

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月27日現在

機関番号：32689
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23700586
 研究課題名（和文） 超小型姿勢センサと生体情報センサを統合した手術手技評価システムの開発
 研究課題名（英文） Development of a wearable self-powered bioinstrumentation system for objective surgical operative skill evaluation
 研究代表者
 林 ゾウワ（LIN ZHUOHUA）
 早稲田大学・理工学術院・客員次席研究員（研究院客員講師）
 研究者番号：00537243

研究成果の概要（和文）：本研究では、術者の動作を運動学および生物力学的に解析し、手術のスキル評価をするために、どこでも容易に使用することができる、装着型電源内蔵式人間計測システムの開発を目指した。小型化したMEMSモーションセンサとEMG（筋電計）センサおよびワイヤレス通信技術を用いることにより、高い装着性・携帯性を実現し、トレーニングルームや手術室だけでなく屋外でも使用することができた。総合的な手術手技評価の実験を行った。

研究成果の概要（英文）：This research has developed a wearable bioinstrumentation system for surgical operative skill evaluation, based on both the kinematics and biomechanics analysis of surgeon's movements. It can be used everywhere, both in the training room and the real operation room, or outdoor, with high wearability and portability by using miniaturized MEMS sensors and wireless communication methods. It can provide a comprehensive surgical skill evaluation based on both the kinematics and biomechanics analysis of surgeon's movements by using motion and EMG data.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|-------|-----------|---------|-----------|
| 交付決定額 | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |

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：医用ロボット・モーションキャプチャー・手術手技評価

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、医療技術の高度化にともない、医師による機器の操作技術および手術手技の向上が大きな課題となっている。そこで、様々な手術手技のトレーナが開発されているが、手技技能のレベルしか呈示することができない。

(2) 患者が受ける影響をシミュレーション教育システム、施術者の動作を人間計測システムにて計測することにより、よりの確で高度な指示が可能な新しい訓練システムが実現すると期待できる。

(3) 本研究では、レートジャイロ・加速度地

磁気センサからなる姿勢センサモジュール、および、EMG筋電センサを各関節に配置することで、上半身の動作や筋電信号が計測可能である。

2. 研究の目的

本研究では、術者の動作を運動学および生物力学的に解析し、手術のスキル評価をするために、どこでも容易に使用することができる、装着型電源内蔵式人間計測システムの開発を目指している。本システムには、次のような優れた特長がある。

(1) モーションセンサとEMG（筋電計）を用いることにより、術者の動作を運動学および

生物力学的に解析し、総合的な手術手技評価が可能である。

(2) 小型化した MEMS センサおよびワイヤレス通信技術を用いることにより、高い装着性・携帯性を実現し、トレーニングルームや手術室だけでなく屋外でも使用することができる。

(3) エネルギー抽出技術を用いることにより、バッテリーの再充電、電源供給源の設置の必要性がなく、動作し続けることが可能である。

3. 研究の方法

(1) 提案したシステムは異なる研究分野の統合プロジェクトであるため、各分野（モーションセンサ・EMG・エネルギー抽出技術等）における主要な知識の調査、および修得が重要となった。従って、単なる文献調査ではなく、それらを体系化する必要があった。開発過程で見られる重要な特徴を確認するのに役立つであった。

(2) MEMS センサ、電極、Bluetooth 技術をベースとしたセントラルユニット (CU) のワイヤレス通信モジュールを有する、モーション・EMG センサモジュールのプロトタイプを開発した。

(3) 検証実験、実験装置、実行タスク、収集データ、データの収集方法の明確な目標を定義した。

4. 研究成果

(1) プロジェクトを進めていくにあたり、研究活動の円滑な進行を実現した。われわれが提案したシステムは異なる研究分野の融合プロジェクトであるため、各研究分野(センシング技術・筋電計測技術・エネルギー抽出技術等)における主要な専門知識に関してこれまでに調査を行った。この調査においては、各研究分野の知見に基づく研究手法の仮説考案・検証に加え、研究費用や発表方法に関しても正確で効果的なマネジメントを行った。

(2) 研究成果を公表するため、国際会議 16 回と国内会議 2 回で発表、ジャーナル論文 3 本を公表した。

(3) 外科医の動作を運動学および生物力学的に解析し、総合的な手術手技評価を目指すため、本研究では姿勢センサ・筋電センサモジュールのプロトタイプを開発した(図 1)。このプロトタイプは 3 軸加速度センサ、3 軸角速度センサ、3 軸地磁気センサ、圧力センサ、筋電センサの 5 種類のセンサから構成さ

