
MR画像ガイド下手術における標的追尾 小型穿刺支援ロボットの臨床導入の実現

(研究課題番号：17300171)

平成17年～平成19年度科学研究費補助金
(基盤研究(B)) 研究成果報告書

平成20年 3 月

研究代表者 森川 茂廣

(滋賀医科大学・MR医学総合研究センター・准教授)

平成 14 年、当時の東京大学大学院情報理工学系の波多伸彦講師と大学院生の徳田淳一氏らとともにオープン MR 装置の中で動作するポータブルで MR への脱着が容易な手術支援ロボットを製作しようと、MR 内に非磁性の超音波モーターなどを持ち込んで動作実験や MR 画像へのノイズの影響などの検討を開始した。翌、平成 15 年にプロトタイプの 1 号機を作成し、その結果を平成 16 年にボストンで開催された第 5 回 Interventional MR Symposium で発表して、注目を集めた。それまで MR 装置内で動作するロボットはいくつか報告があったが、ファントムスタディーや動物実験止まりで、臨床使用までに至るものは存在しなかった。われわれのプロタイプロボットにおいても、臨床に持ち込むためには、安全性の確保、安定性の向上、滅菌による清潔の確保、MR 装置・撮像との連携の確立、ナビゲーションのためのソフトウェア環境の整備、MR 装置への固定と離脱のための機構の開発など、ハード・ソフト両面にわたる 様々なハードルが存在していた。そこで、これらの問題を解決し、3 年後の臨床応用を目指す、「MR 画像ガイド下手術における標的追尾小型穿刺支援ロボットの臨床導入の実現」という本研究課題を立案したところ、幸いにも採択していただくことができた。

当初、研究分担者として参加していただく予定であった、波多伸彦先生が初年度からハーバード医科大学 Brigham & Women's Hospital に転出されたことは、この研究プロジェクトにとって大きな痛手であったが、海外研究協力者としてご協力いただくとともに、研究分担者として参加いただいた MR 医学総合研究センターの犬伏俊郎教授、外科学講座の来見良誠准教授、研究協力者として参加いただいた GE 横河メディカルシステムの Hasnine Akter Haque 博士、ハーバード医科大学 Brigham & Women's Hospital の徳田淳一博士をはじめとする先生方の



ご協力、とりわけ学内倫理委員会の審査を経て実際の執刀を担当いただいた本学外科学講座の仲成幸講師のご尽力と、谷徹教授のご支援のおかげをもって、掲げた目標どおりに、最終年度に肝腫瘍2症例に対して、ロボットを用いたMRガイド下マイクロ波凝固手術を行い、無事手術を終え良好な結果を収めることができたことは大きな喜びである。手術の準備や実施にあたっては、研究プロジェクトのメンバーばかりでなく、放射線技師、看護師の皆様の暖かいご支援をいただいたことにも心よりお礼申し上げたい。また、我々の無理な注文に応え、様々なアイデアを提供いただき、優れたロボットの部品や機械部分を実際に製作いただいた、ウミヒラ（株）の海平和男氏、中久保剛氏のご協力とご尽力は、特筆に価し、深く感謝させていただきたいと思う。

最後になったが、こうした研究を可能にした文部科学省、日本学術振興会の科学研究費補助金の交付に対し、深く感謝の意を表する。

平成20年3月

滋賀医科大学・MR医学総合研究センター

森 川 茂 廣

研究組織

研究代表者

森川 茂廣 (滋賀医科大学 MR 医学総合研究センター 准教授)

研究分担者

犬伏 俊郎 (滋賀医科大学 MR 医学総合研究センター 教授)

来見 良誠 (滋賀医科大学 医学部 准教授)

研究協力者

谷 徹 (滋賀医科大学 医学部 教授)

仲 成幸 (滋賀医科大学 医学部 講師)

Hasnine Aktar Haque (GE 横河メディカルシステムズ 技術開発センター
MR シニアサイエンティスト)

波多 伸彦 (Harvard Medical School, Brigham & Women's Hospital,
Assistant Professor)

徳田 淳一 (Harvard Medical School, Brigham & Women's Hospital,
Postdoctoral Fellow)

交付決定額（配分額） (金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
平成 1 7 年度	8,300,000	0	8,300,000
平成 1 8 年度	3,200,000	0	3,200,000
平成 1 9 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
総計	14,400,000	870,000	15,270,000

研究発表

- (1) 学会誌等（発表者名、テーマ名、学会誌名、巻号、年月日）
- (2) 口頭発表（発表者名、テーマ名、学会等名、年月日）
- (3) その他（新聞報道など）

- 1 . Sato K, Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Haque HA, Demura K, Tnai T. “Alternate biplanar MR navigation for microwave ablation of liver tumors.” *Magn Reson Med Sci* 4: 89-94, 2005. (page 37)
- 2 . Suzuki M, Sakurai H, Seno S, Kitanisi T, Shimizu T, Nishida T, Morikawa S, Inubushi T, Kitano H. “Use of real-time magnetic resonance image guidance in endoscopic sinus surgery.” *Minum Invasiv Ther* 14:376-384, 2005. (page 43)
- 3 . Abe H, Kurumi Y, Naka S, Shiomi H, Umeda T, Naitoh H, Endo Y, Hanasawa K, Morikawa S, Tani T. “Open-configuration MR-guided microwave thermocoagulation therapy for metastatic liver tumors from breast cancer.” *Breast Cancer* 12:, 26-31, 2005. (page 53)
- 4 . Umeda T, Abe H, Kurumi Y, Naka S, Shiomi H, Hanasawa K, Morikawa S, Tani T. “Magnetic resonance-guided percutaneous microwave coagulation therapy for liver metastases of breast cancer in a case.” *Breast Cancer* 12: 317-321, 2005. (page 59)
- 5 . Nakae I, Mitsunami K, Matsuo S, Inubushi T, Morikawa S, Tsutamoto T, Koh T Horie M. “Myocardial creatine concentration in various nonischemic heart diseases assessed by ¹H Magnetic resonance spectroscopy.” *Circ J* 69: 711-716, 2005. (page 65)
- 6 . Tsuchiya M. Suzuki E. Egawa K. Nishio Y. Maegawa H. Morikawa S. Inubushi T. Kashiwagi A. “Abnormal peripheral circulation in type 2 diabetic patients with normal ankle-brachial index associates with coronary atherosclerosis, large artery stiffness, and peripheral vascular resistance.” *Diabetes Research & Clinical Practice*. 70(3):253-62, 2005. (page 71)
- 7 . Xu R, Chen YW Morikawa S. “Comparison of Optimization Methods for Rigid Medical Image Registration,” *The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Technical Report, Vol.105, No.63*, pp.1-6, 2005. (page 81)

8. Yamaguchi, Mukaisho K, Yamamoto H, Shiomi H, Kurumi Y, Sugihara H, Tani T. "Disruption of erythrocytes distinguishes fixed cells/tissues from viable cells/tissues following microwave coagulation therapy" Digest Dis Sci 50(7):1347-1355, 2005. (page 87)
9. 森川茂廣、犬伏俊郎、出村公一、村上耕一郎、来見 良誠、仲 成幸、塩見尚礼、谷徹、Hasnine A Haque、徳田 淳一 MR 撮像用の傾斜磁場を利用するトラッキングシステム、EndoScout の有効性と問題点 日本コンピュータ外科学会誌 7:437-438, 2005. (page 97)
10. 野方誠、北村聡、中木寿弘、犬伏俊郎、森川茂廣 体内留置型医療機器の新方式磁気駆動の提案 日本コンピュータ外科学会誌 7:323-324, 2005. (page 99)
11. 来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、出村公一、佐藤浩一郎、村上耕一郎、Hasnine A Haque、森川茂廣、犬伏俊郎、谷徹 リアルタイム MR ナビゲーションによる肝癌治療 日本コンピュータ外科学会誌 7:267-268, 2005. (page 101)
12. 来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、出村公一、佐藤浩一郎、村上耕一郎、Hasnine A Haque、森川茂廣、犬伏俊郎、谷徹 リアルタイム MR ナビゲーションによる肝癌治療の実際 日本コンピュータ外科学会誌 7:297-298, 2005. (page 103)
13. 浦野克紀、徳田淳一、土肥徹次、松宮潔、正宗賢、廖洪恩、森川茂廣、土肥健純 小型鞍型 RF コイルを用いた MRI における撮像範囲の基礎的評価 日本コンピュータ外科学会誌 7:441-442, 2005. (page 105)
14. 徳田淳一、森川茂廣、Hasnine A Haque、塚元鉄二、松宮潔、廖洪恩、正宗賢、土肥健純 Adaptive 4D Scan による術中 MRI のリアルタイム性向上に関する研究 日本コンピュータ外科学会誌 7:443-444, 2005. (page 107)
15. 谷徹、来見良誠、仲成幸、塩見尚礼・三次元リアルタイム MR 画像による肝ナビゲーション手術 手術 59(9) : 1315-1322, 2005. (page 109)

