

シミュレーションを活用した手術シーン認識に関する研究

小田昌宏（代表）， 椋木大地（副代表）， 片桐孝洋， 森健策， 磯部晃輝



NAGOYA UNIVERSITY

研究背景

- **現在の手術の課題**
 - 医師個人の経験・技術などの暗黙知に依存
 - 治療の質に経済的，地理的格差が発生
 - 自動化ロボットなどを用いた手術支援により一定の質が保証された手術の実現が必要
- **手術支援の難しさ**
 - 複雑な手術状況の自動認識理解が困難であり，手術支援ロボットはあるものの自動化されていない
 - 手術画像からの「手術シーン認識」の実現が必要
- **手術シーン認識**
 - 手術画像から手術器具や臓器領域を自動認識（セグメンテーション）すること
- **手術シーン認識の難しさ**
 - 手術シーン認識用の深層学習モデル構築に用いる手術画像データの不足
 - シミュレーション画像を活用することでデータ不足に対処可能



Da Vinci Xi^[r1]

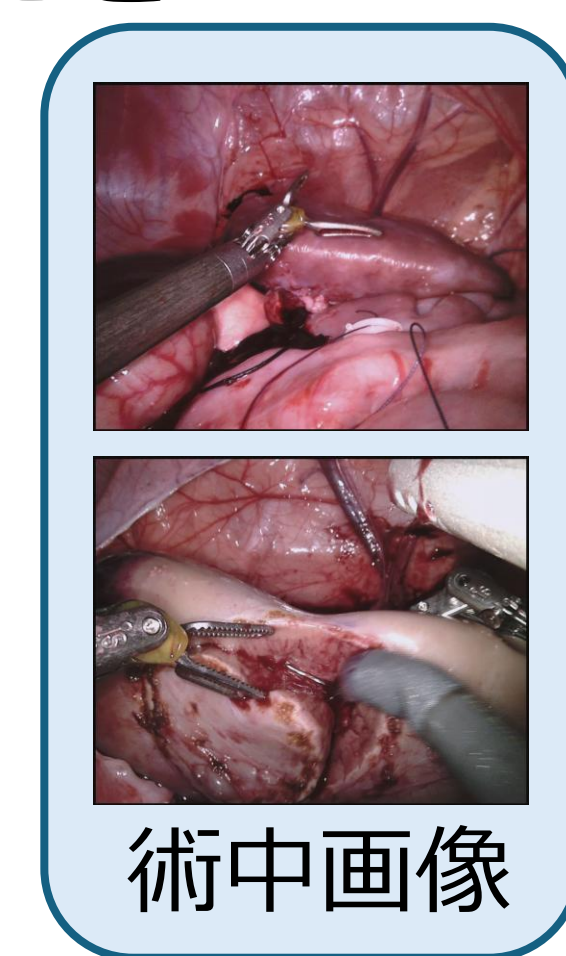


Hinotori^[r2]

手術支援ロボットの例

[r1] <https://www.intuitive.com/ja-jp/products-and-services/da-vinci/systems>

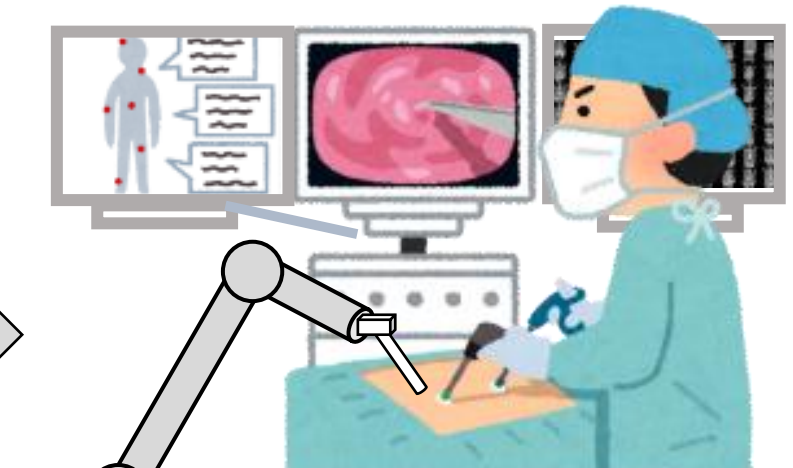
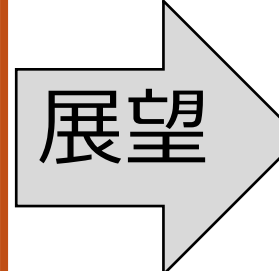
[r2] Medicaoid, <http://www.medicaroid.com/product/hinotori/>



