

3Dフォーラム 第117回研究会「医療と3D」

患者特異型手術シミュレータ

三菱プレジジョン株式会社

長坂 学

会社概要(シミュレータ事業)



フライトシミュレータ



トレインシミュレータ

医用シミュレータの開発



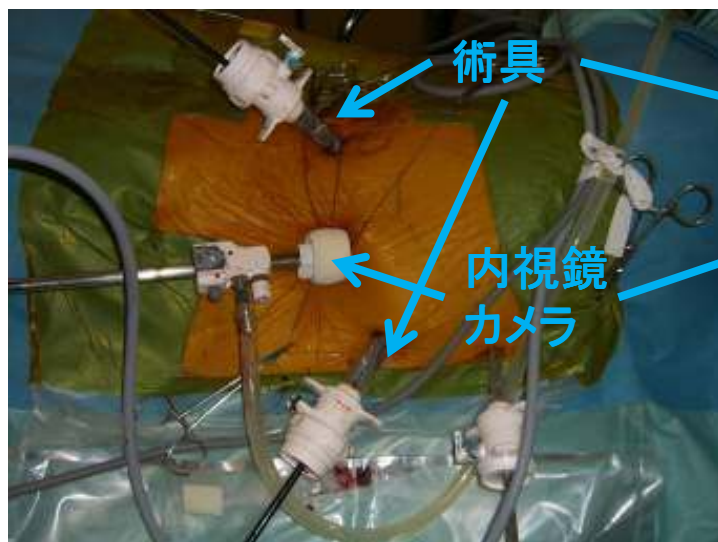
二輪車シミュレータ



ドライビングシミュレータ

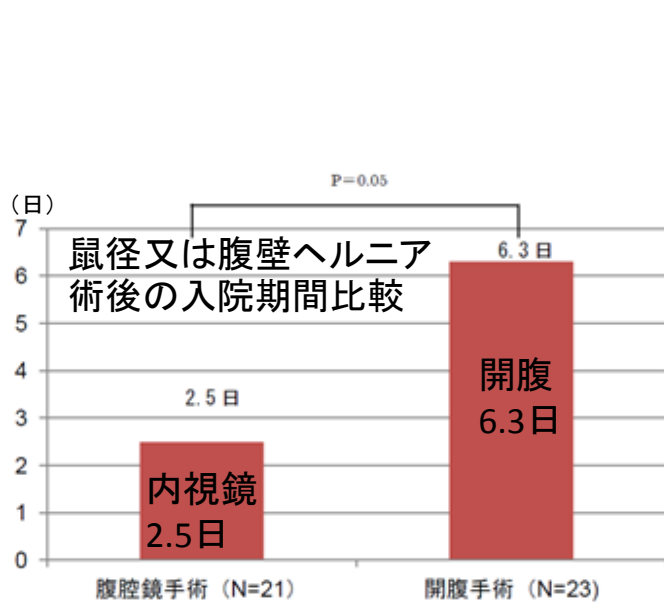
内視鏡手術とは

腹部に数箇所切開創を開け、内視鏡カメラ、術具を挿入し、カメラ映像を見ながら手術する。

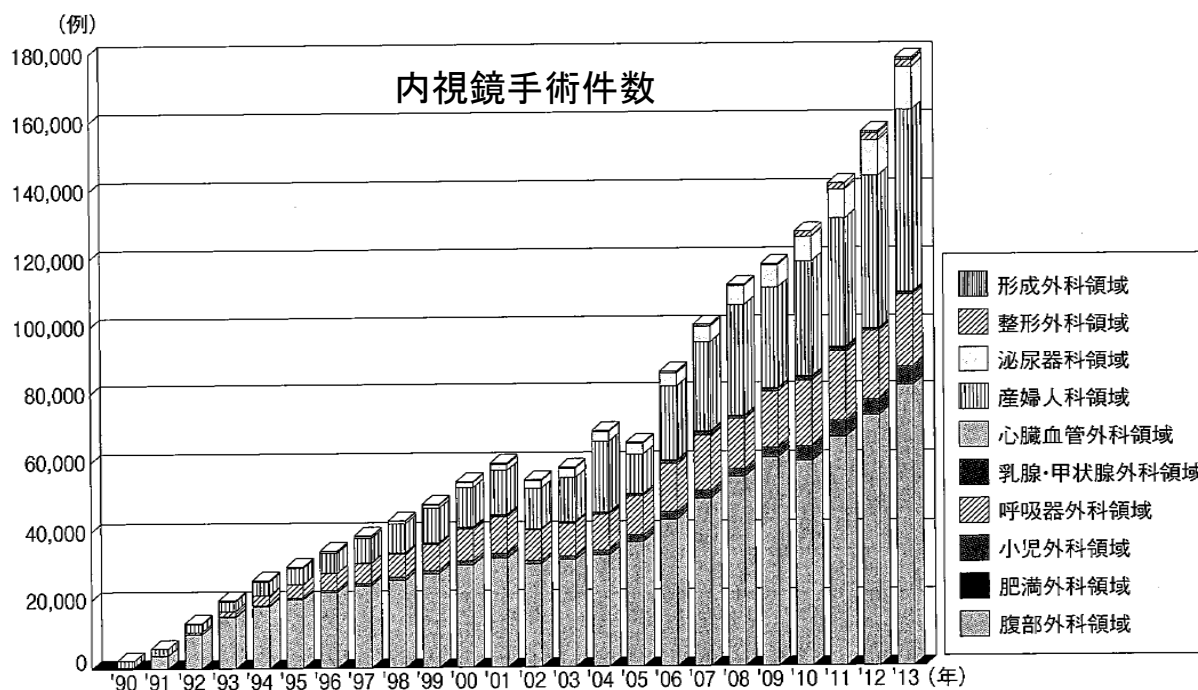


内視鏡手術とは

◎患者にとっては手術創が小さく、負担が軽い
