先端医療研究拠点　ITと医療の融合による次世代e-ヘルス研究拠点

Group Theme　手術の最適モニタリング・分析・記録と手術プロセスモデル化の研究

手術の質の向上に役立つ最先端の手術プロセスモデル

ITを活用して医療の質の向上に貢献したい。手術プロセスモデルの構築を目指しています。

少子高齢化に伴う医師や看護師の不足、過疎地や地方都市における医療や福祉の不足など、現代の日本において、地域間医療格差はますます深刻になっています。こうした課題に対し、解決の糸口となるのが情報・通信技術です。「ITと医療の融合による次世代e-ヘルス研究拠点」では、医療と最先端のIT技術を融合することで医療格差を克服し、だれもが質の高い医療サービスを受けられる社会の実現を目指しています。

その中でも本プロジェクトでは、「手術」をキーワードに、ITを活用して医療の質の向上に貢献する「グローバルプロセス・モデル」を構築しようとしています。手術のシミュレーションやリハーサルにおける術者の立ち位置や動きを記録・分析し、さらに別グループで開発を進める手技プロセスモデルも組み合わせて、総合的な手術プロセスモデルの基盤をつくり上げるのが目標です。

これまで医療に関わるモデル化の研究においては、そのほとんどが臓器そのもののモデル化に限られており、手順が重視される手術のワークフローを時系列に沿ってモデル化する研究は少ないのが現状です。本プロジェクトでは、他に先駆けて手術プロセス全体のモデル化を実現し、世界に発信するとともに、医療の質の向上に貢献したいと考えています。

いつでも最適な位置で手術を捉える手術モニタリング手法を開発しています。

手術プロセスモデルは、医療のさまざまな現場で役立ちます。例えば、手術の様子をモニタリングしてプロセスモデルと比較し、手術の効率や安全性を向上させるのに役立てたり、あるいは手術評価の定量モデルとして手術のトレーニングやシミュレーションに活用することも可能です。しかし現実には、患者の病状や身体の状態に差があることに加えて、手術執刀者によって手術中の行動も多種多様なため、手術プロセスをモデル化するのは、容易なことではありません。

本プロジェクトでは、グローバルプロセス・モデリングのための要素技術の一つとして、まず空間知能化技術を用いた手術のモニタリング手法の開発に取り組んでいます。

手術プロセスのモデルを構築するには、膨大な量の手術データを必要とします。私たちは手術の施術者をはじめ、手術室内にいる人々に特別な作業や負担を強いることなく、室内に設置したカメラで必要なデータを記録しようとしています。しかし手術室に固定カメラを設置するだけでは、人の動きによって撮影したい箇所が死角になり、必要な映像を記録できない可能性があります。そこで私たちはこれまでに開発してきた、壁や天井を自由に移動できる移動モジュールを活用。この移動モジュールにセンサを取り付け、状況に応じて最適な位置から手術をモニタリングする手法を研究しています。

あらかじめ撮影する人物の最適な立ち位置や向きを設定し、センシング技術によって、その状態を最も捉えやすい視点からカメラを向けられるよう、カメラを移動させるというのがその仕組みです。これによって死角や認識精度のムラなく、正確に行動を捉えることができます。こうしたモニタリング技術を使って最適な位置から執刀者や手術協力者の行動をモニタリングしたデータを手術プロセスの開発に役立てます。

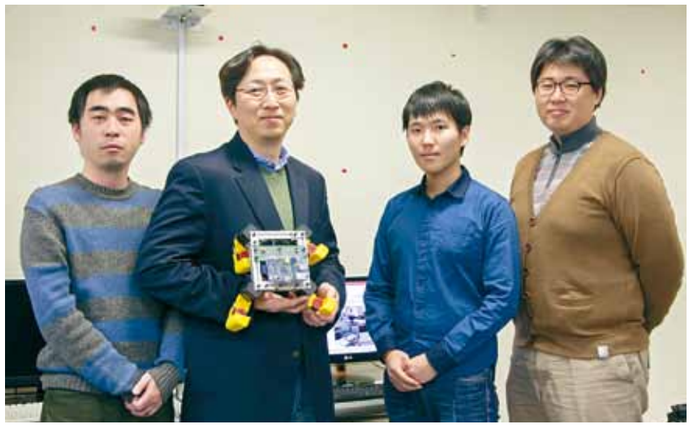
手術中の作業をコンピュータが自動で認識する手術フェイズの自動推定に取り組んでいます。

