

# 「文化財を再現する光造形技術」

- 3DCAD応用による  
最先端モデリング技術の活用事例 -

---

2009年1月24日

---

株式会社日立製作所  
モノづくり技術事業部  
副事業部長

金原 信秀

# 目次

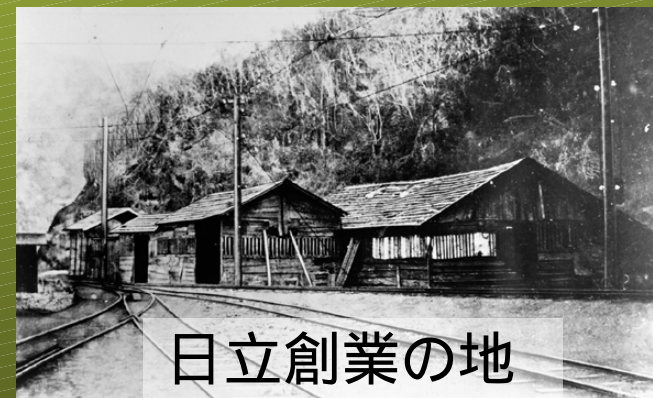
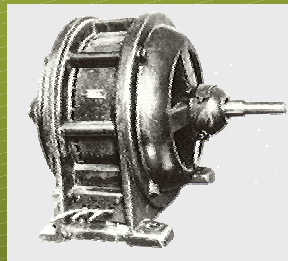
1. 日立の概要
2. RP (Rapid Prototyping) ソリューションサービス 及び RP技術の概要
3. 光造形を用いた文化財の再現 (社会貢献活事例)  
- カンボジアプロジェクト -
4. デザイン本部との連携
5. RPの今後の展開

# 目次

1. 日立の概要
2. RP (Rapid Prototyping) ソリューションサービス 及び RP技術の概要
3. 光造形を用いた文化財の再現 (社会貢献活事例)  
- カンボジアプロジェクト -
4. デザイン本部との連携
5. RPの今後の展開

## 1910 日立第1号の 5馬力誘導電動機を完成

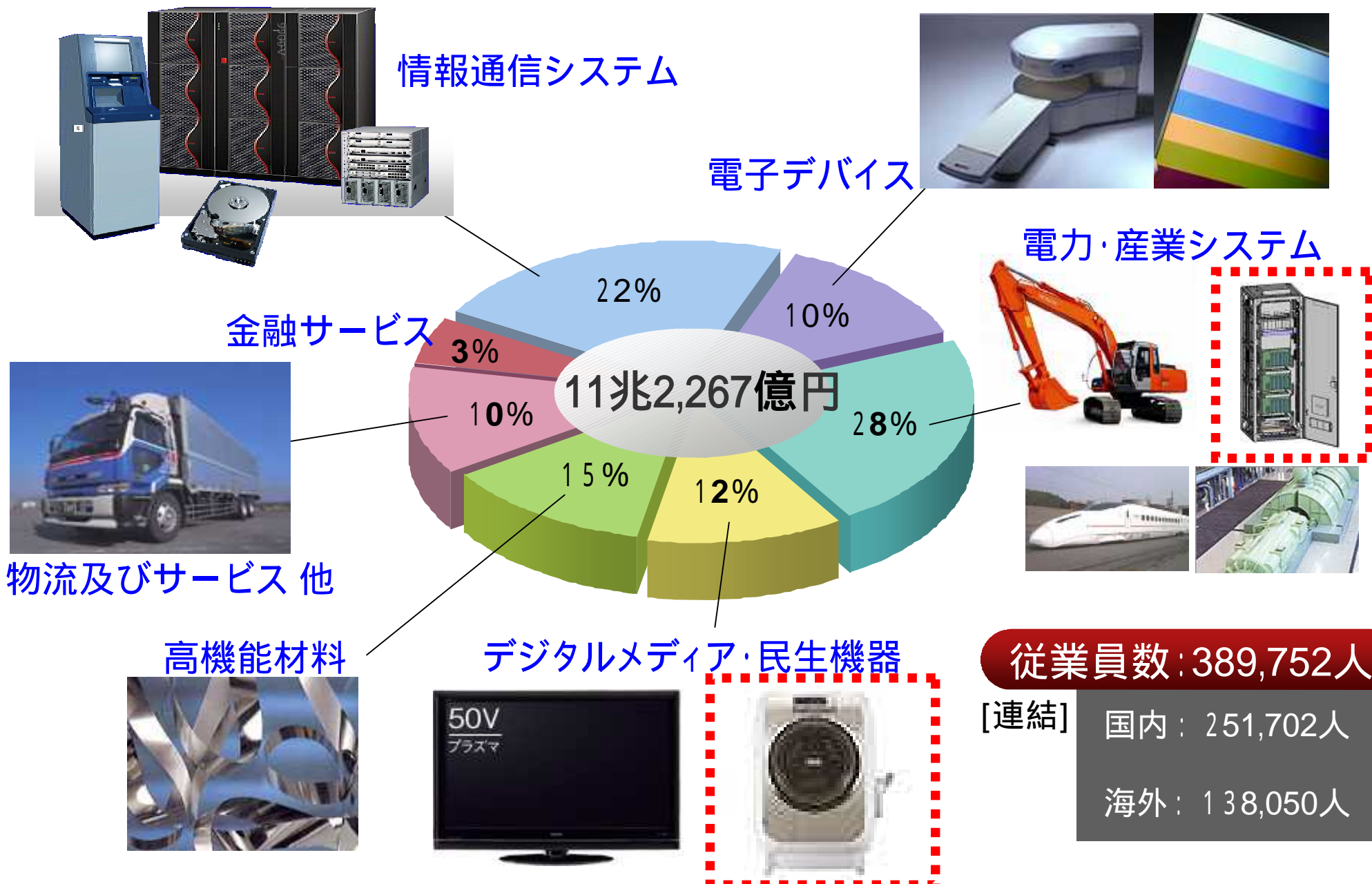
日立も、  
最初は「ベンチャー」として出発



小平浪平翁

「・・・日本の機械工業を進展させて、さうして日本の隆々たる国運に副うて行きたい、是が私の希望であります。詰り会社の仕事と云ふものは、決して単なる金儲ばかりやって居るのではない・・・と思ふのであります」  
-1935年の新入社員訓示-

資源小国日本の科学技術による発展  
『科学技術創造立国』



**従業員数 : 389,752人**

[連結] 国内 : 251,702人  
海外 : 138,050人

(株)日立製作所

コーポレートスタッフ

モノづくり技術事業部

R P 技術センター

[個別収益管理]

(00年7月設立)