- 1 6 . Demura K, Morikawa S, Murakami K, Sato K, Shiomi H, Naka S, Kurumi Y, Inubushi T, Tani T. "An easy-to-use microwave hyperthermia system combined with spatially resolved MR temperature maps: phantom and animal studies." *J Surg Res* 135:179-86, 2006. (page 117)
- 1 7 . Matsuda M, Shiino A, Morikawa S. "Intraoperative MRI." In T. Kanno and Y. Kato (Eds.): *Minimally Invasive Neurosurgery and Multidisciplinary Neurotraumatology*, Springer-Verlag Tokyo, pp 69-72 (2006). (page 125)
- 1 8 . Tokuda J, Morikawa S, Haque AH, Tsukamoto T, Matsumiya K, Liao H, Masamune K, Dohi T. "New 4-D imaging for real-time intraoperative MRI: Adaptive 4-D scan." R. Larsen, M. Nielsen, and J. Sporning (Eds.) *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, Springer, 4190, pp 454-461 (2006) (page 131)
- 1 9 . Tang S, Chen Y-W, Xu R, Wang Y, Morikawa S, Kurumi Y. "MR-CT Image Registration in Liver Cancer Treatment with an Open Configuration MR Scanner." *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, Springer, 4057, pp 289-296 (2006). (page 139)
- 2 0 . Song Y, Morikawa S, Morita M, Inubushi T, Takada T, Torii R, Tooyama I. "Magnetic resonance imaging using hemagglutinating virus of Japan-envelope vector successfully detects localization of intra-cardially administered microglia in normal mouse brain." *Neurosci Lett* 395(1):42-5, 2006. (page 147)
- 2 1 . Song Y, Morikawa S, Morita M, Inubushi T, Takada T, Torii R, Kitamura Y, Taniguchi T, Tooyama I. "Comparison of MR images and histochemical localization of intra-arterially administered microglia surrounding β -amyloid deposits in the rat brain." *Histol Histopathol* 21: 705-711, 2006. (page 151)
- 2 2 . Masuda C, Maki J, Morikawa S, Morita M, Inubushi T, Matsusue Y, Yamagata S, Taguchi H, Doi Y, Shirai N, Hirano K, Tooyama I. "MR tracking of transplanted glial cells using poly-L-lysine-CF3." *Neurosci Res* 56: 224-228, 2006. (page 159)

- 2 3 . Yoshimura T, Suzuki E, Egawa K, Nishio Y, Maegawa H, Morikawa S, Inubushi T, Hisatomi A, Fujimoto K, Kashiwagi A. “Low blood flow estimates in lower-leg arteries predict cardiovascular events in Japanese patients with type 2 diabetes with normal ankle-brachial indexes.” *Diabetes Care* 29: 1884-90, 2006. (page 165)
- 2 4 . Inubushi T, Morikawa S. “Biomedical MR spectroscopy and imaging.” In Graham A Webb ed.: *Modern Magnetic Resonance* 169-174, 2006, Springer. (page 173)
- 2 5 . 来見良誠、谷徹、仲成幸、塩見尚礼、佐藤浩一郎、出村公一、園田寛道、阿部元、遠藤善裕、森川茂廣、Hasnine A Haque、平尾佳彦、岡田裕作 ナビゲーションサージャリーの現状と将来 *Urology View* 4:101-109, 2006. (page 179)
- 2 6 . 谷徹、来見良誠、遠藤善裕、仲成幸、塩見尚礼、森川茂廣 リアルタイム三次元画像によるナビゲーション医療開発 医用画像情報学会雑誌 23(4): 112-115, 2006. (page 189)
- 2 7 . 野方誠、北村聡、中木寿弘、犬伏俊郎、森川茂廣 診断治療用マイクロ体内ロボットの腹腔内移動に関する研究 日本コンピュータ外科学会誌 8:288-289, 2006. (page 193)
- 2 8 . 園田明永、新田哲久、大田信一、井藤隆太、高橋雅士、村田喜代史、森川茂廣、犬伏俊郎、宮川善浩、高森庸江、大中恭夫 VX2 担癌ウサギにおける肝動注用微粉末化 Cisplatin 製剤(アイエーコール TM)とLipiodol 混和液動注後の血中総プラチナ濃度の推移と抗腫瘍効果の検討 7 Tesla MRI を用いて 癌と化学療法 33: 951-957, 2006. (page 195)
- 2 9 . Hata N, Pieper S, Jolesz F, Tempany C, Black P, Morikawa S, Iseki H, Hashizume M, Kikinis R. “Application of Open Source Image Guided Therapy Software in MR-guided Therapies.” N. Ayache, S. Ourselin, A. Maeder (Eds.): *LNCS* 4791, pp. 491–498, 2007. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007. (page 203)

- 3 0 . Kurumi Y, Tani T, Naka S, Shiomi H, Shimizu T, Abe H, Endo Y, Morikawa S. "MR-guided microwave ablation for malignancies." *Int J Clin Oncol* 12:85-93, 2007. (page 211)
- 3 1 . Morikawa S, Inubushi T, Morita M, Murakami K, Masuda C, Maki J, Tooyama I. "Fluorine-19 Fast Recovery Fast Spin Echo Imaging for Mapping of 5-Fluorouracil." *Magn Reson Med Sci* 6:235-240, 2007. (page 221)
- 3 2 . Maki J, Masuda C, Morikawa S, Morita M, Inubushi T, Matsusue Y, Taguchi H, Tooyama T. "The MR tracking of transplanted ATDC5 cells using fluorinated poly-L-lysine-CF₃." *Biomaterials* 28:434-440, 2007. (page 227)
- 3 3 . Takata K, Kitamura Y, Yanagisawa D, Morikawa S, Morita M, Inubushi T, Tsuchiya D, Chishiro S, Saeki M, Taniguchi T, Shimohama S, Tooyama I. "Microglial transplantation increases amyloid- β clearance in Alzheimer model rats." *FEBS Letters* 581(3): 475-478, 2007. (page 235)
- 3 4 . Rui Xu, Yen-Wei Chen, Songyuan Tang, Shigehiro Morikawa, Hasnine Akter Haque, Yoshimasa Kurumi. "3D Non-rigid Image Registration Assisted for MR-Guided Microwave Thermocoagulation of Liver Tumors." *Med Imaging Tech* 25:261-276, 2007. (page 239)
- 3 5 . 森川茂廣、村上耕一郎、出村公一、脇海道孝一、仲成幸、来見良誠、谷徹、Hasnine A Haque、大桃裕、上村英一、森田将史、犬伏俊郎 MRガイド下マイクロ波子宮内膜凝固治療のための電極とナビゲーションシステム *Journal of Microwave Surgery* 25:147-152, 2007. (page 255)
- 3 6 . 谷徹、来見良誠、仲成幸、森川茂廣、出村公一 Microwave Surgery の新たな飛翔ーマイクロ波を用いた手術デバイスの開発と実用化ー *Journal of Microwave Surgery* 25:31-36, 2007. (page 261)
- 3 7 . Xu R, Chen Y-W, Tang S-Y, Morikawa S, Kurumi Y, "Parzen-window based normalized mutual information for medical image registration." *The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Trans Informa-*

- 38. Tokuda J, Morikawa S, Haque HA, Tsukamoto T, Matsumiya K, Liao H, Masamune K, Dohi T. “Adaptive 4D MR Imaging for MRI-guided Therapy Using Navigator-Based Respiratory Signal.” Magn Reson Med (in press). (page 281)
- 39. 森川茂廣、村上耕一郎、仲成幸、来見良誠、谷徹、森田将史、犬伏俊郎、Hasnine A Haque、徳田淳一、波多伸彦 MR イメージガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固のための穿刺支援ロボットの開発と臨床応用 日本コンピュータ外科学会誌 (in press). (page 293)
- 40. 森川茂廣、来見良誠、仲成幸、村上耕一郎、谷徹、椎野顯彦、高橋忍、Hasnine A Haque、森田将史、犬伏俊郎 リアルタイム MR 画像ガイドを活用したナビゲーション手術の展開 日本コンピュータ外科学会誌 (in press). (page 295)

1. Hasnine A Haque, Shigehiro Morikawa, Koichiro Sato, Koichi Demura, Yoshimasa Kurumi, Shigeyuki Naka, Hisanori Shiomi, Tohru Tani. Features Presentation of Clinically used Surgical Navigation & Monitoring Tool for MR-guided Intervention. 8th International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI 2005), Palm Springs, CA. 2005, 10, 26-30. (page 297)
2. Matsuda M, Shiino A, Morikawa S. “Intraoperative MRI.” 6th International Congress on Minimally Invasive Neurosurgery, 2005. 3. 7-9, Nagoya. (page 303)
3. H A Haque, S Morikawa, K Sato, K Demura, Y Kurumi, S Naka et al. “Advantages of MRNavi: A Clinically Used Surgical Navigation and Monitoring Tool for MR-guided Intervention.” RSNA 2005, Chicago, 2005. 11. 26 – 12. 2.
4. 仲 成幸, 来見良誠, 村上耕一郎, 出村公一, 佐藤浩一郎, 山口 剛, 塩見尚礼, 遠藤善裕, 谷 徹, 森川茂廣, Hasnine Haque, “肝腫瘍治療における術中 MR 画像支援システム”, 第 41 回日本肝癌研究会 2005 年 6 月 2 日～3 日 千葉.
5. 仲成幸, 来見良誠, 塩見尚礼, 出村公一, 佐藤浩一郎, 山口剛, 遠藤善裕, 花澤一芳, 谷 徹, 森川茂廣 肝細胞癌に対する MR ガイド下マイクロ波凝固療法の位置付け ―有効性と治療効果―・第 33 回近畿肝臓外科研究会・2005
6. 井藤隆太、文圭三、中洲敏、森川茂広、犬伏俊郎、村田喜代史 ラット N-エチル-N-ニトロソウレア誘発脳腫瘍の拡散テンソル磁気共鳴画像法 第 64 回日本医学放射線学会学術集会 2005 年 4 月 8 日～10 日 横浜
7. 来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、佐藤浩一郎、出村公一、山口剛、村上耕一郎、遠藤善裕、森川茂廣、谷徹 手術支援 4 次元 MR 画像を用いた肝癌治療 第 60 回日本消化器外科学会定期学術総会 2005 年 7 月

