

# 講義マニュアル

作成者：粕谷 昌宏

[kasuya@meltin.jp](mailto:kasuya@meltin.jp)

2016年3月26日

## 1. はじめに

近年 3D プリンターの低価格化により、誰でも簡単に機械設計・製作を手早く行うことができるようになった。機械やロボットなどの実機製作に対する心理的障壁が払拭され、BMI・ロボット研究においても、簡単な実験機器の試作や独創的な機構開発が行われるようになってきた。そこで本演習では、3D プリンターを活用するための基礎技術の習得を目的として、簡単な 3DCAD を用いた機械設計と 3D プリンターによる機械部品造形および組立の体験型演習を実施する。

3D プリンターは、1980 年代にレーザー焼結を用いたものが登場し、1990 年に初めて商用化された。その後 2009 年に個人でも手に入る価格帯に落ち着いたことから、急速に普及が始まっている。

3D プリンターは CAM (computer aided manufacturing) の一種で、代表的なものには CNC などが挙げられる。3D プリンターは CNC などと異なり、材料の不要な部分を削り目的の形状を実現するのではなく、直接材料を様々な方法で整形するものである。その方法には、レーザーやインクを用いて粉末状の材料を固形化させるものや、熱可塑性樹脂を用い、高温の材料を目的の形状に合わせて練りだしていくなど様々なものがある(Fig. 1-1)。

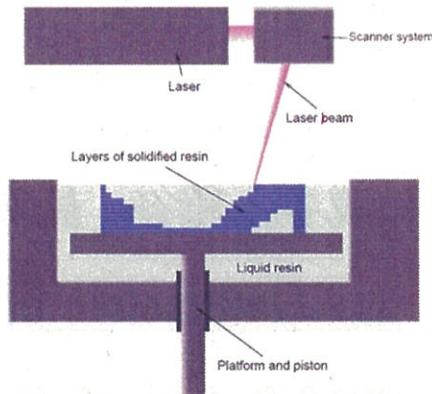


Fig. 1-1 レーザーにより粉末材料が一層ずつ走査され硬化される様子

## 2. 概要と目的

本演習では、実験機器の例として簡易義手用 5 指型ロボットハンドを題材に用いる。Fig. 2-1 に示すように、本ロボットハンドは各 DIP 関節(末節・中節)、PIP 関節(中節・基節)が任意の角度に固定されており、「母指」「その他 4 指」「掌」の 3 パーツで構成される。母指パート及び 4 指パートはそれぞれ掌部材に固定されたサーボモータに接続され、母指の対立・並立運動及び 4 指 MP 関節(根元)軸周りの指屈曲・伸展運動を行うことのできる 2 運動自由度を持ったハンドとなる。

本演習の最も大きな目的は、3DCAD 上で設計をして得られる情報量と、実際に試作品を作って得られる情報量の違いから、3D プリンターの有用性を知ることである。3D プリンターの最大のメリットは、設計から製作までの時間が短く、3DCAD 上でわからなかつたメリット・デメリットが即座にわかることがある。そのため本演習では、3DCAD での設計時に想定されていたメリット・デメリットと、実際に製作したあとでわかつたメリット・デメリットを比較することで、3D プリンターの有用性を学ぶ。また、それに付随して 3DCAD の操作性、3D プリンターの特性、3DCAD を用いた設計から 3D プリンティングまでの一連の流れを学ぶことを副次目的とする。

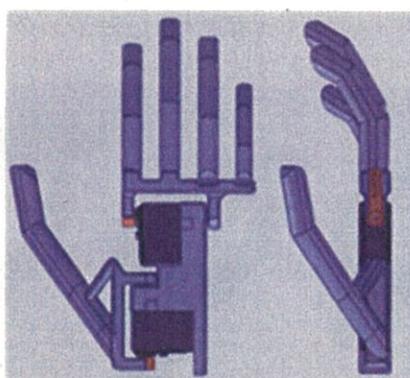


Fig. 2-1 簡易義手用ロボットハンド

### 3. 授業構成

本授業は大きく分けて以下の 2 つのフェーズで構成される (Fig. 3-1)。

1. ロボットハンドの設計
2. 設計を元にしたロボットハンドの 3D プリンティング

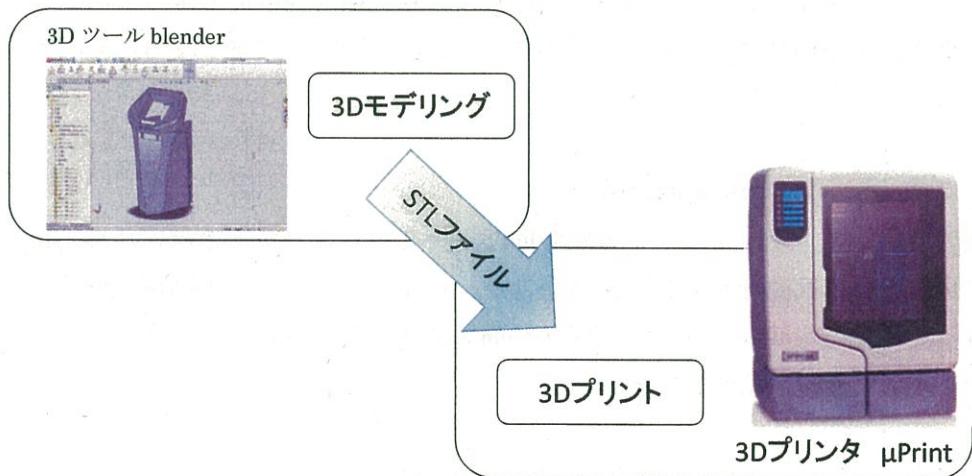


Fig. 3-1 演習実施概要

### 3. 1. ロボットハンドの設計

まず、3Dプリントを行うためのロボットハンドの設計を行う。演習時間内に完全なロボットハンドをモデリングすることは不可能であるので、予め用意されたロボットハンドモデルに対して、各指の角度や位置、長さ、太さなどを学生が自由に修正し、把持しやすい手形状の探索を行う。

