

---

# 精細 3 D画像ナビゲーションを併用した リアルタイムMR画像ガイド下手術の実現

---

(研究課題番号：13671227)

平成13年—平成14年度科学研究費補助金

(基盤研究(C)(2)) 研究成果報告書

平成15年 3 月

研究代表者 森川 茂廣

(滋賀医科大学・分子神経科学研究センター・助教授)

われわれが、本邦第1号機の縦型オープンMR装置を用いて、初めて経験したMRガイド下手術の症例は、2000年1月21日の肝腫瘍マイクロ波凝固治療であった。初期のころには、1枚2秒で撮像されるリアルタイムのMR画像だけが頼りで、少しでも良好にターゲットを描出するために撮像条件を様々に調整するのが一苦勞で、標的を明瞭にキャッチできるとほっとしたものである。以来3年あまりが経過し、手術症例も全体で230例を超え、中でもMRガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固治療は半数を超える135例に達している。

こうした治療自体がまだまだ発展途上であるため、ここに至るまでわれわれ自身の手で様々の工夫や技術開発を必要とした。新しい穿刺補助器具の開発は、限られたスペースの中での穿刺の有効性を拡張し、MR対応内視鏡の導入は、従来治療が困難であった横隔膜直下の肝腫瘍症例に対しても安全で正確な治療を可能とした。こうした技術的進歩の中でも特筆すべきは、本研究で行った「リアルタイムMR画像と術前の精細3D画像を併用したナビゲーション」である。この新しく導入した技術により、ほとんどすべての標的病変に対して、正確で安全な3次元画像ナビゲーションが可能となり、現在ではすべての症例にルーチーンに利用されるに至っている。もはやこの技術なしでの治療は考えることができない状態で、僅か3年間であるがこの間の経験と進歩はめざましいものであると自負している。

こうした研究を可能にした文部科学省・日本学術振興会、科学研究費補助金の交付に対し、深く感謝の意を表します。

滋賀医科大学附属図書館



2002018532

## 研究組織

### 研究代表者

森川茂廣 (滋賀医科大学 分子神経科学研究センター 助教授)

### 研究分担者

犬伏俊郎 (滋賀医科大学 分子神経科学研究センター 教授)

椎野顯彦 (滋賀医科大学 医学部 講師)

来見良誠 (滋賀医科大学 医学部 講師)

波多伸彦 (東京大学大学院 情報理工学系研究科 講師)

Hasnine A Haque (GE 横河メディカルシステム 技術部 研究員)

## 研究経費

平成13年度 2,000 千円

平成14年度 1,000 千円

合 計 3,000 千円

## 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)

1. Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S. Feasibility of Microwave ablation for MR-guided interstitial thermal therapy: an experimental study using 2T MR system. *Jpn J Magn Reson Med* 21: 79-84, 2001.
2. Morikawa S, Inubushi T. Fast  $^{13}\text{C}$ -glucose metabolite mapping in rat brain using  $^1\text{H}$  echo planar spectroscopic technique at 2T. *J Magn Reson Imaging* 13:787-791, 2001.
3. Suzuki E, Kashiwagi A, Nishio Y, Egawa K, Shimizu S, Maegawa H, Haneda M, Yasuda H, Morikawa S, Inubushi T, Kikkawa R. Increased arterial wall stiffness limits flow volume in the lower extremities in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 24:2107-2114, 2001.
4. Yamamoto D, Tanaka K, Nakai K, Baden T, Inoue K, Yamamoto C, Takemoto H, Kamato K, Hirata H, Morikawa S, Inubushi T, Hioki K. Synergistic effects induced by cycloprodigosyn hydrochloride and epirubicin on human breast cancer cells. *Breast Cancer Res Tr* 72: 1-10, 2002.
5. Mukaisho K, Kurumi Y, Sugihara H, Naka S, Kamitani S, Tsubosa Y, Moritani S, Endo Y, Hanasawa K, Morikawa S, Inubushi T, Hattori T, Tani T. Enzyme histochemistry is useful to assess viability of tumor tissue after microwave coagulation therapy (MCT): Metastatic adenocarcinoma treated by lateral segmentectomy after MCT. *Dig Dis Sci* 11:2441-2445, 2002.
6. Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Sato K, Tani T, Yamamoto I, Fujimura M. MR-Guided Microwave Thermocoagulation Therapy of Liver Tumors: Initial Clinical Experiences Using a 0.5 T Open MR System. *J Magn Reson Imaging* 16: 576-583, 2002.
7. Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Sato K, Tani T, Hata N, Seshan V, Haque HA. Technical developments for MR-guided microwave thermocoagulation therapy of liver tumors. In T. Dohi and R. Kikinis (Eds.): Springer, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 2489, pp 52-59 (2002).

8. Hata N, Tokuda J, Morikawa S, Dohi T. Projection profile matching for intraoperative MRI registration embedded in MR imaging sequence. In T. Dohi and R. Kikinis (Eds.): Springer, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 2489, pp 164-169 (2002).
9. Ishii H, Arai T, Segawa H, Morikawa S, Inubushi T, Fukuda K. Effects of propofol on lactate accumulation and oedema formation in focal cerebral ischaemia in hyperglycaemic rats. *Brit J Anaesth* 88:412-417, 2002.
10. Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Sato K, Tani T, Haque HA, Tokuda J, Hata N. New assistive devices for MR-guided microwave thermocoagulation of liver tumors. *Acad Radiol* 10:180-188, 2003.
11. 森川茂廣、犬伏俊郎、松田昌之、来見良誠、藤村昌樹、野坂修一、村田喜代史、Viswanathan Seshan インターベンション治療における縦型オープンMR装置の初期経験 *日磁医誌* 21:41-48, 2001.
12. 森川茂廣、犬伏俊郎、鈴木幹男、来見良誠、藤村昌樹、Viswanathan Seshan MR 対応内視鏡システムの構築とその臨床応用 *日磁医誌* 21:155-160, 2001.
13. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、仲成幸、Viswanathan Seshan リアルタイムMR撮像ナビゲーション装置用補助器具の開発 *日磁医誌* 21:193-197, 2001
14. 来見良誠、仲成幸、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎、山崎道夫、古川颯、村田喜代史、石塚義之、馬場忠雄、野坂修一 垂直型オープンMR装置を用いたMRガイド下肝腫瘍治療 *日磁医誌* 21:170-180, 2001
15. 椎野顯彦、松田昌之、森川茂廣、犬伏俊郎、村田喜代史 脳外科領域における interventional MR-Signa SP の使用経験 *映像情報 Medical* 33:940-946, 2001
16. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、仲成幸、谷徹、手塚圭、脇海道孝一、Viswanathan Seshan MRガイド下 microwave surgery におけるノイズの問題

