

機関番号：12601

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760187

研究課題名 (和文) 医療技能の技術化・デジタル化による非侵襲超音波診断・治療統合システムの構築

研究課題名 (英文) Construction of Non-Invasive Ultrasound Theragnostic System based on technologizing and digitalizing medical skills

研究代表者

小泉 憲裕 (NORIHITO KOIZUMI)

東京大学・大学院工学系研究科・特任講師

研究者番号：10396765

研究成果の概要 (和文)：

呼吸等により能動的に運動する患部を抽出・追従・モニタリングしながら、超音波を集束させてピンポイントに患部へ照射することにより、がん組織や結石の治療を患者の皮膚表面を切開することなく非侵襲かつ低負担で行なう非侵襲超音波診断・治療統合システムを構築し、癌においては、腎臓ファントム、結石に対しては動物摘出腎において、目標である 2.5mm の精度での患部追従を達成した。

研究成果の概要 (英文)：

We constructed the Non-Invasive Ultrasound Theragnostic System, which tracks and follows the target kidney stones / tumours, while irradiating High Intensity Focused Ultrasound (HIFU). We constructed the phantom / ex-vivo experiments and 2.5 mm precision could be achieved.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学、知能機械学・機械システム

キーワード：医療ロボット，医療支援システム，強力集束超音波，医療技能の技術化・デジタル化，技能の技術化，技能のデジタル化，診断・治療統合

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会，健康志向社会，情報化社会を背景にして，医療サービス（生活）の質の向上が強く求められている。しかしながら，患者数が増大する一方で，個々の診断・治療技能に精通した医療専門家の数は非常に限られている。そこで，医療診断・治療サービスを高度な超音波技術・ITおよびロボット（IRT）技術の最大の出口として捉え、『医療技能の技術化・デジタル化（後述）に基づく

非侵襲超音波医療診断・治療システムの構築法に関する開発』を推進する。

本研究で提案する非侵襲超音波医療診断・治療統合システムとは，呼吸等により能動的に運動する患部を抽出・追従・モニタリングしながら，超音波を集束させてピンポイントに患部へ照射することにより，がん組織や結石の治療を患者の皮膚表面を切開することなく非侵襲かつ低負担で行なおうとするものである。

2. 研究の目的

人体に対して安全・安心に接触動作するとともに人間の能力を超える高精度な非侵襲超音波診断・治療統合システムの構築法を確立する。動物／ファントム実験レベルでシステムの有効性を確認する。

3. 研究の方法

下記の5つのコア技術を基盤として、これを発展させることで、人体に対して安全・安心に接触動作するとともに人間の能力を超える高精度な非侵襲超音波診断・治療統合システムを構築し、動物／ファントム実験レベルでシステムの有効性を確認する。

(コア技術 I) 人体に対する安全・安心接触／非接触動作技術

(コア技術 II) 機能に応じた高精度機構設計技術

(コア技術 III) 超音波医療診断・治療機能における機能抽出・構造化技術

(コア技術 IV) 超音波診断・治療タスクに応じたシステム動作切替え技術

(コア技術 V) リアルタイム医用超音波画像処理技術

4. 研究成果

腎癌においては、腎臓ファントム、結石に対しては動物摘出腎において、目標である2.5mmの精度での患部追従を達成した。

具体的に、結石の追従においては、超音波画像上で結石が周囲の組織と比較して高輝度を有すること、結石の背後に音響シャドウとよばれる影が存在することを利用して結石を抽出・追従・モニタリングする方法を開発した。

がんの追従においては、結石のような明確な生体マーカが存在せず、このことが、がんの追従を困難にしている。そこで、本研究では、この問題を解決するために、腎臓の輪郭情報を利用して術前に得られた腎臓の3次元モデルと超音波画像を高速にレジストレーションすることで患部に追従する方法を開発した。

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6件)

[1] Norihiro Koizumi, Joonho Seo, Takakazu Funamoto, Akira Nomiya, Akira Ishikawa, Kiyoshi Yoshinaka, Naohiko Sugita, Yukio Homma, Yoichiro Matsumoto, and Mamoru Mitsuishi, "Technologizing and Digitalizing Medical Professional Skills for a Non-Invasive Ultrasound Theragnostic System," in Journal of Robotics and Mechatronics, (Accept).

