

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 25 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25293158

研究課題名(和文) 手術中の医療者の疲労，ストレスの客観的評価，リアルタイム測定法の研究

研究課題名(英文) The study of the method to predict surgeon's stress and fatigue during the surgery

研究代表者

藤原 道隆 (Fujiwara, Michitaka)

名古屋大学・医学部附属病院・病院准教授

研究者番号：70378222

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,800,000円

研究成果の概要(和文)：低侵襲手術は、術者にとっては、一定の姿勢を強制される、特有のスキルが必要、多数の新しいデバイスを使い分けるなど、逆に負担が大きいと言われている。手術中の術者の疲労やストレスが医療の質や安全に与える影響は少なくなく、これらを測定し評価することは重要だが、これまでに限られた知見を得ているに過ぎない。本研究においては、手術時に経時的に測定できる生理学的情報(脈拍、発汗)、音声解析(周波数+音節解析)、動作解析(利き手の移動加速度など)のパラメータを見だし、これらと手術進行状況を対比し、手術中の術者のストレスや疲労との関連を調べた。これらのうち音声解析がストレスや疲労評価に使用できるとわかった。

研究成果の概要(英文)：Minimally invasive surgery is a burden for surgeon because of peculiar endoscopic skills and many kinds of new surgical devices while it is less invasive for the patients. Intraoperative stress and fatigue of surgeons potentially affects operative quality and compromise patient safety. Assessing stress and fatigue during the surgery is important for the quality and safety of the operation, while we have little knowledge about quantification and estimation of the stress. In this study, we analyze physiological data (heart rate, perspiring volume), voice (frequency analysis etc.) and velocity of hand movements of the surgeon to evaluate the usefulness as the predictor of the stress and fatigue during the operations. It revealed that the voice analysis was useful to evaluate the stress and fatigue among them.

研究分野：消化器外科学

キーワード：医療・福祉 外科 手術 医療安全

### 1. 研究開始当初の背景

手術中の術者の疲労やストレスが手術の質や安全に与える影響は少なくないと考えられるが、最近増加している低侵襲手術では、患者にはやさしい反面、術者には逆に負担が大きいと言われている。人間工学的には、疲労やストレスは、脈拍など循環系、フリッカー値、筋電図、パフォーマンスの解析、自覚症状などで測定できるとされ、術前後の測定は可能である。今のところ、手術による疲労やストレスの客観的測定法の検討は、手術前後の血中、唾液中カテコラミン、コルチゾール測定による術者のストレス評価が報告されているのみで、清潔操作を行っている手術スタッフから術中に採取できるマテリアルではない。しかし、手術安全の観点からは、スタッフの疲労やストレス状況を、術中に明らかにする必要があると考えられる。

### 2. 研究の目的

我々は、過去に、術者の清潔操作を妨げることなく術中連続測定が可能な生体情報として循環動態や(足底)発汗量などを測定し、疲労による変化や手術記録ビデオと照らし合わせたストレス状況との関連を調べたところ、ストレス状況で発汗量が増加することを認めた。また、手術トレーニングの研究で、疲労により、同じ動作の軌跡が長くなる(動作の経済性が低下)事象を認めた。このことから、動作の加速度を測定することにより、疲労を評価できる可能性があると考えられる。

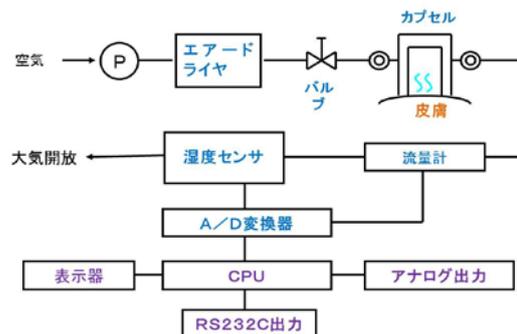
さらに、音声から、発話者のストレス状態をモニタできる可能性が報告されており(Hopkins CA et al.2005)、秦,他(2008)、荒毛,他(2011)は航空機パイロットの音声でストレスを評価できる可能性を指摘している。比較的類似した situation と考えられる手術中の術者にも音声解析が使用できる可能性がある。これらを総合的に解析することにより、術者のストレス、疲労を客観的に測定する方法を確立したい。さらに、できるだけリアルタイムに測定できる因子を見出すことにより、手術中にストレスや疲労状況をフィードバックできるシステムの開発につなげることを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 生理情報解析