設計にはblenderを用いる。ロボットハンドの3Dデータが配布され、まず簡単な視点移動ができるよう演習を行う。その後形状の変え方について演習し、その後は各自自由な発想でロボットハンドを再設計する。

### 3. 2. 設計を元にしたロボットハンドの3Dプリンティング

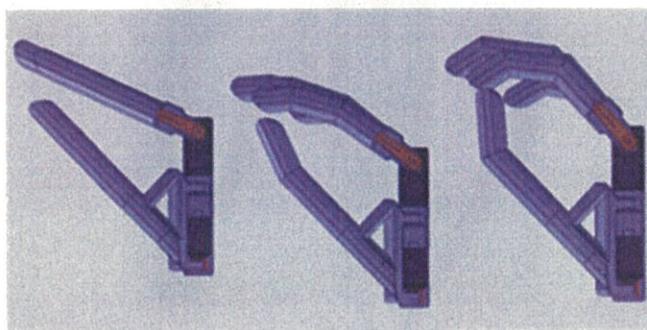


Fig. 3-2 3DCADによる手形状の修正

ロボットハンドの3Dプリンティングに関しては、時間がかかるためTA側が授業後に行い、造形物を次の授業までに用意する。次の授業ではまず、3Dプリンターがどの程度の精度で造形できるのか、また熱変形の影響や造形方向による強度の違いなどを観察しまとめる。次にサーボモータなどを組み付け、実際に動くロボットハンドを完成させる。

ロボットハンドが完成したら、実際に動かして、設計通りの機能を果たすかどうかを実験する。また、予想通りだったもの、予想外のことについて、考察とともにレポートにまとめる。

### 4. 1. ロボットハンドの駆動回路について

今回演習で用いるロボットハンドの駆動回路は持ち帰ることができないため、後日自分で動かす場合には、回路を自ら作る必要がある。近年ではロボットの制御に使うマイコンと呼ばれる小さなコンピュータが、安価かつ簡単に使えるようになってきている。マイコンの例を下記にいくつか紹介しておく。

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMicro>

マイコンとハンドをどう繋げばよいか、どのような回路を作成すればよいかについて詳しく知りたい場合は、授業中にTAに質問する、もしくは後日メールで問い合わせるなどの方法がある。筋電センサは高価なものが多いが、比較的安価なもの(Fig. 4-1)も販売されているため、筋電での制御にチャレンジしたい方はTAに詳細を尋ねておくとよいかかもしれない。また、一般にも入手可能なマイコンとFig. 4-1の筋電センサを使ったロボットハンドの作成例も授業中に紹介する。

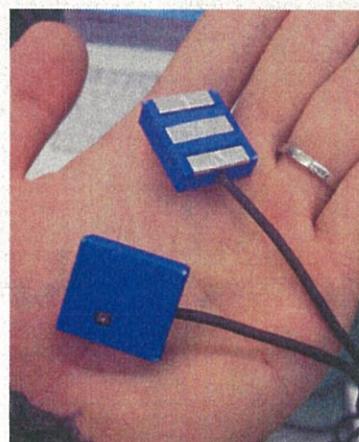


Fig. 4-1 筋電センサの例

# Blender Manual



作成者：粕谷 昌宏

馮 翔

谷 直行

作成日：2016年3月25日

## Part.1 Basic Controls : 基本操作

Table 1 に従いキー操作(Fig. 1)することで、Blender に表示されている物体の**移動操作**が可能となります。操作する物体の選択は右クリックで行うことに注意してください(Fig. 2)。

