

マルチマテリアル・マイクロ3Dプリント技術 2光子造形法の実証からマルチマテリアル造形まで

横浜国立大学大学院 工学研究院 丸尾研究室

研究開発の概要 Overview of research and development

■マイクロ3Dプリント技術（2光子造形法、2光子重合（2PP））

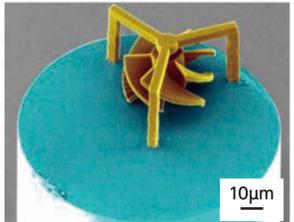
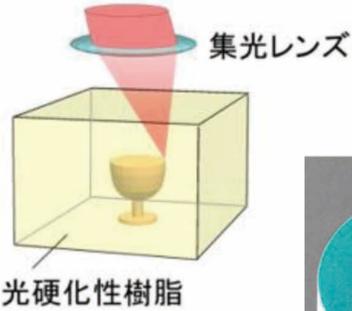
2光子造形法 (Two-photon lithography)

フェムト秒パルスレーザー

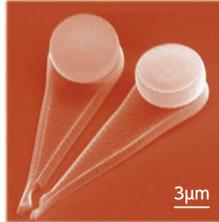
光硬化性樹脂をレーザー光の
集点でピンポイントに硬化
2光子重合: 2PP

レーザー走査により立体造形

- 2光子造形法は、丸尾らが世界に先駆けて実証した日本発の超精密マイクロ3Dプリント技術
- レーザー光を用いて光硬化性樹脂を硬化させて、任意の3次元マイクロ・ナノ構造体を作製可能
- 最小加工線幅は約0.2 μm (毛髪の直径の1/1000程度)を達成



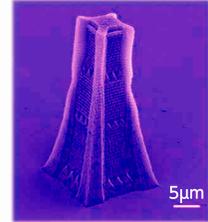
光ファイバ上に作製したタービン



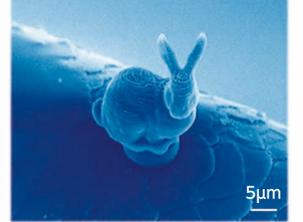
マイクロピンセット



超微細ジオラマ(高さ: 約40 μm)



ランドマークタワー



毛髪上に作製したうさぎモデル

応用分野

マイクロマシン(マイクロピンセット、マイクロアクチュエータ、マイクロスイマーなど) / フォトニクス(高性能マイクロレンズ、3D光導波路、メタマテリアル、光センサーなど)
エレクトロニクス(3D微細配線、マイクロセンサー、マイクロバッテリーなど) / 医療(再生医療用3D足場、経皮デバイス、人工血管、マイクロ流体回路、細胞操作・刺激マイクロツールなど)
ナノインプリント(反射防止膜、撥水表面、バイオメディック界面、マイクロレンズアレイ、マイクロ流路など)

世界で最初に実証した研究論文
Maruo, et al., Opt. Lett. 22, 132 (1997).