[2] Joonho Seo, Norihiro Koizumi, Takakazu

Funamoto, Naohiko Sugita, Kiyoshi Yoshinaka, Akira Nomiya, Akira Ishikawa, Yukio Homma, Yoichiro Matsumoto, and Mamoru Mitsuishi, "Biplane US guided real-time volumetric target pose estimation method for theragnostic HIFU system," in Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.23, No.3, pp.400-407, 2011.

[3] Joonho Seo, Norihiro Koizumi, Takakazu Funamoto, Sugita Naohiko, Kiyoshi Yoshinaka, Akira Nomiya, Akira Ishikawa, Yukio Homma, Yoichiro Matsumoto, and Mamoru Mitsuishi, "Visual Servoing for a US-guided therapeutic HIFU system by coagulated lesion tracking: a phantom study," in International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, Vol.7, No.2, pp.237-247, 2011.

[4] Joonho Seo, Norihiro Koizumi, Kiyoshi Yoshinaka, Naohiko Sugita, Akira Nomiya, Yukio Homma, Yoichiro Matsumoto, and Mamoru Mitsuishi, "Three-dimensional computer controlled acoustic pressure scanning and quantification of focused ultrasound," in IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol.57, No.4, pp.883-891, 2010.

[5] Norihiro Koizumi, Hiroyuki Tsukihara, Shinichi Takamoto, Hiroyuki Hashizume, and Mamoru Mitsuishi, "Robot vision technology for technologizing and digitalization of medical diagnostic and therapeutic skills," in International Journal of Automation Technology, Vol.3, No.5, pp.541-550, 2009.

[6] Norihiro Koizumi, Shin'ichi Warisawa, Mitsuru Nagoshi, Hiroyuki Hashizume, and Mamoru Mitsuishi, "Construction methodology for a remote ultrasound diagnostic system," in IEEE Trans. on Robotics, Vol.25, No.3, pp.522-538, 2009.

[学会発表] (計37件)

[1] Norihiro Koizumi, Joonho Seo, Deukhee Lee, Akira Nomiya, Shin Yoshizawa, Kiyoshi Yoshinaka, Naohiko Sugita, Yoichiro Matsumoto, Yukio Homma, and Mamoru Mitsuishi, "Robust Kidney Stone Tracking for a Non-Invasive Ultrasound Theragnostic System," in Proc. of 2011 IEEE Int. Conf. Robotics and Automation (ICRA2011), pp.2443-2450, 2011.5.9-13, Shanghai International Conference Center, Shanghai, China.

[2] Joonho Seo, Norihiro Koizumi, Naohiko Sugita, Kiyoshi Yoshinaka, Akira Nomiya, Yukio Homma, Yoichiro Matsumoto, and Mamoru Mitsuishi, "Ultrasound imaging-guided volumetric target recognition for non-invasive high intensity focused ultrasound therapy of renal tumors," in Proc. of CARS 2010 Computer

Assisted Radiology and Surgery, 2010.6.23-26, Geneva, Switzerland.

[3] Norihiro Koizumi, Joonho Seo, Yugo Suzuki, Deukhee Lee, Kohei Ota, Akira Nomiya, Shin Yoshizawa, Kiyoshi Yoshinaka, Naohiko Sugita, Yoichiro Matsumoto, Yukio Homma, and Mamoru Mitsuishi, "A Control Framework for the Non-Invasive Ultrasound Theragnostic System," in Proc. of 2009 IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robotics and Systems, 2009.10.11-15, St. Louis, MO, USA.

〔図書〕(計2件)

[1] You Zhou, Norihiro Koizumi, Naoto Kubota, Takaharu Asano, Kazuhito Yuhashi, Takashi Mochizuki, Takashi Kadowaki, and Ichiro Sakuma, "Fast and Accurate Ultrasonography for Visceral Fat Measurement," in Lecture Notes in Computer Science, LNCS 6262, pp.50-58, 2010.