Table 1 物体の操作

キー (Key)	動作(Action)
G (Grab: つかむ)	移動
R (Rotate: 回転)	回転
S (Size: サイズ)	拡大・縮小

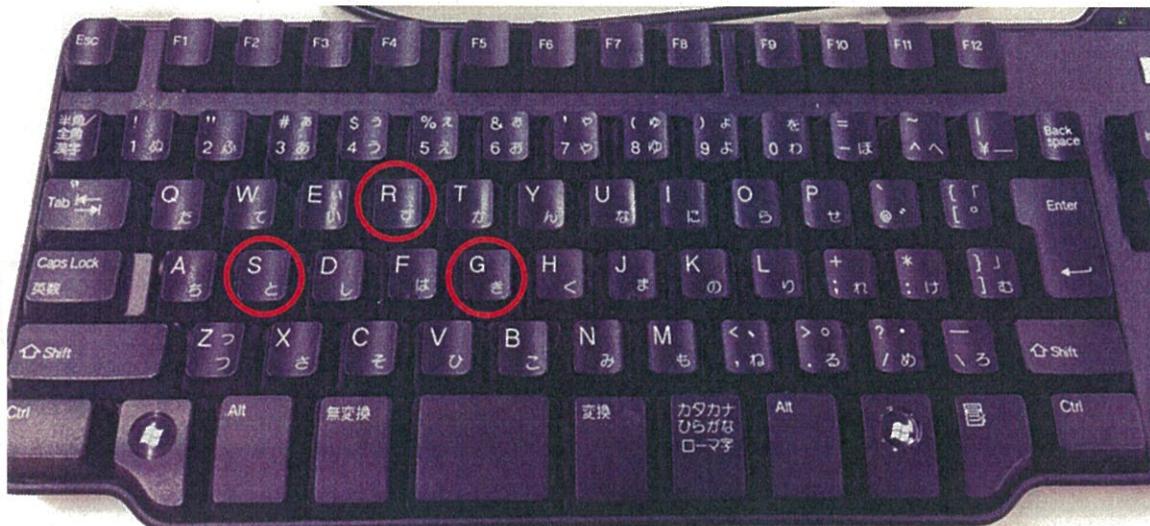


Fig. 1 キーボード上での各ボタンの位置



物体の選択は  
右クリック

Fig. 2 物体の選択に用いるマウスのボタン

視点を変更したい場合はテンキーの数字を押すことで Table 2, Fig. 2 に示すように数字に対応した視点に切り替えられます。

Table 2 視点の切り替え

0	カメラ視点
1	y 方向
3	x 方向
7	z 方向
5	遠近感の on · off
2, 4, 6, 8	ビューの縦回転・横回転の切り替え

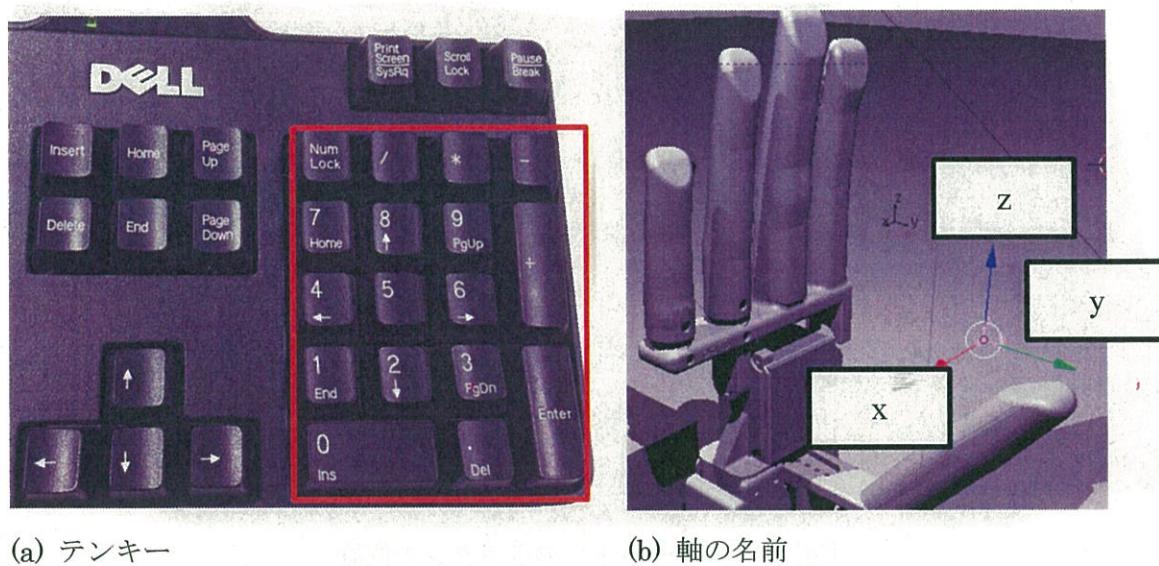


Fig. 2 視点の切り替え

その他に頻繁に使用する基本動作を Table 3 に示します。

Table 3 よく使うキー

Key	Action
P	シミュレーションの実行
Ctrl + Tab	ボーン編集モードへ切り替え
Shift A or Space	物体の新規追加
Z	シェーディングの変更
Ctrl + A	全選択
Shift + D	複製
X	削除