17. 向所賢一、杉原洋行、来見良誠、紙谷純広、徳川奉樹、仲成幸、遠藤善裕、花澤一芳、森川茂廣、犬伏俊郎、服部隆則、谷徹 酵素組織化学染色を用いたマイクロ波照射後の肝組織の評価 J Microwave Surg, 19: 39-42, 2001
18. 来見良誠、谷徹、仲成幸、佐藤浩一郎、遠藤善裕、花澤一芳、森川茂廣、犬伏俊郎、野坂修一、村田喜代史 多方向アクセスによるMRガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固療法 J Microwave Surg, 19: 99-103, 2001
19. 山本育男、藤村昌樹、平野正満、森川茂廣、犬伏俊郎、村田喜代史 IVRの現状と問題点：Interventional MRI. 臨床外科 56: 1637-1646, 2001.
20. 椎野顯彦、田中敏樹、中島正之、辻篤司、大橋経昭、鈴木文夫、中洲敏、松田昌之、森川茂廣、犬伏俊郎 Intraoperative MRI における 3D Slicer の有用性の検討。CI 研究 23: 185-189, 2001.
21. 仲成幸、来見良誠、清水智治、近藤浩之、目方英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、石塚義之、山崎道夫、古川顕 MRI ナビゲーションによる Tumor Ablation -肝腫瘍マイクロ波凝固療法の新たな展開- 癌と化学療法 28:1591-1594, 2001.
22. 谷徹、仲成幸、来見良誠、遠藤善裕、森川茂廣、村田喜代史 腹部病変に対するオープン MRI を用いた Microwave Surgery. Radiology Frontier 5:31-36, 2002.
23. 犬伏俊郎、森川茂廣 代謝情報画像化の可能性を探る 映像情報 Medical 34:454-457, 2002
24. 来見良誠、谷徹、仲成幸、遠藤善裕、清水智治、花澤一芳、森川茂廣 MR 監視下マイクロ波凝固療法 臨床消化器内科 17:523-528, 2002.
25. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、椎野顯彦、波多伸彦、Viswanathan Seshan, Hasnine A Haque：リアルタイムMR画像ガイド下手術へのカスタマイズしたナビゲーションソフトウェアの統合

26. 片岡英幸、森川茂廣 音声外科術中の画像評価 ―開放型 MRI を用いて― 喉頭 14:1-4, 2002.
27. 森川茂廣, 犬伏俊郎, 来見良誠, 仲成幸, 谷徹, 手塚圭, 脇海道孝一, Hasnine A. Haque マイクロ波出力と針状電極の形状による加温領域への影響 ―MR温度画像を用いた連続的モニタリング― J. Microwave Surg. 20: 27-33, 2002
28. 谷徹、来見良誠、森川茂廣 腹部外科とナビゲーションサージャリー手術 56: 1451-1460, 2002.
29. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、波多伸彦、Viswanathan Seshan, Hasnine A Haque リアルタイム MR 画像ガイドにおけるオフセット型穿刺補助器具の開発 日本コンピュータ外科学会誌 (JJSCAS) (in press)

## 口頭発表

1. Kurumi Y, Tani T, Naka S, Morikawa S, Inubushi T, Seshan V. Combined Thoracoscope-Assisted MR-Guided Microwave Ablation of Liver Tumors. Ninth Scientific Meeting and Exhibition of ISMRM, 21-27 April 2001, Glasgow, UK.
2. Kurumi Y, Tani T, Naka S, Morikawa S, Inubushi T, Seshan V. Clinical Experiences with MR-Guided Microwave Ablation for Liver Tumors. Ninth Scientific Meeting and Exhibition of ISMRM, 21-27 April 2001, Glasgow, UK.
3. Sawada T, Nakamura J, Kani K, Morikawa S, Inubushi T. Measurement by MRI of rabbit eye volume before and after D-mannitol. Ninth Scientific Meeting and

