

# ロボット外装の新工法 「ポリゴンクラフト」

九州ロボット練習会所属

堀ノ内貴志(holypong)

# 1. 自己紹介



著者近影

- 鹿児島大学院 機械工学専攻 制御工学研究室  
ーロボット開発の面白さを知る。
- 1996年リアルタイム3DCGロボットシミュレータ無償公開  
ーロボット学会誌CD-ROMに収録
- 現在、某家電メーカーのソフトウェア開発担当。  
ー生産技術、研究開発、設計開発を経験。  
ーマイコンのドライバからWindowsアプリ開発まで。
- 4年前、福岡に転勤。  
ー九州ロボット練習会設立の初代メンバとして活動。

## 2. ポリゴンクラフト概説

「あなたのロボットはいつ完成するんですか」

、、、と言われたことはありませんか？

モータと配線むきだし＝観客の第一印象は「未完成」



この程度ではマダマダ「未完成」扱い。  
カッコイイ俺ロボのイメージはある、、、けどプラモデルとか苦手。



ロボット外装を「ポリゴンクラフト」で作りましょう！

## 2. 1. ポリゴンクラフトの実績

### 「ROBO-ONE16th アイデア賞受賞」

- ・1/30ガンダム(体長60cm)で「ガンダム大地に立つ！」を完全再現

- ・ボディ外装が「樹脂化ペーパークラフト」

審査員コメント:  
「ガンダムの造詣へのこだわり」と  
「ポリゴンクラフト」のアイデアが  
面白い。

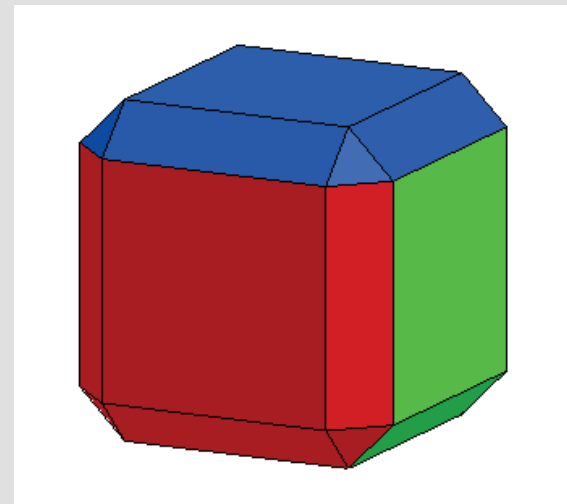


automo 06(Wakka)

## 2. 2. ポリゴンクラフトとは？

- 新提案のロボット外装の工法(造語)
- 「六角大王」や「メタセコイア」などの非機械製図系の3DCGモデラーソフトを使用して、キャラクタをポリゴン※1でデザインするのが要。
- ポリゴンデータをそのまま立体化する。
  - ー樹脂化ペーパークラフト
  - ー3Dプリンタ

※ポリゴン:三次元のキャラクタを構成する最小単位としての三角または四角の面データ。



ポリゴンで構成された立体

### 3. ポリゴンクラフトの開発経緯

ROBO-ONE16thというターゲットにあわせて、  
「ポリゴンクラフト」が出来るまで

# 3. 1. 目標を設定 (ビジョンとモチベーションの認識)

- 外装をつくりたい = 「未完成」から「完成」へジャンプ
- 技術や操縦だけでなく、**デザイン力**でも競いたい。
- 運用面で負担のある大型ロボットでも、日々少しずつ手を加えたいような「**キャンバスのようなロボット**」が欲しい。

**どうせなら「30分の1ガンダム(60cm)」制作。**

- ビルダーにとってガンダムは不可避のテーマ。
- 生誕30周年祭に楽しみながら参加したい。
- 観客そして井上さんを驚かしたい！！

**単純だが強力なビジョンを設定**



## 3. 2. 課題を抽出

外装をつくるとは言ったものの課題は山積み

- **外装をつくる技術がない。**  
→ プラモ経験なしでも作れる簡単さが必要。
- **デザインにこだわりたい。**  
→ 安く試作したい。立体化の精度を高めたい。
- **仕事で忙しいけどきちんとつくりたい。**  
→ 製作工程を短縮さらには自動化したい。

