

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20700386

研究課題名(和文) 小型姿勢センサモジュールの開発と手術手技訓練システムの構築

研究課題名(英文) Development of a Miniaturized Attitude Measurement Sensor Module and Construction of a Surgical Skills Training System

研究代表者

伊藤 加寿子 (ITO KAZUKO)

早稲田大学・理工学術院・研究員

研究者番号：20398928

研究成果の概要(和文)：本研究では、超小型姿勢センサの開発と、そのセンサの手術手技訓練システムへの応用を目的とした。3年間の研究において、無線通信が可能な超小型姿勢センサを開発した。また、それらのセンサを用いて実験を行い、姿勢センサの計測値から内視鏡手術手技を評価する方法を考案した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop an ultra-miniaturized inertia sensor and a training system for surgical skills using the sensor. During the three-year project, an inertial sensor with wireless communication was developed. A novel evaluation method for laparoscopic surgery using the sensor was also developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：ロボット工学，神経回路工学

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：モーションキャプチャ，センサフュージョン，医療手技

1. 研究開始当初の背景

近年、人間との共生や共同作業を目的としたパーソナルロボットが盛んに研究されており、その活躍の場はエンターテインメントや医療・福祉といった、より人間の生活空間に近い場へと広がりつつある。このようなロ

ボットは、人間に身体的および心理的悪影響を与えないよう設計する必要があるが、ロボットが人間に与える心理的影響は、これまでアンケート方式を用いて主観的にしか計測されていない。しかし、驚くと心拍が速くなる等、人間の情動の変化は生理指標に現れ、

人間がこれを意識的にコントロールすることは極めて難しい。また、人間は何らかの意思をもって体を動かしており、食べ物を手にとれば、意識が食べ物にあることや、その人間が空腹であることが理解できる。そこで、申請者はこれまで、人間とロボットのインタラクションにおいて、人間がロボットからどのような心理的影響を受けるかを、人間の生理指標と体の動作より客観的に計測することを目指し、人間計測システム WB-2 (Waseda Bioinstrumentation system No.2)を開発してきた。本システムは、心電・呼吸・脈波・発汗、さらに、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を各関節に配置することで、上半身の動作が計測可能である。

一方、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ーが開発されているが、手技の評価機能を有するものはほとんど存在しない。現在、この点に着目し、手術手技評価が可能なシミュレーション教育システムの開発が進められている。例えば、切開・縫合・結紮においては、すでに販売されている人工皮膚に様々なセンサを実装することにより新しい皮膚モデルが開発され、そのデータから縫合手技を定量的に評価する研究が行われている。また、無意識状態にある患者の気道を確保するための気管挿管という手技では、生体の動きを再現するためのアクチュエータおよび手技を評価するためのセンサを有する気管挿管訓練用頭部モデルと、手技の正誤を判定するアルゴリズムが開発されている。

しかし、これらは手技を施すことで患者が受ける影響を計測し、そのデータのみを用いて評価するため、技能のレベルしか呈示することができない。これに対し、施術者の腕や指の動きを計測し、熟練者の動作と比較すれば、具体的にどこをどのように改善すれば良いのか呈示できるようになる。つまり、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。しかし、従来の人間計測システムの姿勢センサモジュールは $30 \times 30 \times 16$ [mm]と大きいため、指等の細かい動作を計測することができない。また、測定箇所と同数のケーブルが必要なため、システム自身が被計測者にストレスを与えていた。

2. 研究の目的

本研究では、施術者の指の細かな動きも計測可能な小型姿勢センサモジュールを開発すると同時に、訓練者に与えるストレスを軽減できるようワイヤレスシステムの構築を目指す。また、これを用いて施術者の動作を計測し、熟練者のデータと比較することで、具体的なアドバイスを提供可能な手術手技評価システムを構築する。そして、従来の評価機能を有するシミュレーション教育システムを合わせて用いることにより、患者データと施術者データの両面から手術手技の評価が可能な、新しい手術手技訓練システムを実現する。

3. 研究の方法

これまでに開発した姿勢センサモジュールは、重量 7[g]で、 $30 \times 30 \times 16$ [mm]と大きいため、細かい動作計測には不向きであった。また、センサと PC 間をケーブルで接続していたため、多数のケーブルがあり、システム自身が被計測者にストレスを与えてしまっていた。そこで、センサモジュールの小型化と無線化を図り、細かい動作の計測が可能で、被計測者への負担を最小限に抑えられるシステムの開発に取り組んだ。

