

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：32653

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750168

研究課題名(和文)映像・センサ等の多種情報統合による医療スタッフの動作定量記録方法の開発

研究課題名(英文) Quantitative Motion Tracking of medical staff using integrated information recorded with camera and sensors

研究代表者

鈴木 孝司 (Suzuki, Takashi)

東京女子医科大学・医学部・研究生

研究者番号：00468688

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：手術室内における手術スタッフの動作・位置情報の解析によるインシデント検出を目指して、RGB+Depthカメラによる手術記録とその解析を行った。3方向から撮影することでロバスト性を高めた。東京女子医科大学インテリジェント手術室での脳腫瘍摘出術に適応した結果、手術スタッフの位置が手術フェーズに応じた特徴を持つことが示唆された。さらには位置情報の特徴量から隠れマルコフモデルを用いることで、手術フェーズの推定が可能であることが示された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is automatic detection of surgical incidents by analyzing motion and position of surgical staff in operating theater. We installed three RGB+Depth cameras in intelligent operating theater at Tokyo Women's Medical University. Thirty craniotomy cases for brain tumor resection were recorded and analyzed. Position information of surgical staff varied depending on each surgical phase. Estimation of surgical phase was achieved using hidden Markov model based on feature value of position information.

研究分野：手術工程解析

キーワード：手術工程 プロセスマネジメント 暗黙知 手術安全 距離画像 隠れマルコフモデル SVM

1. 研究開始当初の背景

手術室内の医療事故は深刻な問題である。様々な危険回避の工夫はされているものの、事故発生時に初めて明らかになるようなリスク源もあり、その対策は極めて重要である。

Reason の提唱した「スイスチーズモデル」では、事故は単一原因で生じるのではなく、原因となりうる小さなトラブルが、事故回避のために準備された複数の防護壁を通過した結果として生じるとされている (James R: Quality in health care 1995;4:80-89)。一方でハインリッヒの法則に示されるように重大事故の背後には数多くの異常や軽微な事故があり、それらを事前に検出し危険の芽を検出し、リスク分析をすることが重要である。つまり、事故の芽をあらかじめ摘みおくこと、そして防護壁を強固にしておくことが、事故の削減につながると考えられる。

日常の手術症例ではインシデント(重大事故に繋がる潜在的可能性を持つが、事故には至らなかったケース)が稀ではない。通常の手術プロセスとは異なる状況を検出し、それがインシデント事象であると推定することで、手術中のトラブルの芽を検出し、事後的にそのリスク要因を洗い出し改善することが重要である。つまり、事故が起きて初めて対策を取るのではなく、あらかじめ潜在的な危険因子の探索と対応が可能になる。

先行研究では手術を目視観察し、全ての手術プロセスを書き出す取り組みもあった (Neumuth et al: Database and expert systems application, 2006; 602-611)。しかし、手術プロセスは工業製品の組立工程などとは異なりバラエティに富む。そのため危険因子の探索には多くの症例の観察が必要であり、また手術を理解できる医師でないと正確な観察が難しいことから、日常的な継続は現実的ではない。

手術スタッフの動作を定量的記録・解析できれば、手術プロセスおよび危険因子の可視化が可能になり、手術安全への効果が期待できると研究代表者らは考え、手術室内に取り付けたカメラから得られる映像情報を解析し、手術室内の状況を可視化することで、異変事象を半自動で検出する方法に取り組んできた。一定の成果は得られたものの、扱う情報の粒度(どの程度細かい情報を用いて事象検出するか)の単位が荒く、現場では手術スタッフや機材のおおまかな動きの検出程度が限界であったことから、より高次元の情報を用いた解析が必要であることがわかった。

2. 研究の目的

本構想の最終ゴールは手術スタッフの動作を定量的に記録・解析することで手術プロセスを可視化し、各手術フェーズを特徴量として定量化することで、通常の手術プロセスの定義とその差異として表出する手術中のトラブル事象の候補を発見することである。

従来研究では手術スタッフや機材の動作・位置記録は2次元のカメラで行っており、また動き検出も大まかなものにとどまっていた。そこで本研究では、より高精度な動作・位置解析を実現すべく、手術室内での定量的な位置情報の検出とその記録の実現を目的とした。