8. 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、出村公一、佐藤浩一郎、山口剛、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣 肝細胞癌に対するマイクロ波凝固療法の位置付けーリアルタイム MRI による治療精度の向上 第 60 回日本消化器外科学会定期学術総会 2005 年 7 月 20-22 日 東京都
9. 谷徹、遠藤善裕、目片英治、来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、阿部元、内藤弘之、森川茂廣、犬伏俊郎・直腸癌再発に対する MRI navigation surgery の有用性・第 60 回日本消化器外科学会定期学術総会 2005 年 7 月 20-22 日 東京都
10. 森川茂廣、犬伏俊郎、出村公一、村上耕一郎、仲 成幸、塩見尚礼、来見良誠、浮岡正昭、谷徹、Hasnine Akter Haque 傾斜磁場変化を利用したリアルタイム MR 画像トラッキングシステム、Endoscout の初期使用経験 第 33 回日本磁気共鳴医学会大会 2005 年 9 月 28 日-10 月 1 日 東京都
11. Hasnine Akter Haque、森川茂廣、三好光晴 Rea-time Fat-Water Separation during MR-Guided Interventional Surgery 第 33 回日本磁気共鳴医学会大会 2005 年 9 月 28 日-10 月 1 日 東京都
12. 徳田淳一、森川茂廣、塚元鉄二、ハスナインアクターハツク、土肥健純、波多伸彦 MRI 誘導手術のための Adaptive 4D Scan 法の開発 第 33 回日本磁気共鳴医学会大会 2005 年 9 月 28 日-10 月 1 日 東京都
13. 犬伏俊郎、森川茂廣、森田将史、遠山育夫、増田千明、鳥居隆三、加藤雅也 磁気共鳴と近赤外蛍光を融合する分子イメージング法 第 33 回日本磁気共鳴医学会大会 2005 年 9 月 28 日-10 月 1 日 東京都
14. 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、谷徹、森川茂廣、山崎道夫、古川顕、永田保 マイクロ波凝固療法術後の肝腫瘍に対する拡散強調画像による評価 第 33 回日本磁気共鳴医学会大会 2005 年 9 月 28 日-10 月 1 日 東京都
15. 村上耕一郎、出村公一、塩見尚礼、仲成幸、来見良誠、谷徹、Hasnine

Akter Haque、森川茂廣、犬伏俊郎 オープン MR 下砕石位手術における
新型コイルの有効性 第 33 回日本磁気共鳴医学会大会 2005 年 9
月 28 日-10 月 1 日 東京都

- 1 6. 出村公一、森川茂廣、村上耕一郎、塩見尚礼、仲成幸、来見良誠、谷
徹、Hasnine Akter Haque、犬伏俊郎 高磁場 7T MRI における温度画
像の検討 第 33 回日本磁気共鳴医学会大会 2005 年 9 月 28 日-10 月
1 日 東京都
- 1 7. 中江一郎、三ッ浪健一、松尾信郎、堀江稔、森川茂廣、犬伏俊郎 1H
MRS による心不全患者の心筋クレアチン含量 ー心筋シンチグラフ
イによる脂肪酸代謝評価との比較ー 第 33 回日本磁気共鳴医学会大
会 2005 年 9 月 28 日-10 月 1 日 東京都
- 1 8. 富安（斎藤）もよこ、中井敏晴、松田豪、James Tropp、犬伏俊郎 3.0T
MR 装置による ^{13}C -MRS のための 2 種類の脂肪抑制パルスの有用性評
価 第 33 回日本磁気共鳴医学会大会 2005 年 9 月 28 日-10 月 1 日 東
京都
- 1 9. 来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、出村公一、村上耕一郎、佐藤浩一郎、
三宅亨、清水智治、目片英治、阿部元、遠藤善裕、森川茂廣、谷徹 リ
アルタイム MR ナビゲーションによる Microwave Surgery シンポジウ
ム Microwave Surgery の応用・工夫 第 24 回 Microwave Surgery 研究会
2005 年 10 月 13-14 日 名古屋
- 2 0. 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、村上耕一郎、出村公一、佐藤浩一郎、
遠藤善裕、谷徹、森川茂廣、HaqueHasnine 肝細胞癌の治療選択にお
けるマイクロ波凝固療法の位置付け ーMRI Navigation による新たな
展開ー シンポジウム 肝癌の治療選択 第 24 回 Microwave Surgery
研究会 2005 年 10 月 13-14 日 名古屋
- 2 1. 村上耕一郎、仲成幸、塩見尚礼、出村公一、佐藤浩一郎、遠藤善裕、
森川茂廣、来見良誠、谷徹 MR ナビゲーションによる内視鏡補助下
肝腫瘍マイクロ波凝固療法 第 24 回 Microwave Surgery 研究会 2005
年 10 月 13-14 日 名古屋

22. 出村公一、森川茂廣、犬伏俊郎、村上耕一郎、塩見尚礼、仲成幸、来見良誠、谷徹 MR 温度画像を用いたマイクロ波温熱装置の有用性の検討 第 24 回 Microwave Surgery 研究会 2005 年 10 月 13-14 日 名古屋
23. 塩見尚礼、遠藤善裕、仲成幸、園田寛道、目片英治、来見良誠、谷徹 リアルタイム MR ナビゲーションによる Microwave Surgery 第 24 回 Microwave Surgery 研究会 2005 年 10 月 13-14 日 名古屋
24. 塩見尚礼、遠藤善裕、仲成幸、園田寛道、目片英治、来見良誠、谷徹・大腸癌同時性多発肝転移 (H3)症例に対する治療戦略におけるマイクロ波凝固術の有用性 第 24 回 Microwave Surgery 研究会 2005 年 10 月 13-14 日 名古屋
25. 森川茂廣、犬伏俊郎、出村公一、村上耕一郎、来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、谷徹、Hasnine A Haque、徳田 淳一 MR 撮像用の傾斜磁場を利用するトラッキングシステム、EndoScout の有効性と問題点 第 14 回日本コンピュータ外科学会大会 2005 年 11 月 19-21 日 千葉
26. 野方誠、北村聡、中木寿弘、犬伏俊郎、森川茂廣 体内留置型医療機器の新方式磁気駆動の提案 第 14 回日本コンピュータ外科学会大会 2005 年 11 月 19-21 日 千葉
27. 来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、出村公一、佐藤浩一郎、村上耕一郎、Hasnine A Haque、森川茂廣、犬伏俊郎、谷徹 合同シンポジウム「画像診断技術とロボティクスによる精密誘導治療の進歩」リアルタイム MR ナビゲーションによる肝癌治療 第 14 回日本コンピュータ外科学会大会 2005 年 11 月 19-21 日 千葉
28. 来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、出村公一、佐藤浩一郎、村上耕一郎、Hasnine A Haque、森川茂廣、犬伏俊郎、谷徹 ビデオシンポジウム「コンピュータ支援手術／治療の実際」リアルタイム MR ナビゲーションによる肝癌治療の実際 第 14 回日本コンピュータ外科学会大会 2005 年 11 月 19-21 日 千葉
29. 浦野克紀、徳田淳一、土肥徹次、松宮潔、正宗賢、廖洪恩、森川茂廣、

土肥健純 小型鞍型 RF コイルを用いた MRI における撮像範囲の基礎的評価 第 14 回日本コンピュータ外科学会大会 2005 年 11 月 19-21 日 千葉

30. 徳田淳一、森川茂廣、Hasnine A Haque、塚元鉄二、松宮潔、廖洪恩、正宗賢、土肥健純 Adaptive 4D Scan による術中 MRI のリアルタイム性向上に関する研究 第 14 回日本コンピュータ外科学会大会 2005 年 11 月 19-21 日 千葉
31. 仲 成幸、来見良誠、塩見尚礼、出村公一、佐藤浩一郎、山口 剛、遠藤善裕、花澤一芳、谷 徹、森川茂廣・肝細胞癌に対する MR ガイド下マイクロ波凝固療法的位置付け ―有効性と治療効果―・第 33 回近畿肝臓外科研究会・2005
32. 小川智道、塩見尚礼、犬伏俊郎、森川茂廣、遠山育夫、来見良誠、谷徹・ラット肝再生モデルにおけるバイオイメーキング・第 105 回日本外科学会定期学術集会・2005. 5. 11-13 名古屋
33. 来見良誠、仲 成幸、塩見尚礼、佐藤浩一郎、出村公一、山口 剛、村上耕一郎、田畑貴久、星 寿和、山本寛、内藤弘之、目片英治、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 肝胆道外科領域における 3D 画像誘導手術・日本肝胆膵外科関連会議 2005 年 6 月 8-10 日 横浜
34. 来見良誠、仲 成幸、塩見尚礼、佐藤浩一郎、出村公一、山口 剛、村上耕一郎、遠藤善裕、花澤一芳、谷 徹、森川茂廣、犬伏俊郎・手術支援 4 次元画像を用いた肝癌治療・日本肝胆膵外科関連会議・2005 年 6 月 8-10 日 横浜
35. 仲 成幸、来見良誠、塩見尚礼、村上耕一郎、出村公一、佐藤浩一郎、山口 剛、目片英治、遠藤善裕、谷 徹、森川茂廣、山崎道夫、古川 顕・転移性肝癌に対するマイクロ波凝固療法後の拡散強調 MR 画像による viability 評価の有用性・日本肝胆膵外科関連会議・2005 年 6 月 8-10 日 横浜
36. 仲 成幸、来見良誠、清水智治、塩見尚礼、村上耕一郎、出村公一、

遠藤善裕, 村田 聡, 阿部 元, 森川茂廣, 谷 徹・腹腔鏡補助下肝腫瘍マイクロ波凝固療法におけるリアルタイム MRI ガイドの有用性・第 18 回日本内視鏡外科学会総会・2005 年 12 月 7-9 日 東京