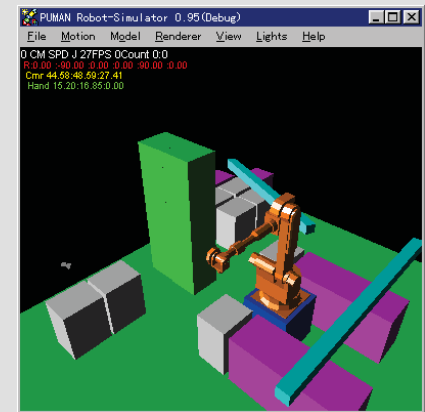
**自分に最適な工法は無い。  
無ければ自分でつくるしかッ！！**

# 3. 3. 差別化 (自分ならできること、特長を見出す)

自分もっている特長ってなんだろう？

## 3DCGキャラクタデザイン

ロボットシミュレータ「PUMAN Robot Simulator(1996)」開発以来、人型・産業用ロボットをデザインしてきたから机上でデザインを徹底的に検討できる。



## 相談できる仲間(コネクション)

- ・材料と工具に詳しいクラフトハウス社長
- ・3Dプリンタ販売のHotProceedきゃのんさん
- ・メリッサ設計製作のイトーレイネツ吉村さん

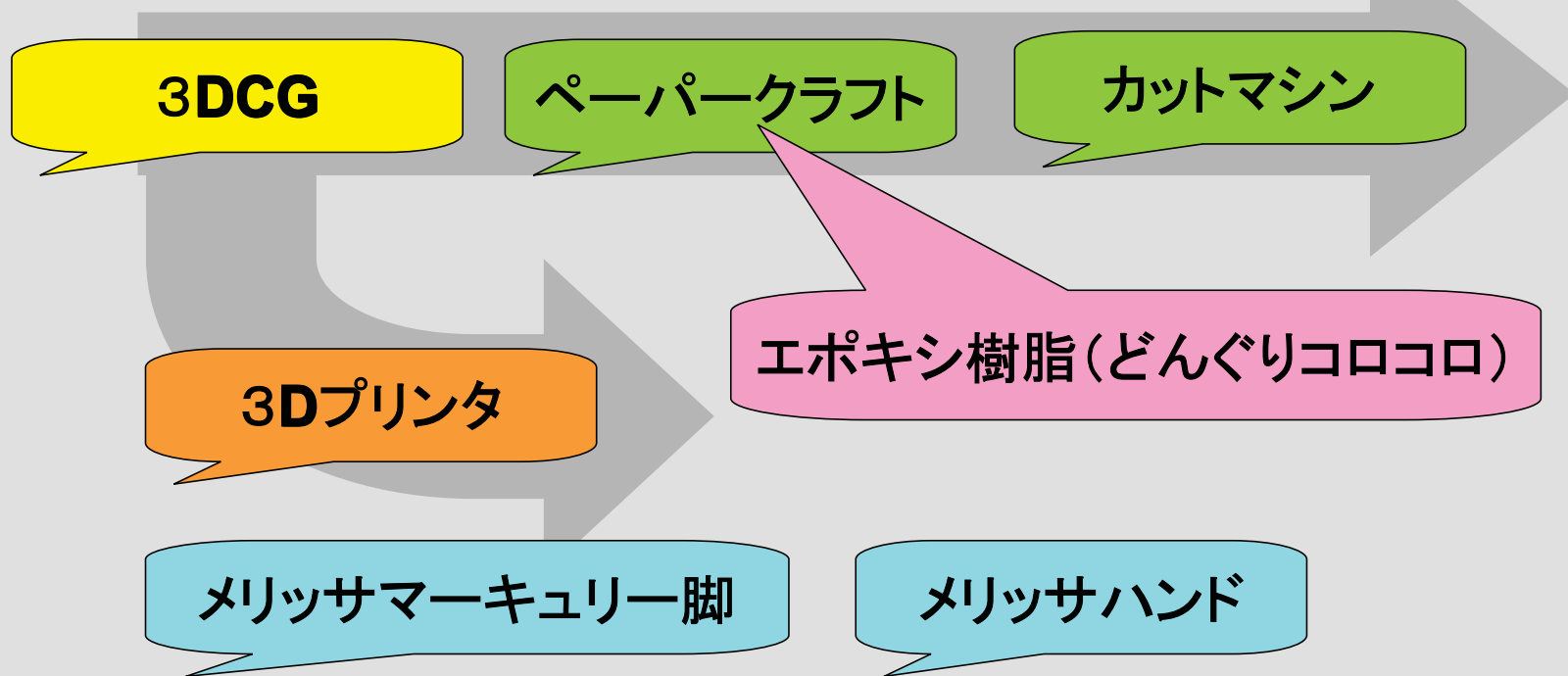
## メリッサシリーズ開発に参画

- ・ダブルサーボ平行リンク脚「マーキュリー」2009年1月
- ・ハンド機構「メリッサハンド」2009年9月



