

Dhaiba Suite

イントロダクション



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 (Yui Endo)

研究アプローチ

実製品開発への適用

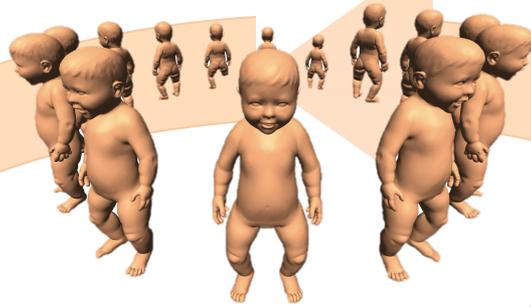
- ・ スポーツバイク・軽快車
- ・ 乳児向け育児器具
- ・ 包装容器
- ・ 携帯型デバイス
など

プラットフォームソフトウェアの提供・普及

- ・ 民間共同研究, 国プロ, 大学, 所内
- ・ デジタルヒューマン技術協議会

人間中心設計の普及

- ・ 国内製品認証制度
- ・ ISO 27501



人体モデルプラットフォームデザイン技術

- ・ Dhaiba Suite

基盤技術の確立

人体モデリング

- ・ 個人別・統計モデル
- ・ 成人男女・子供・赤ちゃん
- ・ 全身・手
- ・ 筋骨格モデル



姿勢・運動生成

- ・ 自動姿勢生成
- ・ リアルタイムMoCap
- ・ センシング技術との統合
- ・ 自動運動生成・環境モデリング

エルゴノミクス評価

- ・ 幾何学・運動学・静力学
- ・ 逆動力学・筋発揮評価
- ・ 主観評価の定量モデル化

人間中心設計

- ・ 製品設計プロセスへの統合
- ・ 人間中心設計支援プロトコル

成果の応用

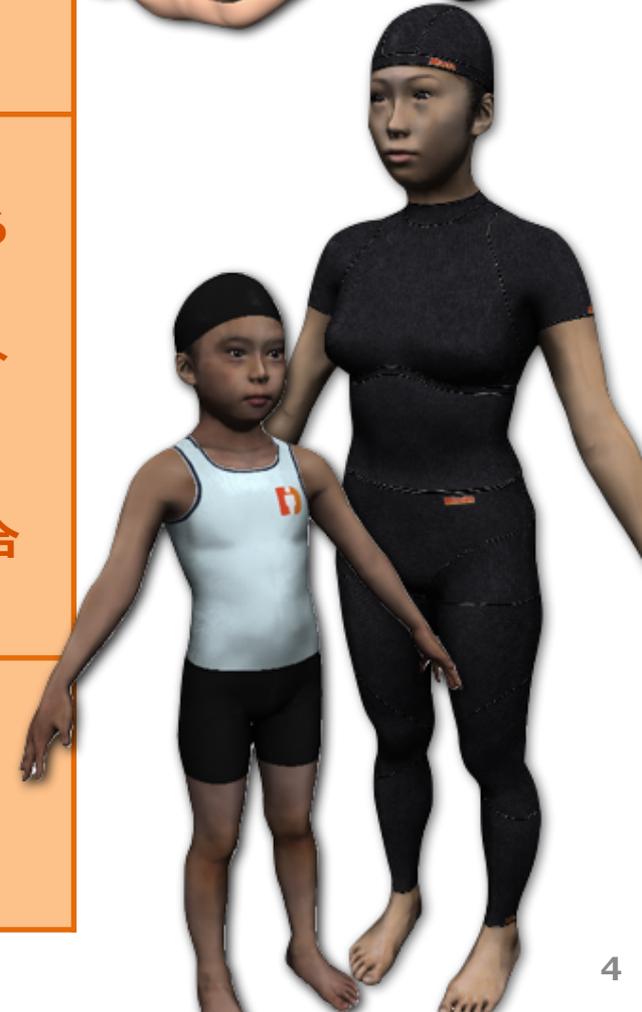


Dhaiba Suite



- 製品・サービスの開発プロセスにおける人間中心設計に対して、人体シミュレーションによってこれを支援するためのモデルセットおよびソフトウェア・プラットフォームの総称
- 基盤ソフトウェア「DhaibaWorks」を中心とし、これに拡張パッケージとして機能やモデルを追加することで、多様なニーズに応えることが可能

Dhaiba Suite 設計コンセプト



多様なヒューマンモデルと
製品モデルとの統合

- 要素技術の汎用化
- データ構造の汎用化

設計上流～下流の多様な局
面でシームレスに実行可能

- パイプライン処理による
柔軟なバッチ処理
- プラグイン・スクリプト
による拡張機能

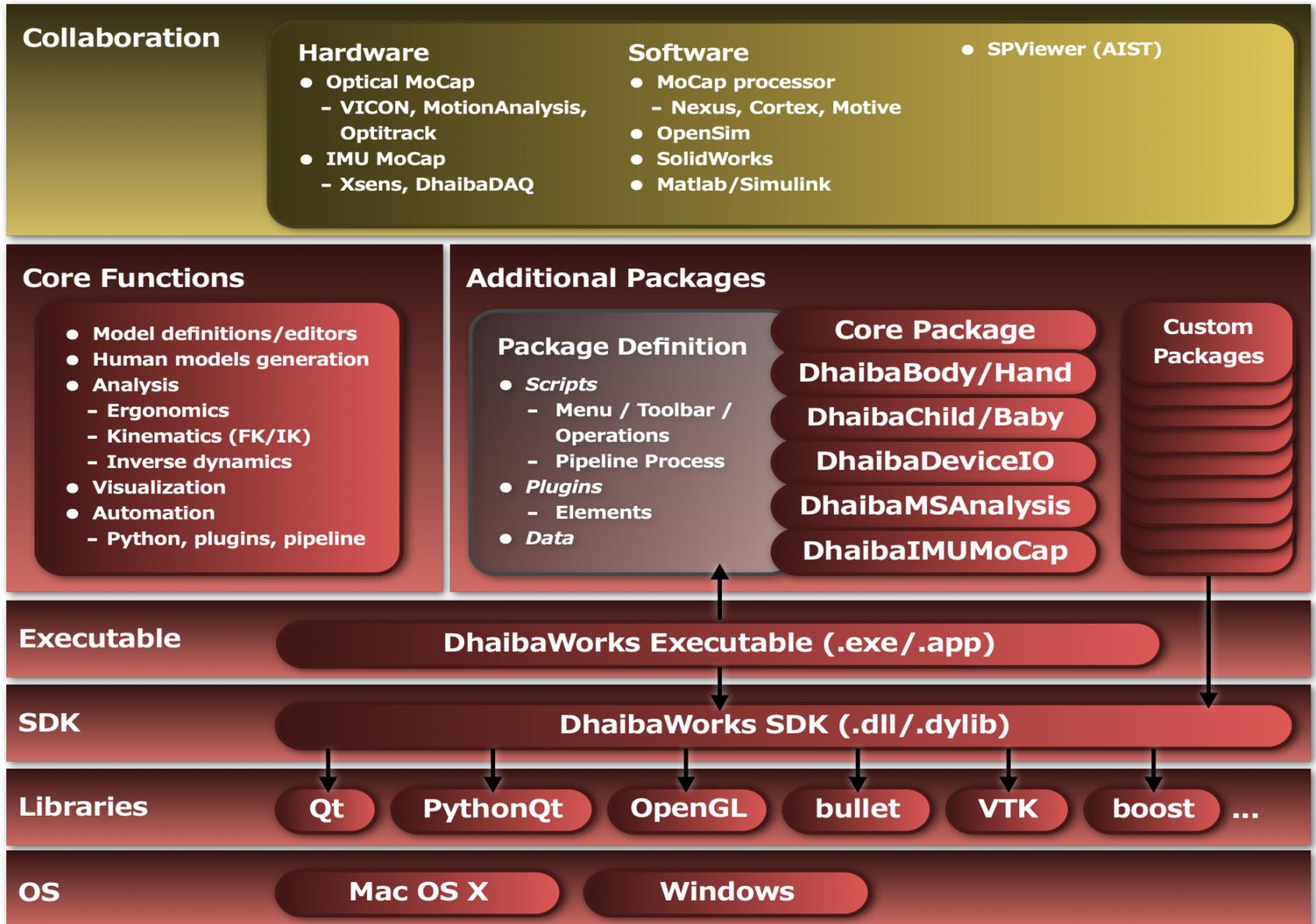
製品に対する多様なエルゴ
ノミクス設計への支援

- CADシステムとの連携,
CADモデルとの連携統合

国内外のデジタルヒューマ
ン技術のハブとなる

- SDKの公開
- コンソーシアムの展開

システム概要



Dhaiba Suiteの構成

| 知財 | モデル | 解析 | I/O | 解説 |
|------------------|-------------------------------|----|------------------|--------------------------------|
| DhaibaWorks V2 | ● | ● | ● | 3次元可視化・解析ソフトウェア。拡張パッケージの導入に必須。 |
| 拡張パッケージ | DhaibaBody V2 | ● | | 日本人成人男女の全身モデル |
| | DhaibaHand V1 | ● | | 日本人成人の手モデル |
| | DhaibaHead | ● | | 日本人成人（青年・高齢者）男女の頭部モデル |
| | DhaibaDeviceIO | | | ● 多様なデバイスからのリアルタイムデータ入力機能 |
| | DhaibaGrasp | | ● | 把持姿勢解析機能 |
| | DhaibaIMUMoCap | | ● | IMU（慣性計測装置）セットからの人体運動姿勢再現機能 |
| | DhaibaWalk | | ● | 歩行解析機能 |
| | DhaibaBaby | ● | | 日本人乳児（月齢0-12ヶ月）の全身モデル |
| | DhaibaChild | ● | | 日本人幼児・児童（2-12歳）の全身モデル |
| | DhaibaConnect | | | ● ネットワーク内の他のソフトウェアとのデータ通信機能 |
| DhaibaMSAnalysis | ● | ● | 筋骨格モデルおよび筋活動解析機能 | |
| SDK | DhaibaWorks::BodyFit SDK 2016 | | ● | 相同モデル生成機能をもつ動的リンクライブラリ(DLL) |

DhaibaWorks V2

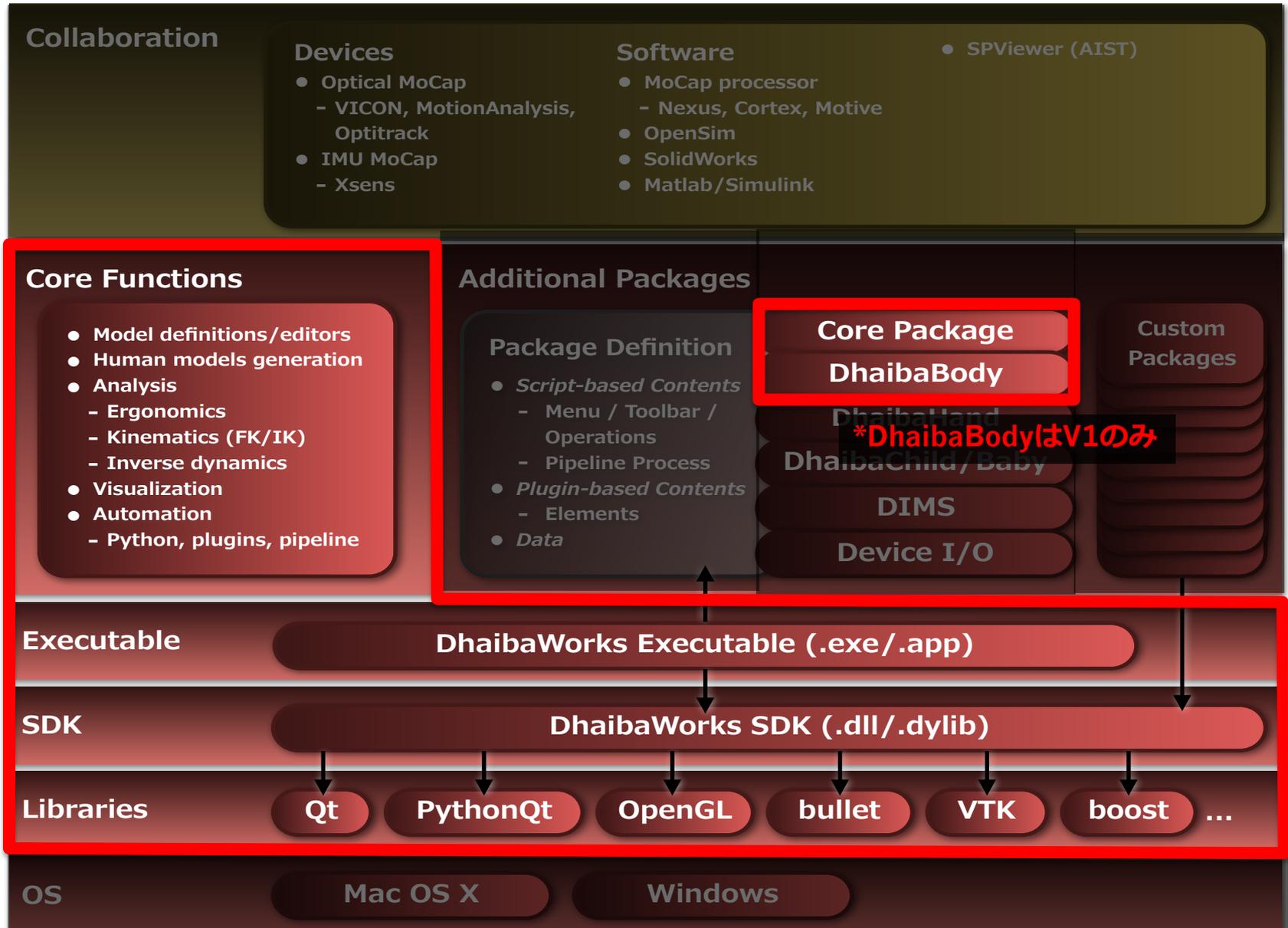
含まれるもの

- DhaibaWorks V2実行形式
 - 3次元可視化、エレメント管理、Python統合、パッケージ管理、数値演算、GUI、ファイルI/O、モーション管理
 - 3次元モデル表現向けの基本エレメント
 - 点群、メッシュ、リンク構造、SSD、特徴点群、逆運動学、逆動力学など
 - ソースコードは含まれない
- 同梱される拡張パッケージ
 - Core Package : 基本的なメニュー、スクリプト、パイプラインなど
 - DhaibaBody V1 : DhaibaWorks 2016で使用されていた全身モデル
- DhaibaWorks V2 SDK
 - プラグインを作成するための開発リソース一式
- ドキュメント, サンプルファイル

