



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道大学病院歯科診療センターにおけるRapid Prototyping Techniqueにより作製した顎顔面模型の臨床応用
Author(s)	大井, 一浩; Ooi, Kazuhiro; 上田, 康夫 他
Citation	北海道歯学雑誌, 31(2), 112-120
Issue Date	2010-12-15
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/45816">https://hdl.handle.net/2115/45816</a>
Type	journal article
File Information	11_ooi.pdf



原 著

## 北海道大学病院歯科診療センターにおける Rapid Prototyping Technique により作製した顎顔面模型の臨床応用

大井 一浩<sup>1)</sup> 上田 康夫<sup>2)</sup> 黒須 拓郎<sup>1)</sup> 松下 和裕<sup>1)</sup> 小野 貢伸<sup>1)</sup>  
山口 博雄<sup>1)</sup> 高野 昌士<sup>4)</sup> 北田 秀昭<sup>5)</sup> 榊原 典幸<sup>6)</sup> 西川 圭吾<sup>7)</sup>  
大畑 昇<sup>2,7)</sup> 井上農夫男<sup>3)</sup> 戸塚 靖則<sup>1)</sup>

**抄 録**：北海道大学病院歯科診療センターでは、2001年から Rapid Prototyping Technique による粉末凝結式積層造形装置を導入し、この装置により作製した顎顔面模型（以下 RP 顎顔面模型）を用いて手術シミュレーションを行なっている。そこでわれわれは、当院における RP 顎顔面模型の臨床応用の実績と概要を報告する。対象は2001年1月から2009年1月までに北海道大学病院歯科診療センターで RP 顎顔面模型を用いて手術シミュレーションなどを行なった症例とした。症例の顎顔面を CT 撮影し、骨データを抽出して金属アーチファクトを除いたデータを取得した。これらのデータを三次元画像表示解析ソフトウェアで三次元構築処理し、積層造形装置 Z402で症例の RP 顎顔面模型を作製した。8年間で RP 顎顔面模型を使用した症例は139例であった。その内訳は、顎矯正手術93例、顎堤形成術・骨移植術22例、悪性腫瘍切除術・顎骨再建術15例、口蓋形成術4例、インプラント埋入手術3例、エビテーゼ2例であった。症例1：小下顎症と顔面非対称の顎矯正手術において、RP 顎顔面模型を骨切りし、上下顎骨形成術をシミュレーションして手術を行なった。症例2：骨格性右側方開咬の顎矯正手術において、RP 顎顔面模型を骨切りし、移動骨片の移動量・方向、骨延長装置を決定し、骨延長法をシミュレーションして手術を行なった。症例3：右下顎歯肉癌の腫瘍切除術と顎再建術において RP 顎顔面模型を用いて下顎骨区域切除と再建をシミュレーションして手術を行なった。症例4：耳介エビテーゼの製作に際し、RP 顎顔面模型によりエビテーゼの原型を作製した。これらの RP 顎顔面模型の臨床応用は、治療計画の困難な症例において、精度と安全性を高めるうえで有用であった。

**キーワード**：rapid prototyping technique, 顎顔面模型, 手術シミュレーション

### 緒 言

著しい顎顔面の変形や組織欠損を改善する顎顔面領域の手術シミュレーションにおいて、パノラマX線写真、頭部X線規格写真、CT像などの画像所見や歯列模型を用いた従来の方法では、実際の手術を三次元的に十分予測できない場合があった。1983年、Vannier, Marshら<sup>1)</sup>によって初めて、顎顔面外科領域における三次元CT画像の外科的

シミュレーションへの臨床応用が報告され、手術シミュレーションに三次元CT画像が用いられるようになり、より詳細な術前準備が行なわれるようになった<sup>2,3)</sup>。1981年の小玉ら<sup>4)</sup>によって報告された光造形法は、のちに他の手法も取り込んで積層造形法ないしは Rapid Prototyping Technique（以下 RP 法とする）と言われるようになり、RP 法は手術シミュレーションに用いる生体実体模型の製作に応用されるようになった<sup>5-9)</sup>。これらの技術の一部は

〒060-8586 札幌市北区北13条西7丁目

<sup>1)</sup>北海道大学大学院歯学研究科口腔病態学講座口腔顎顔面外科学教室（主任：戸塚靖則 教授）

<sup>2)</sup>北海道大学大学院歯学研究科口腔機能学講座リハビリ補綴学教室（主任：大畑昇 教授）

<sup>3)</sup>北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座高齢者歯科学教室（主任：井上農夫男 教授）

〒080-0833 帯広市稲田町基線7番地5

<sup>4)</sup>北斗病院歯科口腔外科（主任：北川栄二 部長）

〒040-8585 函館市本町33番2号

<sup>5)</sup>函館中央病院歯科口腔外科（主任：北田秀昭 科長）

〒051-8501 室蘭市新富町1-5-13

<sup>6)</sup>口鋼記念病院歯科口腔外科（主任：榊原典幸 科長）

〒060-8586 札幌市北区北13条西7丁目

<sup>7)</sup>北海道大学病院生体技工部（主任：大畑昇 教授）

厚生労働省の高度先進医療（現在の先進医療）として取り上げられた後、保険導入に至っている。当院においても1990年頃から、CT画像をトレースしたアクリル板を手作業で積み重ねた方法、アクリル板を用いた機械加工による方法、工業用ワックスを用いた切削加工による方法、光造形装置を用いた方法が試みられ、2000年からRP法による模型が作製されている<sup>10)</sup>が、臨床応用の詳細は報告されていない。そこでわれわれは、当院におけるRP顎顔面模型の臨床応用について、これまでに臨床応用した症例の実績とその概要を報告する。