 ! 近年、内視鏡手術が急速に普及しており、
 医師の育成は急務



出典: Laparoscopic versus open surgical techniques for ventral or incisional hernia repair(Cochrane Library)



出展: 日本内視鏡外科学会雑誌2014年9月号 (Vol.19, No.5)

内視鏡下手術とは

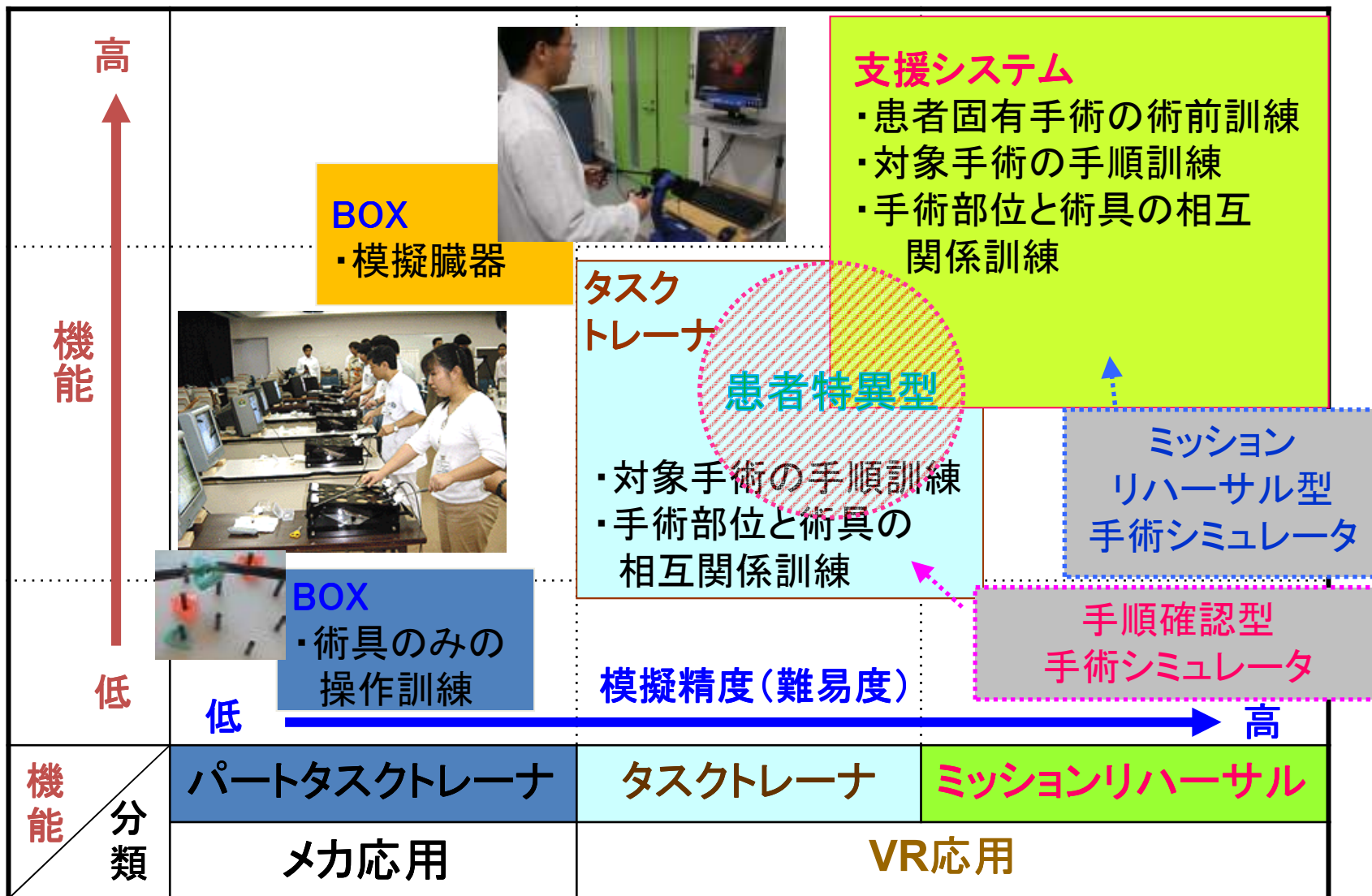
- 医師に対して、高度な技量を要求
 - 臓器(3D)を2Dモニタで把握・処理
 - 術具の取り扱いが逆操作(挿入口を支点とした、槌子の動き)
 - 限られたワークスペース・微細な操作
 - 患者・症例(疾患臓器)は多種多様