3. 研究の方法

臨床環境に導入し、より多くの症例を記録することが、潜在的な危険因子の探索に繋がることから、手術作業領域への新たなデバイスの導入や手術スタッフへのマーカー・センサーの装着などは行わず、可視光・赤外光・深度マップ映像等を統合的に用いる方法とする。

システムの基盤となるカメラ系ハードウェアとして、可視光による2次元映像と赤外光を用いた深度マップ映像の取得が可能でかつ安価であることから、RGB+Depth カメラ (Microsoft Kinect) を採用した。

第1段階として、実験室環境においてカメラ1chで評価実験を実施し、実現可能性を確認した上で、3chに拡張した。同一領域を3方向の視野から観察する利点は、対象となる手術スタッフが医療機器や他のスタッフの陰に入った場合でもロバストに観察可能となること、動作検出の精度向上が期待できること、3chのうち2ch分を統合することでステレオカメラとして使い、3次元情報の取得可能性があること、である。

次いで、実験室環境で評価を終えたシステムを東京女子医科大学インテリジェント手術室に導入した。そして実際の脳腫瘍摘出術の症例を対象に、RGB+Depth情報の記録を行い、そのデータをベースとして、様々な解析を試みた。

4. 研究成果

初年度は脳腫瘍摘出手術(30症例)を対象に手術の準備の開始段階から開頭終了までのプロセスをRGB+Depthカメラを用いて3方向から記録した(図1)。

各カメラ間の位置関係をあらかじめキャリブレーションし、座標情報を統合することで、カメラの前に障害物が置かれた場合や1方向からでは認識が困難な人と人との動線の交差などに対して冗長性を高めた。開発者用SDKに含まれる人検出アルゴリズムをベースに、誤検出を減らすためのフィルタ処理を行い、手術スタッフの位置情報を検出した。手術全体を3フェーズに分割(手術の準備から患者入室、患者入室から麻酔導入を経て開頭開始、開頭開始から開頭終了)して、各々のフェーズでの手術スタッフ位置をプロットしたところ、各フェーズで定性的ながら特徴的なパターンが得られた(図2)。また、執刀医や麻酔科医、手洗い看護師、外回り看護師毎にプロットを行ったところさらに特徴的なパターンが得られた。

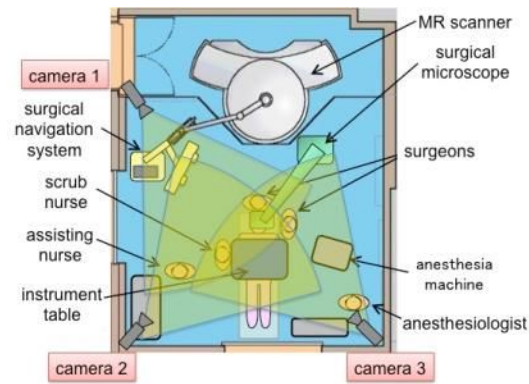


図1 手術室内での3方向からの撮影

2年目は、初年度に手術室内で記録した30症例のデータ(RGB画像およびDepthデータ)を用いて、データ解析部分を中心に、特に医療スタッフの移動を定量的に解析することに取り組んだ。医療スタッフが非スタッフ(手術機器等)と誤認されることを防ぎ、抽出精度を向上させるため、RGB画像からSURF