#### 対象とRP顎顔面模型作製方法

対象は、2001年1月から2009年1月の8年間に北海道大学歯学部附属病院ならびに北大病院歯科診療センターにおいてRP顎顔面模型を臨床応用した症例とした。2001年から2004年までは歯学部附属病院に設置されたCT撮影装置（SOMATOM PLUS S, (株)シーメンス旭メディテック, 東

京, 日本)を用い、2005年以降は北大病院に設置されたCT撮影装置（SOMATOM Sensation 64-Slice Configuration, (株)シーメンス・ジャパン, 東京, 日本)を用いて、症例の顎顔面をhelical scan撮影した。そのCT画像データからCT値を閾値250で2値化して骨データを抽出し、汎用画像処理ソフト（Photoshop®, Adobe Systems Incorporated, San Jose, USA）を用いてインタラクティブに金属アーチファクト画像の除去を行なった。得られたデータを三次元画像表示解析ソフトウェア（VG Studio®, Volume Graphics, Heidelberg, Germany）で三次元再構築処理し、粉末凝結式積層造形装置（Z402 system, Z corporation, Burlington, USA）に転送して症例のRP顎顔面模型を作製した（表1）。顎顔面全体のRP顎顔面模型の造形に要する時間は、5～6時間であった。作製した模型は必要に応じて樹脂やワックスなどを含浸して硬化させ、模型を切りやすく加工した（図1）。

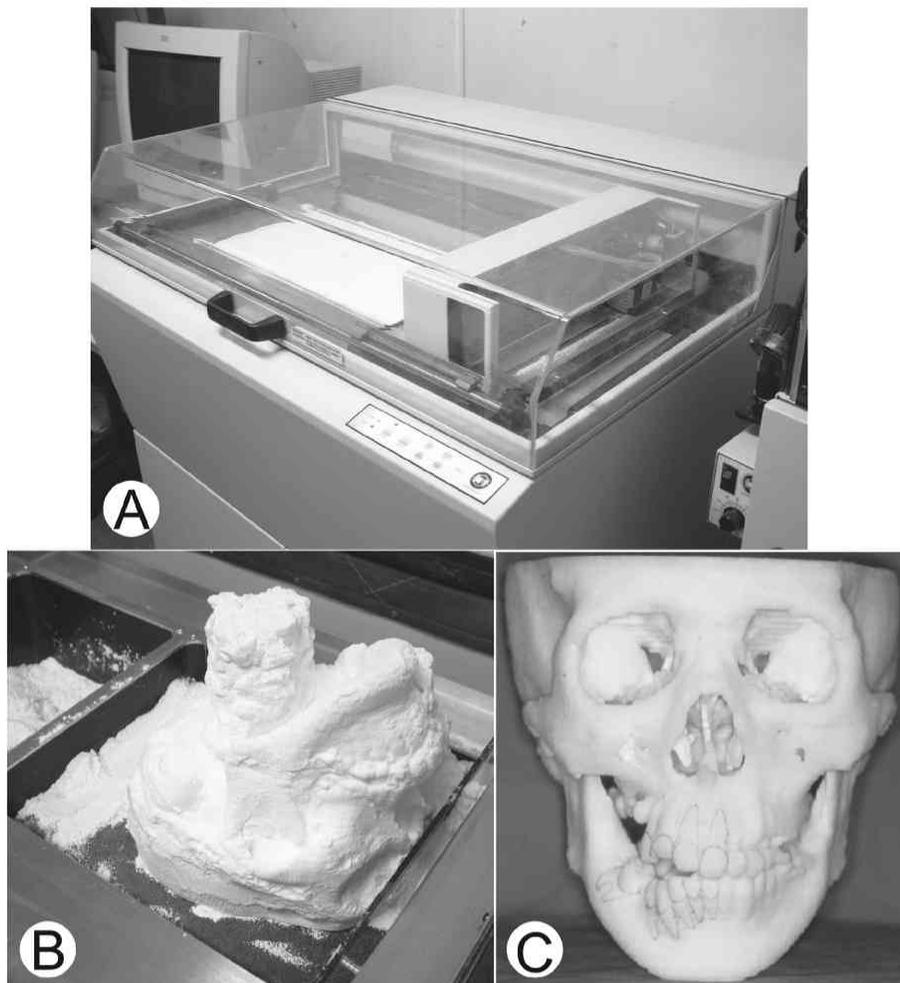


図1 三次元造形装置（粉末凝結式積層造形装置）

A：造形装置（Z corporation 社製 Z402）

B：造形装置からRP顎模型の取り出し

表1 RP 顎模型の作製手順

1. CT 検査 (ヘリカル CT スキャン)
2. CT 画像から骨データの抽出 (CT 値250H.U.)
3. 金属アーチファクト画像の除去
4. 修正済み CT 画像データの3次元構築
5. 三次元造形装置での模型作製

## 結 果

## 1. RP 顎顔面模型の臨床応用実績 (表2)

2001年1月から2009年1月の間に北大病院歯科診療センターにおいてRP顎顔面模型を臨床応用した症例は139例であった。その内訳は、顎矯正手術93例、顎堤形成術・骨移植術22例、悪性腫瘍切除術・顎骨再建術15例、インプラント埋入手術3例、口蓋形成術4例、エビテーゼ2例であった。顎矯正手術93例のうち、上下顎骨形成術は71例、オトガイ形成術は7例、骨延長法は15例で、上下顎骨形成術では非対称症例が最も多かった。