手術教育・訓練方法

- 机上での勉強：解剖・手術ビデオ
- 手術見学・指導下での執刀(OJT)・ビデオ反省会
- 動物・死体を使用したトレーニング
 - 実践的なトレーニング
 - 日常的实施は困難(コスト、倫理的問題)
- シミュレータを使用したトレーニング
 - 日常的にトレーニングできる
 - 多様な種類がある
 - 実際では難しい体験(危険、稀症例)

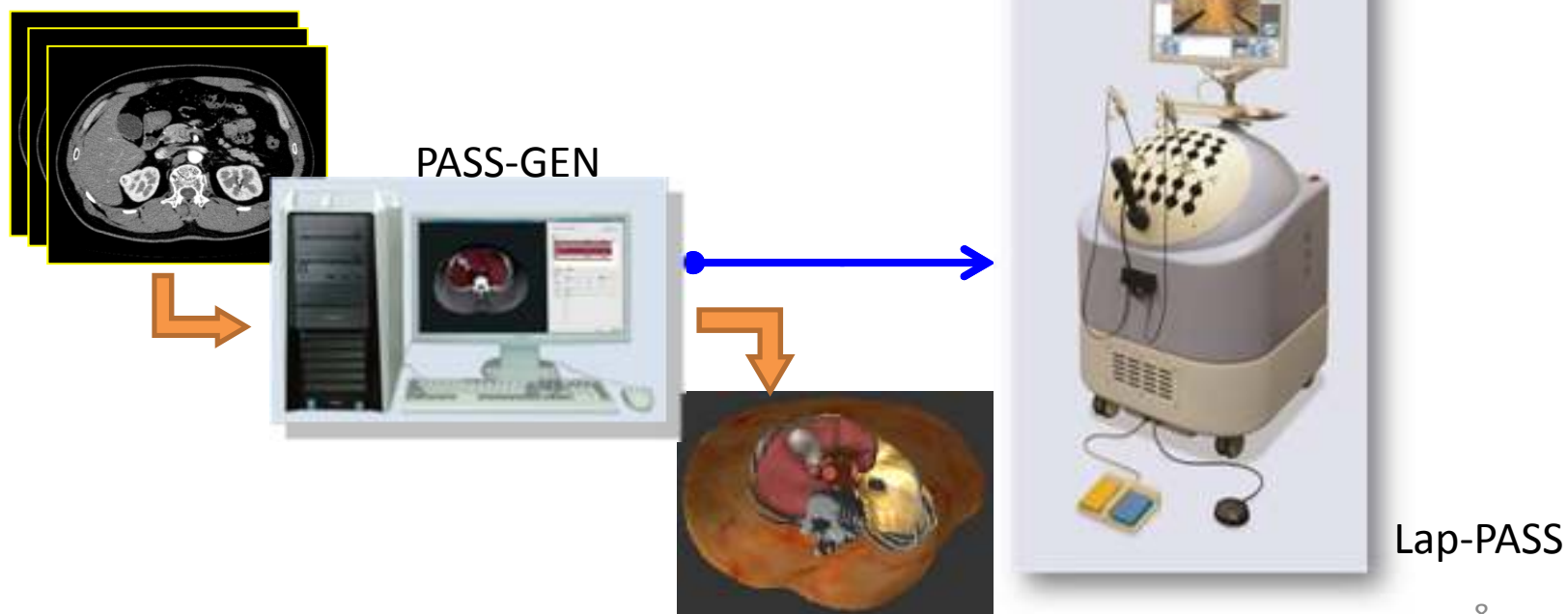
手術高度化に伴い
OJT以外の
トレーニングが重要！

トレーニング用シミュレータ



患者特異型手術シミュレータ

- CT/MRI医用画像データを取り込み、半自動でシミュレーションモデルを生成
- 生成したモデルデータをシミュレータ本体に転送し、仮想手術を実現



患者特異型手術シミュレータ

■対象となる医師のスキル別に次の効果を得られる