### 3. 4. 新しい価値をさがす (相乗効果を発揮する)

「**特長ある新技術**」と「**枯れた既成技術**」を  
組み合わせて、新しい価値を創造する。



情報アンテナを張る。組み合わせを面白がる。仲間と話し合う。

## 3. 5. システム化する (楽するための努力をする)

### 外装製作を**楽**にする4つの要素

#### 軽(軽量)

- ・ペパクラ外装を樹脂化

#### 早(自動化)

- ・プリンタ使用で着色レス
- ・ペパクラ展開図の自動作成
- ・カットマシンで自動カット
- ・3Dプリンタで自動立体化

#### 安(材料、機材を安く)

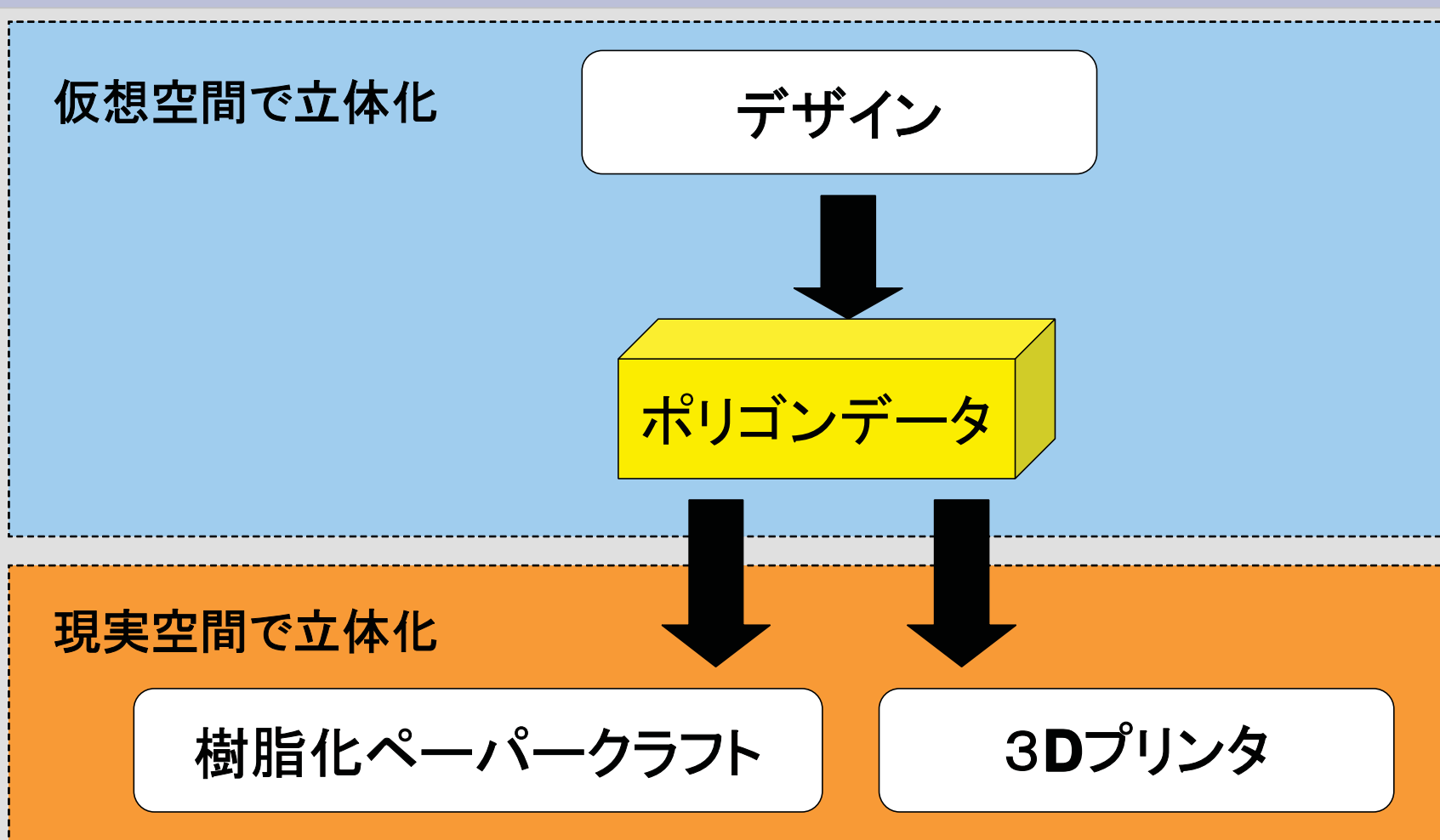
- ・A4サイズの厚紙。
- ・ABS樹脂リール。
- ・全てが1万円未満のソフトウェア
- ・クラフトロボ 2万円
- ・CupCakeCNC 16万円(他社は200万円)
- ・メリッサシリーズ(既製品)

