

人体シミュレータ開発の提案

理化学研究所
情報基盤センター
姫野龍太郎

プロジェクト全体の現状と課題

現状

- 分野ごと、それぞれで研究を深めた
- 基礎・応用・実用という状況もそれぞれ
- 計算だけでなく測定器・測定方法も開発した

問題点

- 互いの関連性に欠ける

次期プロジェクトでは

- 互いに関連し、統一したものに
- 基礎開発・応用・計測技術開発に分ける

第2期プロジェクトの提案

- 人体シミュレータ: Live Human Simulator
 - 筋骨格モデルに人体の全ての臓器・器官を加え、呼吸し、心臓が動き、運動するマクロモデルを作る
 - 手術シミュレーション
 - 姿勢変化による体内の変化
 - エコノミークラス症候群、床ずれ防止
 - 血圧計の改良
 - 運動による変化
 - リハビリ・介助用品・補助具
 - 体内の臓器が全てあるので、HIFU・重粒子放射線治療による癌治療が可能
 - HIFU: high intensity focused ultrasound
 - 非侵襲の測定器の開発(超音波CT)
 - Drug delivery system

第2期は人体シミュレータを目指す

- 統合化された人体シミュレータ
 - 組織 器官 全身のスケールにおける個々の要素技術開発
 - 各スケール間の物理をつなぐモデリング(東大松本教授)
 - メタコンピューティング利用シミュレーション
 - 理研の他の成果も受け入れる受け皿となる
- 具体的な臨床アプリケーションへの適用 ~ 死亡原因の上位疾患
 - がん・腫瘍
 - 循環器系疾患

人体シミュレータの波及効果

- 医療シミュレーションサービス
 - 巨大な計算機リソースを必要とするシミュレーションのサービス
(臓器毎のモデルなどサブモデルを統合する全体シミュレーション)
- 医療機器産業
 - MRI・CTなどにシミュレーションソフトも組み込んだり、高性能計算機を組み込んだ装置の開発が可能。(MRIは数億円の機器だが、日本で数千台も普及)
 - MRIでの短時間に時系列データの測定が可能に(シミュレーションによるデータ再構成)
 - 手術シミュレータ(事前練習装置)や手術援助装置の開発
- 病院・健康診断・ケアセンターへの普及
 - 測定・治療用機器の普及
- 予防医療へのシフト
 - 負担の少ない検査と人体シミュレータの予測により、病気を予防する
 - 故障しにくいスポーツトレーニング
- 椅子・ベッド・衣服・スポーツウェアなどの改良

