

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：33903

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650302

研究課題名(和文)開腹手術映像の知的アーカイブ

研究課題名(英文)Intelligent archive of laparotomic videos

研究代表者

末永 康仁(Suenaga, Yasuhito)

愛知工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：60293643

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、開腹手術映像を知的にアーカイブすることを目的とし、画像処理技術を駆使して複数カメラ映像の合成による自由視点映像化および高解像度化、手や頭などの術野を遮る遮蔽物の除去をするための基礎アルゴリズムを開発した。自由視点映像化では、複数台の固定カメラとウェアラブルカメラを設置し、術野を3次元的に再構成する手法や、死角の減少、高解像度化する手法を開発した。遮蔽物の除去では、手や頭などの遮蔽物を認識して透明にし、術野を仮想的に露出するための仕組みとアルゴリズムを開発した。手術室を模した環境を構築し、評価実験を行った結果、本手法の有効性を確認するとともに、解決すべき課題を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research project is to construct the intelligent archive of laparotomic videos. We developed methods for the free-view high resolution video system by integrating several video sequences and deletion of obstructive objects such as surgeons hands and heads by utilizing the image processing techniques. In the free-view high resolution video construction, the free-view video with high resolution was achieved by fusing video sequences of several cameras around the surgical bed and wearable cameras on the surgeons heads. In the deletion of obstructive objects, a method for recognizing surgeons hands and heads and deleting them from a fused video sequence to expose the surgical field. As results of the experiment in the pseudo operating room using a human model, the efficacy of the proposed methods were confirmed and problems for achieving the intelligent archive of laparotomic videos were revealed.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：開腹手術映像 自由視点映像 死角除去

1. 研究開始当初の背景

腹部の外科手術において、腹腔鏡手術が注目され、臨床における適用数も飛躍的に増加している。腹腔鏡手術は、患者にとっての負担の軽減、入院期間の短縮、QOLの向上といったメリットがあるが、腹腔鏡手術が適用できない例も多くあり、実際に現在でも半数以上は開腹手術が行われている。また、腹腔鏡手術は術野が狭く奥行き感覚を掴みにくいため、周辺臓器を損傷するなどの術中合併症が発生した際には、急遽開腹手術に切り替える必要がある。そのため、開腹手術の手技は依然として極めて重要であり、外科医にとっての基本手技としてその技術習得は必要不可欠である。

技術習得の一つの方法として手術映像のアーカイブがある。術式をカメラで撮影して記録し、経験の浅い医師や医学生の教材として利用するものである。カメラは無影灯など術野を撮影できる位置に取り付けられているが、術者や助手の頭や手、患者の体壁が影になり操作部位が見えないことがある、解像度が十分でなく注目したい箇所がはっきり見えない、手術映像は長時間にわたるため見たいシーンをすぐに見られない、奥行き感がつかめない、などの問題点があった。このような問題に対して国内外で、複数のカメラの配置による死角減少、デジタルハイビジョン画質で撮影することによる画質の向上、インデキシングなどの映像編集といった対策が取られてきた。多くの製品が販売され、医療の現場のIT化が進んでいる。しかし、¹⁾ に関して、術者が術野を覗き込んで手術をすることもあり、死角を完全には無くせていない。²⁾ において、術野から離れた位置にカメラを設置する必要性から、解像度はまだ十分とは言えない。³⁾ において、インデキシングなどのシーン解析は自動ではなく人手で行っている。⁴⁾ においては未対応。というのが現状であり、多くの課題が残されている。これらに対して、立体視、超解像化、シーン解析といった最新の画像処理技術を駆使するだけでも、⁵⁾ および⁶⁾ の大きな改善が見込める。加えて、超小型カメラを頭などに装着する、多列カメラによる自由視点映像を生成する、といった工夫により⁷⁾ への対処も可能であろう。以上より、本申請課題である「開腹手術映像の知的アーカイブ」という着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、画像処理技術に基づく手術映像の高解像度化、自由視点映像の再構成、シーン解析により開腹手術映像を知的にアーカイブすることを目的とする。低侵襲である腹腔鏡手術が注目されているが、外科医にとっての基本手技として開腹手術も依然として重要である。その映像アーカイブの新しい仕掛けとして、注目する手技を観察したい位置から高解像度で再生するための要素技術を