- 4 . Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Shiino A, Suzuki M, Hata N, Seshan V, Tsukamoto T. Assistance of Real Time MR Image Guidance with Customized Navigation Software and Newly-Developed Devices for Image Plane Control System. Tenth Scientific Meeting and Exhibition of ISMRM, 20-24 May 2002, Honolulu, HI.
- 5 . Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Seshan V, Tsukamoto T. Feasibility of Simple Respiratory Triggering in MR-guided Interventional Procedures for Liver Tumors under General Anesthesia. Tenth Scientific Meeting and Exhibition of ISMRM, 20-24 May 2002, Honolulu, HI.
- 6 . Tokuda J, Morikawa S, Dohi T, Hata N. Ultra-fast image registration embedded in intraoperative MR imaging. 16th International Congress and Exhibition, Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS), June 26-29, 2002, Paris, France
- 7 . H. Abe, Y. Kurumi, S. Naka, A. Kawaguchi, Y. Endo, K. Hanasawa, T. Tani, S. Morikawa, T. Inubushi. Clinical Experiences with MR-Guided Microwave Coagulation Therapy for Metastatic Liver Tumors from Breast Cancer. 3rd European Breast Cancer Conference, 19-23 March 2002 Barcelona
- 8 . Y. Kurumi, S. Naka, T. Yamaguchi, K. Sato, M. Shimizu, H. Kondo, Y. Endo, K. Hanasawa, T. Tani, S. Morikawa, T. Inubushi. MR-Guided Microwave Coagulation Therapy for Malignant Hepatic Tumors. 5th World Congress of the International Hepato-Pancreato-Biliary Association, Tokyo, April 25-29, 2002
- 9 . S. Naka, Y. Kurumi, M. Shimizu, H. Kondo, H. Abe, Y. Endo, K. Hanasawa, T. Tani, S. Morikawa. Microwave Coagulation Therapy for Hepatocellular Carcinoma with MRI Navigation. 5th World Congress of the International Hepato-Pancreato-Biliary Association, Tokyo, April 25-29, 2002
- 10 . Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Sato K, Tani T, Hata N, Seshan V, Haque HA. Technical Developments for MR-Guided Microwave Thermocoagulation Therapy of Liver Tumors. Fifth International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI) Tokyo,



- 1 1. Hata N, Tokuda J, Morikawa S, Dohi T. Projection profile matching for intraoperative MRI registration embedded in MR imaging sequence. Fifth International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI) Tokyo, September 25-28, 2002.
- 1 2. Y. Kurumi, T. Tani, S. Naka, T. Shimizu, T. Tabata, E. Mekata, H. Naito, A. Kawaguchi, H. Abe, Y. Endo, K. Hanasawa, S. Morikawa, T. Inubushi. Combined Endoscope-assisted MR-guided Microwave Coagulation Therapy of Hepatic Tumors. Congress of Endoscopic and Laparoscopic Surgeons of Asia, 2002 (ELSA,2002) Sept. 19-21, 2002. Tokyo
- 1 3. S. Naka, Y. Kurumi, K. Sato, T. Yamaguchi, Y. Endo, K. Hanasawa, T. Tani, S. Morikawa. Microwave Thermoablation Therapy for Hepatocellular Carcioma under Laparoscope Assistance with Real-Time MRI Guidance. Congress of Endoscopic and Laparoscopic Surgeons of Asia, 2002 (ELSA,2002) Sept. 19-21, 2002. Tokyo
- 1 4. Naka S, Kurumi Y, Sato K, Yamaguchi T, Endo Y, Hanasawa K, Tani T, Morikawa S, Inubushi T. Microwave surgery for hepatocellular carcinoma under real-time MRI guidance. 4<sup>th</sup> Interventional MRI Symposium, Leipzig, September 27-28, 2002.
- 1 5. Endo Y, Kurumi Y, Naka S, Morikawa S, Sato K, Yamaguchi T, Hanasawa K, Tani T, Inubushi T, Haque HA. Real time MRI-guided thermal therapy for intrapelvic tumor. 4<sup>th</sup> Interventional MRI Symposium, Leipzig, September 27-28, 2002.
- 1 6. Haque HA, Morikawa S, Inubushi T, Sato K, Kurumi Y, Tsukamoto T, Nagasawa K. Integrated external computer control for needle navigation and temperature monitoring during MR-guided microwave thermo-coagulation therapy. 4<sup>th</sup> Interventional MRI Symposium, Leipzig, September 27-28, 2002.
- 1 7. Sato K, Kurumi Y, Naka S, Tani T, Morikawa S, Inubushi T, Tokuda J, Hata N. Feasibility of “Foot Printing” during MR-guided microwave thermocoagulation

therapy of big liver tumors. 4<sup>th</sup> Interventional MRI Symposium, Leipzig, September 27-28, 2002.

- 1 8. Kurumi Y, Naka S, Morikawa S, Sato K, Yamaguchi T, Endo Y, Hanasawa K, Tani T, Inubushi T, Haque HA. MRI-guided microwave thermoablation therapy for hepatic tumor: development of navigation surgery. 4<sup>th</sup> Interventional MRI Symposium, Leipzig, September 27-28, 2002.
- 1 9. 藤野昇三、井上修平、紺谷桂一、澤井聡、花岡淳、尾崎良智、木下隆、平野正満、藤村昌樹、来見良誠、谷徹、森川茂廣 胸部領域における Zone 1 Interventional MRI (IVMR)の応用。 第 101 回日本外科学会総会 2001 年 4 月 11-13 日 仙台市
- 2 0. 木下隆、藤村昌樹、平野正満、山本育男、森川茂廣、犬伏俊郎、古川顕、村田喜代史 肝腫瘍に対する治療支援 MR システムと内視鏡手術を組み合わせたマイクロ波凝固壊死療法の経験 第 101 回日本外科学会総会 2001 年 4 月 11-13 日 仙台市
- 2 1. 仲成幸、来見良誠、近藤浩之、糸島崇博、梅田朋子、目方英治、内藤弘之、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣 肝腫瘍に対する胸腔鏡補助リアルタイムMRガイド下マイクロ波凝固壊死療法 第 101 回日本外科学会総会 2001 年 4 月 11-13 日 仙台市
- 2 2. 山本育男、藤村昌樹、平野正満、木下隆、森川茂廣、犬伏俊郎、古川顕、村田喜代史 直腸癌骨盤内再発に対する Interventional MRI (IVMR) ガイド下マイクロ波凝固壊死療法の経験 第 101 回日本外科学会総会 2001 年 4 月 11-13 日 仙台市
- 2 3. 来見良誠、谷徹、仲成幸、近藤浩之、川口晃、花澤一芳、森川茂廣 肝腫瘍に対する低侵襲治療への挑戦－MR 温度モニタリング下肝腫瘍マイクロ波凝固壊死療法－ 第 101 回日本外科学会総会 ビデオシンポジウム 2001 年 4 月 11-13 日 仙台市
- 2 4. 山崎道夫、古川顕、高橋雅士、村田喜代史、仲成幸、来見良誠、谷徹、森川茂廣、犬伏敏郎、平野正満、木下隆、藤村昌樹 縦型オープン MR 装置による肝腫瘍の経皮的治療の経験 日本医学放射線学会