含まれないもの

- Dhaiba Suiteに含まれるその他の要素
 - 拡張パッケージ (DhaibaBody V2, DhaibaHand, ...) など

Dhaiba SuiteにおけるDhaibaWorks V2の位置づけ



Dhaiba Suite : モデルと対応機能

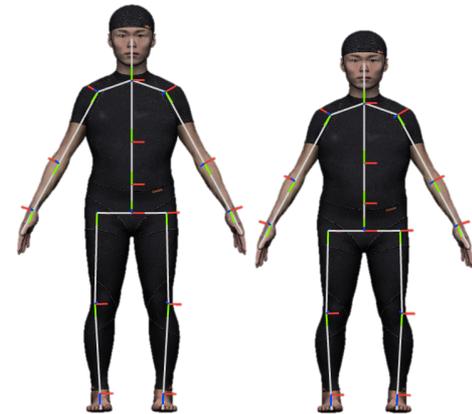
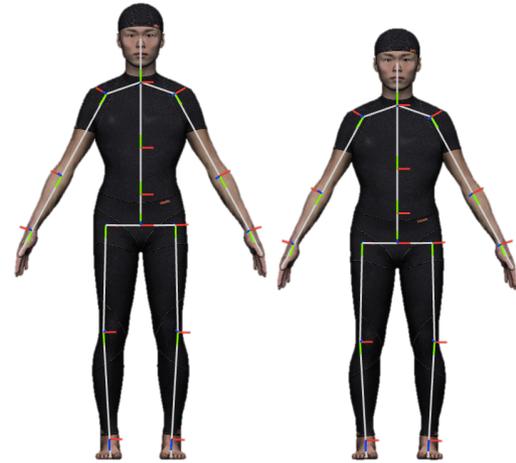
| モデル | 概要 | 代表体型 | 構造 | | | | モデル生成・解析機能 | | | | | 人間工学指標 |
|-------------|--------------------|---------------------------|----|-----|------|------|------------|--------|--------|--------|------|---------------------------|
| | | | 表皮 | リンク | 特徴点群 | 力学特性 | 寸法から生成 | 点群から生成 | 順・逆運動学 | 把持姿勢生成 | 逆動力学 | |
| DhaibaBody | 全身 日本人 成人 | 9体 x 男女 バウンダリ ファミリー | ● | ● | ● | ● | ● (*1) | ● | ● | | ● | 視野, 接触, OWAS, 関節トルク... |
| DhaibaHand | 手部 日本人 成人 | 9体 バウンダリ ファミリー | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | | 接触, 把持安定性, 可操作性... |
| DhaibaBaby | 全身 日本人 乳児 | 13体 0ヶ月 ~12ヶ月 | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | ● | DhaibaBodyに 準ずる |
| DhaibaChild | 全身 日本人 幼児・児童 | 11体 2歳~12歳 | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | ● | DhaibaBodyに 準ずる |
| DhaibaHead | 頭部 日本人 青年・高齢 | バウンダリ ファミリー | ● | | ● | | | ● | | | | |

(*1) 別途、人間生活工学研究センターとのデータベース利用契約(有償)にもとづくデータファイルが必要

デジタルヒューマンモデルの相同性

相同性 (Homologous)とは？

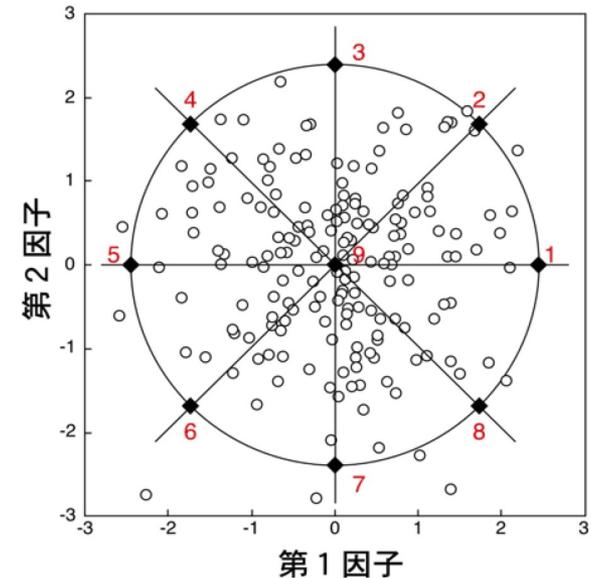
- 人体にはさまざまな点で多様性がある
 - 身長, 体重, 体型, 力学特性, ...
- 多様性をカバーするため, 多くの人体モデルは代表的なバリエーションモデルを用意しているか, パラメータを指定して人体モデルをオンデマンドで生成する機能を有している
- その際, モデル間で共通の構造をもたせることで, モデルに対する手法の適用や統計的な解析を容易にさせている (相同モデルと呼ぶ)
- 相同モデルの一般的な共通構造
 - 表皮モデル: メッシュ頂点数, 面分数, 頂点・面分のインデックス・接続構造など
 - リンク構造モデル: リンクの接続構造, リンクローカル座標系の解剖学的な定義 (関節中心, 回転軸など)



人体モデルのバウンダリファミリ

バウンダリファミリ(Boundary family)

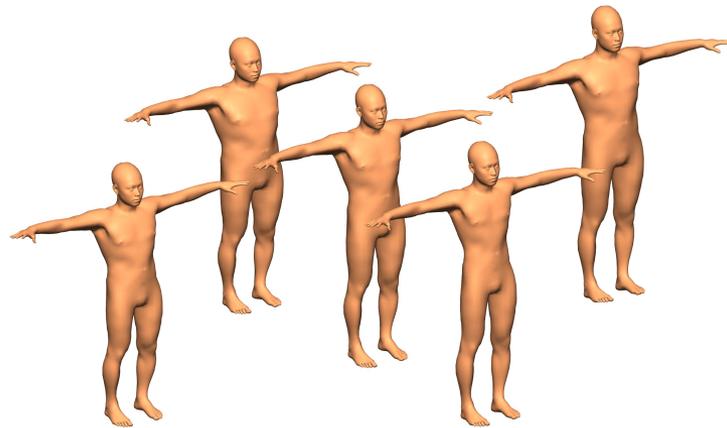
- 人体における多様性をできるだけ少ない数の人体モデルによってカバーするための人体モデルセット
- 因子分析や主成分分析法を使って、現実存在しそうな、分布の端にいる体形が持つべき寸法を算出する手法
 - 特定の人間の寸法ではなく、分布の上で特定の位置にいる仮想的な人間の寸法を、統計的に算出したもの
- 2次元主成分空間において、全被験者のうち95%がその中にはいるような確率楕円(*1)を描く。楕円上の8点と空間原点の1点に対し、これらに対応する人体モデルを生成し、バウンダリファミリとする
 - (*1) 各次元において標準偏差の2倍の値を径とし、楕円を描くと、正規分布の場合ほぼ分布の95%が楕円内部に含まれる



DhaibaBody V2

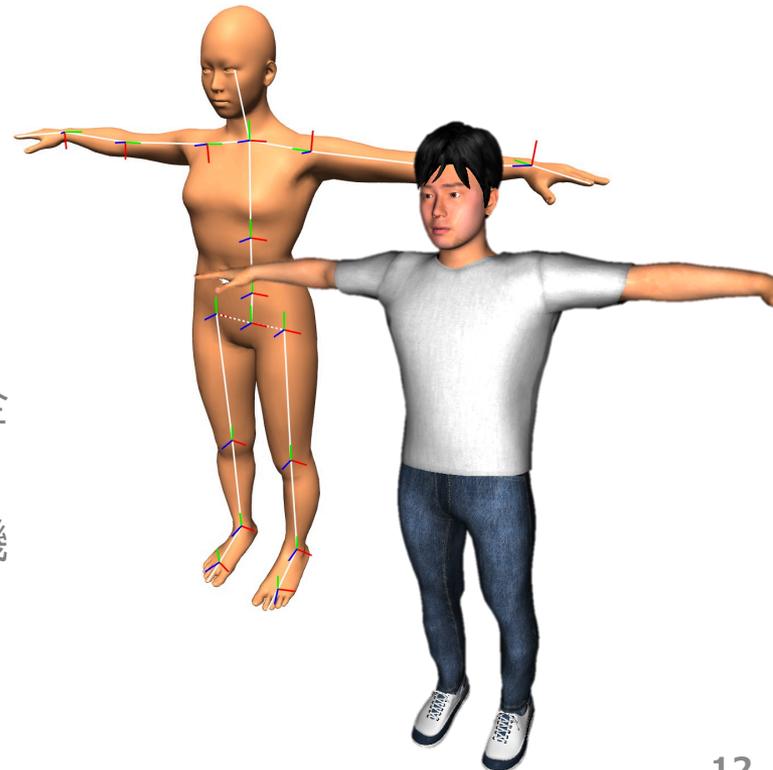
人体全身の相同モデル

- 表皮メッシュ、リンク構造モデル、特徴点群
- 逆動力学解析用の各リンクパラメータ



DhaibaWorks V2用拡張パッケージ

- バウンダリファミリ
 - 日本人成人の代表的な体型をもつ人体全身モデル9体（男女それぞれ）
- 少数寸法からの個別全身モデル生成機能
 - デフォルトでは身長・体重を入力とする
 - 別途HQL知財の購入が必要
- 光学式モーションキャプチャからの個別全身モデル生成機能
- 個別全身モデルへの着装フィッティング機能
- OBJ, FBX等の汎用的な3Dモデル形式での提供も可能



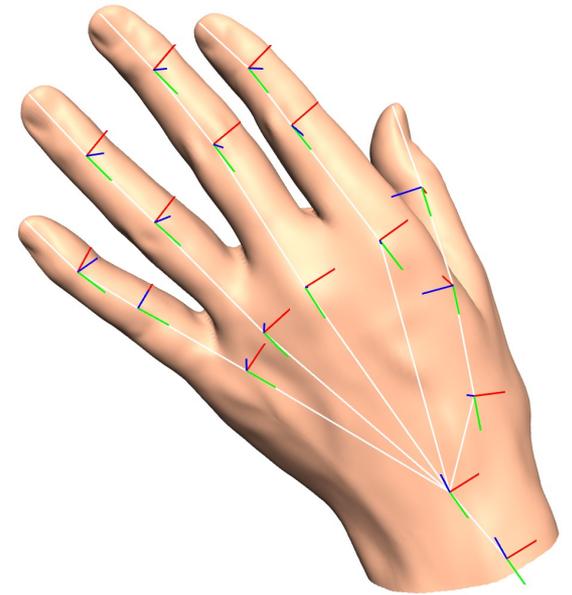
DhaibaHand V1

人体手部の相同モデル

- 表皮メッシュ、リンク構造モデル、特徴点群

DhaibaWorks V2用拡張パッケージ

- バウンダリファミリ
 - 左右の手 x 3サイズ
- DhaibaWorks V2シーンファイル
 - 日本人成人の代表的な形状をもつ手部モデル9体
 - 寸法からの個別手部モデル生成機能
 - 光学式モーションキャプチャからの個別手部モデル生成機能
- OBJ, FBX等の汎用的な3Dモデル形式での提供も可能



DhaibaBaby/DhaibaChild

特徴

- DhaibaBaby : 0~12ヶ月の各月齢 x 3姿勢
 - 立位、座位、臥位
- DhaibaChild : 2歳~12歳の各年齢の立位姿勢

全身の相同モデル

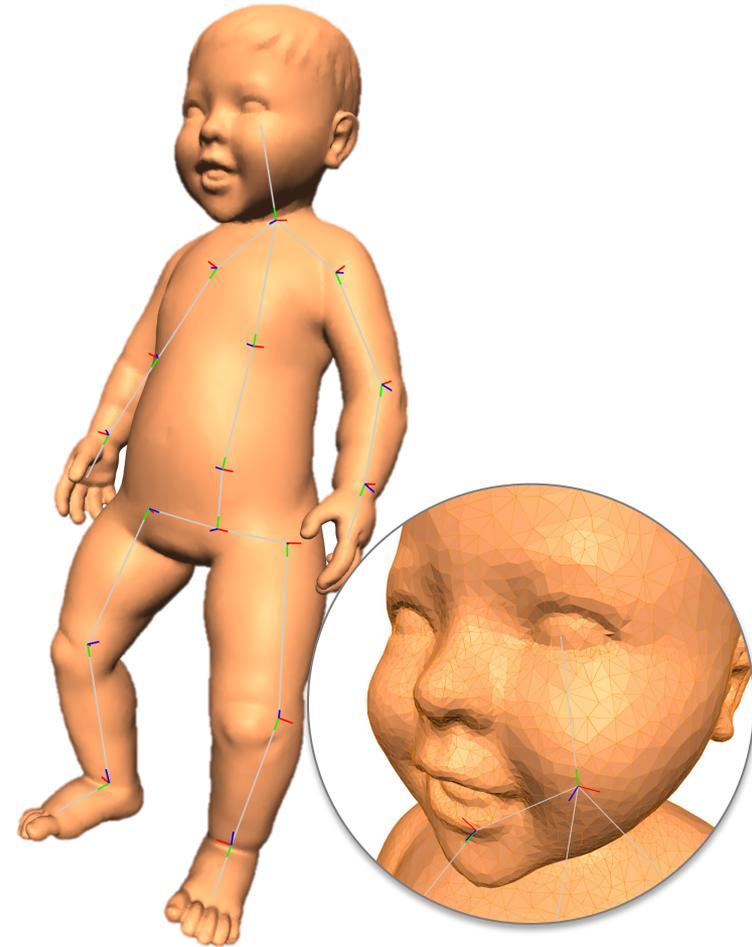
- 表皮メッシュ、リンク構造モデル、特徴点群
- 逆動力学解析用の各リンクパラメータ