[2] Joonho Seo, Norihiro Koizumi, Yugo Suzuki, Akira Nomiya, Kiyoshi Yoshinaka, Naohiko Sugita, Yoichiro Matsumoto, and Mamoru Mitsuishi, "Development of computer controlled three dimensional HIFU focus model scanning system," in 9th International Symposium on Therapeutic Ultrasound, Kullervo Hynynen, Jacques Souquet (Eds.), Amer Inst of Physics, Springer-Verlag, pp.400-408, 2010.

〔産業財産権〕

○出願状況(計6件)

[1] 名称: 超音波治療システム
発明者: 佐久間一郎, 小泉憲裕, 廖洪恩, 小林英津子, 富田誠, 藤原圭祐, 射谷和徳
権利者: 佐久間一郎, 小泉憲裕, 廖洪恩, 小林英津子, 富田誠, 藤原圭祐, 射谷和徳
種類: 特許

番号: 特願 2012-017499
取得年月日: 2012年1月31日
国内外の別: 国内

[2] 名称: 超音波癒着測定装置
発明者: 月原弘之, 小泉憲裕, 光石 衛, 小野 稔
権利者: 月原弘之, 小泉憲裕, 光石 衛, 小野 稔
種類: 特許

番号: 特願 2011-27806
取得年月日: 2011年1月26日
国内外の別: 国内

[3] 名称: 超音波診断システム
発明者: 窪田直人, 小泉憲裕, 廖洪恩, 浅野岳晴, 湯橋一仁, 光石 衛, 大西 真, 望月 剛, 佐久間一郎, 門脇 孝
権利者: 窪田直人, 小泉憲裕, 廖洪恩, 浅野

岳晴, 湯橋一仁, 光石 衛, 大西 真, 望月 剛, 佐久間一郎, 門脇 孝

種類: 特許
番号: PCT/JP2010/069976
取得年月日: 2010年11月10日
国内外の別: 国外

[4] 名称: 超音波診断システム用プローブ保持器具

発明者: 窪田直人, 小泉憲裕, 廖洪恩, 浅野岳晴, 湯橋一仁, 光石 衛, 大西 真, 望月 剛, 佐久間一郎, 門脇 孝

権利者: 窪田直人, 小泉憲裕, 廖洪恩, 浅野岳晴, 湯橋一仁, 光石 衛, 大西 真, 望月 剛, 佐久間一郎, 門脇 孝

種類: 特許
番号: 特願 2009-256887
取得年月日: 2009年11月10日
国内外の別: 国内

[5] 名称: 超音波診断システム
発明者: 窪田直人, 小泉憲裕, 廖洪恩, 浅野岳晴, 湯橋一仁, 光石 衛, 大西 真, 望月 剛, 佐久間一郎, 門脇 孝

権利者: 窪田直人, 小泉憲裕, 廖洪恩, 浅野岳晴, 湯橋一仁, 光石 衛, 大西 真, 望月 剛, 佐久間一郎, 門脇 孝

種類: 特許
番号: 特願 2009-256886
取得年月日: 2009年11月10日
国内外の別: 国内

[6] 名称: 生体内結石検出装置
発明者: 光石 衛, 小泉憲裕, 李 得熙, 松本洋一郎, 葭仲 潔, 杉田 直彦, 野宮 明
権利者: 光石 衛, 小泉憲裕, 李 得熙, 松本洋一郎, 葭仲 潔, 杉田 直彦, 野宮 明

種類: 特許
番号: 特願 2010-207427
取得年月日: 2010年9月24日
国内外の別: 国内

○取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等
www.nml.t.u-tokyo.ac.jp/~nkoizumi

6. 研究組織
(1) 小泉 憲裕 (NORIHITO KOIZUMI)
東京大学・大学院工学系研究科・特任講師
研究者番号: 10396765