表2 北大病院歯科診療センターにおける RP 顎模型の臨床応用症例数 2001.1~2009.1

症例内容	症例数
顎矯正手術	
上下顎骨形成術	71
非対称	24
小下顎	16
下顎前突	10
小下顎・開咬	4
小下顎・非対称	4
上下顎前突	4
下顎前突・下顎角過形成	4
非対称・下顎頭過形成	2
非対称・線維性骨異形成症	2
上下顎前突	1
オトガイ形成術	7
骨延長法	15
顎堤形成術・骨移植術	22
悪性腫瘍切除術・顎骨再建術	15
インプラント埋入手術	3
口蓋形成術	4
エビテーゼ	2
計	139

上下顎骨形成術：上顎 Le Fort I 型骨切り術，下顎枝矢状分割術，歯槽骨切り術等を用いた顎矯正手術

## 2. 症例

## 症例1：顎矯正手術（上下顎骨形成術）

顔面非対称，下顎右方偏位および著しい右上がりの咬合平面の傾斜を伴う顎変形症症例の手術に先立ち，上顎 Le Fort I 型骨切り術および両側下顎枝矢状分割術をシミュレーションした。RP顎顔面模型に，フェイスボウトランスファーにより上下顎の歯列模型を組み込んだ。頭部X線規格写真分析や半調節性咬合器に装着した歯列模型分析を用いて計測した骨片の移動方向，移動量を参考にして骨切り線をRP顎顔面模型に描記した(図2A, B)。RP顎顔面模型上で骨切りを行ないプレート固定した。骨片の移動量，移動方向，干渉の程度，骨片固定部位，術後の顎骨形態等を確認した(図2C, D)。

## 症例2：顎矯正手術（骨延長法）

右側上下顎の著しい顎堤低形成による側方開咬が認められた顎変形症の症例において，右側上顎部分歯槽骨切り術および右側下顎部分歯槽骨切り術を行ない，上顎の一次的な骨片移動と下顎の骨延長法をシミュレーションした。RP顎顔面模型に歯根形態，下顎管，オトガイ孔を描写した(図3A)。ついで上下顎の骨切り部位と移動骨片の位置を決め，骨延長装置を選択して固定位置を決定した。下顎については，7651 相当部と4321 部の2つの骨片に歯槽骨切りし，図3Bの如く2つの骨片を1つの延長器で回転しつつ上方へ延長させ，咬合平面を改善する方法を考案した。RP顎顔面模型に骨延長器を固定して骨延長操作を行ない，移動骨片が予定した位置へ延長されることを確認した(図3B)。手術シミュレーションに従って手術を行なった(図3C, D)。

## 症例3：下顎悪性腫瘍切除・顎骨再建術

右側下顎歯肉癌の症例に対して，右側下顎骨区域切除術および腓骨皮弁による下顎再建術をシミュレーションした。切除する下顎骨の範囲を決めてRP顎顔面模型を切除し，採取する腓骨の長さ・形態を決定し，シリコン製のレプリカを作製した(図4A-F)。術中はこの手術シミュレーションを参考に骨切りし，腓骨をミニプレートで下顎骨に固定した(図4G-J)。

## 症例4：顎顔面のエビテーゼ

交通外傷により，右側耳介を喪失した症例の耳介エビテーゼを作製した。健側の耳介形状データを反転・修正してエビテーゼの原型用のデータとした。積層造形用の材料にはスターチ(でんぷん)を利用し，パラフィンワックスを含浸させることにより補強して患者に試適し，細かな修正を加えた後，フラスコに石膏埋没して流蠟し，シリコン樹脂に置換してエビテーゼを作製した(図5A, B)。