事業部門

事業グループ

### R P 技術センターのミッション

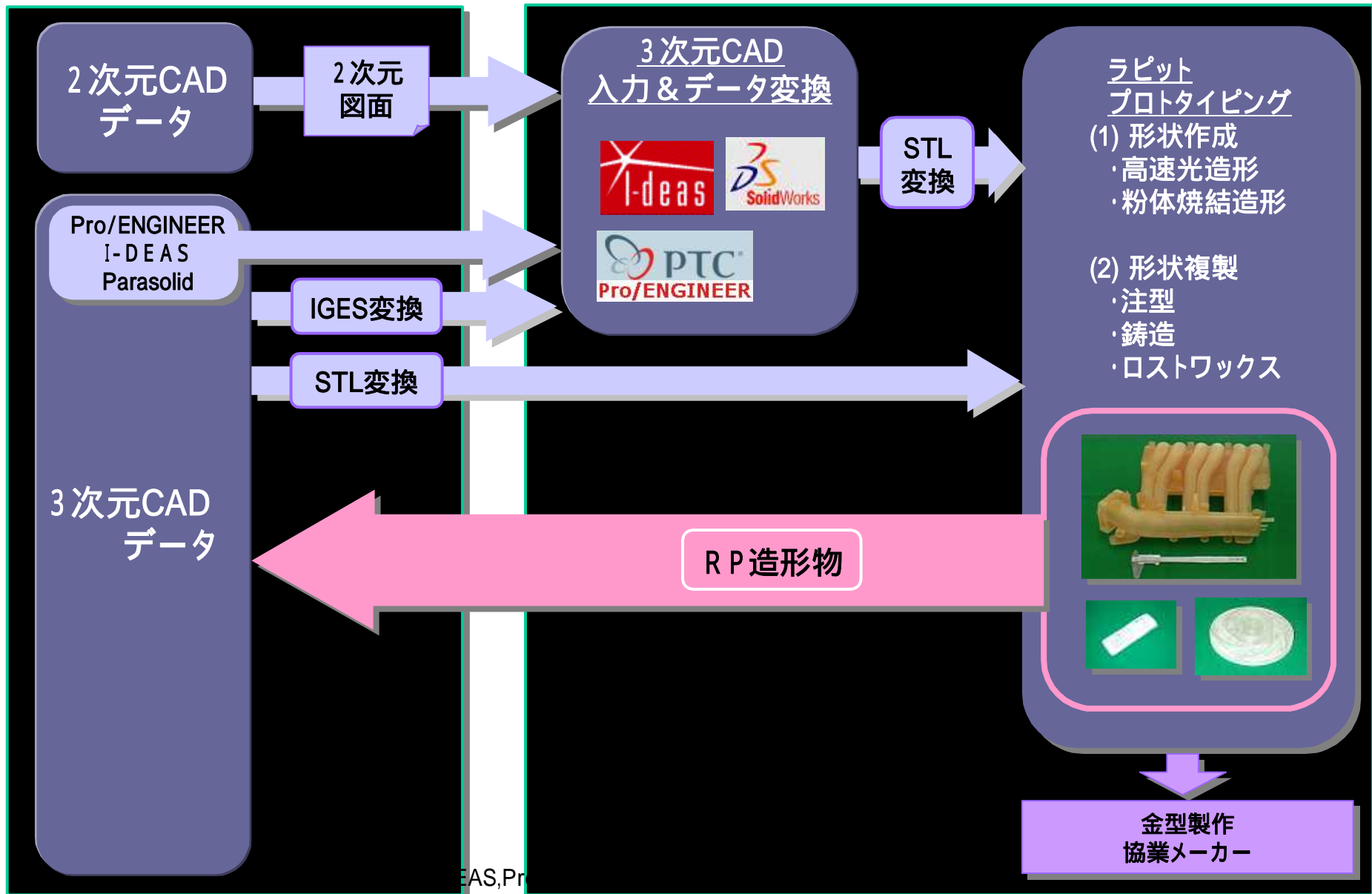
- (1) RP(Rapid Prototyping)ソリューションサービスの提供による日立Gr製品開発期間短縮への貢献
- (2) RP技術の開発・普及拡大。

# 目次

1. 日立の概要
2. RP (Rapid Prototyping) ソリューションサービス 及び  
RP技術の概要
3. 光造形を用いた文化財の再現 (社会貢献活事例)  
- カンボジアプロジェクト -
4. デザイン本部との連携
5. RPの今後の展開