25. 仲成幸、来見良誠、目方英治、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、久保浩一郎、SESHAN Viswanathan、川口晃、内藤弘之、阿部元、古川颯、山崎道夫、石塚義之、馬場忠雄 描出困難な肝腫瘍に対するMRガイド下マイクロ波凝固療法 第37回滋賀肝疾患研究会
26. 来見良誠、仲成幸、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、石塚義之、山崎道夫、古川颯、森川茂廣 MRガイド下マイクロ波凝固療法－臨床例44例の検討－ 第37回日本肝癌研究会 2001年6月8－9日 下関市
27. 来見良誠、仲成幸、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、石塚義之、山崎道夫、古川颯、森川茂廣 肝癌に対するオープン MR システムを用いたナビゲーションサージェリー 第37回日本肝癌研究会 2001年6月8－9日 下関市
28. 仲成幸、来見良誠、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、石塚義之、山崎道夫、古川颯、森川茂廣 ドーム下肝腫瘍に対する胸腔鏡補助 MR ガイド下マイクロ波凝固療法 第37回日本肝癌研究会 2001年6月8－9日 下関市
29. 森川茂廣 インターベンションMRの現状 滋賀放射線技師会第1回学術研修会 特別講演 2001年6月16日
30. 山本育男、藤村昌樹、平野正満、木下隆、森川茂廣、犬伏俊郎、古川颯、村田喜代史 巨大肝癌に対する Interventional MRI (IVMR) ガイド下内視鏡補助手術下マイクロ波凝固療法 (microwave coagulation therapy; MCT) の経験 日本外科系連合学会第26回学術集会 2001年6月28-30日 東京都
31. 仲成幸、来見良誠、近藤浩之、梅田朋子、目方英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 肝腫瘍に対するマイクロ波凝固療法－MRガイドによる新しいアプローチ－ 日本外科系連合学会第26回学術集会 2001年6月28-30日 東京都
32. 来見良誠、仲成幸、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 腹部外科領域における Navigation Surgery 日本外科系連合学会第26回学術集会 ビデオシンポジウム 2001年6月28-30日 東京都

33. 遠藤善裕、目方英治、来見良誠、仲成幸、阿部元、川口晃、内藤弘之、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 Open MRIによる骨盤内再発大腸癌の治療 日本外科系連合学会第26回学術集会 ビデオシンポジウム 2001年6月28-30日 東京都
34. 仲成幸、来見良誠、近藤浩之、梅田朋子、目方英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 MRI ナビゲーションによる Tumor Ablation ―肝腫瘍マイクロ波凝固療法の新たな展開― 第23回日本癌局所療法研究会 2001年6月15日 大阪
35. 来見良誠、仲成幸、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 肝腫瘍に対するオープンMRを用いたナビゲーションサージェリー 第13回日本肝胆膵外科学会 2001年6月21-23日 仙台市
36. 仲成幸、来見良誠、近藤浩之、梅田朋子、目方英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 内視鏡補助MRガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固療法 第13回日本肝胆膵外科学会 2001年6月21-23日 仙台市
37. 来見良誠、谷徹、仲成幸、近藤浩之、梅田朋子、目方英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、森川茂廣 オープンMRシステムを用いたナビゲーションサージェリー 第56回日本消化器外科学会総会 2001年7月25-27日 秋田市
38. 仲成幸、来見良誠、近藤浩之、梅田朋子、目方英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣 MRガイド・鏡視下肝腫瘍マイクロ波凝固療法 第56回日本消化器外科学会総会 2001年7月25-27日 秋田市
39. 来見良誠、仲成幸、清水智治、近藤浩之、内藤弘之、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 縦型オープンMRを用いた腹部外科領域における Navigation Surgery 第18回日本ハイパーサーミア学会 2001年9月7-8日 東京都
40. 来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、目片英治、川口晃、阿部元、遠藤善裕、

花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 MR環境下 Tumor Ablation ー温度ナビゲーションの導入 第 18 回日本ハイパーサーミア学会 2001 年 9 月 7-8 日 東京都

- 4 1. 遠藤善裕、目片英治、来見良誠、仲成幸、阿部元、川口晃、内藤弘之、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 Interventional MR を用いた骨盤内再発腫瘍に対する高温度治療 第 18 回日本ハイパーサーミア学会 2001 年 9 月 7-8 日 東京都
- 4 2. 仲成幸、来見良誠、近藤浩之、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、石塚義之、新谷寛、馬場忠雄、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 第 18 回日本ハイパーサーミア学会 2001 年 9 月 7-8 日 東京都
- 4 3. 仲成幸、来見良誠、佐藤浩一郎、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、石塚義之、新谷寛、馬場忠雄、森川茂廣 横隔膜下肝腫瘍に対するマイクロ波凝固療法ー胸腔鏡・MR ガイド併用ー 第 18 回日本ハイパーサーミア学会 2001 年 9 月 7-8 日 東京都
- 4 4. 佐藤浩一郎、仲成幸、来見良誠、花澤一芳、谷徹、山崎道夫、古川顕、石塚義之、新谷寛、馬場忠雄、森川茂廣、犬伏俊郎 描出困難な肝腫瘍に対するMRガイド下マイクロ波凝固療法 第 18 回日本ハイパーサーミア学会 2001 年 9 月 7-8 日 東京都
- 4 5. 来見良誠、谷徹、仲成幸、近藤浩之、清水智治、目片英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、森川茂廣、犬伏俊郎 肝ドーム部腫瘍に対する胸腔鏡下MR環境下マイクロ波凝固療法 第 14 回日本内視鏡外科学会総会 2001 年 9 月 20-21 日 北海道
- 4 6. 仲成幸、来見良誠、清水智治、近藤浩之、目片英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎来見良誠、仲成幸、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣 MR Navigation による腹腔鏡下肝腫瘍マイクロ波凝固療法 第 14 回日本内視鏡外科学会総会 2001 年 9 月 20-21 日 北海道
- 4 7. 椎野顯彦、松田昌之、犬伏俊郎、林英昭、阿部清子 Dynamic susceptibility contrast 法による CBF 定量-AIF の補正法 第 29 回日本磁気共鳴医学会大