循環系は、心拍センサ、容積脈波測定システム(Radia Press RBP-100, ケーアンドエス社製)を使用し、発汗量は我々の従来の研究で、室温の影響を受けにくく、手術遂行に障害が無い足底にセンサーを貼付して行った。連続蒸散・発汗測定システム(SS-100, ケーアンドエス社)より

発汗量を測定しフィルタリング処理してノイズを除去した。



#### (2) 音声解析

測定対象は、手術経験が多い外科医師とし、腹腔鏡下胃切除術7例、腹腔鏡下結腸切除術2例において、手術中の術者の音声をマイクで連続記録した。サンプリング周波数は一般的に音声解析に用いられる48kHzとした。

周波数解析は、当初、帯域フィルタリング(FIR フィルタ : Finite Impulse Response Filter 使用)を行って、周波数帯域ごとに解析したが、フィルタリングで情報が落ちて解析にかえて良くないことがわかり、フィルタリングせずに解析することにした。また、音声信号を区切る bin 幅も試行錯誤を繰り返した結果、10ms (0.01 秒) 幅とした。この10ms 幅の取得音圧データを高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform: FFT)解析した。得られたパワースペクトルから、最大のパワー(max power : 第1フォルマントに相当)と、第1フォルマント周波数(main 周波数)を求めた。Max power(P<sup>2</sup>/Hz), 第1フォルマント周波数(main 周波数)(Hz)をそれぞれ時間軸上に並べて、時系列グラフを作成した。Max power 100 未満はノイズとみなしてカットした。音節解析は、一定時間の音圧波形から、Root-mean-square (RMS)を算出し、50 ms 刻みのデータとしてRMSを順次求め、移動平均の微分値のピークを検出し、この個数を近似的な音節数とみなした。RMS が閾値(RMSの最大値-20 d)以上を発語とし、閾値未満の長さが10ms以上となると発語終了とし、1回の発語の中の音節数を求めた。一定時間のうちRMSが閾値以上の時間の率を発話率とした。

手術ビデオを参照して、ストレス場面を特定し、同場面(/90秒)におけるパワースペクトル(横軸: Max power, 縦軸: メイン周波数), RMS, 音節速度, 発話率について検討した。

#### (3) 動作解析

腹腔鏡下胃切除術3症例において、術者の



手関節，肘部，肩部にマーカーを貼付して術中映像記録をとった。映像からマーカー領域を抽出，ラベリング処理し，マーカーに含まれるピクセル画像の重心を算出して，位置データの時間微分によって速度を求めた。ノイズを除去した速度データを時間微分し加速度を求めた。手術の進行に伴って術者の利き手の肩，肘，手関節部の動きの加速度の変化が見られるかを検討した。

#### (4) ストレス状況の類型化

Arora et al.に準じて下記のようなストレス状況に分類した

##### Technical factors

- Bleeding
- Unexpected anatomy

##### Patient factors

- High stakes
- Complications

##### Team factors

- Inexperienced team
- Lack of support

##### Time and management factors

- Pressure to finish list
- Fatigues

##### Distractions

- Interruptions
- Noise

##### Equipment problems

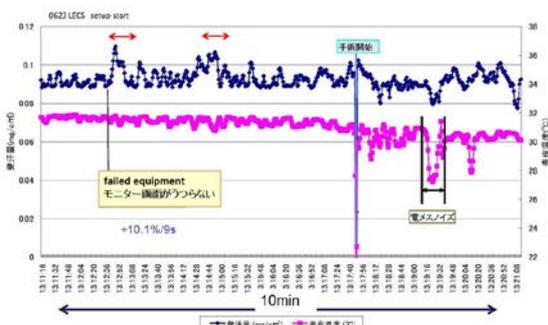
- Staff unfamiliar with equipment
- Missing / failed equipment

##### Teaching

## 4. 研究成果

### (1) 生理指標変化

心拍数のストレス時変化は，これまでに二，三報告されているが，本研究ではほとんど変

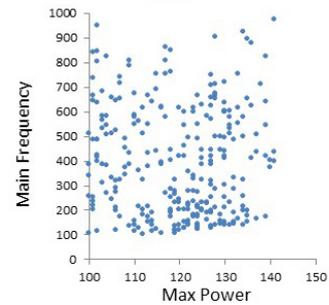


化を認めなかった。足底皮膚温，発汗量に関しては，皮膚温はほぼ一定だったが，発汗量はベースラインから比較的短時間(10-15秒程度)で10%を超える増加を示す場合があり，Distractions (Interruptions)と Equipment