- 37. 来見良誠, 仲 成幸, 塩見尚礼, 清水智治, 出村公一, 村上耕一郎, 村田 聡, 阿部 元, 遠藤善裕, 谷 徹, 森川茂廣, 犬伏俊郎・2 ウェイリアルタイムセンシングによるナビゲーションサージェリー・第 18 回日本内視鏡外科学会総会・2005 年 12 月 7-9 日 東京
- 38. 塩見尚礼, 来見良誠, 仲成幸, 園田寛道, 川崎誠康, 村田 聡, 山本寛, 目片英治, 内藤弘之, 阿部元, 遠藤善裕, 出村公一, 村上耕一郎, 佐藤浩一郎, 谷徹 横隔膜ドーム直下の肝腫瘍に対する胸腔鏡補助下 MR ガイド下マイクロ波凝固術の有用性 第 18 回日本内視鏡外科学会総会・2005 年 12 月 7-9 日 東京
- 39. 来見良誠 MR 空間における Navigation Surgery の現状と将来 第 19 回日本 Endourology・ESWL 学会総会 2005 年 11 月 9-11 日 東京
- 40. Song Y, Morikawa S, Inubushi T, Tooyama I. “Intra-arterially injected microglia accumulate surrounding β -amyloid deposits and uptake the peptides in the rat model of Alzheimer's disease.” 第 24 回日本痴呆学会学術集会 2005 年 9 月 30 日-10 月 1 日 大阪
- 41. 森川茂廣 オープン MR 装置でのリアルタイム術中ナビゲーション 第 11 回つくば MR 懇話会 2005 年 11 月 11 日 つくば
- 42. 森川茂廣 オープン MR 装置によるナビゲーション手術 第 45 回医用器材研究者サロン 2005 年 11 月 18 日 京都
- 43. Morikawa S, Hata N, Inubushi T, Demura K, Murakami K, Morita M, Naka S, Kurumi Y, Haque HA. “Motorized remote-center-of-motion constraint robot to assist MR-guided microwave thermocoagulation of liver tumors.” ISMRM 14th Scientific Meeting and Exhibition. 6-12 May, 2006. Seattle WA. (page 305)
- 44. Naka S, Kurumi Y, Morikawa S, Shiomi H, Tani T. “MR guided microwave

surgery for liver tumor with MR gradient-based tracking system.” ISMRM 14th Scientific Meeting and Exhibition. 6-12 May, 2006. Seattle WA. (page 307)

- 4 5 . Endo Y, Mekata E, Shiomi H, Naka S, Kurumi Y, Morikawa S, Inubushi T. “MR-guided surgery for advanced colorectal cancer.” Association of Surgeons of Great Britain and Ireland, 2006 Annual Scientific Meeting, Edinburgh, UK, 2006.5.3-5.
- 4 6 . Morikawa S. “MRI-guided surgical treatments.” Tutorials on CAS (invited) Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS) 20th International Congress and Exhibition June 28 – July 1, 2006. Osaka, Japan.
- 4 7 . Tokuda J, Morikawa S, Haque HA, Tsukamoto T, Matsumiya K, Liao H, Masamune K, Dohi T. “Adaptive 4-D scan for real-time intraoperative MRI.” Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS) 20th International Congress and Exhibition June 28 – July 1, 2006. Osaka, Japan. (page 309)
- 4 8 . Xu R, Chen Y-W, Morikawa S. “Application of non-rigid medical image registration on open-MR based liver cancer surgery.” Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS) 20th International Congress and Exhibition June 28 – July 1, 2006. Osaka, Japan. (page 313)
- 4 9 . Masamune K, Urano K, Dohi T, Tokuda J, Matsumiya K, Liao H, Matsumoto K, Shimoyama I, Morikawa S, Takeyoshi Dohi. “Basic Study on High-Resolution MR Imaging with Sub-miniature RF Coil.” World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006 (WC2006), August 27 - September 1, 2006, Seoul, Korea.
- 5 0 . Inubushi T, Song Y, Morita M, Morikawa S, Tooyama I, Takada T, Torii R. “Tracking of Magnetically Labeled Microglia by MRI in Model Rat Brain for Alzheimer’s Diseases.” 5th Annual Meeting of the Society for Molecular Imaging. August 30-September 2, 2006. Big Island of Hawaii
- 5 1 . Naka S, Kurumi Y, Shiomi H, Murakami K, Sato K, Demura K, Endo Y, Morikawa S, Haque HA, Tani T. “Intra-operative MR image guided surgery

with MR gradient-based tracking system in the open laparotomy.” 6th Interventional MRI Symposium, September 15-16, 2006. Leipzig, Germany. (page 317)

- 5 2 . Morikawa S, Inubushi T, Murakami K, Haque HA, Demura K, Sato K, Naka S, Shiomi H, Kurumi Y, Tani T. “Navigation of curved electrode for MR-guided endometrial ablation.” 6th Interventional MRI Symposium, September 15-16, 2006. Leipzig, Germany. (page 319)
- 5 3 . Murakami K, Naka S, Demura K, Sato K, Haque HA, Shiomi H, Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Tani T. “Intraluminal image navigation with a micro-sensor of MR gradient based tracking system.” 6th Interventional MRI Symposium, September 15-16, 2006. Leipzig, Germany. (page 323)
- 5 4 . Kurumi Y, Morikawa S, Naka S, Shiomi H, Sato K, Demura K, Yamaguchi T, Endo Y, Hanasawa K, Inubushi T, Haque HA. “Microwave ablation therapy for hepatic tumors using MR navigation system.” 6th Interventional MRI Symposium, September 15-16, 2006. Leipzig, Germany. (page 327)
- 5 5 . Haque HA, Naka S, Kurumi Y, Tani T, Morikawa S. “Scissorscopy: A novel way of visualizing incision during interventional liver resection surgery.” 6th Interventional MRI Symposium, September 15-16, 2006. Leipzig, Germany. (page 329)
- 5 6 . Sato K, Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Shiomi H, Demura K, Tani T, Haque HA. “Interactive real-time MR image navigation system for microwave ablation therapy of liver tumors using alternate bi-planar MR-image.” 6th Interventional MRI Symposium, September 15-16, 2006. Leipzig, Germany. (page 331)
- 5 7 . Tokuda J, Morikawa S, Haque AH, Tsukamoto T, Matsumiya K, Liao H, Masamune K, Dohi T. “New 4-D imaging for real-time intraoperative MRI: Adaptive 4-D scan.” 9th Int Conf Med Image Comput Comput Assist Interv (MICCAI) October 1-6, 2006, Copenhagen Denmark
- 5 8 . Muramatsu J, Ikuta T, Hirai S, Morikawa S. “Validation of FE deformation

models using ultrasonic and MR images.” Proc. 9th Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision, pp. 1091-1096, Singapore, December 2006.

- 59. 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、村上耕一郎、出村公一、佐藤浩一郎、遠藤善裕、谷徹、森川茂廣、Haque Hasnine 肝腫瘍治療における EndoScout System による術中リアルタイム MRI ナビゲーションの有用性 第 106 回日本外科学会定期学術集会 2006 年 3 月 29-31 日 東京都
- 60. 谷徹、来見良誠、仲成幸、森川茂廣 オープン MR（縦型）とマイクロ波技術の融合による夢の外科手術実現 ― 生体を透視化した手術システム開発と過程 ― 日本医工学治療学会第 22 回学術大会 2006.4.21-23 福岡
- 61. 高橋忍、猿橋康雄、尾立征一、松末吉隆、森川茂廣 MRI ナビゲーション脊髄手術の現状―脊髄嚢腫病変に対する先進治療の経験から 第 35 回日本脊椎脊髄病学会 2006 年 4 月 21-22 日 東京都
- 62. 森川茂廣、森田将史、犬伏俊郎、槇純一、増田千明、遠山育夫 19F-NMR による 5-FU 画像化のための Fast Recovery Fast Spin Echo の応用 日本分子イメージング学会設立総会 5 月 23-24 日 京都市
- 63. 増田千明、槇純一、松末吉隆、森川茂廣、森田将史、犬伏俊郎、白井伸明、平尾浩一、山形苑子、土井幸雄、遠山育夫 poly-L-lysine-CF₃ による移植グリア細胞の MR 追跡 日本分子イメージング学会設立総会 5 月 23-24 日 京都市
- 64. 遠山育夫、Song Yang、森川茂廣、森田将史、犬伏俊郎 アルツハイマー病モデルラットの血管内に投与したミクログリアの MR 追跡 日本分子イメージング学会設立総会 5 月 23-24 日 京都市
- 65. 犬伏俊郎、遠山育夫、鳥居隆三、鈴木文夫、加藤雅也、近藤靖 MR による神経幹細胞の無侵襲トラッキング 日本分子イメージング学会設立総会 5 月 23-24 日 京都市

66. 森田将史、森川茂廣、遠山育夫 増田千明、犬伏俊郎 磁気共鳴と近赤外蛍光を融合したマルチモーダル分子イメージング法 日本分子イメージング学会設立総会 5月23-24日 京都市
67. 来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、佐藤浩一郎、出村公一、遠藤善裕、HaqueHasnine、A.森川茂廣、犬伏俊郎、谷徹 外科に役立つ良い画像とは 外科手術における術前シミュレーションと術中ナビゲーション 第31回日本外科系連合学会学術集会 2006年6月22-23日 金沢
68. 谷徹、来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、遠藤善裕、内藤弘之、目片英治、森川茂廣 悪性腫瘍に対する外科的治療の進歩 低侵襲外科治療と抗癌剤感受性テストによる再発後の新しい腫瘍治療ストラテジー 第31回日本外科系連合学会学術集会 2006年6月22-23日 金沢
69. 塩見尚礼、仲 成幸、川崎誠康、園田寛道、清水智治、村田 聡、山本 寛、目片英治、内藤弘之、阿部 元、遠藤善裕、来見良誠、谷徹：転移性肝腫瘍（特に大腸癌肝転移）に対するマイクロ波凝固療法の治療成績・第31回日本外科系連合学会学術集会・2006年6月22-23日 金沢
70. 清水智治、村田聡、阿部元、仲成幸、塩見尚礼、来見良誠、村上耕一郎、出村公一、森川茂廣、谷徹 乳癌治療に対するリアルタイムMRIガイド下マイクロ波凝固療法応用の試み 第14回日本乳癌学会学術総会 2006年7月7-8日 金沢
71. 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、村上耕一郎、出村公一、佐藤浩一郎、遠藤善裕、Haque Hasnine、森川茂廣、谷徹 体腔内で使用可能なMRIナビゲーションシステムによる開腹下マイクロ波凝固療法 第61回日本消化器外科学会定期学術総会 平成18年7月13-15日 横浜市
72. 塩見尚礼、仲 成幸、川崎誠康、園田寛道、清水智治、目片英治、遠藤善裕、来見良誠、谷 徹：大腸癌多発肝転移症例に対する治療戦略におけるマイクロ波凝固術の位置づけ・第61回日本消化器外科学会定期学術総会 平成18年7月13-15日 横浜市

