

「バイオ・医療への3Dプリンティング技術の開発最前線」 目次

I編 Introduction

(バイオ人工組織・臓器開発の意義と製造技術開発の意義)

1章 医工学の見地から 中村真人

- はじめに：バイオプリンティングと3Dプリンティング
 - バイオプリンティングの背景
 - バイオプリンティングが挑むTissue Engineeringの壁と課題
- バイオプリンティングの構想
 - バイオプリンティングとは？
 - 「機械で臓器を作れるか？」：バイオプリンティング構想の本質
 - バイオプリンティングの特徴
 - Tissue Engineeringの課題への印刷技術による挑戦
- バイオプリンティングの最近の動向
 - 3Dプリンタの大ブームの影響
 - バイオフィアブリケーションの再定義とこれからの方向
- 医工学の見地から
 - 医工学とは？
 - 医工学の特徴
 - 医工学の見地から見たバイオプリンティング 1
 - 医工学の見地から見たバイオプリンティング 2
- まとめ：バイオプリンティングがいつかあなたの生命を救う

2章 産業化の見地から 水谷 学、紀ノ岡正博

- はじめに
- 再生医療における治療法の分類と課題
- 失われた機能を代替する再生医療製品の開発に必要な技術
- バイオ3D組織・臓器におけるスケールアウト型生産方式の可能性
- バイオ3D組織・臓器の製造技術開発の産業的意義
- おわりに

II編 3Dプリンタの医療応用 概要と実際

1章 医学用臓器モデル

- 骨モデル：3次元骨モデル 清徳則雄
 - 概要と背景
 - 用途と種類
 - 機種とコスト
 - まとめ
- 骨モデル(生理作用に基づく骨モデル予想) 久保田省吾、野村和隆、堀口悠介、南郷脩史
 - はじめに
 - 骨の機能
 - 骨組織の獲得
 - 軟骨内骨化
 - 皮質骨と海綿骨
 - 骨リモデリング
 - カルシウム恒常性の維持
 - 力学負荷への適応
 - 骨粗鬆症

- 骨折リスク
 - 骨質
 - MDCTによる骨粗鬆症骨の観察
 - MDCTにより腰椎海綿骨が観察が可能
 - 骨粗鬆症治療経過観察
- 骨折リスク予測
 - 骨密度による予測
 - 石灰化度分布による予測
 - 骨形態変化による予測
 - FRAXによる予測
 - 骨代謝マーカーによる予測
- 有限要素法(FEM)による椎体骨折リスク予測
 - 骨材質
 - 解析モデル、物性値
 - 骨折リスク
 - 結果
- 表面応力均一化法による骨リモデリング予測
 - Image based骨再生シミュレーション
 - 表面応力均一化法と骨吸収・形成カップリングを加味した骨再生シミュレーション
- まとめ
- 心臓モデル：3Dプリント臓器モデル-先天性心疾患への応用 白石 公
 - はじめに
 - 先天性心疾患の診療における超軟質精密心臓レプリカの必要性
 - 3Dプリンティングの基本技術
 - 光造形法と真空注型法の併用によるレプリカ作成
 - 心臓レプリカの問題点
 - 心臓レプリカ：これからの応用
- Computer 支援臓器3次元造形 森 健策
 - はじめに
 - 3Dプリンタによる臓器モデル造形方法
 - 直接造形法ならびに間接造形法
 - 臓器モデル表現方法
 - 3Dプリンタによる臓器モデル造形法
 - 処理の概要
 - 画像読み込み
 - セグメンテーション処理
 - STLフォーマットへの変換
 - 3Dプリンタによる臓器
 - 後加工処理
 - 3Dプリンタで造形された臓器モデルの利点と利用法
 - 3Dプリンタで造形された臓器モデルの利点
 - 3Dプリンタで造形された臓器モデルの利用法
 - おわりに
- バイオ3Dプリンティング 3Dから4Dへ・先端医療への応用 國本桂史
 - はじめに
 - 次元造形(医療における支援システムとしての臓器モデル)
 - 3D臓器モデルについて
 - 臓器モデルの制作プロセス
 - 臓器モデルの3D造形例
 - 高解像3D肺モデルの造形へ