#### 巧(高精度)

- ・複雑な形状でも立体化
- ・CNCだから高精度
- ・左右対称性

楽するための工夫をする。プロセスが楽ならデザインに凝れる

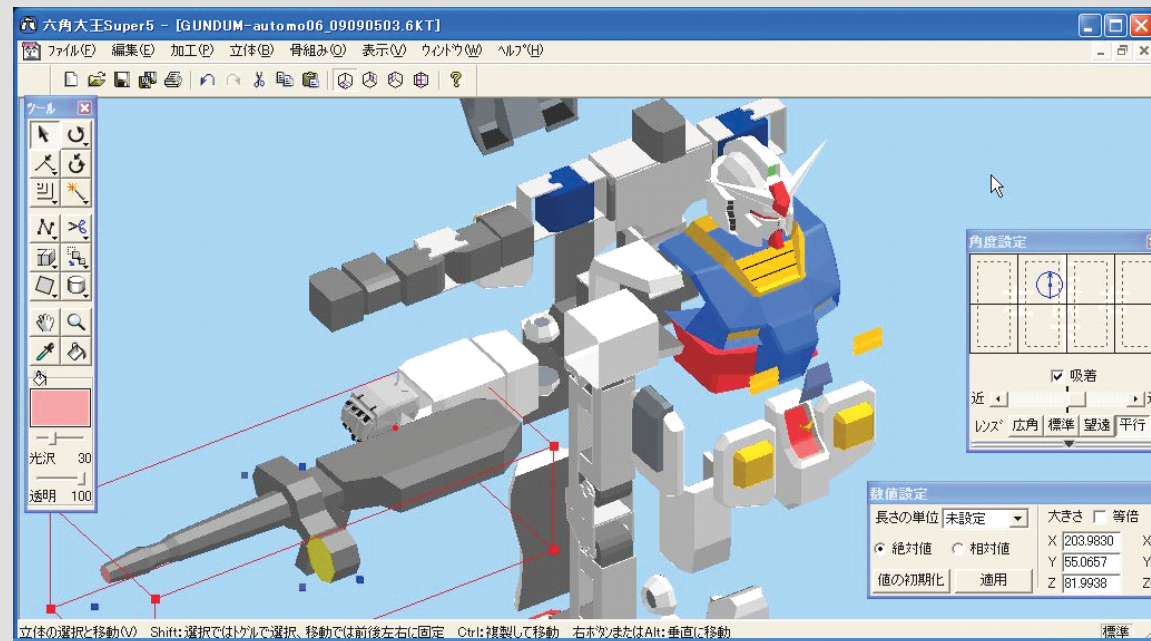
## 4. ポリゴンクラフト実践



# 4. 1. デザイン

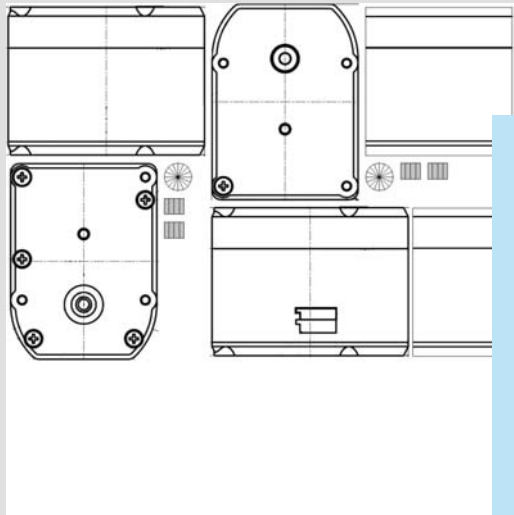
ポリゴンデータを製作する

- (1) パーツデザイン