術中画像



手術シーン認識

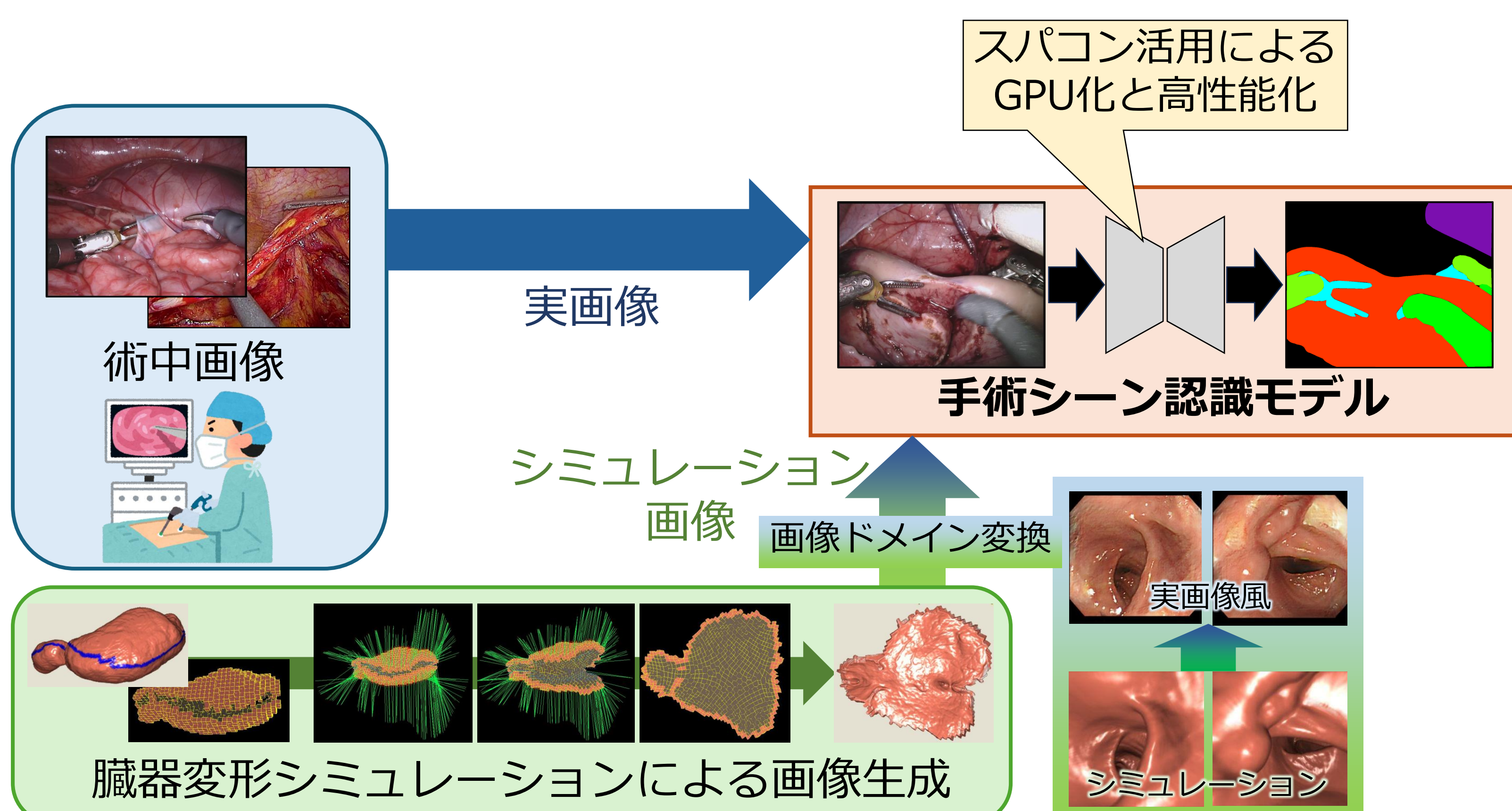


展望
自律的な手術支援
ロボット実現

研究目的

- **シミュレーション画像を活用した手術シーン認識モデルの構築**
 - 手術画像からの手術シーン認識モデルの開発
 - 収集コストの低いシミュレーション画像を用いた認識モデル構築
- **GPUでの高性能実装と並列化を活用し，認識モデル構築と臓器変形シミュレーションの高速化**