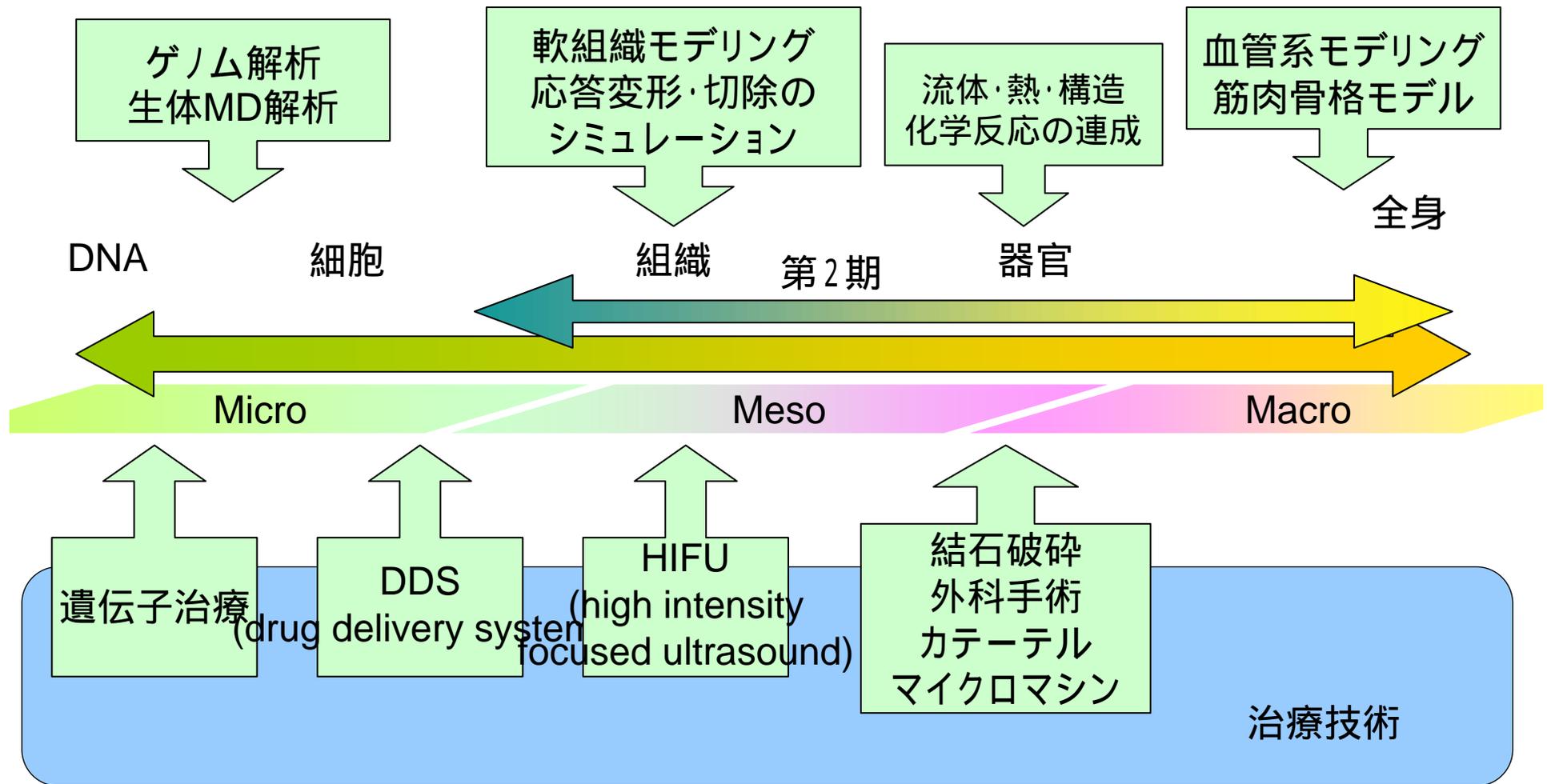
臨床アプリケーション - 腫瘍系疾患

- HIFU (High-Intensity Focused Ultrasound)
 - 超音波デバイスを利用して腫瘍位置を検出し、拍動で動く目標をトラッキングしながら加熱凝固
- DDS (Drug Delivery System)
 - 肺吸入または血管注入した薬剤をトレースし、目標部位に到達したところで、超音波照射により、薬剤の皮膜を破壊し内部の薬を放出