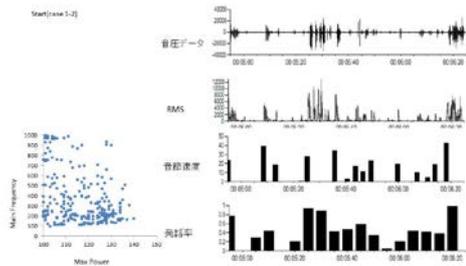
problemであった。出血などの technical な因子では変化は見られなかった。ただし，発汗量増加が起きた場面と同様の Equipment problem の状況で発汗量変化が見られないことも少なくなかった。

### (2) 音声解析

一般的な場面でのパワースペクトルは図のようである。Max Power 100~130(P<sup>2</sup>/Hz)，main frequency (第1フォルマント周波数) 100~1000(Hz)に比較的まんべんなくプロットが分布している。

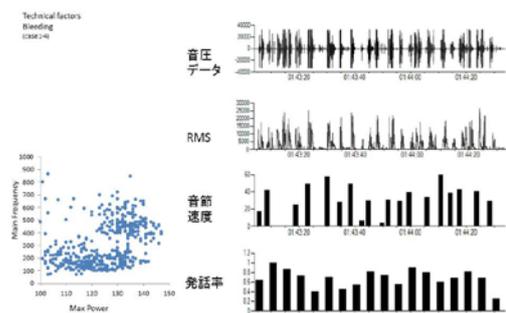


これに音節解析を加えると，下図のごとくである。

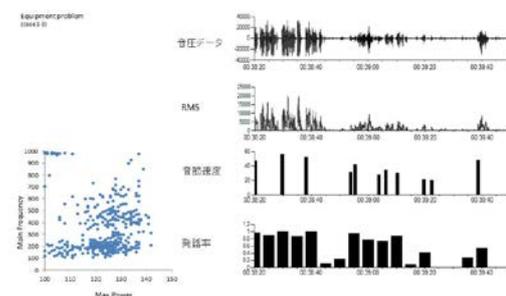


Arora の分類に当てはまる場面の，いくつかの典型的な結果を示す：

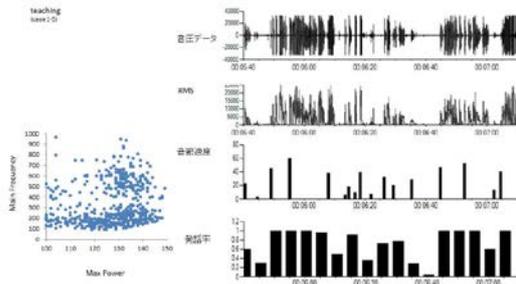
#### Technical problem: bleeding



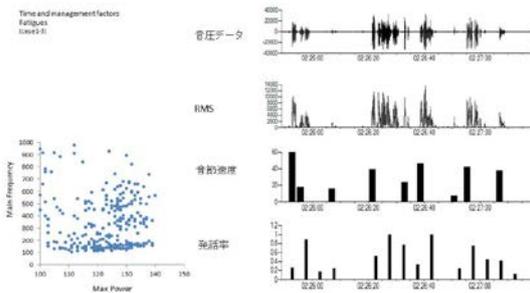
#### Equipment problem



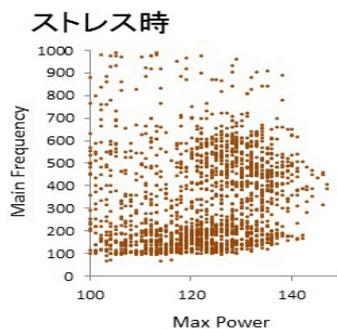
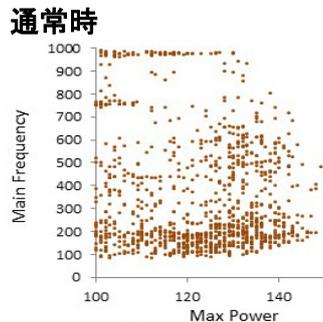
## Teaching