## RP (Rapid Prototyping、最先端モデリング技術)の提供

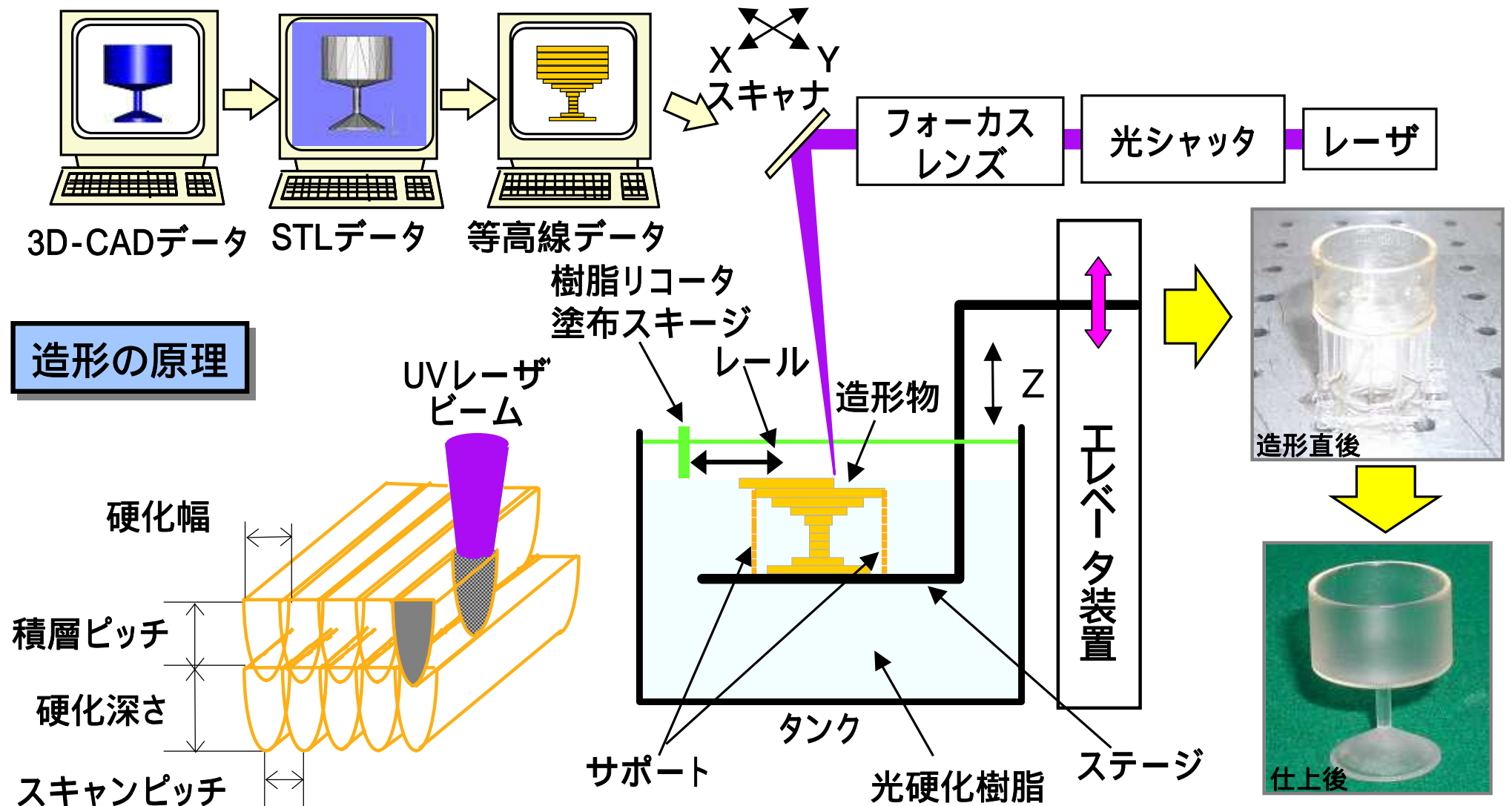


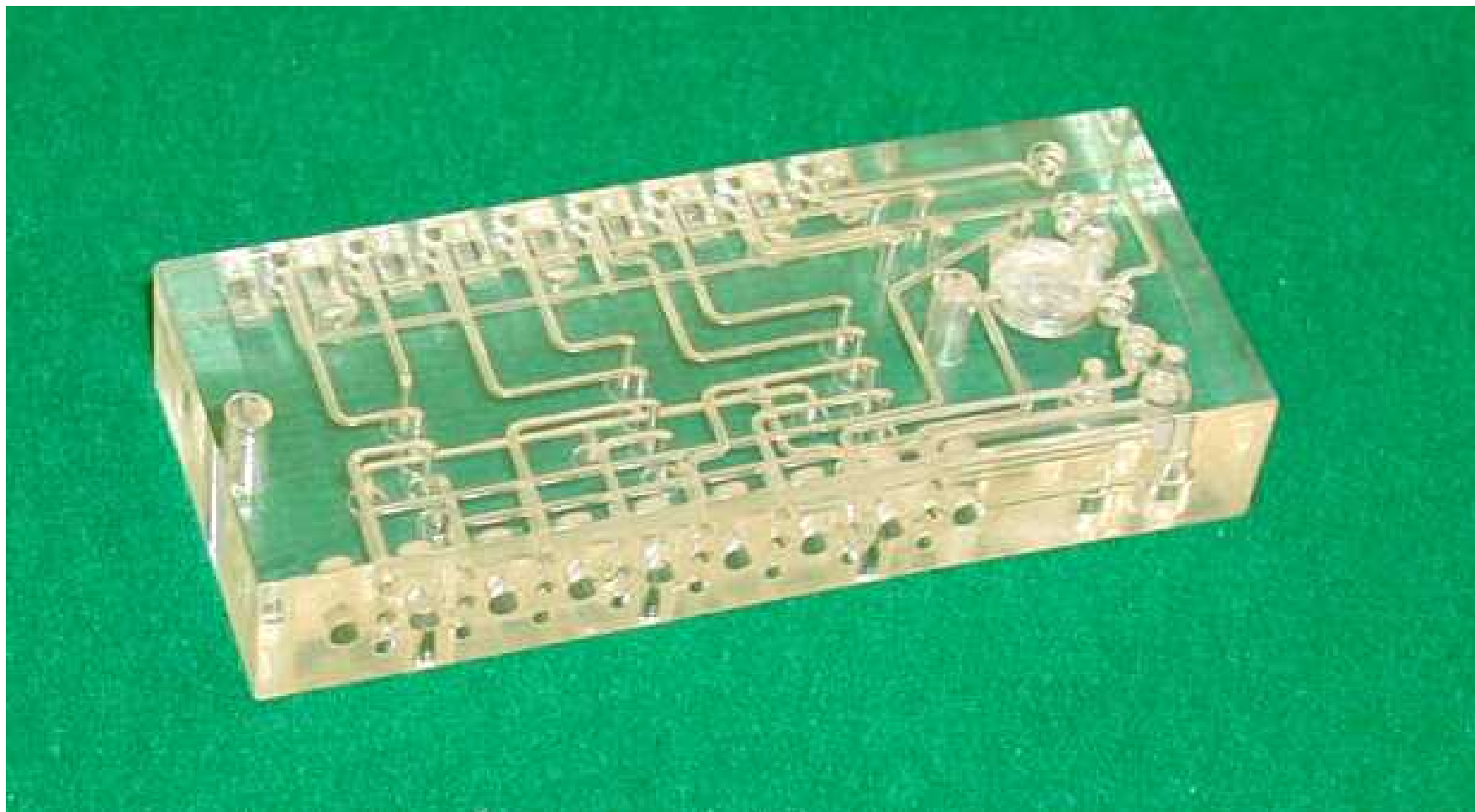


- ・3次元CADを元に一層ずつ積層することにより、直接複雑形状モデルを作成する手法。
- ・光造形法、粉末固着法、溶融物堆積法、薄板積層等がある。

| 分類    | 方式                        | 材料                          | 特徴                                  | 用途                         |
|-------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 光造形   | レーザビーム走査<br>スキャナー使用       | 液状光硬化性樹脂                    | 紫外線で硬化<br>高精度、微細形状                  | モデル、焼失モデル<br>直接型、実部品       |
|       | マスク法、UVランプ                | 液状光硬化性樹脂                    | 高強度<br>高速、現状では小物                    | モデル、直接型                    |
|       | 堆積法、UVランプ<br>多列ノズル( 1000) | 液状光硬化性樹脂                    | 装置小型<br>小物                          | 形状確認モデル                    |
| 粉末固着  | レーザビーム走査<br>スキャナー使用       | ワックス粉末、樹脂粉末<br>金属粉末、セラミック粉末 | 粉末を加熱焼結、サポート不要<br>実材料樹脂も可<br>多孔質体も可 | モデル、消失モデル<br>金型、鋳型<br>金属部品 |
|       | バインダ法<br>多列ノズル            | 石膏粉末<br>セラミック粉末             | 粉末をバインダで結合<br>サポート不要                | 形状確認モデル<br>鋳型              |
| 溶融堆積法 | 堆積法<br>多列ノズル( 1000)       | ワックス樹脂                      | 装置小型<br>小物、微細形状                     | 形状確認モデル<br>消失モデル           |
|       | ノズル                       | 樹脂                          | 線状樹脂の堆積<br>実材料樹脂                    | 形状確認モデル<br>機能確認モデル         |
| 薄板積層  | レーザビーム走査                  | シート(紙、樹脂)<br>接着剤塗布シート       | シートを切断、大物可<br>木型類似材、サポート不要          | 形状確認モデル<br>木型              |
|       | ナイフ刃                      | 普通紙、接着剤トナー                  |                                     |                            |