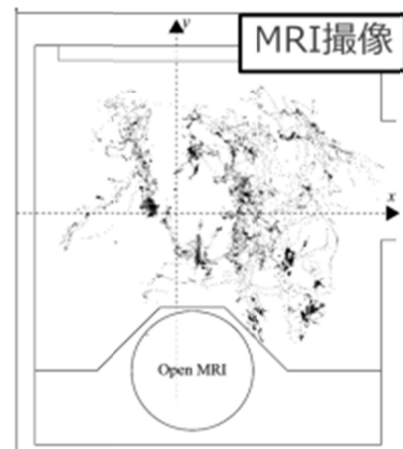
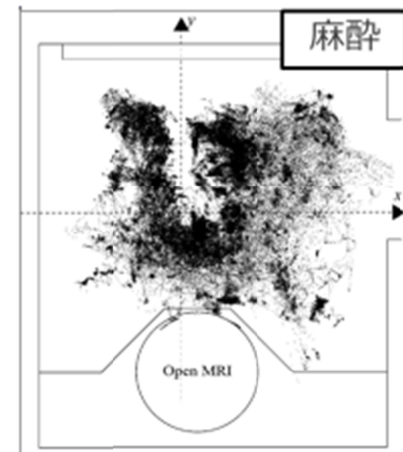
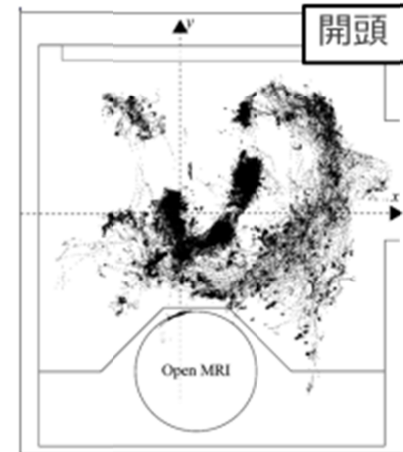
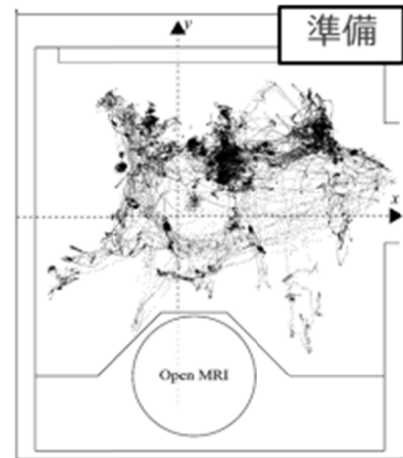


図2 手術フェーズに応じた手術スタッフの位置情報

(Speeded Up Robust Features)を用いた局所特徴量抽出と BoF (Bag of Features)による単一特徴量への変換を行い、SVM(Support Vector Machine)による識別を行った。また医療スタッフの位置情報・移動量を用いて手術フェーズの推定をすることとした。手術室内を $N \times N$ マスの区画に分割し、その区画内での医療スタッフの移動距離を1分ごとに計算し、その区画におけるその時間の特徴量とした。その特徴量を用いて、手術フェーズを推定するために、隠れマルコフモデルを採用した。結果、実際に手術フェーズに対応する形で状態遷移が行われることが確認できた。

最終年度は、前年度に実施した手術室内で各スタッフがそのどの区域にいるかという位置情報の特徴値を用いた手術フェーズの推定が過学習を行っていることが危惧されたことから、既に記録した 30 症例の内、25 症例のみを用いた学習を行い、未知の症例として設定した残り 5 症例においてフェーズ認識の精度を評価した。

その結果、5 症例に対する正答率は平均 96.5%、標準偏差 1.2%となった。

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)

[学会発表](計 3 件)

長尾敦史、鈴木孝司、小川由夏、太田裕治、村垣善浩、正宗賢：手術工程管理システムのための作業フェーズ認識に関する研究、第 24 回日本コンピュータ外科学会大会、2015 年 11 月 21 日～2015 年 11 月 23 日、東京大学(東京都文京区)

長尾淳史、鈴木孝司、正宗賢：KinectTM センサを複数用いた手術室内スタッフの位置情報記録・解析システムの開発、第 23 回日本コンピュータ外科学会大会、2014 年 11 月 08 日～2014 年 11 月 09 日、大阪大学(大阪府吹田市)

Takashi Suzuki, Kiyoshi Izumi, Yoshihiro Muragaki, Hiroshi Iseki; Relationship between surgical staff's moving distance measured with ultrasonic position sensor and intraoperatively recorded video file size. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 9(Suppl.1):S142-S143, 2014 年 06 月 25 日～2014 年 06 月 28 日、福岡国際会議場(福岡県福岡市).

6 . 研究組織

(1)研究代表者

鈴木孝司 (SUZUKI, Takashi)

東京女子医科大学・医学部・研究生

研究者番号：00468688