ヤクルト ミクロの研究所
3D微小モデルの製作に協力

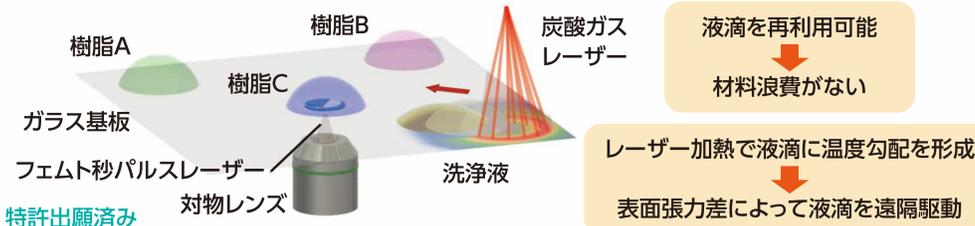


学習まんが ドラえもん
ミクロのサイエンスでも紹介

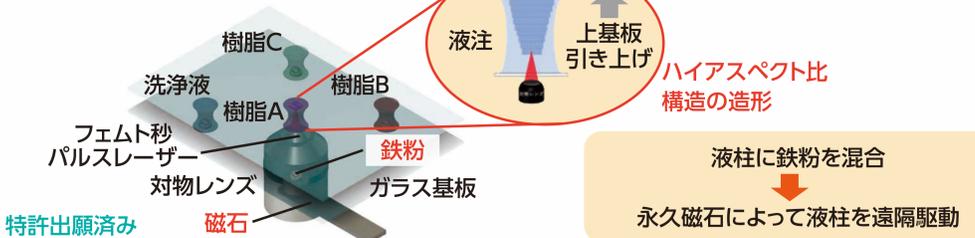


■マルチマテリアル・マイクロ3Dプリント技術

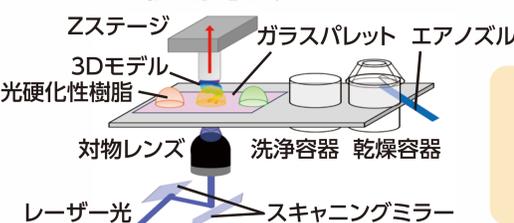
レーザー駆動液滴を用いる方法



磁気駆動液柱を用いる方法



ステージ移動方式

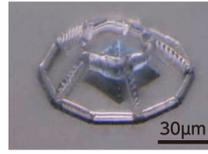


単一材料では作製できない
高機能デバイスを創製
・医療用足場
・電子部品
・機械部品
・流体回路

造形プロセス
動画



マルチカラー3Dモデル



GRINレンズ



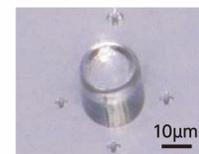
マルチカラー3Dモデル



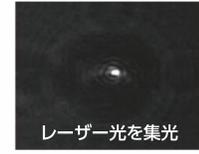
導電性高分子を用いたフレキシブル配線



シリカガラスの靴 (飯島志行准教授との共同研究)



10 μm



レーザー光を集光



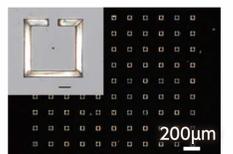
1mm



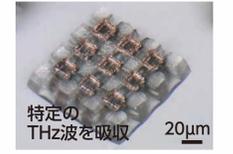
バイオセラミックス3D足場 (福田淳二教授との共同研究)



1mm



200 μm



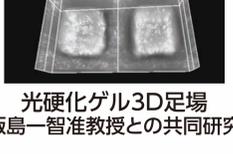
特定のTHz波を吸収



20 μm



100 μm



光硬化ゲル3D足場 (飯島一智准教授との共同研究)

NEDOプロジェクト名

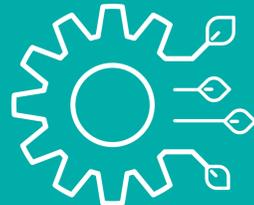
ディープテック分野での人材発掘・起業家育成事業 (NEP)

お問い合わせ先

横浜国立大学大学院工学研究院 丸尾 昭二
E-mail: maruo-shoji-rk@ynu.ac.jp

お手元のスマホでも
ご覧いただけます。



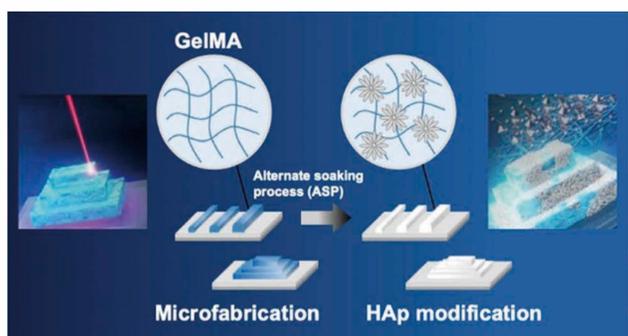


マイクロ3Dプリントの医療応用 多様な3D足場を用いた再生医療とバイオ操作ツール

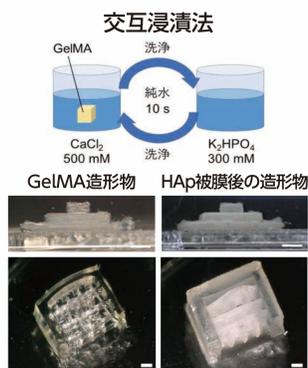
研究開発の概要 Overview of research and development