- ・紫外線硬化樹脂をUVレーザーにて一層ずつ硬化・積層し、  
所望の形状モデルを製作する  
(光により樹脂が反応起こして重合し、固まることを利用し層を形成)

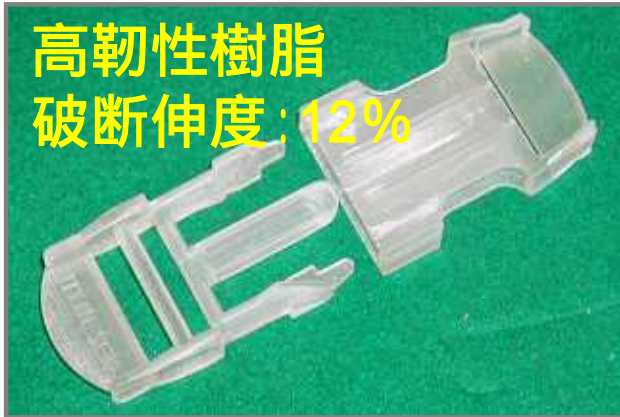




立体的パイプ構造：光造形以外に造形困難な部品

耐水・耐薬品性樹脂の開発

高靱性樹脂  
破断伸度：12%



高剛性材料

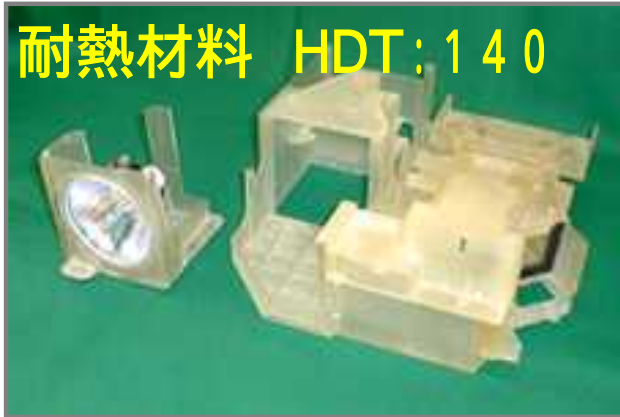


透明度の高い新樹脂使用

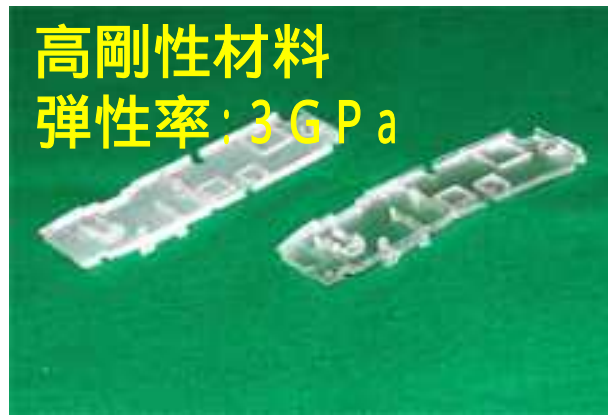
水流試験モデル、筐体モデル、複雑な  
金型検討用モデル等への適用に効果あり



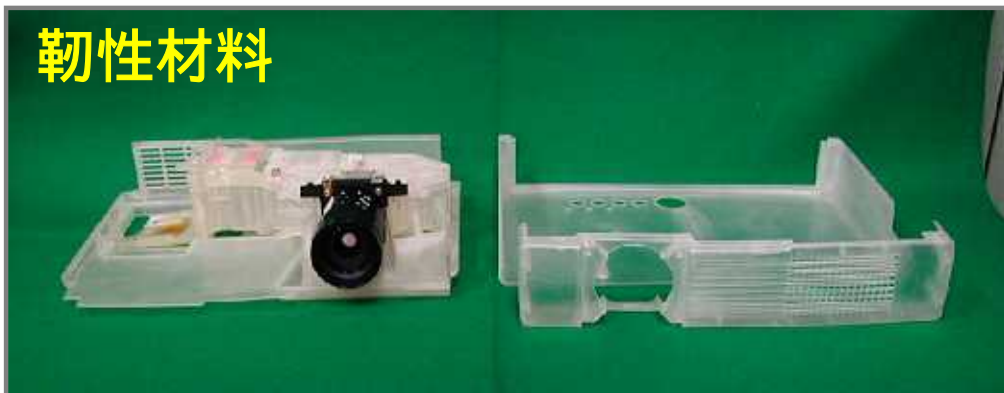
耐熱材料 HDT：140



高剛性材料  
弾性率：3 GPa



靱性材料



ゴム様材料

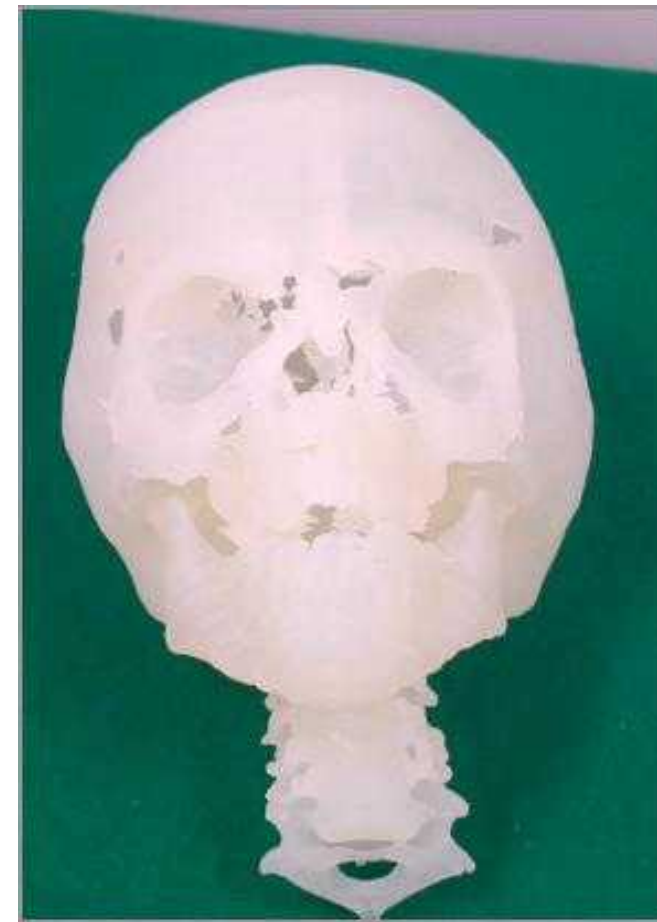
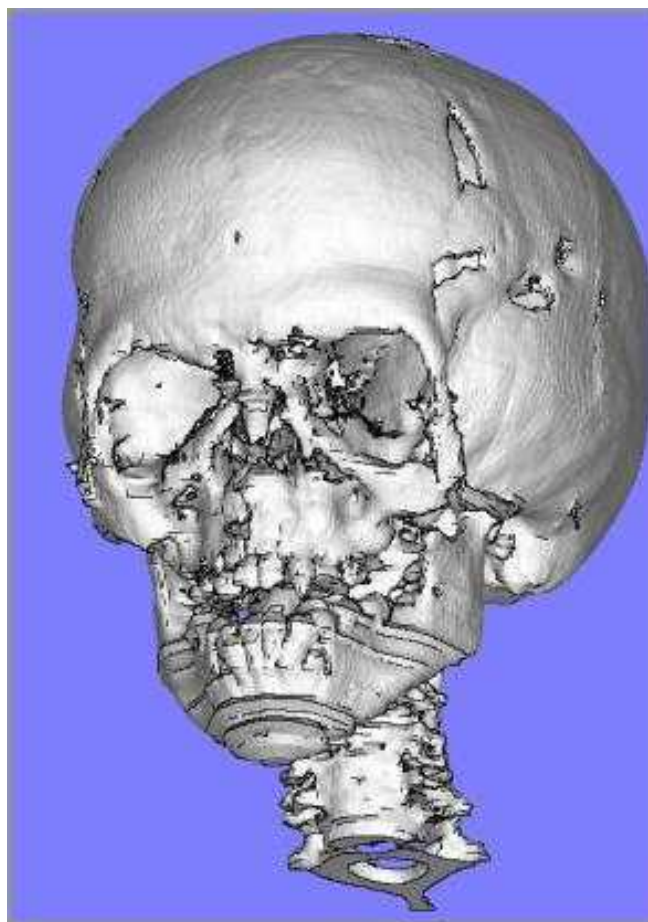