## Part.2 Advanced Controls : 応用操作

ここでは Blender を使用する上での応用操作を Fig. 3 に示す操作画面を交えて解説する。

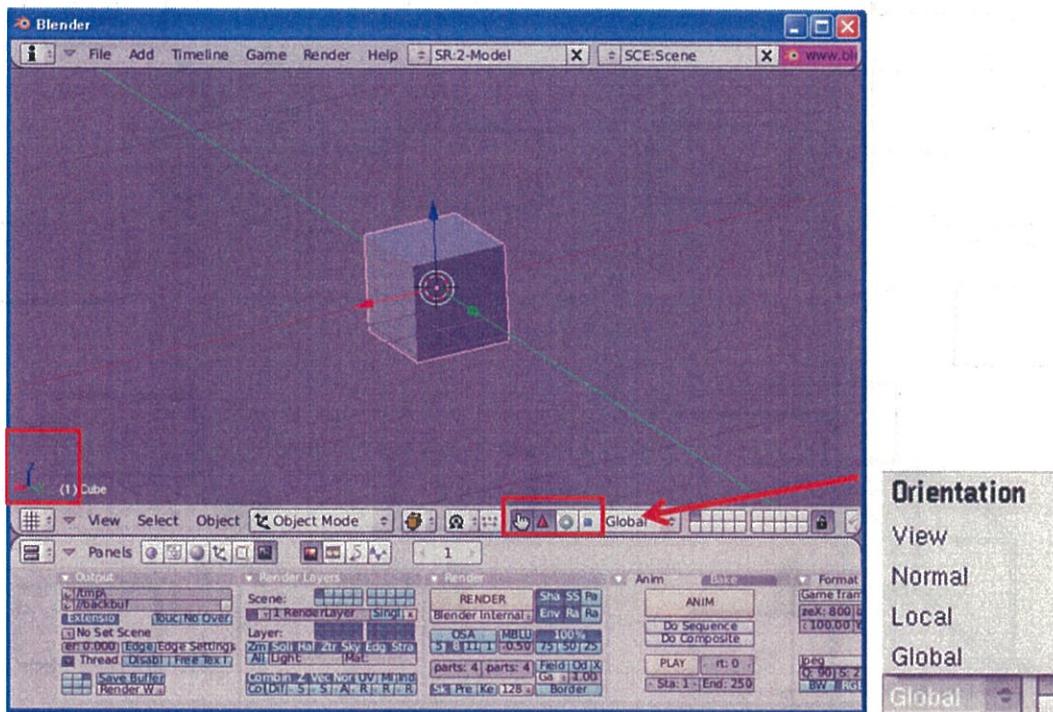


Fig. 3 操作画面

Fig. 3において、左の赤枠は軸を表しています。また右の赤枠では操作方法の変更(移動・回転・サイズ変更)が可能です。具体的な説明は Part 3 を参照して下さい。赤の矢印部分は操作する際の座標系が変更できます(Table 4)。

Table 4 座標系の変更

座標系 (Orientations)	動作 (Action)
View	現在の視点を基準とした座標系
Normal	法線ベクトルを基準とした座標系
Local	物体を基準とした座標系(ローカル座標系)
Global	絶対座標系(グローバル座標系)

また、時間短縮のためのショートカットキーを Fig. 4 に示す。またそれらのキーと動作の対応表を Table 5 に示す。

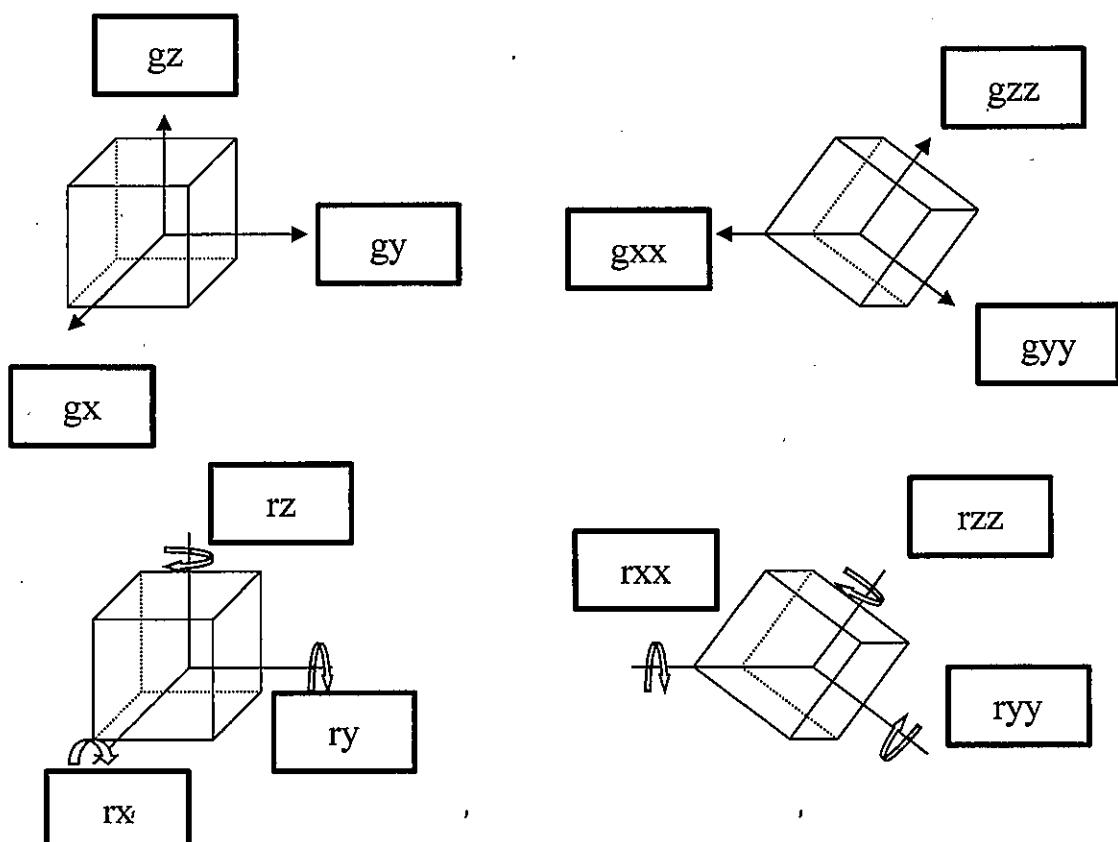
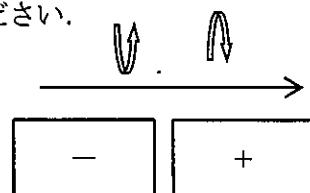


Fig. 4 座標変換に対応した移動・回転操作のショートカットキー

Table 5 ショートカットキー(Fig.4)の対応表

<b>gx (gy, gz)</b>	絶対座標系で x 軸に沿って移動 (y 軸, z 軸も同様)
<b>gxx (gyy, gzz)</b>	物体を基準とした座標系で x 軸方向に移動 (y 軸, z 軸も同様)
<b>rx (ry, rz)</b>	絶対座標系で x 軸に沿って回転 (y 軸, z 軸も同様)
<b>rxx (ryy, rzz)</b>	物体を基準とした座標系で x 軸方向に回転 (y 軸, z 軸も同様)