開発すること、手術のワークフロー解析に基づく映像自動編集技術を確立することを目指す。

具体的には、(1)複数カメラ情報の統合による映像再構成、超解像化、遮蔽物除去の基礎アルゴリズムの開発、(2)手術室における最適なカメラ配置の検討、(3)複数映像ストリームからのシーン解析について検討した。

3. 研究の方法

開腹手術映像の知的アーカイブのための基礎研究として、以下の4項目を検討する。基礎性能の評価用として、研究室内に手術室を模した実験環境を構築し、そこで得られる映像データを基に基礎アルゴリズムを開発する。

(1)複数カメラからの映像再構成、超解像化基礎アルゴリズムの開発

無影灯に見立てた位置に複数カメラを設置し、自由視点映像再構成法について検討する。設置できるカメラの台数は多くないため、自由視点かつ高解像度映像を実現するためには、映像データの超解像化が必要である。超解像技術を基に、自由視点映像超解像化のためのアルゴリズムを開発する。

(2)カメラ配置の検討

手術室は様々な機材が配置されているため、術者や助手の施術を妨げないようなカメラ配置に注意しなければならない。このような制約の中で最適な配置パターンを検討する。映像アーカイブでは術者および助手の視点からの映像が極めて重要であるため、装着可能な小型カメラ2個を術者の頭に、2個を助手の頭に設置する。

(3)手術室を模した実験環境による評価実験

手術室の環境に近い実験環境を構築し、開発した自由視点映像生成アルゴリズムの基礎能力を評価する。自由視点映像については、映像の解像度とカメラ配置との関係を明らかにする。

(4)複数映像ストリームからのシーン解析

これまでに撮影された手術映像や通常撮影される手術映像を使って、術前に立てた計画のどこを今着手しているかといった手術のワークフローを自動解析する。実際の手術映像から開腹手術のワークフロー解析に有効な画像特徴量、識別方法を明らかにする。

4. 研究成果

(1)複数カメラからの映像再構成アルゴリズムの開発

無影灯に見立てた位置に複数カメラを設置し、自由視点映像再構成法について以下の検討を行った。

深度センサ付きカメラからの術野の3次元再構成[ito13] 自由視点映像を実現するために、2台の深度センサ付きのRGB-Dカメラを用いて、術野映像の3次元再構成アルゴリ

ズムを開発した。人体模型での実験では比較的良好に自由視点映像を生成できたが、実際の人間（ボランティア）に対する実験では、複数カメラ映像間の特徴点对応付けの精度が低下し、さらなる改良が必要であることが分かった。

ウェアラブルカメラによる多視点化・映像補完[yamada13] 手術映像アーカイブにおいて、術者が注視している箇所を選択的に表示する機能は重要である。で開発した複数の固定カメラ映像から3次元再構成した術野画像に、術野始点映像を合成する手法について検討した。術者視点映像としてメガネ型カメラを利用した。術者の頭部にメガネ型カメラを設置し、術者の注視箇所を撮影した映像と固定カメラから得られる映像の合成を試みた。ボランティアによる実験の結果、メガネ型カメラを併用することで術野の死角が減少したことに加えて、注視箇所を鮮明な映像として合成できることを確認した。

遮蔽物除去手法の開発[kitasaka13,14] 手術映像には術者の手や術具が写り込み、術野に死角が発生することがある。このような死角を画像処理技術により取り除くことが望まれる。手や術具は動くため、画像処理によりその検知は可能である。そこで複数カメラ映像から遮蔽物を動物体として認識し、動物体領域の映像を動物体が写っていない映像（他のカメラから得られる）に置き換えることで死角を除去する手法を開発した。2台の固定カメラ映像に対する実験の結果、遮蔽物を除去した映像を合成できることを確認した。なお、この成果は、2014年5月28日付けの朝日新聞29面にて「執刀医の手透け患部見える!？」として紹介された[asahi14]。

(2) カメラ配置の検討

手術室は様々な機材が配置されているため、術者や助手の施術を妨げないようなカメラ配置に注意しなければならない。実際の手術室にて、このような制約の中で配置可能なパターンを検討した。手術現場に複数回赴き、実際の手術を見学し、現場医師の率直な意見を伺いながら検討を重ねた。配置可能なカメラは、无影燈に小型カメラ4機、手術台周りに4機、メガネ型カメラ2機が妥当であることが分かった。