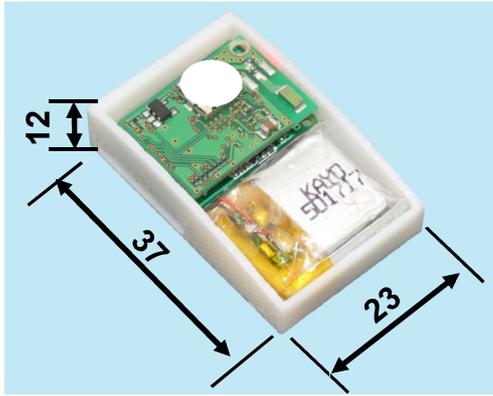
また、本システムの手術手技評価への応用に関しては、医学教育シミュレータを開発している研究者、および医療教育に従事している研究者の協力のもとに進めた。具体的には、九州大学が開設している内視鏡外科手術トレーニングセンターと共同で、同センターに所属するインストラクター（熟練医）およびトレーニング受講者（未熟医）のそれぞれに小型姿勢センサを取り付け、トレーニングタスク実施中の動作の計測を行った。そして計測されたデータを解析し、熟練医と未熟医の間の相違点を分析した。なお、各被験者には複数のタスクを課した。各タスクは、九州大学内視鏡トレーニングセンターにて指導を担当する医師の意見にもとづいて設計した。

4. 研究成果

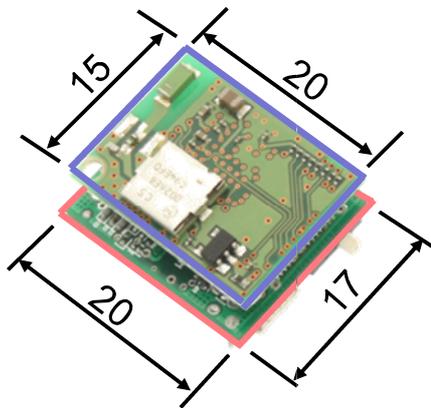
平成 20 年度および 21 年度には、電源を内蔵し、無線通信が可能な小型姿勢センサモジュール WB-4 (Waseda Bioinstrumentation No. 4)を開発した。開発したセンサの外観および主な仕様を Fig. 1, Table 1 に示す。

Table 1 Specification of WB-4

Protocol of wireless communication	Blue tooth (921.6Kb/s)
Battery	Li-Polyme (3.6 v, 80mAh)
Size	mm 37x23x12
Weight	g 7



(a) The CPU board, the wireless communication board and the battery are set in a box



(b) The CPU board (downside) and the communication board (upside)

Fig. 1 Photograph of WB-4

WB-4には、Table 2 に示すセンサが実装されており、角センサの値からセンサの姿勢を25[ms]周期で計算し、PC に送信している。姿勢の計算にはカルマンフィルタを使用し、セ

Table 2 Specification of sensors in WB-4

	Accelerometer	Gyroscope	Magnet meter
Number of Axis	3	3	3
Size mm	3x3x1	4.4x7.5x1.1	4x4x1.3
Range	2/4/8 [G]	400/1600 [deg/s]	4 [Gauss]
Resolution	1[mG/digit] (2G) 2[mG/digit] (4G) 3.9[mG/digit] (8G)	3.2[mV/dps] (400deg/s) 0.8[mV/dps] (1600deg/s)	12 [bit]
Bandwidth Hz	25(2G) 50(4G) 500(8G)	140	50
Current mA	0.25	10.8	0.9

ンサ素子自体が持つ計測誤差を自動的に最小化することが可能となっている。なお、WB-4は内蔵バッテリーにより約30分間外部からの電源供給なしに計測とデータ送信を行うことができる。

平成 21 年度と 22 年度には、姿勢センサ WB-3 を用いて、内視鏡手術トレーニングにおける医師の動作計測を行った。WB-3 を装着した被験者の写真を Fig. 2 に示す。この実験において、手術経験が異なる 2 群 (Expert・Novice) の医師から計測したデータの一部を Fig. 3 に示す。