## 対象物

(a) 頭蓋骨、顎骨、大腿骨 (b) 臓器 (c) 仏像 (d) 石器、化石

[三次元計測・X線CTからモデル作成例]



# 目次

1. 日立の概要
2. RP (Rapid Prototyping) ソリューションサービス 及び RP技術の概要
3. **光造形を用いた文化財の再現 (社会貢献活事例)**  
**- カンボジアプロジェクト -**
4. デザイン本部との連携
5. RPの今後の展開

カンボジア/アンコール遺跡より発掘された274体の石仏に関し、その一部をレプリカを用いて発掘時の状況を現地の博物館内に再現するプロジェクト(上智大学アジア人材養成研究センター)

“リバーズエンジニアリング”を文化遺産の保存、再現などに利用  
日立グループでは、社会貢献活動と位置づけてこれに応え、光造形でのレプリカ8体の製作から現地博物館までの搬送を担当し、上智大学を介してカンボジア政府に寄贈。



カンボジア/アンコールワット遺跡



発掘時の様子



## 仏像レプリカ製作プロセス

3Dデータ受領

…上智大学よりSTL形式で受取り

データ修正

…データ確認、欠落部の補完、データ容量軽量化

生産設計

…分割数、位置、接合形状、肉厚、内部補強設計

データ加工

…シェル化、分割、補強リブ追加、サポート付与

光造形

…最大モデルで700h(6分割合計)