DhaibaWorks V2用拡張パッケージ

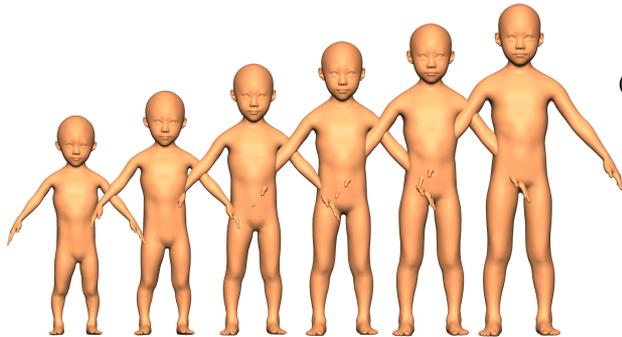
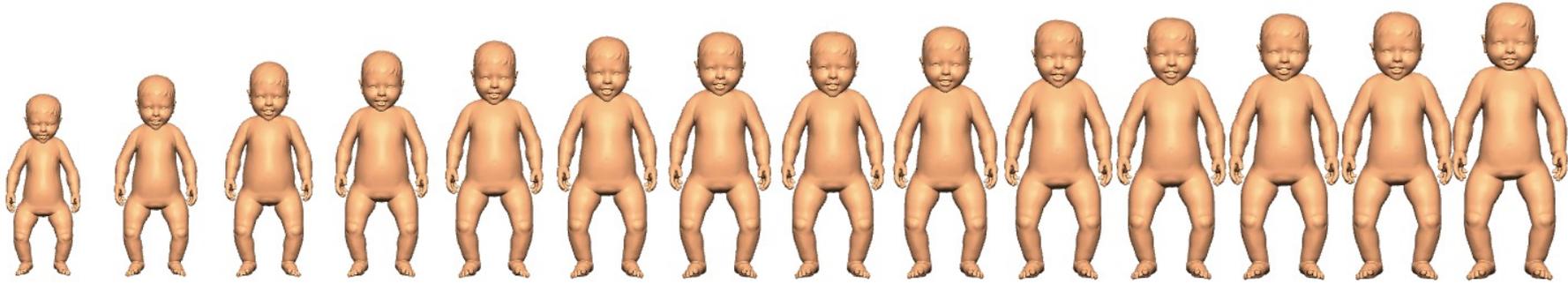
- 月齢・年齢別代表モデル
- OBJ, FBX等の汎用的な3Dモデル形式での提供も可能

ライセンス利用の制限

- ~~3年間（~2021年）は対象製品に対して利用不可~~
 - ~~チャイルドシート、ジュニアシート、ベビーカー、抱っこ紐、ラック、ベビーベッド等の室内育児器具~~



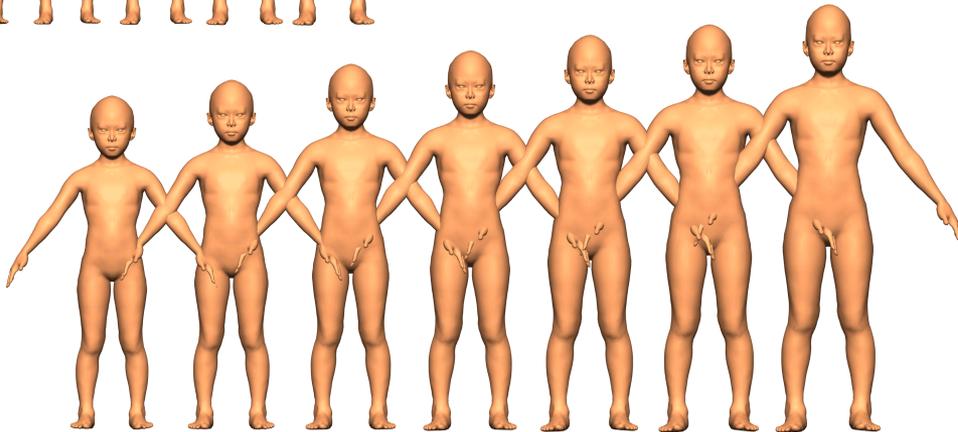
DhaibaBaby/DhaibaChild



1～6歳

(*) 6歳モデルはテンプレート違いで2体存在する

6～12歳



DhaibaHead

特徴

- 若年・高齢の日本人男女約300名の頭部3次元形状データベースにもとづき、多様な「ありうる」頭部形状を生成

人体頭部の相同モデル

- 表皮メッシュ、特徴点群

DhaibaWorks V2用拡張パッケージ

- 頭部バウンダリファミリ
- ありうる頭部形状をランダムに生成する機能
- OBJ, FBX等の汎用的な3Dモデル形式での提供も可能



DhaibaDeviceIO

特徴

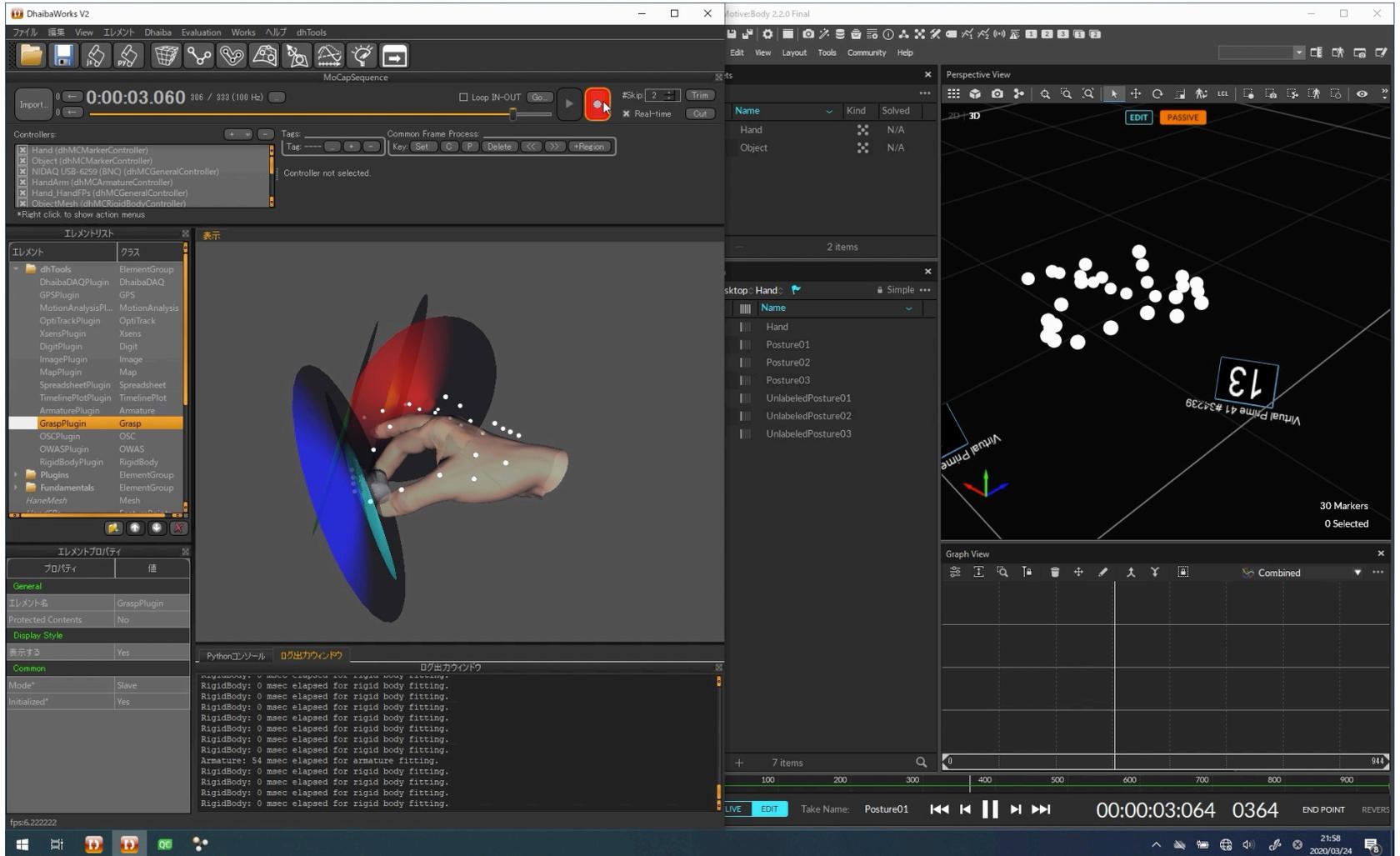
- DhaibaWorksにおけるリアルタイム計測の実現
- DhaibaWorksのセンサハブ化の実現
- 複数デバイスのソフトウェア同期計測の実現
- 複数デバイス情報を用いた頑健な身体運動計測の実現
 - DhaibaIMUMoCap

構成 (現在5種・赤字はmacOSにも対応)

- dhDeviceAzureKinect : AzureKinectからのデータ取得
- dhDeviceDhaibaDAQ : DhaibaDAQからのデータ取得
- dhDeviceLeapMotion : LeapMotionからのデータ取得
- dhDeviceOptiTrack : OptiTrackからのデータ取得
- dhDeviceXsens : Xsensからのデータ取得
- OpenCV・MotionAnalysis・Leptrinoなどにも対応予定

DhaibaDeviceIO

OptiTrackとの連携



DhaibaGrasp

■ 特徴

- DhaibaWorks + DhaibaHandへの把握解析機能の付与

■ 構成

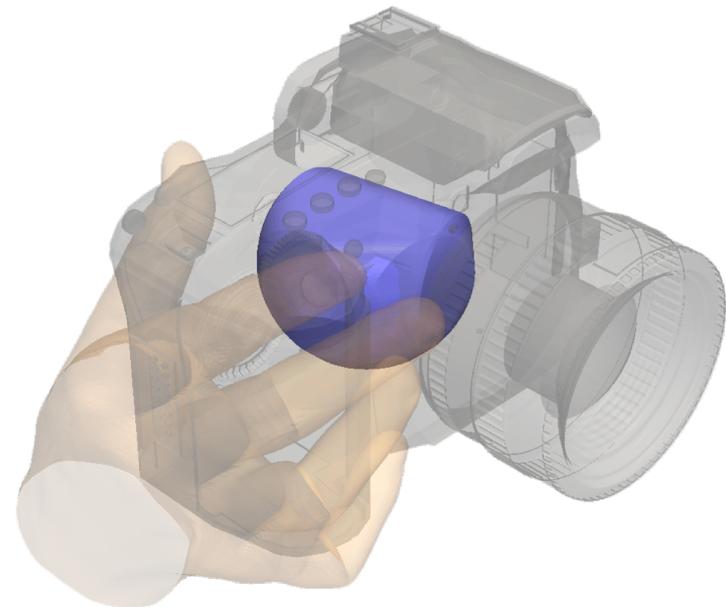
- 3種類の把握機能解析を行うためのプラグイン
 - レンチの凸包：
摩擦円錐の凸包を計算し簡易的に把握の安定性を評価
 - タスクレンチ余裕の最大化：
筋骨格モデルを導入しタスクレンチに対する最大余裕を計算
 - 筋活動の最小化：
筋骨格モデルを導入し筋活動を最小化できる接触力を計算

DhaibaGrasp

レンチの凸包：数msec

- 摩擦円錐を構成するレンチの凸包

$$W = \text{ConvexHull} \left(\bigcup_j (w_{j,1}, w_{j,2}, \dots, w_{j,n}) \right)$$



DhaibaGrasp

タスクレンチ余裕の最大化：数十msec

– 線形制約のもとでの1次式の最適化 (最大化)

- 線形計画問題

$$\begin{aligned} & \text{maximize} && \alpha \\ & \text{subject to} && \begin{pmatrix} -\mathbf{u} & \mathbf{G} & 0 \\ 0 & \mathbf{J}^T & -\mathbf{M}\mathbf{P} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \mathbf{f} \\ \mathbf{a} \end{pmatrix} = 0 \\ & && \mathbf{n}_{i,j} \cdot \mathbf{f}_i \leq 0 \end{aligned}$$

- レンチと指先力の釣り合い： $\alpha \mathbf{u} = \mathbf{G} \mathbf{f}$
- 指先力と筋活動の釣り合い： $\mathbf{J}^T \mathbf{f} = \mathbf{M} \mathbf{P} \mathbf{a}$
- 滑りが発生しない： $\mathbf{n}_{i,j} \cdot \mathbf{f}_i \leq 0$

DhaibaGrasp

筋活動の最小化：数百から数千msec

– 線形制約のもとでの2次式の最適化 (最大化)

- 二次計画問題

$$\text{minimize } \mathbf{a}^T \cdot \mathbf{a}$$

$$\text{subject to } \begin{pmatrix} -mg & \mathbf{G} & 0 \\ 0 & \mathbf{J}^T & -MP \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ \mathbf{f} \\ \mathbf{a} \end{pmatrix} = 0$$

$$\mathbf{n}_{i,j} \cdot \mathbf{f}_i \leq 0$$

- レンチと指先力の釣り合い： $mg = \mathbf{G}\mathbf{f}$
- 指先力と筋活動の釣り合い： $\mathbf{J}^T \mathbf{f} = MP\mathbf{a}$
- 滑りが発生しない： $\mathbf{n}_{i,j} \cdot \mathbf{f}_i \leq 0$