48. 鈴木英司、柏木厚典、西尾善彦、前川聡、森川茂廣、犬伏俊郎、吉川隆一 磁気共鳴位相画像 (2D-cine-PC 法) を用いた糖尿病患者下肢血管壁硬化の新しい診断法 第 29 回日本磁気共鳴医学会大会 2001 年 9 月 20-22 日 つくば市
49. 澤田智子、中村二郎、可児一孝、森川茂廣、犬伏俊郎  $^1\text{H}$  検出による牛水晶体の $^{13}\text{C}$  sorbitol, glucose のイメージング 第 29 回日本磁気共鳴医学会大会 2001 年 9 月 20-22 日 つくば市
50. 来見良誠、森川茂廣、犬伏俊郎、SESHAN Viswanathan、仲成幸、佐藤浩一郎、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹 MR 環境下 Tumor Ablation - Thermal Navigation の導入 第 29 回日本磁気共鳴医学会大会 2001 年 9 月 20-22 日 つくば市
51. 仲成幸、来見良誠、佐藤浩一郎、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎、Seshan Viswanathan MR 環境下における鏡視下手術- 肝腫瘍マイクロ波凝固療法- 第 29 回日本磁気共鳴医学会大会 2001 年 9 月 20-22 日 つくば市
52. Seshan Viswanathan<sup>1</sup>, Morikawa Shigehiro, Hata Nobuhiko, Inubushi Toshiro Latest Developments In The Realtime Navigational Software "3D Slicer" 第 29 回日本磁気共鳴医学会大会 2001 年 9 月 20-22 日 つくば市
53. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、仲成幸、椎野顯彦、鈴木幹男、波多伸彦、Seshan Viswanathan MR ガイド下治療におけるリアルタイム画像とナビゲーションソフト、3D Slicer の併用の有用性 第 29 回日本磁気共鳴医学会大会 2001 年 9 月 20-22 日 つくば市
54. 遠藤善裕、目片英治、来見良誠、仲成幸、近藤浩之、清水智治、阿部元、川口晃、内藤弘之、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 骨盤内悪性腫瘍に対する縦型 Open MRI を用いた治療 第 29 回日本磁気共鳴医学会大会 2001 年 9 月 20-22 日 つくば市
55. 森川茂廣、犬伏俊郎、Seshan Viswanathan リアルタイム MR 撮像面ナビ

56. 来見良誠、仲成幸、清水智治、近藤浩之、目片英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 MR 環境下肝腫瘍マイクロ波凝固療法 第 63 回日本臨床外科学会総会 2001 年 10 月 10-12 日 神奈川
57. 来見良誠、仲成幸、清水智治、近藤浩之、目片英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 垂直型オープン MR を用いた Navigation Surgery 第 63 回日本臨床外科学会総会 2001 年 10 月 10-12 日 神奈川
58. 仲成幸、来見良誠、清水智治、近藤浩之、目片英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣 肝腫瘍に対する MR Navigation / 胸腔鏡併用マイクロ波凝固療法 第 63 回日本臨床外科学会総会 2001 年 10 月 10-12 日 神奈川
59. 仲成幸、来見良誠、佐藤浩一郎、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎、Seshan Viswanathan 内視鏡補助下肝腫瘍マイクロ波凝固療法－Real Time MR Navigation を用いて－ 第 20 回 Microwave Surgery 研究会 2001 年 10 月 13 日、東京都
60. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、仲成幸 マイクロ波出力と針状電極の形状による加温領域への影響－MR 温度画像を用いた連続的モニタリング－ 第 20 回 Microwave Surgery 研究会 2001 年 10 月 13 日、東京都
61. 来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、清水智治、近藤浩之、目片英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 MR 環境下 Thermal Navigation による肝腫瘍マイクロ波凝固療法 第 20 回 Microwave Surgery 研究会 2001 年 10 月 13 日、東京都
62. 来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、清水智治、近藤浩之、目片英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎、波多伸彦 3D スライサーを用いた MR 環境下 Tumor Ablation－Navigation Surgery の導入 第 20 回 Microwave Surgery 研究会 2001 年 10

月 13 日、東京都

- 6 3. 遠藤善裕、目片英治、来見良誠、仲成幸、阿部元、川口晃、内藤弘之、近藤浩之、清水智治、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 骨盤内悪性腫瘍に対する Interventional MR を用いた Microwave Surgery 第 20 回 Microwave Surgery 研究会 2001 年 10 月 13 日、東京都
- 6 4. 青木裕明、安原治、森川茂廣、犬伏俊郎、木村宏 MRI を用いた新規脳保護薬 NS-7 の脳梗塞抑制作用に関する検討 第 13 回日本脳循環代謝学会総会 2001 年 10 月 18-19 日 横浜市
- 6 5. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、椎野顯彦、鈴木幹男、Viswanathan Seshan、波多伸彦 MR ガイド下手術における新しいデバイスとソフトウェア 第 10 回日本コンピュータ外科学会大会 2001 年 11 月 11-12 日 福岡市
- 6 6. 徳田淳一、森川茂廣、土肥健純、波多伸彦、MRI 誘導手術のための射影マッチングによる高速体動補正法の開発 第 10 回日本コンピュータ外科学会大会 2001 年 11 月 11-12 日 福岡市
- 6 7. 来見良誠、森川茂廣、仲成幸、近藤浩之、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、犬伏俊郎、Viswanathan Seshan、波多伸彦 3D スライサーを用いた腹部外科領域における Navigation Surgery 第 10 回日本コンピュータ外科学会大会 2001 年 11 月 11-12 日 福岡市
- 6 8. 森川茂廣 縦型オープン MR 装置を用いた低侵襲外科治療 第 7 回日本最小侵襲整形外科研究会 教育研修講演 2001 年 12 月 7-8 日 京都市
- 6 9. 来見良誠、仲成幸、近藤浩之、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、石塚義之、新谷 寛、馬場忠雄、森川茂廣 垂直型オープン MR を用いた MR 透視下肝腫瘍治療 DDW-JAPAN 2001 平成 13 年 10 月 17 日～19 日 (京都)
- 7 0. 仲成幸、来見良誠、近藤浩之、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、石塚義之、新谷 寛、馬場忠雄、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 DDW-JAPAN 2001 平成 13 年 10 月 17 日～19 日 (京都)