内部充填

…発泡スチロールと紙粘土で内部充填

接合・接着

…矯正、接着、接合部補強

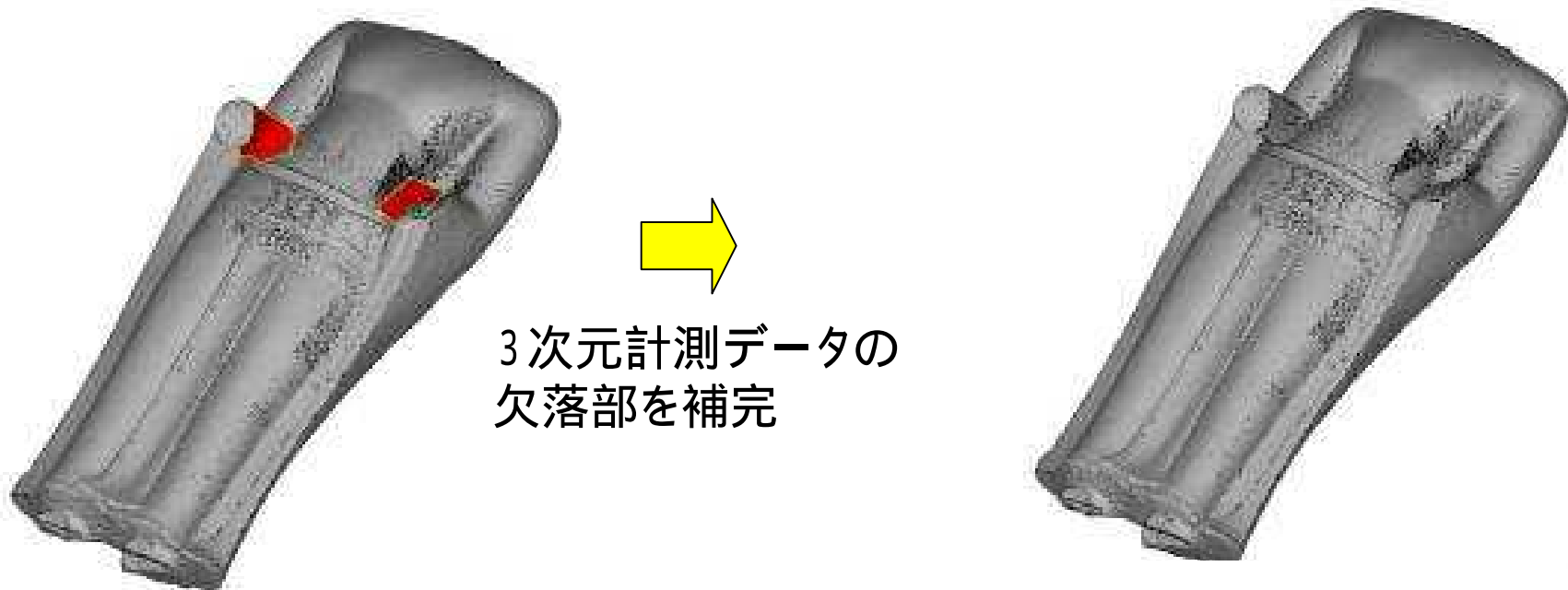
塗装

…調色、下地処理、スプレー塗装

梱包・発送

…輸出手続、梱包、搬送

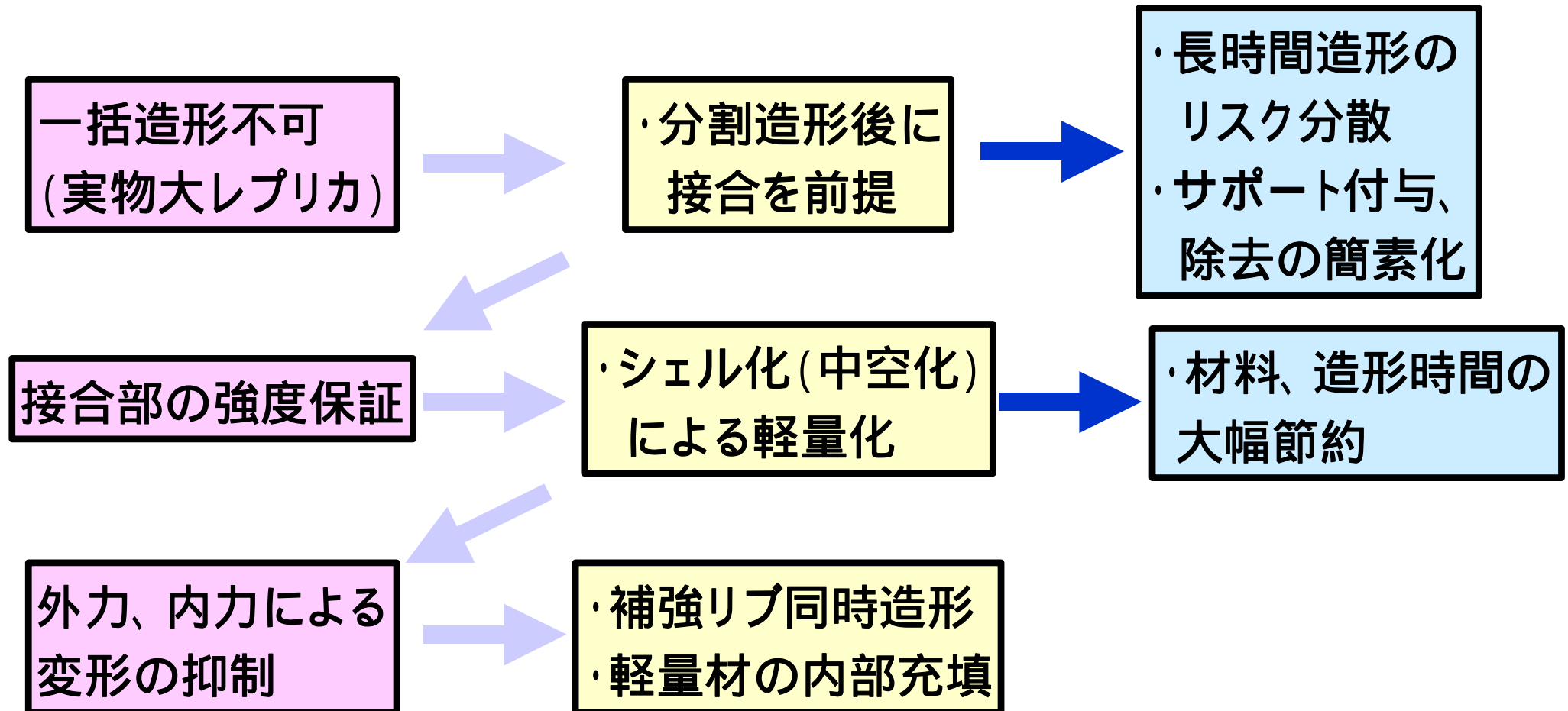
受領したSTLデータはファイルサイズが非常に大きく(161MB)、  
編集作業時間増大 STLファイルサイズの軽量化(1/2以下)  
3次元計測データは、影の部分がスキャン出来ずに欠落  
欠落部のデータ補完化  
(例)右腕内側のデータ欠落の場合は、左腕内側のデータを  
反転コピーして貼付け



データ軽量化:

161 71MB

データ軽量化・補完



## 当社製作時



非接触3次元計測からの光造形レプリカ製作は、  
文化遺産保存の観点から有効な手段である。

シェル化で軽量化し、さらに内部構造を任意の形状に編集可

（一般的なレプリカ製作では、実物をシリコンで型取りし注型する方式を採るが、  
実物を傷つけてしまう危険があり、大きいもの、重いものでは型取りが困難、  
複雑形状は注型が困難



シハヌーク・イオン博物館



博物館内展示の様子

2008.4.26 TBS “日立世界不思議発見” でTV放映されました。

# 目次

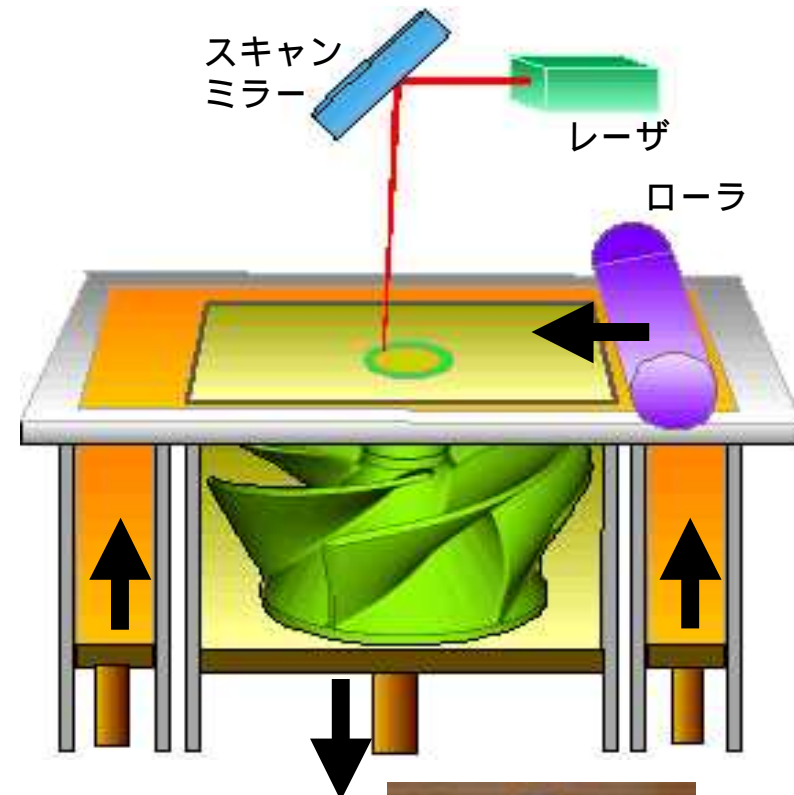
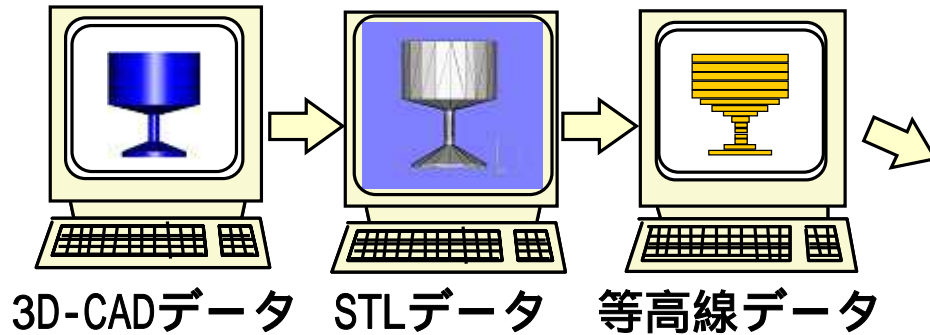
1. 日立の概要
2. RP (Rapid Prototyping) ソリューションサービス 及び RP技術の概要
3. 光造形を用いた文化財の再現 (社会貢献活事例)  
- カンボジアプロジェクト -
4. デザイン本部との連携
5. RPの今後の展開