- (2) 内骨格(ムーバブルフレーム)デザイン
- (3) 外装デザイン

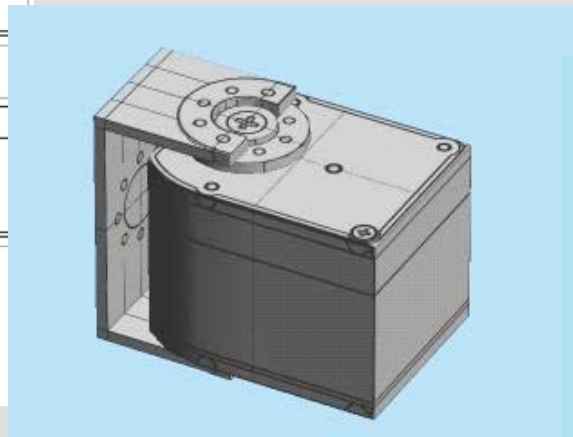


# 4. 1. 1. パーツデザイン

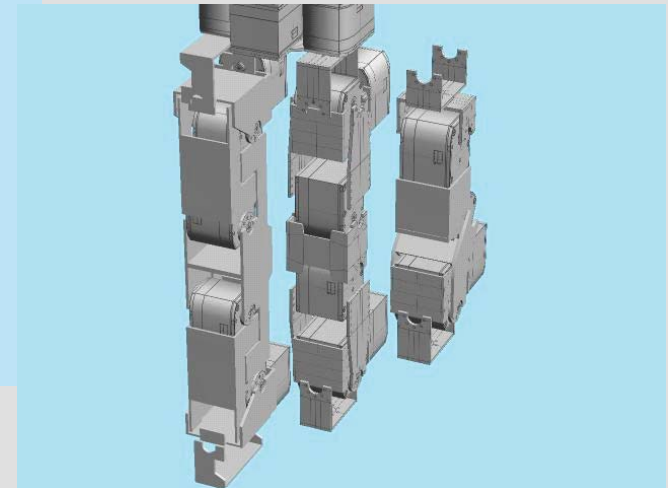
- 3Dモデラー「メタセコイア」でパーツのデザイン
  - 「数値入力機能」でCAD並みの精度。
  - 「テキスチャ機能」でデザインを簡素化。