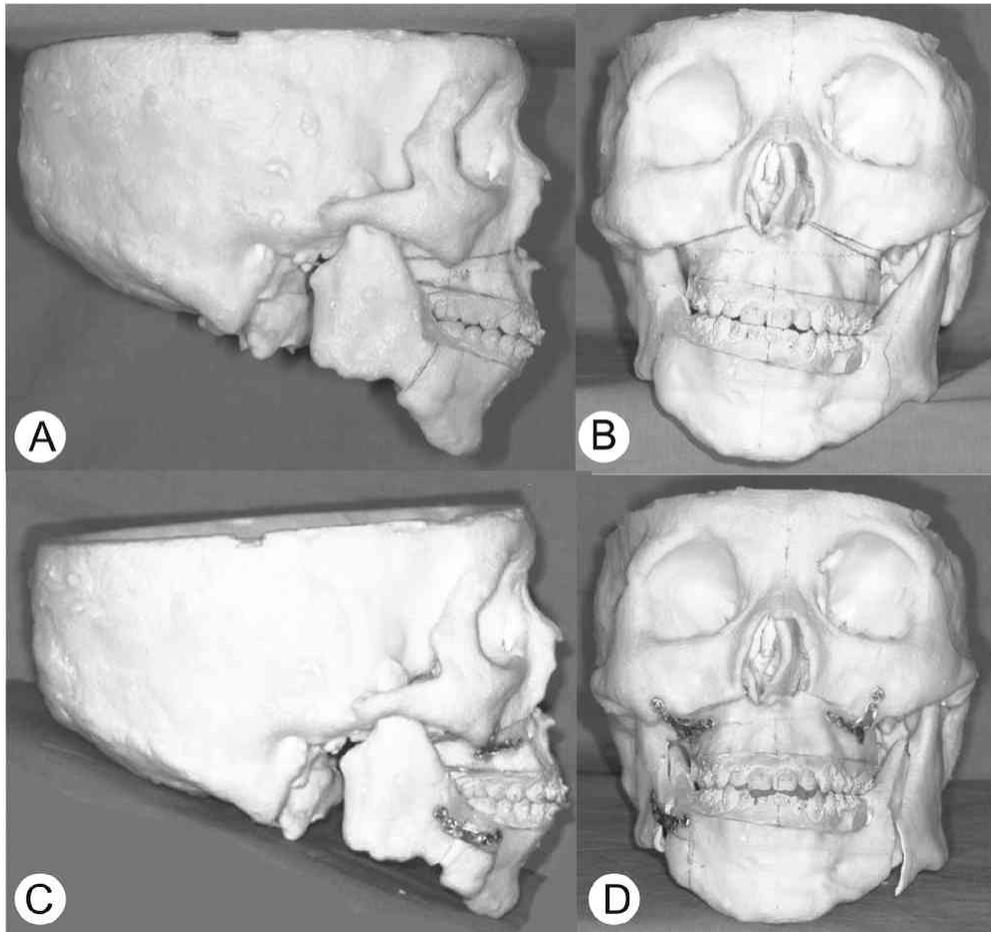


図2 顎矯正手術（上下顎骨形成術）

A, B: 術前; 上下顎歯列模型の RP 模型への組み込み, 骨片の移動方向, 移動量の計測, 骨切り線の描記  
 C, D: 術後; RP 模型上での骨切り, 骨片干渉の把握, ミニプレート固定

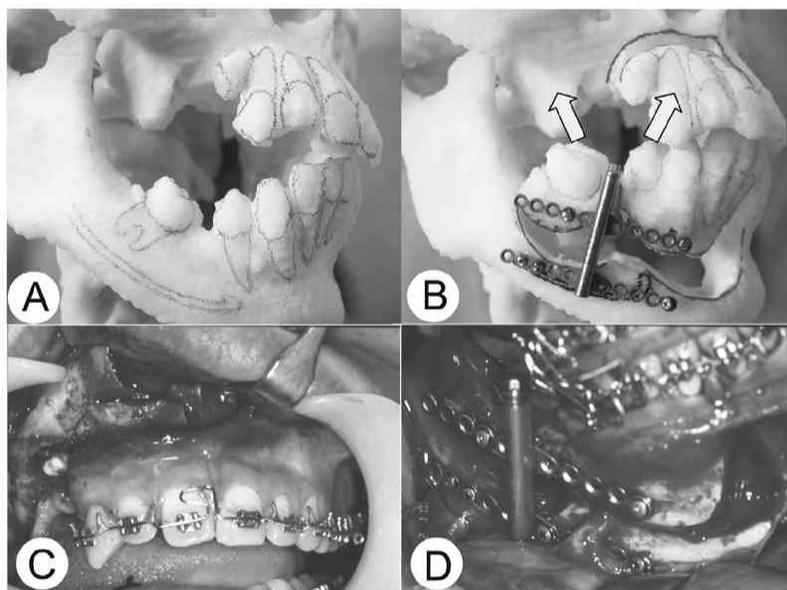


図3 顎矯正手術（骨延長法）

A: 歯根形態, 下顎管, オトガイ孔の描写  
 B: 上下顎骨切り部位と移動骨片の位置決め, 骨延長装置の選択, 固定位置の決定, 骨延長操作  
 C: 上顎骨切り  
 D: 下顎骨切りと骨延長装置の固定