| 造形方法                     | 造形装置<br>メーカー             | 特 徴   | 造形<br>精度           | 備 考  |
|--------------------------|--------------------------|---|--------------------|--|
| 間接造形                     | 3Dシステムズ                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・オーバハング造形可</li> <li>・造形範囲大<br/>(380 × 360mm)</li> <li>・加熱炉での溶浸工程要</li> </ul>             | 0.2 ~<br>0.3<br>mm | ・NC等での後加工要   |
| 直接造形                     | EOS                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・オーバハング造形不可</li> <li>・造形範囲小<br/>(250 × 250mm)</li> <li>・材料費高い<br/>(2 ~ 3万/kg)</li> </ul> | 0.05 ~<br>0.1mm    | ・NC等での後加工要   |
| 複合機<br>(直接造形<br>+ マシニング) | 松浦機械<br>(松浦機械<br>+ 松下電工) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・オーバハング造形不可</li> <li>・造形範囲小<br/>(250 × 250mm)</li> <li>・材料費高い<br/>(2 ~ 3万/kg)</li> </ul> | ~ 0.01<br>mm       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・底面等の後加工有り</li> <li>・製品金型用造形材料<br/>開発中?</li> <li>・NCデータと<br/>STLデータ要</li> </ul> |



## 粉末造形機の概要

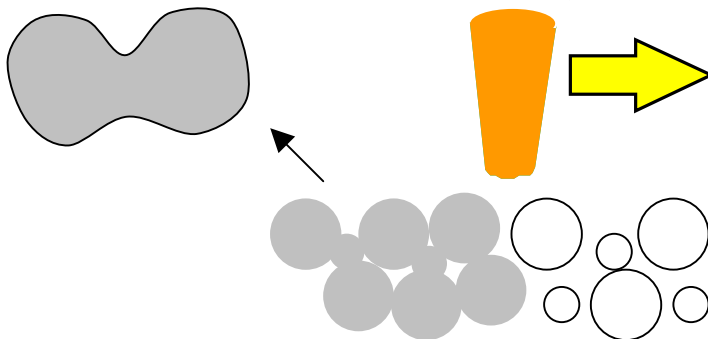
粉末材料をCO<sub>2</sub>レーザーにて一層ずつ融着・積層し、所望の形状モデルを製作する



## 粉末造形機の原理

レーザー加熱による  
粉末同士の融着

CO<sub>2</sub>レーザー  
ビーム



造形物



3D-CADデータから短時間で、高精度な金属製立体造形物を直接製作する技術を開発し、ポンプ、水車等の試作に活用中

SLS: 選択的レーザー焼結 (Selective Laser Sintering)