回転の正負は右ねじの法則に対応していることに注意してください。



座標の位置や角度はキーボードの”N”を押すことで、数値で確認することができる (Fig. 5)。また、この数値パネルへ値を直接入力することも可能である。

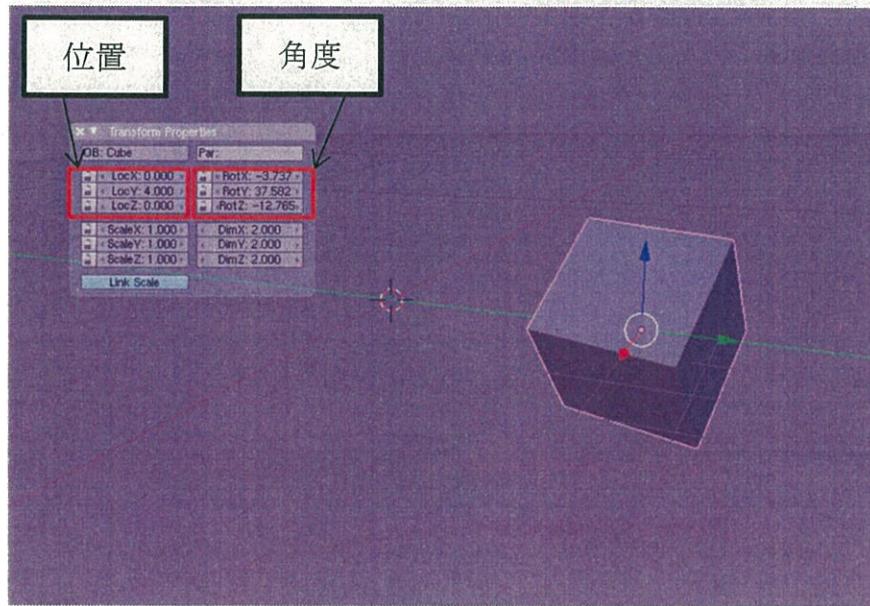


Fig. 5 数値パネルの表示

この他に覚えておくと便利な特殊なキーを Table 6 にまとめる。

Table 6 特殊なキー (Key)

キー (Key)	動作 (Action)
N	数値パネルを表示
B	範囲選択
A	全選択
/ (テンキー)	選択している物体のみ表示
. (テンキー)	選択している物体を視点の中心にする

## Part.3 Simulation : シミュレーション

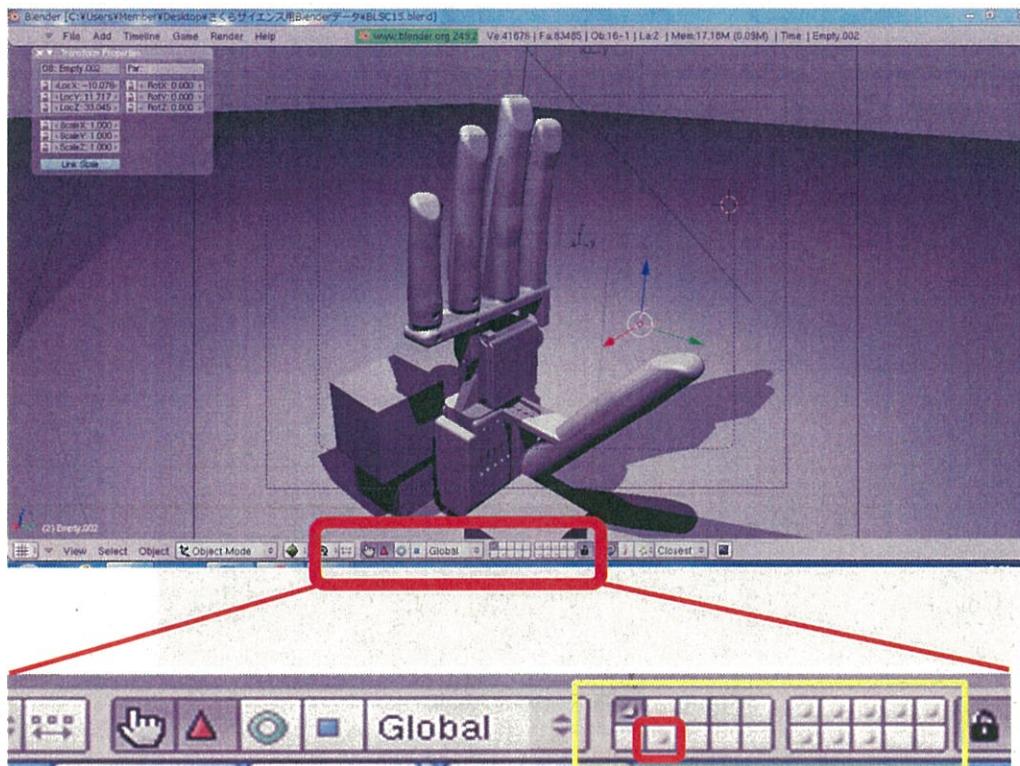


Fig. 6 レイヤーの切り替え

指定されたソースファイルを開くと、Fig. 6 のような画面になります。赤い枠を大きくすると、Fig. 6 の下部になります。

Fig. 6 の黄色の枠で囲われているのはレイヤーです。ページのようなものだと思ってください。その中の赤い枠に囲まれたレイヤーには、Fig. 7 に示すボーン(骨)があります。

