

DhaibaWorks：身体機能中心デザインのための プラットフォームソフトウェア

遠藤 維^{*1)}、○多田 充徳^{*1)}、宮田 なつき^{*1)}、持丸 正明^{*1)}

1. 目的・背景

近年、CAD システム等の普及により、計算機上で製品の意匠設計を行う「デジタルスタイルデザイン」が広く利用されるようになった。著者らは、多様な人体の寸法・形状・機能を高精度に計算機上でシミュレートし、製品のエルゴノミクス評価を可能とするデジタルヒューマンモデル「Dhaiba」を開発してきた。これらのモデルを、エルゴノミクス設計支援ツールとしてスタイルデザインの中で効率良く利用するには、Dhaiba のプラットフォームとなりうるソフトウェアシステムの開発が不可欠である。本報では、DhaibaWorks の機能概要及びシステムデザインについて述べる。

2. 研究内容

(1) 必要機能

DhaibaWorks は、以下のような機能の実現を目的として開発が進められている。

- ①日本人男女の統計学的な代表寸法をもつデジタルヒューマンモデルを生成する。
- ②被験者の寸法をもつデジタルヒューマンモデルを生成する。
- ③モーションキャプチャによって計測されたランドマーク位置より、被験者の動作姿勢や被験者と製品との接触領域を計算機上で再現・可視化する。
- ④対象とする製品の筐体モデルに対し、代表寸法を持つデジタルヒューマンモデルの姿勢・動作を生成・可視化する。
- ⑤得られた姿勢や動作に対し、様々な指標を用いて定量的にエルゴノミクス評価を行い、より多くのユーザに対し、高いエルゴノミクス評価値を持つような筐体寸法を特定する。
- ⑥Python スクリプトによって新たな機能の追加やバッチ処理が可能となる。また、DhaibaWorks SDK を利用したプラグインを作成することで、より高速かつ複雑な処理の追加を可能とする。
- ⑦CAD システムを同時に起動することで、CAD 上で設計中のデザインを DhaibaWorks 上に直接インポートする。また、筐体形状のパラメータを DhaibaWorks 上で直接指定し対応する形状を得ることで、感度解析等のバッチ処理を可能とする。

(2) システム概要

上述の機能を実現するため、DhaibaWorks 上には、様々な表現モデル及び機能モデルが実装されており、これらは「エレメント」と呼ばれる。以下が代表的な表現モデルに対するエレメントである。

- ①メッシュエレメント：製品筐体やデジタルヒューマンの表皮形状を表現する。
 - ②リンクモデルエレメント：人間の骨格構造及び関節回転を模擬するリンク構モデルを表現する。
 - ③点群エレメント：高密度な点の集合を表現する。干渉判定やボクセルを用いた形状復元等に用いられる。
 - ④特徴点群エレメント：表皮上の解剖学的特徴点や、製品筐体上のマーカ貼付位置を表現する。位置姿勢のフィッティング等で用いられる。
 - ⑤カメラエレメント：デジタルヒューマンやディスプレイの視野を表現する。
- また、以下は代表的な機能モデルに対するエレメントである。
- ①モーションキャプチャエレメント：モーションキャプチャで得られたマーカシーケンスを表示したり、マーカを用いて製品モデルやデジタルヒューマンモデルの姿勢を再現したり接触領域を表示する機能をもつ。
 - ②デフォーマエレメント：一般的なスキニング手法を用いて、リンクモデルの関節回転に基づいて得られた姿勢に対応して、表皮メッシュの変形を行う。

- ③物理シミュレーションエレメント：剛体・柔軟体を含む様々な形状モデルに対して高速な干渉判定及び動力学シミュレーションを行う。
- ④姿勢生成エレメント：物理シミュレーションエレメントを用いて、デジタルヒューマンモデルの製品に対する把持・操作時の姿勢を自動生成する。
- ⑤エルゴノミクス評価エレメント：再現されたデジタルヒューマンと製品モデルの把持・操作姿勢に基づき、定量的なエルゴノミクス評価を行う。把持安定性、把持容易性、形状適合性といった様々な評価エレメントが存在する。

(3) ユーザインタフェース

図1に、DhaibaWorksのユーザインタフェースを示す。エレメント作成用のショートカットアイコン（最上部）のほか、エレメントリストウィンドウ（左中部）、エレメントプロパティウィンドウ（左下部）、Pythonスクリプト用のコンソールウィンドウ（下中左部）、ログウィンドウ（下中右部）、モーションキャプチャシーケンス編集ウィンドウ（上部）、特徴点群エディタウィンドウ（右部）等を有する。



図1. DhaibaWorksのユーザインタフェース

(4) スクリプトによる拡張機能

DhaibaWorksで実装されているエレメントは、内部的にはインタフェースを多重継承したクラスとして定義される。大部分のエレメントの機能はPythonで記述されたスクリプトから実行可能となっているため、多様なファイルタイプの読み書きを行うことや、対象製品にカスタマイズされたエルゴノミック評価指標等を柔軟に実装することが可能である。

```

py> arm = dhGetElementByName("body_arm")
py> bone = arm.bone("s_L_Foot")
py> R = bone.getR()
py> r = R.toZYXRotAngle()
py> rx = r.get(0) / (2.0*3.141592) * 360.0
py> rx
    
```

図2. DhaibaWorksのPythonスクリプト

図2に、DhaibaWorksのPythonスクリプト用コンソールから入力されたスクリプトの一部を示す。“body_arm”という名称のリンクモデルエレメントがもつリンク“s_L_Foot”の関節回転行列を取得し、ロールピッチヨー角に変換して、現在の回転角を出力している。

(5) 動作環境

現在、DhaibaWorksは、Microsoft Windows及びMac OS Xオペレーティングシステム上で動作する。一般公開は未定だが、共同研究やコンソーシアム等における外部機関との連携においてはすでに利用されており、一定の成果を挙げている。

3. 今後の展開

デジタルヒューマンモデルDhaibaを用いた人間中心設計を行うためのエルゴノミクス評価支援ツールとして、ソフトウェアシステムであるDhaibaWorksを開発した。これにより、スタイルデザインの上流段階から、製品設計と統合した効率的なエルゴノミクス評価を低コストで実現できるようになることが期待される。

*1)独立行政法人産業技術総合研究所