

乳がんへの穿刺治療を支援するロボットシステムの開発

[1] 組織

代表者：藤江 正克

(早稲田大学 理工学術院)

対応者：山家 智之

(東北大学 加齢医学研究所)

白石 泰之

(東北大学 加齢医学研究所)

分担者：

小林 洋

(早稲田大学 理工学術院)

濱野 竜太郎

(早稲田大学 先進理工学研究科)

研究費：物件費15万円，旅費5万円

[2] 研究経過

日本における乳がんの死亡率と罹患率は、70年代後半から増加傾向にある。1996年以降、日本女性の悪性腫瘍罹患率第1位は乳がんであり、その死亡率は増加の一途を辿っている。また近年、CTやMRIといった画像診断技術が、急速な発展を遂げている。このような背景の下、乳房の病変部位が早期に発見されるケースが増えてきており、小さい病変部位のみを局所的に治療する方法の確立が望まれている。近年、早期乳がんの治療法として、高周波熱凝固療法（略称：RFA、腫瘍内に穿刺した針状の電極で熱を発生させ、癌細胞を凝固壊死させる治療法）が注目を集めている。本治療法は、術創が殆ど残らず整容性が良好であるため、美容面が重要視される乳がんの治療法として、大きなアドバンテージを有する。

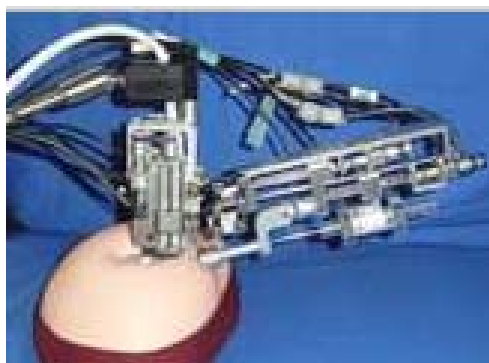


図1 乳がんの穿刺支援システム

しかし一方で、①乳房組織は柔らかく形状が変化し易いため、穿刺時に病変部位が移動すること、②穿刺ターゲットであるがん細胞が小さいことから、早期乳がんに対して正確な穿刺を行うことは困難である。また、熱を発生させて焼灼するプロセスにおいても、③焼灼範囲が画像診断装置等で視認できないため、治療上必要な焼灼領域を過不足なく確保することが困難である。

そこで本研究では、臓器変形および焼灼領域の予測を目的とした臓器の力学モデルを規範とした生体数値シミュレーションと、シミュレーションにより決定した動作を正確に施術することを目的とした穿刺支援ロボットによって、正確な穿刺及び正確な焼灼領域の確保を支援する医療用システムの開発を目的とする。穿刺支援ロボットやシミュレーション等の基盤技術はすでに開発済みである。本共同研究では、乳房の形状・硬さがヒトに近いヤギをモデル動物として、ロボットを用いた穿刺実験を繰り返し実施することで、本システムの穿刺精度を評価することを目的とする。

以下、研究活動状況の概要を記す。ヤギの乳房を対象に、開発済みのマニピュレータを用いた際の穿刺精度の評価を実施した。また、乳房を押し込む力を比較して、針を刺入している組織（筋肉、脂肪、乳腺）を判別できるかを検討した。また、これらの実験を通じて、手術手技の評価・トレーニング用のモデル動物が確立されていない乳線外科において、モデル動物としてのヤギの有効性を検証した。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

第1に、マニピュレータを用いることで、生体内に埋め込んだ模擬ガンに対して、1mm程度の精度で針の先端を目標位置に到達できることを確認した。第2に、皮下に存在する組織により、組織を押し込む力に有意に差が存在することを確認し、この結果より、乳がん組織の存在を力情報から推定できる目途を立てた。第三に、乳線外科領域において、ヤギの乳房を用いることは有用であるとの知見を得た。

(3-2) 波及効果と発展性など

乳線外科に関する社会の関心は非常に高く、複数のメディアにより報道され、大きな社会的反響を得た。また、実験への若手研究者、学生の参加により、医工学の分野に関連する技術者の育成に貢献した。

[4] 成果資料

(1) Maya Hatano, Yo Kobayashi, Ryutaro Hamano, Makiko Suzuki, Yasuyuki Shiraishi, Tomoyuki Yambe, Kozo Konishi, Makoto Hashizume, Masakatsu G. Fujie, "In Vitro and in Vivo Validation of Robotic Palpation-Based Needle Insertion Method for Breast Tumor Treatment", in Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'11), accepted, 2011

(2) Takeharu Hoshi, Yo Kobayashi, Yasuyuki Shiraishi, Tomoyuki Yambe, Masakatsu G. Fujie, "Identification of the biomechanical parameters using robotic force measurement, medical image, and FEA: preliminary in vivo study", in Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, submitted, 2011

(3) Yo Kobayashi, Mariko Tsukune, Takeharu Hoshi, Yasuyuki Shiraishi, Tomoyuki Yambe, Masakatsu G. Fujie, "Nonlinear Force Analysis for Characterization of Breast Tissues", in Proceeding of the 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, to be submitted, 2011

(4)『早大など、乳がんの手術を支援するロボ開発』, 日刊工業新聞, 2010年11月3日

(5)『早大と東北大、乳ガン手術を支援する小型ロボット開発、ガン組織に的確に針を到達早大など、乳がんの手術を支援するロボ開発』, ロボットポータル-ロボナブル, 2010年11月3日

(6)『胎動 サービスロボ市場 第3部 医療・介護福祉支援③』, 日刊工業新聞, 2010年11月10日