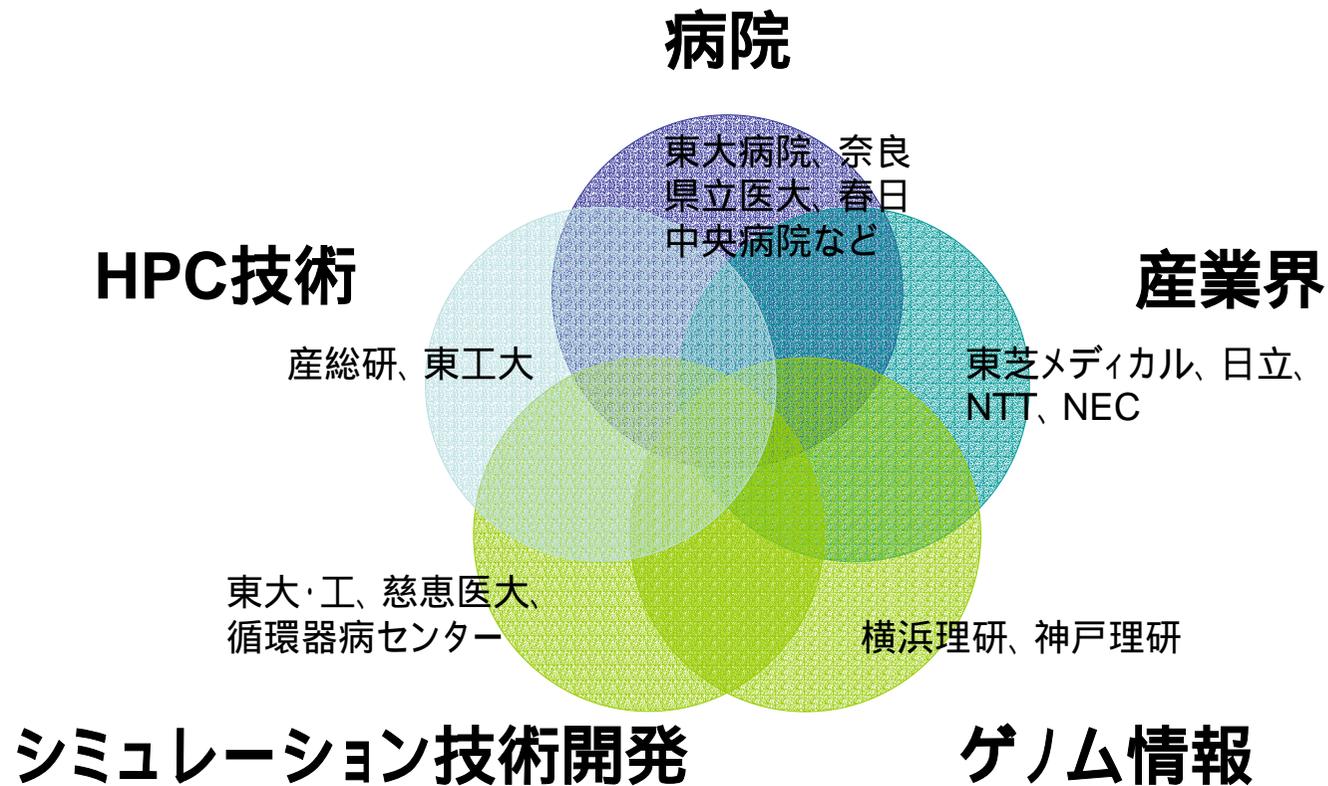
マルチスケール・バイオメカニクス

- 細胞～組織～器官～全身の様々なスケールにわたる生体ダイナミクス
 - 個々のスケールの解析により得られる事実と、各スケール間をつなぐ因果関係をモデル化し体系づけることにより、医療知識を構造化
 - マルチスケール解析により、将来DNAレベルの情報や分子レベルの薬の構造がどのように組織や循環器系へ作用するかを解明
- HPC技術の援用
 - マルチスケールのシミュレーションには、様々な特性を持つ解法プログラムが必要になり、これらはヘテロな計算機環境を有効活用しなければならない
 - シミュレーションには、個々の患者のデータを使用