DhaibaIMUMoCap

IMU姿勢データに基づく運動推定

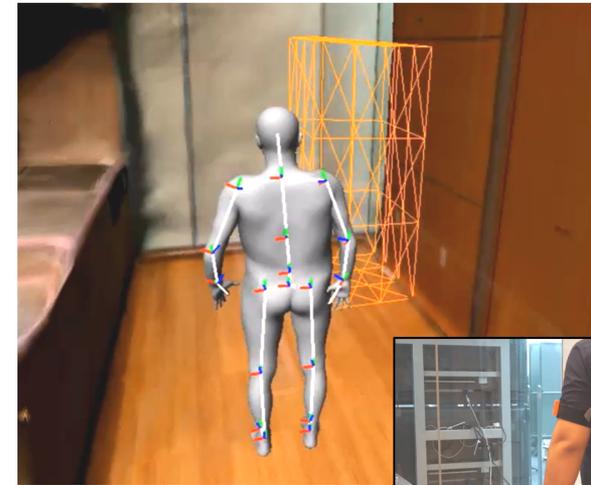
- online, offline
- 全身運動推定 (IMU: 13~16個)
- 下肢のみの運動推定 (IMU: 7個)
- 運動推定制約の追加
 - 位置制約, 接触制約, 関節可動域制約

入力

- 個人別デジタルヒューマンモデル
- コントローラ内のIMUセンサの姿勢情報
 - DhaibaDeviceIO等により取得

特徴

- 計測範囲の制限無
- 耐オクルージョン, 耐照明条件



生活空間



屋外環境



DhaibaWalk

特徴

- DhaibaWorks + DhaibaBodyへの歩行解析機能の付与

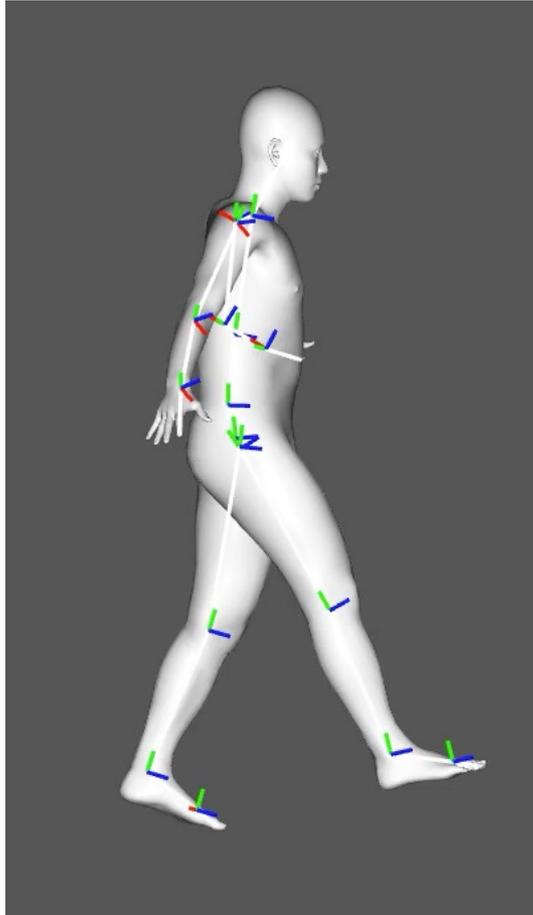
構成

- 2種類の歩行解析を行うためのスクリプト群
 - 統計的歩行解析：
主成分分析を用いた歩行の低次元化（主成分空間）
 - 力学的歩行解析：
倒立振子モデルを用いた歩行の低次元化（速度-床反力空間）

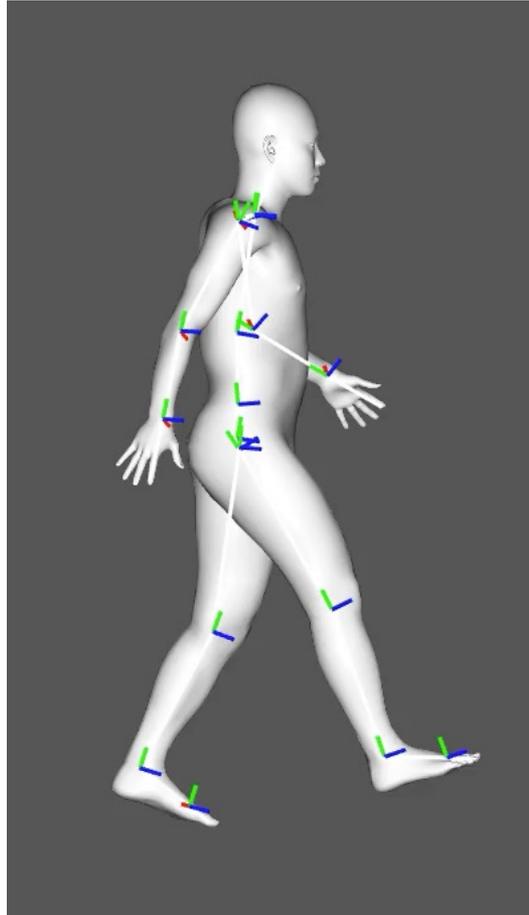
DhaibaWalk

主成分分析を用いた統計的歩行解析

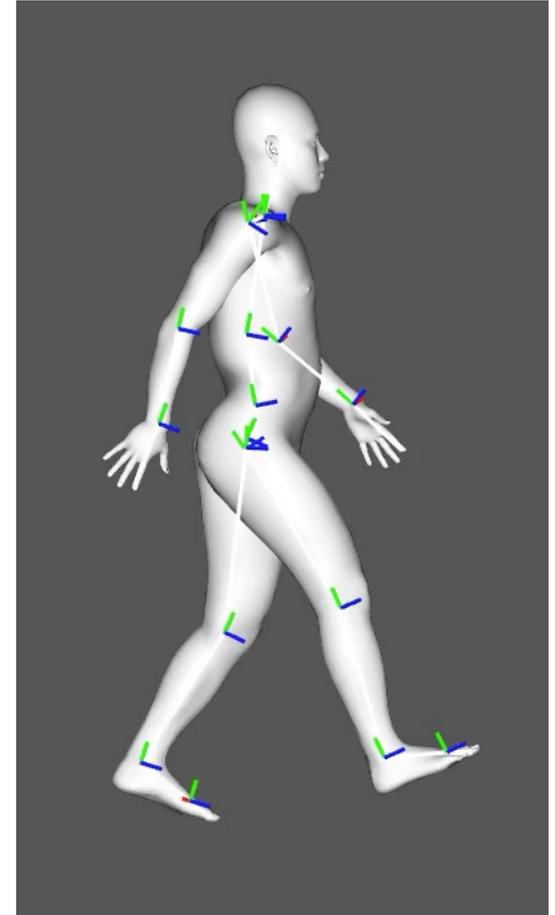
■ $-2\sigma, 0$



■ $0, 0$

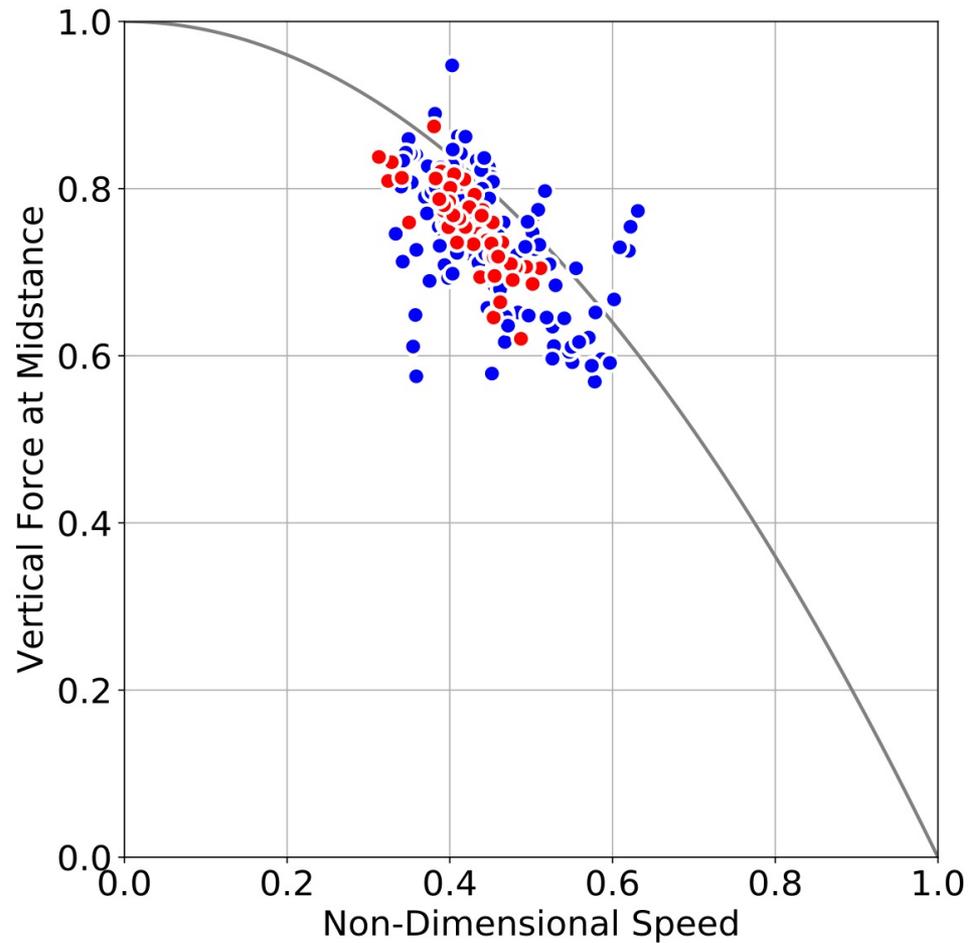


■ $+2\sigma, 0$



DhaibaWalk

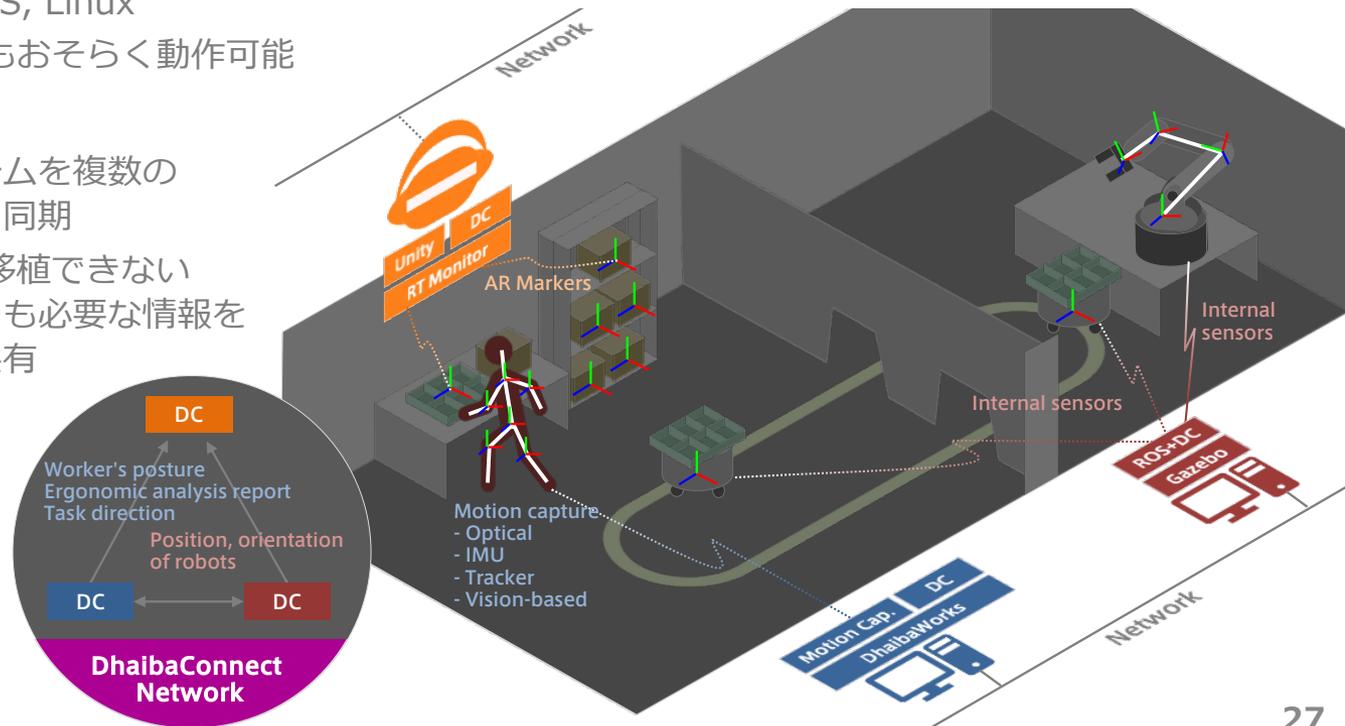
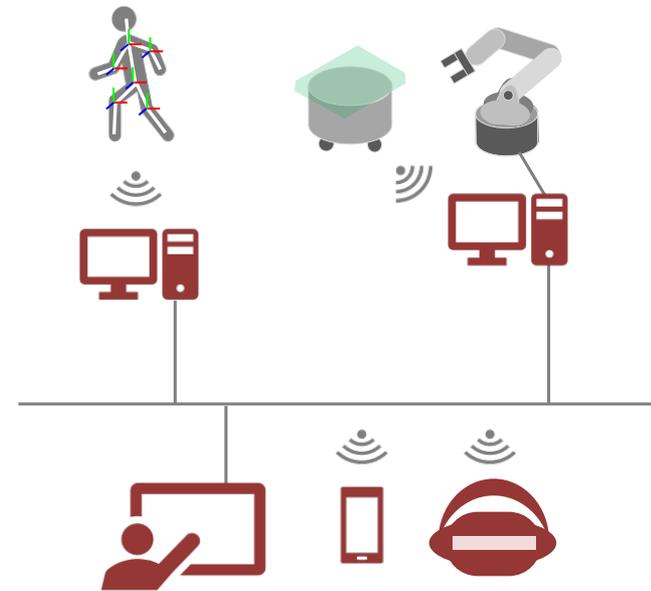
倒立振り子モデルを用いた力学的歩行解析