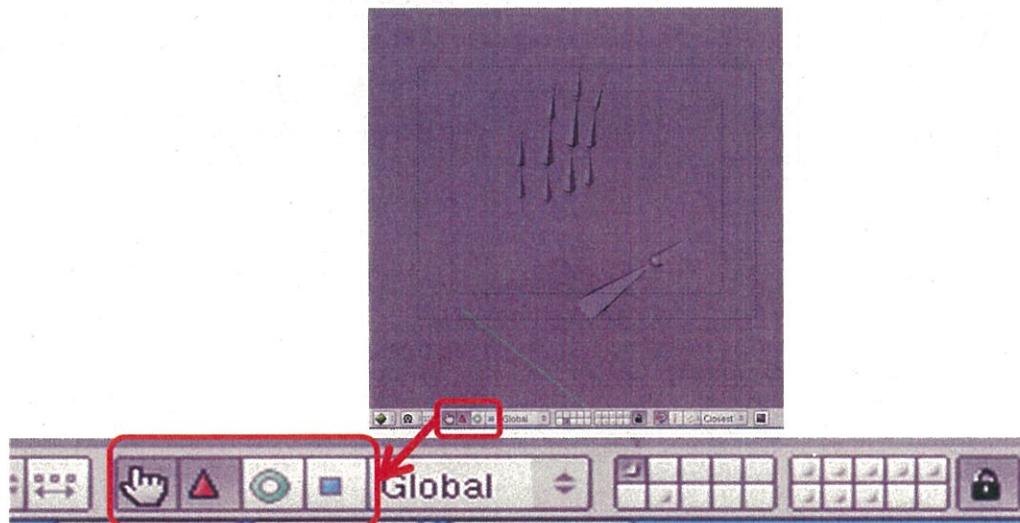


Fig. 7 ボーンのあるレイヤーを表示した状態

Fig. 7 でハンドの骨を表示することで、Fig. 8 のように各指の角度、長さを変更できます。

三角：移動

丸：回転

四角：サイズ

この三種類モードで、物体に表示されている軸(Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10)を左ドラッグすることで角度、長さを変更します。移動すると指が関節から離れてしまうので、回転とサイズのみ使用して下さい。ただし、どの指を動かすかの選択は右クリックなので、注意してください。