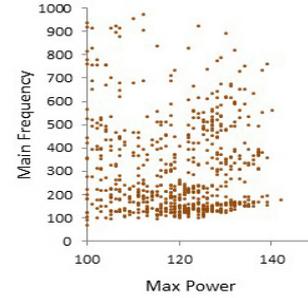
## Time and management factor: fatigue



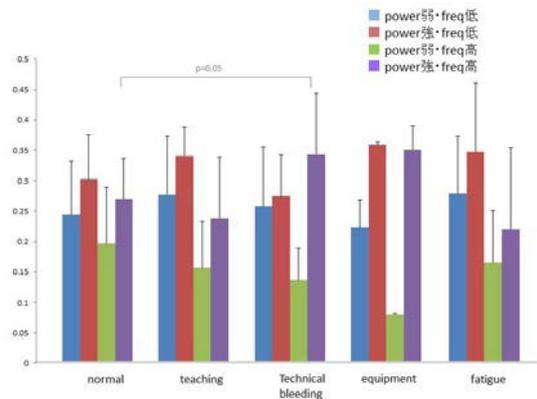
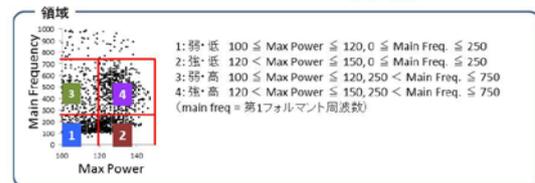
各種ストレス場面では、Max power 120 以上、main frequency が 250 以上 750 以下の領域が特徴的な“かたまり”を作っているのが認められた。測定した全手術における、通常時と考えられる手術開始時と、fatigue を除くストレス時、fatigue のプロットを重ね合わせると下図のごとくであった。



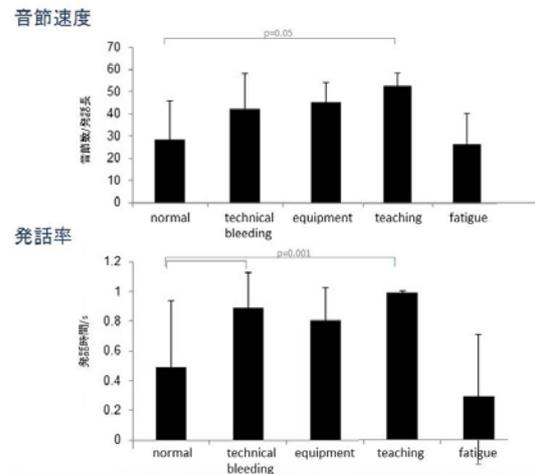
## 疲労時



領域解析. Max Power を 120, Main Frequency を 250 で区切って 4 領域に分割して、プロット数を比較すると(次ページグラフ)、ストレス時に領域 4(Max power>120; Main frequency>250, <750)のプロットが増加する傾向が認められた。すなわち、ストレス状況下では、通常時より強く高い音声が増加し、弱く高い音声が増加する傾向であった。



## 音節解析とストレス状況



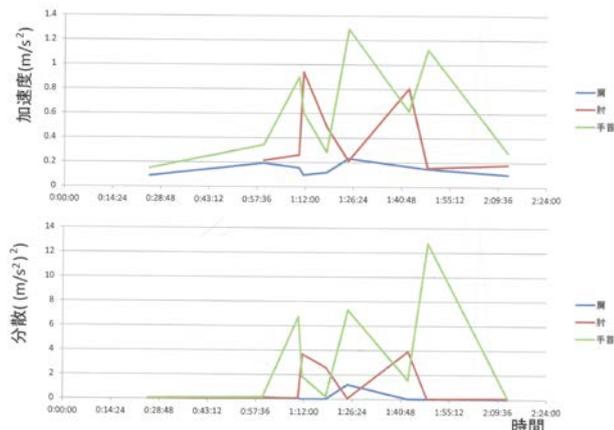
ストレス状況別の音節解析結果は上図のとおりで、出血、器材ストレス時には発語が

早く多くなり、疲労時には遅く減っていた。

### (3) 動作解析

超音波凝固装置使用、血管シーリング装置使用など共通する動作を抽出し、手術を通して術者右手の3点における平均的な加速度の変化を調べた。

下図は、手術時間 3:02 の腹腔鏡下胃切除術において、超音波凝固切開使用時の加速度変化をみたものであるが、手術場面による差は認められるが、経時的に速度が低下するなどの特徴は無く、疲労によって手の動きが遅くなるような変化は無いとわかった。