図面からテキスチャ作成



テキスチャを貼り付け



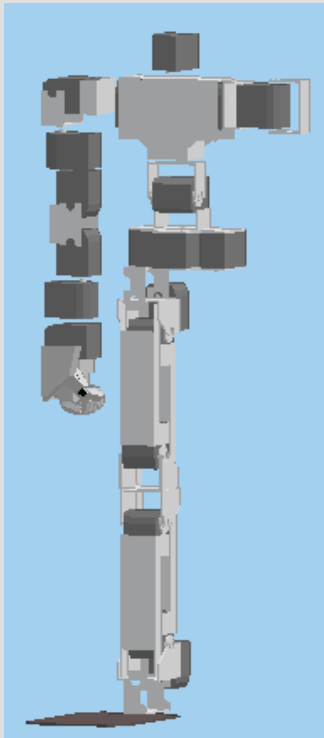
脚パーツ3種製作

ムーバブルフレーム

## 4. 1. 2. 内骨格デザイン

### ・メリッサフレームで人型の内骨格をつくる

- 外装の見栄えを考慮した60cm機体を。
- 最も人間らしいフォルム「メリッサ・エクシード」を提案
- RCB-3HVの最大24軸を使い切る



手: 5指のメリッサハンド。表現力を高める前腕の内旋・外旋。

肘: 完全に折りたためる二重関節機構。

胴体: 逆三角体形と腰曲げを実現する、肩サーボの配置と腰曲げ軸。

脚: ダブルサーボ+平行リンク機構で、4kg機体で安定歩行

従来の平行リンク脚になかった足長で細身のデザイン

首: 腿ヨ一軸の一方をスレーブ方式にし、首ヨ一軸を追加

## 4. 1. 3. 外装デザイン

- 3Dモデラー「六角大王」でマンガを描くようにデザイン。
  - 直感的インターフェースでサクサク。
  - 正面からは「対称モード」で。
  - 基本は「ローポリモデリング」
  - カラーリングを検討する。
  - 細部は「テクスチャ」でごまかせる。



## 4. 2. 立体化(其の壺) 樹脂化ペーパークラフト

ポリゴンデータからペーパークラフトをつくる。  
ペーパークラフトを樹脂化して強度アップ。

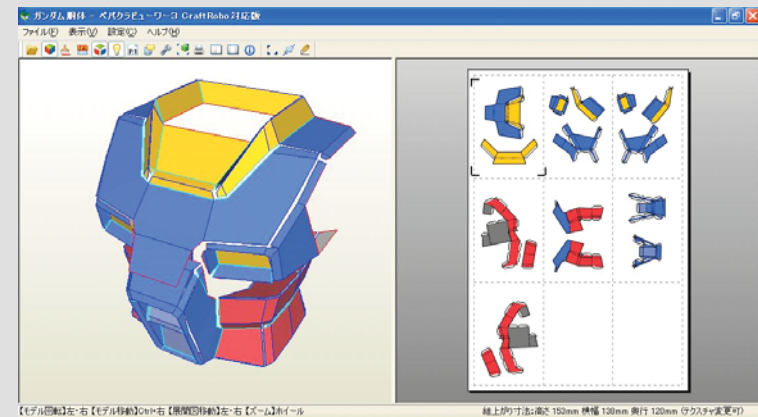
- (1) 展開図
- (2) 印刷
- (3) カット
- (4) 組み立て
- (5) 樹脂の混合
- (6) 樹脂の塗布