- 7 1. 森川茂廣 垂直オープン MR 装置ガイドの低侵襲治療 第 68 回磁気共鳴懇話会 2001 年 11 月 22 日 京都
- 7 2. 仲成幸、来見良誠、佐藤浩一郎、清水智治、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 ―Real Time MR Image を用いた治療― 第 30 回近畿肝外科学会 平成 14 年 2 月 23 日 (大阪)
- 7 3. 来見良誠、仲成幸、清水智治、近藤浩之、目方英治、内藤弘之、川口晃、阿部元、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣 最新の肝癌の治療戦略-MR Navigation によるマイクロ波凝固療法- 第 102 回日本外科学会定期学術集会 2002 年 4 月 11 日―13 日、京都
- 7 4. 遠藤善裕、目方英治、来見良誠、仲成幸、阿部元、川口晃、内藤弘之、近藤浩之、清水智治、花澤一芳、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 局所再発直腸癌に対する新しい治療戦略 -MRI navigation surgery の有用性- 第 102 回日本外科学会定期学術集会 2002 年 4 月 11 日―13 日、京都
- 7 5. 仲 成幸、来見良誠、佐藤浩一郎、山口 剛、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、石塚義之、森川茂廣 肝細胞癌に対するリピオドール T A E 併用 MR ガイド下マイクロ波凝固療法の有用性 第 3 8 回肝癌研究会 2002 年 5 月 2 3 日～2 4 日 東京
- 7 6. 来見良誠、谷 徹、仲 成幸、佐藤浩一郎、山口 剛、遠藤善裕、花澤一芳、森川茂廣、Hasnine Akter Haque、波多伸彦 肝癌に対する画像誘導手術 ―MR Navigation Surgery ― 第 27 回外科系連合学会 2002 年 6 月 21 日～22 日 岡山
- 7 7. 仲 成幸、来見良誠、佐藤浩一郎、山口 剛、目片英治、川口 晃、阿部 元、遠藤善裕、花澤一芳、谷 徹、森川茂廣 肝腫瘍に対する内視鏡下マイクロ波凝固療法における Real-time MR Imaging の有用性 第 27 回外科系連合学会 2002 年 6 月 21 日～22 日 岡山
- 7 8. 仲成幸、来見良誠、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣 消化器外科における最先端技術―画像支援による Navigation Surgery― 第 57 回日本消化器外科学会総会 2002 年 7 月 28-30 日 京都市

79. 森川茂廣 開放型MRIガイド下IVR (特別講演) 第32回JROG (関西若手放射線治療勉強会) 2002年7月6日
80. 森川茂廣、犬伏俊郎、Hasnine A Haque、来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、塚元鉄二 MR ガイド下インターベンションにおける交互直交2断面画像ガイドの応用 第30回日本磁気共鳴医学会大会 2002年9月12-14日 東京
81. 森川茂廣、犬伏俊郎、Hasnine A Haque、来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、塚元鉄二 MR ガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固における呼吸同期撮像の有用性 第30回日本磁気共鳴医学会大会 2002年9月12-14日 東京
82. Hasnine Haque, Shigehiro Morikawa, Toshiro Inubushi, Yoshimasa Kurumi, Shigeyuki Naka, Koichiro Sato, Tetsuji Tsukamoto, Kiyoshi Nagasawa External Computer Assistance and Control for MR-Guided Interventional Procedures. 第30回日本磁気共鳴医学会大会 2002年9月12-14日 東京
83. 来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、山口剛、遠藤善裕、花澤一芳、森川茂廣 Hasnine A Haque、永井清、谷徹 肝癌にに対する画像誘導手術ーナビゲーション外科の構築ー 第30回日本磁気共鳴医学会大会 2002年9月12-14日 東京
84. 佐藤浩一郎、来見良誠、仲成幸、山口剛、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎 腹腔鏡下胆嚢摘出術を施行し直後に肝腫瘍に対してMRガイド下インターベンションを施行した一例 第30回日本磁気共鳴医学会大会 2002年9月12-14日 東京
85. 鈴木英司、柏木厚典、吉川隆一、森川茂廣、犬伏俊郎、中上将司、永澤清 磁気共鳴を用いた糖尿病診療における足病変の非侵襲的診断法 (フットパッケージ)の開発 第30回日本磁気共鳴医学会大会 2002年9月12-14日 東京
86. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、仲成幸、佐藤浩一郎、谷徹、Hasnine A Haque 肝腫瘍マイクロ波凝固治療におけるMR温度モニタリング法の改良 第21回Microwave Surgery研究会 2002年9月14日 名古屋市