### [まとめと今後]

本研究は、計測手法の多くに、先行研究がなく、試行錯誤の繰り返しで、計測ソフトウェアを製作しながら検討可能なデータを得るまでに大変な労力と時間を要した。このため、まだデータは解析途中であり、今後さらに得られる知見もあると思われるが、本研究の成果として、術者のストレスや疲労を経時的に測定するのに適した因子として、生理的指標や動作の解析は有用でなく、音声解析が有用であろうということが判明した。手術ストレスといっても、**technical, team, equipment** など、さまざまな因子が指摘されており、より詳細な分析が必要と考えている。また、今回の測定は、安全のため、被験者を手術経験が多い医師のみとしたが、経験が少ない医師のストレス状況を調べることが重要で、今後さらなる検討が必要であると考えられる。本研究の手法は、取得した音声データを FFT 処理しているため、リアルタイムな解析が可能で、手術の迅速なフィードバックができる可能性があり、今後の発展が期待される。音声解析手法は、今後、学会などで公開していく予定なので、市販の“ブラックボックス”的な方法ではなく、多くの研究機関に客観的な測定法の資料を提供できる意義があると考えている。また、動作解析はまだ端緒にすぎないばかりで、ストレスや疲労測定には役立たなかったが、外科医の手の動きの解析に使用できそうな感触を得ており、今後発展させていく予定である。

### 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 5 件)

- ① Michitaka Fujiwara, Chie Tanaka, Daisuke Kobayashi, Mitsuro Kanda, Yasuhiro Kodera. Evaluation of the Surgeon's Stress by Voice Analysis during Laparoscopic Gastrectomy. 12<sup>th</sup> International Gastric Cancer Congress. 22, April, 2017, Beijing, China
- ② Michitaka Fujiwara, Mitsuro Kanda, Chie Tanaka, Daisuke Kobayashi, Suguru Yamada, Goro Nakayama, Tsutomu Fujii, Hiroyuki Sugimoto, Masahiko Koike, Yasuhiro Kodera. Evaluation of the Surgeon's Stress by Voice Analysis during Laparoscopic Operation. 40<sup>th</sup> World Congress of International College of Surgeons Oct 24, 2016, 国立京都国際会館 (京都府京都市)
- ③ 藤原道隆, 田中千恵, 小林大介, 神田光郎, 林真路, 山田豪, 藤井努, 中山吾郎, 杉本博行, 小池聖彦, 小寺泰弘. 音声分析による手術中の術者のストレス、疲労評価の検討. 第 116 回日本外科学会定期学術集会 2016 年 4 月 15 日, 大阪国際会議場 (大阪府大阪市)
- ④ 藤原道隆, 田中千恵, 小林大介, 山田豪, 藤井努, 中山吾郎, 小池聖彦, 野本周嗣, 小寺泰弘. 音声分析による内視鏡手術中の術者のストレス評価法の検討. 第 53 回日本癌治療学会学術集会 2015 年 10 月 30 日, 国立京都国際会館 (京都府京都市)
- ⑤ 藤原道隆, 田中千恵, 小林大介, 山田豪, 藤井努, 中山吾郎, 小池聖彦, 野本周嗣, 小寺泰弘. 音声分析による手術中の術者のストレス評価法の検討. 第 115 回日本外科学会定期学術集会, 2015 年 4 月 17 日, 名古屋国際会議場 (愛知県名古屋市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 道隆 (FUJIWARA, Michitaka)  
名古屋大学・医学部附属病院・病院准教授  
研究者番号：70378222

(2) 研究分担者

小寺 泰弘 (KODERA, Yasuhiro)  
名古屋大学・大学院医学系研究科・教授  
研究者番号：10345879

森 健策 (MORI, Kensaku)  
名古屋大学・大学院情報学研究科・教授  
研究者番号：10293664

安田 あゆ子 (YASUDA, Ayuko)  
名古屋大学・医学部附属病院・病院講師  
研究者番号：30402613  
(平成28年9月まで)

田中 千恵 (TANAKA, Chie)  
名古屋大学・医学部附属病院・助教  
研究者番号：50589786

田中 由浩 (TANAKA, Yoshihiro)  
名古屋工業大学・工学研究科・准教授  
研究者番号：90432286

藤井 努 (FUJII, Tsutomu) (平成27年～)  
名古屋大学・大学院医学系研究科・准教授  
研究者番号：60566967

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

岡田 公太郎 (OKADA, Kotaro)  
株式会社知能情報システム・エンジニア  
研究者番号：40437257