DhaibaConnect

データ通信ミドルウェア

- ユーザーが定めた任意の形式のデータをネットワーク上のソフトウェア間で高速に通信
- Data Distribution Service (DDS)規格に対応
 - 実装ライブラリとしてeProxima Fast-RTPSを使用
- DhaibaWorksのプラグインのほか、任意のソフトウェアでリンク可能なライブラリとして実装
 - Windows, macOS, Linux
 - モバイルOS上でもおそらく動作可能
- 導入のメリット
 - 多様な計測システムを複数の計算機上に分散・同期
 - DhaibaWorksを移植できないモバイル端末等でも必要な情報をリアルタイムに共有



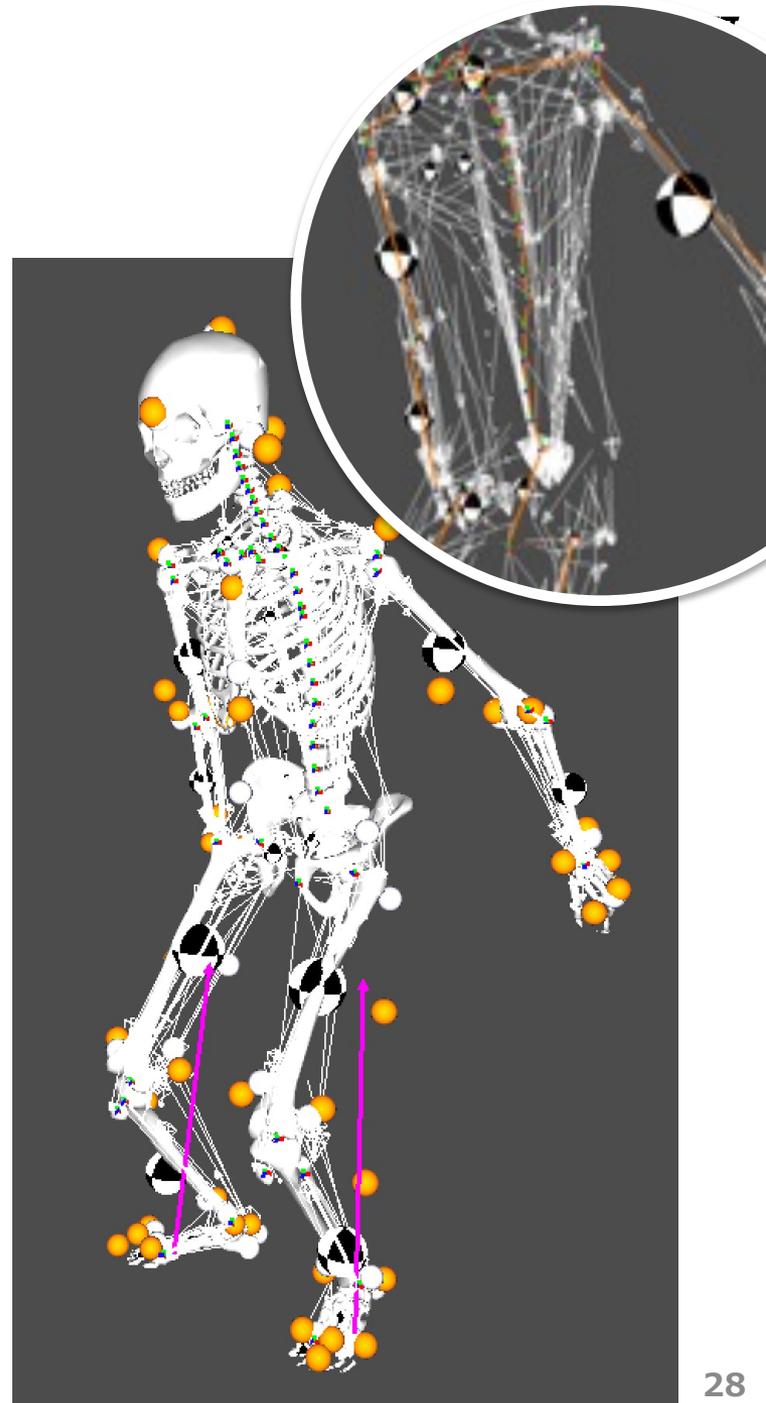
DhaibaMSAnalysis

含まれるもの

- DhaibaMSAnalysisパッケージ
 - DhaibaWorks V2用拡張パッケージ
 - 全身筋骨格モデル
 - 身長を入力としたスケーリング機能
 - DhaibaBody V1/V2とは非互換
 - 筋活動解析機能
 - 全身筋骨格モデル上で定義された任意の筋の筋発揮力を推定
 - 筋の共収縮にともなう内力を考慮したうえで、椎間板圧などの関節に働く関節拘束力も同時に推定
 - 解析結果をCSVファイルとして出力
 - 現状ではWindowsでのみ動作可能

依存する知財

- 東大知財「一般リンク系の運動学・動力学および人間と動物の筋骨格モデル計算ライブラリ (super Dynamic and Interactive Motion Synthesizer : sDIMS) 」



CONFIDENTIAL

DHAIBA SUITE

知財活用について

産総研の知財活用制度

2種類の知財契約

－情報開示契約

- 必ず最初に一度ご契約いただく
- 契約期間は1-2年程度。更新可能
- 実施契約を締結後は更新不要
- 契約料は知財の活用内容・規模等によらず一定

－実施契約

- 知財を商用利用する際にご契約いただく
 - － 自社開発製品の解析に知財を利用、知財を他社に販売、知財に関するコンサルティングや知財に関連した他社への役務提供、など
- 契約期間は数年～10年程度。更新可能
- 契約料は知財の活用内容・規模等によって個別に決定

Dhaiba Suite

| 知財 | 情報開示契約料 | | 実施契約料 | リセール | コメント | |
|------------------|--|--------------------------|------------|------|---|-------------------------------|
| | 非コンソ法人会員 上:初年 / 下:更新 | コンソ法人会員 上:初年 / 下:更新 | | | | |
| DhaibaWorks V2 | 800,000円/年 480,000円/年 | 400,000円/年 200,000円/年 | ビジネスモデルによる | ● | DhaibaBody V1を含む DhaibaWorks V2 SDKを含む | |
| DhaibaBody V2 | 100,000円/年 60,000円/年 | 50,000円/年 25,000円/年 | | | ● | コンソ非会員は少数寸法からの体型復元に別途HQL知財が必要 |
| DhaibaHand V1 | 100,000円/年 60,000円/年 | 50,000円/年 25,000円/年 | | | | |
| DhaibaHead | 100,000円/年 60,000円/年 | | | | | |
| DhaibaDeviceIO | 100,000円/年 60,000円/年 | 50,000円/年 25,000円/年 | | ● | | |
| DhaibaGrasp | 100,000円/年 60,000円/年 | 50,000円/年 25,000円/年 | | ● | | |
| DhaibaIMUMoCap | 100,000円/年 60,000円/年 | 50,000円/年 25,000円/年 | | | | |
| DhaibaWalk | 100,000円/年 60,000円/年 | | | | | |
| DhaibaBaby | 100,000円/年 60,000円/年 | | | | 共有知財。使用目的制限有り | |
| DhaibaChild | 100,000円/年 60,000円/年 | | | | 共有知財。使用目的制限有り | |
| DhaibaConnect | 未定 | | | | | |
| DhaibaMSAnalysis | 100,000円/年 60,000円/年 | | | | 別途東大知財が必要 | |
| SDK | DhaibaWorks::BodyFit SDK 2016 50,000円/年 25,000円/年 | | | | | |

拡張パッケージ

ビジネスモデルによる

Dhaiba Suiteのアカデミック利用について

対象組織

- 学校等の教育機関，公的研究機関，公設試など

アカデミック利用

- 対象組織での非商用の教育・研究目的に限る。外部組織から資金提供を受けての共同研究・受託研究等での利用は含まれない。NEDO・科研費等の公的資金を受けて外部組織と連携する際には，そのプロジェクト内での教育・研究目的に限り，すべての参加組織において利用可能とする。
- 無償とする
- 産総研からのサポートは一切行われぬ

産総研の知財活用を支援する制度

産総研との共同研究

- Dhaiba Suiteの標準機能だけでは不十分な場合に追加で研究開発を実施したいケースなど
- 新たな知財の開発依頼も可能（別途知財経費が発生する場合がある）
 - 内容によっては知財の独占的利用も可能
- 契約書は双方で合意の上、作成される（2ヶ月以上は必要）

技術コンサルティング

- Dhaiba Suiteの標準機能によって実現可能だが、実施に際しサポートを希望されるケースなど
- 新たな知財の開発は不可
- 実費のほか、担当研究員の予定従事時間により金額が決定
- すでに用意されている約款により契約締結（1ヶ月程度必要）

サードパーティによるサービス提供

- Dhaiba Suiteの販売・保守、コンサルティングサービス、個別案件の受注など

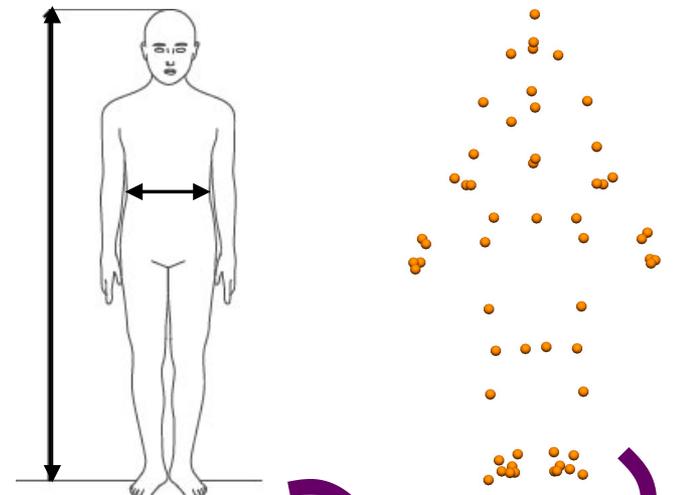
付録

DHAIBAWORKSの機能紹介

さまざまなデジタルヒューマンモデルの構築

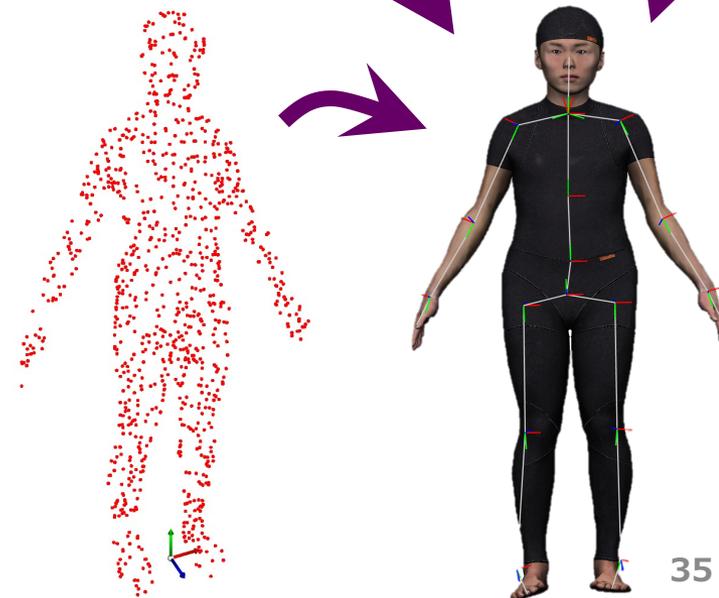
寸法セットから生成

- 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
 - 少数の寸法サブセットから寸法フルセットを推定
 - バウンダリファミリの各寸法フルセットを推定



ランドマークセットから生成

- 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



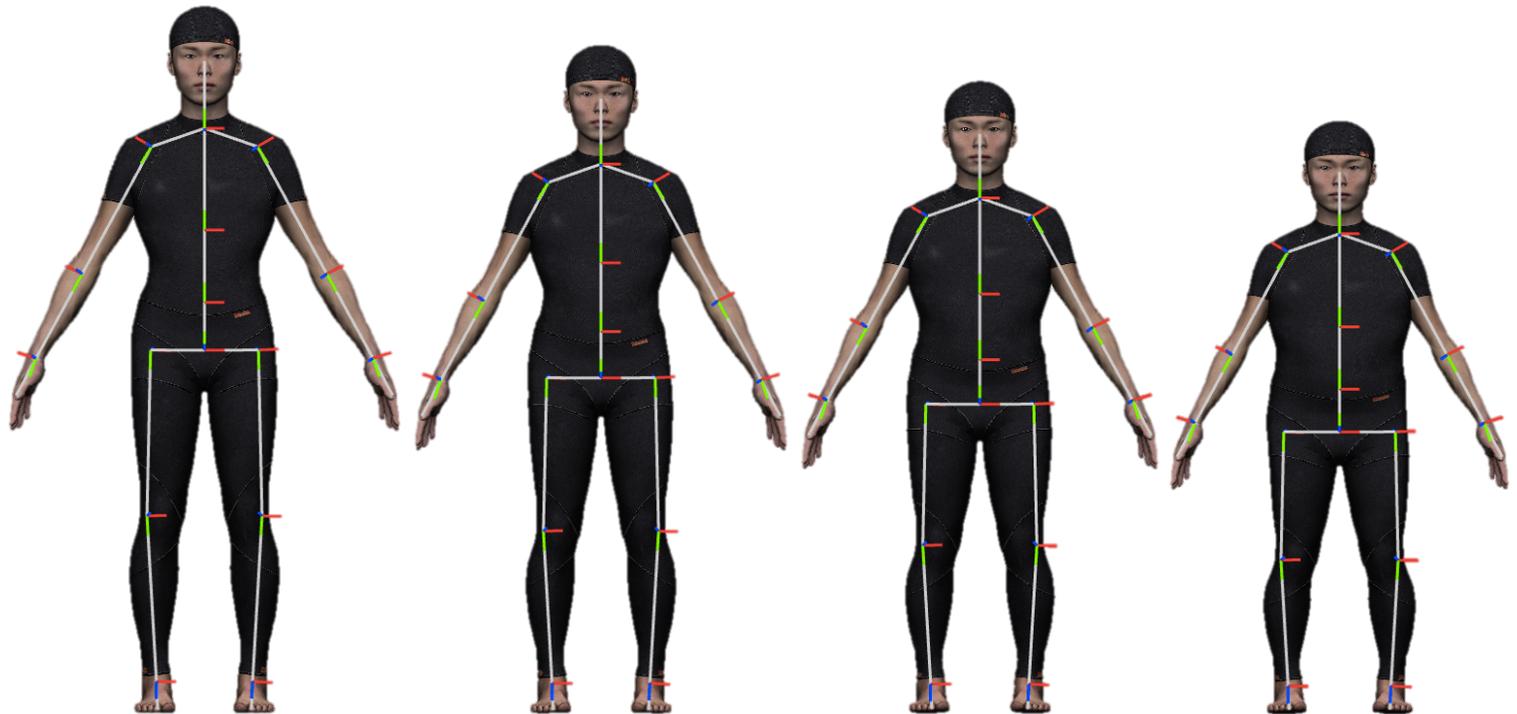
表皮高密度点群から生成

- 三次元ボディスキャナから計測された表皮の高密度点群から人体相同モデルを生成

寸法統計データベースを利用した体型再現

人体モデル生成結果

– 入力寸法サブセット：身長と体重



Specified
Height [mm]