87. 佐藤浩一郎、来見良誠、仲成幸、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎、徳田淳一、波多伸彦 MR ガイド下手術における新しいソフトウェア、Foot Printing の使用経験 第 21 回 Microwave Surgery 研究会 2002 年 9 月 14 日 名古屋市
88. 仲成幸、来見良誠、佐藤浩一郎、山口剛、遠藤善裕、花澤一芳、谷徹、森川茂廣 MR ガイド下マイクロ波凝固療法における術前 TAE の有用性 第 21 回 Microwave Surgery 研究会 2002 年 9 月 14 日 名古屋市
89. 来見良誠、仲 成幸、佐藤浩一郎、山口 剛、向所賢一、清水智治、目片英治、内藤弘之、川口 晃、阿部 元、遠藤善裕、花澤一芳、谷 徹、森川茂廣 ナビゲーション外科の構築と今後の展開 第 64 回日本臨床外科学会総会 2002 年 11 月 13 日～15 日 東京
90. 永井 清、森川茂廣、来見良誠、犬伏俊郎、西平守秀、笠岡隼人、仲成幸、谷徹 開放型 MR 装置下の肝腫瘍高温凝固療法における手術支援機構の提案 第 11 回日本コンピュータ外科学会大会 2002 年 11 月 30 日～21 月 1 日 大阪
91. 佐藤浩一郎、来見良誠、仲成幸、谷徹、森川茂廣、犬伏俊郎、徳田淳一、波多伸彦、土肥健純、Hasnine A Haque MR ガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固における治療部位三次元記録の有用性 第 11 回日本コンピュータ外科学会大会 2002 年 11 月 30 日～21 月 1 日 大阪
92. 森川茂廣、犬伏俊郎、来見良誠、仲 成幸、佐藤浩一郎、Hasnine A Haque 交互直交 2 断面の MR 画像ガイドによるインターベンション 第 11 回日本コンピュータ外科学会大会 2002 年 11 月 30 日～21 月 1 日 大阪
93. Hasnine Akter Haque, Shigehiro Morikawa, Toshihiro Inubushi, Koichiro Sato, Yoshimasa Kurumi, Tetsuji Tsukamoto, Kiyoshi Nagasawa Interventional MR Guided Navigation for Thermal Ablation Procedure. (シンポジウム) 第 11 回日本コンピュータ外科学会大会 2002 年 11 月 30 日～21 月 1 日 大阪

## 研究成果

### 研究の目的

縦型オープン MR 装置で行われる MR ガイド下手術は、術者がリアルタイムの MRI をモニターしながら治療を行うという新しい治療分野である。しかし、1 枚 2 秒程度で撮像されるリアルタイム MR 画像の解像度には限界があり、血管等の細かな構造の認識が困難であったり、腫瘍のコントラストが十分でなく、その検出に難渋する症例も経験する。

本研究の目的は、MR ガイド下手術において、あらかじめ時間をかけて撮像した高精度の 3 次元画像（高磁場装置での MR アンギオ、T2 強調画像、造影 MRI、あるいは X 線 CT など）を registration しておき、手術の画像ガイドとして利用することである。このためには、リアルタイム MR 画像の撮像面の情報を高速に伝送し、同一の撮像面で、registration 画像を再構築するプログラムを整備するとともに、これを、瞬時に治療を行っている術者に送出し、リアルタイム画像とともに表示するシステムを構築する必要がある。こうした高精細の画像ガイドシステムをリアルタイムの MR 画像と併用して、現在行っている脳外科手術、肝腫瘍温熱凝固治療をより正確かつ安全に行えるようにすることを目指すものである。

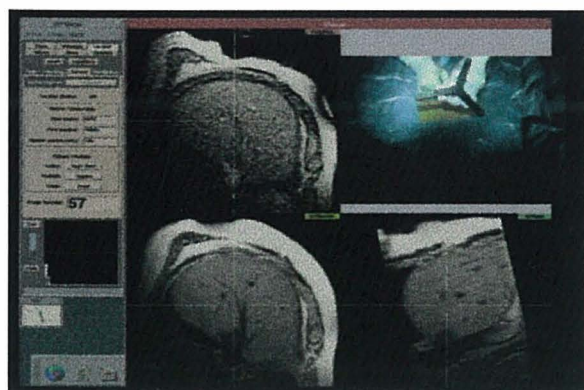
### 研究経過と得られた成果

われわれの MR システムには、撮像面をコントロールするためのオプティカルトラッキングシステムが含まれている。先ず 13 年度には、このハンドピースの位置情報と撮像されたリアルタイム画像をネットワークを通じて送出し続けるプログラムを作成した。Brigham & Women's Hospital より入手した 3 次元画像ソフトウェアである 3D スライサーを MR システムとは別個のコンピュータに導入し、これを改良し、送られてくるハンドピースの位置情報をもとに、あらかじめ撮像した高解像度の 3D 画像データからリアルタイム画像と同一断面の画像を再構築し、瞬時に術者に送出的ことに成功した。穿刺した針の位置などは、リアルタイム MR 画像で逐次確認する必要があるが、再構成画像はハンドピースの情報を元に作成されるため、反応性も早く、病変部位の描出能にもすぐれていた。またマイクロ波などの温熱治療中の温度モニターにも対応することのできる新しい機能を追加するために、MR システムと 3D スライサー双方のコンピュータのソフトウェア環境を整備した。一方、従来より取り組んでいる MR 対応内視鏡を併用した手術の場合にも、リアルタイム MR 画像、再構成 MR 画像、内視鏡画像を同時に術者に送出し、多くの情報を統合して、有効に利用できるよう画像伝送システムの整備を行った。また再構成画像の情報の源である穿刺のためのハ