マルチスケール人体シミュレータ構想



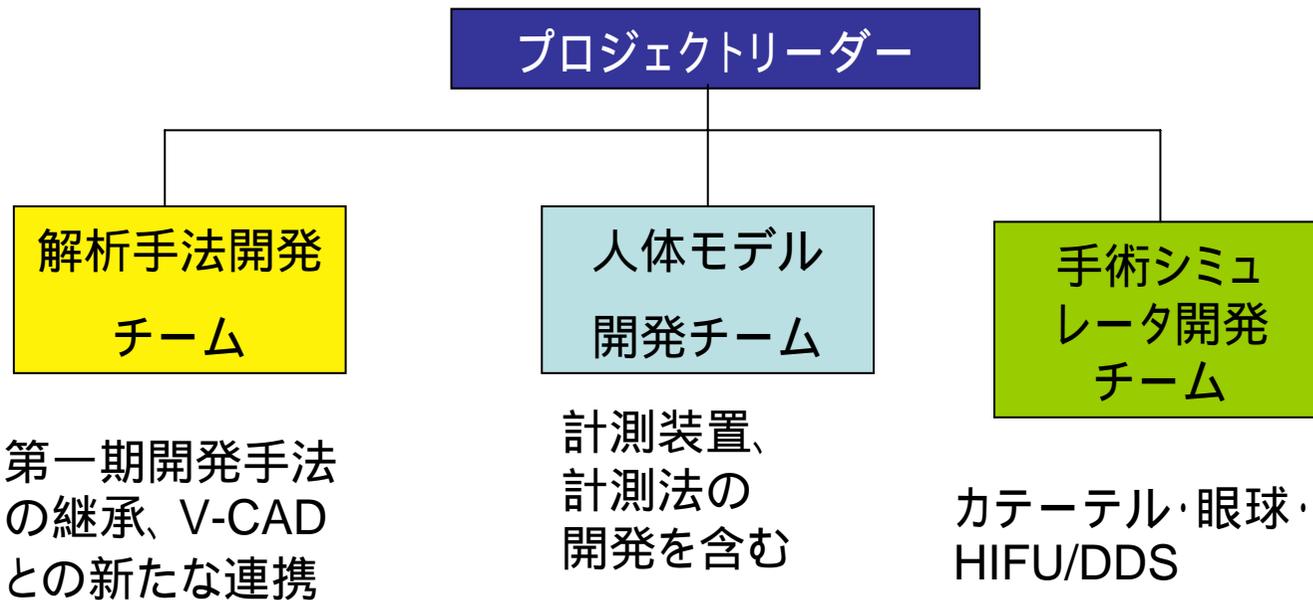
外部との連携

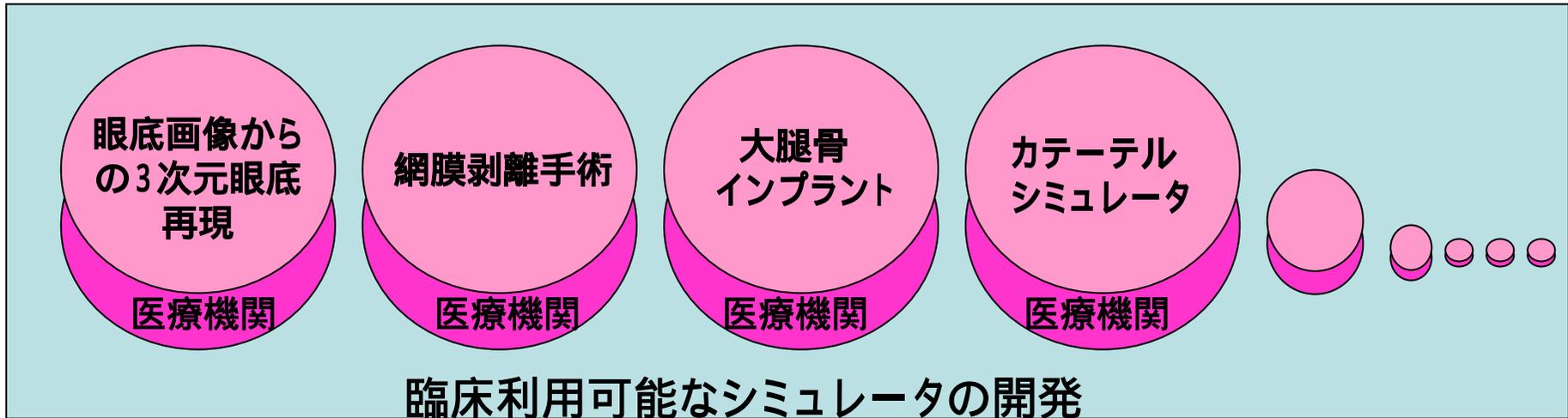