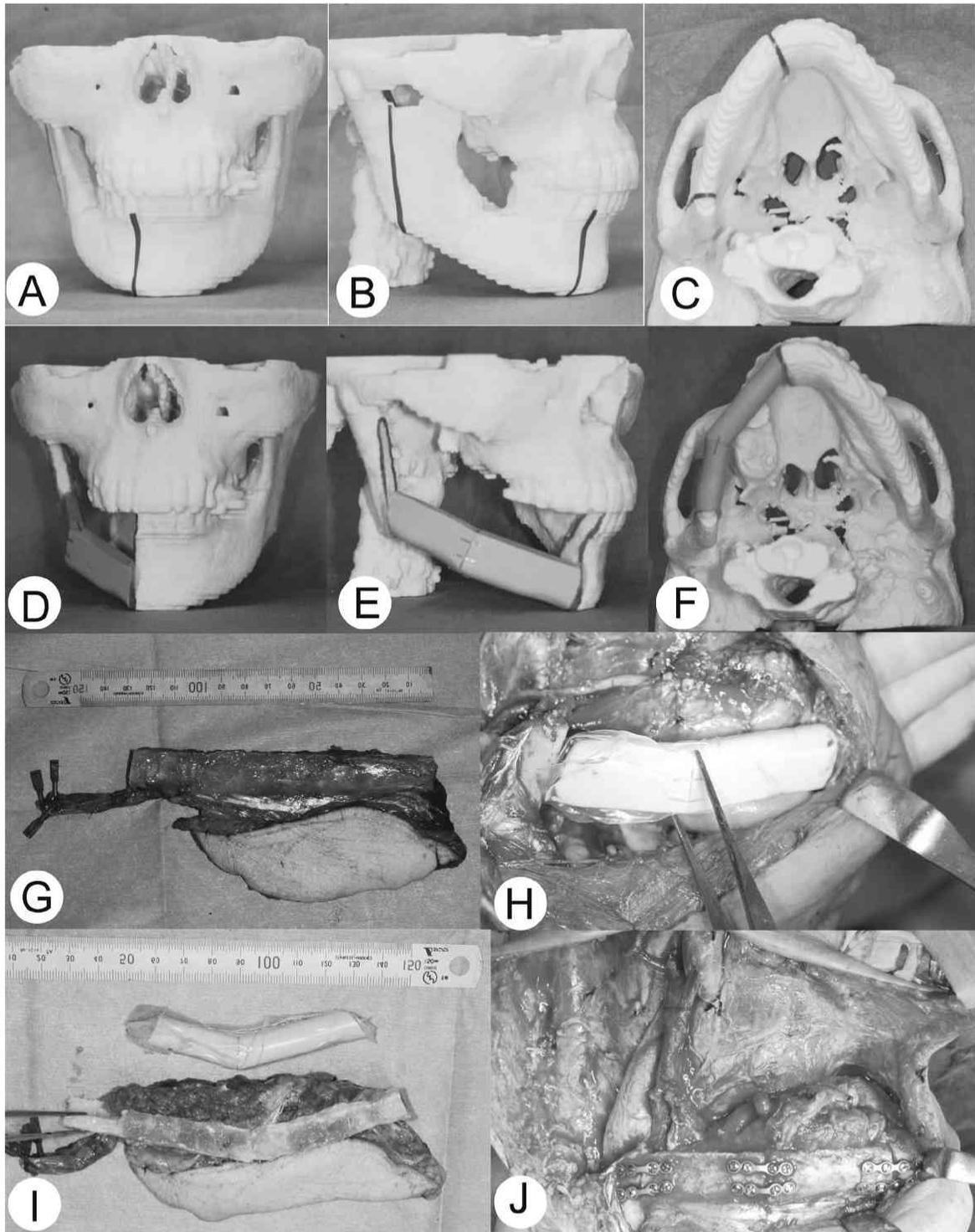


図4 下顎悪性腫瘍切除術・顎骨再建術

A-F: シリコンを模型に試適して移植骨の大きさ・形態を決定  
 G-I: 手術シミュレーションしたシリコンを参考に移植骨を調整  
 J: 骨移植



図5 耳介エレベーター

## 考 察

RP法は立体造形法の手法の一つで、日本では積層造形法とも呼ばれている。これらの技術は、製造業で製品開発のスピードアップとコスト削減を図るための試作ツールとして開発された。一方で医療分野においては、積層造形法のひとつである光造形法による樹脂模型が臨床応用されるようになった<sup>6,7)</sup>。当院においても光造形装置を導入して模型作製にあっていた時期があったが、光造形法はランニングコストが高く造形時間も長いため実用性に乏しかった。現在われわれが用いている粉末凝結式積層造形法による造形機Z402を導入してからは、光造形法と比較してランニングコストが約1/4の1万円程度に、造形時間が約1/5の5～6時間に低減でき<sup>11)</sup>、実用化に至っている。しか

し模型造形に至るまでには、CTデータから骨データを抽出する作業、画像処理ソフトで金属アーチファクトを除去する作業、3D構築する作業などの行程が複数存在し、労力を要する。とくに歯冠補綴物による金属アーチファクトの除去に際しては、0.5mmから2mmのスライス幅で数十から百枚程度の画像データを処理しなければならない。これらは今のところ、スライス1層ずつ術者の目視と原画像の読影により行なっている。そのため、アーチファクトの自動処理の技術は必要不可欠と考えられ、その方法が模索されている。自動的に画像処理で除去する試みも報告されている<sup>12)</sup>が実用化には至っていないため、現状でわれわれはAdobe社製Photoshop®を用いて1枚ずつ金属アーチファクトを除去している。当院で用いているRP模型用材料はスターチ(でんぷん)をベースとしたパウダーに水を主成分とするバインダーで、これらを反応させることで凝固させている。症例1～3で示した手術シミュレーションを行なうためにはある程度の強度が必要であるため、RP顎顔面模型作製後にアクリル系の樹脂やワックスを含浸させて補強を行っている。石膏を使用した場合には、作製後に強度の補強をせずに手術シミュレーションが可能である<sup>13)</sup>が、当院においても導入を検討中である。