初心者

- 基本動作の習得
- 手術手順の理解

習得途上者

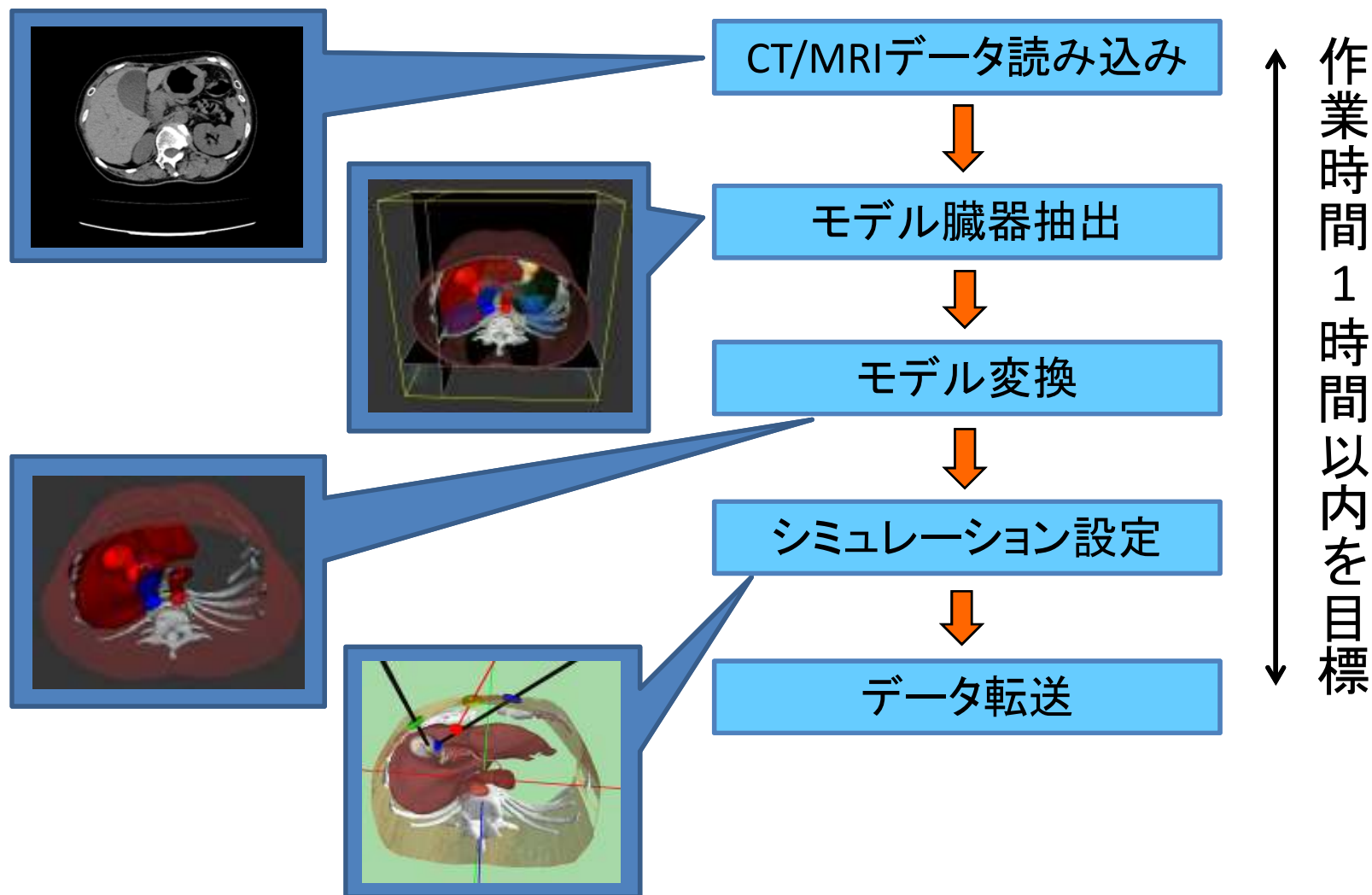
- 主要血管の走行を把握し、最適な処理方法について反復練習
- 様々な症例(腫瘍の位置、大きさ)に対する経験の積み上げ
- 血管損傷に対する止血訓練

熟練者

- はじめて行う術式の術前訓練
- はじめて遭遇する稀な解剖症例の術前訓練

生体モデルデータ (PASS-GEN)

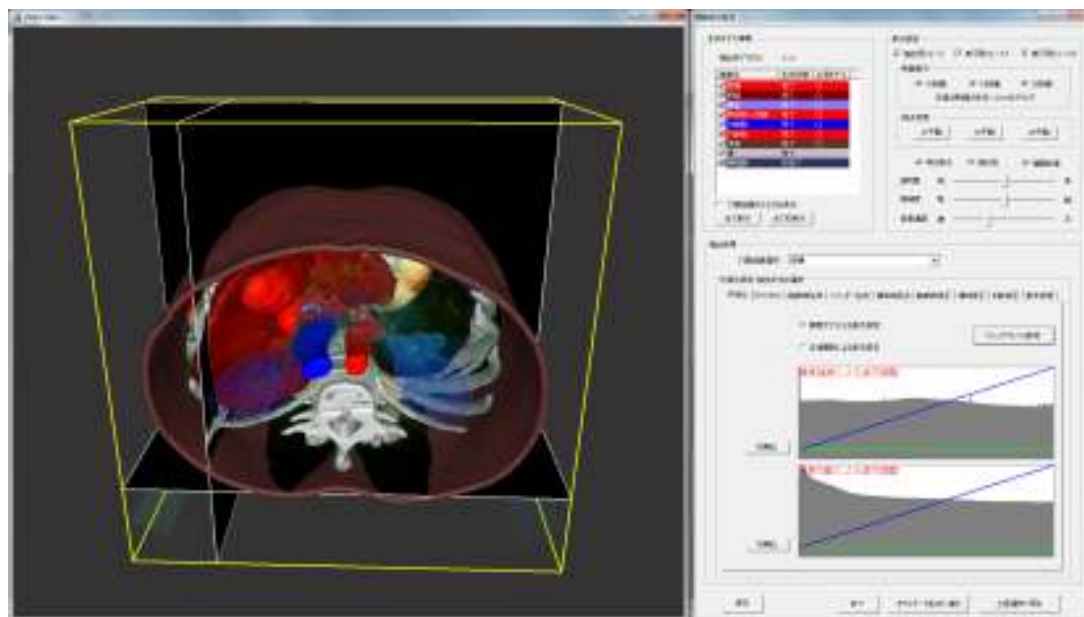
CT/MRIを取込み、シミュレータモデルデータを作成



モデル臓器抽出

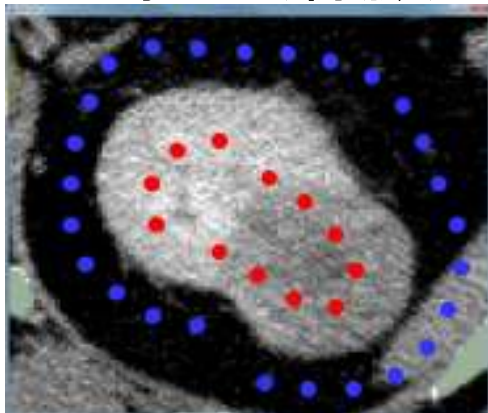
- CT/MRIから対象となる臓器形状を抽出
- **医師の簡単な入力**を基にした画像処理
理化学研究所殿との共同研究開発

