

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)

渡辺広樹 (早稲田大学理工学術院)

波田野麻耶 (早稲田大学創造理工学研究科)

築根まり子 (早稲田大学先進理工学研究科)

磯部洋佑 (早稲田大学創造理工学部)

呂筱薇 (早稲田大学創造理工学部)

研究費：物件費10万4千円，旅費8万円

[2] 研究経過

日本における乳がん患者数の増加に伴い、画像診断技術が急速に発展し、乳がんの早期発見が可能となった。早期乳がんを治療する場合、患者の身体面および美容面への負担軽減の観点から、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（RFA）が注目を集めている。RFA療法は低侵襲な局所療法として症例数が増加しているが、一方で次の2点が臨床上的課題となっている。1点目は、早期乳がんに対する精確な穿刺の実施が困難な点である。これは①乳房組織は柔らかく形状が変化し易く、穿刺時に病変部位が移動すること、②穿刺目標である病変部位が小さいことが理由として挙げられる。2点目は、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な点である。これは③焼灼範囲が画像診断装置等で視認できないことが理由として挙げられる。

本研究では上記問題を解決する乳癌治療用ロボットシステムを提案する。臓器変形および焼灼領域を予測する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実施する穿刺支援ロボットの併用により、精確な穿刺と焼灼の実現し、従来のRFA療法が有する穿刺精度と焼灼制御性の問題を解消する。具体的には、乳房の形状・硬さが

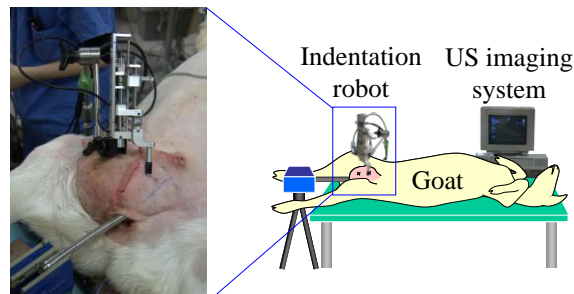


図1 in vivo実験風景

ヒトに近いヤギをモデル動物として、穿刺実験・焼灼実験を繰り返し実施し、臨床応用に向けた本システムの穿刺精度ならびに焼灼範囲を評価することを目的とする。

早稲田大学藤江研究室と加齢医学研究所は、ロボットを用いたヤギの乳房に対する穿刺実験を共同で4回実施している。その中で、ヤギの乳房内に模擬がんを埋め込む手法、ヤギの乳房と腹膜の間に模擬肋骨を埋め込む手法等の実験の方法論に関して知見を得ている。これらの実験および準備のための連絡・訪問を経ることで、今後の研究を加速できる連携体制が構築されている。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。第一に、乳がん組織の存在を体表からの力情報から推定する手法の提案と評価を行った。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。またこの結果は、乳がん組織の存在推定のみならず、乳がん組織の弾性特性を力情報から推定可能であることも示唆した。第二に、RFA焼灼領域の定量データ収集を行った。穿刺精度に関するデータ収集を継続しながら、従来のRFA療法において形成される焼灼範囲について、焼灼サイズ、形状に関する定量的なデータを収集した。

(3-2) 波及効果と発展性など

乳腺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) Hatano M, Kobayashi Y, Hamano R, Suzuki M, Shiraishi Y, Yambe T, Konishi K, Hashizume M, Fujie MG, “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 (ICRA2011), pp. 392-397, 2011.

(2) Kobayashi Y, Tsukune M, Hoshi T, Shiraishi Y, Miyashita T, Yambe T and Fujie MG, “Palpation Nonlinear Reaction Force Analysis for Characterization of Breast Tissues”, in Proceedings of the 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2011), pp. 7393-7396, 2011.

(3) Tsukune M, Kobayashi Y, Shiraishi Y, Miyashita T, Yambe T and Fujie MG, “Nonlinear Reaction Force Analysis for Characterization of Breast Tissues”, Proceedings in Information and Communications Technology, Springer, vol. 3, part 4, pp. 125-134, 2012.

(4) 築根まり子, 小林洋, 宮下朋之, 白石泰之, 山家智之, 橋爪誠, 藤江正克, “乳がん診断支援における弾性率の非線形性を計測する触診ロボットの開発 (2本の圧子を用いた圧縮方法の有限要素解析による検討)”, 日本機械学会2012年度年次大会, No. 12-1, J165034, 2012年9月.

(5) 築根まり子, 小林洋, 宮下朋之, 白石泰之, 山家智之, 橋爪誠, 藤江正克, “非線形弾性に基づく乳がん診断支援システムの開発～ロボットマニピュレータによる触診時の乳房変形解析～”, 第21回日本コンピュータ外科学会(JSCAS2012), vol.14, no.3, pp. 206-207, 2012年11月.

(6) 『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.

(7) 『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.

(8) 『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.