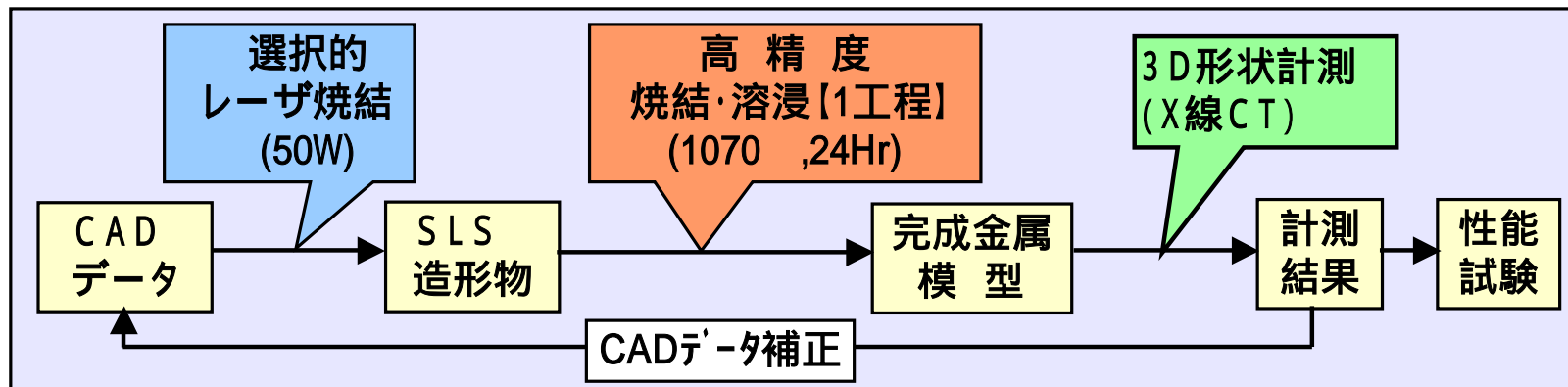


図1 金属RP試作プロセス

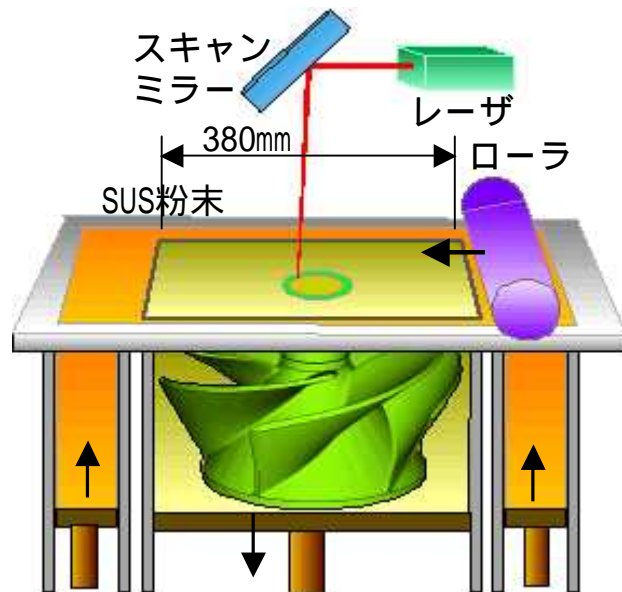
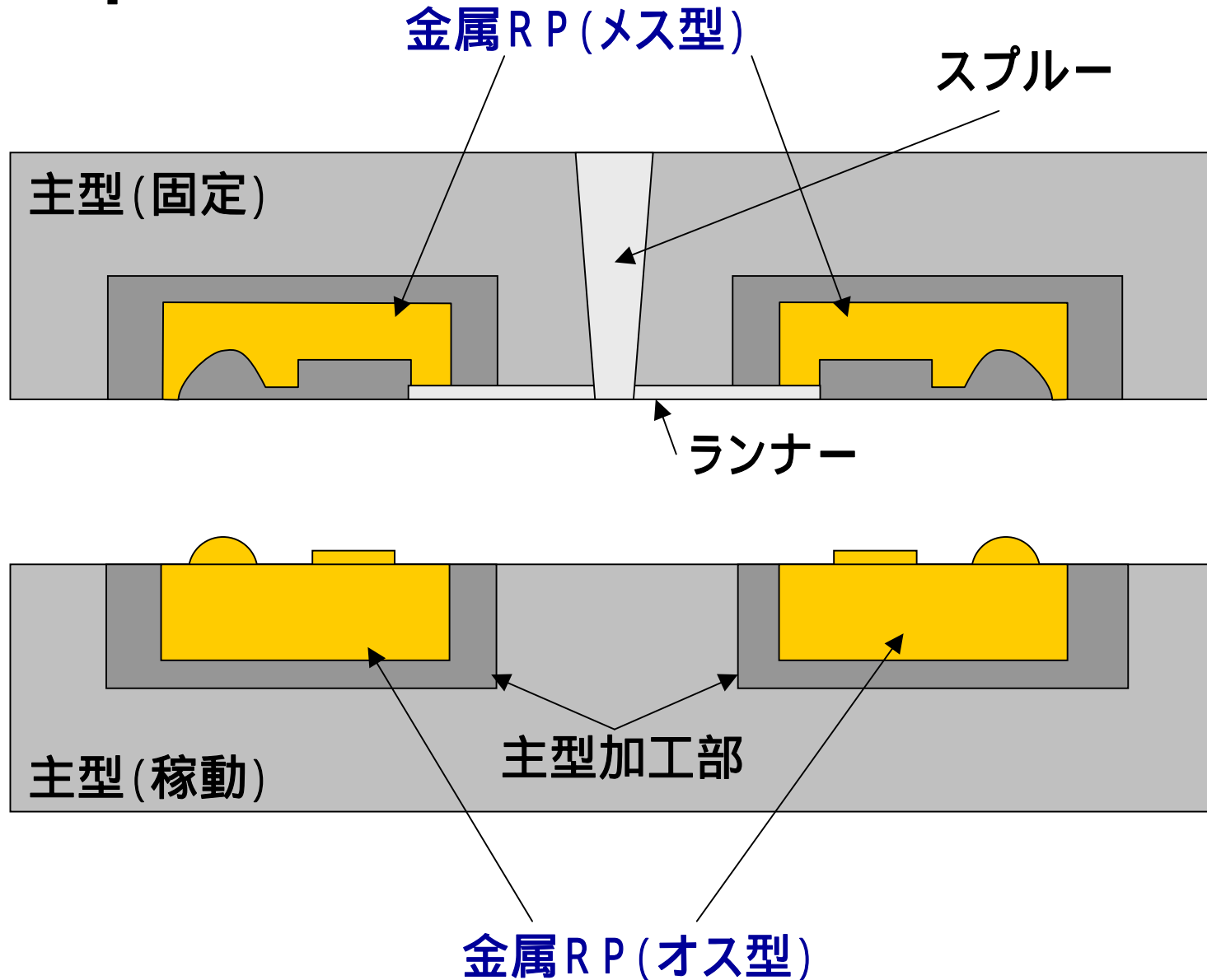


図2 SLS造形装置

表1 造形仕様

|      |  |
|------|--|
| 造形範囲 | 380w × 320d × 450h(mm)<br>造形物最大形状:<br>360w × 300d × 200h(mm) |
| 造形精度 | ± 0.2 ~ 0.5mm<br>(造形形状に依存)                                   |
| 最小肉厚 | 1.5mm (実績値)  |

## [簡易金型概略]



| 項目     | 金属RP                                    | 焼失モデル                             | ロストワックス                      |
|--------|---|-----------------------------------|------------------------------|
| 材料種    | SUS420粉末にブロンズ溶浸(造形品の防錆処理要)              | 鑄造のため材料選択可                        | 鑄造のため材料選択可                   |
| 寸法精度   | ±0.2mm<br>精度要の場合は、削り代を付けて後加工            | ±0.1mm<br>(+鑄造精度)                 | ±0.2mm<br>(+鑄造精度)            |
| 苦手形状   | 薄物:焼成前の強度弱く折れやすい<br>パイプ:パイプ内の粉末除去、充填が困難 | 桶形状:深いとモデル造型困難<br>パイプ:鑄造後の型ばらしが困難 | 細くて長い非対称形状<br>ワックス含侵時の変形     |
| リードタイム | 1週間<br>造形・溶侵                            | 2~3週間<br>マスタ造形1週間<br>鑄型1~2週間      | 2~3週間<br>マスタ造形1週間<br>鑄型1~2週間 |

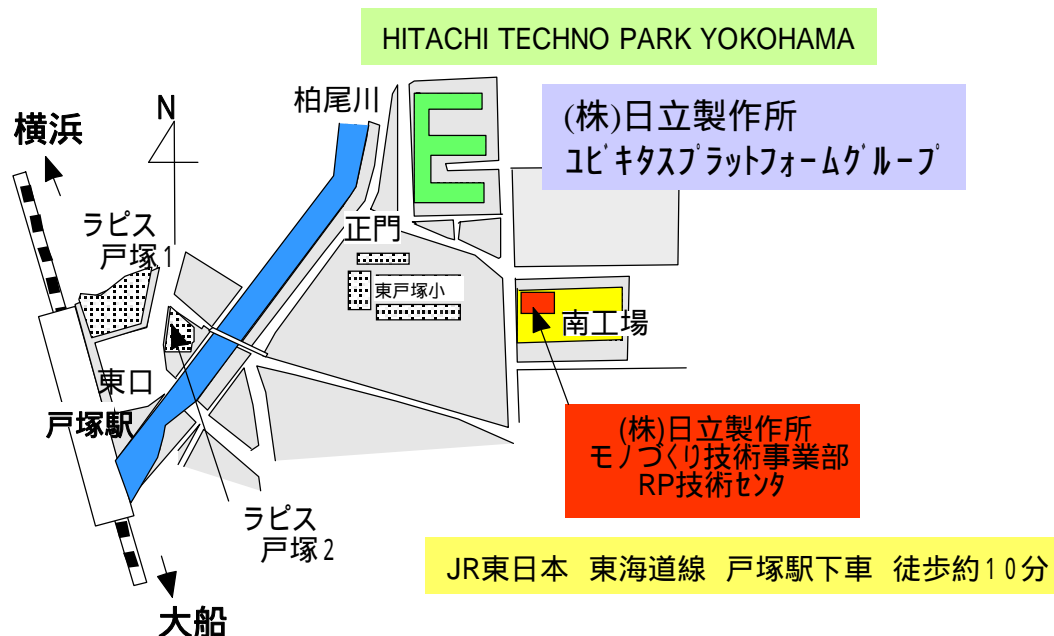
株式会社 日立製作所  
モノづくり技術事業部  
RP技術センタ

〒244-0817 横浜市戸塚区吉田町292

TEL: 045 - 866 - 6390

FAX: 045 - 866 - 5944

E-mail: [monoji.rpctr.ts@hitachi.com](mailto:monoji.rpctr.ts@hitachi.com)



**HITACHI**  
Inspire the Next