- 7 3. Tooyama I, Song Y, Morikawa S, Morita M, Inubushi T, Kitamura Y, Taniguchi T. “MR images of intra-arterially administered microglia surrounding β -amyloid deposit in the rat brain.” 第 29 回日本神経科学大会 2006 年 7 月 19-21 日 京都市
- 7 4. 来見良誠、森川茂廣、仲成幸、塩見尚礼、川崎誠康、佐藤浩一郎、出村公一、村上耕一郎、遠藤善裕、谷徹 リアルタイム MR 画像と高精度 3 次元同期複合画像を用いたコンピュータ支援手術の最先端 第 61 回日本消化器外科学会定期学術総会 平成 18 年 7 月 13-15 日 横浜市
- 7 5. 遠藤善裕、目片英治、来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、阿部元、清水智治、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 進行再発直腸癌に対する MRI navigation surgery 第 61 回日本消化器外科学会定期学術総会 平成 18 年 7 月 13-15 日 横浜市
- 7 6. 塩見尚礼、仲成幸、村上耕一郎、出村公一、佐藤浩一郎、園田寛道、清水智治、村田聡、山本寛、目片英治、内藤弘之、阿部元、遠藤善裕、森川茂廣、来見良誠、谷徹 多発性大腸癌肝転移症例に対する集学的治療としての MCT の位置づけ 第 25 回 Microwave Surgery 研究会 平成 18 年 9 月 1-2 日 京都市
- 7 7. 遠藤善裕、目片英治、来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、阿部元、内藤弘之、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 進行再発直腸癌に対する MRI navigation surgery の有用性 第 25 回 Microwave Surgery 研究会 平成 18 年 9 月 1-2 日 京都市
- 7 8. 村上耕一郎、来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、出村公一、佐藤浩一郎、森川茂廣、谷徹 MR-Compatible Endoscope 用マイクロ波凝固電極の検討 第 25 回 Microwave Surgery 研究会 平成 18 年 9 月 1-2 日 京都市
- 7 9. 出村公一、森川茂廣、犬伏俊郎、村上耕一郎、佐藤浩一郎、塩見尚礼、仲成幸、来見良誠、谷徹 MR 温度画像により温度分布をモニターする小型マイクロ波温熱治療システム 第 25 回 Microwave Surgery 研究会 平成 18 年 9 月 1-2 日 京都市

80. 清水智治、来見良誠、宇治祥隆、赤堀浩也、村田聡、阿部元、仲成幸、塩見尚礼、村上耕一郎、出村公一、森川茂廣、谷徹 リアルタイム MRI ガイド下マイクロ波凝固療法を用いた乳腺腫瘍治療の実験的検討 第25回 Microwave Surgery 研究会 平成18年9月1-2日 京都市
81. 森川茂廣、犬伏俊郎、村上耕一郎、出村公一、仲成幸、来見良誠、谷徹、四方寛子、高橋健太郎、大桃裕、上村英一 MR ガイド下マイクロ波子宮内膜凝固治療のための電極とナビゲーションシステム 第25回 Microwave Surgery 研究会 平成18年9月1-2日 京都市
82. 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、村上耕一郎、出村公一、佐藤浩一郎、遠藤善裕、谷徹、森川茂廣、Hasnine A Haque 肝細胞癌に対する MRI ガイド下マイクロ波凝固療法 第25回 Microwave Surgery 研究会 平成18年9月1-2日 京都市
83. 徳田淳一、廖洪恩、ヘルバンランニコラス、森川茂廣、松宮潔、正宗賢、土肥健純 MRI 誘導手術のための3次元動画像提示に関する研究 第22回ライフサポート学会大会 2006年9月11-13日 野田市
84. 森川茂廣、犬伏俊郎、森田将史、村上耕一郎、出村公一、仲成幸、来見良誠、Hasnine A Haque、波多伸彦 MR 画像ガイド下肝腫瘍治療のための標的自動追尾型穿刺支援ロボット 第34回日本磁気共鳴医学会大会 平成18年9月14-16日 つくば市
85. Inubushi T, Song Y, Morita M, Morikawa S, Tooyama I, Takada T. Tracking of Magnetically Labeled Microglia by MRI in Model Rat Brain for Alzheimer Diseases. 第34回日本磁気共鳴医学会大会 平成18年9月14-16日 つくば市
86. 森川茂廣、森田将史、犬伏俊郎、槇純一、増田千明、遠山育夫 ¹⁹F-NMR による5-FU画像化のためのFast Recovery Fast Spin Echoの応用 第34回日本磁気共鳴医学会大会 平成18年9月14-16日 つくば市
87. 森川茂廣、犬伏俊郎、村上耕一郎、出村公一、仲成幸、来見良誠、谷

徹、Hasnine A Haque 先端の屈曲した MR 対応マイクロ波電極による MR 撮像面のコントロール 第 34 回日本磁気共鳴医学会大会 平成 18 年 9 月 14-16 日 つくば市

88. 谷徹、来見良誠、遠藤善裕、仲成幸、塩見尚礼、Hasnine A Haque、犬伏俊郎、森川茂廣 オープン MR 画像とマイクロ波応用機器の融合による次世代手術システム 第 34 回日本磁気共鳴医学会大会 平成 18 年 9 月 14-16 日 つくば市
89. 井藤隆太、中洲敏、森川茂廣、犬伏俊郎、村田喜代史、藤堂義郎 拡散テンソル画像法を用いた fiber tracking によるラット脳悪性神経膠腫の腫瘍境界評価 第 34 回日本磁気共鳴医学会大会 平成 18 年 9 月 14-16 日 つくば市
90. 園田明永、新田哲久、大田信一、瀬古安由美、高橋雅士、村田喜代史、城潤一郎、田畑泰彦、森川茂廣、犬伏俊郎 MRI 下薬物動態評価手段としての造影シスプラチン製剤の開発（第一報） 第 34 回日本磁気共鳴医学会大会 平成 18 年 9 月 14-16 日 つくば市
91. 野方誠、北村聡、中木寿弘、犬伏俊郎、森川茂廣 診断治療用マイクロ体内ロボットの腹腔内移動に関する研究 第 15 回日本コンピュータ外科学会大会 2006 年 10 月 27 日—29 日 東京都
92. 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、村上耕一郎、佐藤浩一郎、出村公一、遠藤善裕、谷徹、森川茂廣、Hasnine A Haque リアルタイム MRI ナビゲーションシステムによる低侵襲手術の試み 第 44 回日本人工臓器学会大会 2006 年 10 月 31 日—11 月 2 日 横浜
93. 谷徹、来見良誠、遠藤善裕、仲成幸、塩見尚礼、Hasnine A. Haque、犬伏俊郎、森川茂廣 生体内透視画像下次世代手術 オープン MR とマイクロ波デバイス 第 44 回日本人工臓器学会大会 2006 年 10 月 31 日—11 月 2 日 横浜
94. 活田崇至、村松潤司、早見信一郎、森川茂廣、平井慎一、田中弘美 超音波画像と MRI を用いた内部計測による柔軟物の FE モデルの検証 ロボティクスシンポジア 2006 年 3 月 16-17 日 佐賀

- 9 5 . 遠藤和美、張鵬林、村松潤司、平井慎一、森川茂廣 MRI ボリュームデータにおける 3 次元ブロックマッチングを用いた FE モデルパラメーターの同定 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会 pp.1036-37 2006 年 12 月 14 日～17 日・札幌
- 9 6 . 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、村上耕一郎、出村公一、佐藤浩一郎、遠藤善裕、森川茂廣、Hasnine A Haque、谷徹 傾斜磁場位置センサによるリアルタイム MR ナビゲーションシステムの有用性 第 18 回日本肝胆膵外科関連会議 2006 年 5 月 10-12 日 東京
- 9 7 . Morikawa S, Murakami K, Naka S, Kurumi Y, Morita M, Inubushi T, Nakakubo T, Umihira K, Haque HA, Hata N. “New Devices for Safety and Usability to Introduce Robot Assistance into Clinical MR Guided Microwave Ablation of Liver Tumors.” ISMRM 15th Scientific Meeting and Exhibition. 19-25 May, 2007. Berlin, Germany. Abstract 1112. (page 335)
- 9 8 . Ito R, Nakasu S, Bun K, Morikawa S, Inubushi T, Murata K. Ryuta Ito¹, Satoshi Nakasu, Keizo Bun¹, Shigehiro Morikawa, Toshiro Inubushi, Kiyoshi Murata. “Evaluation of Affected Fiber Structures in Rat Infiltrative Glioma with Diffusion-Tensor MR Fiber Tracking Method: Immunohistochemical Correlation.” ISMRM 15th Scientific Meeting and Exhibition. 19-25 May, 2007. Berlin, Germany. Abstract 3527. (page 337)
- 9 9 . Hata N, Pieper S, Jolesz F, Tempany C, Black P, Morikawa S, Iseki H, Hashizume M, Kikinis R. “Application of Open Source Image Guided Therapy Software in MR-guided Therapies.” 10th International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention. (MICCAI 2007), 29 October – 2 November, Brisbane, Australia.
- 1 0 0 . Matsuda M, Shiino A, Morikawa S. “Intraoperative MR imaging.” World Federation of Neurosurgical Societies, 13th Interim Meeting / The 12th Asian-Australasian Congress of Neurological Surgeons. Nagoya, 2007.11.18-22.
- 1 0 1 . Makoto Urushitani, Chiaki Masuda, Hiroyasu Taguchi, Shigehiro Morikawa,

Toshiro Inubushi, Nobuaki Shirai, Koichi Hirao, Ikuo Tooyama: “MR tracking of transplanted neural cells using fluorinated poly-L-lysine-CF₃.” 第 37 回北米神経科学会議 (Neuro2007) 2007.11.3-8, SanDiego, USA.