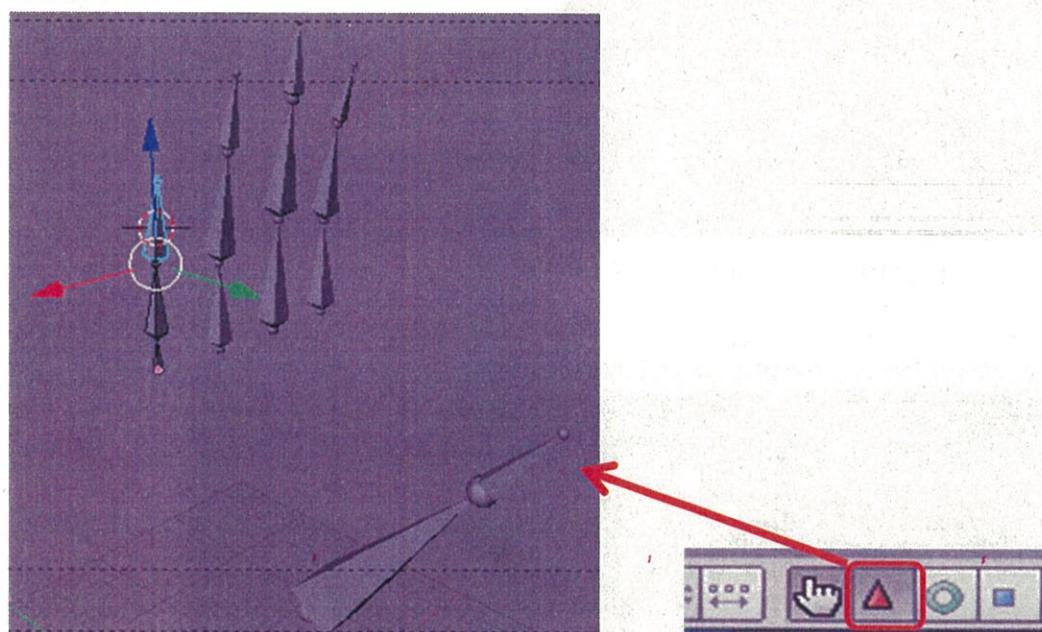


Fig. 8 移動モード

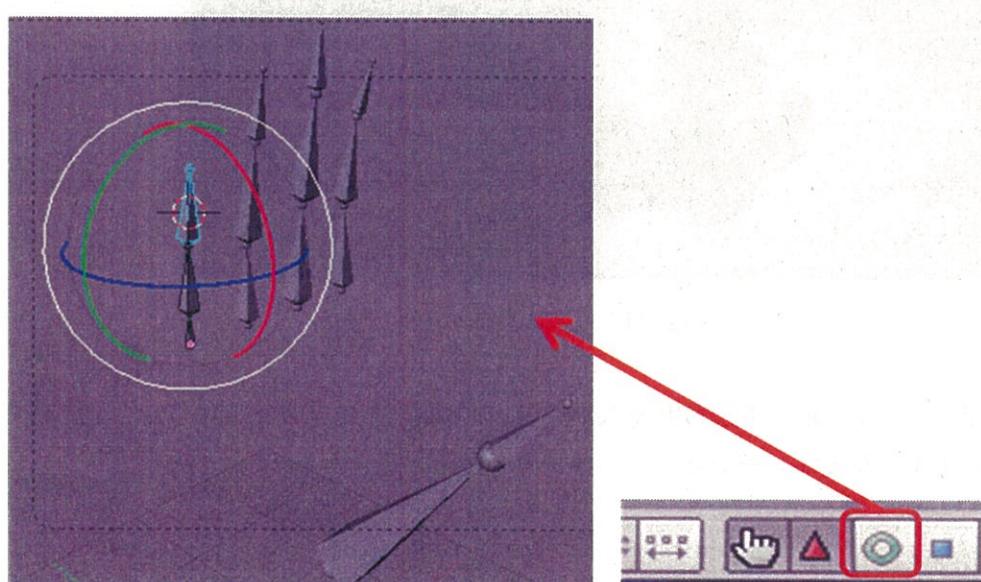


Fig. 9 回転モード

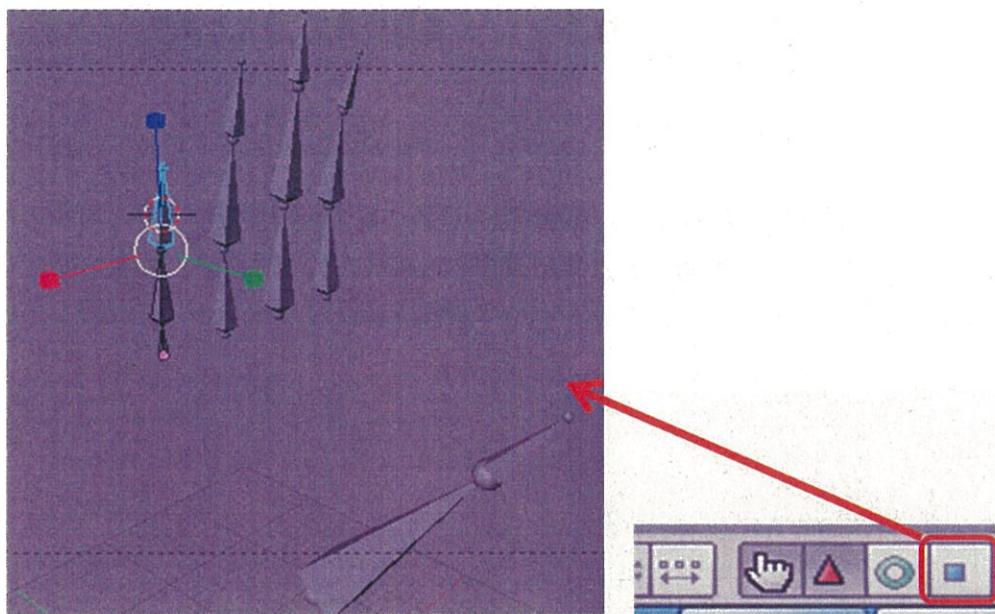


Fig. 10 サイズ変更モード



Fig. 11 シミュレーション画面

Fig. 6 の画面から、キーボードから'P'を入力すると、Fig. 11 に示すようにシミュレーションが実行されます。シミュレーションで、ハンドの把持性能をテストします。

シミュレーションでは、キーボードの矢印キーでハンドを制御します。矢印キーの左右が4指の屈伸、上下が親指の対立と並列をコントロールします。スペースキーを入力すると物体が画面の上から落ちてくるので、矢印キーでハンドをコントロールして、物体を把持してみてください(Fig. 12)。ESCキーでシミュレーションを終了し、Fig. 6に戻ります。

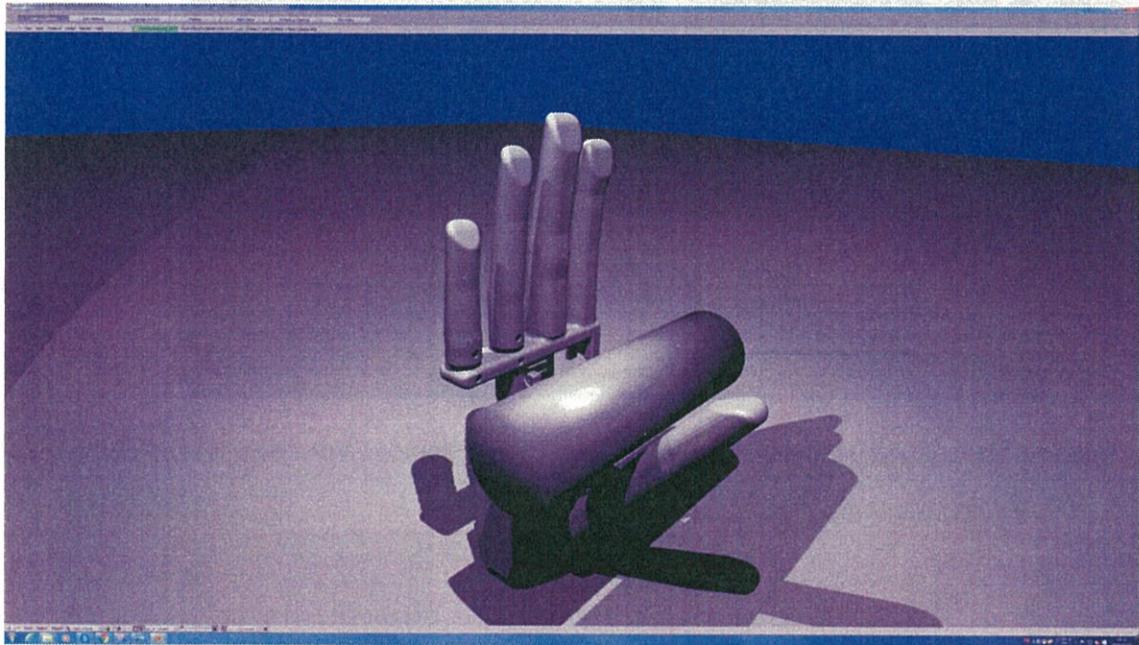


Fig. 12 シミュレーション内での物体の把持テストの様子

最後に、設計したハンドを、3Dプリンタで読み込む STL ファイルとして出力します。Fig. 13 に示すように、個々の指に対して STL ファイルを保存して下さい。