れ、PC との通信は Bluetooth を利用したことで無線化を実現した。

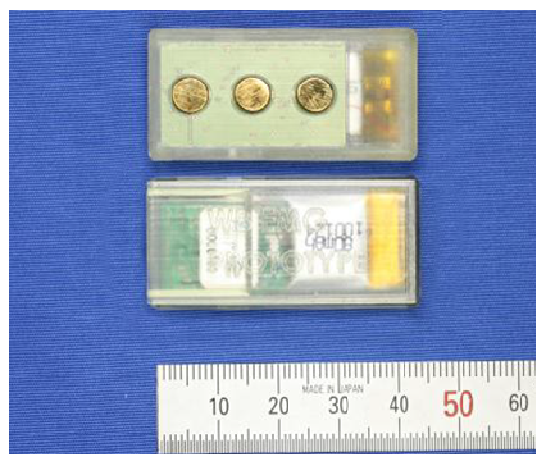


図 1 姿勢センサ・筋電センサモジュールのプロトタイプ

(4)ここでは、動作計測において、各種センサの計測値から姿勢角度を推定するための計測アルゴリズムの開発、および評価実験と考察を行った。従来手法では、動的な運動計測における加速度センサは慣性力の影響を受け、計測値に誤差が生じる欠点があったが、拡張カルマンフィルタを用いることで、誤差を減少させ、計測精度の向上を実現した。また、四元数により状態表現を拡張することで、モジュールの姿勢角度計算の効率向上と特異点回避を実現した。開発したプロトタイプと考案した計測アルゴリズムを検証するため、評価実験を行った。角度精度は 2 度以下、サンプリング周波数は 400Hz を実現し、EMG 計測のサンプリング周波数は 1000Hz を実現し、これらの性能は市販のシステムに匹敵するものであった。

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)

[雑誌論文] (計 3 件)

(1) Z. Lin, M. Uemura, M. Zecca, S. Sessa, H. Ishii, M. Hashizume, and A. Takanishi, Objective Skill Evaluation for Laparoscopic Training Based on Motion Analysis, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 査読有, vol. 60, 2013, 977-985.
DOI: 10.1109/TBME.2012.2230260

(2) L. Bartolomeo, Z. Lin, M. Zecca, S. Sessa, H. Ishii, and A. Takanishi, Online magnetic calibration of a cutting edge 9-axis wireless Inertial Measurement Unit, International Journal

of Applied Electromagnetics and Mechanics, 査読有, vol. 39, 2012, 779-785.
DOI: 10.3233/JAE-2012-1542

(3) S. Sessa, M. Zecca, Z. Lin, L. Bartolomeo, H. Ishii, and A. Takanishi, A Methodology for the Performance Evaluation of Inertial Measurement Units, Journal of Intelligent and Robotic Systems, 査読有, September 2012.
DOI: 10.1007/s10846-012-9772-8

〔学会発表〕(計 18 件)

(1) Z. Lin, M. Zecca, S. Sessa, L. Bartolomeo, H. Ishii, and A. Takanishi, Performance Evaluation of the Wireless Inertial Measurement Unit WB-4 with Magnetic Field Calibration, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2012 年 12 月 11 日~2012 年 12 月 14 日, Guangzhou, China.

(2) S. Cosentino, Y. Sugita, M. Zecca, S. Sessa, Z. Lin, K. Petersen, H. Ishii, and A. Takanishi, Music conductor gesture recognition by using inertial measurement system for human-robot musical interaction, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2012 年 12 月 11 日~2012 年 12 月 14 日, Guangzhou, China.

(3) Q. Shi, H. Ishii, H. Sugita, S. Kinoshita, Z. Lin, A. Takanishi, S. Okabayashi, N. Iida, and H. Kimura, A Rat-like Robot WR-5 for Animal Behavior Research, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2012 年 12 月 11 日~2012 年 12 月 14 日, Guangzhou, China.

(4) K. Saito, M. Zecca, S. Sessa, Z. Lin, L. Bartolomeo, S. Cosentino, K. Petersen, H. Ishii, T. Ikai, and A. Takanishi, Assessment of walking quality by using Inertial Measurement Units, IEEE International Conference on Innovative Engineering Systems, 2012 年 12 月 07 日~2012 年 12 月 09 日, Alexandria, Egypt.

(5) S. Cosentino, Y. Sugita, M. Zecca, S. Sessa, Z. Lin, K. Petersen, L. Bartolomeo, H. Ishii, K. Saito, and A. Takanishi, Musical robots: towards a natural joint performance, IEEE International Conference on Innovative Engineering Systems, 2012 年 12 月 07 日~2012 年 12 月 09 日, Alexandria, Egypt.

