

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成 23 年度)**

本様式の内容は一般に公表されません

| | |
|----------------|----------------------------|
| 研究課題名 | 力覚触覚提示装置を用いた脳外科手術シミュレータの開発 |
| 研究機関・ 部局・職名 | 東北大学・大学院工学研究科・准教授 |
| 氏名 | 近野 敦 |

1. 当該年度の研究目的

平成 23 年度は、(1) 力覚・触覚提示システムの開発、(2) 脳組織モデルの構築、を行う。
 (1)では、両手で操作可能な力覚・触覚提示システムを構築する。設備備品として購入する 6 自由度ハプティックデバイスに、カセンサなど各種センサを統合して構築する。(2)では、脳組織の有限要素モデルを構築し、病変部の剥離操作模擬を行う。脳組織に術具によって力が作用した場合の変形や組織の破壊を実時間で計算する手法を確立し実装する。

2. 研究の実施状況

力覚・触覚提示システムの開発を行った。図 1 に、生体組織の切断感覚を提示するために開発した、マイクロ剪刀型ハプティックインタフェースを示す。マイクロ剪刀には柄の部分に板ばねが組み込まれており、ばねの復元力で、通常は刃先が開いた状態になる。この剪刀の刃先開き角度をモーターにより制御することができる。図 2 にマイクロ剪刀型ハプティックインタフェースを用いた切断感覚提示実験の結果を示す。横軸は剪刀の刃先開き角、縦軸は刃の中心での切断力である。切断力は剪刀の柄に貼り付けた歪みゲージから得られる応力情報を基に計算で求める。左下から右上に緩やかに上昇する線は剪刀を開いていくときの刃先力の軌跡(板ばねの復元力により負の力になる)、右下から左上に緩やかに上昇する線は剪刀を閉じていく(物を切断する)ときの刃先力の軌跡である。青実線が、図 1 からタイミングベルトを外し刃先開き角にモーターが作用できないようにした状態で、「開く」→「閉じる」という操作を 2 度繰り返したときの刃先力の軌跡、赤破線が刃先を閉じるときにモーターにより抵抗力を発生させ、操作者に仮想的な物体を切断しているような感覚を提示したときの刃先力の軌跡である。赤破線と青実線の比較より、刃先を閉じていくときに仮想的な刃先力を付加できていることがわかるが、実際に操作してみると板ばねの復元力と摩擦力が仮想刃先力と比較して同程度に大きく、

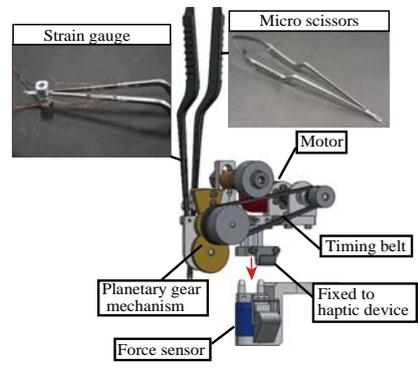


図 1 マイクロ剪刀型ハプティックインタフェース

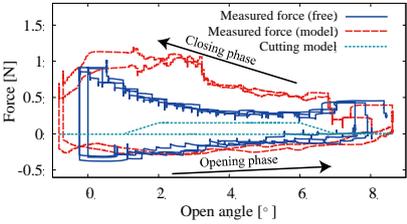


図 2 マイクロ剪刀型ハプティックインタフェース切断力提示実験

仮想物体切断感覚が必ずしも明確には得られなかった。摩擦力の低下などの機構上の工夫を施す予定である。

脳組織の破壊モデルを生成し、過大な力を作用すると生体組織が破断する現象を模擬した。また、分割した要素の質量と粘性を考慮した、動的有限要素モデルを構築した。これらの成果を、国際雑誌論文1本、国際会議論文2本にまとめた。開発した技術を国民に対して発信するために、2012年3月18日(日)に仙台国際センターで市民講座を開催し、東北大学機械系でNEXTプログラムに採用された他の5名の研究者とともに講演を行った。

図3に力覚・触覚提示デバイスと数値シミュレータを組み合わせ、有限要素脳モデルを用いた脳裂開放操作模擬を行っている様子を示す。6人の被験者に、実際の豚の脳の脳裂開放操作と、開発した手術シミュレータシステムを用いた脳裂開放シミュレーションの二つを体験してもらい、操作感覚の差異について考察した。以下は被験者のコメントである。

1. 実際の豚の脳よりもシミュレータの脳モデルは硬く感じる。
2. シミュレータの脳モデルでは、粘性が感じられない。
3. ハプティックインタフェースの振動が気になる。
4. 脳モデルを2次元モニターに表示したとき、奥行きがわからない。
5. シミュレータでは手術器械の見える範囲が限定される。
6. 脳モデルのメッシュが粗いため反力が離散的。

今回の比較実験では、シミュレーションにおいては静的有限要素モデルを用いた。そのため2のコメントにあるとおり粘性が提示されていない。コメント1と2に対しては、動的有限要素モデルを用いることにより、より現実感の高い操作感を提示できるようにしていく。3の問題は、6の問題とも関連し、シミュレーションで用いた脳モデルのメッシュが粗いことが原因であると考えられる。より精細なメッシュを用いた脳モデル(図5)を開発済みである。この精細な脳モデルの変形を実時間で計算するには大規模な並列計算が欠かせない。図6に示すとおり2011年度に大規模並列計算機を購入し、ハプティックデバイスと接続したシステムが稼働している。このシステムと図5の精細モデルを用いて、現実に近い反力を提示するように、シミュレータを改良する。コメント4,5は2次元ディスプレイに起因する限界である。今後3次元ディスプレイやヘッドマウントディスプレイを用いたステレオ視を組み込んだシステムを構築していく。