■未来医療への応用（骨再生医療、人工骨髄）

ハイドロキシアパタイト (HAp) の交互浸漬を用いた3D足場による人工骨髄の形成

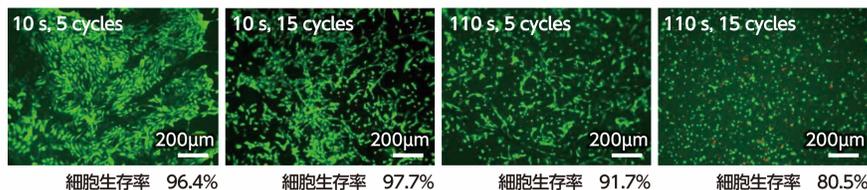


光造形でゼラチンメタクリレート(GelMA)構造を形成
HApを被膜して3D多孔質足場を形成→人工骨髄へ応用



HAp被膜3D多孔質足場を形成

細胞毒性評価 交互浸漬後GelMAディスクを使用
間葉系幹細胞 Live/Deadアッセイ

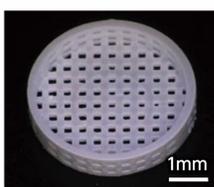
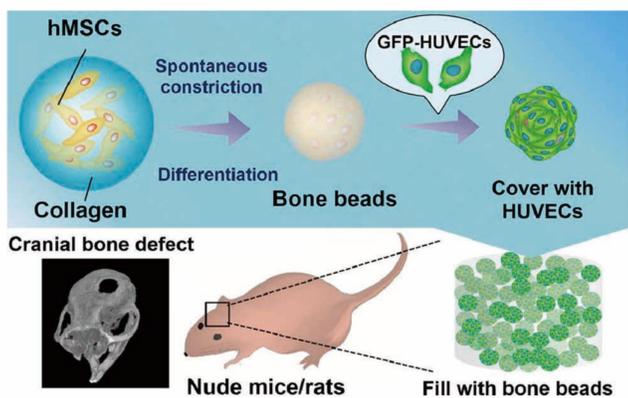


交互浸漬条件により細胞伸展性が変化

横浜国立大学・飯島一智准教授、宮島浩樹助教との共同研究
ACS Biomater. Sci. Eng. 10, 762 (2024)



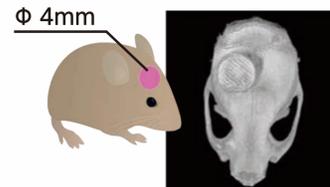
■バイオセラミックスを用いた3D足場による骨再生医療



バイオセラミックス(β -TCP)を用いたメッシュ容器



骨芽細胞などを内包



マウスへの移植

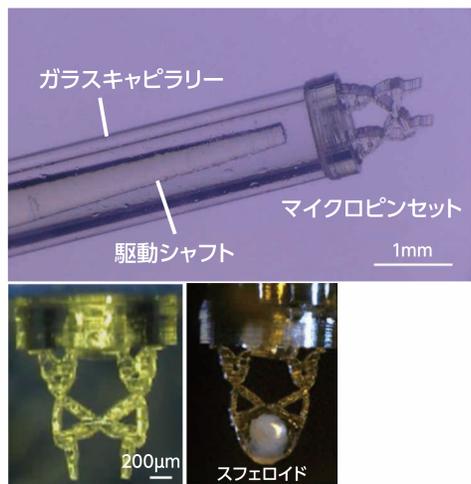
光造形でバイオセラミックス3D格子構造を形成／骨芽細胞などから形成したボーンビーズを内包→骨再生医療へ応用

横浜国立大学・福田淳二教授、景山達斗助教との共同研究
Acta Biomaterialia, 165, 168 (2023)



■3Dプリンテッド・バイOMICROマニピュレータの開発

トポロジー最適化ピンセット



横浜国立大学・福田淳二教授、
下野誠通准教授との共同研究
Micromachines, 12, 579 (2021)



光熱駆動ソフトゲル・ピンセット



光ファイバー先端にピンセットを3Dプリント
(銀ナノ粒子を内包した水素ゲル)



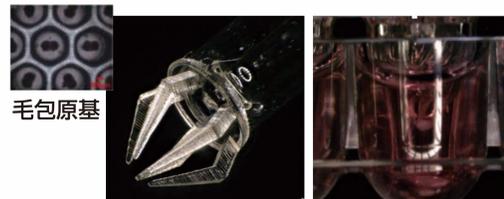
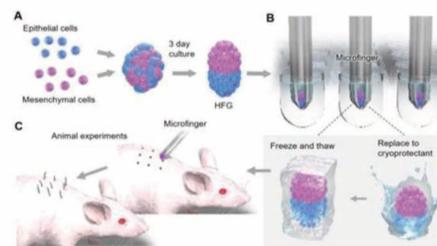
青色レーザー
光照射

- ・光ファイバーから出射した光でピンセットを開閉
- ・低侵襲な超小型ソフトピンセットを実現

横浜国立大学・飯島一智准教授、
宮島浩樹助教との共同研究
マイクロ・ナノ工学シンポジウム 2023



毛包原基の凍結用ピンセット



ピンセットによるマイクロチャンバー内の毛包原基の把持

横浜国立大学・福田淳二教授、
景山達斗助教との共同研究
J. Biosci. Bioeng., 136, 246 (2023)



関連サイト紹介 Related website

横浜国立大学大学院 工学研究院 丸尾研究室 WEBサイト
<http://www.mnt.ynu.ac.jp/>



NEDOプロジェクト名

ディープテック分野での人材発掘・起業家育成事業 (NEP)

お問い合わせ先

横浜国立大学大学院工学研究院 丸尾 昭二
E-mail: maruo-shoji-rk@ynu.ac.jp

お手元のスマホでも
ご覧いただけます。