- 5.6 生体間肺移植手術のための術前シミュレーションで使用する超現実感 3D 肺モデルの作製
- 5.7 ダ・ビンチ利用の腫瘍切除手術の術前シミュレーションで利用する 3D 臓器モデルの作成
- 5.8 これからの 3D 臓器モデル利用の展開について
- 6 BIOTEXTURE 生体質感造形技術によるバイオ触感実物大臓器立体モデルを用いた外科手術支援と生体反応シミュレーション教育 **杉本真樹**
 - 6.1 はじめに
 - 6.2 臓器立体モデル造形の臨床的意義
 - 6.3 生体質感造形技術 BIOTEXTURE の原理
 - 6.4 手術支援用 BIOTEXTURE 生体質感臓器モデルの実際
 - 6.5 生体質感臓器立体モデリングの将来展望

2章 人工臓器部品・インプラント用途の製造開発

- 1 整形外科領域におけるカスタムメイドを目指したインプラント開発 **井上貴之**
 - 1.1 はじめに
 - 1.2 三次元プリンターの種類
 - 1.2.1 特徴と用途
 - 1.2.2 樹脂造形
 - 1.2.3 金属造形
 - 1.3 人工股関節用白蓋カップ
 - 1.4 仮想空間からの実体モデル化
 - 1.4.1 医用画像による骨格形状の再構成
 - 1.4.2 術前計画
 - 1.4.3 カスタムメイド計画
 - 1.4.4 造形用データの作成
 - 1.4.5 実体化
 - 1.5 カスタムメイド手術器械
 - 1.6 インプラントへの応用
 - 1.7 今後の展望
- 2 3D プリンティング技術の人工関節分野への応用 **松本政浩、古谷野啓子**
- 3 人工乳房製作に應用した 3D プリンターの應用と課題 **池山紀之**
 - 3.1 はじめに
 - 3.2 現在行っている乳がん用人工乳房の製作方法
 - 3.3 3D プリンターの應用
 - 3.4 3D データの取り方
 - 3.5 3D プリンターによる人工乳房作製方法
 - 3.6 将来の展望
 - 3.7 おわりに

Ⅲ編 再生組織・臓器の製造技術の開発

1章 再生組織・臓器の製造技術の開発（プリンター・装置の開発）

- 1 ディスペンサ **生島直俊**
 - 1.1 はじめに
 - 1.2 ディスペンサ技術理論
 - 1.3 最先端のディスペンサ技術、製品の紹介
 - 1.4 Scaffolding 用 3D プリンター装置の試作開発
 - 1.5 格子状の細胞培養器の試作と評価
 - 1.6 まとめ
- 2 バイオ 3D プリンターを用いた立体構造体の作製と将来的な展望 **中山功一、荒井健一**
 - 2.1 はじめに
 - 2.2 「スキヤフォールドフリー」組織工学について

- 2.2.1 細胞シート法
- 2.2.2 スフェロイド法
- 2.2.3 モールド法
- 2.2.4 新しいスキヤフォールドフリー技術の必要性
- 2.3 バイオ 3D プリンティング法によるスキヤフォールドフリー組織構造体の作製
 - 2.3.1 「Oreganovo」社のバイオ 3D プリンタについて
 - 2.3.2 バイオ 3D プリンタの開発
 - 2.3.3 バイオ 3D プリンターを用いた細胞構造体の作製
 - 2.3.4 臨床応用する為のバイオ 3D プリンタの今後の展望
- 2.4 おわりに
- 3 細胞シート工学を基盤とした革新的立体臓器製造技術の開発 **粕谷有造、清水達也**
 - 3.1 はじめに
 - 3.2 温度差応答性細胞培養表面に基づく細胞シート工学
 - 3.3 細胞シートの積層化による 3 次元組織の構築
 - 3.4 おわりに
- 4 組織内細胞挙動を理解し複雑組織設計に活かすための培養・解析雛型として積層細胞シート **長森英二**
- 5 3次元組織生産のためのバイオファブリケーション技術とその応用展開 **岩永進太郎、竹内昌治**
 - 5.1 はじめに
 - 5.2 3次元組織作製へ向けた細胞操作技術
 - 5.3 機能的組織の作製およびその応用展開
 - 5.4 おわりに

2章 人工血管・人工弁の開発

- 1 細胞の自己集合化による 3 次元組織体の作製 **岩井良輔、中山泰秀**
 - 1.1 はじめに
 - 1.2 基盤技術の開発
 - 1.2.1 細胞の自己集合化誘導表面
 - 1.2.2 3次元細胞組織体のサイズと形状の制御
 - 1.2.3 3次元細胞組織体の積層構造化
 - 1.3 応用研究例 1
 - 1.3.1 再生医療への取り組み
 - 1.3.2 気管様組織体の作製
 - 1.3.3 血管壁の再生
 - 1.4 応用研究例 2
 - 1.4.1 創薬薬効／毒性試験系への取り組み
 - 1.4.2 創薬ハイスループットスクリーニングの支援技術
 - 1.4.3 異種細胞混合スフェロイドの作製
 - 1.5 おわりに
- 2 脱細胞化組織にを用いた腱索機能を有する人工増弁の開発 **岩崎清隆**
 - 2.1 はじめに
 - 2.2 脱細胞化組織を用いた Normo 弁
 - 2.3 ヒト左心室モデルを用いた Normo 弁の機能性評価法の開発
 - 2.4 まとめ
- 3章 立体心筋組織体の創成 **松崎典弥、明石 満**
 - 1 はじめに
 - 2 立体組織構築の手法
 - 3 細胞プリントの現状と課題
 - 4 細胞積層法による 3 次元積層組織の構築と組織モデル