- グラフカットアルゴリズム
- 領域成長法
- シリンダ生成
- 輪郭抽出
- 手動修正

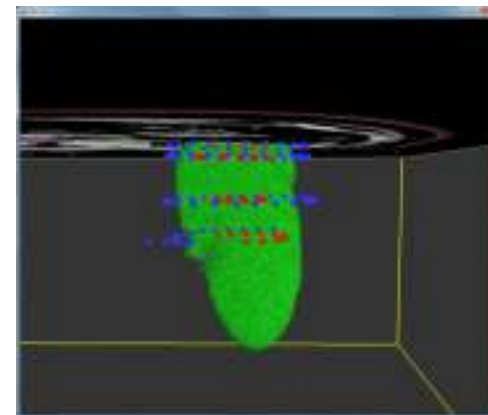


モデル臓器抽出

□ 領域指定による抽出(腎臓)



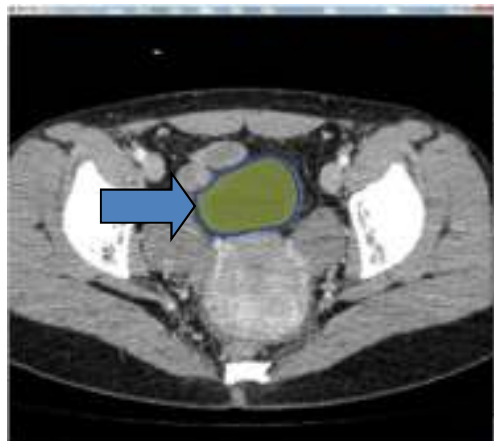
Graph Cut
→



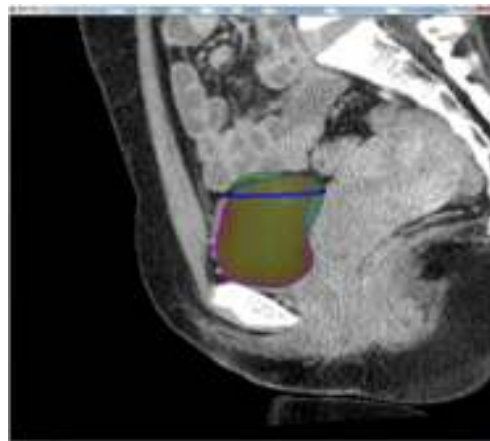
教師点(赤/青)を指定

抽出結果

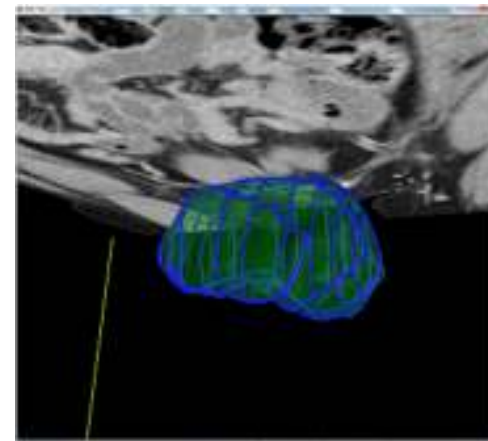
□ 輪郭入力による抽出(膀胱)