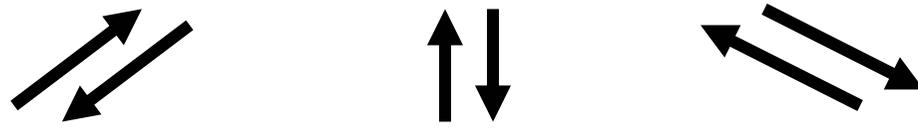
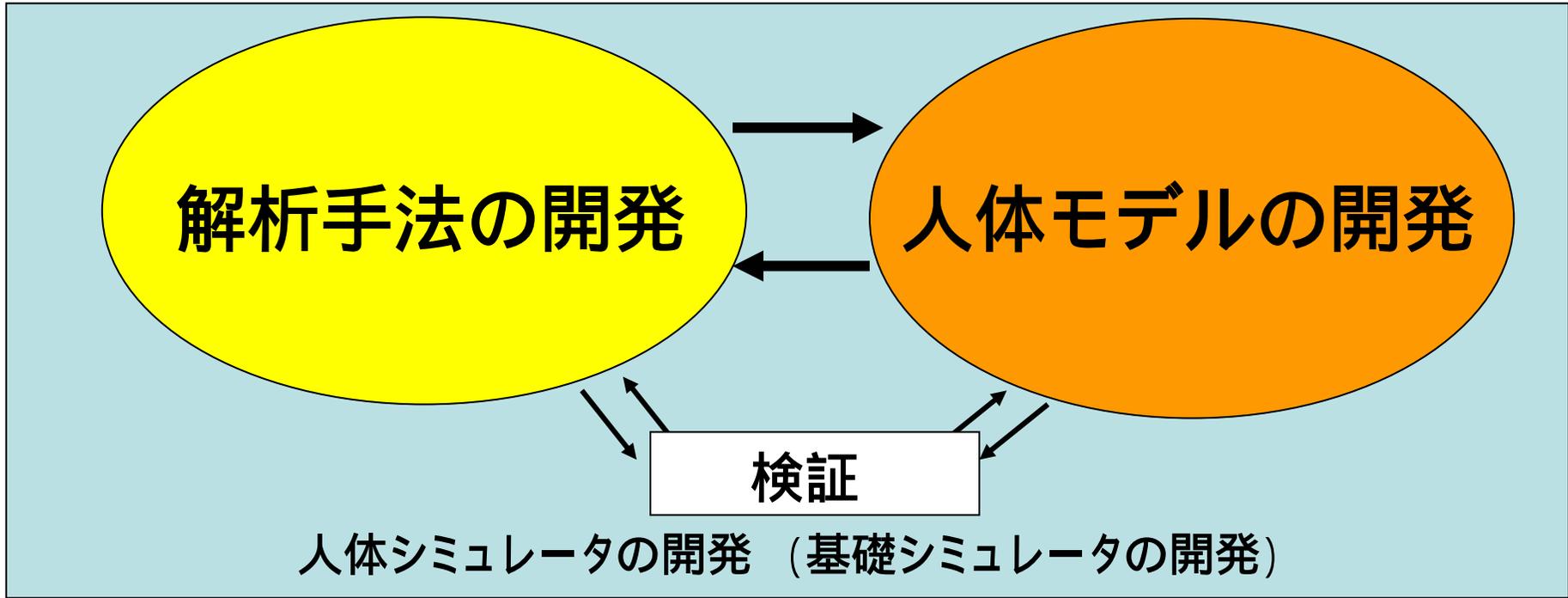