(6) S. Cosentino, Y. Sugita, M. Zecca, S. Sessa, Z. Lin, K. Petersen, H. Ishii, and A. Takanishi, Motion recognition system for conductor and

flutist robot interaction, 第 30 回日本ロボット学会学術講演会, 2012 年 09 月 17 日~2012 年 09 月 20 日, 札幌, 日本.

(7) L. Bartolomeo, M. Zecca, S. Sessa, H. Ishii, Z. Lin, M. Tomikawa, M. Hashizume, and A. Takanishi, On the Development of a New Protocol to Induce Stress During Surgical Training: EMG Analysis, 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2012 年 08 月 28 日~2012 年 09 月 01 日, San Diego, USA.

(8) L. Bartolomeo, M. Zecca, S. Sessa, Z. Lin, H. Ishii, H. Xu, M. Uemura, Y. Nagao, M. Tomikawa, M. Hashizume, and A. Takanishi, Biomechanical Analysis of Induced Mental Stress in Laparoscopy Surgical Training by surface Electromyography, IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, 2012 年 06 月 24 日~2012 年 06 月 27 日, Rome, Italy.

(9) J. Lee, G. Ukawa, S. Doho, Z. Lin, H. Ishii, M. Zecca, and A. Takanishi, Non Visual Sensor Based Shape Perception Method for Gait Control of Flexible Colonoscopy Robot, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2011 年 12 月 7 日, Phuket Island, Thailand.

(10) J. Lee, U. Genya, S. Doho, Z. Lin, H. Ishii, and A. Takanishi, Simulation Model Which Can Visualize the Shape of Flexible Colonoscope Using Orientation Sensor Network, IASTED International Conference Biomechanics, 2011 年 11 月 7 日, Pittsburgh, USA.

(11) L. Bartolomeo, M. Zecca, S. Sessa, Z. Lin, Y. Mukaeda, H. Ishii, and A. Takanishi, Baseline adaptive wavelet thresholding technique for sEMG denoising, International Symposium on Computational Model for Life Sciences, 2011 年 10 月 11 日, 富山, 日本.

(12) 斎藤航平, 鈴木悠人, バルトロメオオルカ, 林ゾウワ, 伊藤加寿子, 石井裕之, セッササルバトーレ, 植村宗則, 富川盛雅, 橋爪誠, ゼッカマッシミリアーノ, 高西淳夫, 人間の運動および生理指標の計測システムに関する研究-手術場面における術者の心理的安定性評価手法の検討-, 第 29 回日本ロボット学会学術講演会, 2011 年 9 月 7 日, 東京都, 日本.

(13) L. Bartolomeo, Z. Lin, S. Sessa, M. Zecca, H. Ishii, and A. Takanishi, Development of a Cutting Edge 9-axis Wireless Inertial Measurement Unit, 15th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, 2011 年 9 月 6 日, Napoli, Italy.

(14) L. Bartolomeo, Z. Lin, M. Zecca, S. Sessa, H. Ishii, H. Xu, M. Uemura, M. Tomikawa, M. Hashizume, and A. Takanishi, Surface EMG and Heartbeat Analysis Preliminary Results in Surgical Training: Dry Boxes and Live Tissue, 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2011 年 8 月 30 日, Boston, USA.

(15) Z. Lin, M. Zecca, S. Sessa, L. Bartolomeo, H. Ishii, and A. Takanishi, Development of the Wireless Ultra-miniaturized Inertial Measurement Unit WB-4: Preliminary Performance Evaluation, 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2011 年 8 月 30 日, Boston, USA.

(16) K. Petersen, K. Fukui, Z. Lin, N. Endo, E. Kazuki, H. Ishii, M. Zecca, A. Takanishi, T. Asfour, and R. Dillmann, Towards high-level, cloud-distributed robotic telepresence: Concept introduction and preliminary experiments, IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2011 年 7 月 31 日, Atlanta, Georgia, USA.

(17) Z. Lin, M. Uemura, M. Zecca, S. Sessa, H. Ishii, M. Hashizume, and A. Takanishi, Waseda Bioinstrumentation System WB-3 as a Wearable Tool for Objective Laparoscopic Skill Evaluation, IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2011 年 5 月 9 日, Shanghai, China.

(18) Z. Lin, M. Zecca, and A. Takanishi, WB-3 and WB-4 Systems and their Medical Applications, Workshop of Measuring and Understanding Human Movements and Emotions, 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2011 年 5 月 9 日, Shanghai, China.

6. 研究組織

(1)研究代表者

林 ゾウワ (LIN ZHUOHUA)

早稲田大学・理工学術院・客員次席研究員
(研究院客員講師)

研究者番号：00537243

(2)研究分担者 ()

研究者番号：

(3)連携研究者 ()

研究者番号：