

## 総括研究報告書

1. 研究開発課題名：消化器がん治療における医用画像処理技術を用いた統合的個別化手術支援システム開発と臨床応用
2. 研究開発代表者：愛知県がんセンター中央病院 消化器外科 三澤一成
3. 研究開発の成果

本年度は3年の研究期間の2年目である。本年度は本研究の最終的な目標である統合的個別化手術支援システムを開発と臨床応用をめざし、術前プランニングシステムならびに術中ナビゲーションシステムの開発を行った。

術前プランニングシステムの開発では、切除範囲提示手法、腹腔鏡手術ポート位置プランニングシステム、個別化実体モデルを利用したプランニング可視化手法の開発を行った。

切除範囲提示手法について、まずベースとなる血管領域自動抽出手法、リンパ節領域自動抽出手法、血管名自動診断手法の精度向上を行った。血管領域自動抽出手法では、動脈及び門脈領域の中で最も太い部分を1点手動指定して大血管抽出処理を自動実行し、その後、大血管領域に接続した中・小血管を直径の大きいものから順に反復的に抽出する手法の開発を行った。リンパ節自動抽出手法では、これまでの手法に加え、新たに球状モデルを用いたリンパ節の抽出手法や深層学習を用いたリンパ節候補領域の過抽出削減手法などの検討を行った。これらの手法で得られるリンパ節領域と血管名の診断結果を用いてリンパ節と各血管の距離を解析することで、リンパ節の存在領域（リンパ節番号）を診断する手法の開発を行った。腹腔鏡手術ポート位置プランニングでは、術前のCT画像あるいは術中に3次元位置計測装置にて実際のポートや操作対象の血管などの位置情報を取得、これらのデータから各ポートと各血管との角度などを解析し、ポートの挿入位置を自動的に決定するための条件の検討を行った。術者側のポートを挿入する位置の条件を決定、それを用いてポートを挿入する適切な領域を3次元CT画像中に表示する手法の開発を行った。実際の臨床応用・評価にて良好な結果を確認した。

個別化実体モデルを利用したプランニングについては、術前のCT画像から肝臓、膵臓、動脈、門脈領域を抽出し、3Dプリンタを用いて軟性の個別化実体モデルを作成。軟性モデル作成のために、3Dプリンタによるモデル直接造形法、3Dプリンタで作成した硬質の型枠にシリコンを流し込みモデルを作成する型枠造形法の2種類を用いた。本モデルでは動脈と門脈が色分けされており容易に識別可能であり、質感が実際の血管と類似していた。また、型枠造形法で作成した膵臓は高い軟性度を持っていた。このモデルに対して実際の手技トレーニングツールとしての検討を行った。個別化データに基づいたトレーニングによるメリットが明らかになった一方で今後トレーニングシステムとしての構築における課題も判明した。

術中ナビゲーションシステムの開発では、術中測定データの利用技術としてCT画像の座標系と3次元位置計測装置の座標系の位置合わせ手法の開発を行った。術中の位置合わせ手法として血管の位置情報を用いた手法、臓器の表面形状を用いた手法、臓器の表面形状と血管の位置情報を組み合わせた位置合わせ手法の検討を行った。また、臓器の表面形状を用いた位置合わせ手法に非剛体位置合わせ手法の導入を行った。非剛体位置合わせ手法であるTPS-RPMアルゴリズムを用いて、術中に取得した肝臓の尾状葉と膵臓の表面形状と術前のCT画像から取得した肝臓の尾状葉と膵臓の表面形状を位置合わせする手法の開発を行った。これらの手法を用いて実際の手術において臨床応用を行い、精度や使用感を評価した。

手術支援システムのユーザインタフェース開発では、音声による操作について術者の音声操作回数を極力減らすために、呼び出す血管毎に異なる観点で理想的な視点位置を生成する手法の開発をおこなった。さらに音声にてナビゲーションシステムを自由に操作する場合には、即応性に欠けるという問題もあるため、手指ジェスチャによる制御モジュールの開発を進めた。手が使える場合のみではあるが、音声で操作する場合には煩雑になりがちな微調整が容易にできるようになった。