- 1 0 2. Ikuo Tooyama, Masahito Morita, Shigehiro Morikawa, Toshiro Inubushi, Shun Shimohama, Kazuyuki Takada, Takashi Taniguchi and Yoshihisa Kitamura. “MR tracking of microglia transplanted into the lateral ventricle of Alzheimer model rats and the clearance of amyloid- β peptide in the hippocampus.” 第 37 回北米神経科学会議 (Neuro2007) 2007.11.3-8, SanDiego, USA.
- 1 0 3. 谷徹、来見良誠、仲成幸、塩見尚礼、森川茂廣 生体の立体透視画像モニター下手術システムの開発 第 15 回クリニカル・ビデオ・フォーラム(CVF) 2007.2.17 東京
- 1 0 4. 来見良誠、谷徹、仲成幸、村上耕一郎、園田寛道、出村公一、佐藤浩一郎、阿部元、遠藤善裕、森川茂廣 肝癌症例に対するオープン MR を用いた Navigation Surgery. 第 107 回日本外科学会定期学術集会 2007 年 4 月 11-13 日 大阪市
- 1 0 5. 仲成幸、来見良誠、塩見尚礼、村上耕一郎、佐藤浩一郎、出村公一、遠藤善裕、森川茂廣、Hasnine A Haque、谷徹 腹部手術における術中リアルタイム MRI ナビゲーションシステムの有用性。第 107 回日本外科学会定期学術集会 2007 年 4 月 11-13 日 大阪市
- 1 0 6. 清水智治、来見良誠、遠藤善裕、村田 聡、目片英治、阿部 元、仲 成幸、塩見尚礼、山本 寛、内藤弘之、出村公一、森川茂廣、谷 徹:「リアルタイム MRI ガイド下マイクロ波凝固療法による乳腺腫瘍治療の可能性」,第 107 回日本外科学会定期学術集会,2007.4.11-13
- 1 0 7. 槇純一 フッ素を用いた要請造影剤の開発と移植軟骨細胞の MR トラッキングへの応用 第 6 回日本再生医療学会総会 2007 年 3 月 13-14 日 横浜市
- 1 0 8. 玉井学、山口哲、森川 茂廣、田中弘美 経皮的低侵襲治療における穿刺針の軌道計測と分析 Robomec'07 (日本機械学会講演会ロボティ

- 1 0 9. Tooyama I, Morita M, Morikawa S, Inubushi T, Shimohama S, Takata K, Taniguchi T, Kitamura Y. "MR tracking of microglia transplanted into the lateral ventricle of Alzheimer model rats and the clearance of amyloid- β peptide in the hippocampus." 第26回日本認知症学会 学術集会 2007年10月17-18日 大阪市
- 1 1 0. 犬伏俊郎、森田将史、森川茂廣 ナノ素材を用いたバイモーダル分子イメージング 第2回日本分子イメージング学会学術集会 2007年6月28-29日 福井市
- 1 1 1. 森田将史、佐々木玄、長町信治、瀧本竜哉、小松直樹、森川茂廣、犬伏俊郎 磁性ナノダイヤモンドの創製と分子・細胞イメージングへの応用 第2回日本分子イメージング学会学術集会 2007年6月28-29日 福井市
- 1 1 2. 槇 純一、増田千明、田口弘康、松末吉隆、森田将史、森川茂廣、犬伏俊郎、白井伸明、平尾浩一、遠山育夫 フッ素と蛍光色素を用いた多標識造影剤の開発と移植軟骨細胞のMRトラッキング及び近赤外蛍光追跡への応用 第2回日本分子イメージング学会学術集会 2007年6月28-29日 福井市
- 1 1 3. 仲成幸、塩見尚礼、村上耕一郎、佐藤浩一郎、出村公一、遠藤善裕、来見良誠、森川茂廣、谷徹 拡散強調MR画像を用いた肝腫瘍マイクロ波凝固療法の治療効果判定 第62回日本消化器外科学会定期学術総会 2007年7月18-20日 東京
- 1 1 4. 森川茂廣、村上耕一郎、仲成幸、来見良誠、谷徹、Hasnine Haque、森田将史、犬伏俊郎、徳田淳一、波多伸彦 MRガイド下肝腫瘍マイクロ波治療支援ロボットの臨床使用に向けた安全対策と周辺機材整備 第35回日本磁気共鳴医学会大会 2007年9月27-29日 神戸
- 1 1 5. 森川茂廣、犬伏俊郎、森田将史、村上耕一郎、仲成幸、来見 良誠、Hasnine Haque MR装置の光学式トラッキングシステムのための非磁性赤外線ダイオードを用いたハンドピースの試作 第35回日本磁

- 1 1 6. 村上耕一郎、森川茂廣、出村公一、佐藤浩一郎、仲成幸、塩見尚礼、来見良誠、犬伏俊郎、谷徹 ラット腫瘍に対するマイクロ波凝固療法後の MR 拡散強調画像による治療効果の判定 第 35 回日本磁気共鳴医学会大会 2007 年 9 月 27-29 日 神戸
- 1 1 7. Hasnine Haque、森川茂廣、仲成幸、来見良誠、谷徹、永澤清 Scissor-o-scope: A novel tool for MR guided interventional surgical resection. 第 35 回日本磁気共鳴医学会大会 2007 年 9 月 27-29 日 神戸
- 1 1 8. 森田将史、佐々木玄、長町信治、瀧本竜哉、小松直樹、森川茂廣、犬伏 俊郎 イオン注入法によるナノダイヤモンドの MRI 造影剤への利用 第 35 回日本磁気共鳴医学会大会 2007 年 9 月 27-29 日 神戸
- 1 1 9. 森川茂廣、村上耕一郎、仲成幸、来見良誠、谷徹、Hasnine Haque、森田将史、犬伏俊郎 MR ガイド下肝腫瘍マイクロ波治療のための標的自動追尾ロボットの製作 第 26 回 Microwave Surgery 研究会 2007 年 10 月 5-6 日 福岡
- 1 2 0. 森川茂廣、来見良誠、仲成幸、村上耕一郎、谷徹、椎野顯彦、高橋忍、Hasnine A Haque、森田将史、犬伏俊郎 ビデオシンポジウム「コンピュータ支援手術の臨床応用と今後の展望」リアルタイム MR 画像ガイドを活用したナビゲーション手術の展開 第 16 回日本コンピュータ外科学会大会 2007 年 11 月 2-4 日 広島
- 1 2 1. 森川茂廣、村上耕一郎、仲成幸、来見良誠、谷徹、森田将史、犬伏俊郎、Hasnine A Haque、徳田淳一、波多伸彦 MR イメージガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固のための穿刺支援ロボットの開発と臨床応用 第 16 回日本コンピュータ外科学会大会 2007 年 11 月 2-4 日 広島
- 1 2 2. 森川茂廣、村上耕一郎、仲成幸、来見良誠、谷徹、森田将史、犬伏俊郎、Hasnine A Haque、徳田淳一、波多伸彦 標的追尾ロボットを用いた MR ガイド下肝腫瘍マイクロ波治療 第 2 回 Open MRI 研究会 2007 年 11 月 16 日 福岡

- 1 2 3. 山口 哲, 森川 茂廣, 田中 弘美: "経皮的低侵襲治療における穿刺針の 3 次元穿刺軌道と分析", 生体医工学シンポジウム 2007, 2007.09.21-22, 札幌
- 1 2 4. 高橋忍, 猿橋康雄, 尾立征一, 松末吉隆, 森川茂廣 コンピュータ支援手術 術中 MR ナビゲーションを用いた脊椎脊髄手術 第 80 回日本整形外科学会学術総会 2007 年 5 月 24-27 日 神戸市
- 1 2 5. 高橋忍, 猿橋康雄, 尾立征一, 松末吉隆, 森川茂廣 先端医療 リアルタイム MR ナビゲーションを用いた脊椎脊髄手術 第 36 回日本脊椎脊髄病学会 2007 年 4 月 26-27 日 金沢市
- 1 2 6. 瀬古安由美, 新田哲久, 園田明永, 大田信一, 高橋雅士, 村田喜代史, 森川茂廣, 竹村しづき, 木村祐, 田畑泰彦 7T MRI を使用した脂肪組織再生過程の画像評価 第 66 回 日本医学放射線学会学術集会 2007 年 4 月 13-15 日 横浜市

新聞記事

1. 「病変早期発見し迅速治療 MRI とロボ組み合わせ」日刊工業新聞
2007 年 10 月 31 日 (page 339)