理研の役割

- マクロモデルの開発提供
 - 異機種並列計算による連携部分開発
 - 計測器などをメーカーと協力分担開発
 - 実証システムの開発
-
- 実際の臨床応用については医療機関側

研究体制

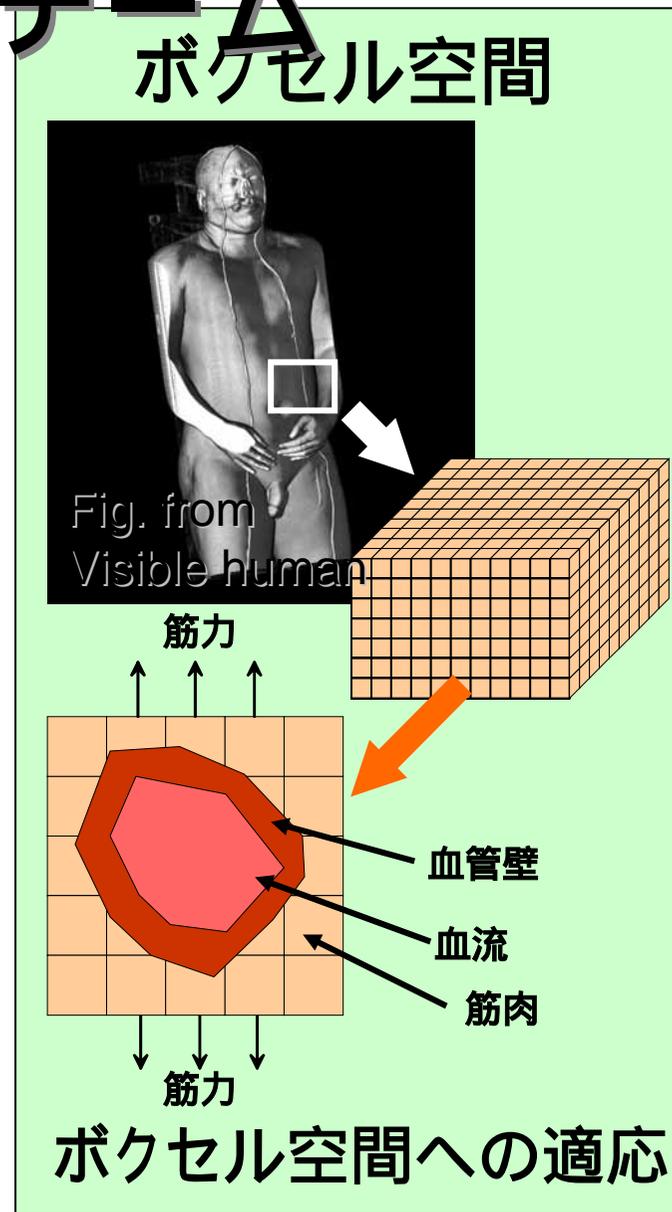
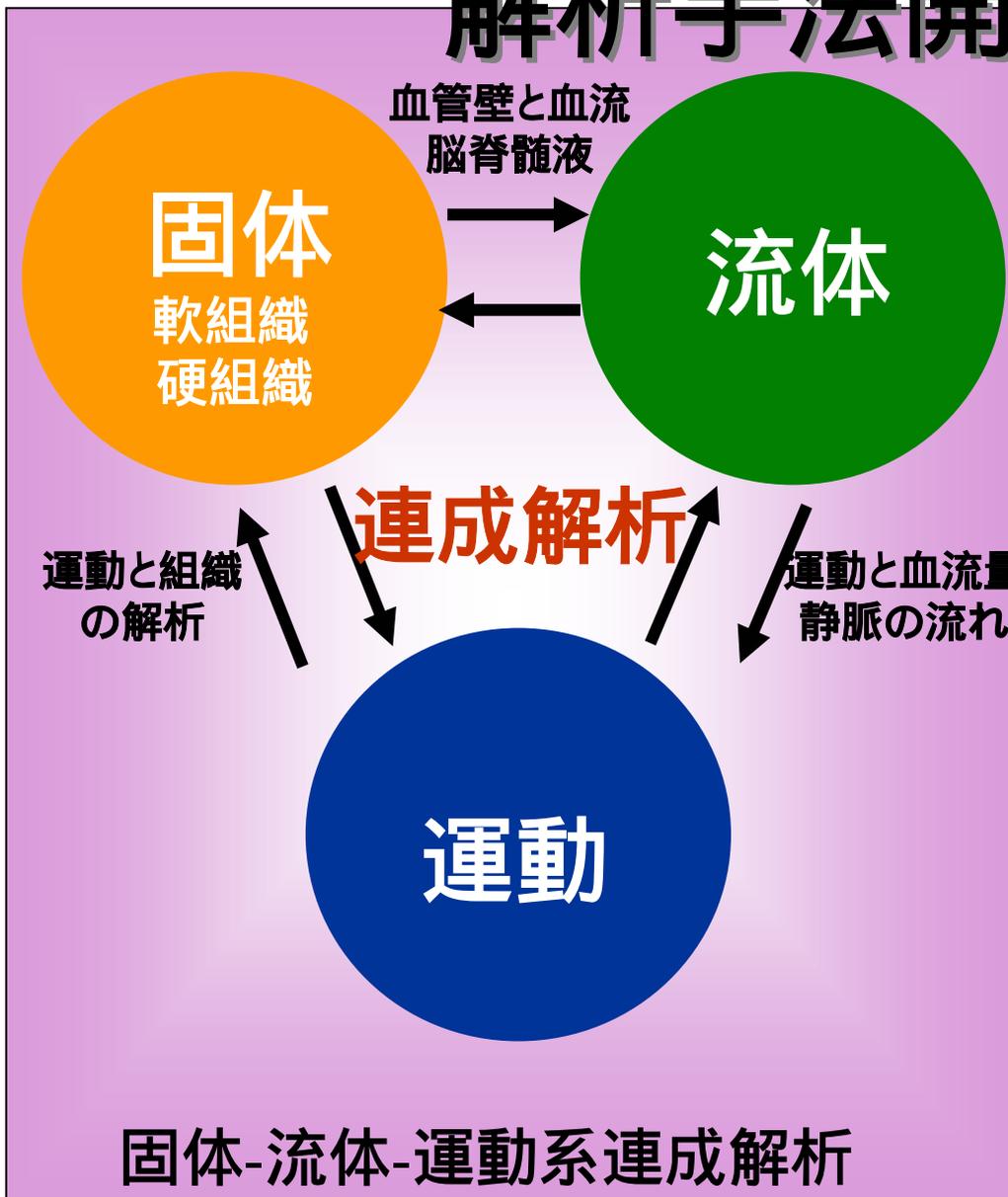