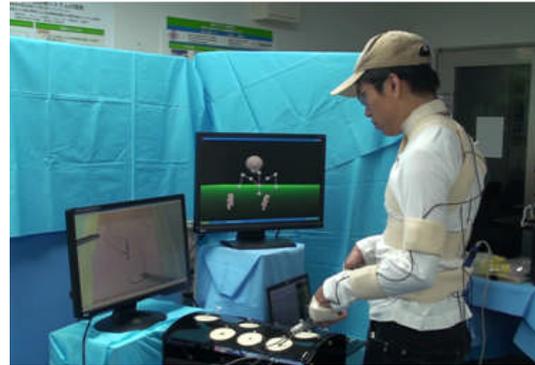


Fig. 2 Experimental subject with WB-3

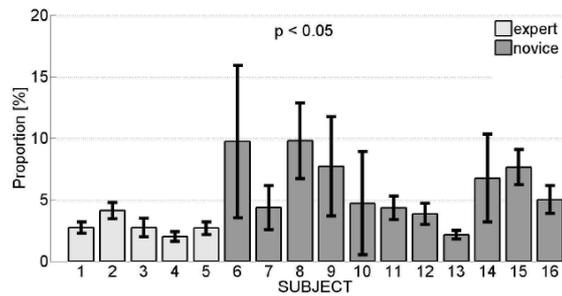


Fig. 3 Shoulder use ratio in right arm. Significant difference are confirmed between experts and novice

Fig. 3 は、タスク中の右手のすべての動作（肩・肘・手首）に対する肩の動作の割合を計算した値を示している。グラフから見てわかるように、熟練医 (Expert) ではこの値が低く、未熟医 (Novice) ではこの値が高くなっている。人間の腕は冗長自由度を有しているため、手先に同一の動きをさせる場合でも、どの関節を動かしてそれを実現するかについて選択の余地がある。今回の結果では、熟練医は、タスク実行時に、必要となる力が小さくてすむ手首と肘の関節を中心に動作させていることが分かる。それに対して、未熟医は、必要となる力が大きい肩の関節を中心に動作させていることが分かる。これより、タスク実行時の肩の動作の割合は、内視鏡手

術手技評価の指標になると言える。本実験では、他に、肩の角度、左右の腕の使用割合なども手技評価の指標となることが確認された。

以上のとおり、本研究では、超小型姿勢センサを開発し、その内視鏡手術トレーニングへの応用について調査を行った。その結果、超小型姿勢センサを用いた内視鏡手術手技評価方法を提案することができた。今後は、開発した姿勢センサおよび評価方法を、実際のトレーニングの場面に適用し、トレーニングの効率化や科学的根拠にもとづいた手技の標準化等に取り組む。

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 10 件)

- ① Zhuohua Lin, Munenori Uemura, Kazuko Itoh (7 番目), 他 11 名, “Objective Evaluation of Laparoscopic Surgical Skills Using Waseda Bioinstrumentation System WB-3”, 査読有, Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.247-252, 2010
- ② Mssimiliano Zecca, Salvatore Sessa, Kazuko Itoh (6 番目), 他 5 名, “Development of the Ultra-Miniaturized Inertial Measurement Unit WB3 for Objective Skill Analysis and Assessment in Neurosurgery: Preliminary Results”, 査読有, MICCAI 2009, Part I, LNCS 5761, pp.443-450, 2009

その他 8 件

[学会発表] (計 4 件)

- ① 鈴木悠人, “生体計測システム WB-3 を用いた腹腔鏡手術技能の客観的評価”, 第 19 回日本コンピュータ外科学会大会, 2010 年 11 月 2 日, 九州大学 (福岡県)
- ② Zhuohua Lin, “Objective Skill Analysis and Assessment in Neurosurgery by using the Waseda Bioinstrumentation System WB-3 –Pilot Tests–”, Robotics and Mechatronics Conference 2009, 2009 年 5 月 25 日, 福岡国際会議場 (福岡県)

その他 2 件

[その他]

ホームページ等

http://www.takanishi.mech.waseda.ac.jp/top/research/index_j.htm

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 加寿子 (ITO KAZUKO)
早稲田大学・理工学術院・研究員
研究者番号: 20398928

(2) 研究協力者

石井 裕之 (ISHII HIROYUKI)
早稲田大学・理工学術院・研究員
研究者番号: 10398927

セッサ サルバトーレ (SESSA SALVATORE)
早稲田大学・理工学術院・研究員
研究者番号: 申請中

林 ゴウア (LIN ZHUOHUA)
早稲田大学・理工学術院・研究助手
研究者番号: 00537243