I. 研究の背景

われわれの施設では、ダブルドーナツと呼ばれる手術監視用オープンMR装置、GE社0.5T SIGNA SP/iを導入して、2000年から臨床使用を開始し、これまで約400例のMR画像ガイド下手術を行ってきた(図1)。症例は、腹部一般外科、脳外科、整形外科、耳鼻科領域など多岐に渡るが、これらの治療手技の中でも特筆すべきは、肝腫瘍に対するマイクロ波凝固治療で、既に200例以上の治療を行ってきた。この治療では、磁石の中の患者の両側に立つ術者が、オプティカルトラッキングシステム、FlashPointを用いて、MR画像(SPGR, 14/3.7:TR/TE (ms), 1枚2秒)の撮像面をインターアクティブに指定し、リアルタイム画像をモニターしながらMR対応のマイクロ波電極を肝腫瘍に刺入し温熱凝固治療を行う。MR画像とマイクロ波は相性のよい組み合わせで、マイクロ波の2.45GHzという周波数は、MR画像へのノイズなどの悪影響がなく、マイクロ波治療中の温度変化をMR温度画像(図2)によりモニターし、治療効果をリアルタイムに評価することができる。この治療を有効に行うために、われわれは、MR対応の内視鏡を構築しMRガイドと腹腔鏡・胸腔鏡ガイドを組み合わせ、また独自のナビゲーションソフトウェアを整備するなど様々な取り組みを展開してきた。



図1 ダブルドーナツ型オープンMR装置、GE社0.5T SIGNA SP/i。



図2 肝腫瘍マイクロ波凝固治療中のMR温度画像。

今日、肝腫瘍に対して経皮的にRFやマイクロ波を用いる低侵襲治療は広く行われ、画像ガイドとしては一般的に超音波が用いられている。しかし、われわれの施設に紹介されてくる肝腫瘍の患者は、超音波でのガイドが困難な深部の肝腫瘍が多く、肋骨、肺、大血管、肝門部胆管などを避け、最短で安全な穿刺ルートを選択することが重要である。しかし肝臓は呼吸性に移動するため、このステップは容易でなく、時間を要する。これを支援するため、センサとアクチュエータを有し、予め指定した標的を自動的に追尾する小型の穿刺支援ロボットを製作し、安全性と有効性を確立した上で、臨床症例に対する使用を目指すこととした。

Ⅱ．ロボットの概要

ロボットは容易に移動でき、磁石の間の幅60cmのギャップに挿入される(図3)。ロボットの両側には金属のフックが備えられ、ハンドル操作でマグネットの突起部分への脱着がワンタッチで可能である(図4)。エンドエフェクタ(図5)は2自由度で回転でき、ロボット用に改造した光学式のFlashPointハンドピースでMR撮像面をコントロールすると同時に、その方向を2つの角度センサで検知して、台座部分の3軸の超音波モータ(図6)が作動して、針の先端位置を指定したターゲットに一致させるよう制御されている(図7)。角度センサーの光ファイバーはコネクタで脱着を可能として、臨床で使用するためにエンドエフェクター全体が滅菌に対応できるようにしている(図8)。モーターのシールドにより、ロボットは動作中もノイズを発生せず、ナビゲーションソフトと組み合わせられ、直交2面の良好なリアルタイム画像と再構成画像を表示している(図9)。



図3 マグネットのギャップに挿入されるロボット。

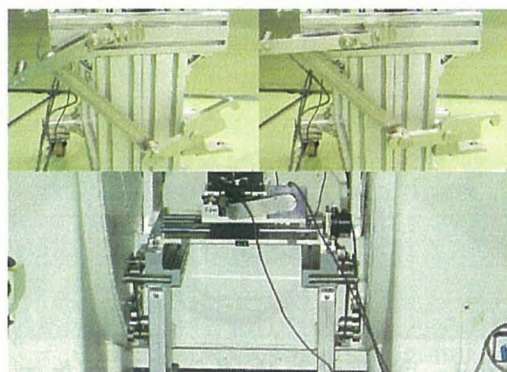


図4 金属フックによるマグネットへのドッキング。

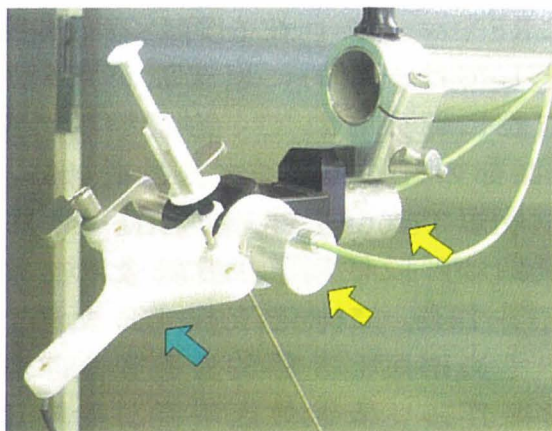


図5 エンドエフェクター。MR 撮像面制御のための光学式トラッキングシステム（緑矢印）と2個の光学式センサー（黄矢印）が取り付けられている。

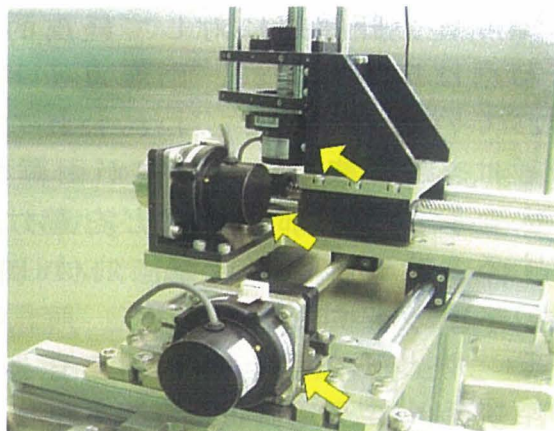


図6 台座部分の3軸方向に非磁性の超音波モーターが取り付けられ、Remote-Center of Motion もちおん針先位置を設定した部位に移動するように制御されている。

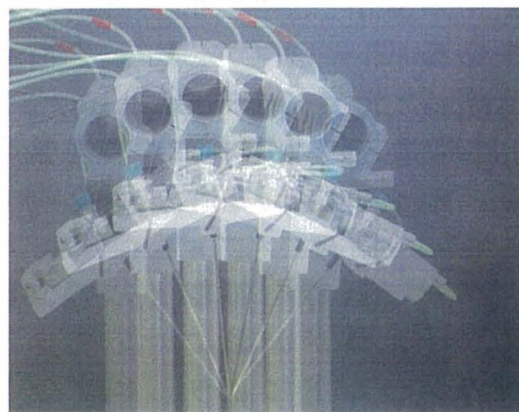
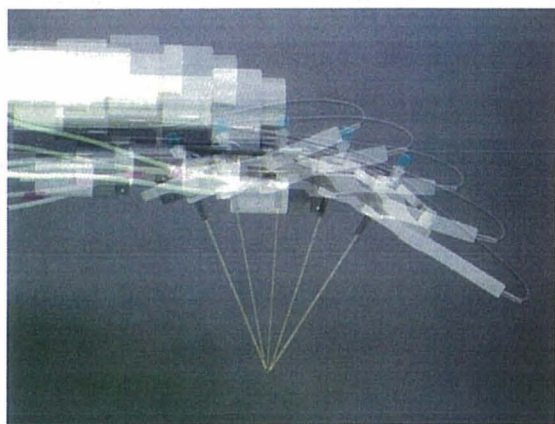


図7 Remote-Center of Motion Constraint による針先位置の制御

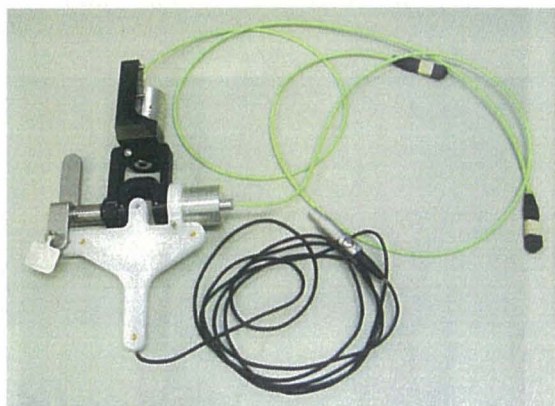


図8 滅菌のために分離されたエンドエフェクター。

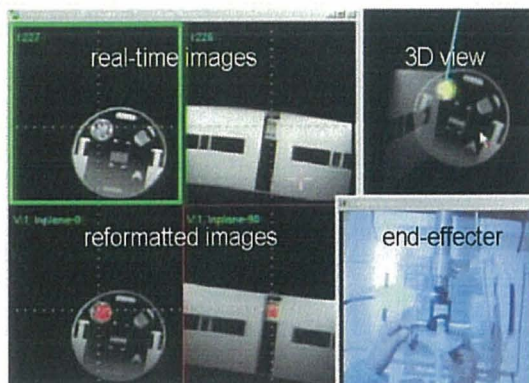


図9 ロボットとナビゲーションソフトの組み合わせで表示された直交2面のリアルタイム画像と再構成画像。

Ⅲ．安全性の確保とシミュレーションスタディー

使用した超音波モータは、 $0.5\text{N}\cdot\text{m}$ という強いトルクを有するため、ロボットアームが患者さんを圧迫する可能性があった。安全性を確保するため、ロボットの垂直アームに蝶板と楔からなるメカニカルヒューズを設置し、一定以上の力が加わるとアームが上方に折れ曲がる機構を追加した(図10)。力の閾値は樹脂製の楔を挟む金属板の間隔により調整することができる。このメカニカルヒューズにラチェット機構を追加して、水平アームを上方に保持したり、元の位置に復帰させたりを容易にできるように改良した(図11)。更に二重の安全装置として、電氣的なシャットダウンスイッチを追加した。患者の安全が保障されたので、倫理委員会の承認を経てボランティアによるシミュレーションスタディーを開始した。メカニカルヒューズは良好に機能し、意図的にアームを押し当てても、痛みを感じることもなく、アームを上方に保持した状態では、物理的に患者に接触できなかった。図12はシミュレーションスタディー中のディスプレイで仮想のターゲットを設定し、その部位をロボットが追尾している。