続いて進めているのが、手術フェイズの自動推定に関する研究です。手術には、特定の作業を決まった手順で行うワークフローがあります。私たちは、一連のワークフローの中で、今行われているのが何の作業（フェイズ）かを画像からコンピュータが自動で推定する技術を開発しようとしています。一連の行動を一つの塊として扱うのは非常に困難です。検索、比較が容易なプロセスモデリングのためにはプロセスを内容によって細かく区切る必要があります。また、その作業を自動化しなければなりません。そこで研究室内に実験環境をつくり、複数のカメラを設置して疑似腹腔鏡手術を行った後、撮影で得られたデジタルデータをもとに手術フェイズの自動推定を試みました。

まず模擬手術のワークフローとして、1）手術室への入場、2）手術の準備、そして体の3）切開、4）手術、5）縫合、さらに6）片づけ、7）退場までの7つの作業（フェイズ）を想定しました。マルチカメラでこのワークフローを撮影し、得られた画像に一定間隔でサンプリングポイントを設置します。次にこのポイントからどの方向へのベクトルが何回出現したかを計算し、物体の動きをベクトルで表したオプティカルフローの頻出パターンを導き出します。このパターンの中からLDA（Latent Dirichlet Allocation）という手法を用いて特徴的な動き（トピック）を自動的に抽出します。次いで、Left-to-Right HMM（Hidden Markov Model）という確率モデルを使ってあらかじめ定めたフェイズ分をラベリングし、各フェイズにおけるトピックの出現確率分布や、各フェイズでの遷移確率（次の作業への移行）を導き出します。最終的に、このトピック出現パターンから現在のフェイズを推定することができます。

実証実験を行った結果、全プロセスのフェイズ推定の精度は約90%に及びました。これによって、疑似腹腔鏡手術におけるフェイズの推移を自動推定できることを確かめました。

しかし、実際の手術には疑似手術とは比べものにならないほど多くのフェイズが複雑に存在します。今後は、実用化に近づけるべく、実際の手術データを用いて、より細かいフェイズの自動推定を可能にしていくつもりです。いずれはこうしたプロセスのモデル化技術を手術だけでなく、看護や介護など多様な医療現場へも適応し、医療全体の質の向上に役立てたいと考えています。

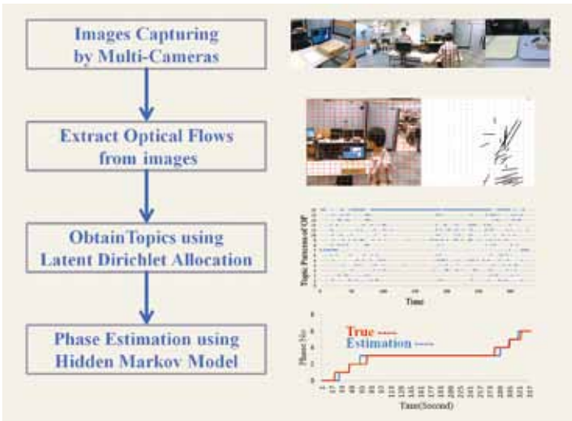


［写真 左中］
立命館大学情報理工学部 教授
李 周浩 グループリーダー

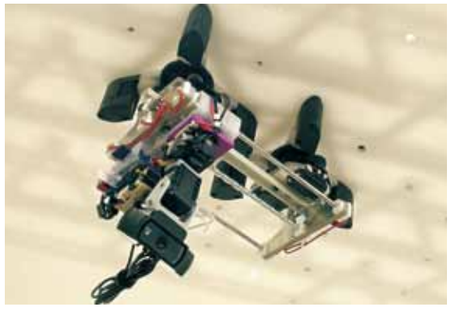
［写真 左］
助手
櫻井 隆平

［写真 右中］
情報理工学研究科 博士課程前期課程2回生
吉村 晃

［写真 右］
情報理工学研究科　博士課程後期課程2回生
朴 鍾承



フェイズ自動推定の流れ



最適モニタリングのためのカメラを搭載した移動モジュール

●参考文献／**1** JongSeung Park, Toshitake Nunogaki, Joo-Ho Lee, "The optimal position of mobile modules in the reconfigurable intelligent space", 10th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI2013), pp.274~279, 2013.　**2** JongSeung Park, Toshitake Nunogaki, Joo-Ho Lee, "The research on the algorithm for the optimal position and path for MoMo", 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2013), pp.7841~7846, 2013.　**3** Akira Yoshimura, Joo-Ho Lee, "A Phase Estimation Method for Workflow based on Optical Flow and Hidden Markov Model", IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2013), 2013.

●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 李研究室　電話：077-561-5238　http://www.ais.ics.ritsumei.ac.jp