膀胱の輪郭を入力



他の断面から輪郭を入力



抽出結果

モデル変換

■ 訓練シーンにおける組織状態再現

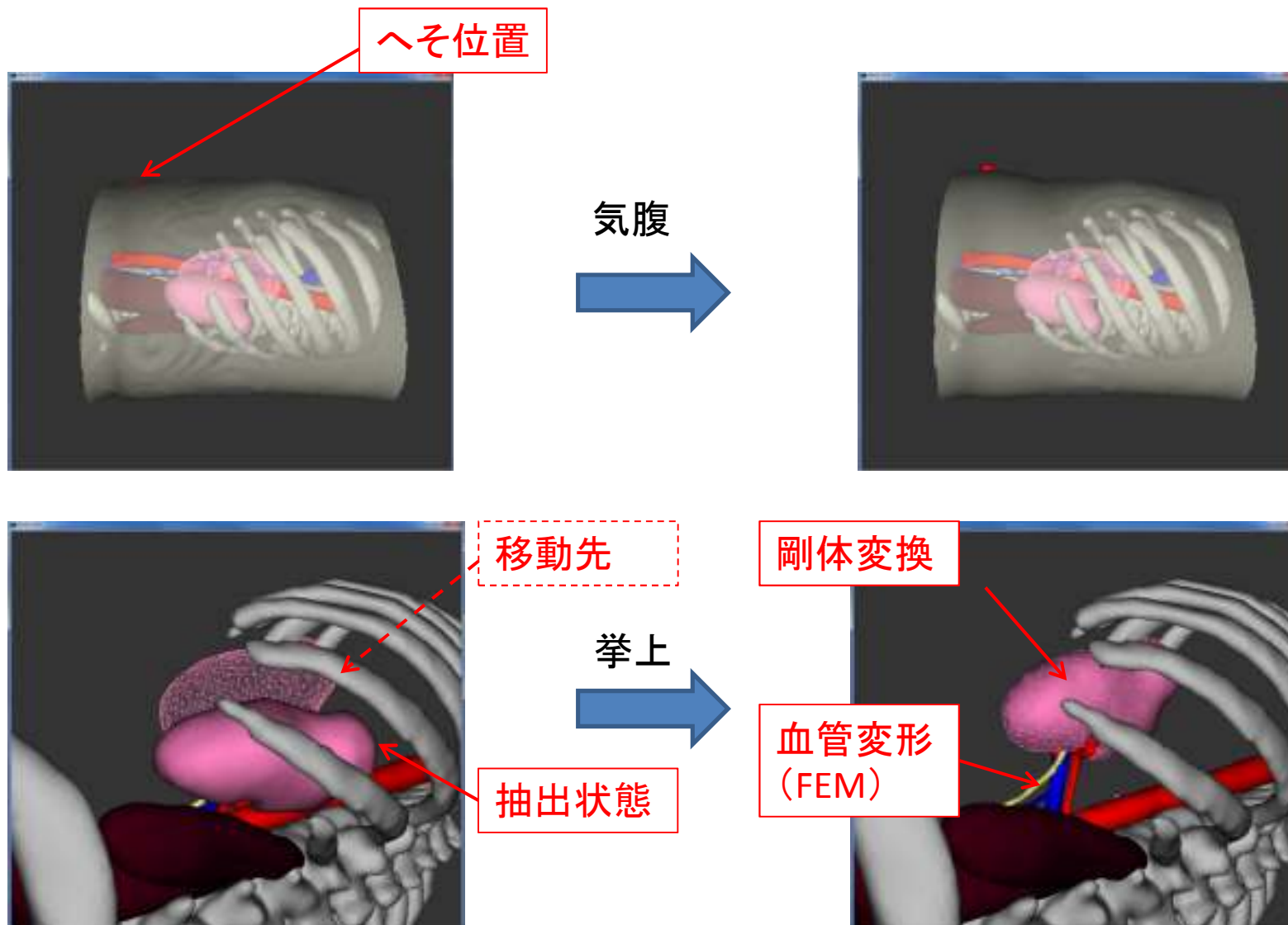
a. 気腹状態

- 炭酸ガスによる腹部の膨張を模擬
- 術式毎に変形量を規定する
- 気腹圧を用いた計算は行わない簡易的な模擬
- へそ位置を自動推定して気腹の中心の目安とする
- 骨周辺の変形量は抑制する

b. 臓器移動状態

- 助手による臓器操作(挙上)を模擬する
- 術式毎に規定した位置姿勢に臓器を移動する
- 接続している血管は、臓器の移動に伴う変形をシミュレーションする

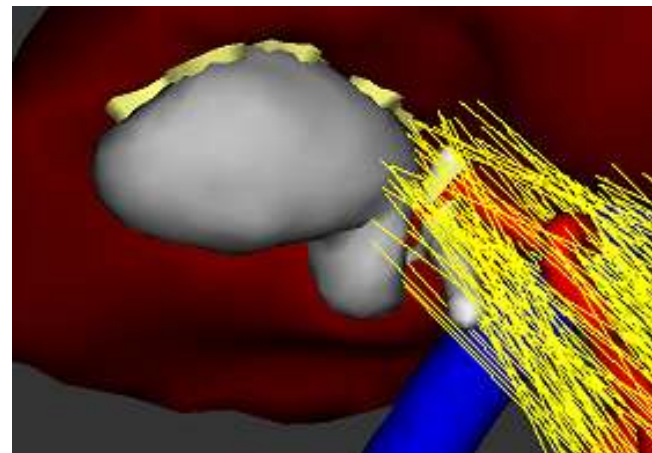
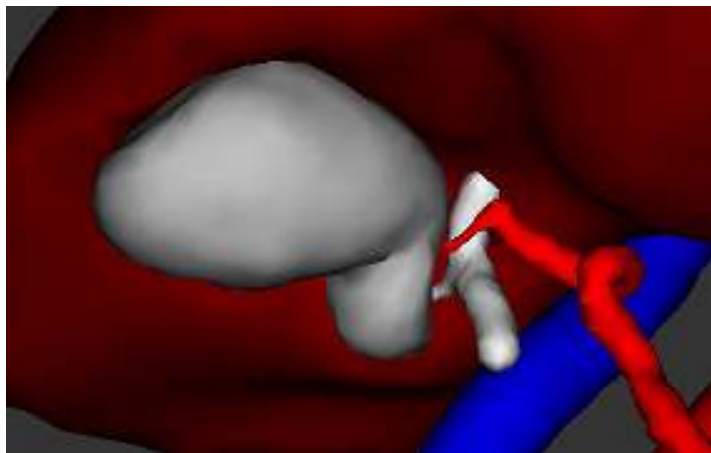
訓練シーンにおける組織状態再現