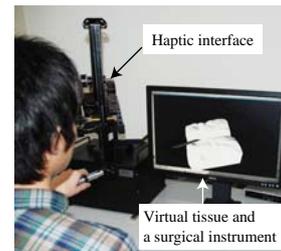


図3 手術シミュレータシステム



図4 豚の脳の、脳裂開放操作

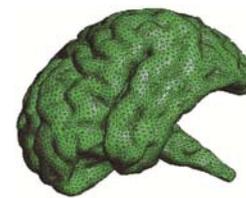


図5 脳の精細有限要素モデル



図6 大規模並列計算機と力覚・触覚提示装置からなる手術シミュレータシステム

様式19 別紙1

3. 研究発表等

| | |
|------------------------------------|--|
| <p>雑誌論文 計 1 件</p> | <p>(掲載済み一査読有り) 計 1 件 Masano Nakayama, Satoko Abiko, Xin Jiang, Atsushi Konno and Masaru Uchiyama, Stable Soft Tissues Fracture Simulation for Surgery Simulator, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 23, No. 4, pp. 589-597, August 2011.</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p> |
| <p>会議発表 計 2 件</p> | <p>専門家向け 計 2 件 Masano Nakayama, Atsushi Konno, Xin Jiang, Satoko Abiko, and Masaru Uchiyama, Linear Elastic Fracture Model for Brain Surgery Simulation, Proceedings of 2011 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, Budapest, Hungary, pp. 333-338, July 3-7, 2011.</p> <p>Xiaoshuai Chen, Masano Nakayama, Teppei Tsujita, Xin Jiang, Satoko Abiko, Koyu Abe, Atsushi Konno and Masaru Uchiyama, Identification of Physical Properties of Swine Liver for Surgical Simulation Using a Dynamic Deformation Model, Proceedings of 2011 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, C9-2, pp.655-660, Kyoto, Japan, December 20-22, 2011.</p> <p>一般向け 計 0 件</p> |
| <p>図書 計 0 件</p> | |
| <p>産業財産権 出願・取得状況 計 0 件</p> | <p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 0 件</p> |
| <p>Webページ (URL)</p> | <p>http://www.space.mech.tohoku.ac.jp/research/surgery/haptic-j.html</p> |
| <p>国民との科学・技術対話の実施状況</p> | <p>2012年3月18日(日)13:00~16:40, 仙台国際センターにて「世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会」と題した市民講座を開催した。東北大学機械系で NEXT プログラムに採用された他の5名の研究者とともに講演を行った。参加者数は一般市民約50名。</p> |
| <p>新聞・一般雑誌等掲載 計 0 件</p> | |
| <p>その他</p> | <p>なし</p> |

4. その他特記事項

なし

実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

| | ①交付決定額 | ②既受領額 (前年度迄の 累計) | ③当該年度受 領額 | ④(=①-②- ③)未受領額 | 既返還額(前 年度迄の累 計) |
|------|-------------|------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| 直接経費 | 99,000,000 | 51,768,000 | 0 | 47,232,000 | 0 |
| 間接経費 | 29,700,000 | 15,530,400 | 0 | 14,169,600 | 0 |
| 合計 | 128,700,000 | 67,298,400 | 0 | 61,401,600 | 0 |

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

| | ①前年度未執 行額 | ②当該年度受 領額 | ③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く) | ④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入 | ⑤当該年度執 行額 | ⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額 | 当該年度返還 額 |
|------|--------------|--------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------|-------------|
| 直接経費 | 51,768,000 | 0 | 0 | 51,768,000 | 51,768,000 | 0 | 0 |
| 間接経費 | 15,467,400 | 0 | 0 | 15,467,400 | 15,467,400 | 0 | 0 |
| 合計 | 67,235,400 | 0 | 0 | 67,235,400 | 67,235,400 | 0 | 0 |

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

| | 金額 | 備考 |
|---------|------------|------------------------|
| 物品費 | 51,655,260 | 操作用アーム型装置, 計算機システム等 |
| 旅費 | 93,740 | 研究成果発表旅費(ロボット学会学術講演会)等 |
| 謝金・人件費等 | 0 | |
| その他 | 19,000 | 学術講演会参加登録費等 |
| 直接経費計 | 51,768,000 | |
| 間接経費計 | 15,467,400 | |
| 合計 | 67,235,400 | |

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

| 物品名 | 仕様・型・性能 等 | 数量 | 単価 (単位:円) | 金額 (単位:円) | 納入 年月日 | 設置研究機関 名 |
|------------------------------|----------------------------------|----|--------------|--------------|------------|-------------|
| 制御システム連携 型操作用アーム型 装置 | ソリッドレイ SOL- DDPP36SET | 1 | 21,252,000 | 21,252,000 | 2011/10/12 | 東北大学 |
| 脳外科手術シミュ レーション計算機シ ステム | DELL Power EdgeR610 20ノ ード | 1 | 28,350,000 | 28,350,000 | 2012/2/28 | 東北大学 |
| テラステーション | BUFFALO TS-8VH16TL/R6 | 1 | 650,000 | 650,000 | 2012/3/7 | 東北大学 |