顎矯正手術の術前においては、従来から頭部X線規格写真分析と歯列模型を用いた手術シミュレーションが行なわれている。これまで当院ではフェイスボウトランスファーを用いて歯列模型を半調節性咬合器に装着して上下顎の歯列模型でDesirable Occlusion<sup>14)</sup>を決めた後に、頭部X線規格写真や顔貌写真を併用して上下顎の位置決めを行い、再度半調節性咬合器に上下顎の歯列模型をダブルキャスト法にて装着し、術後の移動量、移動方向を計測する手術シミュレーションを行ってきた。しかし、著しい顎骨の変形がある症例においては、咬合器上で歯の移動を把握できても骨の移動を正確に捉えることは難しい。とくに三次元的に骨を移動する場合には、従来法による手術シミュレーションのみでは実際の手術において思わぬ骨片の干渉や間隙、軟組織の抵抗を生じて難渋する症例があった。今回の調査では、顎矯正手術のうち上下顎骨形成術において最も多くRP模型が使用されており、とくに非対称のある症例で多かった。非対称症例は、三次元的な異常となり、顎変形症の中でも外科的矯正治療の難易度は高いと述べられている<sup>15)</sup>。川村らは、非対称症例に下顎枝矢状分割術を行なった場合、左右の移動量に大きな差が生ずるだけでなく、歯列の回転移動に伴い遠位骨片の後縁に大きな内外的偏位を認め、術後の後戻りや顎関節機能障害の発生が予想されるとし、回転の大きい側では下顎枝垂直骨切り術を行なって良好な結果が得られたと述べている<sup>16)</sup>。非対称症例では、下顎骨形態の左右差、上顎咬合平面の左右的傾斜、顔面正中と上下顎歯列正中との不一致、dental compensationなどを評価することが求められ、非対称のない下顎前突症

や上顎前突症と比較して手術シミュレーションが難しい。

症例1では、咬合平面の右上がりの傾斜や下顎右方偏位に加えて、右下顎頭・下顎枝・下顎体部の形成不全が認められた。手術シミュレーションでは、左側上顎洞前側壁に上方移動のための切りしろを形成し、右側上顎の下方への移動を少なくすることで骨間隙を減少させた状態で咬合平面の傾斜改善を行った。右側下顎枝および下顎体の変形が認められ、RP顎顔面模型上での両側下顎枝矢状分割術では、近位骨片と遠位骨片との間の干渉を認めたが、干渉部の骨を削除することで手術が可能であることを確認できた。

症例2では、右側上下顎の発育異常による骨格性側方開咬が認められた。上下顎の骨片間の距離が一次的な移動量の限界を超えていたため、骨延長法を採用することにした。2つの骨片を一つの延長器で回転しつつ移動させるという難しい延長法を行なったが、RP顎顔面模型を用いて何度もシミュレーションを行なった結果、骨片の分割位置、延長装置の固定位置と延長量を設定できた。RP顎顔面模型の導入当初は、顎矯正手術を中心として臨床応用してきたが、顎骨の著しい欠損や変形を伴う症例に幅広く応用できると考え、2002年から悪性腫瘍手術や再建術にも用いるようになった。

症例3で示した血管柄付き腭骨は下顎再建に広く用いられているが、直線的な腭骨を曲線的な下顎骨の形態に合わせることは決して容易ではなく、下顎の偏位や関節脱臼などをきたした症例も報告されている<sup>17)</sup>。本例では、腭骨による下顎再建の症例にRP顎模型を用いて手術シミュレーションを行い、直線的な腭骨を下顎再建に用いる際に比較的困難であった下顎骨の形態回復が容易で、RP顎顔面模型の応用は極めて有用だった。

北大病院では、耳介、眼窩、手指、足指などのエビテゼを手がけているが、その中で、特に耳介エビテゼについてはその原型を積層造形装置で製作している。欠損が片側の耳介のみの症例では、他方の健側の耳介形状データを反転・修正してエビテゼの原型用のデータとし、両側欠損の症例では、構築した耳介形状データベース<sup>18)</sup>をもとに、症例に適した形状やサイズを選び、実体として出力して原型用のデータとしている。積層造形用の材料にはスターチ（でんぷん）を利用し、パラフィンワックスを含浸させることにより補強して患者に試適し、細かな修正を加えた後、プラスチックに石膏埋没して流し、シリコン樹脂に置換している。症例4で示したエビテゼは、ワックスアップが容易ではない耳介形状の原型を造形により製作できたため、従来の顎顔面補綴におけるエビテゼ製作をかなり簡略化することができた。

現在の3D-CTは解像度、撮影速度とも上がり、微細な形状を高速で撮影可能となったが、断層像の水平方向の解像度は依然として512×512pixelで変わっていない。そ