2004/4/15

生体力学シミュレーション研究第2期全体計画

解析手法開発チーム



人体モデル開発チーム

撮影方法の開発

高速MRI
超音波3Dエコー
走行時の動作測定装置の開発
フォースプレート付トレッドミル
3D動作解析ソフト

人体全身の撮影
間接の動きのある測定
動きのある臓器の測定
走行時のフォームの測定

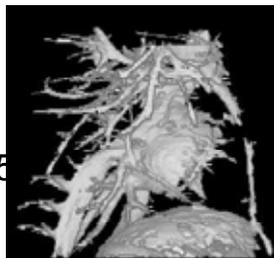
人体構造情報の収集

測定方法の開発

超音波による弾性率
弾性率CTの開発
走行時の心電・筋電測定装置の開発

摘出臓器の引っ張り試験
弾性率の測定
HIFUのための人体測定
走行時の脚部にかかる力の測定
走行時の心臓・血流の測定

力学的特性の収集

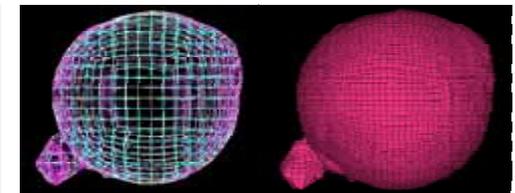


メッシュモデル作成法の開発

画像処理法の開発
3次元エディタの開発
メッシュの開発

全身モデル
個別モデル
詳細臓器モデル

人体モデルの開発



2004/4/15

解析手法開発チーム

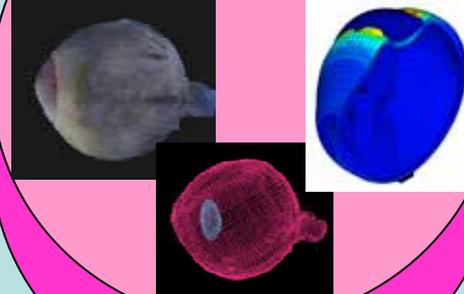
人体モデル開発チーム

眼底画像からの
3次元眼底構築装置



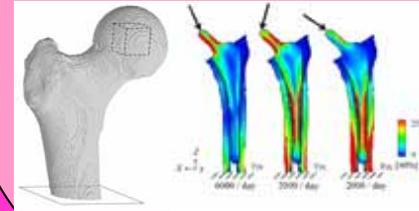
医療機関

網膜剥離手術の
手術前シミュレータ



医療機関

大腿骨インプラントの
選定シミュレータ



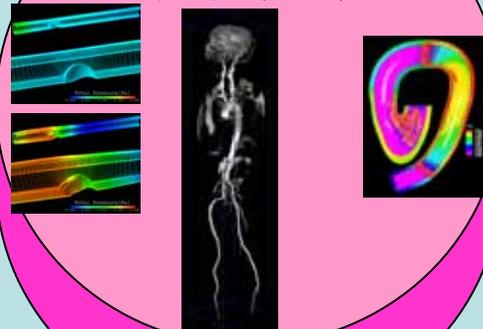
医療機関

カテーテル手術
シミュレータ



医療機関

深部静脈血栓症
シミュレータ



医療機関

マラソン
シミュレータ



医療機関