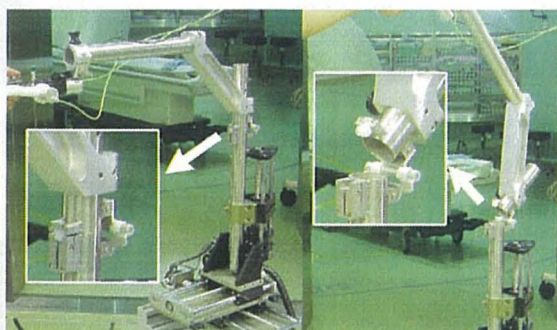


図10 垂直アームに取り付けられた蝶板と楔からなるメカニカルヒューズ。

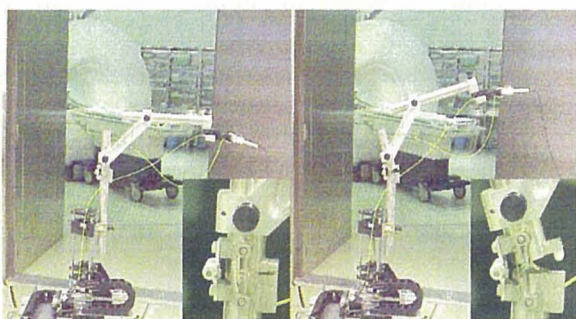


図11 ラチェット機構を追加した改良型メカニカルヒューズ。

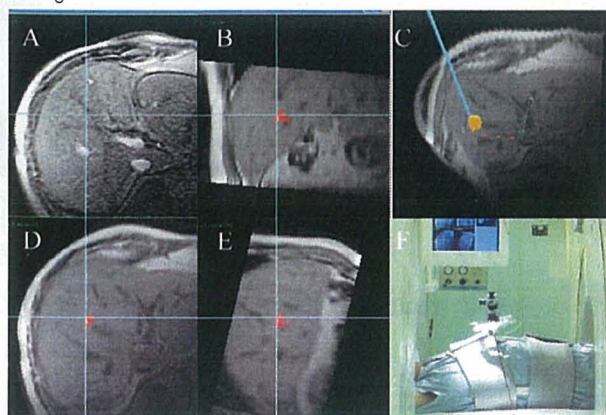


図12 シミュレーションスタディー。まず3DのMR画像を撮像して仮想のターゲット(赤色、橙色)を設定しロボットに追尾させている。(A)リアルタイム画像。(B,D,E)対応するorthogonal面の再構成画像。(C)3D表示。(F)磁石内のボランティア

IV. 臨床症例

十分なシミュレーションスタディーを経て、臨床症例に対する使用を開始した。ロボットの水平アームから先をすべて滅菌し、術者が清潔で組み立て（図13）、マグネットに挿入した（図14）。ロボットは術者の操作に有効に反応し、指定したターゲットを追尾した（図15）。ロボット動作中も、MR画像に対するノイズの影響は軽微であり、われわれのナビゲーションと組み合わせ、術者に良好なリアルタイム画像と再構成画像を提供した（図16）。またロボットのステータス（動作モード、エラーの有無など）も術者がモニターできるようにした（図16 下部）。



図13 滅菌されたロボットアームの組み立て。

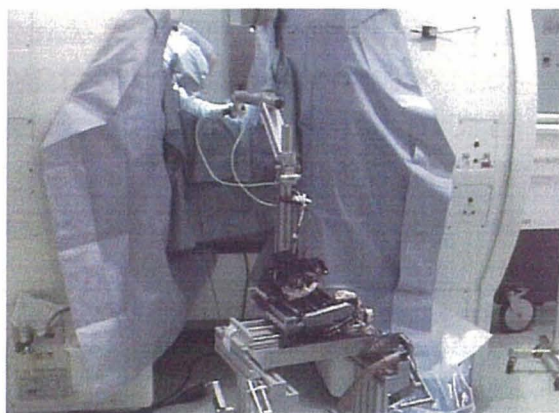


図14 消毒された術野へのロボットのドッキング。

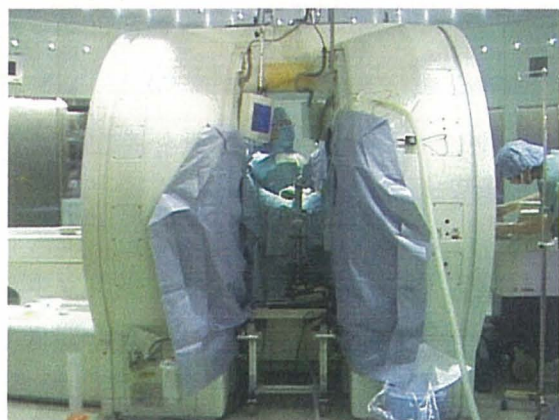


図15 術者の操作に反応し、指定した標的を追尾するロボット。

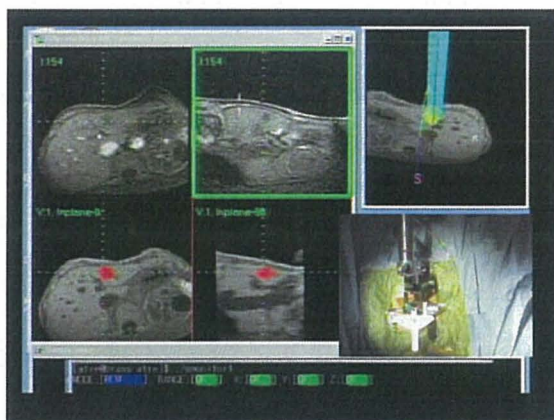


図16 ナビゲーションソフトによるリアルタイム画像と再構成画像の表示。指定された標的に照準が合っている。

V. 今後の展望

このロボットは、現在2例の症例に適用され、良好な結果が得られた。2例の腫瘍の占拠部位はいずれも外側区域で、患者前方からの穿刺が行える部位であった。実際に多くの症例に適用していくには、多様な部位の腫瘍に対するアプローチが必要になる。しかし、光学式トラッキングシステムの検出器が天井部分に設置されていること、ハンドピースの角度の自由度が2軸に制限されていることなどにより、穿刺方向に制約がある。そのため、様々な角度で穿刺可能なアダプターを取り付けて対応できるような改良を行う取り組みを開始したところである(図17)。こうしてより多くの広範な症例の治療に応用していきたいと考えている。

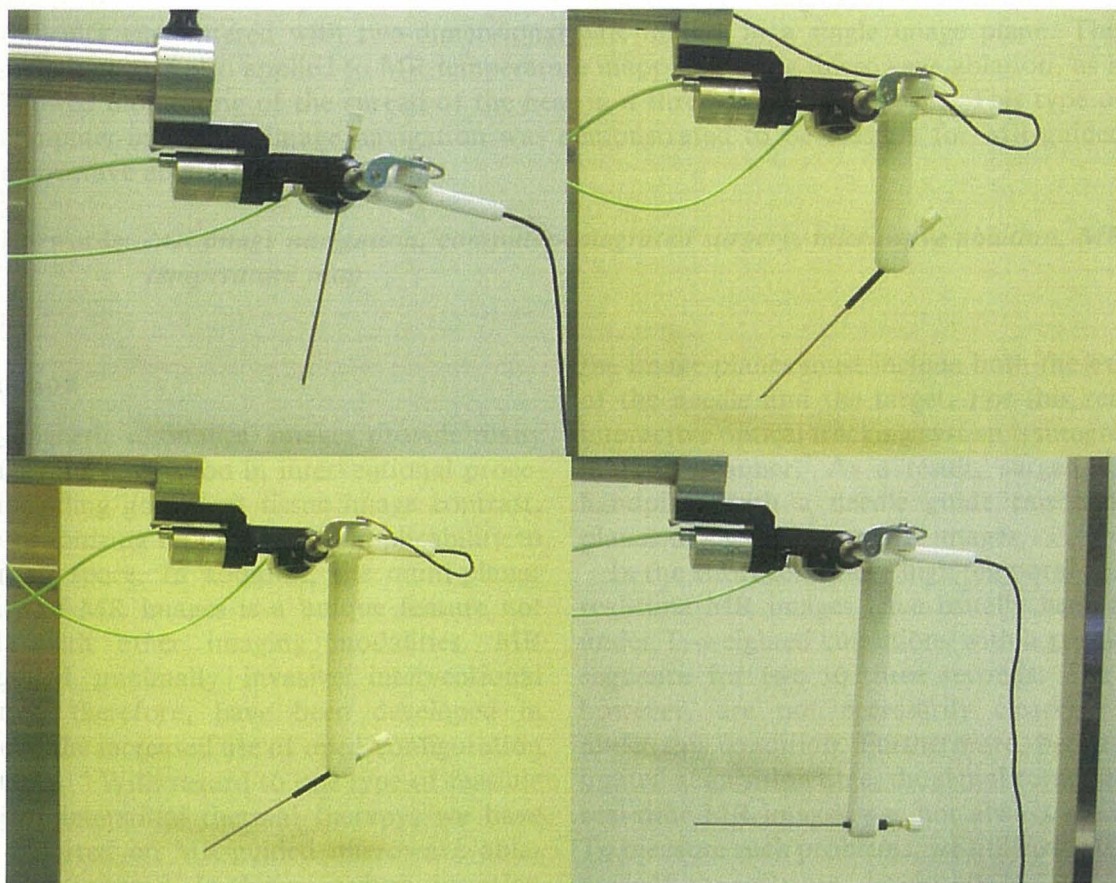


図 17 様々な穿刺角度を可能とする光学式トラッキングシステムのアダプター。