1800

1700

1600

1500

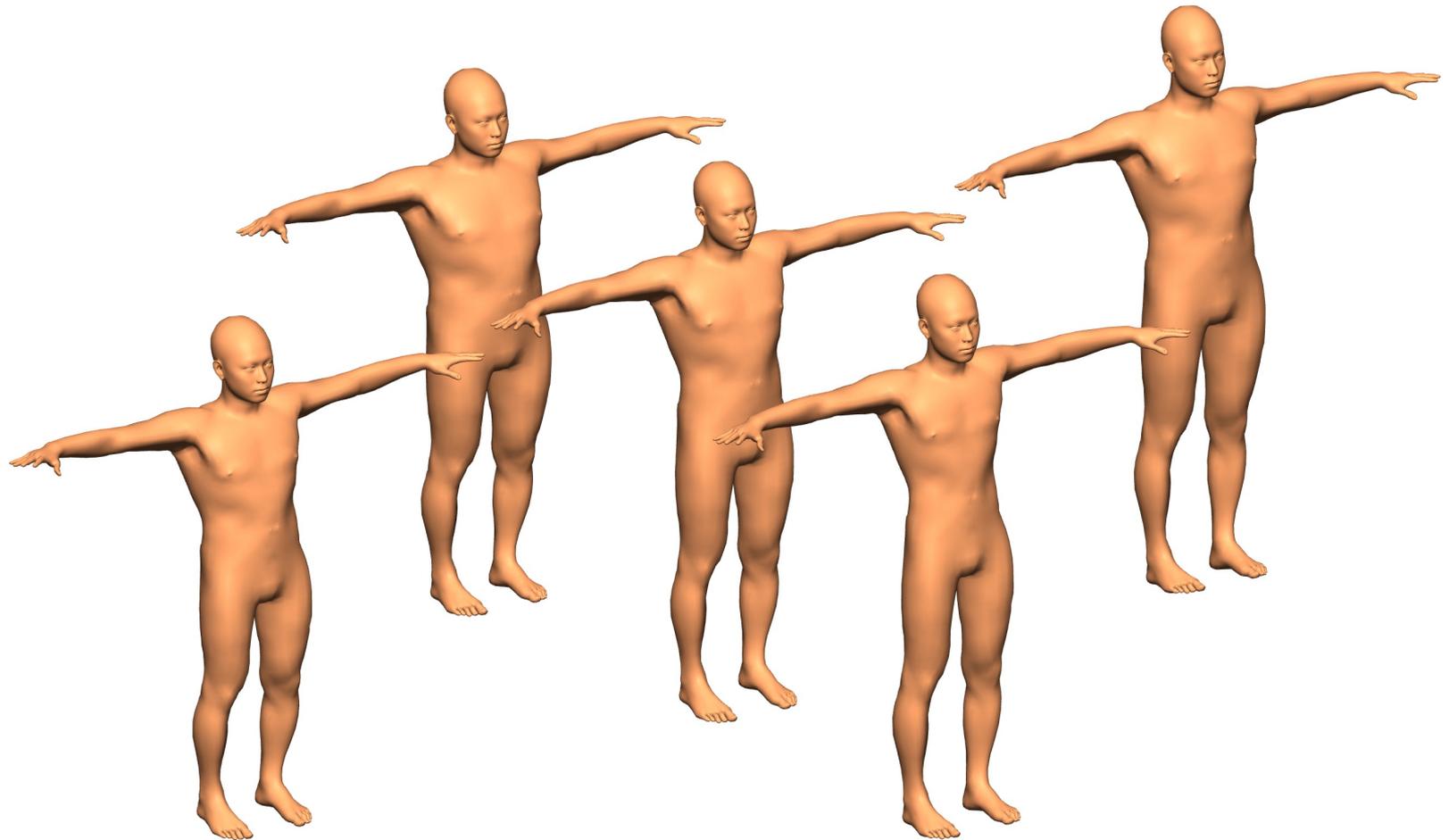
Weight:

67.93kg (mean value of Japanese 30-34y.o. male)

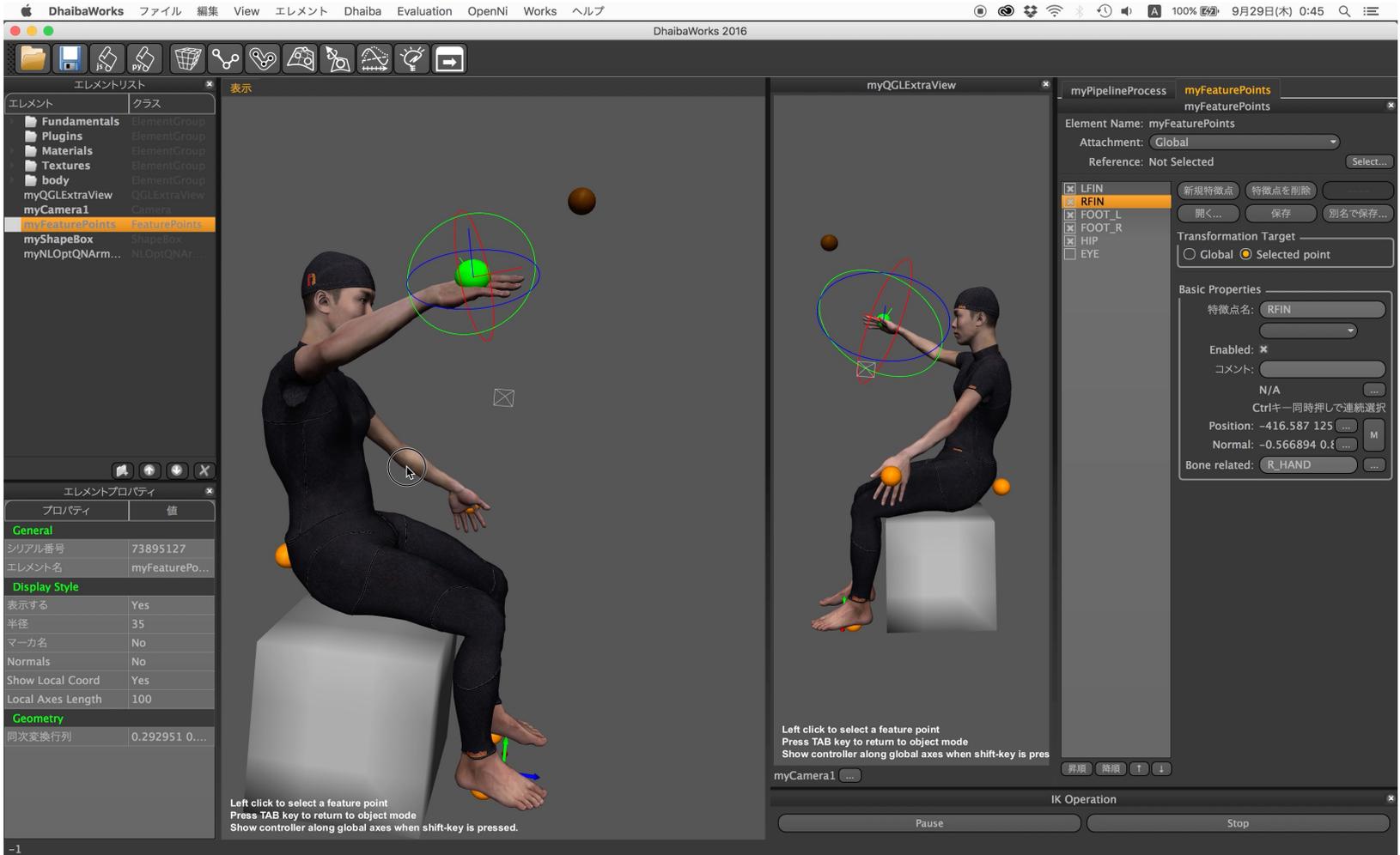
寸法統計データベースを利用した体型再現

バウンダリファミリモデル生成結果

– 日本人成人男性に対して



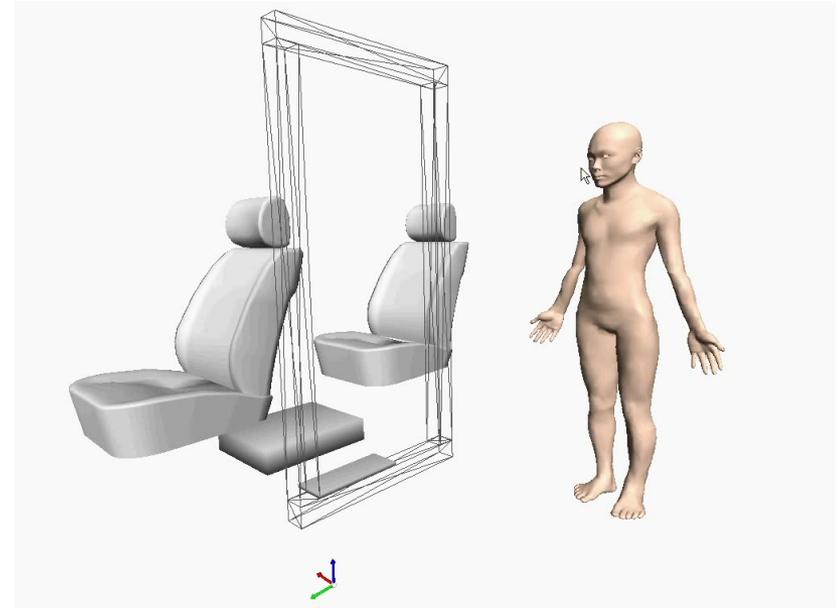
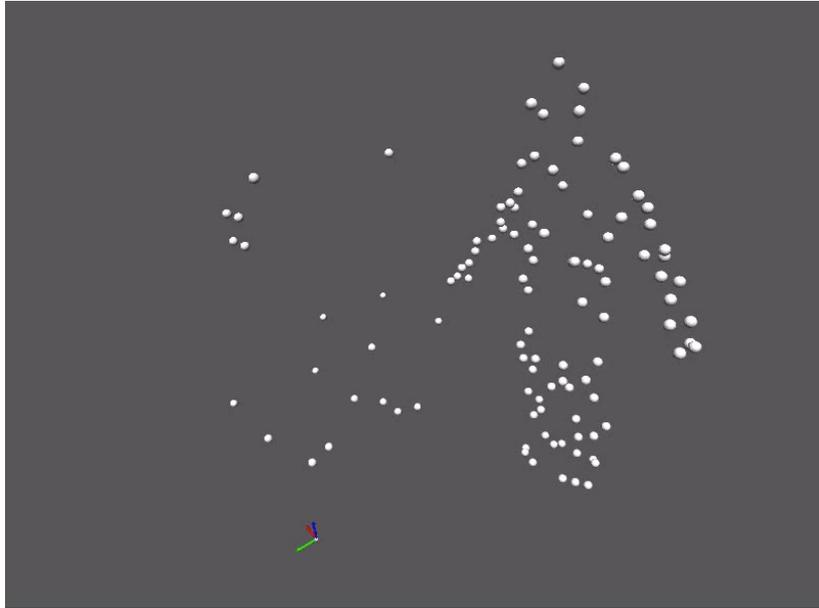
さまざまな動作をデジタルヒューマンで再現する 逆運動学を用いたリアルタイム姿勢制御



