

## 患者の骨と同じ形状、構造を直接 3 次元成形 CT 画像からの移植用人工骨 3 次元成形

### 産官学連携による実用化への検討開始

理化学研究所の先端技術開発支援センターは、株式会社ネクストと共同で三菱マテリアルの人工骨材料 (バイオベックス) とコラーゲンをを用い、CT 画像から得られた情報に基づいて実際の骨の内部構造を再現した人工骨 (ハイドロキシアパタイト) を直接成形することに成功した。

東京大学医学部付属病院のティッシュエンジニアリング部は、理研で成形した人工骨のデザインと評価を行うとともに臨床使用に向けたトランスレーショナルリサーチを行う。また、成形した人工骨に骨細胞あるいはその前駆細胞を埋め込み、細胞増殖および分化のための足場 (スキキャッホールド) としてだけでなく、実際の骨と同等な機能を有する人工骨の作製をめざす。

今回の検討では、3 次元的な加工法である粉末積層造形法によって、人工骨材料、コラーゲン、その他の生体由来成分を材料として人工骨を直接成形したものであり、今後以下の様な利点が見込まれる。

- 1) 移植対象者の CT 画像から高精度 (解像力約  $100\ \mu\text{m}$ ) で、複雑な形状の人工骨をオーダーメイドで自動成形できる。
- 2) 表面の皮質骨のみならず、骨の内部構造 (骨梁、海綿骨、髓空) を再現できる。
- 3) コラーゲン等の生体由来材料を任意の濃度で特定箇所に分布することができる。
- 4) 多孔質成形はもちろんのこと、細胞遊動性向上のための連通性の高い空洞 (口径、長さ、配向性等を考慮) が容易に設計でき、最適な再生医療が遂行できる。

### 開発の背景 異なる専門領域技術の融合による挑戦的研究

機械工学、生体材料工学、力学的シミュレーション技術を融合することにより、画期的なオーダーメイド人工骨作製プロセスの見通しがついた。今後、臨床サイドより細胞工学、分子生物学、外科学等の技術を新たに融合させることにより、患者の生きている骨と同等の移植用人工骨を設計、製造する予定である。

従来の移植骨は、生体内で安定ではあるが、置換されることのないリン酸カルシウムセラミックが用いられてきた。また、生体に置換する移植骨としては、ボーンバンクの他家骨あるいは患者自身から採取する自家骨が使用されている。さらに近年は、骨材料製造方法の進歩により、多孔質のハイドロキシアパタイトのブロックやスポンジ状の複合材料による人工骨が開発されている。

一方、積層造形法は 3 次元的な成形手法であり、医療用途には光硬化性の樹脂モデル等が手術計画用に従来から使用されていた。しかし人体に移植できる成分での成形は行われていなかった。

## 連携プロジェクト

本プロジェクトは産官学連携で行なわれるが、理化学研究所の先端技術開発支援センターには骨の 3 次元成形に関して必要と予想される、精密加工に関する基盤技術があり、また同研究所の生体力学シミュレーション研究プロジェクトにおいては、骨に関する力学的シミュレーションや画像処理技術の高度な研究もおこなわれている。

東京大学医学部附属病院ティッシュエンジニアリング部は、臨床経験を有する医師が骨・軟骨の再生医療研究プロジェクトを行っている。したがって、骨の欠損部に移植する人工骨の、形態学に基づく構造設計についても多くの知見を有しており、理想的な人工骨の成形が可能になるものと思われる。またトランスレーショナルリサーチにおいて臨床実用化研究を行うのに理想的な体制を持っている。

このように、工学と医学のバランスの取れた協力関係より、生体に近い人工骨の開発が効率的に進むことが期待される。

以上

参考図 <人工骨 3 次元成形の流れ>

家兔の大腿骨

大腿骨全体

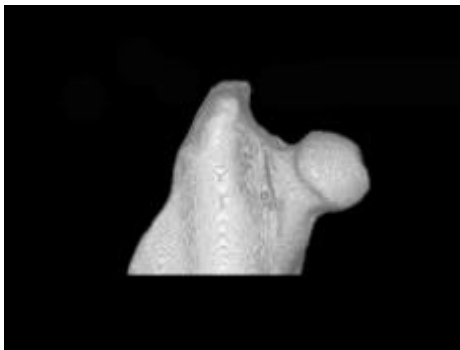


骨頭関節部

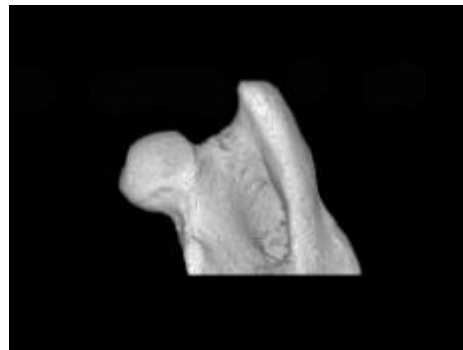


マイクロ X 線 CT 画像から得られる立体構築画像

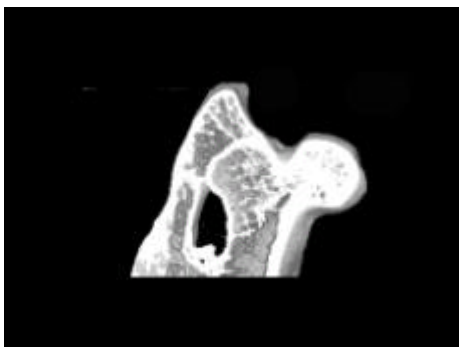
骨頭関節部 左側面



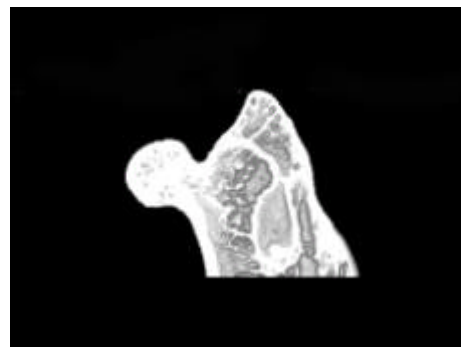
骨頭関節部 右側面



切断面



切断面



### 3次元 CAD データへの変換



### 粉末積層造形装置による3次元成形



### 人工骨材料による3次元成形体

骨頭関節部



内部切断面