ンドピースが正確かつ有効に利用できるようないくつかの補助器具も開発した。

次いで、14年度には、このシステムを肝腫瘍マイクロ波凝固療法約50例、開頭手術、脳腫瘍生検などの脳外科手術約10例に使用した。再構成画像は、ターゲットとする腫瘍を明瞭に描出できるばかりでなく、腫瘍の周囲の構造、例えば、血管の走行の描出にも優れ、血管を避けた穿刺経路を設定し、安全に腫瘍に到達する上で有効であった。2断面の再構成画像は、3次元空間での位置の把握を容易とし、ハンドピースの動きへの追従も1枚2秒で撮像されるリアルタイム画像より優れ、より一層、正確なナビゲーションを行なうことを可能とした。通常のリアルタイムMR画像に用いるT1強調画像で描出が難しいターゲットに対しては、T2強調画像や、造影剤を用いたMR画像などコントラストの異なるデータを自由に組み合わせることもでき、MR画像ガイド治療の適応を拡大することにも役立っている。さらに、肝腫瘍に対するマイクロ波凝固治療においては、通常、穿刺と凝固を繰り返して行なう必要があるため、フットボール型の治療部位をその都度3次元画像上に記録する「フットプリンティング」の機能を追加し、必要かつ十分な治療を確実に行なうことができるようになった。現在、われわれの施設では、このナビゲーションシステムが必要不可欠となり、日常的に利用されるに至っている。

### 3D スライサー画面



リアルタイム  
MR 画像

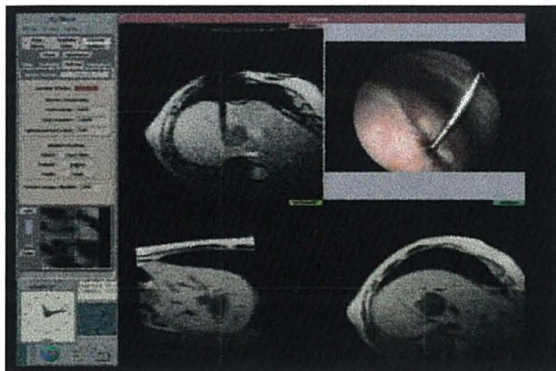
再構成画像  
同一面

再構成画像  
直交面

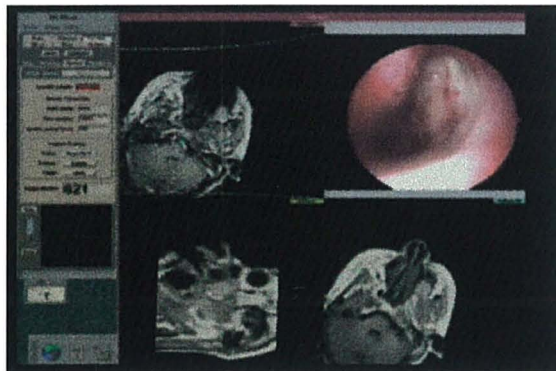
下大静脈と肝静脈に取り囲まれた腫瘍の穿刺



## 内視鏡の併用

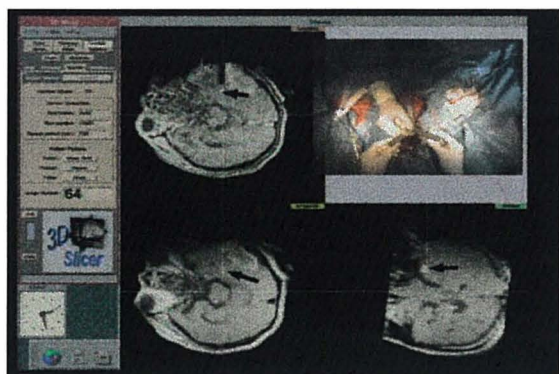


胸腔鏡を併用した肝腫瘍穿刺

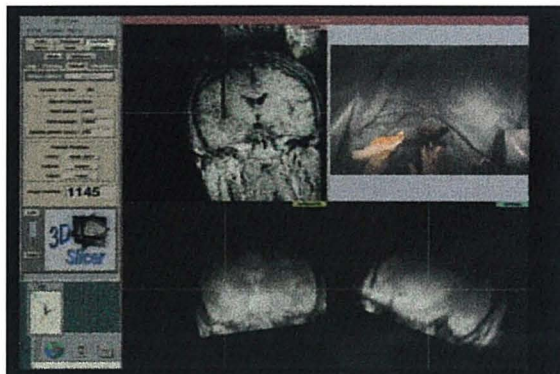


鼻内視鏡手術

## 脳腫瘍生検

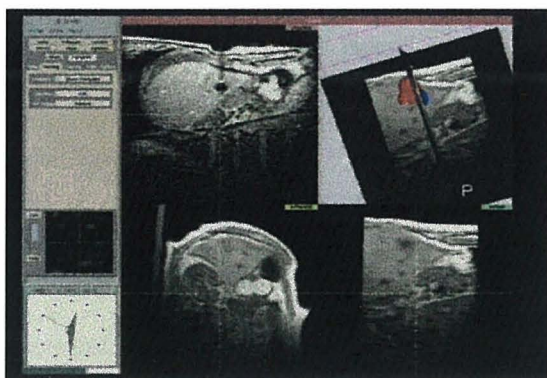


T1 強調画像併用

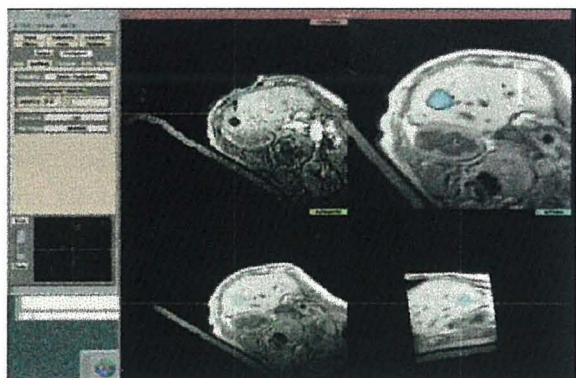


T2 強調画像併用

## 3 次元カラー表示



マイクロ波治療部位の記録



腫瘍占拠部位のカラー表示