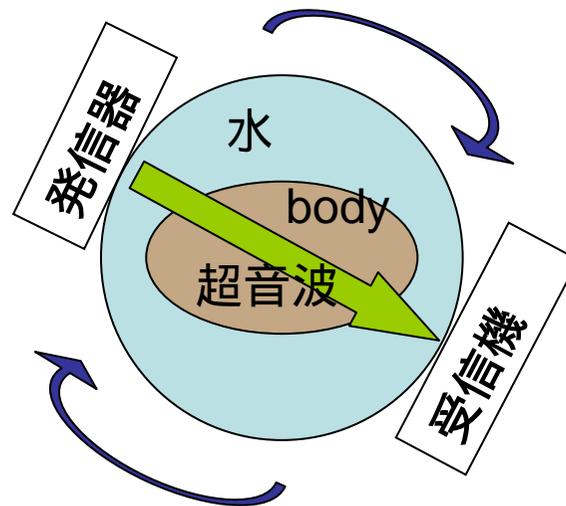
HIFU

DDS

手術シミュレータ開発チーム

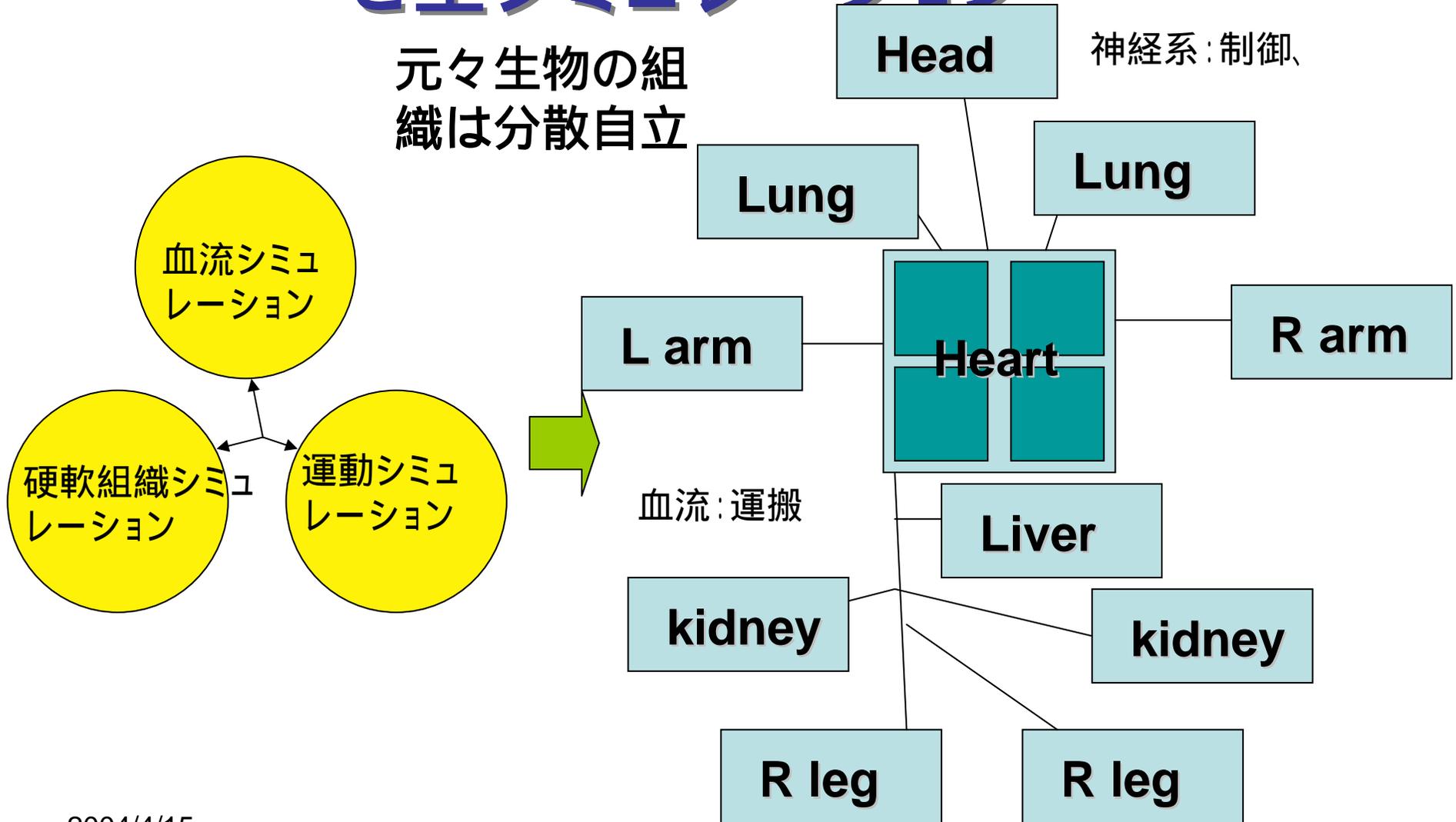
Alive Human Diagnosis

- 超音波による生体特性測定システムの開発
 - 超音波透過・反射率・弾性率を計測する超音波CT



分散コンピューティング と全シミュレーション

元々生物の組織は分散自立



計算機能力と計算可能な事象

- 現在: 1mmの立方体で人体を表現
 - 人の体積: $7 \times 10^7 \text{mm}^3$
 - メモリー量: $3 \times 10^9 \text{B}$ (3GB)
 - これでは膜や細い血管は無理
- 近々: 0.1mmの立方体で人体を表現
 - メモリー量: $3 \times 10^{12} \text{B}$ (3TB)
 - これでも膜や毛細血管は無理
- 必要なこと: 0.01mmの立方体で人体を表現
 - メモリー量: $3 \times 10^{15} \text{B}$ (3PB)
 - これで膜や毛細血管も可能に

全体年次計画概略

| | 1年目 | 2年目 | 3年目 | 4年目 | 5年目 |
|----------------|------------------|-----|--------------------|----------|-----|
| 解析手法 開発チーム | 基本モデル VCADベース | | 準静的 | 動的 検証 | |
| 人体モデル 開発チーム | 標準モデル1体 | | 個別モデル3体 臓器詳細モデル | | |
| 手術シミュ レータ開発 | 1期の成果から | | 準静的シミュレータ | 動的シミュレータ | |