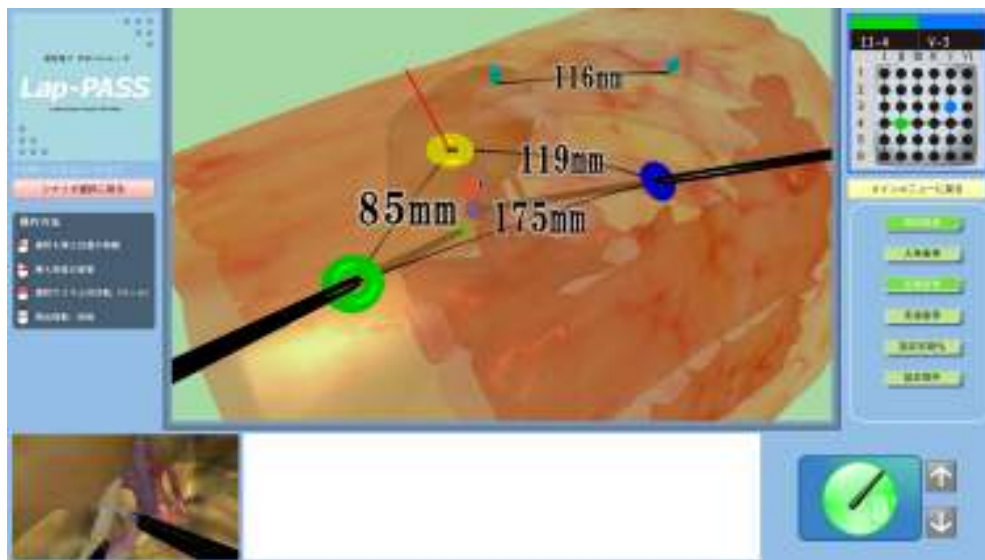
モデル変換

■ 医学的知見に基づく撮像不可組織の構築

CTに写らない結合組織等は、医学的知見に基づき、抽出臓器の解剖学的構造から、自動的にモデル生成・付与



シミュレーション設定

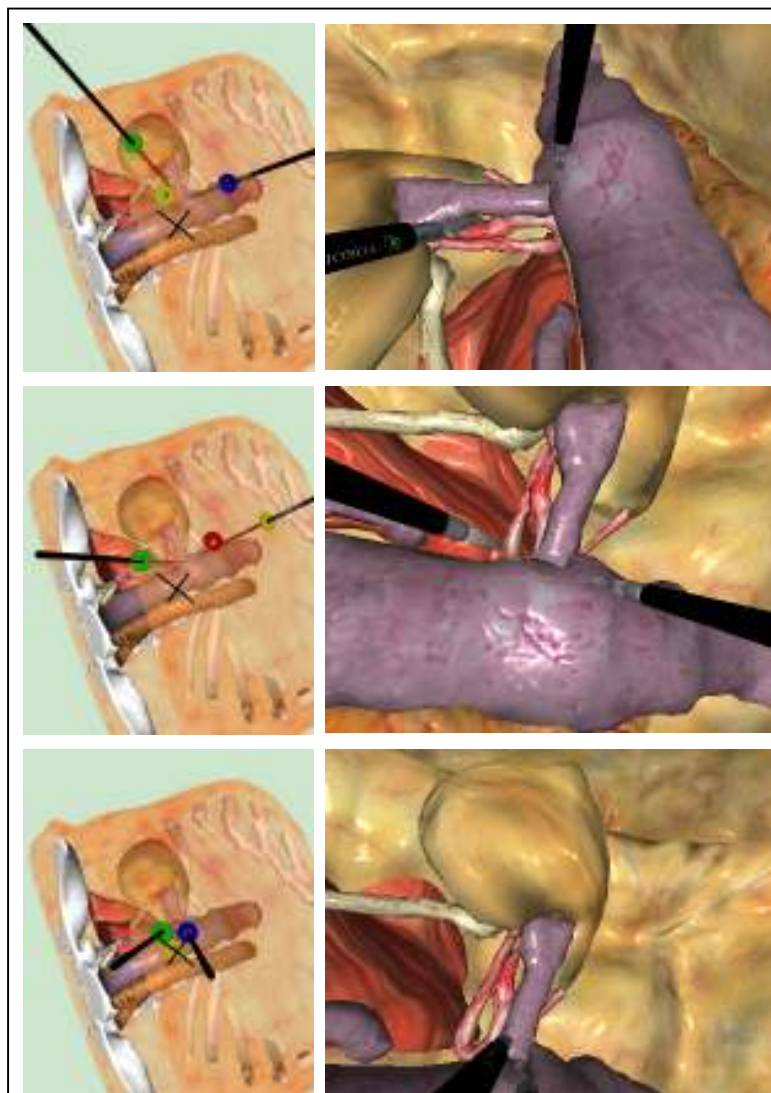


トロッカーシミュレーション

術具の挿入位置(トロッカー)が、手術の操作性に大きく影響

【腎臓摘出手術例】

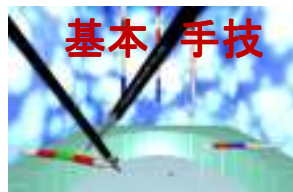
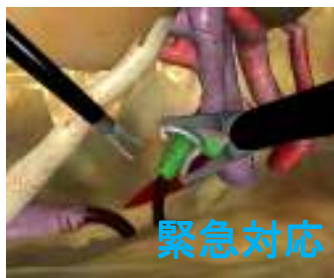
- 腎臓周辺を表示
- 腎臓は手術実施時の位置へ移動済み
- トロッカーマーク表示
 - 赤: 腹腔鏡 黄: 左手術具 青: 右手術具
- トロッカー間の距離を表示
- 左下画像は腹腔鏡からの視界を示す