(3) 手術室を模した実験環境による評価実験

手術室の環境に近い実験環境を構築し、開発した自由視点映像生成アルゴリズムの基礎能力を評価した。手術台を模したテーブルに、人体模型と2台のカメラを配置し、術野映像の3次元再構成を行った。実験の結果、比較的良好に術野を再構成することができることを確認した。しかし、実際の人体に対する実験では、部分的に欠損が発生した。これは、複数映像間の特徴点の対応付けが不十分であることに起因しており、これを解決するための手法を鋭意検討中である。

(4) 複数映像ストリームからのシーン解析

数時間に及ぶ手術映像を手術のワークフローに基づいて自動的に解析・インデキシングする機能は重要である。そのため、映像分析に有効な画像特徴量および識別方法に関して検討を進めた。映像中に占める色の割合が一つの有効な特徴量であることが分かった。しかし、手技のどの段階かを判別するには、術具の認識などさらに解析をする必要があることが分かった。

(5) 今後の展望

2年の研究期間において、開腹手術映像を知的にアーカイブするために重要な「手術映像を自由視点映像化」「遮蔽物による死角の除去」を行うための枠組みとアルゴリズムの開発は、当初の予定通りの成果を得た。また、さらなる高度化のための課題も明らかになり、萌芽研究として十分な成果があったと自己評価する。一方で、実際の手術室での評価実験や手術映像のシーン解析は実用化に向けて取り組むべき重要な課題である。現場の医師とのさらなる意見交換を続けていく。さらに、術者の手や頭は消して術具のみの表示やリアルタイムでの映像合成による教育効果の向上など、多くの新しい課題が見えてきた。

今回得られた成果により「開腹手術映像の知的アーカイブ」の実現のための第一歩を着実に歩み出すことができた。今後は、本研究にて得られた多くの知見・課題を基に規模を拡大して研究を進め、医工学分野の発展に寄与していきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計4件)

[kitasaka14] 北坂孝幸、石川浩太、山田真弘、木原一輝、澤野弘明、水野慎土、末永康仁、三澤一成、森健策、“開腹手術映像における遮蔽物除去手法の基礎的検討、”第33回日本医用画像工学会大会、東京慈恵医科大、2014年7月24日(発表決定)

[kitasaka13] 北坂孝幸、水谷将之、水野絢基、水野智也、宮田将佳、澤野弘明、水野慎土、末永康仁、三澤一成、森健策、“開腹手術映像の知的アーカイブのための自由視点映像生成に関する基礎的検討、”第13回VR医学会大会、大阪電気通信大学、2013年8月31日

[yamada13] 山田郷史、中村駿介、澤野弘明、水野慎土、北坂孝幸、末永康仁、三澤一成、森健策、“固定カメラとメガネ型カメラを用いた手術映像の死角の軽減手法の基礎的検討、”平成25年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集、静岡大学、2013年9月24日

[ito13] 伊藤綾亮、堀場一輝、水野慎土、北

坂孝幸、末永康仁、三澤一成、森健策、澤野弘明、「RGB-D カメラを用いた開腹手術映像の三次元復元に関する基礎検討、」電子情報通信学会総合大会 2013、ISS-SP-387、岐阜大学、2013年3月19日

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

マスメディア取材
[asahi14] 「執刀医の手透け 患部見える!？」
朝日新聞 29面(2014/5/28)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

末永 康仁 (SUENAGA Yasuhito)
愛知工業大学・情報科学部・教授
研究者番号：60293643

(2) 研究分担者

森 健策 (MORI Kensaku)
名古屋大学・学内共同利用施設等・教授
研究者番号：10293664

北坂 孝幸 (KITASAKA Takayuki)
愛知工業大学・情報科学部・准教授
研究者番号：00362294

水野 慎士 (MIZUNO Shinji)
愛知工業大学・情報科学部・教授
研究者番号：20314099

澤野 弘明 (SAWANO Hiroaki)
愛知工業大学・情報科学部・講師
研究者番号：10609431

三澤 一成 (MISAWA Kazunari)
愛知県がんセンター(研究所)・その他部

局等

研究者番号：70538438

(3) 連携研究者

()

研究者番号：