こでわれわれは、独自のソフトウェアを開発し、前後数枚の画像情報をもとに必要に応じて水平解像度およびスライス厚を最大4倍にまで補間して分解能を上げ、よりスムーズな形状にした上で造形を行っている。しかし、このように分解能を上げて歯については依然として歯列模型の精度には及ばず、金属充填物や矯正用ブラケットなどによるアーチファクトのため、歯列の形態を精密に再現することは困難である。そこで、より精度高く手術シミュレーションを行なうためには歯列模型の組み込みが求められる。これにはRP顎顔面模型に歯列模型を組み込む方法<sup>19,20)</sup>と顎顔面のCTデータとスキャンした歯列模型の情報をコンピュータ上で統合させる方法がある<sup>21)</sup>。いずれの方法も歯列模型との三次元的な位置の一致が必要とされるため、容易ではない。前者は症例1で行なわれていた方法で、歯列模型をできる限り歯の部分だけになるように薄くトリミングし、FH平面を基準として頭部X線規格写真を用いた距離計測、フェイスボウ、スプリントを併用してRP顎顔面模型に組み込んだ。後者では、顎顔面と歯列模型のデータをコンピュータ上で統合するための指標として、3個のマーカ球を付与したスプリントをCT撮像時に患者の頭部に装着する方法が紹介されている<sup>21)</sup>。この方法はわれわれも以前試みたが、スプリント作製の手間やデータ処理が煩雑で、汎用が困難であったため、RP顎顔面模型に歯列模型を組み込む方法を行なってきた。最近では、CTを用いずに非接触型三次元形状計測値による顔面軟組織の三次元データと歯列模型のデータを統合した方法も報告されている<sup>22)</sup>。今後は、より簡便に作製できて加工しやすいRP顎顔面模型作製法、三次元データによるモニター上での手術シミュレーション、それらの手術シミュレーションに基づいたRP造型器による咬合スプリントなどの手術用デバイス作製の取り組み、安全な手術のためのシミュレーションや新たな分野への応用を目指したいと考えている。

## 結 論

2001年1月から2009年1月の8年間に北海道大学歯学部附属病院ならびに北大病院歯科診療センターにおいてRP顎顔面模型を臨床応用した症例数は139例であった。顎矯正手術を中心として、悪性腫瘍切除術・顎骨再建術などにも幅広く臨床応用されていた。RP顎顔面模型を用いた手術シミュレーションは、著しい変形のある症例で精度と安全性を高めるうえで有用であった。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、RP顎顔面模型の作製にご協力いただいた北海道大学大学院歯学研究科口腔病態学講座口腔顎顔面外科学教室の教室員をはじめとする数多くの歯科医師、診療支援部（放射線部）の皆様にご心より感謝いたします。

## 文 献

- 1) Vannier MW, Marsh JL: The three dimensional computer graphics for craniofacial surgical planning and evaluation. *Comput Graph* 17 : 263-274, 1983.
- 2) Salyer KE, Taylor DP, Billmire DE: Three-Dimensional CAT Scan Reconstruction Pediatric Patients. *Clin Plast Surg* 13 : 463-474, 1986.
- 3) Zonneveld, F. W., Lobregt, S., van der Meulen J.C., Vaandrager, J.M.: Three-Dimensional Imaging in Craniofacial Surgery. *Word J Surg* 13 : 323-342, 1989.
- 4) 小玉秀男：3次元情報の表示法としての立体形状自動作成法. 電子通信学会論文誌, J64-C(4) : 237-241, 1981.
- 5) Lambert PM: Three-dimensional computed tomography and anatomic replicas in surgical treatment planning. *Oral Surg* 68 : 782-786, 1989.
- 6) 小林正弘：光硬化樹脂による頭蓋，顔面骨模型の作成と手術シミュレーションの応用. 慶応医学, 68 : 783-794, 1991.
- 7) 後藤昌昭，香月武，内田雄基：X線CT写真から作成した光硬化樹脂製頭蓋顔面骨3次元立体模型. 日口外誌, 38 : 1128-1135, 1992.
- 8) 西條英人，井川和代，鄭雄一，米原啓之，高戸毅：三次元積層造形による立体モデルを用いた手術シミュレーションシステム. 日形会誌, 25 : 746-751, 2005.
- 9) 室井悠里，嶋正博，赤峯勇哲，奥田勝也，本橋具和，覚道健治：3次元実体模型により手術シミュレーションを行った両側性筋突起過形成症の一例. 日顎誌, 21 : 24-27, 2009.
- 10) 上田康夫，會田英紀，二宮隆明，田村信太郎，佐藤範幸，大畑昇：ラビッドプロトタイプングの医療分野への応用. 北海道歯誌, 24 : 3-13, 2003.
- 11) 上田康夫，會田英紀，二宮隆明，佐藤範幸，奥田耕一，高道理，大畑昇，佐藤嘉見，大井一浩，尾田充孝，山口博雄，井上農夫男：積層造形法を用いた三次元CTデータからの生体模型作製のための新たなデータ生成方法. 顎顔面補綴, 24 : 47-54, 2001.
- 12) 上田康夫，會田英紀，二宮隆明，河田和久，今井信，奥田耕一，高道理，大畑昇：積層造形法による高精度手術シミュレーション用模型に関する研究-金属アーチファクトの処理に関する検討-. 北海道歯誌, 21 : 144-151, 2000.
- 13) 今井崇之，伊藤哲平，横山葉子，高野正行，柿澤卓：三次元粉末積層造形装置による実物大石膏モデルの口腔外科手術への臨床応用. 歯科学報, 110 : 132-140, 2010.
- 14) 井上農夫男，西方聡，小林一三，村上有二，平野正康，河村正昭：顎変形症に対する外科治療とチームアプローチ. 北海道歯誌, 9 : 32-51, 1988.
- 15) 西山眞名民，不島健持，佐藤貞雄：骨格性下顎前突症患者の顔面非対称に関する検討-主観評価と客観評価との関連性-. 日顎変形誌, 15 : 8-20, 2005.
- 16) 川村仁，菅原準二，長坂浩，大森勇市郎，佐藤修一，茂木克俊，三谷英夫：片側下顎枝矢状分割術と対側下顎枝垂直骨切り術の併用による下顎骨非対称の改善. 日顎変形誌, 2 : 139-149, 1992.
- 17) 小野貢伸，北田秀昭，高野昌士，榊原典幸，鄭漢忠，野谷健一，北川善政，戸塚靖則：下顎歯肉癌術後の局所合併症-現状とその対策-. 頭頸部癌, 31 : 341-346, 2005.
- 18) 平成18-19年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）研究成果報告書（課題番号18592106）「エピテーゼのための耳介形状データベースの構築」（研究代表者：上田康夫）
- 19) Santler G: The Graz hemisphere splint: A new precise, non-invasive method of replacing the dental arch of 3D-models by plaster models. *J Cranio-Maxillofac Surg* 26 : 169-173, 1998.
- 20) 寺井陽彦，島原政司，崎中仲晃，田嶋定夫：歯列模型組み込み式3次元モデル-その精度と臨床応用について-. 日顎変形誌, 8 : 18-24, 1998.
- 21) 布留川創，本橋信義，黒田敬之，誉田栄一，佐々木武仁：顎矯正手術のコンピューターシミュレーションのための三次元情報統合システム. 日顎変形誌, 10 : 281-289, 2000.
- 22) 小原彰浩，寺田員人，松原大樹，越知佳奈子，齋藤力，齋藤功：顔面軟組織形状と歯列石膏模型の三次元データ統合精度の検討. 日顎変形誌, 19 : 193-198, 2009.