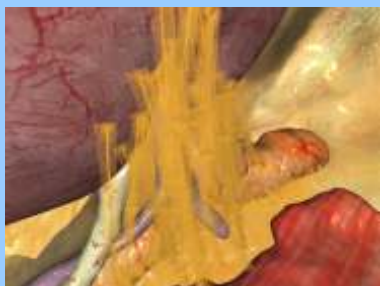
術具とカメラの位置関係

手術シミュレータ (Lap-PASS)

- 横浜市立大学医学部との共同研究
開発(国産初！)
- PASS-GENで作成した臓器モデルを
取り込み手術できるVRシミュレータ
- 実手術に即した操作インターフェース
 - 触覚の再現
 - トロッカー位置の検討・調整
- 多彩なアプリケーション
 - 基本手技訓練
 - 手術手技訓練
 - 緊急対応訓練



手術シミュレーション



初期状態



リンパ剥離



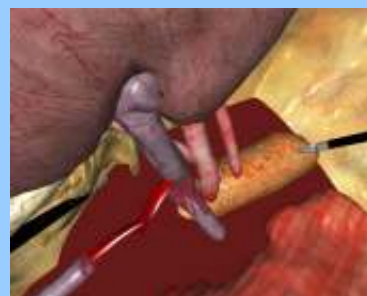
血管確認操作



血管クリップ



血管/尿管切断



出血対応



腹膜からの剥離



取り出し

- 術具操作により、臓器がリアルタイムに変形し触覚がフィードバック
- 採点・評価機能
- プレイバック(記録・再生)機能

評価

内容	評価値	得点
総合得点		64
シナリオ実行時間	87 [s]	68
総出血量	0	100
シナリオクリア状況	100 [%]	100
電気メス使用時間	0 [s]	100
電気メス有効使用時間	0 [s]	0
電気メス異常使用時間	0 [s]	100
右術具総移動距離	2210 [mm]	0
左術具総移動距離	1181 [mm]	31
右術具平均移動速度	25 [mm/s]	49
左術具平均移動速度	13 [mm/s]	72
右術具操作回数	279 [回]	51
左術具操作回数	209 [回]	65
臓器ダメージ(変形量)	0	100
臓器ダメージ(外力)	0	100

プレイバック シナリオ選択画面へ戻る

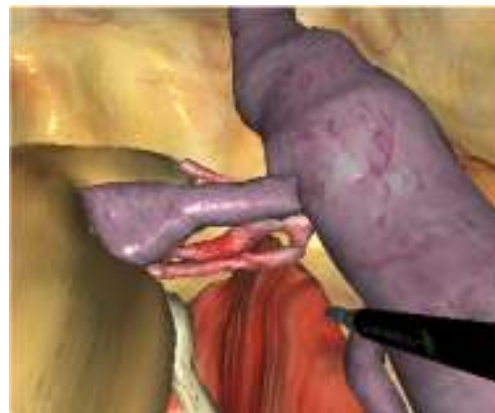
実手術との比較

CTデータ

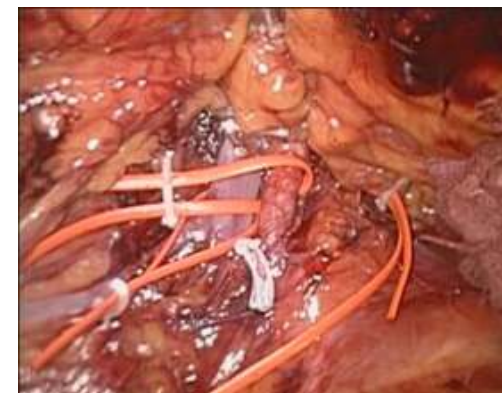
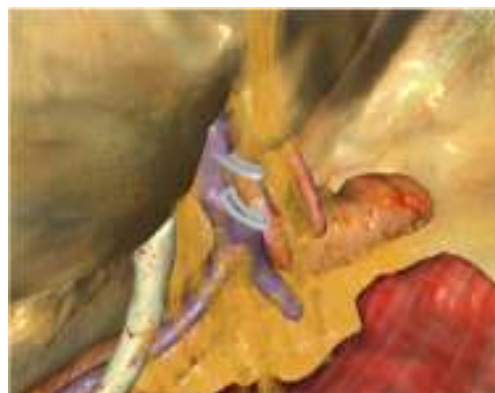
Lap-PASS

実際の手術

右
腹腔鏡



左
後腹膜鏡



ご清聴ありがとうございました。

共同研究：横浜市立大学大学院医学研究科・医学部
理化学研究所 光量子工学研究領域 画像情報処理
研究チームに感謝いたします