手術シーン認識モデルの開発



臓器変形シミュレーション画像生成

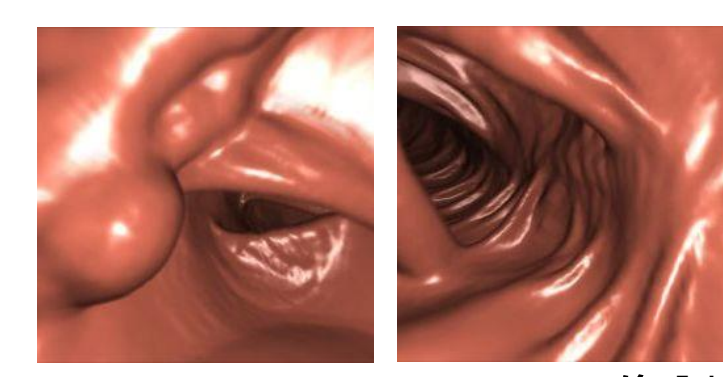
- 3次元物体メッシュモデル，有限要素法など物理的に正確な変形モデルを使用して臓器変形を再現し画像化
- 臓器変形用に提案されたFast modified Self-organizing Deformable Model (Miyauchi, et al. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 157, 2018) などを使用

手術シーン認識モデル開発

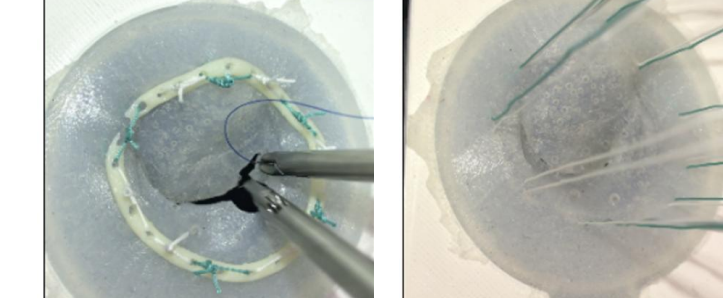
- CNNベースのモデルやVision Transformerベースのモデルを使用
- シミュレーション画像（大量に作成可能）を用いて深層学習モデルを事前学習し，実画像を用いてFine-tuning実施
- 学習用の実画像はEndoscopic Vision Challengeデータセットなどを利用

画像ドメイン変換

- モデル開発におけるシミュレーション画像の有用性を向上
- シミュレーション画像と実画像の見た目の違いを少なくするため画像ドメイン変換を使用
- CycleGAN, Contrastive Unpaired Translation (CUT) などを使用し，シミュレーション画像を実画像に近い見た目に変換



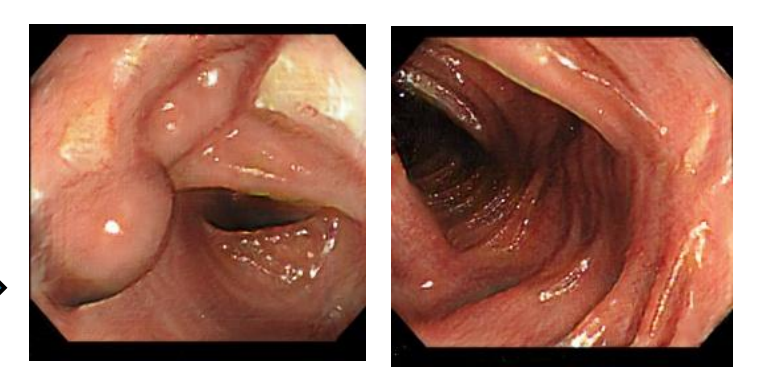
シミュレーション画像[d1]



手術トレーニング用の模型画像[d2]



画像ドメイン変換



実画像風の変換結果画像[1,2]

[d1] 小田昌宏, 他, 画像ドメイン変換を用いた現実感の高い仮想内視鏡画像生成, JSCAS 2019, 21(4), 2019

[d2] S. Engelhardt, et al., Improving Surgical Training Phantoms by Hyperrealism: Deep Unpaired Image-to-Image Translation from Real Surgeries, MICCAI 2018, LNCS 11070, 747-755, 2018

本年度の研究計画

- **手術シーン認識モデルの開発（担当：小田，森）**
 - 手術画像から手術シーン認識を行う深層学習モデルを開発
 - モデルの事前学習に用いる画像とアノテーション（手術器具と臓器の領域）は臓器変形シミュレーションベースで大量に生成
 - モデルの追加学習に用いる画像は実画像データセットを使用
 - 画像ドメイン変換手法を導入してシミュレーションと実画像の見た目の差異を軽減
- **GPU化・高性能化（担当：椋木，片桐，磯部）**
 - 上記アプリケーションの性能解析を行い，GPUでの高性能実装と並列化を実施
 - 次世代GPU環境でも高性能実行可能な汎用画像処理実装方式を開発