# 樹脂化ペーパークラフト① (展開図～カット)

## (1)「ペパクラデザイナー」で展開図を作成。

- ポリゴンデータをインポート。
- 倍率指定して自動展開。
- 加工のしやすさを考慮してA4サイズで分割。



## (2)「ペパクラビューワクラフトロボ対応版」で印刷

- トンボ線、折り線(山線、谷線)調整。
- カット0.2mm、間隔4mm。
- 光沢あり厚紙(0.22mm)に印刷。

## (3)クラフトロボでカット

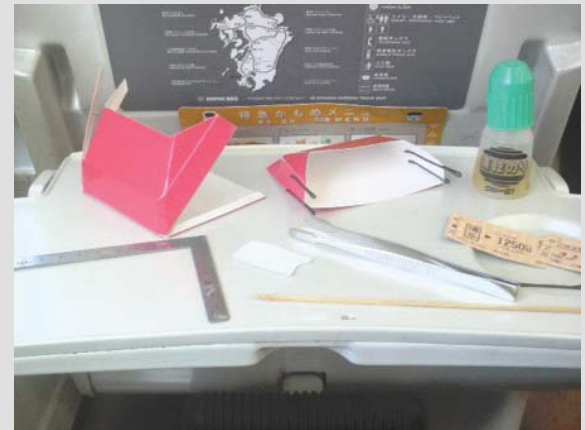
- 粘着性のある台紙に厚紙を貼付。
- カットの深さをスパーサで調整。



# 樹脂化ペーパークラフト② (組み立て～樹脂化)

## (4) 手作業でペーパークラフトを組み立て

- 金尺、ピンセットで折り目をつける。
- 竹串で速乾のりを掬って塗って組み立て。
- ヘアピンで留めて乾燥を待つ。



## (5) 紙カップでエポキシ樹脂を混合

- A液15g、B液6gのカップを交互に移して混ぜる

## (6) 裏から筆で樹脂を塗布

- 紙への樹脂の浸透具合を見ながら塗る
- 強度を上げたいところは厚塗り。
- 乾燥時は「猫の手」「EXシート」を活用。

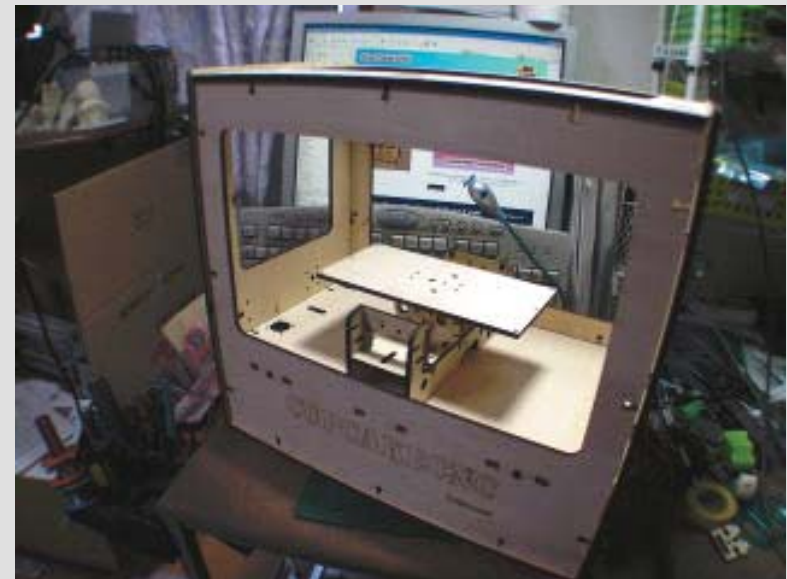
3時間で硬化、8時間で樹脂化



## 4. 3. 立体化(其の弐) 3Dプリンタ

ポリゴンデータを  
3DプリンタCupCakeCNCで立体化

- (1) 加工可能サイズにパーツ分割
- (2) ポリゴンデータ変換
- (3) 3Dプリント
- (4) 表面仕上げ
- (5) 着色

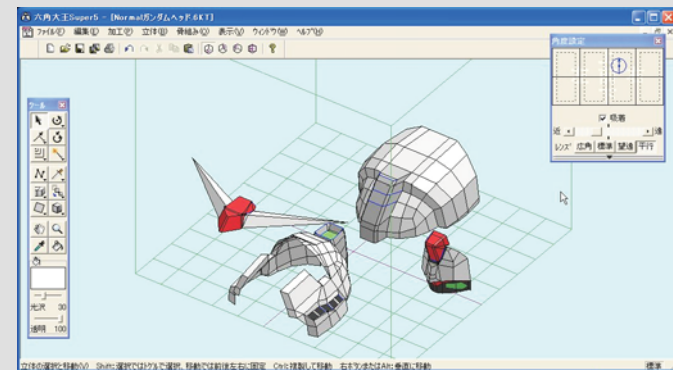


# 3Dプリンタ① (パーツ分解～データ変換)

## (1) CupCakeCNCの加工サイズにあわせてパーツ分割

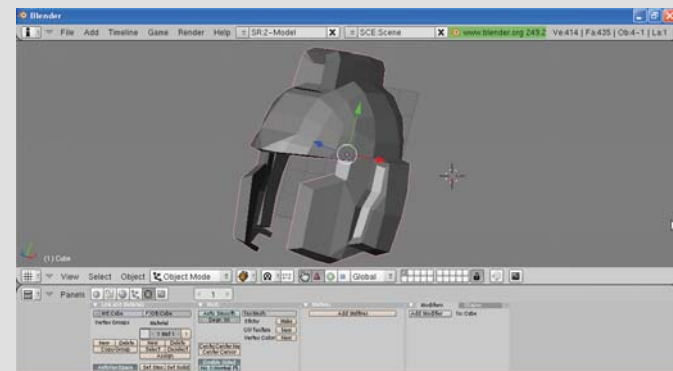
現行は10cm×10cm。将来的には20cm×10cm。

- パーツ分割
- 「持ち上げ機能」で厚みをつくる
- 加工方向を考慮して底面あわせ



## (2) STL形式にポリゴンデータを変換

- 「六角大王」でLWO形式出力
- 「Blender」を中継してSTL形式出力



# 3Dプリンタ② (3Dプリント～着色)

(3) CupCakeCNCでSTL形式を読み込んで3Dプリント。