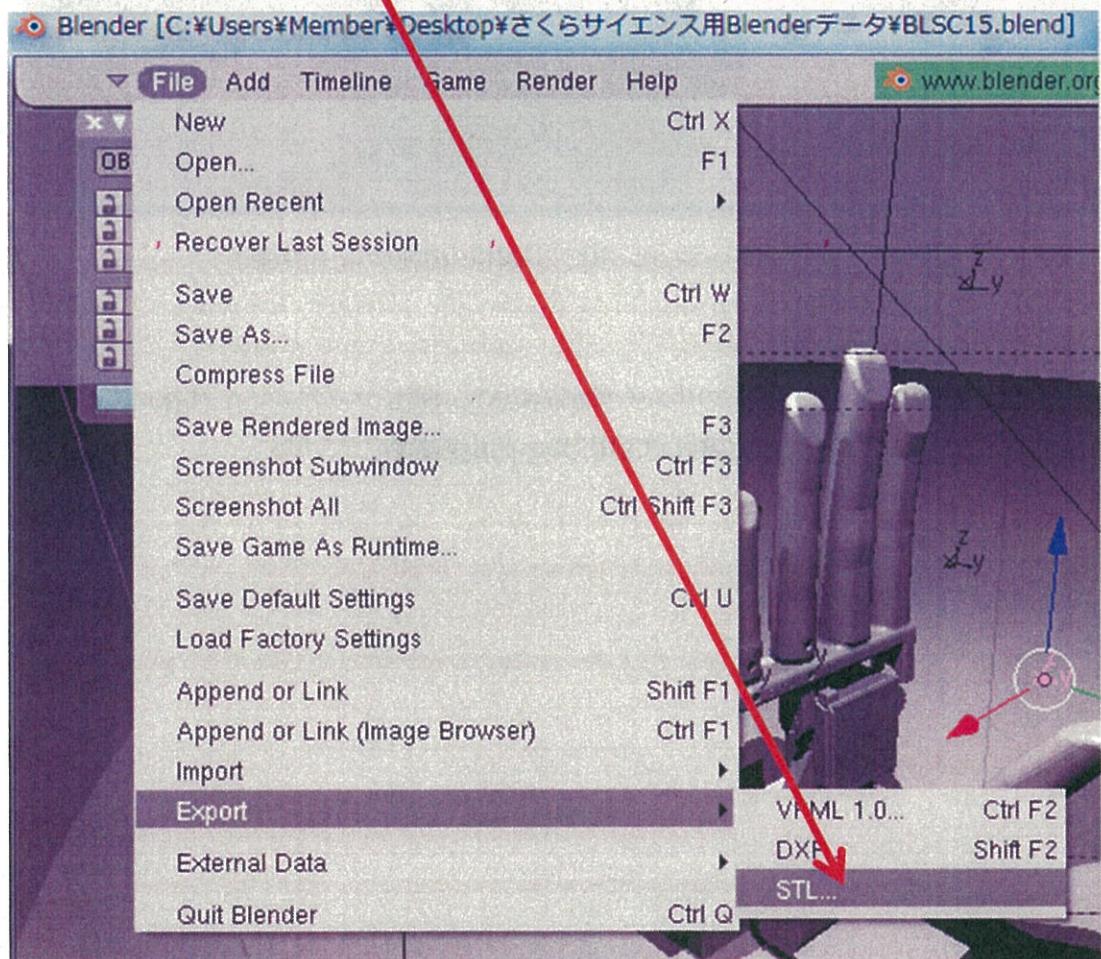
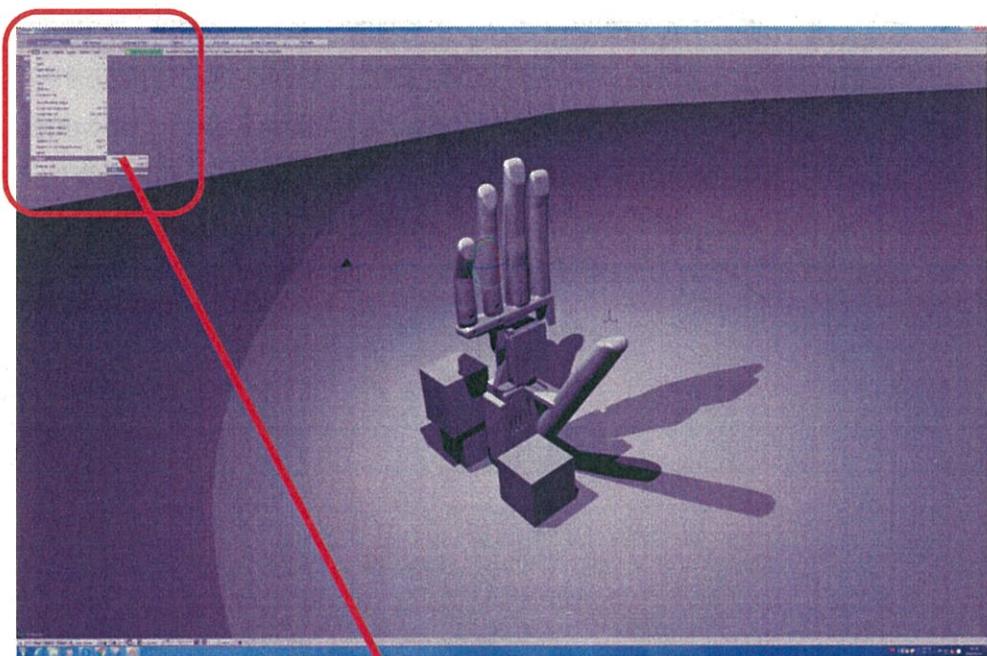


Fig. 13 STL ファイルの保存方法。選択されている物体のみ保存される。