さまざまな動作をデジタルヒューマンで再現する

モーションキャプチャを利用した運動再現

MoCapから得られたマーカ軌道を使用



さまざまな動作をデジタルヒューマンで再現する

モーションキャプチャを利用した運動再現

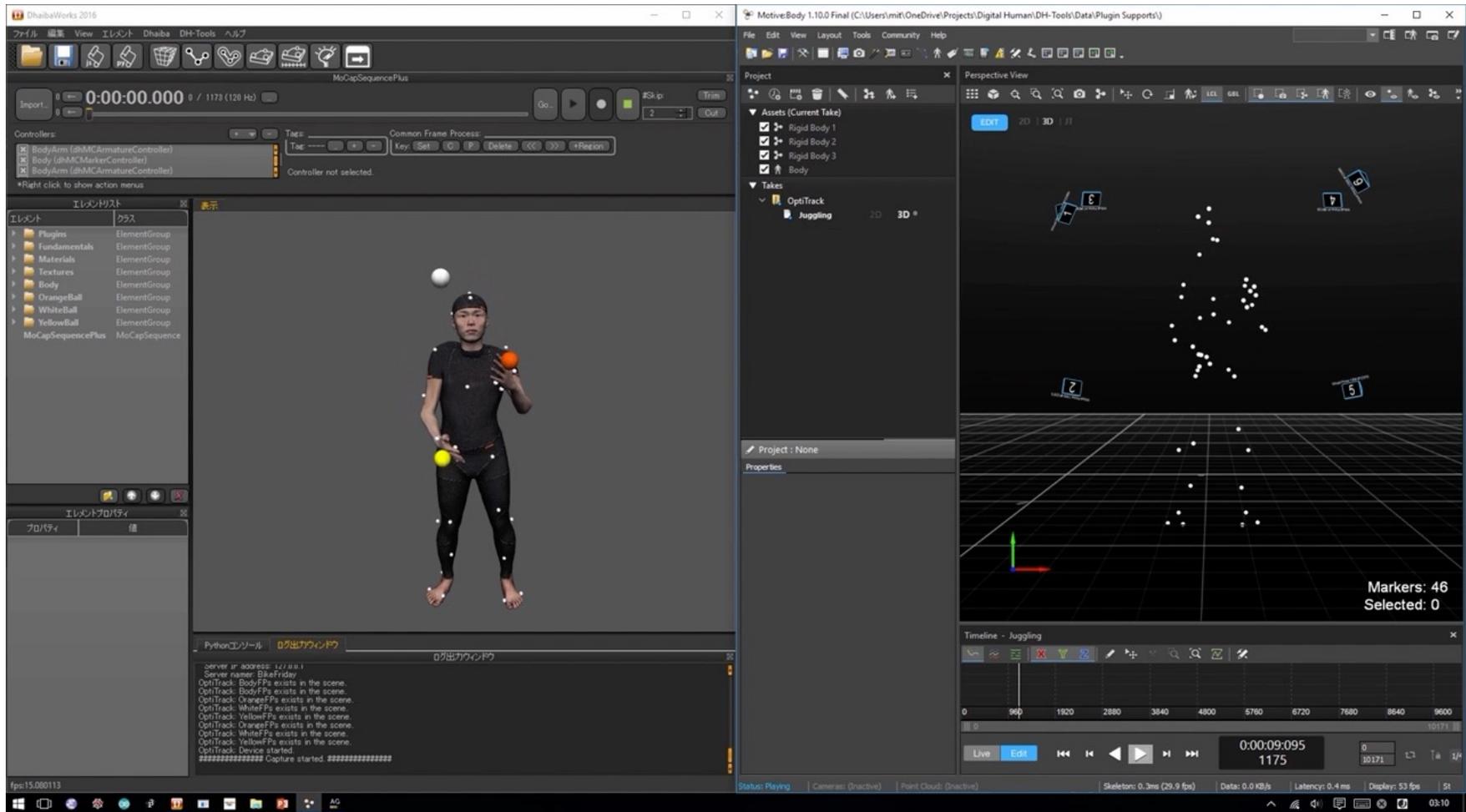
MoCapから得られたマーカ軌道を使用



さまざまな動作をデジタルヒューマンで再現する

モーションキャプチャを利用した運動再現

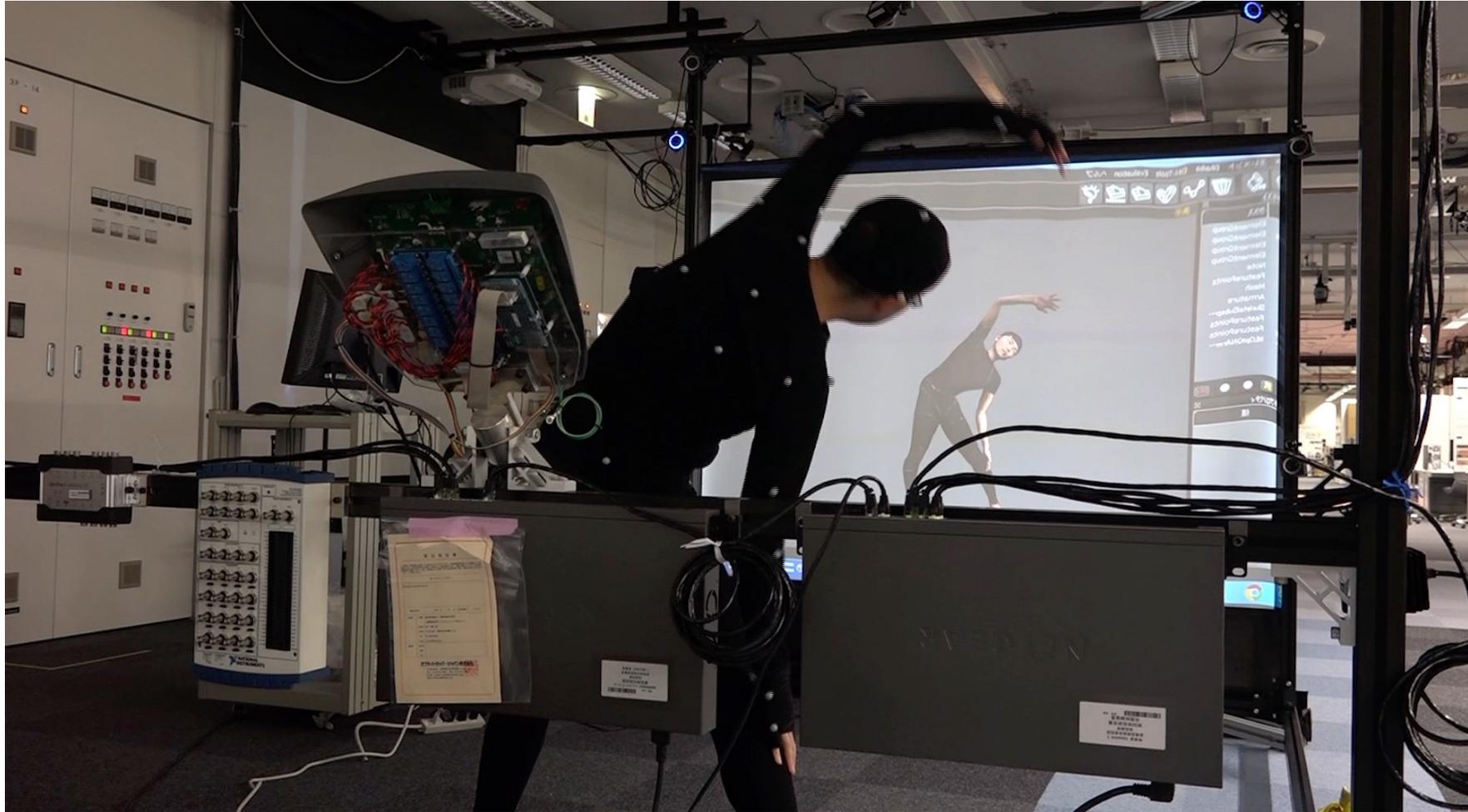
リアルタイムモーションキャプチャ



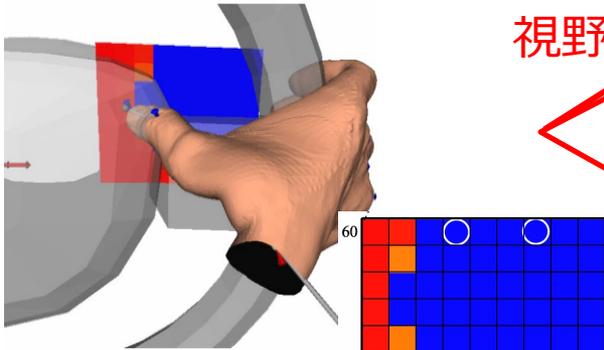
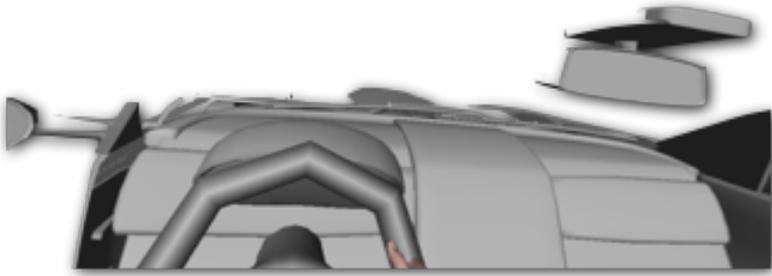
さまざまな動作をデジタルヒューマンで再現する

モーションキャプチャを利用した運動再現

リアルタイムモーションフィードバック

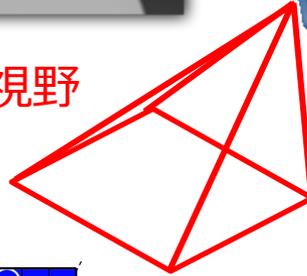


デジタルヒューマンを用いたさまざまなエルゴノミクス評価 さまざまな可視化技術

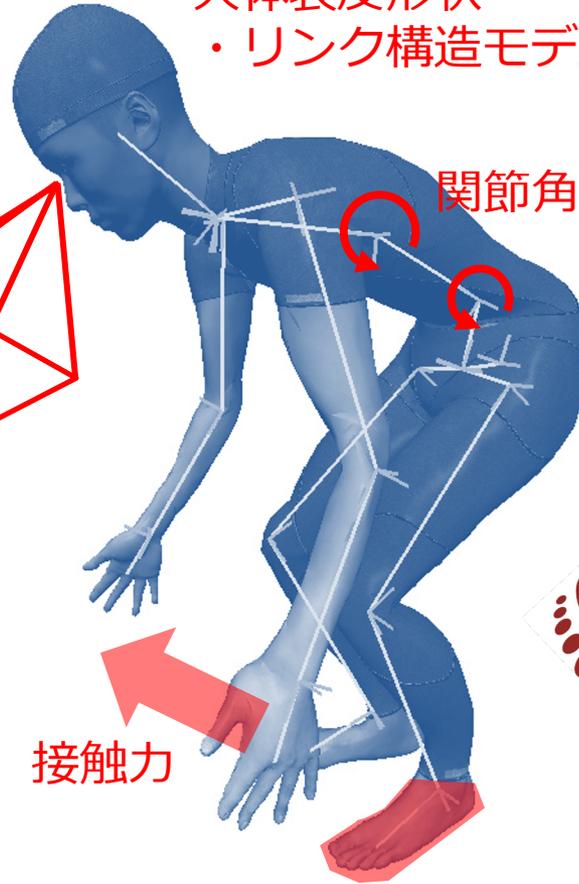


姿勢到達度

視野



人体表皮形状
・リンク構造モデル



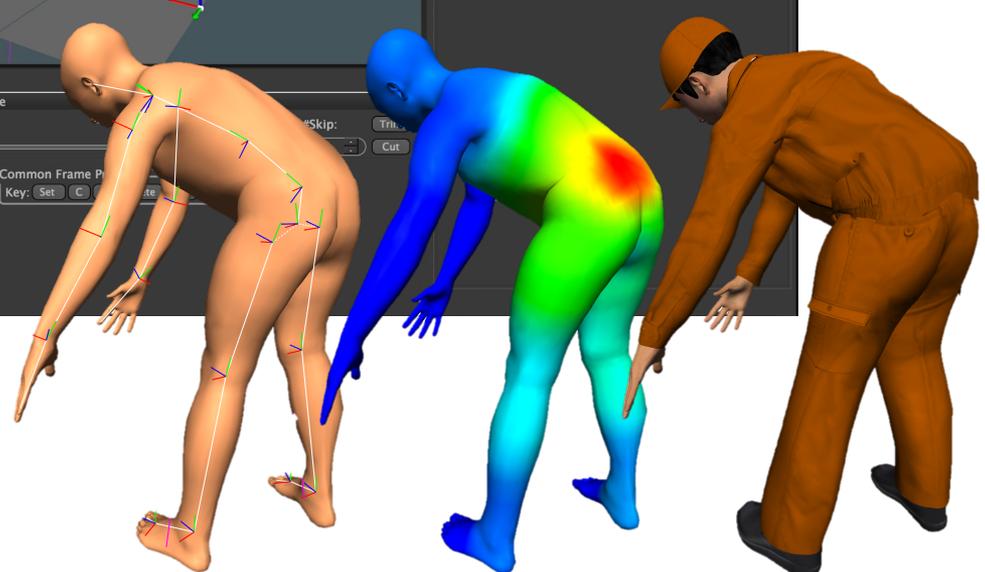
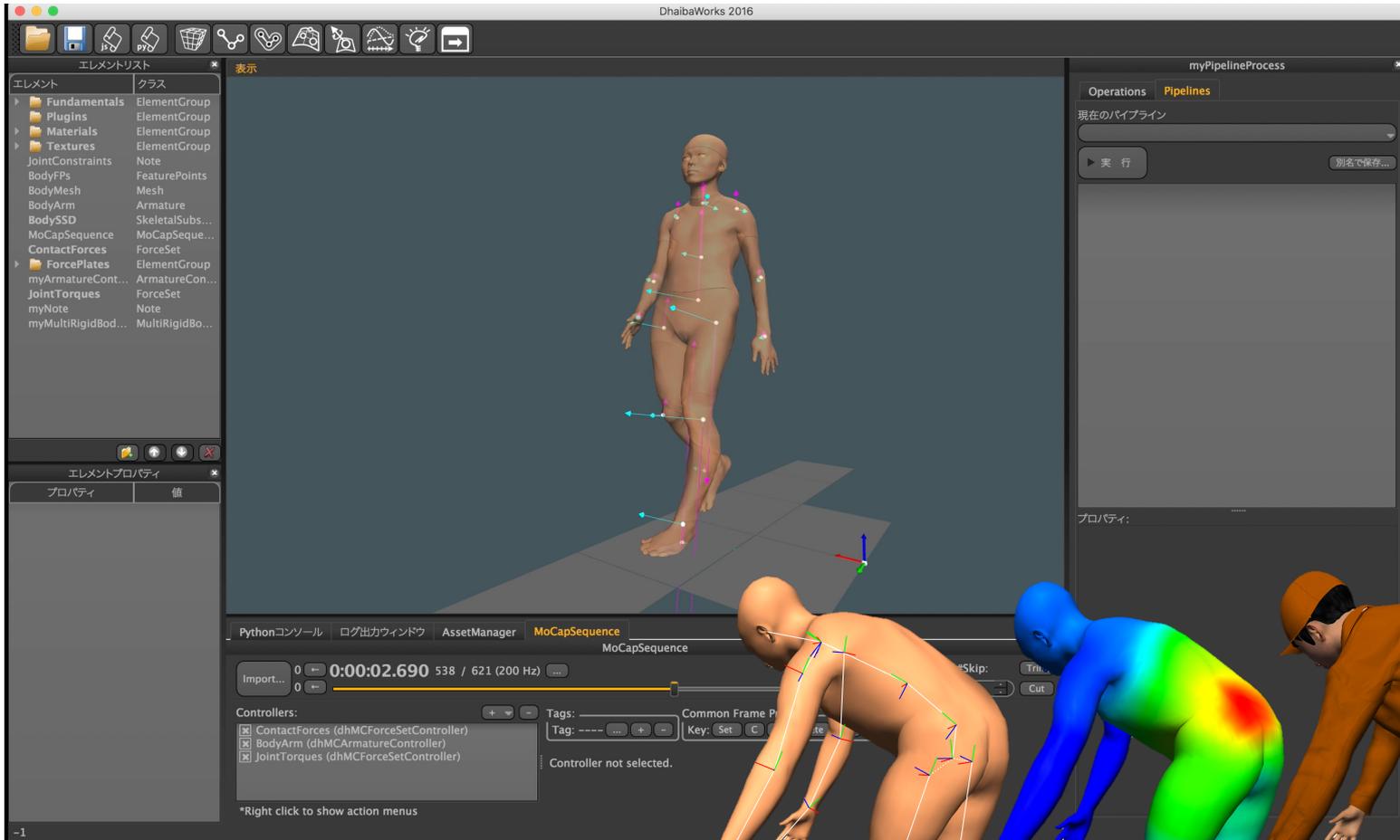
関節角・トルク