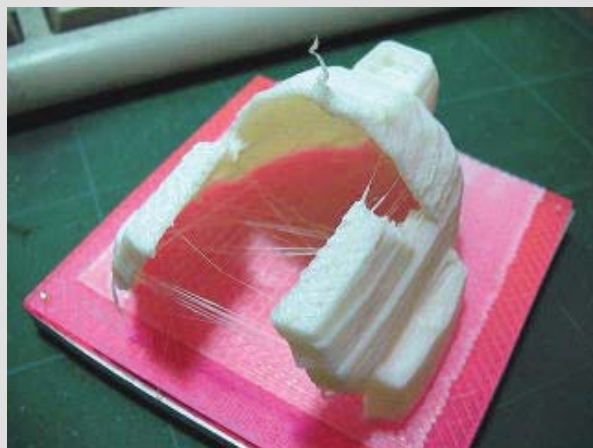
- 熱を逃がす
- 反りを抑える

(4) 表面仕上げ

- 電動リュータなどでやる。
- パテで溝をうめる。

(5) 着色

- 筆塗り。ペーパークラフト貼り。



## 4. 4. 外装の取付

余裕(スキマ、遊び)があるほど外装は壊れにくい。

- スダレ状のマジックテープに取付け  
(スカート部、胸部)
- お面のように輪ゴムで取付け  
(スネ、モモ)
- スポンジテープで引っ掛け  
(腕部)



# 5. 成果

- ・30分の1ガンダム外装が完成。

構想:	1年
製作:	3ヶ月
ポリゴンデザイン:	1ヶ月(少しずつ)
ヘッド加工:	約5日
ペパクラ加工:	約3日
ペパクラ試作:	3回

※工程のデジタル化で、修正・量産は簡単。

- ・「ポリゴンクラフト」の工法が(一応)完成。

- ・ROBO-ONE16thアイデア賞受賞

<http://www.youtube.com/watch?v=VUwaUC9cff4>

- ・YouTubeのSHRB動画が世界で9万ビュー突破。

<http://www.youtube.com/watch?v=bOhiRmTiLh8>



## 6. 反省と展望

### ■ 反省

- ー表面に樹脂が回りこむ→筆塗り技術の習得
- ー強度不足の部分がある→ペパクラ技術の習得
- 「キャンバスのようなロボット」を教材に、地道に練習

### ■ 展望

- ープラモ・模型・美術のテクニックを取り込みたい。
- ーアーティスト気質のビルダー(牽引車)が増えれば、ロボットのユーザーもファンも増えるでは？
- ー是非、軽量・既製品ロボビルダーに使って欲しい。
- メーカーのポリゴンデータ提供されるとうれしい(期待)

## 7. 最後に

- ・「初の試み」ばかりで不安は多かったが、、、

**「大成功のビジョン」を強くイメージしてモチベーションUP！**

- ・観客と井上さんの「オドロキ」顔
- ・ビルダーの「ヤラレタ」顔
- ・私の「ドヤ」顔
- ・オートモの「キメ」顔
- ・チームと祝杯で「ヤッター」顔



こんなシーンをみたくてみせたくてたまらなかった。

**事を成すには、単純だが強力なビジョンをもつことが重要！**

ご清聴ありがとうございました

九州ロボット練習会と吉村さんと家族に大感謝！