbf{e}_y = [0 \ 1 \ 0 \ 0]^T, \mathbf{e}_z = [0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$$

$$\mathbf{f}_{H_i}^G = -\mathbf{f}_G^{H_i},$$

$$\mathbf{t}_{H_i}^G = -\{\mathbf{t}_G^{H_i} - (\mathbf{p}^G - \mathbf{p}^{H_i}) \times \mathbf{f}_G^{H_i}\}$$

\mathbf{f}_K^G and \mathbf{t}_K^G for the root joint should be theoretically zero, but actually these vectors store residuals.



実行手順（逆静力学）

— 人体モデルを読み込み，姿勢を作成

— フォースセットエレメントを2つ作成

- ForceInput：ソルバの入力に使用．人体にかかる外力・トルク
- 人体モデルアーマチャを関連づける
 - » フォースセットエレメント編集画面>アーマチャ>...

- ForceOutput：ソルバの出力に使用．空のままでもいい

— ForceInputエレメントにおいて接触点を定義

- フォースセットエレメント編集画面を開く．各フォースについて，
 - 対応リンク名を指定
 - » 「Bone Applied」から対応するリンクを選択
 - 既知のフォースの場合は
 - » IdentifiedをYesにする

- » 力 (Force) とトルク (Torque) とトルク回転中心 (Position) を設定する

- 未知のフォースの場合は

- » IdentifiedをNoにする

- » 接触位置 (Position) を設定する

- » 接触面垂直方向 (Force) を設定する

— MultiRigidBodyForceEstimationエレメントを作成

- エレメントプロパティからアーマチャ，入出力フォースセット，重力ベクトル，エッジコーン近似エッジ数を指定し，Executeボタンを押す

実行手順（逆動力学）

- 「実行手順（逆静力学）」を実行する
- モーションキャプチャシーケンスエレメントを作成し、Dhaibaモデルの動作を生成する
 - 5-5参照
- モーションキャプチャシーケンスエディタ > Controllers > 「+」 > dhMCPhysicsRigidBodyController
 - Dhaibaモデルのアーマチャを選択
 - 各リンクに対する加速度・角加速度を計算しているため、しばらく待つ
- 「Solve Inverse Dynamics」ボタン

解析結果の保存

- モーションキャプチャシーケンスエディタ > Controllersリスト > xxxxx (dhPhysicsRigidBodyController)を右クリック > Export report...
 - CSV File Pathを指定して実行する

解析結果の可視化

- メニュー > エlement > Create Element > メッシュカラービジュアライザを作成（関節トルク） v3
 - DhaibaモデルのSSDおよびアーマチャを選択して実行する
 - 全モーションフレーム内の関節トルクの最大値を知るために、一度モーションキャプチャシーケンスを一通り再生しておく

7. その他の機能

サブビューの追加

ライト

ワイヤパス

寸法セットエレメント

メッシュ操作

- 簡略化・細分割
- 点群生成
- 面分選択・部分メッシュ生成

ARAP-basedメッシュ変形