への応用

- 5 細胞集積法による3次元組織の短期構築と血管網・リンパ管網の導入
- 6 附属器を有するヒト皮膚モデルへの応用
- 7 インクジェットプリントによる三次元肝組織チップの創製と薬剤毒性評価
- 8 心筋細胞へ適用可能な細胞コート法（濾過 LbL 法）
- 9 同期拍動する三次元ヒト iPC-CM 組織体の構築
- 10 毛細血管様ネットワークを有する三次元ヒト iPC-CM 組織体の構築と薬剤評価への応用
- 11 おわりに

4章 その他の組織・臓器の開発 大橋一夫

- 1 はじめに
- 2 肝臓の微細構造ユニット
- 3 肝細胞の酸素要求性による肝組織工学の課題
- 4 肝微細構造ユニット模倣の重要性と肝組織機能維持
- 5 培養下における肝細胞索類似構築を目指す技術開発
- 6 非実質細胞を用いた短期肝細胞シート作製
- 7 肝細胞索模倣作製肝組織の生体内 3D 立体化
- 8 膝島組織工学による糖尿病治療への応用
- 9 臓器表面への細胞配置による再生医療展開
- 10 おわりに

IV編 ファクトリー化

1章 産業化とファクトリー化 長森英二

- 1 はじめに
- 2 動物細胞の大量調整技術
- 3 ヒト iPS 細胞の大量調整技術
- 4 おわりに まとめと今後の展開

2章 人体移植できる皮膚・骨格・関節などを量産する技術 金澤三四朗、藤原夕子、疋田温彦、菅野勇樹、西條英人、鄭雄一、星 和人、高戸 毅

- 1 はじめに
- 2 顎顔面領域における 3D プリンタを用いた再生骨の製造技術の開発
 - 2.1 3D プリンタを用いたカスタムメイド型人工骨の研究開発と臨床応用
 - 2.2 バイオ 3D プリンタを用いた再生骨作製技術の研究開発
- 3 皮膚、粘膜における創傷被覆組織の製造技術の開発
 - 3.1 創傷被覆材の歴史
 - 3.2 新たなバイオ 3D プリンタを用いた創傷被覆組織作

製技術の研究開発

- 4 膝関節における再生膝関節の製造技術の開発
 - 4.1 膝関節再建の歴史と現状
 - 4.2 バイオ 3D プリンタを用いた再生関節作製技術の研究開発
- 5 おわりに

V編 バイオ 3D プリンター業界の最新トピック CMC リサーチ調査部

- 1 概要
- 2 3D プリンターを活用するバイオ・医療関連業界の動向
- 3 NEDO の動向
- 4 医療・ヘルスケアメーカーの動向
 - 4.1 ネクスト 21
 - 4.2 Align Technology (米国)
 - 4.3 Organovo (米国)
 - 4.4 JMC
 - 4.5 帝人ナカシマメディカル
 - 4.6 八十島プロシード
 - 4.7 NTT データエンジニアリングシステムズ
 - 4.8 名古屋市立大学
 - 4.9 ジンマーバイオメット
 - 4.10 SHC デザイン
 - 4.11 国立循環器病研究センター研究所
 - 4.12 武藤工業
 - 4.13 京都大学
 - 4.14 富士フイルム
 - 4.15 東京大学
 - 4.16 サイフューズ
 - 4.17 佐賀大学
 - 4.18 3DSystems (米国)
 - 4.19 Pandorum Technologies (インド)
 - 4.20 山形大学
 - 4.21 イクシー
 - 4.22 Tevido (米国)
 - 4.23 ApreciaPharmaceutical (米国)
 - 4.24 大日本印刷
 - 4.25 ソニー
 - 4.26 L' Oéal (フランス)
 - 4.27 大阪大学
 - 4.28 マサチューセッツ工科大学 (米国)
 - 4.29 デザインココ
 - 4.30 BioBots (米国)