ORIGINAL

Clinical Applications of a Maxillofacial Model using a Rapid Prototyping Technique in the Center for Dental Clinics, Hokkaido University Hospital

Kazuhiro Ooi<sup>1)</sup>, Yasuo Ueda<sup>2)</sup>, Takuro Kurosu<sup>1)</sup>, Kazuhiro Matsushita<sup>1)</sup>, Mitsunobu Ono<sup>1)</sup>, Hiro-o Yamaguchi<sup>1)</sup>, Masashi Takano<sup>4)</sup>, Hideaki Kitada<sup>5)</sup>, Noriyuki Sakakibara<sup>6)</sup>, Keigo Nishikawa<sup>7)</sup>, Noboru Ohata<sup>2,7)</sup>, Nobuo Inoue<sup>3)</sup> and Yasunori Totsuka<sup>1)</sup>

**ABSTRACT** : A maxillofacial skull model fabricated by a rapid prototyping device (RP model) has been used for surgical simulation in the Center for Dental Clinics, Hokkaido University Hospital from 2001. This reports the results and provides a summary of clinical applications with the RP model in the hospital.

Records of patients treated using the RP model in the hospital during the period from 2001 to 2009 were examined. Patients undergoing treatment by helical 3D-CT scanner were identified and bone areas were extracted from the CT data removing metal artifacts. These data were reconstructed to 3D images using software and the RP models were fabricated by the Z402 system.

There were 139 cases applying the RP model over the eight years. These cases included 93 cases of orthognathic surgery, 22 cases of bone grafts, 15 cases of malignant tumor resection and reconstruction, 4 cases of palatoplasty, 3 cases of dental implants, and 2 cases of auricular prosthesis. Case 1: Bimaxillary orthognathic surgery was performed using the RP model surgical simulation for a case of jaw deformity with a micro mandible and facial asymmetry. Case 2: A case of severe skeletal lateral open bite treated by vertical distraction osteogenesis using a unidirectional intraoral device. Analysis with the RP model was useful to determine the mandibular osteotomy line and select the appropriate placement of the distraction device. Case 3 : Mandibular segmental osteotomy and reconstruction performed preparing the RP model in surgical simulation for a case of lower gingival carcinoma. Case 4 : A facial prosthesis of the auricle was constructed from the RP model.

These surgical simulations and clinical applications using the RP model contributed to safe and accurate operations and acceptable results in difficult cases.

**Key Words** : rapid prototyping technique, maxillofacial model, surgical simulation

<sup>1)</sup>Oral and Maxillofacial Surgery, Department of Oral Patho-biological Science, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University (Director : Prof. Yasunori Totsuka) N13 W7, Kita-ku, Sapporo, 060-8586, Japan

<sup>2)</sup>Oral Rehabilitation, Department of Oral Functional Science, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University (Director : Prof. Noboru Ohata) N13 W7, Kita-ku, Sapporo, 060-8586, Japan

<sup>3)</sup>Gerodontology, Department of Oral Health Science, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University (Director : Prof. Nobuo Inoue) N13 W7, Kita-ku, Sapporo, 060-8586, Japan

<sup>4)</sup>Hokuto Hospital (Chief : Eiji Kitagawa) 7-5 Inada-cho, Obihiro, 080-0833, Japan

<sup>5)</sup>Hakodate Central Hospital (Chief : Hideaki Kitada) 33-2, hon-cho, Hakodate, 040-8585, Japan

<sup>6)</sup>Nikko Memorial Hospital (Chief : Noriyuki Sakakibara) 1-5-13, Shintomi-cho, Muroran, 051-8501, Japan

<sup>7)</sup>Dental Medical Lab., Dental Clinical Center, Hokkaido University Hospital (Chief : Prof. Noboru Ohata) N13 W7, Kita-ku, Sapporo, 060-8586, Japan