接触力

接触領域



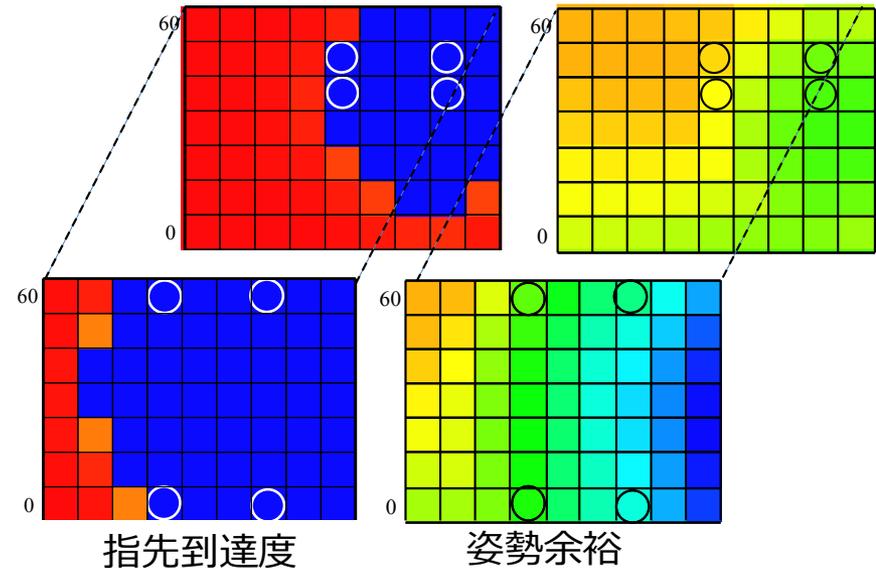
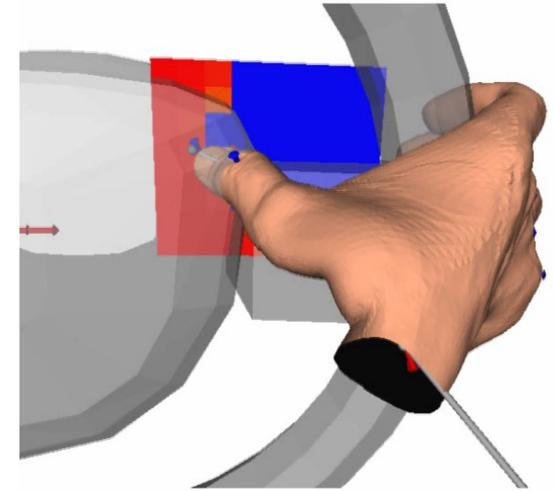
デジタルヒューマンを用いたさまざまなエルゴノミクス評価 逆動力学を利用した関節トルク推定



デジタルヒューマンを用いたさまざまなエルゴノミクス評価 主観評価結果の利用

主観評価のマッピング

- 一定量評価可能な指標と主観評価値のマッピングをおこなうことで、主観評価に影響を与えうる指標を推定したり、逆に主観評価をデジタルヒューマンを用いて推定することができるようになる

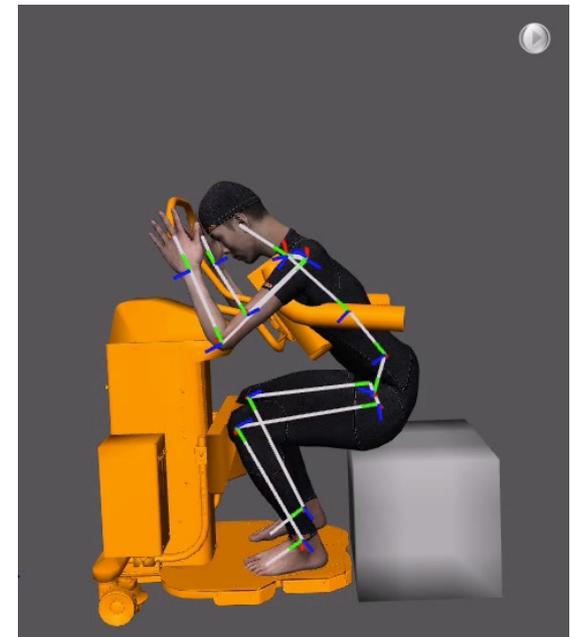
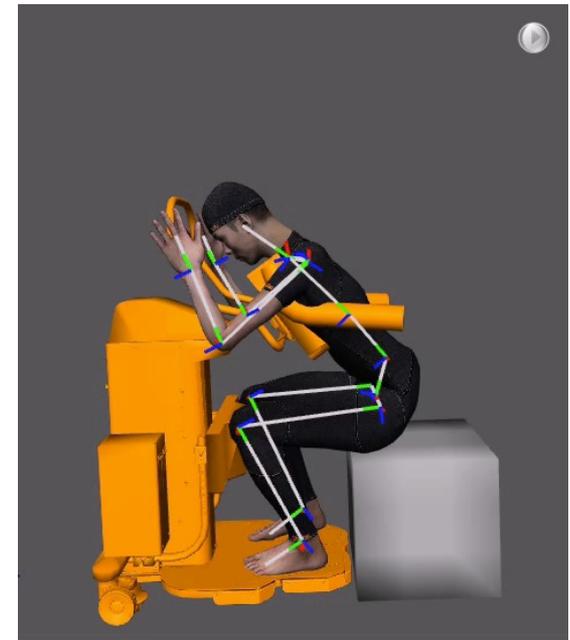
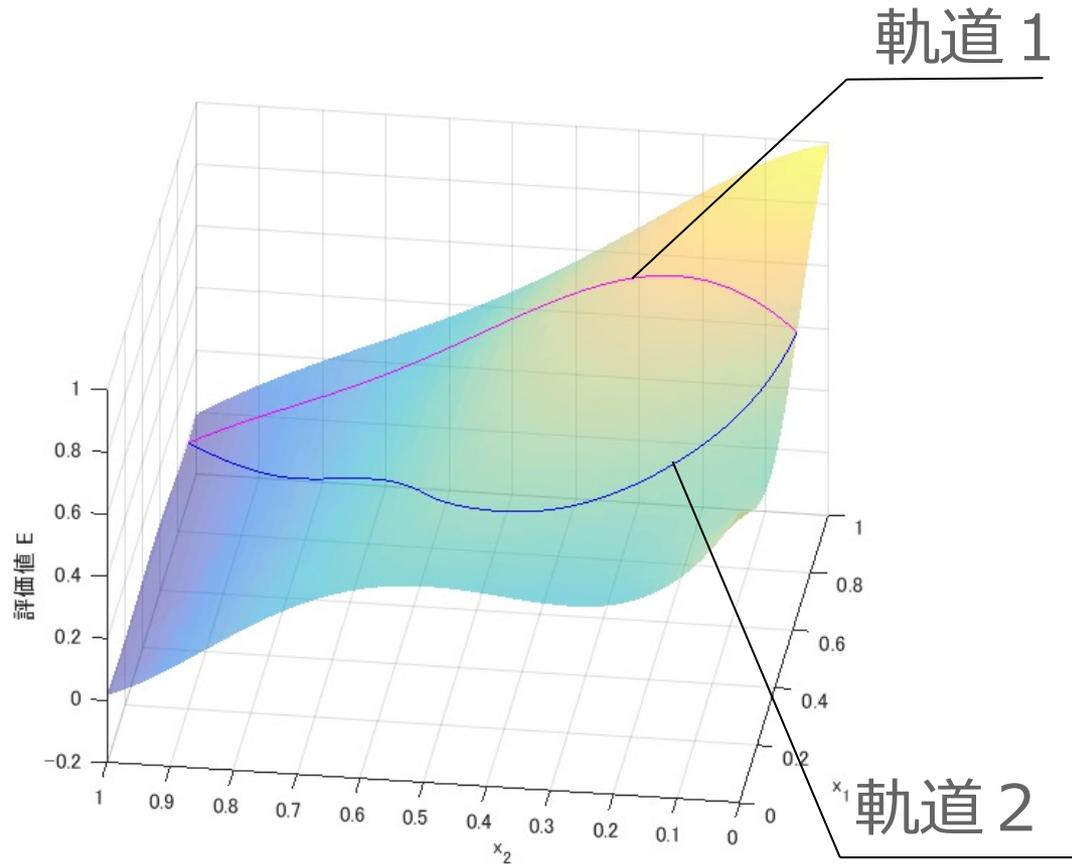


届かない 届く
つらい 楽

実製品設計における活用

パラメータの最適化

腋窩への接触力



介護される方の状態や介護の計画に合わせた適切な評価指標の選定が重要

実製品設計における活用
活用事例

手すり・棚の使用により、膝の負担が小さくなり、
立ち座りがラクに行えます。

立ち上がり動作

何も使用しない



手すりを使用



棚を使用

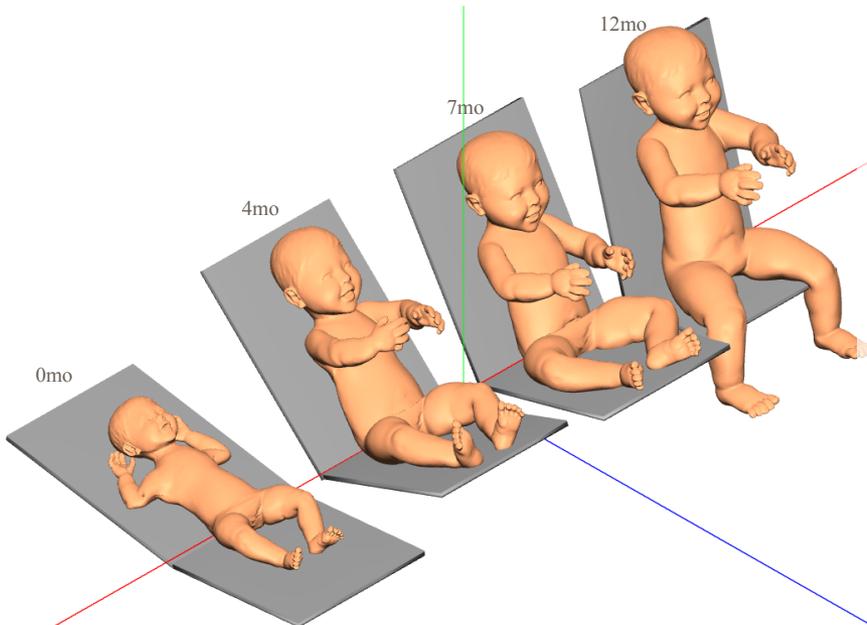
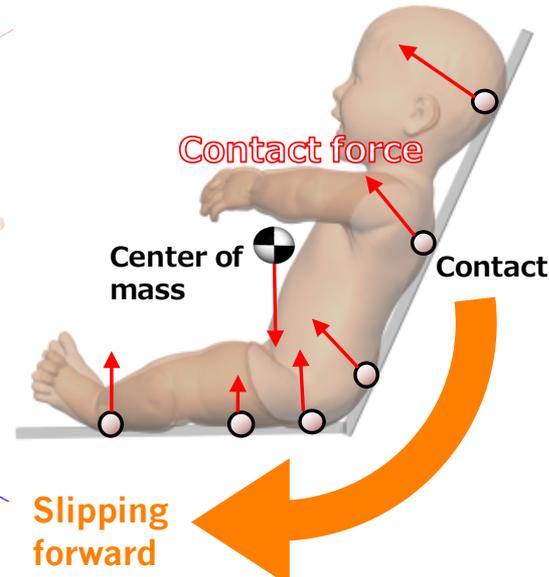


※TOTOの動作解析結果(関節のトルクの大きさに基づく) / 条件:身長178cmの男性の場合 / 協力:国立研究開発法人産業技術総合研究所

実製品設計における活用 活用事例

赤ちゃん中心設計 Baby-centric product design

- 月齢ごとの赤ちゃんモデル
- 製品に対する想定姿勢を生成
- 断面図による接触領域の解析
- 視野, 頭部安定性
- 前すべり予防性の評価



実製品設計における活用 活用事例

ワイヤ型歩行アシストスーツの開発

